



مقدمه‌ای بر آب مجازی

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
گروه کار بخش کارشناسان جوان

شماره انتشار: ۱۳۴



مقدمه‌ای بر آب مجازی

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

گردآوری و تدوین:

مهرزاد احسانی هومن خالدي

ياسر برقي



سرشناسه	احسانی، مهرزاد، ۱۳۴۹ - ، گردآورنده
عنوان و نام پدیدآور	مقدمه‌ای بر آب مجازی / گردآوری و تدوین مهرزاد احسانی ، هومن خالدي ، یاسر برقي.
مشخصات نشر	تهران : کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران ، ۱۳۸۷.
مشخصات ظاهری	۱۱۲ ص. : مصور (بخشی رنگی) ، جدول ، نقشه ، نمودار (رنگی).
شابک	978-964-6668-76-8:
وضعیت فهرست نویسی	فیبپا
یادداشت	ص.ع. به انگلیسی : Yaser barghi . , Mehrzad Ehsani , Homan Khaledi
یادداشت	Introduction to virtual water
یادداشت	نواژه‌نامه.
یادداشت	کتابنامه : ص.[۱۰۳ ۱۰۱].
موضوع	آب--افزایش منابع
موضوع	آب، منابع
موضوع	کشاورزی پایدار
شناسه افزوده	خالدي، هومن، گردآورنده
شناسه افزوده	برقي، یاسر، ۱۳۵۹ - ، گردآورنده
شناسه افزوده	ایران. کمیته ملی آبیاری و زهکشی
رده بندی کنگره	TC۴۰۵/الف ۳م ۷ ۱۳۸۷
رده بندی دیویی	۳۳۳/۹۱:
شماره کتابشناسی ملی	۹۱۱۷۰۶۱:

نام کتاب : مقدمه‌ای بر آب مجازی

گردآورندگان : مهرزاد احسانی، هومن خالدي، یاسر برقي

ناشر : کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

چاپ اول: : ۱۳۸۷

تیراژ : ۱۰۰۰ نسخه

شابک : ۹۷۸ - ۹۶۴ - ۶۶۶۸-۷۶-۸:

حروف چینی و صفحه آرایی: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

نشانی: تهران، خیابان شهید دستگردی، خیابان شهید کارگزار، خیابان شهید شهرساز، پلاک ۱،

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران تلفن: ۲۲۲۵۷۳۴۸ نمابر: ۲۲۲۷۲۲۸۵

www.irncid.org

حق چاپ برای کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران محفوظ است.

Introduction to Virtual Water

Iranian National Committee on
Irrigation and Drainage (IRNCID)

By:

Mehrzaad Ehsani

Homan Khaledi

Yaser Barghi

ISBN: 978-964-6668-76-8

Publication Issue: 134

2009

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: کلیات
۱	۱-۱ آب مجازی
۶	۲-۱ آبرانه
۱۲	۳-۱ آب تعدیل شده
۱۵	فصل دوم: روش‌های محاسبه آب مجازی
۱۵	۱-۲ محاسبه آبرانه یک کشور
۱۹	۲-۲ استفاده از منابع آب داخلی در تولید گیاهان
۱۹	۳-۲ صادرات و واردات آب
۱۹	۱-۳-۲ میزان آب مجازی گیاهان
۲۰	۲-۳-۲ مقدار آب مجازی حیوانات زنده
۲۲	۳-۳-۲ آب مجازی در تولیدات گیاهی و حیوانی فرآوری شده
۲۳	۴-۳-۲ جریان آب مجازی در تجارت محصولات کشاورزی
۲۴	۵-۳-۲ جریان آب مجازی در تجارت محصولات صنعتی
۲۵	۶-۳-۲ موازنه آب مجازی یک کشور
۲۶	۴-۲ کمبود آب، وابستگی به آب وارداتی و خودکفایی آب یک کشور
۲۹	فصل سوم: آب مجازی محصولات کشاورزی، دامی و صنعتی
۲۹	۱-۳ آب مجازی در فرآورده‌های کشاورزی
۳۶	۲-۳ آب مجازی سبز و آبی در مواد غذایی
۳۸	۳-۳ آب مجازی در غذا و کالاهای مصرفی روزانه
۴۲	۴-۳ آب مجازی در کالاهای صنعتی
۴۵	۵-۳ تبخیر و تعرق مرجع و تأثیر آن در آب مجازی

صفحه	عنوان
۴۷	۶-۳ مبادله آب مجازی
۴۷	۱-۶-۳ مبادلات بین‌المللی آب مجازی
۵۱	۲-۶-۳ موازنه آب مجازی کشورها
۵۵	۳-۶-۳ مبادلات جهانی آب مجازی برحسب محصولات
۵۶	۷-۳ آبرانه کشورها
۶۱	۸-۳ رابطه بین آبرانه کشورها با اقلیم
۶۱	۹-۳ کمبود آب کشورها و وابستگی به منابع آب خارجی
۶۵	فصل چهارم: ارزیابی کاربرد آب مجازی
۶۷	۱-۴ ارزیابی مفهوم آب مجازی
۶۸	۱-۱-۴ مسائل مربوط به محاسبه و اندازه‌گیری آب مجازی
۷۲	۲-۱-۴ محدودیت‌های کاربردی
۷۵	۲-۴ عوامل تولید در کشاورزی
۷۵	۳-۴ مزیت‌های نسبی و تنگناها در تجارت آب مجازی
۷۹	۱-۳-۴ امنیت غذایی و خودکفایی غذایی
۷۹	۲-۳-۴ ابهامات بنیادی
۸۱	۳-۳-۴ بی‌اعتمادی به تجارت جهانی
۸۲	۴-۳-۴ تعاملات بر رودخانه‌های مشترک
۸۳	۵-۳-۴ قیمت و یارانه
۸۴	۶-۳-۴ سرمایه‌گذاری در زیر ساختارها یا واردات آب مجازی
۸۵	۷-۳-۴ رژیم غذایی
۸۶	۸-۳-۴ اشتغال و فقر
۸۷	۴-۴ جمع‌بندی و بحث
۹۳	پیوست
۹۹	منابع

پیشگفتار

علی‌رغم اینکه استاندارد سرانه مصرف آب در کشورهای جهان کمتر از ۲۰۰ لیتر در روز بنا به موقعیت جغرافیایی، فرهنگی و اقتصادی تعریف شده است، ولی واقعیت امر نشان‌دهنده مصرف به مراتب بیشتر از استانداردهای تعریف شده در کشورهاست. انسان‌ها علاوه بر مصرف مستقیم آب، از طریق تغذیه مواد غذایی، میوه‌جات و حتی خدمات و کالا آب مصرف می‌کند که مقدار حدود ۳۴۰۰ لیتر به ازای هر نفر در جهان می‌باشد. برای تولید مواد غذایی که تأمین‌کننده کالری بدن، انسان‌هاست آب خیلی زیادی مصرف شده است، بطور متوسط هر نفر در هر روز نیازمند ۳۰۰۰ کالری می‌باشد و این مقدار انرژی بایستی از طریق مواد غذایی تامین شود. با این ترتیب می‌توان گفت که هر سال برای تامین نیاز غذایی ۶/۷ میلیارد نفر از ساکنان فعلی کره زمین، تقریباً به حجم آبی معادل حجم یک کانال آب با عرض یک کیلومتر، عمق ۱۰۰ متر و طولی به اندازه دو برابر محیط کره زمین نیاز است. پر شدن این کانال بوسیله پر آب‌ترین رودخانه ایران یعنی رودخانه کارون نیازمند ۴۰۰ سال وقت خواهد بود!!! این شرایط درحالیست که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰، به جمعیت کره زمین ۳ میلیارد نفر اضافه خواهد شد. از طرف دیگر رژیم و فرهنگ غذایی مردم از غلات بسمت گوشت و تنوع غذایی دیگر در حال تغییر است. بعبارت دیگر رژیم غذایی مردم کشورها تمایل به محصولاتی دارد که برای تهیه آنها نیاز به مصرف آب بیشتری خواهد بود. در آن شرایط در آینده به کانال آب عریض‌تر، عمیق‌تر و طولی‌تر نیاز خواهیم داشت!!!

تخصیص آب به بخش‌های صنعت و خانگی در مقایسه با تخصیص آب به کشاورزی سهم کمی دارند. از کل آب‌های در دست بهره‌برداری جهان، حدود ۲۰ درصد به صنایع و ۱۰ درصد به مصارف خانگی تخصیص داده می‌شود. براساس برآوردها، حدود ۶۳۹۰ میلیارد مترمکعب آب برای تولیدات کشاورزی در طی یک سال مصرف می‌شود که شامل اراضی فاریاب و دیم می‌باشد. بعبارت دیگر، بخش کشاورزی به بیش از ۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰ لیتر آب در ثانیه برای رشد و نمو و تولید محصولات

کشاورزی نیازمند است. حدود ۱۵ درصد آب مورد نیاز برای تولید فرآورده‌های کشاورزی، از طریق آبیاری مستقیم و مابقی (۸۵ درصد) به اتکای باران طبیعی و دیم تأمین می‌شود. در حال حاضر، حدود ۷۰ درصد از آب‌های شیرین برداشت شده در جهان برای آبیاری اراضی کشاورزی صرف می‌شود و فائو پیش‌بینی می‌کند که نقش آبیاری برای تولید محصولات کشاورزی در دهه‌های آینده با رشد سالانه ۰/۶ درصد، پررنگ‌تر خواهد شد. حال جای سؤال است که بدانیم این آب از کجا تأمین خواهد شد؟

براساس مطالعات دفتر برنامه محیط زیست سازمان ملل^۱، سرانه آب تجدیدپذیر سالیانه هر نفر انسان در سال ۱۹۹۰ معادل ۹۰۰۰ مترمکعب بوده که این مقدار به ۷۸۰۰ مترمکعب در سال ۲۰۱۵ و ۵۱۰۰ مترمکعب در سال ۲۰۲۵ تقلیل خواهد یافت. سرانه آب ۵۱۰۰ مترمکعب در سال برای هر نفر انسان به صورت تئوری کافی خواهد بود ولی بواسطه شرایطی همچون توزیع نامناسب منابع آب، بارندگی پراکنده و غیره، این آب مؤثر نخواهد بود. در حال حاضر حدود ۴۰ درصد از کل جمعیت کره زمین در مناطقی زندگی می‌کنند که با تنش آبی مواجه هستند و پیش‌بینی می‌شود این رقم به ۵۰ تا ۶۵ درصد در سال ۲۰۲۵ برسد.

جدای از آبی که در ظاهرا هر شخص در هر روز برای مواردی همچون آشامیدن، پخت و پز، استحمام، شستشو و غیره مصرف می‌کند، حجم آب زیادی نیز برای تأمین سایر نیازهای انسان همچون مواد غذایی، پوشاک، ساختمان و غیره صرف می‌شود که حجم آب اینگونه موارد بسیار قابل توجه است. بطور مثال بر اساس اطلاعات موجود، در ظاهر متوسط آب مصرفی هر ایرانی حدود ۱۵۰ لیتر است اما در واقع میزان آب مصرفی ما ایرانیان بیشتر از ۳۰۰۰ لیتر در روز می‌باشد، این اختلاف بدلیل آب محاط شده (آب مجازی) در مواد غذایی، صنعتی و غیره می‌باشد که روزانه توسط هر شخص مصرف می‌شود.

عده‌ای از کارشناسان معتقد هستند که در آینده نزدیک آب به عنوان «طلای آبی»^۱ در جهان شناخته خواهد شد فلذا جمله «نفت را فراموش کنید و به آب فکر کنید» رایج خواهد گردید. در حال حاضر انتقال آب با توجه به حجم بالای مصرف آن مشکل‌تر از نفت بوده و اصولاً هیچ جایگزینی برای آب نیز وجود ندارد.

با توجه به توضیحات و اطلاعات و ارقام فوق‌الذکر، توجه به مفاهیم جدید همچون آب مجازی، آبرانه و آب‌ترازی می‌تواند در زمینه فرهنگ سازی در بخش آب کشور و همچنین جلوگیری از بحران‌های آتی، موثر باشد.

سید اسدالله اسدالهی

دبیر کل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

فصل اول

کلیات

۱-۱ آب مجازی

استاندارد سرانه مصرف آب در کشورهای مختلف جهان با توجه به موقعیت جغرافیایی، فرهنگی و اقتصادی به ندرت از ۲۰۰ لیتر در روز فراتر می‌رود. ولی نتایج بررسی‌های محققین نشان‌دهنده این واقعیت است که سرانه مصرف آب، بسیار بیشتر از استانداردهای تعیین شده در کشورهاست. انسان‌ها علاوه بر مصرف مستقیم آب، از طریق تغذیه مواد غذایی، میوه‌جات و حتی خدمات و کالا آب مصرف می‌کنند که مقدار آن، به طور متوسط حدود ۳۴۰۰ لیتر در روز به ازای هر نفر در جهان می‌باشد. بخشی زیادی از این آب که تا کنون در محاسبات سرانه مصرف آب، کمتر مورد توجه قرار گرفته را به عنوان آب مجازی می‌شناسند.

اصطلاح آب مجازی^۱، اولین بار در دهه ۹۰ میلادی توسط «تونی آلن»^۲ به صورت زیر معرفی شد [۱]:

«مجموع آب مصرف شده برای تولید مقدار معینی از محصول (اعم از کالا، فرآورده‌های کشاورزی یا حتی خدمات) را آب مجازی می‌نامند».

برای مثال، برای تولید یک کیلوگرم گندم به طور متوسط ۱۳۰۰ لیتر آب مورد نیاز است، که آن را آب مجازی می‌نامند. به عبارت دیگر، مقدار آب مجازی معادل جمع کل آب مصرف شده در مراحل مختلف زنجیره تولید، از لحظه شروع تا پایان می‌باشد.

1- Virtual Water

2- Tony Allen

صفت مجازی در تعریف فوق‌الذکر بدین لحاظ به‌کار می‌رود که بخش عمده آب مصرف شده طی فرآیند تولید، در محصول یا کالای نهایی وجود فیزیکی ندارد. در سال ۲۰۰۳ «آرجن هوکسترا»^۱ تعریف کامل‌تری از آب مجازی را به شرح زیر ارائه کرد [۵]:

«آب مجازی، جمع کل آب مورد نیاز برای تولید مقدار معینی از محصول (کالا)، با توجه به شرایط اقلیمی، مکانی، زمان تولید و راندمان می‌باشد».

بر اساس تعریف اخیر، شرایط اقلیمی، مکان و زمان تولید، مدیریت و برنامه‌ریزی، فرهنگ و عادات مردم در میزان آب مجازی مؤثر می‌باشد، و قطعاً مقدار آن در مورد یک محصول در مناطق مختلف متفاوت خواهد بود. برای محاسبه مقدار آب مجازی محصولات (کشاورزی، صنعتی و غیره)، لازم است کلیه منابع آبی که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم (اعم از باران، آب سطحی یا آب زیرزمینی) در تولید محصول مؤثر بوده‌اند را در محاسبات مورد توجه قرار داد. با توجه به توضیحات فوق می‌توان از رابطه زیر برای محاسبه آب مجازی استفاده کرد.

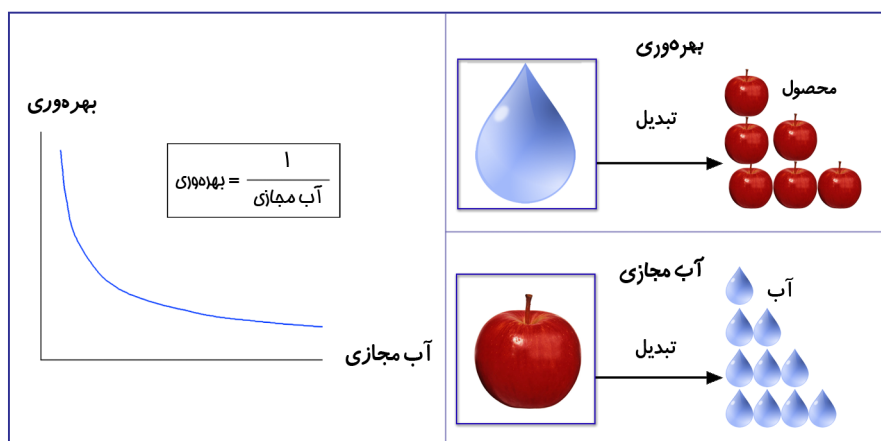
$$\text{آب مجازی} = \frac{\text{کل حجم آب مورد نیاز برای تولید محصول}}{\text{کل محصول تولید شده}} \quad (۱-۱)$$

«آب مجازی» و «بهره‌وری آب»^۲ نسبت به هم رابطه معکوس دارند. طبق تعریف، بهره‌وری آب عبارت از مقدار محصول تولید شده از واحد حجم آب می‌باشد (به‌طور مثال از یک مترمکعب آب چقدر سیب‌زمینی تولید می‌شود) و واحد آن معمولاً

1 - Arjen Hoekstra, 2003

2 - Water Productivity

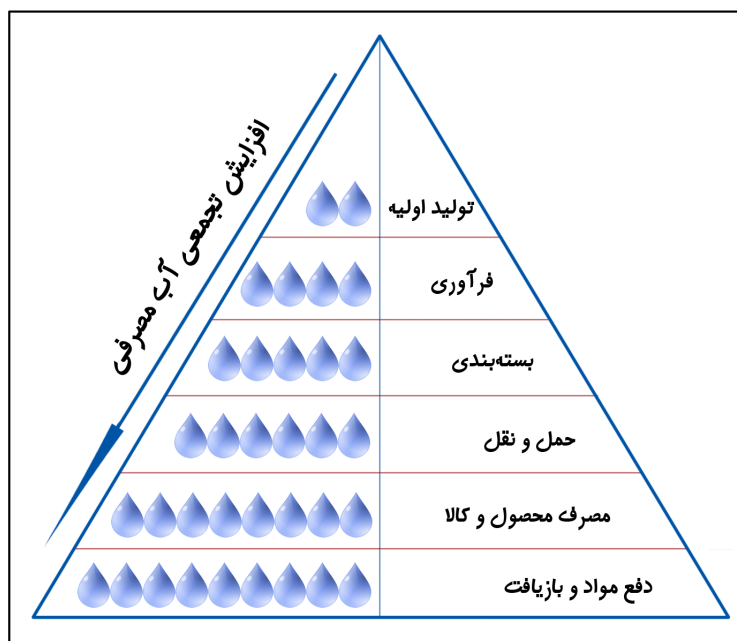
کیلوگرم بر مترمکعب تعریف می‌باشد [۱۸]. در صورتی که آب مجازی، مقدار آب مصرف شده برای تولید مقدار معینی محصول را مورد توجه قرار می‌دهد، و واحد آن لیتر بر کیلوگرم (یا مترمکعب بر کیلوگرم) است. به عبارت دیگر در بهره‌وری تأکید بر مقدار تولید از آب، و در آب مجازی بر عکس، تأکید بر مقدار آب (مصرف شده) در تولید محصول می‌باشد، بنابراین با افزایش بهره‌وری آب، مقدار آب مجازی در محصول یا کالای مورد نظر کاهش خواهد یافت و برعکس (شکل ۱-۱).



شکل (۱-۱) رابطه بین آب مجازی و بهره‌وری آب

در منابع علمی انگلیسی، برای معادل آب مجازی از اصطلاحاتی نظیر "Embodied Water"، "Hidden Water"، "Embeded Water"، "Virtual Water" و "Shadow Water" استفاده شده است.

در شکل ۱-۲ مراحل تولید یک فرآورده کشاورزی یا صنعتی را از مرحله اولیه تولید، تا مرحله عرضه به بازار و دفع مواد و بازیافت آن، و در نهایت افزایش جمععی آب مصرفی (آب مجازی) را بصورت شماتیک، نشان می‌دهد.



شکل (۱-۲) رابطه تولید محصول کشاورزی یا صنعتی با افزایش تجمعی آب مصرفی

در فرایند تولید یک کالا، یا یک محصول ممکن است منابع مختلف آب، نظیر آب زیرزمینی، آب سطحی، چشمه‌ها، آباران، پساب‌ها و غیره بکار گرفته شده باشد، که در آن صورت نوع منبع تأمین آب می‌تواند در تحلیل آب مجازی نقش به‌سزایی داشته باشد. این ایده منجر به معرفی و طبقه‌بندی آب‌های مجازی به سه رنگ «آبی»، «سبز» و «خاکستری» شده است که شرح هرکدام از مؤلفه‌های آب‌های رنگی به قرار زیر می‌باشد:

■ آب سبز^۱: آبی که به صورت رطوبت در خاک ذخیره شده است را «آب

سبز» می‌گویند. آب سبز اولین بار در سال ۱۹۹۰ توسط مالین فالکن‌مارک^۲

معرفی شده [۲۸] ولی سالیان گذشته کمتر مورد توجه کارشناسان قرار

1- Green Water

2- Malin Falkenmark

گرفته است. آب سبز یکی از منابع مهم تأمین آب مورد نیاز گیاهان، بالاخص در اراضی دیم، می‌باشد. مقدار آب سبزی که گیاه برای رشد و نمو مصرف نموده و در بافت گیاه ذخیره یا طی فرایند تعرق از دست می‌دهد، به عنوان آب سبز مجازی شناخته می‌شود.

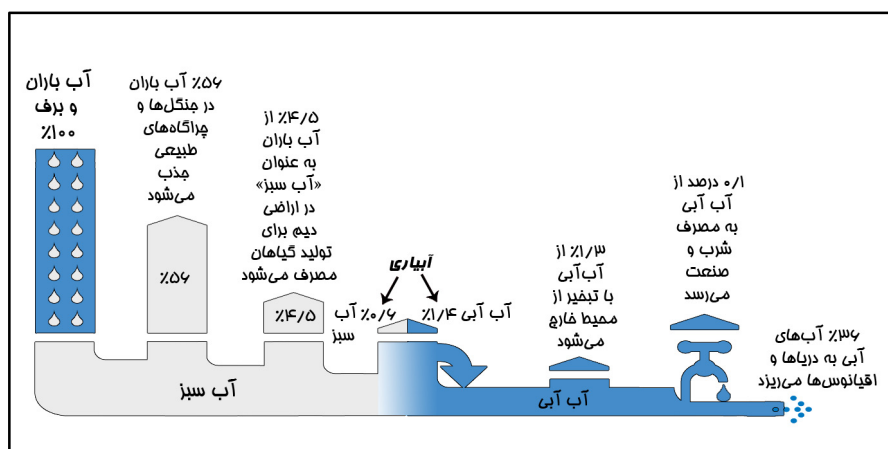
■ آب آبی^۱: آبی که در رودخانه‌ها، پشت سدها، دریاچه‌ها، آب‌های سطحی و آبخوان‌های زیرزمینی وجود دارد، «آب آبی» نامیده می‌شود. بنابراین «آب آبی مجازی» عبارت است از حجم آب سطحی یا زیرزمینی که طی فرایند تولید کالا و یا خدمات، به طور مستقیم یا غیرمستقیم مصرف می‌شود.

■ آب خاکستری^۲: آبی که در چرخه تولید یک محصول یا کالا آلوده می‌شود را آب خاکستری می‌نامند. برخی از تولیدات صنعتی در چرخه تولید نیازمند حجم معینی آب برای رقیق کردن مواد شیمیایی، شستشو یا اهداف دیگری هستند. اینگونه آب‌های آبی که پس از مصرف به پساب‌های شیمیایی و صنعتی تبدیل می‌شوند و معمولاً تهدید کننده محیط زیست نیز به‌شمار می‌آیند را آب خاکستری می‌نامند. به تعبیر دیگر، فاضلاب‌ها و پساب‌ها را می‌توان جزو آب‌های خاکستری طبقه‌بندی کرد. آن مقدار از آب خاکستری که در بخش کشاورزی به مصرف گیاه می‌رسد، و یا در بخش صنعتی به‌عنوان پساب دفع می‌شود، را «آب خاکستری مجازی» می‌نامند.

در شکل (۱-۳)، چرخه تبدیل نزولات جوی به «آب سبز» و «آب آبی» نشان داده شده است. همانطور که در شکل دیده می‌شود، تقریباً سهم آب سبز در تولید محصولات کشاورزی به مراتب بیشتر از آب آبی است. تولید حدود ۸۵ درصد محصولات کشاورزی مستقیماً به آب سبز وابسته می‌باشد، و این نشان دهنده توان بالقوه و اهمیت آب سبز در تأمین غذای مردم جهان است.

1- Blue Water

2- Grey Water



شکل (۱-۳) چرخه تبدیل نزولات جوی به آب سبز و آب آبی [۸]

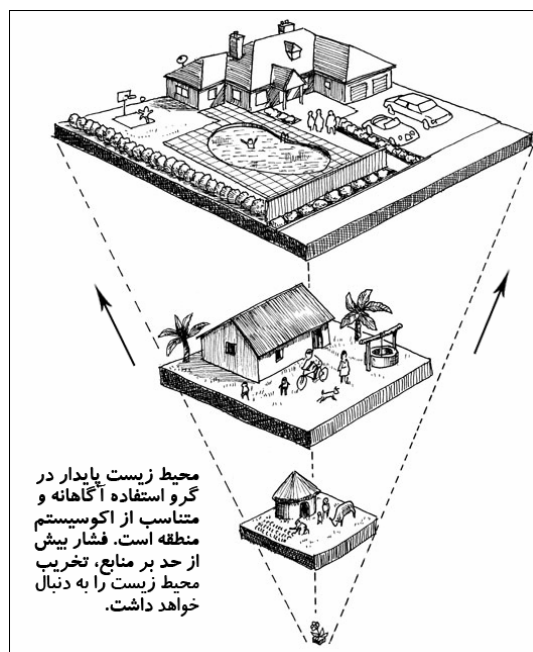
«آب سبز» چندان قابل مدیریت نیست، اما از آن طرف «آب آبی» به روش‌های مختلف قابل کنترل و مدیریت می‌باشد. برای ارزیابی مقدار آب مجازی یک محصول، نسبت «آب آبی» و «آب سبز» به کار رفته در فرایند رشد و نمو، و یا حتی مراحل فرآوری تا بازیافت، از اهمیت خاصی برخوردار است.

۱-۲- آبرانه

مفهوم «آبرانه» معادل واژه انگلیسی Water Footprint به کار گرفته شده است. این اصطلاح در حقیقت الهام گرفته از مفاهیم متناظر و مشابه در علوم زیست‌محیطی، صنعتی و سایر علوم مرتبط می‌باشد. به طور کلی ریشه واژه «Footprint» به عنوان یک معیار کمی، برای نشان دادن مقدار مصرف از منابع طبیعی توسط انسان به کار گرفته می‌شود.

رشد جمعیت جهان، بهبود نسبی زندگی و توسعه شهرنشینی، نیاز به غذا، سوخت، آب، بهداشت و امکانات رفاهی را به مراتب بیشتر کرده است. کره زمین تا چه میزان می‌تواند جمعیت انسان‌ها را بدون تحمیل هزینه‌های اضافی زیست‌محیطی تحمل کند؟

دانشمندان در پی یافتن پاسخ این سؤال اساسی که «ظرفیت قابل تحمل»^۱ زمین برای انسان چقدر است شاخص‌های جدیدی تعریف کرده‌اند. در همین ارتباط، شاخص «Ecological Footprint» برای تحلیل و مقایسه نیازهای بشری با ظرفیت تجدیدپذیر اکولوژیک زمین در سال ۱۹۹۲ توسط «ویلیام ریس»^۲ معرفی شد. به دنبال آن، «Carbon Footprint» نیز به عنوان شاخصی برای اندازه‌گیری میزان دی‌اکسید کربن تولید شده حاصل از فعالیت‌های انسان‌ها در محیط‌زیست ابداع شده است. گازهای گلخانه‌ای تولید شده از طریق مصرف سوخت‌های فسیلی، حمل و نقل و غیره که حاوی دی‌اکسید کربن می‌باشند، تأثیر مخربی بر کره زمین بر جای می‌گذارند که میزان اثرات آن با استفاده از شاخص مذکور سنجیده می‌شود. در جدول (۱-۱) کاربرد واژه Footprint در علوم مختلف ارایه شده است. شکل (۱-۴)، شمایی از تأثیر توسعه بر اکوسیستم را نشان می‌دهد.



شکل شماره (۱-۴) تحمیل فشار مضاعف بر محیط زیست با توسعه روزافزون

1- Carrying Capacity

2-William Rees

جدول (۱-۱) کاربرد واژه «Footprint» در علوم زیستی و صنعت

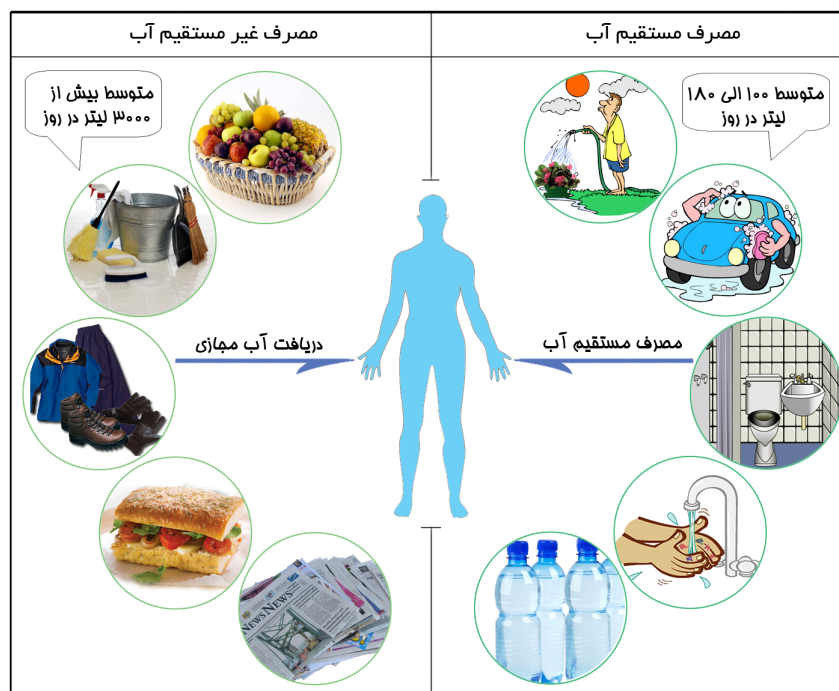
واژه	تعریف
Fossilised Footprint; Ichnite, Ichnolite	(۱) جای پای انسان یا حیوان که فسیل شده است و به آن «سنگ بُنک» می‌گویند.
Footprint (Satellite)	(۲) گستره سطح زمینی که از آن علائم یک ماهواره قابل دریافت باشد.
Ecological Footprint	(۳) تأثیر فعالیت انسانی، ماشین، و غیره بر محیط زیست،
Carbon Footprint	(۴) تأثیر دی‌اکسیدکربن ناشی از فعالیت انسانی بر اتمسفر،
Footprinting	(۵) روش گردآوری اطلاعات درباره سیستم‌های رایانه‌ای،
DNase Foot printing Assay	(۶) یک نوع روش بیولوژی مولکولی است،
Internet Footprint	(۷) تأثیرگذاری یک فرد، سازمان، یا شرکت بر صفحات وب،

در همین راستا، آرجن هوکسترا در سال ۲۰۰۲ با هدف معرفی شاخصی برای تعیین میزان مصرف واقعی آب، اصطلاح «آبرانه» را معرفی کرد [۳]. آبرانه شاخصی است که به کمک آن می‌توان میزان آب مصرف شده به صورت مستقیم و غیر مستقیم توسط افراد یک خانواده، یک شرکت، شهر، منطقه یا یک کشور را محاسبه و تحلیل کرد. همچنین آبرانه امکان روندیابی و ارزیابی مقدار مبادلات داخلی و یا خارجی (بین‌المللی) آب مجازی را فراهم می‌سازد.

علی‌رغم اینکه استاندارد سرانه مصرف آب در کشورهای مختلف جهان، از ۹۰ تا ۲۰۰ لیتر در روز متفاوت است، ولی واقعیت امر نشان‌دهنده مصرف آب بیش از استانداردهای تعریف شده در هر کشور می‌باشد. هر فرد در طول شبانه‌روز به صورت مستقیم و غیرمستقیم آب مصرف می‌کند. انسان‌ها علاوه بر مصرف مستقیم آب که شامل شرب، استحمام، پخت و پز، شستشو، بهداشت و غیره می‌باشد به صورت غیرمستقیم نیز از طریق تغذیه، و استفاده از وسایل و خدمات حجم زیادی آب مصرف می‌کنند. در حقیقت در روش غیرمستقیم، آب مجازی میوه، مواد غذایی و

غیره که در فرایند تولید آن‌ها آب مصرف شده است به انسان‌ها منتقل می‌شود. در واقع حجم آبی که انسان‌ها به صورت مجازی دریافت می‌کنند به مراتب بیشتر از مصرف مستقیم آب است، و با توجه به عادات فرهنگی، رژیم غذایی و درآمد، مقدار آن برای هر فرد متفاوت می‌باشد. شکل (۵-۱)، شمایی از آبرانه یک انسان را نشان می‌دهد. با توجه به توضیحات فوق می‌توان آبرانه را این گونه تعریف کرد:

«مجموع کل آب‌های مصرف شده به صورت مستقیم و غیرمستقیم توسط فرد، شرکت، روستا، شهر، یا کشور، در یک بازه زمانی روزانه، هفته‌ای، ماهانه یا سالانه».



شکل (۵-۱) آبرانه یک نفر انسان شامل آب مصرف شده به صورت مستقیم و غیرمستقیم [مولفین].

