

## ارزیابی پیامدهای مصرف آب در چرخه حیات تولید شیر بر محیط زیست

علی دانشی<sup>۱\*</sup>، عباس اسماعیلی ساری<sup>۲</sup>، محمد دانشی<sup>۳</sup>، هنریکه بامن<sup>۴</sup>

۱. دکترای محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۲. استاد گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۳. استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد

۴. دانشیار گروه آنالیز سیستمهای محیط زیست، دانشگاه فن آوری چالمرز، گوتنبرگ، سوئد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۲/۹)

### چکیده:

آب یکی از نیازهای اصلی صنعت فرآورده های شیری می باشد و ارزیابی چرخه حیات (LCA) یکی از ابزارها برای ارزیابی محیط زیستی محصولات و فرآیندهاست. فرایند ارزیابی "گهواره تا دروازه" با جداسازی سیستم تولید محصول به سه مرحله زراعت، دامداری و فرآوری شیر انجام شد. داده‌ها از منابع مختلف مانند پرسشنامه، مقالات چاپ شده، پایگاه داده های ملی و بین المللی و پایگاه داده کارخانه فرآوری شیر جمع آوری شدند. در طول مطالعه، روش پیشنهادی ISO و «دستورالعمل فدراسیون بین المللی شیر در ارزیابی چرخه حیات» مورد استفاده قرار گرفتند. در این مطالعه واحد کارکردی (FU) برای بیان نتایج یک لیتر شیر پاستوریزه (۲/۵ درصد چربی) بسته بندی شده در کیسه های پلاستیکی می باشد. در نهایت برای کمی کردن و ارزیابی پیامدهای مصرف آب آبی، پارامترهای یک مدل بین المللی اثرات آب اصلاح شد و برای این مورد استفاده گردید. نتایج نشان داد که برای تولید یک FU، حدود ۳۷۰ لیتر آب لازم است که عمدتاً در تولید علوفه و آبیاری مصرف می شود. مرحله زراعت به تنهایی حدود ۹۷ درصد از کل آب مصرفی را شامل می شود و در طول زنجیره تولید شیر پاستوریزه، حدود ۴۰ و ۲۸ درصد از کل برداشت آب ناشی از آبیاری یونجه و جو مصرفی توسط دامها می باشد. در تولید یک FU، برآورد مدل برای تاثیر بر سلامت انسان با واحد "سالهای از کار افتادگی" یا DALY، مقدار  $0.35 \times 10^{-6}$  بدست آمد و مقدار تاثیر بر کیفیت بوم سازگان  $0.32 \text{ m}^2 \times \text{yr}$  حاصل شد.

**کلید واژگان:** ارزیابی چرخه حیات؛ لبنیات؛ اکوسیستم؛ سالهای از کار افتادگی؛ ارزیابی اثرات؛ ردپای آب

## ۱. مقدمه

حجم کل آب شیرینی که به طور مستقیم و غیر مستقیم توسط یک کشور و یا یک شرکت، و یا در تولید یک محصول استفاده می شود، دلالت می کند. این مفهوم با ارائه یک شاخص عددی به ظاهر ساده تا به حال موفقیت های چشمگیری در بالا بردن سطح آگاهی در مورد استفاده از آب در زنجیره تامین کشاورزی و صنعت، داشته است.

مطالعات نشان داده اند که گوشت و محصولات لبنی معمولاً ردپای آب بسیار بیشتری در مقایسه با محصولات گیاهی دارند و تنوع بسیار زیادی نیز در بازده مصرف آب بین سیستم های دامداری مختلف در سراسر جهان وجود دارد (Chenoweth *et al.*, 2013). سازمان جهانی استاندارد در حال تدوین استاندارد در رابطه با ردپای آب به شماره ۱۴۰۴۶ می باشد و نکته ای که همه صاحب نظران بر آن توافق کرده اند انجام این گونه مطالعات با رویکرد چرخه ی حیات می باشد. تا امروز، انواع مطالعات LCA و رد پای آب برای تولید شیر صورت گرفته است. در بررسی Ridoutt و همکاران (۲۰۰۹) مقدار آب مصرفی برای تولید یک کیلو شیر در مزرعه ۱۴/۴ لیتر به دست آمد. البته منطقه مطالعاتی در نواحی پرباران استرالیا با شاخص تنش آبی کم واقع شده بود و بخش کشاورزی نیاز به آبیاری مختصری داشت. البته مطالعه وی در مرحله گزارش کمیت آب مصرفی یا ردپای آب متوقف ماند و ارزیابی پیامد انجام نشد. بدلیل پیامدهای منطقه ای و حساسیت متفاوت مناطق به برداشت آب، محاسبه مقادیر برداشت آب (ردپای آب) به تنهایی نشانگر اثرات محیط زیستی صنعت فرآورده های شیری نمی باشد و لازم است تا ارزیابی اثرات انجام شود. اگرچه هنوز روش

مشکلات زیست محیطی، سیستمی هستند و به همین دلیل حل آنها نیز مستلزم یک رویکرد سیستمی می باشد و بر همین اساس روش LCA چرخه ی زندگی یک محصول را از استخراج و تامین مواد اولیه، تولید انرژی و تولید محصول تا استفاده و دفن نهایی بررسی می کند (ISO 14040, 2006). صنایع لبنی در ایران معمولاً شامل سه بخش متمایز می شوند: زراعت، تولید شیر (دامداری) و فرآوری شیر. مقدار تولید شیر گاو در سال ۲۰۰۹ در ایران ۸۴۰۵ هزار تن بوده، که معادل ۱/۴ درصد تولید جهانی می باشد و مصرف سرانه محصولات عمده شیری در ایران به این صورت می باشد: شیر ۳۵/۱، کره ۳ و پنیر ۴/۸ کیلوگرم در سال (IDF, 2010). در کل حدود ۹۲ درصد از منابع آب کشور هر سال در بخش کشاورزی مصرف می شود و روش های غیر کارا در آبیاری مانند غرقابی موجب هدررفت منابع آبی کشور می شود (Emadodin *et al.*, 2012). گاوهای شیری چندین برابر میزان شیردهی به آب نیاز دارند و برای فرآوری شیر در ایران، حدود ۴ تن آب به ازای فرآوری هر تن شیر مصرف می شود که با مقدار ۱-۲ تن پیشنهادی بانک جهانی فاصله زیادی دارد. شاخصهای متفاوتی برای بررسی وضعیت مصرف آب یک کالا یا یک منطقه وجود دارد برای مثال شاخص پتانسیل آبی که نسبت استحصال آب به آب قابل دسترس است یا شاخص بهره وری آب که نشان می دهد به ازای هر واحد تولید ناخالص داخلی (دلار) چه مقدار آب مصرف شده است. رد پای آب (water footprint) یک شاخص مبتنی بر مقدار مصرف آب است، که بر

این راستا، Pfister و همکاران در سال ۲۰۰۹ روشی را برای برآورد آسیب‌ها بر دو حوزه سلامت انسان و کیفیت بوم‌سازگان پیشنهاد کرده‌اند که بسیار مورد توجه قرار گرفته است و به عنوان روشی با قابلیت کاربرد هماهنگ در سراسر جهان به ISO پیشنهاد شده است (ISO 14046, 2012). رویه پیشنهادی بر اساس مدل‌سازی قطعی است و در اصل رفتار متوسط سیستم در تعادل و یا سیستم پایدار را مدل می‌کند. بدین صورت که از شاخص‌هایی مثل شاخص تنش آبی، شاخص توسعه انسانی (HDI) یا تولید اولیه خالص گیاهی استفاده می‌شود و در زنجیره علت و معلولی، بر اساس میزان ارتباط ریاضی میان مصرف آب، شاخص مربوطه و پیامد نهایی مورد نظر در این مدل، به کمیت می‌رسیم. در مدل پیشنهادی Pfister و همکاران (۲۰۰۹) از تولید خالص اولیه گیاهی، به دلیل همبستگی بالا با تنوع زیستی گیاهان آوندی، به عنوان نماینده‌ای برای تنوع زیستی استفاده شده است. در این مدل زنجیره علت-معلولی میان برداشت آبهای سطحی و زیرزمینی و موارد سوء تغذیه و در نهایت سالهای از کار افتادگی نیز بررسی شده است. در محاسبات واحد مقادیر پیامد سلامت بصورت DALY<sup>۶</sup> یا سالهای از کارافتادگی و واحد پیامد بر بوم‌سازگان  $m^2 \times yr$  می‌باشند.

