



وزارت نیرو
معاونت امور آب و برق
دفتر مهندسی و معیارهای فنی
آب و برق

پیش‌نویس

راهنمای نحوه ارتباط بیلان منابع آب کشور با تجارت آب مجازی



پیش‌نویس

راهنمای نحوه ارتباط بیلان منابع آب کشور با تجارت آب مجازی

بسمه تعالی

پیشگفتار

امروزه نقش و اهمیت ضوابط، معیارها و استانداردها و آثار اقتصادی ناشی از به کارگیری مناسب و مستمر آنها در پیشرفت جوامع، تهیه و کاربرد آنها را ضروری و اجتناب‌ناپذیر ساخته است. نظر به وسعت دامنه علوم و فنون در جهان امروز، تهیه ضوابط، معیارها و استانداردها در هر زمینه به مجامع فنی - تخصصی واگذار شده است. با در نظر گرفتن مراتب فوق و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، تهیه استاندارد در بخش آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و از این رو طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو با همکاری معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور به منظور تامین اهداف زیر اقدام به تهیه استانداردهای صنعت آب نموده است:

- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره‌برداری و ارزشیابی طرح‌ها
 - پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
 - تدوین استانداردهای صنعت آب با در نظر داشتن موارد زیر صورت می‌گیرد:
 - استفاده از تخصص‌ها و تجارب کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
 - استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
 - بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
 - توجه به اصول و موازین مورد عمل سازمان استاندارد ملی ایران و سایر مؤسسات معتبر تهیه‌کننده استاندارد
- استانداردها ابتدا به صورت پیش‌نویس برای نظرخواهی منتشر شده و نظرات دریافتی پس از بررسی تیم تهیه‌کننده و گروه نظارت در نسخه نهایی منظور خواهد شد.
- امید است کارشناسان و صاحب‌نظرانی که فعالیت آنها با این رشته از صنعت آب مرتبط می‌باشد، با توجهی که مبذول می‌فرمایند این پیش‌نویس را مورد بررسی دقیق قرار داده و با ارائه نظرات و راهنمایی‌های ارزنده خود به دفتر طرح، این دفتر را در تنظیم و تدوین متن نهایی یاری و راهنمایی فرمایند.

تهیه و کنترل «راهنمای نحوه ارتباط بیلان منابع آب کشور با تجارت آب مجازی» [نشریه شماره - الف]

مجری: دانشگاه شیراز

مؤلف اصلی: داریوش مختاری کارشناس آزاد فوق‌لیسانس اقتصاد کشاورزی

اعضای گروه تهیه‌کننده:

سیف‌الله امین	دانشگاه شیراز	دکترای حفاظت خاک
مзда کمپانی زارع	دانشگاه شیراز	دکترای هیدرولوژی
غلامرضا سلطانی	کارشناس آزاد	دکترای اقتصاد کشاورزی (اقتصاد آب)
تورج کشاورز	مهندسين مشاور سنگاب زاگرس	فوق‌لیسانس هیدرولوژی و ژئولوژی
داریوش مختاری	کارشناس آزاد	فوق‌لیسانس اقتصاد کشاورزی

اعضای گروه نظارت:

عباسقلی جهانی	شرکت مهندسين مشاور بهان سد	فوق‌لیسانس مهندسی هیدرولوژی
مریم رحیمی فراهانی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور	فوق‌لیسانس مهندسی عمران - آب
محمد ابراهیم رئیسی	شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس	فوق‌لیسانس اقتصاد کشاورزی

اعضای گروه تایید کننده (کمیته تخصصی مدیریت منابع آب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور):

بهرام ثقفیان	مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری	دکترای منابع آب
فضلعلی جعفریان	شرکت مدیریت منابع آب ایران	لیسانس زمین‌شناسی
عباسقلی جهانی	شرکت مهندسين مشاور بهان سد	فوق‌لیسانس مهندسی هیدرولوژی
پیمان دانش کارآراسته	دانشگاه بین‌المللی امام خمینی	دکترای علوم و مهندسی آبیاری
مریم رحیمی فراهانی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو	فوق‌لیسانس مهندسی عمران - آب

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول - تعریف‌ها و مفهوما و گام‌های تعیین «ارتباط بیلان منابع آب کشور با تجارت آب مجازی»	۷
۱-۱- تعریف‌ها و مفهوماهای کلیدی	۵
۲-۱- گام‌های تعیین رابطه بیلان منابع آب کشور با تجارت آب مجازی	۱۹
فصل دوم - شناسایی و تعیین انواع منابع چهارگانه آب (آبی-سبز-خاکستری-مجازی) و نحوه پیوند آن‌ها	۲۳
۱-۲- نکات کلی در خصوص تعیین انواع منابع چهارگانه آب	۲۵
۲-۲- جزییات و روابط مربوط به شناسایی انواع منابع آب و نحوه پیوند آنها	۲۷
۱-۲-۲- روابط محاسباتی مورد نیاز برای محاسبه‌ی پیوند (ارتباط) «تغییرات حجم منابع» و «فرآیندها»	۳۵
۳-۲- فهرست تبادلات منابع آب (فرآیندها)	۴۰
فصل سوم- تعیین مقادیر (محتویات) منابع چهارگانه آب (آبی-سبز-خاکستری-مجازی)	۴۵
۱-۳- کلیات	۴۷
۲-۳- تعیین مقادیر (محتویات) منابع آب آبی	۴۷
۳-۳- تعیین مقادیر (محتویات) منابع آب سبز	۴۷
۴-۳- تعیین مقادیر (محتویات) منابع آب خاکستری	۴۷
۵-۳- تعیین مقادیر (محتویات) منابع آب مجازی (آبی-سبز-خاکستری)	۴۸
۱-۵-۳- تعیین آبرانه (آبی-سبز-خاکستری) کالاهای کشاورزی	۴۸
۲-۵-۳- تعیین آبرانه (سبز) محصولات عمده جنگلی و مرتعی	۶۲
۳-۵-۳- تعیین آبرانه (سبز) محصولات دامی	۶۴
۴-۵-۳- تعیین آبرانه (سبز) محصولات آبریان	۷۲
۶-۳- تعیین محتویات آب مجازی (آبی-خاکستری) کالاهای صنعتی	۷۴
۷-۳- تعیین میزان آب مصرفی شهری و روستایی (شرب، شستشو، فضای سبز و خدمات)	۷۵
۸-۳- تعیین میزان آب مجازی کالاهای صادراتی و وارداتی	۷۶
فصل چهارم - تعیین شیوه کاربرد یافته‌های مربوط به پیوند مقادیر منابع چهارگانه آب	۷۹
۱-۴- کلیات	۸۱
۲-۴- بررسی ارتباط تجارت آب مجازی با بیلان منابع آب (پیوند منابع آب مجازی با منابع آب آبی، سبز و خاکستری)	۸۱
۳-۴- روش تعیین میزان کمبود آب ملی، وابستگی آب، خودکفایی منابع آب و سرانه آبرانه کشور	۸۶

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۸۸	۴-۴- روش تعیین تبادل آب مجازی بین کشور با سایر کشورها
۸۹	۴-۵- نحوه تعیین تاثیر تجارت آب مجازی کالاهای صادراتی و وارداتی بر ذخایر آبی کشور
۹۰	۴-۶- نحوه تاثیر تجارت آب مجازی بر نیازهای مواد غذایی جمعیت با توجه به وابستگی تولیدات دامی به مراتع کشور
۹۱	۴-۷- کمی کردن جریان آب مجازی در ارتباط با امنیت غذایی در محدوده کشوری
۹۳	۴-۸- در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی در محاسبه آبرانه
۹۳	۴-۸-۱- ارزیابی آب قابل دسترس
۹۶	۴-۸-۲- شاخص اثر آبرانه‌ها
۹۷	۴-۹- منابع آبی مشترک (مرزی) و تجارت آب مجازی (تحلیلی و توصیفی)
۹۹	۴-۱۰- جنبه‌های سیاسی-امنیتی، پتانسیل اختلافات، منازعات، صلح‌ها و همکاری‌ها در ارتباط با تجارت آب مجازی
۱۰۶	۴-۱۱- منابع آبی مشترک (مرزی) و تجارت آب مجازی (تحلیلی و توصیفی)
۱۰۷	۴-۱۲- مصارف آب در بخش کشاورزی در ارتباط با الگوی کشت محصولات کشاورزی (تحلیلی و توصیفی)
۱۰۸	۴-۱۳- نقش آب مجازی در اصلاح سیاست‌های مدیریت و برنامه‌های تخصیص آب و تدوین طرح‌های توسعه منابع آب در سطح ملی و محلی
۱۱۱	پیوست ۱- نمونه ای از بیلان متعارف منابع آب (آبی) در یک محدوده جغرافیایی (محدوده مطالعاتی لار-استان فارس)
۱۱۵	پیوست ۲- نکات ویژه پیرامون محاسبات آب مصرفی واحدهای صنعتی کشور
۱۲۱	پیوست ۳- لوح فشرده: جدول‌های مربوط به محتویات آب مجازی کالاهای صنعتی
۱۲۵	پیوست ۴- نرم افزار کاربر دوست «تجارت آب مجازی» به منظور محاسبه گام به گام «پیوند تجارت آب مجازی و بیلان منابع آب در محدوده جغرافیایی کشور»
۱۲۹	منابع و مراجع

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- اجزای چرخه آب در طبیعت	۸
شکل ۲-۱- چرخه آب و اجزای تشکیل دهنده آن در طبیعت	۹
شکل ۳-۱- شماتیک کلی از محاسبه آب مجازی برای تعیین توازن آب مجازی در یک محدوده معین	۱۶
شکل ۴-۱- رابطه بین آبرانه مصرف ملی و آبرانه درون یک کشور در یک مثال ساده برای دو کشور تجاری	۱۷
شکل ۵-۱- آبرانه مستقیم و غیرمستقیم در هر مرحله از زنجیره تولید محصولات دامی از مرحله تولید تا مصرف نهایی	۱۸
شکل ۶-۱- شماتیکی از اجزای آبرانه بر پایه دیدگاه هاگسترا	۱۸
شکل ۷-۱- گام های اصلی برای تعیین مقادیر منابع چهارگانه آب (پیوند بیلان منابع آب با تجارت آب مجازی)	۲۱
شکل ۱-۲- بیلان منابع آب موجود به همراه منابع چهارگانه و فرآیندهای داخلی و خارجی در یک محدوده جغرافیایی معین	۳۰
شکل ۲-۲- بیلان آب محدوده مورد مطالعه با در نظر گرفتن آب مجازی و آبرانه داخلی و خارجی بر اساس نظریه ی هاگسترا و شاپاگاین	۳۴
شکل ۳-۲- چهار مرحله در ارزیابی آبرانه	۳۹
شکل ۴-۲- مثالی از بلوک ساختاری اصلی روند آبرانه با در نظر گرفتن تمامی آبرانه های دیگر	۳۹
شکل ۱-۳- نتیجه فرآیندهای آبیاری: ذخیره آب، حمل و نقل آب و آبیاری مزرعه	۵۰
شکل ۲-۳- تهیه یک محصول از چند محصول دیگر مثل: کالباس (WF proc آبرانه مربوط به هر فرآیند است)	۵۰
شکل ۳-۳- محاسبه آبرانه در شرایطی چند محصول ورودی با چند محصول خروجی (WF proc آبرانه مربوط به هر مرحله از تولید است)	۵۱
شکل ۴-۳- تعیین آبرانه گندم و فرآورده های آن	۵۷
شکل ۵-۳- شماتیک تولید برنج و مقادیر نسبت تولیدی و نسبت ارزشی در هر گام از فرآیند تولید برنج	۶۰
شکل ۶-۳- طرح محاسباتی برای ارزیابی آبرانه مصرف ملی محصول برنج	۶۱
شکل ۷-۳- تعیین آبرانه چوب	۶۴
شکل ۱-۴- نواحی چهارگانه کمیایی-وابستگی آبی	۸۶
شکل ۱-۴- آب آبی قابل دسترس از دیدگاه زیست محیطی	۹۶
شکل پ.۱-۱- چرخه آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی لار به عنوان نمونه در یک سال آبی معین	۱۱۳

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲- علایم کوتاه مربوط به نوع منابع آب (بر اساس مبانی ارایه شده در بند ۲-۲)	۲۹
جدول ۲-۲- انواع منابع آب بیرونی	۴۰
جدول ۳-۲- انواع منابع آب داخلی	۴۱
جدول ۴-۲- انواع مصرف از منابع آب	۴۲
جدول ۱-۳- آب مصرفی هر هکتار محصولات زراعی کشور در سال ۸۵-۱۳۸۴ (مترمکعب)	۵۵
جدول ۲-۳- برآورد کل آب مصرفی محصولات زراعی کشور در سال ۸۵-۱۳۸۴ (هکتار- میلیون مترمکعب)	۵۶
جدول ۲-۳- برآورد آب سبز جنگل‌ها و مراتع بر حسب استان در سال ۸۵-۱۳۸۴ (مترمکعب- میلیون مترمکعب)	۶۳
جدول ۳-۳- برآورد مقدار مواد غذایی و کل آب مورد نیاز دام گاو گوشتی در کشور	۷۱
جدول ۴-۳- برآورد مقدار مواد غذایی مورد نیاز دام و آب موجود در مواد خوراکی	۷۲
جدول ۵-۳- میزان آب مصرفی مزارع پرورش ماهیان گرم آبی کشور به تفکیک استان در سال ۸۵ (تن- مترمکعب)	۷۳
جدول ۶-۳- نمونه‌ای از جداول محاسباتی مقدار آب مصرفی واحدهای صنعتی کشور- صنایع غذایی (مترمکعب)	۷۵
جدول ۷-۳- خلاصه وضعیت آب شرب کشور در سال ۱۳۸۵ (میلیون مترمکعب)	۷۶
جدول ۸-۳- میزان آب مجازی کالاهای صادراتی کشاورزی در سال ۱۳۸۵ (میلیون مترمکعب)	۷۷
جدول ۱-۴- پیوند تجارت آب مجازی به بیلان منابع آب در محدوده جغرافیایی کشور (مربوط به پیرایند ۸)	۸۵
جدول ۲-۴- میزان کمبود آب ملی (درصد- میلیون مترمکعب)	۸۸
جدول ۳-۴- درصد وابستگی و خودکفایی آبی (درصد- میلیون مترمکعب)	۸۸
جدول ۴-۴- سرانه آبرانه کشور (درصد- میلیون مترمکعب)	۸۸
جدول ۵-۴- محاسبات میزان آب ذخیره ملی در کشور در نتیجه تجارت آب مجازی	۹۰
جدول ۶-۴- شرح سناریوها و گزینه‌های مختلف امنیت غذایی	۹۱
جدول ۷-۴- عناصر خوراکی حاصل از تولید، مصرف موجود و مصرف استاندارد محصولات غذایی در سال ۱۳۸۵- سناریو ۱ گزینه ۱ - هزار تن	۹۲
جدول ۸-۴- شکاف عناصر غذایی در وضعیت‌های «تولید از مصرف»، «مصرف از مصرف استاندارد» و «تولید از مصرف استاندارد» در سال ۱۳۸۵ - سناریو ۱ گزینه ۱ - هزار تن	۹۲
جدول ۹-۴- شاخص‌های امنیت مواد غذایی در سال ۱۳۸۵ - سناریو ۱ گزینه ۱	۹۳
جدول ۱۰-۴- میزان آب معادل در تولید، مصرف موجود و مصرف استاندارد محصولات غذایی در سال ۱۳۸۵- سناریو ۱ گزینه ۱ هزار مترمکعب	۹۳

مقدمه

راهکار سنتی برای رویارویی با مشکل کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران عبارت از سرمایه‌گذاری هر چه بیش‌تر در تاسیسات آبی برای افزایش عرضه آب است. در دهه‌های اخیر، برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی نیز راهکاری منفعلانه برای پاسخگویی به تقاضای فزاینده برای منابع آب شیرین در کشور بوده است. با توجه به اثرات زیست‌محیطی و عوارض جنبی این راهکارها و افزایش سریع هزینه تولید و عرضه آب به نظر می‌رسد که راهکار مشکل آب در ایران تنها عرضه آب بیش‌تر نیست، بلکه راهکار موثرتر عبارت از تدوین سیاست‌ها و تدابیری است که ساختار اقتصادی و الگوی مصرفی آب را تغییر دهد. منظور از تغییرات ساختاری و الگوی مصرف آب این است که هر گاه منطقه‌ای کمبود آب داشته باشد، باید به تولید محصولاتی بپردازد که از هر واحد آب بیش‌ترین درآمد را به دست آورد و محصولاتی را که آب بیش‌تر و بازده کم‌تری در واحد آب دارند از مناطق دیگر وارد کنند. از نظر تجارت خارجی نیز هرگاه کشوری با کمبود آب روبرو باشد (مانند ایران) اقتصادی‌تر است که محصولاتی را که مقادیر کم‌تری آب مصرف می‌کنند و ارزش اقتصادی بالاتری دارند با محصولاتی که مقادیر زیادی آب مصرف می‌کنند، مبادله کنند. اما ساختار کنونی اقتصاد به ویژه اقتصاد کشاورزی ایران درست وارونه این وضعیت سازماندهی شده است. گفتنی است که حتی اگر الگوی کنونی مصرف آب در ایران را به دلایل سیاسی و اجتماعی بتوان توجیه کرد، توجیه اقتصادی آن روز به روز مشکل‌تر می‌شود. بنابراین به منظور بهره‌برداری اقتصادی لازم است الگوی مصرف آب در جهتی سوق داده شود که بالاترین ارزش اقتصادی را برای این منبع کمیاب تولید کند [۳]. تجارت آب مجازی بین کشورها و مناطق که توسط آلن مطرح‌شده مبتنی بر نظریه هاکشر-اولین^۱ است. بر مبنای این نظریه تجارت کالاها بین کشورها یک راه غیرمستقیم تجارت عوامل تولید بین کشورهاست که رابطه بین کمیابی عوامل تولید و تجارت جهانی را تبیین می‌کند. بر این اساس، الگوی تجارت جهانی محصولات در ارتباط با آب مجازی باید طوری طراحی شود که کشورهایی که دارای منابع آب فراوانند محصولات آب‌بر صادر و کشورهای کم‌آب، محصولات آب‌بر وارد کنند و محصولاتی که نیاز کم‌تری به آب دارند ولی نیروی کار بیش‌تری نیاز دارند، (یعنی محصولات کاربر) صادر کنند.

درک این نکته نیز ضروری است که مسایل اقتصادی-سیاسی ملی، تابعی از مسایل سیاسی منطقه‌ای است که آن هم به نوبه خود تابعی از اقتصاد سیاسی جهانی است [۱۲۲]. برخی کشورها در طول دوره‌های خشکسالی، اقدام به واردات غله یا مواد غذایی می‌کنند. چنین راهکاری منفعلانه است. در حالی که راهکار آب مجازی، مدبرانه و با طراحی قبلی است. همین‌طور، یکی از ابزارهای مهم پیاده‌کردن راهبرد تجارت آب مجازی، داشتن توان اقتصادی بالای کشورهاست. توجه به راهبرد کارایی بخشی آب موجب افزایش قدرت اقتصادی کشورهای کم‌آب نیز می‌شود و بدین ترتیب کشورها بهتر می‌توانند از سیاست خودکفایی مواد غذایی به سمت سیاست امنیت مواد غذایی با محوریت تجارت

آب مجازی گرایش پیدا کنند. به ویژه آنکه، نتایج بررسی‌های موجود نشان می‌دهد که از نظر هماهنگی بین الگوهای تولید و مصرف نیز هیچ‌گونه تعادلی در سامانه مواد غذایی کشور دیده نمی‌شود. در رابطه با بیش‌تر محصولات، شکاف ترکیبات تولیدی از مقدار مصرف مطلوب (استاندارد سفره مواد خوراکی) بیش‌تر شده است. برای مثال در شرایطی که سبد مصرفی خانوارها به شدت پر از هیدرات کربن است، همواره افزایش واردات و تولید محصولاتی که بخش عمده‌ای از ترکیبات غذایی موجود در آن‌ها شامل هیدرات کربن است، تشدید می‌شود. تولید (یا واردات) برخی محصولات همانند چغندر قند و گندم به شدت موجب ناهماهنگی بین الگوی تولید و مصرف مواد غذایی شده‌اند [۱۱]. برای دستیابی به امنیت غذایی در سطح خانوار باید مجموعه کاملی از سایر مسایل مورد توجه قرار گیرد. از نظر زیست‌محیطی، در کشورهایی که مقدار اراضی حاصلخیز برای توسعه تولیدات کم‌تر از میزان مورد نیاز است، نیاز به واردات مواد غذایی دارند و در صورتی که بر منابع تولید خود فشار آورند، اثرات زیست‌محیطی منفی بر جای می‌گذارد. این بدان معنی است که برخی کشورها نیاز به اراضی حاصلخیز بیش‌تری برای تولید محصولات دارند و برای جبران آن ناچارند از ظرفیت‌های تولید سایر کشورها استفاده کنند و اقدام به واردات آب مجازی کنند و به این ترتیب به محیط زیست خود کمک کنند.

تجارت آب مجازی می‌تواند تبدیل به ابزاری کارآمد برای ایجاد توازن در تراز آب در سطح منطقه‌ای باشد. این موضوع به ویژه در کشورهایی که توسعه مکانی و جغرافیایی آن‌ها ناهمگن است و الگوهای گسترش آب آن‌ها با الگوهای توسعه اقتصادی هم‌خوانی ندارد، مفید است. یعنی کشورها می‌توانند از نظر کشاورزی و اقتصادی به طریقی همگن و پایدار توسعه یابند. تجارت آب مجازی مفهومی تسهیل‌کننده است که اکنون برای استفاده سیاست‌گذاران مدیریت اجتماعی، توسعه‌یافته و باز تعریف شده است. توجه به تجارت آب مجازی در زمان کم‌آبی، راهکار دیرپایی است که توسط جامعه برای رویارویی با کمبود آب مورد استفاده قرار گرفته است. اکنون این راهکار به عنوان بخشی از یک سیاست درازمدت و طولانی‌تر شناخته می‌شود. همین‌طور، در جای دیگر ثابت شده که تجارت آب مجازی از نظر اقتصادی، پایدار و از نظر سیاسی، خاموش و بی‌سر و صدا است. با این حال رابطه مناسبی بین تجارت پایدار در آب مجازی و کمک‌های مواد غذایی وجود دارد. همچنین نیاز به ایجاد توازن و تعادل بین توسعه اقتصادی و تجارت خارجی است و همین‌طور خطر وابستگی نیز از نظر سیاسی وجود دارد. بنابراین ضروری است که توازن بین سیاست خودکفایی ملی و امنیت غذایی به وجود آید. با این حال در صورت بی‌توجهی به عامل محرک بنیادین کم‌آبی، تمام سیاست‌ها محکوم به فنا هستند. از سوی دیگر، کم‌آبی مشکل اصلی نیست. بلکه مشکل بزرگ‌تر و پیچیده‌تر رشد افسارگسیخته جمعیت است. با این حال تجارت آب مجازی نوش‌داروی تمام مشکلات ناشی از آب در جهان نیست. باید این واقعیت را به خوبی دریافت که تجارت آب مجازی می‌تواند در سطح راهبردی و مدیریتی یک کشور کارآمد باشد.

از آنجا که تاکنون بیلان منابع آب، تنها مربوط به چرخه منابع آب سطحی و زیرزمینی بوده است با مطرح‌شدن بحث تجارت آب مجازی، دریچه جدیدی بر بیلان منابع آب گشوده می‌شود. به طوری که بحث تجارت آب مجازی بدون ارتباط با سایر مباحث سیاست‌گذاری و یا بدون ارتباط با بیلان منابع آب، بحثی خنثی و کم‌اثر است. افزون بر آن، پیوند

تجارت آب مجازی با بیلان منابع آب و فرآیندهای تولید تا مصرف کالاها، آغازگر ورود این بحث به دنیای کاربردی و ارزیابی نقش این تجارت بر بیلان منابع آب است.

- هدف

به طور کلی تجارت آب مجازی یک ظرفیت نرم‌افزاری را در پهنه مدیریت منابع آب کشور فراهم می‌کند تا با کمک آن بتوان به پایداری منابع آب دست یافت. برای مثال از دیدگاه تجارت آب مجازی، کشور ایران که هم‌اکنون در طبقه چهارم جعبه موسوم به وابستگی-کمیابی است، بهتر است شرایط خود را تغییر دهد و با واردات بیش‌تر کالا (به ویژه مواد غذایی) به طبقه سه منتقل شود. طبقه چهار شامل کشورهایی است که با بیش‌ترین کمیابی منابع آب روبرو هستند و وابستگی اندکی به واردات کالا دارند. درحالی‌که طبقه سه شامل کشورهایی است که با کمیابی منابع آب روبرو هستند و واردکننده عمده کالا هستند. مبانی نظری تجارت آب مجازی به این موضوع اشاره دارد که کشوری همچون ایران، بهتر است واردات خود را توسعه دهد و از تولید محصولاتی که در فرآیند تولید خود آب زیادی مصرف می‌کند و ارزش اقتصادی پایینی هم دارند، خودداری کند. از طرفی، شرایط بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب و خاک در کشور به ویژه منابع آب زیرزمینی، توجه به بحث تجارت آب مجازی را که می‌تواند نقطه اتکایی برای رویارویی با پیامدهای فوق باشد، دو چندان می‌کند. البته با توجه به حساسیت واردات مواد غذایی و ارتباط نزدیک آن با استقلال سیاسی کشور، نگاه بومی به تجارت آب مجازی و شکافتن جنبه‌های مختلف آن و یافتن رابطه آن با واردات مواد غذایی ضروری است. در هر حال از آنجا که تجارت آب واقعی بسیار هزینه‌بر و غیرممکن است، پس با کمک سیاست‌گذاری مناسب و کاربرد رویکرد تجارت آب مجازی می‌توان فشار بر روی منابع آبی کشور را کاهش داد.

هدف از تهیه این راهنما، ارائه یک چهارچوب برای تعیین ارتباط بیلان منابع آب کشور با تجارت آب مجازی است. از آنجا که تجارت آب مجازی به عنوان یک بحث نو در ادبیات مدیریت منابع آب کشورهای مختلف مطرح شده است، شایسته است دستور کار مناسبی در این رابطه تهیه شده تا راهنمای عملی مناسبی برای مطالعات و تصمیمات اجرایی مربوط به مدیریت منابع آب کشور باشد. مفاد این راهنما برای داده‌های موجود کشور نیز انجام شده تا به عنوان یک نمونه عملی، راهنمایی جامع برای کاربران باشد.

- دامنه کاربرد

دامنه کاربرد این راهنما، بررسی وضعیت تجارت آب مجازی و ارتباط آن با بیلان منابع آب در سطح ملی است که در آن، شیوه تعیین مقدار آب مجازی در زیربخش‌های اقتصادی (کشاورزی، صنعت و شهری-روستایی) و به تفکیک گروه‌های کالایی ارائه و محاسبه می‌شود. بنابراین با کمک این راهنما، می‌توان صرفاً پیوند تجارت آب مجازی با بیلان منابع آب در قلمرو کشوری را محاسبه کرد. در کشورهای فدرال، که هر کدام از استان‌ها یا مناطق کشور دارای مرزهای سیاسی جداگانه هستند و از نظر سیاسی دارای اقتصاد مجزایی می‌باشند، نیز می‌توان مقادیر مربوط به صادرات و واردات

را به منزله تجارت جداگانه کالا به حساب آورد و آب مجازی را به عنوان یکی از منابع چهارگانه آب (آبی- سبز- خاکستری- مجازی)، برآورد و محاسبه کرد.

افزون بر آن، کوشش لازم برای تعمیم نتایج این راهنما در سطح حوضه آبریز (مشمول بر چند دشت) و بخشی از یک حوضه آبریز (یک دشت) انجام گرفت که برای انجام محاسبات در سطح حوضه آبریز، مقادیر آب واقعی اعم از آب آبی، سبز و خاکستری تعیین شد. اما تعیین مقادیر آب مصرفی کالاهای صادره و وارده در سطح حوضه آبریز، ممکن نشد. به همین دلیل تعیین رابطه بین بیلان منابع آب و تجارت آب مجازی در سطح حوضه آبریز در دستور کار این راهنما قرار نگرفت. بنابراین برای کشور ایران که دارای مرزهای سیاسی استانی است و مقادیر صادره و وارده کالا به منزله تجارت کالا بین استان‌ها به حساب نمی‌آید، نمی‌توان محاسبات تجارت آب مجازی را برای مرزهای استانی تعیین کرد. آنچه برای قلمرو کشوری نیز محاسبه می‌شود، هم‌زمان چندین حوضه آبریز را در بر می‌گیرد.

مصارف در بیلان آب در واقع مقدار آبی است که در فرآیند تولیدات کشاورزی، صنعتی و خدمات (شرب) مصرف می‌شود و در نهایت به مصرف جمعیت انسانی می‌رسد. پیوند بین منابع آب واقعی (سطحی - زیرزمینی - رطوبت خاک و پساب) با منابع آب مجازی (آب مصرف‌شده در فرآیند تولید کالاها)، تلاقی بحث تجارت آب مجازی با بیلان آب است. به طور کلی بحث تجارت آب مجازی از حیث محتوایی، با بحث‌های کلیدی زیر مرتبط است:

- بیلان منابع آب در کشور
- کارایی اقتصادی بهره‌برداری از منابع آب
- تجارت جهانی محصولات و توجه به مزیت نسبی تولیدات
- امنیت غذایی
- بهره‌برداری پایدار از منابع آب
- الگوهای تولید و مصرف محصولات کشاورزی
- توسعه پایدار و ملاحظات زیست‌محیطی
- بازده بخشی آب

در این راهنما، شیوه ارتباط تجارت آب مجازی با بیلان منابع آب کشور تعیین می‌شود و ارتباط آن با سایر موارد نام‌برده نیز تا حدودی مشخص می‌شود. گرچه راهنمای حاضر ناظر بر نحوه تعیین این ارتباط‌ها است ولی در رابطه با تعیین راهبرد تجارت آب مجازی و تعیین خطوط آن اقدام جدی نمی‌کند. چرا که در تدوین راهبرد تجارت آب مجازی باید سیاست‌های مختلف دولت را در رابطه با میزان پذیرش خودکفایی مواد غذایی، حفاظت از منابع آب، توجه به مزیت نسبی تولید، امنیت غذایی و ... تعیین و پیش‌بینی کرد و پس از آن با ارائه گزینه‌های مختلف، آثار این سیاست‌ها را بر بیلان منابع آب بررسی کرد. در حالی که در راهنمای حاضر تنها با یک تحلیل ایستا به طور مشخص، ارتباط تجارت آب مجازی با بیلان منابع آب کشور برای مدت یک سال تعیین می‌شود. به طور کلی، دو کاربرد مشخص زیر از این دستورالعمل مورد نظر است:

- کاربرد نخست مربوط به تعیین ارتباط تجارت آب مجازی و بیلان منابع آب برای هر سال است.
- کاربرد دوم مربوط به بررسی تاثیر متغیرهای مختلف بر بیلان منابع آبی کشور برای هر سال است. این کاربرد به صورت‌های زیر امکان‌پذیر است:

- 0 تاثیر اجرای پروژه‌های توسعه منابع آب بر بیلان منابع آبی کشور
- 0 تاثیر واردات و صادرات سالیانه کشور بر بیلان منابع آبی کشور
- 0 بررسی تاثیر تولیدات خوراکی و غیرخوراکی سالیانه کشور و تاثیر آن بر بیلان منابع آبی کشور
- 0 بررسی تاثیر اقدامات و برنامه‌های کشور در بخش‌های مختلف بر بیلان منابع آبی کشور
- 0 بررسی تاثیر بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بر بیلان منابع آب کشور
- 0 بررسی تاثیر برنامه‌های حفاظت جنگل بر مقادیر منابع آب سبز
- 0 بررسی تاثیر برنامه‌های توسعه آب و فاضلاب بر مقادیر منابع آب خاکستری
- 0 بررسی تاثیر برنامه‌های الگوی کشت بر مقادیر منابع چهارگانه آب
- 0 ارزیابی مقادیر وابستگی و خودکفایی منابع آب کشور
- 0 تعیین میزان آبرانه سرانه کشور
- 0 بررسی آثار زیست‌محیطی پروژه‌های توسعه منابع آب
- 0 و ...

یادآوری می‌شود که بررسی موردهای یادشده یا مواردی شبیه آن، تنها برای یک بازه زمانی یک ساله امکان‌پذیر است. آشکار است که مقادیر متغیرها از یک سال به سال بعد متفاوت است و به دنبال آن، نتایج مربوط به هر سال نیز متفاوت خواهد بود. در نرم‌افزار ارائه شده در این راهنما امکان محاسبات و لحاظ کردن تغییرات سالیانه و مشاهده نتایج مربوطه امکان‌پذیر است. به این ترتیب، چنانچه کاربران، مسیر سیاست‌های راهبردی مورد نظر خود را معلوم کنند می‌تواند با کمک یافته‌های بالا از این راهنما برای تدوین راهبردهای مدیریت منابع آب هم کمک بگیرند.

فصل ۱

کلیات

۱-۱- تعریف‌ها و مفهوماهای کلیدی

- منابع نوع اول

به آن دسته از منابع طبیعی (مانند آب) که می‌تواند در یک منطقه معین به مقدار فراوان یا کم در دسترس باشد گفته می‌شود.

- بازده بخشی آب

بازده بخشی آب، نسبت آب مصرفی در یک بخش اقتصادی معین (قابل ذکر به عنوان درصدی از کل مصرف آب ملی) در شراکت و تعامل با بخش‌های اقتصادی مشابه با کل تولید ناخالص داخلی (GDP^۱) (قابل ذکر به عنوان درصدی از کل تولید ناخالص داخلی) است (رابطه (۱-۱)) [۱۲۰].

$$\text{بازده بخشی آب} = \frac{\text{مصرف آب بخش به درصد}}{\text{میزان شراکت بخش مورد نظر در تولید ناخالص داخلی}} \quad (۱-۱)$$

یادآوری می‌شود که یک میزان جهانی قابل پذیرش و منصفانه برای سهم بخش‌های کشاورزی، صنعتی و شرب از کل آب مصرفی در یک کشور به ترتیب برابر ۷۰-۶۵، ۲۸-۲۰ و ۱۰-۵ درصد است. به طور عموم کشاورزی بیش‌ترین مصرف آب را در یک اقتصاد دارد و تنها سهم اندکی در کل تولید ناخالص داخلی یک کشور دارد. از سوی دیگر، بخش صنعت کم‌ترین آب را مصرف می‌کند و سهم قابل ملاحظه و فراوانی را از کل تولید ناخالص داخلی تشکیل می‌دهد. در نتیجه، کارایی بخشی آب برای کشاورزی، پایین و برای صنعت زیاد است. در حقیقت آبی که از مصرف بخش کشاورزی به سمت بخش‌های صنعتی و شهری منتقل می‌شود، می‌تواند ارزش اقتصادی چند برابر بزرگتر را از هر واحد خود تولید کند [۹۷]. همچنان که کشورها توسعه می‌یابند، تمایل دارند از اقتصادهای کشاورزی محور به سوی اقتصادهایی که بیش‌تر صنعت محورند حرکت کنند تا در کارایی‌های اقتصادی مرتبط با آب تغییر ایجاد کنند. این ویژگی‌های متفاوت کارایی بخشی آب، این امکان را می‌دهد که مشکلات کم‌آبی را تحمل کنند.

- کم‌آبی

به مفهوم وجود شرایط غالبی است که زمانی به وجود می‌آید که مصرف آب تازه در یک جامعه معین، از سطح ذخیره‌ای پایدار فراتر می‌رود [۱۲۲]. کشورهایی که در شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک هستند به طور معمول کشورهای کم‌آب هستند.

- کمیابی آب

به مفهوم شرایطی است که از نظر آماری، تقاضا برای آب از سطح غالب ذخیره محلی فراتر می‌رود و افزایش عرضه آب ضروری می‌شود [۱۲۵]. کمیابی آب یک پدیده مقطعی است که در سال‌های خشک برای یک محدوده جغرافیایی معین (حتی کشور پرآب) قابل انتظار است.

- کمبود (مازاد) آب ملی

کمبود آب ملی به صورت نسبت «آب مصرفی» به «آب‌های مصرفی در دسترس» محاسبه می‌شود.

- وابستگی آب

وابستگی یک ملت به آب به صورت نسبت «خالص آب مجازی وارداتی» به «کل آب مصرفی» در کشور محاسبه می‌شود.

- خودکفایی منابع آب کشور

میزان خودکفایی آبی نشان‌دهنده توان یک ملت برای تامین آب مورد نیاز برای تولید داخلی کالا و خدمات در کشور است. اگر تمام آب مورد نیاز در دسترس باشد و از درون مرزهای کشور تامین شود خودکفایی آبی برابر ۱۰۰ درصد است. میزان خودکفایی آبی در صورتی برابر صفر درصد خواهد بود که یک کشوری به طور کامل تکیه بر واردات آب مجازی داشته باشد.

- کارایی اقتصادی در ارتباط با آب در سطوح محلی، ملی و جهانی

هرگاه آب به عنوان یک کالای اقتصادی در نظر گرفته شود در سه سطح می‌توان به کارایی اقتصادی آن نگاه کرد: مصرف‌کننده (مزرعه- خانگی)، حوضه آبریز و جهانی. کارایی مصرف آب در سطح محلی را می‌توان برای مثال با استفاده از سیاست قیمت‌گذاری آب و توسعه فن‌آوری‌های آب‌اندوز افزایش داد. در سطح حوضه صحبت از ارزش آب در مصارف مختلف است که در این راستا سیاست‌های کلان بیش‌تر موثر است. در سطح جهانی می‌توان از طریق تجارت آب مجازی بین مناطق کم‌آب و پرآب کارایی مصرف آب را افزایش داد. به عبارت دیگر تجارت آب مجازی بین کشورها و حتی قاره‌ها می‌تواند به عنوان ابزاری برای بهبود کارایی مصرف آب در سطح جهانی و رسیدن کشورهای کم‌آب به امنیت آبی به کار گرفته شود.

- مزیت نسبی تولید در کشور با توجه به محدودیت منابع آب

پژوهشگران زیادی نشان داده‌اند که کشورهای دارای فقر منابع آبی می‌توانند امنیت غذایی خود را با واردکردن محصولات زراعی آب‌بر، تامین کنند. در تجارت آب مجازی، به فن‌آوری‌های تولید یا هزینه‌های تولید، توجه زیادی نمی‌شود و لزوماً با اصول مزیت نسبی هماهنگ نیست. نظریه آب مجازی می‌تواند در تدوین سیاست‌هایی که استفاده از منابع محدود را مطلوب و بهینه می‌کند، موثر باشد، اما نظریه سودمندی نسبی برای تدوین راهبردهای بهینه تولید و

تجارت مناسب است. کشورها می‌توانند از طریق ایجاد تعادل بین تولید داخلی مواد خوراکی، واردات و اصلاح بخش تغذیه به امنیت غذایی دست یابند. بسیاری از کشورها مقدار فراوانی از مواد خوراکی مورد نیاز خود را وارد می‌کنند حتی اگر به ظاهر از به‌کاربردن راهبردهای تجارت آب مجازی دوری کنند [۱۷]؛ [۱۵۳] و [۱۵۴]. در دیگر کشورها تجارت آب مجازی می‌تواند در ایجاد فرصت برای تعدیل فعالیت‌های تولیدی و تجاری به شکلی که باعث بهبود وضعیت تولید با استفاده از منابع محدود شوند به طور موفقی عمل کنند [۱۴۳]؛ [۱۴۴]. اصل سودمندی نسبی جزو اساسی در تجارت جهانی است و در صورتی که کشورها توان خود را بر روی تولید کالاهای دارای سودمندی نسبی متمرکز کنند به بیش‌ترین منفعت در تجارت دست می‌یابند. پس باید اقدام به واردات کالاهای و خدماتی کنند که برای آن‌ها سودمندتر است. نظریه آب مجازی به میزان منابع آبی یک کشور توجه می‌کند اما به فن‌آوری تولید یا هزینه‌های تولید مربوط به آب و دیگر منابع محدود کاری ندارد. اگر یک کشور کم‌آب بتواند کالاهایی را با هزینه کم‌تر نسبت به یک کشور پرآب تولید کند این کشور سود کافی را در تولید کالاهای خواهد برد؛ حتی اگر آب در این کشور یک نهاده کمیاب و کلیدی باشد. از آنجا که هزینه‌های مطلق تولید نشان نمی‌دهند که کشورهای دارای منابع آب محدود باید چه نوع کالاهایی را صادر کنند، راهبرد بهینه تجارت آب مجازی تنها با آزمون کردن مزیت نسبی (مقایسه هزینه تولید یک کالا در دو کشور مختلف) قابل تدوین است.

بر همین اساس، در بیش‌تر کشورهای دارای منابع محدود آب، در صورت تولید کالاهای آب‌بر در کشور، هزینه بیش‌تری نسبت به تهیه آن از طریق واردات به کشور تحمیل می‌شود. پس این کشور باید منفعت اقتصادی را از طریق تولید کالاهای کم‌آب‌بر که دارای مزایای نسبی فراوانند (دارای هزینه پایین‌تر تولید است) به دست آورند و در صورتی که واردات کالا، سودمندی نسبی بیش‌تری داشته باشد یعنی هزینه تولید داخلی کالا بالا باشد، به واردات اقدام کند. پس کشورهای کم‌آب باید به سودمندی نسبی از طریق واردات کالاهای پرآب اقدام کنند؛ همان‌گونه که کشورهای پرآب باید، کالاهای آب‌بر تولید کنند.

- تعریف و ابعاد امنیت غذایی

امنیت غذایی در سطوح فردی، خانوادگی، ملی و جهانی کاربرد دارد. چون تجارت آب مجازی در سطح ملی مورد نظر است بنابراین، در دستورالعمل حاضر به امنیت غذایی در سطح ملی توجه می‌شود. دو عامل مهم در امنیت غذایی یکی دسترسی به مواد خوراکی و دیگری وجود مواد خوراکی مفید و قابل استفاده است که با هم در ارتباط تنگاتنگی می‌باشند. دسترسی به مواد خوراکی مستلزم این است که این مواد وجود داشته باشد. دسترسی به مواد خوراکی در سطوح ملی، ناحیه‌ای و محلی حاصل عملکرد تجارت و تولیدات کشاورزی است. برای ارتباط دادن امنیت مواد خوراکی به تجارت آب مجازی، اقدام به ارائه سناریوهای مختلف می‌شود. البته کاربرد اصلی این ارتباط مربوط به راهبرد تجارت آب مجازی می‌شود که در این دستورالعمل کم‌تر مورد توجه است.

مفهوم توسعه پایدار و ملاحظات زیست‌محیطی در رابطه با آب

از دیدگاه گوئل کاهن^۱ مفهوم توسعه پایدار مشتمل بر سه دیدگاه (هدف) اصلی اقتصادی، اجتماعی و بوم‌شناختی است. عناصر اساسی توسعه با یکدیگر در تعامل هستند. امروزه دانشمندان در بخش کشاورزی به منظور ایفای نقش کلیدی آن در دستیابی به توسعه‌ای پایدار، مقوله کشاورزی پایدار را مطرح کرده‌اند و شاید با اطمینان بتوان گفت که دستیابی به پایداری در بخش کشاورزی بس دشوارتر از دستیابی به پایداری در بخش صنعت است. در راهنمای حاضر نیز با ابرام بر پایداری بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، بر پایداری در بخش کشاورزی توجه می‌شود.

چرخه آب یا سیکل هیدرولوژی^۲

مسیر حرکت آب در طبیعت مانند یک چرخه است. مسیر گردش آب در طبیعت را در اصطلاح چرخه آب‌شناسی یا به طور ساده، چرخه آب می‌خوانند. این چرخه، آغاز و پایانی ندارد و در آن فرآیندهای بسیاری به طور پیوسته روی می‌دهد. انرژی خورشید، نیروی محرکه‌ی چرخه‌ی آب را تشکیل می‌دهد. آب اقیانوس و خشکی‌ها که در معرض تابش‌های خورشیدی قرار دارد، به طور پیوسته تبخیر می‌شود. بخار آب با بالا رفتن در هوا و تغییر شرایط، متراکم می‌شود و به شکل باران و برف یا به طور کلی «بارش» به سطح زمین بر می‌گردد. (شکل ۱-۱)

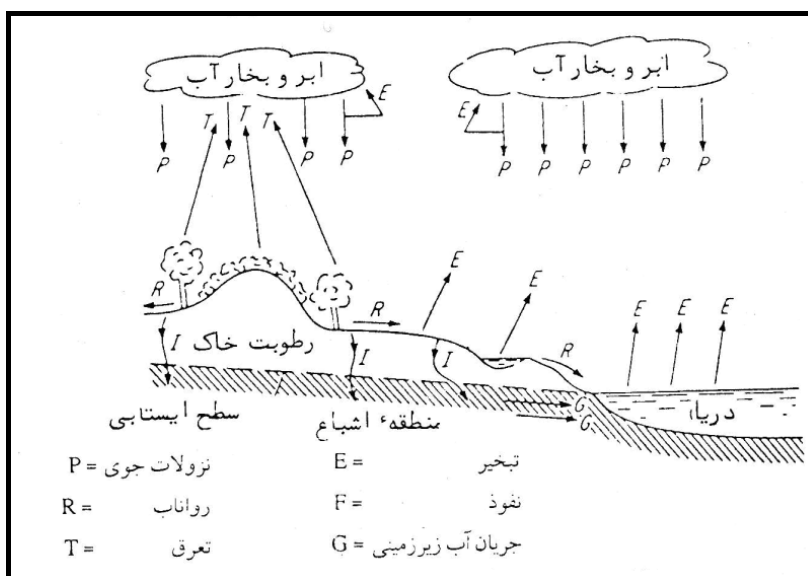


شکل ۱-۱- اجزای چرخه آب در طبیعت

1- Goel Kahen

2- Hydrological Cycle

آب در طی این چرخه از اتمسفر^۱، لیتوسفر^۲ و هیدروسفر^۳ عبور می‌کند. نگاره‌ی ۲، چرخه آب و اجزای تشکیل‌دهنده آن را در طبیعت نشان می‌دهد. مولفه‌ها یا فرآیندهای آب‌شناسی^۴ در نگاره‌ی ۲ عبارت از بارندگی (P)، رواناب سطحی (R)، تبخیر (E)، تعرق (T)، نفوذ (I) و جریان‌های زیرزمینی (G) است. (شکل ۱-۲)



شکل ۱-۲- چرخه آب و اجزای تشکیل‌دهنده آن در طبیعت

- بیلان منابع آب

بررسی تبادلات آب در یک محدوده که بر اصل بقای ماده استوار است، بیلان آب خوانده می‌شود. بنابراین کلیه آب‌هایی که در یک زمان معین وارد یک محدوده خاص می‌شود، در این محدوده به مصرف رسیده، یا ذخیره می‌شود و یا به شکل‌های مختلف از محدوده خارج می‌شود. هدف از برقراری بیلان یا ترازنامه آب، تعیین و بررسی مقادیر ورودی، مصرفی، ذخیره شده و خروجی از یک محدوده در زمان مشخص می‌باشد.

- بیلان عمومی آب در یک محدوده جغرافیایی مشخص

بیلان عمومی آب تعیین‌کننده سهم هر یک از عوامل ورودی و خروجی آب در یک محدوده جغرافیایی است. عوامل ورودی شامل حجم بارش، حجم جریان‌های سطحی ورودی و انتقالی به محدوده و حجم جریان‌های زیرزمینی ورودی به

- 1- Atmosphere
- 2- Lithosphere
- 3- Hydrosphere
- 4- Hydrology
- 5- Precipitation
- 6- Run off
- 7- Evaporation
- 8- Transpiration
- 9- Infiltration
- 10- Ground Water

محدوده و عوامل خروجی شامل تبخیر و تعرق، جریان‌های سطحی و زیرزمینی به خارج از محدوده و یا محدوده‌های مجاور است. معادله بیلان عمومی آب در رابطه (۲-۱) آورده شده است:

$$P + Q_{SI} + Q_{UI} - E - Q_{SO} - Q_{UO} = \pm \Delta V \quad (2-1)$$

P: حجم ریزش‌های جوی در محدوده بیلان

Q_{SI} : حجم جریان‌های سطحی ورودی یا انتقالی به محدوده بیلان

Q_{UI} : حجم جریان‌های زیرزمینی ورودی یا انتقالی به محدوده بیلان

E: اشکال مختلف تبخیر (تبخیر از بارندگی، تبخیر از سطح آزاد آب، تبخیر از آب زیرزمینی و مصرف خالص) در

محدوده بیلان

Q_{SO} : حجم جریان سطحی خروجی یا انتقالی از محدوده بیلان

Q_{UO} : حجم جریان زیرزمینی خروجی یا انتقالی از محدوده بیلان

$\pm \Delta V$: تغییرات ذخایر در آب‌های سطحی و زیرزمینی

به زبان ساده می‌توان معادله بیلان را به صورت زیر بیان کرد:

خروجی از آبخوان = ورودی به آبخوان

در مواردی که معادله بیلان موازنه نباشد و با کسری و یا فزونی بیلان مواجه باشد به معنی برداشت آب از حجم

ذخیره و یا اضافه شدن به حجم ذخیره است و بنابراین برای برقراری معادله بیلان تغییر در حجم ذخیره به این رابطه اضافه خواهد شد.

$$[Q_{in} - Q_{out}] \cdot t = \pm \Delta V \quad (3-1)$$

Q_{in} : کلیه جریان‌های ورودی به محدوده بیلان، شامل:

qR : حجم نفوذیافته از بارندگی مستقیم بر سطح محدوده بیلان

q_i : حجم ورودی زیرزمینی به محدوده بیلان

q_r : حجم نفوذ از جریان‌های سطحی در محدوده بیلان

q_{ir} : حجم نفوذ از آب آبیاری در محدوده بیلان

q_{mi} : حجم نفوذ از آب برگشتی مصارف شهری و صنعتی در محدوده بیلان

Q_{out} : کلیه جریان‌های خروجی از محدوده بیلان، شامل:

qW : حجم تخلیه و برداشت از محدوده بیلان توسط چاه، چشمه و قنات

q_o : حجم تخلیه زیرزمینی از محدوده بیلان

q_d : حجم زهکشی از محدوده بیلان

q_e : حجم تبخیر از محدوده بیلان

t: دوره بیلان (روز، ماه، سال)

ΔV : تفاوت حجم ورودی و حجم خروجی از محدوده بیلان در طول دوره بیلان

- بیلان هیدروکلیما تولوژی

بیلان هیدروکلیما تولوژی مبتنی بر معادله‌ی $P=E+R+I$ است که در آن P بارندگی، E تبخیر، R رواناب و I نفوذ است.

- بیلان آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی

بیلان آب زیرزمینی شکل ویژه‌ای از بیلان است که در آن عوامل ورودی و خروجی و تغییرات ذخیره مخزن آب زیرزمینی (آبخوان) مورد بررسی قرار می‌گیرد. برآورد این عوامل پیچیده‌تر از عوامل بیلان عمومی آب است زیرا تعداد کمی از این عوامل به‌طور مستقیم قابل اندازه‌گیری و یا محاسبه هستند. تغییرات ذخیره آبخوان بر اساس اختلاف ورودی‌ها و خروجی‌ها و از طریق نوسانات سطح آب زیرزمینی و لحاظ کردن ضریب ذخیره و مقایسه این دو، مشخص می‌شود. افزایش سطح آب زیرزمینی و یا افزایش آبدهی چشمه‌ها و قنوات بیانگر افزایش تغذیه و برعکس کاهش آبدهی قنوات و چاه‌های بهره‌برداری و افت سطح آب بیانگر افزایش تخلیه و کاهش تغذیه آبخوان در یک دوره مشخص است. بهترین شرایط پایداری آبخوان، تعادل بین تغذیه و تخلیه آبخوان می‌باشد. بیلان آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی براساس معادله زیر تهیه می‌شود:

$$Q_{UI} + Q_P + Q_R + Q_I + Q_{SW} - Q_{UO} - Q_{EX} - Q_D - Q_{ET} = \Delta V \quad (4-1)$$

(Q_{UI}) : جریان زیرزمینی ورودی

(Q_P) : نفوذ از بارندگی بر سطح آبخوان

(Q_R) : تغذیه از طریق جریان‌های سطحی

(Q_I) : نفوذ از آب مصرفی آبیاری

(Q_{SW}) : نفوذ از پساب صنایع

(Q_{UO}) : جریان زیرزمینی خروجی

(Q_{ET}) : تبخیر از آب زیرزمینی

(Q_D) : زهکشی آبخوان توسط رودخانه

(Q_{EX}) : تخلیه و برداشت از طریق چاه، چشمه و قنات

- آب آبی، سبز و خاکستری^۱

لازم به اشاره است که براساس روش کار ارایه شده در این دستورالعمل، منابع آب شامل چهار نوع «آب آبی»، «آب سبز»، «آب خاکستری» و «آب مجازی» است. یک تفاوت در خاستگاه آب مجازی می‌تواند ناشی از آب سبز و آبی باشد. چون دستیابی به آب آبی (آب زیرزمینی و سطحی) آسان است، به طور معمول راهکارهای زیادی نیز برای توسعه و کاربرد آن وجود دارد. برنامه‌ریزی در مورد آب سبز (رطوبت خاک^۲ در منطقه اشباع نشده خاک) دشوار است. در این راهنما مقدار باران موثر که مورد استفاده گیاهان آبی و دیم قرار می‌گیرد، محاسبه و به عنوان آب سبز مصرفی گیاه در نظر گرفته شده است. یعنی آب سبز بخشی از رطوبت خاک است که تنها می‌تواند از راه ریشه گیاهان جذب شود. درحالی‌که گزینه‌های متفاوتی در رابطه با استفاده از آب آبی وجود دارد، استفاد از آب سبز با محدودیت‌هایی روبرو است اما این آب دارای کاربردهای متفاوتی است. برای مثال می‌توان با تغییر در الگوهای کشت محصولات یا تغییر کاربری اراضی، استفاده مناسب‌تری از آب سبز کرد. با کمک شاخص آبرانه در کشور می‌توان بین آب آبی که برای برنامه‌ریزی منابع آبی کوتاه‌مدت و بلندمدت به کار می‌رود و آب سبز که شامل برنامه‌ریزی و مدیریت بلندمدت منابع آبی است تفاوت قایل شد. با اطلاع از کل آب مصرفی می‌توان در رابطه با صادرات، واردات، دسترسی به منابع آب، سیاست‌های مدیریت منابع آب و چگونگی تامین مواد غذایی و جنبه‌های زیست‌محیطی تصمیم‌گیری کرد. در این دستورالعمل منظور از آب خاکستری، آب‌های غیرقابل مصرف مانند پساب، آب‌های شور و آب‌های آلوده است که در مدیریت منابع آب با عنوان آب‌های غیرمتعارف شناخته می‌شود.