به عنوان مثال سرانه آبرانه هر فرد در چین ۱۹۳۰ لیتر، هند ۲۶۹۰ لیتر، انگلیس ۳۴۰۰ لیتر، ترکیه ۴۴۳۰ لیتر، ایران ۴۴۵۰ لیتر، تایلند ۶۰۰۰ لیتر، آمریکا ۶۸۰۰ لیتر، و متوسط جهان ۳۴۰۰ لیتر در روز می‌باشد[۵]. به طور عموم، سرانه آبرانه کشورهای توسعه یافته و ثروتمند بیشتر از کشورهای در حال توسعه است.

البته باید تأکید کرد که آبرانه مفهومی فراتر از کل حجم آب مصرفی داشته و به موضوعاتی همچون نوع آب مصرفی، مکان و زمان مصرف آب نیز مرتبط باشد. بعلاوه میزان آبرانه هر فرد به عوامل مختلفی بستگی دارد که برخی از عوامل مهم آن به شرح زیر می‌باشد:

- میزان درآمد سالانه
- رژیم و عادات غذایی
- سن، وزن و جنسیت
- تعداد دفعات استحمام و میانگین زمان شست و شو
- موقعیت جغرافیایی و اقلیمی (گرم، خشک، حاره‌ای...)
- دسترسی به امکانات رفاهی مانند اتومبیل، استخر، و غیره
- میزان مصرف نوشیدنی‌ها مانند چای، قهوه، و شیر و غیره
- میزان مصرف میوه و شیرینی

آبرانه یک شرکت، روستا یا یک شهر شامل آب مصرفی مستقیم برای ساکنان آن، به اضافه آب مصرفی غیر مستقیم (یعنی آب مورد استفاده در زنجیره تولید کالاها و خدمات) آن شرکت یا روستا می‌باشد.

«آبرانه ملی» عبارت از کل آب مصرف شده به صورت مستقیم و غیر مستقیم برای تولید کالاها و خدماتی که توسط مردم یک کشور مورد استفاده قرار گرفته یا مصرف می‌شود، می‌باشد. آبرانه ملی به دو طریق قابل ارزیابی است. در روش اول، یعنی «رهیافت پایین به بالا»، جمع آب مجازی کالاها و خدمات مصرفی توسط مردم کشور مورد نظر می‌باشد. در روش دوم، یعنی «رهیافت بالا به پایین»، آبرانه ملی بر

حسب مصرف کل از منابع آب داخلی به اضافه واردات آب مجازی منهای صادرات آب مجازی محاسبه می‌شود.

آبرانه یک کشور شامل دو مؤلفه است. آن مقدار از منابع آب داخلی یک کشور که برای تولید کالاها و خدمات، بعلاوه مصرف عمومی به کار گرفته می‌شود را «آبرانه داخلی» می‌گویند و آن حجم از منابع آب سایر کشورهای جهان که برای مصارف داخلی کشوری به کار گرفته شده است یا به عبارت دیگر، کشور مورد نظر برای مصارف داخلی، وابسته به آب مجازی خارجی است را «آبرانه خارجی» می‌نامند.

«خودکفایی آب» بر حسب نسبت آبرانه داخلی به آبرانه کل کشور تعریف می‌شود. خودکفایی کامل در آب یعنی تمام منابع آب مورد نیاز برای تولید، خدمات و مصرف مستقیم از درون همان کشور تأمین می‌شود. چنانچه تقاضای آب کشور به طور گسترده به وسیله واردات آب مجازی تأمین گردد، خودکفایی به صفر نزدیک می‌شود. کشورهای واردکننده آب مجازی، عملاً به منابع آب سایر کشورهای جهان وابسته‌اند. مفهوم «وابستگی آبی» در یک کشور به صورت «نسبت آبرانه خارجی آن کشور به آبرانه کل آب آن کشور» تعریف می‌شود.

در ادبیات آب مجازی، بالاخص زمانی که هدف، تجارت آب مجازی از طریق واردات و صادرات کالاها و خدمات مطرح باشد، اصطلاحاتی به کار گرفته می‌شود که در زیر به تعریف برخی از آنها پرداخته شده است:

جریان آب مجازی^۱: جریان آب مجازی بین دو کشور، عبارت از حجم آب مجازی انتقالی از طریق کالاها، محصولات و خدمات از یک کشور به کشور دیگر، به صورت مبادلات تجاری است.

صادرات آب مجازی^۲: عبارت از آب مجازی مرتبط با صدور کالاها یا خدمات، از یک کشور یا منطقه است، و مقدار آن برابر با کل حجم آب مورد نیاز برای تولید کالا و خدمات از محل منابع آب داخلی به منظور صادرات می‌باشد.

1- Virtual Water Flow

2 - Virtual Water Export

واردات آب مجازی^۱: آب مجازی که همراه با کالا یا خدمات به داخل یک کشور یا منطقه وارد می‌شود را اصطلاحاً «واردات آب مجازی» می‌گویند. مقدار آن نیز معادل کل حجم آب مصرف شده (در کشورهای صادرکننده)، به منظور تولید آن کالا و خدمات می‌باشد. از نقطه نظر کشور وارد کننده، این نوع آب به عنوان یک منبع اضافه بر منابع آب موجود داخلی است.

تراز آب مجازی^۲: معادل تفاضل واردات و صادرات ناخالص آب مجازی طی یک مدت مشخص را «تراز آب مجازی» می‌نامند. مفهوم تراز مثبت آب مجازی، در حقیقت بدین معناست که ورود آب مجازی آن کشور از کشورهای دیگر، بیشتر از مقدار صادرات آب مجازی به دیگر کشورها باشد. برعکس آن به معنی تراز منفی آب مجازی خواهد بود.

$$\text{صادرات ناخالص آب مجازی} - \text{واردات ناخالص آب مجازی} = \text{تراز آب مجازی}$$

۱-۳- آب تعدیل شده

یکی از موضوعاتی که همواره به دنبال آبرانه مطرح می‌شود تعدیل (کاهش) آن توسط افراد و مؤسسات می‌باشد. اصطلاح «آب تعدیل شده»^۳ اولین بار توسط «پانچو اندیبل»^۴، در اجلاس جهانی ژوهانسبورگ که با موضوع توسعه پایدار در سال ۲۰۰۲ برگزار شده بود و با هدف ترغیب همگان به کاهش سرانه آبرانه، معرفی گردید [۱۳]. در این اجلاس، میزان آب مجازی کالاها و خدمات محاسبه و معادل آن به پول تبدیل شد. شرکت‌کنندگان نیز با خرید یا دریافت کالا و خدمات، به تناسب میزان آب مجازی به کار رفته در تولید آن، ملزم به پرداخت وجوهی بودند و این اقدام سبب شد تا

1- Virtual Water Import (VWI)

2- Virtual Water Balance

3- Water Neutral

4- Pancho Ndebele

شرکت کنندگان ترجیح دهند که کالا (یا غذا) و خدماتی دریافت کنند که آب مجازی کمتری داشته باشد. این اقدام عملی باعث معرفی و شناخت دقیق اهداف آب مجازی تعدیل شده در اجلاس مذکور شد.

بنا به تعریف، آب تعدیل شده عبارت از حداکثر مقدار کاهش منطقی و امکان پذیر «آبرانه»، بعلاوه جبران عوارض منفی پسماند توسط انسان می باشد. به عبارت دیگر یک شخص تا آنجا که امکان پذیر است میزان «آبرانه اش» را کاهش دهد و عوارض منفی آبرانه باقیمانده را جبران نماید. منظور از کاهش عوارض منفی پسماند، کاهش تولید زباله و بازیافت آن و مدیریت آب خاکستری می باشد. هدف آب مجازی تعدیل شده ترغیب افراد و شرکت های مصرف کننده و آلوده کننده آب، در جهت تدوین راهکار تعدیل سازی آب، از طریق کاهش مصرف آب، کاهش آلودگی، جبران تأثیرات منفی ناشی از آلوده سازی آب (با سرمایه گذاری در پروژه های دوستدار محیط زیست) می باشد [۱۳].

البته ایده آب تعدیل شده در همه موارد کارساز نیست. به عنوان نمونه، برای تولید محصولات کشاورزی، مقدار معینی از آب به عنوان آب مورد نیاز گیاهان قابل صرف نظر شدن نیست. بنابراین، به طور کلی منظور از «آب تعدیل شده» عدم مصرف آب نبوده، بلکه منظور این است که حتی الامکان عوارض منفی اقتصادی- اجتماعی و زیست محیطی کاهش یابد، و دیگر اینکه تأثیرات منفی باقیمانده تا حد امکان جبران شود. «آب تعدیل شده» شرایط مناسبی برای کاهش و جبران عملی تأثیرات منفی آب مصرفی توسط جوامع، شرکت ها و غیره را ارائه می دهد. با وجود این، به عنوان پیش شرط، چند سؤال مهم برای موفقیت تئوری آب تعدیل شده به شرح زیر وجود دارند:

- کاهش مورد انتظار و منطقی «آبرانه» چقدر است؟
- قیمت جبرانی مطلوب چیست؟
- چه نوع تلاشی، یک اقدام جبران کننده محسوب می شود؟

تحقق اهداف آب مجازی تعدیل شده، نیازمند مطالعه و یافتن روش‌های ساده، امکان‌پذیر و در نهایت تشویق مردم به پیروی از آن می‌باشد. در این رابطه، ساده‌ترین روش، ارائه نحوه عملی تعدیل مصرف آب یک محصول از طریق آموزش همگانی و جزوات ترویجی می‌باشد. به عنوان مثال، اگر قرار باشد در یک شهری، محله جدیدی برای زندگی، و یا یک شهرک صنعتی ساخته شود، باید تا آنجا که ممکن است آب مجازی این محله، یا شهرک صنعتی را به حداقل رساند، و بدین منظور مصالح به کار رفته در ساخت و ساز ساختمان از نوعی انتخاب شوند که آب مجازی کمتری داشته باشند. به علاوه در تمام ساختمان‌ها، تجهیزات صرفه‌جویی آب تعبیه شود و تأسیسات مناسب برای تصفیه فاضلاب و امکان مصرف مجدد آن در نظر گرفته شود.

فصل دوم

روش‌های محاسبه آب مجازی

محاسبه دقیق آب مجازی محصولات کشاورزی، کالاهای صنعتی و حتی خدمات، با توجه به نوع و زمان تولید، می‌تواند ساده تا بسیار پیچیده باشد. چنانچه فرایند تولید و عرضه به بازار طولانی باشد، و یا اینکه محصول نهایی از ترکیب چندین جزء کوچکتر به دست آید، در آن صورت محاسبه دقیق آب مجازی به مراتب سخت‌تر خواهد شد. البته به طور معمول محاسبه آب مجازی تولیدات غیر ترکیبی، به ویژه محصولات کشاورزی نسبت به سایر تولیدات ساده‌تر است.

برای محاسبه آب مجازی محصولات ترکیبی می‌توان آب مجازی هر جزء از محصول را به صورت جداگانه محاسبه و در نهایت به نسبت هر جزء در ترکیب نهایی، آب مجازی را به دست آورد. در این فصل، اصول اولیه محاسبات آب مجازی و آبرانه ارایه شده است. با در نظر گرفتن اصول کلی، می‌توان آب مجازی محصولات ترکیبی را نیز به دست آورد. شایان ذکر است که روش‌های ارایه شده در این فصل با توجه به دیدگاه‌های مختلف قابل تغییر بوده و موارد مطرح شده صرفاً جهت آشنایی اولیه با روش‌های محاسبه آب مجازی و آبرانه می‌باشد.

۲-۱ محاسبه آبرانه یک کشور

آبرانه یک کشور، عبارت از مجموع حجم آب مصرف شده به صورت مستقیم یا غیر مستقیم توسط ساکنان آن کشور برای شرب، بهداشت، تولید محصولات، ارایه خدمات و غیره طی مدت معین (مثلاً یک سال) می‌باشد. آبرانه یک کشور از دو جزء

«آبرانه داخلی»^۱ و «آبرانه خارجی»^۲ تشکیل شده و مقدار آن می‌تواند از معادله زیر دست آید:

$$WFP = IWFP + EWFP \quad (۱-۲)$$

پارامترهای این معادله به قرار زیر می‌باشند:

$$WFP = \text{آبرانه کشور}$$

$$IWFP = \text{آبرانه داخلی}$$

$$EWFP = \text{آبرانه خارجی}$$

آبرانه داخلی شامل مصرف منابع آب داخلی یک کشور، برای تولید محصولات و خدمات مورد نیاز ساکنان همان کشور می‌باشد و مقدار آن برابر است با مجموع حجم آب مصرف شده از منابع آب داخلی، منهای حجم آب مجازی صادر شده به خارج از کشور که معادله آن به قرار زیر می‌باشد:

$$IWFP = AWU + IWW + DWW - VWE_{dom} \quad (۲-۲)$$

پارامترهای معادله فوق عبارتند از:

$$IWFP = \text{آبرانه داخلی}$$

$$AWU = \text{میزان آب مصرف شده در بخش کشاورزی}^۳$$

$$IWW = \text{میزان تخصیص آب به بخش صنایع}^۴$$

$$DWW = \text{میزان تخصیص آب به بخش خانگی}^۵$$

$$VWE_{dom} = \text{حجم آب مجازی صادر شده از طریق تولیدات داخلی}$$

آب مصرفی در بخش کشاورزی شامل باران مؤثر و آب آبیاری بوده که به صورت اثربخش برای تولید محصولات کشاورزی به کار گرفته شده باشد.

آبرانه خارجی یک کشور عبارت است از حجم آب مصرف شده برای تولید کالا و ارائه خدمات در کشور مبدأ، و استفاده از آن محصولات یا خدمات در کشور مقصد

1- Internal Water Footprint (IWFP)

2- External Water Footprint (EWFP)

3- Agricultural Water Use (AWU)

4- Industrial Water Withdrawal (IWW)

5- Domestic Water Withdrawal (DWW)

طی فرایند صادرات و واردات بوده و مقدار آن معادل حجم آب مجازی وارد شده به کشور منهای حجم آب مجازی صادر شده به سایر کشورها است. معادله آبرانه خارجی به قرار زیر می‌باشد:

$$EWFP = VWI - VWE_{re-export} \quad (3-2)$$

پارامترهای این معادله عبارتند از:

$EWFP$ = آبرانه خارجی

VWI = حجم آب مجازی وارداتی

$VWE_{re-export}$ شامل حجم آب مجازی تولیداتی است که وارد کشور شده و پس از تبدیل، مجدداً صادر شده‌اند. به عبارت دیگر، مواد خام یا کالایی که از خارج از کشور وارد گردیده و سپس کالای جدیدی تولید شده، و این کالای جدید مجدداً به خارج از کشور صادر گردد. به عنوان مثال، چنانچه سیب تولید شده در ایران برای تبدیل به کمپوت یا آب میوه به کشور ثالثی صادر گردد برای آن کشور ورود سیب از ایران به معنی ورود آب مجازی است و پس از فرآوری و تبدیل به محصولات دیگر (کمپوت یا آب میوه)، صادر کردن این کالای جدید به مثابه صادر کردن آب مجازی است.

آبرانه داخلی و آبرانه خارجی شامل استفاده از آب آبی (آب‌های سطحی و زیرزمینی) و استفاده از آب سبز (رطوبت ذخیره شده در خاک) است.

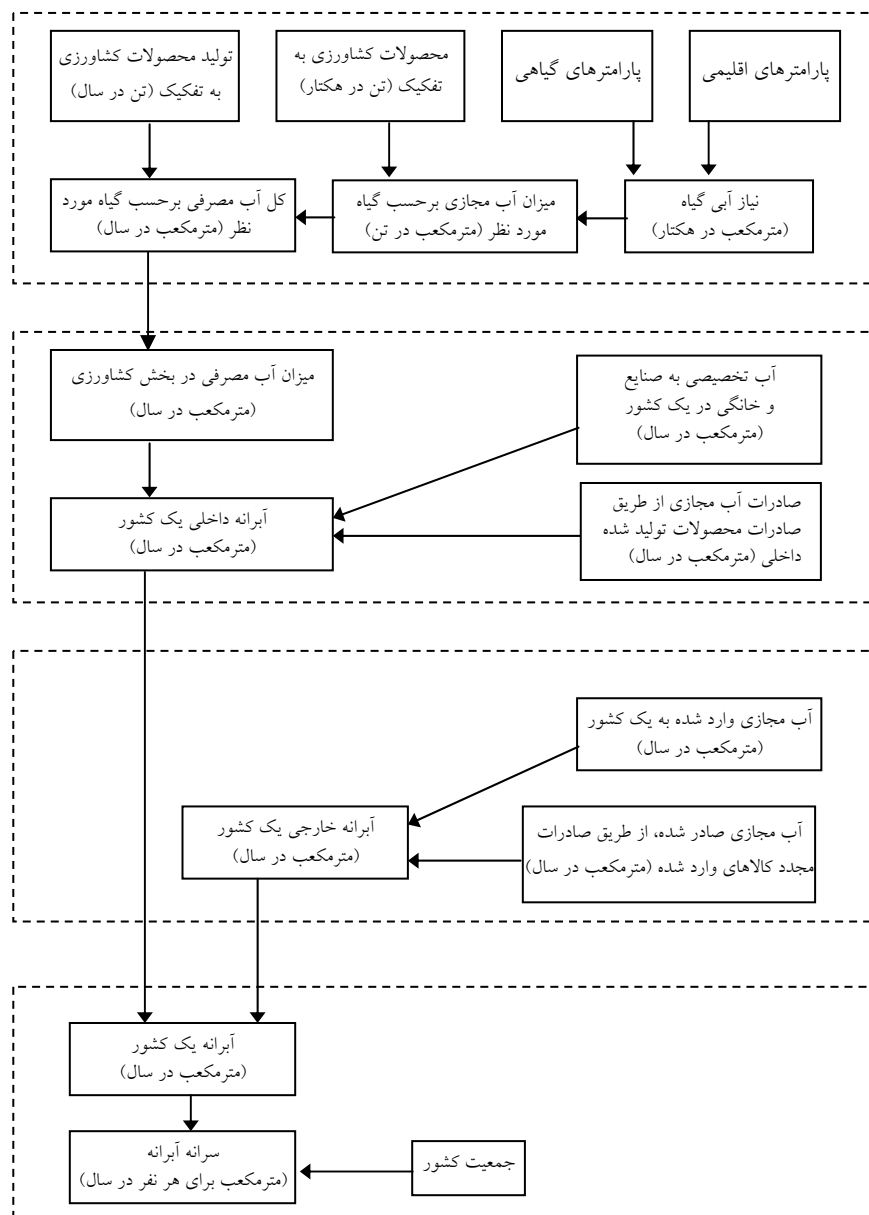
به منظور مقایسه آبرانه داخلی و آبرانه خارجی در یک کشور، چنانچه آبرانه برحسب سرانه جمعیت محاسبه شود می‌تواند اطلاعات مفیدی برای محققین فراهم کند که معادله آن به قرار زیر می‌باشد:

$$WFP_{pc} = \frac{WFP}{\text{جمعیت کل}} \quad (4-2)$$

در این معادله WFP_{pc} ^۱، سرانه آبرانه کشور، و واحد آن می‌تواند مترمکعب برای هر نفر در سال می‌باشد.

1- Water footprint per capita per country (WFPpc)

در شکل (۱-۲) مراحل محاسبه سرانه آبرانه به شکل الگوریتم نشان داده شده است.



شکل (۱-۲) مراحل محاسبه سرانه آبرانه یک کشور

۲-۲ استفاده از منابع آب داخلی در تولید گیاهان

مقدار مصرف آب در بخش کشاورزی، برای تولید گیاهان را می‌توان از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$AWU = \sum_{c=1}^{n_c} CWU[c] \quad (۵-۲)$$

که:

AWU = مقدار کل مصرف آب برای تولید محصولات کشاورزی (مترمکعب در سال)
 $[c]$ = گیاه مورد نظر،

CWU = آب مصرفی گیاه است^۱، که عبارت است از جمع کل آب مصرف شده برای رشد و نمو یک گیاه در مدت معین، و برای محاسبه آن می‌توان از معادله زیر استفاده کرد:

$$CWU[c] = CWR[c] \times \frac{\text{کل محصول (گیاه) تولید شده در سال (تن در سال)}}{\text{میزان تولید محصول (گیاه) در واحد سطح (تن در هکتار)}} \quad (۶-۲)$$

که CWR ، نیاز آبی گیاه^۲ می‌باشد و نحوه محاسبه آن به تفصیل در نشریات ۲۴ و ۵۶ آبیاری و زهکشی فائو بیان شده است. کارشناسان آبیاری به خوبی با اینگونه محاسبات آشنایی دارند.

۳-۲ صادرات و واردات آب

۱-۳-۲ میزان آب مجازی گیاهان

آب مجازی یک گیاه از نسبت کل آب مصرف شده برای تولید آن گیاه، به کل محصول تولید شده دست می‌آید، که معمولاً برحسب متر مکعب در تن اندازه‌گیری و محاسبه

1 - Crop Water Use (CWU)

2 - Crop Water Requirement (CWR)

می‌شود و رابطه آن به قرار زیر می‌باشد:

$$VWC [c] = \frac{CWU [c]}{T_p [c]} \quad (۷-۲)$$

که: VWC آب مجازی و T_p عملکرد محصول در سال (تن در سال) مورد نظر می‌باشد.

۲-۳-۲ مقدار آب مجازی حیوانات زنده

مقدار آب مجازی حیوان کامل (حیوانی که برای عرضه به بازار آماده شده باشد) عبارت است از کل حجم آب مورد استفاده برای رشد و پرورش آن حیوان که شامل آب برای شرب، نظافت محل نگهداری حیوان، خوراک و مواردی از این قبیل بوده و مقدار آن به شرایط مختلفی از قبیل وضعیت محیطی و سیستم مزرعه (سنتی یا مدرن)، نوع خوراک استفاده شده، مدیریت مزرعه و شرایط اقلیمی محیط رشد حیوان بستگی دارد. به طور خلاصه می‌توان سه عامل خوراک (علوفه و سایر مکمل‌های غذایی)، آب آشامیدنی و خدمات را در محاسبه مقدار آب مجازی حیوانات مد نظر قرار داد. با این توضیحات مقدار آب مجازی حیوان به قرار زیر می‌باشد:

$$VWC[a] = VWC_f[a] + VWC_d[a] + VWC_s[a] \quad (۸-۲)$$

اجزای این معادله عبارتند از:

$VWC_f [a]$ = میزان آب مجازی موجود در خوراک حیوان

$VWC_d [a]$ = میزان آب شرب مصرف شده توسط حیوان

$VWC_s[a]$ = میزان آب مصرف شده برای نگهداری حیوان، شامل نظافت، بهداشت و

سایر موارد،

$[a]$ = حیوان مورد نظر

میزان آب مجازی موجود در خوراک حیوانات یا طیور در انتهای دوره رشد آنها، شامل دو بخش اصلی است. اول میزان آب واقعی است که برای ترکیب خوراک مصرف شده، و دوم آب مجازی که در اجزای خوراکیهای متنوعی که به دام و طیور داده شده است وجود دارد. رابطه زیر روش محاسبه آب مجازی در خوراک حیوان را نشان می‌دهد.

$$VWC_f[a] = \frac{\int_b^{sl} \left\{ q_{mixing}[a] + \sum_{c=1}^{n_c} VWC[c] \times F[a, c] \right\} dt}{W[a]} \quad (9-2)$$

اجزای این رابطه عبارتند از:

$q_{mixing}[a]$ = حجم آب مورد نیاز برای ترکیب خوراک دام (مترمکعب در روز). به عنوان نمونه، سبوس در رژیم غذایی دام باید با آب ترکیب شود.

$F[a, c]$ = مقدار خوراک گیاهی (از نوع مورد نظر) مصرف شده توسط حیوان (تن در روز)

$W[a]$ = وزن زنده حیوان در زمان تحویل به کشتارگاه (تن)

$[a]$ = حیوان مورد نظر

$[c]$ = گیاه مورد نظر

b معرف زمان تولد و sl معرف زمان ذبح حیوان مورد نظر است.

میزان آب مجازی که یک حیوان از طریق شرب دریافت می‌کند، معادل کل حجم آب داده شده به حیوان برای شرب از زمان تولد تا تحویل به کشتارگاه می‌باشد، و مقدار آن را می‌توان از رابطه زیر دست آورد.

$$VWC_d[a] = \frac{\int_b^{sl} q_d[a] dt}{W[a]} \quad (10-2)$$

میزان آب مجازی خدمات نگهداری یک دام، شامل حجم آب مصرف شده برای نظافت

محل نگهداری حیوان، شستن حیوان و سایر خدمات مورد نیاز برای حفظ محیط زیست پیرامون آن، در دوره زمانی رشد و نمو حیوان می‌باشد، و مقدار آن می‌تواند از رابطه زیر محاسبه گردد.

$$VWC_s[a] = \frac{\int_{sl} q_s[a] dt}{W[a]} \quad (۱۱-۲)$$

در معادلات ۱۰-۲ و ۱۱-۲، $q_d[a]$ و $q_s[a]$ به ترتیب عبارتند از آب روزانه مورد نیاز برای شرب و آب مصرفی روزانه برای تأمین خدمات نگهداری مورد نیاز حیوان می‌باشند و واحد آنها به طور معمول متر مکعب در روز است.

۲-۳-۳ آب مجازی در تولیدات گیاهی و دامی فرآوری شده

آب مجازی یک محصول کشاورزی یا دامی فرآوری شده، به میزان آب مجازی گیاه اولیه یا حیوان زنده، بستگی دارد. باید گفت که آب مجازی گیاه اولیه یا حیوان زنده، در مراحل فرآوری به محصول ثانویه انتقال می‌یابد. به طور کلی برای سهولت در محاسبات فرض می‌شود که محصول تولید شده فقط از یک گونه گیاه اولیه یا حیوان استنتاج شده است. به طور مثال کالای «الف» وارد شده از کشور مبدأ، فقط از گیاه «ب» یا حیوان «ج» حاصل شده است و صرفاً از منابع آب داخلی آن کشور برای تولید یا رشد و نمو آن استفاده شده است.

برای سهولت در تحلیل روشمند آب مجازی، می‌توان سطح تولید^۱ را تعریف کرد. بر این مبنا، محصولاتی را که مستقیماً از گیاه اولیه یا حیوان زنده تهیه می‌شوند «محصول اولیه»^۲ می‌نامند. برای مثال، شیر، لاشه حیوان ذبح شده (شامل گوشت و استخوان و یا پوست) به عنوان تولیدات اولیه از گاو محسوب می‌شوند. به عنوان

1- Level of Production

2- Primary Product

مثالی دیگر، در مزرعه شالیزاری، شلتوک برنج به عنوان محصول اولیه خواهد بود. برخی از محصولات اولیه در روند فرآوری و در فرایندهای بعدی تبدیل به «محصولات ثانوی»^۱ می‌شوند. به عنوان نمونه، پنیر و کره تولیدات ثانویه خوانده می‌شوند که از تولید اولیه که همان شیر است حاصل شده‌اند، و یا آرد به عنوان محصول ثانویه از گندم (که محصول اولیه است) به دست می‌آید و یا این که سوسیس و همبرگر به عنوان محصول ثانویه از لاشه گاو که محصول اولیه می‌باشد، به دست آمده است.

۲-۳-۴ جریان آب مجازی در تجارت محصولات کشاورزی

جریان آب مجازی در تجارت محصولات کشاورزی از طریق ضرب کردن وزن محصولات تجاری در مقدار آب مجازی قابل محاسبه است. آب مجازی یک محصول کشاورزی یا یک حیوان به محل و نحوه تولید آن بستگی دارد. از این رو، جهت سهولت می‌توان فرض کرد که محصولات در همان کشور صادر کننده تولید می‌شوند.

جریان آب مجازی محصولات کشاورزی، از کشور صادر کننده به کشور وارد کننده به روش زیر می‌تواند محاسبه گردد، و واحد آن معمولاً متر مکعب در سال می‌باشد.

$$VWF[e,i,p] = PT[e,i,p] \times VWC[e,p] \quad (۱۲-۲)$$

پارامترها در معادله فوق به قرار زیر می‌باشند:

VWF = جریان آب مجازی،

e = کشور صادرکننده،

I = کشور وارد کننده،

P = محصول کشاورزی،

PT = وزن محصول تجاری (تن در سال).

۲-۳-۵ جریان آب مجازی در تجارت محصولات صنعتی

محاسبه جریان آب مجازی در محصولات صنعتی، شبیه به محصولات کشاورزی است که پیشتر توضیح داده شد. روش‌های ساخت و استانداردهای تولید محصولات صنعتی در کشورهای مختلف، متفاوت است. بنابراین با در نظر گرفتن شیوه متنوع تولید و تفاوت در استانداردها، به همین میزان ممکن است از میزان آب متفاوتی در تولید یک کالای خاص استفاده شود و در نتیجه میزان آب مجازی آنها نیز از کشوری به کشور دیگر متفاوت خواهد بود.

حجم کل آب تخصیصی جهان به بخش صنعتی حدود ۷۱۶ میلیارد مترمکعب در سال است، که این مقدار حدود ۱۰ درصد کل آب‌های مصرفی جهان می‌باشد [۵]. متوسط ارزش افزوده آب مجازی در بخش صنایع برای هر کشور به شکل زیر قابل محاسبه است:

$$VWC[e] = \frac{IWW[e]}{GDP_i[e]} \quad (۱۳-۲)$$

در این معادله IWW ^۱، میزان آب تخصیصی به صنایع کشور بر حسب متر مکعب در سال و GDP_i ارزش افزوده بخش صنعتی (دلار در سال) است.

متوسط جهانی آب مجازی تولیدات صنعتی^۲ در کشورهای مختلف، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$VWC_g = \frac{\sum_{e=1}^n IWW[e]}{\sum_{e=1}^n GDP_i[e]} \quad (۱۴-۲)$$

حجم کل آب مجازی صادر شده از یک کشور، که ماحصل صادرات تولیدات صنعتی

1- Industrial Water Withdrawal (IWW)

2- Global Average Virtual Water Content of Industrial Products (VWCg)

آن کشور می‌باشد، از حاصل ضرب «ارزش صادراتی تولیدات صنعتی»^۱ در میزان آب مجازی به دست می‌آید.

$$VWE[e] = VWC[e] \times EVIP[e] \quad (۱۵-۲)$$

در این رابطه:

VWE = صادرات آب مجازی تولیدات صنعتی

$EVIP$ = ارزش صادراتی تولیدات صنعتی

آب مجازی وارد شده از طریق کالاها و محصولات وارداتی نیز به روش زیر قابل محاسبه است.

$$VWI[e] = VWC_g \times IVIP[e] \quad (۱۶-۲)$$

در این رابطه:

VWI = آب مجازی وارد شده،

VWC_g = متوسط جهانی آب مجازی در بخش صنایع

$IVIP$ = ارزش وارداتی تولیدات صنعتی

$[e]$ = کشور

۲-۳-۶ موازنه آب مجازی یک کشور

بررسی کل آب مجازی وارداتی و صادراتی برای درک و شناخت موازنه جریان آب مجازی یک کشور در یک دوره زمانی، اهمیت فراوانی دارد. موازنه مثبت نشان‌دهنده ورود آب مجازی به آن کشور و موازنه منفی، بیانگر صدور آب مجازی از آن کشور خواهد بود. مراحل مختلف محاسبه جریان آب مجازی ورودی و خروجی به صورت شماتیک در شکل ۲-۲ نشان داده شده است.

1- Export Value of Industrial Products (EVIP)

۲-۴ کمبود آب، وابستگی به آب وارداتی و خودکفایی آب یک کشور

کمبود آب^۱ در یک منطقه یا یک کشور، از نسبت آبرانه آن کشور یا منطقه به میزان آب قابل دسترس^۲ دست می‌آید:

$$WS = \frac{WFP}{WA} \times 100 \quad (۱۷-۲)$$

در این رابطه علامت‌های اختصاری به شرح زیر تعریف می‌شوند:

WS = کمبود آب

WFP = آبرانه

WA = قابلیت دسترسی به آب

چنانچه برای تولید مواد غذایی، ارایه خدمات، مصارف خانگی و صنایع آب بیشتری نسبت به آب قابل دسترس داخلی یک کشور مورد نیاز باشد، کمبود آب در سطح ملی می‌تواند از ۱۰۰٪ بیشتر شود. برای سهولت در درک مطلب و تسهیل در اندازه‌گیری می‌توان از معیار «کل منابع آب تجدیدپذیر»^۳ در محاسبات استفاده کرد. وابستگی به آب وارداتی^۴ نیز به صورت نسبت آبرانه خارجی به کل آبرانه یک کشور تعریف می‌شود.

$$WD = \frac{EWFP}{WFP} \times 100 \quad (۱۸-۲)$$

در این معادله، پارامترها به شرح زیر می‌باشند:

WD = وابستگی آب وارداتی (درصد)،

EWFP = آبرانه خارجی (مترمکعب در سال)،

WFP = کل آبرانه کشور (مترمکعب در سال).