بیش از یک ششم بیماریها در جهان ناشی از سوء تغذیه است، که این رقم در بعضی مناطق محروم ممکن است به یک سوم نیز برسد. بررسی‌های متعدد تغذیه‌ای نشان داده است که کشور ما با کمبودهای تغذیه‌ای گوناگون از جمله سوء تغذیه پروتئین-انرژی، کم خونی

واحد و قابل اجرا در سطح بین‌المللی برای کمی‌سازی پیامدهای آب مصرفی وجود ندارد و اکثر مطالعات تنها به گزارش کمیت آب مصرف شده اکتفا می‌کنند (Berger & Finkbeiner, Pfister et al., 2009). از دلایل نبود روش‌های مناسب برای ارزیابی پیامدها شکل‌گیری این مفهوم در اروپای غربی است که منابع آب فراوان است و ضرورت دانستن پیامدهای آب مصرف شده در تولید کالاها کمتر درک شده است و از طرف دیگر بدلیل استفاده‌های متنوع از آب، تفاوت‌های منطقه‌ای از نظر منابع آب و میزان برداشت، مشکلات تکنیکی و علمی برای توسعه یک روش واحد نیز وجود دارد.

در ارزیابی پیامدها دو نگرانی حفاظتی با ارزش برای انسان سلامت انسان و کیفیت بوم‌سازگان می‌باشند (Udo de Haes et al., 1999). در صورت ایجاد زنجیره علت و معلولی از فعالیتهای انسان تا این دو مورد، می‌توان پیامدهای (اثرات) محیط زیستی را بطور کمی ارزیابی کرد. حضور، تعداد و وضعیت انواع گیاهان، آبیاری و یا حشرات منعکس‌کننده کیفیت آن بوم‌سازگان می‌باشند. در مکان‌هایی که رشد گیاه محدود به آب است، برداشت آب در نهایت ممکن است به کاهش در دسترس بودن آب و در نتیجه کاهش پوشش و تنوع گیاهی شود. اما بطور کلی دو مسیر مهم برای تاثیر محدودیت آبی بر سلامت انسان مشاهده شده است و هر دو مسیر به طور عمده در کشورهای در حال توسعه موضوعیت دارند (UNESCO, 2003): کمبود آب شیرین برای بهداشت و نوشیدن، که منجر به شیوع بیماری‌های مسری می‌شود و کمبود آب برای آبیاری و تولید غذا که می‌تواند موجب سوء تغذیه گردد. در

## ۲. مواد و روشها

روش ارزیابی چرخه حیات یکی از روشهای ارزیابی محیط زیستی است و شامل مراحل تعیین هدف و دامنه کاربرد؛ جمع آوری و تحلیل سپاهه (اطلاعات) و مرحله ارزیابی پیامدها می گردد.

### ۱.۲. هدف و دامنه کاربرد

هدف از ارزیابی چرخه حیات شیر بسته بندی شده، برآورد پیامدهای ناشی از مصرف آب آبی (سطحی و زیرزمینی) در فرایندهای مختلف در زنجیره تولید این محصول می باشد. در مرحله اول مهم ترین تصمیم، واحد کارکردی می باشد و تمام محاسبات بر مبنای واحد کارکردی صورت می گیرند و گزارش می شوند. در این مطالعه یک کیلو شیر با پروتئین-چربی اصلاح شده یا FPCM (چربی ۴/۲٪ و پروتئین ۳/۳٪) به عنوان شیر خام در نظر گرفته شده است و شیرهای متفرقه بر اساس معادله ۱ پیشنهادی IDF تبدیل می شوند. (معادله ۱):

$$\text{FPCM (kg)} = \text{raw milk (kg)} \times (0.337 + 0.116 * \text{fat content (\%)} + 0.06 \times \text{protein content (\%)})$$

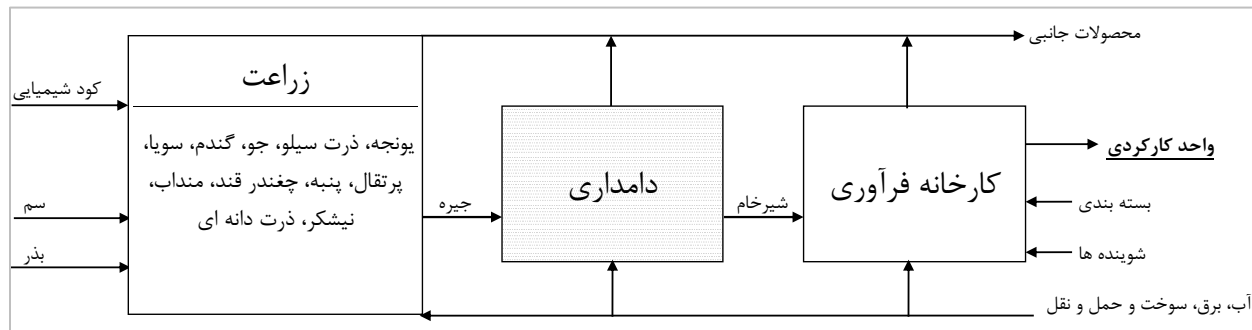
در بخش فرآوری واحد کارکردی، یک کیلوگرم شیر با چربی متوسط (۵/۲٪)، پاستوریزه و بسته بندی شده در کیسه های پلاستیکی LDPE و آماده مصرف توسط مشتری می باشد (Daneshi et al., 2014). برای بیان دامنه کاربرد، جمع آوری سپاهه، مقایسه میان مراحل مختلف تولید و همچنین ارائه نتایج، محدود مورد مطالعه به سه مرحله زراعت، دامداری و کارخانه فرآوری

فقر آهن، اختلالات ناشی از کمبود ید، کمبود روی، کلسیم، کمبود ویتامینهای A، B2 و D مواجه است و کوتاه قدی و کم وزنی تغذیه ای کودکان در برخی از استانهای کشور بسیار شایع است (Kimiagar & Bajan, 2005).

به تازگی مطالعه ای در هلند صورت گرفته است که در آن پیامدها بر سلامت انسان و کیفیت بوم سازگان بر اساس مدل Pfister ارزیابی شده اند (De Boer et al., 2013). در این مطالعه واحد کارکردی یک کیلوگرم شیر خام می باشد و نتایج حاصل نشان داد که تولید یک کیلوگرم شیر خام در هلند معادل  $10 \times 10^3 \text{ m}^2 \times \text{yr}^{-1}$  بر سلامت انسان، و مقدار  $10 \times 12/9$  بر بوم سازگان اثر نامطلوب می گذارد. مشکل کمبود آب در حال افزایش فشار بر جامعه، محیط زیست و تولید مواد غذایی است و در همین حال، FAO گزارش کرده است که برای تغذیه مناسب مردم جهان نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی جهانی به میزان ۷۰٪ تا سال ۲۰۵۰ می باشد. بدون آب کشاورزی دستیابی به این هدف ممکن نیست. از اینرو، دو هدف اصلی این مطالعه از این قرار می باشند: ۱. بررسی مصارف آب توسط هر یک از فرایندهای تولید در چرخه حیات یک لیتر شیر بسته بندی شده که می تواند به عنوان معیار توسط دیگر صنایع شیر مورد استفاده قرار گیرد و ۲. ارزیابی پیامدهای محیط زیستی بالقوه ناشی از مصرف آب در کل چرخه حیات یک لیتر شیر بسته بندی شده بر سلامت انسان و کیفیت بوم سازگان.