- آب مجازی^۳

مفهومی است که توسط پروفیسور تونی آلن ارایه شده است و به میزان آب مورد نیاز برای تولید یک کالا یا خدمات اشاره دارد. برای مثال، اگر تولید یک تن گندم به طور معمول به ۳۰۰۰ تن آب نیاز داشته باشد، این به معنای مقدار آب واقعی است که در تولید یک تن گندم به کار رفته است و به آن آب مجازی گفته می‌شود. در چنین حالتی، از نظر زیست‌محیطی ممکن است غیرمخرب‌تر باشد که یک تن گندم را از خارج وارد کنیم تا این که ۳۰۰۰ تن آب را در داخل کشور برای تولید آن مصرف کنیم [۱۲۳]. برای تولید گوشت ۵ تا ۱۰ برابر این مقدار آب نیاز است. همچنین آب مجازی در موضوع نیروی هیدروالکتریکی نیز مطرح می‌شود و عبارت از آب واقعی مورد نیاز برای تولید یک واحد نیروی هیدروالکتریکی است [۱۲۰]. پسوند مجازی در اصطلاح آب مجازی به مفهوم غیرواقعی بودن آب نیست بلکه بدان معناست که بخش عمده‌ی آبی که جهت تولید محصول نهایی مصرف شده، در محصول فیزیکی وجود ندارد و تنها مقدار اندکی از آب مصرفی در آن باقی مانده است بنابراین مفهوم آب در ترکیب آب مجازی، به معنای آب واقعی است که در

1- Blue, Green and Gray Water

2- Soil Moisture

3- Virtual Water

تولید محصول، مصرف شده است. پس، مادامی که مقادیر آب مصرفی مورد نیاز در فرایند تولید کالاها اعم از کالاهای تولید داخل یا کالاهای وارداتی مورد نظر باشد، به میزان آب مصرفی مورد نیاز که در فرایند تولید این کالاها به کار رفته است آب مجازی گفته می‌شود. هرچند، آب مجازی نوعی آب «بیرونی» است و در ادبیات موضوع و در آغاز، مفهوم «واردات آب مجازی» مورد نظر بوده است. یعنی قاعدتا مفهوم آب مجازی زمانی به کار می‌رود که کالاهایی از مبادی ورودی و خروجی مرزهای کشور (محدوده جغرافیایی) عبور کند و مقادیر آب مورد نیاز این کالاها (بر پایه نیاز آبی شان در داخل کشور) محاسبه شود.

با کمک مفهوم آبرانه که در ادامه شرح داده می‌شود ارتباط مناسب و منطقی بین منابع چهارگانه آب برقرار می‌شود. آبرانه خودش شامل دو بخش کلی آبرانه داخلی و خارجی است. از همین جا یادآوری می‌شود که مقادیر آب آبی، سبز یا خاکستری مربوط به کالاهای تولید داخل به عنوان آب مجازی کالاهای تولید داخل در محاسبه آبرانه در نظر گرفته می‌شود و مقادیر آب آبی، سبز یا خاکستری مربوط به کالاهای وارداتی به عنوان آب مجازی وارداتی در محاسبه آبرانه در نظر گرفته می‌شود. به همین ترتیب مقادیر آب آبی، سبز یا خاکستری مربوط به کالاهای صادراتی به عنوان آب مجازی صادراتی در محاسبه آبرانه در نظر گرفته می‌شود. به همین خاطر است که گفته می‌شود آب مجازی، مقدار آب واقعی مصرف‌شده در فرایند تولید کالاها هست.

- تجارت آب مجازی

ایرام تجارت آب مجازی بر این است که کشورهایی که با کمبود آب روبرو هستند، باید از کشورهای پرآب، کالا وارد کنند و از تولید کالاها و خدماتی که در فرایند تولید خود به آب بیش‌تری نیاز دارند، بپرهیزند. در چهارچوب تجارت آب مجازی، برای کشورهای پرآب، منطق حکم می‌کند که آب مجازی را صادر کنند. واردات محصولات با آب مصرفی بالا توسط بعضی از کشورها و صادرات این گونه محصولات توسط دیگر کشورها همان تجارت آب مجازی بین ملت‌هاست. یکی از برهان‌های طرح ایده آب مجازی، نبود امکان جابجایی فیزیکی آب بین مناطق مختلف است. به همین دلیل، حدادین [۶۵]، آب مجازی را نوعی آب وارداتی (بیرونی) تعریف کرده است. البته با مفهوم آبرانه، آب مصرفی برای کالاهای تولیدشده در داخل هم محاسبه می‌شود و به این ترتیب آب مجازی به آب مصرف‌شده برای تولید کالاهای داخل کشور هم مربوط می‌شود. به این ترتیب دیدگاه حدادین بیش‌تر بر خاستگاه بحث آب مجازی ایلام دارد. برای آب مجازی از عبارت‌های جایگزین استفاده می‌شود که می‌توان به مواردی چون نیاز آبی معین یا شدت مصرف آبی یک محصول [۶۶] یا نیاز واحد آب [۹۹] اشاره کرد. رنالت [۱۰۸] به جای محتویات آب مجازی، اصطلاح ارزش آب مجازی را به کاربرد.

تجارت آب مجازی می‌تواند از دو دیدگاه جداگانه «تولید» یا «مصرف» بررسی شود [۶۷]. نخستین دیدگاه، مقدار آبی را که در فرایند تولید هر کالا در مکان تولید آن کالا استفاده می‌شود، مبنای محاسبه قرار می‌دهد که به آن Production Site Specific گفته می‌شود. این دیدگاه ناظر بر مکان و زمان تولید و مقادیر آب محلی است که در فرایند

تولید کالا به کار برده شده است. دیدگاه مصرف ناظر بر مکان مصرف کالا است که مبنای محاسبه را بر مقدار آب مورد نیاز برای تولید کالا در مکان مصرف قرار می‌دهد و به آن Consumption Site Specific گفته می‌شود. این دیدگاه ناظر بر مکان و زمان تولید و مقدار آبی است که با واردات یک کالا به کشور، ذخیره می‌شود. پس دیدگاه دوم، زمینه‌ساز ذخیره آب در داخل یک کشور از طریق واردات یک کالای تجاری به جای تولید داخلی آن است و بهتر می‌تواند آثار تجارت آب مجازی را بر بیلان آب کشور نشان دهد. در این دستورالعمل دیدگاه دوم مورد نظر است.

– آبرانه^۱

تجارت آب مجازی ناظر بر خالص واردات آب مجازی به کشور است؛ به طوری که تجارت آب مجازی بیش‌تر با عنوان واردات آب مجازی^۲ شناخته می‌شود. اما از آنجا که کل مصرف از منابع محلی آب در درون یک کشور، اندازه‌گیری درستی از تخصیص واقعی ملت‌ها از منابع آب جهانی نیست، لازم است واردات خالص آب مجازی (تفاوت صادرات آب مجازی از واردات آب مجازی) به کل آب مورد استفاده در کشور افزوده شود. بدین ترتیب می‌توان به شاخص جدیدی دست یافت که هم‌زمان مجموع میزان آب مصرفی کشور و واردات خالص آب مجازی را ارائه می‌کند. این شاخص، ترکیبی از کل آب مصرفی از منابع محلی و آنچه که خالص واردات آب مجازی گفته می‌شود، است و نشان‌دهنده کل آب مصرفی کشور (از منابع محلی و تجاری) است و در ادبیات آب مجازی به آن آبرانه^۳ گفته می‌شود. این بحث را نخستین بار فلوک استرا و هانگ^۴ مطرح کردند. از آن جا که با صادرات آب مجازی، از حجم آب مصرفی کشورها کاسته می‌شود و با واردات آب مجازی به حجم آب مصرفی آن کشور افزوده می‌شود پس باید مقدار آبرانه (مجموع آب مورد استفاده کشور و خالص واردات آب مجازی) محاسبه شود. شاخص آبرانه می‌تواند یک ابزار مهم برای نشان دادن اثرات مصرف بر روی منابع آب باشد. یک مطالعه گسترده برای محاسبه مقادیر کل آب مصرفی توسط چابگاین و هاکسترا [۴۱] و [۴۲] انجام شده است. بر پایه نتایج نخستین اندازه‌گیری، کشورهای هلند، بلژیک، ژاپن، مکزیک و آمریکا با مقدار کل سرانه آبرانه به نسبت بالا (۲۰۰۰ مترمکعب در سال) و کشورهای چین، هند و اندونزی دارای مقدار کل سرانه آبرانه ۵۰۰ مترمکعب در سال هستند.

مفهوم آبرانه در سال ۲۰۰۲ توسط هاکسترا^۵ مطرح شد. بر همین اساس، آبرانه کالاها برابر میزان آب شیرین مورد استفاده برای تولید محصول در کل زنجیره تولید کالا است. آبرانه کل برای یک محدوده جغرافیایی معین اندازه‌گیری می‌شود و شامل اجزای زیر است: آبرانه آبی که برابر میزان مصرف از منابع آب آبی شیرین (آب سطحی و زیرزمینی) در کل زنجیره تولید محصول است. آبرانه سبز برابر میزان مصرف از منابع آب سبز (آب باران ذخیره‌شده در خاک به عنوان

1- Water Footprint
2- Virtual Water Import
3- Water Footprint
4- Floek Stra and Hung
5- Hoekstra

رطوبت خاک) است. میزان مصرف از منابع آب آبی یا سبز برابر میزان آبی است که در مراحل تولید محصول به شکل‌های مختلف (تبخیر از سطح ریشه، تبخیر از سطح خاک و تعرق از سطح گیاه به دنبال عملیات نورساخت) از دست می‌رود. آبرانه خاکستری نیز اشاره به میزان آب آلوده شده دارد. برای مثال در صورتی که آب برگشتی^۱ به صورت آلوده شده (به دنبال مصرف کودهای شیمیایی) به منابع آبی حوزه آبریز برگردد، آنگاه این آب برگشتی به عنوان آبرانه خاکستری محسوب می‌شود.^۲ اما اگر این آب برگشتی، آلوده نشود و به حوزه آبریز برگردد، جزو آبرانه به حساب نمی‌آید. برای محاسبه هر کدام از آبرانه‌ها، لازم است همان رویه کلی مجموع میزان آب مصرفی کشور و واردات خالص آب مجازی در محاسبه در نظر گرفته شود. لازم به یادآوری است که برای هر گروه کالایی (تولید داخلی یا وارداتی) متناسب با منابع آب مرتبط با آن، هر چهار نوع منبع آبی محاسبه می‌شود. به عبارتی به محض تولید کالا، مقادیر آب مربوط به آب آبی، آب سبز و آب خاکستری مربوط به تولید آن کالا محاسبه می‌شود. همین طور به محض واردات کالا، مقادیر آب مربوط به آب آبی، آب سبز و آب خاکستری مربوط به کالای وارداتی محاسبه می‌شود. نکته دیگر اینکه مقدار آبرانه کل بازتاب‌دهنده آبرانه داخلی و آبرانه خارجی است. بدین ترتیب:

- مقدار آبرانه کل (مترمکعب) = آبرانه داخلی (مقدار آب مصرفی از محل منابع آب داخلی برای تولید داخلی کالا) + آبرانه خارجی (مقدار آب مصرفی از محل منابع داخلی برای تولید کالاهای صادراتی - مقدار آب مصرفی از محل منابع خارجی برای واردات کالا)
- مقدار آبرانه کالاهای تولید داخلی (برای مصرف داخلی) = مقدار آب آبی مصرفی (از محل منابع آب داخلی) برای تولید کالا + مقدار آب سبز مصرفی (از محل منابع آب داخلی) برای تولید کالا + مقدار آب خاکستری مصرفی (از محل منابع آب داخلی) برای تولید کالا
- مقدار آبرانه کالاهای وارداتی = مقدار آب آبی مصرفی (از محل منابع آب داخلی) برای کالای وارداتی + مقدار آب سبز مصرفی (از محل منابع آب داخلی) برای کالای وارداتی + مقدار آب خاکستری مصرفی (از محل منابع آب داخلی) برای کالای وارداتی
- مقدار آبرانه کالاهای تولید داخلی (برای صادرات) = مقدار آب آبی مصرفی (از محل منابع آب داخلی) برای تولید کالای صادراتی + مقدار آب سبز مصرفی (از محل منابع آب داخلی) برای تولید کالای صادراتی + مقدار آب خاکستری مصرفی (از محل منابع آب داخلی) برای تولید کالای صادراتی است.

شکل (۱-۳)، شماتیک کلی از محاسبه آب مجازی در یک کشور را نشان می‌دهد. همان گونه که دیده می‌شود مجموع ارقام دو ردیف اول از هر ستون و مجموع دو ستون اول از هر ردیف به رقم نهایی بودجه منتهی می‌شود.

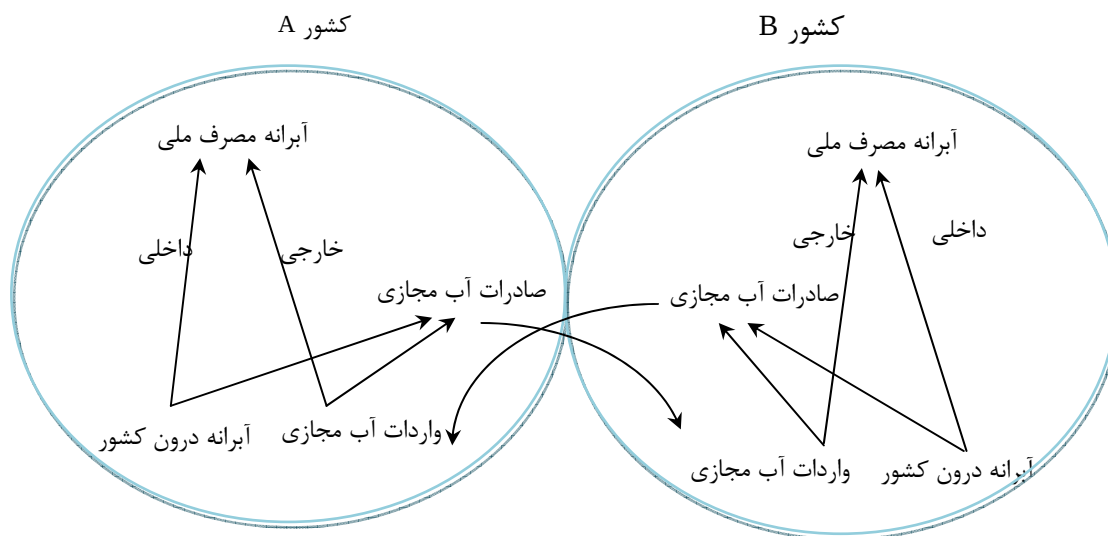
1- Return Flow

۲- برابر دیدگاه هاکسترا، آب خاکستری برابر مقدار آب آبی است که برای از بین بردن اثر آلودگی به منبع آب آلوده شده افزوده می‌شود. این دیدگاه در کمیته کارشناسی تدوین دستورالعمل حاضر، مورد بازنگری قرار گرفته و به شرح ارایه شده، اصلاح شد.



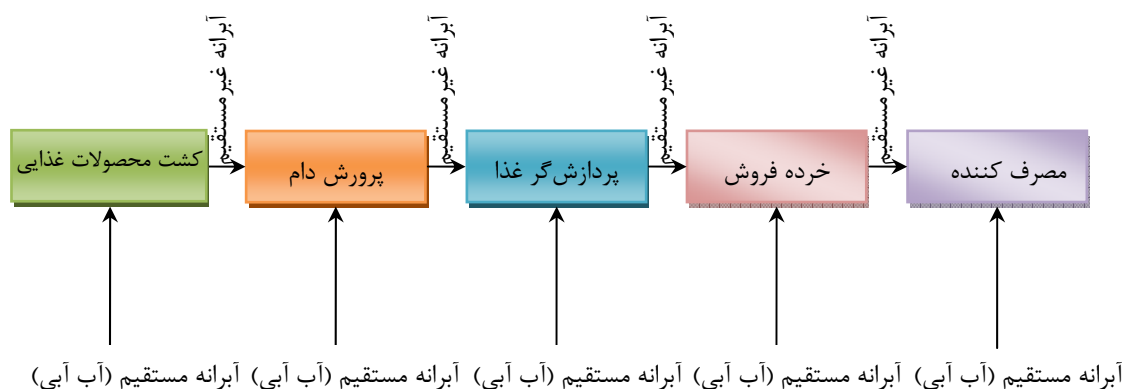
شکل ۱-۳- شماتیک کلی از محاسبه آب مجازی برای تعیین توازن آب مجازی در یک محدوده معین

شکل (۴-۱)، رابطه بین آبرانه مصرف ملی و آبرانه درون یک کشور در یک مثال ساده برای دو کشور تجاری را نشان می‌دهد. براساس نتایج شکل (۴-۱)، چنانچه حجم آب مجازی وارداتی به مقدار آبرانه درون یک کشور افزوده شود آنگاه رقم به دست آمده نشان‌دهنده آبرانه مصرف ملی خواهد بود. همان‌طور که دیده می‌شود صادرات آب مجازی از یک کشور به منزله واردات آب مجازی برای کشور دیگر است. براساس نتایج شکل (۴-۱)، آبرانه درون محدوده جغرافیایی (به عنوان مثال کشور یا حوضه رودخانه‌ای) از حاصل جمع آبرانه تولیدکننده و مصرف‌کننده به دست می‌آید.



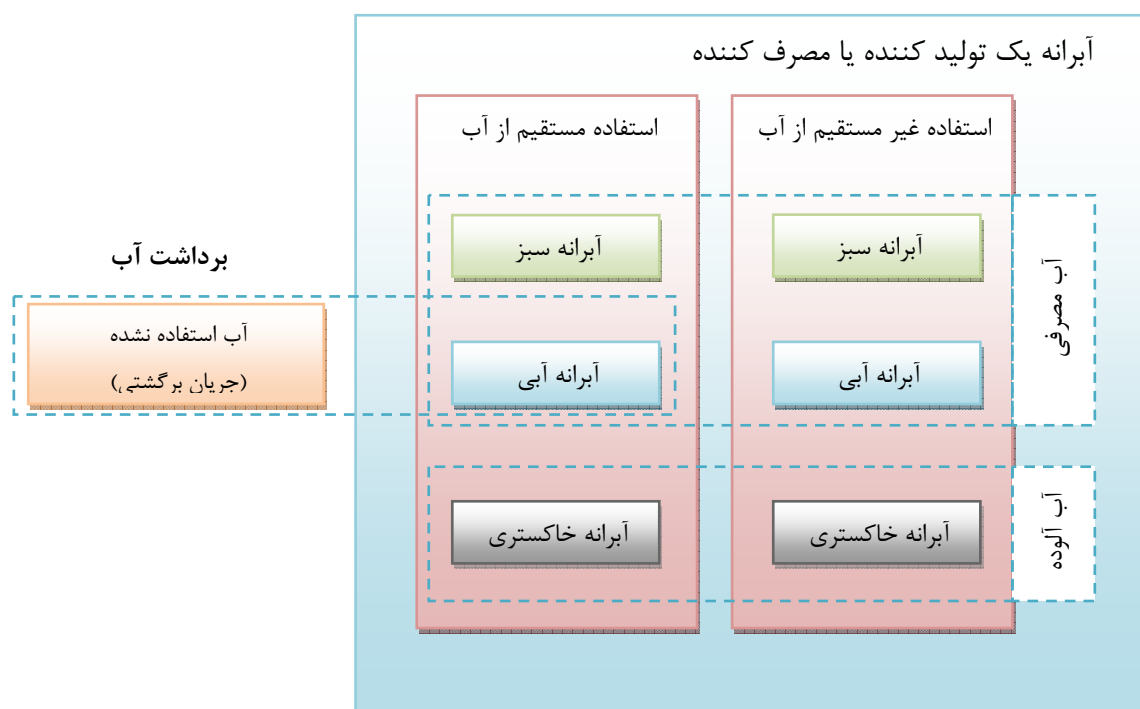
شکل ۱-۴- رابطه بین آبرانه مصرف ملی و آبرانه درون یک کشور در یک مثال ساده برای دو کشور تجاری

اگر بخواهیم رد پای آب را در زنجیره تولید تا مصرف نهایی یک محصول دنبال کنیم، مفهوم آبرانه اندکی پیچیده می‌شود. در این صورت باید آبرانه مستقیم و غیرمستقیم را در نظر گرفت. شکل (۱-۵)، آبرانه مستقیم و غیر مستقیم در هر مرحله از زنجیره تولید محصولات دامی را نشان می‌دهند. آبرانه نه تنها شامل استفاده مستقیم از آب توسط مصرف‌کننده یا تولیدکننده می‌شود، بلکه شامل استفاده غیرمستقیم از آب نیز می‌شود. بنابراین آبرانه می‌تواند به عنوان یک روش جامع‌تر برای تخصیص منابع آب شیرین در برابر روش‌های اندازه‌گیری سنتی باشد. منظور از آبرانه مستقیم، مقادیر آب (آبی، سبز یا خاکستری) است که به طور مستقیم و در هر مرحله از تولید کالا، مصرف می‌شود. برای مثال در زنجیره تولید محصولات دامی، مقدار آبی که برای خوراک دام (علوفه) مصرف می‌شود و یا مقدار آبی که برای شرب و شستشوی دام استفاده می‌شود به عنوان آبرانه مستقیم در آن مرحله از زنجیره تولید منظور می‌شود. آبرانه غیرمستقیم بین هر مرحله از تولید کالا قرار می‌گیرد. یعنی مقدار آبی که برای تولید خوراک دام استفاده شده است، به عنوان آبرانه غیرمستقیم محسوب می‌شود. به همین خاطر باید دقت کرد که از دوباره‌شماری جلوگیری شود و در زنجیره تولید مواد گوشتی، آبرانه مربوط به تولیدات گیاهی (خوراک دام) که یکبار به عنوان آبرانه مستقیم محاسبه شده، دوباره به عنوان مقدار آبرانه تولیدات دامی محاسبه نشود.



شکل ۵-۱- آبرانه مستقیم و غیرمستقیم در هر مرحله از زنجیره تولید محصولات دامی از مرحله تولید تا مصرف نهایی

نکته آخر در رابطه با مفهوم آبرانه اینکه، این شاخص، چند بعدی است و نشان دهنده حجم آب مصرف شده و یا حجم آب آلوده شده است. شکل (۶-۱) نشان می دهد که بخش غیرمصرفی آب برداشتی (جریان برگشتی) که آلوده نشده است و از محدوده جغرافیایی مورد مطالعه خارج نشده است جزئی از آبرانه نیست. شکل (۶-۱) نشان می دهد که آبرانه شامل اجزای آب سبز و آب خاکستری و آب مصرفی غیرمستقیم است.



شکل ۶-۱- شماتیکی از اجزای آبرانه بر پایه دیدگاه خاکستری

بدین ترتیب، آبرانه چشم انداز گسترده تری در مورد مصرف کننده یا تولید کننده مربوط به استفاده از سامانه های آب شیرین ارایه می کند. به طوری که این اندازه گیری شامل حجمی از آب مصرف شده و آلوده شده است. پس، جنبه های مهم شاخص آبرانه شامل موارد زیر است:

- آبرانه تنها شامل آب آبی نمی‌شود، بلکه شامل آب سبز و خاکستری نیز هست.
- استفاده از آب آبی محدود به استفاده مستقیم از آب نمی‌شود، بلکه شامل استفاده غیرمستقیم از آب نیز هست.
- قسمتی از آب آبی که به سامانه بر می‌گردد (آب برگشتی) جز آب آبی استفاده شده (آبرانه آبی) در نظر گرفته نمی‌شود.
- چنانچه آب برگشتی در همان محدوده جغرافیایی از دسترس خارج شود جزو آبرانه به حساب می‌آید.
- چنانچه آب برگشتی، دست کم برای یک مدت زمان مشابه برای استفاده دوباره در همان حوزه آبریز از دسترس خارج شود جزو آبرانه است.

- سیاست بازدارنده

یک سیاست بازدارنده، حاصل کار نخبگان سیاست‌گذاری است که به طور معمول به صورت چند سیاست هماهنگ یا مجموعه‌ای از راه‌کارهایی مانند مدیریت تقاضای آب که مدیریت کمبود آب را در اشکال مختلف می‌طلبد می‌شود [۱۲۱]. یک سیاست بازدارنده، شامل مجموعه‌ای از اقدامات منطقی است که توسط سیاستگذاران به کار برده می‌شود و سپس تبدیل آن اقدامات به یک سیاست‌گذاری شفاف و معین است که از طریق آن می‌توان با مشکلات ناشی از کم‌آبی یک کشور یا منطقه در سطوح مختلف رویارویی کرد. یک سیاست بازدارنده، شامل منطق و برهان منحصر به فرد خود است که بر پایه خردپذیری سیاسی استوار است و با کمک گرفتن از اهرم‌های نرم افزاری، پیامدهای ناگوار مربوط به کم‌آبی را کاهش می‌دهد. به همین خاطر تجارت آب مجازی در یک بسته سیاستی بازدارنده قابل بررسی است. البته همچنان که پیش‌تر گفته شد در این راهنما، راهبردهای مربوط به به‌کارگرفتن تجارت آب مجازی ارائه نمی‌شود. درحالی‌که سیاست بازدارنده در چهارچوب ارائه راهبردها قابل طرح است.

۱-۲- گام‌های تعیین رابطه بیلان منابع آب کشور با تجارت آب مجازی

مراحل کلی مربوط به «تعیین رابطه بیلان منابع آب کشور با تجارت آب مجازی» به شرح زیر است:

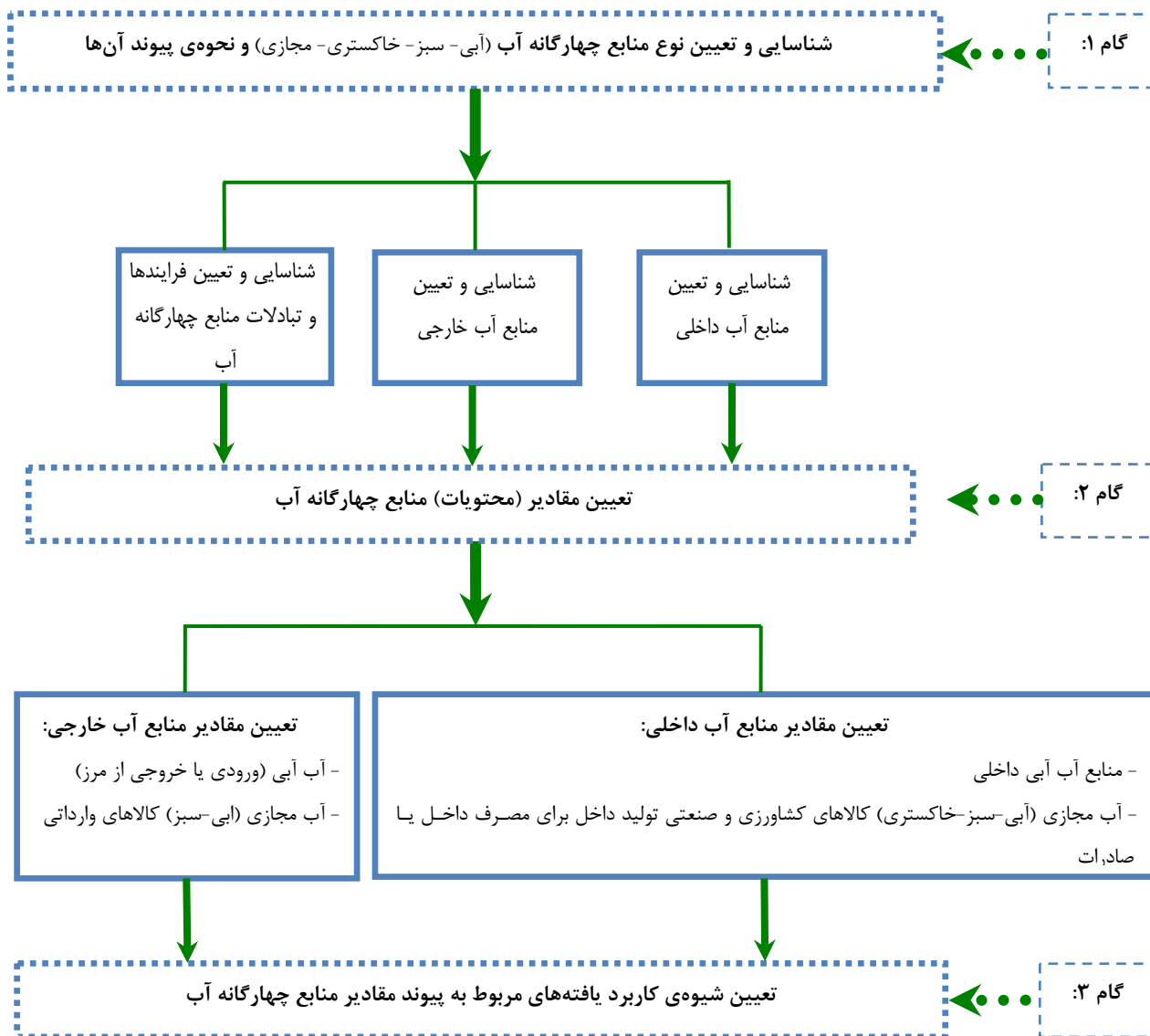
- گام ۱: شناسایی و تعیین منابع چهارگانه‌ی آب و نحوه‌ی پیوند آن‌ها
- گام ۲: تعیین مقادیر (محتویات) منابع چهارگانه‌ی آب (همراه با مثال‌ها و نمونه‌های محاسباتی در پیوست‌های ۱ و ۲ گزارش)

گام ۳: تعیین شیوه‌ی کاربرد یافته‌های مربوط به پیوند مقادیر منابع چهارگانه آب

در شکل (۷-۱)، اجزای گام‌های بالا ارایه شده است. همان‌طور که در شکل (۷-۱) دیده می‌شود در آغاز لازم است انواع منابع آبی شناسایی شوند. به طور متعارف برای تعیین بیلان منابع آب در یک محدوده جغرافیایی معین، تنها می‌بایست اجزای منابع آب شامل آب سطحی و زیرزمینی را در چرخه منابع آب در نظر گرفت. به واقع، بیلان منابع آب، اساساً چرخه منابع آب آبی است و به انواع منابع آب دیگر کاری ندارد. البته مصارف از منابع آبی را در نظر می‌گیرد اما

این مصارف تنها به منزله برداشت از منابع آب آبی است و محاسبات مصرف آب بر اساس میزان آب سبز مصرفی گیاه در کل مرحله برداشت از منابع آب محاسبه نشده است. به عبارتی بحث پیوند بیلان منابع آب با تجارت آب مجازی از آنجا آغاز می‌شود که لازم است آبرانه کالاها اعم از کالاهای وارداتی یا تولیدات داخلی را محاسبه کرد و در بیلان منظور کرد و همان‌طور که گفته شد در بیلان متعارف منابع آب نه تنها آبرانه کالاها (شامل آب آبی، سبز و خاکستری) محاسبه نمی‌شود بلکه تنها میزان آب آبی برداشت شده برای مصارف مختلف محاسبه و تعیین می‌شود. به عبارتی در بیلان منابع آب، آبرانه محاسبه نمی‌شود و مصارف در بخش‌های شرب، صنعت و کشاورزی نیز بر اساس میزان آب برداشت‌شده از منابع آب آبی محاسبه می‌شود.

در گام دوم، پس از شناسایی انواع منابع آب، لازم است مقادیر آن بر حسب واحد آب (مترمکعب) محاسبه و در بیلان منظور شود. برای این منظور لازم است مقدار آبرانه کالاها (تولید داخلی یا کالاهای وارداتی و صادراتی) محاسبه شود. به این ترتیب مقادیر انواع منابع آب مصرفی (آب آبی، سبز و خاکستری) در تولید کالا محاسبه و در آبرانه منظور می‌شود. به محض تعیین آبرانه هر کالا، امکان ورود به گام بعدی برای پیوند انواع منابع آب فراهم می‌شود. در این گام مقادیر آب آبی و فرآیندها و تبادلات آب با سایر منابع اعم از میزان آبی ورودی به آن، میزان مصرف آب برای تولید کالا یا صادرات کالا و میزان مصارف شهری از منابع آب آبی تعیین می‌شود. به عبارتی هر چقدر از منابع آب آبی که مصرف شده است در بخش آبرانه داخلی نیز در نظر گرفته می‌شود. در اینجا همانند بیلان که یک چرخه است و بسته می‌شود، با یک چرخه بسته روبرو نیستیم بلکه با فرآیندها و تبادلات بین منابع آب روبرو هستیم.



شکل ۱-۷- گام‌های اصلی برای تعیین مقادیر منابع چهارگانه آب (پیوند بیلان منابع آب با تجارت آب مجازی)

فصل ۲

شناسایی و تعیین انواع منابع

چهارگانه آب (آبی-سبز-

خاکستری-مجازی) و نحوه پیوند

آنها

۲-۱- نکات کلی در خصوص تعیین انواع منابع چهارگانه آب

پیش از آن، یادآوری برخی نکات کلی در رابطه با مبانی نظری و روش کار مهم است.

- منظور از کشور در مطالعات تجارت آب مجازی، یک کشور مستقل دارای مرزهای سیاسی مشخص و دارای حاکمیت سیاسی مشخص است. هر کشور مستقل دارای گروهی از سیاستگذاران است که مسئولیت ایجاد امنیت ملی را از طریق بهبود شرایط اقتصادی و افزایش ثبات اجتماعی بر عهده دارند.
- به طور معمول، واحد مدیریت در برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع آب، حوزه‌های آبریز است. این دیدگاه در سیاست‌ها و شیوه‌های مدیریت منابع آب بین کشورها^۱ نیز به کار گرفته می‌شود. در این دستورالعمل، محدوده کشور ایران که شامل تعدادی حوزه آبریز است به عنوان محدوده جغرافیایی مشخص در نظر گرفته شده است.
- مشکلی که همواره در مطالعات مربوط به مدیریت منابع آب وجود دارد، تداخل مرزهای سیاسی و مرزهای آب‌شناختی است که این مشکل در تبادلات آبی بین کشورها و پیامدهای مرزی مربوط به آن بیش‌تر است.
- کمیابی آب، یک پدیده محلی است که بیش‌تر در محدوده یک حوزه آبریز یا یک آبخیز ایجاد می‌شود. اهمیت این موضوع برای سیاستگذاران راهبردی، بسیار زیاد است. زیرا موجب می‌شود یک تفاوت مفهومی بین کمیابی آب، در یک سطح محلی محدود و تلاش برای برطرف کردن مشکلات در سطح منطقه‌ای و جهانی به وجود آید. معنای این جمله آن است که ممکن است در سطح جهانی مازاد آب داشته باشیم، اما در همان زمان، شخصی در سطح محلی به شدت دچار مشکل کمبود آب شود. اساس این تعریف، به مفهوم ایجاد امنیت آبی در سطح جهانی، ملی و منطقه‌ای و در نهایت فرد مربوط می‌شود.
- مبنای برآورد میزان آب مصرفی برای کالاهای وارداتی را در دو وضعیت می‌توان در نظر گرفت: برآورد آب مصرف‌شده برای تولید کالاهای وارداتی در داخل کشور و برآورد آب مصرف‌شده برای تولید آن کالاها در خارج از کشور. در حالت دوم این نتیجه به دست می‌آید که با میزان کالای واردشده چه میزان آب برای تولید آن کالاها در کشور مبدا مصرف شده است. آن‌چه برای کشورهای کم‌آب مانند ایران مطرح است، میزان آبی است که در صورت واردنکردن کالا می‌باید برای تولید کالا مصرف کرد. پس در این مطالعه مبنای اصلی در برآورد آب مورد نیاز برای کالاهای وارداتی، همان آبی است که لازم می‌شد برای تولید کالاها از منابع آب داخلی مصرف کرد. موضوع مهم است که برای یک کشور کم‌آب مانند ایران آن‌چه اهمیت دارد این است که اگر بخواهد در منابع آبی‌اش صرفه‌جویی کند با تغییر در تجارت مواد خوارکی تا چه اندازه در تراز منابع آبی‌اش تغییر ایجاد خواهد شد. مبنای برآورد نیاز آبی کالاهای وارداتی، میزان آب مورد نیاز تولیدات غذایی در داخل کشور است. بدین ترتیب مشخص می‌شود که چنان‌چه دولت تصمیم بگیرد به عنوان مثال از تولید یک

میلیون تن ذرت دانه‌ای چشم‌پوشی کند چه میزان آب از ذخایر طبیعی‌اش صرفه‌جویی می‌کند. بنابراین این ادبیات که مبنای میزان آب مورد نیاز در فرآیند تولید کالاهای وارداتی، نیاز آبی در کشور صادرکننده کالا باشد، کاربرد عملی برای ایران ندارد. یعنی این که چه میزان آب در کشور مبدا برای تولید کالاهای وارداتی مصرف شده است تأثیری بر تراز آب کشور ایران ندارد، مگر اینکه مبنای اندازه‌گیری آب مصرف‌شده در فرآیند تولید، نیاز آبی در داخل کشور ایران باشد. پس هر چند عبارت واردات آب مجازی، به کار می‌رود در عمل آن چه برای کشورهای کم‌آب، کاربرد پیدا می‌کند توجه به صرفه‌جویی در منابع آب به دنبال واردات کالا است.

پس برای کشور ایران نمی‌توان گفت که واردات کالا برابر واردات آب از کشورهای مبدا است؛ بهتر است گفته شود واردات کالا برابر با صرفه‌جویی در مقدار مشخصی از منابع آب کشور است. بر همین اساس، در محاسبات مربوط به آب مصرفی کالاهای وارداتی و صادراتی، نیاز آبی این کالاها در کشور ایران مبنای محاسبات قرار می‌گیرد. دلیل این موضوع این است که در شرایط حاضر، ایران با برداشت از ذخیره ثابت خود اقدام به برداشت بیش از حد منابع آبی‌اش می‌کند و برای مثال اقدام به دو کشت پی‌پی در یک سال زراعی می‌کند. پس قراردادن آب مصرف‌شده در کشور صادرکننده مواد غذایی فرقی به حال کشور ایران ندارد و مفید نیست. چرا که چالش اصلی کشور ایران، کمبود آب است نه این که تجارت آب. یعنی کاربرد بحث تجارت آب مجازی برای کشور ایران این است که در صورت واردات کالا چه میزان از منابع آبی‌اش را ذخیره می‌کند و به دنبال صادرات کالا، چه میزان از منابع آبی کشور از دست می‌رود. چون ایران کشور کم‌آبی است و بهتر است همه چیز با این محوریت سنجش شود؛ هدف، مراقبت از کم‌آبی است نه رسیدن به تجارت آب. یعنی از دست دادن آب در شرایط صادرات و صرفه‌جویی در برداشت از منابع آب در شرایط واردات مورد نظر است. پس چنین نگاهی به موضوع خیلی مهم است و به تحلیل جهت می‌دهد. نظرگاه ویژه برای کشور ایران در ارتباط با واردات کالا، صرفه‌جویی در مصرف آب است.

- نکته قابل بحث مربوط به موضوع اخیر این است که در محاسبات بیلان آب مجازی در سطح جهانی، استفاده از ارقام میانگین جهانی برای برآورد نیاز آبی گیاهان مناسب‌تر است. اما در کشورهایی که واردات کالا اجتناب‌ناپذیر است و امکان تولید کالا در داخل کشور را ندارند، میزان آب مصرف‌شده در کشورهای صادرکننده مبنای مناسب‌تری است. چرا که این کشورها گزینه دیگری ندارند.

- آب مجازی در چهار سطح قابل بررسی است: جهانی، ملی، منطقه‌ای و محلی. در دستورالعمل حاضر، در سطح ملی، کشور ایران، در نظر گرفته شده است. البته در ادبیات تجارت آب مجازی به طور ویژه‌ای ابرام بر واردات آب مجازی در سطح ملی است. یعنی ادبیات تجارت آب مجازی بر تأثیر تجارت خارجی کالاها (به ویژه کالاهای غذایی) بر بیلان منابع آب یک کشور ابرام دارد.

- تجارت آب مجازی در ارتباط با تولید کالاهای صنعتی، خدمات و کشاورزی قابل بررسی است و موضوع مهم، ارتباط دادن این موارد به یکدیگر است. آن چه بیش از سایر موارد برجسته‌تر است ارتباط کالاها با بیلان منابع

آب است. به طور کلی، طرح بحث تجارت آب مجازی در شعاع جغرافیایی کشور، با مفاهیم نظری آن سازگارتر است. در عین حال در این دستورالعمل کوشش شده جنبه‌های کاربردی مفهوم تجارت آب مجازی در سه محدوده جغرافیایی نام برده تعیین شود تا چالش‌های محاسباتی و مطالعاتی آن به طور عملی شناسایی و در روش‌شناسی مطالعات تجارت آب مجازی در نظر گرفته شود.

- در تمام محاسبات، منابع آب شیرین مورد بحث است نه منابع آب دریا. برای مثال در محاسبات مربوط به تولیدات آبزیان، تولیدات آبزیان از منابع آب داخلی در محاسبات در نظر گرفته می‌شود.
- نکته پایانی مربوط به بومی‌سازی یافته‌های خارجی است که در چهارچوب ارائه‌شده کوشش لازم برای بومی‌سازی این یافته‌ها به عمل آمده است. افزون بر آن شایسته است در مراحل تعیین ترکیب مواد غذایی و نیاز آبی محصولات، دقت لازم توسط کاربر به عمل آید و منطبق بر شرایط بومی داده‌های اولیه را فراهم کند.
- نکته دیگر اینکه در بیلان متعارف منابع آب (تبادل بین مصارف و منابع)، تنها منابع و مصارف مربوط به منابع آب سطحی و زیرزمینی در نظر گرفته می‌شود. از جهت یادآوری، در پیوست ۱، نمونه‌ای از بیلان متعارف منابع آب برای یک محدوده‌ی جغرافیایی معین (محدوده مطالعاتی لار در استان فارس) ارائه شده است.

۲-۲- جزئیات و روابط مربوط به شناسایی انواع منابع آب و نحوه پیوند آنها

برای محاسبه بیلان آب در شرایط وجود تجارت آب مجازی، لازم است آب مجازی به عنوان منبعی مستقل و جداگانه در نظر گرفته شود و مقادیر ورودی و خروجی به این منبع و تبادلات آن را با سایر منابع را در محاسبات در نظر گرفت. در محاسبه بیلان آب در یک محدوده می‌بایست منابع آب موجود و فرآیندهایی را که مبادله‌کننده آب بین این منابع هستند شناسایی و از نظر کمی و کیفی تعیین و محاسبه کرد. به همین دلیل، مفاهیم و روابط زیر در محاسبه بیلان یک محدوده قابل طرح و بررسی هستند:

- شناسایی و برآورد کمی منابع آب موجود
- برآورد تغییر حجم منابع آب موجود در بازه زمانی تعیین‌شده
- شناسایی فرایندهای تبادل‌کننده آب بین منابع موجود
- برآورد کمی نرخ یا سرعت تبادل برای هر فرآیند

- منابع آب موجود

منابع آب موجود در یک محدوده از دید صرفاً آب‌شناختی^۱ منابعی هستند که آب در آن‌ها به صورت مایع، جامد و یا گاز به صورت قابل حس یا اندازه‌گیری با روش‌های فیزیکی وجود داشته باشد. این منابع شامل:

- منابع آب سطحی
- منابع آب زیرزمینی
- منابع آب اتمسفری (جو)
- رطوبت خاک

هستند که به طور معمول به دلیل سخت بودن محاسبه آب موجود در جو، منابع آب موجود در جو را جزو منابع آب منطقه به حساب نمی آورند. آب آبی شامل آب های سطحی و زیرزمینی موجود در محدوده مورد مطالعه و آب سبز شامل رطوبت خاک است که قابل استحصال نیست ولی می تواند توسط گیاهان استفاده شود و باعث ایجاد تولیدات گیاهی شود. آب های خاکستری نیز جزو منابع آبی هستند که در محدوده مورد مطالعه وجود دارد. این منابع، غیرقابل استفاده هستند که می تواند شامل پساب، منابع آب غیرمتعارف (آب های شور) و آب هایی که دارای آلودگی های مختلف هستند باشد. براساس این طبقه بندی، آب های مجازی نیز می توانند در کنار آب های آبی، سبز و خاکستری، جزو منابع موجود در منطقه باشند. پس منابع آب موجود در هر محدوده جغرافیایی را می توان به صورت زیر نیز طبقه بندی کرد:

- آب آبی
- آب سبز
- آب مجازی

- آب خاکستری (آب های غیر قابل مصرف مانند پساب، آب های شور، آب های آلوده)

برای در نظر گرفتن آب مجازی در بیلان آب محدوده مورد نظر، آب مصرف شده برای ساخت و تولید کالاها یا آب مجازی به عنوان یک منبع آب در نظر گرفته می شود که به طور معمول از سه منبع دیگر به دست می آید. یعنی مقادیر آب آبی، آب سبز و آب خاکستری مصرفی برای یک کالا به منزله آب مجازی برای آن کالا در نظر گرفته می شود که البته در مفهوم کامل تر و جامع تر آن همان مقدار آبرانه برای هر کالا محاسبه می شود.

در منبع آب مجازی، آب به صورت فیزیکی و یا خالص و قابل تشخیص و اندازه گیری مستقیم وجود ندارد. یا به عبارتی کالاها یا موادی که برای ساخته شدن آن ها از آب استفاده شده یا آب مصرف شده برای تولید آن کالاها به عنوان آب مجازی در نظر گرفته شده و حجم آب به کار رفته برای ساخته شدن آن به عنوان حجم آن منبع آب مجازی در نظر گرفته می شود. حجم منابع آب مجازی بر پایه ی دستورالعمل ها و جدول های موجود که مقدار محتویات آب مصرفی برای تولید واحد جرم هر کالا را نشان می دهد قابل تعیین است. البته باید یادآور شد که مقدار آب مصرفی برای تولید واحد جرم یک کالا بستگی به شرایط منطقه یا محدوده ای که کالا در آن تولید می شود نیز دارد. بنابراین برای وارد کردن حجم آب مجازی موجود در محدوده می باید به جدول آب مصرفی برای تولید کالا که برای خود آن منطقه به دست آمده دسترسی داشت. پیش از ارائه نوع منابع، در جدول (۱-۲) علایم کوتاه مربوط به نوع منابع آب ارائه شده است. در جدول (۱-۲) دیده می شود که منابع آب آبی، سبز، خاکستری و مجازی به ترتیب با شناختگرهای Gre, Bl, Gry و V نشان داده شده اند.

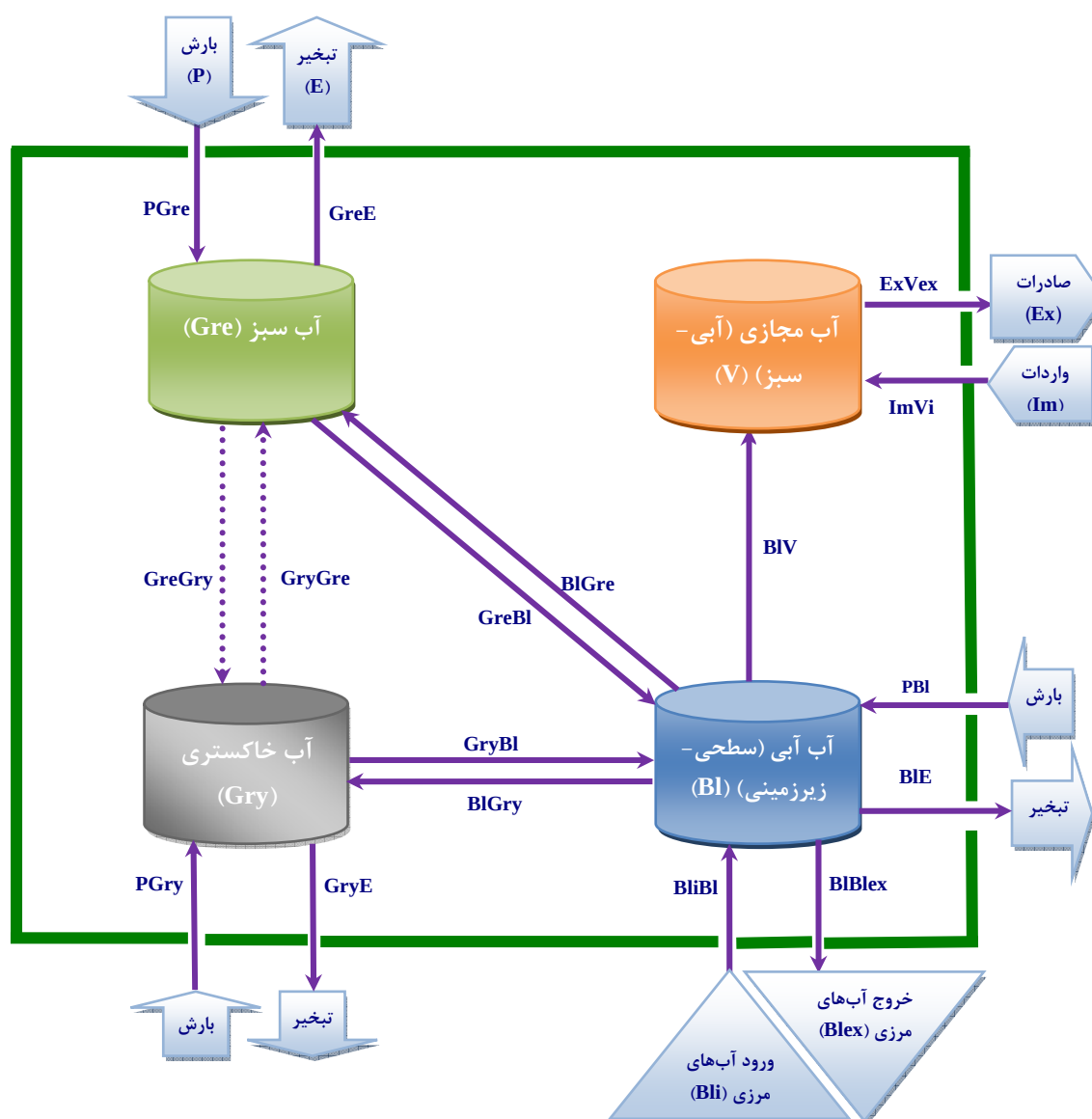
جدول ۲-۱- علائم کوتاه مربوط به نوع منابع آب (بر اساس مبانی ارائه شده در بند ۲-۲)

ردیف	شرح	نشانه کوتاه
۱	بارش	P
۲	تبخیر	Ev
۳	رواناب سطحی	Ro
۴	تعرق	T
۵	نفوذ	F
۶	دریا-کویر	D
۷	آب آبی	Bl
۸	آب آبی-زیرزمینی	Blg
۱۰	ورودی آب آبی از مرزهای کشور	Bli
۱۱	خروجی آب آبی از مرزهای کشور	Blex
۱۲	آب سبز	Gre
۱۳	آب خاکستری	Gry
۱۴	آب مجازی	V
۱۵	آب مجازی کالاهای وارداتی	Vi
۱۶	آب مجازی کالاهای صادراتی	Vex
۱۷	آب مجازی کالاهای تولید داخل	Vd
۱۸	آبرانه	Fp
۱۹	آبرانه داخلی	Fpd
۲۰	آبرانه خارجی	Fpe
۲۱	تولیدات کشاورزی (زراعی، باغی، دامی، آبزیان)	Agri
۲۲	تولیدات زراعی	Agro
۲۳	تولیدات باغی	Ho
۲۴	تولیدات داخلی شیلات (آبزیان)	Fi
۲۵	تولیدات دامی	Ani
۲۶	تولیدات صنعتی	In
۲۷	صادرات کالا	Ex
۲۸	صادرات دوباره کالا	Exre
۲۹	واردات کالا	Im
۳۰	مصرف از مواد غذایی	C

حرف بزرگ اول نشان‌دهنده نوع منبعی است که آب می‌دهد و حرف بزرگ دوم نشان‌دهنده نوع منبعی است که آب می‌گیرد.

چنان‌که در شکل (۲-۱) دیده می‌شود چهار منبع اصلی آب وجود دارد که به وسیله فرایندهای مختلف که در قسمت‌های بعد توضیح داده خواهد شد آب بین آن‌ها تبادل می‌شود. در این نگاره دیده می‌شود که به محض مطرح‌شدن تجارت آب مجازی، بیلان منابع آب فراتر از منابع آب آبی خواهد بود و سه منبع دیگر هم برای شناسایی تبادلات منابع آب در نظر گرفته می‌شوند. در بیلان متعارف منابع آب آبی، بایک چرخه‌ی منابع آب روبرو هستیم. درحالی‌که در اینجا بیش‌تر با تبادلات منابع آب بین چهار منبع روبرو هستیم. به طوری که آب واقعی از منابع آب آبی و سبز به منابع آب

مجازی انتقال می‌یابد. در شکل (۲-۲)، که تکمیل شده شکل (۱-۲) است کاستی‌های این تبادلات برطرف خواهد شد. به طوری که تبادلات دارای آغاز و پایان هستند و چرخه‌ی منابع آب بسته خواهد شد. حتی در همین وضعیت نیز اتکای اصلی به منابع آب آبی است و دیده می‌شود که سه منبع دیگر به بسته‌شدن چرخه‌ی منابع آب کمک می‌کنند و امکان تبیین وضعیت منابع آب مجازی در بیلان منابع آب امکان‌پذیر می‌شود.



