

## ارزیابی چرخه حیات در راستای بهینه‌سازی مصرف آب در گاوداری صنعتی با رویکرد آب مجازی (مطالعه موردی: گاوداری فکا)

تورج نصرآبادی<sup>۱\*</sup>، حماسه متقی‌فر<sup>۲</sup>، فرزاد پوراصغر سنگاچین<sup>۳</sup>

۱. دانشیار، گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

۲. کارشناس ارشد HSE، پردیس بین‌الملل ارس، دانشگاه تهران

۳. دکتری برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۱۸

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۲۳

### چکیده

ردپای آب کشاورزی ۹۲ درصد از ردپای آب شیرین جهان را شامل می‌شود که در آن ۲۹ درصد از آب، برای رشد غذای حیوانات مورد نیاز است. در الگوی کشت کشاورزی استان اصفهان محصولات پرمصرفی همچون برنج، ذرت و علوفه دیده می‌شود که بخشی از آن خوراک دام را تشکیل می‌دهد. بنابراین، از آنجا که یکی از مهم‌ترین منابع مصرف‌کننده آب در این استان بخش دامداری و کشاورزی وابسته به آن است، مدیریت صحیح مصرف آن در این بخش به صرفه‌جویی کلی در مصرف آب استان و کاهش محتوای آب مجازی محصولات دامی در استان کمک می‌کند. صنعت دامداری یکی از صنایع پرمصرف آب در این استان شامل ۲۱۰۸ گاوداری صنعتی فعال و دارای ظرفیت کلی ۳۳۷۲۶۱ رأس گاو است. از این میان ۲۰۸۶۵ رأس گاو پرواری در ۱۸۵ گاوداری وجود دارد. سهم شهر اصفهان از کل دام گاو و گوساله استان، ۵۷۵۲۳ رأس گاو و گوساله است. با محتوای آب مجازی محاسبه‌شده برای هر گاو در سن ذبح و محتوای آب مجازی برای هر تن گوشت با و بدون استخوان به ترتیب ۱۱۰۵۵، ۱۹۴۸۵ و ۲۲۸۰۰ مترمکعب، واضح است که تولید محصولات دامی به مقدار زیادی آب نیاز دارد.

### کلیدواژه

آب مجازی، ارزیابی چرخه حیات، ایران، دامداری صنعتی.

### ۱. سرآغاز

غیرقابل استفاده می‌شود (Khosravi et al., 2016; Shammi et al., 2016; Nasrabadi et al., 2015; Ezekiel & Dominic, 2015).

حدود ۰/۳۳ جمعیت دنیا در کشورهای زندگی می‌کنند که با فشار شدید منابع آب روبه‌رویند و تاحدی ناشی از افزایش تقاضای منتج از رشد اقتصادی و افزایش فعالیت‌های انسانی است. در سال ۲۰۲۵ حدود ۰/۶۷ جمعیت جهان با مشکلاتی مواجه خواهند بود که از محدودیت شدید آب ناشی می‌شود.

آب گنجینه مشترک انسان‌هاست که باید به نسل‌های بعدی سپرده شود. با اینکه آب از منابع تجدیدشونده محسوب می‌شود، میزان آن محدود است و توزیع منابع آب نیز در سطح زمین متعادل نیست. با افزایش جمعیت و سیر شهری‌شدن در جهان، مصرف آب نیز سیر تصاعدی داشته است. هر ساله به موازات استفاده بی‌رویه از آن، آلودگی‌های شیمیایی، دفع پساب و فاضلاب و دیگر منابع آلوده‌کننده بخش زیادی از این منابع محدود و ارزش‌مند

گروه کشورهای دچار تنش آبی شدید قرار خواهد گرفت (Alcamo et al., 2000). در همین راستا، اسماکتین و همکاران که تنش آبی را به صورت استفاده انسان از منابع آب تجدیدپذیر (بعد از کسر نیازهای محیط زیستی از کل منابع آب) تعریف کرده اند، ایران را کشوری دارای تنش آبی زیاد معرفی می کنند (Smaktin et al., 2004).

این تصور که مصرف گوشت و فرآورده های لبنی محرک مهمی در کمبود جهانی آب است، به طور گسترده ای منتشر شده است. پشتیبانی از این بحث بیشتر از محتوای آب مجازی محصولات دامی ناشی می شود که حجم کلی آب مورد استفاده در تولید گوشت و محصولات دیگر است (Bradley et al., 2012).

افزایش مصرف فرآورده های دامی به احتمال زیاد فشار بیشتری بر منابع آب شیرین اعمال می کند. نزدیک به یک سوم کل رد پای آب کشاورزی در جهان مربوط به تولید فرآورده های دامی است. رد پای آب هر فرآورده دامی بزرگتر از رد پای آب محصولات زراعی با ارزش غذایی برابر است. متوسط رد پای آبی در هر کالری گوشت گاو ۲۰ برابر بزرگتر از ریشه ها، غلات و نشاسته است.

کارایی نامطلوب تبدیل غذا برای محصولات دامی تا حد زیادی مسئول رد پای نسبتاً بالای رد پای آبی و محتوای آب مجازی محصولات دامی در مقایسه با محصولات زراعی است. در جبران این میزان زیاد محتوای آب مجازی، ارزیابی چرخه حیات به صرفه جویی در مصرف آب، بازگشت آب مصرفی به چرخه و کاهش هزینه های مصرف انرژی کمک می کند. به طور کلی، فرآورده های دامی حاصل از سیستم های صنعتی، منابع آب زمینی و سطحی را در صورت کارایی نامناسب در مقایسه با سیستم های چرا و مختلط بیشتر مصرف و آلوده می کند. افزایش مصرف گوشت در جهان و تشدید سیستم های تولید فرآورده های دامی، فشار بیشتری بر منابع آب شیرین در دهه های آینده اعمال خواهد کرد (Mekonnen & Hoekstra, 2012).

تولید گوشت در سطح جهان طی سال های ۱۹۸۰-

بر اساس گزارش سازمان ملل در آینده ای نزدیک حدود ۳۱ کشور جهان با کمبود آب مواجه خواهد شد. همچنین، انتظار می رود تا سال ۲۰۲۵ بیش از ۰/۶۷ جمعیت جهان در شرایط کمبود جدی آب قرار بگیرند و ۰/۳۳ بقیه در شرایط کمیابی آب زندگی کنند. کشور ما ایران با متوسط باران ۴۱۳ میلی متر که کمترین مقدار آن در مرکز ایران با میانگین ۵۰ میلی متر در سال و حدود ۲۵۰ میلی متر در سواحل دریای خزر است کمتر از یک سوم میانگین بارش سالانه جهانی است. در نتیجه، ایران در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک قرار می گیرد (Madani, 2014).

بسیاری از کشورهای خشک و نیمه خشک با واردات مواد غذایی، بخشی از آب مورد نیاز برای تولید داخلی محصولات را برای سایر مصارف حفظ می کنند.

موضوع تجارت آب مجازی در برنامه ریزی و سیاست گذاری کلان آب در آینده اهمیت ویژه ای دارد. هم اکنون نیز با صادرات و واردات کالا و محصولات بین کشورهای مختلف جهان، محاسباتی از میزان آب وارد شده یا صادر شده، به عنوان آب مجازی، به عمل آمده است. این موضوع در مبادله آب مجازی بین استانی نیز تجلی می یابد (Allan, 2003).

انتقال آب مجازی نهفته در غذایی که تجارت می شود جزء مهمی از مدیریت آب در سطح جهانی و نیز در سطح منطقه ای، به ویژه در نواحی کم آب، مطرح است (Hoekstra, 2003; Tamea et al., 2013).