7.3 Simapro استفاده گردید.

تقسیم شد که در شکل ۱ نمایش داده شده است. برای مدیریت اطلاعات فرایندها در زنجیره تولید از نرم افزار



شکل ۱: سیستم تحت مطالعه

شیر، بدلیل آلودگی بالا و مقادیر بالای مواد آلی، این آبها عملا دیگر قابلیت استفاده مجدد در فرایند تولید ندارند. آب مصرفی برای تولید سایر ورودی ها به سیستم های کشاورزی از نتایج مطالعات داخلی سیاهه استخراج گردید که از آن جمله ذرت، یونجه، جو، گندم، تفاله چغندر قند و تفاله مرکبات می باشند. این اقلام خوراک، بیش از ۸۰٪ از ماده خشک موجود در جیره غذایی را تشکیل می دهند. دلیل استفاده از نتایج مطالعات خارجی این است که ایران یک وارد کننده عمده جیره دام، به ویژه کنجاله سویا و دانه ذرت از کشورهایی مانند برزیل، ایالات متحده آمریکا، روسیه و هند می باشد. برای موارد دیگر خوراک، به دلیل عدم وجود اطلاعات ملی، فرآیندهای اصلاح شده ecoinvent ایجاد و مورد استفاده قرار گرفت (Ecoinvent, 2010). مراجع مورد استفاده برای استخراج اطلاعات مورد نیاز برای هر خوراک در جدول ۱ ارائه شده است. اطلاعات واردات و صادرات مربوط به اقلام جیره و کشور مبدا و یا دیگر نهاده های کشاورزی

## ۲.۲. جمع آوری سیاهه

### ۱.۲.۲. مرحله زراعت

مقادیر نیاز آبیاری از پایگاه داده "نیاز آبی محصولات عمده زراعی و باغی ایران" با توجه به استان و منطقه مورد نظر برداشت شده که در آن علاوه بر فرمولها و مدل فائو از اطلاعات اقلیمی منطقه و نتایج تحقیقات لایسیمتری و مزرعه ای نیز برای اصلاح مقادیر استفاده شده است (Farshi et al., 1997). محاسبه نیاز آبیاری گیاه برای رشد امری پیچیده می باشد. به عنوان مثال از کل آبی که برای گیاه مهیا می شود مقدار زیادی بخار و مقداری نیز به اعماق می رود. در این پژوهش فرض شده است که قسمت عمده مقادیر اضافی آب آبیاری بصورت بخار از دست رفته است و مقادیر دیگری که به اعماق فرورفته است بدلیل آلوده شدن به سموم و کودهای شیمیایی کیفیت خود را از دست داده است و قابل استفاده نمی باشد. در مورد مقادیر آب مصرفی در دامداری ها و کارخانه فرآوری

## محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵ صفحه ۱۰۰۲

(برای مثال کود شیمیایی) از گزارش‌های آماری وزارت کشاورزی (Anonymous, 2010) و اتاق بازرگانی تهران (TCCIM, 2012) گرفته شده است.

جدول ۱: مراجع مورد استفاده در جمع آوری سیاهه

منبع اطلاعات خام	جیره
(Pishgar Komleh <i>et al.</i> , 2011)	ذرت سیلو
(Mobtaker <i>et al.</i> , 2012)	یونجه
(Azarpour, 2012)	جو
(Shahan <i>et al.</i> , 2008)	گندم
(Bazrgar <i>et al.</i> , 2011)	چغندر قند
(Namdari <i>et al.</i> , 2011)	مرکبات
ecoinvent	سویا
ecoinvent	ذرت دانه ای
Modified ecoinvent	کلزا
Modified ecoinvent	پنبه دانه
Modified ecoinvent	نیشکر

هر گله به شش طبقه گاو شیری، گاو خشک، تلیسه، گاو گوشتی، ۱۲-۶ ماه و کمتر از ۶ ماه طبقه بندی شد. داده‌ها با استفاده از پرسشنامه در سال ۲۰۱۱ جمع آوری شد. پرسشنامه شامل سوالاتی در مورد ترکیب گله و جیره متوسط در هر گروه، منشأ اقلام غذا، وزن شیر (کیلوگرم در روز) و درصد چربی و پروتئین آن (%، گوشت (وزن فروش)، کود فروش رفته (مترمکعب در سال)، فاصله حمل و نقل شیر (کیلومتر)، مصرف برق (کیلووات ساعت)، مصرف دیزل (L) و نرخ جایگزینی (%). متوسط مقدار خوراک (وزن خشک)

### ۲،۲،۲. مرحله دامداری

از میان بیش از ۵۰ دامداری که روزانه شیر کارخانه را تامین می‌کنند، هفت دامداری بر اساس تمایل به همکاری انتخاب شدند. تمامی دامداری‌ها از نوع محصور و بدون چرا در مرتع بودند. در اغلب موارد، دامداران به عملیات کشت و کار در مزارع خود نمی‌پرداختند و ترکیبات غذا را از دیگر کشاورزان تهیه می‌کردند. هفت دامداری انتخاب شده از نوع دامداری های صنعتی با سیستم شیر دوشی، تراکتور، دامپزشک و آسیاب بودند.

تخصیص بین غذای اصلی و محصولات جانبی مبتنی بر روش تخصیص اقتصادی با استفاده از قیمت متوسط دو ساله در بازار ایران صورت گرفت (Anonymous, 2010). برای دامداری‌ها، روش بیوفیزیکی پیشنهاد شده توسط IDF برای تخصیص بار زیست محیطی بین گوشت (وزن) و شیر بکار رفت. این روش بر اساس انرژی مورد نیاز بیولوژیک برای تولید شیر و وزن زنده می‌باشد. در کارخانه فرآوری، به طور معمول در هر روز محصولات مختلفی تولید می‌شوند. در این مورد، تخصیص بر اساس روش ماده خشک شیر پیشنهاد شده توسط Feitz و همکاران (۲۰۰۷) انجام شد. رویکرد بسط سیستم برای در نظر گرفتن کود دامی خارج شده از سیستم مورد استفاده قرار گرفت زیرا کود خارج شده موجب کاهش نیاز به کود در سیستم‌های دیگر محصولات کشاورزی می‌شود، از این رو، مقدار مصرف منابع در این سیستم‌ها را کاهش می‌دهد. برای تبدیل کود دامی به کودهای مصنوعی، هر تن کود مدیریت شده در حالت جامد معادل ۵ کیلوگرم N، ۲/۳ کیلوگرم  $P_2O_5$  و ۵ کیلوگرم  $K_2O$  در نظر گرفته شد. کود فروخته شده معمولاً برای باغبانی و سبزیکاری استفاده می‌شود. (Penington et al., 2009; Pouryousef et al., 2010). حذفیات مطالعه شامل کار انسان، زیرساخت‌ها، ماشین‌آلات و تعمیر و نگهداری بودند. از میان تمام شوینده‌هایی که برای تمیز کردن در کارخانه‌های لبنی استفاده می‌شود، تنها پاک‌کننده‌های اسیدی (اسید نیتریک) و قلیایی (هیدروکسید سدیم) به دلیل مقدار غالب آنها در نظر گرفته شدند. لازم به ذکر است که تمامی مناطق مطالعاتی (دامداری‌ها) در محدوده استان‌های تهران و البرز قرار

در جیره غذایی گاو شیری (گرم ماده خشک در کیلوگرم شیر) بدین صورت می‌باشند: سیلوی ذرت (۱۶۰)، یونجه (۱۳۹)، جو (۱۰۰)، دانه ذرت (۹۹)، کاه گندم (۵۳)، کنجاله سویا (۴۷)، کنجاله کلزا (۴۷)، تفاله چغندر قند (۳۳)، تفاله نیشکر (۷)، کنجاله پنبه دانه (۴۳) و تفاله مرکبات (۷). در تمامی دامداری‌های مورد مطالعه، نژاد گاوهای شیری هلشتاین، معمول‌ترین نژاد شیری با وزن بالغ ۶۰۰ تا ۶۵۰ کیلوگرم بود. خروجی اصلی از دامداری شیر، وزن زنده حیوانی (گوشت) و کود بود. خروجی گوشت شامل گوساله‌های اضافی و گاوهای شیری حذفی بود. متوسط نرخ جایگزینی گاو کشتار شده با تلیسه‌های جدید به طور متوسط ۲۰ تا ۲۵٪ بود.

#### ۳،۲،۲. مرحله فرآوری شیر

برای فرآوری شیر، کارخانه پگاه تهران، با ظرفیت ۶۰۰ تن در روز برای فرآوری شیر به عنوان پایلوت انتخاب شد. شیر خام سرد شده به طور مستقیم از مزارع و یا از مراکز جمع‌آوری شیر توسط تانکر عایق دار به کارخانه تحویل داده می‌شود. پس از فرآیند پاستوریزه‌سازی، شیر در شش گرم از نوار بسته بندی LDPE بسته بندی شده و آماده برای توزیع به فروشندگان بود. داده‌های مورد نیاز از این مرحله از پایگاه داده داخلی کارخانه پگاه تهران استخراج شد.