شکل ۲-۱- بیلان منابع آب موجود به همراه منابع چهارگانه و فرآیندهای داخلی و خارجی در یک محدوده جغرافیایی معین

- شناسایی و محاسبه تغییر حجم منابع آب موجود

اگر حجم هر یک از منابع موجود در محدوده مورد مطالعه با V نشان داده شود، می‌توان گفت در محدوده مورد مطالعه برای محاسبه بیلان، نیاز به داشتن حجم هر یک از منابع آب‌های آبی (سطحی و زیرزمینی) (V_{Bl})، حجم آب

سبز (V_{Gre})، حجم آب خاکستری (V_{Gry}) و حجم آب مجازی (V_V) خواهد بود. حجم کل آب موجود برابر با جمع حجم این منابع مطابق رابطه (۱-۲) است:

$$V = V_{Bl} + V_{Gre} + V_{Gry} + V_V \quad (1-2)$$

در محاسبه بیلان مهم‌تر از حجم کل مخزن، تغییرات حجم مخزن (ΔV) است. می‌توان محاسبه کرد که در یک بازه زمانی چه اندازه حجم مخزن تغییر کرده است؟ آیا از حجم مخزن مورد نظر کم شده (ΔV منفی است) و یا به حجم آن افزوده شده (ΔV مخزن مثبت) است؟ آیا در طول دوره زمانی از حجم منابع آب زیرزمینی و سطحی کم شده و یا در این دوره هم‌زمان با کاهش حجم منابع آب زیرزمینی و سطحی ($-\Delta V_{Bl}$) به حجم منابع آب مجازی افزوده شده ($+\Delta V_V$) است؟ پس برای یک منطقه، مجموع تغییرات اتفاق افتاده در منابع مختلف نشان‌دهنده این است که در دوره مورد نظر به طور خالص از منابع آب موجود منطقه کم شده و یا به آن افزوده شده است. مقدار تغییر در کل منابع آب موجود در منطقه از جمع جبری تغییرات منابع مختلف بر پایه رابطه (۲-۲) محاسبه می‌شود:

$$\Delta V = \Delta V_{Bl} + \Delta V_{Gre} + \Delta V_{Gry} + \Delta V_V \quad (2-2)$$

که در آن:

ΔV_{Gre} : تغییر حجم منبع آب سبز

ΔV_V : تغییر حجم منبع آب مجازی

ΔV_{Gry} : تغییر حجم منبع آب خاکستری

ΔV_{Bl} : تغییر حجم منابع آب آبی (سطحی و زیرزمینی) و

ΔV : تغییر حجم کل منابع آب موجود در منطقه در یک دوره زمانی خاص است. اگر مقادیر تغییر در منابع موجود به نحوی باشد که ΔV افزایش یابد یعنی از خارج از سامانه به حجم کل منابع منطقه افزوده شده است. در محاسبه بیلان، تغییر در حجم منابع از مقدار کل حجم منابع اهمیت بیش‌تری دارد. به این دلیل که این حجم تغییر یافته منابع است که در تبادلات آبی و بیلان اثر دارد.

- روش شناسایی فرایندها

شکل (۲-۲) به طور ساده نشان می‌دهد که منابع آب آبی و سبز برای تولید کالاهای کشاورزی و صنعتی مصرف می‌شود. این تولیدات به طور عمده به مصرف داخلی می‌رسند و بخشی از آن نیز صادر می‌شود. بخش شهری و روستایی به واقع در پایان چرخه‌ی آب در شکل (۲-۲) قرار گرفته است. در بخش شهری و روستایی، کالاهای خوراکی و صنعتی مصرف می‌شود. منابع آب شهری و روستایی نیز که به طور مستقیم از آب سطحی یا زیرزمینی استحصال می‌شود برای شرب، شستشو، فضای سبز و خدمات مصرف می‌شود. همان‌طور که در شکل (۲-۲) نشان داده شده است بخشی از آب مصرفی که آلوده می‌شود به عنوان آب خاکستری (پساب شهری یا روستایی) در چرخه آب در نظر گرفته می‌شود. به این ترتیب میزان آب شهری و روستایی همان آب استحصالی است که از آب آبی برداشت می‌شود و میزان پساب هم درصدی

از آب شهری و روستایی است که آلوده شده است. کالاهای خوراکی برای تامین انرژی روزانه یا رشد جمعیت انسانی مصرف می‌شوند. بخشی از تولیدات خوراکی نیز در مرحله مصرف از بین می‌روند که به آن ضایعات در مرحله مصرف گفته می‌شود که در عمل منابع آب مصرف‌شده برای آن هدر رفته است. اما جزو محاسبات مربوط به خروجی بخش کشاورزی و ورودی به بخش مصرف در نظر گرفته شده است. منابع آب خاکستری همان منابع آب آبی هستند که آلوده می‌شوند. گاهی این منابع موجب آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌شوند.

فرآیندهای موجود در چرخه، آب را بین منابع تبادل می‌کنند و باعث انتقال یا تبدیل آب از یک منبع به منبع دیگری می‌شوند. فرآیندها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: فرآیندهایی که آب را بین منابع داخل و خارج از محدوده مورد مطالعه منتقل می‌کنند و دسته دوم فرآیندهایی که آب را در بین منابعی که صرفاً در داخل محدوده هستند تبادل می‌کنند. فرآیندهایی که با خارج از محدوده مورد مطالعه تبادل ایجاد می‌کنند نیز شامل دسته هستند: فرآیندهایی که آب را از خارج از محدوده مورد مطالعه به داخل محدوده منتقل می‌کنند و به نام واردات (Import, i) شناخته می‌شوند و فرآیندهایی که آب را از منابع داخل محدوده به خارج از آن منتقل می‌کنند به آن‌ها فرآیندهای صادراتی (Export, ex) می‌گویند. همان‌طور که در شکل (۲-۲) نشان داده شده است، مهم‌ترین فرآیندهای صادراتی و وارداتی به منابع آب مجازی و منابع آب سطحی و زیرزمینی انجام می‌شوند.

در شکل (۲-۲)، فرآیند میزان آب مجازی به دست آمده از کالاهای وارداتی کشاورزی و صنعتی به ترتیب با $Im(In)Vi(BI)$ و $Im(Agri)Vi(BI)$ و میزان آب مجازی به دست آمده از کالاهای صادراتی کشاورزی و صنعتی به ترتیب $Ex(Agri)Vex(BI)$ با $Ex(In)Vex(BI)$ انجام می‌شود. منابع آب آبی که به منابع آب سطحی کشور وارد می‌شوند با $BliBls$ و منابع آب آبی که به منابع آب سطحی کشور وارد می‌شوند با $BliBlg$ نشان داده می‌شود.

بارندگی (P) و تبخیر (E) نیز از جمله تبادلاتی هستند که آب را از محدوده جغرافیایی خارج و یا به آن داخل می‌کنند و جزو گروهی به حساب می‌آیند که باعث تبادل آب با خارج از محدوده جغرافیایی می‌شوند. فرآیند بارندگی ورودی به منابع آب آبی (سطحی و زیرزمینی)، سبز (رطوبت خاک) و خاکستری به ترتیب با شناختگرهای $PGre$, PBI و $PGry$ نشان داده شده است. تبخیر یا تبادل آب به خارج از منابع آب آبی (سطحی و زیرزمینی)، سبز (رطوبت خاک) و خاکستری به ترتیب با شناختگرهای BIE , $GreE$ و $GryE$ نشان داده شده است. به عنوان مثال بارندگی مستقیم که برای کشت دیم و تولید گندم به کار گرفته شده به عنوان واردات بارندگی به منابع آب سبز در نظر گرفته می‌شود. ولی همان‌طور که در شکل (۲-۲) دیده می‌شود برای منابع آب مجازی، بارش یا تبخیر بی‌معناست. بنابراین برای آن مقادیری در نظر گرفته نشده است.

برخی فرآیندها، آب را بین منابع داخل محدوده تبادل می‌کنند. مانند فرآیند انتقال آب از منابع سطحی به منابع آب سبز ($BIgre$) و خاکستری ($BIgry$). یا فرآیند مربوط به تبادل منابع آب آبی (سطحی و زیرزمینی) به بخش‌های تولیدی کشاورزی و صنعتی به ترتیب با $BIagri+BIin$. فرآیند $Greagri$ نیز منابع آب سبز برای تولید در بخش کشاورزی را نشان می‌دهد. فرآیندهایی که طی آن، منابع آب مصرف‌شده در تولید کالاها به منابع آب مجازی انتقال می‌یابند، شامل

AgriVd+InVd و AgriVex+InVex می‌شوند. AgriVd+InVd مربوط به منابع آب مصرف‌شده در بخش‌های کشاورزی و صنعتی می‌شوند که تولیدات این بخش‌ها برای مصرف در داخل کشور استفاده می‌شود. درحالی‌که AgriVex+InVex مربوط به منابع آب مصرف‌شده در بخش‌های کشاورزی و صنعتی می‌شوند که تولیدات این بخش‌ها برای مصرف در خارج از کشور استفاده می‌شود. به این ترتیب فرآیندهایی که آب را از منابع آب آبی و سبز به بخش‌های تولیدی انتقال می‌دهند، فرآیندهایی هستند که منابع آب واقعی (آبی یا سبز) را به بخش‌های تولیدی (کشاورزی و صنعتی) انتقال می‌دهند. اما فرآیندهایی که آب را از بخش‌های تولیدی به منابع آب مجازی و پس از آن به بخش مصرف انتقال می‌دهند با منابع آب مجازی سروکار دارند. پس منابع آب مجازی هم همان مقادیر آب واقعی هستند که در فرآیند تولید کالاهای کشاورزی و صنعتی مصرف شده‌اند.

فهرست کامل تبادلات منابع آب که براساس شکل (۲-۲) استخراج شده‌اند در جدول‌های (۲-۲) تا (۴-۲) ارائه شده است. این تبادلات به واقع، نشان‌دهنده هرگونه رویداد در مقادیر منابع چهارگانه آب است که لازم است کاربران گرامی با این فهرست به طور کامل آشنا باشند.



باید یادآور شد که در فرآیندهای داخلی که آب را بین منابع داخلی انتقال می‌دهند همان حجم آبی که برای مثال از منبع Bl خارج می‌شود باعث تولید کالا یا آب مجازی می‌شود که معادل آبی آن برابر با همان حجم آبی است که از منبع Bl خارج شده است. یعنی طی فرآیند BlAgri آب از منبع Bl به بخش تولیدی کشاورزی (Agri) وارد شده و تغییر حجمی در طی فرآیند رخ نداده است. ولی در واردات آب مجازی به صورت یک کالای خاص ممکن است ارزش حجم آب این کالای مجازی در کشور مبدا کمتر از کشور مقصد یا منطقه مورد مطالعه باشد. در کشور مبدا، ارزش کمتر حجم آب مجازی با گذر از مرز کشور و ورود به منطقه مورد مطالعه به ارزش آبی بیش‌تری تبدیل شده است. بنابراین طی فرآیندهای صادرات

و واردات آب مجازی یا کالایی که در منطقه مبدا و مقصد دارای ارزش حجم آبی متفاوتی است باید مشخص کرد که آیا دیدگاه مصرف مورد نظر است یا دیدگاه تولید؟ با توجه به توضیحات پیش گفته، چون دیدگاه تولید در اینجا مورد نظر است بنابراین در فرآیند ورود آب مجازی به صورت کالاها از یک کشور دیگر، به میزان M مترمکعب آب در مصارف آب کشور صرفه جویی می‌شود که به این ترتیب مقدار حجم آب مجازی در ایران به دست می‌آید. آشکار است که برای فرآیند معکوس یعنی صدور کالاها به خارج از کشور، به میزان M مترمکعب آب از منابع آب کشور از دست می‌رود.

۲-۲-۱- روابط محاسباتی مورد نیاز برای محاسبه‌ی پیوند (ارتباط) «تغییرات حجم منابع» و «فرآیندها»

۲-۲-۱-۱- رابطه بین تغییر کل منابع آب محدوده و فرآیندها

فرآیندهایی که باعث ورود و خروج آب به محدوده مورد مطالعه می‌شوند شامل فرآیندهای صادرات و واردات کالاها (Im, Ex)، ورود و خروج منابع آب آبی (سطحی و زیرزمینی) (Bli و $Blex$) و بارندگی و تبخیر (P, E) هستند. برای محاسبه تغییر حجم کل منابع موجود ($\frac{\sum \Delta V_i}{\Delta t}$) در محدوده‌ی مورد مطالعه می‌توان رابطه (۲-۳) استفاده کرد.

$$\sum Im_i - \sum Ex_i + \sum P_i - \sum E_i + Bli + Blex = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\sum \Delta V_i}{\Delta t} \quad (2-3)$$

که در آن $i=Bl, Gre, Gry$ است که در خصوص صادرات و واردات کالا چون تنها با منابع آب آبی و سبز برای کالاهای کشاورزی و منابع آب آبی برای کالاهای صنعتی روبرو هستیم بنابراین مقدار $i=Bl, Gre$ خواهد بود. اما تبخیر و بارش مربوط به منابع آب آبی، سبز و خاکستری است که در آن $i=Bl, Gre, Gry$ است.

رابطه (۲-۳) نشان می‌دهد که تغییر در حجم کل منابع در طول بازه‌ی زمانی در نظر گرفته شده (Δt) برابر است با مجموع دبی فرآیندهای ورودی شامل: واردات کالا یا ورودی به منابع آب مجازی Im ، ورودی آب‌های سطحی و زیرزمینی مرزی به منابع آب آبی (Bli) و بارندگی به منابع مختلف ($\sum P_i$) از جمله: بارندگی به منابع آب آبی ($\sum P_{Bl}$)، بارندگی به منابع آب سبز ($\sum P_{Gre}$) و بارندگی به منابع آب خاکستری ($\sum P_{Gry}$). منهای مجموع دبی فرآیندهای خروجی شامل: صادرات کالا یا خروجی از منابع آب مجازی (Ex)، خروجی آب‌های سطحی و زیرزمینی از مرز کشور ($Blex$) و تبخیر از منابع مختلف ($\sum E_i$) از جمله: تبخیر از منابع آب آبی ($\sum E_{Bl}$)، تبخیر از منابع آب سبز ($\sum E_{Gre}$) و تبخیر از منابع آب خاکستری ($\sum E_{Gry}$).

۲-۲-۱-۲- رابطه‌ی بین تغییر حجم هر یک از منابع و فرآیندها

برای محاسبه بیلان یا تغییر حجم در هر یک از منابع داخلی ($\frac{\Delta V_i}{\Delta t}$) مانند منبع آب سطحی و زیرزمینی، منبع آب مجازی و غیره، فرآیندهای صادراتی و وارداتی و فرآیندهای داخلی هر دو نقش را دارند. برای منبع نام، رابطه بیلان یا تغییرات حجم مربوطه در بازه‌ی زمانی خاص به صورت رابطه (۲-۴) محاسبه می‌شود.

$$\frac{\Delta V_i}{\Delta t} = \sum j_i - \sum i_j + IM_i - EX_i + Bli_i - Blex_i + Pi - Ei \quad (۴-۲)$$

که در آن:

i اندیس منبع مورد نظر

j اندیس همه منابع ها به جز منبع مورد نظر

$\sum j_i$ مجموع دبی ورودی از طریق فرآیند تبادل کننده همه منابع j به منبع مورد نظر i

$\sum i_j$ مجموع دبی خروجی از منبع i به سایر منابع j

IM_i دبی واردات به منبع i

EX_i دبی خروجی از طریق صادرات از منبع i

P_i بارندگی ورودی به منبع i و

E_i تبخیر خروجی از منبع i است.

۲-۲-۱-۳- رابطه بیلان منابع آب با آبرانه^۱

آبرانه یا مصرف آب در یک کشور می تواند بر اساس رابطه (۵-۲) به دو مولفه آبرانه داخلی^۲ (IFP) و آبرانه خارجی^۳ (EFP) تقسیم شود:

$$WFP = IFP + EFP \quad (۵-۲)$$

بر پایه تعریف ارائه شده توسط هاگسترا و شاپاگاین^۴ آبرانه داخلی می تواند به صورت رابطه (۶-۲) تعریف شود.

$$W_i = NWU - VWE_{dom} \quad (۶-۲)$$

که در این رابطه NWU آب مصرف شده از منابع داخلی برای تولید آب مجازی مصرفی است که می توان آن را با رابطه (۷-۲) بیان کرد:

$$NWU = \sum j_v \quad (۷-۲)$$

که در آن:

j_v : فرآیندهایی هستند که آب را از کلیه منابع داخلی به منبع آب مجازی وارد می کنند.

VWE_{dom} : صادرات آب مجازی تولید شده از منابع داخلی است که می توان آن را به صورت رابطه (۸-۲) نشان داد:

$$VWE_{dom} = EX_{VIFP} \quad (۸-۲)$$

که در آن:

1- Waterfootprint

2- Internal Footprint

3- External Footprint

4- Hoekstra and Chapagain, 2007

EXV_{IFP} : صادرات آب مجازی حاصل از تولیدات داخلی یا صادرات در ارتباط با آبرانه داخلی است که در شکل (۳-۲) نشان داده شده است.

همچنین آبرانه خارجی در همین مرجع به صورت رابطه (۹-۲) محاسبه می‌شود:

$$W_e = VWI - VWE_{re-export} \quad (9-2)$$

که در آن:

$$VWI = IM_v$$

$$VWE_{re-export} = EXV_{EFP}$$

EXV_{EFP} صادرات آب مجازی در رابطه با آبرانه خارجی است.

در شکل (۲-۲) که آب مجازی با دیدگاه هاکسترا و شاپاگاین در الگوی بیلان کلی آب محدوده جغرافیایی معین جا داده شده است، مقادیر فرآیند تبادل آب از منبع آب مجازی به آب مصرفی (VU) در دو قسمت فرآیند مرتبط با آبرانه داخلی، VU_{IFP} و مرتبط با آبرانه خارجی، VU_{EFP} در نظر گرفته شده است.

باید یادآور شد که تنها مشکل موجود در الگوی ارائه شده در شکل (۵-۱) این است که تخمین حجم کل هر یک از منابع به آسانی ممکن نیست. برای حل این مشکل می‌توان اینگونه عمل کرد که تغییر حجم مخزن در دوره مورد نظر به عنوان حجم منبع در نظر گرفت. برای مثال تغییر حجم کل گندم انبارشده در منطقه مورد مطالعه در دوره زمانی مورد نظر را به عنوان حجم کل آب مجازی معادل گندم در نظر گرفت. تنها در مواردی می‌توان بدون احتساب حجم برای منبع آب مجازی استفاده کرد که برای محاسبه بیلان دوره زمانی در نظر گرفته شود که تغییرات کل حجم آب مجازی در آن دوره تقریباً صفر باشد. اگر تنها آب مجازی مورد نظر باشد، باید مقادیر دقیق ورودی آب به منبع مجازی یا نرخ تولید آب مجازی از منابع مختلف داخلی، نرخ مصرف داخلی آب مجازی، نرخ صادرات و واردات آب مجازی، نرخ ورودی بارندگی به آب مجازی را تعیین کرد و برای تعیین بیلان آب کل منطقه، مقادیر بارندگی و تبخیر به کل منابع و صادرات و واردات آب به صورت مجازی یا آب سطحی و زیرزمینی در نظر گرفته شود.

- پیوند تجارت آب مجازی به بیلان منابع آب (برای شرایطی که آب مجازی به عنوان یک منبع در نظر گرفته نمی‌شود).

در برخی مطالعات خارجی، آب مجازی در بیلان به عنوان منبعی با حجم مشخص در نظر گرفته نشده و سه مسیر برای مصرف منابع داخلی در نظر گرفته می‌شود. این سه مسیر به صورت زیر بیان می‌شود:

مسیر ۱: مصرف آب از منابع داخلی برای مصرف کالا در داخل کشور

مسیر ۲: مصرف آب از منابع داخلی برای صادرات کالا به خارج از کشور

مسیر ۳: صرفه‌جویی در مصرف منابع آب داخل از طریق واردات کالا

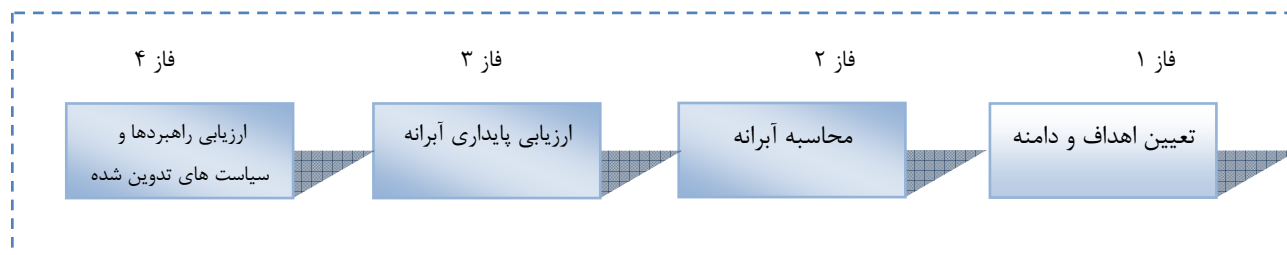
اختلاف این دیدگاه با دیدگاه مطرح شده در شکل (۲-۲) در این است که اولاً برای آب مجازی، حجم یا منبعی مشخص نشده است و ثانياً مسیرهای خاص و پیوسته‌ای متصل به هم در نظر گرفته شده که در طول آن ذخیره آب در منبع خاصی دیده نشده است. به عنوان مثال در مسیر ۱، مصرف آب از منبع داخلی برای تامین مصارف کالای داخلی است. باید یادآور شد که در این روش مورد مشترک در سه مسیر این است که منابع آب داخلی برای تولید کالا مصرف شده است و تفاوت این سه مسیر آن است که کالای تولید شده یا به مصرف داخل می‌رسد (مسیر ۱) یا صادر می‌شود (مسیر ۲) و یا با واردات آب مجازی، در مصرف آب داخلی صرفه‌جویی شده و در نهایت به مصرف داخل می‌رسد (مسیر ۳). در این دیدگاه گرچه مسیرهای مختلفی تعیین شده و منبعی برای آب مجازی در نظر گرفته نشده ولی باید خاطر نشان کرد که این سه مسیر جدا شده در جایی می‌بایست با هم ارتباط داشته باشند. یعنی آشکار است که ممکن است آب‌های مصرفی مسیر ۱ از منابع داخلی غیر از تولید کالا و آب مجازی و مصرف در داخل صادر هم بشود و مسیر ۱ در ۲ ترکیب شود. از طرفی در واقعیت ممکن است کل آب مجازی تولید شده در بازه زمانی مورد نظر به مصرف داخل نرسد و به آب استفاده‌شده تبدیل نشود و در جایی انبار شود. بنابراین برای آب مجازی موجود در واقع باید حجم مخزن و یا منبعی در نظر گرفته شود.

چهار مرحله در ارزیابی آبرانه

یک ارزیابی کامل آبرانه شامل چهار مرحله جداگانه به شرح زیر است (شکل ۲-۳):

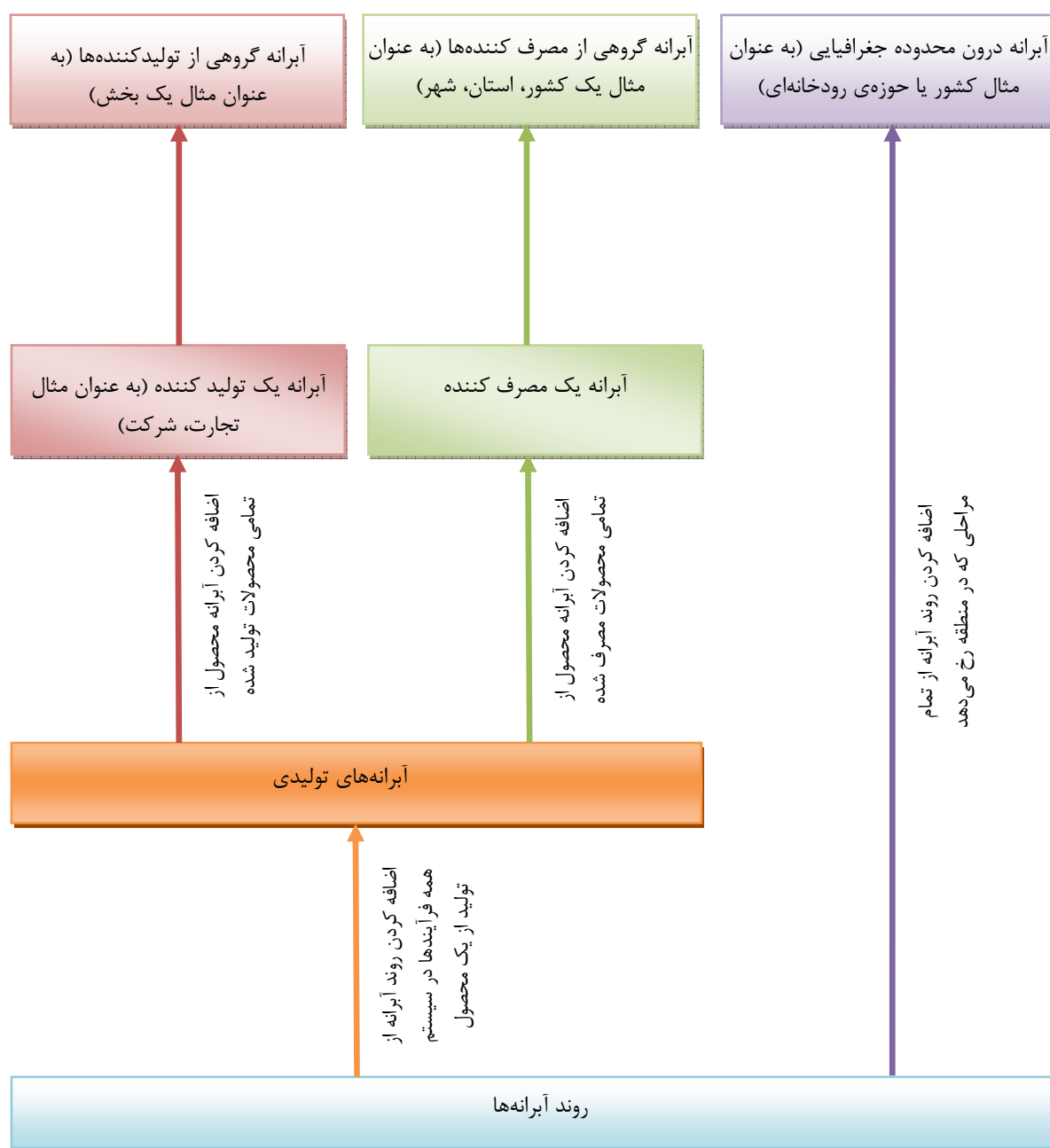
- تعیین هدف‌ها و دامنه
- محاسبه آبرانه
- ارزیابی پایداری آبرانه
- ارزیابی راهبردها و سیاست‌های تدوین‌شده

در آغاز، برای تعیین آبرانه باید هدف‌های مورد مطالعه در منطقه مورد نظر به صورت روشن مشخص شوند. محاسبه آبرانه به دلایل مختلفی انجام می‌گیرد. برای مثال دولت‌ها ممکن است علاقمند به شناخت وابستگی خود به منابع آب خارجی باشند و یا علاقمند به شناخت پایداری منابع آب در مناطقی که واردات محصولات از آن‌جا شدید است، باشند. در مرحله محاسبه آبرانه، داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری شده و محاسبات انجام می‌شوند. دامنه و سطح جزییات محاسبات به تصمیمات گرفته‌شده در مرحله پیش بستگی دارد. پس از آن، مرحله ارزیابی پایداری آبرانه است که در آن، آبرانه از دیدگاه زیست‌محیطی و همچنین دیدگاه اجتماعی و اقتصادی محاسبه می‌شود. در مرحله نهایی، راهبردها و سیاست‌های تدوین‌شده ارزیابی می‌شوند.



شکل ۲-۳- چهار مرحله در ارزیابی آبرانه

شکل (۲-۴)، مثالی از بلوک ساختاری اصلی روند آبرانه با در نظر گرفتن تمامی آبرانه‌های دیگر را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴- مثالی از بلوک ساختاری اصلی روند آبرانه با در نظر گرفتن تمامی آبرانه‌های دیگر

۲-۳- فهرست تبادلات منابع آب (فرآیندها)

جدول‌های (۲-۲) تا (۴-۲) مربوط به شناسایی انواع منابع آب هستند که بهتر است کاربران گرامی محتوای جدول‌های زیر را به طور کامل مطالعه کرده و از آن اطلاع کافی داشته باشند. در بخش سوم گزارش، نحوه تعیین مقادیر انواع منابع آب یادشده در جدول‌های (۲-۲) تا (۴-۲) ارائه شده است. همان‌گونه که در جدول (۲-۲) دیده می‌شود منابع آب خارجی شامل منابع آب وارداتی و صادراتی است. منابع آب وارداتی شامل آب مجازی، بارش، آب آبی و آب سبز است. علامت کوتاه $Im(Agri)Vi(BI)$ نشان‌دهنده واردات کالاهای کشاورزی است. علامت کوتاه $Im(In)Vi(BI)$ نشان‌دهنده واردات کالاهای صنعتی است. رواناب سطحی از بارش با PBI s نشان داده شده است. به این ترتیب حرف بزرگ اول نشان‌دهنده نوع منبعی است که آب می‌دهد و حرف بزرگ دوم نشان‌دهنده نوع منبعی است که آب می‌گیرد. $BlgBlex$ نشان‌دهنده مقدار منابع آب زیرزمینی است که از مرزهای کشور خارج می‌شود.

جدول ۲-۲- انواع منابع آب بیرونی (بر اساس مبانی ارائه شده در بند ۲-۲)

نوع منبع	فرآیند	نشانه کوتاه فرآیند
منابع آب بیرونی (وارداتی)	آب آبی کالای وارداتی	$Im(Agri)Vi(BI)$
		$Im(In)Vi(BI)$
		$ImVex(BI)$
	بارش	PBI s
		$PBlg$
		PD
	آب آبی وارداتی از مرزهای کشور	$BliBIs$
		$BliBlg$
		$Im(Agri)Vi(Gre)$
	آب سبز کالای وارداتی	$ImVex(Gre)$
منابع آب بیرونی (صادراتی)	آب آبی صادراتی	$Ex(Agri)Vex(BI)$
		$Ex(In)Vex(BI)$
		$ExVex(BI)$
	آب سبز صادراتی	$Ex(Agri)Vex(Gre)$
		$ExVex(Gre)$
		$BIsBlex$
	آب آبی صادراتی از مرزهای کشور	$BlgBlex$

برخی مقادیر یادشده در جدول (۲-۲)، در جدول (۳-۲) نیز آمده است. $BliBIs$ نشان‌دهنده ورود آب آبی از مرز خشکی کشور به منابع آب سطحی داخلی است. به طریق مشابه، $BIsBlex$ خروج آب آبی از مرز خشکی کشور از منابع آب سطحی داخلی است.

جدول ۲-۳- انواع منابع آب داخلی (بر اساس مبانی ارایه شده در بند ۲-۲)

نوع منبع	فرایند	نشانه کوتاه فرایند
منابع آب آبی (سطحی)	ورودی منابع آب سطحی	PBlS
		BliBlS
		BlgBlS
		BlSBlS
		BlgBlS
	خروجی منابع آب سطحی	GryBlS
		BlSD
		BlSE
		BlSBlex
		BlSAgri
		BlSEx(Agri)
		BlSIn
		BlSEx(In)
		BlSBlg
منابع آب آبی (زیرزمینی)	ورودی منابع آب زیرزمینی	BlSC
		PBlg
		BliBlg
		BlSBlg
		BlgBlg
	خروجی منابع آب زیرزمینی	BlgAgri+BlgIn+BlgC
		GryBlg
		BlgBlex
		BlgAgri
		BlgEx(Agri)
		BlgIn
		BlgEx(In)
		BlgE
		BlgBlS
منابع آب سبز	ورودی منابع آب سبز	PD
	خروجی منابع آب سبز	GreE
		GreAgri
		GreEx(Agri)
منابع آب خاکستری	ورودی به منابع آب خاکستری	AgriGry
		InGry
		CGry
	خروجی از منابع آب خاکستری	InGry
		GryBlS
		GryBlg

در جدول (۲-۴)، عنوان منابع مربوط به مصرف منابع آب را نشان می‌دهد. توجه شود که مصرف مواد غذایی (از بخش کشاورزی) با علامت کوتاه $Vd(Agri)C$ نشان داده شده است. که هم نشان‌دهنده خروجی منابع آب از بخش کشاورزی است و هم نشان‌دهنده ورودی به بخش مصرف است.

جدول ۲-۴- انواع مصرف از منابع آب (بر اساس مبانی ارایه‌شده در بند ۲-۲)

نوع منبع	فرایند	نشانه کوتاه فرایند
کشاورزی به بخش ورودی	برداشت از منابع آب آبی سطحی داخلی برای تولیدات کشاورزی	BlsAgri
	برداشت از منابع آب آبی زیرزمینی داخلی برای تولیدات کشاورزی	BlgAgri
	مصرف از منابع آب سبز داخلی برای تولیدات کشاورزی (زراعت-باغداری- جنگل و مرتع)	GreAgri
کشاورزی از بخش خروجی	آب مجازی ناشی از تولید کالای کشاورزی (معادل مجموع برداشت از آب آبی و سبز داخلی برای تولیدات زراعی، باغی، جنگل و مرتع منهای صادرات کالاهای کشاورزی)	AgriVd
	آب مجازی ناشی از تولید کالاهای صادراتی کشاورزی	AgriVe
	آب خاکستری (آب برگشتی آلوده‌شده) ناشی از آبیاری در بخش کشاورزی	AgriGry
بخش صنعت به ورودی	برداشت از منابع آب سطحی برای تولیدات صنعتی به منظور مصرف داخلی	BlsIn
	برداشت از منابع آب زیرزمینی برای تولیدات صنعتی به منظور مصرف داخلی	BlgIn
	آب مجازی ناشی از تولید کالای صنعتی (معادل مجموع برداشت از آب آبی داخلی برای تولیدات صنعتی منهای صادرات کالاهای صنعتی)	InVd
بخش صنعت از خروجی	آب مجازی ناشی از تولید کالاهای صادراتی صنعتی	InVex
	آب خاکستری (آب برگشتی آلوده‌شده) ناشی از فعالیت واحدهای صنعتی	InGry
	مصرف کالای کشاورزی (معادل مجموع برداشت از آب آبی و سبز داخلی برای تولیدات کشاورزی منهای صادرات کالاهای کشاورزی)	Vd(Agri)C
بخش مصرف به ورودی	مصرف کالای صنعتی (معادل مجموع برداشت از آب آبی داخلی برای تولیدات صنعتی منهای صادرات صنعتی)	Vd(In)C
	مصرف از محل کالاهای وارداتی (معادل آب کالاهای وارداتی کشاورزی و صنعتی)	Vi(Agri+In)C
	مصرف شرب روستایی و شهری	BlsC+BlgC
بخش مصرف از خروجی	فاضلاب (پساب) شهری و روستایی	CGry

چیدمان جدول‌های بالا برای پیوند انواع منابع چهارگانه آب به صورت جدول زیر خواهد بود.

تبادلات منابع چهار گانه آب (آبی-سبز-خاکستری و مجازی) در چهار چوب "تحدود ارتباط میان منابع آب با تجارت آب مجازی" در محدوده جغرافیایی کشور ایران در دوره زمانی:.....

فصل ۳

تعیین مقادیر (محتویات) منابع

چهارگانه‌ی آب (آبی – سبز –

خاکستری – مجازی)

۳-۱- کلیات

اکنون که نوع منابع آب معلوم شد، در گام بعد لازم است محتویات انواع منابع آب تعیین شود. مقادیر (محتویات) منابع چهارگانه‌ی آب برای تولید کالاهای صنعتی و کشاورزی به کار می‌رود. بخش مصرف از این قاعده جداست. چون تنها میزان آب مصرفی در آن بخش محاسبه می‌شود. تعیین منابع آب برای هر کدام از منابع چهارگانه و پیوند این منابع براساس مبانی ارائه شده در شکل (۲-۲) در نرم‌افزار «تجارت آب مجازی» ارائه شده است.

۳-۲- تعیین مقادیر (محتویات) منابع آب آبی

منابع آب آبی مجازی ناشی از کالاهای کشاورزی و صنعتی (تولیدی- وارداتی یا صادراتی) در منبع آب مجازی مورد محاسبه قرار می‌گیرد. در اینجا تنها منابع آب آبی واقعی مورد نظر است. همان‌طور که در جدول (۲-۳) دیده شد منابع آب آبی شامل موردهای زیر بودند:

- منابع آب سطحی در داخل مرزهای کشور
- منابع آب سطحی ورودی یا خروجی از مرزهای کشور
- منابع آب زیرزمینی در داخل مرزهای کشور
- منابع آب زیرزمینی ورودی یا خروجی از مرزهای کشور

برخی مقادیر مربوط به منابع آب سطحی و زیرزمینی از اطلاعات سالیانه منابع آب کشور به دست می‌آید که لازم است در بیان منابع آب لحاظ شوند.

۳-۳- تعیین مقادیر (محتویات) منابع آب سبز

منابع آب سبز مجازی ناشی از کالاهای کشاورزی (تولیدی- وارداتی یا صادراتی) در منبع آب مجازی مورد محاسبه قرار می‌گیرد. برخلاف منابع آب آبی، هنگامی حجم منابع آب سبز قابل محاسبه و تعیین است که رطوبت خاک در تولید محصولات زراعی و باغی مصرف شود. در غیر این صورت، حجمی برای منبع آب سبز را نمی‌توان محاسبه و تعیین کرد. به این ترتیب، برای محاسبه منابع آب سبز مصرف‌شده در تولید کالاهای کشاورزی، در بند (۳-۴) که آب مجازی این محصولات محاسبه می‌شوند، مقدار آب سبز نیز محاسبه خواهد شد. بخش دیگر آب سبز مربوط به عرصه‌های جنگلی و مرتعی می‌شود که نحوه محاسبه آن در بند (۳-۴) ارائه خواهد شد.

۳-۴- تعیین مقادیر (محتویات) منابع آب خاکستری

تنها منابع آب خاکستری مجازی ناشی از تبادلات این منبع با آب آبی وجود دارد. مقادیر مربوط به منابع آب خاکستری به شرح زیر هستند:

- فاضلاب (پساب) صنعتی
 - فاضلاب (پساب) شهری و روستایی
 - ورودی از منابع آب خاکستری به منابع آب سطحی و زیرزمینی از منابع آب نامتعارف (شور)
 - پساب ناشی از پرورش آبزیان در استخرهای پرورش ماهی و میگوی آب شیرین
- موردهای مربوط به فاضلاب از طریق در نظر گرفتن درصدی از منابع قابل محاسبه هستند. اما هیچ آماری از نفوذ منابع آب شور به منابع آب شیرین در دسترس نیست. چهارمورد یادشده در بند (۳-۴) تشریح خواهند شد.

۳-۵- تعیین مقادیر (محتویات) منابع آب مجازی (آبی - سبز - خاکستری)

همان‌طور که در شکل (۲-۲) دیده شد، منابع آب واقعی (سبز یا آبی) پس از کاربرد در بخش‌های تولیدی (کشاورزی و صنعت) به کالا تبدیل می‌شوند. چون کالاها یا به مصرف داخل می‌رسند و اینکه به خارج از کشور صادر می‌شوند بنابراین از همین‌جا می‌توان مقادیر منابع آب مصرف‌شده در فرآیند تولید کالاها را به عنوان آب مجازی در نظر گرفت و به منبع آب مجازی افزود. برای این منظور لازم است آب مصرفی در بخش‌های کشاورزی و صنعتی را تعیین کرد. در بندهای پیش رو، نحوه تعیین محتویات آب مصرفی مربوط به محصولات کشاورزی و صنعتی ارائه شده است.

چون مفهوم آبرانه (داخلی و خارجی)، از جامعیت بیش‌تری نسبت به مفهوم آب مجازی برخوردار است بنابراین آبرانه آبی به معنای آب آبی مصرف‌شده در فرآیند تولید کالاهای کشاورزی و صنعتی است. در صورتی که در فرآیند تولید این کالاها، منابع آب آبی آلوده‌شده باشد، منبع آب مجازی شامل آب خاکستری نیز خواهد شد. بنابراین مراد از منابع آب آبی، مقدار آبی است که به طور کامل در فرآیند تولید کالا به مصرف رسیده است. برای مثال در تولید کالاهای کشاورزی، افزون بر مقدار آبی که برای تبخیر و تعرق گیاه مصرف می‌شود، بخشی از آن آب آبی نیز تبخیر می‌شود که جزو آبرانه آبی به حساب می‌آید. در حالی که از دیدگاه مفهوم آب مجازی، همان بخش تبخیر و تعرق برای تعیین آب مجازی در نظر گرفته می‌شود. به این ترتیب با توجه به جامعیت و کامل بودن مفهوم آبرانه، از آن برای محاسبات محتویات مربوط به منبع آب مجازی (به عنوان یکی از منابع چهارگانه آب) استفاده می‌شود. یادآوری می‌شود که بنا به توضیحات بند ۱-۳، آبرانه هر محصول شامل مجموع آبرانه آبی، سبز و خاکستری است.

۳-۵-۱- تعیین آبرانه (آبی - سبز - خاکستری) کالاهای کشاورزی

برای محاسبه محتویات آب مجازی، زیمر و رنالت [۱۵۷] تفاوتی بین تولیدات اولیه (محصولات)، تولیدات فرآوری‌شده (مانند شکر، روغن گیاهی و آبجوی الکلی)، تولیدات تغییر شکل‌یافته (شامل تولیدات حیوانی)، تولیدات جانبی (مانند دانه پنبه)، تولیدات مضاعف (مانند درخت نارگیل) و تولیدات با مصرف آب پایین یا بدون مصرف آب (مانند ماهی دریایی) را در نظر گرفته‌اند. حجم آب مجازی ناشناخته یا شناخته‌شده برای تولید یک محصول به عنوان مقدار حجم لازم در مراحل تولید محصول نامیده می‌شود [۶۶]. نه تنها محصولات کشاورزی حاوی آب مجازی هستند بلکه

محصولات صنعتی و خدمات نیز حاوی آب مجازی هستند. مثالی که در مورد آب مجازی می‌توان زد در مورد آب مجازی دانه‌های غلات است. برآورد شده است که برای تولید یک کیلوگرم گندم در شرایط آبیاری بارانی و شرایط آب و هوایی مساعد در حدود ۲ مترمکعب آب (بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلوگرم) لازم است. برای همان مقدار گندم کشت‌شده در کشورهای خشک، جایی که شرایط آب و هوایی مساعد نباشد (درجه حرارت و تبخیر و تعرق بالا)، در حدود ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلوگرم آب نیاز است. پس، عوامل زیادی هستند که بر مقدار آب مصرف‌شده در تولید یک محصول اثر می‌گذارند. در هنگام تخمین‌زدن و برآورد کردن عوامل زیر را دست‌کم باید در نظر گرفت و آن‌ها را فراهم کرد.

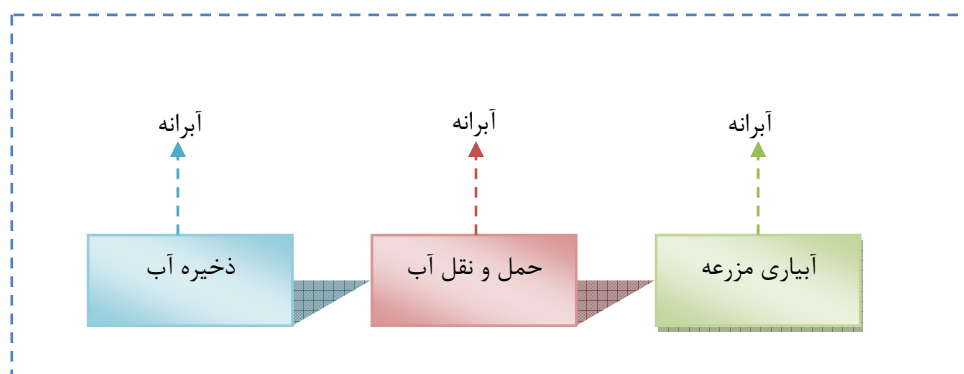
- مکان و محدوده زمانی (سال تولید) محصول
- درجه اندازه‌گیری. برای مثال در صورت وجود محصول زراعی آبیاری‌شده، میزان آب کاربردی (استحصالی) از آب مصرفی جدا می‌شود.
- روش تولید و کارایی مصرف آب مربوطه. مادامی که آب مصرفی بر پایه نیاز خالص آبیاری در محاسبات در نظر گرفته می‌شود.
- مقادیر آب هدررفته (آلوده‌شده) در صورت وجود به عنوان پساب آب کشاورزی (آب خاکستری) در نظر گرفته شوند.

- چگونگی تعیین آب ورودی در محصولات میانی و محتویات آب مجازی در محصول نهایی

کالا‌های کشاورزی شامل کالا‌های زراعی، باغی، دامی و آبزیان می‌شوند. برخی محصولات کشاورزی، به طور مستقیم به مصرف انسان می‌رسد. برخی محصولات نیز پس از فرآوری و برخی محصولات کشاورزی به عنوان ماده خام اولیه در بخش صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد و به صورت کالا‌های خوراکی فرآوری‌شده یا صنعتی در اختیار جمعیت انسانی قرار می‌گیرد. برای محاسبه آبرانه مربوط به محصول نهایی، لازم است اطلاعات مربوط به نسبت‌های تولید و نسبت‌های ارزشی در اختیار باشد تا بتوان آبرانه مربوط به هر مرحله را برای محصول (محصولات) اولیه، محصول (محصولات) میانی یا محصول (محصولات) نهایی محاسبه کرد.

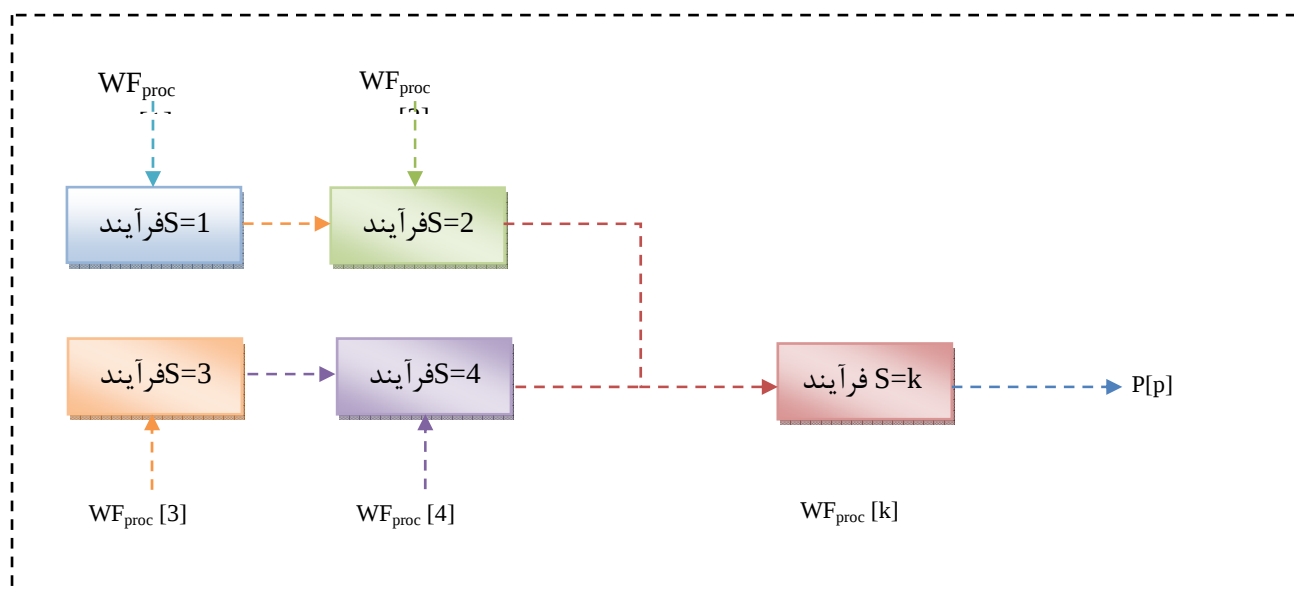
شکل (۳-۱)، نشان می‌دهد که مقدار آبرانه برای هر مرحله یا هر اقدامی در فرآیند تولید یک محصول قابل محاسبه است. یعنی هر کدام از مراحل، آبرانه ویژه خود را دارد. به طور معمول، مجموع آب مجازی مصرفی شامل آب مصرفی در سطح مزرعه تا مرحله‌ی مصرف نهایی می‌شود. در این راستا ۴ گام آغازین باید در نظر گرفته شود:

- گروه‌بندی محصولات مواد غذایی بر اساس حجم آب مجازی
- نقشه شار (شبکه) مواد غذایی از مرحله‌ی تولید تا مصرف
- تعیین مراحل تولید محصولات
- تعیین آب مجازی محصولات

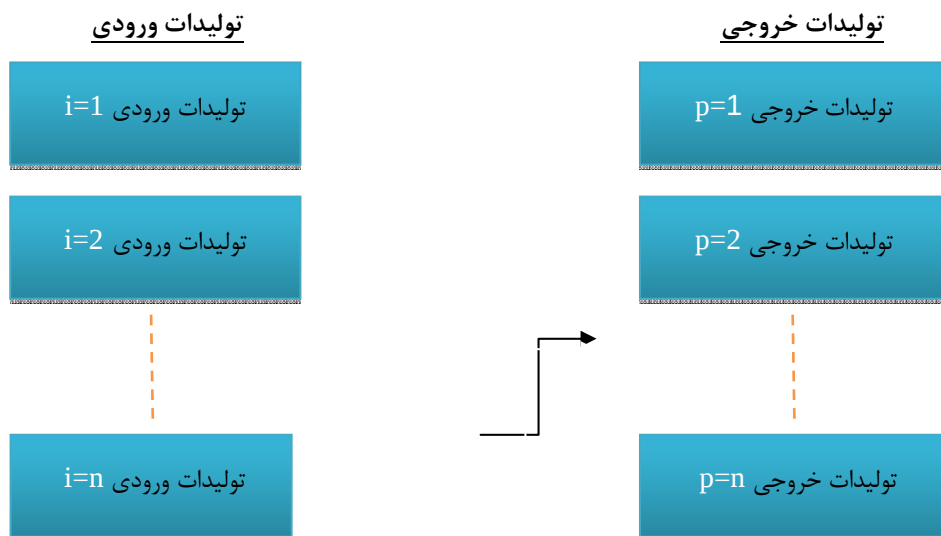


شکل ۳-۱- نتیجه فرآیندهای آبیاری: ذخیره آب، حمل و نقل آب و آبیاری مزرعه

شکل (۳-۲)، شیوه تعیین میزان آبرانه در شرایط تهیه یک محصول از چند محصول دیگر مانند محصول کالباس را نشان می‌دهد. WF_{proc} [1] میزان آبرانه مربوط به فرایند شماره ۱ ($S=1$) است. WF_{proc} [2] مربوط به فرایند شماره ۲ ($S=2$) است. فرایند ۱ با فرایند ۲ در ارتباط است و فرایند ۳ با فرایند ۴ در ارتباط است که در نهایت مجموع آبرانه در این فرایند، کل آبرانه در مراحل تولید محصول نهایی ($S=K$) تعیین می‌شود. شکل (۳-۳)، شیوه تعیین میزان آبرانه را در وضعیت تولید چند محصول خروجی از چند محصول ورودی نشان می‌دهد. هر مرحله تولید دارای یک میزان آبرانه است و مطابق شرح شکل (۳-۳)، می‌توان ارتباط این مرحله‌ها را تشریح کرد.



شکل ۳-۲- تهیه یک محصول از چند محصول دیگر مثل: کالباس (WF_{proc} آبرانه مربوط به هر فرایند است)



شکل ۳-۳- محاسبه آبرانه در شرایطی چند محصول ورودی با چند محصول خروجی (WF proc آبرانه مربوط به هر مرحله از تولید است)

۳-۱-۵-۱- آبرانه آب آبی

محاسبه میزان آبرانه آبی برای مرحله تولید اولیه محصول کشاورزی (پیش از فراوری) به صورت رابطه (۳-۱)

محاسبه می‌شود:

$$WF_{proc,blue} = BWE + BWI + LRF \quad (۳-۱)$$

که در آن:

$WF_{proc,blue}$: میزان آب آبی مصرف‌شده

BWE: میزان تبخیر آب آبی^۱

BWI: ترکیب (الحاق) آب آبی با گیاه و محصول^۲

LRF: آب برگشتی از دست‌رفته^۳ است.

جریان برگشتی، نشان‌دهنده بخشی از منابع آب است که به حوزه آبریز دیگری (تخلیه به دریاچه یا دریا) وارد می‌شود و یا دست کم برای یک مدت زمان مشابه برای استفاده دوباره در همان حوزه آبریز از دسترس خارج می‌شود. واحد سنجش آبرانه برابر با حجم آب در واحد زمان (روز، ماه یا سال) است که می‌تواند به صورت حجم آب در واحد تولید نیز بیان شود.

1- Blue Water Evaporation

2- Blue Water Incorporation

3- Lost Return Flow

۳-۵-۱-۲- آبرانه آب سبز

آبرانه آب سبز برای یک محصول برابر با حجم باران موثر (آب باران مصرف شده) در تولید محصولات کشاورزی یا جنگلی و مرتعی است. این رقم برابر با کل تبخیر و تعرق ناشی از بارندگی (برای کل مزارع و باغات) به همراه آب ادغام شده با تولیدات است. آبرانه آب سبز به صورت رابطه (۲-۳) محاسبه می‌شود:

$$WF_{proc,green} = GWE + GWI \quad (2-3)$$

که در آن:

$WF_{proc,green}$: آبرانه آب سبز

GWE: تبخیر آب سبز^۱

GWI: ترکیب (الحاق) آب سبز با گیاه و محصول^۲ است.

۳-۵-۱-۳- آبرانه آب خاکستری

آب خاکستری برای یک منبع آبی به هر گونه منابع آب آبی که در معرض آلودگی قرار می‌گیرد گفته می‌شود. واژه پساب که به منابع آب آبی آلوده شده به ویژه در فاضلاب خانگی و صنعتی گفته می‌شود، همان آب خاکستری است. اما بر پایه دستورالعمل ارائه شده توسط هاکسترا و تعریف ارائه شده از آب خاکستری در این دستورالعمل، آب خاکستری برابر با حجم آبی است که برای بازگرداندن منبع آبی آلوده شده به وضعیت آغازینش (پیش از آلوده شدن) مورد نیاز است. برای یکی شدن این دو دیدگاه، واژه «معادل آب زیست‌محیطی» به جای تعریفی که هاکسترا از آب خاکستری ارائه می‌دهد جایگزین می‌شود و تعریف آب خاکستری در این راهنما کماکان، حجم منابع آب آبی آلوده شده است.