یانگ و همکاران ایران را کشوری به شمار آورده اند که بعد از سال ۲۰۰۰ میلادی وارد فهرست کشورهای دارای کسری آب شده و تا سال ۲۰۳۰ منابع آب تجدیدپذیر کمتر از ۱۵۰۰ مترمکعب برای هر نفر در سال خواهد داشت (Yang et al., 2003). همچنین آلکامو و همکاران دریافتند که بر اساس نسبت بحرانی شدن، یعنی میزان برداشت به میزان دسترسی به آب، ایران دارای نسبت بحرانی شدن بیش از ۰/۸ خواهد بود و در سال ۲۰۲۵ در

(Chapagin & Hoekstra, 2003) تقسیم می‌شود. آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی آب آبی را تشکیل می‌دهد، در حالی که به رطوبت خاک در مناطق غیراشباع آب سبز گویند. آب مجازی‌ای که گیاه برای رشد و نمو مصرف می‌کند و در بافت گیاه ذخیره می‌شود یا طی فرایند تعرق از دست می‌دهد نیز آب مجازی سبز تعریف شده است (Mekonnen & Hoekstra, 2010a). آب مجازی سبز را اولین بار فالکنمارک (Falkenmark, 1995) معرفی کرد تا بتوان با تفکیک آن از آب آبی، با تقسیم‌بندی مناسبی از منابع آب راحت‌تر آن را مدیریت کرد. همچنین، با استفاده از این مفهوم جدید بتوان به ارزیابی دقیق‌تری از نقش آب در تولید محصولات کشاورزی در مناطق نیمه‌خشک پرداخت (Rockstrom et al., 2007). آب سبز را شامل دو مؤلفه جریان آب سبز<sup>۲</sup> و منبع آب سبز<sup>۳</sup> دانسته‌اند. منشأ آب آبی و سبز بارندگی است. آب باران بعد از نفوذ در خاک و قبل از اینکه به منطقه اشباع برسد آب سبز را تشکیل می‌دهد. آب‌های زیرزمینی و روان‌آب‌های حاصل از بارندگی به رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، آب پشت سدها و تالاب‌ها می‌پیوندد و آب آبی را تشکیل می‌دهد (Hoekstra & Mekonnen, 2012). آب سبز یکی از منابع مهم تأمین‌کننده آب مورد نیاز گیاهان به‌ویژه در اراضی دیم است. در مقایسه با آب آبی، آب سبز منبع بزرگ‌تری از نظر حجم ذخایر آب شیرین و مشارکت در تولید مواد غذایی است. ۶۵٪ از نزولات آسمانی به آب سبز و بقیه به آب آبی تبدیل می‌شود (IWMI, 2006). آب خاکستری میزان آبی است که در فرایند تولید آلوده می‌شود و کیفیت اولیه خود را از دست می‌دهد. آب خاکستری معادل حجم آبی تعریف شده که لازم است مصرف شود تا پارامترهای آلودگی آب آلوده شده در پروسه تولید را تا رسیدن به وضعیت مناسب و سطح استاندارد و مطلوب‌کاهش دهد (Mekonnen & Hoekstra, 2011).

۲۰۰۴ تقریباً دو برابر شده و پیش‌بینی شده است که این روند رو به رشد تولید گوشت طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۵۰ همچنان ادامه پیدا کند. منابع پرشماری در مورد عواقب محیط‌زیستی مورد انتظار و ناشی از افزایش مصرف محصولات دامی تذکر داده‌اند. اگرچه مشخص است که فرآورده‌های دامی بسیار آب‌بر است، تا به حال به تأثیر بخش دام بر تقاضای منابع آب شیرین در سطح جهانی، کشوری یا منطقه‌ای توجه چندانی نشده است.

طبق آمار مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۲ تعداد گاوداری‌های استان اصفهان و فعال در زمینه پرورش گاوهای پرواری ۱۸۵ باب عنوان شده است که ظرفیت پرورش ۲۰۸۶۵ رأس گاو پرواری را دارد. اگر مصرف سرانه دام را ۱۰۰-۱۵۰ لیتر در روز تنها برای نوشیدن و سرویس (متفاوت در تابستان و زمستان) در نظر بگیریم (فکا، ۲۰۸۶ متر مکعب تنها صرف نوشیدن بخشی از دام موجود در استان خواهد بود و در محاسبه ظرفیت کلی گاوداری‌ها این رقم به ۵۰۵۸۹ می‌رسد.

بنا به تعریف، آب مجازی آبی است که کالا یا فرآورده‌ای کشاورزی، طی فرایند تولید مصرف می‌کند تا به مرحله تکامل برسد و مقدار آن معادل جمع کل آب مصرفی در مراحل مختلف زنجیره تولید از لحظه شروع تا پایان است. صفت مجازی در این تعریف به این معناست که بخش عمده آب مصرف شده طی فرایند تولید محصول، در محصول نهایی وجود فیزیکی ندارد. در حقیقت، بخش بسیار ناچیزی از آب مصرفی در پایان به صورت آب واقعی در بافت محصول خواهد ماند. شرایط اقلیمی و فرهنگی، مکان تولید و مدیریت و برنامه‌ریزی در میزان و حجم آب مجازی کاملاً مؤثر است و به‌طور قطع، مقدار آن در مورد هر کالا در مناطق مختلف جهان متفاوت است.

### آب مجازی آبی، سبز و خاکستری<sup>۱</sup>

در چرخه هیدرولوژی، منابع آب به سه دسته آب آبی، سبز (Mekonnen & Hoekstra, 2010b) و خاکستری

## مواد و روش‌ها

برای محاسبه میزان آب مورد نیاز برای تولید هر محصول، باید میزان آب مورد نیاز برای آبیاری آن محصول به دست آید. این میزان در واقع برابر با میزان تبخیر و تعرق از سطح زمین و خاک است. این مطالعه با هدف تعیین مقدار محتوای آب مجازی موجود در یک کیلوگرم گوشت گاو (گوساله)، و بهینه‌سازی مصرف آب در چرخه حیات دامداری صنعتی انجام شده است، لذا در این چرخه، ورودی چرخه مزرعه تولید خوراک دام و خروجی چرخه کشتارگاه است.

در این چرخه، محتوای آب مجازی بررسی خواهد شد که در این راستا نیاز به بررسی محتوای آب مجازی در دو بخش کشاورزی و تولید محصولات خوراکی شامل آب سبز- آبی مصرفی برای آبیاری مزرعه و آب خاکستری ناشی از مصرف کودها و سموم استفاده شده در مزرعه است. در این بخش اطلاعات مورد نیاز شامل سطح زیر کشت محصولات خوراک دام استان، نیاز آبی گیاهان مصرفی در خوراک دام و محتوای آب مجازی این گیاهان است. بعد از انتساب مقدار خوراک مصرفی هر یک از گروه غذای دام، توسط یک رأس گاو پرواری، محتوای آب مجازی خوراک مصرفی به دست خواهد آمد. سپس، با استفاده از فرمول‌های مربوط به محاسبه محتوای آب مجازی نوشیدن و محتوای آب مجازی سرویس می‌پردازیم و با جمع آن محتوای آب مجازی گاو زنده هنگام ذبح به دست می‌آید. سپس، با داشتن وزن محصول اولیه از هر حیوان و وزن موجود زنده وزن محصول به دست آمده از هر تن حیوان به دست می‌آید. سپس با محاسبه کسر ارزش، محتوای آب مجازی بر حسب مترمکعب بر تن محصول گوشت به دست خواهد آمد. اطلاعات و داده‌های مربوط به محاسبه کسر ارزش از کشتارگاه فکا گرفته شده است. در این مطالعه از روش چاپاگین و هوکسرا (Chapagin & Hoekstra, 2003) برای برآورد محتوای آب مجازی و برای برآورد آب مجازی خاکستری از روش هوکسرا و همکاران

