



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



مروری بر اهمیت ردپای آبهای خاکستری، آبی و سبز در جهان

محمد علی ززولی، لاله کلانکش

استاد گروه بهداشت محیط دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ایران
دانشجوی دکتری بهداشتی بهداشتی، مرکز تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات پزشکی مازندران، ایران

خلاصه

این مطالعه میزان و ضریب آب یک کشور را از چشم انداز تولید، مصرف و همچنین جریان های آب مجازی بین المللی در راستای صرفه جویی ملی و تجارت نشان میدهد. کل میزان تخمینی شامل تجزیه ردپاهای آب، جریان آب مجازی و صرفه جویی آب در اجزای سبز، آبی و خاکستری آن است. حدود یک پنجم از میزان آب در سطح جهان مربوط به تولید برای صادرات است. به عنوان یک میانگین جهانی، سهم آب آبی و خاکستری در کل میزان آب محصولات معامله شده بین المللی کمی بیشتر از محصولات مصرفی داخلی است. از طرف دیگر، تجارت بین المللی محصولات صنعتی می تواند با افزایش ردپای آب جهانی همراه باشد که برابر با ۴ درصد از میزان ردپای آب های جهانی مربوط به تولید صنعتی است. حجم و الگوی مصرف و میزان هدر رفت آب در هر تن محصول مصرف شده عامل اصلی تعیین کننده ردپای آب مصرف شده است. این مطالعه ابعاد جهانی مصرف آب و آلودگی را نشان می دهد که چندین کشور به شدت به منابع آب در سایر نقاط متکی هستند

کلمات کلیدی: آب آبی، آب خاکستری، آب سبز

۱- مقدمه

آب تازه یک منبع تجدید پذیر اما محدود است. دسترسی به آب سالم و با کیفیت (آب شیرین) در زمان و مکان یکسان بسیار مهم است. رشد جمعیت همراه با ادامه توسعه اقتصادی و اجتماعی منابع کم آب جهان را تحت فشار قرار داده است در بسیاری از نقاط جهان، نشانه هایی از وجود سطح پایدار مصرف آب و آلودگی بیش از حد وجود دارد. حوادث گزارش شده از نقاط مختلف جهان مصرف زیاد از حد آنها، و همچنین افزایش میزان آلودگی آنها نشان دهنده کمبود آب در حال رشد است [۱، ۲]. نویسندگان متعدد در سراسر جهان تاکید بر ارزیابی و مدیریت آب در کشاورزی دارند. همچنین استدلال آنها برای برآورده ساختن چالش های حاد آب شیرین در استفاده های آبی



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



انسان نیاز به کاهش قابل توجهی مصرف آب در کشاورزی دارد. مفهوم رد پای آب برای اولین بار توسط Hoekstra در سال ۲۰۰۳ مطرح گردید. و سپس ضمن ارزیابی توسط Hoekstra و Chapagain در سال ۲۰۰۸ چارچوبی برای تجزیه و تحلیل ارتباط بین مصرف انسان و تخصیص آب شیرین جهان فراهم شد. در برنامه ریزی سیاست های ملی، دولت ها به طور سنتی دیدگاه صرفا ملی با هدف تطبیق منابع آب موجود کشور با نیازهای آب ملی را در نظر می گیرند. در این میان دولت ها به دنبال راه هایی برای برآوردن نیازهای مصرف کنندگان آب، بدون سوال از کل مقدار تقاضای آب هستند. در حال حاضر دولتها در جهان بر روی گزینه هایی برای کاهش تقاضای آب تاکید داشته و گزینه هایی برای افزایش منابع، و همچنین ابعاد جهانی الگوهای تقاضای آب در نظر نمی گیرند. از آنجایی که فرایندهای تولید در اقتصاد جهانی می تواند از یک مکان به مکان دیگر منتقل شوند، ولی نیازهای آبی یک ملت میتواند خارج از مرزهای جغرافیایی از طریق واردات برآورده شود. در حال حاضر همه کشورها تجارت کالاهایی با نیاز آب فراوان را انجام می دهند، اما تعداد کمی از دولت ها به صراحت گزینه هایی برای صرفه جویی در مصرف آب از طریق واردات محصولات یا استفاده ی نسبتا بالا برای تولید کالاهای مصرفی، برای صادرات را در نظر می گیرند [۳]. علاوه بر این، با توجه به استفاده از آب در داخل کشور خود، دولت ها یک دیدگاه جامع از پایداری مصرف ملی ندارند. بسیاری از کشورها به طور قابل ملاحظه ای ردپای آب جهانی داشته و بدون توجه به اینکه آیا محصولات وارداتی مربوط به آلودگی در کشورهای تولید کننده است یا نه اقدام به واردات محصولات مینمایند. **از طرف دیگر** شناخت وابستگی به منابع آب نه تنها در ارزیابی سیاست زیست محیطی، بلکه در ارزیابی امنیت غذایی ملی برای یک دولت و ملت اهمیت دارد [۴].