1- Water Scarcity (WS)
 2- Water Availability (WA)
 3- Total Renewable Water Resources
 4- Water Import Dependency

خودکفایی آب^۱ در سطح ملی، عبارت است از نسبت آبرانه داخلی به کل آبرانه یک کشور و از رابطه زیر به دست می آید:

$$WSS = \frac{IWF}{WFP} \times 100 \quad (۱۹-۲)$$

واحدها و عبارات در این معادله به شرح زیر است:

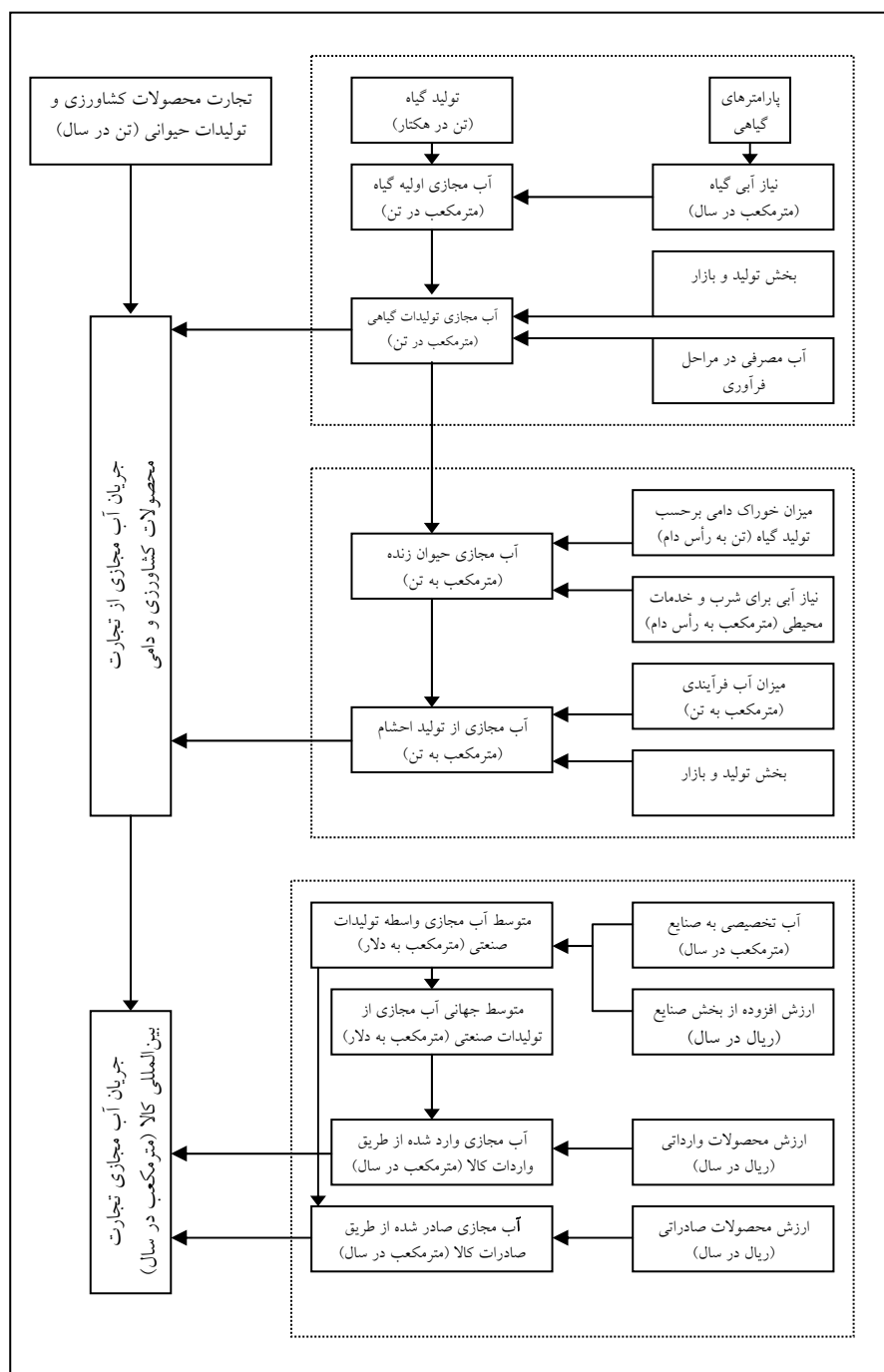
WSS = خودکفایی آب در سطح ملی (درصد)

IWF = آبرانه داخلی (مترمکعب در سال)

WFP = کل آبرانه کشور (مترمکعب در سال)

خودکفایی صد درصد آب زمانی حاصل می شود که کلیه نیازهای آبی در آن کشور از منابع آب داخلی تأمین گردد. خودکفایی آب وقتی به صفر نزدیک می شود که کلیه نیازهای بخش خدمات، صنایع و غیره یک کشور به طور گسترده به واردات آب مجازی وابسته باشد.

1- Water Self-Sufficiency (WSS)



شکل (۲-۲) جریان آب مجازی ورودی و خروجی یک کشور [۵]

فصل سوم

آب مجازی محصولات کشاورزی، دامی و صنعتی

شناخت و آگاهی از مقدار آب مجازی و آبرانه در مناطق مختلف می‌تواند ضمن بالا بردن آگاهی عمومی، امکان ارزیابی و مقایسه وضعیت آب مجازی و آبرانه را بین کشورهای مختلف فراهم نماید. در این فصل از کتاب میزان آب مجازی در برخی از محصولات کشاورزی، دامی و صنعتی در بعضی از کشورهای جهان به صورت نمونه‌های موردی برای آشنایی خوانندگان آورده شده است. حجم آب مجازی مبادله شده از طریق صادرات و واردات، بعلاوه وضعیت آبرانه کشورها از دیگر موارد مورد بحث این فصل خواهد بود.

۳-۱ آب مجازی در فرآورده‌های کشاورزی

برای تولید یک کیلوگرم گندم به طور متوسط بیش از ۱۳۰۰ لیتر آب، و برای تولید یک کیلوگرم گوشت گاو به ۱۵۰۰۰ لیتر آب نیاز است. شاید در یک نگاه به نظر رسد که آب مجازی گوشت گاو زیاد است. در حقیقت این تفاوت از آنجا ناشی می‌شود که نه تنها آب به صورت مستقیم برای شرب گاو استفاده می‌گردد، بلکه به صورت غیر مستقیم، از طریق مصرف علوفه و خوراک به زنجیره غذایی گاو انتقال می‌یابد.

وقتی در مورد آب مجازی محصولات مختلف صحبت می‌شود، بایستی توجه شود که آن محصول در چه مرحله‌ای از فرآوری و عرضه قرار داشته و چه مراحل از آماده‌سازی برای بازار را گذرانده است. جدول ۳-۱ آب مجازی برخی از محصولات کشاورزی و تولیدات دامی را در تعدادی از کشورها نشان می‌دهد.

جدول (۳-۱) متوسط آب مجازی برخی از محصولات کشاورزی و تولیدات دامی در

برخی از کشورهای جهان (لیتر در کیلوگرم) [۵]

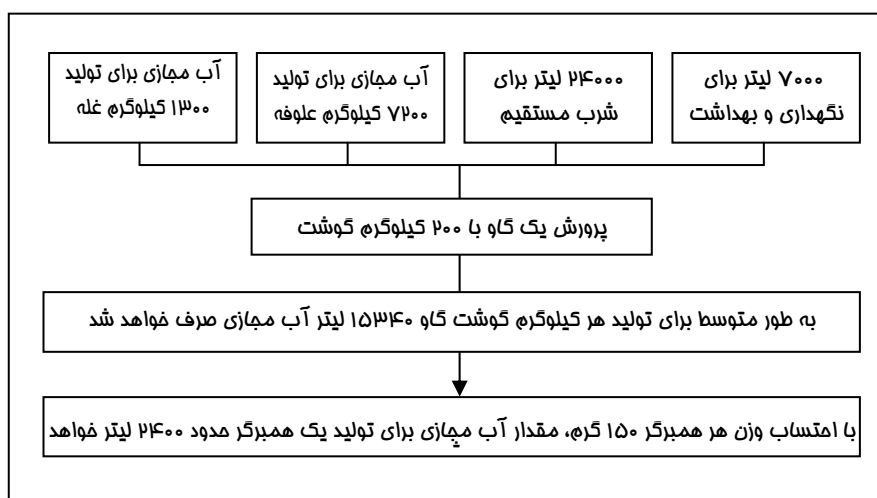
کشور محصول	آلمان	برزیل	ژاپن	مکزیک	هند	ایالات متحده	ایران	چین	روسیه	پاکستان	ایران	متوسط جهانی
برنج یا پوست	۱۰۲۲	۳۰۸۲	۱۳۲۱	۱۵۶۵	۲۸۵۰	۲۱۵۰	۳۲۲۷	۱۶۷۹	۱۲۲۱	۲۱۸۲	۴۰۶۰	۲۲۹۱
برنج پوست کنده	۱۳۲۷	۴۰۰۳	۱۷۱۶	۲۰۳۲	۳۷۰۲	۲۷۹۳	۴۱۹۱	۲۱۸۰	۱۵۸۶	۲۸۳۴	۵۲۷۲	۲۹۷۵
برنج شکسته	۱۵۲۵	۴۶۰۰	۱۹۷۲	۲۳۳۶	۴۲۵۴	۳۲۱۰	۴۸۱۷	۲۵۰۶	۱۸۲۳	۳۲۵۷	۶۰۵۹	۳۴۱۹
گندم	۱۵۸۸	۱۶۱۶	۶۹۰	۹۳۰	۱۶۵۴	*	۲۹۲۵	۲۴۲۱	۷۳۴	۱۰۶۶	۳۲۸۶	۱۳۳۴
ذرت	۷۴۴	۱۱۸۰	۸۰۱	۱۰۳۱	۱۹۳۷	۱۲۸۵	۱۱۶۱	۵۳۰	۱۴۹۳	۱۷۴۴	۳۳۹۶	۹۰۹
سویا	۲۱۰۶	۱۰۷۶	۲۶۱۷	۲۸۱۵	۴۱۲۴	۲۰۳۰	۵۱۹۵	۱۵۰۶	۲۳۲۶	۳۱۷۷	۵۵۸۷	۱۷۸۹
نیشکر	۱۴۱	۱۵۵	۱۱۷	۱۴۰	۱۵۹	۱۶۴	۱۸۷	*	۱۲۰	۱۷۱	۳۳۹	۱۷۵
پنبه دانه	۱۸۸۷	۲۷۷۷	۱۴۱۹	۳۰۲۸	۸۲۶۴	۴۴۵۳	۴۳۶۳	*	*	۲۱۲۷	۴۵۹۰	۳۶۴۴
جو	۱۴۲۵	۱۳۷۳	۸۴۸	۲۲۰۸	۱۹۶۶	*	۲۹۷۹	۱۸۲۲	۶۹۷	۲۱۲۰	۶۷۱۶	۱۳۸۸
سورگم	۱۰۸۱	۱۶۰۹	۸۶۳	۹۰۹	۴۰۵۳	*	۲۸۵۳	۵۸۲	*	۱۲۱۲	۸۹۲۵	۲۸۵۳
ارزن	۱۹۵۱	*	۱۸۶۳	۴۵۹۶	۳۲۶۹	*	۶۸۲۸	*	۳۱۰۰	۴۵۳۴	۹۳۰۰	۴۵۹۶
قهوه سبز	*	۱۳۹۷۲	۶۲۹۰	*	۱۲۱۸۰	۱۷۶۶۵	*	*	*	۲۸۱۱۹	*	۱۷۳۷۳
قهوه برشته	*	۱۶۶۳۳	۷۴۸۸	*	۱۴۵۰۰	۲۱۰۳۰	*	*	*	۳۳۴۷۵	*	۲۰۶۸۲
چای	*	۶۵۹۲	۱۱۱۱۰	۹۲۰۵	۷۰۰۲	۹۴۷۴	۹۴۲۲	*	۴۹۴۰	*	۹۲۰۵	۹۲۰۵
گوشت بز	۳۸۳۹	۴۱۷۵	۳۹۹۴	۴۷۴۲	۵۱۸۷	۴۵۴۳	۵۵۸۵	۴۱۸۰	۲۵۶۰	۱۰۲۵۲	۸۱۹۱	۴۰۴۳
گوشت گوسفند	۶۹۴۷	۶۲۶۷	۵۲۰۲	۷۰۵۰	۶۶۹۲	۵۹۵۶	۸۴۲۴	۷۵۷۲	۳۵۷۱	۱۶۸۷۸	۱۱۱۵۲	۶۱۴۳

* - فقدان یا عدم امکان دسترسی به داده‌های مورد نظر.

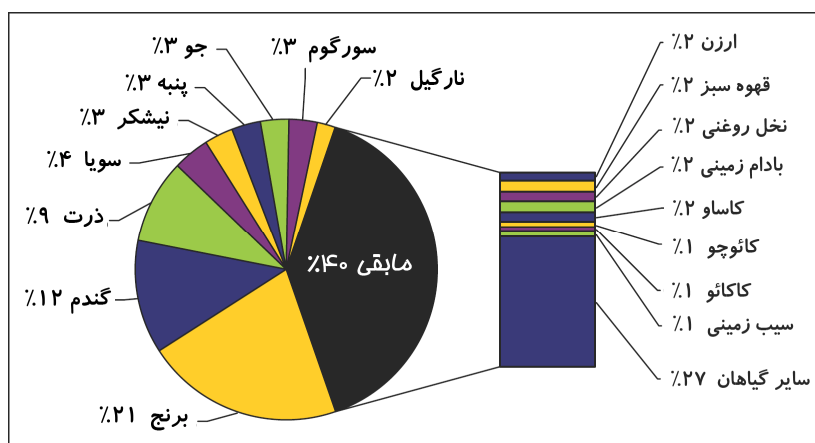
به طور کلی آب مجازی تولیدات دامی به مراتب بیشتر از محصولات زراعی است. این بدان خاطر است که در پرورش یک حیوان زنده، مقدار زیادی از محصولات کشاورزی (علوفه و غلات)، آب برای آشامیدن و همچنین آب برای نگهداری محیط اطراف حیوان (مانند دامداری و غیره) مصرف می‌شود. بررسی فرایند تولید یک کیلوگرم گوشت گاو در یک مرکز صنعتی پرورش دام جزییات بیشتری از این موضوع را نشان می‌دهد. متوسط طول عمر یا دوره رشد یک گوساله در مرکز پرورش دام، سه سال می‌باشد که طی این مدت ۲۰۰ کیلوگرم گوشت بدون استخوان تولید می‌گردد. گوساله در دوره حیات خود نزدیک به ۱۳۰۰ کیلوگرم غلات (شامل

گندم، جو، ذرت و چیزهای دیگر)، ۷۲۰۰ کیلوگرم مواد فیبری (شامل علوفه) و همچنین ۲۴ متر مکعب آب برای شرب و ۷ متر مکعب آب برای نگهداری و خدمات مصرف می‌کند [۲۸]. این بدان معناست که برای تولید یک کیلوگرم گوشت خالص، ۶/۵ کیلوگرم غلات، ۳۶ کیلوگرم علوفه و ۱۵۵ لیتر آب مستقیم (برای شرب و خدمات) صرف می‌شود. با محاسبه مقدار آب مجازی هر یک از موارد مذکور، برای تولید یک کیلوگرم گوشت گوساله بدون استخوان حدود ۱۵۳۴۰ لیتر آب به‌کار خواهد رفت. در برخی از مراحل خوراک‌دهی مستقیم به گوساله در مراکز پرورش دام، مقدار قابل توجهی از غلات یا علوفه به هر دلیلی به هدر می‌رود که برای تولید آنها میزان قابل توجهی آب مصرف شده است. اگر اینگونه موارد نیز به دقت در زنجیره تولید در نظر گرفته شود در آن صورت مقدار آب مجازی برای تولید یک کیلوگرم گوشت گوساله به مراتب بیشتر از مقدار بدست آمده خواهد شد.

شکل ۳-۱ شمایی از نحوه تعیین آب مجازی برای تولید یک کیلوگرم گوشت گاو و یک عدد «همبرگر»^۱ را نشان می‌دهد.



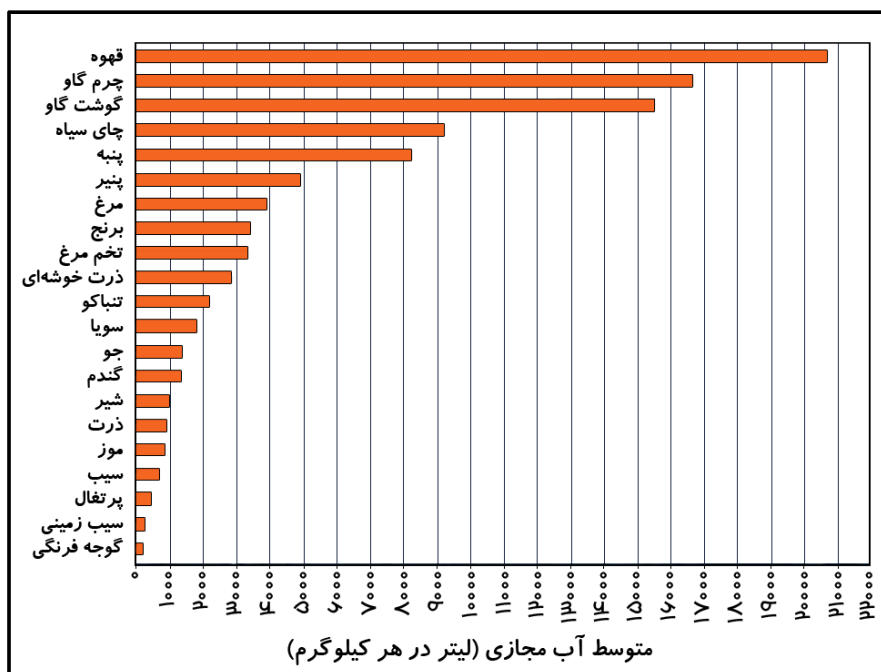
در میان محصولات کشاورزی، تولید برنج در مجموع آب بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد. البته این بدان معنا نیست که آب مجازی برنج از سایر محصولات کشاورزی، نظیر پنبه بیشتر است. بلکه با توجه به وسعت اراضی زیرکشت، آب بیشتری به اراضی برنج در مقایسه با سایر محصولات زراعی اختصاص می‌یابد. برای تولید برنج در جهان سالانه حدود ۱۳۵۹ میلیارد مترمکعب آب مصرف می‌گردد. این مقدار معادل ۲۱ درصد کل حجم آب مصرفی برای تولید محصولات کشاورزی است. بعد از برنج، گندم در رتبه دوم قرار دارد. گندم سالانه در جهان حدود ۷۹۳ میلیارد مترمکعب آب برای رشد و نمو تا مرحله باردهی مصرف می‌کند، که این مقدار، ۱۲ درصد کل آب مصرف شده برای تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. به دنبال برنج و گندم، ذرت در مقام سوم قرار دارد. برای تولید ۶۰۰ میلیون تن ذرت در سال، حدود ۵۵۰ میلیارد متر مکعب آب سالانه به این محصول اختصاص می‌یابد که معادل ۹ درصد آب تخصیصی به کشاورزی می‌باشد. شکل ۲-۳ مقدار سهم آب برای تولید محصولات مختلف کشاورزی را در سال ۲۰۰۴ میلادی، در سطح جهان نمایش می‌دهد. باید توجه داشت که در شکل ۲-۳ برای محاسبه مقدار آب مصرفی، مجموع «آب آبی» و «آب سبز» در نظر گرفته شده است.



شکل (۲-۳) سهم آب مصرفی (سبز و آبی) نسبت به کل آب مصرف شده برای تولید محصولات مختلف کشاورزی [۵]

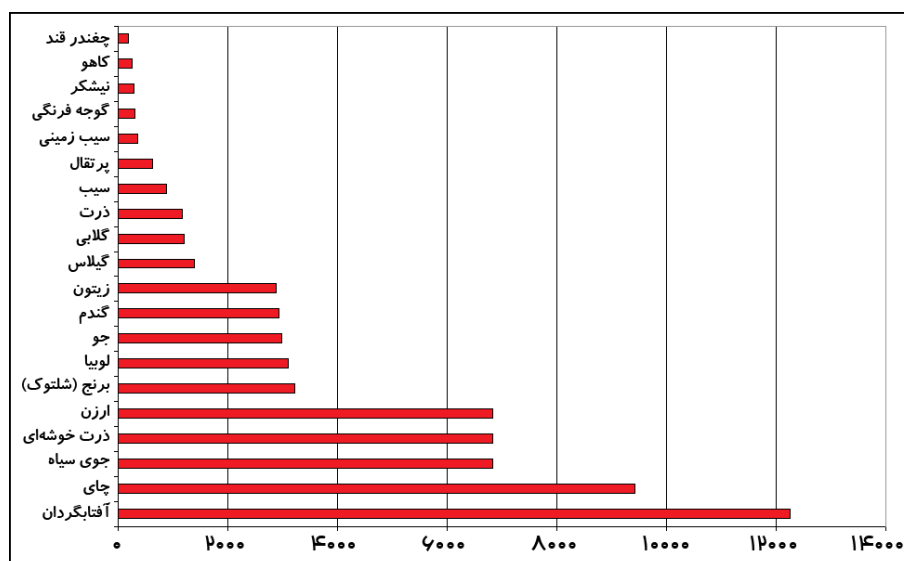
شاید از شکل (۳-۲) چنین استنباط شود که برای تولید یک کیلوگرم از سه محصول برنج، گندم و ذرت آب بیشتری در مقایسه با سایر محصولات به کار رفته است. ولی باید گفت که این گونه نیست، بلکه به دلیل تولید انبوه این سه محصول، مجموع آب مصرفی آنها بیشتر از سایر محصولات کشاورزی شده است.

در شکل‌های ۳-۳ و ۳-۴ متوسط آب مجازی چند محصول و یا فرآورده کشاورزی در جهان و ایران آورده شده است. در میان محصولات موجود در شکل ۳-۳، گیاه قهوه از مرحله رشد و نمو تا مرحله باردهی و برداشت بیشترین مقدار آب مجازی را با مقداری در حدود ۲۰,۰۰۰ لیتر در کیلوگرم به خود اختصاص داده است. اما مقدار سهم آب مصرفی این گیاه بر مبنای شکل ۳-۲ فقط دو درصد از آب مصرف شده در کشاورزی است.



شکل (۳-۳) متوسط آب مجازی در برخی محصولات و

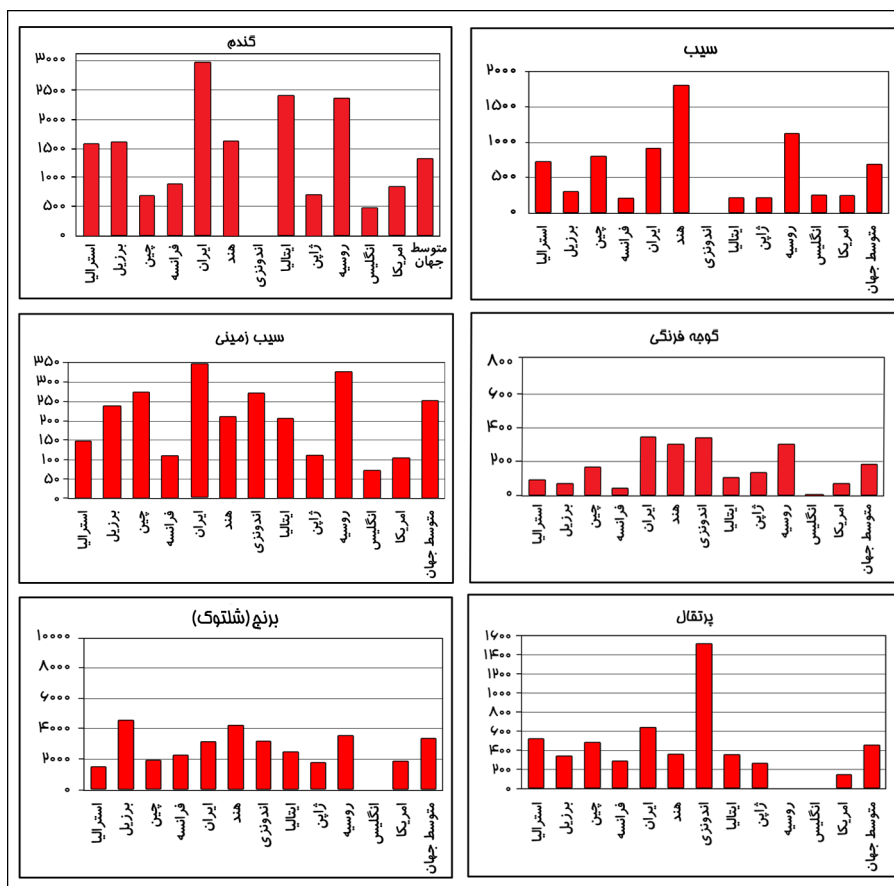
فرآورده‌های کشاورزی در جهان [۲۸]



شکل (۳-۴) متوسط آب مجازی برخی از محصولات و فرآورده‌های کشاورزی در ایران (لیتر در کیلوگرم) [۵]

در میان محصولات بررسی شده در شکل (۳-۴) آفتابگردان با بیش از ۱۲۰۰۰ لیتر آب مجازی در هر کیلو گرم در رتبه اول و چغندر قند نیز با ۲۸۰ لیتر آب مجازی در هر کیلوگرم در رتبه آخر قرار دارد. بنابراین آفتابگردان پرمصرف‌ترین و چغندر قند کم‌مصرف‌ترین محصول از منظر آب مجازی در میان محصولات بررسی شده در شکل مذکور است. آب مجازی محصولاتی نظیر گوجه فرنگی و سیب‌زمینی نیز به نسبت سایر محصولات اندک به نظر می‌رسد.

همانطوریکه پیشتر بیان شد، میزان آب مجازی گیاهان با توجه به شرایط اقلیمی، موقعیت جغرافیایی، مسائل فنی، روش کاشت، شرایط فرهنگی و غیره، در کشورهای مختلف جهان، متفاوت است. به عنوان نمونه میزان آب مجازی یک کیلوگرم گوجه‌فرنگی در انگلیس ۸ لیتر، در اندونزی ۳۴۰ لیتر و متوسط آن در سطح جهان ۱۹۰ لیتر می‌باشد و یا به عنوان مثالی دیگر آب مجازی یک کیلوگرم گندم در ایران بیش از ۲۹۰۰ لیتر، در هند ۱۶۵۰ لیتر و متوسط جهانی آن ۱۳۰۰ لیتر است که نشان از اختلاف زیاد آب مجازی در کشورهای مختلف می‌باشد (شکل ۳-۵).

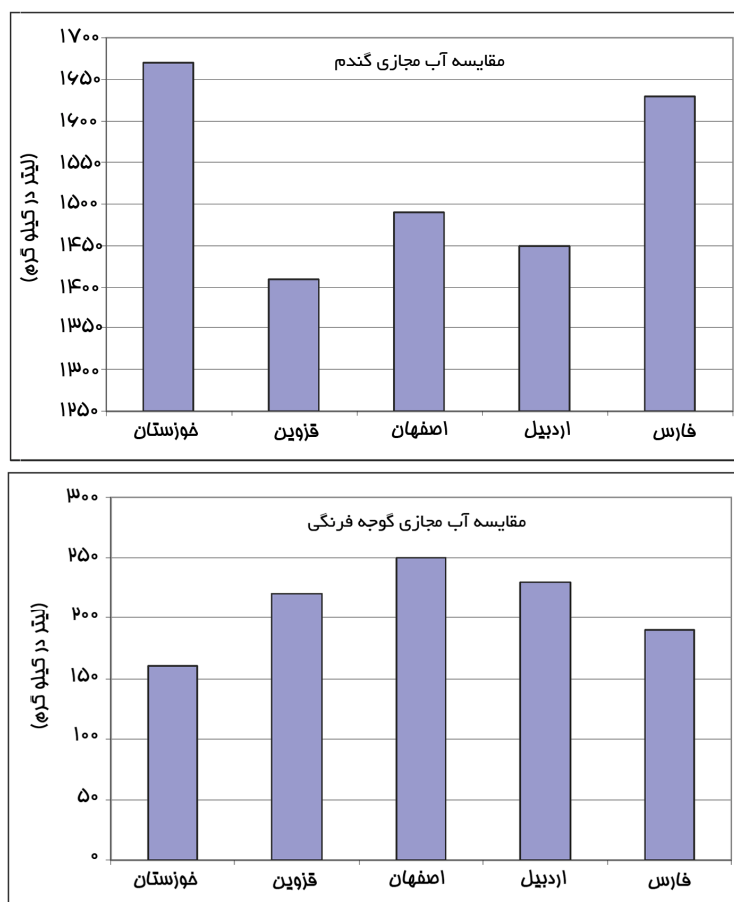


شکل (۳-۵) آب مجازی چند محصول کشاورزی در برخی کشورها

(لیتر در کیلوگرم) [۵]

از شش محصول مطالعه شده در شکل (۳-۵)، آب مجازی گندم، سیب زمینی و گوجه فرنگی در ایران از ۱۲ کشور مورد مقایسه بیشتر است و بعلاوه این که بجز برنج، آب مجازی سیب، گندم، گوجه فرنگی، سیب زمینی و پرتقال در ایران از متوسط جهانی آن بیشتر است.

در یک مثال دیگر، آب مجازی گوجه فرنگی و گندم در پنج استان خوزستان، قزوین، اصفهان، اردبیل و فارس محاسبه و با همدیگر مقایسه شده است. نتایج بدست آمده نشان می دهد که آب مجازی گندم در استان خوزستان بیشترین و در عین حال مقدار آب مجازی گوجه فرنگی در این استان کمترین مقدار را دارد (شکل ۳-۶).



شکل (۳-۶) آب مجازی گوجه فرنگی و گندم در پنج استان کشور [مولفین]

۲-۳ آب مجازی سبز و آبی در مواد غذایی

آب مجازی یک کیلوگرم برنج در تایلند ۵۵۰۰ لیتر و در آمریکا ۲۰۰۰ لیتر است. حال این پرسش مطرح می‌شود که از این دو کدام بهتر است؟ شاید به نظر برسد که جواب صحیح در نگاه اول مشخص است. ولی باید گفت که پاسخ به چنین سؤالی کمی دشوار بوده و برای پاسخ درست به این سؤال به اطلاعات بیشتری نیاز است. به

طور مثال بایستی توجه شود که «آب سبز» و «آب آبی» مصرف شده برای تولید آنها چقدر می‌باشد. در حال حاضر، آب سبز تأمین کننده نیاز آبی ۸۵ درصد کل محصولات زراعی و کشاورزی می‌باشد. از مجموع بارندگی در کره زمین، فقط ۴۰ درصد آن وارد سفره‌های آب زیرزمینی، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها می‌شود و باقیمانده (۶۰ درصد) به عنوان رطوبت در خاک محصور می‌ماند. این رطوبت همان آب سبز است که پنهان می‌باشد. آب سبز به راحتی قابل مدیریت نیست و یا در بیشتر موارد اصلاً مدیریت‌پذیر نیست. در حال حاضر آب سبز برای رشد و نمو گیاهان، چه در چراگاه‌های طبیعی و چه در اراضی دیم، بسیار حیاتی و ضروری است. بدون آب سبز، می‌بایست صرفاً به آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی برای تولید غذای جهان اتکا می‌شد که یقیناً میزان آن تکافوی نیازهای رو به رشد را نخواهد کرد.

شناخت صحیح تفاوت‌های آب آبی و آب سبز به منظور تحلیل مدیریت منابع آب اهمیت به سزایی دارد. بررسی میزان استفاده یک گیاه از آب سبز یا آب آبی در مدیریت کلان بسیار مهم است. برای مثال، گیاه قهوه، چای و برنج در مجموع حدود ۲۴ درصد آب مصرف شده در بخش کشاورزی را برای رشد و نمو به خود اختصاص می‌دهند. با این وجود، نیاز آبی این سه محصول بیشتر از طریق آب سبز تأمین شده و لذا فشار کمتری بر محیط زیست وارد می‌شود. در عوض، پنبه که فقط ۳ درصد از آب کشاورزی را مصرف می‌کند، اراضی تحت کشت آن در جهان تا ۷۰ درصد به طور مستقیم با استفاده از آب آبی، آبیاری می‌شوند. بر اساس گزارش‌های فائو، برداشت زیاد آب برای آبیاری پنبه از آب آبی، تأثیرات منفی فراوانی بر محیط زیست (به طور مثال دریاچه آرال) گذاشته است. در جدول (۲-۳) متوسط آب مجازی در تعدادی از محصولات نخی منتج شده از محصول پنبه، آورده شده است. در این

جدول، آب خاکستری همان آب محلول است که به صورت پساب طی فرایند شستشو، رقیق‌سازی، فیلتراسیون و سایر مراحل، از سیستم خارج می‌شود.

جدول (۲-۳) متوسط میزان آب مجازی در محصولات نخی [۲۸]

آب مجازی به لیتر محصول	آب آبی	آب سبز	آب خاکستری	جمع کل آب
شلوار جین نخی (۱۰۰۰ گرمی)	۴۹۰۰	۴۴۵۰	۱۵۰۰	۱۰۸۵۰
روتختی یک نفره (۹۰۰ گرمی)	۴۴۰۰	۴۰۰۰	۱۳۵۰	۹۷۵۰
پیراهن (۲۵۰ گرمی)	۱۲۳۰	۱۱۱۰	۳۸۰	۲۷۲۰
پوشک بچه (۷۵ گرمی)	۳۷۰	۳۳۰	۱۱۰	۸۱۰
گوش پاک‌کن (۰/۳۳ گرمی)	۱/۶	۱/۵	۰/۵	۳/۶

با این توضیحات، یکی از مؤثرترین روش‌ها برای کاهش فشار بر منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، استفاده بیشتر از منابع آب سبز می‌باشد. در این ارتباط موضوعاتی همچون شرایط آب و هوایی، مقدار نزولات جوی و زمان و مکان بارش، برای استفاده از آب سبز اهمیت به سزایی دارد.