برای محاسبه معادل آب زیست‌محیطی، نیاز به دبی آب منطقه و مقدار غلظت آغازین ماده آلوده‌کننده در آب موجود و دبی و غلظت ماده آلوده‌کننده پس از آلوده شدن است. سپس با استفاده از رابطه (۳-۳)، مقدار دبی مورد نیاز برای برگشت آب آلوده شده به وضعیت اولیه (یا به وضعیت آب استاندارد) به دست می‌آید. در این رابطه منبع آلوده شماره ۱ همان منبعی است که حاوی ماده آلوده‌کننده است و وارد منبع شماره ۲ می‌شود. البته منبع شماره ۲ هم دارای غلظت مشخصی از ماده آلوده‌کننده است.

$$\bar{C} = \frac{Q_R \times C_R + Q_S \times C_S + \dots}{Q_R + Q_S + \dots} \quad (3-3)$$

که در آن:

Q_R : دبی منبع آب شماره ۱

Q_S : دبی منبع آب شماره ۲

1- Green Water Evaporation

2- Green Water Incorporation

C_T : غلظت ماده آلوده کننده در منبع شماره ۱

C_S : غلظت ماده آلوده کننده در منبع آبی شماره ۲

$\bar{C}$: غلظت ماده آلوده کننده در منبع شماره ۲ پس از ورود منبع آبی شماره ۱

در نهایت با به دست آوردن مقدار $\bar{C}$ و با در دست داشتن مقدار مجاز این آلودگی در محیط، می توان مقدار آب مورد نیاز برای تبدیل آب آلوده موجود به آب با کیفیت استاندارد را به دست آورد.

به عنوان مثال چنانچه مقدار غلظت اولیه آهن موجود در آب رودخانه ای با دبی (m³/s) ۱۰، برابر با (mgr/m³) 50 باشد و فاضلاب کارخانه ای با دبی (m³/s) 8 و غلظت آهن (mgr/m³) 90 به این رودخانه بریزد مقدار نهایی غلظت آهن در این آب برابر با:

$$\bar{C} = [(10 \times 0.05) + (8 \times 0.09)] / (10 + 8) = 0.06777 (\text{mgr} / \text{Lit})$$

چنانچه مقدار آهن مجاز در آب برابر با 0.55 (mgr/Lit) باشد میزان دبی مورد نیاز برای استانداردسازی آب منبع شماره ۲ برابر با:

$$0.055 = [(10 \times 0.05) + (Q_s \times 0.09)] / (10 + Q_s) = (0.035 \times Q_s = 0.05)$$

$$Q_s = 1.428 (\text{m}^3 / \text{s})$$

میزان Q_s به دست آمده در حقیقت دبی مجاز آب منبع شماره ۱ است. یعنی باید به منبع شماره ۲، آبی با دبی (m³/s) 6.571 و بدون هیچ درصد آلاینده ای از آهن اضافه شود تا آب به حالت استاندارد تبدیل شود.

- محاسبه مقدار آب مورد نیاز ویژه در واحد نوع غلات

در این راهنما، محاسبه مقدار آب مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی از اطلاعات نرم افزار کشوری NETWAT استخراج می شود و مبنای نیاز آبی گیاهان قرار می گیرد. اما لازم است مبنای محاسباتی که به طور معمول برای محاسبه نیاز آبی این گیاهان بر اساس استانداردهای موجود تعیین می شود ارائه شود.

در واحد نوع غلات، متوسط آب ویژه مورد نیاز به صورت جداگانه برای هر ملت خاص بر اساس اطلاعات FAO بر روی نیاز آبی محصولات و بازده محصولات است. (رابطه ۳-۴)

$$SWD[n, c] = \frac{CWR[n, c]}{CY[n, c]} \quad (4-3)$$

در این رابطه:

SWD، نیاز ویژه آبی گیاه c در کشور n (مترمکعب در تن)

CWR: میزان نیاز آبی گیاه در هکتار (مترمکعب در هکتار)

CY: بازده محصول گیاه (تن در هکتار) است.

نیاز آبی گیاه CWR (در واحد مترمکعب در هکتار) از روی مقدار تجمعی تبخیر و تعرق گیاه ET_c (میلی متر در روز) در تمام طول دوره رشد است. تبخیر و تعرق گیاه ET_c از حاصل ضرب تبخیر و تعرق گیاه مرجع، ET_0 در ضریب گیاهی K_c به دست می آید. (رابطه ۳-۵)

$$ET_c = K_{cx} ET_0 \quad (۵-۳)$$

مفهوم تبخیر و تعرق گیاه مرجع به وسیله فائو حاصل شده است. برای مطالعه نیاز تبخیری اتمسفر که به نوع محصول، شرایط توسعه و مدیریت تولید وابستگی ندارد تنها عاملی که ET_0 را تحت تاثیر دارد پارامترهای آب و هوایی است. (رابطه ۳-۶) تبخیر و تعرق گیاه مرجع بر اساس معادلات فائو و با توجه به توضیحات گفته شده محاسبه شده است [۳۳]؛ [۳۴]؛ [۱۱۴].

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{+273} U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (۶-۳)$$

روش فائو به عنوان یکی از معتبرترین روش ها برای تخمین ET_0 مورد استفاده کارآزمودگان است. در روش نام برده گیاه مرجع یک پوشش چمن فرضی است که ارتفاع Δ آن ۱۲ سانتی متر و ضریب بازتاب تابش (Elbedo) در آن ۲۳ درصد است (در گیاه چمن واقعی این مقدار ۲۵ درصد است). ایستادگی روزنه ها در برابر خروج آب در روش فائو از ۳۰ ثانیه بر متر برای گیاهان مناطق خشک تا ۱۵۰ ثانیه بر متر در پوشش های متغیر است.

ET_0 : تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی متر در روز)

R_n : تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($\text{mjm}^{-2}\text{d}^{-1}$)

T : متوسط دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (i)

U_2 : سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (ms^{-1})

$e_a - e_d$: کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری (kpa)

Δ : شیب منحنی فشار بخار ($\text{kpa}^0\text{c}^{-1}$)

γ : ضریب رطوبتی ($\text{kpa}^0\text{c}^{-1}$)

G : فشار گرما به داخل خاک ($\text{mjm}^{-2}\text{d}^{-1}$)

ضریب گیاه برای محصول واقعی با توجه به مقاومت ایزودینامیکی نسبت به گیاه مرجع فرضی محاسبه می شود. ضریب گیاهی رابطه بین اختلافات فیزیکی و فیزیولوژیکی بین گیاه مشخص و گیاه مرجع را نشان می دهد.

- تعیین (محاسبه - تخمین) آب مجازی محصولات عمده زراعی و باغی (غذایی و غیرغذایی)

برای محاسبه آب مجازی محصولات عمده زراعی و باغی (خوراکی و غیرخوراکی) ابتدا اقدام به تخمین مقدار آب مصرفی این محصولات شده است. موضوع اساسی این است که گیاهان مورد بررسی تنها معادل تبخیر و تعرق مورد نیاز آب مصرف می کنند. تبخیر و تعرق از دو محل تامین می شوند: نیاز آبیاری و باران موثر. نیاز آبیاری به معنای میزان آبی است که از منابع آب زیرزمینی

و سطحی استحصال می‌شود. برای مثال اگر مقدار تبخیر و تعرق یک محصول برابر ۴۵۰۰ مترمکعب باشد و باران موثر نیز برابر ۱۷۰۰ مترمکعب باشد، به این ترتیب بخشی از این نیاز از طریق آب باران تامین می‌شود که به آن باران موثر گفته می‌شود. با توجه به نیاز خالص آبیاری و بازده آبیاری، جمع آب آبی مصرفی سالیانه هر هکتار (مترمکعب) محصولات برآورد می‌شود. آب مصرفی سالیانه همان آب آبی است که شامل دو بخش آب مصرفی از محل آبیاری و آب برگشتی است. بخشی از آب مصرفی نیز شامل آب تبخیر شده است. در این محاسبات، آب برگشتی در بخش کشاورزی، به عنوان آب آلوده شده در نظر گرفته نشده است. در نهایت، آبرانه شامل مجموع آب آبی مصرف شده (آب مصرفی از محل آبیاری و آب تبخیر شده) به اضافه آب سبز مصرفی محصول می‌شود. برای تعیین نیاز آبی گیاهان در دشت‌های مختلف از اطلاعات نرم‌افزار NETWAT استفاده می‌شود. به این ترتیب که با توجه به اطلاعات نیاز آبی محصولات مختلف در دشت‌های مختلف کشور و سطح زیر کشت هر محصول در دشت‌های مختلف کشور، میانگین وزنی نیاز آبی هر محصول محاسبه شود و به عنوان رقم نهایی نیاز آب گیاه در کشور انتخاب شوند. بر این اساس جدول (۳-۱)، آب مصرفی هر هکتار محصولات زراعی کشور را نشان می‌دهد. جدول (۳-۲)، برآورد کل آب مصرفی محصولات زراعی کشور را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۱- آب مصرفی هر هکتار محصولات زراعی کشور در سال ۸۵-۱۳۸۴ (مترمکعب)

نام محصول	نیاز خالص آبیاری سالیانه (مترمکعب)	بازده کل (درصد)	آب استحصالی سالیانه هر هکتار (مترمکعب)	آب برگشتی (۲۵ درصد آب استحصالی)	آب مصرفی هر هکتار (مترمکعب)			آبرانه (مجموع آب مصرفی از محل آبیاری، آب سبز و آب تبخیر شده)
					آب سبز هر هکتار (باران موثر)	آب مصرفی از محل آبیاری (۴۲ درصد آب استحصالی)	آب تبخیر شده	
غلات	گندم	۴۰	۹۸۵۶	۲۴۶۴	۱۲۳۷	۴۱۴۰	۳۲۵۳	۷۲۹۲
	جو	۴۰	۷۹۴۲	۱۹۸۵	۱۱۸۱	۳۳۳۵	۲۶۲۱	۵۹۵۶
	شلوک	۴۰	۸۷۸۱	۲۱۹۵	۰	۳۶۸۸	۲۸۹۸	۶۵۸۶
	ذرت دانه‌ای	۴۰	۱۴۵۴۲	۳۶۳۵	۷۳۶	۶۱۰۸	۴۷۹۹	۱۰۹۰۶
حبوبات	تخمد	۴۰	۷۶۶۸	۱۹۱۷	۶۳۸	۳۲۲۱	۲۵۳۰	۵۷۵۱
	لوبیا	۴۰	۱۴۰۳۸	۳۵۰۹	۱۰۷	۵۸۹۶	۴۶۳۲	۱۰۵۲۸
	عدس	۴۰	۸۰۳۶	۲۰۰۹	۵۷۰	۳۳۷۵	۲۶۵۲	۶۰۲۷
	سایر حبوبات (ماش)	۴۰	۸۰۰۰	۲۰۰۰	۵۷۰	۳۳۶۰	۲۶۴۰	۶۰۰۰
محصولات صنعتی	پنبه	۴۰	۲۶۷۰۱	۶۶۷۵	۸۰	۱۱۳۱۵	۸۸۱۱	۲۰۰۲۶
	توتون و تنباکو	۴۰	۱۷۵۰۰	۴۳۷۵	۸۱	۷۳۵۰	۵۷۷۵	۱۳۱۲۵
	چغندر قند	۴۰	۹۵۵۰	۲۳۸۸	۸۲	۴۰۱۱	۳۱۵۲	۷۱۶۲
	تیشکر	۴۰	۲۵۵۰۰	۶۳۷۵	۸۳	۱۰۷۱۰	۸۴۱۵	۱۹۱۲۵
	سویا	۴۰	۸۷۵۰	۲۱۸۸	۸۴	۳۶۷۵	۲۸۸۸	۶۵۶۲
	گلزا	۴۰	۸۷۵۰	۲۱۸۸	۸۵	۳۶۷۵	۲۸۸۸	۶۵۶۲
سبزیجات	دانه‌های روغنی	۴۰	۱۳۳۵۸	۳۳۳۹	۶۵	۵۶۱۰	۴۴۰۸	۱۰۰۱۸
	سیب زمینی	۴۰	۱۷۰۳۷	۴۲۵۹	۶۱۹	۷۱۵۶	۵۶۲۲	۱۲۷۷۸
	پیاز	۴۰	۱۵۱۳۰	۳۷۸۲	۹۲۸	۶۳۵۵	۴۹۹۳	۱۱۳۴۷
	گوجه‌فرنگی	۴۰	۱۸۲۲۴	۴۵۵۶	۲۴۴	۷۶۵۴	۶۰۱۴	۱۳۶۶۸
محصولات جالبی	سایر سبزیجات	۴۰	۱۵۵۰۰	۳۸۷۵	۲۴۵	۶۵۱۰	۵۱۱۵	۱۱۶۲۵
	خربزه	۴۰	۱۹۰۶۸	۴۷۶۷	۹	۸۰۰۸	۶۲۹۲	۱۴۳۰۱
	هند وانه	۴۰	۱۵۵۴۰	۳۸۸۵	۱۴۶	۶۵۲۷	۵۱۲۸	۱۱۶۵۵
	خیار	۴۰	۱۰۹۶۳	۲۷۴۱	۳۰۱	۴۶۰۴	۳۶۱۸	۸۲۲۲
تبات	سایر محصولات جالبی	۴۰	۱۱۲۵۰	۲۸۱۳	۳۰۲	۴۷۲۵	۳۷۱۳	۸۴۴۸
	پیوچه	۴۰	۲۲۱۹۱	۵۵۴۸	۹۲۴	۹۲۲۰	۷۳۲۳	۱۶۶۴۳
	سایر تبات علوفه‌ای	۴۰	۳۰۰۰۰	۵۰۰۰	۹۲۴	۸۴۰۰	۶۶۰۰	۱۵۰۰۰
	سایر محصولات زراعی	۴۰	۱۲۵۰۰	۳۱۲۵	۱۰۰۰	۵۲۵۰	۴۱۲۵	۹۳۷۵

منبع: سالنامه آماری کشاورزی و محاسبات انجام گرفته

جدول ۲-۳- برآورد کل آب مصرفی محصولات زراعی کشور در سال ۸۵-۱۳۸۴ (هکتار - میلیون مترمکعب)

آبرائه (مجموع آب مصرفی از محل آبیاری، آب سبز و آب تبخیرشده)	آب مصرفی هر هکتار (مترمکعب)				کل سطح زیرکشت (هکتار)	نام محصول	
	آب آبی			آب سبز هر هکتار (باران موثر)			
	جمع آب آبی	آب تبخیرشده	آب مصرفی از محل آبیاری (۴۲ درصد آب استحصالی)				
۲۳۳۶۰	۲۰۰۱۱	۸۸۰۵	۱۱۲۰۶	۳۳۴۹	۲۷۰۶۹۹۶	گندم	غلات
۴۴۵۷	۳۷۲۰	۱۶۳۷	۲۰۸۳	۷۳۸	۶۲۴۴۹۱	جو	
۴۰۲۸	۴۰۲۸	۱۷۷۲	۲۲۵۶	۰	۶۱۱۵۹۷	شلتوک	
۳۳۹۴	۳۱۸۲	۱۴۰۰	۱۷۸۲	۲۱۲	۲۹۱۷۶۳	ذرت دانه‌ای	
۸۸	۷۹	۲۵	۴۴	۹	۱۳۷۴۳	تخود	حبوبات
۹۸۹	۹۷۹	۴۳۱	۵۴۸	۱۰	۹۲۹۸۱	لوبیا	
۸۸	۸۱	۲۵	۴۵	۸	۱۳۳۷۸	عدس	
۱۷۳	۱۵۸	۷۰	۸۹	۱۵	۲۶۴۰۵	سایر حبوبات (ماش)	
۲۲۷۹	۲۲۷۰	۹۹۹	۱۳۷۱	۹	۱۱۳۳۴۵	پنبه	محصولات صنعتی
۹۲	۹۱	۴۰	۵۱	۱	۶۹۴۵	توتون و تنباکو	
۱۳۴۷	۱۳۳۱	۵۸۶	۷۴۶	۱۵	۱۸۵۸۸۸	چغندر قند	
۱۲۷۸	۱۲۷۳	۵۶۰	۷۱۳	۶	۶۶۵۴۹	تیشکر	
۴۰۶	۴۰۱	۱۷۶	۲۲۵	۵	۶۱۱۰۰	سویا	
۴۹۲	۴۸۶	۲۱۴	۲۷۲	۶	۷۴۰۱۰	کلزا	
۶۶۴	۶۵۹	۲۹۰	۳۶۹	۴	۶۵۸۲۲	دانه‌های روغنی	
۲۱۴۲	۲۰۴۳	۸۹۹	۱۱۴۴	۹۹	۱۵۹۸۱۷۵	سیب‌زمینی	سبزیجات
۶۸۰	۶۲۸	۲۷۶	۳۵۲	۵۱	۵۵۳۴۷	پیاز	
۲۰۴۳	۲۰۰۷	۸۸۳	۱۱۲۴	۳۶	۱۴۶۸۳۷	گوجه‌فرنگی	
۱۱۱۴	۱۰۹۱	۴۸۰	۶۱۱	۲۳	۹۳۸۴۳	سایر سبزیجات	
۱۰۸۶	۱۰۸۵	۴۷۸	۶۰۸	۱	۷۵۸۹۹	خربزه	محصولات جالیزی
۱۱۳۰	۱۱۱۶	۴۹۱	۶۲۵	۱۴	۹۵۷۱۸	هندوانه	
۶۹۵	۶۷۱	۲۹۵	۳۷۶	۲۵	۸۱۵۶۲	خیار	
۳۴۴	۳۳۲	۱۴۶	۱۸۶	۱۲	۳۹۳۲۱	سایر محصولات جالیزی	
۱۰۲۳۰	۹۶۹۱	۴۲۶۴	۵۴۲۷	۵۳۹	۵۸۲۲۶۳	پوتیجه	تباتات
۴۲۲۵	۳۹۷۹	۱۷۵۱	۲۲۲۹	۲۴۶	۲۶۵۲۹۸	سایر تباتات علوفه‌ای	علوفه‌ای
۸۵۹	۷۷۷	۳۴۲	۴۳۵	۸۳	۸۲۸۲۷	سایر محصولات زراعی	
۶۷۶۸۲	۶۲۱۶۷	۲۷۳۵۴	۳۴۸۱۴	۵۵۱۴	۶۶۳۳۸۲۳	جمع	

منبع: سالنامه آماری کشاورزی و محاسبات انجام گرفته

• سهم آبرانه مربوط به مراحل مختلف تولید برای هر محصول یا فرآورده نهایی:

هر چند در بند پیشین آبرانه مربوط به یک محصول کشاورزی ارائه شد، اما باید توجه کرد که در تعیین آبرانه محصولات، باید به زنجیره تولید محصولات هم توجه کرد، بنابراین در ادامه مثال‌هایی برای تعیین آبرانه در وضعیت‌های مختلف (تولید چند محصول از یک محصول)، ارائه می‌شود. لازم به اشاره است که در خصوص کل محصولات، امکان جداکردن آبرانه مربوط به بخش‌های مختلف در مراحل مختلف تولید محصولات نهایی فراهم نیست و ارائه مثال‌های زیر برای روشن شدن مطلب است. پیش‌نیاز محاسباتی موردهای زیر، مشخص بودن آبرانه در هر مرحله از تولید است که بر اساس یافته‌های بالا برای تولیدات کشاورزی انجام گرفته است. به همین خاطر در مثال‌های عملی ارائه شده و پیوند منابع چهارگانه‌ی آب که در فصل پایانی به آن پرداخته شده است چون کلیه منابع آب خارجی، داخلی، تولید و مصرف در نظر گرفته شده است، بنابراین هیچ مرحله‌ای از مراحل تولید تا مصرف نادیده گرفته نمی‌شود. به این ترتیب میزان آب مصرف شده در مراحل تولید کلیه کالاهای کشاورزی و صنعتی محاسبه شده است.

○ تعیین آبرانه گندم؛ نمونه‌ای از تعیین آبرانه در شرایط تولید چند فرآورده (محصول خروجی) از یک محصول ورودی

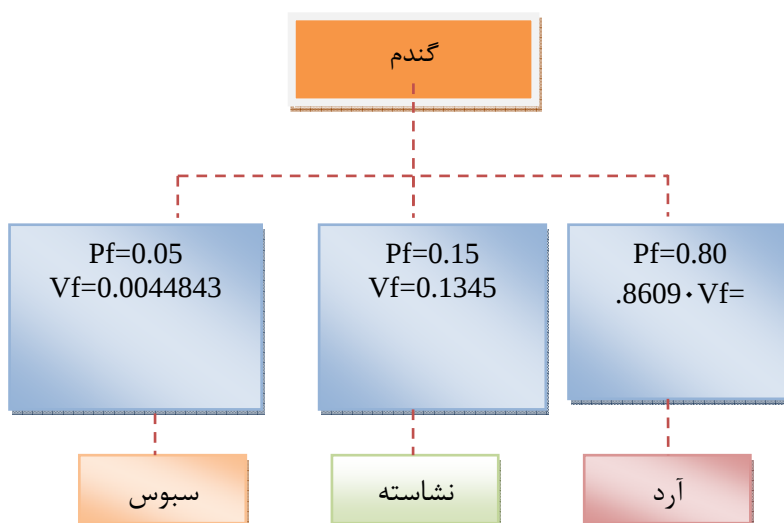
برای تعیین آبرانه فرآورده‌های حاصل از مواد اولیه (گندم) می‌توان به شکل (۳-۴) عمل کرد. فرآورده‌های حاصل از گندم شامل محصولات زیر است:

- سبوس

- نشاسته

- آرد

برای تعیین آبرانه گندم و فرآورده‌های آن به روش زیر عمل می‌شود:



شکل ۳-۴- تعیین آبرانه گندم و فرآورده‌های آن

Pf، نسبت تولید فرآورده‌های بالا به یکدیگر و vf نسبت قیمت هر کدام از این فرآورده‌ها به قیمت کل فرآورده‌هاست. فرض بر این است که میزان آب مورد استفاده برای تولید یک کیلوگرم گندم ۲۰۰۰ لیتر است و قیمت یک کیلوگرم گندم، سبوس و آرد به ترتیب ۳۰۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰۰ ریال است. نسبت تولید سبوس به کل محصولات ۰/۰۵، نسبت تولید نشاسته به کل محصولات ۰/۱۵ و نسبت تولید آرد به کل محصولات ۰/۸ است. نسبت تولیدی و نسبت ارزشی برای فرآورده‌های گندم به شکل زیر است. به این ترتیب چنانچه گندم صرفاً برای تهیه آرد مصرف شود دیگر نشاسته تولید نمی‌شود و چنانچه برای تولید نشاسته، استفاده شود دیگر تولید آرد نخواهد داشت. به عبارت دیگر در کارخانه نشاسته‌سازی محصولات سبوس، گلوتن و نشاسته تولید می‌شود و در کارخانه آرد، محصولات آرد و سبوس تولید می‌شود. در این مثال فرض شده است که بخشی از گندم برای تولید آرد و بخش دیگری از آن برای تولید نشاسته استفاده می‌شود.

وزن کل محصولات / وزن محصول (i) = نسبت تولیدی

((وزن محصول (i۲) × قیمت محصول (i۲) + (وزن محصول (i۱) × قیمت محصول (i۱)) / (وزن محصول (i۱) × قیمت

محصول (i۱) = نسبت ارزشی محصول (i۱)

$50(\text{gr}) / 1000(\text{gr}) = 0.05$ = نسبت تولیدی (سبوس)

$150(\text{gr}) / 1000(\text{gr}) = 0.15$ = نسبت تولیدی (نشاسته)

$800(\text{gr}) / 1000(\text{gr}) = 0.8$ = نسبت تولیدی (آرد)

$(50(\text{gr}) \times 500(\text{R})) / (800(\text{gr}) \times 6000(\text{R}) + 150(\text{gr}) \times 5000(\text{R}) + 50(\text{gr}) \times 500(\text{R})) = 0.0044843$ = نسبت

ارزشی (سبوس)

$(50(\text{gr}) \times 500(\text{R})) / (800(\text{gr}) \times 6000(\text{R}) + 150(\text{gr}) \times 5000(\text{R}) + 50(\text{gr}) \times 500(\text{R})) = 0.0044843$ = نسبت

ارزشی (سبوس)

$(150(\text{gr}) \times 5000(\text{R})) / (800(\text{gr}) \times 6000(\text{R}) + 150(\text{gr}) \times 5000(\text{R}) + 50(\text{gr}) \times 500(\text{R})) = 0.13452915$ = نسبت

ارزشی (نشاسته)

$(800(\text{gr}) \times 6000(\text{R})) / (800(\text{gr}) \times 6000(\text{R}) + 150(\text{gr}) \times 5000(\text{R}) + 50(\text{gr}) \times 500(\text{R})) = 0.86098655$ = نسبت

ارزشی (نشاسته)

حال می‌توان با در نظر گرفتن محاسبات بالا، میزان آبرانه را برای هر یک از محصولات محاسبه کرد.

[(آبرانه ماده ورودی / (lit/kg) نسبت تولیدی محصول (i)) * نسبت ارزشی محصول (i) = آبرانه محصول i]

$[(2 + (2000 / 0.05)) \times 0.0044843] = 179.380969$ (lit / kg) = آبرانه (سبوس)

$[(2 + (2000 / 0.15)) \times 0.13452915] = 193.99105$ (lit / kg) = آبرانه (نشاسته)

$[(2 + (2000 / 0.8)) \times 0.86098655] = 2154.18835$ (lit / kg) = آبرانه (آرد)

$(179.380 \times 0.05) + (193.991 \times 0.15) + (2154.188 \times 0.8) = 2001.42$ (lit / kg) = آبرانه گندم

همان‌طور که دیده می‌شود عدد بدست آمده برای آبرانه گندم با میزان اولیه آب مورد نیاز برای تهیه یک کیلو گندم بسیار به هم نزدیک است.

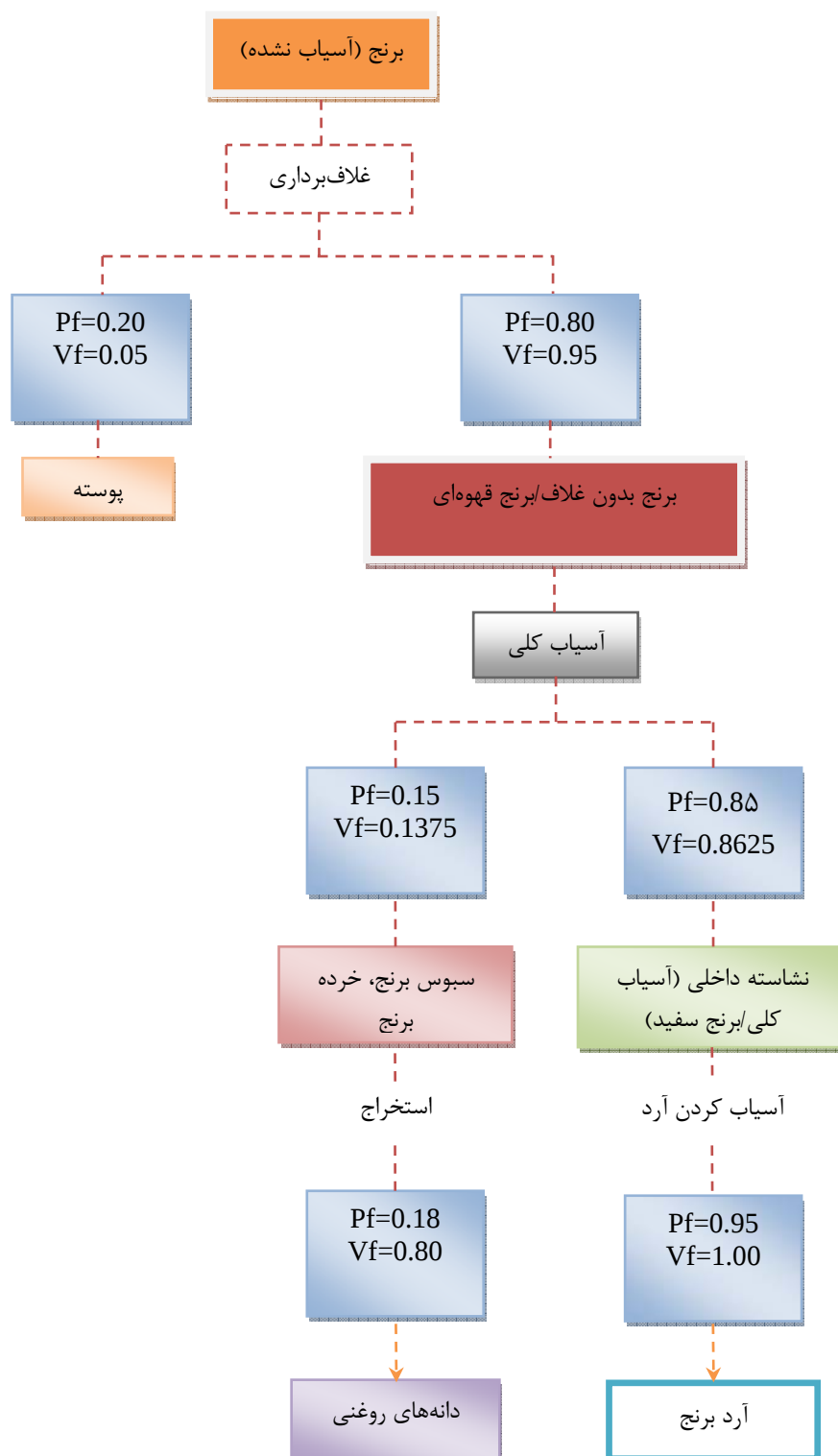
○ تعیین آبرانه برنج؛ نمونه‌ای از تعیین آبرانه در شرایط تولید چند فرآورده (محصول خروجی) از یک محصول ورودی

- آبرانه برنج

با استفاده از داده‌های محلی در آبیاری واقعی به تخمین آبرانه سبز، آبی و خاکستری برنج در سطح جهانی پرداخته شده است. آبرانه ملی برای تولید و مصرف برنج با استفاده از تجارت بین‌المللی و داده‌های تولید داخلی تخمین زده می‌شود. چهارچوب محاسبه تعیین کمیت آبرانه برنج براساس مطالعات (Chapagain and Hoekstra, 2008)، (Chapagain, 2006) و (Hoekstra et.al, 2009) انجام شده است. اکثر مطالعات انجام‌شده در محاسبه آبرانه محصولات تنها دو مولفه تبخیر را در نظر گرفته‌اند (به عنوان مثال آبرانه سبز و آبی). (Chapagain et.al, 2006) که در آن از شاخص میزان نیتروژن (ازت) برای تعیین حجم آب آلوده‌شده در مرحله آبیاری محصول برنج استفاده شده است، کمک گرفته شده است. بازیابی نیتروژن به ندرت بیش از ۳۰ تا ۴۰ درصد تالاب سامانه‌های تولید برنج پیش می‌آید (De, 1995) (Datta). در این سامانه‌ها، برنج به طور عمده در خاک رس رشد کرده و در چنین شرایطی میزان آب‌شویی نیتروژن محدود است.

- آبرانه برنج فرآوری‌شده

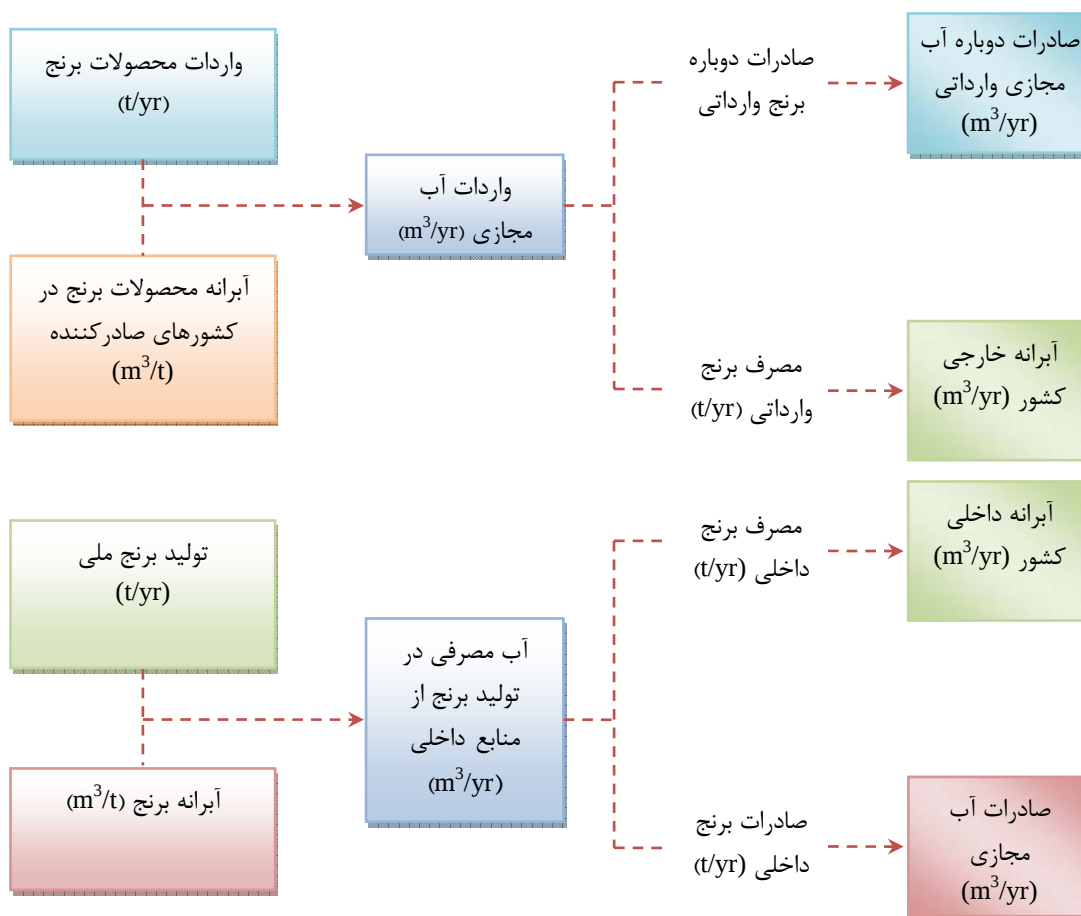
به طور متوسط، ارقام برنج از حدود ۲۰ درصد پوست برنج، ۱۱ درصد سبوس و ۶۹ درصد نشاسته داخلی (اندوسپرم) تشکیل شده است. اندوسپرم نیز به عنوان آرد برنج شناخته شده است که در کل شامل غلات سبوس دار و برنج سر و دانه شکسته است. آسیاب کردن برنج می‌تواند به صورت یک گام یک، دو یا چند گام انجام گیرد. حداکثر بازیابی برنج آسیاب شده (کل آرد برنج به دست آمده از برنج، به صورت درصد وزنی بیان شده است) بسته به انواع برنج ۶۹ تا ۷۰ درصد است. میانگین جهانی بازیابی برنج آسیاب شده تنها ۶۷ درصد است. آبرانه اولیه محصول برنج نسبت به محصولات فرآوری شده بر اساس نسبت تولید و نسبت ارزشی تعیین می‌شود. (Chapagain و Hoekstra, ۲۰۰۴؛ Hoekstra و همکاران، ۲۰۰۹). شکل (۳-۵)، شماتیک تولید برنج که مقادیر نسبت تولیدی و نسبت ارزشی در هر گام از فرآیند تولید برنج را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۵- شماتیک تولید برنج و مقادیر نسبت تولیدی و نسبت ارزشی در هر گام از فرآیند تولید برنج
(Pf = نسبت تولیدی و Vf = نسبت ارزشی)

- آبرانه مصرف برنج در یک کشور

آبرانه مصرف برنج در سطح ملی می‌تواند با تقسیم بر دو بخش داخلی و خارجی به دست آید. آبرانه داخلی مصرف برنج به مصرف و آلودگی منابع آب برای بخشی از تولید و مصرف داخلی بر می‌گردد. هرگونه مصرف از بخش برنج واردشده معادل آبرانه خارجی برای نقاطی که از آن برنج وارد می‌شود ایجاد می‌کند. شکل (۳-۶)، ارزیابی آبرانه داخلی و خارجی برنج را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۶- طرح محاسباتی برای ارزیابی آبرانه مصرف ملی محصول برنج

گروه‌بندی کلی محصولات زراعی و باغی برای مطالعات تجارت آب مجازی به شرح زیر است:

- محصولات سالانه
- گروه غلات (گندم، جو، برنج، ذرت دانه‌ای)
- گروه حبوبات (نخود، لوبیا و عدس)
- گروه محصولات زراعی صنعتی (پنبه، توتون، تنباکو، چغندر قند، نیشکر، سویا، کلزا)
- گروه محصولات جالیزی (خریزه، هندوانه و خیار)
- گروه سبزیجات (سیب‌زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی)

- گروه نباتات علوفه‌ای (یونجه و شبدر)
- محصولات دایمی (باغات) اساسی
- میوه‌های دانه‌دار (به، سیب و گلابی)
- میوه‌های هسته‌دار (آلبالو، آلو، آلو قطره طلا، زردآلو، شلیل، گوجه، گلابی و هلو)
- میوه‌های دانه‌ریز (انگور و توت درختی)
- میوه‌های خشک (بادام، پسته، گردو، سنجد و فندق)
- میوه‌های سردسیری (زرشک، ازگیل، زالزالک و سماق)
- میوه‌های نیمه‌گرمسیری (انار، انجیر، پرتقال، خرما، خرمالو، زیتون، گریپ فروت، لیموترش، لیموشیرین، نارنج و نارنگی)
- سایر میوه‌ها (زعفران، عناب، غیرمثمر، توت نوغان، ازگیل ژاپنی)

۳-۵-۲- تعیین آبرانه (سبز) محصولات عمده جنگلی و مرتعی

محصولات جنگلی و مرتعی دارای آبرانه سبز هستند.

گروه‌بندی کلی محصولات عمده جنگلی و مرتعی برای مطالعات آب مجازی به شرح زیر است:

- عرصه‌های جنگلی
- عرصه‌های مرتعی

به طور ساده برای هر هکتار جنگل، میزان مشخصی باران موثر برای رشد گیاهان جنگلی در نظر گرفته می‌شود و برای مراتع نیز به طور جداگانه برای مراتع متراکم، نیمه‌متراکم و کم تراکم میزان مشخصی آب سبز در نظر گرفته می‌شود. چون تاکنون محاسباتی برای باران موثر (آب سبز) اراضی جنگلی و مرتعی انجام نگرفته است بنابراین با در نظر گرفتن معادل آب سبز محصولات زراعی و باغی که شباهتهایی با محصولات جنگلی و مرتعی دارند می‌توان مقادیری را برای آب سبز این محصولات در نظر گرفت. البته باید توجه داشت که میزان آب سبز محاسباتی این عرصه‌ها از کل بارش بر سطح جنگل‌ها و مراتع کشور بیش‌تر نباشد. در جدول‌های ارائه‌شده در گزارش تکمیلی (لوح فشرده پیوست) محاسبات لازم در این رابطه ارائه شده است.

- برآورد آب سبز جنگل‌ها و مراتع بر حسب استان در سال ۱۳۸۴ (مترمکعب - میلیون مترمکعب)

جدول (۲-۳)، برآورد آب سبز جنگل‌ها و مراتع بر حسب استان در سال ۱۳۸۴ را نشان می‌دهد. از آنجا که برای هر استان، مقادیر مربوط به آب سبز هر هکتار عرصه‌های جنگلی و مرتعی متفاوت است بنابراین محاسبات انجام‌شده در جدول (۲-۳)، با رعایت این تفاوت‌ها انجام شده است. حدود ۸۸ میلیارد مترمکعب آب سبز مصرفی عرصه‌های جنگلی و مرتعی کشور است.

جدول ۳-۲- برآورد آب سبز جنگل‌ها و مراتع بر حسب استان در سال ۱۳۸۴ (مترمکعب- میلیون مترمکعب)

ردیف	استان	میزان آب سبز در هر هکتار (متر مکعب)	کل آب سبز در مناطق جنگلی (متر مکعب)	مرتع						جمع کل آب سبز جنگل‌ها و مراتع (متر مکعب)
				مرتع متراکم		مرتع نیمه متراکم		مرتع کم تراکم		
				میزان آب سبز در هر هکتار (متر مکعب)	میزان کل آب سبز (متر مکعب)	میزان آب سبز در هر هکتار (متر مکعب)	میزان کل آب سبز (متر مکعب)	میزان آب سبز در هر هکتار (متر مکعب)	میزان کل آب سبز (متر مکعب)	
۱	آذربایجان شرقی	۴۵۰۰	۳۱۶۶۷۸۰۵۰۰	۱۵۰۰	۱۰۵۵۵۹۳۵۰۰	۹۷۵	۱۳۲۵۷۱۴۳۵	۵۲۵	۲۱۵۲۵۲۶۲۵	۲۵۹۶۵۶۰۴۵۰
۲	آذربایجان غربی	۵۰۰۰	۵۰۵۷۵۰۰۰۰	۱۵۰۰	۸۳۰۶۸۸۰۰۰	۹۷۵	۱۰۳۶۷۹۱۶۰۰	۵۲۵	۱۰۳۶۷۹۱۶۰۰	۲۳۱۶۵۲۳۱۰۰
۳	اردبیل	۵۰۰۰	۳۱۵۷۶۵۰۰۰	۱۵۰۰	۶۴۱۸۵۹۰۰۰	۹۷۵	۴۴۶۲۰۰۹۵۰	۵۲۵	۹۶۳۳۲۲۵۰	۱۰۹۷۶۹۳۱۷۵
۴	اصفهان	۲۰۰۰	۸۲۳۶۹۴۰۰۰	۱۲۰۰	۳۳۶۰۸۴۰۰۰	۷۸۰	۳۱۵۱۱۰۶۴۰	۴۲۰	۳۳۷۰۷۳۰۷۴۰	۳۰۲۱۹۲۵۲۸۰
۵	ایلام	۲۰۰۰	۱۲۸۳۳۴۰۰۰	۱۲۰۰	۳۳۴۰۲۰۰۰	۷۸۰	۳۷۴۲۳۴۶۴۰	۴۲۰	۲۵۲۹۸۸۸۰۰	۶۶۱۶۲۵۳۴۰
۶	پوشهر	۲۰۰۰	۴۴۹۶۲۸۰۰۰	۱۲۰۰	۱۰۵۳۳۴۰۰	۷۸۰	۳۱۹۱۸۳۳۴۰	۴۲۰	۲۵۴۹۰۴۲۰۰	۶۸۴۶۱۸۸۴۰
۷	تهران	۳۰۰۰	۸۴۵۲۲۰۰۰	۱۳۰۰	۵۲۱۷۱۴۷۰۰	۸۴۵	۶۰۴۱۸۰۴۰۰	۴۵۵	۱۵۴۱۵۷۶۴۰	۱۰۸۰۰۵۲۷۴۰
۸	چهارمحال و بختیاری	۲۰۰۰	۶۷۳۸۷۶۰۰۰	۱۲۰۰	۲۱۸۷۷۸۰۰۰	۷۸۰	۳۰۴۸۴۱۹۴۰	۴۲۰	۱۴۰۷۰۵۴۶۰	۶۶۴۲۲۵۴۰۰
۹	خراسان جنوبی ^(۲)	۲۰۰۰	۲۰۱۰۵۳۰۰۰۰	۱۳۰۰	۳۵۵۸۸۹۰۰۰	۸۴۵	۱۸۱۴۲۵۳۸۷۰	۴۵۵	۱۸۶۸۵۸۹۰۰	۴۰۷۸۲۵۷۷۷۰
۱۰	خراسان رضوی ^(۳)	۲۵۰۰	۱۰۸۶۳۷۷۵۰۰	۱۳۰۰	۱۴۶۹۹۵۰۰۰	۸۴۵	۵۲۰۰۲۱۱۸۰	۴۵۵	۲۷۰۹۸۳۳۴۰	۱۰۴۷۴۰۴۰۲۰
۱۱	خراسان شمالی ^(۳)	۲۵۰۰	۴۲۲۳۱۰۵۰۰۰	۱۳۰۰	۸۰۳۹۲۰۰۰	۸۴۵	۵۳۴۲۳۰۹۷۰	۴۵۵	۲۵۷۰۶۰۵۳۱۰	۳۱۱۲۸۷۵۴۸۰
۱۲	خوزستان	۲۰۰۰	۲۰۴۰۱۲۰۰۰۰	۱۲۰۰	۶۸۵۲۸۷۶۰۰	۷۸۰	۱۰۵۵۴۱۴۸۸۰	۴۲۰	۲۳۴۴۷۹۲۴۰	۱۹۳۴۱۸۱۷۲۰
۱۳	زنجان	۲۰۰۰	۱۹۵۱۰۶۰۰۰	۱۲۰۰	۲۸۸۵۳۰۴۰۰	۷۸۰	۳۳۱۷۳۴۷۸۰	۴۲۰	۱۹۱۹۳۳۱۴۰	۸۱۸۲۱۸۳۲۰
۱۴	سمنان	۲۰۰۰	۹۳۷۴۹۶۰۰۰	۱۲۰۰	۲۵۲۹۶۸۴۰۰	۷۸۰	۴۵۶۷۲۵۴۰	۴۲۰	۱۲۳۳۷۷۶۸۰	۱۹۴۴۱۱۷۸۰
۱۵	سیستان و بلوچستان	۲۰۰۰	۲۴۴۰۳۰۴۰۰۰	۱۲۰۰	۲۶۰۵۱۵۲۰۰	۷۸۰	۷۰۸۳۴۰۶۲۰	۴۲۰	۳۹۹۹۷۷۵۰۸۰	۴۹۶۸۶۳۰۹۰۰
۱۶	فارس	۲۰۰۰	۴۴۵۹۰۷۶۰۰۰	۱۲۰۰	۶۹۲۴۷۲۰۰	۷۸۰	۱۳۵۳۵۱۵۳۸۰	۴۲۰	۲۳۲۱۳۴۲۱۰۰	۳۷۴۴۱۰۴۵۸۰
۱۷	قزوین	۲۰۰۰	۵۶۳۱۶۰۰۰۰	۱۲۰۰	۲۰۳۰۶۰۰۰۰	۷۸۰	۳۳۵۴۹۵۱۶۰	۴۲۰	۷۱۷۴۱۴۶۰	۷۱۰۲۹۶۶۲۰
۱۸	قم	۱۵۰۰	۱۹۹۱۲۵۰۰۰	۸۰۰	۱۹۹۸۴۰۰۰	۵۲۰	۱۸۱۱۱۶۰۰	۲۸۰	۱۹۱۹۳۳۴۸۰	۲۳۲۱۰۳۴۸۰
۱۹	کردستان	۲۰۰۰	۷۴۶۶۵۶۰۰۰	۱۲۰۰	۱۷۶۲۲۸۴۰۰	۷۸۰	۵۲۴۲۳۲۰۲۰	۴۲۰	۲۷۰۶۴۲۸۰	۷۲۷۲۶۱۵۸۰۰
۲۰	کرمان	۲۰۰۰	۱۳۴۵۷۰۶۰۰۰	۱۲۰۰	۶۹۶۹۰۰۰۰	۷۸۰	۷۲۰۴۴۲۳۲۰	۴۲۰	۲۹۲۳۵۵۲۰	۱۱۸۲۵۲۷۸۴۰
۲۱	کرمانشاه	۲۰۰۰	۱۰۵۷۰۱۴۰۰۰	۱۲۰۰	۱۹۷۲۲۲۴۰۰	۷۸۰	۳۷۱۴۰۹۴۸۰	۴۲۰	۲۳۰۱۲۶۴۰۰	۷۹۸۷۵۲۸۰
۲۲	گیلویه و بویراحمد	۲۰۰۰	۱۷۴۸۱۲۶۰۰۰	۱۲۰۰	۷۶۷۵۹۲۰۰	۷۸۰	۱۱۲۶۶۶۰۴۰	۴۲۰	۱۱۵۷۹۷۶۰	۴۰۲۹۸۵۰۰۰
۲۳	گلستان	۵۰۰۰	۲۱۳۳۲۸۰۰۰۰	۱۵۰۰	۵۷۱۹۷۵۵۰۰	۹۷۵	۳۹۱۸۳۹۸۲۵	۵۲۵	۴۱۸۰۱۰۲۵	۱۰۰۵۶۱۶۴۵۰
۲۴	گیلان	۵۰۰۰	۲۷۸۵۲۹۰۰۰۰	۱۵۰۰	۱۴۸۲۶۴۵۰۰	۹۷۵	۱۲۸۳۹۱۹۰۰	۵۲۵	۷۵۹۰۹۷۵۰	۲۸۴۴۴۷۷۷۵
۲۵	لرستان	۱۵۰۰	۱۸۳۹۶۵۱۰۰۰۰	۹۰۰	۱۳۲۱۷۱۳۰۰	۵۸۵	۳۹۲۳۴۲۶۵	۳۱۵	۲۰۲۹۸۲۸۵	۵۵۵۷۱۸۵۰
۲۶	مرکزی	۲۰۰۰	۲۶۶۶۶۰۰۰۰	۱۲۰۰	۵۵۸۹۶۸۰۰	۷۸۰	۸۹۴۸۵۴۸۰	۴۲۰	۷۰۰۴۸۰۲۰	۱۵۱۸۹۴۸۰۰
۲۷	مازندران	۵۰۰۰	۳۳۶۴۲۶۵۰۰۰	۱۵۰۰	۶۷۸۳۲۰۰۰	۹۷۵	۴۵۰۸۲۷۳۳۵	۵۲۵	۱۵۵۵۷۵۵۰	۱۲۸۱۷۵۱۸۷۵
۲۸	هرمزگان	۹۰۰	۹۶۶۳۱۳۸۰۰	۶۵۰	۴۶۲۸۰۰	۴۲۳	۸۹۱۰۸۲۰۸	۲۲۸	۸۸۳۰۹۲۲۱۰	۹۲۳۶۶۲۲۱۸
۲۹	همدان	۲۰۰۰	۹۶۶۶۰۰۰	۱۲۰۰	۳۸۸۲۰۶۰۰	۷۸۰	۲۲۱۵۰۲۰۶۰	۴۲۰	۲۴۴۷۹۷۰۰	۶۳۴۱۸۷۶۰
۳۰	یزد	۲۰۰۰	۳۶۷۸۴۶۰۰۰	۱۲۰۰	۱۰۹۹۴۷۶۰۰	۷۸۰	۸۷۸۹۰۰۱۰۰	۴۲۰	۲۲۲۵۸۲۷۳۸۰	۳۲۱۴۶۷۵۰۸۰
۳۱	کل کشور	-	۴۱۱۶۰۳۶۲۳۰۰	-	۹۱۶۸۸۰۶۰۰۰	-	۱۶۸۲۵۸۶۵۶۴۸	-	۲۱۱۹۶۵۶۲۲۰۵	۴۷۲۰۱۲۳۲۸۴۳

برگرفته از یافته‌های مطالعه

- سهم آبرانه چوب در مراحل مختلف تولید

فرض بر این است که میزان آب مورد استفاده برای تولید یک مترمکعب چوب برابر ۴/۵۲ مترمکعب، قیمت یک مترمکعب کاغذ برابر ۱۷۵۰۰ ریال و قیمت یک مترمکعب الوار برابر ۳۸۴۰۰۰ ریال است. نسبت تولید کاغذ به کل محصولات چوبی برابر ۰/۳۰ و نسبت تولید الوار به کل محصولات برابر ۰/۷۰ است. نسبت تولیدی و نسبت ارزشی برای فرآورده‌های چوب مطابق نگاره‌ی ۱۸ فرمول‌های زیر برای تمامی فرآورده‌های حاصل از مواد اولیه صادق است.

$$(70\text{gr}) / 100(\text{gr}) = 0.7 = \text{نسبت تولیدی (الوار)}$$

$$30(\text{gr}) / 100(\text{gr}) = 0.3 = \text{نسبت تولیدی (کاغذ)}$$

$$(70(\text{gr}) \times 384000(\text{R})) / (30(\text{gr}) \times 17500(\text{R}) + 70(\text{gr}) \times 384000(\text{R})) = 0.980843 = \text{نسبت ارزشی (الوار)}$$

$$(30(\text{gr}) \times 17500(\text{R})) / (30(\text{gr}) \times 17500(\text{R}) + 70(\text{gr}) \times 384000(\text{R})) = 0.019157$$

حال می‌توان با در نظرگیری محاسبات بالا، میزان آبرانه را برای هر یک از محصولات محاسبه کرد.

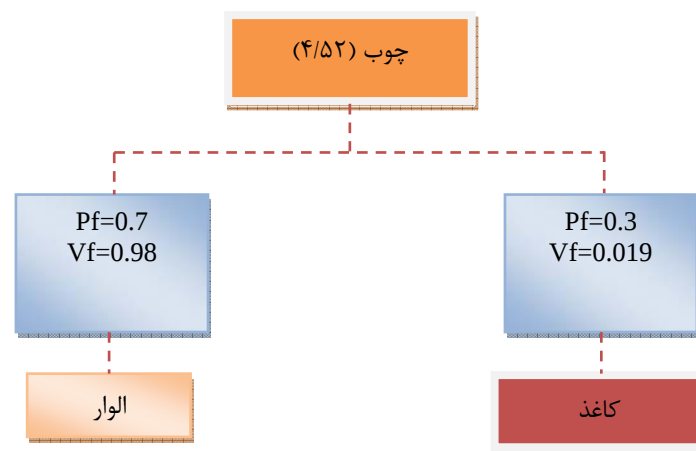
$$\text{آبرانه (الوار)} = [(4.52 / 0.7)] \times 0.980843 = 6.333443 (\text{m}^3)$$

$$\text{آبرانه (کاغذ)} = [(4.52 / 0.3)] \times 0.019157 = 0.288632 (\text{m}^3)$$

$$\text{آبرانه چوب} = 6.333443 \times 0.7 + 0.288632 \times 0.3 = 4.52 (\text{m}^3)$$

همان‌طور که در شکل (۷-۳) دیده می‌شود عدد بدست آمده برای آبرانه چوب با میزان اولیه آب مورد نیاز برای تهیه

یک مترمکعب چوب با هم برابر است.