(Hoekstra et al., 2011) استفاده شده است. آب مجازی آبی به مصرف منابع آب (سطحی و زیرزمینی) در امتداد زنجیره تأمین محصول اطلاق می‌شود که در این تحقیق آب مصرفی برای شرب و شستشو و آب مصرفی در آبیاری محصولات کشاورزی خوراک دام را شامل می‌شود. محتوای آب مجازی سبز رنگ اشاره به مصرف منابع آبی سبز رنگ دارد که آب مصرفی در کشت دیم محصولات تولید شده برای خوراک دام در این دسته قرار می‌گیرد. در این تحقیق محصولات کشت دیم لحاظ نشده است. در نتیجه، آب سبز آبی در هم ادغام شده است. محتوای آب مجازی خاکستری رنگ اشاره به آلودگی دارد و حجم آب شیرینی است که برای جذب بار آلاینده‌ها با زمینه غلظت طبیعی و استانداردهای فعلی کیفیت آب، آب آلوده شده در هر یک از مراحل در این گروه قرار می‌گیرد.

آب مجازی محصولات کشاورزی  $VC$  ( $m^3/ton$ ) از تقسیم کل میزان آب مورد نیاز برای تولید محصول  $c$  به کل محصول تولید شده به دست می‌آید.

$$VC = \frac{UC}{YC} \quad (1)$$

برای محاسبه آب مجازی محصول  $c$  در سطح کشور باید کل حجم آب مصرف شده برای تولید این محصول در کشور را به کل محصول تولید شده در آن کشور تقسیم کرد.

$$VC = \frac{\sum UC}{\sum YC} \quad (2)$$

مقدار آب مورد نیاز برای محصول  $c$  را می‌توان از ضرب مقدار نیاز آبی محصول برای کل دوره رشد گیاه  $Rc$  ( $m^3/ha$ ) در کل اراضی کشت شده  $Ac$  (ha) به دست آورد.

$$U_c = R_c \times A_c \quad (3)$$

فرض بر این است که نیاز آبی گیاه به‌طور کامل از طریق آبیاری و یا بارندگی تأمین می‌شود. این مقدار در طول رشد گیاه  $I_p$  (day) از مجموع تبخیر از مزرعه  $E_c$  ( $m/day$ ) به دست می‌آید.

اولین مرحله بررسی، آب مجازی موجود در حیوان زنده را به دست آورد. سپس، توزیع این آب در محصولات را به دست آورد. هر حیوان زنده (دام) سه مؤلفه آب مجازی دارد. مقدار آب مجازی حیوان در پایان عمر خود، کل حجم آب مجازی است. این مقدار آب شامل مقدار آب مورد نیاز برای مصرف غذا، سرویس و نظافت و نوشیدن می‌شود.

مقدار آب مجازی از مصرف خوراک شامل دو بخش است. نخست، مقدار آبی که برای مخلوط کردن خوراک و نوشیدن استفاده می‌شود. و بعدی آب مجازی موجود در مواد مختلف غذایی است که حیوان مصرف می‌کند (Mekonnen & Hoekstra, 2010a).

### محاسبه آب مجازی

برای محاسبه محتوای آب مجازی دام و محصول از روش زیر بهره گرفته شده است. لازم است که در اولین مرحله بررسی، آب مجازی موجود در حیوان زنده به دست آید. سپس، توزیع این آب در محصولات به دست آورد. هر حیوان زنده (دام) سه مؤلفه آب مجازی دارد. مقدار آب مجازی حیوان در پایان عمر خود، کل حجم آب مجازی است. این مقدار آب شامل موارد زیر است: مقدار آب مورد نیاز برای رشد و مصرف غذا، سرویس و نظافت و نوشیدن و آماده‌سازی غذای حیوان.

(۷)

$${}^v\text{WVCA} = {}^e\text{WVCFEED} + {}^e\text{WVCDRINK} + {}^e\text{WVCSERV}$$

که در آن WVCA نشان‌دهنده محتوای آب مجازی در واحد متر مکعب/تن/حیوان زنده است.

مقدار آب مجازی از مصرف خوراک شامل دو بخش است. نخست، مقدار آبی است که برای مخلوط کردن خوراک و نوشیدن استفاده می‌شود. از آنجا که داده‌ای از حجم دقیق آب مصرفی در مخلوط خوراک دام در دسترس نبود، طبق روش مکونن و هوکسترا (Mekonnen &

$$RC = 1000 \times \sum_{d=1}^{d=ip} E_C \quad (۴)$$

مقدار تبخیر از مزرعه از ضرب کردن ضریب گیاهی در تبخیر و تعرق گیاه مرجع محاسبه می‌شود.

$$EC = KC \times ER \quad (۵)$$

معادله پنمن - مونتیت کلاسیک برای محاسبه تبخیر و تعرق به صورت زیر است.

$$E = \frac{\Delta (R_n - G) + C_p \rho_a \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{[\Delta + \gamma (1 + \frac{r_s}{r_a})]} \rho_w \lambda \quad (۶)$$

E (m/day): تبخیر و تعرق

$\lambda$  (MJ/kg): گرمای نهان تبخیر

$\Delta$  (kPa/°C): شیب منحنی فشار بخار و درجه حرارت

CP (MJ/kg/°C): شیب منحنی فشار بخار و درجه

حرارت

$\rho_a$  (kg/m<sup>3</sup>): چگالی متوسط هوا در فشار ثابت

$\rho_w$  (kg/m<sup>3</sup>): چگالی آب

$\gamma$  (kPa/°C): ثابت سایکرومتری

es (kPa): فشار بخار اشباع

ea (kPa): فشار بخار محیط

Rn (MJ/m<sup>2</sup>/day): تابش خالص بر سطح محصول

G (MJ/m<sup>2</sup>/day): فلوکس حرارتی خاک

ra (d/m): مقاومت ایرودینامیکی

rs (d/m): مقاومت سطح توده محصول

برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع معمولاً از معادله پنمن - مونتیت استفاده می‌شود. در معادله اصلی پنمن - مونتیت مستقیماً نیاز آبی گیاه در یک مرحله با استفاده از ضرایب مقاومت گیاهی، ضریب انعکاس و مقاومت هوا تعیین می‌شود. ولی در حال حاضر به دلیل کمبود اطلاعات کارشناسان فائو با انتخاب ضرایب ثابت در این معادله، برای برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع کالیبره شده است. در این روش نیاز آبی گیاه با استفاده از ضرایب موجود در دو مرحله محاسبه می‌شود. در این مطالعه از نرم‌افزار NETWAT استفاده شده است.

برای محاسبه آب مجازی محصولات لازم است که در

در تمام طول عمر یک رأس دام است که در اینجا مقدار آب مجازی، حجم آب در هر تن حیوان زنده است و به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$VWC_{drink} = \frac{\int q_a dt}{W_a} \quad (10)$$

در اینجا  $q_d$  آب آشامیدنی مورد نیاز حیوان بر حسب متر مکعب در روز است و  $W_a$  وزن حیوان زنده در پایان حیات بر حسب تن.

#### محاسبه آب مورد نیاز برای سرویس

این مقدار شامل تمیزکردن حیوان و شستشوی محل نگهداری حیوان می‌شود و می‌توان به صورت زیر آن را محاسبه کرد.

$$VWC_{serv} = \frac{\int q_{serv} dt}{W_a} \quad (11)$$

در اینجا  $q_{serv}$  آب مصرف‌شده برای نظافت دام و مکان نگهداری و  $W_a$  وزن حیوان زنده در پایان حیات بر حسب تن است.