۳-۳ آب مجازی در غذا و کالاهای مصرفی روزانه

اغلب انسان‌ها تصور روشنی از مقدار آب مجازی که از طریق استفاده روزمره کالاهای و مواد غذایی مصرف می‌شود، ندارند و همواره فرض بر این بوده که مقدار مصرف آب صرفاً شامل شرب، استحمام و نظافت است. در حال حاضر، با توسعه تئوری آب مجازی افراد علاقمندند که بدانند آب مجازی در کالاهای مورد استفاده روزانه آنها چقدر است؟ یا مثلاً آب مجازی یک فنجان قهوه، یک لیوان شیر، یک برش نان و یا حتی یک برگه کاغذ چقدر است؟

جدول (۳-۳)، میزان آب مجازی در تعدادی از مواد غذایی و لوازمی که به صورت روزانه استفاده می‌شود را نشان می‌دهد. آگاهی از این مقادیر می‌تواند دیدگاه ما را

نسبت به ارزش اینگونه کالاها و محصولات تغییر دهد. به عنوان نمونه، مصرف یک برگ کاغذ A4 به مثابه مصرف ۱۰ لیتر آب است. برای تهیه کتاب حاضر از مرحله شروع تا چاپ، به ازای هر نسخه تقریباً یک متر مکعب آب مصرف شده است.

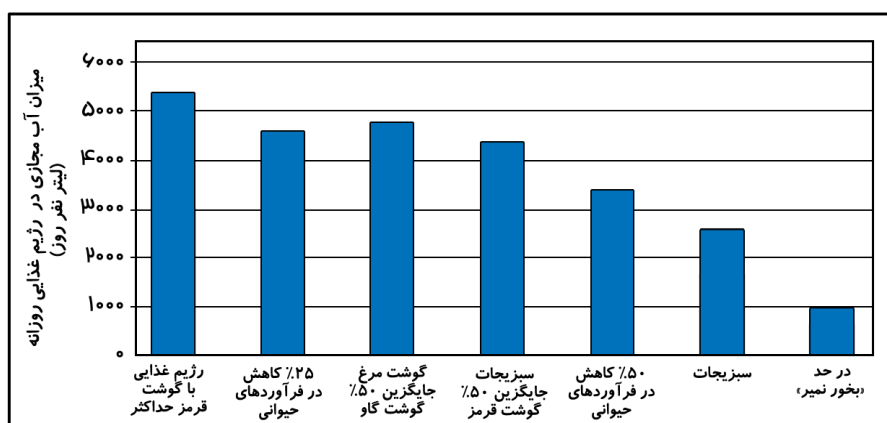
جدول (۳-۳) مقدار آب مجازی برخی از مواد غذایی و کالاهای مصرفی روزمره [۵]

آب مجازی (لیتر)	کالا یا مواد غذایی	آب مجازی (لیتر)	کالا یا مواد غذایی
۱۳۰۰	یک کیلوگرم گندم	۲۰۰	یک لیوان شیر (۲۰۰ میلی لیتری)
۱۴۰۰	یک کیلو گرم جو	۱۸	یک فنجان چای (۱۲۵ میلی لیتری)
۲۵۰۰	یک قالب پنیر (۵۰۰ گرمی)	۴۰	یک برش نان (۳۰ گرمی)
۱۵۰۰۰	یک کیلو گرم گوشت گاو	۱۳۵	یک عدد تخم مرغ (۴۰ گرمی)
۴۰۰۰	یک کیلو گرم گوشت مرغ	۲۵	یک عدد سیب زمینی (۱۰۰ گرمی)
۳/۶	گوش پاک کن (۰/۳۳ گرمی)	۱۰	یک صفحه کاغذ A4
۱۹۰	یک کیلو گرم پلاستیک	۱۴۰	یک فنجان قهوه (۱۲۵ میلی گرمی)
۴۰۰۰۰۰	یک خودروی مسافرتی (۱۱۰۰ کیلوگرمی)	۹۰	نان + پنیر (۳۰ گرمی + ۱۰ گرمی)
۲۴۰۰	یک عدد همبرگر (۱۵۰ گرمی)	۱۳	یک عدد گوجه فرنگی (۷۰ گرمی)
۸۰۰۰	یک جفت کفش چرمی	۷۰	یک عدد سیب (۱۰۰ گرمی)
۳۲	یک ریز تراشه کامپیوتر (۲ گرمی)	۱۷۰	یک لیوان آب پرتقال ۲۰۰ (میلی لیتری)
۴۱۰۰	پیراهن نخی متوسط (۵۰۰ گرمی)	۱۹۰	یک لیوان آب سیب (۲۰۰ میلی لیتری)
		۵۰	یک عدد پرتقال (۱۰۰ گرمی)

حجم زیادی از آب های یک کشور برای رشد و نمو گیاهان و تولید گوشت، لبنیات، تخم مرغ و سایر فرآورده های حیوانی صرف می گردد. فرآورده های گوشتی، آب مجازی بیشتری نسبت به تولیدات گیاهی در بر دارند. به عنوان نمونه آب مجازی یک کیلوگرم گوشت گاو حدوداً ۶۰ برابر آب مجازی یک کیلوگرم سیب زمینی و یا ۸۰ برابر آب مجازی یک کیلوگرم گوجه فرنگی می باشد. به عبارت دیگر می توان فرض کرد که ارزش آبی یک کیلوگرم گوشت معادل ۶۰ کیلوگرم سیب زمینی و یا ۸۰

کیلوگرم گوجه‌فرنگی است. به همین ترتیب میزان آب مجازی که هر فرد از طریق مصرف مواد غذایی به صورت روزانه دریافت می‌کند، بستگی زیادی به رژیم و عادت غذایی وی دارد. بنابراین آب مجازی در رژیم‌های غذایی که در آن از گوشت قرمز به صورت گسترده استفاده شده، نسبت به رژیم غذایی که در آن فقط از تولیدات گیاهی استفاده شده باشد، به مراتب بیشتر است. مثلاً چنانچه در رژیم غذایی فردی، گوشت قرمز حداکثر باشد (مانند استیک) به مثابه استفاده از ۵۳۰۰ لیتر آب مجازی و اگر رژیم غذایی به غذاهای گیاهی تغییر یابد به مثابه استفاده از ۲۶۰۰ لیتر آب مجازی بوده، که نصف مقدار قبلی می‌باشد [۱۸].

در شکل (۷-۳) تغییرات رژیم غذایی و تأثیر آن بر میزان آبرانه هر فرد به صورت روزانه نشان داده شده است.

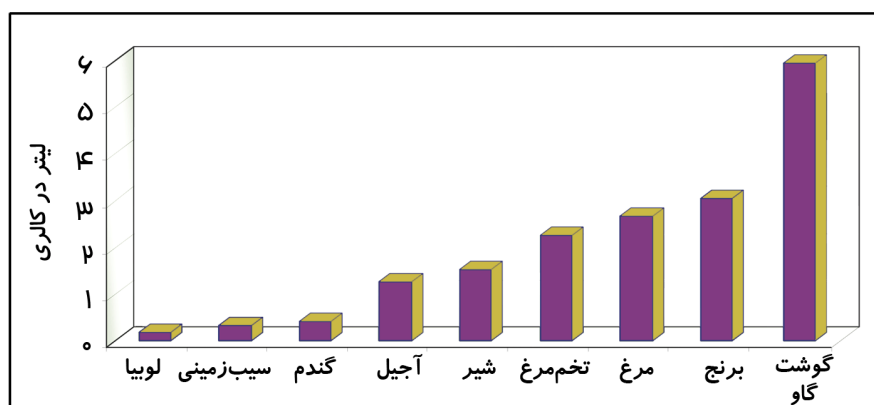


شکل (۷-۳) آب مجازی در انواع رژیم غذایی [۲۸]

جالب توجه اینکه اگر کل مردم جهان از رژیم غذایی غربی (رژیم غذایی با گوشت بیشتر) پیروی کنند در آن صورت به ۷۵ درصد آب بیشتر در بخش کشاورزی نیاز خواهد بود. در یک مقایسه دیگر، اگر به جای مقایسه میزان آب مجازی انواع رژیم‌های غذایی، آب مجازی یک کالری انرژی حاصل از سوخت و ساز مواد غذایی در بدن انسان مقایسه شود، اطلاعات مفیدی به دست می‌آید. در شکل (۸-۳)، میزان

آب مجازی برای تولید یک کالری از طریق محصولات و غذاهای مختلف نشان داده شده است. بر مبنای این الگو، معمولاً آب مجازی برای تولید هر کالری انرژی از طریق فرآورده‌های حیوانی نسبت به محصولات گیاهی، بیشتر است. البته در این میان برنج استثناست و مقدار آن بیشتر از مرغ است. در مقایسه وزنی، برای تولید گوشت گاو حدود ۶۰ برابر بیشتر از سیب‌زمینی آب مصرف می‌شود و با مقایسه کالری‌ها، گوشت گاو ۱۸ برابر بیشتر از سیب‌زمینی برای ایجاد یک کالری انرژی، آب مصرف می‌کند.

اگر چنانچه گندم و شیر، به صورت لیتر (آب) بر کیلوگرم مقایسه شوند، نشان می‌دهد که برای تولید گندم، آب بیشتری نسبت به شیر مصرف می‌گردد، و چنانچه لیتر (آب) بر کالری ملاک سنجش قرار گیرد در آن صورت گندم دو سوم کمتر از شیر، در فرایند تولیدش آب مصرف کرده است. در یک مثال دیگر، در مقایسه وزنی برای تولید یک کیلوگرم گوشت مرغ، آب بیشتری در قیاس با برنج مصرف می‌شود و چنانچه لیتر بر کالری بین دو محصول مذکور مقایسه شود نتایج وارونه خواهد شد. بررسی میزان آب مصرف شده در رژیم‌های غذایی گوناگون و مقایسه گزینه‌های مختلف می‌تواند در مواقع بروز خشکسالی‌ها و سال‌هایی که کشورها در معرض تنش آبی قرار می‌گیرند در تشویق مردم برای تغییر رژیم غذایی روزانه یک ایده مناسب باشد [۱۸].

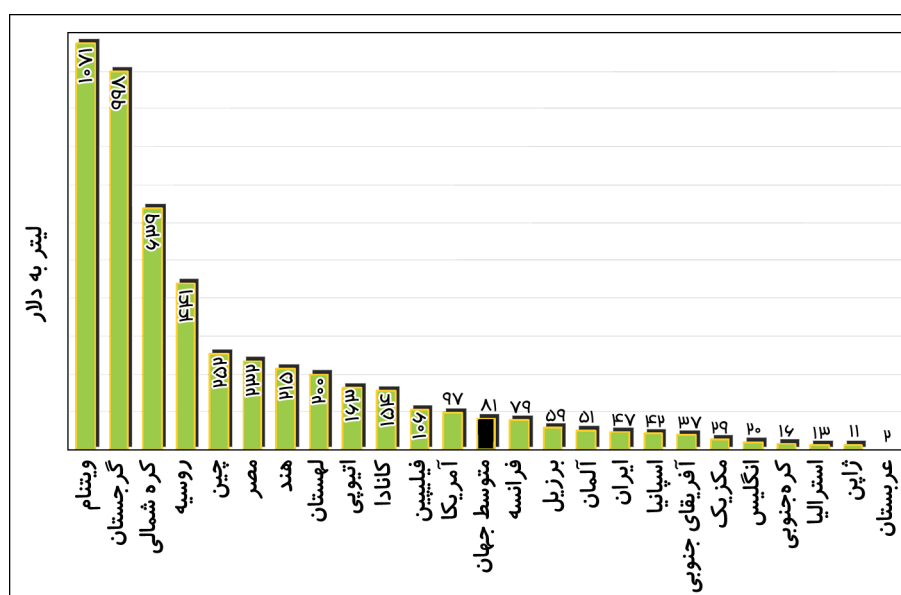


شکل (۳-۸) میزان آب مجازی در هر کالری از غذاهای مختلف [۲۸]

۳-۴ آب مجازی در کالاهای صنعتی

به طور کلی، عمده آب مصرفی جهان برای تولید فرآورده‌های غذایی به کار می‌رود. اما در کشورهای صنعتی، بخش عمده‌ای از منابع آب به صنعت اختصاص می‌یابد. برای مدیران در این کشورها، مهم است که بدانند در فرایند تولید کالا چقدر آب مصرف می‌شود، خصوصاً اینکه صنایع صرفاً از آب‌های آبی استفاده می‌کنند. با توجه به توسعه صنایع در دنیا و افزایش روزافزون مصرف آب در فرایند تولید، به حداقل رساندن مصرف آب و افزایش بهره‌وری در این بخش بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

متأسفانه اطلاعات کافی برای بیان دقیق آب مصرفی در فرایند تولید کالاهای صنعتی در دست نیست. اغلب مطالعات، صرفاً آب مصرف شده را در مرحله اصلی فرایند تولید اندازه‌گیری کرده‌اند و مراحل قبل و بعد از فرایند تولید، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بر اساس مطالعات انجام شده، نسبت آب مجازی به ارزش افزوده در کالاهای مختلف صنعتی، حدود ۸۰ لیتر به دلار برآورد شده است (شکل ۳-۹).



شکل (۳-۹) متوسط آب مجازی به ارزش افزوده در محصولات صنعتی [۵]

نیاز آبی صنایع در کشورهای مختلف، تفاوت زیادی نسبت به هم دارند. البته این تفاوت‌ها در تولیدات یک کشور نیز دیده می‌شود. بر مبنای شکل ۳-۹ برای محصولات آمریکایی حدود ۱۰۰ لیتر برای هر دلار و در انگلیس ۲۰ لیتر برای هر دلار، آب مصرف می‌شود و این بدان معناست که در آمریکا، آب نسبت به ارزش آن تلف شده است (البته این صرفاً یک ایده پردازی کلان است و نتیجه‌گیری دقیق آن نیازمند داشتن اطلاعاتی از نوع کالا، ارزش اقتصادی آن، اشتغال و غیره می‌باشد). شکل (۳-۹) اطلاعات زیادی در مورد راندمان آب در صنایع کشورها ارائه نمی‌دهد و در مجموع، شکل مذکور صرفاً یک ایده خام در مورد مقدار آب برای تولید یک دلار کالای صنعتی بوده و اطلاعات دقیق‌تر نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد. در جدول (۳-۴) آب مجازی به ارزش افزوده حاصل از کالاهای مختلف صنعتی در برخی از کشورهای جهان و رتبه آنها نشان داده شده است.

حتی در منازل مسکونی که در آن زندگی می‌کنیم مقادیر زیادی آب مجازی وجود دارد. مطالعه موردی که در سال ۲۰۰۴ در استرالیا انجام شده، نشان دهنده حجم زیاد آب مجازی در ساختمان می‌باشد. بر مبنای این مطالعات، میزان آب مجازی برای ساخت یک آپارتمان مسکونی، معادل ۱۵ سال مصرف آب ساکنان آن ساختمان می‌باشد. به عبارت دیگر مجموع ۱۵ سال مصرف آب برای پخت و پز، نظافت، شست و شو، شرب، باغچه‌داری و غیره به اندازه آب مجازی برای احداث آن ساختمان می‌باشد [۲۸].

همچنین این مطالعه نشان می‌دهد که یک کیلوگرم بتن ۲ لیتر، یک کیلوگرم الوار ۲۰ لیتر، یک کیلوگرم فولاد ۴۰ لیتر، یک کیلوگرم آلومینیم ۸۸ لیتر و یک کیلوگرم پلاستیک نزدیک به ۱۸۵ لیتر آب مجازی در بر دارد [۲۸]. هرچند ممکن است میزان آب مجازی آپارتمان مسکونی بر حسب مصالح و امکانات به کار رفته در آن، در کشورهای مختلف متفاوت باشد، ولی این مطالعه بازگو کننده این نکته است که می‌باید نگاه جامع‌تری به آب‌های مصرفی در ماورای کشاورزی هم داشته باشیم.

جدول (۳-۴) آب مجازی به ارزش افزوده حاصل از کالای صنعتی در تعدادی از کشورهای جهان [۵]

رتبه	نام کشور	لیتر در دلار
اول	مولداوی	۴۶۵۱
دوم	بلغارستان	۲۵۲۴
سوم	آذربایجان	۲۱۲۹
چهارم	ویتنام	۱۰۷۱
سیزدهم	روسیه	۴۴۱
شانزدهم	چین	۲۵۲
هیجدهم	مصر	۲۳۲
نوزدهم	هند	۲۱۵
بیست و ششم	کانادا	۱۵۴
سی و پنجم	آمریکا	۹۷
سی و نهم	متوسط جهان	۸۱
چهل و یکم	فرانسه	۷۹
چهل و ششم	برزیل	۵۹
پنجاه و سوم	آلمان	۵۱
شصت و یکم	ایران	۴۷
شصت و دوم	ایتالیا	۴۷
شصت و سوم	فنلاند	۴۷
شصت و چهارم	هلند	۴۶
نود و ششم	نروژ	۲۴
صد و یکم	اتریش	۲۱
صد و سوم	انگلیس	۲۰
صد و هفتم	اردن	۱۹
صد و بیست و چهارم	ژاپن	۱۱
صد و پنجاهم	کویت	۱

به عنوان مثالی دیگر، براساس مطالعات انجام شده در یک کارخانه خودروسازی، برای ساخت یک دستگاه خودروی سواری با وزن متوسط ۱/۱ تن، ۴۰۰,۰۰۰ لیتر (۴۰۰ مترمکعب) آب مصرف می‌شود. البته این رقم یک تخمین محتاطانه است، زیرا دربرگیرنده تمام اجزای به کار رفته در خودرو نیست (جدول ۳-۵) و قدر مسلم، در مدل‌های دیگری از همان نوع اتومبیل، بواسطه تفاوت در تجهیزات به کاررفته، مقدار آب مجازی آن نیز متفاوت خواهد بود. در چنین شرایطی می‌توان تصور کرد وقتی چنین اتومبیلی در خیابان حرکت می‌کند، به مثابه حرکت مکعبی از آب به طول ۱۰۰ متر، و به عرض و ارتفاع ۲ متر است.

جدول (۳-۵) متوسط آب مجازی در تولید یک خودروی سواری [۵]

مواد	مقدار مواد بکار رفته در خودرو (کیلوگرم)	آب مجازی در هر کیلوگرم (لیتر)	مقادیر آب مجازی (لیتر)
استیل	۷۵۰	۳۹	۲۹۲۵۰
پلاستیک	۱۲۰	۱۸۷	۲۲۴۴۰
شیشه	۴۰	۷	۲۸۰
لاستیک	۲۵	۱۳۰۵۸	۳۲۶۴۵۰
سایر	۱۶۵	فقدان داده	فقدان داده
فرایند	-	-	۵۳۰۰
جمع کل	۱۱۰۰	-	سایر مواد + ۳۸۳۷۲۰ = ۴۰۰,۰۰۰

در پیوست، اطلاعات تکمیلی در مورد آب مجازی تولیدات صنعتی در برخی از کشورها ارائه شده است.

۳-۵ تبخیر و تعرق مرجع و تأثیر آن در آب مجازی

تبخیر و تعرق مرجع در کشورهایی که در کمربند حاره‌ای خاورمیانه واقع شده‌اند، به مراتب بیشتر از سایر کشورهاست و در نتیجه میزان نیاز آبی محصولات کشاورزی

در این سری از کشورها نسبت به سایرین بیشتر خواهد بود.

نکته قابل توجه این است که حتی در میان کشورهایی که تبخیر و تعرق مرجع نسبتاً مشابهی دارند، ممکن است نیاز آبی برخی از گیاهان در دو کشور با همدیگر متفاوت باشد. این اختلاف می‌تواند ناشی از مواردی همچون اختلاف در زمان کاشت، واریته‌های متفاوت و غیره، باشد. این گونه فاکتورها در محاسبه نیاز آبی محصولات کشاورزی بسیار تعیین کننده هستند.

حجم آب مورد نیاز برای تولید گیاهان برحسب نوع گیاه در کشورهای مختلف قابل محاسبه است. به طور سرجمع، حجم کل آب مصرفی برای تولید گیاهان در جهان رقمی حدود ۶۳۹۰ میلیارد متر مکعب در سال برآورد می‌گردد. کل حجم آب تخصیصی برای آبیاری در جهان حدود ۲۶۵۰ میلیارد متر مکعب تخمین زده می‌شود (فائو، ۲۰۰۳). اگر راندمان متوسط آبیاری در جهان ۴۰ درصد فرض شود، بنابراین از ۲۶۵۰ میلیارد متر مکعب آب تخصیصی برای آبیاری، ۱۰۶۰ میلیارد متر مکعب به صورت خالص برای تولید محصولات کشاورزی مصرف می‌شود. این موضوع نشان دهنده این واقعیت است که حدود ۸۵ درصد (۵۳۳۰ میلیارد متر مکعب) از کل آب تخصیصی برای تولید محصولات کشاورزی از منبعی به جز آبیاری مستقیم تأمین می‌گردد که در حقیقت این منبع عظیم آبی همان آب سبز است که قبلاً توضیحات لازم در این ارتباط داده شد. اگر هدر رفت آب از سامانه‌های آبیاری که حدود ۱۵۹۰ میلیارد متر مکعب در سال است در نظر گرفته شود، در آن صورت کل حجم آبی که برای مصارف کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد ۷۹۸۰ میلیارد متر مکعب در سال خواهد بود. بنابراین سهم آب سبز به ۶۷ درصد خواهد رسید، که مؤید این نکته است که اراضی دیم و منابع طبیعی سهم زیادی در تولید محصولات کشاورزی در جهان دارند و توجه به کشت دیم و تلاش برای ارتقای بهره‌وری آن، در زمینه کاهش فشار بر منابع آب آبی مؤثر خواهد بود.

۳-۶ مبادله آب مجازی

۳-۶-۱ مبادلات بین‌المللی آب مجازی

به طور میانگین میزان حجم آب مجازی در تجارت بین‌المللی در فاصله زمانی سال‌های ۱۹۹۷-۲۰۰۱ میلادی برای محصولات کشاورزی، دامی و تولیدات صنعتی حدود ۱۶۲۵ میلیارد متر مکعب برآورد می‌شود (جدول ۳-۶).

جدول (۳-۶) حجم آب مجازی مبادله شده از طریق تجارت جهانی (۱۹۹۷-۲۰۰۱) [۵]

آب مجازی مبادله شده بصورت ناخالص (میلیارد متر مکعب)				سال
کل	از طریق تجارت تولیدات صنعتی	از طریق تجارت تولیدات دامی	از طریق تجارت محصولات کشاورزی	
۱۵۲۶	۳۳۲	۲۵۷	۹۳۷	۱۹۹۷
۱۵۸۴	۳۳۱	۲۵۸	۹۹۵	۱۹۹۸
۱۶۲۳	۳۵۲	۲۷۲	۹۹۹	۱۹۹۹
۱۷۴۴	۴۰۱	۳۰۲	۱۰۴۱	۲۰۰۰
۱۶۴۷	۳۹۳	۲۹۳	۹۶۱	۲۰۰۱
۱۶۲۵	۳۶۲	۲۷۶	۹۸۷	متوسط

عمده آب مجازی مبادله شده بین کشورهای جهان مربوط به تولیدات کشاورزی است که با حجمی معادل ۹۸۷ میلیارد متر مکعب در سال (حدود ۶۱ درصد کل مبادلات آب مجازی) در رتبه اول قرار دارد و به دنبال آن تجارت تولیدات صنعتی با حجم ۳۶۲ میلیارد متر مکعب در سال (۲۲ درصد)، و تجارت فرآورده‌های دامی با مبادله آب مجازی به حجم ۲۷۶ میلیارد متر مکعب در سال (۱۷ درصد)، در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در مجموع، آب مجازی مبادله شده سالانه ۱۶۲۵ میلیارد متر مکعب برآورد می‌شود که شامل کالاهای و تولیدات وارد شده از کشورها و صدور مجدد آن

به سایر کشورها نیز می‌باشد. حجم کل مبادلات آب مجازی از طریق صادرات تولیدات داخلی کشورها، بالغ بر ۱۱۹۷ میلیارد متر مکعب در سال است (جدول ۷-۳).

جدول (۷-۳) تجارت آب مجازی به تفکیک بخش‌های مختلف مصرف در جهان [۵]

مبادلات ناخالص آب مجازی				
جمع (میلیارد متر مکعب در سال)	تجارت آب داخلی کشورها (میلیارد متر مکعب در سال)	مبادلات تولیدات صنعتی (میلیارد متر مکعب در سال)	مبادلات تولیدات کشاورزی (میلیارد متر مکعب در سال)	
۱۱۹۷	۰	۲۴۰	۹۵۷	آب مجازی صادره از طریق صادرات محصولاتی که در داخل کشور تولید شده است.
۴۲۸	۰	۱۲۲	۳۰۶	آب مجازی صادره از طریق صادرات مجدد محصولات یا کالاهایی که پیشتر وارد شده بودند.
۱۶۲۵	۰	۳۶۲	۱۲۶۳	کل آب مجازی صادر شده
آب مصرفی به تفکیک بخش‌ها				
جمع	خانگی	صنایع	کشاورزی	
۷۴۵۱	۳۴۴	۷۱۶	۶۳۹۱	حجم کل مصرف آب در سطح جهان (میلیارد متر مکعب در سال)
٪۱۶	۰	٪۳۴	٪۱۵	میزان مصرف آب در سطح جهان (البته نه برای مصارف داخلی، بلکه برای صادرات)

کشور آمریکا با صدور آب مجازی به میزان حدود ۲۲۹ میلیارد متر مکعب در سال رتبه اول، و با واردات حدود ۱۷۶ میلیارد متر مکعب آب مجازی در سال نیز رتبه نخست را در واردات آب مجازی داراست (جدول ۸-۳). کشور کانادا رتبه دوم

صادرات و رتبه ۱۴ واردات آب مجازی را به خود اختصاص داده است. کشور آلمان نیز رتبه دوم واردات و رتبه ششم صادرات آب مجازی را در جهان داراست. کشور جمهوری اسلامی ایران با صادرات ۵ میلیارد مترمکعب آب مجازی در رتبه ۵۵ و با واردات ۱۹ میلیارد مترمکعب آب مجازی، در رتبه ۱۹ جهان طی سال‌های ۱۹۹۷ لغایت ۲۰۰۱ میلادی قرار داشته است. جدول (۸-۳)، کشورهای شاخص در زمینه صادرات و واردات آب مجازی را نشان می‌دهد.

جدول (۸-۳) کشورهای برتر در زمینه صادرات و واردات آب مجازی

طی سال‌های ۱۹۹۷ لغایت ۲۰۰۱ [۵]

برترین‌های واردات (ناخالص)		رتبه	برترین‌های صادرات (ناخالص)	
کشور	میلیارد متر مکعب در سال		کشور	میلیارد متر مکعب در سال
آمریکا	۱۷۵/۸	۱	آمریکا	۲۲۹/۳
آلمان	۱۰۵/۶	۲	کانادا	۹۵/۳
ژاپن	۹۸/۲	۳	فرانسه	۷۸/۵
ایتالیا	۸۹/۰	۴	استرالیا	۷۳
فرانسه	۷۲/۲	۵	چین	۷۳
هلند	۶۸/۸	۶	آلمان	۷۰/۵
انگلیس	۶۴/۲	۷	برزیل	۶۷/۸
چین	۶۳/۱	۸	هلند	۵۷/۶
مکزیک	۵۰/۱	۹	آرژانتین	۵۰/۶
بلژیک	۴۷/۱	۱۰	روسیه	۴۷/۷
روسیه	۴۶/۱	۱۱	تایلند	۴۲/۹
اسپانیا	۴۵/۰	۱۲	هند	۴۲/۶
کره جنوبی	۳۹/۲	۱۳	بلژیک	۴۲/۲
کانادا	۳۵/۴	۱۴	ایتالیا	۳۸/۲
اندونزی	۳۰/۴	۱۵	ساحل عاج	۳۵/۱

جدول (۳-۹) میزان صادرات و واردات آب مجازی را بر اساس بررسی‌های انجام شده و با تقسیم جهان به ۱۳ منطقه طی سال‌های ۱۹۹۷ لغایت ۲۰۰۱ میلادی نشان می‌دهد. بطور مثال بر مبنای این جدول، تجارت آب مجازی از آمریکای شمالی به آسیای جنوبی و مرکزی به ۸۰ میلیارد متر مکعب در سال می‌رسد.

جدول (۳-۹) متوسط سالانه مبادلات آب مجازی ناخالص بین مناطق مختلف جهان طی سال‌های ۱۹۹۷-۲۰۰۱ میلادی (میلیارد متر مکعب) [۵]

واردکنندگان	آفریقای مرکزی	آمریکای مرکزی	آسیای مرکزی و جنوبی	اروپای شرقی	اتحاد شوروی سابق	خاورمیانه	آفریقای شمالی	آمریکای شمالی	اقیانوسیه	آمریکای جنوبی	آسیای جنوب شرقی	آفریقای غربی	جمع کل ناخالص صادرات
آفریقای مرکزی	۰/۸۰	۰/۰۷	۱/۷۳	۱/۲۹	۰/۰۳	۰/۲۶	۰/۹۶	۰/۹۰	۰/۰۶	۰/۰۵	۱/۱۹	۰/۱۷	۱۶/۴۵
آمریکای مرکزی	۰/۰۸	۳/۱۳	۳/۸۸	۰/۶۵	۶/۱۴	۰/۳۸	۰/۷۵	۲۳/۹۸	۰/۰۶	۰/۵۸	۰/۲۳	۰/۰۳	۱۰/۶۷
آسیای مرکزی و جنوبی	۱/۲۹	۰/۸۱	۳۱/۵۳	۱/۲۱	۴/۰۸	۶/۶۷	۳/۸۶	۴/۴۴	۰/۳۷	۰/۶۱	۱۶/۹۰	۱/۳۷	۹/۸۰
اروپای شرقی	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۶۹	۱۰/۷۷	۴/۸۰	۲/۶۵	۱/۰۸	۰/۵۵	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۹	۰/۰۳	۱۴۰۱۵
اتحاد شوروی سابق	۰/۰۱	۰/۰۷	۳/۰۶	۴/۴۷	۱۶/۶۷	۵/۳۸	۱/۲۶	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۳۰	۰/۴۱	۰/۰۰	۱۰/۵۴
خاورمیانه	۰/۰۶	۰/۱۱	۲/۷۳	۰/۸۴	۱/۴۶	۸۵/۴۵	۳/۴۳	۱/۰۱	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۸۶	۰/۰۵	۶/۹۱
آفریقای شمالی	۰/۱۰	۰/۲۴	۷/۰۹	۵/۱۵	۲/۱۱	۴/۳۲	۵/۸۷	۸۳/۷	۰/۱۷	۲/۲۹	۳/۴۹	۰/۵۲	۶۳/۲۲
آمریکای شمالی	۰/۴۶	۴۰/۶۵	۸۰/۱۸	۱/۷۱	۲/۴۳	۱۱/۳۲	۱۱/۳۸	۳۵/۱۰	۰/۹۶	۱۱/۵۱	۱۳/۷۲	۰/۷۹	۳۷/۵۷
اقیانوسیه	۰/۳۴	۱/۲۴	۲۹/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۳	۶/۲۲	۲/۱۳	۱۱/۳۳	۱۲/۶۳	۰/۶۷	۱۴/۶۴	۱/۱۱	۷/۷۶
آمریکای جنوبی	۰/۳۹	۳/۰۶	۱۹/۸۲	۴/۲۳	۴/۴۶	۸/۹۲	۵/۰	۱۹/۶۵	۰/۳۷	۲۸/۰۹	۴/۶۳	۱/۹۳	۵۴/۴۴
آسیای جنوب شرقی	۱/۹۶	۰/۵۰	۳۵/۵۷	۲/۴۳	۱/۵۲	۵/۷۵	۸/۰۰	۱۰/۰۸	۲/۴۹	۰/۹۳	۲۶/۸۷	۲/۵۴	۱۸/۱۴
آفریقای جنوبی	۱/۰۴	۰/۰۶	۲/۱۲	۰/۳۸	۰/۱۹	۰/۵۳	۰/۵۴	۱/۱۲	۰/۰۵	۰/۱۷	۲/۴۱	۲/۵۹	۷/۲۱
اروپای غربی	۱/۴۰	۲/۶۰	۱۵/۴۵	۱۸/۸۷	۱۰/۵۶	۱۲/۲۸	۱۴/۲۶	۹/۷۹	۰/۹۱	۲/۴۵	۲/۶۱	۱/۸۲	۱۸۳/۵۱
جمع کل ناخالص صادرات	۷	۵۰	۲۰۲	۴۳	۳۸	۶۷	۵۳	۹۲	۶	۲۰	۶۲	۱۰	۲۴۵

در جدول فوق‌الذکر کل حجم آب مجازی ناخالص مبادله شده بین کشورهای یک منطقه، با استفاده از جمع کل آب‌های مجازی وارد شده از طریق کشورهایی که در همان منطقه قرار دارند برآورد شده است. بر مبنای جدول ۳-۹، صادرات آب مجازی بین کشورهای اروپای غربی بیشترین حجم مبادلات آب مجازی را با مقدار ۱۸۳/۵ میلیارد متر مکعب در سال، در مقایسه با سایر مناطق جهان دارد.