شکل ۷-۳- تعیین آبرانه چوب

۳-۵-۳- تعیین آبرانه (سبز) محصولات دامی

گروه‌بندی کلی محصولات عمده دامی برای مطالعات آب مجازی به شرح زیر است:

- گوشت قرمز
- گوشت سفید (مرغ)
- شیر و مواد لبنی
- تخم‌مرغ

- تعیین آب مجازی محصولات دامی (محاسبه میزان آب مجازی از حیوانات زنده)

تاکنون یک ارزیابی کلی در خصوص تجارت جهانی در مورد حیوانات اهلی و محصولات آن‌ها توسط شاپاگاین و هاکستر [۴۲] صورت گرفته است. تبادل آب مجازی که با تجارت حیوانات اهلی و محصولات آن‌ها ارتباط دارد، از طریق

ضرب حجم‌های تجارت $(\frac{\text{ton}}{\text{yr}})$ در میزان آب مجازی $(\frac{\text{m}^3}{\text{ton}})$ به دست می‌آید. به طوری که میزان آب مجازی یک حیوان

زنده تعیین می‌شود و سپس در میان فرآورده‌های مختلف حیوان توزیع می‌شود. ابتدا انواع محصولات (n_p) که از انواع

(n_s) حیوان منشا می گیرد، شناسایی می شود. هر محصول غیر قابل تقسیم فقط و فقط از یک نوع ویژه حیوان به وجود می آید. به طور ساده، فرض می شود که فرآورده های دامی صادر شده از یک کشور معین، به طور کامل در داخل آن کشور تولید شده است.

شاپاگاین و هاگسترا [۴۲] با درخت های تولید کار می کنند که سطوح مختلف تولید را نشان می دهد. برای مثال محتویات آب مجازی در گوشت به محتویات آب مجازی در لاشه حیوان بستگی دارد، که آن نیز به نوبه خود به محتویات آب مجازی در حیوان زنده بستگی دارد. اگر علاوه بر لاشه، از پوست حیوان زنده برای چرم نیز استفاده شود، محتویات آب مجازی حیوان زنده بر لاشه و پوست نیز بر طبق نسبت ارزش اقتصادی تقسیم می شود. محتویات آب مجازی حیوان زنده به طور زیادی به محتویات آب مجازی مواد غذایی مصرف شده در دوره زندگی حیوان بستگی دارد. علاوه بر آن آب آشامیده شده در طول زندگی حیوان و نیازهای آبی دیگر مربوطه مانند آب مصرف شده برای شستشوی آخور نیز باید در نظر گرفته شود.

- سه جزو اصلی میزان آب مجازی از یک حیوان زنده

میزان آب مجازی از یک حیوان در پایان دوره زندگی اش شامل حجم آبی است که برای رشد و تکاملش از طریق مصرف مواد غذایی، آب نوشیدنی و آب مورد نیاز برای تمیزکردن محل سکونتش و موارد مشابه مورد نیاز است، محاسبه می شود. (رابطه ۳-۷) سه جزو اصلی برای میزان آب مجازی یک حیوان زنده وجود دارد:

$$VWC_a[e, a] = VW_{feed}[e, a] + VWC_{drink}[e, a] + VWC_{serv}[e, a] \quad (7-3)$$

که در آن:

$VWC_a[e, a]$: میزان آب مجازی حیوان (a) در کشور صادرکننده (e) (مترمکعب آب در واحد تن حیوان زنده)

VWC_{feed} : ظرفیت آب مجازی از خوراک به طور نسبی (مترمکعب آب در واحد تن از حیوان زنده)

VWC_{drink} : ظرفیت آب مجازی از نوشیدنی به طور نسبی (مترمکعب آب در واحد تن از حیوان زنده)

VWC_{serv} : ظرفیت آب مجازی از سرویس به طور نسبی (مترمکعب آب در واحد تن از حیوان زنده) است.

- میزان آب مجازی از مواد غذایی مصرف شده

میزان آب مجازی یک حیوان برای مواد غذایی مصرف شده شامل دو قسمت است: نخستین قسمت آب واقعی که برای آماده کردن خوراک دام لازم است و دومین قسمت، آب مجازی است که در اجزای مختلف خوراک مصرف شده است. میزان آب مجازی از خوراک یک حیوان در پایان دوره زندگی اش برابر رابطه (۳-۸) محاسبه می شود:

$$VWC_{feed}[e, a] = \frac{\int_{birth}^{slaughter} \{q_{mixing}[e, a] + \sum_{c=1}^{n_c} SWD[e, a] * C[e, a, c]\} dt}{W_a[e, a]} \quad (8-3)$$

در این رابطه:

$VWC_{feed}[e, a]$: میزان آب مجازی از خوراک یک حیوان در پایان دوره زندگی اش (مترمکعب آب در واحد تن

حیوان زنده)

$q_{mixing}[e, a]$: حجم آب مورد نیاز برای مخلوط کردن مواد غذایی حیوان a در کشور صادرکننده e (مترمکعب در روز)

$C[e, a, c]$: مقدار محصول کشاورزی (C) در کشور صادرکننده (e) (مترمکعب در واحد تن از محصول کشاورزی)

$W_a[e, a]$: میانگین وزن حیوان زنده (a) در کشور صادرکننده (e) (تن) است.

میانگین وزن حیوان زنده بر پایه رابطه (۳-۹) به دست می آید:

$$SWD[e, c] = \frac{CWR[e, c]}{cy[e, a]} \quad (۳-۹)$$

در این رابطه:

$CWR[e, c]$: نیاز آبی محصول از محصول کشاورزی در کشور e (مترمکعب در هکتار)

$cy[e, c]$: تمرکز محصول (تن در هکتار) است.

در محاسبه احتیاجات آبی محصولات کشاورزی، از مدل CROPWAT که توسط FAO توسعه یافته، استفاده می شود. اطلاعات آب و هوایی (اقلیم) مورد نیاز برای محاسبه احتیاجات آبی محصولات از بانک اطلاعاتی CLIMWAT از FAO گرفته شده است. پارامترهای دیگر محصولات کشاورزی به عنوان ساختاری (in-built) در مدل CROP WAT گرفته شده است. از معادله FAO spenmun – moteith برای محاسبه منبع تبخیری محصول کشاورزی ($ET_0, mm / day$) استفاده می شود. تبخیر مستقیم محصول کشاورزی ($ET_0, mm / day$) برای هر نوع محصول با استفاده از ضریب آن محصول (K_C) به عنوان ساختاری در مدل CROPWAT عمل می کند. از ET_c دوره کامل رشد برای به دست آوردن کل نیاز آبی محصول استفاده می شود. اطلاعات محصولات کشاورزی از FAO STAT گرفته می شود.

- میزان آب مجازی از آب نوشیدنی

میزان آب مجازی یک حیوان از نوشیدن برابر است با کل حجم آب نوشیدنی مورد استفاده حیوان در طول دوره رشد.

در کل دوره زندگی حیوان، میزان آب مجازی بر حسب حجمی از آب در هر تن از حیوان زنده محاسبه می شود. میزان آب مجازی از نوشیدنی از راه رابطه (۳-۱۰) محاسبه می شود:

$$VWC_{drink}[e, a] = \frac{\int_{birth}^{slaughter} q_d[e, a] dt}{W_a[e, a]} \quad (۳-۱۰)$$

در این رابطه:

$VWC_{drink}[e, a]$: میزان آب مجازی از نوشیدن یک حیوان تا پایان دوره زندگی اش (مترمکعب آب در واحد تن

حیوان زنده)

$q_d[e, a]$: نیاز آب نوشیدنی روزمره حیوان a در کشور صادرکننده e (مترمکعب در روز)

$W_a[e, a]$: وزن حیوان زنده در پایان دوره زندگی اش (تن) است.

- میزان آب مجازی برای نگهداری حیوان

میزان آب مجازی یک حیوان برای نگهداری حیوان مساوی با کل حجم آب استفاده شده برای تمیزکردن محوطه مزرعه، شستن حیوان و دیگر سرویس های لازم برای نگهداری محیط در طی دوره کامل زندگی حیوان است. میزان آب مجازی مذکور توسط رابطه (۱۱-۳) محاسبه می شود:

$$VWC_{serv}[e, a] = \frac{\int_{birth}^{slaughter} q_{serv}[e, a] dt}{W_a[e, a]} \quad (11-3)$$

$VWC_{serv}[e, a]$: میزان آب مجازی در کشور صادرکننده e (مترمکعب آب در تن حیوان زنده)

$W_a[e, a]$: وزن زنده حیوان (a) در کشور صادرکننده (e) (تن)

$q_{serv}[e, a]$: احتیاجات روزانه آب مورد نیاز جهت نگهداری حیوان a (مترمکعب بر روز) است.

- محاسبه میزان آب مجازی از محصولات حیوانات اهلی

• سطوح محصول

موضوع دیگر این است که مشخص شود چه میزان آب مجازی یک حیوان زنده از محصولات حیوانات اهلی (مانند گوشت، شیر، پنیر، کره و چرم و غیره) به دست می آید. مشکل موجود در این رابطه مشکل دوباره شماری است. برای مثال امکان محاسبه دوباره مقدار آب مجازی که یک بار برای تولید شیر محاسبه شده است، برای تولید گوشت یک دام وجود دارد. به همین خاطر در تحلیل به روش سیستماتیک، سطوحی از محصول در نظر گرفته می شود. پس محصولاتی که به طور مستقیم از یک حیوان زنده منشا گرفته است، محصولات حیوانات اهلی اولیه نامیده می شوند. برای مثال، گاوها، شیر، لاشه و پوست که با عنوان محصولات اولیه آن هاست تولید می کنند. بعضی از محصولات اولیه حیوانات اهلی به نسبت بیش تر تکامل می یابند که محصولات ثانویه نامیده می شوند. مانند پنیر و کره که از محصول اولیه شیر به دست می آیند یا سوسیس که از محصول اولیه گوشت به دست می آید.

• نخستین سطح تکامل (محصولات اولیه از حیوانات زنده)

میزان آب مجازی یک فرآورده شامل قسمتی از میزان آب مجازی حیوان زنده به اضافه آب مورد نیاز تکامل یافته می شود. نیاز آب در مراحل بعدی در هر تن از حیوان زنده با کمک رابطه (۱۲-۳) معلوم می شود:

$$PWR[e, a] = \frac{Q_{PROC}[e, a]}{W_A[e, a]} \quad (12-3)$$

در این رابطه:

$PWR[e, a]$: نیاز آبی در مرحله فراآوری برای هر تن حیوان زنده a از محصول تولیدی اولیه در کشور صادر کننده e (مترمکعب بر تن)

$Q_{PROC}[e, a]$: حجم آب در مرحله فراآوری برای حیوان زنده a در کشور صادر کننده e (مترمکعب)

$W_a[e, a]$: وزن زنده حیوان (a) در کشور صادر کننده (e) (تن) است.

حجم کل آب مجازی از حیوان زنده ($VWCa$) و نیاز آبی در مرحله فراآوری (PWR) باید به طور منطقی به هم مرتبط شوند. برای انجام این کار باید دو رابطه دیگر معرفی کرد: جزء تولید و جزء ارزشی جزء تولید از رابطه (۳-۱۳) به دست می‌آید:

$$Pf[e, p] = \frac{W_p[e, P]}{W_a[e, a]} \quad (۳-۱۳)$$

در این رابطه:

$Pf[e, p]$: بخش تولیدی محصول p در کشور صادر کننده e است که از هر تن حیوان زنده به دست می‌آید.

$W_p[e, p]$: وزن فرآورده اولیه (p) به دست آمده از یک حیوان زنده (a) در کشور صادر کننده (e) (تن)

$W_a[e, a]$: وزن زنده حیوان (a) در کشور صادر کننده (e) (تن) است.

به هر حال اگر یک محصول در طی دوره زندگی یک حیوان بدست آید، در این صورت $P_f[0, 1]$ به دست آمده از شیر و تخم مرغ‌ها، می‌تواند از یک بیش‌تر باشد. جزو ارزشی ($V_f[e, p]$)، از رابطه (۳-۱۴) به دست می‌آید:

$$V_f[e, p] = \left[\frac{v[p] * P_f[e, p]}{\sum (v[p] * P_f[e, p])} \right] \quad (۳-۱۴)$$

مخرج کسر فوق برابر مجموع کل تمام فرآورده‌های اولیه‌ای است که از اصل حیوان (a) منشا گرفته است. در این رابطه:

$V_f[e, p]$: نرخ از ارزش بازاری فرآورده حیوان است که بیانگر مجموع ارزش‌های بازاری کلیه فرآورده‌های حیوان

است (ریال برای هر تن)

$v[p]$: ارزش به‌بازاری فرآورده p (واحد پولی در تن) است. $P_f[e, p]$: جزء تولیدی محصول p در کشور صادر کننده e

است که از هر تن حیوان زنده بدست می‌آید. بنابراین، میزان آب مجازی (VWC) از محصول اولیه (P) و بر حسب $\left(\frac{m^3}{ton}\right)$ است که از رابطه (۳-۱۵) به دست می‌آید:

$$VWC_p[e, p] = (VWC_a[e, a] + PWR[e, a]) * \frac{V_f[e, p]}{P_f[e, p]} \quad (۳-۱۵)$$

در این رابطه:

$VWC_p[e, p]$: میزان آب مجازی از محصول اولیه (P) (مترمکعب بر تن)

• سطح ثانویه از تکامل (محصولات ثانویه از محصولات اولیه)

فرآورده‌های ناشی از فرآورده‌های اولیه نیز، به مقداری از آب نیازمندند. میزان آب مجازی یک محصول ثانویه شامل قسمتی از میزان آب مجازی محصول پایه اولیه و آب مصرف‌شده در مراحل بعدی است. در این حالت نیاز آب تکمیلی، $pwr[e,p]$ ، به عنوان حجمی از آب مورد نیاز برای تکمیل یک تن از محصول اولیه (p) در فرآیند تولید محصولات ثانویه تعیین می‌شود. سهم فرآورده $P_f[e,p]$ با عنوان نرخ از وزن محصول ثانویه (p) در هر تن از محصول اولیه در کشور صادرکننده (e) است. به طور مشابه مقدار ارزش $V_f[e,p]$ ، به عنوان نرخ از ارزش بازار از یک فرآورده ثانویه برای کل ارزش بازاری از همه فرآورده‌های بدست‌آمده از فرآورده اولیه است. بنابراین، میزان آب مجازی از فرآورده ثانویه (P) $(\frac{m^3}{ton})$ با استفاده از روابط مشابه محاسبات فرآورده اولیه به دست می‌آید. بدین ترتیب میزان آب مجازی فرآورده اولیه و احتیاجات آب تکمیلی در فرآیند تولید فرآورده ثانویه، مبنای محاسبات در نظر گرفته شده است. با روش مشابه، امکان محاسبه میزان آب مجازی برای محصولات ثالث نیز وجود دارد.

○ سهم آبرانه مربوط به مراحل مختلف تولید برای هر محصول یا فرآورده نهایی؛ مورد گوشت مرغ

فرض بر این است که میزان آب مورد استفاده برای تولید یک مرغ تخمگذار برابر ۸۰۰۰ مترمکعب است و قیمت یک مرغ زنده در ایران ۲۴۰۰۰ ریال، قیمت یک کیلوگرم گوشت مرغ ۱۱۰۰۰ ریال و قیمت یک تخم مرغ ۵۰۰ ریال است و نسبت تولید گوشت به کل محصولات ۰/۸، نسبت تولید تخم مرغ به کل محصولات ۰/۰۵ و نسبت تولید پر مرغ به کل محصولات ۰/۱۵ است. نسبت تولید و نسبت ارزشی برای فرآورده‌های مرغ تخمگذار به شکل زیر محاسبه می‌شود (فرمول‌های زیر برای تمامی فرآورده‌های به دست آمده از مواد اولیه صادق است).

وزن کل محصولات (۱۰۰) / وزن محصول (گوشت مرغ) = نسبت تولیدی

$$(80(gr) / 100(gr)) = 0.8 \text{ = نسبت تولیدی (گوشت مرغ)}$$

$$(5(gr) / 100(gr)) = 0.05 \text{ = نسبت تولیدی (تخم مرغ)}$$

$$(15(gr) / 100(gr)) = 0.15 \text{ = نسبت تولیدی (پر مرغ)}$$

$$(80(gr) \times 11000(R)) / ((80(gr) \times 11000(R)) + (5(gr) \times 450(R)) + (15(gr) \times 2000(R))) = 0.96 \text{ = نسبت ارزشی}$$

(گوشت مرغ)

$$(5(gr) \times 450(R)) / ((5(gr) \times 450(R)) + (80(gr) \times 11000(R)) + (15(gr) \times 2000(R))) = 0.002 \text{ = نسبت ارزشی}$$

(تخم مرغ)

$$(15(gr) \times 2000(R)) / ((15(gr) \times 2000(R)) + (5(gr) \times 450(R)) + (80(gr) \times 11000(R))) = 0.03 \text{ = نسبت ارزشی}$$

(پر مرغ)

حال می‌توان با در نظرگیری محاسبات بالا میزان آبرانه را برای هر یک از محصولات محاسبه کرد.

[آبرانه ماده ورودی (m^3) / نسبت تولیدی محصول (i)] $\times$ نسبت ارزشی محصول (i) = آبرانه محصول (i)

(m^3) $9600 = [(8000 / 0.8)] \times 0.96$ = برانه (گوشت مرغ)

(m^3) $320 = [(8000 / 0.05)] \times 0.002$ = آبرانه (تخم مرغ)

(m^3) $1600 = [(8000 / 0.15)] \times 0.03$ = آبرانه (پر مرغ)

○ برآورد مقدار مواد غذایی و کل آب مورد نیاز دام گاو گوشتی در کشور

جدول (۳-۳)، برآورد مقدار مواد غذایی و کل آب مورد نیاز دام گاو گوشتی در کشور و جدول (۴-۳)، برآورد مقدار مواد غذایی مورد نیاز دام و آب موجود در مواد غذایی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول (۳-۳) دیده می‌شود مقدار مواد غذایی برای هر واحد دامی بر حسب تن در سال به طور جداگانه برای گاو نر و ماده تعیین شده است و میانگین خوراک برای دو نوع دام نیز محاسبه شده است. میزان نیاز ویژه هر کدام از محصولات خوراکی برای هر تن محصول خوراکی از محاسبات مربوط به بخش زراعت استخراج شده است. نتیجه‌ی حاصل ضرب دو ستون مربوط به نیاز آبی هر گیاه و میانگین خوراک مصرفی دام‌ها، ستون آخر جدول برای ردیف‌های ۱ تا ۱۱ است که در ردیف ۱۲ عدد ۲۶۸۱ مترمکعب برای مجموع محصولات در سال به دست آمده است. در ردیف ۱۳، ضریبی با عنوان ضریب سن و بلوغ در نظر گرفته شده است که بر اساس منابع موجود در علوم دامی، برای دام گاو شیری برابر ۳ است. نتیجه حاصل ضرب ردیف‌های ۱۲ و ۱۳، عدد ۸۰۴۳/۲۵ مترمکعب در تن است که نشان‌دهنده‌ی کل آب مورد نیاز برای مواد غذایی یک واحد دام گاو شیری در یک سال است. ردیف‌های ۱۵ و ۱۶ جدول (۳-۳)، میزان آب مورد نیاز برای نوشیدن و سرویس بهداشتی را نشان می‌دهند. با تقسیم مقدار آب مورد نیاز برای خوراک، نوشیدن و سرویس بهداشتی بر عدد مربوط به میانگین وزنی دام (۵۸۰/تن)، آب مصرفی هر واحد دامی برابر ۱۳۹۳۴ مترمکعب برای هر تن به دست می‌آید. در ادامه با ضرب تعداد دام (۴۰۰۰۰۰ راس) در میانگین وزنی دام، معادل تعداد دام بر حسب تن به دست می‌آید که با ضرب عدد اخیر در آب مصرف هر واحد دامی (۱۳۹۳۴ مترمکعب در تن)، آب مصرف کل دام گاو شیری برای کشور در یک سال به دست آمده است.

جدول ۳-۳- برآورد مقدار مواد غذایی و کل آب مورد نیاز دام گاو گوشتی در کشور

ردیف	مقدار مواد غذایی هر واحد دامی (تن/سال)				نیاز آبی ویژه گیاه (مترمکعب/تن)	کل آب موجود در مواد غذایی هر واحد دامی (متر مکعب/سال)
	مواد غذایی	گاو نر	گاو ماده	میانگین غذای مصرفی		
۱	گندم	۰.۰۱۵	۰.۰۰۴	۰.۰۱۰	۲۶۳۱.۷۵۵	۲۶۳۱.۸
۲	جو دوسر	۰.۱۶۴	۰.۰۹۰	۰.۱۲۷	۲۵۱۴.۵۵۶	۳۱۹.۳۴۹
۳	جو	۰.۳۵۴	۰.۰۴۳	۰.۱۹۹	۲۵۱۴.۵۵۶	۵۰۰.۳۹۷
۴	دیگر غلات	۰.۰۰۹	۰.۰۰۳	۰.۰۰۶	۱۹۶۵.۱۵۹	۱۱.۷۹۱
۵	ذرت دانه ای	۰.۰۸۷	۰.۰۱۶	۰.۰۵۲	۱۹۵۸.۹۳۵	۱۰۱.۸۶۵
۶	نخود	۰.۰۰۹	۰.۰۰۴	۰.۰۰۷	۶۵۲۱.۴۰۶	۴۵.۶۵۰
۷	خوراک سویا	۰.۰۲۳	۰.۰۰۲	۰.۰۱۳	۶۹۹.۸۵۴	۹.۰۹۸
۸	خوراک کلزا	۰.۰۱۴	۰.۰۰۸	۰.۰۱۱	۶۶۷.۱۲۸	۷.۳۳۸
۹	علف	۱.۵۳۰	۰.۵۳۰	۱.۰۳۰	۷۷۱.۸۱۸	۷۸۷.۲۵۵
۱۰	یونجه خشک	۱.۰۳۰	۰.۵۳۰	۰.۷۸۰	۸۳۰.۰۱۲	۶۳۹.۶۱۰
۱۱	علف تازه	۰.۶۴۰	۰.۱۳۰	۰.۳۸۰	۶۱۰.۵۴۳	۲۳۲.۰۰۶
۱۲	جمع آب مورد نیاز جهت مواد غذایی دام (مترمکعب آب در واحد تن)					۲۶۸۱
۱۳	ضریب سن و بلوغ دام					۳.۰۰۰
۱۴	جمع آب مورد نیاز جهت مواد غذایی دام با احتساب ضریب سن و بلوغ دام (مترمکعب آب در واحد تن)					۸۰۴۲.۰۲۵
۱۵	آب مورد نیاز جهت سرویس دام (مترمکعب آب در واحد تن)					۷.۱۲۰
۱۶	آب مورد نیاز دام جهت نوشیدن (مترمکعب آب در واحد تن)					۳۲.۵۸۰
۱۷	میانگین وزنی دام (تن)					۰.۵۸۰
۱۸	آب مصرفی هر واحد دامی (مترمکعب در تن)					۱۳۹.۳۴۰
۱۹	تعداد واحد دامی					۴۳۰۰۰۰.۰۰۰
۲۰	معادل تعداد واحد دامی بر حسب تن					۲۴۹۴.۰۰
۲۱	آب مصرفی کل واحدهای دامی گاو گوشتی (۴۳۰۰۰۰ واحد دامی یا میانگین وزن ۵۸۰/تن) بر حسب متر مکعب					۳۴۷۵۱۴۱۷۵۰

اکنون در جدول (۳-۴) معلوم می‌شود که مقدار آب آبی و سبز برای تولیدات گاو شیری چه اندازه است. با ضرب مقدار میانگین مواد غذایی در تعداد دام، مصرف کل دام بر حسب کیلوگرم در ستون پنجم جدول (۳-۴) محاسبه شده است. با ضرب مقدار مصرف کل دام از هر محصول در ضریب سن و بلوغ (ردیف ۱۳ جدول (۳-۳)) و نیاز آبی هر گیاه (ستون ششم جدول (۳-۳))، مقدار کل آب آبی هر گیاه به دست می‌آید. با در اختیار داشتن عملکرد در هکتار هر محصول می‌توان به آسانی معادل کل سطح زیرکشت را محاسبه کرد. میزان آب سبز مصرفی برای هر هکتار نیز در بخش زراعت معلوم شد. در ستون آخر نیز کل آب سبز مصرفی برای سطح زیرکشت محاسبه شده در ستون ۸، معادل ۱۰۴۳۴۵۴۵۷ مترمکعب به دست آمده است.

جدول ۳-۴- برآورد مقدار مواد غذایی مورد نیاز دام و آب موجود در مواد خوراکی

ردیف	شرح (مواد خوراکی مصرفی)	مقدار مواد خوراکی مصرفی (کیلوگرم/سال)	تعداد واحد دام	مصرف کل دام (کیلوگرم)	کل آب آبی	عملکرد در هکتار (کیلوگرم)	معادل کل سطح زیرکشت (هکتار)	میزان آب مصرفی هر هکتار (آب سبز)	کل آب سبز
۱	گندم	۱۰۰	۴۳۰۰۰۰	۴۳۰۰۰۰۰	۳۳۹۴۶۲۸	۳۷۴۵۰۳۰	۱۱۴۸	۱۲۳۷۲۲۰	۱۴۲۰۶۷۶
۲	جو دوسر	۱۳۷۰		۵۴۶۱۰۰۰۰	۴۱۱۹۵۹۶۹۷	۳۱۵۸۴۱۰	۱۷۳۹۰	۱۱۱۳۸۱۰	۱۹۳۵۸۱۶۰
۳	جو	۱۹۹۰		۸۵۵۷۰۰۰۰	۶۴۵۵۱۱۶۵۱	۳۱۵۸۴۱۰	۲۷۰۹۳	۱۱۸۱۱۸۳	۳۲۰۰۱۴۸۶
۴	دیگر غلات	۶۰		۲۵۸۰۰۰۰	۱۵۲۱۰۳۳۰	۴۴۶۸۳۴۰	۵۷۷	۱۱۸۱۱۸۳	۶۸۲۰۱۰
۵	ذرت دانه ای	۵۲۰		۲۲۳۶۰۰۰۰	۱۳۱۴۰۵۳۶۱	۷۴۳۳۴۲۰	۳۰۱۲	۷۲۵۸۳۳	۲۱۸۶۲۷۴
۶	نخود	۷۰		۳۰۱۰۰۰۰	۵۸۸۸۲۸۹	۱۱۷۵۸۳۰	۲۵۶۰	۶۳۸۰۰۰	۱۶۰۷۶۲۷
۷	خوراک سویا	۱۳۰		۵۵۹۰۰۰۰	۱۱۷۳۵۵۴	۲۴۴۹۴۹۰	۲۲۸۲	۸۴۰۰۰	۱۹۱۶۹۷
۸	خوراک کلزا	۱۱۰		۴۷۳۰۰۰۰	۹۴۶۵۴۹	۲۰۲۵۷۴۰	۲۳۳۵	۸۵۰۰۰	۱۹۸۴۷۱
۹	علف	۱۰۲۰۰		۴۳۸۶۰۰۰۰	۱۰۱۵۵۵۸۲۹۱	۸۶۸۰۸۰۰	۵۰۵۲۵	۹۲۶۲۵۰	۴۶۷۹۰۵۷
۱۰	پونجه خشک	۷۸۰۰		۳۳۴۰۰۰۰۰	۸۲۵۰۹۶۳۷۰	۸۶۸۰۸۰۰	۲۸۶۳۷	۹۲۶۲۵۰	۳۵۷۸۷۵۱۴
۱۱	علف تازه	۳۸۰۰		۱۶۳۴۰۰۰۰	۲۹۹۲۸۸۰۳۰	۸۶۸۰۸۰۰	۱۸۸۲۳	۹۲۶۲۵۰	۱۷۴۳۹۴۳
۱۲	جمع				۳۴۵۸۰۷۰۷۵۰	-	-	-	۱۰۴۴۴۵۴۵۷

۳-۵-۴- تعیین آبرانه (سبز) محصولات آبزیان

گروه بندی کلی محصولات عمده دامی برای مطالعات آب مجازی به شرح زیر است:

- آبزیان در مراکز پرورشی گرم آبی، آبزیان سردآبی و میگوی آب شیرین

- آبزیان در مراکز پرورشی سردآبی

- آبزیان در مراکز پرورشی میگوی آب شیرین

برای تولید هر کیلوگرم از ماهیان گرم آبی و سردآبی و میگوی آب شیرین، میزان مشخصی آب به صورت تبخیر یا آلوده شدن از دست می رود. به این ترتیب با در اختیار داشتن آمار مربوط به میزان تولید ماهی و با لحاظ کردن میزان آب تبخیر شده و آلوده شده به ازای هر کیلوگرم محصول تولید شده، می توان مقدار آب مصرف شده را به آسانی محاسبه کرد. میزان تبخیر به ازای هر کیلوگرم تولید ماهی گرم آبی و میگوی آب شیرین به ترتیب برابر ۱ مترمکعب و ۰/۵ مترمکعب است. برای ماهیان سردآبی تبخیر در نظر گرفته نمی شود. میزان پساب به ازای هر کیلوگرم تولید ماهیان گرم آبی، سردآبی و میگوی آب شیرین به ترتیب ۰/۷، ۰/۱ و ۰/۵ در نظر گرفته شده است. البته کاربران این دستورالعمل می توانند ضریب های یاد شده را با توجه به منابع علمی یا مطالعات میدانی تغییر داده و مناسبترین ضریب را انتخاب کنند. در نرم افزار ارائه شده در لوح فشرده پیوست، منوی جداگانه ای برای منظور کردن ضریب های یاد شده در نظر گرفته شده است.

- میزان آب مصرفی مزارع پرورش ماهیان گرم آبی کشور به تفکیک استان در سال ۸۵

برای محاسبه آب مجازی مراکز پرورشی گرم آبی، به این صورت عمل می شود که درصدی از آب آبی را به عنوان آب تبخیر شده (آب آبی) و درصدی از آن را به عنوان آب آلوده شده (آب خاکستری) در نظر گرفته و به این ترتیب میزان آبرانه

آبی برای این محصول به دست می‌آید. جدول (۳-۵)، میزان آب مصرفی مزارع پرورش ماهیان گرم آبی کشور به تفکیک استان در سال ۸۵ را بر حسب مترمکعب نشان می‌دهد. دیده می‌شود که میزان آبرانه آبی برابر ۵۴۲۲۴۸۰۰ مترمکعب و میزان آبرانه خاکستری برابر ۹۳۹۵۶۸۰۰ مترمکعب برای تولید سالیانه ۷۷۴۶۴ تن ماهی گرم آبی در کشور است.

جدول ۳-۵- میزان آب مصرفی مزارع پرورش ماهیان گرم آبی کشور به تفکیک استان در سال ۸۵ (تن- مترمکعب)

ردیف	استان	میزان تولید ماهی گرم آبی (تن)	میزان آب مصرفی (۱/۲ مترمکعب به ازای هر کیلوگرم) (مترمکعب)		
			۵/۰ مترمکعب پس‌آب (نفوذ به زمین به ازای هر کیلوگرم)	۷/۰ مترمکعب به ازای هر کیلوگرم مربوط به تبخیر از سطح حوضچه‌ها	جمع
۱	آذربایجان شرقی	۱۲۲	۶۱۰۰۰	۸۵۴۰۰	۱۴۶۴۰۰
۲	آذربایجان غربی	۶۲۱	۳۱۰۵۰۰	۴۳۴۷۰۰	۷۴۵۲۰۰
۳	اردبیل	۲۶۸	۱۳۴۰۰۰	۱۸۷۶۰۰	۳۲۱۶۰۰
۴	اصفهان	۵۴۸	۳۷۴۰۰۰	۳۸۳۶۰۰	۶۵۷۶۰۰
۵	ایلام	۲۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱۴۰۰۰۰	۲۴۰۰۰۰
۶	بوشهر	۰	۰	۰	۰
۷	تهران	۱۶۰	۸۰۰۰۰	۱۱۲۰۰۰	۱۹۲۰۰۰
۸	چهارمحال و بختیاری	۱	۵۰۰	۷۰۰	۱۲۰۰
۹	خراسان رضوی	۳۱۸	۱۵۹۰۰۰	۲۲۲۶۰۰	۳۸۱۶۰۰
۱۰	خراسان شمالی	۳۰	۱۵۰۰۰	۲۱۰۰۰	۳۶۰۰۰
۱۱	خراسان جنوبی	۱۱۱	۵۵۵۰۰	۷۷۰۰۰	۱۳۲۲۰۰
۱۲	خوزستان	۲۰۲۵۹	۱۰۱۲۹۵۰۰	۱۴۱۸۱۳۰۰	۲۴۳۱۰۸۰۰
۱۳	زنجان	۶۵	۳۲۵۰۰	۴۵۵۰۰	۷۸۰۰۰
۱۴	سمنان	۵۴	۲۷۰۰۰	۳۷۸۰۰	۶۴۸۰۰
۱۵	سیستان و بلوچستان	۲۸۶	۱۹۳۰۰۰	۲۷۰۲۰۰	۴۶۳۲۰۰
۱۶	فارس	۲۸۷	۱۴۳۵۰۰	۲۰۰۹۰۰	۳۴۴۴۰۰
۱۷	قزوین	۴۸	۲۴۰۰۰	۳۳۶۰۰	۵۷۶۰۰
۱۸	قم	۱۳۸	۶۹۰۰۰	۹۶۶۰۰	۱۶۵۶۰۰
۱۹	کردستان	۲۵	۱۲۵۰۰	۱۷۵۰۰	۳۰۰۰۰
۲۰	کرمان	۹۱	۴۵۵۰۰	۶۳۷۰۰	۱۰۹۲۰۰
۲۱	چیرفت و کهنوج	۳۱۰	۱۵۵۰۰۰	۲۱۷۰۰۰	۳۷۲۰۰۰
۲۲	کرمانشاه	۱۰۰۱	۵۰۰۵۰۰	۷۰۰۷۰۰	۱۲۰۱۲۰۰
۲۳	کهگیلویه و بویراحمد	۰	۰	۰	۰
۲۴	گلستان	۸۱۰۶	۴۰۵۳۰۰۰	۵۶۷۴۲۰۰	۹۷۳۷۲۰۰
۲۵	گیلان	۱۹۹۹۷	۹۹۹۸۵۰۰	۱۳۹۹۱۷۰۰	۲۳۹۹۶۴۰۰
۲۶	لرستان	۷۷۳	۳۸۶۵۰۰	۵۴۱۱۰۰	۹۲۷۶۰۰
۲۷	مازندران	۲۳۹۵۹	۱۱۴۷۹۵۰۰	۱۶۰۷۱۳۰۰	۲۷۵۵۰۸۰۰
۲۸	مرکزی	۸۹	۴۴۵۰۰	۶۲۳۰۰	۱۰۶۸۰۰
۲۹	هرمزگان	۰	۰	۰	۰
۳۰	همدان	۲۷۱	۱۳۵۵۰۰	۱۸۹۷۰۰	۲۲۵۲۰۰
۳۱	یزد	۲۳۶	۱۱۳۰۰۰	۱۵۸۲۰۰	۲۷۱۲۰۰
۳۲	جمع	۷۷۴۶۴	۳۸۷۳۲۰۰۰	۵۴۲۲۴۸۰۰	۹۳۹۵۶۸۰۰

پیرگرفته از: شرکت سهامی تبلیات ایران

۳-۶- تعیین محتویات آب مجازی (آبی-خاکستری) کالاهای صنعتی

آب مجازی کالاهای صنعتی تولیدی داخل کشور که یا برای مصرف در کشور و یا برای صادرات به کار می‌رود شامل منابع آب آبی و خاکستری می‌شود. پیش از تعیین محتویات منابع آب مجازی کالاهای صنعتی، لازم به اشاره است که گروه‌بندی کالاهای صنعتی به شرح زیر است:

- گروه صنایع مواد مواد غذایی و آشامیدنی
- گروه منسوجات
- گروه تولید پوشاک و کفش
- گروه تولید چوب، محصولات چوبی و کاغذی
- گروه محصولات پتروشیمی
- گروه تولید محصولات کانی غیرفلزی
- گروه تولید فلزات اساسی
- گروه تولید ماشین‌آلات
- گروه صنایع الکترونیک

در جدول (۳-۶)، نمونه‌ای از جزییات محاسباتی مقدار آب مصرفی واحدهای صنعتی کشور برای هر واحد کالا در بخش صنایع غذایی ارائه شده است. رقم مربوط به میزان واحد آب مصرفی از یافته‌های آمارگیری بالا استفاده شده است. سپس با توجه به اطلاعات مربوط به نوع کالاهای تولیدی و میزان تولید هر کالا، آب مصرفی برای هر واحد کالای صنعتی محاسبه شده است. محاسبات مشابهی برای کل واحدهای صنعتی کشور در گزارش‌های لوح فشرده‌ی پیوست محاسبه و ارائه شده است و میزان آب مصرفی برای هر واحد کالا محاسبه شده که به سبب حجم بالای صفحات گزارش صرفاً در لوح فشرده ارائه شده است.

- نمونه‌ای از جداول محاسباتی مقدار آب مصرفی واحدهای صنعتی کشور- صنایع غذایی

جدول (۳-۶)، نمونه‌ای از جداول محاسباتی مقدار آب مصرفی واحدهای صنعتی کشور- صنایع غذایی را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود با توجه به کل ظرفیت واحدهای تولیدی (بر حسب تن) و آب مصرفی هر واحد صنعتی (مترمکعب)، آب مصرفی برای تولید هر واحد کالا، به دست آمده است. با ضرب رقم اخیر در ظرفیت هر واحد، میزان کل آب مصرفی واحد صنعتی برای هر استان به دست آمده است.

جدول ۳-۶- نمونه‌ای از جداول محاسباتی مقدار آب مصرفی واحدهای صنعتی کشور- صنایع غذایی (مترمکعب)

تعداد	واحدسنجش	ظرفیت	استان تولید کننده	صنعت	ظرفیت هر واحد	آب مصرفی هر واحد صنعتی	آب مصرفی برای تولید هر واحد از کالا	کل آب مصرفی صنعتی
۱	تن	۵۰۰	ایلام	کشتارگاه انواع دامها	۵۰۰	۲۰۷۷۹	۴۲	۲۰۷۷۹
۱	تن	۱۷۴	تهران		۱۷۴	۲۰۷۷۹	۱۱۹	۲۰۷۷۹
۱	تن	۲۱۶۰۰	چهارمحال		۲۱۶۰۰	۲۰۷۷۹	۱	۲۰۷۷۹
۳	تن	۲۲۲۷۴						
۱	راس	۳۰۰۰۰	سیستان					
۲	راس	۳۱۶۵۰	فارس		۱۵۸۲۵	۲۰۷۷۹	۱	۴۱۵۵۸
۲	راس	۵۴۰۰۰۰	گیلان		۳۷۰۰۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۴۱۵۵۸
۱	راس	۱۹۹۵۰۰	همدان		۱۹۹۵۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۲۰۷۷۹
۶	راس	۸۰۱۱۵۰						
۱	عدد	۷۶۸۰۰	تهران		۷۶۸۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۲۰۷۷۹
۱	عدد	۳۰۶۶۰۰۰۰	قزوین		۳۰۶۶۰۰۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۲۰۷۷۹
۲	عدد	۳۰۷۳۶۸۰۰						
۱	قطعه	۲۳۱۰۰۰	ایلام		۲۳۱۰۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۲۰۷۷۹
۱		۲۳۱۰۰۰						
۱	تن	۲۵۰۰۰	مازندران	کشتارگاه از نوع گاوی	۲۵۰۰۰	۲۰۷۷۹	۱	۲۰۷۷۹
۱	تن	۲۵۰۰۰						
۱	دست	۱۱۹۰۰	تهران		۱۱۹۰۰	۲۰۷۷۹	۲	۲۰۷۷۹
۱	دست	۱۱۹۰۰						
۱	راس	۳۰۰۰۰	اردبیل		۳۰۰۰۰	۲۰۷۷۹	۱	۲۰۷۷۹
۲	راس	۲۳۴۰۰۰	تهران		۱۱۷۰۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۴۱۵۵۸
۱	راس	۶۴۰۰۰	خراسان		۶۴۰۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۲۰۷۷۹
۱	راس	۲۸۰۰۰	سیستان		۲۸۰۰۰	۲۰۷۷۹	۱	۲۰۷۷۹
۱	راس	۲۷۰۰۰	کهگیلویه		۲۷۰۰۰	۲۰۷۷۹	۱	۲۰۷۷۹
۱	راس	۴۰۰۰۰	یزد		۴۰۰۰۰	۲۰۷۷۹	۱	۲۰۷۷۹
۷	راس	۴۲۳۰۰۰						
۱	عدد	۸۸۳۰۰۰	قزوین		۸۸۳۰۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۲۰۷۷۹
۱	عدد	۸۸۳۰۰۰						
۱	تن	۷۵۰۰۰	مازندران	کشتارگاه از نوع گوسفندی	۷۵۰۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۲۰۷۷۹
۱	تن	۷۵۰۰۰						
۱	دست	۱۱۹۰۰۰	تهران		۱۱۹۰۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۲۰۷۷۹
۱	دست	۱۱۹۰۰۰						
۱	راس	۵۰۰۰۰	اردبیل		۵۰۰۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۲۰۷۷۹
۲	راس	۱۴۳۳۰۰۰	تهران		۷۱۶۵۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۴۱۵۵۸
۱	راس	۱۰۰۰۰۰۰	خراسان		۱۰۰۰۰۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۲۰۷۷۹
۱	راس	۱۴۰۰۰۰	سیستان		۱۴۰۰۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۲۰۷۷۹
۱	راس	۴۳۰۰۰۰	کهگیلویه		۴۳۰۰۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۲۰۷۷۹
۱	راس	۵۰۰۰۰۰	یزد		۵۰۰۰۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۲۰۷۷۹
۷	راس	۳۵۵۳۰۰۰						
۱	عدد	۷۲۲۰۰۰	قزوین		۷۲۲۰۰۰	۲۰۷۷۹	۰	۲۰۷۷۹
۱	عدد	۷۲۲۰۰۰						

۳-۷- تعیین میزان آب مصرفی شهری و روستایی (شرب، شستشو، فضای سبز و خدمات)

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد بخش شهری و روستایی به واقع در پایان چرخه آب در شکل (۲-۲) قرار گرفته است. در بخش شهری و روستایی به واقع کالاهای خوراکی و صنعتی مصرف می‌شود. منابع آب شهری و روستایی نیز که به طور مستقیم از آب سطحی یا زیرزمینی استحصال می‌شود برای شرب، شستشو، فضای سبز و خدمات مصرف می‌شود. همان‌طور که در شکل (۲-۲) نشان داده شده است بخشی از آب مصرفی که آلوده می‌شود به عنوان آب خاکستری (پساب شهری یا روستایی) در چرخه آب در نظر گرفته می‌شود. به این ترتیب میزان آب شهری و روستایی همان آب استحصالی است که از آب آبی برداشت می‌شود و میزان پساب هم درصدی از آب شهری و روستایی است که آلوده شده است.

کالاهای خوراکی برای تامین انرژی روزانه یا رشد جمعیت انسانی مصرف می‌شوند. بخشی از تولیدات خوراکی نیز در مرحله مصرف از بین می‌روند که به آن ضایعات در مرحله مصرف گفته می‌شود که در عمل منابع آب مصرف‌شده برای آن هدررفته است. اما جزو محاسبات مربوط به خروجی بخش کشاورزی و ورودی به بخش مصرف در نظر گرفته شده است.

- خلاصه وضعیت آب شرب کشور در سال ۱۳۸۵

جدول (۷-۳)، خلاصه وضعیت آب شرب کشور در سال ۱۳۸۵ را نشان می‌دهند. خالص آب مصرفی حدود ۱۵ درصد است و میزان پساب نیز برابر ۸۵ درصد (۵۵۹۱ میلیون مترمکعب) است.

جدول ۷-۳- خلاصه وضعیت آب شرب کشور در سال ۱۳۸۵ (میلیون مترمکعب)

ردیف	شهری			روستایی		جمع	
	میزان تولید آب	خالص آب مصرفی (۱۵ درصد کل حجم آب تولیدی)	میزان پساب (فاضلاب) تولیدی	خالص آب مصرفی (۱۵ درصد کل حجم آب تولیدی)	میزان پساب (فاضلاب) تولیدی	خالص آب مصرفی (۱۵ درصد کل حجم آب تولیدی)	میزان پساب (فاضلاب) تولیدی
۱	۵۳۱۹۳۵۶۰۸۹	۷۹۷۸۸۸۴۱۳	۴۵۲۱۳۶۷۶۷۶	۱۸۸۹۱۹۳۳۴	۱۰۷۰۵۴۲۸۹۳	۶۵۷۸۷۱۸۳۱۶	۹۸۶۸۰۷۷۴۷
							۵۵۹۱۹۱۰۵۶۹

برگرفته: یافته‌های مطالعه

۳-۸- تعیین میزان آب مجازی کالاهای صادراتی و وارداتی

برای محاسبه‌ی آب مجازی کالاهای صادراتی و وارداتی نیاز به اطلاعاتی از میزان کالاهای صادراتی و میزان آب برای هر واحد (تن) این کالاهاست. در زیر نمونه‌ای از محاسبات برای آب مورد نیاز این کالاها ارائه شده است.

- میزان آب مجازی کالاهای صادراتی کشاورزی

جدول (۸-۳)، میزان آب مجازی کالاهای صادراتی کشاورزی در سال ۱۳۸۵ را نشان می‌دهد که در مجموع آبرانه این محصولات برابر ۲۲۴۹ میلیون مترمکعب است.

جدول ۳-۸- میزان آب مجازی کالاهای صادراتی کشاورزی در سال ۱۳۸۵ (میلیون مترمکعب)

ردیف	صادرات	مقدار صادرات (تن)	عملکرد در هکتار (کیلوگرم)	آب سبز			آب آبی			آبراهه	
				میزان آب سبز هر هکتار (متر مکعب)	میزان آب سبز هر کیلوگرم (متر مکعب)	آب سبز کل کالاهای زراعی- باغی صادراتی (میلیون مترمکعب)	میزان آب آبی هر هکتار (متر مکعب)	میزان آب آبی هر کیلوگرم (متر مکعب)	آب آبی کل کالاهای زراعی- باغی صادراتی (میلیون مترمکعب)	میزان آبراهه هر هکتار (متر مکعب)	میزان آبراهه هر کیلوگرم (متر مکعب)
۱	پسته	۱۴۱۵۶۶	۶۷۹.۷	۳۰۰	۰.۳	۴۲	۸۶	۵۸۶۴	۱۳۲۱	۶۰۶۴	۸.۹
۲	انگور	۱۴۸۹۳۹	۱۳۳۱۴.۹	۱۵۰	۰.۰	۲	۱.۱	۱۳۹۵۵	۱۵۷	۱۳۱۰۴	۱.۱
۳	خرما	۱۰۷۴۰۸	۵۴۵۹.۴	۸۴۸	۰.۲	۱۷	۳.۲	۱۷۷۲۷	۳۴۹	۱۸۵۷۵	۳.۴
۴	سیب	۱۱۷۹۶۷	۱۶۳۷۹.۶	۱۳۱	۰.۰	۱	۰.۹	۱۴۴۵۵	۱۰۴	۱۴۵۸۶	۰.۹
۵	هندوانه	۱۵۸۰۰۰	۲۸۴۰۹.۱	۱۴۶	۰.۰	۱	۰.۴	۱۱۶۵۵	۶۵	۱۱۸۰۱	۰.۴
۶	انجیر	۹۰۰۰	۸۰۳۰.۹	۵۳۸	۰.۱	۱	۱.۱	۸۸۶۴	۱۰	۹۴۰۲	۱.۲
۷	انار	۲۹۲۷۸	۱۲۵۸۶.۴	۵۳۸	۰.۰	۱	۱.۴	۱۷۷۲۷	۴۱	۱۸۲۶۵	۱.۵
۸	برنج	۱۱۱۸	۴۱۴۲.۶	۰	۰.۰	۰	۱.۶	۶۵۸۶	۲	۶۵۸۶	۱.۶
۹	گندم	۴۲۰۰۶	۳۷۴۵.۰	۱۳۳۷	۰.۳	۱۴	۲.۰	۷۳۹۲	۸۳	۸۶۳۰	۲.۳
۱۰	سیب زمینی	۶۷۵۱۲	۲۶۱۹۶.۸	۶۱۹	۰.۰	۲	۰.۵	۱۲۷۷۸	۳۳	۱۳۳۹۷	۰.۵
۱۱	گوچه	۴۲۰۰۶	۳۴۴۲۴.۸	۲۴۴	۰.۰	۰	۰.۰	۲۴۴	۰	۴۸۸	۰.۰
۱۲	پیاز	۵۰۴۴۴	۳۵۹۹۶.۸	۹۳۸	۰.۰	۱	۰.۳	۱۱۳۴۷	۱۶	۱۲۲۷۵	۰.۳
۱۳	خربزه	۱۳۷۶۱	۱۷۸۷۱.۹	۹	۰.۰	۰	۰.۸	۱۴۳۰۱	۱۱	۱۴۳۰۹	۰.۸
۱۴	مرکیات	۵۷۰۷۶	۱۱۱۸۹.۶	۹۱۷	۰.۱	۵	۱.۱	۱۳۱۳۶	۶۲	۱۳۰۵۴	۱.۲
۱۵	کیوی	۱۸۰۰۰	۲۳۳۶۷.۳	۵۳۸	۰.۰	۰	۰.۵	۱۳۱۳۶	۹	۱۲۶۷۴	۰.۵
۱۶	جمع	۱۰۰۴۰۸۱	-	-	-	۸۶	-	-	۲۱۶۳	-	-

آب مصرفی هر هکتار محصولات باقی کشور (مترمکعب)

فصل ۴

**تعیین شیوه کاربرد یافته‌های مربوط
به پیوند مقادیر منابع چهارگانه آب**

۴-۱- کلیات

کاربردهای زیر از یافته‌های محاسباتی این راهنما قابل دستیابی است:

- بررسی ارتباط تجارت آب مجازی با بیلان منابع آب (پیوند منابع آب مجازی با منابع آب آبی، سبز و خاکستری)
- بررسی تاثیر متغیرهای مختلف بر بیلان منابع آب کشور و یافته‌های محاسباتی برای هر سال از جمله:
- روش تعیین میزان کمبود آب ملی، وابستگی آب، خودکفایی منابع آب و سرانه‌ی آبرانه کشور
- تاثیر تجارت آب مجازی بر ذخایر آبی یک محدوده جغرافیایی
- ادغام بین بیلان تجارت آب مجازی و بیلان منابع تجدیدپذیر (آب و پوشش گیاهی) در سطح ملی
- نحوه تاثیر تجارت آب مجازی بر نیازهای مواد غذایی جمعیت با توجه به وابستگی تولیدات دامی به مراتع کشور
- روش تعیین تبادل آب مجازی بین کشور با سایر کشورها
- تاثیر اجرای پروژه‌های توسعه منابع آب بر بیلان منابع آبی کشور
- تاثیر واردات و صادرات سالیانه کشور بر بیلان منابع آبی کشور
- بررسی تاثیر تولیدات خوراکی و غیرخوراکی سالیانه کشور و تاثیر آن بر بیلان منابع آبی کشور
- بررسی تاثیر اقدامات و برنامه‌های کشور در بخش‌های مختلف اقتصادی بر بیلان منابع آبی کشور
- بررسی تاثیر بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بر بیلان منابع آب کشور
- بررسی تاثیر برنامه‌های حفاظت جنگل بر مقادیر منابع آب سبز
- بررسی تاثیر برنامه‌های توسعه آب و فاضلاب بر مقادیر منابع آب خاکستری
- بررسی تاثیر برنامه‌های الگوی کشت بر مقادیر منابع چهارگانه آب
- بررسی آثار زیست‌محیطی پروژه‌های توسعه منابع آب
- محاسبه رقابت تجارت جهانی آب مجازی و موازنه تجارت جهانی آب مجازی محصولات زراعی
- ارزیابی آب قابل در دسترس
- تعیین شاخص اثر آبرانه
- کمی‌کردن جریان آب مجازی در ارتباط با امنیت غذایی در محدوده کشوری

۴-۲- بررسی ارتباط تجارت آب مجازی با بیلان منابع آب (پیوند منابع آب مجازی با منابع آب آبی، سبز و خاکستری)

چهارچوب کلی و نحوه‌ی چیدمان جداول مربوط به منابع آب بیرونی، منابع آب داخلی و مصارف و تولیدات در جدول (۴-۱) ارائه شده است. این مثال عملی که به واقع، بر اساس تبادلات منابع چهارگانه آب در شکل (۲-۲) نشان داده

شده‌اند، نشان‌دهنده پیوند تجارت آب مجازی در محدوده جغرافیایی کشور به بیلان منابع آب است. روش کلی برای بررسی موردهای یادشده در بالا، به این صورت است که پس از تهیه‌ی جدول (۱-۴) و چیدمان منابع آب مطابق این جدول، نتایج اولیه آن مورد واکاوی اولیه قرار می‌گیرد. اکنون برای بررسی هرکدام از موردهای بالا، کافی است که مقدار منابع آب که از تغییر مورد یادشده تغییر می‌کند در جدول اولیه آن تغییر کند و دوباره نتایج جدول (۱-۴) (پس از تغییر مورد یادشده) با نتایج اولیه جدول (۱-۴) مقایسه شود. می‌توان با تحلیل دوباره نتایج، اثرات آن تغییر را بر منابع چهارگانه‌ی آب مشخص کرد. برای مثال فرض کنیم دولت می‌خواهد واردات کالاهای کشاورزی را افزایش دهد و تاثیرات آن را بر منابع آب مجازی (آب آبی و سبز) و سایر منابع آب بررسی کند. آشکار است که این تغییر را می‌توان در جدول (۱-۴) دید. مقایسه منابع آب بیرونی، داخلی و بخش‌های تولید و مصرف نشان می‌دهد که واردات کالا چه تاثیراتی بر مقادیر منابع یادشده داشته است.

به همین ترتیب می‌توان نتایج ساخت یک سد را بر منابع چهارگانه‌ی آب بررسی کرد. کاربر در آغاز باید نتایج ساخت سد بر مقدار منابع آب و تولیدات کشاورزی در پایین‌دست را تعیین کند. فرض کنیم ساخت سد در یکی از مناطق کشور به پایان می‌رسد و دولت می‌خواهد تاثیرات آن بر منابع چهارگانه‌ی آب را تعیین کند. این سد دارای میزان مشخصی آب برای مصارف کشاورزی است. برای مثال حدود ۵۰ میلیون مترمکعب از آب ذخیره‌شده در مخزن سد برای حدود ۵۰۰۰ هکتار اراضی زراعی و باغی در نظر گرفته شده است. این مقادیر به این معناست که ۵۰ میلیون مترمکعب آب به منابع آب آبی (استحصالی) افزوده می‌شود و میزان آب آبی و سبز مصرفی مربوط به تولیدات زراعی و باغی در محدوده‌ی ۵۰۰۰ هکتار نیز به بخش تولید افزوده شود. به همین ترتیب در ارتباط بعدی بین منابع آب، مقادیر مربوط به تولیدات کشاورزی در بخش مصرف هم لحاظ می‌شوند. البته توجه شود که نرم‌افزار «تجارت آب مجازی» محاسبات نهایی را انجام می‌دهد و کاربر تنها مقادیر اولیه را در جدول‌هایی که نمونه‌های محاسباتی آن در بندهای یادشده در بخش سوم گزارش ارائه شد، منظور می‌کند. در بندهای پسین، با کمک یافته‌های جدول (۱-۴) و ارائه روابط و فرمول‌های محاسباتی تکمیلی، برخی موردهای یادشده در بند پیشین بررسی می‌شوند.