#### محتوای آب مجازی حیوان زنده (VWC<sub>a</sub>)

$$VWC_a = VWC_{feed} + VWC_{drink} + VWC_{serv}$$

$\frac{\text{آب مصرفی در غذا}}{\text{وزن حیوان}} + \frac{\text{آب مصرفی در سرویس}}{\text{وزن حیوان}} + \frac{\text{آب مصرفی در نوشیدن}}{\text{وزن حیوان}}$

#### وزن گوساله زنده:

#### محاسبه محتوای آب مجازی گوشت

با استفاده از محاسبات قبلی می‌توان محتوای آب مجازی یک رأس دام را به دست آورد. برای به دست آوردن محتوای آب مجازی محصولات، به منظور تجزیه و تحلیل نظام‌مند، محصولات به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم شد. محصولات اولیه به صورت مستقیم از حیوان زنده مشتق می‌شود. برای مثال، شیر محصول اولیه گاوشیری و گوشت و پوست که از لاشه به دست می‌آید محصولات ثانویه گاو است.

بنابراین، سطح اول از پروسه در این مطالعه مقدار آب مجازی حیوان زنده است به اضافه آب مورد نیاز برای پردازش گوشت.

(Hoekstra, 2003) و داده‌های تقریبی فکا، این مقدار ۵۰٪ از کل مصرف خوراک دام تخمین زده شده است. دوم، محتوای آب مجازی مواد مختلف غذایی است که حیوان مصرف می‌کند.  $VWC_{drink}$  محتوای آب مجازی در نوشیدن و  $VWC_{serv}$  محتوای آب مجازی سرویس و نظافت است.

#### محاسبه محتوای آب مجازی خوراک دام

مقدار آب مجازی محتوای تغذیه گاو در پایان طول عمر به روش زیر محاسبه می‌شود.

(۸)

$$VWC_{feed} = \frac{\int_{birth}^{slaughter} \{q_{mixing[e,a]} + \sum_{c=1}^n SWD \times C\} d}{W_a}$$

که در اینجا  $VWC_{feed}$  محتوای آب مجازی خوراک بر حسب مترمکعب برای هر تن دام است و متغیر  $q_{mixing}$  نشان‌دهنده حجم آب مورد نیاز برای مخلوط کردن خوراک دام است (مترمکعب در روز).

$C$  مقدار محصول مصرف‌شده حیوان بر حسب تن در روز

$SWD$  آب مجازی محصول در منطقه بر حسب متر مکعب محصول

$W_a$  میانگین (وزن متوسط دام زنده) محاسبه‌شده در پایان عمر (واحد تن)

$$SWD = \frac{CWR}{CY} \quad (9)$$

در اینجا  $CWR$  نشان‌دهنده نیاز آبی گیاه است و بر حسب مترمکعب بر هکتار بیان می‌شود.

$^A CY$  عملکرد محصول بر حسب تن بر هکتار  
 $^9 SWD$  آب مجازی محصول گیاهی خوراک دام (مترمکعب بر تن)

#### محاسبه محتوای آب مجازی در نوشیدن آب

مقدار آب مجازی از نوشیدن، محاسبه مقدار آب آشامیدنی

(۱۵)

$$VWC_p = (VW_a[e, p] + PWR[e, a]) \times \frac{VF[e, p]}{PF[e, p]}$$

همان‌طور که گفتیم، برای محاسبه محتوای آب مجازی دام و محصول دامی نیاز به داشتن محتوای آب مجازی محصول گیاهی مصرف‌شده در غذای دام است که از طریق روش (Hoekstra & Hung, 2002) به‌دست آمده است.

برای محاسبه میزان آب مورد نیاز برای تولید هر محصول، باید میزان آب مورد نیاز برای آبیاری این محصول به‌دست آید که در آن میزان تبخیر و تعرق از سطح زمین و خاک و گیاه نیز لحاظ می‌شود. لذا، اطلاعاتی از قبیل نیاز آبی محصول در کل دوران رشد، نرخ تبخیر و تعرق، عملکرد سالانه محصول و بازدهی محصول مورد نیاز است. آب مجازی محصولات کشاورزی (مترمکعب بر تن) VC از تقسیم کل میزان آب مورد نیاز برای تولید محصول C به کل محصول تولید شده به‌دست می‌آید.

$$VC = \frac{UC}{YC} \quad (۱۶)$$

برای محاسبه آب مجازی محصول C باید کل حجم آب مصرف‌شده (نیاز آبی) برای تولید این محصول به کل محصول تولیدشده (عملکرد) تقسیم کرد.

$$WVC = \frac{\sum UC}{\sum YC} \quad (۱۷)$$

مقدار آب مورد نیاز برای محصول C را می‌توان از ضرب کردن مقدار نیاز آبی محصول برای کل دوره رشد گیاه (مترمکعب بر هکتار) RC در کل اراضی کشت‌شده (هکتار) AC به‌دست آورد. در این مطالعه داده‌های مربوط به نیاز آبی گیاه از نرم‌افزار نت‌وات استفاده شده است. به‌این ترتیب که میانگین نیاز آبی محصول مورد نظر در تمامی دشت‌های کاشت مشخص شده سپس از آن میانگین گرفته شده است.

### ۳. نتایج و بحث

مقدار خوراک دام مصرفی گاو بستگی به عوامل مختلفی بستگی دارد، از جمله شرایط آب‌وهوایی منطقه، فصل،

(۱۲)

$$PWR_{[e,a]} = \frac{Q_{prod}}{W_a}$$

در این معادله،  $PWR_{[e,a]}$ <sup>۱۱</sup> نیاز آبی پردازش برای تولید محصول اولیه a (لاشه) در هر تن از حیوان زنده e است.  $Q_{prod}$  [e,a]<sup>۱۲</sup> (مکعب متر تن) حجم آب مورد نیاز پردازش محصول در واحد مترمکعب است. برای هر حیوان آب مورد نیاز برای پردازش محصول تا انتهای پروسه کشتارگاه در نظر گرفته شده است (خروجی چرخه حیات) که شامل بسته‌بندی گوشت نمی‌شود. داده‌های مربوط به آب مورد نیاز پردازش شامل آب مصرفی در ذبح، قطعه‌کردن لاشه و جداسازی پوست گاو می‌شود که از دامداری مورد مطالعه به‌دست آمده است.

محتوای کل آب مجازی از حیوانی زنده (VWC) و نیاز آبی پردازش (PWR) باید به محصولات اولیه از هر تن حیوان زنده نسبت داده شود؛ به این منظور برای منطقی کردن این نسبت، کسر محصول و کسر ارزش معرفی شده است.

کسر محصول وزن محصول اولیه و به‌دست آمده از هر تن حیوان زنده تعریف شده است.

$$Pf = \frac{WP}{W_a} \quad (۱۳)$$

در اینجا  $WP$ <sup>۱۴</sup> وزن محصول اولیه (لاشه) و  $W_a$  وزن موجود زنده است.

به‌طور کلی، کسر محصول در موضوع این مطالعه همیشه کمتر از ۱ است، چرا که محصول تنها از بخشی از حیوان گرفته شده است. اما اگر محصول در تمام عمر حیوان به‌دست آید (شیر و تخم مرغ) این رقم بزرگ‌تر از ۱ است.