۳-۶-۲ موازنه آب مجازی کشورها

موازنه جریان آب مجازی کشورهای مختلف را می‌توان با بررسی میزان صادرات و واردات آب مجازی آن کشورها، بدست آورد. از تفریق مقدار آب مجازی صادره و وارده به یک کشور آب مجازی خالص آن کشور بدست می‌آید. این محاسبه کمک خواهد کرد تا بدانیم بیلان آب مجازی ورودی و خروجی یک کشور مثبت یا منفی است، یا به طور کلی یک کشور وارد کننده یا صادر کننده آب مجازی می‌باشد. در جدول ۳-۱۰، موازنه آب مجازی خالص (تفاضل صادرات و واردات آب مجازی) کشورهایی که رقم بیشتری نسبت به سایر کشورها دارند، نشان داده شده است.

جدول ۳-۱۰ ده کشور اول صادر کننده و وارد کننده آب مجازی خالص
(سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۱ میلادی) [۵]

مبادله آب مجازی (میلیارد متر مکعب در سال)	واردات	صادرات	خالص واردات	رتبه	مبادله آب مجازی (میلیارد متر مکعب در سال)	واردات	صادرات	خالص صادرات	رتبه
۹۲	۷	۹۸	۹۲	۱	۶۴	۹	۷۳	۶۴	۱
۵۱	۳۸	۸۹	۵۱	۲	۶۰	۳۵	۹۵	۶۰	۲
۴۷	۱۸	۶۴	۴۷	۳	۵۳	۱۷۶	۲۲۹	۵۳	۳
۳۵	۷۰	۱۰۶	۳۵	۴	۴۵	۶	۵۱	۴۵	۴
۳۲	۷	۳۹	۳۲	۵	۴۵	۲۳	۶۸	۴۵	۵
۲۹	۲۱	۵۰	۲۹	۶	۳۳	۲	۳۵	۳۳	۶
۲۷	۱	۲۸	۲۷	۷	۲۸	۱۵	۴۳	۲۸	۷
۱۵	۵	۱۹	۱۵	۸	۲۵	۱۷	۴۳	۲۵	۸
۱۴	۳۱	۴۵	۱۴	۹	۱۸	۲	۲۰	۱۸	۹
۱۳	۱	۱۴	۱۳	۱۰	۱۷	۴	۲۱	۱۷	۱۰

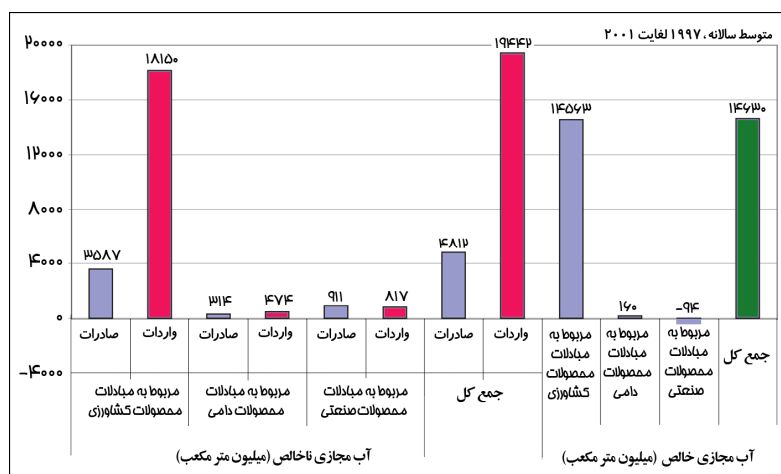
* - از استفاده از اعداد در جدول صرف نظر شده و لذا اعداد مذکور گرد شده هستند.

برخی از کشورها که از لحاظ جغرافیایی، ارتباطات و سطح توسعه شباهت‌هایی با هم دارند، بر خلاف انتظار موازنه آب مجازی آنها تفاوت‌هایی با همدیگر دارد. مثلاً آلمان، هلند و انگلیس جزو کشورهای وارد کننده آب مجازی هستند، در صورتی که فرانسه جزو کشورهای صادر کننده آب مجازی محسوب می‌شود. یا مثلاً آمریکا و کانادا جزو کشورهای صادر کننده و مکزیک وارد کننده آب مجازی می‌باشد. کشورهای ژاپن، ایتالیا، انگلیس، آلمان و کره جنوبی به ترتیب در رتبه‌های اول تا پنجم جهان از حیث بیلان مثبت آب مجازی قرار دارند (به عبارت دیگر، کشورهای مذکور واردکنندگان آب مجازی به‌شمار می‌روند). کشور ایران با وجود اینکه از میزان واردات آب مجازی کمتری نسبت به بسیاری از کشورهای دیگر برخوردار است، ولی به واسطه صادرات ناچیز آب مجازی، تفاضل صادرات و واردات، رقم ۱۵ میلیارد متر مکعب در سال را نشان می‌دهد و به این ترتیب بر مبنای جدول ۳-۹، ایران در رتبه هشتم کشورهای وارد کننده آب مجازی طی سال‌های ۱۹۹۷ لغایت ۲۰۰۱ میلادی قرار داشته است.

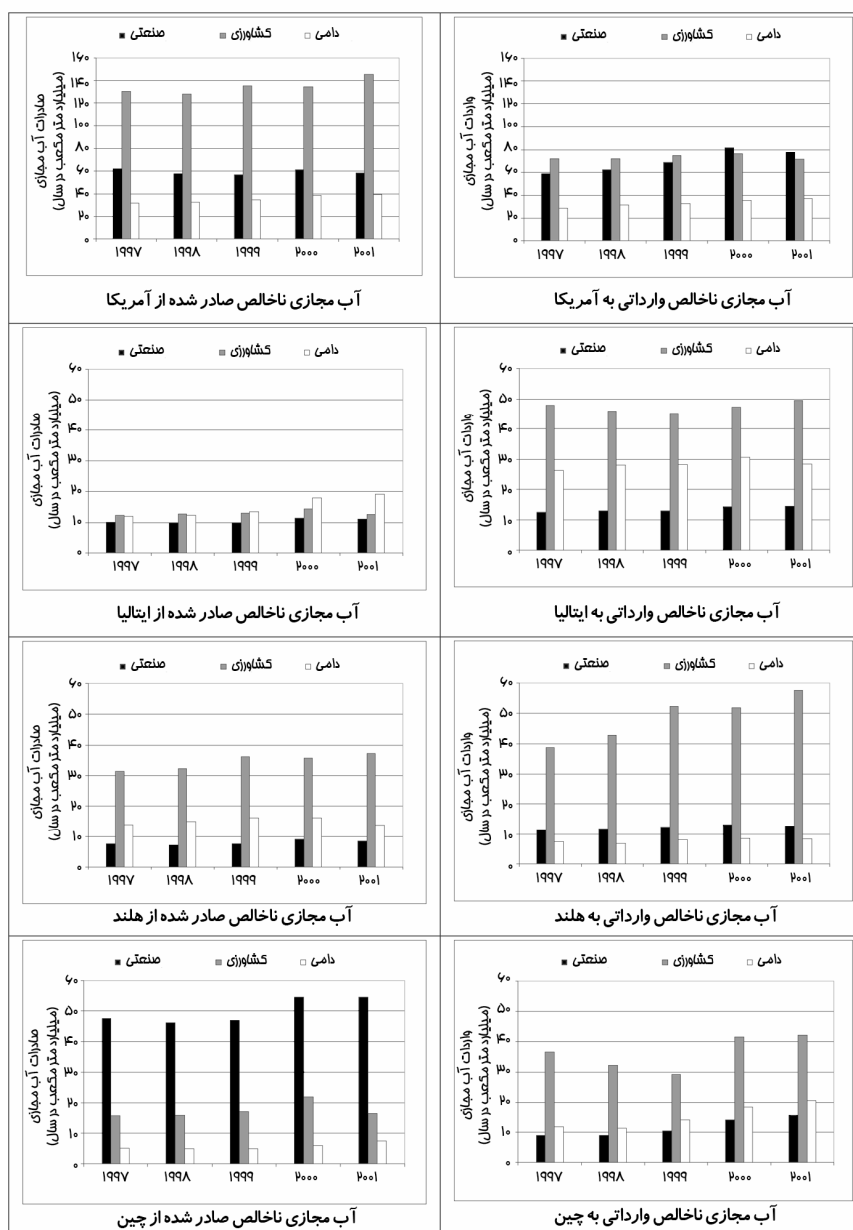
بعلاوه، کشور ایران طی سال‌های ۱۹۹۷ لغایت ۲۰۰۱ از محل مبادلات محصولات کشاورزی، دامی و صنعتی با سایر کشورهای جهان سالانه حدود ۲۴ میلیارد متر مکعب آب مجازی را جابجا کرده است. از این مقدار، حدود ۱۹ میلیارد متر مکعب آب مجازی وارد، و حدود ۵ میلیارد متر مکعب آب مجازی صادر شده است. در ایران آب مجازی حاصل از واردات محصولات کشاورزی با ۷۵ درصد، صنعتی ۳ درصد و دامی با یک درصد به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار دارند. همچنین در کشورمان نسبت واردات به صادرات آب مجازی از طریق تجارت محصولات کشاورزی ۵ به ۱، و همین نسبت در تجارت محصولات دامی ۲ به ۱ است. از طرف دیگر طی مدت مذکور، متوسط صادرات آب مجازی از طریق صدور کالاهای صنعتی بیش از واردات آن بوده است. بدین ترتیب، کشور ایران در بخش کشاورزی و دامی وارد کننده آب مجازی و در بخش صنعت صادر کننده آب مجازی می‌باشد. بنابراین

ترازنامه آب مجازی حاصل از تجارت محصولات کشاورزی و دامی، مثبت و محصولات صنعتی منفی می‌باشد (شکل ۳-۱۰).

بررسی موازنه آب مجازی کشورهای مختلف از لحاظ میزان صادرات و واردات در سه بخش محصولات کشاورزی، تولیدات دامی و تولیدات صنعتی با همدیگر تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد و تحلیل این تفاوت‌ها نیازمند شناخت دقیق شرایط اقتصادی، درآمد سرانه، شرایط جغرافیایی و فاکتورهای دیگر دارد. برای روشن شدن موضوع چهار کشور آمریکا، ایتالیا، هلند و چین از جنبه‌های صادرات و واردات مورد قیاس قرار گرفته‌اند (شکل ۳-۱۱). کشور چین از واردات آب مجازی بیشتری در حوزه محصولات کشاورزی نسبت به محصولات دامی و صنعتی برخوردار است. ولی در عوض دارای بیشترین صادرات آب مجازی از طریق صادرات تولیدات صنعتی به سایر کشورهای جهان است. این روند برای کشور آمریکا کاملاً برعکس می‌باشد. به نظر می‌رسد که ایتالیا وابستگی زیادی به آب مجازی از طریق واردات محصولات صنعتی، دامی و کشاورزی دارد، و در مورد هلند صادرات آب مجازی از طریق فرآورده‌های دامی، به نسبت چشمگیرتر از سایر بخش‌ها به نظر می‌رسد.



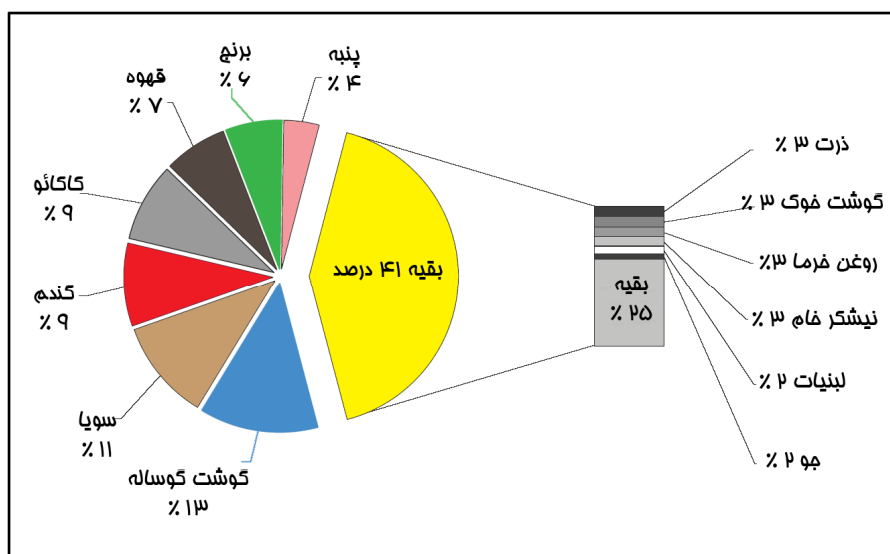
شکل (۳-۱۰) متوسط حجم آب مجازی صادراتی و وارداتی ایران، حاصل از تجارت محصولات کشاورزی، دامی و صنعتی طی سال‌های ۱۹۹۷ لغایت ۲۰۰۱ [۵]



شکل (۳-۱۱) آب مجازی ناخالص صادره و وارده در مورد محصولات کشاورزی، دامی و صنعتی برای کشورهای آمریکا، ایتالیا، هلند و چین (۱۹۹۷ تا ۲۰۰۱) [۵]

۳-۶-۳ مبادلات جهانی آب مجازی برحسب محصولات

رتبه اول مبادلات حجم آب مجازی طی سال‌های ۱۹۹۷ لغایت ۲۰۰۱ میلادی مربوط به تجارت گوشت گوساله بوده است و به دنبال آن سویا و گندم به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار داشتند. این سه محصول به تنهایی یک سوم تجارت آب مجازی را در اختیار داشتند (شکل ۱۲-۳).

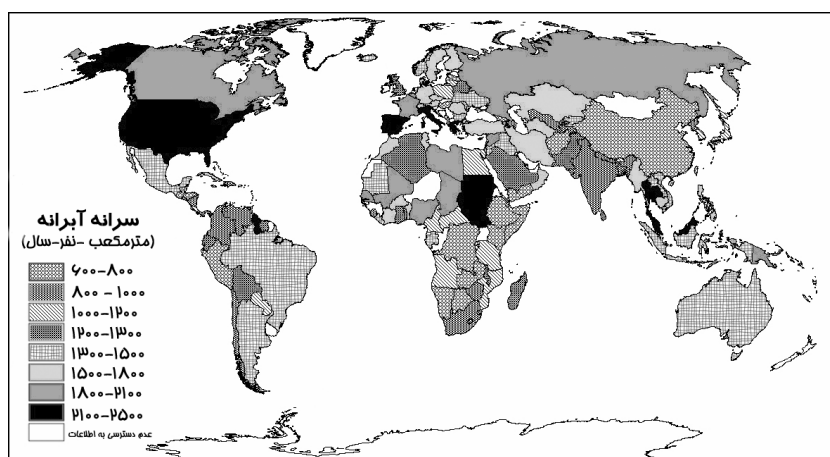


شکل (۱۲-۳) سهم محصولات کشاورزی و دامی در جابجایی آب مجازی از طریق تجارت طی سال‌های ۱۹۹۷ لغایت ۲۰۰۱ [۵]

همانطوری که پیشتر گفته شد، میزان آب مصرفی برای تولید یک کیلوگرم برنج به مراتب بیشتر از گندم است، ولی آب مجازی مبادله شده بین کشورها از طریق تجارت گندم در مجموع بیشتر از برنج است. همانطوری که در شکل (۱۲-۳) نشان داده شده، حجم مبادلات آب مجازی از طریق گندم یک و نیم برابر برنج است.

۷-۳ آبرانه کشورها

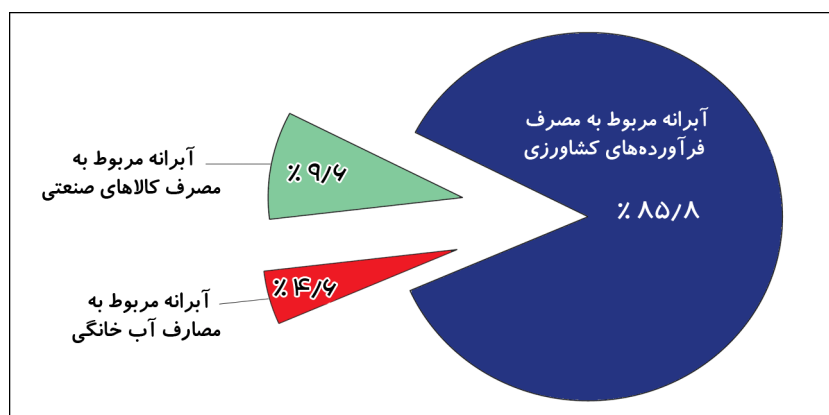
میزان کل آبرانه جهان ۷۴۵۰ میلیارد متر مکعب در سال است که معادل ۱۲۴۰ متر مکعب به ازای هر نفر در سال می‌باشد [۵]. باید اذعان داشت که کشور هند دارای بیشترین مقدار آبرانه به میزان ۹۸۷ میلیارد متر مکعب در سال است. اما اگر برحسب سرانه جمعیت، آبرانه هند بررسی شود، علیرغم اینکه هند ۱۷ درصد جمعیت جهان را داراست ولی سهم آن از آبرانه جهان فقط ۱۳ درصد است. در عوض متوسط سرانه آبرانه کشور آمریکا نسبت به سایر کشورها بیشتر است. متوسط سرانه آبرانه آمریکا ۲۴۸۰ متر مکعب در سال است و از این حیث در رتبه اول جهان قرار دارد و به دنبال آن کشورهای یونان، مالزی، ایتالیا و اسپانیا با متوسط سرانه آبرانه ۲۳۰۰ لغایت ۲۴۰۰ متر مکعب در سال در رتبه‌های دوم تا پنجم قرار دارند. آبرانه کشور ایران در طی سال‌های ۱۹۹۷ لغایت ۲۰۰۱ به طور متوسط حدود ۱۰۳ میلیارد متر مکعب برآورد شده است که معادل سرانه ۱۶۲۴ متر مکعب در سال می‌باشد، و با در نظر گرفتن متوسط جهانی سرانه آبرانه که ۱۲۴۰ متر مکعب می‌باشد آبرانه سرانه ایران ۱/۳ برابر متوسط جهانی آن می‌باشد، و از این حیث در رتبه ۳۳ جهان قرار دارد. متوسط سرانه آبرانه کشورهای مختلف جهان در شکل (۳-۱۳) و جدول پیوست به نمایش گذاشته شده است.



شکل (۳-۱۳) متوسط سرانه آبرانه کشورهای مختلف جهان

(متر مکعب برای هر نفر در سال) []

به طور کلی سهم آبرانه مربوط به مواد غذایی و فرآورده‌های کشاورزی به مراتب بیشتر از سایر مصارف است (شکل ۳-۱۴). به نظر می‌رسد میزان مصرف آب از منابع آب (آبی یا سبز) به مراتب بیشتر از محاسبات و نظرات ارایه شده باشد، به خاطر اینکه محاسبه دقیق میزان تولید محصولات کشاورزی از طریق محاسبه آب سبز بسیار پیچیده است.



شکل (۳-۱۴) مقدار آبرانه جهانی برحسب مصارف مختلف [۵]

معیارهای کلی تعیین کننده برای ارزیابی کم یا زیاد بودن سرانه آبرانه (نفر - متر مکعب در سال) یک کشور عبارتند از:

- ◇ متوسط سرانه مصارف مردم که به طور کلی به سرانه درآمد ناخالص یک کشور بستگی دارد،
- ◇ الگوها و عادات مصرف،
- ◇ نوع اقلیم و میزان تبخیر در مناطق مختلف یک کشور،
- ◇ وضعیت کشاورزی،
- ◇ وضعیت منابع آب در دسترس.

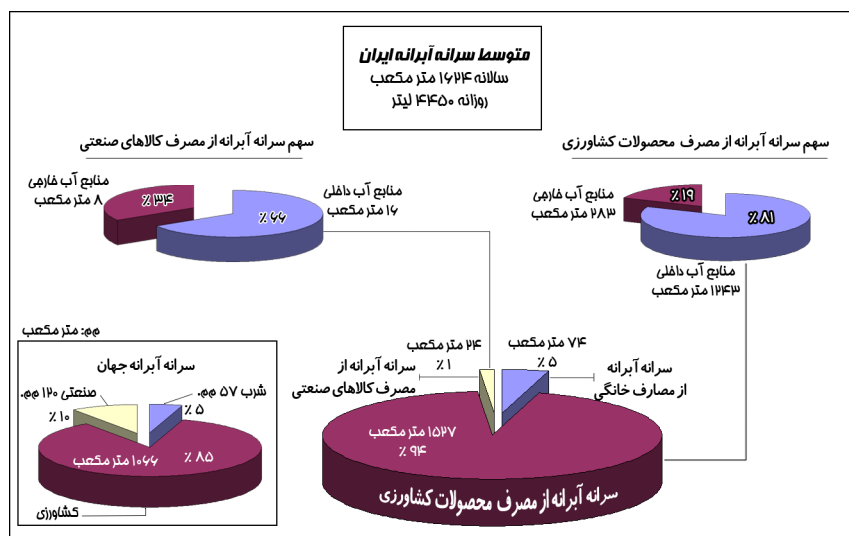
اصولاً در کشورهای ثروتمند، به واسطه سطح بالای درآمد و بهداشت، مردم از کالاهای و خدمات بیشتری نسبت به سایر ملل بهره‌مند هستند که قاعدتاً آبرانه این گونه

کشورها نیز بیشتر از دیگران خواهد بود. اما حجم مصارف داخلی به تنهایی تعیین کننده مقدار واقعی آبرانه مردم آن کشور نیست. نوع و الگوی مصرف نیز در این میان تأثیرگذار می‌باشد. به طور مثال کشورهایی که الگوی غذایی آنها شامل برنج و یا گوشت است، در مقایسه با کشورهایی که غذای اصلی آنها سبزیجات است تفاوت چشمگیری در میزان آبرانه دارند.

علل زیاد یا کم بودن سرانه آبرانه کشورها قابل بررسی است. سرانه آبرانه کشور آمریکا ۲۴۸۰ متر مکعب در سال می‌باشد که همانطوری که پیشتر گفته شد در رتبه اول جهان قرار دارد. یکی از دلایل عمده زیاد بودن سرانه آبرانه کشور آمریکا مصرف زیاد گوشت در رژیم غذایی نسبت به سایرکشورها و فرهنگ مصرف گرایی بالا می‌باشد. از طرف دیگر، سرانه آبرانه کشور ایران که ۱۶۲۸ متر مکعب در سال است نسبتاً زیاد به نظر می‌رسد و بسیار شبیه به کشورهای پرآب و ثروتمند جهان است. هر چند سرانه درآمد ناخالص ایران نسبتاً بالاست ولی علت زیاد بودن سرانه آبرانه ایران به عقیده چاپاگین و هوکسترا پایین بودن بهره‌وری آب کشاورزی و تبخیر و تعرق زیاد نیز می‌باشد [۵]. با این توضیحات باید گفت بررسی زیاد یا کم بودن سرانه آبرانه، به آمار و اطلاعات بیشتری نیاز دارد و باید فاکتورها و عوامل زیادی مورد توجه قرار گیرد.

در قیاسی دیگر، سرانه آبرانه آمریکا در صنایع ۸۰۶ متر مکعب در سال و در ایران ۲۴ متر مکعب در سال می‌باشد که نشان از اختلاف بسیار زیاد در آبرانه‌های صنعتی بین دو کشور دارد. هر چند سرانه مصرف کالای صنعتی در آمریکا نسبت به ایران بیشتر است ولی در عوض سرانه آبرانه از طریق مصرف محصولات کشاورزی در ایران از آمریکا رقم بالاتری را نشان می‌دهد، به طوری که سرانه آبرانه ایران از مصرف محصولات کشاورزی ۱۵۲۶ متر مکعب در سال و در آمریکا ۱۴۵۹ متر مکعب در سال می‌باشد. البته بخشی از این اختلافات ناشی از تفاوت‌های فرهنگی و

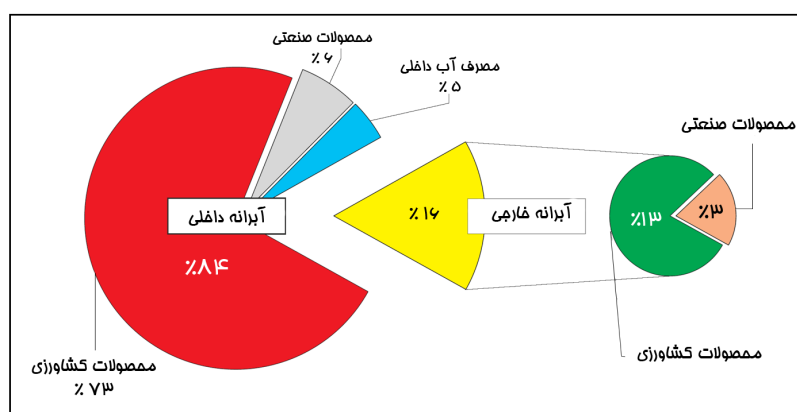
رژیم غذایی است که نشان دهنده مصرف زیاد میوه، سبزی و غلات در ایران می‌باشد و بخش دیگری نیز به نیاز تبخیر و تعرق و بهره‌وری پایین کشاورزی بستگی دارد. متوسط جهانی سرانه آبرانه کالاهای صنعتی ۱۱۹ متر مکعب و محصولات کشاورزی ۱۰۶۷ متر مکعب است، که بازگو کننده اختلاف زیاد متوسط سرانه آبرانه ایران از کالاهای صنعتی با متوسط جهانی است (شکل ۳-۱۵) [۵].



شکل (۳-۱۵) سهم سرانه آبرانه ایران از طریق مصرف محصولات کشاورزی و صنعتی، بعلاوه مصارف آب خانگی و مقایسه آن با متوسط جهانی [۵]

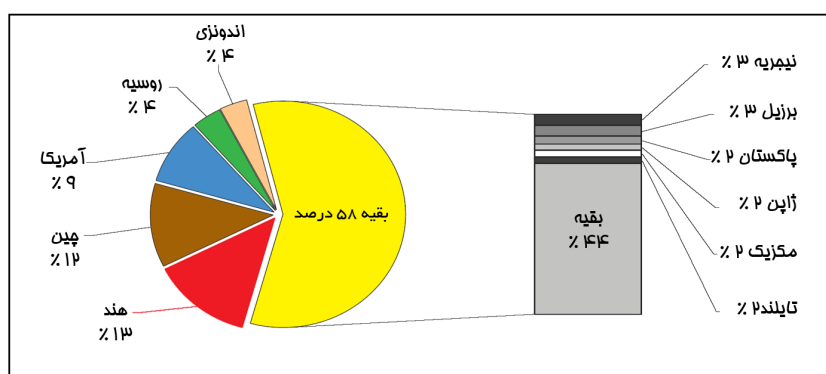
جمع کل آبرانه خارجی کشورهای مختلف جهان ۱۶ درصد از کل آبرانه می‌باشد (شکل ۳-۱۶). با این حال سهم آبرانه داخلی از کشوری به کشور دیگر بسیار متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال برخی از کشورهای آفریقایی مانند سودان، مالی، نیجریه، اتیوپی و چاد به ندرت آب مجازی وارداتی دارند. این موضوع به دلیل مشکلات اقتصادی و واردات ناچیز از کشورهای دیگر می‌باشد. از طرف دیگر برخی از کشورهای اروپایی نظیر ایتالیا، آلمان، انگلیس و هلند آبرانه خارجیشان (واردات آب مجازی) سهمی بین ۵۰ تا ۸۰ درصد از کل حجم آبرانه آنها را تشکیل می‌دهد. در

مجموع محصولات کشاورزی و دامی سهم بیشتری در آبرانه خارجی دارند و این محصولات عمدتاً شامل گوشت گوساله، سویا، گندم، کاکائو، برنج، پنبه و ذرت می‌شوند.



شکل (۳-۱۶) سهم مصارف بخش‌های مختلف در آبرانه جهانی با تمایز بین آبرانه داخلی و خارجی [۵]

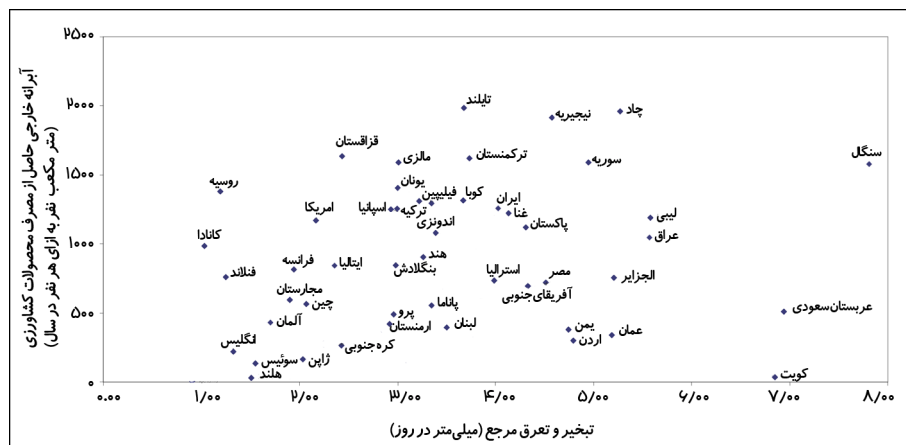
هشت کشور هند، چین، آمریکا، روسیه، اندونزی، نیجریه، برزیل و پاکستان در مجموع ۵۰ درصد کل آبرانه جهان را دارند. هند با ۱۳ درصد آبرانه در رتبه اول، چین با ۱۲ درصد در رتبه دوم و آمریکا با ۹ درصد در رتبه سوم قرار دارند (شکل ۳-۱۷).



شکل (۳-۱۷) درصد سهم کشورها از آبرانه جهانی [۵]

۳-۸ رابطه بین آبرانه کشورها با اقلیم

آنچه هویداست اقلیم هر کشور، بر میزان نیاز آبی محصولات کشاورزی آن کشور تأثیر مستقیم می‌گذارد. بطور معمول کشورهای گرمتر به آبرانه بالاتری به واسطه مصرف بیشتر آب برای تولید فرآورده‌های کشاورزی نیاز دارند. شکل (۳-۱۸)، این موضوع را برای تعدادی از کشورها نشان می‌دهد، ولی بطور کلی نمی‌توان یک نسخه واحد برای کلیه کشورها پیچید. بعنوان مثال بحرین، کویت و قطر با وجود اینکه نیاز تبخیری بسیار بالایی دارند اما در عوض از آبرانه داخلی کمی برخوردار هستند، دلیل این امر این است که عمده نیازهای مواد غذایی و فرآورده‌های کشاورزی این کشورها از سایر کشورها وارد می‌گردد.



شکل (۳-۱۸) ارتباط نیاز تبخیری گیاهان و آبرانه خارجی

حاصل از مصرف تولید کشاورزی [۵]

۳-۹ کمبود آب کشورها و وابستگی به منابع آب خارجی

کشورهایی که با کمبود منابع آب مواجه‌اند و از طرف دیگر حجم آبرانه سالانه آنها از حجم منابع آب تجدیدپذیر سالانه بیشتر باشد، بایستی حجم زیادی آب را از طریق واردات محصولات کشاورزی، تولیدات دامی و صنعتی برای جبران کمبود آب وارد

کنند. به بیان دیگر اینگونه کشورها به منابع آب سایر کشورها وابسته هستند. جدول (۳-۱۱)، جزییات بیشتری در خصوص وابستگی کشورها به منابع آب خارجی را نشان می‌دهد. این جدول به همراه جدول پیوست، ارتباط صریح و روشنی بین کمبود منابع آب داخلی و وابستگی به منابع آب خارجی را نشان نمی‌دهد، ولی به هر حال برای بسیاری از کشورها ارتباط مستقیمی بین کمبود منابع آب و وابستگی به منابع آب خارجی به چشم می‌خورد. به طور مثال کویت، قطر، عربستان سعودی، بحرین، اردن، عمان و لبنان با کمبود بالای منابع آب مواجه هستند و در نتیجه به واردات بسیار بالایی از آب مجازی وابسته می‌باشند و در مقابل کشورهای ایران و مصر با وجود اینکه با کمبود منابع آب مواجه هستند ولی وابستگی شدید به منابع آب خارجی ندارند. این دو کشور از منابع آب داخلی خود برای خودکفایی محصولات کشاورزی در حد بالایی بهره می‌گیرند. البته باید اذعان کرد که واسطه برداشت بی‌رویه آب از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، فشار به منابع آب داخلی این دو کشور نیز بسیار بالاست. همانطوری که گفته شد، ارتباط مستقیمی بین کمبود منابع آب و وابستگی به منابع آب خارجی نمی‌توان مشاهده کرد چرا که قطعاً فاکتورهای دیگری نیز در این فرایند تأثیرگذار هستند که از آن جمله می‌توان به نیروی کار ارزان، سیاست‌های کلان ملی، توان اقتصادی کشور، قیمت محصولات، یارانه‌های کشاورزی و مواردی از این قبیل اشاره کرد.