#### ۴،۲،۲. تخصیص و حذفیات

بسیاری از فرایندهای فنی بیش از یک کالا تولید می‌کنند، پس بار محیط زیستی چنین فرایندهایی می‌باید تخصیص داده شود، در مرحله تولید غذای دام،

## محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵ صفحه ۱۰۰۴

انسانی است. برای محاسبه شاخص WTA استانها ابتدا لایه اطلاعاتی آبریزها و مرز استانها رویهم اندازی و بر اساس مساحت حضور هر حوزه آبریز در هر استان میانگین هر استان محاسبه گردید.

پیامدها بر سلامت بر اساس معادله ۲ حاصل شد و در محاسبه پیامد، داده های مقادیر مصرف آب کشاورزی و میانگین بارش بلند مدت سالانه (P) (۳۵ ساله) از شرکت مدیریت منابع آب تهیه گردید و به عنوان شاخص اقتصادی - اجتماعی، شاخص های توسعه انسانی (HDI) استانهای کشور از مقاله Sadeghi و همکاران (۲۰۱۱) برداشت شد. در ادامه فاکتور توسعه انسانی (HDF) بر اساس فرمول پیشنهادی Pfister و همکاران (۲۰۰۹) محاسبه شد. این شاخص نشانگر میزان حساسیت هر استان نسبت به بیماری های ناشی از سوء تغذیه است. که در آن ضریب سوتغذیه ( $CF_{malnutrition}$ ) [با واحد DALY بر مترمکعب مصرف آب] مقدار آسیب مورد انتظار به ازای هر واحد آب مصرف شده می باشد (فرمول ۲). میزان آسیب به سلامت معمولاً توسط WHO بصورت شاخص "سالهای از کار افتادگی" یا DALY گزارش می شود. عامل محرومیت از آب (WDF) [مترمکعب به ازای مترمکعب مصرف شده] با استفاده از شاخص تنش آب فیزیکی WSI و درصد مصرف آب برای کشاورزی  $WU\%$ ، حاصل می شود. عامل اثر یا  $EF_i$ ، تعداد سالانه مردم دچار سوء تغذیه به ازای مقدار آب برداشت شده را می سنجد [با واحد  $capita \times yr$  بر هر مترمکعب آب]. این مقدار، سرانه مورد نیاز آب برای جلوگیری از سوء تغذیه ( $WR_{malnutrition}$ ) [مترمکعب بر سال بر

دارند. منطقه تهران (استانهای تهران و البرز) ایران دارای ۱۴/۶ میلیون جمعیت در سال ۲۰۱۱ بود و ۷/۵٪ شیر گاو کشور را تولید می کند (SCI, 2012).

### ۳،۲. ارزیابی پیامدهای آب مصرفی

برای انجام یک ارزیابی چرخه حیات کامل لازم است تا دیگر پیامدهای محیط زیستی ناشی از تولید آن فرآورده غذایی از جمله گرمایش جهانی، پرغذایی، اسیدی شدن و از بین رفتن خاک نیز مورد ارزیابی قرار گیرند. در این مطالعه اما هدف تنها اصلاح مدل پیشنهادی توسط Pfister و همکاران (۲۰۰۹) و ارزیابی پیامدهای ناشی از آب مصرف شده در تولید شیر بسته بندی شده می باشد. در این مدل پیامدهای مصرف آب در زنجیره تولید کالا بر سلامت انسان و کیفیت بوم سازگان برآورد می شوند. از این رو، ابتدا مدل به اجزا آن تجزیه شد و سپس در محیط Arcmap 9.3 و یا اکسل ضرایب با داده های دقیق تر جایگزین شد. در این مطالعه در مورد اثرات بر تولید مواد غذایی در پی محرومیت از آب تمرکز می شود چراکه رقابت در مناطق کم آب در نهایت منجر به کاهش مقادیر آب آبیاری می شود. مناطق بر اساس شرایط اقلیمی حساسیت متفاوتی به برداشت آب دارند. اطلاعات لازم برای محاسبه شاخص میزان برداشت آب به موجودی آب تجدیدپذیر یا WTA (Withdrawal To Availability) از سازمان مدیریت منابع آب ایران (تماب) تهیه گردید. این اطلاعات مربوط به سال ۲۰۰۱ و در سطح حوزه های آبریز ۳۰ گانه موجود می باشد و شامل اطلاعات ورودی آب سطحی و زیرزمینی به هر حوزه و خروجی آب سطحی و زیرزمینی بعلاوه برداشت



می باشد (Prince & Small, 2003). مجموعه داده ها از تصاویر پیشرفته با وضوح بسیار بالا (AVHRR) در وضوح ۸ km از پروژه ردیاب AVHRR مشتق شده است. برای محاسبه تولید خالص اولیه محدود به آب، ضرایب نقشه عوامل محدود کننده NPP از مقاله Nemani و همکاران (۲۰۰۳) استخراج شد و سپس در متوسط NPP بدست آمده ضرب شدند و بعنوان شاخص آسیب پذیری اکوسیستم به برداشت آب استفاده شد. عامل آسیب اکوسیستم  $[m^2 \times yr]$  به ازای مترمکعب] و P میانگین بارش سالانه [متر درسال] است (معادله ۳). برای انجام محاسبات آماری از نرم افزارهای Excel و PASW استفاده گردید.

معادله ۳:

$$\Delta EQ = CF_{EQ} \times WU_{consumptive} = \frac{NPP_{wat-lim} \times WU_{consumptive}}{P}$$

### ۳. نتایج

می توان چنین گفت که مطالعه ردپای آب (حجم آب)، مرحله ابتدایی ارزیابی پیامدهای زیست محیطی بالقوه مربوط به آب مربوط به یک محصول، فرایند و یا سازمان است. در این مطالعه که به اثرات محیط زیستی تولید شیر در کشور می پردازد بخش کشاورزی که در آن جیره غذایی دامها تولید می شود با ۹۷٪ (۳۶۰ لیتر) بالاترین سهم را در مصرف آب برای تولید یک لیتر شیر بسته بندی شده به خود اختصاص داده است. پس از آن مرحله دامداری با ۲٪ مصرف آب در چرخه حیات و در انتها مرحله فرآوری با تنها یک درصد کمترین سهم را به خود اختصاص می دهد.

سرانه] را در خود دارد و عامل توسعه انسانی ( $HDF_{malnutrition}$ )، که شاخص توسعه انسانی (HDI) را به میزان آسیب پذیری به سوء تغذیه مرتبط می سازد. عامل آسیب سوء تغذیه ( $DF_{malnutrition}$ ) نشان دهنده آسیب های ناشی از سوء تغذیه [DALY بر (سال) • (سرانه)] می باشد. مقادیر  $WR_{malnutrition}$  و  $DF_{malnutrition}$  مستقل از محل می باشند و مقادیر ثابت فرض شده اند. مقدار  $WR_{malnutrition}$  ۱۳۵۰ مترمکعب (سال • سرانه) در نظر گرفته شد که حداقل مقدار آب مورد نیاز برای فراهم کردن رژیم غذایی انسان می باشد. این مقدار منطبق با آستانه حداقل منابع آب برای امنیت غذایی نیز می باشد (Yang et al., 2003).  $DF_{malnutrition}$  در سطح هر کشور از رگرسیون خطی نرخ سوء تغذیه ( $\%MN$ ) و نرخ  $DALY_{malnutrition}$  مشتق شده است و در نتیجه یک سرانه آسیب ناشی از سوء تغذیه  $DALY \times 10^{-2} \times 1/84$  بر (سال • سرانه) حاصل می شود.

معادله ۲:

$$\Delta HH_{malnutrition,i} = (WSI_i \times WU_{\%agriculture,i}) \times (HDF_{malnutrition,i} \times WR_{malnutrition}^{-1}) \times DF_{malnutrition} \times WU_{consumptive,i}$$

برای تخمین پیامدها بر بوم سازگان نقشه میانگین سالانه تولید اولیه گیاهی (NPP) از مدل کارایی تولید جهان که توسط دانشکده جغرافیا در دانشگاه مریلند آمریکا توسعه یافته است استخراج شد و در غالب نقشه کشور بصورت میانگین استانی تهیه شد. اطلاعات این نقشه مربوط به میانگین ۲۰ ساله منتهی به سال ۲۰۰۰

## محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵ صفحه ۱۰۰۶

مصرف می شود. اگرچه بدلیل دسترسی و کنترل سیستم نظارتی راحت تر قابل اجرا می باشد.