کسر ارزش، نسبت ارزش بازار محصول از حیوان به ارزش بازار کل محصولات (مشتمل شده) از حیوان است.

$$V_{[e,p]} = \frac{V[p] \times PF[e,p]}{\sum (V[p] \times PF[e,p])} \quad (۱۴)$$

متغیر  $V[p]$  ارزش بازار محصول p است (ریال در هر تن). از این‌رو، محتوای آب مجازی از محصول اولیه به‌صورت زیر حساب می‌شود.

تفاوت‌های منطقه‌ای، تفاوت‌هایی در محاسبات وجود دارد، زیرا آبیاری را می‌توان با داده‌های آب‌وهوایی محاسبه کرد یا تخمین زد. تفاوت در آب آبی به دلیل آبیاری و نسبت سیستم‌های فشرده در هر کشور است. تفاوت در آب‌های خاکستری نیز دارای الگوی مشابهی است، ضمن اینکه، وقتی سیستم دامی به مثابه کل در نظر گرفته می‌شود، تولید بیشتر به معنای کاهش مصرف آب برای هر کیلو محصول است. افزون بر تفاوت بین کشورها، تفاوت‌های بزرگی هم از سالی به سال دیگر و به دلیل تغییرات آب‌وهوایی دیده می‌شود. تأثیرات آب‌وهوا بر مصرف آب نه تنها به محل نگهداری حیوانات، بلکه به محل تولید محصولات آن‌ها (مثل کشتارگاه‌ها) نیز بستگی دارد همچنین، سیستم‌های کشاورزی تأثیر بزرگی بر مصرف آب می‌گذارد.

مطالعات اخیر شروع به برآورد از طریق انواع و اقسام روش‌ها از جمله روش ردپای آب، ارزیابی چرخه حیات و محتوای آب مجازی کرده‌اند. دانستن نیازهای آبی برای تولید حیوانی باعث بهینه‌سازی مصرف آب در بخش مدیریتی می‌شود.

### محتوای آب مجازی خوراک مصرفی

آب مصرفی در خوراک به شکل زیر محاسبه می‌شود: محتوای آب مجازی غذا = آب مورد استفاده در مخلوط کردن غذا + محتوای آب مجازی محصولات گیاهی محتوای آب مجازی محصولات گیاهی در خوراک گاو در جدول ۱ آمده است. مقدار و نوع غذای گاو در هر دوره از حیات دوساله تعیین می‌شود و بر اساس آن محتوای آب مجازی خوراک (SWR) طبق جدول ۲، ۳ و ۴ با ضرب خوراک در هر دوره در SWD و آب مجازی محصول (CWR) به دست خواهد آمد.

با توجه به حجم آب مجازی در هر بخش و جمع آن در نهایت محتوای آب مجازی گاو قبل از ذبح (دوران پرورش) طبق جدول ۴ به دست می‌آید.

نژاد، تعیین تخصصی جیره و اینکه آیا گاو تنها برای تولید گوشت پرورانه می‌شود. ترکیب خوراک و رژیم غذایی حیوان ممکن است متفاوت باشد، اگرچه ارزش غذایی یکسان را دنبال کند. وزن‌گیری گاو در اثر تغذیه وابسته به نژاد گاو است. مقدار مصرف خوراک دام طبق داده‌های دریافتی از گاوداری مورد مطالعه دریافت شده است که در مقایسه با میانگین خوراک دام در مطالعات انجام شده در کشورهای اروپایی و امریکایی (Hoekstra & Chapagin, 2006) مقدار بیشتری به دست آمده است. این تفاوت به دو دلیل عمده در روش تغذیه گاو است، یکی در دوران رشد و دیگری در دوره پرورانی که غذای گاو به خصوص در دوره پرورانی بیشتر شامل مکمل‌های پروتئینی و غذای کنستانتره است.

ردپای آب متوسط ۱۵ هزار لیتر بر اساس هر کیلو گوشت، و ۳ هزار لیتر برای هر کیلو شیر اغلب در سیستم‌های استاندارد با تولید بالا در کشورهای پیشرفته است. پیمتنتل‌ها ردپای آب برای هر کیلو گوشت گاو را ۲۰۰ هزار لیتر محاسبه کرده‌اند (Pimentel & Pimentel, 2003). این مقدار در میانگین جهانی برای آب مجازی گوشت و شیر به ترتیب ۲۳۶۸۵ و ۱۴۶۴ (Chapagin & Hoekstra, 2003) به دست آمده است. چنانچه هر کیلو گوشت دارای محتوای آب مجازی ۱۵ هزار لیتری باشد، تولید سالانه گوشت، ۱۲۰۰ میلیارد مترمکعب آب نیاز دارد و این یک چهارم ذخایر آب شیرین جهان است که ۵ هزار میلیارد لیتر تخمین زده شده است. از این رو، مؤلفه ردپای آب و محتوای آب مجازی ابزاری ارزشمند برای مدیریت آب است و روش LCA دقیق‌ترین رویکرد برای تخمین تأثیر مصرف آب بر تخلیه آب شیرین خواهد بود.

با توجه به وجود روش‌های مختلف، تفاوت‌های بزرگی در تخمین آب مصرفی برای مثال در مورد تولید شیر وجود دارد. به رغم تفاوت‌ها بین ردپای آب یا آب مجازی و LCA و تفاوت در روش‌های LCA، تفاوت‌های بزرگی برای آب آبی مشاهده شده است. افزون بر



جدول ۱. محتوای تقریبی آب مجازی خوراک بخش کنسنترهٔ مصرفی گاو بالغ در ۲۰ ماه زندگی

نوع خوراک	CWR محتوای آب مجازی (مترمکعب)
جو	۲۰۲۴
ذرت	۹۰۳
سویا	۷۵۹
گندم	۵۰۹
کلزا	۲۲
پنبه‌دانه	۶
آفتابگردان	-----
چغندر قند	۲
شیدر	۲
یونجه	۵
پروتئین	-----
جمع	۴۲۳۲

جدول ۲. محتوای تقریبی آب مجازی بخش علوفه‌ای مصرفی گاو بالغ در ۲۰ ماه زندگی

نوع خوراک	CWR محتوای آب مجازی (مترمکعب)
ذرت علوفه‌ای سیلویی	۴۸۷
کاه	-----
یونجه	۹۳۲
تفالۀ چغندر	۱۳۷۵
جمع	۲۷۹۵

جدول ۳. محتوای تقریبی آب مجازی در استارتر مصرفی گوساله در دورهٔ ۴ ماههٔ زندگی

نوع خوراک	CWR محتوای آب مجازی (مترمکعب)
ذرت	۴۶
سویا	۷۶
آفتابگردان	-----
کلزا	۲۵
سبوس	-----
مکمل پروتئینی	-----
جمع	۱۳۱

جدول ۴. جمع کل محتوای آب مجازی خوراک مصرفی گاو تا سن ذبح (۲۴ ماه)

دوره	CWR محتوای آب مجازی (مترمکعب)
گوساله	۱۳۱
کنستانتره بالغ	۴۲۳۲
علوفه بالغ	۲۷۹۵
جمع	۷۱۵۸

جدول ۵. مقدار آب مورد نیاز مخلوط کردن خوراک هنگام مصرف (مربوط به بخش کنستانتره و خوراک علوفه‌ای گاو)

مقدار غذای مصرفی (کیلوگرم در روز)	حجم آب مخلوط (لیتر در روز)	سن (روز)	مصرف کل (مترمکعب)
گاو	۲۰	۶۰۰	۶/۰۶
گوساله	۱	۱۲۰	۰/۵

منبع: (دامداری فکا)

محتوای آب مجازی لاشه (گوشت با استخوان) به دست خواهد آمد.