- نتایج محاسبات مربوط به پیوند تجارت آب مجازی با بیلان منابع آب در ایران

در جدول (۱-۴)، پیوند تجارت آب مجازی به بیلان منابع آب در محدوده جغرافیایی کشور نشان داده شده است. این جدول به واقع خروجی نهایی نرم‌افزار «تجارت آب مجازی» است. نکات مهم مربوط به تعیین بیلان منابع آب و پیوند آن به سایر منابع آب به شرح زیر است:

- کلیه تبادلات مربوط به مقدار آب (واقعی- مجازی) بر حسب میلیون مترمکعب است.
- تبادلات شامل ۳ بخش کلی منابع خارجی، منابع داخلی و تولیدات و مصارف می‌شود.
- تبادلات مربوط به هر منبع دارای ۲ بخش ورودی و خروجی است. تبادلات مربوط به منابع آب بیرونی، در دو طرف پیرامند قرار گرفته است.

- به سب نبود یا مطمئن نبودن از برخی آمار (موردهای ستاره‌دار) و یا کاستی‌های آماری، دو طرف ورودی و خروجی مربوط به هر منبع، متوازن نشده است. ضمن این که در برخی منابع به تنهایی، ذاتا توازن برقرار نمی‌شود.
- ماهیت تنظیم بیلان و تعیین رابطه آن با تجارت آب مجازی با محاسبات بیلان آب در یک محدوده متفاوت است و تبادلات اساسا از هر دو جنس کالایی و منابع واقعی آب است.
- مقادیر سهم بر حسب درصد هستند.
- دوره بیلان منابع آب و تبادلات کالایی در پیرایندهای بالا مربوط به سال ۸۵-۱۳۸۴ است. هر چند برخی آمارها برای سال ۱۳۸۶ و برخی آمارها مربوط به میانگین ۲۰ ساله است.

برخی نتایج کلی مربوط به تحلیل جدول (۴-۱) به شرح زیر است:

نتایج نشان می‌دهد که میزان آب آبی و آب سبز کالاهای وارداتی (مجازی) به ترتیب برابر ۹۴۸۰ و ۱۶۵۶ میلیون مترمکعب است. ۸۳ درصد از آب آبی مربوط به واردات کالاهای کشاورزی و ۱۷ درصد آن مربوط به واردات کالاهای صنعتی است. در طرف صادرات به میزان ۵۱۸۴ میلیون مترمکعب آب از طریق صادرات کالا از کشور خارج می‌شود. یکی دیگر از منابع آب آبی وارداتی، بارش است که به نوبه خود شامل رواناب سطحی از بارش به میزان ۸۲۰۰۰ میلیون مترمکعب، تغذیه منابع آب زیرزمینی از بارش به میزان ۴۶۰۰۰ میلیون مترمکعب و بارش بر سطح کویر، کوه، جنگل، مرتع و دشت‌ها به میزان ۲۸۴۰۰۰ میلیون مترمکعب است. بخشی از آب آبی وارداتی به کشور به میزان ۶۰۰۰ میلیون مترمکعب صرف تغذیه منابع آب سطحی می‌شود. تحلیل‌های مشابهی برای سایر منابع و بخش‌های تولیدی-مصرفی می‌توان ارائه داد. به این ترتیب میزان واردات آب (مجموع آبی و سبز) در کشور ایران به میزان ۵۸۶۶ میلیون مترمکعب بیش‌تر از آب صادراتی است.

بر اساس یافته‌های جدول (۴-۱)، مقادیر منابع آب سطحی ورودی به کشور برابر ۱۰۳۸۰۱ میلیون مترمکعب و خروجی از منابع آب سطحی برابر ۱۱۲۲۷۲ میلیون مترمکعب است. میزان ورودی به منابع آب زیرزمینی برابر ۶۴۰۰۰ میلیون مترمکعب و خروجی از این منابع به ترتیب برابر ۸۶۶۳۸ میلیون مترمکعب است. به عبارت دیگر در منبع آب آبی زیرزمینی (Blg) برابر با ۶۴۰۰۰ میلیون مترمکعب آب وارد شده است و برابر با ۸۶۶۳۸ میلیون مترمکعب آب خارج شده است. به این ترتیب با توجه به ردیف‌های یادشده در جدول (۴-۱) مربوط به ورودی و خروجی از منابع آب زیرزمینی، می‌توان میزان فشار بر منابع آب زیرزمینی و یا ارتباط آن با سایر منابع و همین‌طور سهم این منابع در تولیدات خوراکی را تعیین کرد و دامنه‌ای از تحلیل‌های مناسب برای وضعیت منابع چهارگانه‌ی آب را مشخص کرد.

از ۲۸۴۰۰۰ میلیون مترمکعب ورودی به منابع آب سبز به میزان ۹۹۷۰۶ میلیون مترمکعب در زیربخش‌های جنگل و مرتع و زراعت و باغ مصرف می‌شود و ۱۸۶۲۰۸ میلیون مترمکعب آن نیز تبخیر می‌شود.

همین‌طور ورودی و خروجی منابع آب مربوط به بخش‌های تولید و مصرف به تفکیک برای صنعت و کشاورزی مشخص شده است که در این بخش‌ها می‌توان وضعیت منابع چهارگانه‌ی آب را مشخص کرد. در بخش کشاورزی به

میزان ۱۸۲۳۶۳ میلیون مترمکعب آب مصرف می‌شود که بیش از نیمی از آن مربوط به آب سبز مصرفی در عرصه‌های جنگلی و مرتعی کشور است. در بخش صنعت به میزان ۵۱۵۰ میلیون مترمکعب آب مصرف می‌شود. به این ترتیب منبع آب مجازی در کشور شامل دو رقم اخیر و ورودی به این منبع از طریق خالص واردات کالا (به میزان ۵۸۶۶ میلیون مترمکعب) است که برابر ۱۹۳۳۷۹ میلیون مترمکعب می‌شود. در بخش مصرف به میزان ۱۹۹۷۱۹ میلیون مترمکعب آب مصرف می‌شود درحالی‌که تنها به میزان ۵۵۹۲ میلیون مترمکعب آب به عنوان پساب به منابع آب خاکستری منتقل می‌شود. بخش مصرف را می‌توان پایان چرخه‌ی منابع چهارگانه‌ی آب در نظر گرفت.

به این ترتیب نتایج جدول (۴-۱) نشان می‌دهد که وضعیت هر منبع و نحوه تبادلات آن منبع با سایر منابع آب و بخش‌های تولید و مصرف تعیین شده است. اهمیت این تحلیل‌ها در این است که می‌توان تاثیر هرگونه برنامه را بر منابع چهارگانه‌ی بالا ارزیابی کرد. درحالی‌که در بیلان متعارف منابع آب، تنها، منابع آب آبی مورد توجه است و در اینجا تاثیر منابع مختلف بر یکدیگر تعیین شده است. برای مثال چنانچه دولت در نظر داشته باشد که از فشار بر منابع آب زیرزمینی بکاهد می‌تواند وزن این منابع را در تامین آب برای تولیدات کشاورزی بکاهد و یا اقدام به واردات مواد غذایی کند و کاربر می‌تواند تاثیرات این برنامه را بر سایر منابع در جدول (۴-۱) مشاهده کند. همین‌طور چنانچه وزن محصولات آب‌بر در الگوی کشت کاهش پیدا کند، بی‌درنگ با محاسبه‌ی آب مجازی تولیدات کشاورزی می‌توان تاثیر آن را در خروجی منابع آب سطحی و زیرزمینی دید. افزون بر این‌ها فرض گرفته شود که دولت سیاست توسعه‌ی اشتغال در بخش صنعت را دنبال می‌کند و تاثیرات افزایش تولیدات صنعتی را بر منابع آب ارزیابی کند که با مشاهده‌ی نتایج مربوط به وضعیت منابع چهارگانه آب در دو وضعیت پیش و پس از اجرای سیاست‌های و برنامه‌های مختلف، آثار آن را بر منابع مختلف بررسی و تحلیل کرد و در صورتی‌که نتایج به دست آمده با هدف‌های بخش آب هماهنگ بود، آن سیاست اجرا شود. هدف‌ها نیز از پیش در بخش آب تعیین شده است. برای مثال، اگر پایداری در منابع آب زیرزمینی یکی از هدف‌های بخش آب کشور باشد، نتایج جدول (۴-۱) نشان می‌دهد که برداشت سالیانه به میزان ۶۰۰۰ مترمکعب آب از ذخیره‌ی ثابت آبخوان‌ها با این هدف همخوانی ندارد و بنابراین دولت باید با اجرای برنامه‌های مناسب (واردات مواد غذایی) از فشار بر این منابع بکاهد. یا اینکه دولت بخواهد سهم آب سبز را در تولیدات کشاورزی افزایش دهد ناچار است که محصولاتی را انتخاب کند که توان جذب آب سبز بیشتری در دوره‌ی تولید خود دارد و به محض گنجاندن آنها در الگوی کشت، از ظرفیت آب سبز در کشور استفاده می‌شود و می‌توان آثار آن را بر سایر منابع در جدول (۴-۱) پیدا کرد. البته نرم‌افزار «تجارت آب مجازی» هرگونه تغییر را به آسانی انجام می‌دهد و نتایج نهایی هر تغییر به طور خودکار در جدولی مشابه با جدول (۴-۱) ظاهر می‌شود. مقایسه نتایج هر جدول با جدول قبل از آن، می‌تواند یافته‌های محاسباتی لازم را به کاربر برای انجام تحلیل‌های مشابه بالا ارائه دهد.

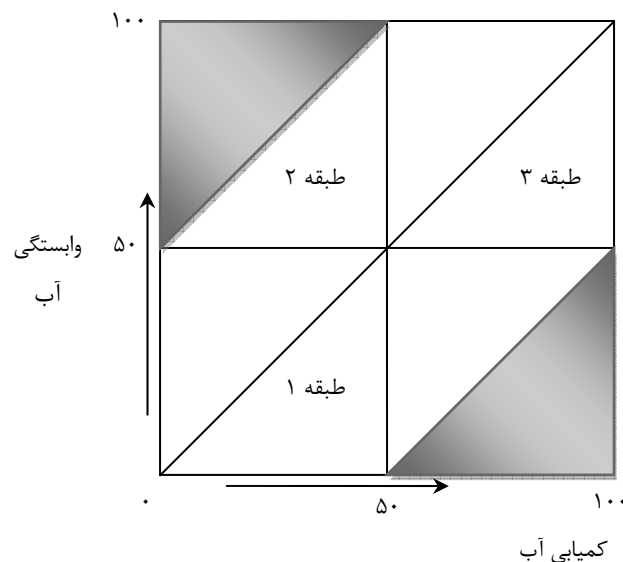
جدول ۴-۱- پیوند تجارت آب مجازی به بیلان منابع آب در محدوده جغرافیایی کشور

منابع آب داخلی (محدود)		تولید و مصرف		منابع آب داخلی		منابع آب خارجی (محدود)	
نوع	نوع	نوع	نوع	نوع	نوع	نوع	نوع
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴
۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶
۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷
۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱
۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳
۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴
۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶
۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷
۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸
۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱
۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲
۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳
۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴
۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶
۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷
۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸
۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹
۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱
۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲
۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳
۳۴	۳۴	۳۴	۳۴	۳۴	۳۴	۳۴	۳۴
۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵
۳۶	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶
۳۷	۳۷	۳۷	۳۷	۳۷	۳۷	۳۷	۳۷
۳۸	۳۸	۳۸	۳۸	۳۸	۳۸	۳۸	۳۸
۳۹	۳۹	۳۹	۳۹	۳۹	۳۹	۳۹	۳۹
۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰
۴۱	۴۱	۴۱	۴۱	۴۱	۴۱	۴۱	۴۱
۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲
۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳
۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴
۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵
۴۶	۴۶	۴۶	۴۶	۴۶	۴۶	۴۶	۴۶
۴۷	۴۷	۴۷	۴۷	۴۷	۴۷	۴۷	۴۷
۴۸	۴۸	۴۸	۴۸	۴۸	۴۸	۴۸	۴۸
۴۹	۴۹	۴۹	۴۹	۴۹	۴۹	۴۹	۴۹
۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
۵۱	۵۱	۵۱	۵۱	۵۱	۵۱	۵۱	۵۱
۵۲	۵۲	۵۲	۵۲	۵۲	۵۲	۵۲	۵۲
۵۳	۵۳	۵۳	۵۳	۵۳	۵۳	۵۳	۵۳
۵۴	۵۴	۵۴	۵۴	۵۴	۵۴	۵۴	۵۴
۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵
۵۶	۵۶	۵۶	۵۶	۵۶	۵۶	۵۶	۵۶
۵۷	۵۷	۵۷	۵۷	۵۷	۵۷	۵۷	۵۷
۵۸	۵۸	۵۸	۵۸	۵۸	۵۸	۵۸	۵۸
۵۹	۵۹	۵۹	۵۹	۵۹	۵۹	۵۹	۵۹
۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰
۶۱	۶۱	۶۱	۶۱	۶۱	۶۱	۶۱	۶۱
۶۲	۶۲	۶۲	۶۲	۶۲	۶۲	۶۲	۶۲
۶۳	۶۳	۶۳	۶۳	۶۳	۶۳	۶۳	۶۳
۶۴	۶۴	۶۴	۶۴	۶۴	۶۴	۶۴	۶۴
۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۶۵
۶۶	۶۶	۶۶	۶۶	۶۶	۶۶	۶۶	۶۶
۶۷	۶۷	۶۷	۶۷	۶۷	۶۷	۶۷	۶۷
۶۸	۶۸	۶۸	۶۸	۶۸	۶۸	۶۸	۶۸
۶۹	۶۹	۶۹	۶۹	۶۹	۶۹	۶۹	۶۹
۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰
۷۱	۷۱	۷۱	۷۱	۷۱	۷۱	۷۱	۷۱
۷۲	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲
۷۳	۷۳	۷۳	۷۳	۷۳	۷۳	۷۳	۷۳
۷۴	۷۴	۷۴	۷۴	۷۴	۷۴	۷۴	۷۴
۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵
۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶
۷۷	۷۷	۷۷	۷۷	۷۷	۷۷	۷۷	۷۷
۷۸	۷۸	۷۸	۷۸	۷۸	۷۸	۷۸	۷۸
۷۹	۷۹	۷۹	۷۹	۷۹	۷۹	۷۹	۷۹
۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰
۸۱	۸۱	۸۱	۸۱	۸۱	۸۱	۸۱	۸۱
۸۲	۸۲	۸۲	۸۲	۸۲	۸۲	۸۲	۸۲
۸۳	۸۳	۸۳	۸۳	۸۳	۸۳	۸۳	۸۳
۸۴	۸۴	۸۴	۸۴	۸۴	۸۴	۸۴	۸۴
۸۵	۸۵	۸۵	۸۵	۸۵	۸۵	۸۵	۸۵
۸۶	۸۶	۸۶	۸۶	۸۶	۸۶	۸۶	۸۶
۸۷	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷
۸۸	۸۸	۸۸	۸۸	۸۸	۸۸	۸۸	۸۸
۸۹	۸۹	۸۹	۸۹	۸۹	۸۹	۸۹	۸۹
۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰
۹۱	۹۱	۹۱	۹۱	۹۱	۹۱	۹۱	۹۱
۹۲	۹۲	۹۲	۹۲	۹۲	۹۲	۹۲	۹۲
۹۳	۹۳	۹۳	۹۳	۹۳	۹۳	۹۳	۹۳
۹۴	۹۴	۹۴	۹۴	۹۴	۹۴	۹۴	۹۴
۹۵	۹۵	۹۵	۹۵	۹۵	۹۵	۹۵	۹۵
۹۶	۹۶	۹۶	۹۶	۹۶	۹۶	۹۶	۹۶
۹۷	۹۷	۹۷	۹۷	۹۷	۹۷	۹۷	۹۷
۹۸	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸
۹۹	۹۹	۹۹	۹۹	۹۹	۹۹	۹۹	۹۹
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

توجه: از جمله دار و روش‌های آشنایی مجدد از بیلان منابع آب کشور به تجارت آب مجازی

۴-۳- روش تعیین میزان کمبود آب ملی، وابستگی آب، خودکفایی منابع آب و سرانه آبرانه کشور

به طور منطقی ممکن است فرض شود که در یک کشور با کمبود آب بسیار زیاد امکان به دست آوردن سود از آب خالص وارداتی وجود دارد. از سوی دیگر کشورهای دارای منابع آبی فراوان می‌توانند از صادرات آب به صورت مجازی سود به دست آورند. برای ارزیابی موقعیت کشور از نظر خودکفایی و وابستگی به منابع آب از یک نمودار موسوم به جعبه‌ی کمیابی-وابستگی استفاده می‌شود. براساس شکل (۴-۱)، نمودار کمیابی-وابستگی به چهار کلاس یا چهار ناحیه تقسیم شده است. طبقه‌ی چهار شامل کشورهایی است که با بیش‌ترین کمیابی منابع آب روبرو هستند و در عین حال، وابستگی کمی به واردات کالا دارند. درحالی‌که طبقه سه شامل کشورهایی است که با کمیابی منابع آب روبرو هستند اما واردکننده عمده کالا هستند.



شکل ۴-۱- نواحی چهارگانه کمیابی-وابستگی آبی

(بخش سایه‌خورده مربوط به کمیابی پایین آبی با وابستگی آبی بالا و کمیابی بالای آبی با وابستگی پایین است. این بخش‌ها بر خلاف مسیر تجارت آب مجازی است.)

به منظور دستیابی به یک شاخص از میزان کمبود آب ملی می‌توان از نسبت میزان کل آب مصرفی به میزان آب در دسترس استفاده کرد. رابطه (۴-۱) نحوه محاسبه کمبود آب ملی را نشان می‌دهد.

$$W_s = \frac{W_u}{W_A} * 100 \quad (4-1)$$

در این رابطه:

W_s : میزان کمبود آب ملی (%)

W_u : میزان کل آب مصرفی کشور (مترمکعب بر سال)

W_A : میزان آب در دسترس ملی (مترمکعب بر سال) است.

بنابراین در این رابطه مشخص می‌شود که میزان کمبود آب دارای محدوده‌ای بین صفر تا ۱۰۰ درصد است. اما در مواردی (برای مثال آب زیرزمینی) می‌تواند دارای مقادیری بیش از ۱۰۰ درصد باشد. میزان آب در دسترس ملی (W_A) همان منابع آب‌های داخلی تجدیدشونده است که برابر است با میزان متوسط منابع آب شیرین تجدیدشونده در طول یک سال که از بارش در یک کشور به دست می‌آید. کل آب مصرفی (W_u) در شرایط مطلوب شامل منابع آبی و سبز است. اما به دلیل مشکلات محاسباتی، کمبود آب مصرفی به صورت نسبت آب مصرفی آبی به آب‌های در دسترس مصرفی محاسبه می‌شود.

یک شاخص مناسب برای وابستگی به واردات آب مجازی یا وابستگی آب نیز نیاز است. شاخص باید انعکاس‌دهنده میزان وابستگی یک ملت به منابع آب مجازی خارجی باشد. وابستگی به آب (WD) یک ملت به صورت نسبت آب مجازی وارداتی خالص به میزان کل آب تخصیصی محاسبه می‌شود.

$$WD = \frac{NVWI}{W_u + NVWI} * 100 \text{ if } NVWI \geq 0$$

$$0 \text{ if } NVWI < 0 \quad (2-4)$$

مقدار WD آب ممکن است بین صفر تا ۱۰۰ درصد متغیر باشد. مقدار صفر نشان می‌دهد که آب مجازی وارداتی ناخالص و صادرات آن در حالت تعادل است و یا این که صادرات خالص آب مجازی وجود دارد. در حد انتهایی دیگر اگر وابستگی آبی یک ملت به ۱۰۰ درصد برسد بدان معناست که آن ملت به طور تقریبی به صورت کامل بر آب مجازی وارداتی تکیه دارند. همانند درصد وابستگی آبی، درصد خودکفایی آبی نیز با کمک رابطه (۳-۴) معرفی می‌شود:

$$WSS = \left\{ \frac{W_u}{W_u + NVWI} * 100 \text{ if } NVWI \geq 0 \right.$$

$$100 \text{ if } NVWI < 0 \quad (3-4)$$

خودکفایی آبی یک ملت در ارتباط با میزان وابستگی آبی آن ملت از طریق رابطه‌ی (۴-۴) به دست می‌آید:

$$WSS = 100 - WD \quad (4-4)$$

میزان خودکفایی آبی (WSS) نشان‌دهنده توان یک ملت برای تامین آب مورد نیاز برای تولید داخلی کالا و خدمات در کشور است. اگر تمام آب مورد نیاز در دسترس باشد و از درون مرزهای کشور تامین شود خودکفایی آبی برابر ۱۰۰ درصد است. میزان خودکفایی آبی در صورتی برابر صفر درصد خواهد بود که یک کشوری به طور کامل تکیه بر واردات آب مجازی داشته باشد.

- محاسبه خودکفایی آبی در ایران

در جدول (۲-۴) میزان کمبود آب ملی، جدول (۳-۴)، درصد وابستگی و خودکفایی آبی و جدول (۴-۴) سرانه آبرانه کشور محاسبه شده است. نتایج و نحوه محاسبات در جداول منعکس شده است.

جدول ۴-۲- میزان کمبود آب ملی (درصد - میلیون مترمکعب)

میزان آب در دسترس ملی	میزان کل آب مصرفی کشور	میزان کمبود آب ملی (%)
۱۲۸۰۰۰	۱۰۱۹۲۸	۸۰

جدول ۴-۳- درصد وابستگی و خودکفایی آبی (درصد - میلیون مترمکعب)

میزان خالص آب مجازی وارداتی کشور NVWI	میزان کل استفاده آب در کشور از منابع داخلی IWU	کل آب مصرفی در کشور TWU	درصد وابستگی به منابع آب مجازی خارجی WD	درصد خودکفایی آبی WSS
۵۸۶۶	۱۰۰۱۴۳	۱۰۶۰۰۹	۶	۹۴

جدول ۴-۴- سرانه آبرانه کشور (درصد - میلیون مترمکعب)

میزان خالص آب مجازی وارداتی کشور NVWI	میزان کل استفاده آب در کشور از منابع داخلی IWU	کل آب مصرفی در کشور TWU	کل جمعیت کشور (نفر)	سرانه آبرانه (مترمکعب در سال)
۵۸۶۶	۱۰۰۱۴۳	۱۰۶۰۰۹	۷۵۰۰۰۰۰	۱۴۱۳

۴-۴- روش تعیین تبادلات آب مجازی بین کشور با سایر کشورها

برای یک ناحیه کم آب، پذیرفتن یک سیاست محصولات تولیدی و صادراتی با نسبت میزان کم آب مجازی و محصولات وارداتی که حاوی آب مجازی بیش تر هستند، جالب است. حجم مشخصی از میزان آب مجازی وارداتی به ملت های کم آب برای تنظیم مقادیر آب در دستریشان کمک می کند. افزون بر آن کمیابی نهاده های کارگر، زمین و سرمایه نیز بر مسیر توسعه کشاورزی کشورها اثر می گذارد و به دنبال آن بر مسیر توسعه تجاری این کشورها موثر است. به همین دلیل تجارت آب مجازی بین دو کشور به حجم آب مجازی محصولات تجاری و حجم فیزیکی تجارت محصولات وابسته است [۱۴۳]؛ [۷۰] و [۷۱]. به طور کلی برای هر کشور، مقدار آب مجازی ورودی یا خروجی می تواند بر اساس ضرب مقادیر فرآورده های تجاری با میزان آب مجازی مربوط به خودشان محاسبه شود.

- محاسبه رقابت تجارت جهانی آب مجازی و موازنه تجارت جهانی آب مجازی محصولات زراعی

رقابت تجارت جهانی آب مجازی به وسیله ضرب تجارت جهانی در مقدار آب مجازی موجود در آن به دست می آید. مورد دوم به نیاز ویژه آبی گیاه در کشور صادرکننده آن محصول بستگی دارد. به این ترتیب تجارت آب مجازی به صورت رابطه (۵-۴) محاسبه می شود.

$$VWT(n_e, n_i, c, t) = CT[n_e, n_i, c, t] * SWD[n_e, c] \quad (5-4)$$

که در آن:

VWT: تجارت آب مجازی از کشور صادرکننده n_e به کشور واردکننده n_i در سال t و تجارت محصول c

CT: تجارت محصول از کشور صادرکننده n_e به کشور واردکننده n_i در سال t برای محصول c (تن در سال)

SWD: میزان آب ویژه مورد نیاز برای محصول c در کشور صادرکننده (مترمکعب در تن) است.

در معادلات بالا فرض می‌شود که اگر یک گیاه مشخص از یک کشور مشخص صادر شود این محصول به طور واقعی در آن کشور تولید می‌شود (نه این که از کشور دیگری وارد شده باشد و یا به منظور صادرات فرآوری شده باشد). اگر چه در این روش خطاهایی وجود دارد اما این خطاها به طور اساسی بر روی کل موازنه تجارت جهانی آب مجازی یک کشور اثر ندارد. در عین حال بررسی یا ردیابی منشأ تمامی محصولات صادراتی امکان‌پذیر نیست.

۴-۵- نحوه تعیین تاثیر تجارت آب مجازی کالاهای صادراتی و وارداتی بر ذخایر آبی کشور

ابتدا مقدار آب مجازی یک گیاه اولیه بر اساس مقدار آب لازم برای رشد گیاه و مقدار آبی که در مراحل فرآوری محصول مورد نیاز است محاسبه می‌شود. روش محاسبه میزان آب مورد نیاز محصول از روش فائو محاسبه می‌شود [۳۲]. محاسبه با توجه به داده‌های هواشناسی کشور تولید کننده محصول و نیاز آبی محصول در کشور انجام می‌شود. میزان آب مجازی یک حیوان زنده بر حسب مقدار آب مجازی مورد نیاز خوراک آن حیوان، مقدار آبی که حیوان می‌خورد و همچنین مقدار آبی که در طول دوره حیات آن حیوان صرف خدمات آن می‌شود. نسبت تولید به روش (FAO (2003) [۵۵] محاسبه می‌شود. میزان آب ذخیره ملی (ΔS_n (m^3 / yr) از کشور n_i در نتیجه تجارت محصول P به صورت رابطه (۴-۶) است:

$$\Delta S_n[n_i, p] = V[n_i, p] * I[n_i, p] - V[n_i, p] * E[n_i, p] \quad (۴-۶)$$

در این معادله:

V : حجم آب مجازی از محصول P در کشور n_i (مترمکعب در تن)

I : مقدار محصول P وارد شده (تن در سال)

E : مقدار محصول صادر شده (تن در سال) است.

آشکار است که ΔS_n می‌تواند مقدار منفی شود که نشان‌دهنده مقدار آب خالص از دست رفته به جای ذخیره شده است. مقدار آب ذخیره شده جهانی ΔS_g (مترمکعب در سال) از طریق تجارت محصول P و صادرات آن از کشور (n_e) به کشور واردکننده (n_i) به صورت رابطه (۴-۷) است:

$$\Delta S_g[n_e, n_i, p] = T[n_e, n_i, p] * (V[n_i, p] - V[n_e, p]) \quad (۷-۴)$$

T : میزان تجارت بین دو کشور (تن در سال)

ΔS_g : مقدار آب ذخیره شده جهانی از طریق تجارت محصول P و صادرات آن از کشور n_e به کشور واردکننده n_i (مترمکعب در سال)

میزان آب ذخیره شده جهانی از روی تفاوت آب محصولات الگوی تجارتی به دست می‌آید. تمامی آب ذخیره‌شده جهانی از روی مجموع تمامی تجارت جهانی ΔS_g قابل محاسبه است. در عین حال تمامی آب ذخیره‌شده جهانی با مجموع آب ذخیره‌شده جهانی تمام کشورها ΔS_n برابر است.

- میزان آب ذخیره ملی در کشور در نتیجه تجارت آب مجازی

جدول (۴-۵)، محاسبات میزان آب ذخیره ملی در کشور در نتیجه تجارت آب مجازی را نشان می‌دهد. دیده می‌شود که میزان آب ذخیره ملی از کشورهای دیگر در نتیجه تجارت محصولات برابر ۵۸۶۶ میلیارد مترمکعب است.

جدول ۴-۵- محاسبات میزان آب ذخیره ملی در کشور در نتیجه تجارت آب مجازی

مقدار محصول صادر شده E (ton/y)	مقدار محصول P وارد I[ni,p] (ton/y) شده	حجم آب مجازی صادراتی محصول P در کشور V[ni,p] (m3/ton) ni	حجم آب مجازی وارداتی از محصول P در کشور V[ni,p] (m3/ton) ni	میزان آب ذخیره ملی از کشور n در نتیجه تجارت محصول P
۲۲۶۱۴۲۱۷	۵۳۱۶۳۰۲۳	۵۲۷۰	۱۱۱۳۶	۵۸۶۶

۴-۶- نحوه تاثیر تجارت آب مجازی بر نیازهای مواد غذایی جمعیت با توجه به وابستگی تولیدات

دامی به مراتع کشور

بخشی از نیازهای خوراکی دام در کشور از طریق علوفه تولیدی در عرصه‌های مرتعی و جنگلی تامین می‌شود. از نظر حفظ پوشش گیاهی نیز، واردات علوفه مورد نیاز دام موجب بهره‌برداری کمتر از علوفه مراتع و جنگل‌ها می‌شود که هر چند کاهش استفاده از علوفه مرتعی و جنگلی به طور مستقیم بر بیلان منابع آب زیرزمینی تاثیر ندارد اما به طور غیرمستقیم از طریق حفظ پوشش گیاهی از وابستگی تولیدات دامی به مراتع کشور کاسته می‌شود. در عمل برای ارزیابی این موضوع، کافی است میزان صرفه‌جویی در منابع آب آبی و سبز ناشی از کاهش تولیدات گیاهی داخلی (که به مصرف خوراک دام می‌رسد) را برآورد کرد و آثار آن را بر منابع آب داخلی، تولیدات کشاورزی، مصرف و منابع آب بیرونی بررسی کرد.

ادغام بین بیلان تجارت آب مجازی و بیلان منابع تجدیدپذیر (آب و پوشش گیاهی) در یک محدوده جغرافیایی شیوه مناسب برای ادغام بین بیلان تجارت آب مجازی و بیلان منابع تجدیدپذیر (آب و پوشش گیاهی) در سطح ملی به این صورت است که اثر تجارت آب مجازی بر تراز منفی آب زیرزمینی یا خشک‌شدن دریاچه‌ها و تالاب‌های داخلی معلوم شود که در محاسبات مختلف بیلان منابع آب ارایه می‌شود. از نظر حفظ پوشش گیاهی نیز، واردات علوفه مورد نیاز دام موجب بهره‌برداری کمتر از علوفه مراتع و جنگل‌ها می‌شود که هر چند کاهش استفاده از علوفه مرتعی و جنگلی به طور مستقیم بر بیلان منابع آب زیرزمینی تاثیر ندارد، اما به طور غیرمستقیم از طریق حفظ پوشش گیاهی و کمک به ذخیره آب زیرزمینی می‌تواند بر حفظ محیط زیست موثر باشد. البته اثر اصلی پوشش گیاهی بر حفظ آب سبز و جلوگیری از فرسایش خاک است. به هر طریق واردات آب مجازی در بخش علوفه دام می‌تواند به طور غیرمستقیم به حفظ محیط زیست کمک کند.

کاربرد بیش از ظرفیت قابل تحمل منابع طبیعی در مواردی منجر به تاثیرات غیر قابل برگشت و نامطلوبی بر محیط زیست شده است. به عنوان نمونه از این اثرات ناخوشایند می‌توان از وضعیت دریاچه آرال نام برد که زمانی چهارمین دریاچه بزرگ جهان بوده است. از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۰، ۶۰ درصد از مساحت دریاچه آرال و ۸۰ درصد از حجم آب آن کاسته شده است. علت اصلی این فاجعه اکولوژیک برداشت آب از دو رودخانه آمو دریا و سیر دریا برای کاشت پنبه در

مناطق نیمه خشکی همچون آسیای مرکزی است. امروزه ۷۳ درصد از پنبه دنیا توسط زمین‌هایی که نیازمند آبیاری هستند تولید می‌شود. این زمین‌ها به طور عمده در مناطق مدیترانه و سایر مناطقی که از اقلیم خشک برخوردار بوده و از کمبود آب رنج می‌برند، قرار دارند. مناطقی مانند ازبکستان، شمال هند، پاکستان و بخش‌هایی از چین از جمله این مناطق هستند که روز به روز به دلیل کاربرد آب در فرآیند تولید پنبه از میزان آب‌های زیرزمینی و سطحی آن‌ها کاسته می‌شود. با وجود کمبود آب در این مناطق، حجم کمی از تولید پنبه توسط آبیاری قطره‌ای انجام می‌شود. شاید آگاهی از شرایط دریاچه آرال و دیدن صحنه‌هایی از حرکت شتر در جایی که پیش‌تر محل دریاچه و پر از آب بوده است و یا دیدن شرایط زیست‌بوم‌های مشابه، باعث شود که به موضوع آب مجازی و اهمیت آن توجه بیشتری بشود.

۴-۷- کمی کردن جریان آب مجازی در ارتباط با امنیت غذایی در محدوده کشوری

محدودیت منابع آب شیرین، پیش از هر پیامدی، امنیت غذایی را به خطر می‌اندازد. مزایای موفقیت‌های تجارت جهانی که با تفکرات سنتی مزیت نسبی انطباق دارد، تابعی از گفتمان غالب در ارتباط با وضعیت آب در منطقه است. بر اساس این گفتمان، تامین امنیت اقتصادهای خاورمیانه از طریق دستیابی به منابع آب بیش‌تر امکان‌پذیر است. علی‌رغم این گفتمان، برنامه‌ریزان بخش کشاورزی در این کشورها بدون داشتن تعریف مشخصی، از خودکفایی در آب و تولید مواد غذایی حمایت می‌کنند. این در حالی است که چنین اهداف سیاست‌گذاری که از نظر سیاسی پر هزینه هستند، به ندرت در برابر آزمون یا ارزیابی عمومی قرار گرفته‌اند. برای سیاستمداران و سیاست‌گذاران اهمیت آب مجازی دست‌کم در این است که این امکان را فراهم می‌کند که ادعا کنند مسایل کم‌آبی در داخل کشورشان از طریق واردات مواد غذایی حل شده است و کشورهای آنان در آب و تولیدات خوراکی با مشکل روبرو نیستند. به طور کلی، نتایج مربوط به بحث امنیت مواد غذایی، کمک می‌کند تا تصمیم‌های مربوط به واردات آب مجازی با در نظر گرفتن ملاحظات امنیت مواد غذایی و تاثیر واردات و یا صادرات و تولیدات داخلی مواد غذایی به درستی گزینش شوند. چراکه در برخی موردها، افزایش واردات به طور عملی به بیماری مردم ناشی از مصرف بی‌رویه یک محصول خوراکی منجر می‌شود. برای واکاوی‌های مربوط به امنیت غذایی نیاز به تهیه سناریوها و گزینه‌های مختلفی است (جدول ۴-۶). برای تهیه این سناریوها لازم است محاسبات جدول‌های (۴-۷) تا (۴-۱۰) انجام شود.

جدول ۴-۶- شرح سناریوها و گزینه‌های مختلف امنیت غذایی

سناریو	گزینه‌ها	جهت خودکفایی	جهت وابستگی	مشخصات کلی گزینه	وضعیت واردات، صادرات و تولید مواد غذایی		
					تولید داخلی	واردات	صادرات
سناریو ۱	گزینه ۱			خودکفایی کامل (وابستگی صفر به واردات غذایی)	تولید فعلی + معادل واردات فعلی	۰	وضع موجود
	گزینه ۲			وابستگی به واردات غذایی به میزان ۳۰ درصد وضع موجود	تولید فعلی + معادل ۷۰ درصد واردات فعلی	۳۰ درصد وضع موجود	وضع موجود
	گزینه ۳			وابستگی به واردات غذایی به میزان ۷۰ درصد وضع موجود	تولید فعلی + معادل ۳۰ درصد واردات فعلی	۷۰ درصد وضع موجود	وضع موجود
سناریو ۲	وضع موجود			-	تولید فعلی	واردات فعلی	وضع موجود
	گزینه ۱			وابستگی به کل واردات غذایی موجود به علاوه	معادل ۸۰ درصد تولید فعلی	کل واردات موجود + معادل ۲۰ درصد تولید فعلی	وضع موجود
	گزینه ۲			وابستگی به کل واردات غذایی موجود به علاوه	معادل ۵۰ درصد تولید موجود	کل واردات موجود + معادل ۵۰ درصد تولید فعلی	وضع موجود

- نمونه‌ی محاسبات مربوط به ارتباط امنیت غذایی با منابع آب

در جدول‌های (۴-۷) تا (۴-۱۰) محاسبات مربوط به امنیت غذایی در نظر گرفته شده است. جزییات مربوط به این محاسبات و نحوه‌ی تهیه‌ی این جدولها در گزارش راهنمای لوح فشرده‌ی پیوست ارائه شده است. به طور کلی در این جدولها، امکان بررسی تاثیرات هر کدام از سیاست‌های امنیت غذایی بر منابع آب مختلف قابل ارزیابی است. به این ترتیب هم‌زمان امکان تعیین سیاست امنیت غذایی و تاثیرات آب بر بیلان منابع آب فراهم می‌شود.

جدول ۴-۷- عناصر خوراکی حاصل از تولید، مصرف موجود و مصرف استاندارد محصولات غذایی در سال ۱۳۸۵-سناریو ۱ گزینه ۱ - هزار تن

سال	شرح	گندم معمولی	برنج	سبزیجات	محصولات جایزی	قند و شکر	حبوبات	دانه های روغنی	میوه جات	تخم مرغ	گوشت	شیر خام
تولید فعلی + معادل واردات فعلی	جمع تولید و واردات	۱۵۷۷۹/۹	۴۸۱۴/۱	۱۳۷۸۹/۸	۳۷۵۹/۰	۹۳۵/۳	۶۷۷/۹	۱۳۵۸/۰	۲۴۴۷/۳	۲۳۰/۰	۷۱۷/۲	۱۶۲۴/۰
	کربوهیدرات	۱۱۹۳۰	۳۷۹۳	۷۷۰	۲۷۳	۹۲۰۸	۴۲۲	۴۶۹	۴۷۰	۱	۴	۱۲۸۰
	چربی	۲۸۴	۷۲	۸	۴	۰	۹	۳۹۱	۹	۲۷	۱۱۵	۲۴
	پروتئین	۱۸۶۲	۳۶۶	۶۵	۲۳	۰	۱۶۰	۲۳۹	۲۸	۲۹	۱۲۲	۱۲۳
	انرژی (گیگا کالری)	۵۴۱۲۵۰۴	۱۷۳۷۵۱۰۷	۱۳۹۵۵۵۲	۱۱۶۵۲۹۰	۳۵۶۴۸۰۴	۲۳۴۸۷۸۸	۶۰۲۱۳۰۵	۲۲۷۲۵۵۴	۰	۰	۰
مصرف موجود	صادرات غذایی فعلی	۴۲	۱	۱۱۸	۱۷۲	۰	۰	۰	۱۹۰۲	۳۰	۲۷۸	۱۱۲
	صفر درصد واردات غذایی فعلی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	موجودی انبار	۰	۰	۰	۰	۳۶۱	۰	۰	۰	۰	۱۳	۰
	خالص مصرف غذایی	۱۵۷۳۸	۴۸۱۳	۱۳۶۷۲	۳۵۸۷	۹۵۹۶	۶۷۸	۱۳۵۸	۵۴۵	۲۰۰	۴۵۳	۱۵۱۲
	کربوهیدرات	۱۱۸۹۸	۳۷۹۳	۷۶۸	۲۶۰	۹۵۶۷	۴۲۲	۴۶۹	۱۰۵	۱	۲	۱۱۹۲
مصرف استاندارد	چربی	۲۸۳	۷۲	۸	۴	۰	۹	۳۹۱	۲	۱۴	۷۲	۲۳
	پروتئین	۱۸۵۷	۳۶۶	۶۴	۲۳	۰	۱۶۰	۲۳۹	۶	۲۵	۷۷	۱۱۵
	انرژی (گیگا کالری)	۵۳۹۸۱۱۳۴	۱۷۳۷۱۰۴۸	۱۳۹۲۷۹۰	۱۱۱۲۰۴۴	۳۷۰۳۸۳۴	۲۳۴۸۷۸۸	۶۰۲۱۳۰۵	۵۰۶۳۷۸	۰	۰	۰
	کل	۷۷۱۹	۳۲۱۶	۸۳۶۳	۸۳۶۳	۸۳۶۳	۱۱۵۸	۷۷۲	۵۷۸۹	۲۰۵۵	۳۰۸۸	۲۳۱۶
	کربوهیدرات	۵۸۳۶	۲۵۳۴	۱۳۳۵	۶۰۶	۱۱۵۴	۴۰۰	۲۶۶	۱۱۱۲	۸۲	۱۵	۲۵۲۴
انرژی (گیگا کالری)	چربی	۱۳۹	۴۸	۱۴	۸	۰	۹	۲۲۲	۲۰	۲۴۹	۴۹۴	۴۸
	پروتئین	۹۱۱	۲۴۴	۱۱۲	۵۰	۰	۱۵۲	۱۴۶	۶۶	۲۵۷۳	۵۲۵	۲۴۴
	انرژی (گیگا کالری)	۲۶۳۷۷۱۵۸	۱۱۶۷۵۲۳۲	۲۳۲۷۱۴۵	۲۵۹۲۳۹۴	۴۴۶۹۶۵۸	۲۳۴۸۹۴۴	۳۳۲۷۲۳۲	۵۷۷۸۴۱۴	۰	۰	۰

توضیح: مصرف استاندارد با توجه به میزان جمعیت و رقم سید مطلوب غذایی استخراج شده است.

بر گرفته از: یافته های تحقیق

جدول ۴-۸- شکاف عناصر غذایی در وضعیت‌های «تولید از مصرف»، «مصرف از مصرف استاندارد» و «تولید از مصرف استاندارد» در سال ۱۳۸۵ - سناریو ۱ گزینه ۱ - هزار تن

شرح	گندم معمولی	برنج	سبزیجات	محصولات جایزی	قند و شکر	حبوبات	دانه های روغنی	میوه جات	تخم مرغ	گوشت	شیر خام
تولید از مصرف موجود	کل	۴۲	۱	۱۱۸	۱۷۲	۳۶۱	۰	۱۹۰۲	۳۰	۲۶۵	۱۱۲
	کربوهیدرات	۳۲	۱	۲	۱۲	۳۵۹	۰	۳۶۵	۰	۱	۸۸
	چربی	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۷	۴	۴۲	۲
	پروتئین	۵	۰	۰	۱	۰	۰	۲۲	۴	۴۵	۸
	انرژی (گیگا کالری)	۱۴۴۰۸۱	۴۰۵۸	۳۱۶۲	۵۳۲۴۶	۱۳۹۱۵۳۰	۰	۱۷۶۷۱۷۵	۰	۰	۰
مصرف موجود از مصرف استاندارد	کل	۸۰۱۹	۱۵۹۷	۵۳۰۹	۴۷۷۵	۸۴۳۸	۳۵	۵۸۶	۵۲۴۴	۲۶۳۵	۱۷۰۴
	کربوهیدرات	۶۰۶۲	۱۲۵۸	۵۶۷	۳۴۶	۸۴۱۳	۲۲	۲۰۲	۸۲	۱۳	۱۳۴۴
	چربی	۱۴۴	۲۴	۶	۵	۰	۰	۱۶۹	۲۴۰۵	۳۲۲	۲۶
	پروتئین	۹۴۶	۱۲۱	۴۸	۲۹	۰	۸	۱۰۳	۲۵۴۸	۴۴۸	۱۳۰
	انرژی (گیگا کالری)	۲۷۵۰۳۹۶۶	۵۷۹۵۶۲۵	۹۵۳۳۵۴	۱۴۸۰۳۵۰	۳۲۵۷۰۳۶۶	۱۱۹۸۱۳۴	۲۵۹۸۵۷۳	۴۸۷۲۰۳۶	۰	۰
تولید از مصرف استاندارد	کل	۸۰۶۱	۱۵۹۸	۵۴۳۷	۴۶۰۴	۸۰۷۷	۳۵	۵۸۶	۲۳۴۲	۲۳۷۱	۱۵۹۲
	کربوهیدرات	۶۰۹۴	۱۲۵۹	۵۶۵	۳۴۴	۸۰۵۳	۲۲	۲۰۲	۶۴۲	۱۲	۱۲۵۵
	چربی	۱۴۵	۲۴	۶	۵	۰	۰	۱۶۹	۲۴۰۲	۳۷۹	۲۴
	پروتئین	۹۵۱	۱۲۱	۴۷	۲۸	۰	۸	۱۰۳	۲۵۴۴	۴۰۳	۱۲۱
	انرژی (گیگا کالری)	۲۷۶۴۸۰۴۶	۵۷۹۹۶۸۳	۹۵۱۱۹۳	۱۴۳۷۱۰۴	۳۱۱۷۸۸۲۶	۱۱۹۸۱۳۴	۲۵۹۸۵۷۳	۳۱۰۴۸۶	۰	۰

جدول ۴-۹- شاخص‌های امنیت مواد غذایی در سال ۱۳۸۵ - سناریو ۱ گزینه ۱

ردیف	شرح	گندم معمولی	برنج	سبزیجات	محصولات جایز	قند و شکر	حبوبات	دانه‌های روغنی	میوه جات	تخم مرغ	گوشت	شیر خام
۱	ضریب خودکفایی (نسبت تولید به مصرف)	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۱	۱.۰۵	۰.۹۶	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۹۹	۱.۱۵	۱.۵۸
۲	ضریب وابستگی (نسبت واردات به مصرف)	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۳	مصرف سرانه مواد غذایی (کیلوگرم)	۲۲۳.۲۵	۶۸.۳۷	۱۹۳.۹۴	۵۰.۸۹	۱۳۶.۱۲	۹.۶۲	۱۹.۳۶	۷.۷۳	۲.۸۴	۶.۴۲	۲۱.۴۵
۴	ضریب قابلیت صادراتی (نسبت صادرات به تولید)	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۵	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۷۸	۰.۱۳	۰.۳۹	۰.۰۷
۵	سهم تولید از کل تولید (درصد)	۲۸.۹۹	۸.۸۴	۲۵.۳۳	۶.۹۱	۱۶.۹۷	۱.۳۵	۲.۴۹	۴.۵۰	۰.۴۲	۱.۳۲	۲.۹۸
۶	سهم واردات از کل واردات (درصد)	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۷	سهم صادرات از کل صادرات (درصد)	۱.۵۸	۰.۰۴	۴.۴۴	۶.۴۷	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۷۱.۶۶	۱.۱۲	۱۰.۴۷	۴.۲۱

جدول ۴-۱۰- میزان آب معادل در تولید، مصرف موجود و مصرف استاندارد محصولات غذایی در سال ۱۳۸۵ - سناریو ۱ گزینه ۱ هزار مترمکعب

ردیف	شرح	گندم معمولی	برنج	سبزیجات	محصولات جایز	قند و شکر	حبوبات	دانه‌های روغنی	میوه جات	تخم مرغ	گوشت	شیر خام	جمع کل
۱	تولید قطعی + معادل واردات قطعی	۳۱۱۷۸۲۸۳	۱۶۰۲۵۳۸	۵۸۱۳۹۲۵	۱۹۵۱۵۴۹	۲۱۰۱۵۴۷	۳۱۵۱۸۶۰	۶۰۳۸۱۲۶	۳۶۴۶۰۳۸	۱۸۰۵۲۶۹	۵۶۴۶۶۱۱	۱۴۰۱۸۳۱۹۴	۲۰۳۱۰۸۹۵۲
۲	مصرف موجود	۳۱۰۹۵۲۸۶	۱۶۰۲۱۶۶	۵۷۶۴۲۰۴	۱۸۶۲۳۷۷	۲۱۸۳۵۸۱	۳۱۵۱۸۶۰	۶۰۳۸۱۲۶	۳۶۴۶۰۳۸	۱۵۷۲۲۰۹	۲۵۶۲۹۵۶	۱۳۰۵۳۰۲۳۵	۱۸۸۱۷۲۸۲۸
۳	مصرف استاندارد	۱۵۲۵۱۹۰۲	۱۰۷۰۶۸۴	۳۵۲۵۷۴۵	۴۳۴۱۵۶۸	۲۶۴۴۸۵	۲۹۹۱۰۵۴	۲۴۲۲۲۹۴	۸۶۰۱۵۶۶	۱۶۱۵۶۹۷۵۹	۲۴۲۱۱۰۷۸	۲۷۷۶۳۶۱۰۱	۵۰۲۹۹۵۲۳۵
۴	تولید از مصرف موجود	۸۲۹۹۶	۳۷۲	۴۹۷۳۲	۸۹۱۷۳	۸۲۰۳۴	۰	۰	۲۸۲۶۲۰۰	۲۳۲۰۶۰	۲۰۸۳۶۵۵	۹۶۵۳۹۵۹	۱۴۹۳۶۱۱۳
۵	مصرف موجود از مصرف استاندارد	۱۵۸۴۳۲۸۴	۵۳۱۴۸۲	۲۳۴۸۴۵۹	۲۴۷۹۱۹۱	۱۹۲۰۰۹۶	۱۶۰۸۰۶	۲۶۰۵۸۳۲	۷۷۹۱۷۲۸	۱۵۹۹۹۷۵۵۰	۲۰۴۸۱۲۲	۱۴۷۱۰۵۸۶۶	۳۱۴۸۲۳۹۷
۶	تولید از مصرف استاندارد	۱۵۹۲۶۴۸۰	۵۳۱۸۵۴	۲۲۸۸۱۹۰	۲۳۹۰۰۱۸	۱۸۳۸۰۶۲	۱۶۰۸۰۶	۲۶۰۵۸۳۲	۲۶۰۵۸۳۲	۱۵۹۷۶۴۴۹۰	۱۸۶۴۴۴۶۷	۱۳۷۴۵۲۹۰۷	۲۹۹۸۸۶۲۸۳

۴-۸- در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی در محاسبه آبرانه

در دیدگاه محیط زیست تلاش بر این است که آب قابل دسترس را در محیط به دست آوریم. برای محاسبه آب قابل دسترس، مازاد آب در سه سطح سبز، آبی و خاکستری به شرح زیر محاسبه می‌شود.

۴-۸-۱- ارزیابی آب قابل دسترس

- ارزیابی آب آبی قابل دسترس^۱

برای محاسبه آب آبی قابل دسترس در محیط لازم است که ابتدا مقدار آب مورد نیاز در محیط را به دست آوریم. برای بدست آوردن آب مورد نیاز می‌توان از متوسط داده‌های ماهانه یک رودخانه در محیط برای مدت حداقل ۱۰ سال گذشته استفاده کرد. چنانچه میزان رواناب در ماه مورد نظر را داشته باشیم می‌توان میزان آب آبی قابل دسترس را طبق رابطه (۴-۸) به دست آورد:

$$WA_{blue}[x, t] = R[x, t] - EFR[x, t] \quad (۴-۸)$$

که در آن:

$WA_{blue}[x, t]$: میزان آب آبی قابل دسترس در ماه t و محدوده x

$R[x, t]$: میزان رواناب در ماه مورد نظر و محدوده x

۱- هر چند محاسبه آب قابل دسترس در زمان و محدوده معین، امکان‌پذیر است، اما انجام این محاسبات نیازمند دسترسی به اطلاعات آینده‌ی کلیه ایستگاه‌های هیدرومتری و بررسی اثر سدهای مخزنی و انحرافی بر روی رژیم رودخانه‌هاست.