جدول (۳-۱۱) میزان کمبود منابع آب، وابستگی به آب خارجی و خودکفایی

کشورهای مختلف جهان (۱۹۹۷-۲۰۰۱) [۵]

کشور	کل آب تجدیدپذیر میلیارد متر مکعب در سال	آبرانه داخلی میلیارد متر مکعب در سال	آبرانه خارجی میلیارد متر مکعب در سال	آبرانه کل میلیارد متر مکعب در سال	کمبود آب درصد	خودکفایی آب درصد	وابستگی به آب خارجی درصد
آرژانتین	۸۱۴	۴۸/۳۲	۳/۳۴	۵۱/۶۶	۶	۹۴	۶
آفریقای جنوبی	۵۰	۳۰/۸۷	۸/۶۰	۳۹/۴۷	۷۹	۷۸	۲۲
آلمان	۱۵۴	۵۹/۸۶	۶۷/۰۹	۱۲۶/۹۵	۸۲	۴۷	۵۳
آمریکا	۳۰۶۹	۵۶۵/۸۲	۱۳۰/۱۹	۶۹۶/۰۱	۲۳	۸۱	۱۹
اتریش	۷۷	۴/۸۱	۸/۲۱	۱۳/۰۲	۱۷	۳۷	۶۳
اردن	۰/۸۸	۱/۷۰	۴/۵۸	۶/۲۷	۷۱۳	۲۷	۷۳
ازبکستان	۵۰	۲۲/۷۶	۱/۲۹	۲۴/۰۴	۴۸	۹۵	۵
اسپانیا	۱۱۱/۵	۶۰/۳۸	۳۳/۶۰	۹۳/۹۸	۸۴	۶۴	۳۶
استرالیا	۴۹۲	۲۱/۷۷	۴/۸۰	۲۶/۵۶	۵	۸۲	۱۸
افغانستان	۶۵	۱۶/۸۱	۰/۴۸	۱۷/۲۹	۲۷	۹۷	۳
اندونزی	۲۸۳۸	۲۴۲/۳۰	۲۷/۶۶	۲۶۹/۹۶	۱۰	۹۰	۱۰
انگلستان	۱۴۷	۲۱/۶۷	۵۱/۴۰	۷۳/۰۷	۵۰	۳۰	۷۰
ایتالیا	۱۹۱	۶۵/۹۳	۶۸/۶۷	۱۳۴/۵۹	۷۰	۴۹	۵۱
ایران	۱۳۷	۸۴/۲۴	۱۸/۴۱	۱۰۲/۶۵	۷۵	۸۲	۱۸
بحرین	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۶۱	۰/۷۷	۶۶۰	۲۰	۸۰
برزیل	۸۲۳۳	۲۱۵/۷۲	۱۷/۸۷	۲۳۳/۵۹	۳	۹۲	۸
بلغارستان	۲۱	۹/۹۱	۱/۴۲	۱۱/۳۳	۵۳	۸۷	۱۳
بنگلادش	۱۲۱۰	۱۱۲/۴۴	۴/۰۵	۱۱۶/۴۹	۱۰	۹۷	۳
پاکستان	۲۲۲	۱۵۷/۳۴	۸/۸۸	۱۶۶/۲۲	۷۵	۹۵	۵
پرتغال	۶۸/۷۰	۱۰/۵۰	۱۲/۱۳	۲۲/۶۳	۳۳	۴۶	۵۴
تایلند	۴۰۹	۱۲۳/۲۴	۱۱/۲۲	۱۳۴/۴۶	۳۳	۹۲	۸
ترکمنستان	۲۴	۸/۷۷	۰/۱۸	۸/۹۶	۳۶	۹۸	۲
ترکیه	۲۲۹/۳	۹۲/۱۶	۱۵/۷۹	۱۰۷/۹۵	۴۷	۸۵	۱۵
تونس	۴/۵	۱۲/۶۳	۲/۵۵	۱۵/۱۸	۳۳۳	۸۳	۱۷

کشور	کل آب تجدیدپذیر میلیارد متر مکعب در سال	آبرانه داخلی میلیارد متر مکعب در سال	آبرانه خارجی میلیارد متر مکعب در سال	آبرانه کل میلیارد متر مکعب در سال	کمبود آب درصد	خودکفایی آب درصد	وابستگی به آب خارجی درصد
الجزایر	۱۴	۲۴/۴۹	۱۲/۲۱	۳۶/۶۹	۲۵۵	۶۷	۳۳
چین	۲۸۹۶	۸۲۵/۹۴	۵۷/۴۴	۸۸۳/۳۹	۳۰	۹۳	۷
روسیه	۴۵۰۷	۲۲۸/۸۵	۴۲/۱۳	۲۷۰/۹۸	۶	۸۴	۱۶
ژاپن	۴۳۰	۵۱/۸۷	۹۴/۲۲	۱۴۶/۰۹	۳۴	۳۶	۶۴
سوئد	۱۷۴	۶/۷۳	۷/۶۴	۱۴/۳۷	۸	۴۷	۵۳
سودان	۶۴/۵۰	۶۷/۷۰	۰/۵۵	۶۸/۲۵	۱۰۶	۹۹	۱
سوریه	۲۶	۲۶/۲۴	۲/۹۸	۲۹/۲۲	۱۱۱	۹۰	۱۰
عراق	۷۵/۴۲	۲۷/۲۳	۳/۶۸	۳۰/۹۲	۴۱	۸۸	۱۲
عربستان	۲/۴۰	۱۲/۲۱	۱۳/۶۹	۲۵/۹۰	۱۰۷۹	۴۷	۵۳
عمان	۰/۹۹	۰/۹۱	۲/۹۲	۳/۸۳	۳۸۹	۲۴	۷۶
فرانسه	۲۰۳	۶۹/۱۰	۴۱/۰۹	۱۱۰/۱۹	۵۴	۶۳	۳۷
فیلیپین	۴۷۹	۱۰۴/۴۰	۱۲/۴۵	۱۱۶/۸۵	۲۴	۸۹	۱۱
قطر	۰/۰۵	۰/۱۹	۰/۴۳	۰/۶۲	۱۱۷۶	۳۱	۶۹
کانادا	۲۹۰۲	۴۹/۹۸	۱۲/۸۱	۶۲/۸۰	۲	۸۰	۲۰
کویت	۰/۰۲	۰/۲۸	۱/۹۰	۲/۱۸	۱۰۸۹۵	۱۳	۸۷
گرجستان	۶۳	۳/۹۲	۰/۲۵	۴/۱۷	۷	۹۴	۶
لبنان	۴/۴۱	۲/۱۴	۴/۳۰	۶/۴۴	۱۴۶	۳۳	۶۷
لیبی	۰/۶۰	۶/۷۷	۳/۹۹	۱۰/۷۶	۱۷۹۳	۶۳	۳۷
مالزی	۵۸۰	۳۸/۸۷	۱۵/۰۱	۵۳/۸۹	۹	۷۲	۲۸
مجارستان	۱۰۴	۶/۷۰	۱/۲۹	۷/۹۹	۸	۸۴	۱۶
مصر	۵۸	۵۶/۳۷	۱۳/۱۳	۶۹/۵۰	۱۱۹	۸۱	۱۹
مکزیک	۴۵۷	۹۸/۰۲	۴۲/۱۴	۱۴۰/۱۶	۳۱	۷۰	۳۰
نروژ	۳۸۲	۲/۵۷	۳/۹۹	۶/۵۶	۲	۳۹	۶۱
ویتنام	۸۹۱	۱۰۰/۲۱	۳/۱۲	۱۰۳/۳۳	۱۲	۹۷	۳
هلند	۹۱	۳/۵۰	۱۵/۹۱	۱۹/۴۰	۲۱	۱۸	۸۲
هند	۱۸۹۶	۹۷۱/۳۹	۱۵/۹۹	۹۸۷/۳۸	۵۲	۹۸	۲

فصل چهارم

ارزیابی کاربرد آب مجازی

نگرش‌های مختلف به مفهوم آب مجازی نشان‌دهنده این واقعیت است که در تحلیل ارزش واقعی آب مصرفی برای تولید کالا و خدمات اشکالی وجود دارد و برخی چنین استنباط می‌کنند که تولید و صادرات برخی از محصولات که در فرایند تولید آن‌ها آب خیلی زیادی مصرف می‌شود مانند برنج و گوشت، تلف کردن آب است و اینگونه کشورها با صادر کردن چنین محصولاتی، در واقع تنها منابع با ارزش خود را به هدر می‌دهند. قبل از ورود بیشتر به بحث، بهتر است به عوامل تأثیرگذار بر قیمت و ارزش یک کالا یا خدمات اشاره‌ای داشته باشیم. دو مفهوم کلیدی در این ارتباط وجود دارد:

الف: ارزش یک کالا با توجه به ویژگی‌های آن،

ب: هزینه فرصت (هزینه فرصت از دست رفته).

ویژگی‌های یک کالا همچون ابعاد، اندازه، شکل و زمان تولید اینها می‌توانند به نوبه خود در ارزش نهایی کالا تأثیرگذار باشند.

این منطق که کالاها به خودی خود ارزشمند نبوده و در عوض، ویژگی‌های کالای مورد نظر به آن ارزش می‌دهد اولین بار توسط لانکستر^۱ در سال ۱۹۶۶ مطرح شد. به عنوان مثال، در بازار مسکن، موقعیت مکانی به عنوان یک مشخصه کالا، نقش بسیار مهمی در تعیین ارزش و قیمت آن ایفا می‌کند. فرض کنید چنانچه دو دستگاه آپارتمان از لحاظ طراحی و مصالح ساختمانی کاملاً شبیه به هم، یکی در جنوب شهر و دیگری در شمال شهر احداث شده باشند، در چنین شرایطی ارزش و قیمت این دو

1- Lancaster

آپارتمان تفاوت زیادی خواهند داشت. به همین ترتیب سایر مشخصه‌ها می‌توانند در تعیین ارزش یک کالا مؤثر واقع شوند.

در علم اقتصاد، هزینه فرصت عبارت از هزینه چیزی برحسب فرصت‌های گذشته و منفعتی که می‌توانست از چنان فرصت‌هایی حاصل شود، می‌باشد. برای مثال هزینه فرصت تصمیم کاشت گندم در یک منطقه زراعی می‌تواند در قیاس با کاشت جو و یا حتی واگذاری زمین به صورت چراگاهی برای احشام مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرد.

راجع به مفهوم هزینه فرصت در تحلیل آب مجازی باید گفت که به طور ضمنی چنین فرض می‌شود که اگر آب در فعالیت مورد نظر مصرف نشود، در این صورت می‌توان آن را در فعالیت دیگری مورد استفاده قرار داد، خواه مقصود کشت انواع محصولات کشاورزی در همان منطقه باشد و یا اینکه کلاً در یک فعالیت تجاری دیگری به کار گرفته شود.

در مقایسه آب‌های مجازی، چنین فرض می‌شود که آبی که برای تولید یک کالا یا محصول به کار می‌رود، می‌توانست برای محصول یا فعالیت تجاری دیگری به کار رود، که این در حقیقت همان هزینه فرصت از دست رفته است.

به هر حال، همانطوری که در ادامه بحث خواهیم کرد، هزینه‌های بسیار سنگینی برای کنترل، ذخیره و انتقال آب به عنوان یک عنصر حیاتی در تولید محصولات صرف می‌شود. از طرف دیگر فرصت‌های تغییر کاربری مصرف آب و تخصیص آن به بخش‌های دیگر ممکن است بسیار متنوع باشد.

به طور کلی، آبی که برای اراضی کشاورزی تخصیص داده می‌شود را نمی‌توان به سادگی در سایر بخش‌های تولیدی یا تجاری به مصرف رساند. چرا که معمولاً هیچ نوع زیر ساخت، سیستم انتقال و یا مرکز بهره‌برداری برای چنان آبی تدارک دیده نشده است. به بیان دیگر، برای این نوع آب، احتمال وجود یک مصرف‌کننده جدید،

صرفاً در حد یک حدس و گمان است و به عبارتی، فعلاً رقیب جدی وجود ندارد. در علم اقتصاد، این آب کمترین هزینه فرصت را دارد. بنابراین همانطور که در ادامه بحث خواهیم کرد، آب‌های به کار گرفته شده برای تولید یک محصول هم ارزش نیستند. لذا نتیجه‌گیری صرفاً بر اساس مقایسه حجم آب مجازی دو محصول، احتمالاً منجر به نتایج غلط خواهد شد.

منابع آب گوناگونی در فرایند تولید به کار گرفته می‌شوند. منشأ برخی از این آب‌ها ممکن است رطوبت خاک ناشی از بارندگی یا آب سبز باشد و یا اینکه ممکن است نیازهای آب به شکل آبیاری مستقیم از طریق رودخانه‌ها یا سفره‌های آب زیرزمینی، که همان آب آبی است، تأمین گردد. به علاوه، اینکه بارندگی در چه زمانی از چرخه تولید اتفاق بیافتد، عامل مهمی در تعیین ارزش آب مجازی خواهد داشت. بارندگی که بلافاصله بعد از یک آبیاری کامل اتفاق بیافتد، قاعدتاً ارزش کمتری در قیاس با بارندگی در زمان نیاز، خواهد داشت. با این اوصاف، امکان مقایسه مستقیم این آب با آبی که تقاضاهای متنوع برای مصرف دارد، میسر نمی‌باشد. نهایتاً، باید یادآور شد که سیاست کلی مدیریت منابع آب، حداکثر کردن ارزش واقعی آب به عنوان عنصری کمیاب در فرایند تولید می‌باشد. لذا با در نظر گرفتن این هدف، ارزیابی آب مجازی می‌تواند مفید باشد و مورد توجه قرار گیرد. البته باید اعتراف کرد که آب مجازی علاوه بر طرفداران زیاد، منتقدان زیادی نیز دارد، که در این بخش سعی خواهیم کرد تا نظرات دو گروه را بررسی و نقد نمائیم.

۴-۱ ارزیابی مفهوم آب مجازی

در ارزیابی مفهوم آب مجازی به عنوان یک ابزار کارآمد، برای تحلیل سیاست‌های عمومی و اقتصادی، دو مورد ابهام به شرح زیر قابل بررسی است:

- مسائل مربوط به محاسبه و اندازه‌گیری آب مجازی
- محدودیت‌های کاربردی

۴-۱-۱ مسائل مربوط به محاسبه و اندازه‌گیری آب مجازی

در ارتباط با مشکلات و تنگناهای محاسبه و اندازه‌گیری آب مجازی می‌توان موارد زیر را برشمرد و هر کدام را به فراخور، مورد بررسی و کنکاش قرار داد:

- اصطلاح «اندازه‌گیری»
- اعتبار آمار و ارقام
- مرزهای تولید
- ابهام در تعریف

اصطلاح اندازه‌گیری

همانگونه که بیان شد، آب مجازی یک محصول عبارت است از حجم آبی که برای تولید مقدار معینی از یک محصول مصرف می‌شود. به طور مثال برای تولید یک کیلوگرم گندم ۱۳۰۰ لیتر آب صرف می‌شود.

تعریف فوق، فی‌نفسه متأثر از محدودیت در نحوه اندازه‌گیری می‌باشد. براساس تعریف مذکور، می‌توان مقدار آب مجازی یک نوع محصول (مثلاً فقط سیب‌زمینی) را در مکان‌ها و شرایط مختلف اقلیمی مقایسه کرد. ولی مقایسه آب مجازی محصولات مختلف (دو نوع محصول متفاوت) نه تنها مشکل، بلکه در واقع بی‌معنی نیز خواهد بود. برای مثال در تولید یک کیلو گوشت گاو، اساساً آب بیشتری در قیاس با یک کیلوگرم برنج به کار می‌رود. این نوع قیاس اصولاً بی‌معنی است و اطلاعات مفید چندان را به مخاطب نمی‌دهد. چنانچه آب مجازی یک محصول کشاورزی با آب مجازی یک کالای صنعتی مقایسه گردد، کار ارزشیابی به مراتب سخت‌تر می‌شود.

البته اخیراً روش‌هایی برای ارزشیابی آب مجازی دو محصول غیر همجنس در بخش محصولات غذایی، به کار گرفته شده است. یکی از این روش‌ها، ارزشیابی ارزش غذایی می‌باشد که همان بررسی میزان کالری به لیتر آب است که در فصل سوم مثال‌هایی از آن آورده شد (شکل‌های ۳-۷ و ۳-۸). روش دیگر تبدیل ارزش محصولات به پول و بررسی آب مجازی بر حسب پول می‌باشد که مورد توجه برخی از اقتصاددانان نیز قرار گرفته است (شکل ۳-۹). البته روش اخیر در مورد کالاهای صنعتی، خدمات و غیره نیز قابل کاربرد است.

اعتبار آمار و ارقام

از شروع تولید یک محصول تا عرضه آن به بازار مراحل متنوع زیادی طی می‌شود و در هر مرحله از تولید، به فراخور نیاز ممکن است آب به صورت مستقیم و غیرمستقیم به کار رفته شده باشد که در آن صورت محاسبه آب مجازی محصول نهایی، قاعدتاً از پیچیدگی زیادی برخوردار خواهد بود. گره خوردن تجارت آب مجازی در سطح بین‌المللی بر پایه اینگونه آمار و اطلاعات، سؤالات جدی را در مورد کاربرد این مفهوم مطرح می‌سازد. یانگ^۱ در سال ۲۰۰۶ میلادی با اشاره به همین مشکلات، اشاره می‌کند که «ناپختگی در داده‌های موجود به واسطه پیچیدگی الگوهای تولید در کشورهای مختلف، بروز خطا در محاسبه دقیق آب مجازی را غیرقابل اجتناب کرده است».

در همین ارتباط، زیمر^۲ و رینالت^۳ از کارشناسان فائو، در سال ۲۰۰۳ اظهار داشتند که «از مرحله تخصیص آب برای مصرف محصولات کشاورزی در داخل مزرعه تا عرضه آن به بازار، مسیر بسیار طولانی طی می‌شود که می‌باید فرضیات بسیاری را برای آب مجازی محصول نهایی مد نظر قرار داد». با در نظر گرفتن چنان پیچیدگی‌هایی در محاسبات، مقدار آب مجازی عمدتاً به صورت فرضی بیان می‌شود.

مزارع یا کارگاه‌های تولیدی، با توجه به روش و فناوری به کار گرفته شده، حجم متفاوتی از آب را مصرف می‌کنند. حتی ممکن است نوع منابع آبی که مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد نیز تفاوت داشته باشد. به عنوان مثال صنعت دامپروری در استرالیا با نیمکره شمالی متفاوت است، در استرالیا دامپروری بر پایه ترکیبی از استفاده از چراگاه طبیعی، بعلاوه تأمین خوراک دام از مزارعی که آبیاری تکمیلی می‌شوند استوار می‌باشد. اما نکته در اینجا است که بخشی از علوفه از اراضی دیم و بخشی دیگر از اراضی فاریاب بدست می‌آید. بنابراین ذکر صرفاً یک عدد به عنوان

1- Yang, 2006

2- Zimmer, 2003

3- Renault, 2003

آب مجازی لبنیات در مزارع دامپروری استرالیا می‌تواند گمراه‌کننده باشد. با وجود این، برخی از مطالعات انجام شده، صریحاً عددی را به عنوان آب مجازی اعلام کرده‌اند، بدون اشاره به این مطلب که اصولاً اراضی دامپروری مورد مطالعه از ترکیبی از آبیاری و بارندگی بهره‌مند می‌باشد. لذا بدون داشتن تصویری روشن از چگونگی تولید آن محصول، ذکر اعداد، راهنمایی چندانی نمی‌کند.

برآورد دقیق میزان مصرف واقعی آب در فرایند تولید کالا و خدمات می‌تواند بسیار هزینه‌بر باشد و ممکن است نتایج حاصل، «عدد بزرگی» را برای آب مجازی نشان دهند که قاعدتاً تفسیر و تشریح آن بسیار سخت خواهد بود. در راستای این ابهام‌زدایی، چنانچه هزینه‌های سنگینی برای تحقیقات پرداخت شود، باز هم جای این سؤال باقی است که آیا نتایج حاصله آن‌قدر سودمند خواهد بود که این همه تلاش و هزینه را توجیه پذیر نماید؟

مرزهای تولید

از ابتدایی‌ترین مرحله تولید تا عرضه محصول به بازار فرایندهای زیادی طی می‌شود، و در هر مرحله از فرآوری محصول، نسبت به مرحله قبل مقدار معینی آب به صورت مستقیم و غیرمستقیم صرف می‌شود. علاوه بر این، محصول اولیه نیز ممکن است در طی فرایندهای مختلف، با محصولات دیگری ترکیب شود و کالای جدیدی به وجود آید. مرزبندی میزان آب مصرفی طی فرایندهای مختلف و در نهایت تعیین سهم آب مصرفی برای یک کالا، عملاً کار پیچیده و سختی است. همین سختی و پیچیده بودن محاسبه، باعث نادیده انگاشتن حجم زیادی از آب، از مجموع آب مجازی می‌گردد. برای مثال، در تولید لبنیات، هیچگاه همه آب‌های مصرف شده برای تولید، نگهداری و حمل و نقل شیر مد نظر قرار نمی‌گیرد. از جمله مراحل فرآوری شیر، نگهداری در سردخانه، مرحله پاستوریزه کردن، آبی که برای تولید پاکت‌های بسته‌بندی مصرف می‌شود و غیره، همه و همه جزو آب مصرفی عرضه شیر به بازار می‌باشند.

ابهام در تعریف

به نظر می‌رسد در تعریف آب مجازی و نحوه محاسبه آن ابهاماتی وجود دارد و در مطالعات مختلف همگرایی کمی نسبت به مفاهیم کلی آب مجازی دیده می‌شود. مهمترین ابهام، چگونگی اندازه‌گیری آب مجازی در یک مزرعه تولیدی می‌باشد. در زیر به برخی از اظهار نظرها و تعاریف در مورد آب مجازی اشاره می‌شود.

- میزان حجم آب مجازی محصولات کشاورزی با میزان تبخیر و تعرق گیاهان در طی دوره رشد برابر است. اصولاً آب مجازی همان نیاز خالص آب مورد نیاز گیاهان می‌باشد. یا به عبارت دیگر دقیقاً همان مقدار آبی است که گیاه واقعاً مصرف می‌کند [۱۰].
- اندازه‌گیری آب مجازی، باید در سطح مزرعه ملاک قرار گیرد. یعنی از محل تحویل آب در سر مزرعه محاسبه گردد. در این حالت آب تحویلی از کانال‌های بالادست (درجه یک، دو و سه) در معادلات آب مجازی وارد نمی‌شود، ولی در عوض آب خارج شده از انتهای کرت‌ها، زه‌آب‌ها و راندمان مزرعه می‌باید در محاسبات داخل شود [۱۰].
- آب مجازی، برابر با میزان حجم ناخالص آب آبیاری که از بند انحرافی یا سد تحویل گرفته می‌شود، می‌باشد.
- در محاسبه آب مجازی باید راندمان‌ها، تلفات آب و تبخیر از سطح کانال‌ها از نقطه تحویل تا محل مصرف را در نظر گرفت.

با پذیرش هر کدام از تعاریف فوق، مقدار آب مجازی نیز به تناسب تغییرات زیادی خواهد داشت. در حالتی که صرفاً نیاز واقعی مصرف گیاه از آب ملاک قرار گیرد کمترین مقدار آب مجازی، و در حالتی که راندمان، تلفات آب از کانال‌ها و آب ورودی در بالاترین نقطه تحول ملاک سنجش باشد آب مجازی بیشترین مقدار را نشان خواهد داد. با این وصف، بازه وسیعی از فرضیات و رویکردها حول محور آب مجازی وجود دارد و رفع آن نیازمند استاندارد سازی مفهوم آب مجازی در سطح جهان می‌باشد. شورای جهانی آب در سال ۲۰۰۴ میلادی به کشورهای جهان توصیه کرد: «دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی می‌باید آب مجازی را به عنوان ابزاری برای

تحلیل سیاست‌های کشاورزی و مدیریت منابع آب، در سطح ملی و منطقه‌ای به کار بندند» [۲۶]. بنابراین استانداردها و رویه‌های معمول در تعریف آب مجازی می‌باید مورد تجدید نظر قرار گیرد تا مقدمات لازم برای استفاده از آن به عنوان ابزاری کارآمد در تحلیل سیاست‌های کلان مدیریت منابع آب و کشاورزی منطقه و کشور فراهم آید. از طرف دیگر برای اینکه مفهوم آب مجازی بتواند به طور مؤثر به کارشناسان و مدیران کمک نماید، پیش از هر چیز، خود این مفهوم می‌بایست شفاف‌سازی گردد.

۴-۱-۲ محدودیت‌های کاربرد

یکی از محدودیت‌های جدی در استفاده از مفهوم آب مجازی این است که این مفهوم نمی‌تواند بین حجم آب‌های به مصرف رسیده تفاوتی قائل شود، یا حتی قادر به ارائه توصیه جایگزین‌هایی برای مصرف آب در دسترس نمی‌باشد. البته با استفاده از این مفهوم می‌توان مجموع آب به کار رفته برای تولید یک محصول را بدست آورد. بعلاوه امکان مقایسه آب مجازی محصولات در نقاط مختلف یک کشور یا جهان میسر می‌باشد.

این جمله که «آب همان آب است» در حقیقت منجر به عدم توجه به هزینه فرصت آب‌های به کار رفته می‌شود. یعنی بهترین گزینه در استفاده از آب در بخش‌های مختلف همچون زیست‌محیطی، اجتماعی یا اقتصادی مورد توجه قرار نخواهد گرفت. اصولاً باید دقت کرد که آب باران با آب ذخیره شده در مخزن سدها که ممکن است برای آبیاری گیاهان به کار گرفته شود، تفاوت دارند. همچنین آب پشت سد نیز با آب تصفیه شده برای شرب و یا حتی آب‌های درون لوله از لحاظ ارزش اقتصادی تفاوت دارند.

در برخی از کشورها، آب از سفره‌های آب زیرزمینی (آب آبی) استخراج می‌شود تا زمین‌های شالیزاری را آبیاری کند، و در بسیاری از کشورهای دنیا، به واسطه پمپاژ زیاد آب از سفره‌های آب زیرزمینی، این منابع ارزشمند در معرض خطر قرار دارند. مدافعان تئوری آب مجازی معتقدند خیلی منطقی به نظر نمی‌رسد که سفره‌های آب

زیرزمینی در معرض خطر قرار گیرند در حالی که کشورهایی هستند که به راحتی و بدون تحمیل کمترین هزینه بر محیط زیست قادر به تولید برنج می‌باشند و می‌توان برنج را از آن کشورها وارد کرد. به عنوان مثال برنج که محصول استراتژیک تایلند می‌باشد و بیشترین تولید را در جهان دارد، عمدتاً در مناطقی کشت می‌شود که باران‌های موسمی فراوانی داشته و در نتیجه عمده اراضی برنج در تایلند نیاز به آبیاری مستقیم ندارند (فقط یک سوم برنج تایلند به صورت فاریاب کشت می‌شوند).

آب‌های آبی به راحتی به هدر می‌روند حال آن که به واسطه امکان مدیریت‌پذیری آنها روش‌های زیادی برای ارتقای کارایی و اثربخشی اینگونه آب‌ها وجود دارد. اما مدیریت آب‌های سبز به راحتی میسر نیست و گزینه‌های پیش رو برای مدیریت آب‌های سبز بسیار محدود است. عمده مصرف آب سبز در رشد و نمو گیاهان است. تصمیم‌گیری کلان زمانی سخت‌تر می‌شود که گزینه‌های متعددی برای نحوه استفاده از اراضی و آب وجود داشته باشد. برای نمونه چراگاه‌ها و مراتع را در نظر بگیرید. از اینگونه اراضی می‌توان به صورت‌های زیر بهره‌برداری کرد:

الف- مراتع و اراضی را می‌توان برای احیای مجدد و تبدیل آنها به جنگل با هدف کنترل فرسایش، تولید الوار، تولید محصولات جنگلی، زیستگاه و حتی جذب توریست در نظر گرفت.

ب- اراضی را می‌توان برای کشت چندگانه یا چند نوبتی گیاهان اختصاص داد.

ج- اراضی را به تولید یک نوع محصول خاص مثل ذرت اختصاص داد.

د- اراضی برای چرای حیوانات به حال خود رها گردد.

ه- اراضی برای توسعه روستا یا سایر موارد استفاده گردد.

به هر حال، تصمیم‌گیری در خصوص کاربری اراضی، به نوعی به تصمیم‌گیری در خصوص کاربرد آب نیز بستگی دارد. در موارد مذکور آب سبز در گزینه‌های ب، ج و د در کشاورزی استفاده خواهد شد. در گزینه الف، آب سبز برای محیط زیست طبیعی تخصیص می‌یابد. در گزینه ه، آب سبز کاملاً نادیده انگاشته خواهد شد و منافع دیگری دنبال می‌گردد. در کل، برای مناطق مختلف با توجه به شرایط کاربری

اراضی و با تأکید بر استفاده بهینه از آب سبز و با توجه به ارزش‌ها و پتانسیل‌های نهفته در آنجا می‌بایست تصمیم‌گیری شود. حتی اگر منابع آب کافی در دسترس باشد نباید از موقعیت‌هایی که آب سبز می‌تواند به وجود آورد غافل بود. شعار تولید بیشتر از هر قطره آب که زمانی هدف اصلی بود امروزه باید به سود بیشتر از هر قطره تبدیل شود. منظور از واژه «سود» در اینجا نه تنها سود اقتصادی، بلکه سود در زمینه مسائل مختلفی همچون موضوعات اجتماعی و محیط زیست می‌باشد و به عبارت دیگر سود چند جانبه یا همه جانبه باشد (شکل ۴-۱).



شکل (۴-۱) شمایی از فرصت‌های امکان‌پذیر در بهره‌برداری از منابع آب در یک حوضه آبریز

مثلاً بین آب مجازی گوشت تولید شده از دامپروری که در چراگاه‌های طبیعی بدست می‌آید (استفاده از آب باران بدون هیچ جایگزینی) و آب مجازی گوشت تولید شده در یک دامپروری صنعتی که در آنجا تغذیه دام‌ها با علوفه برداشت شده از اراضی آبی کشاورزی صورت می‌گیرد، از لحاظ ارزش اقتصادی و هزینه فرصت، تفاوت بسیار زیادی وجود دارند.

۴-۲ عوامل تولید در کشاورزی

آب یکی از فاکتورهای اصلی در تولید محصولات کشاورزی به شمار می‌آید. علاوه بر آب، عوامل مهم دیگری همچون بذر، زمین، انرژی خورشید، نیروی کار، ماشین‌آلات، کود و غیره نیز در تولید دخیل هستند. برخی از منتقدان بر این باورند که آب مجازی فقط تأثیر یکی از عوامل را بر تولید مورد کنکاش قرار می‌دهد، و اثر سایر عوامل (بذر، زمین و غیره) در تولید نادیده انگاشته می‌شود. لذا این مفهوم را ناقص می‌دانند [۱۰].

بدون شک در کشاورزی روابط متقابل بین نهاده‌ها یک امر معمول به حساب می‌آید، و قطعاً هر یک از عوامل تولید بر سایر عوامل دیگر اثرگذار است. مثلاً اثربخشی کود در تولید، بسیار به آب وابسته است.

باید اذعان کرد که در مفهوم آب مجازی، آب به عنوان یک عنصر «کمیاب» در چرخه تولید فرض شده و سیاست‌های مدیریتی عمدتاً بر چگونگی تخصیص آب بین فعالیت‌ها و موقعیت‌های مکانی مختلف بدون توجه به تأثیر سایر عوامل دیگر اتخاذ می‌شود. در حال حاضر کمبود منابع آب در بسیاری از کشورها، باعث اثرات منفی در کلیه ابعاد اجتماعی، اقتصادی و حتی سیاسی گشته است و نمی‌توان تأثیر فوق‌العاده زیاد آب را بر کلیه امور زندگی انسان‌ها نادیده گرفت و صرفاً آن را هم‌تراز با سایر نهاده‌های کشاورزی در فرایند تولید فرض کرد.

۴-۳ مزیت‌های نسبی و تنگناها در تجارت آب مجازی

به طور میانگین سالانه بالغ بر ۱۶۲۵ میلیارد متر مکعب آب به‌صورت مجازی از طریق تجارت محصولات کشاورزی، دامی و صنعتی جابجا می‌شود. حجم آب مجازی مبادله شده از طریق تجارت محصولات کشاورزی حدود ۱۰۰۰ میلیارد متر مکعب در سال است که بالغ بر ۶۰ درصد کل مبادلات آب مجازی جهان می‌باشد. همچنین حدود ۷۰ درصد تجارت محصولات کشاورزی را مواد غذایی تشکیل می‌دهد.

[فائو]. درآمد حاصل از صادرات محصولات کشاورزی در جهان، به ارزش وزنی ۹۴۰ میلیون تن در سال ۲۰۰۵ میلادی بیش از ۶۴۰ میلیارد دلار بوده است که نشان دهنده اهمیت و سهم آن در تجارت جهانی است. کشور آمریکا با صادرات ۶۶/۹ میلیارد دلار محصولات کشاورزی در رتبه اول، هلند با ۴۲/۴ میلیارد دلار در رتبه دوم و کشور ایران با ۲/۲ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۵، در رتبه ۴۴ قرار دارد (جدول ۴-۱). اگر بپذیریم جابجایی آب بدون حرکت فیزیکی آن به گونه‌ای تجارت آب مجازی است، در آن صورت نقش داد و ستد محصولات کشاورزی که حاوی حجم زیادی آب مجازی هستند در این نقل و انتقال حایز اهمیت می‌باشد.

در حال حاضر، تجارت آب مجازی از لحاظ اقتصادی «نامرئی» و از لحاظ سیاسی «غیر فعال» است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود سیاست‌مدران و مدیران ارشد منابع آب کشورها، زیاده از حد روی تجارت آب مجازی تمرکز نکنند، بلکه بیشتر تلاش شود بهره‌وری آب ارتقاء یافته و مدیریت مصرف آب بهبود یابد [۱۵].

راهبرد تجارت آب مجازی، بیشتر به عنوان یک اقدام مکمل همراه با سایر اقدامات لازم در مدیریت منابع آب پایدار معقول است و به عنوان یک راهبرد سیاست‌گذاری و تجاری مستقل، مضر به نظر می‌رسد. تجارت آب مجازی، به عنوان یک اقدام حمایتی، هنگامی مناسب است که تأمین کننده منافع ملی از جنبه امنیت غذایی و آبی کشور باشد [۱۵].