- محتوای آب مجازی ۱ کیلوگرم گوشت با استخوان

(لاشه): مترمکعب بر تن

$$PWR = \frac{Q_{prod}}{W_a} = \frac{10}{0.65} = 15.38$$

$$PF = \frac{W_p}{W_a} = \frac{0.36}{0.65} = 0.55$$

در اینجا R کسر محصول و برابر است با: ۰/۵۵.

و VF کسر ارزش است و با استفاده از معادله زیر به دست خواهد آمد.

$$VF[e, p] = \frac{V[p] \times PF[e, p]}{\sum(V[p] \times PF[e, p])}$$

کل آب مصرفی در خوراک:  $7164 = 6/06 + 7158/35$

در نتیجه، محتوای آب مجازی گاو پرواری به صورت

زیر محاسبه می‌شود.

$$VWC_a = \frac{15.6}{0.65} + \frac{6.24}{0.65} + \frac{7164/41}{0.65}$$

مترمکعب بر تن = 11055.76

تولید محصولات ثانویه نیز به مقداری آب نیاز دارد (نیازی آبی پردازش).<sup>۱۶</sup> در اینجا لاشه محصول اولیه است که گوشت گاو محصول ثانویه حاصل از آن است. اگر آب مصرفی برای ذبح و آماده‌سازی لاشه و محتویات آن را ۱۰ مترمکعب در نظر بگیریم، PWR لاشه برابر ۱۵/۳۸ خواهد بود. به این ترتیب، با داشتن کسر محصول و کسر ارزش،

جدول ۶. محاسبات کسر محصول و کسر ارزش گوشت با استخوان

پارامتر	لاشه	امعا و احشا	نطفه	پوست
کسر محصول $PF = \frac{W_p}{W_a}$	۰/۴۰	۰/۰۸	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۴
ارزش بازار ریال بر تن V	۸۲۵۰۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰۰۰	۲۶۲۴۰۰۰۰۰	۶۲۰۰۰۰۰۰
مقدار ارزش به دست آمده در هر تن حیوان $V \times PE$	۶۰۰۰۰۰۰۰	۸۸۰۰۰۰۰	۳۴۱۱۲۰	۲۴۸۰۰۰۰
کسر ارزش $VF = \frac{V \times PF}{\sum(V \times PF)}$	۰/۸۹۹	۰/۱۲۲	۰/۰۴۷	۰/۰۳۴

کسر محصول، از تقسیم وزن محصول اولیه گاو (لاشه) بر وزن گاو آماده زنده به دست می‌آید.

وزن لاشه ۰/۳۶ (سالنامه آماری استان اصفهان، ۱۳۹۱)  
وزن گاو بالغ آماده: ۰/۶۵

$$PF = \frac{W_p}{W_a} = \frac{0.28}{0.36} = 0.77$$

PF (کسر محصول) = ۰/۷۷

کسر ارزش: کسر ارزش گوشت خالص ۱ در نظر گرفته می‌شود.

$$VF[e,p] = \frac{V[p] \times PF[e,p]}{\sum (V[p] \times PF[e,p])} =$$

$$\frac{۳۲۰۰۰۰۰۰ \times ۰.۷۷}{۳۲۰۰۰۰۰۰ \times ۰.۷۷} = ۱$$

کسر ارزش نسبت ارزش بازار یک محصول از حیوان به ارزش بازار کل محصولات از حیوان است.

کسر ارزش نسبت ارزش بازار یک محصول از حیوان به ارزش بازار کل محصولات از حیوان است.

$V[p]$  ارزش محصول لاشه به تومان برای هر تن =  $۱۵۰۰۰۰۰۰ \times (۰/۵۵)$  کسر محصول  $۸۲۵۰۰۰۰۰ =$   
تقسیم بر جمع ارزش بقیه محصولات اولیه شامل نطفه، پوست و مواد زائد  $(۹۲۱۲۱۱۲۰) = ۰/۹$  است.

در نهایت، محتوای آب مجازی لاشه (گوشت با استخوان) اولین محصول به دست می‌آید.

مترمکعب بر تن

$$VWC_{\text{لاشه}} = (11055 + 15.38) \times \frac{0.97}{0.55} = 19485.2$$

- محتوای آب مجازی یک کیلوگرم گوشت

بی‌استخوان

$$PWR = \frac{Q_{\text{prod}}}{W_a} = \frac{۱}{۰/۶۵} = ۱/۵۳$$

جدول ۷. محاسبات مربوط به کسر محصول و کسر ارزش گوشت بدون استخوان

پارامتر	گوشت
کسر محصول $PF = \frac{W_p}{W_a}$	۰/۷۷
ارزش بازار ریال بر تن $V$	۳۵۰۰۰۰۰۰
مقدار ارزش به دست آمده در هر تن حیوان $V \times PF$	۲۶۹۵۰۰۰۰
کسر ارزش $VF = \frac{V \times PF}{\sum (V \times PF)}$	۱

کمترین محتوای آب مجازی گوشت است. در میان کشورهای افریقایی، چاد و تونس به ترتیب کمترین و بیشترین محتوای آب مجازی گوشت را دارد. در میان کشورهای آمریکایی، کانادا و ونزولا به ترتیب کمترین و بیشترین محتوای آب مجازی گوشت را دارند. در میان کشورهای اروپایی، لهستان و هلند کمترین و پرتقال و یونان بیشترین محتوای آب مجازی گوشت را دارند.

دست‌اندرکاران تولید محصولات حیوانی در مواجهه با این نیاز جامعه، باید درک خود از سیستم‌های تولید را به

به‌این ترتیب، محتوای آب مجازی گوشت بدون استخوان دومین محصول به دست آمده از گاو به شکل زیر محاسبه خواهد شد.

$VWC_{\text{لاشه}} =$  مترمکعب بر تن

$$\left( \frac{۱۹۴۸۵}{۲} + ۱/۵۳ \right) \times \frac{۱}{۰/۷۷} = ۲۵۱۳۷$$

#### ۴. نتیجه‌گیری

در مقایسه با کشورهای آسیایی ایران بعد از قرقیزستان، هم‌تراز با عراق دارای بیشترین و چین و کره شمالی دارای

می‌دهد. روش مؤثر، کاهش آبیاری در مناطقی است که دست‌کم در زمان‌هایی از سال بارندگی قابل‌ملاحظه دارند یا انتخاب منطقه یا استانی است که به‌لحاظ نیاز آبی کمتر گیاهان منطقه (بارش، رطوبت خاک) آبیاری کمتری نیاز دارد.

در صورت استفاده از محصولات کشاورزی مندرج در جدول ۸، از استان‌های پیشنهاد شده ۱۹/۴۱۷۷ مترمکعب در هر پرورش در بخش خوراک در آب صرفه‌جویی خواهد شد.

چشم‌اندازی کل‌نگر گسترش دهند. از آنجا که آب منبعی حیاتی برای تولید پروتئین حیوانی است، نظارت مداوم بر کیفیت و کمیت آن ضرورت می‌یابد. ولی، در زنجیره تولید حیوانی شیوه‌های مختلف مدیریت آب باید پیشنهاد، ارزیابی و پیاده‌سازی شود. این شیوه‌ها اطلاعات و شاخص‌های نوینی برای ارتباط مصرف آب و تولید محصولات حیوانی ایجاد و برنامه‌ریزی، مدیریت و ارزیابی را امکان‌پذیر می‌کند. کاربست شیوه‌های مدیریتی یکپارچه منجر به درونی‌سازی مدیریت آب، کاهش هزینه و تضاد بین تولید حیوانی و جامعه می‌شود و امنیت آب را افزایش

جدول ۸. مقایسه محتوای آب مجازی محصولات در استان‌های مختلف

محصول	استان	در استان منتخب
کلزا	۳۳۴۹	قم: ۲۱۰۱
چغندر قند	۳۰۳/۱۶	همدان: ۱۲۶/۹
گندم	۱۲۱۲/۲۱	تهران: ۴۵/۰۸
جو	۱۶۰۶/۸۱	مازندران: ۲۳۱
ذرت علوفه‌ای	۱۱۶/۱۶	فارس: ۸۴/۱۹

مناطق مختلف دارد. گونه‌های اولیه را می‌توان طوری کشت داد که دوره حد اکثر رشد گیاه با دسترس‌پذیری آب هم‌زمان شود.