$EFR[x, t]$: میزان آب مورد نیاز محیط که برابر با متوسط دبی ماه مورد نظر در حداقل ۱۰ سال گذشته است. پس از محاسبه میزان آب آبی قابل دسترس در حوزه x و ماه t می توان میزان کمبود آبرانه آب آبی را در محیط از طریق رابطه (۹-۴) به دست آورد:

$$WS_{blue}[x, t] = \frac{\sum WF_{blue}[x, t]}{WA_{blue}[x, t]} \quad (9-4)$$

که در آن:

$WA_{blue}[x, t]$: میزان آب آبی قابل دسترس در ماه t و محدوده x

$WS_{blue}[x, t]$: میزان کمبود آب آبی در ماه t و محدوده x

$WF_{blue}[x, t]$: میزان آبرانه آب آبی در ماه t و محدوده x

طبق رابطه‌ی گفته شده اگر کمبود آب آبی در زمان t و محدوده x برابر با صفر باشد یعنی نیاز آبی محیط و رواناب با هم برابر بوده و اگر کمبود آب آبی در زمان t و محدوده x کم تر از صفر باشد یعنی آب مورد نیاز در محیط بیش تر از میزان آب در دسترس است. کمبود متوسط آب آبی در کل حوزه x بر اساس رابطه (۱۰-۴) برابر است:

$$WS_{blue,ave}[x] = \frac{\sum_{t=1}^{12} WS_{blue}[x, t]}{12} \quad (10-4)$$

که در آن:

$WS_{blue,ave}[x]$: میانگین کمبود آب آبی در محدوده x

$\sum_{t=1}^{12} WS_{blue}[x, t]$: مجموع کمبود آب آبی در زمان t و محدوده x

- ارزیابی آب سبز قابل دسترس

برای محاسبه آب سبز قابل دسترس در محیط لازم است که ابتدا تبخیر و تعرق پایه و اساسی محیط زیست را با استفاده از نرم افزارهایی شبیه SEAWAT محاسبه کنیم و با استفاده از دستگاه‌های موجود، تبخیر و تعرق واقعی (E-act) محیط را به دست آوریم. چنانچه مقدار تبخیر و تعرق واقعی را از تبخیر و تعرق پایه کم کنیم آب سبز قابل دسترس در محیط به دست می آید. چنانچه میزان آب سبز قابل دسترس از تبخیر پایه بیش تر باشد یعنی در محیط کمبود آب نداریم و برعکس اگر میزان آب در دسترس کم تر از $WF_{green}[x, t]$ باشد یعنی در منطقه با کمبود آب سبز روبرو هستیم. (رابطه ۱۱-۴)

$$WS_{green}[x, t] = \frac{WF_{green}[x, t]}{WA_{green}[x, t]} \quad (11-4)$$

که در آن:

$WS_{green}[x, t]$: میزان کمبود آب سبز در ماه t و محدوده x

$WF_{green}[x, t]$: میزان آبرانه آب سبز در ماه t و محدوده x

$WA_{green}[x, t]$: میزان آب سبز قابل دسترس در ماه t و محدوده x

کمبود متوسط آب سبز در کل حوزه x برابر است با جمع کمبود آب در تمام سال تقسیم بر کل ماه‌ها، که به صورت رابطه (۱۲-۴) است:

$$WS_{green,ave}[x] = \frac{\sum_{t=1}^{12} WS_{green}[x, t]}{12} \quad (12-4)$$

که در آن:

$WS_{green}[x, t]$: میزان کمبود آب سبز در ماه t و محدوده x

$WS_{green,ave}[x]$: میانگین کمبود آب سبز در محدوده x

- ارزیابی آب خاکستری در محیط

برای محاسبه آب خاکستری در محیط، درجه سطح آلودگی استاندارد (WLP) تعریف می‌شود. سطح آلودگی استاندارد عبارت است از درجه آلودگی روانابی که از محیط عبور می‌کند یا مقدار نسبتی از قدرت برطرف‌کنندگی آلودگی از جریان سطحی که مصرف شده است. چنانچه آلودگی ۱۰۰ درصد باشد یعنی قدرت پاک‌کنندگی آب جاری کاملاً مصرف شده و دیگر نمی‌تواند پاک‌کننده باشد. به عنوان مثال اگر حد آستانه آلودگی آب در کشاورزی ۲۰۰ واحد نیترات باشد و آب مورد استفاده برای کشاورزی دارای ۲۰ واحد نیترات باشد این آب به میزان ۱۰ درصد ($100 \times 20 / 200$) از توان پاک‌کنندگی خود را از دست داده و ۹۰ درصد قدرت پاک‌کنندگی دارد. متوسط سطح آلودگی استاندارد در کل حوزه x برابر رابطه (۱۳-۴) است:

$$WPL[x, t] = \frac{WF_{gray}[x, t]}{R[x, t]} \quad (13-4)$$

که در آن:

$WF_{gray}[x, t]$: میزان آبرانه آب خاکستری در ماه t و محدوده x

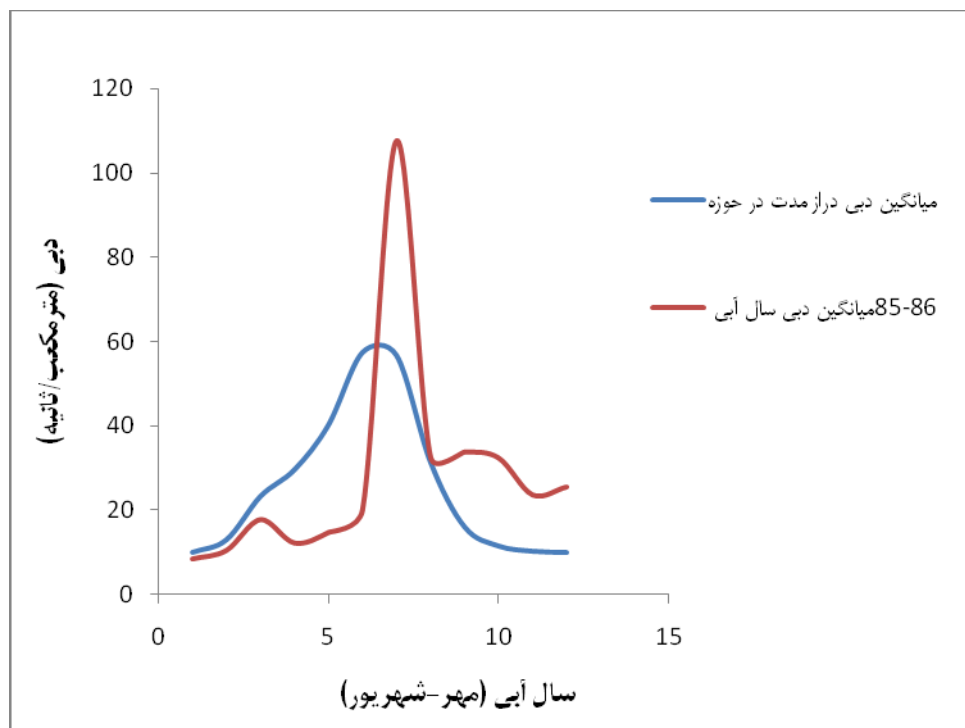
$WPL[x, t]$: درجه سطح آلودگی استاندارد در ماه t و محدوده x

R : میزان رواناب در ماه t و محدوده x

• ارزیابی آب خاکستری در محیط

شکل (۲-۴)، مربوط به حوزه چمریز رودخانه کر می‌باشد میانگین درازمدت مربوط به دوره‌ی ۴۴-۴۵ تا ۷۹-۸۰ است. با توجه به محاسبات انجام گرفته، دیده می‌شود که در ماه‌های مهر تا اسفند با توجه به میانگین دبی درازمدت و میانگین دبی در یک سال آبی میزان آب در دسترس زیست‌محیطی کم‌تر از میانگین دبی مورد نیاز محیط می‌باشد. بنابراین محیط زیست در این ماه‌ها با کمبود آب روبرو است و نباید بیش‌تر از حد مجاز از آب رودخانه برداشت کرد. در ماه اردیبهشت مقدار دبی رودخانه تقریباً با میانگین درازمدت برابر است و در ماه‌های فروردین تا شهریور میانگین دبی

رودخانه بیش‌تر از میانگین درازمدت است که می‌توان از رودخانه آب بیش‌تری برداشت کرد و محیط زیست با کمبود آب روبرو نیست.



شکل ۴-۲- آب آبی قابل دسترس از دیدگاه زیست محیطی

۴-۸-۲- شاخص اثر آبرانه‌ها

برای هر یک از سه آبرانه آب سبز، آبی و خاکستری، شاخص اثر تعریف می‌شود.

- شاخص اثر آبرانه آبی

در بررسی شاخص اثر آبرانه آب آبی هر چه میزان آبرانه یک محصول، تولیدکننده خاص و یا مصرف‌کننده در محدوده x و در ماه t زیاد باشد و کمبود آب آبی نیز بالا باشد بیش‌ترین آسیب به محیط وارد می‌شود. با تغییر هر یک از این پارامترها میزان این اثر نیز بر اساس رابطه (۴-۱۴) تغییر می‌کند.

$$WFII_{blue} = \sum_x \sum_t (WF_{blue}[x, t] * WS_{blue}[x, t]) \quad (4-14)$$

که در آن:

$WFII_{blue}$: شاخص اثر آبرانه آبی

WF_{blue} : آبرانه آبی در زمان t و مکان (محدوده) x

WS_{blue} : میزان کمبود آب آبی زمان t و مکان (محدوده) x است.

- شاخص اثر آب سبز

چنانچه در محیط مصرف آب سبز بالا باشد و کمبود آب نیز بالا باشد به محیط بیش‌ترین ضربه وارد می‌شود و چنانچه کمبود آب در محیط بالا باشد اما میزان مصرف در محیط پایین باشد به محیط آسیب کم‌تری وارد می‌شود. شاخص اثر آب سبز به شرح رابطه (۴-۱۵) محاسبه می‌شود:

$$WFII_{green} = \sum_x \sum_t (WF_{green}[x, t] * WS_{green}[x, t]) \quad (۴-۱۵)$$

که در آن:

$WFII_{green}$: شاخص اثر آبرانه سبز

WF_{green} : آبرانه آب سبز در زمان t و مکان (محدوده) x

WS_{green} : میزان کمبود آب سبز در زمان t و مکان (محدوده) x است.

- شاخص اثر آبرانه خاکستری

شاخص اثر آبرانه خاکستری به شرح رابطه (۴-۱۶) محاسبه می‌شود:

$$WFII_{grey} = \sum_x \sum_t (WF_{grey}[x, t] * WPL[x, t]) \quad (۴-۱۶)$$

که در آن:

$WFII_{grey}$: شاخص اثر آبرانه خاکستری

WF_{grey} : آبرانه خاکستری یا میزان آلودگی در زمان t و مکان (محدوده) x

$WPL[x, t]$: سطح آلودگی استاندارد در زمان t و مکان (محدوده) x است.

همان‌طور که از رابطه (۴-۱۶) به دست می‌آید چنانچه میزان سطح آلودگی در منطقه بالا بوده و میزان آلودگی نیز زیاد باشد شاخص اثر آبرانه خاکستری بیش‌ترین مقدار را دارد و اثر زیادی بر محیط دارد.

۴-۹- منابع آبی مشترک (مرزی) و تجارت آب مجازی (تحلیلی و توصیفی)

در گستره‌ی نظریه‌پردازی روابط جهانی برای آب‌های مرزی، به سختی می‌توان یک چهارچوب مشخص و واقع‌بینانه ارائه داد. برای مثال در خاورمیانه، در هر حوضه‌ی رودخانه‌ای، یک کشور مسلط و برتر وجود دارد که از جمله می‌توان به ترکیه در سامانه‌ی رود دجله - فرات، مصر در سامانه‌ی رود نیل و اسرائیل در حوضه‌ی رود اردن اشاره کرد. در یک چهارچوب واقع‌گرایانه، روابط مرزی می‌تواند به قابلیت هر کشور برای طرح‌ریزی قدرت منطقه‌ای ربط داده شود و رهیافت‌های برخاسته از نظریه‌های عمل‌گرایانه، اصل‌های مناسبی را برای این بررسی‌ها ارائه نمی‌کند. این موارد از آن دسته ساختارهای جهانی نیستند که در این منطقه‌ها درست باشند. مسایلی که به طور پیاپی در مورد منابع مشترک آب شیرین مطرح می‌شوند، در آن چه که باری بوزان آن را زیرمجموعه‌ی امنیت می‌نامد نیز وجود دارد. نظریه‌ی امنیت‌سازی

که به خوبی توسط بوزان در مورد خاورمیانه تشریح شده است، سیاست‌های امنیتی را از سیاست‌های عادی جدا ساخته و در نهایت تحلیل‌های واقع‌گرایانه ارائه می‌کند. بوزان، خاورمیانه و شمال آفریقا را به عنوان مجموعه‌ای به شدت امنیتی که شامل سه زیر سامانه است تعیین کرده است. براساس این نظریه، در خلیج و شمال آفریقا، آب مساله‌ای حاشیه‌ای است و رقابت اصلی برای منابع آب مربوط به شرق مدیترانه (اسرائیل، اردن و فلسطین) است. با این حال، علی‌رغم اهمیت آب به عنوان مساله‌ای بحرانی، جایگاه آن تنها به گفت و گو بین کشورهای ساحلی حوضه‌ی اردن محدود شده است و دستورات اصلی بیش‌تر جلسه‌ها شامل مسایل سنتی است.

پس مبنای اصلی پیوند مسایل منابع آبی مشترک به تجارت آب مجازی، به توان کشور برای مهار آب‌های سطحی بستگی دارد. منابع آبی مرزی نیز علاوه بر نقش آنها در تولیدات غذایی از نظر امنیتی و خالی از سکنه نشدن مناطق مرزی از جمعیت (امنیت ملی) دارای اهمیت خاصی هستند. پس هر عاملی که به نگهداشت منابع آبی مرزی و استفاده از این منابع در تولیدات غذایی کمک کند می‌تواند برای این منظور مفید باشد. بدین ترتیب پیوند این بحث به تجارت آب مجازی از چند زاویه می‌تواند قابل بحث باشد:

- توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی برای استحصال آب‌های مرزی وارداتی به کشور و یا گسترش آن‌ها برای جلوگیری از خروج آن‌ها به کشور می‌تواند در این رابطه مطرح باشد. برای مثال پاکستان اقدام به ساخت شبکه‌های آبیاری و زهکشی در پایین دست و در مرزهای داخلی خود کرده است. بدین ترتیب امکان مهار این منابع برای ایران از دست رفته است. می‌توان معادل آب مجازی برای این منابع را محاسبه کرد و میزان آبی که در اثر تولیدات از کشور ثالث مورد نیاز است را به حساب نقش ویژه این منابع گذاشت.
- منابع آب رودخانه‌های مرزی (همانند هیرمند در منطقه سیستان) پایداری کشاورزی را در این مناطق تضمین می‌کند.
- بخش کشاورزی در ایران یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی است و این در حالی است که کمبود آب اصلی‌ترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی و غذایی است. در حدود ۹۳ درصد منابع آب تجدید شونده کشور در کشاورزی فاریاب مصرف می‌شود ولی تولیدات کشاورزی حاصل از آن تقاضای نیاز غذایی کشور را نمی‌کند. نتایج تحقیقات و مطالعات مختلف بیانگر آن است که در بخش کشاورزی کشور، آب به شکل‌های مختلف و به میزان زیادی تلف می‌شود به نحوی که بازده کل آبیاری در کشور بین ۳۳ تا ۳۷ درصد تغییر می‌کند. یعنی حدود ۷۰ درصد از منابع آب به صورت تبخیر، نفوذ عمقی، جریانات سطحی به زهکش‌ها و از طریق رودخانه‌هایی که به دریا ریخته و یا از مرزهای کشور خارج می‌شوند تلف می‌شود.

۴-۱۰- جنبه‌های سیاسی - امنیتی، پتانسیل اختلافات، منازعات، صلح‌ها و همکاری‌ها در ارتباط با تجارت آب مجازی

بهره‌برداری از منابع آب دارای جنبه‌های مختلف سیاسی - امنیتی است و تجارت آب مجازی ظرفیت سیاسی مناسبی را برای برطرف کردن منازعات فراهم می‌کند. همان‌طور که در مقدمه گزارش اشاره شد منطقه خاورمیانه و جنوب آفریقا در لبه بحران منابع آب شیرین در سطح جهانی مطرح هستند. کشور ایران نیز در منطقه خاورمیانه واقع شده است. گسترش تجارت آب مجازی فرصت‌ها و تهدیداتی را فراروی برنامه‌ریزان کشورهای مختلف قرار داده است. فرصتی به نام «امنیت مواد غذایی» و تهدیدی با عنوان «سلطه مواد غذایی». کشورهای زیادی با بهره‌گیری از تجارت آب مجازی مواد غذایی کافی مورد نیاز مردمشان را تهیه و فراهم خواهند کرد در حالی که برخی از حکومت‌ها نمی‌خواهند و یا نمی‌توانند موجب وابستگی کشور خود به تجارت جهانی شوند. از طرفی برخی کشورها مانند چین و هند به علت جمعیت بسیار زیادشان نمی‌توانند به تامین کامل مواد غذایی از ناحیه واردات آب مجازی تکیه کنند.

کشور ایران در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان قرار گرفته به گونه‌ای که متوسط بارندگی کشور (۲۵۲ میلی‌متر) برابر با یک سوم متوسط جهان بوده و این در شرایطی است که ۱۷۹ میلی‌متر (۷۱ درصد) آن به دلیل پتانسیل بالای تبخیر در کشور، به طور مستقیم تبخیر شده و از دسترس خارج می‌شود. از طرف دیگر ۹۳ درصد از کل آب مصرفی کشور در بخش کشاورزی استفاده می‌شود در حالی است که متوسط سهم آب کشاورزی در دنیا ۷۰ درصد است. با کمی دقت در می‌یابیم که سهم صنعت (با ارزش افزوده بالاتر)، شرب (با درجه اهمیت بیش‌تر) و دیگر موارد مصرف آب، از کل آب کشور تنها ۷ درصد است. افزایش جمعیت و نیاز ایشان به مواد غذایی می‌طلبد که سطح بیش‌تری از اراضی به زیرکشت محصولات کشاورزی برود که این خود نیازمند تخصیص آب بیش‌تر به کشاورزی است. از سویی دیگر تقاضای آب در بخش شرب به دلیل افزایش جمعیت و ترویج زندگی شهرنشینی رو به افزایش خواهد بود همچنین صنعتی‌تر شدن جوامع از جمله ایران، بدون تامین زیرساخت‌ها از جمله آب کافی، خیالی بیهوده خواهد بود. به طور مسلم با توجه به اهمیت تامین آب شرب و ارزش آب برای صنعت، بازنده این رقابت بخش کشاورزی خواهد بود، البته ناگفته پیداست که این پیش‌بینی با توجه به شرایط و نحوه استفاده با هنجارهای فعلی است و الا باید با درک صحیح از داشته‌ها و ظرفیت‌هایمان نسبت به اصلاح و بهبود الگوهای مصرف آب چه در کشاورزی و چه در شرب و صنعت اقدام کنیم تا علاوه بر بهره‌گیری از فرصت تجارت آب مجازی با استفاده از ذکاوت برنامه‌ریزان ملی، بتوانیم از افزایش راندمان آب موجود خود بهره‌مند شده و رشد و پیشرفتی متوازن و همه‌جانبه داشته باشیم.

با توجه به تشدید بحران کمبود آب در کشورهای مختلف جهان، موضوع آب مجازی به واسطه عمق مفهوم آن از اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری کلان آب در آینده برخوردار خواهد شد. هم‌اکنون نیز با صادرات و واردات کالا و محصولات بین کشورهای مختلف جهان، محاسباتی نیز از میزان آب وارد شده یا صادر شده به عنوان آب مجازی به عمل می‌آید.

در سطح جهانی نیز حجم جهانی آب مجازی مبادله شده توسط کالاها در معاملات بین‌المللی، ۱۶۰۰ کیلومتر مکعب در سال است که از این مقدار حدود ۸۰ درصد به محصولات کشاورزی و بقیه به محصولات صنعتی مربوط می‌شود. خاورمیانه، با دارا بودن آب شیرین اندک و میزان ناچیزی آب - خاک، پرچالش‌ترین منطقه‌ی جهان از نظر منابع آب هست. بنابراین آب در منطقه یک منبع طبیعی استراتژیک بوده و طبق نظریه‌های واقع‌بینانه و نیز باور عمومی، کم‌بود آب منجر به وقوع جنگ‌های آب خواهد شد. برخلاف تقاضای رو به رشد آب در خاورمیانه، به جز چند حادثه‌ی کوچک در دره‌ی شمالی اردن در اوایل دهه‌ی ۱۹۶۰، هیچ نشانه‌ای از بروز جنگ بر سر آب دیده نشده است. برعکس، شواهد بسیاری از هم‌کاری برای منابع محدود آب منطقه، به ویژه در حوضه‌ی رود اردن که از نظر آب شیرین بیش‌ترین کم‌آبی را دارد، وجود دارد. واقعیت این است که آب آن‌قدر دارای اهمیت است که همواره با دو وضعیت سازش و هم‌کاری و یا جنگ روبه‌رو است. بسیاری از اقتصادهای خاورمیانه باید از سفره‌های آب شیرین و منابع زیرزمینی برای تولید مواد غذایی استفاده کنند. در حالی که در مناطق معتدل حدود ۹۰ درصد از آب مصرفی مورد نیاز برای تولید مواد غذایی، به طور طبیعی از آب موجود در لایه بالایی خاک به دست می‌آید که به آن آب - خاک می‌گویند. در سطح جهانی، مازاد منابع آب خاک وجود دارد. آب خاک با آب شیرین متفاوت است و در کشاورزی، تنها می‌تواند برای تولید محصولات زراعی مورد استفاده قرار گیرد. اما آب شیرین می‌تواند برای کلیه‌ی بخش‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی مصرف شود، قابل پمپ، انتقال و استحصال است و در داد و ستدهای تجاری دارای ارزش بالایی است. آب خاک تنها می‌تواند به‌طور فیزیکی در محل مصرف شده و یا می‌تواند از طریق تولید و تجارت محصولات کشاورزی منتقل و صادر شود. خوش‌بختانه در مورد اقتصادهای کم‌آب خاورمیانه، این آب خاک می‌تواند از طریق تجارت در قالب کالاهایی مانند غلات قابل دسترس باشد. به عنوان مثال، هر سال کشاورزان و بازرگانان خاورمیانه از طریق تجارت کالا، برابر جریان ورودی آب رود نیل به مصر و یا ۲۵ درصد کل آب شیرین در دسترس منطقه را به گردش در می‌آورند. هدف این تحلیل‌ها آن است که نشان دهد:

- میزان درک و شناخت از منابع آب خاورمیانه محدود است؛ دست کم به این دلیل که کم‌آبی خاورمیانه تنها بر پایه‌ی دسترسی به منابع آب شیرین اندازه‌گیری می‌شود.
- علت آن که چشم‌انداز موجود هم‌چنان پابرجا است، این است که برخی اشتباهات آشکار در مورد کارآمدی اقتصاد سیاسی جهانی موجب شده تا مسایل منابع آب منطقه نیز به ظاهر حل شده به نظر برسند.
- توجه به تاثیر اقتصاد سیاسی جهانی بر منطقه که در وضعیت نامطلوبی قرار دارد نیز مهم است. در واقع سامانه‌ی تجارت جهانی، سرعت حرکت به سوی اصلاح سیاست آب را کاهش داده و روابط جهانی را پیچیده‌تر کرده و منابع آب شیرین مشترک را در معرض مناقشه قرار داده است.

آب تنها یکی از ده‌ها موردی است که با وجود نزدیکی اقتصاد سیاسی کشورهای منطقه‌ی خاورمیانه، اختلاف‌برانگیز است. به عنوان مثال، مساله‌های عمده‌ی اختلاف بین اردن و اسرائیل پیش از بستن توافقنامه‌ی صلح ۱۹۹۴، مربوط به زمین و آب بوده است. در مورد اسرائیل و فلسطین، پنج بحث مورد اختلاف وجود دارد: بیت‌المقدس، مرز زمین، اقامت،

اردوگاه‌ها و آب. از آن‌جا که بحث‌های زیادی بر روی میز گفت و گو وجود دارد، از ارتباط دادن آن‌ها در گفت و گوها نمی‌توان خودداری کرد. با این حال، اهمیت نمادین برخی از مسایل قابل طرح، مانند مشخص کردن وضعیت بیت‌المقدس، حل مسالهای مرزها و دستیابی به صلح نهایی، به خودی خود سایر اختلاف‌های مهم اقتصادی (مانند مدیریت جامع آب و حق بازگشت آوارگان) را نیز - هر چند از نظر سوق‌الجیشی عمیق باشند - تحت تاثیر قرار می‌دهد. به عنوان مثال، در توافقنامه‌ی صلح ۱۹۹۴ بین اردن و اسرائیل، دستاوردهای نمادین و پرهزینه مانند پی‌گیری روند صلح و دستیابی به مرزهای کشوری، به قیمت از دست رفتن شرط‌های مربوط به آب برای اردن به دست آمد.

در واقع، سیاست آبی در حوضه‌ی اردن، شامل گرفتن تصمیم‌ها و مدیریت جامع منابع مشترک آب شیرین، بر پایه‌ی دانش سازه‌ای و یا نتیجه دیدگاه‌های متمایل به امنیت منابع آبی است. سیاست‌گذاران به طور آگاهانه‌ای، مشکل کم‌آبی کشورهاشان را کم‌اهمیت جلوه می‌دهد و با گرفتن سیاست‌های به ظاهر بی‌خطر مانند توسعه منابع آب از طریق راه‌کارهای سازه‌ای، مسایل حل‌نشده‌ی مربوط به بحران کم‌آبی را بیان می‌کنند. آن‌چه این مسایل را هم‌چنان پیچیده نگه می‌دارد، تصوره‌های ایجادشده پیرامون امنیت آبی است که به دور از سامانه‌ی تجارت جهانی و دسترسی به آب مجازی است. در ۵۰ سال گذشته، دولت‌های خاورمیانه به دلیل اجرای سیاست‌های غیرپایدار تخصیص آب، از سوی اقتصاد سیاسی جهانی تحت فشار بوده‌اند. با این حال، این سیاست‌گذاران به جای کمک گرفتن از ظرفیت‌های تجارت جهانی برای حل مشکل فزاینده‌ی کم‌آبی منطقه خاورمیانه، گزینه‌ی واردات آب مجازی در قالب غلات و کالاهای خوراکی را از نظر اقتصادی پنهان و از نظر سیاسی ساکت برشمرده‌اند. در حقیقت آن‌ها در گفتگوهای علنی، به طور عمیقی دیدگاه‌های واقعی خود پیرامون کم‌آبی را دروغ شمرده‌اند.

با این حال، علی‌رغم هشدارهای زیاد در ارتباط با خطرهای بحران آب منطقه‌ای، موارد زیادی نیز مذاکره پیرامون آب را تحت تاثیر منفی قرار داده است. به سبب وجود برخی اقدامات تشنج‌زا می‌توان دریافت که تلاش کشورهای مرزی برای پرهیز از گفت و گو پیرامون منابع عمومی آب بر گرایش به گفت و گو فزونی دارد. در عین حال موارد امیدوارکننده‌ای نیز دیده شده است. از جمله این که در گفت و گوه‌ای اسرائیل فلسطین، هنگامی که تمرکز گفت و گوها بر بهره‌برداری از منابع آب متمرکز شد، نقطه‌ی عطف قابل ملاحظه‌ای پدید آمد؛ بهره‌برداری برابر، همیشه در اجرا دشوار است، اما این حسن را دارد که فرآیندهای اقتصادی ملی و جهانی را برای دستیابی به توافق نهایی همگرا می‌کند.

در حوضه‌ی اردن، روابط بین کشورهای ساحلی حوضه‌ی اردن که از نظر سیاست‌های بین‌المللی، بسیار گوناگون است، همچنان با بحث ما در ارتباط است. ثابت شده است که کشمکش‌های موجود بر سر آب، تابعی از مساله‌های نمادین و حاکمیتی از قبیل صلح، بیت‌المقدس، مرزها، ساکنین و بازگشت آوارگان است. کشورهای ساحلی این حوضه همگی تابع گفتمان مورد تایید در مورد آب هستند. حتی اسرائیل نیز علی‌رغم نشان دادن موضع جدید در اواسط ۱۹۸۰ که فرضیات رایج پیرامون سیاست‌های آب را رد می‌کرد، از آغاز گفت و گوه‌ای صلح در ۱۹۹۲، به سیاست متفاوتی روی آورده است. در حال حاضر اردن در وضعیتی تجاری بوده و به نظر می‌رسد سیاست آب دولت، از گفتمان مصوب فاصله

گرفته باشد. در مجموع، سیاست آب در حوضه‌ی اردن نمونه‌ای از چگونگی کم‌رنگ کردن نوآوری‌های اصولی توسط اقدامات سیاسی است.

تاریخچه مسایل سیاست آبی در خاورمیانه در طول نیمه‌ی دوم قرن بیستم به صورت وضعیتی پرتنش و برخی اوقات نظامی و دشمنانه ارزیابی می‌شود. در اواخر دهه‌ی ۱۹۴۰، اقتصادهای منطقه از نظر امنیت آبی، تامین بوده و آب کافی برای تامین نیازهای خانگی، صنعتی و نیز تولید مواد غذایی در اختیار داشتند. اما پس از آن، جمعیت حوضه از حدود سه میلیون به بیش از ۵۰ میلیون نفر در حال حاضر افزایش یافته است. به دنبال آن، مصرف آب شیرین در عرض نیم قرن، حدود شش برابر افزایش یافت. در حالی که میزان آب منطقه ثابت باقی مانده است، تقاضای آب در سایر بخش‌های افزایش یافته که موجب تغییر سطح و الگوی مصرف آب شده است. حتی برنامه‌ی بازیافت آب شهری در اسرائیل نیز به خوبی نتوانسته منابع آب در دسترس را افزایش دهد. بدین ترتیب منابع آب کشورهای حوضه‌ی اردن به طور بسیار جدی با کم‌بود روبرو شده است. نکته جالب این که علی‌رغم این کمبودها، درگیری‌های بسیار اندکی بر سر آب وجود دارد. به همین خاطر، حوضه‌ی اردن مورد مناسبی برای ارزیابی جنبه‌های مختلف و اثرات مثبت واردات آب مجازی است. همان اثراتی که از نظر اقتصادی پنهان و از نظر سیاسی خاموش است. آب مجازی به طور اصولی از طریق بازارهای جهانی غلات در دسترس است. با فرض ثابت ماندن جمعیت کنونی حوضه، به حدود ۱۵ میلیارد مترمکعب آب برای خودکفایی نیاز است. با این حال، بدون احتساب آب - خاک در شمال حوضه که حدود یک تا دو میلیارد مترمکعب برآورد می‌شود، سالانه کم‌تر از سه میلیارد آب شیرین قابل دسترس وجود دارد. تاکنون، این کم‌بود (سالانه برابر ۱۰ تا ۱۲ میلیارد مترمکعب) که از ۱۹۵۰ وجود داشته، مورد بحث عمومی قرار نگرفته است. حقیقت این است که اسرائیل، فلسطین و اردن نمی‌توانند تنها بر پایه وابستگی به منابع آب شیرین داخلی، نیازهای مواد غذایی خود را تامین کنند. در عوض، سیاست‌گذاران صحبت از پایان یافتن منابع آب در آینده می‌کنند.

دست آخر این که گفت و گوهای قابل توجهی پیرامون مسایل آب وجود ندارد. زمان تنها توافق ایجادشده نیز پایان یافته است. در ۱۹۹۴، اردن و اسرائیل توافقنامه‌ی صلحی را با مسایلی به ویژه پیرامون آب به امضا رساندند. در این مورد نیز حوضه‌ی اردن مورد مناسبی برای مطالعه است، چرا که گفت و گوها پیرامون آب که به طور قوی با سایر مسایل سیاسی مربوط است، علی‌رغم سپری شدن مدت‌های مدید از وقوع کم‌آبی، به تازگی نیز مورد توجه قرار گرفته است.

بوم‌شناسی سیاسی منابع و مدیریت آب در کشورهای حوضه‌ی اردن در نیمه دوم قرن بیستم می‌تواند در طول یک دهه مورد توجه قرار گیرد. دهه‌ی ۱۹۴۰، دوره‌ای پر از شکست‌های اجتماعی و سیاسی بوده است. حامیان نظریه‌های بوم‌شناسی سیاسی ادعا دارند که محیط‌زیست و از جمله منابع آب، از مدیریت تاثیر می‌پذیرند. در حوضه‌ی اردن، روابط قدرت آشکار است. از ۱۹۸۴، اسرائیل از نظر نظامی به موقعیتی برتر تبدیل شده است. در ضمن علی‌رغم نداشتن شفافیت لازم برای مهار منابع آب حوضه، اسرائیل به دلیل توسعه‌ی اراضی و برتری نظامی، بر منابع آب در حوضه‌ی بالایی رود اردن حاکمیت دارد. نکته‌ی اصلی در سیاست‌های منابع طبیعی، ایجاد دانش برای تقویت موقعیت کشورهای قدرتمندتر ساحلی است. در کشورهای حوضه‌ی اردن، سنت دیرینه‌ای برای ایجاد دانش در مورد منابع آبی وجود دارد.

نظریه‌ی بوم‌شناسی سیاسی، راه‌کارهای پیشنهادشده به وسیله‌ی نویسندگان بیش از سی کتاب پیرامون آب حوضه‌ی اردن را تشریح می‌کند. مطالعه‌ی لودرمیلک در ۱۹۴۴، به روشنی ادعای یهودیان را در مورد منابع آب منطقه‌ای تایید می‌کند. مطالعه‌ی یونیدز در ۱۹۵۳ از رابطه‌ی استفاده‌ی پایدار از منابع محدود آب برای اهداف اقتصادی و اجتماعی الهام گرفته است. در حوضه‌ی اردن، مانند هر جای دیگر گرایش به این باور وجود دارد که منابع آب، بر کارایی اقتصادی و حتی روابط کشورهای ساحلی تاثیر قابل توجهی دارد. پیش‌بینی می‌شود درگیری‌های نظامی، گزینه‌ای غیرقابل اجتناب در روابط کشورهای ساحلی باشد. با این حال، با نزدیک شدن به پایان قرن، تجربه‌های اقتصادی حوضه‌ی اردن این موضوع را نشان می‌دهد که منابع طبیعی مانند آب، تعیین کننده‌ی توسعه‌ی اجتماعی - اقتصادی نبوده و برعکس، این توسعه‌ی اجتماعی - اقتصادی است که گزینه‌های مدیریت آب را تعیین می‌کند.

فرضیه‌ای که معتقد است آب محلی باید براساس امنیت اقتصادی و اجتماعی باشد، بحث‌های سیاسی آب را در تمام کشورهای ساحلی پی‌ریزی کرده است. این کشورها از کم‌آبی واقعی در حال افزایش غفلت کرده‌اند، زیرا تشخیص چنین محدودیت‌هایی از نظر سیاسی بسیار پر خطر است. آگاهی از واردات رو به رشد غلات که شاهد عینی تشدید کم‌آبی است، می‌تواند نشانه‌ای غیرقابل تردید از سیاست آبی باشد. چرا که آب پنهان شده در واردات مواد غذایی، به طور نامرئی و خاموش وارد کشور می‌شود. تا سال ۲۰۰۰، واردات سالانه‌ی غلات به اسرائیل (شامل فلسطین) و اردن بالغ بر پنج میلیون تن بوده است. در حالی که تمام منبع آب شیرین در دسترس در سه کشور که به تولید غلات تخصیص یافته بود به تولید حدود سه میلیون تن غله انجامید.

بازار جهانی غلات، بسیار انعطاف‌پذیر بوده و پدیده‌ای ویژه در اقتصاد سیاسی است. اما به هیچ وجه یک سامانه‌ی بازاری بهینه نمی‌باشد. در واقع، کارکردهای آن از نظر اقتصادی بسیار نامعقول و مبهم است. کشورهای حوضه‌ی اردن از پایین بودن قیمت‌های جهانی غلات که نتیجه‌ی مستقیم پرداخت یارانه به بخش کشاورزی در کشورهای اروپایی و آمریکای شمالی است، منتفع می‌شوند. با وجود اینکه اقتصاددانان این را امری نامطلوب می‌دانند، اما سیاست‌های کشاورزی غرب از حمایت‌های سیاسی گسترده بهره‌مند است. از این مهم‌تر، صادرات غلات یارانه‌ای، دولت‌های خاورمیانه را قادر می‌سازد هم‌چنان به شعار گفتمان غالب بپردازند. این بدان معنی است که کم‌آبی‌ها به طور جدی ادامه خواهند یافت. کم‌آبی‌های فزاینده در طول چهار دهه گذشته، به طور مشخصی از بحث‌های سیاسی کنار گذارده شدند و فوریت کم‌آبی فزاینده در منطقه نیز به فراخور آن اهمیت خود را از دست داد.

گاهی در هنگام گفت و گوی کشورها، چانه‌زنی بیش از آن که بین کشورها باشد، در داخل آنها اتفاق می‌افتد. علت این مساله روشن و ساده است: توافق‌های جهانی، جدای از این که تا چه اندازه مورد توجه داخل کشور باشد، به ناچار اثرات متفاوتی را بر منافع گروه‌های داخل کشورها دارند. گفت و گوکنندگان با تجربه، بیش‌تر موقع‌ها ابرام دارند که دشوارترین بخش شغل‌شان، داد و ستد و تعامل با طرف خارجی نیست، بلکه پرداختن به مساله‌های گروه‌های صاحب نفع، تشریفات، دیوان سالاری و جلب نظر سیاستمداران داخلی است. ماده‌های موافقتنامه‌های صلح سپتامبر ۱۹۹۴ بین اسرائیل و اردن، به روش سنتی، اهمیت رابطه‌ها را نشان داد. اردن به ظاهر سالانه ۲۰۰ میلیون مترمکعب آب در

نوبت‌های ۵۰ میلیون مترمکعبی دریافت می‌کند. دو نوبت نخست، تا حدودی اسرائیل را در مورد دادن آب به اردن دچار تردید کرد. نوبت سوم نیز برخی از سرمایه‌گذاری‌ها را در اردن با مشکل روبرو کرد. دو نوبت انتقال بعدی توافق شده، به طور شدیدی تحت تاثیر سرمایه‌گذاری مشترک قرار گرفت و به حالت تعلیق درآمد. به طوری که رفع تعلیق از آن بسیار دشوار شد؛ زیرا اردن و اسرائیل برای سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها با کمبود منابع مالی روبرو شده بودند.

با این حال، جدی‌ترین کمبود در بندهای مربوط به آب در قرارداد صلح اردن - اسرائیل، نبود شاخص‌های مناسب برای شرایط خشک‌سالی بود. وقوع خشک‌سالی دوباره در حوضه‌ی اردن حتمی است. در صورت بروز خشک‌سالی، دسترسی به منابع آب شیرین باید به طور شفاف مورد گفت و گو قرار گیرد و منابع آب قابل دسترسی از منابع غیر مطمئن به روشنی جدا شوند. منابع قابل دسترس آب آن‌هایی هستند که هر ساله صرف‌نظر از وقوع یا عدم وقوع خشک‌سالی در دسترس هستند که شامل منابع آب سطحی و زیرزمینی است و بهتر است به طور پایدار مدیریت شوند. منابع غیر قابل اتکای آب، تنها در سال‌های غیرخشک در دسترس‌اند. گفت و گو کنندگان همواره وضعیت را به این طریق ساده می‌کنند که به طور آزمایشی فرض می‌کنند تمام منابع آبی از نوع قابل اتکا هستند. اما در چهار سال توافقنامه‌ی ۱۹۹۴، وقوع یک خشک‌سالی جدی این فرض نامطمئن را به چالش کشاند. ناکامی اسرائیل در انتقال مقدار آب‌های توافق‌شده، از نظر سیاسی آن‌چنان پرهزینه شد که برای یافتن راه‌حل، مساله با سرعت به شاه اردن و اعضای عالی‌رتبه‌ی کابینه‌ی اسرائیل ارایه شد. به هر حال، مدیریت آب در طول دهه‌ی ۱۹۹۰، مبنایی برای سنجش امکان مشارکت در بهره‌برداری از این منابع مهم است. افزون بر آن موجب کسب اطمینان از این مساله است که آب از سپتامبر ۲۰۰۰، در مقایسه با سایر مساله‌های اجتماعی و امنیتی، در اولویت رابطه فلسطین و اسرائیل قرار گرفته است.

- منابع آب در خاورمیانه‌ی قرن بیست و یکم

تا سال ۲۰۰۰، به سبب رشد برخی از مهاجرت‌ها به اسرائیل و رشد طبیعی جمعیت در اردن، غزه و سوریه، جمعیت حوضه به بیش از ۵۰ میلیون نفر افزایش یافت. منابع آب شیرین از سالانه سه میلیارد مترمکعب آب شیرین در دسترس، میزان مطمئنی برای پاسخ‌گویی به تقاضاهای غیرکشاورزی جامعه امروزی و آینده به شمار نمی‌رود. بدیهی است در حال حاضر، جامعه‌های حوضه به سه تا چهار برابر آب شیرین بیش‌تر نیاز دارند و آب - خاک بخش ناچیزی در تعادل آب این مناطق به شمار می‌رود. بنابراین مقدار قابل توجه آب شیرین برای برآوردن نیازهای روز افزون مواد غذایی کشورهای حوضه می‌تواند تنها از طریق تجارت جهانی آب مجازی قابل دستیابی باشد.

مقدار آب مورد نیاز برای مصرف داخلی و صنعتی - تنها ۱۰ درصد کل آب لازم برای خودکفایی مواد غذایی است که بسیار کم‌تر از سطح مورد چالش است. در حقیقت، فن‌آوری نمک‌زدایی، قابلیت زیادی برای تامین کافی تقاضای آب بخش‌های غیرکشاورزی را شامل می‌شود. اسرائیل اجرای برنامه‌های نمک‌زدایی خود را متوقف کرده و معتقد است دوره‌ای پس از توافق صلح با فلسطین، بهترین شرایط برای پرداختن به این برنامه می‌باشد. با این حال، با بدتر شدن روابط با فلسطین پس از نشست کمپ دیوید در جولای ۲۰۰۰ و وقوع خشک‌سالی، اسرائیل این برنامه را به پیش برده و

در نوامبر ۲۰۰۱ خبر نخستین برنامه‌اش را به ظرفیت سالانه ۵۰ میلیون مترمکعب اعلام کرد. خبر اجرای برنامه‌ی دوم در بهار ۲۰۰۲ اعلام شد که سالانه برابر ۵۰ میلیون مترمکعب دیگر را نمک‌زدایی می‌کند. این‌ها بخشی از برنامه‌ی چهارصد میلیون مترمکعبی است. طراحی دو برنامه برای تولید مقدار کل ۱۰۰ مترمکعب در سال، در سال ۲۰۰۲ آغاز شد. اریل شارون در ۱۹۹۸ پیش‌نهاد کرد که اسرائیل در نخستین دهه‌ی قرن بیست و یک، تا ۸۰۰ میلیون مترمکعب آب را در هر سال نمک‌زدایی کند. اقتصادهای حوضه‌ی اردن، به احتمال تا سال ۲۰۲۰ بین یک تا ۱/۵ میلیارد مترمکعب آب را نمک‌زدایی خواهد کرد. این مقدار آب با کیفیت، سطح کنونی آب شیرین در دسترس را به میزان ۵۰ درصد افزایش خواهد داد. بسیاری از متخصصین آب اسرائیل دریافته‌اند که دستیابی به آب نمک‌زدایی‌شده، آسان‌تر از معامله و تبادل آب است. در حقیقت تولید آب با این شیوه با مشکلات کم‌تر و امنیت بیش‌تری همراه است.

تغییرات سریع در مدیریت آب اسرائیل و سیاست‌های تخصیصی موجب می‌شود که آب بتواند به آسانی به یک مساله‌ی مهم سیاسی تبدیل شود. چنین تغییراتی در سیاست ملی، تاثیر عمیقی بر وضعیت تجارت کشورهای درگیر دارد. هرگونه برداشتی از آب در سطح ملی و جهانی در منطقه‌ی خاورمیانه می‌تواند تنها ناشی از مساله‌های سیاسی به ویژه‌ی در ارتباط با محیط‌زیست، فن‌آوری و مسایل اقتصادی قابل درک باشد.

با این حال، این سامانه‌ی تجارت جهانی است که دیدگاه‌های مهمی را برای سیاست‌های آبی کشورهای ساحلی حوضه‌ی اردن ارایه می‌دهد. آب مجازی اقتصادهای به شدت دچار کم‌آبی را قادر می‌سازد که مشکلات آن‌ها را به آرامی و بدون هزینه‌ی سیاسی حل کند. از آن مهم‌تر، تجارت جهانی، اقتصادهای سیاسی خاورمیانه را قادر ساخته که به درکی غلط و در عین حال مطمئن از نظر تامین آب برسند. افزون بر آن، سیاست‌های تخصیص آبی را که از نظر سیاسی مناسب اما از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی بسیار کم‌تر از حد بهینه‌اند، تقویت کرده است. نقش مهم بهینه‌سازی آب واقعی این است که دسترسی به آن، اصلاحات مورد نیاز در به سیاست‌های نیاز آبی را آهسته‌تر می‌کند. از انجام بررسی و اندازه‌گیری‌های ضروری اما از لحاظ سیاسی دشوار، به ویژه اصلاحاتی که تخصیص کارآمدتر آب را ممکن می‌کند و می‌تواند موجب سودآوری بیش‌تر دارایی‌ها شود، به دلیل هزینه‌های سیاسی آن‌ها، خودداری می‌شود. نخستین دهه‌های قرن بیست و یکم نیز از نظر ایده‌های به وجود آورنده‌ی سیاست‌های آبی اکنون و وضعیت مبادلات، مانند نیم قرن گذشته خواهد بود. همچنین سیاست‌های آبی و وضعیت مبادلات، مانند نیم قرن گذشته خواهد بود. همچنین سیاست‌هایی که باعث چیره شدن بخش‌های آب اقتصادهای سیاسی مستقل و آب‌های مشترک بین‌المللی می‌شوند، استمرار خواهند داشت. تدارک دولت‌ها با اطلاعات و ابزاری تا آن‌ها را قادر سازد:

- انتخاب هوشیارانه‌ی بهره‌گیری از تجارت آب مجازی به عنوان یک راه موثر در افزایش صرفه‌جویی و عاملی برای یکپارچه‌سازی سیاست‌های زیست‌محیطی و امنیت غذایی در سطوح ملی و منطقه ای آب
- توسعه مکانیزم‌هایی برای کشورهای تحت فشار کم آبی در بهره‌گیری از ابزارهای مناسب برای دستیابی به تبادلات خارجی و بازارهای جهانی در تامین نیاز مواد غذایی خود.

پس در سطح جهانی، تجارت آب مجازی دارای پیچیدگی‌های خاص ژئوپلیتیک است و به نوعی سبب وابستگی کشورها به یکدیگر است. بنابراین، می‌تواند علتی برای همکاری و صلح بین کشورها و یا دلیلی برای منازعه باشد. خاورمیانه از نظر برخورداری از منابع آب شیرین، بسیار فقیر است؛ منابع آبی منطقه برای نیازهای استراتژیک در بخش‌های شهری (روستایی)، صنعتی و کشاورزی در سال ۱۹۷۰ به وضعیت بحرانی رسید. برخلاف انتظار و علی‌رغم کم‌بود شدید منابع آب که با فزونی تقاضای آب (ناشی از رشد جمعیت) همراه شده است تنش بین این کشورها در ارتباط با آب کاهش یافته است. به نظر می‌رسد یکی از دلایل اصلی آن، دسترسی به منابع آب از طریق واردات آب مجازی بوده است؛ زیرا اقتصادهایی که قادر به واردات غلات هستند، مجبور نمی‌شوند منابع کم‌یاب آب شیرین خود را برای تولید داخلی گندم استحصال کنند. منطقه‌ی خاورمیانه و شمال آفریقا تا سال ۲۰۰۰، سالانه ۵۰ میلیون تن غلات وارد می‌کردند، که این اقدام موجب دسترسی به آب بیش‌تری برای مصرف‌های شرب، خانگی و صنعتی از طریق نمک‌زدایی آب دریا شد. به طور کلی اقتصاد سیاسی جهانی مصرف و تجارت آب، تاثیر بالایی بر نوع روش تامین آب خاورمیانه داشته است. بدبختانه سامانه‌ی جهانی روند نامطلوبی را طی کرده است. زیرا در برخی کشورها دسترسی آسان به منابع آب مجازی موجب شده تا تلاش و انگیزه کافی برای دستیابی به کارایی مصرف آب در سطح منطقه‌ای کم‌تر شود.

مقرون‌به‌صرفه‌تر آن است که این کشورها آب مورد نیاز خود را به صورت آب مجازی وارد کنند. هم اکنون از ۵ هزار میلیارد مترمکعب آبی که در بخش کشاورزی صرف تولید محصولات می‌شود یک هزار میلیارد مترمکعب آن (معادل ۲۰ درصد) بین کشورهای مختلف جابجا می‌شود (صادرات و واردات) که همان تجارت آب مجازی است. کشورهای آمریکا، کانادا، استرالیا، آرژانتین و تایلند از بزرگ‌ترین صادرکنندگان و کشورهای ژاپن، سریلانکا و ایتالیا از عمده‌ترین واردکنندگان آب مجازی هستند. بنا به اعلام دانیل زیمر Daniel Zimmer مدیر شورای جهانی آب مردم آسیا، به طور میانگین ۱۴۰۰ لیتر آب مجازی در روز استفاده می‌کنند، در حالی که اروپاییان و مردم شمال آمریکا روزانه در حدود ۴۰۰۰ لیتر آب مجازی مصرف می‌کنند.

۴-۱۱- منابع آبی مشترک (مرزی) و تجارت آب مجازی (تحلیلی و توصیفی)

در گستره‌ی نظریه‌پردازی روابط جهانی برای آب‌های مرزی، به سختی می‌توان یک چهارچوب مشخص و واقع‌بینانه ارائه داد. برای مثال در خاورمیانه، در هر حوضه رودخانه‌ای، یک کشور مسلط و برتر وجود دارد که از جمله می‌توان به ترکیه در سامانه‌ی رود دجله - فرات، مصر در سامانه‌ی رود نیل و اسرائیل در حوضه‌ی رود اردن اشاره کرد. در یک چهارچوب واقع‌گرایانه، روابط مرزی می‌تواند به قابلیت هر کشور برای طرح‌ریزی قدرت منطقه‌ای ربط داده شود و رهیافت‌های برخاسته از نظریه‌های عمل‌گرایانه، اصل‌های مناسبی را برای این بررسی‌ها ارائه نمی‌کند. این موردها از آن دسته ساختارهای جهانی نیستند که در این منطقه‌ها درست باشند. مسایلی که به طور پیاپی در مورد منابع مشترک آب شیرین مطرح می‌شوند، در آن چه که باری بوزان آن را زیرمجموعه‌ی امنیت می‌نامد نیز وجود دارد. نظریه امنیت‌سازی که به خوبی توسط بوزان در مورد خاورمیانه تشریح شده است، سیاست‌های امنیتی را از سیاست‌های عادی جدا ساخته و

در نهایت تحلیل‌های واقع‌گرایانه ارایه می‌کند. بوزان، خاورمیانه و شمال آفریقا را به عنوان مجموعه‌ای به شدت امنیتی که شامل سه زیر سامانه است تعیین کرده است. بر اساس این نظریه، در خلیج و شمال آفریقا، آب مساله‌ای حاشیه‌ای است و رقابت اصلی برای منابع آب مربوط به شرق مدیترانه (اسرائیل، اردن و فلسطین) است. با این حال، علی‌رغم اهمیت آب به عنوان مساله‌ای بحرانی، جایگاه آن تنها به گفت و گو بین کشورهای ساحلی حوضه اردن محدود شده است و دستورات اصلی بیش‌تر جلسه‌ها شامل مسایل سنتی است.

پس مبنای اصلی پیوند مسایل منابع آبی مشترک به تجارت آب مجازی، به توان کشور برای مهار آب‌های سطحی بستگی دارد. منابع آبی مرزی نیز علاوه بر نقش آنها در تولیدات مواد غذایی از نظر امنیتی و خالی از سکنه‌نشدن مناطق مرزی از جمعیت (امنیت ملی) دارای اهمیت خاصی هستند. پس هر عاملی که به نگهداشت منابع آبی مرزی و استفاده از این منابع در تولیدات مواد غذایی کمک کند می‌تواند برای این منظور مفید باشد. بدین ترتیب پیوند این بحث به تجارت آب مجازی از چند زاویه می‌تواند قابل بحث باشد:

- توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی برای استحصال آب‌های مرزی وارداتی به کشور و یا گسترش آن‌ها برای جلوگیری از خروج آن‌ها از کشور می‌تواند در این رابطه مطرح باشد. برای مثال کشور پاکستان، اقدام به ساخت شبکه‌های آبیاری و زهکشی در پایین‌دست و در مرزهای داخلی خود کرده است. بدین ترتیب امکان مهار این منابع برای ایران از دست رفته است. می‌توان معادل آب مجازی برای این منابع را محاسبه کرد و میزان آبی که در اثر تولیدات از کشور ثالث مورد نیاز است را به حساب نقش ویژه این منابع گذاشت.
- منابع آب رودخانه‌های مرزی (همانند هیرمند در منطقه سیستان) پایداری کشاورزی را در این مناطق تضمین می‌کند.

۴-۱۲- مصارف آب در بخش کشاورزی در ارتباط با الگوی کشت محصولات کشاورزی (تحلیلی و توصیفی)

در این جا کاربرد تجارت آب مجازی به عنوان روشی برای کم کردن فشار روی منابع آب است. بهتر است به این موضوع توجه داشت که واردات محصولات پرآب به نواحی که قیمت آب خیلی زیاد است و صادرات محصولاتی که نیاز به مقدار آب زیادی ندارند می‌تواند به عنوان یک اصل در نظر گرفته شود. در ارتباط با تقاضای آب باید گفت که فشار روی منابع آب به ویژه در نواحی دارای کمبود آب باید کاسته شود. اگر چه تمام کشورها واردکننده و صادرکننده بین منابع با ارزش هستند. ولی از نظر اقتصادی باید گفت که کشورهایی که دارای آب کمی هستند باید واردکننده و کشورهای دارای منابع آب عظیم باید صادرکننده باشند، خیلی از کشورهای نیمه‌خشک در خاورمیانه مشکلاتشان را به وسیله سیاست‌های امنیت غذایی و استراتژی‌های مبتنی بر این مسایل (آب مجازی) مرتفع کرده‌اند. برخی از این کشورها مثل اسرائیل، صادرات و تولید محصولات پرآب (منظور محصولاتی است که احتیاج به آب زیادی دارند) را کاهش داده‌اند و این کشورها در عوض این‌گونه محصولات را وارد می‌کنند.

کارایی مصرف آب کشاورزی که به شکل ساده می‌توان آن را مقدار تولید در واحد آب مصرفی تعریف کرد، وضعیت استفاده بهینه از آب را در تولید مشخص می‌کند و در حال حاضر در کشور $0/7$ کیلو گرم بر مترمکعب می‌باشد. این در حالی است که برای تامین مواد غذایی جمعیت رو به رشد کشور در سال ۱۴۰۰ باید عدد کارایی مصرف آب به $1/6$ کیلو گرم بر مترمکعب افزایش یابد. در زمینه استفاده بهینه از منابع آب و کاهش ضایعات و تلفات آن می‌توان به کاهش تلفات آب از طریق کاهش ضایعات محصولات کشاورزی و به دنبال آن موضوع آب مجازی اشاره کرد. با در نظر گرفتن این که دست کم ۱۵ درصد از کل تولیدات کشاورزی کشور ضایع می‌شود، مقدار ضایعات تولیدات کشاورزی بالغ بر ۱۰ میلیون تن می‌شود. با لحاظ کردن مقدار کارایی مصرف آب محصولات تولیدی (یعنی رقم $0/63$ کیلوگرم بر مترمکعب)، مقدار ضایعات آب از طریق ضایعات محصول بیش از ۱۵ میلیارد مترمکعب می‌شود.