### ۱.۳. ارزیابی پیامدهای مصرف آب

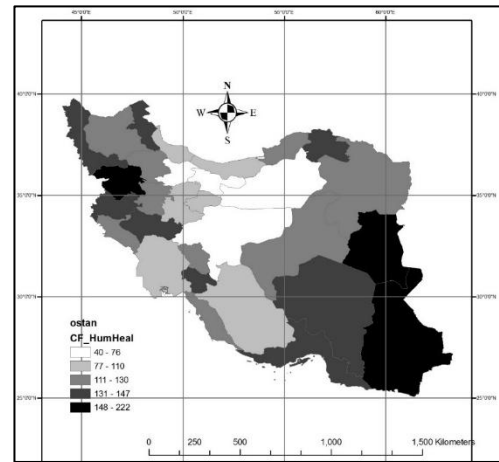
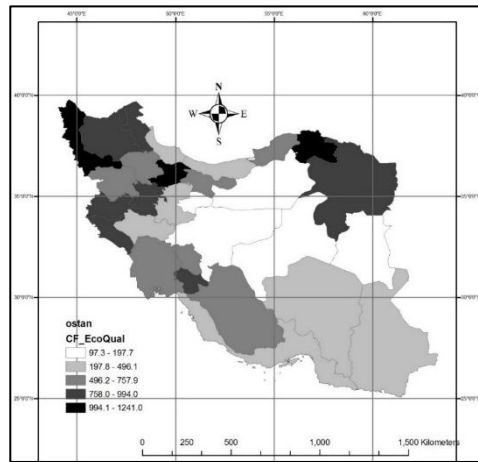
بدلیل منطقه ای بودن پیامدهای ناشی از مصرف آب، مقادیر کمی مصرف نمی تواند به تنهایی دلیل برتری تولید یک محصول در یک منطقه یا کارخانه خاص باشد؛ بنابراین نیازمند درک بهتر استفاده از آب به عنوان پایه ای برای بهبود مدیریت آب در سطوح محلی، منطقه ای و جهانی می باشیم. در این راستا شاخص استانی تنش آبی (WSI) که حاصل ضرب مقادیر برداشت آب به موجودی آب (WTA) و ضریب تغییرات بارش هاست به عنوان عامل نرمال سازی مقادیر مصرف آب استفاده شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات استانی نشان داد که نسبت به سال داده های ۱۹۹۰ در مدل اصلی، میزان برداشت آب از حوزه های آبریز در کشور افزایش یافته است و در برخی از حوزه ها حتی از آبهای فسیلی نیز برداشت صورت می گیرد. بعلاوه، ضرایب سلامت استانی توسعه داده شده در این مطالعه - که نشان دهنده آسیب پذیری هر استان به سوء تغذیه ناشی از برداشت آب هستند - همخوانی نسبتا مناسبی با نتایج طرح کشوری سنجش میزان سوء تغذیه در کودکان زیر ۵ سال داشت ( $r = 0.63$ ) و در مطالعه آنها استان سیستان و بلوچستان دارای بیشترین نسبت کوتاه قدی تغذیه ای (۱۶/۵ درصد) و استان گیلان دارای کمترین میزان (۲/۵ درصد) بودند (Sheikholeslam et al., 2009).

در تولید شیر در دامداری ها، یونجه، جو، ذرت دانه ای و کنجاله سویا پرمصرف ترین اقلام جیره را تشکیل می دهند و برای تامین مقداری از یونجه جیره که در نهایت منجر به تولید یک پاکت شیرپاستوریزه می شود حدود ۱۳۷ لیتر آب لازم است که عمدتا از چاههای عمیق برداشت می شود و برای تامین جو مورد نیاز، ۸۲ لیتر آب لازم است. این مقادیر به ترتیب معادل ۳۷ و ۲۲ درصد از کل آب مورد نیاز این مرحله می باشند. همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می شود مقادیر آب مورد نیاز ذرت دانه ای و مخصوصا کنجاله سویا پایین تر از حد انتظار می باشند، علت این امر واردات این محصولات از کشورهای دیگر می باشد که در این کشورها بدلیل شرایط آب و هوایی مساعدتر نیاز به آبیاری کمتری دارند.

نتایج نشان داد که مرحله دامداری تنها مسئول حدود ۲٪ از کل آب برداشتی در چرخه حیات شیر پاستوریزه می باشد که معادل ۶/۳ لیتر می باشد. عمده مصرف آب در دامداری ها برای نوشیدن گاوها، شستشوی دستگاههای شیردوشی و بهداشت گاوها و سپس خنک کردن حیوانات در فصول گرم بصورت مهپاش می باشد. در برخی منابع ذکر شده است که به ازای تولید هر لیتر شیر ۳ تا ۵ لیتر آب برای نوشیدن باید در اختیار گاو باشد (Adams, 1995). اما در مرحله فرآوری تقریبا تمام آب مربوط به این مرحله از آب لوله کشی شهر تهران و سه حلقه چاه در محل کارخانه تامین می شود. بطور کلی در چرخه حیات یک کیسه شیر ۳۷۰ لیتر آب مورد نیاز است که کمتر از ۱٪ آن در مرحله فرآوری

برداشت ۰/۴۶ متر مکعب آب می باشد. در این منطقه برداشت یک مترمکعب آب معادل  $10^{-6} \times 0/6$  پتانسیل تاثیر بر سلامت در واحد DALY دارد، و پتانسیل اثر بر بوم سازگان معادل  $0/47 (m^2 \times yr)$  می باشد.

میزان پیامدها حاصل ضرب مقدار برداشت آب به مترمکعب در ضرایب مخصوص توسعه داده شده بر اساس منطقه ای که برداشت آب صورت گرفته است، می باشد (شکل ۲. الف و ب). برای مثال برای کشت یک کیلوگرم یونجه با ۰/۸۵٪ وزن خشک در همدان، نیاز به



شکل ۲: الف. ضریب آسیب پذیری سلامت استانها نسبت به برداشت آب DALY ( $\times 100$ ) ب. ضریب تاثیر بر بوم سازگان استانها ( $\times 1000$ )

### ۲.۳. اثر بر کیفیت بوم سازگان

همبستگی میان تولید خالص اولیه (NPP) و WTA استانها حدود ۰/۴۶- بدست آمد. در مدل، شاخص تولید خالص اولیه گیاهی (NPP) به عنوان معیاری برای تنوع زیستی در نظر گرفته شده است و دلیل این امر همبستگی بالای این شاخص ( $r = 0/99$ ) با تنوع زیستی گیاهان آوندی (VPBD) می باشد (Pfister et al., 2009; Goedkoop & Spriensma, 2001). مقادیر پیامدها بر بوم سازگان به ازای آب مصرفی هر کدام از فرایندهای تولید در زنجیره تولید کالا در جدول ۲ آورده شده اند.

### ۱.۳. اثر بر سلامت

بخش کشاورزی که مسئولیت تولید جیره دامها را دارد بیشترین تاثیر را بر سلامت انسان می گذارد و البته نزدیک به ۹۷٪ حجم آب نیز در این مرحله مصرف می شود. مرحله کشاورزی با ۰/۹۸٪، غالب پیامدها بر سلامت در زنجیره تولید شیرپاستوریزه را بوجود می آورد. مرحله دامداری با ۰/۱٪ و مرحله فرآوری با تنها ۰/۵٪ بخش ناچیزی از پیامد کلی ناشی از تولید یک FU را بوجود می آورند. برآورد پیامدها مرتبط با هر فرایند در چرخه حیات شیرپاستوریزه در جدول ۲ نشان داده شده اند.

## محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵ صفحه ۱۰۰۸

جدول ۲: برآورد پیامدها بر کیفیت بوم سازگان توسط مدل اصلی و مدل اصلاح شده

مرحله	فرایند	آب (کیلوگرم)	اثر بر سلامت	اثر بر سلامت-اصلاح اثر بر سازگان	بوم اثر بر بوم سازگان-اصلاح شده	بوم اثر بر بوم سازگان-اصلاح شده
پس	برق	۰/۳۶	$۰/۲۲ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۱۰۲ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۳۶۳ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۲۶ \times ۱۰^{-۳}$
زمینه	گازوئیل	-	-	-	.	.
	کود ازت	۰/۰۰۶	$۰/۳۶ \times ۱۰^{-۵}$	$۰/۱۷ \times ۱۰^{-۵}$	$۰/۱۶ \times ۱۰^{-۵}$	$۰/۴ \times ۱۰^{-۵}$
زراعت	جو	۸۲	۰/۰۶۸	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۳۸
	ذرت سیلو	۲۹/۲	۰/۰۱۷۶	۰/۰۰۸	۰/۰۳	۰/۰۲۱
	یونجه	۱۳۷	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۱۳۶
	ذرت دانه ای	۲۸/۴	$۰/۳۵ \times ۱۰^{-۳}$	.	۰/۰۱۰	۰/۰۱۱
	کاه گندم	۲۶/۲	$۰/۸۷ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۹ \times ۱۰^{-۳}$	۰/۰۱	۰/۰۳
	سبوس	۱۱	$۰/۳۶۷ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۴ \times ۱۰^{-۳}$	۰/۰۰۴	۰/۰۱۲۳
	کنجاله پنبه	۲۹/۱	۰/۰۵۳	۰/۰۵	۰/۰۶۳۵	۰/۰۴۷
	کنجاله کلزا	۱۳/۹	۰/۰۲۴	۰/۰۱۹	۰/۰۰۸	۰/۰۲۰
	کنجاله سویا	۰/۰۰۵	$۰/۰۶۱ \times ۱۰^{-۶}$	.	$۰/۱۸ \times ۱۰^{-۵}$	$۰/۱۸ \times ۱۰^{-۵}$
	مرکبات	۲/۷۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۱۳
	جمع مرحله	۳۶۰				
دامداری	شستشو و نوشیدن دام	۶/۲۳	۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴۵
	برق	۰/۱۱	$۰/۰۶ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۰۳۱ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۱۱ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۰۸ \times ۱۰^{-۳}$
	جمع مرحله	۶/۳۴				
فرآوری	گاز طبیعی	۰/۰۰۱	$۰/۰۰۰۶ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۰۳ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۱ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۰۷ \times ۱۰^{-۳}$
	مواد بسته بندی	۰/۰۲	$۰/۰۱۲ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۵۶ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۰۲ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۰۱۴ \times ۱۰^{-۳}$
	شوینده قلیایی	۰/۰۰۷	$۰/۰۰۴ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۲ \times ۱۰^{-۳}$	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵
	برق	۰/۰۳	$۰/۰۲ \times ۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۸ \times ۱۰^{-۳}$	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲
	شستشو	۳/۲	۰/۰۰۲	$۰/۹ \times ۱۰^{-۳}$	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲۳
	جمع	۳/۳				
جمع	هر FU	۳۷۰≈	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۳۲۴

می‌باشد. برای نمونه مرحله دامداری در ایران ۶/۳ لیتر آب برای تولید یک کیلوگرم شیر مصرف می‌کند که بسیار نزدیک به مقدار ۵ لیتر به‌دست آمده در آمریکا می‌باشد. یا مقدار ۲/۱ لیتر آب به ازای فرآوری شیر و فرایند پاستوریزه کردن به‌دست آمده در آمریکا نزدیک به مقدار ۳/۳ لیتر در این مطالعه می‌باشد. اگرچه بدلیل کنترل بیشتر و متمرکز بودن این دو مرحله اقدام برای بهینه سازی فرایندها بسیار آسان تر از بخش کشاورزی می‌باشد. برای مثال در مرحله فرآوری با استفاده از مواد تمیز کننده جدید حجم آب شستشو به مقدار زیادی کاهش می‌یابد و کاهش حجم آب آبکشی از طریق استفاده از این مواد، بیش از ۵۰ درصد ممکن می‌باشد و یا مجهز کردن تجهیزات، دستگاه‌ها و برنامه‌های فرآیند به کنترل اتوماتیک باعث جلوگیری از خطاهای انسانی و مصارف بی‌مورد آب می‌گردند.

در ایران نزدیک به ۹۰ درصد کل تولید محصولات کشاورزی از کشت های آبی حاصل می شود (Babazadeh & Sarai, 2012). در کشورهایی چون نیوزیلند بدلیل شرایط اقلیمی و بارش فراوان، گاوهای شیری برای بیشتر سال در مراتع سبز چرا می کنند و بدون آبیاری یا بکارگیری تکنولوژی های انرژی بر علوفه مرغوب برای دامها تامین میشود. از جمله علل مقادیر بالای نیاز آبیاری مرحله کشاورزی در ایران راندمان پایین آبیاری در ایران نیز می باشد که بطور متوسط حدود ۳۲٪ برای کشور گزارش شده است (Emadedin, 2012). به علت توزیع جغرافیایی نامناسب صنعت دامپروری، بسیاری از اقلام خوراک دام در کشور باید مسافت های طولانی حمل شوند. از جمله

### ۳,۳. محدوده نتایج

محدوده بدست آمده برای مصرف آب برای تولید و عرضه یک واحد کارکردی بین ۳۴۵ و ۴۰۴ لیتر بود. پس از محاسبه تغییرات درون استانی در ضرایب مدل که برای حوزه های آبریز موجود در مرزهای استان با در نظر گرفتن عناصر مرتبط مدل صورت گرفت، مقدار پیامد بر بوم سازگان، برای تولید واحد کارکردی (یک لیتر شیر بسته بندی شده)، مابین ۰/۱۳ و ۰/۵۶ با میانگین  $0.32 \text{ m}^3 \times \text{yr}$  حاصل شد. در برآورد مقدار پیامد بر سلامت نیز محدوده حاصل میان ۰/۳۲ و ۰/۳۷ با میانگین DALY ۰/۳۵ به ازای تولید یک واحد کارکردی بدست آمد.

### ۴. بحث و نتیجه گیری

در مطالعه ای که در سال ۲۰۱۰ توسط Henderson و همکاران (۲۰۱۰) در آمریکا صورت گرفت، مرحله تولید جیره دامها مقادیر بسیار پایین تری از مصرف آب را نشان می‌دهد اگرچه همین مقدار نیز معادل ۹۵٪ (۱۳۱ لیتر) کل مصرف آب در چرخه حیات می‌شود. آب مورد نیاز در مرحله کشاورزی آمریکا تنها ۴۰٪ از مقدار آب مصرفی برای کشت جیره دامها در ایران می‌باشد که این امر می‌تواند عمدتاً بدلیل عوامل اقلیمی و مدیریت بهتر در کشت و کار اقلام جیره باشد. نیاز آبیاری پایین تر به ازای تولید هر واحد جیره دامی ناشی از اقلیم مناسب تر تاثیر بسزایی بر مصرف کلی می‌گذارد. اما در دیگر مرحله‌ها بدلیل صنعتی بودن و تاثیر کمتر شرایط محلی و آب و هوا مقادیر مصرف آب بسیار نزدیک به مقادیر در کشورهای پیشرفته، به لحاظ دامداری صنعتی،

## محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵ صفحه ۱۰۱۰

که موجب نزدیکی ضرایب شده است. در مورد سویا همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود بدلیل شاخص تنش آبی بسیار پایین تر برزیل نسبت به ایران -بدلیل منابع آب فراوان و برداشت کم- پتانسیل تاثیر بر سلامت انسان و کیفیت بوم سازگان بسیار پایین و ناچیز می باشند.

به تازگی مطالعه ای در هلند صورت گرفته است که در آن پیامدها بر سلامت انسان و کیفیت بوم سازگان بر اساس مدل Pfister ارزیابی شده اند ( De Boer *et al.*, 2013). در این مطالعه واحد کارکردی یک کیلوگرم شیر خام می باشد و نتایج حاصل نشان داد که تولید یک کیلوگرم شیر خام در هلند معادل  $10^{-9} \times 0.8$  بر سلامت انسان، و مقدار  $10^{-3} \times m^2 \times yr$  گذارد.  $10 \times 12/9$  بر بوم سازگان اثر نامطلوب می گذارد. مقادیر پیامدها بر سلامت و بوم سازگان در هلند بسیار کمتر از نتایج مطالعه حاضر در ایران می باشد. علت این امر ضرایب بسیار پایین تر آسیب بر سلامت و بوم سازگان در منطقه مطالعاتی در هلند می باشد. ضرایب متوسط پیامدها بر سلامت و بوم سازگان، برای ایران و هلند در جدول ۳ مقایسه شده اند ( Pfister *et al.*, 2009).

دامداری های استان های حاشیه ی کویر که یونجه مورد نیاز خود را از استان همدان تأمین میکنند.