آشنایی نسبت به جریان آب در مزارع و حوضه‌ها امری ضروری است و رویکرد محاسبه رد پای آب در کنار آب مجازی به افزایش این دانش کمک می‌کند. برهم‌کنش بین دام و منابع آبی نیاز به تحلیل بیشتری دارد تا از این طریق طراحی، پیاده‌سازی و نظارت بر سیستم‌های کشاورزی پایدار صورت بگیرد. با استفاده از کشاورزی ارگانیک به‌کمک بیوتکنولوژی می‌توان عملکرد محصولات کشاورزی را افزایش داد و از این طریق به کاهش در محتوای آب مجازی رسید.

در محاسبه آب مجازی در این تحقیق، به تبخیر و تعرق آب آبیاری، و تبخیر آب از مخازن آب‌های سطحی

آبیاری امنیت غذایی انسان را با حداکثرسازی تولید غذا افزایش می‌دهد، ولی ذخیره‌های زیرزمینی آب را کم می‌کند و در موارد شدیدتر شوری منابع آب را زیاد می‌کند. بازده آبیاری به روش‌های مختلف افزایش می‌یابد. اولین گام بهینه‌سازی زمان‌بندی و مقدار آبیاری، آب انتقالی و در نتیجه راهکارهای فناورانه است. حداقل و حداکثر بازده کاربرد آب در مزارع تحت مطالعه استان اصفهان به ترتیب ۱۷/۶ و ۵۹/۱ درصد اندازه‌گیری شده است. لذا افزایش راندمان در بخش کشاورزی استان گامی مؤثر در جهت کاهش مصرف آب است.

روش دیگر اینکه آب مصرفی توسط محصولات کشاورزی را کاهش دهیم. ذرت غذای اصلی حیوانات است که عملکرد آن بستگی زیادی به تأمین آب دارد و در زمان‌هایی که بارندگی کم است، نیاز به آبیاری بسیار در

پایینی برخوردارند. سرعت افزایش وزن روزانه بالا، طول مدت دوره پروار را کاهش می‌دهد. در نتیجه بازدهی استفاده از انرژی و پروتئین مصرفی در حیوان افزایش می‌یابد. به علاوه، نژادهای گوشتی در وزن مشخصی مقدار چربی کمتری در بدن ذخیره می‌کنند و نسبت گوشت لخم به بافت استخوان و چربی بیشتری دارد. این عوامل سبب می‌شود تا مقدار گوشت تولیدی به مقدار خوراک مصرفی افزایش یابد و از اتلاف مواد خوراکی جلوگیری شود. برای مثال، گاو هلشتاین که در گاوداری‌های ایران و مورد مطالعه پرورش می‌یابد نژاد خاص گوشتی نیست. ماده آن گزینه خوبی برای تولید شیر است و گاو نر که برای تولید گوشت پروار می‌شود در مورد تولید گوشت بازدهی کمی دارد. حیوان در ۲ سالگی و در وزن حدود ۶۰۰-۷۰۰ کیلوگرم ذبح می‌شود و لاشه‌ای به وزن ۳۶۰-۳۷۰ تولید می‌کند که در مقایسه با نژادی مانند نژاد بلان‌بلوبلژ یا لیموزین گزینه مناسبی نیست. نژاد بلان‌بلوبلژ در بیشتر اوقات خاصیت ماهیچه مضاعف دارد، وزن دام نر در سن بلوغ حدود ۱۲۵۰ کیلوگرم و وزن ماده‌ها ۷۵۰ کیلوگرم است، و بازدهی گوشت آن در کشتارگاه ۶۵ تا ۷۰ درصد است. لیموزین از بهترین گاوهای گوشتی به‌شمار می‌آید و دارای استخوان‌بندی ظریفی است. به‌همین علت درصد گوشت به استخوان در این نژاد بیش از دیگر نژادهاست و بازده گوشت آن (وزن زنده یا لاشه) بین ۶۲ تا ۶۴ درصد است.

سرعت افزایش وزن روزانه پایین و ضریب تبدیل غذایی بالا (به‌خصوص در توده ژنتیکی بومی) سالانه سبب اتلاف حجم بالای مواد خوراکی می‌شود. بنابراین، توصیه می‌شود که یا از طریق اصلاح نژاد مبادرت به سنتز نژاد گوشتی در کشور شود یا اینکه نسبت به واردات نژادهای گوشتی متناسب با شرایط محیطی اقدام لازم صورت گیرد. جیره غذایی عامل مؤثری در محتوای آب مجازی محصولات دامی است چرا که بزرگ‌ترین بخش مصرف آب مربوط به خوراک دام می‌شود، لذا می‌توان با مصرف

مصنوعی ساخته شده برای ذخیره سازی آب آبیاری و تبخیر آب از کانال‌های انتقال و آورنده آب آبیاری از محل منشأ به مزرعه صرف نظر شده است. ذخیره‌سازی و انتقال آب دو فرایندی است که فرایند رشد محصول در مزرعه را پیش می‌برد و محتوای آب مجازی مخصوص به خود را دارد. تلفات تبخیر در این دو مرحله فرایند بسیار قابل توجه است. فرایندهای متعاقب طی آبیاری ذخیره آب، انتقال آب، آبیاری مزرعه در هر مرحله فرایند رد پای آب و آب مجازی مخصوص به خود را دارد.

اگرچه بخش کوچکی از محتوای آب مجازی کل، مربوط به بخش شستشو و سرویس و نگهداری گاو در دامداری است (در مورد گاوشیری این مقدار ناچیز نیست و به ۸۰-۹۰ لیتر در روز می‌رسد)، تغییرات در پروسه انجام امور بخش مذکور در درازمدت در مصرف آب تأثیرگذار است. استفاده از سیستم‌های تمیزکننده گاو که ضمن کاهش مصرف آب موجبات راحتی حیوان را هم فراهم می‌آورد، همچنین استفاده از سیستم فشاری در نظافت آغل که موجب مصرف آب و زمان کمتر می‌شود پیشنهاد می‌گردد.