۴-۱۳- نقش آب مجازی در اصلاح سیاست‌های مدیریت و برنامه‌های تخصیص آب و تدوین طرح‌های توسعه منابع آب در سطح ملی و محلی

به دلیل خشکسالی‌های پی در پی و تغییرات جوی، امنیت غذایی کشور به طور فزاینده‌ای به کشاورزی آبی وابسته است. در حالی که در دهه هفتاد حدود ۸۰ درصد تولیدات کشاورزی ایران از اراضی آبی به دست می‌آمد. هم‌اکنون بیش از ۹۰ درصد مواد خام زراعی و باغی از کشاورزی آبی به دست می‌آید. این وابستگی در جهان ۴۰ درصد است (علی‌زاده ۲۰۰۵). در حالی که حدود ۶۰ درصد محصولات کشاورزی در جهان از اراضی دیم بدست می‌آید در ایران فقط ۸ درصد از مواد خام زراعی در اراضی دیم تولید می‌شود (حیدری ۱۳۸۸). آمار مذکور بیانگر وابستگی شدید تولیدات کشاورزی به منابع آب است.

با توجه به محدودیت شدید آب و زمین‌های مناسب، افزایش تولید کشاورزی در ایران بایستی به طور عمده از طریق افزایش بهره‌وری و کارایی مصرف آب به ویژه در بخش کشاورزی به دست آید. لازم به ذکر است که امکان دسترسی به آب بیش‌تر در بسیاری از مناطق کشور رو به کاهش است. در حالی که مصارف صنعتی، کشاورزی، شهری و روستایی و زیست‌محیطی آب در حال افزایش است. به طوری که مطابق پیش‌بینی جاماب در سال ۱۴۰۰ کل آب مصرفی در ایران به ۱۱۶ میلیارد مترمکعب در سال می‌رسد که بسیار نزدیک به میزان آب تجدیدپذیر کشور یعنی ۱۳۰ میلیارد مترمکعب است (جاماب ۲۰۰۶). از طرف دیگر تلاش‌های چند ساله اخیر برای خودکفایی مواد غذایی، فشار بر منابع آب به ویژه منابع آب‌های زیرزمینی افزایش یافته است. در حالی که در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۸ ایران در زمره بزرگترین واردکنندگان گندم در جهان بود، در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ کشور در زمینه تولید گندم به خودکفایی نسبی رسید و این فشار فزاینده‌ای بر منابع آب وارد ساخت (موسوی ۱۳۸۸). گرچه در حال حاضر اقدام‌هایی برای بهبود مدیریت منابع آب در دست مطالعه و اجراست، ولی با تمام تلاش‌های انجام‌شده هنوز مدیریت منطقی و استفاده از آب نیاز به برنامه و اقدامات

اساسی دارد. با توجه به چالش‌هایی که فراروی مدیریت آب کشاورزی قرار دارد به نظر می‌رسد که دو رویکرد مکمل جهت کاهش فشار بر منابع آب کشور وجود دارد که عبارتند از:

- افزایش بهره‌وری و کارایی مصرف آب به ویژه در بخش کشاورزی
 - بهینه‌سازی الگوی تجارت خارجی محصولات کشاورزی (واردات آب مجازی)
 - رویکرد اول در درجه اول اهمیت قرار دارد. زیرا ناکارایی مصرف آب کشاورزی به کاهش بهره‌وری آب حتی در مورد محصولاتی که دارای کارایی بالای مصرف آب هستند منجر خواهد شد. کارایی مصرف آب را می‌توان از نظر فیزیکی با کاهش مصرف آب در واحد محصول تولیدی افزایش داد. افزون بر آن، در شرایط خاص امکان بهبود کارایی اقتصادی مصرف آب از طریق بازتخصیص آب از محصولات آب‌بر که بهره‌وری اقتصادی کم‌تری دارند به محصولاتی که ارزش اقتصادی بالاتری دارند وجود دارد. به عنوان مثال به جای کشت محصولاتی مانند علوفه محصولات با ارزش‌تری مانند میوه و سبزی کاشته شود.
 - تجارت آب مجازی از طریق بهبود الگوی تجارت خارجی محصولات کشاورزی
- برای کشور ایران آب به عنوان کالای اقتصادی است. مساله بهره‌برداری بهینه (کارایی اقتصادی مصرف آب) در سه سطح مطرح است: سطح محلی (مزرعه و خانوار)، سطح حوضه و سطح جهانی. کارایی مصرف آب در سطح مزرعه را می‌توان از طریق سیاست قیمت‌گذاری آب، استفاده از فن‌آوری‌های آب‌اندرز و سایر ابزارهای مدیریتی افزایش داد. در سطح حوضه ارزش آب در مصارف رقیب مطرح بوده و بیش‌تر تحت تاثیر سیاست‌های کلان اقتصادی قرار دارد. در سطح جهانی (بین‌الملل) کارایی مصرف آب را می‌توان به وسیله تجارت آب مجازی بین مناطق پر آب و کم‌آب جهان افزایش داد. انتظار می‌رود که با بهینه‌سازی الگوی تجارت خارجی کشور تولید محصولاتی که نیاز آبی کم‌تری دارند در داخل و واردات بخشی از محصولاتی که نیاز آبی بیش‌تری دارند مورد توجه قرار گیرد. زیرا پیروی از چنین سیاستی به منزله وارد کردن آب مجازی است که می‌تواند راه‌کاری برای رویارویی با کمبود آب به شمار آید.
- از نظر اقتصادی کشوری که با کمبود آب روبروست (مانند ایران) باید محصولاتی تولید کند که بیش‌ترین درآمد را از هر واحد آب مصرفی ایجاد کند و در مقابل محصولاتی که به آب بیش‌تری نیاز داشته و یا بازده کم‌تری در واحد آب تولید می‌کنند از کشورهای پر آب‌تر وارد کند. در برنامه‌ریزی به منظور خودکفایی و همچنین در تدوین سیاست‌های توسعه منابع آب و سیاست بازرگانی، توجه به این حقیقت حائز اهمیت بسیار است.
- لازم به ذکر است که فواید رویارویی با کمبود آب از طریق سیاست واردات آب مجازی را بایستی با اثرات منفی احتمالی ناشی از واردات محصولات کشاورزی آب‌بر بر اقتصاد روستایی و امنیت غذایی مقایسه کرد. به طور کلی به دلیل تشدید محدودیت آب و بحرانی‌بودن وضعیت منابع آب کشور افزایش بهره‌وری آب به عنوان یکی از راه‌کارهای این مشکل شناخته شده است. همان‌گونه که اشاره شد یکی از راه‌های افزایش بهره‌وری در مقیاس کلان، تجارت آب مجازی است. در سال‌های اخیر در بسیاری از کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان با افزایش جمعیت و تشدید بحران منابع آبی سیاست تجارت آب مجازی به عنوان یکی از راه‌کارهای موثر در تامین امنیت موادخوراکی این جوامع مطرح شده است.

کشور ما نیز که در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد می تواند با واردات کالاهای آبر آبی را که برای تولید آن نیاز است برای استفاده در سایر بخش ها که بازده بالاتری به ازای آب مصرفی تولید می کند حفظ کند و از این طریق نیاز کمتری به توسعه منابع آب کشور که هزینه فزاینده ای در بر دارد خواهد شد. به ویژه آن که تامین آب بیش تر در بسیاری از مناطق کشور روز به روز مشکل تر می شود.

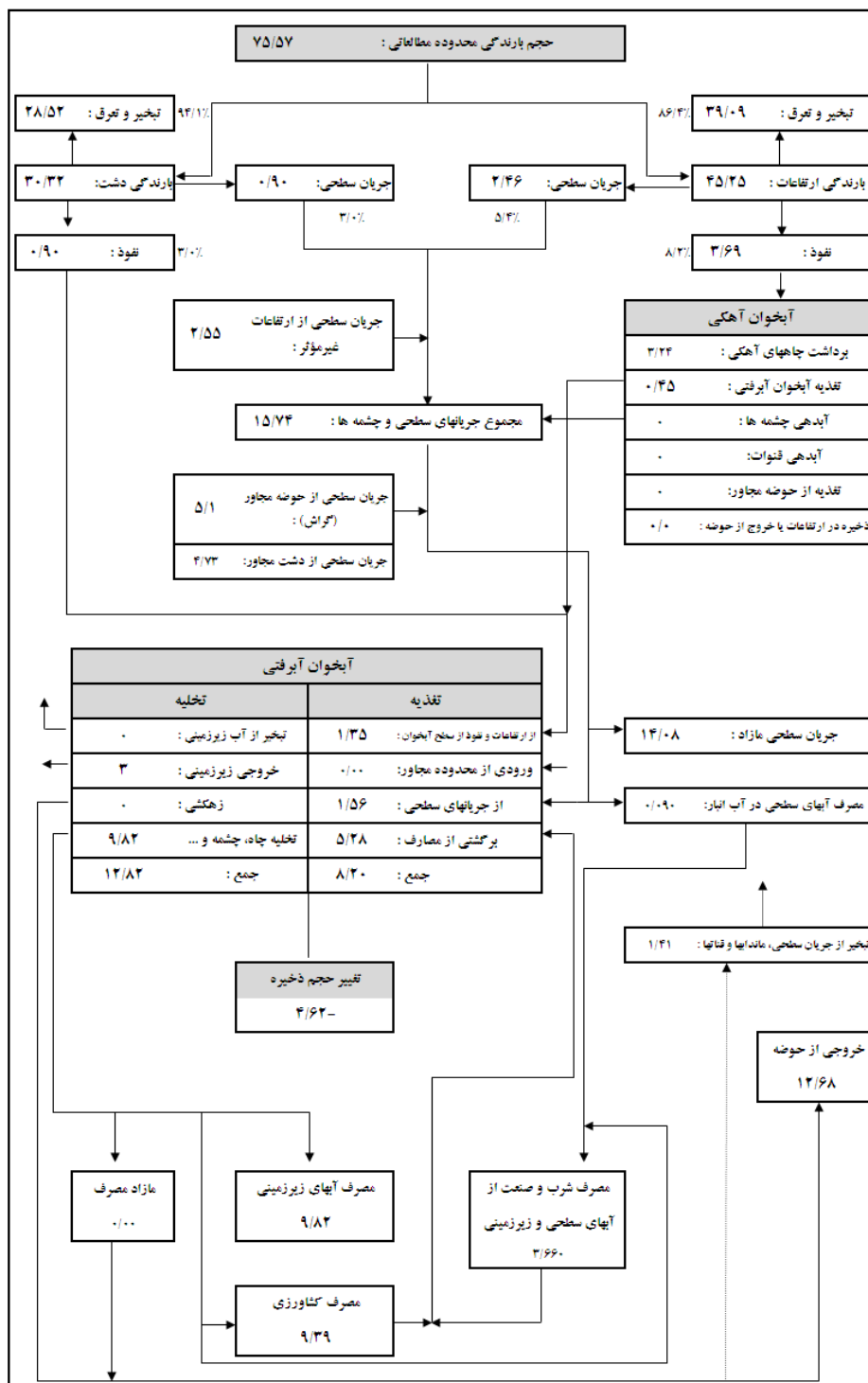
- احتیاط های لازم در مورد سیاست تجارت آب مجازی

علاوه بر لزوم بررسی تاثیر این سیاست بر اقتصاد روستایی، وابستگی مواد غذایی و میزان اعتماد به بازار جهانی مواد غذایی نیز بایستی در تدوین سیاست بازرگانی محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گیرد. در این زمینه روابط حاکم بر تجارت جهانی، یارانه های کشاورزی و تعرفه ها، قیمت یارانه مواد غذایی از جمله چالش هایی است که باید در نظر گرفته شود. ولی این حقیقت که تجارت آب مجازی می تواند جایگزین مناسبی به جای انتقال بین حوضه ای آب و کاهش اثرات زیست محیطی آن به شمار آید شکی وجود ندارد. از سوی دیگر به فشار فزاینده ای که به تعقیب سیاست خودکفایی بر منابع آبی کشور وارد کرده (به ویژه آب زیرزمینی) مساله ای است که روز به روز حادث تر می شود. برای کشوری که منابع ارزی کافی برای واردات برخی محصولات آب بر در اختیار دارد ادامه سیاست خودکفایی نمی تواند امنیت غذایی را تضمین کند. چرا که این سیاست در نهایت به نابودی ارزشمندترین منابع آب کشور یعنی آب های زیرزمینی منجر خواهد شد.

همان گونه که پیش تر اشاره شد، راهبرد تجارت آب مجازی به عنوان یک اقدام مکمل همراه با سایر اقدام های سازه ای و غیرسازه ای در مدیریت پایه ای منابع آب کشور راهکار مناسبی است. ولی این راهبرد نمی تواند به عنوان یک راهکار جایگزین برای افزایش بهره وری آب و بهبود مدیریت مصرف آب کشور تلقی شود.

پیوست ۱

نمونه‌ای از ییلان متعارف منابع آب
(آبی) در یک محدوده جغرافیایی
(محدوده مطالعاتی لار-استان
فارس)



شکل پ.۱-۱- چرخه آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی لار به عنوان نمونه در یک سال آبی معین

پیوست ۲

**نکات ویژه پیرامون محاسبات آب
مصرفی واحدهای صنعتی کشور**

پ.۲-۱- کلیات

جدول‌های ارایه‌شده در لوح فشرده پیوست (محاسبات آب مصرفی کالاهای صنعتی)، بر پایه اطلاعات ارایه‌شده در طرح آمارگیری «اطلاعات ریست‌محیطی و مصارف آب کارگاه‌های صنعتی کشور در سال ۱۳۸۲» است. کلیه آمارها از مرکز آمار ایران گرفته شده است. بر پایه بررسی‌های انجام‌گرفته توسط کمیته کارشناسی تدوین راهنمای حاضر، برخی یافته‌های ارائه شده در این آمارگیری درست به نظر نمی‌رسد. اما رقم کلی مصارف آب به ارقام اعلام‌شده از سوی نهادهای متولی بخش آب، نزدیک است. بخش‌های مختلف طرح آمارگیری نام برده به شرح زیر است:

- کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر بر حسب مساحت کل اراضی کارگاه، مساحت فضای سبز کارگاه و فعالیت

- کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر بر حسب منابع تامین‌کننده‌ی آب، درصد و فعالیت

- کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر بر حسب موارد مصرف آب، درصد و فعالیت

- کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر بر حسب مقدار کل آب مصرفی کارگاه، مقدار فاضلاب صنعتی و فعالیت

- کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر بر حسب اطلاعات زیست‌محیطی و فعالیت

- کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر دارای فاضلاب صنعتی، درصد و فعالیت

- کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر بر حسب محل دفع فاضلاب صنعتی، درصد و فعالیت

- کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر بر حسب نوع سیستم تصفیه‌ی فاضلاب صنعتی، درصد و فعالیت

- کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر بر حسب سیستم آزمایش فاضلاب صنعتی، شاخص‌های موجود در فاضلاب صنعتی و فعالیت

- کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر بر حسب منابع تامین‌کننده‌ی آب، درصد و استان

تعاریف و مفاهیم مربوط به این آمارگیری به شرح زیر است:

پ.۲-۲- کارگاه صنعتی

کارگاه صنعتی مکان ثابتی است که در آن مجموعه‌ای از سرمایه و نیروی کار به منظور تولید یک یا چند محصول صنعتی به کار گرفته شده است.

پ.۲-۳- کارگاه صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر

کارگاهی است که متوسط تعداد کارکنانش ۱۰ نفر و بیش‌تر می‌باشد. در این آمارگیری آمار و اطلاعات مربوط از کارگاه‌های صنعتی مستقل و متبوع (واحد اقتصادی) ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر جمع‌آوری شده است.

پ.۲-۴- کارگاه صنعتی مستقل

منظور کارگاهی است که دارای حساب مالی مستقل است و به طور معمول این حساب در محل کارگاه قابل ارائه می‌باشد.

پ.۲-۵- کارگاه صنعتی متبوع

منظور کارگاهی است که حساب مالی مستقل ندارد و این حساب با حساب مالی یک یا چند کارگاه دیگر (کارگاه تابع) به صورت غیر قابل تفکیک، در همین کارگاه قابل ارائه می‌باشد.

پ.۲-۶- منبع تامین آب مصرفی

کارگاه جهت تامین آب مورد نیاز از منبع یا منابعی استفاده می‌کند که شامل رودخانه، چشمه، قنات، شبکه‌ی شهری و چاه است و احتمالاً جهت استفاده‌ی مطلوب از آب، اقدام به تصفیه‌ی آن کرده که ممکن است به دو صورت فیزیکی و شیمیایی باشد. منظور از تصفیه‌ی فیزیکی آب، حذف مواد معلق در آن و رساندن کدورت آب به حد قابل استفاده است. در این نوع تصفیه تغییر در کیفیت آب داده نمی‌شود بلکه برای رفع آلودگی‌های ظاهری آب (مثل مواد معلق) به کار برده می‌شود. منظور از تصفیه‌ی شیمیایی آب، عملیاتی است که منجر به رسیدن مواد و عناصر داخل آب به نسبت‌های استاندارد برای مصرف می‌شود و در آن امکان تغییر ترکیب شیمیایی آب وجود دارد. مهم‌ترین روش‌های تصفیه‌ی شیمیایی اصلاح ترکیب آب از نظر املاح به وسیله‌ی استفاده از آهک و کربنات کلسیم یا استفاده از روش‌های نمک‌زدایی، حذف آهن و منگنز می‌باشد.

پ.۲-۷- فاضلاب صنعتی

آبی است که در اثر استفاده‌های مختلف از نظر مشخصات فیزیکی (رنگ، شفافیت، بو، مزه و ...) یا شیمیایی (اسیدی شدن، قلیایی شدن و ...) به حالتی درآید که استفاده‌ی دوباره یا تخلیه‌ی آن در محیط زیست مستلزم تصفیه باشد.

پ.۲-۸- تصفیه‌ی فاضلاب صنعتی

هدف از تصفیه‌ی فاضلاب صنعتی، به دست آوردن آب پاکیزه از طریق جداسازی آلاینده‌ها از آب آلوده می‌باشد. این تصفیه شامل تصفیه‌ی فیزیکی (آشغال‌گیری - دانه‌گیری - شناورسازی - چربی‌گیری و ...) یا تصفیه‌ی شیمیایی (استفاده از واکنش‌های شیمیایی مانند کنترل PH، تصفیه‌ی فلزات سنگین، اکسایش، دفع نیتروژن و فسفر و ...) یا تصفیه‌ی بیولوژیکی (تصفیه‌ی هوازی - تصفیه‌ی بی هوازی) و ... می‌باشد. منظور از خنثی‌سازی فاضلاب صنعتی، کم کردن درجه‌ی قلیایی یا اسیدی این مواد است. منظور از آزمایش فاضلاب صنعتی، فعالیت‌هایی است که در آزمایشگاه بر روی

فاضلاب صنعتی صورت می گیرد و با تجزیه ی فاضلاب به روش های فیزیکی و شیمیایی به مواد تشکیل دهنده ی آن پی برده تا با شناخت ترکیبات آن در جهت بازیافت یا دفع آن تصمیم مناسب را اتخاذ کنند.

BOD: اکسیژن بیولوژیکی مورد نیاز

COD: اکسیژن شیمیایی مورد نیاز

DO: میزان اکسیژن مورد نیاز

TDS: تعداد ذرات معلق مایع در مایع

TSS: تعداد ذرات معلق جامد در مایع

پ.۲-۹- مواد زاید و زباله

موادی هستند که پس از فعالیتهای مختلف اعم از صنعتی، معدنی و... به صورت ماده زاید در می آید و از نظر تولیدکننده بلا استفاده تشخیص داده می شود. مانند مواد شیمیایی و دارویی، روغن سوخته، پلاستیک و لاستیک و... موادی زاید به حالت های جامد، مایع و گاز می باشند.

پ.۲-۱۰- نحوه و محل دفع مواد زاید

چنانچه کارگاه اقدام به دفع مواد زاید جامد صنعتی کند، محل دفع این مواد می تواند در محل کارگاه یا در خارج از کارگاه صورت گیرد که این امر می تواند در محل دفع شهرداری ها و یا سایر مکان ها انجام پذیرد. نحوه ی دفع شامل: دفن (قراردادن مواد زاید جامد در اعماق خاک)، سوزاندن (در فضای آزاد یا توسط دستگاه زباله سوز)، بازیافت (جداکردن بخشی از مواد زاید به منظور استفاده ی مجدد) و... .

پ.۲-۱۱- تجهیزات کنترل آلودگی هوا

کارگاه برای کنترل آلودگی هوا از وسایل و تجهیزاتی استفاده می کند. از جمله این دستگاه ها می توان به الکتروفیلتر، اسکرابر، بگ فیلتر و سیکلون اشاره کرد.

پ.۲-۱۲- الکتروفیلتر (رسوب دهنده ی الکترواستاتیک)

دستگاهی است جهت کنترل آلودگی هوا در کارگاه های صنعتی و در مواردی که بخواهند ذرات را از حجم زیاد گاز تولیدشده در بخش های مختلف کارگاه خارج کنند مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش ابتدا ذرات بر اثر الکترون هایی که از یک الکتروود با ولتاژ زیاد به طرف الکتروود دیگری هدایت می شوند، باردار یا شارژ می شوند (الکتروود مثبت). باید توجه داشت که الکترون ها دارای بار منفی می باشند. در اثر باردار شدن، این ذرات به بدنه ی لوله می چسبند

که هرچند گاه با ضربه زدن به بدنه‌ی لوله از سیستم خارج می‌شوند. این دستگاه‌ها دارای هیچگونه قطعه متحرک نبوده و تنها با الکتریسیته کار می‌کنند و از این رو ارزان بوده و کاربرد زیادی دارند.

پ.۲-۱۳- اسکرابر

دستگاهی است جهت کنترل آلودگی هوا در کارگاه‌های صنعتی که جهت جمع کردن ذرات بزرگ (تقریباً بالای ۵۰ میکرون) استفاده می‌شود. نوع موثر آن حالتی است که آب، نزدیک به دهانه‌ی خروجی گاز به صورت در هم پاشیده شده و با گاز برخورد می‌کند و هر چه اندازه‌ی قطرات آب و حباب‌ها بزرگ‌تر باشند، عمل جداسازی ذرات بهتر صورت می‌گیرد.

پ.۲-۱۴- بگ فیلتر (فیلتر کیسه‌ای - فیلتر پاکتی)

دستگاهی است جهت کنترل آلودگی هوا در کارگاه‌های صنعتی که نظیر کیسه‌های جارو برقی عمل می‌کند. بدین ترتیب که هوا یا گاز آلوده از آن عبور داده می‌شود و در نتیجه ذرات کوچک و بزرگ توسط آن جذب می‌شوند. چنین فیلترهایی باید هر چند وقت یک‌بار خالی و تمیز شوند. این نوع فیلترها در صنعت کاربرد بسیار دارند، اما در مقابل حرارت و رطوبت بسیار حساس هستند.

پ.۲-۱۵- سیکلون (چرخش دهنده‌ها)

دستگاهی است جهت کنترل آلودگی هوا در کارگاه‌های صنعتی که جهت جداسازی ذرات بزرگ بسیار متداول است. هوای آلوده با فاصله‌ای نسبت به خط محور و مرکزی دستگاه، با شدت تمام به داخل سیلندری مخروطی شکل وزیده می‌شود، این عمل باعث ایجاد یک حرکت چرخشی یا گردابه‌ای هوا در داخل بدنه مخروطی شکل شده و در نتیجه ذرات جامد بزرگ‌تر (سنگین‌تر) را به دیواره‌ی سیلندر می‌نشانند که در نهایت در قسمت پایین مخروط جمع می‌شوند. در سامانه‌های صنعتی به طور معمول چند سیکلون در کنار هم قرار می‌گیرند.

پیوست ۳

**جدول‌های مربوط به محتویات آب
مجازی کالاهای صنعتی**

جدول‌های مربوط به محتویات آب مجازی کالاهای صنعتی با توجه به تعداد زیاد و حجم بالای آنها به صورت یک فایل با همین نام در لوح فشرده قرار داده شده است، که با توجه به این جدول‌ها می‌توان تمامی پارامترها و همچنین روند محاسبات و جمع‌آوری را ملاحظه نمود.

پیوست ۴

نرم افزار کاربردوست «تجارت آب
مجازی» به منظور محاسبه گام به گام
«پیوند تجارت آب مجازی و بیلان
منابع آب در محدوده جغرافیایی
کشور»

کلیه اطلاعات مورد استفاده در تحلیل های بالا در قالب یک نرم افزار تهیه شده است و محاسبات هر جدول با جداول دیگر برای هر کدام از محدوده های زیر مرتبط شده است. در لوح فشرده پیوست، ارایه نرم افزار کاربردوست به منظور محاسبه ی گام به گام تجارت آب مجازی در سطح کشور ارایه شده است. در این نرم افزار، چندین منو دیده می شود که منوهای سمت راست نشان دهنده ی اطلاعاتی است که کاربر باید وارد کند. خروجی نرم افزار هم مشابه جدول (۴-۱) است که در این گزارش ارائه شد و کاربران را قادر می سازد تا واکاوی های لازم را برابر شیوه ی ارائه شده در بخش پایانی این گزارش انجام دهند.

منابع و مراجع

- ۱- برنامه توسعه سازمان ملل (۱۳۷۴)، «گزارش توسعه انسانی ۱۹۹۴، جدول‌ها و گزیده‌ای از متن»، مرکز مدارک اقتصادی- اجتماعی و انتشارات سازمان برنامه و بودجه، تهران.
- ۲- روحانی، ن. و امین، س. (۱۳۸۵)، «بررسی مصارف آب در ایران»، پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز.
- ۳- سلطانی، غلامرضا (۱۳۸۲)، «کارایی اقتصادی و اصلاح الگوی کشت»، نشریه شماره ۱۱۳-۰۹-۸۲-۲ شرکت سهامی مدیریت آب، دفتر اقتصاد آب.
- ۴- صبوحي، محمود و سلطانی، غلامرضا (۱۳۸۷)، «بهینه‌سازی الگوی کشت در سطح حوضه آبریز با تاکید بر منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی: مطالعه موردی منطقه خراسان»، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴۳-الف.
- ۵- قاسمی، ح. (۱۳۷۸)، «مطالعات الگوی برنامه ریزی غذا و تغذیه، طرح مابا»، انستیتو تحقیقات تغذیه کشور و سازمان برنامه و بودجه، تهران.
- ۶- گوئل، ک. (۱۳۷۶)، «شاخص‌شناسی در توسعه اقتصادی و حساب‌های ملی در بستر سبز»، انتشارات شرکت چاپ و نشر بازرگانی، تهران.
- ۷- گولدين، ی. و وینترز، ل.آ. (۱۳۷۹)، «اقتصاد توسعه پایدار»، ترجمه دکتر غلامرضا آزاد و عبدالرضا رکن‌الدین افتخاری، انتشارات موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، تهران.
- ۸- لطفی، ا. (۱۳۸۱)، «مدیریت آب در کشاورزی؛ پیامدهای اقتصادی- اجتماعی»، نشریه شماره ۶۳، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- ۹- مارکاندیا، آ. (۱۳۸۱)، «سیاست‌هایی برای توسعه پایدار؛ چهارمقاله»، ترجمه حمیدرضا اشرف‌زاده، انتشارات روستا و توسعه، تهران.
- ۱۰- مختاری، د. (۱۳۷۸)، «بررسی امنیت غذایی و هماهنگی بین الگوهای تولید و مصرف در مناطق روستایی استان فارس، کاربرد مدل تقاضای به نسبت ایده‌آل (A.I.D.S.)»، پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز.
- ۱۱- مختاری، د. (۱۳۸۴)، «بررسی امنیت غذایی خانوارهای شهری و روستایی ایران»، گزارش طرح پژوهشی، موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، تهران.
- ۱۲- مطوف، ش (۱۳۷۹)، «نقش فرهنگ، مشارکت و محیط زیست در توسعه پایدار منطقه‌ای»، پژوهش، شماره ۲: ۱۴.
- 13- AAFC, (2000), "Water requirements for pastured livestock", Agriculture and Agri-Food Canada, Canada. <http://atn-riac.agr.ca>, 13 Sept. 2002.

- 14- Adamu, S., (1993), "disaggregated human development Index within nigeria", background paper for human development report 1994. UNDP, New york.
- 15- Akder, A.H., (1993), "Disaggregated human Development Index: A Means to closing Gaps.", paper presented at seminar on the Uses of the Human Development Index, february 17-18, UNDP, New york.
- 16- Alan, T., (2002), "Water resources in semi-arid regions: Real deficits and economically invisible and politically silent solutions", in: Turton A. and Henwood, R. (eds.), *Hydropolitics in the Developing World: A Southern African Perspective*. Pretoria: African Water Issues Research Unit. Pretoria: African Water Issues Research Unit (AWIRU).
- 17- Alberta, (1996), "Water requirements for livestock", Agriculture Food and Rural Developments, Alberta. <http://www.agric.gov.ab.ca/agdex/400/00716001.html>, 18 Sept. 2002.
- 18- Alberta, (2000), "Average daily and annual water requirements", Agriculture Food and Rural Developments. <http://www.agric.gov.ab.ca/servleton/Water Requirements>. Water Requirements, 18 Sept.
- 19- Alderman, H., (1993), "Food preferences and nutrition", In: Craig, G.M. (Ed.), *"The Agriculture of Egypt"*, Oxford University Press, Oxford.
- 20- Allan, J.A., (1993), "Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible", In: *Priorities for water resources allocation and management*, ODA, London, pp. 13-26.
- 21- Allan, J.A., (1994), "Overall perspectives on countries and regions", In: Rogers, P. and Lydon, P. *Water in the Arab World: perspectives and prognoses*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 65-100.
- 22- Allan, J.A., (1995), "The role of drought in determining the reserve water sector in Israel", *Drought Network News*, 7(3), October. www.ensc.unl.edu/ndmc/center/dnn.
- 23- Allan, J.A., (1996) "The Political Economy of Water: Reasons for Optimism but Long Term Caution", in Allan, J.A. & Court, J.H. (Eds.) 1996. *Water, Peace and the Middle East: Negotiating Resources in the Jordan Basin*. I.B. Taurus Publishers: London
- 24- Allan, J.A., (1997), "Virtual water: A long term solution for water short Middle Eastern economies?", Occasional Paper 3, School of Oriental and African Studies (SOAS), University of London.
- 25- Allan, J.A., (1998a), "Virtual water: a strategic resource, Global solutions to regional deficits", *Groundwater*, 36(4), pp 545-546.
- 26- Allan, J. A., (1998b), "Global soil water: A long term solution for water-short Middle Eastern Economies", *Proceeding of water workshop: Averting a water crisis in the Middle East - make water a medium of cooperation rather than conflict*, Green Cross International, Mar, 1998, Geneva. <http://web243.petrel.ch/GreenCrossPrograms/waterres/middleeaston/allan.html>.
- 27- Allan, J.A., (1999), "Water stress and global mitigation: water food and trade", *Arilands newsletter* 45. <http://ag.arizona.edu/OALS/ALN/aln45/allan.html>.
- 28- Allan, J.A., (2000), "Contending Environmental Knowledge on Water in the Middle East: Global, Regional and National Contexts". In Stott, P. & Sullivan, S. (Eds.) *Political Ecology: Science, Myth and Power*. London: Arnold & New York: Oxford University Press ISBN 0 340-76165 2
- 29- Allan, J.A., (2001), "The Middle East water question: Hydropolitics and the global economy", I.B. Tauris, London.

- 30- Allan, J.A., (2003), "Virtual Water Eliminates water wars? A case study from the Middle East"
- 31- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and Smith, M., (1998) "Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements", FAO Irrigation and Drainage ,56, FAO, Rome, Italy.
- 32- Allen, R.G., M. Smith, A. Perrier, and L.S. Pereira, (1994a), "An update for the definition of reference evapotranspiration ICID Bulletin", 43(2), pp 1-34.
- 33- Allen, R.G., M. Smith, A. Perrier, and Pereira, L.S., (1994b), "An update for the calculation of reference evapotranspiration ICID Bulletin", 43(2), pp 35-92.
- 34- Anderson, K., (2002), "Basics of Feeding Horses: What to Feed and Why", University of Nebraska, Institute of Agriculture and Natural Resources. <http://www.ianr.unl.edu/pubs/horse/g1350.htm>, 4 Oct. 2002.
- 35- Bell, S. and Morse, S., (1999), "Sustainability Indicators", Eartscan Publications Limited, UK.
- 36- Berkoff, J. (2001) "Unpublished Report on Irrigation Costs".
- 37- Blackburn, H., (1998), "Livestock production, the environment and mixed farming systems", FAO, Rome, Italy. <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6141E/X6141E00.HTM>, 26 Sept. 2002.
- 38- Boleman, L. L., Herd, B. D., and Boleman, C. T., (2001), "Managing Beef cattle for show", The Texas A & M University system. <http://tonexax4-h.tamu.edu>, 2 Oct. 2002.
- 39- Bouwer, H., (2000), "Integrated water management: emerging issues and challenges, Agricultural Water Management", 45, pp 217-228.
- 40- Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y., (2003), "Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international trade of livestock and livestock products", Value of Water Research Report Series, 13, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands
- 41- Chapagain, A. K. and Hoekstra, A. Y., (2004), "Water footprints of nations", Value of Water Research Report Series , 16, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- 42- Clarke, D., M. Smith, and El-Askari, K., (1998), "CropWat for Windows: User guide", Version 4.2, www.fao.org.
- 43- Duch, R., (2002), "Democracy and poor Education: A Dangerous Cocktail?", University of Houston, november.
- 44- Earle, A., (2001), "The role of virtual water in food security in Southern Africa", Occasional, 33, School of Oriental and African Studies (SOAS), University of London. Virtual water trade in relation to international crop trade / 47
- 45- Elliot, A.J. (1996), "An Introduction to Sustainable Development", second edition, published by Routledge, London.
- 46- Falkenmark, M., (1989), "The Massive Water Scarcity Now Threatening Africa – Why isn't it being addressed?", Ambio, 18(2), pp. 112 – 118
- 47- FAO, (1987), "Animal feed resources for small-scale livestock producers", Proceedings of the second Pastures Network for Eastern and Southern Africa (PANESA) workshop, Kategile, J.A., Said, A.N. and Dzowela, B.H., (Eds.), "International Development Research Centre, Nairobi, Kenya, Nov 11, 1985-Nov 15, 1985. <http://www.cgiar.org/ilri/InfoServ/Webpub/Fulldocs/X5548e/X5548e00.htm>.
- 48- FAO, (1995), "World livestock production system", FAO, Rome, Italy. <http://www.fao.org/ag/AGA/LSPA/Paper127/Metho.htm>, 14 Nov. 2002.
- 49- FAO, (1997), "Water resource of the Near East region: a review", 38 p.

- 50- FAO, (2000), "Livestock productions system classification", FAO, Rome, Italy. <http://www.fao.org/lead/aaa-%20old%20%20delete/tonoolbox/Refer/ProSystR.htm>, 17 Oct. 2002.
- 51- FAO (2002a), "Domestic Animal Diversity Information System", On-line database (DAD-IS), FAO, Rome, Italy. [http://dad.fao.org/cgi-dad/\\$cgi_dad.dll/databases](http://dad.fao.org/cgi-dad/$cgi_dad.dll/databases), 11 Oct. 2002.
- 52- FAO, (2002b), "Global Livestock Production and Health Atlas", GLiPHA, FAO, Rome, Italy. http://www.fao.org/ag/aga/glipha/english/index_en.html, 1 Nov. 2002.
- 53- FAO, (2002c), "Livestock Statistics", FAO, Rome, Italy. http://www.fao.org/es/ESS_rmlive.htm, 14 Nov. 2002.
- 54- FAO, (2003), "Technical Conversion Factors for Agricultural Commodities", FAO, Rome.
- 55- FAO, (2003a), "AQUASTAT", FAO, Rome, Italy. <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/dbase/index.stm>, 1 July 2003.
- 56- FAO, (2003b), "FAOSTAT", FAO, Rome, Italy. <http://apps.fao.org/page/collections>, 12 Aug. 2003.
- 57- FAO, (2003c), "Technical Conversion Factors for Agricultural Commodities", FAO, Rome, Italy. <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/ECONOMIC/ESS/pdf/tcf.pdf>, 20 Dec. 2003.
- 58- Fisman, R. and Gatti, R., (2000), "Decentralization and Corruption: Evidence across Countries", Development Research Group, the world Bank, October.
- 59- Gleick, P.H., (1993), "Water in crisis: A guide to the world's fresh water resources", Oxford University Press, New York, USA.
- 60- Greenaway, F., Hassan, R. and Reed, G. V., (1994), "An empirical analysis of comparative advantage in Egyptian agriculture", Appl. Eco., 26, pp 649-657.
- 61- Gregorica, M. J., (2000), "Water, The Forgotten Nutrient", Vigortone. <http://www.vigortone.com/water.htm>, 17 Sept. 2002.
- 62- Grobbelaar, N., G. Mills & Sidiropoulos, E., (2002), "Angola Prospects for Peace and Prosperity", South African Institute of International Affairs, Johannesburg
- 63- Haan, C. S., (1998), "Balancing livestock and environment: The grazing system", FAO, Rome, Italy. <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6137E00.HTM>, 26 Sept. 2002.
- 64- Haddadin, M. J., (2003), "Exogenous water - A conduit to globalisation of water resources", In: Hoekstra (ed) Virtual water trade, Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No. 12, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, the Netherlands.
- 65- Hernandez-Mora N., Llamas, M.R., Martinez, L., (2001), "Misconceptions in aquifer over-exploitation – implications for water policy in Southern Europe", in Agricultural Use of Groundwater – towards integration between agricultural policy and water resource management (C. Dosi), Kluwer Academic Publisher, pp 107-125.
- 66- Hoekstra, A.Y., (1998), "Perspectives on Water: An integrated model-based exploration of the future", International Books, Utrecht, the Netherlands.
- 67- Hoekstra, A.Y., (2003), (ed), "Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade", Value of Water Research Report Series No. 12, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, the Netherlands.
- 68- Hoekstra, A.Y., (2008), "Water neutral: reducing and offsetting the impacts of water footprints", Value of Water Research Report Series No. 28, UNESCOIHE, Delft, the Netherlands.

- 69- Hoekstra, A. Y and Chapagain, A. K., (2007), "Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern", *Water Resour Manage*, Vol 21, P35-48
- 70- Hoekstra, A. Y. and Hung, P. Q., (2002), "Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade", *Value of Water Research Report Series No. 11*, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands.
- 71- Hoekstra, A. Y. and Hung, P. Q., (2005), "Globalization of water resources: International virtual water flows in relation to crop trade", *Global Environmental Change*, 15(1), pp 45-56.
- 72- Hopkins, N.S., (1993), "Small farmer households and agricultural sustainability in Egypt", In: Faris, M.A. and Khan, M.H. (Eds.), *Sustainable Agriculture in Egypt*. Lynne Rienner Publishers, Boulder, Colorado.
- 73- Horlemann, L and Neubert, S., (2007), "Virtual water trade Arealistic concept for resolving the water crisis?", *German Development Institute (DIE)*.
- 74- Irwin, R. W., (1992), "Water requirements of livestock", *Ministry of Agriculture and Food, Ontario*. <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/engineer/facts/86-053.htm>, 18 Sept. 2002.
- 75- ITC, (2004), "PC-TAS version 1997-2001 in HS or SITC", CD-ROM, *International Trade Centre*, Geneva.
- 76- Jain, K.SH and K.V., (2007), "Status of virtual water trade from India Current science", Vol. 93, No 8.25, P 1093-1099
- 77- Jermar, M.K., (1987), "Developments in water science: Water resources and water management", pp. 204-207. Elsevier Science Publishing Company Inc., The Netherlands. Kammerer, J.C. (1982) 'Estimated demand of water for different purposes, in: IWRA, (Ed.) *Water for Human Consumption*, pp. 161-168.
- 78- Kaufmann, D., Art K. and Mastruzzi, M., (2003), "Governance Matters III: Governance Indicators for 1996-2002", *The world Bank*, June 30.
- 79- Keng, H. s. and Nurhayati, B. sh. A., (2001), "Measuring Development progress: the Development Idicators for Malaysia", a paper Prepared for the UN Workshop on Development Indicators for the ASEAN Countries, Department of Statistics, Malaysia.
- 80- Khedr, H., Ehrich, R. and Fletcher, R., (1996), "Nature, rationale and accomplishments of the agricultural policy reforms, 1987-1994", In: Fletcher, L.B. (Ed.), *Egypt's Agriculture in a Reform Era*. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- 81- Kollar K.L. and MacAuley, P., (1980), "Water use in United States industrial and commercial production", In: Gleick, P.H., (Ed.) *Water in Crisis: A guide to the World's Fresh Water Resources*, pp. 404-405.
- 82- Krieth, M., (1991), "Water Inputs in California food Production". *Water Education Foundation: Sacramento*.
- 83- Krugman, P.R and Obstfield, M., (1995), "International economics: theory and policy (3rd ed)", Harper Collins; New York.
- 84- Lee w., (2003), "Is Democracy More Expropriative than Dictatorship? Tocquevillian wisdom Revisited", *Journal of Development Economics*, 71(1), pp 155-198.
- 85- Liu, J. and Savenije, H.H.G., (2008), "Food consumption patterns and their effect on water requirement in china UNESCO-IHE", *Value of Water Reasearch Report Series No. 30*
- 86- Llamas, M.R. and Custodio, E., (2003), "Intensive use of Groundwater– challenges and opportunities", *Balkema Publishers Dordrecht*, pp 13-31.

- 87- Looper, L. M. and Waldner, D. N., (2000), "Water for Dairy Cattle", College of Agriculture and Home Economics. www.cahe.nmsu.edu, 1 Nov. 2002.
- 88- Merrett, S., (2003), "Virtual water and Occam's razor", Water Resources Consultant Occasional, 62, SOAS Water Issues Study Group School of Oriental and African Studies/King's College London University of London
- 89- Miller, G.T., (1998), "Living in the Environment (3rd ed.)", Wadsworth: Johannesburg
- 90- Mori K. (2003), "Virtual Water Trade in Global Governance", in Hoekstra ed. (2003).
- 91- Nassar, S., Sands, F.B., Omran, M.A., Krenz, R., (1996), "Crop production responses to the agricultural policy reforms", In: Fletcher, L.B. (Ed.), Egypt's Agriculture in a Reform Era. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- 92- NCDENR, (2002), "Water efficiency: Industry Specific Processes, Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance", North Carolina Department of Environmental and Natural Resources. www.p2pays.org, 19 Sept. 2002.
- 93- NDSU, (1992), "Livestock and water", North Dakota State University. http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_DS085, 4 Oct. 2002. 57
- 94- Nielsen, M. and Haugvard, J., (2000) "Democracy, corruption and Human Development", University of Aarhus, Denmark, spring.
- 95- Nyagwambo, N.L., (1998), "Virtual water' as a water demand management tool: The Mupfure river basin case", MSc thesis DEW 045, IHE Delft, the Netherlands.
- 96- OECD, (2002), "Agricultural policies in OECD countries monitoring and evaluation", Paris.
- 97- Ohlsson, L. (1998), "Water and Social Resource Scarcity", An Issue Paper Commissioned by FAO/AGLW. Presented as a discussion paper for the 2nd FAO E-mail Conference on Managing Water Scarcity. WATSCAR 2.
- 98- Ohlsson, L., (1999), "Environment Scarcity and Conflict: A Study of Malthusian Concerns", Department of Peace and Development Research, Göteborg University ISBN 91-87380-43-9
- 99- Oki, T. and Kanae, S., (2004), "Virtual water trade and world water resources", Water Science & Technology, 49(7), pp 203-209.
- 100- Oki, T., M. Sato, A., Kawamura, M., Miyake, S., Kanae and Musiake, K., (2003), "Virtual water trade to Japan and in the world". In: Hoekstra, A.Y. (ed) 'Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade', Value of Water Research Report Series No 12. UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, the Netherlands.
- 101- Pallas, P., (1986), "Water for Animals", FAO, Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/R7488E/r7488e00.htm>, 2 Oct. 2002.
- 102- Paris, T.R., (2002), "Crop-animal systems in Asia: socio-economic benefits and impacts on rural livelihoods", Agricultural Systems, 71, pp. 147-168. www.elsevier.com/locate/agsy.
- 103- Pirelli, G. J., Weedman-Gunkel, and Weber, D. W., (2000), "Beef production for small farms: An overview, Oregon State University". <http://eesc.orst.edu/agcomwebfile/edmaton/>, 11 Oct. 2002.
- 104- Postel, S.L., G.C. Daily, and Ehrlich, P.R., (1996), "Human appropriation of renewable fresh water", Science 271, pp 785-788.
- 105- Ramirez, A. and Ranis, G., (1997), "Economic Growth and Human Development", YALE University, Center Discussion, 787, December.
- 106- Raskin, P., P. Gleick, P. Kirshen, G. Pontius and Strzepek, K., (1997), "Water futures: Assessment of longrange patterns and problems Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world", Stockholm Environment Institute, Stockholm, Sweden.

- 107-Renault D. and Wallender, W.W., (2000), "Nutritional Water Productivity and Diets: From « Crop per drop »towards « Nutrition per drop »", *Agricultural Water Management*, 45, pp 275-296.
- 108-Renault, D., (2002), "La valeur de l'eau virtuelle dans la gestion de l'alimentation humaine", *Actes des 27emes journées de la Société Hydrotechnique de France, Eau et Economie*, 24-26 septembre 2002,8p.
- 109-Renault, D., (2003), "Value of virtual water in food: Principles and virtues", In: *Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No. 12*, ed.
- 110-Rockstrom, J. and Gordon, L., (2001), "Assessment of green water flows to sustain major biomes of the world: implications for future ecohydrological landscape management", *Phys. Chem. Earth (B)*, 26, pp 843-851.
- 111-Rodgers, P., (2003), "Keynote address", *Stockholm International Water Symposium – August 2003*.
- 112-Rosegrant M. and Ringler, C., (1999), "Impact on food security and rural development of re-allocating water from agriculture", IFPRI, Washington DC.
- 113-Rosegrant, M.W. and Svendsen, M., (1993), "Asian food production in the 1990s: Irrigation investment and management policy". *Food Policy*, 18(2), pp. 13-32.
- 114-Russell, B., (1996), "History of Western Philosophy and its Connection with Political and Social Circumstances from the Earliest Times to the Present Day", London: Routledge.
- 115-SARPN, (2002), "Regional Poverty Indicators", www.sarpn.org
- 116-Seckler, D., R. Barker and Amarasinghe, U., (1999), "Water scarcity in the twenty-first century", *Water Resources Development*, 15 (1), pp 29-42.
- 117-Shiklomanov, I.A., (1997), "Assessment of water resources and water availability in the world, Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world", World Meteorological Organisation, Geneva.
- 118-Smith, M., R.G. Allen, J.L. Monteith, A. Perrier, L.S. Pereira, and Segeren, A., (1992), "Report on the Expert Consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements", FAO, Rome, Italy, 28-31 May 1990.
- 119-Statistics Canada, (2002), "Livestock feed requirement study 1999 – 2000", Agriculture Division, Statistics Canada, Ottawa, Ontario. <http://www.statcan.ca/cgi-bin/downpub.cgi>, 2 Oct. 2002.
- 120-Stoner, R., (1994), "Future irrigation planning in Egypt", In: Howell, P.P., Allan, J.A. (Eds.), *The Nile: Sharing a Scarce Resource*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- 121-Turton, A.R., (1998), "The Hydropolitics of Southern Africa: The Case of the Zambezi River Basin as an Area of Potential Co-Operation Based on Allan's Concept of Virtual Water", Unpublished M.A. Dissertation, Department of Political Science, Pretoria: University of South Africa (UNISA)
- 122-Turton, A.R., (1999), "Water Scarcity and Social Adaptive Capacity: Towards an Understanding of the Social Dynamics of Water Demand Management in Developing Countries", MEWREW Occasional Paper No. 9. Water Issues Study Group, School of Oriental and African Studies (SOAS), University of London. Available from: Websit <http://www.soas.ac.uk/Geography/WaterIssues/OccasionalPapers/home.html>
- 123-Turton, A.R., (2000a), "Precipitation, People, Pipelines and Power in Southern Africa: Towards a 'Virtual Water'-based Political Ecology Discourse". In Stott, P. & Sullivan, S. (Eds.) *Political*

- Ecology: Science, Myth and Power. London: Arnold & New York: Oxford University Press ISBN 0 340-76165 2
- 124- Turton, A.R., (2000b), "Water and Sustainable Development: A Southern Perspective. Forthcoming in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)" London: EOLSS Publishers. Available in Draft from Website <http://www.up.ac.za/academic/libarts/polsci/awiru>
 - 125- Turton, A.R. and L. Ohlsson, (1999), "Water Scarcity and Social Stability: Towards a Deeper Understanding of the Key Concepts Needed to Manage Water Scarcity in Developing Countries". Paper presented to the 9th Stockholm Water Symposium. Available in Draft from Website <http://www.soas.ac.uk/Geography/WaterIssues/OccasionalPaper/home.html>
 - 126- Turton, A.R. and Meissner, R., (2000), "The Hydrosocial Contract and its Manifestation in Society: A South African Case Study", Forthcoming chapter in a book as yet untitled. Available in Draft from Website <http://www.up.ac.za/academic/libarts/polsci/awiru>
 - 127- Twort, A.C., Ratnayaka, D.D. and Brandt, M.J., (2000), "Water supply". Fifth edn, pp. 15-18. Arnold, London.
 - 128- UMCE, (2002), "Watering System for Livestock", Bulletin 7129. <http://www.umaine.edu/waterquality/default.htm>, 27 Sept. 2002.
 - 129- UNDP, Human Development Report, (2002), Newyork, Oxford University press.
 - 130- UNDP, (2003), "Human Development Repor", Newyork, Oxford University press.
 - 131- United Nation Development Programms, (1997), "International Conference on Governance for Sustainable Growth and Equity", Newyork, 1997.
 - 132- UNSD, (2001), "Personal Computer Trade Analysis System", PC-TAS (CD-ROM). United Nations Statistics Division, New York, USA.
 - 133- US-AEP, (2002), "Clean Technologies in U.S. Industries: Focus on Food Processing", Water use in Food Industry, United States-Asia Environmental Partnership. <http://www.usaep.org/reports/food.htm>, 12 Sept. 2002.
 - 134- USDA, (1998), "Chickens and Eggs Final Estimates 1994-97", United States Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service. <http://www.usda.gov/nass/>, 7 Nov. 2002.
 - 135- USDA, (2002a), "Agriculture fact book 2000", U.S. Department of Agriculture, Office of communication. <http://www.usda.gov>, 11 Oct. 2002.
 - 136- USDA, (2002b), "Milk cows and production: Final estimates 1993-1997", United States Department of Agriculture, National agricultural statistical services. <http://www.ers.usda.gov>, 10 Oct. 2002. 58
 - 137- USDA, (2002c), "Livestock Slaughter: 2001 Summary", United States Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service. <http://www.ers.usda.gov>, 8 Oct. 2002.
 - 138- USDA, (2002d), "Livestock feeding and feed imports in the European Union - A decade of change", United States Department of Agriculture. <http://www.ers.usda.gov>, 11 Oct. 2002.
 - 139- Van der Leeden, F., F.L. Troise and Todd, D.K., (1990), "The water encyclopedia", Second edn, pp. 356-394. Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, USA.
 - 140- Van Oel, P. R, Mekonne, N and Hoekstra, A., (2008), "The external water footprint of Netherlands quantification and impact assessment UNESCO-IHE", Value of Water Reasearch Report Series No. 33
 - 141- Wackernagel, M. and Rees, W., (1996), "Our ecological footprint: Reducing human impact on the Earth", New Society Publishers, Gabriola Island, B.C., Canada.

- 142- Wackernagel, M., L. Onisto, A.C. Linares, I.S.L. Falfan, J.M. Garcia, I.S. Guerrero and Guerrero, M.G.S., (1997), "Ecological footprints of nations: How much nature do they use? - How much nature do they have? Centre for Sustainability Studies", Universidad Anahuac de Xalapa, Mexico.
- 143- Ward, P.N., (1993), "Systems of agricultural production in the Delta", In: Craig, G.M. (Ed.), The Agriculture of Egypt. Oxford University Press, Oxford.
- 144- Warner, J., (2003), "Virtual water – virtual benefits", In Hoekstra ed. (2003).
- 145- Wichelns, D., (2001), "The role of 'virtual water' in efforts to achieve food securities and other national goals, with an example from Egypt", Agriculture Water Management, 49, pp. 131-151. www.elsevier.com/locate/agwat.
- 146- Wichelns, D., (2004), "The policy relevance of virtual water can be enhanced by considering comparative advantages", Agricultural Water Management, 66(1), pp. 49-63.
- 147- Wilford, J. N., (1994), "Among the Dying species Are Lost Tribes of Mankind", New york Times. January 2, section 4.
- 148- Wollstonecraft, M., (1792), "Vindication of the Rigbts of woman: with stristues on political and Moral subjects", London: Joseph Jonhson.
- 149- World Bank, (1992a), "The world Bank Annual Report", Washington, D.C.
- 150- World Bank, (1993a), "The World Bank approach to water allocation and management in the Middle East and North Africa", Washington D.C., The World Bank.
- 151- World Bank, (1993b), "Water resources management", Washington DC, The World Bank, A World Bank Policy Paper, 140 pp. ISBN 0 8213 2638 8.
- 152- World Bank, (1996), "Pollution Prevention and Abatement: Meat Processing and Rendering", Draft Technical Background Document. pp. 337-340. Environment Department, Washington, D.C.
- 153- World Bank, (2002), "World development indicator data query", The World Bank Group. <http://devdata.worldbank.org/data-query/NewCountries.htm>, 11 Nov. 2002.
- 154- WUR, (2002), "Plant, Animal, Man & Environment", PAME, course material of the Wageningen University and Research Centre. <http://www.dpw.wau.nl/pdmm/3-ANIMAL/PECONCEPTON/pec01.htm> and its links, 20 Sept. 2002.
- 155- Yegnes, A., (2001), "Virtual water export from Israel: Quantities, driving forces and consequences", M.Sc. thesis DEW 166, IHE Delft, The Netherlands.
- 156- Yang, H. Wang, L. Abbaspour and Zehender, A. J. B., (2006), "Virtual water trade: an assessment of water use efficiency in the international food trade", Hydrology and earth system science, Vol 10, P 443-454
- 157- Yang, H. and A. J.B. Zehnder, (2002), "Water scarcity and food import: A case study for Southern Mediterranean countries", World development, 30(8), pp. 1413-1430.
- 158- Yang, H., P. Reichert, K.C. Abbaspour and A.J.B. Zehnder, (2003), "A water resources threshold and its 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, ed. A. Y. Hoekstra, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- 159- Zimmer, D. and Renault, D., (2003), "Virtual water in food production and global trade: Review of methodological issues and preliminary results", In: Hoekstra (ed) 'Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade', Value of Water Research Report Series No. 12, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, the Netherlands.