### ۱.۴. ارزیابی پیامدهای مصرف آب

در مطالعه ای در آمریکا، تنوع زیادی در مقدار آب مصرفی، با توجه به اقلام تغذیه و همچنین فعالیت ها در مزرعه ها وجود دارد. مصرف آب در محدوده ۵۸۸-۱۲ لیتر بر کیلوگرم شیر خام است ( Henderson *et al.*, 2010). در مدل Pfister و همکاران (۲۰۰۹)، که برای تمام جهان ارائه شده است، پتانسیل تاثیر برداشت آب بر سلامت انسان و کیفیت بوم سازگان با استفاده از ضرایب ویژه با توجه به عوامل منطقه ای محاسبه می شوند. بر اساس نتایج این تحقیق مشاهده گردید که پتانسیل اثر بر بوم سازگان برای مقدار مساوی برداشت آب در همدان (کشت یونجه) نصف منطقه تهران (برای کشت ذرت سیلو) می باشد. در صورتی که پتانسیل اثر بر سلامت انسان این دو منطقه نزدیک به هم می باشد. دلیل این موضوع اینست که علیرغم شاخص تنش آبی بالاتر تهران نسبت به همدان، بدلیل شاخص توسعه انسانی (HDI) بالاتر تهران نسبت به همدان آسیب پذیری سلامت این منطقه نسبت به همدان کمتر است

جدول ۳: مقدار آب مصرفی و ضرایب پیامدها در ایران و هلند

پایامد	ایران	هلند
مقدار آب مصرفی در تولید یک کیلوگرم شیر خام	۳۶۶	۶۶
ضریب تنش آبی	۰/۹۱	۰/۳
ضریب اثر بر سلامت انسان (DALY $10^{-6}$ بر مترمکعب)	۰/۷۲	۰
ضریب اثر بر بوم سازگان ( $m^2 \times yr$ بر مترمکعب)	۱/۱۲	۰/۱۹

## ۲,۴. اثر بر سلامت

در مدل اصلاحی مقدار پیامد بر سلامت کمتر از مدل اولیه برآورد شده است که ممکن است بدلیل این موضوع باشد که محل تولید برخی اقلام جیره، مناطق تهران و استانهای شمال کشور که شاخص توسعه انسانی بالاتری از متوسط کشور دارند، می باشند. مسلماً در صورتی که این اقلام از مناطق کمتر توسعه یافته تامین شود موجب اثرات بالاتری بر سلامت انسان می شوند.

در مدل اصلاحی در برآورد پیامد حاصل از تولید FU بر سلامت انسان (DALY)، بیشترین درصد مربوط به تولید جو و یونجه با ۱۴ و ۶۲ درصد می باشد. البته مقادیر آب مصرفی برای تولید این دو قلم جیره نیز بالا می باشد که بدلیل مقدار غالب این دو قلم در جیره دامها می باشد و در نتیجه دلیل تاثیر بالای آنها در نتیجه کلی است. در مدل اولیه، تولید یونجه ۵۴٪ پیامد کلی را شامل میشود. دلیل این موضوع این می باشد که در مدل اولیه شاخص توسعه انسانی ملی استفاده شده بود اما در مدل اصلاحی بدلیل کاربرد شاخص توسعه انسانی استانی (مختص همدان) این پیامد بصورت مناسب تری برآورد شده است. پیامدهای برداشت آب منطقه ای می باشند و بهتر است که ضرایب مدل نیز بصورت منطقه ای برای مدل تعریف شوند که موجب برآورد صحیح پیامدها می شود. البته کنجاله پنبه نیز با توجه به مقدار کمتر آن در جیره سهم قابل توجه ۱۴٪ را بوجود می آورد که می تواند به دلیل نیاز آبی بالای گیاه پنبه باشد.

## ۳,۴. اثر بر بوم سازگان

نسبت سهم مرحله ها در برآورد پیامد کلی ناشی از برداشت آب بر بوم سازگان در چرخه حیات شیر پاستوریزه مشابه پیامدها بر سلامت می باشند. به اینصورت که ۹۷٪ از بخش کشاورزی، ۲٪ از دامداری و ۱٪ پیامدها از بخش فرآوری شیر حاصل می شوند. در مرحله کشاورزی یونجه، کنجاله پنبه، جو و کاه گندم با ۴۲، ۱۵، ۱۲ و ۹ درصد بالاترین سهم را در پیامد کلی بر بوم سازگان دارا می باشند. مقدار پیامد کلی ناشی از تولید یک FU توسط مدل ابتدایی ۰/۳۱ و در مدل اصلاحی ۰/۳۲۴ برآورد شده است که اختلاف بسیار کمی را نشان می دهند.

از منابع بروز عدم قطعیت در مطالعه حاضر می توان به عدم قطعیت مقادیر نیاز آبی برای کشت غذای دام اشاره کرد. از آنجا که اطلاعات مکانی مناطق کشت تنها در حد استان موجود است و این نکته که هر استان بدلیل وسعت زیاد و اقلیم مختلف به مقادیر آب آبیاری متفاوتی برای تحویل غذای دام به دامداری ها نیاز دارند پس نیاز است تا بگونه ای این عدم قطعیت را به حساب آورد و گزارش کرد. برای این کار بر اساس نیاز آبی اقلام جیره در هر استان، محدوده بر اساس اطلاعات بانک اطلاعاتی نیاز آبی کشور تعیین شد (Farshi et al., 1997) و با توجه به وزن هر قلم در جیره نهایتاً برای هر لیتر شیر بسته بندی شده محاسبه گردید و مقدار آب مورد نیاز برای تولید و عرضه واحد کارکردی بین ۳۴۵ تا ۴۰۴ لیتر بدست آمد. اگرچه سطوح دیگری نیز برای وجود عدم قطعیت در این مطالعه مطرح است که شامل عدم قطعیت عناصر استفاده شده در مدل می

## محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵ صفحه ۱۰۱۲

می تواند این پیامدها را بطور مشخصی کاهش دهد. در شرایط کنونی مدیریت منابع آب کشور که مبتنی بر مدیریت سنتی و صرفا اطلاعات کمی منابع آب است، نمی توان انتظار حل مشکلات و معضلات کنونی بخش آب کشور در برنامه ریزی، بهره برداری و حفاظت از منابع آب محدود و با ارزش را داشت. یکی از ابزارهای مهم در این راستا تعیین میزان حساسیت و آسیب پذیری کمی منابع آب هر منطقه می باشد. در واقع استفاده از شاخص های حساسیت منابع آب، ابزار ارزشمندی برای مدیران و متولیان امور آب جهت اتخاذ تصمیم مناسب را فراهم می نماید. در راستای کمک به امر توسعه پایدار در کشورهای در حال توسعه در قرن ۲۱، مدیریت کارآمد بر منابع آب، استفاده از منابع غیرمتعارف (بازچرخانی آب) و ارتقای فن آوری به عنوان سه رکن اصلی پیشنهاد می شوند.

باشد. در قسمت مدلسازی پیامدها بر سلامت و بوم سازگان بخشی از اطلاعات استفاده شده در سطح حوزه های آبریز درجه ۲ (میانگین بارندگی، موجودی آب و برداشت آب و درصد آب کشاورزی) و برخی دیگر در سطح استان (شاخص توسعه انسانی) می باشند و مرزهای طبیعی و سیاسی عموما بر یکدیگر منطبق نمی باشند. از آنجا که ضرایب تاثیر بر بوم سازگان و سلامت بصورت متوسط استانی گزارش می شوند مسلما تفاوت های درون استانی وجود دارد که بصورت محدوده نتایج برای تولید یک واحد کارکردی گزارش شده اند.

### ۴،۴. نتیجه گیری

مقادیر برداشت آب و اندازه پیامدها برای تولید شیر در ایران چندین برابر مقادیر برآورد شده در کشورهای اروپایی می باشند که بطور عمده ناشی از شرایط اقلیمی کشور است. با این وجود بهینه سازی فرایندهای آبیاری



Ecoinvent, 2010. Ecoinvent 2.0. Swiss center for life cycle inventories. Dubendorf.

Emadodin, I., Narita, D., & Bork, H. R. (2012). Soil degradation and agricultural sustainability: an overview from Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 14(5), 611-625.

FAO, 2009. *Livestock in the balance*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Farshi, A. A., Shariati, M. R., Jaroollahi, R., Ghaemi, M. R., Shahabifar, M., Tavallaei, M. M. 1997. An estimate of water requirement of main field crops and orchards in Iran, Vol: Field crops. Agricultural Education, Agricultural Research, Education and Extension organization of Iran. Karaj, Iran. (In Persian).