تجارت آب مجازی به عنوان یک سیاست فراگیر برای کشورها، از یک سو مستلزم درک عمیق از تأثیرات آن نه تنها بر وابستگی‌ها و تعاملات بین‌المللی تجارت جهانی است بلکه از سوی دیگر نیازمند شناخت صحیح شرایط محلی، اجتماعی، زیست محیطی، اقتصادی و فرهنگی می‌باشد. علاوه بر این، داشتن تجارت آب مجازی پایدار، مستلزم قوانین عادلانه تجاری و حصول اطمینان از دسترسی به غذا، امنیت غذایی محلی، ملی و منطقه‌ای برای همه مردم می‌باشد. اهم عوامل تأثیر گذار بر تجارت آب مجازی در ادامه تشریح شده است.

جدول (۱-۴) ارزش صادرات محصولات کشاورزی در چند کشور جهان
(میلیارد دلار) [فائو].

ردیف	نام کشور	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵
۱	آمریکا	۵۷/۹	۵۶/۹	۶۳/۶	۶۵/۳	۶۶/۹
۲	هلند	۲۸/۵	۳۳/۳	۴۳/۰	۴۹/۱	۵۲/۴
۳	فرانسه	۳۲/۳	۳۵/۹	۴۳/۳	۴۸/۰	۴۸/۶
۴	آلمان	۲۵/۲	۲۷/۳	۳۳/۹	۴۰/۴	۴۳/۷
۵	برزیل	۱۶/۳	۱۷/۰	۲۱/۲	۲۷/۹	۳۱/۷
۶	بلژیک	۱۷/۳	۱۸/۸	۲۲/۸	۲۶/۶	۲۷/۵
۷	ایتالیا	۱۶/۰	۱۷/۷	۲۱/۰	۲۴/۹	۲۵/۸
۸	اسپانیا	۱۴/۶	۱۶/۶	۲۱/۶	۲۴/۶	۲۵/۳
۹	انگلیس	۱۳/۷	۱۵/۰	۱۷/۶	۲۱/۶	۲۲/۰
۱۰	کانادا	۱۷/۴	۱۶/۷	۱۷/۸	۲۰/۸	۲۲/۰
۱۱	استرالیا	۱۶/۲	۱۶/۴	۱۵/۵	۲۱/۲	۲۰/۵
۱۲	چین	۱۲/۲	۱۳/۸	۱۶/۳	۱۶/۷	۲۰/۰
۱۳	آرژانتین	۱۱/۱	۱۱/۲	۱۴/۱	۱۶/۱	۱۸/۲
۱۴	دانمارک	۹/۶	۱۰/۲	۱۱/۹	۱۳/۷	۱۴/۲
۱۵	تایلند	۷/۷	۸/۴	۱۰/۶	۱۲/۳	۱۲/۶
۱۶	نیوزلند	۶/۹	۷/۰	۸/۲	۱۰/۳	۱۱/۲
۱۷	اندونزی	۴/۵	۶/۳	۷/۱	۹/۵	۱۱/۰
۱۸	مالزی	۵/۵	۷/۴	۹/۶	۱۱/۰	۱۰/۸
۱۹	مکزیک	۷/۶	۷/۹	۸/۷	۹/۹	۱۰/۷
۲۰	ایرلند	۶/۰	۶/۳	۷/۷	۹/۵	۱۰/۳
۲۱	هند	۵/۴	۵/۷	۶/۷	۷/۳	۹/۴
۲۲	لهستان	۲/۹	۳/۱	۴/۲	۶/۸	۸/۷
۲۳	اتریش	۳/۸	۴/۲	۵/۷	۷/۵	۸/۷
۲۴	ترکیه	۴/۱	۳/۵	۴/۹	۶/۰	۷/۸
۲۵	شیلی	۳/۶	۳/۹	۴/۱	۴/۷	۵/۳

ردیف	نام کشور	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵
۲۶	اکراین	۱/۹	۲/۵	۲/۸	۳/۵	۴/۵
۲۷	کلمبیا	۲/۷	۲/۷	۲/۸	۳/۴	۴/۴
۲۸	آفریقای جنوبی	۲/۳	۲/۵	۳/۲	۳/۶	۴/۲
۲۹	مجارستان	۲/۴	۲/۷	۳/۳	۳/۶	۴/۱
۳۰	ویتنام	۲/۰	۲/۱	۲/۵	۳/۳	۴/۰
۳۱	سوئد	۲/۰	۲/۳	۲/۹	۳/۴	۳/۸
۳۲	یونان	۲/۴	۲/۵	۳/۰	۳/۱	۳/۷
۳۳	سنگاپور	۲/۶	۲/۷	۲/۶	۳/۱	۳/۷
۳۴	سوئیس	۲/۲	۲/۴	۲/۸	۳/۳	۳/۶
۳۵	روسیه	۱/۲	۱/۹	۲/۴	۲/۲	۳/۵
۳۶	چک	۱/۴	۱/۵	۱/۹	۲/۷	۳/۴
۳۷	هنگ کنگ	۳/۸	۳/۶	۳/۶	۳/۵	۳/۳
۳۸	پرتغال	۱/۵	۱/۷	۲/۱	۲/۵	۲/۷
۳۹	پرو	۱/۷	۱/۷	۱/۷	۲/۳	۲/۷
۴۰	کره جنوبی	۱/۷	۱/۷	۲/۰	۲/۲	۲/۴
۴۱	فلیپین	۱/۴	۱/۵	۲/۰	۲/۱	۲/۲
۴۲	کاستاریکا	۱/۶	۱/۶	۱/۸	۲/۰	۲/۲
۴۳	اکوادور	۱/۵	۱/۷	۲/۰	۲/۰	۲/۲
۴۴	ایران	۱/۱	۱/۲	۱/۶	۱/۵	۲/۲

۴-۳-۱ امنیت غذایی و خودکفایی غذایی^۱

امنیت غذایی عبارت است از توانمندی یک کشور در فراهم آوردن مواد غذایی سالم و کافی برای جامعه، به گونه‌ای که همه افراد آن جامعه بتوانند به راحتی به غذا دسترسی داشته باشند. این هدف با تلاش برای خودکفایی غذایی از طریق تولید کلیه

1- Food Self-Sufficiency

مواد غذایی از منابع داخلی، یا با ترکیب تولیدات داخلی و واردات مواد غذایی، قابل اجرا می‌باشد. امنیت غذایی برای برنامه‌ریزی درازمدت یک کشور امری ضروری است و شامل تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری ملی در توسعه زیر ساخت‌ها و روابط بین‌الملل می‌گردد.

کشورها در چگونگی رویکرد به امنیت غذایی مستقل عمل می‌کنند. کشورهای پر جمعیت از قبیل چین، هند و اندونزی مایلند از نظر غذایی خودکفا باشند. یعنی کلیه مواد غذایی را از منابع داخلی تأمین کنند تا مانع از وابستگی به کشورهای خارجی برای فراهم آوردن مواد غذایی اصلی شود. از طرف دیگر بازارهای بزرگتر مواد غذایی از قبیل بازارهای اروپا، آمریکا و ژاپن توجه بیشتری به «سالم بودن» مواد غذایی وارداتی دارند. کیفیت محصولات، نحوه فراوری و سالم بودن مواد غذایی از عوامل محدودکننده‌ای است که کشورهای صادرکننده محصولات کشاورزی که بعضاً از سطح استاندارد پایینی برخوردارند با آن مواجه می‌باشند. به طور کلی سطح استاندارد با توان اقتصادی و توسعه یافتگی اجتماعی کشورها مرتبط است. از این رو اغلب کشورهای در حال توسعه قادر به پیروی از استانداردهای سخت‌گیرانه کشورهای غربی نیستند و لذا توازن تجارت مواد غذایی از پیچیدگی خاصی برخوردار می‌باشد.

۴-۳-۲ ابهامات بنیادی

با وجود اینکه کمبود آب مهمترین عامل محدود کننده برای تولید مواد غذایی به شمار می‌رود، با این حال، این سطح درآمد سرانه کشورهاست که در نحوه تأمین امنیت غذایی تعیین‌کننده می‌باشد. برخی از کشورهای فقیر، فاقد توان مالی کافی برای توسعه امور زیربنایی کشاورزی یا خرید فرآورده‌های غذایی از بازارهای بین‌المللی می‌باشند. بهبود امنیت غذایی این‌گونه کشورها، تا اندازه زیادی بستگی به کشاورزی دیم، به همراه آبیاری کم هزینه دارد. با توجه به موارد فوق‌الذکر، چهار سؤال اساسی در ارتباط با آب مجازی وجود دارد:

- آیا سرمایه‌گذاری در توسعه امور زیربنایی آبیاری، زهکشی، مدیریت سیلاب، حمل و نقل و غیره در راستای نیل به خودکفایی غذایی لازم و موجه است؟ یا اینکه می‌توان این سرمایه‌گذاری‌ها را برای بخش‌های دیگر اقتصادی هزینه کرده و در عوض مواد غذایی مورد نیاز مردم را از سایر کشورها وارد کرد؟
- در ارتباط با امنیت غذایی، آیا می‌توان به بازار جهانی مواد غذایی اعتماد کرد؟ چه نوع خطراتی پیش‌روی کشورهای واردکننده مواد غذایی وجود دارد و یا اینکه وابستگی غذایی چه مشکلاتی را می‌تواند برای کشورها به وجود آورد؟ چگونه می‌توان ریسک ناشی از اینگونه خطرات را به حداقل رساند؟
- تا چه میزان تولید مواد غذایی از منابع آب داخلی برای کسب امنیت غذایی، با توجه به حفظ محیط‌زیست، قابل توجیه است؟
- به عنوان یک کشور واردکننده، آیا خطرات ناشی از واردات مواد غذایی ناسالم بر سلامت و بهداشت مردم به واسطه به کارگیری کودها و سموم شیمیایی در کشاورزی و یا بر هم زدن تعادل ژنتیکی گیاهان برای تولید بیشتر قابل پیشگیری است؟

تأمین امنیت غذایی و فراهم آوردن محیط زیست پایدار از دلایل اصلی مدافعان تجارت آب مجازی به عنوان ابزار سیاست‌گذاری آب می‌باشد. با به کارگیری منابع آب کمیاب داخلی در فعالیتهای اقتصادی پر بازده، و در عوض با واردات مواد غذایی به جای تولید آنها در داخل، ممکن است کشورهای کم آب در وضعیت بهتری قرار گیرند. ولی با وجود این، اینگونه کشورها باید مراقب باشند برای اساسی‌ترین نیاز بشری که آب و مواد غذایی می‌باشد، بیش از حد به منابع خارجی وابسته نشوند. عاملی که ممکن است نگرانی به وابستگی را کاهش دهد، وجود منابع چندگانه برای واردات مواد غذایی و جلوگیری از توسعه شرکت‌های مافیایی و شبه انحصاری است. وضعیت منابع آب در بعضی کشورها آنچنان وخیم است که گزینه‌ای جز وارد کردن اقلام غذایی ندارند. با وجود این، کشورهایی هم هستند که با وجود شرایط نه چندان

بحرانی در منابع آب، ترجیح می‌دهند به جای تولید از منابع آب و خاک داخلی، مواد غذایی را وارد کنند. امنیت غذایی از نظر سیاسی، موضوع بسیار حساسی است. تهیه مواد غذایی در جهان نیاز به تحلیل خطرپذیری، بررسی هزینه‌ها، تصمیم‌گیری‌های کوتاه مدت و بلند مدت، نوع سرمایه‌گذاری‌ها و شناخت بازار جهانی دارد.

۴-۳-۳ بی‌اعتمادی به تجارت جهانی

تجارت آب مجازی بستگی به قوانین جاری بازار جهانی، که امروزه به وسیله سازمان تجارت جهانی کنترل می‌شود، دارد. شرایط کنونی و روابط حاکم بر تجارت جهانی، برای پیشبرد اهداف تجارت آب مجازی، حداقل برای کشورهای فقیر جهان چندان مناسب نیست. یارانه‌های کشاورزی، تعرفه‌ها و سهمیه‌های وارداتی به ویژه از سوی آمریکا، اتحادیه اروپا و ژاپن، بزرگترین موانع تجارت آزاد به‌شمار می‌روند و توسعه بازار آب مجازی را به طور قابل ملاحظه‌ای محدود ساخته است. حجم زیاد یارانه‌های کشاورزی در کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی، که روزانه حدود یک میلیارد دلار می‌باشد بر قیمت‌های تمام شده محصولات کشاورزی کشورهای در حال توسعه و بر بازدهی اقتصاد کشاورزی تأثیر زیادی دارد که به ضرر تولید کنندگان کشورهای در حال توسعه می‌باشد.

تجارت آب مجازی موجب وابستگی کشورها به یکدیگر می‌شود؛ همچنین بر قیمت مواد غذایی، تعاملات تجارت جهانی، عوارض و تعرفه‌ها تأثیر می‌گذارد.

در حقیقت، موضوع آب مجازی به موضوع جهانی‌سازی گره خورده است. برخی مدعی هستند که افزایش تجارت جهانی موجب همبستگی ملت‌ها می‌شود. تجارت آب مجازی می‌تواند هم به عنوان انگیزه همکاری، و یا هم دلیلی برای تضاد و درگیری احتمالی باشد. از طریق توسعه روابط سیاسی و تجاری میان مناطق، و ایجاد کشورهای بازار مشترک، تعداد زیادی از موانع تجارت آب مجازی را می‌توان از میان برداشت. این اقدام، مستلزم ثبات سیاسی، اعتماد و علاقه متقابل است.

در رابطه با تجارت آب مجازی، باید نیازهای مواد غذایی وارداتی کشورهای کم آب، و تمایل کشورهای پر آب برای تولید این فرآورده‌ها، شرایط اقلیمی و بستر زراعی مناسب و قیمت مورد قبول برای کشورهای واردکننده را در نظر داشت. اگر کشورها نتوانند از عهده پرداخت هزینه فرآورده‌های وارداتی برآیند، ممکن است با وجود شرایط کم آبی کشورشان، تولید فرآورده‌های کشاورزی را به عنوان یک اولویت در دستور کار خود قرار دهند. روابط و اقدامات ناسالم در تجارت مواد غذایی، ناشی از این حقیقت است که بازی رقابت بین کشورهای مختلف جهان براساس قوانین و مقرراتی است که از دیدگاه بسیاری از کارشناسان و عموم مردم ناعادلانه است. برخی از کشورهایی که صادر کننده گسترده آب مجازی هستند متأسفانه همان کشورهایی هستند که به دلایلی متهم به اقدامات نفرت‌انگیز در تجارت مواد غذایی برای تثبیت قیمت‌ها می‌باشند. صادرات مواد غذایی که عمدتاً در انحصار برخی کشورهاست، ممکن است با سوءاستفاده‌ها و فشارهای سیاسی همراه باشد. در صورتی که یک سری اصول، قوانین، مقررات و نظام‌های تصمیم‌گیری دقیق طراحی و اعمال نشود، وضعیت امنیت غذایی مردم در نظام تجارت جهانی نه تنها بهبود نخواهد یافت بلکه حتی وخیم‌تر هم خواهد شد.

۴-۳-۴ تعاملات بر رودخانه‌های مشترک

هر چند مبادله آب مجازی بین کشورها به صورت تئوری قادر به کاهش فشار بر منابع آب کشورهای کم آب می‌باشد، اما به هر حال مسائل سیاسی، اقتصادی و فنی آن می‌باید مورد توجه و کنکاش قرار گیرد تا حداقل تضمینی برای موفقیت آن وجود داشته باشد. در مدل تجارت آب مجازی، به کشورهای کم آب توصیه می‌شود مواد غذایی مورد نیاز خود را از کشورهای پر آب تأمین کنند، به جای اینکه از منابع آب محدود خود مستقیماً برای تولید مواد غذایی و سایر نیازها استفاده نمایند. در این صورت نیازها و به دنبال آن سفارش خرید مواد غذایی از کشورهای پر آب افزایش خواهد یافت و در نتیجه احتمالاً به خاطر سودآور بودن تجارت مواد غذایی،

کشورهای پر آبی که در بالادست رودخانه‌های بین‌المللی مشترک هستند اقدام به گسترش سطح زیر کشت و استفاده بیشتر از منابع آب مشترک خواهند کرد و طبیعتاً در این حالت کشورهای که در پایین‌دست رودخانه‌ها هستند، دچار مشکلاتی نظیر کم آبی، بر هم خوردن توازن آبی و برنامه‌های کشاورزی و کاهش امنیت غذایی خواهند شد. در صورتی که ممکن است تا پیش از این، پایداری نسبی در کشاورزی این گونه کشورها وجود داشته است.

البته توسعه همکاری‌های منطقه‌ای ایده بسیار جالبی برای تضمین موفقیت تجارت آب مجازی می‌باشد. مثلاً، یکی از دغدغه‌های کشورهای خاورمیانه کمبود آب می‌باشد و همین عامل سبب اختلافات سیاسی می‌شود. مبادله آب مجازی از کشورهای پر آب به کم آب ابزار مناسبی برای به حداقل رسانی اختلافات سیاسی و نظامی بر سر آب خواهد بود، به شرطی که همه جنبه‌های فنی، اقتصادی، سیاسی و اجتماعی آن مطالعه گردد.

۴-۳-۵ قیمت و یارانه

کشورهای مختلف جهان به منظور پیاده‌سازی برنامه‌های حمایتی از مردم و کشاورزان، گاه با تزریق یارانه به بخش کشاورزی سعی در پایین نگاه‌داشتن قیمت‌ها دارند. سیاست‌های بخشی، همانند معافیت‌های مالیاتی کشاورزان و نظارت بر قیمت نهاده‌های کشاورزی با هدف مدیریت بازار از جمله سیاست‌های رایج در بسیاری از کشورهای جهان می‌باشد. از این دیدگاه، جاری شدن سیاست آب مجازی ممکن است اثرات منفی یا مثبتی بر قیمت‌ها و یارانه‌ها به شرح زیر باقی بگذارد:

- با افزایش تجارت آب مجازی، عایدات کشورهای پر آب از بخش کشاورزی بیشتر خواهد شد و همین عامل سبب بازنگری احتمالی در یارانه‌های دولتی به کشاورزان گردد. برخی معتقدند که یارانه‌ها در کشاورزی سبب کاهش اشتیاق زارعین به بهبود راندمان در استفاده از نهاده‌های کشاورزی شده است. افزایش درآمد کشاورزان، عزم طرفداران حذف معافیت‌های مالیاتی و یارانه‌ها را برای تحقق اهدافشان راسخ‌تر می‌کند.

▪ سهم آب بها در مجموعه نهاده‌های کشاورزی در کشورهای مختلف متفاوت است. مثلاً در شمال چین، ۱۰ درصد گندم به عنوان آب بها اخذ می‌شود، در صورتی که در آمریکا، اتحادیه اروپا و استرالیا حدود ۲ درصد و در برخی از کشورها، آب حتی رایگان است. پیاده سازی سیاست تجارت آب مجازی احتمالاً بر مقدار پایه آب بها و سایر نهاده‌های کشاورزی تأثیرگذار خواهد بود.

۴-۳-۶ سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها یا واردات آب مجازی

برخی از کارشناسان بر این باور هستند که تجارت آب مجازی می‌تواند جایگزین مناسبی برای انتقال بین حوضه‌ای آب که در برخی از کشورها در جریان است، باشد. چین و هند سرمایه‌گذاری زیادی برای انتقال بین حوضه‌ای آب انجام داده‌اند. بر اساس نظر این کارشناسان، می‌توان به جای سرمایه‌گذاری سنگین برای انتقال فیزیکی آب، آن را به صورت مجازی وارد یا صادر کرد و این روش ارزان‌تر از سرمایه‌گذاری در پروژه‌های بزرگ‌مقیاس انتقال بین حوضه‌ای آب است. امنیت پایدار غذایی و پرهیز از وابستگی‌های سیاسی-جغرافیایی از یک سو و از طرف دیگر ایجاد اشتغال و برگشت سرمایه‌گذاری اولیه در درازمدت از جمله علل توجه کشورها به خودکفایی نسبی است. اصولاً در شرایط کنونی باور بر آن است که خودکفایی نسبی و سرمایه‌گذاری برای امنیت غذایی، ریسک کمتری برای مواجهه با هزینه‌های گزاف سیاسی و اقتصادی خواهد داشت [۲۶].

۴-۳-۷ رژیم غذایی

یک رژیم غذایی سبزی‌خوار در مقایسه با رژیم غذایی گوشت محور به مقدار آب کمتری در چرخه تولید نیازمند است. اصولاً در جوامعی که قدرت خرید مردم بهبود یافته، به مرور زمان رژیم غذایی آنها نیز تغییر کرده است. بدین لحاظ هر اندازه که درآمد افزایش می‌یابد تنوع در رژیم غذایی نیز افزایش می‌یابد و احتمالاً غذاهای

پرهزینه و متنوع، جایگزین فرهنگ غذایی پیشین می‌شود. با بهبود درآمد سرانه و تغییر فرهنگ غذایی مردم، احتمالاً به غذای بیشتر و در نهایت به آب بیشتر برای تولید فرآورده‌های غذایی نیاز خواهد شد.

قدر مسلم، مردم را نمی‌توان صرفاً به رژیم غذایی سبزی‌خواری واداشت، ضمن اینکه اصولاً رژیم غذایی سالم می‌باید متنوع و ترکیبی از گوشت، غلات و سبزیجات باشد. در کل، ایده حذف گوشت قرمز به واسطه مصرف فوق‌العاده زیاد آب برای تولید آن نه تنها پذیرفتنی نیست بلکه حتی امکان‌پذیر هم نیست. ولی می‌توان با فرهنگ‌سازی و تبلیغات از طریق جراید و رادیو و تلویزیون، مردم را نسبت به حجم زیاد آب مجازی گوشت قرمز آگاه ساخت، که این ممکن است در درازمدت منجر به کاهش آگاهانه مصرف گوشت قرمز گردد.

افزایش اطلاع‌رسانی به مردم می‌تواند مؤثر باشد. با این حال اقدامات زیر در این ارتباط قابل انجام است:

- می‌توان از پوشش گسترده رسانه‌ای برای تبلیغ آب مجازی بهره جست و برای مردم مشخص کرد که مصرف چه نوع فرآورده کشاورزی در صرفه‌جویی آب کمک خواهد کرد و کدام نوع دیگر بر منابع آب موجود فشار مضاعف وارد خواهد کرد.

- در کنفرانس‌ها، مهمانی‌های رسمی، مؤسسات علمی و فرهنگی، هواپیمایی‌ها و سایر نهادهای داوطلب، غذاهای متنوع با بهره‌گیری از سبزیجات و غلات عرضه گردد تا حداقل از این طریق ذائقه بعضی از مردم با این گونه غذاها آشنا شود.

با تغییر الگوی غذایی می‌توان علاوه بر کاهش وابستگی به واردات آب مجازی و کاهش تحمیل هزینه‌های گزاف مالی و سیاسی، فشار بر منابع آب را نیز کاهش داد. هر چند تغییر کلی امکان‌پذیر نیست ولی هر اندازه تغییر در راستای کاهش سرانه «آبرانه» افراد جامعه، سبب حفظ و ذخیره آب خواهد شد (شکل ۴-۲).



شکل (۲-۴) شمایی از مقدار آب مجازی در رژیم غذایی با محوریت مواد گیاهی نسبت به مواد گوشتی و لبنی

۸-۳-۴ اشتغال و فقر

به منظور کاهش فشار بر منابع آب، به کشورهای کم آب توصیه شده که به جای تولید مواد غذایی از منابع آب داخلی به واردات مواد غذایی مبادرت ورزیده و منابع آب داخلی را برای فعالیتهای تجاری پر سود اختصاص دهند. اشکالی که در این ایده وجود دارد نادیده گرفتن وضعیت کشاورزانی است که سالها مشغول امور کشاورزی بوده، و زراعت تنها درآمد آنها و خانواده‌شان محسوب می‌شود. با تعطیلی بخشی از کشاورزی با هدف واردات مواد غذایی، تعداد زیادی از زراعین بیکار خواهند شد. لذا لازم است قبل از هر نوع تصمیمی نسبت به فراهم آوردن مشاغل جایگزین برای این دسته از کشاورزان اقدام نمود. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، جمعیت روستاییانی که مستقیماً به درآمد کشاورزی وابسته هستند تا ۵۰ درصد کل جمعیت می‌رسد. در اینگونه جوامع قطعاً مشکلات اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی ناشی از بیکار شدن بخشی از جامعه بسیار بیشتر از منافع حاصل از تجارت آب مجازی است. علاوه بر این، ایجاد فعالیتهای تجاری پر سود از منابع آب

داخلی که از ایده‌های تجارب آب مجازی است، نیازمند سرمایه‌گذاری بسیار سنگینی بوده و معلوم نیست تا چه میزان این هدف امکان‌پذیر می‌باشد.

۴-۴ جمع‌بندی و بحث

همواره این ابهام و نگرانی وجود دارد که آیا ما صحیح‌ترین روش استفاده از منابع آب موجود را اعمال می‌کنیم؟ آیا تولید محصولات کشاورزی با همین رویه پایدار می‌ماند؟ آیا اثرات زیست محیطی ناشی از برداشت بی‌رویه آب پایش می‌شوند؟ آب مجازی چگونه و به چه میزان می‌تواند خط و مشی جدیدی را به جامعه جهانی عرضه کند؟

یکی از محورهای اصلی در تحلیل آبرانه، توجه دادن مخاطبین به نوع آب و مکان و زمان تولید می‌باشد. طبقه‌بندی آب‌ها به رنگ‌های آبی، سبز و خاکستری می‌تواند کارشناسان را به شناخت عمیق‌تر ویژگی‌ها و پتانسیل‌های هر یک از آنها آگاه نماید. هر یک از آب‌های آبی و سبز، مدیریت و برنامه‌ریزی خاصی را طلب می‌کند. آب آبی فقط در تولید ۱۵ درصد از مواد غذایی جهان سهم است در صورتی که ۷۰ درصد کل آب‌های استخراج شده جهان (آب‌های آبی) از طریق بخش کشاورزی برای همین ۱۵ درصد صرف می‌شود.

به نظر می‌رسد که عمده توجهات در ایران، تمرکز در جهت استفاده از آب‌های آبی بوده، و بنابراین بیشترین هزینه‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها نیز با هدف مهار، تنظیم و مدیریت آن به عمل آمده است. با توجه به اینکه آب‌های سبز در تأمین ۸۵ درصد مواد غذایی جهان نقش دارند، لذا افزایش تأثیرگذاری آب‌های سبز در ایران می‌تواند به عنوان راهکار اصولی در کاهش فشار بر منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی کشور باشد.

چنانچه بتوان با مدیریت، تحقیقات و سرمایه‌گذاری همسو، میزان بهره‌گیری از آب‌های سبز را افزایش داد، به همان میزان می‌توان فشار مضاعف برداشت آب از آبخوان‌های آب زیرزمینی را که با خطر افت شدید سطح آب مواجه هستند کاهش داد.

در حال حاضر، نقش آب سبز در تأمین امنیت غذایی کشورمان بسیار ناچیز است. در صورتی که در گذشته‌های نه چندان دور در ایران، روستاییان و کشاورزان با دانش‌های محلی، روش‌های پایداری را در استفاده از آب‌های سبز نه تنها در زراعت دیم، بلکه در دامپروری داشته‌اند که با شروع توسعه فناوری در ایران، به جای به خدمت گرفتن فناوری در بهره‌گیری از آب‌های سبز، بیشتر توجهات به آب‌های آبی که مدیریت آنها عمدتاً در اختیار دولت بوده معطوف شده، و در نهایت به واسطه مهاجور ماندن این بخش، پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های آب سبز به دست فراموشی سپرده شده است. سالانه ده‌ها میلیارد مترمکعب آب سبز بدون توجه به حال خود رها گشته و با تبخیر از دسترس خارج می‌گردد. مدیریت و به کارگیری آب‌های سبز در ایران می‌تواند در تأمین امنیت غذایی و مقابله با کمبود آب بسیار مؤثر می‌باشد. آنچه مسلم است منابع آب کشور با محدودیت جدی مواجه است. از این رو می‌بایست از مدیریت یکسونگر فعلی که در آن منابع آب به تقاضاهای متنوع تخصیص می‌یابد به مدیریت جامع آب (مدیریت تأمین، تولید تا مصرف) تغییر جهت یابد.

شناخت میزان آب مجازی به کار رفته در کالاها و مواد غذایی متعدد می‌باید هدایت‌کننده سیاست‌های مدیریت کلان آب در کشور باشد. هدررفت آب به شکل‌های گوناگون از طریق ضایعات کالاها و مواد غذایی از جمله مواردیست که می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد. ائتلاف محصولات کشاورزی در ایران، موجب خارج شدن بخش قابل توجهی از تولیدات کشاورزی از چرخه تولید تا مصرف شده، به طوری که بر پایه آمارهای موجود به طور متوسط ۳۵ درصد از محصولات کشاورزی در ایران در مراحل گوناگون ضایع می‌شود که این خود غذای ۱۵ تا ۲۰ میلیون نفر از جمعیت کشور است [مرجع: سایت گندم ایران]^۱. ضایعات کشاورزی در سه مرحله پیش از برداشت، در زمان برداشت و پس از برداشت روی می‌دهد، ولی قسمت عمده ضایعات مربوط به مراحل برداشت و پس از آن (تا مرحله مصرف) می‌باشد. چنانچه میزان آب مجازی حاصل از ضایعات کشاورزی در کشورمان برآورد شود نشان خواهد داد چه حجم عظیمی از آب بدین شکل به هدر می‌رود.

1 - www.iranwheat.ir/tahlil

به عنوان نمونه، تقریباً همه ساله حدود ۶ میلیون هکتار، یعنی حدود ۶۰ درصد کل اراضی زیر کشت محصولات سالانه کشور، به گندم اختصاص داده می شود که استراتژیک ترین محصول کشاورزی ایران محسوب می گردد. در سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۴ از ۶,۸۷۹,۰۰۰ هکتار اراضی زیر کشت گندم، ۲,۷۰۷,۰۰۰ هکتار آن به صورت آبی و ۴,۱۷۲,۰۰۰ هکتار دیگر به صورت دیم کشت شده است. مجموع برداشت گندم در این سال به ترتیب آبی و دیم حدود ۱۰,۱۳۷,۷۷۰ و ۴,۵۲۵,۹۷۵ تن بوده است.

آمار فائو نشان می دهد که علیرغم اینکه جمعیت ایران تنها یک درصد جمعیت جهان را تشکیل می دهد، اما ۲/۵ درصد از کل گندم جهان را مصرف می کند. هر چند به دلیل تفاوت های فرهنگی و اقتصادی میزان استفاده از گندم در کشورهای جهان متفاوت است، اما این آمار تا حدود زیادی خبر از ضایعات بالا و مصرف غیر اصولی گندم در ایران می دهد. سرانه تولید گندم در جهان حدود ۹۰ کیلوگرم به ازای هر نفر و در ایران این رقم چیزی بیش از ۲ برابر، یعنی ۲۰۰ کیلوگرم به ازای هر نفر می باشد. با وجود اهمیت فوق العاده زیاد گندم در کشورمان، میزان ضایعات گندم و نان در ایران زیاد به نظر می رسد. براساس گزارش ها، میزان ضایعات گندم ۲۵-۲۰ درصد و میزان ضایعات نان ۳۵-۳۰ می باشد [مرجع: سایت گندم ایران]. اگر سطح زیر کشت گندم را معادل ۶,۸۷۹,۰۰۰ هکتار در نظر بگیریم با احتساب تقریبی ۳۵-۳۰ درصد ضایعات تقریبی گندم در کشور، در واقع تولیدات حدود ۲,۲۳۵,۰۰۰ هکتار از اراضی مستعد کشور، با صرف کلیه نهاده های زراعی ضایع می شود. بنا به گزارش سایت گندم ایران، حدود ۲ تا ۲/۵ میلیون تن گندم به صورت ضایعات و قاچاق در کشور تلف می شود. از این رو برآورد می شود که میزان آب مجازی تلف شده از این مقدار گندم حدود ۱۰ میلیارد مکعب (معادل یک هشتم کل آب تخصیصی به کشاورزی) در هر سال باشد.