همان‌طور که در محاسبات نیز مشخص است، مقدار بهره‌وری از هر گاو گوشتی، یعنی مقدار گوشتی که از حیوان ذبح شده نسبت به کل وزن به‌دست می‌آید، تأثیر زیادی در محتوای آب مجازی دارد چرا که نسبت به غذایی که حیوان مصرف کرده است، محصول بیشتری تولید می‌شود. بنابراین، محتوای آب مجازی محصول به‌دست‌آمده کمتر خواهد بود. در ایران و گاوداری مورد مطالعه متأسفانه نژاد گاو گوشتی خاصی وجود ندارد. در نتیجه از گاو و گوساله توده‌های ژنتیکی بومی و نژادهای خارجی (عمدتاً هلشتاین) به دو منظور تولید گوشت و شیر استفاده می‌شود. البته، گاوهای هلشتاین به بیشترین تولید شیر با کمترین درصد چربی شهرت یافته‌اند، اما نژادهای گاو گوشتی به‌منظور تولید گوشت، به‌وجود آمده‌اند که از سرعت افزایش وزن روزانه بالا و ضریب تبدیل غذایی

## یادداشت‌ها

1. blue, green and gray virtual water
2. green water flow
3. green water resource
4. virtual water content from servicing water supply of live animal insofar related to use of service water
5. virtual water content from drinking water supply of live animal insofar related to drinking
6. virtual water content from of live animal insofar related to feeding
7. Virtual water content of live animal
8. crop yield of crop consumed by animal
9. specific water demand of crope (xiptual water cotent of crop consumed by animal)
10. weight of animal of the end of its life span
11. process water requirement per ton of live animal
12. volume of process water required per animal for producing primary products
13. product fraction of primary product per ton of root product
14. weigh of primary product
15. value fraction of primary product
16. processing water

محصولات با نیاز آبی کمتر و محتوای تغذیه‌ای برابر میزان محتوای آب مجازی صنعت پرورش دام و محصولات به‌دست آمده را تا حد زیادی کاهش داد. بخش دیگر آب مصرفی در خوراک دام به مقدار آب مصرفی مورد نیاز جهت مخلوط کردن با غذای دام مرتبط است که این مقدار ۵۰٪ از غذای حیوان را شامل می‌شود. بخشی از مصرف آب در سیلوهای نگهداری و بهسازی خوراک دام به شستشوی محل و برخی خوراک‌ها برای سیلوشدن مربوط است. داده‌ای از میزان مصرف دقیق آب در این بخش در دسترس نیست، اما با استفاده از روش‌های کاهش مصرف آب می‌توان مقدار مصرف را در این بخش کاهش داد. در پایان، تغییر در رژیم غذایی کشور و کاهش مصرف محصولات گوشتی و جایگزین کردن گوشت قرمز با مواد غذایی با محتوای غذایی برابر نقش بزرگی در صرفه‌جویی آب در سطح کشور و در سطح جهانی ایجاد می‌کند.

## منابع

- پوراصغر سنگاچین، ف. ۱۳۸۹. کمیابی منابع آب، چالش جامعه جهانی در هزاره سوم، سالنامه آمار کشاورزی استان اصفهان. ۱۳۹۱. فصل چهارم.
- مرکز آمار ایران ۱۳۹۱. آمار کشتار دام کشتارگاه های کشور، ۱۳۹۱
- مرکز آمار ایران ۱۳۹۲. نتایج آمارگیری از گاو‌داری‌های صنعتی کشور.
- مؤسسه استاندارد تحقیقات صنعتی ایران ISIRI 1053. آب آشامیدنی- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی.
- Alcamo, J., Henrichs, T., Rosch, T. 2000. World water in 2025: Global modeling and scenario analysis for the world commission on water for 21th century, center for Environmental System Research, Report A0002. University of Kassel, Germany, p. 490.
- Allan, J.A. 2003. Virtual water eliminates water wars? A case study from the Middle East. pp. 137-145. in: A.Y. Hoekstra (Ed.), Virtual water trade, proceeding of the international Export meeting on virtual water trade, Value of Water Research Report Series No. 12, IHE, Delf, Netherlands.
- Bradley, G., Ridoutt, P., Sanguansri Nolan, M., Marks, N. 2012. Meat consumption and water scarcity beware of generalization, Journal of Cleaner Production, 28: 127-133.
- Chapagin, A.K., Hoekstra, A.Y. 2003. Virtual water flows between nation in relation to trade in livestock and livestock products. Value of water research report, No. 13, UNESCO-IHE.
- Ezekiel, A., Dominic, A.A. 2015. Sources, demand and problems of domestic water in Nassarawa Eggon Town, Nigeria, Pollution, 1(1): 55-65.
- Falkenmark, M. 1995. Coping with water scarcity under rapid population growth. Conference of SADC ministers, Pretoria, November, 23-24.

- Hoekstra, A.Y. 2003. Virtual water: An introduction, virtual water trade-proceedings of the international expert meeting on virtual water 2013 December, Netherlands.
- Hoekstra, A.Y., Mekonnen, M.M. 2012. The water footprint of humanity, proceedings of national academy of science, 109(9): 3232-3235.
- Hoekstra, A.Y. Chapagin, A. K., Aldaya, M. M., Mekonnen, M.M. 2011. The water footprint assessment manual setting the global standard. ISBN: 978-1-84971-279 -8.
- Hoekstra, A.Y., Chapagin, A.K. 2006. Water footprint of nation: Water use by people as function of their consumption pattern. Springer Science, Business media B.V. DOI: 10.1007/s11269-006-9039x.
- Hoekstra, A.Y., Hung, P.Q. 2002. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nation in relation to international crop trade. Value of Water Research Report series NO.11, UNESCO-IHE Institute.
- ISIRI-ISO 14040. 1<sup>st</sup>edition"Environmental management-life cycle assessment-principles and framework.
- IWMI (International Water Management Institute). 2006. Water for food, water for life. from the comprehensive assessment of water management in agriculture. Stockholm world week.
- Khosravi, H., Karimi, K., Nakhaee Nezhad Fard, S., Mesbahzadeh, T. 2016. Investigation of spatial structure of groundwater quality using geostatistical approach in Mehran Plain, Iran. Pollution 2(1): 57-65.
- Madani, K. 2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis? J Environ Stud. Sci. DOI:10.1007/S 13412-04-0182-Z.
- Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal, Ecosystem, 15: 401-415. DOI: 10.107/S10021-011-9517-8.
- Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. 2011. The green, blue and gray water footprint of crops and derived crop products, Twente water center, University of Twente, Enschede, the Netherland. DOI:10.5194/HESS-15-1577-2011.
- Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. (2010a). A global and high-resolution assessment of the green,blue and grey water footprint of wheat. Hydrology and Earth System Sciences, DOI:10.5144/hess-14-1259-2010.
- Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. (2010b). The green blue and gray water footprint of farm animals and animal products, Vol. 1, Main Report, series No. 48.Nasrabadi, T., Baghvand, A., Vosoogh, A. 2015. Groundwater quality determination regarding major anions and cations (Case study of an aquifer in the Lut Desert, Iran), Pollution, 1(1): 45-54.
- Pimentel, D., Pimentel, M. 2003. Sustainability of meat based and plant-based diets and the environment. Am. J. Clin. Nutr. 78: 660s-663s.
- Rockstrom, J., Lonnerstan, M., Falkenmark, M. 2007. Assessing the water challenge of a new green revolution in developing countries. Proc. Nat. Acad. sci. 104: 6253-6260.
- Shammi, M., Karmakar, B., Rahman, M.M., Islam, M.S., Rahman, R., Uddin, M.K. 2016. Assessment of Salinity Hazard of Irrigation Water Quality in Monsoon Season of Batiaghata Upazila, Khulna District, Bangladesh and Adaptation Strategies, Pollution, 2(2): 183-197.
- Smaktin, V., Revenga, C. and Doll, P. 2004. Taking in to account environmental water requirements in global-scale water resources assessment. Comprehensive assessment of water management in agriculture, Research Report 2.I.W. M.I, Colombo, Seri Lanka.
- Steinfeld, H., 2013. Save our water: the vegetarian way.
- Tamea, S.P., Allamano, J.A., Carr, P., Claps, F., Laio, L. Ridolfi. 2013. Local and global perspective on the virtual water trade. Hydrol. Erth Syst. Sci 17, 1205-1215. DOI: 10.5194/hess-17-1205-2013.
- Yang, H., Reichert, P., Abbaspour, K., Zehnder, A.J.B. 2003. A water resources threshold and its implications for food security, Environmental science and technology, 37: 3048-3054.