Feitz, A. J., Lundie, S., Dennien, G., Morian, M., Jones, M. 2007. Generation of an Industry-Specific Physico-Chemical Allocation Matrix, Application in the Dairy Industry and Implications for System Analysis. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 12 (2): 109-117.

Henderson, A. D., Asselin-Balençon, A. C., Heller, M. C., Vionnet, S., Lessard, L., Humbert, S., Saad, R., Margni, M., Thoma, G., Matlock, M.D., Burek, J., Kim, D.S. & Jolliet, O. 2013. U.S. Fluid Milk Comprehensive LCA. Chicago, IL: Dairy Research Institute.

IDF. 2010. *Bulletin of the International Dairy federation, the world dairy situation 2010* (No.446/2010). Brussels: International Dairy Federation.

IDF. 2010. *Common carbon footprint approach for dairy. The IDF guide to standard lifecycle assessment methodology for the dairy sector*. Bulletin of International Dairy Federation. 445.

ISO. 14040, International Standard, 2006. *Environmental management, Life Cycle Assessment, Principles and Framework*. International Organisation for Standardization, Geneva, Switzerland.

## References

Adams, R. S. 1995. Calculating drinking water intake for lactating cows. *Dairy reference manual* (NRAES-63). Ithaca, NY: Northeast Regional Agricultural Engineering Service.

Anonymous. *Annual Agricultural Statistics*. Ministry of Agriculture of Iran. 2010. (In Persian)

Azarpour, E., 2012. Evaluation energy balance and energy indices of barley production under watered farming in north of Iran. *Journal Agriculture and Biological Science*. 7, 163-168.

Babazadeh, H., SaraiTabrizi, M. 2013. Evaluation of Hormozgan Province Agricultural Situation from the Point of View of Virtual Water. *Iranian Journal of Water Research in Agriculture*. 26 (4):485-499. (In Persian).

Bazrgar, A.B., Soltani, A., Koocheki, A., Zeinali, E., Ghaemi, A. 2011. Environmental emissions profile of different sugar beet cropping systems in East of Iran. *African Journal Agricultural Resolution*. 6, 6246-6255.

Berger, M., Finkbeiner, M. 2010. *Water Footprinting: How to Address Water Use in Life Cycle Assessment?*. *Sustainability*. 2: 919-944.

Chenoweth, J., Hadjikakou, M., Zoumides, C. 2013. Quantifying the human impact on water resource: a critical review of the footprint concept. *Hydrology and Earth System Sciences*. 10, 9389-9433.

Daneshi, A., Esmaili-sari, A., Daneshi, M., Baumann, H. 2014. Greenhouse gas emissions of packaged fluid milk production in Tehran. *Journal of Cleaner Production*, 80, 150-158.

De Boer, I. J., Hoving, I. E., Vellinga, T. V., Van de Ven, G. W., Leffelaar, P. A., & Gerber, P. J. 2013. Assessing environmental impacts associated with freshwater consumption along the life cycle of animal products: the case of Dutch milk production in Noord-Brabant. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(1), 193-203.

Prince, S., Small, J. 2003. Global Production Efficiency Model, mean\_annual\_npp\_latlon, Department of Geography, University of Maryland, College Park, Maryland, 1980-2000.

Ridoutt, B. G., Williams, S. R. O., Baud, S., Fraval, S., Marks, N. 2010. The water footprint of dairy products: Case study involving skim milk powder. *Journal of Dairy Science*. 93:5114-5117.

Sadeghi, H., Masaeli, A., Basakha, M., Kouhian, M. 2010. Estimation of human development index for provinces. *Social Welfare Quarterly*. 10 (37):129-153. (In Persian).

SCI. 2012. Statistics Center of Iran, Strategic planing and Supervision Organization.

Shahan, S., Jafari, A., Mobli, H., Rafiee, S., Karimi, M., 2008. Energy use and economical analysis of wheat production in Iran: A case study from Ardabil province. *Journal of Agricultural Technology*. 4, 77-88.

Sheikholeslam, R., Naghavi, M. O. H. S. E. N., Abdollahi, Z., Zarati, M., Vaseghi, S., Sadeghi Ghotbabadi, F & Arabshahi, S. 2008. Current Status and the 10 Years Trend in the Malnutrition Indexes of Children under 5 years in Iran. *Iranian Journal of Epidemiology*, 4(1), 21-28.

TCCIM. 2012. Import-Export statistics. Tehran Chamber of Commerce and Industries and Mines (TCCIM).

Udo de Haes, H., Jolliet, O., Finnveden, G., Hauschild, M., Krewitt, W., Müller-Wenk, R. 1999. Best available practice regarding impact categories and category indicators in life cycle impact assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 2: 66-74.

UNESCO. 2003. Water for people - water for life. The United Nations World Water Development Report. UNESCO, and Berghahn Books: Paris.

ISO. 14046, International Standard committee draft, 2012. Environmental management Life, Water footprint, Requirements and Guidelines. ISO/TC207/SC5/WG8.

Kimiagar, M., Bajan, M. 2005. Poverty and Malnutrition in Iran. *Social Welfare Quarterly*. 18: 91-111. (In Persian)

Mobtaker, H.G., Akram, A., Keyhani, A., 2012. Energy use and Sensitivity analysis of energy inputs for alfalfa production in Iran. *Energy and Sustainable Development*. 16, 84-89.

Namdari, M., Kangarshahi, A.A., Amiri, N.A., 2011. Input-output energy analysis of citrus production in Mazandaran province of Iran. *African Journal of Agricultural Resolution*. 6, 2558-2564.

Nemani, R. R., Charles, D. K., Hashimoto, H., William, M. J., Stephen, C. P., Compton, J. T., Ranga, B. M., Steven, W. R. 2003. Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999. *Science*. 5625: 1560-1563.

Pennington, J.A., VanDevender, K., Jennings, J.A., 2009. Nutrient and fertilizer value of dairy manure.

Pfister, S., Koehler, A., Hellweg, S. 2009. Assessing the environmental impacts of freshwater consumption in LCA. *Environmental Science & Technology*. 43:4098-4104.

Pishgar Komleh, S., Keyhani, A., Rafiee, S., Sefeedpary, P., 2011. Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. *Energy*. 36, 3335-3341.

Pouryousef, M., mazaheri, D., Rahimi, M.R.C., Tavakoli, A., 2010. Effect of different soil fertilizing treatments on some of agro morphological traits and mucilage of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk). *Electronic Journal of Crop Production*. 3, 193-213.

# Environmental Impact of Water Use in Life Cycle of Milk Production

Ali Daneshi<sup>1\*</sup>, Abbas Esmaili Sari<sup>2</sup>, Mohammad Daneshi<sup>3</sup>, Henrikke Baumann<sup>4</sup>

1. *PhD., Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University*

2. *Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University*

3. *Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Yazd Branch, Islamic Azad University, Iran*

4. *Associate Professor, Department of Environmental Systems Analysis, Chalmers University of Technology, Sweden*

Received: 28-Feb.-2015      Accepted: 10-Jan-2015

## Abstract

Water has a key role in dairy industry and life cycle assessment (LCA) is one of the tools for environmental assessment of products & processes. A cradle to gate assessment of market milk was performed by separating the system into three sub-systems: agronomy, animal farm and processing plant. Data were gathered from multiple sources e.g. published papers, questionnaire, national and international databases, and the processing plant. Throughout the study, ISO framework and IDF guideline on LCA were used. The functional unit for reporting results was one liter of pasteurized milk (2.5% fat) packaged in plastic pouch. Finally, to quantify and assess the environmental impacts from blue water consumption, parameters of a global water impacts assessment model were modified and used in this case study. In production of one FU, about 370 liters of water is needed mostly for feed production. Feed agriculture sub-system alone withdraws 97% of total. Throughout the market milk product chain, about 40 and 28% of total water withdrawal come from alfalfa and barley production mainly from irrigation. In production of one FU, modified model's estimate for the impact on human health with the unit of disability-adjusted life years (DALY) was about  $0.35 \times 10^{-6}$ , and its estimated value for the impact on ecosystem quality was  $0.324 \text{ m}^2 \cdot \text{y}$ .

**Keywords:** Life Cycle Assessment; Dairy; Ecosystem; DALY; Water Impact Assessment; water footprint

\* Corresponding author, Tel.: +98 9124652337

Email: mscdaneshi@gmail.com