یکی از مزیت های توجه به آب مجازی، ملاحظه حجم عظیم آب به هدر رفته از طریق ضایعات محصولات و مواد غذایی می باشد. در این ارتباط می توان موارد زیر را با الهام از نظریه آب مجازی توصیه کرد:

- اطلاع‌رسانی و آگاهی به مردم از طریق رسانه‌ها، جزو یکی از امور مستمر مدیریت منابع آب قرار گرفته، و به طور جدی در برنامه‌ریزی‌ها لحاظ گردد.
 - میزان آب مجازی کالاها، بعلاوه مکان تولید به صورت برچسب روی کالاها درج گردد. اشاعه این اقدام، باعث تأثیر روانی مثبتی در جهت صرفه‌جویی خواهد شد.
 - بسیاری از کالاها و محصولات، آب زیادی را طی فرایند تولید مصرف می‌کنند. دفع کالاهای مستعمل به منزله نادیده انگاشتن بخش زیادی از آب مجازی می‌باشد. جمع‌آوری تعداد زیادی از کالاها از جمله کاغذ، پلاستیک، فلزات (آهن، مس، استیل،...) و غیره و بازیافت آنها در صرفه‌جویی مصرف آب بسیار مؤثر خواهد بود.
 - خصوصیات ژنتیکی گیاهان، زمان کاشت، اقلیم و سایر عوامل سبب شده است که آب مجازی محصولات کشاورزی مشابه، در مناطق مختلف کشورمان متفاوت باشد. چنانچه مزیت نسبی هر محصول بر حسب کمترین میزان آب مجازی در هر منطقه شناسایی شود و برنامه الگوی کشت بر حسب مزیت نسبی تنظیم گردد، در آن صورت متوسط آب مجازی محصولات تولیدی در ایران کاهش خواهد یافت. بعلاوه می‌توان با استفاده از اطلاعات بدست آمده از مقدار آب مجازی، نقشه مزیت نسبی محصولات کشاورزی را برای کشور ترسیم کرد.
 - یافتن فناوری ارزان قیمت برای کاهش تبخیر از سطح خاک و تعرق از گیاه، بر کاهش آب مجازی محصولات مؤثر خواهد بود.
 - استفاده مؤثرتر از منابع آب سبز با هدف کاهش فشار بر منابع آب آبی می‌تواند به عنوان یک راهکار در امنیت غذایی اعمال شود.
- هر چند آب مجازی دارای توانمندی‌های زیادی برای نشان دادن ارزش ذاتی آب به عنوان عنصری کمیاب است، و می‌تواند تا حدودی راهنمای خودآموز مردم و به ویژه سیاست‌گذاران بخش منابع آب باشد، با این حال، منتقدان معتقدند که مفهوم آب

مجازی راهنمایی چندانی در مورد راندمان کاربرد آب به سیاست‌گذاران ارائه نمی‌دهد. هر چند این مفهوم ساده است و ظاهر آنها جذاب به نظر می‌رسد، ولی به عنوان یک ابزار کارآمد، جهت تحلیل سیاست اقتصادی و عمومی آب یک کشور دارای کمبود می‌باشد.

کمبود اصلی در مفهوم آب مجاری در این است که نه تنها هزینه فرصت استفاده از آب (ارزش کاربری‌های جایگزینی که آب می‌توانست برای آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد) را مورد توجه قرار نمی‌دهد، بلکه سایر نهاده‌های استفاده شده در تولید را نیز ملحوظ نمی‌دارد. علاوه بر آن انتقادهایی به شرح زیر به آب مجازی وارد شده است:

- آب مجازی به تنهایی قادر نیست در مورد راهکار استفاده از منابع آب به شکلی که منجر به سود بیشتر شود، کمک نماید.

- آب مجازی نمی‌تواند در مورد عرضه و تقاضای آب اطلاعاتی به ما بدهد، زیرا به خودی خود نمی‌تواند مشخص کند که آیا در حال حاضر منابع آب به اندازه مجاز مورد استفاده قرار می‌گیرد یا نه.

- اعتماد و وابستگی بیش از حد به بازارهای جهانی مواد غذایی، به عنوان یک هشدار در امنیت غذایی کشورهای جهان به شمار می‌رود. نگرانی از خطر وابستگی غذایی جزو دغدغه‌های منتقدین تجارت آب مجازی است. برخی از کشورهایی که هم اکنون صادر کننده عمده آب مجازی می‌باشند متأسفانه همان کشورهایی هستند که متهم به اقدامات نفرت‌انگیز در تجارت مواد غذایی برای تثبیت قیمت‌ها می‌باشند. لذا واردات مواد غذایی ممکن است به ابزاری برای سوء استفاده قدرت‌ها و فشار سیاسی تبدیل گردد.

با این حال لازم است کارشناسان بخش آب کشورمان با مزایا و معایب نظریه آب مجازی آشنا شده تا بتوان از این ابزار در جهت استفاده بهتر از منابع آب اقدام کرد.

پیوست

اطلاعات کلی برداشت از منابع آب داخلی، بهره‌گیری از منابع آب خارجی به‌صورت آب مجازی و آبرانه کشورهای مختلف جهان در جدول پیوست آورده شده است
(۱۹۹۷ لغایت ۲۰۰۱) [۵]

اطلاعات کلی برداشت از منابع آب داخلی، بهره‌گیری از منابع آب خارجی بصورت آب مجازی و آب‌انده کشورهای مختلف جهان در جدول آورده شده است (۱۹۹۷ لغایت ۲۰۰۱)

سرانه	سرانه آب‌انده بر حسب بخش‌های مصرفی				سرانه		آب‌رانه		استفاده از منابع آب خارجی		برداشت از منابع آب داخلی				جمعیت (میلیون نفر)	کشور
	آب‌رانه در روز	آب‌رانه خارجی	آب‌رانه داخلی	مصارف مربوط به صنایع	مصارف آب داخلی	آب‌رانه در سال	کل	صادرات	برای مصارف داخلی	مصرفات	تخصیص به صنعت	تخصیص به کشاورزی	تخصیص به صنایع	تخصیص به خدمات		
۱۸۰۹	۱	۰	۱۷	۶۶۰	۱۳	۶۶۰	۱۷/۲۹	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۴۵	۰/۰۰	۰/۰۰۱	۰/۱۹	۱۶/۴۷	۰/۳۴	افغانستان
۳۳۶۴	۱۳	۲۸	۳۳۶	۱۳۲۸	۷۵	۳۳۶	۳/۸۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۱/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۸۶	۰/۰۶	۲/۴۳	۰/۲۴	آلبانی
۳۳۳۲	۱۰	۱۶	۳۹۵	۱۲۱۶	۴۱	۳۹۵	۳۶/۶۹	۰/۳۱	۰/۲۹	۱۱/۹۱	۰/۴۵	۰/۴۹۴	۰/۳۲	۲۲/۷۷	۱/۲۳	الجزایر
۳۸۴۵	۴۲	۶۳	۱۱۲۳	۱۴۰۴	۱۲۷	۱۴۰۴	۵۱/۶۶	۲/۳۰	۱/۵۳	۱/۸۱	۰/۳۰	۲/۳۲۸	۴/۸۰۳	۴۱/۳۱	۴/۶۸	آرژانتین
۲۴۶۰	۱۱	۳۰	۳۷۹	۸۹۸	۲۷۹	۸۹۸	۲/۸۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۶۲	۰/۰۳	۰/۰۹۵	۰/۰۲	۱/۱۹	۰/۸۷	ازبکستان
۳۸۱۶	۲۱۱	۶۴	۷۳۶	۱۳۹۳	۳۴۱	۱۳۹۳	۲۶/۵۶	۴/۲۱	۴/۰۲	۰/۷۸	۰/۱۲	۱/۲۲۹	۶/۸/۶۷	۱۴/۰۳	۶/۵۱	استرالیا
۴۴۰۲	۴۳۸	۱۳۳	۵۷۵	۱۶۰۷	۹۴	۱۶۰۷	۱۳/۰۲	۲/۹۱	۲/۵۵	۴/۶۶	۰/۲۹	۱/۰۷۰	۱/۸۹	۲/۹۸	۰/۷۶	اتریش
۲۶۷۷	۴	۲۲۸	۱۶۱	۹۷۷	۱۰۰	۹۷۷	۷/۸۳	۰/۳۳	۰/۰۳	۱/۲۹	۲/۶۲	۱/۸۲۴	۰/۸۵	۳/۸۸	۰/۸۰	آذربایجان
۳۲۴۳	۳۴۸	۱۴	۵۹۳	۱۱۸۴	۱۶۵	۱۱۸۴	۰/۷۷	۰/۰۶	۰/۲۳	۰/۳۸	۰/۰۰	۰/۰۰۹	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۱۱	بحرین
۲۴۵۶	۳	۳	۲۹	۸۹۶	۱۶	۸۹۶	۱۱/۶/۴۹	۰/۱۳	۰/۳۴	۳/۷۱	۰/۰۸	۰/۳۴۴	۱/۳۸	۱۰۹/۹۸	۲/۱۲	بنگلادش
۳۷۸۴	۱۸	۵۱	۱۱۵۵	۱۳۸۱	۷۰	۱۳۸۱	۲۳۳/۵۹	۵/۲۰	۲/۱۱	۱۴/۷۶	۱/۶۳	۸/۶۶۶	۶۱/۰۱	۱۹۵/۲۹	۱۱/۷۶	برزیل
۳۸۲۱	۰	۶	۱۷۴	۱۳۹۵	۴۵	۱۳۹۵	۱۱/۳۳	۰/۶۶	۰/۰۰	۱/۴۳	۹/۲۷	۰/۰۴۸	۱/۹۲	۹/۵۰	۰/۳۷	بلغارستان
۵۶۱۳	۱۶۶	۳۶۶	۲۵۳	۲۰۴۹	۲۷۹	۲۰۴۹	۶۲/۸۰	۲۲/۶۲	۵/۰۷	۷/۷۴	۲۰/۳۶	۱۱/۲۱۱	۵۲/۳۴	۳۰/۲۲	۸/۵۵	کانادا
۱۹۲۵	۶	۶۵	۵۶۵	۸۸۳/۳۹	۲۶	۷۰۲	۸۸۳/۳۹	۵/۶۹	۷/۴۵	۴۹/۹۹	۴۵/۷۳	۸۱/۵۳۱	۲۱/۵۵	۷۱۱/۱۰	۳۳/۳۲	چین
۴۶۹۱	۲۱	۴۳	۱۳۱۵	۱۷۱۲	۱۸۴	۱۷۱۲	۱۹/۱۳	۰/۸۹	۰/۲۴	۱/۶۶	۰/۰۲	۰/۴۸۱	۷/۷۶	۱۴/۷۰	۲/۰۵	کریا
۳۹۴۶	۴۶۱	۵۶	۴۲۲	۱۴۴۰	۷۲	۱۴۴۰	۷/۶/۸	۶/۰۸	۲/۴۶	۲/۱۸	۰/۰۳	۰/۲۹۶	۶/۳۱	۷/۳۶	۰/۳۸	دانمارک
۳۰۰۴	۱۰	۱۰۱	۱۹۷	۱۰۹۷	۶۶	۱۰۹۷	۶۹/۵۰	۰/۴۹	۰/۶۴	۱۲/۴۹	۰/۶۶	۶/۴۲۳	۱/۵۵	۴۵/۷۸	۴/۱۶	مصر
۱۸۴۹	۱	۲	۵	۶۷۵	۲	۶۷۵	۴۲/۸۸	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۳۳	۰/۰۰	۰/۱۰۴	۷/۲۲	۴۲/۲۲	۰/۱۳	نپال

اطلاعات کلی برداشت از منابع آب داخلی، بهره‌گیری از منابع آب خارجی بصورت آب مجازی و آبرانه کشورهای مختلف جهان در جدول آورده شده است (۱۹۷۱ لغایت ۲۰۰۱)

سیرانه	سیرانه آبرانه بر حسب بخش‌های مصرفی				آبرانه		استفاده از منابع آب خارجی		برداشت از منابع آب داخلی				جمعیت (میلیون نفر)	کشور			
	آبرانه خارجی	مصارف مربوط به محصولات کشاورزی	مصارف آب داخلی	سیرانه آب داخلی	کل	آبرانه در سال	مصارف آب داخلی	مصارف آب داخلی	تخصیص به صنعت	تغییر و توزیع آبهای							
										مصارف داخلی	مصارف داخلی						
آبرانه آبرانه	مصارف مربوط به کارهای صنعتی	مصارف مربوط به محصولات کشاورزی	مصارف آب داخلی	سیرانه آب داخلی	کل	آبرانه در سال	مصارف آب داخلی	مصارف آب داخلی	تخصیص به صنعت	تغییر و توزیع آبهای	مصارف داخلی	مصارف داخلی	جمعیت (میلیون نفر)	کشور			
در روز	آبرانه خارجی	آبرانه داخلی	آبرانه داخلی	آبرانه داخلی	آبرانه در سال	مصارف آب داخلی	مصارف آب داخلی	مصارف آب داخلی	تخصیص به صنعت	تغییر و توزیع آبهای	مصارف داخلی	مصارف داخلی	جمعیت (میلیون نفر)	کشور			
لیتر در روز	مصارف آب داخلی	مصارف آب داخلی	مصارف آب داخلی	مصارف آب داخلی	مصارف آب داخلی	مصارف آب داخلی	مصارف آب داخلی	مصارف آب داخلی	تخصیص به صنعت	تغییر و توزیع آبهای	مصارف داخلی	مصارف داخلی	جمعیت (میلیون نفر)	کشور			
۲۷۲۲	۲۲۲	۲۱۰	۴۷۹	۷۵۸	۵۸	۱۲۷۷	۸/۹۳	۱/۵۵	۱/۱۵	۲/۳۸	۰/۸۹	۰/۹۷	۲/۹۲	۵۱۶۰۵۰۰	فلسطین		
۵۱۲۶	۱۸۲	۲۵۷	۵۱۷	۸۱۴	۱۰۵	۱۸۷۵	۱۱۰/۱۹	۳۷/۰۷	۱۰/۶۹	۳۰/۴۰	۱۲/۸۰	۱۵/۰۹۴	۳۲/۶۳	۴۷/۸۴	۶/۱۶	۵۷۷۷۵۴۰۰	فرانسه
۴۲۲۳	۲۱۳	۲۲۸	۴۳۴	۶۶	۱۵۴۵	۱۲۶/۹۵	۳۸/۴۸	۱۷/۵۰	۴۹/۵۹	۱۳/۱۵	۱۸/۷۷۱	۱۸/۸۴	۳۵/۶۴	۳۵/۶۴	۵/۴۵	۸۲۱۶۹۲۵۰	آلمان
۶۵۴۶	۱۵۴	۷۳	۶۸۰	۷۹	۲۳۸۹	۲۵/۲۱	۱/۷۹	۱/۶۲	۷/۱۸	۰/۰۸	۰/۷۷۵	۳/۳۵	۱۴/۸۰	۰/۸۳	۱۰۵۵۰۹۶۸	یونان	
۲۱۶۲	۰	۰	۱۲۸	۵۹۶	۶۵	۷۸۹	۷/۹۹		۱/۲۹			۹/۹۵	۶/۰۴	۰/۶۶	۱۰۱۲۲۷۵۰	مجارستان	
۲۶۸۵	۲	۱۹	۱۴	۹۰۷	۳۸	۹۸۰	۹۸۷/۳۸	۱/۲۴	۲/۲۴	۱۳/۷۵	۶/۰۴	۱۹/۰۶۵	۳۵/۲۹	۹۱۳/۷۰	۲۸/۶۲	۱۰۰۷۳۶۹۱۲۵	هند
۳۶۰۹	۸	۲	۱۲۷	۱۵۳	۲۸	۱۳۱۷	۲۶۹/۹۶	۲/۷۴	۱/۵۸	۲۶/۰۹	۰/۰۶	۰/۴۰۴	۲۲/۶۲	۲۳۶/۲۲	۵/۶۷	۲۰۴۹۳۰۴۵۰	اندونزی
۴۴۵۰	۸	۱۶	۲۸۳	۱۲۳۳	۷۴	۱۶۲۴	۱۰۲/۶۵	۱/۰۳	۰/۵۱	۱۷/۹۰	۰/۶۰	۰/۹۸۴	۳/۱۸	۷۸/۵۸	۴/۶۸	۶۳۳۰۱۵۲۵	ایران
۲۶۷۷	۲۵	۸۹	۱۳۵	۱۰۲۶	۵۷	۱۳۴۲	۳۰/۹۲	۰/۰۸	۰/۵۸	۳/۱۰	۰/۰۰	۷/۰۵۵	۰/۶۳	۲۲/۸۶	۱/۳۲	۲۳۰۳۴۵۴۰	عراق
۶۳۸۹	۱۵۱	۱۷۶	۱۰۳۹	۸۴۹	۱۳۸	۲۳۲۲	۱۳۴/۵۹	۲۰/۲۹	۸/۶۹	۵۹/۹۷	۵/۶۰	۱۰/۱۳۳	۱۲/۳۵	۴۷/۸۲	۷/۹۷	۵۷۷۱۸۰۰۰	ایتالیا
۳۱۵۸	۱۲۹	۱۰۸	۶۱۴	۱۳۶	۱۳۶	۱۱۵۳	۱۳۶/۰۹	۴/۰۱	۱۶/۳۸	۷۷/۸۴	۲/۱۰	۱۳/۷۰۲	۰/۴۰	۲۰/۹۷	۱۷/۲۰	۱۲۶۹۱۲۲۵	ژاپن
۲۵۶۹	۴۳	۷	۹۰۸	۳۰۱	۴۴	۱۳۰۳	۶/۲۷	۰/۲۲	۰/۲۱	۴/۲۷	۰/۰۰	۰/۰۳۵	۰/۰۷	۱/۴۵	۰/۲۱	۴۸۱۳۷۰۸	اردن
۱۹۵۶	۵	۳	۶۵	۶۲۶	۱۵	۷۱۴	۲۱/۲۳	۰/۴۷	۰/۱۶	۱/۹۲	۰/۰۱	۰/۰۷۹	۴/۳۵	۱۸/۶۳	۰/۴۴	۲۹۷۲۴۴۰	کوبا
۳۲۳۰	۱۴۳	۴۸	۵۸۷	۲۶۴	۱۳۷	۱۱۷۹	۵۵/۲۰	۵/۰۶	۶/۶۹	۲۷/۵۰	۰/۵۶	۲/۷۵۶	۱/۵۳	۱۲/۳۴	۶/۴۲	۴۶۸۱۳۷۵۰	کرو-جنوبی
۳۰۵۴	۲۳۱	۷	۷۴۱	۳۳	۱۰۲	۱۱۱۵	۲/۱۸	۰/۰۶	۰/۴۵	۱/۴۵	۰/۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۰	۰/۰۶	۰/۲۰	۱۹۵۴۷۹۳	کویت
۲۱۰۶	۸۸	۷	۹۱۳	۳۹۷	۹۵	۱۴۹۹	۶/۴۴	۰/۲۰	۰/۳۸	۳/۹۲	۰/۰۰	۰/۰۲۸	۰/۰۹	۱/۷۱	۰/۴۱	۴۲۹۸۵۶۳	لبنان
۵۶۲۳	۵۲	۱۹	۷۱۱	۱۱۸۹	۸۶	۲۰۵۶	۱۰/۷۶	۰/۱۲	۰/۲۷	۳/۲۲	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۱۰	۶/۲۲	۰/۴۵	۵۳۳۸۵۵۰	لیبی
۶۴۲۲	۹۹	۳۸	۵۵۴	۱۵۹۱	۶۲	۲۳۴۴	۵۳/۸۹	۸/۸۱	۱/۲۸	۱۲/۷۳	۰/۹۰	۰/۸۶۷	۱۸/۴۷	۳۶/۵۸	۱/۳۳	۲۲۹۹۰۵۹۰	مالزی

اطلاعات کلی برداشت از منابع آب داخلی، بهره‌گیری از منابع آب خارجی، بمرور آب مجازی و آب‌نامه کشورهای مختلف جهان در جدول آورده شده است (۱۹۹۷ لغایت ۲۰۰۱)

کشور	جمعیت (میلیون نفر)	برداشت از منابع آب داخلی										استفاده از منابع آب خارجی				آب‌راه		سرازیر آب‌راه بر حسب بخش‌های مصرفی				سرازیر آب‌راه
		تخصیص به صنعت		تخصیص به کشاورزی		تخصیص به نیروی نظامی		تخصیص به خدمات		تخصیص به صنایع دیگر		برای مصرف داخلی		صادرات		کل	سرازیر آب‌راه	مصارف مربوط به محصولات کشاورزی		مصارف مربوط به صنایع		آب‌راه خارجی
		میلیارد متر مکعب در سال	میلیارد متر مکعب در سال	میلیارد متر مکعب در سال	میلیارد متر مکعب در سال	میلیارد متر مکعب در سال	میلیارد متر مکعب در سال	میلیارد متر مکعب در سال	میلیارد متر مکعب در سال	میلیارد متر مکعب در سال	میلیارد متر مکعب در سال	میلیارد متر مکعب در سال	میلیارد متر مکعب در سال	میلیارد متر مکعب در سال	میلیارد متر مکعب در سال			آب‌راه داخلی	آب‌راه خارجی	آب‌راه داخلی	آب‌راه خارجی	
مکزیک	۹۷۲۹۱۷۴۵	۱۳/۵۵	۸۱/۴۸	۱۲/۲۶	۲/۹۹۸	۱/۱۳	۳۵/۰۹	۷/۰۵	۷/۹۴	۱۴۰/۱۶	۱۴۴۱	۱۳۹	۲۸	۸۷۷	۳۶۱	۷۲	۳۱	۲۶۱	۸۷۷	۳۶۱	۷۲	۳۱
مراکش	۲۸۴۷۲۰۰۰	۰/۸۱	۳۵/۹۹	۱/۳۳	۰/۲۲۴	۰/۰۴	۶/۰۷	۰/۵۱	۰/۳۱	۴۳/۶۰	۱۵۳۱	۲۸	۲۸	۱۲۶۴	۲۱۳	۱۸	۸	۲۱۳	۱۲۶۴	۲۱۳	۱۸	۸
نیپال	۲۲۷۷۲۷۹۳	۰/۲۷	۱۸/۳۵	۰/۱۹	۰/۳۱	۰/۰۰	۰/۶۰	۰/۰۸	۰/۰۱	۱۹/۳۳	۸۴۹	۱۲	۲۸	۸۰۶	۲۶	۴	۱	۲۶	۸۰۶	۲۶	۴	۱
هند	۱۵۸۶۵۲۵۰	۰/۴۴	۰/۵۰	۲/۵۱	۷/۵۶۲	۷/۲۰	۹/۳۰	۶/۶۱	۵۲/۸۴	۱۹۰/۴۰	۱۲۲۳	۲۸	۲۸	۱۲۲۳	۳۱	۱۶۱	۱۶۱	۵۸۶	۱۹۱۷	۵۸۶	۱۶۱	۱۶۱
بنگلادش	۵۰۰۶۹۹۳	۰/۱۸	۳/۳۲	۱/۹۸	۰/۰۲۹	۰/۰۰	۰/۴۷	۰/۰۹	۰/۲۹	۴/۱۰	۸۱۹	۳۷	۱۱	۱۹۷۹	۱۹۱۷	۱۹	۳	۹۵	۱۹۱۷	۹۵	۶	۳
نیجریه	۱۲۵۳۷۷۰۰	۱/۴۱	۲۴۰/۳۸	۸/۵۴	۰/۳۸۳	۰/۳۰	۵/۵۹	۱/۵۷	۰/۳۱	۶/۵۶	۱۴۶۷	۱۰۱	۱۰۱	۱۴۶۷	۲۴۴	۳۵۰	۲۳۱	۲۴۴	۱۹۱۷	۲۴۴	۳۵۰	۲۳۱
نروژ	۴۴۷۴۰۰۰	۰/۴۵	۱/۰۹	۰/۱۷	۱/۰۳۲	۰/۴۳	۲/۲۲	۱/۵۷	۱/۰۲	۶/۵۶	۱۴۶۷	۱۰۱	۱۰۱	۱۴۶۷	۲۴۴	۳۵۰	۲۳۱	۲۴۴	۱۹۱۷	۲۴۴	۳۵۰	۲۳۱
عمان	۲۳۸۴۵۰۰	۰/۰۸	۰/۸۱	۰/۰۶	۰/۰۲۲	۰/۰۰	۲/۶۵	۰/۲۷	۰/۲۱	۲/۸۳	۱۶۰۶	۳۲	۳۲	۱۶۰۶	۲۴۴	۱۱۴	۹	۱۱۱۰	۱۹۱۷	۱۱۱۰	۹	۱۱۴
پاکستان	۱۳۶۴۷۵۵۲۵	۲/۸۸	۱۵۲/۷۵	۷/۵۷	۱/۷۰۶	۱/۲۸	۸/۵۵	۰/۳۳	۰/۶۷	۱۶۶/۲۲	۱۲۱۸	۲۱	۵۹	۱۲۱۸	۱۱۱۹	۲	۱۲	۶۳	۱۹۱۷	۶۳	۱۲	۲
فیلیپین	۷۵۷۴۹۶۴۵	۴/۵۰	۹۹/۰۹	۷/۶۱	۰/۸۰۵	۱/۶۹	۱۱/۷۴	۰/۷۱	۲/۴۰	۱۱۶/۸۵	۱۵۴۳	۵۹	۵۹	۱۵۴۳	۱۳۰۸	۹	۱۱	۱۵۵	۱۹۱۷	۱۵۵	۹	۱۱
لهستان	۳۸۶۵۳۲۸۸	۱/۸۵	۲۱/۶۲	۲/۷۸	۶/۸۹۰	۴/۱۵	۱۰/۴۱	۱/۸۵	۲/۴۵	۴۲/۶۲	۱۱۰۳	۴۸	۴۸	۴۲/۶۲	۵۵۹	۱۷۸	۱۷۸	۲۶۹	۱۹۱۷	۲۶۹	۱۷۸	۱۷۸
ایران	۹۹۹۷۲۵۰	۱/۰۹	۸/۰۰	۱/۴۷	۱/۴۱۱	۰/۶۲	۱۰/۵۵	۱/۵۹	۲/۶۴	۲۲/۶۳	۲۲۶۴	۱۰۹	۱۰۹	۲۲۶۴	۸۰۰	۱۵۹	۱۴۱	۱۰۵۵	۱۹۱۷	۱۰۵۵	۱۴۱	۱۵۹
قطر	۵۷۳۳۸۸	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۰۲	۰/۶۲	۱۰۸۷	۱۲۲	۱۲۲	۱۰۸۷	۱۹۶	۳۳۳	۱۴	۴۲۲	۱۹۶	۴۲۲	۳۳۳	۱۴
رومانی	۲۲۴۵۰۹۹۸	۲/۰۴	۲۹/۰۳	۲/۵۱	۳/۵۲۷	۴/۷۵	۳/۹۹	۰/۳۴	۰/۸۰	۲۸/۹۲	۱۷۳۴	۹۱	۹۱	۱۷۳۴	۱۲۹۳	۱۵	۱۵۷	۱۷۸	۱۲۹۳	۱۷۸	۱۵۷	۱۵
روسیه	۱۴۵۸۷۸۷۵۰	۱۴/۳۴	۲۰۱/۲۶	۸/۹۶	۱۳/۲۵۱	۳۶/۸۳	۴۱/۳۳	۰/۸۰	۲/۹۴	۲۷/۹۸	۱۸۵۸	۹۸	۹۸	۲۷/۹۸	۱۳۰۰	۵	۹۱	۲۸۳	۱۳۰۰	۲۸۳	۹۱	۹۱
عربستان	۲۰۵۰۳۶۷۰	۱/۶۱	۱۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۸۸۱	۰/۰۱	۱۲/۱۱	۱/۵۸	۰/۶۲	۲۵/۹۰	۱۲۶۳	۷۸	۷۸	۱۲۶۳	۵۸۱	۷۷	۹	۵۸۱	۱۳۰۰	۵۸۱	۷۷	۹
سنگال	۹۳۰۴۶۵۳	۰/۰۸	۱۵/۰۲	۲/۶۹	۰/۰۴۲	۰/۰۱	۲/۹۵	۰/۰۶	۰/۵۴	۱۸/۱۶	۱۹۲۱	۹	۹	۱۹۲۱	۵۹۷	۷	۴	۲۱۴	۱۳۰۰	۲۱۴	۷	۴
اسپانیا	۴۰۴۱۷۹۴۸	۴/۲۴	۵۰/۵۷	۱۷/۴۴	۵/۵۶۷	۱/۷۳	۲۷/۱۱	۶/۵۰	۱۱/۳۷	۹۳/۹۸	۲۳۲۵	۱۰۵	۱۰۵	۹۳/۹۸	۱۲۵۱	۱۶۱	۱۳۸	۶۷۱	۱۲۵۱	۶۷۱	۱۳۸	۱۶۱

1. Allan, J.A. 1997. Virtual Water: A Long-term Solution for Water-Short Middle Eastern Economies? Paper presented at British Association Festival of Science, 6 September, Leeds, UK.
2. Allan, J.A. 2003. Virtual Water – the Water, Food, and Trade Nexus: Useful Concept or Misleading Metaphor? *Water International*, vol. 28(1): 4-11.
3. Chapagain, A.K. and A.Y. Hoekstra. 2003 a. Virtual Water Flows between Nations in Relation to Trade in Livestock and Livestock Products. UNESCO-IHE Value of Water Research Report Series No. 13. Available online at www.waterfootprint.org/Publications.htm, accessed 24 January 2007.
4. Chapagain, A.K. and A.Y. Hoekstra. 2003 b. The Water needed to have the Dutch Drink Coffee. UNESCO-IHE Value of Water Research Report Series No. 14. Available online at [www.waterfootprint.org/ Publications.htm](http://www.waterfootprint.org/Publications.htm), accessed 24 January 2007.
5. Chapagain, A.K. and A.Y. Hoekstra. 2004. Water Footprints of Nations, vols. 1 and 2. UNESCO-IHE Value of Water Research Report Series No. 16. Available online at www.waterfootprint.org, accessed 24 January 2007.
6. Chapagain, A.K., A.Y. Hoekstra, and H.H.G. Savenije. 2005. Saving Water through Global Trade. UNESCO-IHE, Value of Water Research Report Series No. 17. Available online at [www.waterfootprint.org/ Publications.htm](http://www.waterfootprint.org/Publications.htm), accessed 24 January 2007.
7. Chapagain, A.K., A.Y. Hoekstra, H.H.G. Savenije, and R. Gautam. 2005. The Water Footprint of Cotton Consumption. UNESCO-IHE Value of Water Research Report Series No. 18. Available online at www.waterfootprint.org/Publications.htm, accessed 24 January 2007.
8. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London: Earthscan, and Colombo: International Water Management Institute.
9. De Fraiture, C., X. Cai, U. Amarasinghe, M. Rosegrant, and D. Molden. 2004. Does International Cereal Trade Save Water? The

- Impact of Virtual Water Trade on Global Water Use. Comprehensive Assessment Research Report 4.
10. Frontier Economics, 2008. The concept of virtual water - a critical; A Report Prepared for the Victorian Department of Primary Industries. Frontier Economics
 11. Hoekstra, A.Y. 2006. The Global Dimension of Water Governance: Nine Reasons for Global Arrangements in Order to Cope with Local Water Problems. UNESCO-IHE Value of Water Research Report Series No. 20. Available online at www.waterfootprint.org/Publications.htm, accessed 24 January 2007.
 12. Hoekstra, A.Y. 2007. Implications for Food Security. In: Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No. 12. Available online at <http://www.waterfootprint.org/Publications.htm>, accessed 24 January 2007.
 13. Hoekstra, A.Y. 2008. Water Neutral: Reducing and Offsetting the Impacts of Water Footprints. Research Report Series No. 28. UNESCO.
 14. Hoekstra, A.Y. and P.Q. Hung. 2002. Virtual Water Trade: A Quantification of Virtual Water Flows between Nations in Relation to International Crop Trade. UNESCO-IHE Value of Water Research Report Series No. 11. Available online at www.waterfootprint.org/Publications.htm, accessed 24 January 2007.
 15. Lena Horlemann, Susanne Neubert. 2007. Virtual Water Trade: A realistic concept for resolving the water crisis? – Bonn : Dt. Institut für Entwicklungspolitik,
 16. Oki, T. and S. Kanae. 2004. Virtual Water Trade and World Water Resources. Water, Science, and Technology, vol. 49(7): 203-209.
 17. Oki, T., M. Sato, A. Kawamura, M. Miyake, S. Kanae, and K. Musiake. 2003. Virtual Water Trade to Japan and in the World. In: Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, edited by A.Y. Hoekstra, Value of Water Research Report Series No. 12. Available online at www.waterfootprint.org/Publications.htm, accessed 24 January 2007.
 18. Renault D., 2002. Value of Virtual Water in Food: Principles and Virtues. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

19. Renault, D. and W. W. Wallender. 2000. Nutritional Water Productivity and Diets. *Agricultural Water Management*, vol. 45: 275-296.
20. Treloar, G., M. McCormack, L. Palmowski, and R. Fay. 2004. Embodied Water of Construction. *Environment Design Guide*, The Royal Australian Institute of Architects May issue, pp. 1-8.
21. Turton, A.R. 1999. Precipitation, People, Pipelines and Power: Towards a 'Virtual Water' based Political Ecology Discourse. MEWREW Occasional Paper No. 11, SOAS. Available online at www.soas.ac.uk/waterissues/occasionalpapers/occ11.pdf, accessed 15 January 2007.
22. Van Hofwegen, P., J. A. Allan, and A. Hoekstra. 2003. Voices on Virtual Water: Three Articles from Stockholm Water Front, June 2003. Available online at www.worldwatercouncil.org/fileadmin/wwc/Programs/Virtual_Water/Virtual_Water_voices.pdf.
23. Wackernagel, M. and L. Jonathan. 2001. Measuring Sustainable Development: Ecological Footprints. Centre for Sustainable Studies, Universidad Anahuac de Xalapa, Mexico.
24. Wackernagel, M. and W.E. Rees. 1996. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island, BC.
25. Water Footprint and Virtual Water at www.waterfootprint.org/. Website maintained by the UNESCO-IHE Institute for Water Education in collaboration with the University of Twente, The Netherlands. Accessed 24 January 2007.
26. World Water Council. 2004. E-Conference Synthesis: Virtual Water Trade-Conscious Choices. March 2004.
27. Zimmer, D. and D. Renault. 2003. Virtual Water in Food Production and Global Trade: Review of Methodological Issues and Preliminary Results. In: *Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*, edited by A.Y. Hoekstra, Value of Water Research Report Series No. 12. Available online at <http://www.waterfootprint.org/Publications.htm>, accessed 24 January 2007.
28. Zygmunt J., 2007, Hidden Waters; A Waterwise Briefing, www.waterwise.org.uk, February 2007