- تعریف آب مجازی

مفهوم آب مجازی به معنای توسعه راههایی برای تهیه و عرضه غذا، لباس و دیگر کالاهای با نیاز آبی فراوان برای ساکنان یک کشور که با کمبود آب مواجه هستند میباشد. تجارت جهانی کالاها به کشورهای دارای منابع آب محدود اجازه داده است تا به منابع آب کشورهای دیگر برای تامین نیازهای ساکنانشان تکیه کنند. همچنانچه غذا و سایر محصولاتی که در سطح بین المللی مورد استفاده قرار می گیرند، رد پای آب آنها از آب مجازی پیروی می کند [۵]. این به ما اجازه می دهد که محصولات تولیدی را به میزان آب مصرفی ارتباط دهیم. همچنین رد پای آب یک محصول به عنوان کل حجم آب شیرین که برای تولید محصول استفاده می شود تعریف می شود [۶]. از طرف دیگر جریان آب مجازی به چگونگی استفاده از منابع آب در یک کشور برای حمایت از مصرف در یک کشور دیگر اطلاق میشود.

-آب سبز، آب آبی، و آب خاکستری-



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



رد پای آب آبی به حجم آبهای سطحی و زیرزمینی مصرف شده (تبخیر) در نتیجه تولید کالا اشاره دارد . و رد پای آب سبز به آب باران مصرف شده اشاره میکند. پدیده آب خاکستری به میزان آب شیرینی که در نتیجه ی تولید یک محصول بار آلاینده های مضاعفی را بر اساس استانداردهای کیفیت آب جذب میکند اطلاق میشود. محدوده آب مصرف ملی به عنوان مقدار کل آب شیرینی که برای تولید کالاهای مصرف شده توسط ساکنان آن ملت استفاده میشود، تعریف می شود [۷]. رد پای آب مصرف ملی دارای دو جزء است: رد پای داخلی و خارجی. رد پای آب خارجی اشاره به تخصیص منابع آب در سایر کشورها برای تولید کالاها و خدماتی که به کشورهای دیگر وارد و مصرف می شود دارد. خارجی بودن میزان آب باعث کاهش فشار بر منابع داخلی آب می شود، اما فشار بر منابع آب کشور های دیگر را افزایش می دهد. انتقال آب مجازی در قالب تجارت بین المللی در محصولات کشاورزی به طور فزاینده ای به عنوان مکانیسم برای صرفه جویی در منابع آب خانگی و دستیابی به امنیت ملی کشور شناخته شده است [۸]. واردات آب مجازی ابزاری است که کشورها را قادر به صرفه جویی در منابع آب داخلی کمیاب ، با واردات محصولات پر مصرف آب و صادرات کالاها که نیاز به آب کمتری دارند، می سازد .از سوی دیگر، کشور های دارای منابع آبی فراوان می توانند با صادرات کالاهای خود از لحاظ اقتصادی سود فراوان کرده و تکیه گاهی برای دیگران کشورهای خشک جهان باشند. درک حوضه های آب یک ملت، برای توسعه سیاست های دقیق ملی، بسیار مهم است . مقدار آبهای مصرفی ملی متداول هر کشور محدود به آمار مربوط به برداشت آب در قلمرو خودشان هست. داده های آماری ارائه شده ی میزان رد پای آبهای ملی مبنی بر استفاده از آبهای سبز و حجمی که اختصاص به الودگی به وسیله فاضلاب (آبهای خاکستری) و همچنین حجم آبی که اختصاص به واردات و صادرات کالاهای مصرفی در سایر کشورها دارد را مشخص میسازد [۹]. ارزیابی کیفی و نقشه برداری از ردپاهای آب ملی، از زمان معرفی مفهوم رد پای آب در آغاز قرن حاضر، یک حوزه تکامل یافته است

- **چهارچوب سیاستهای استفاده از آب:**

اولین مطالعه جهانی در زمینه رد پای آبهای کشور توسط Hoekstra و Hung انجام شد دومین مطالعه ی جامع تر توسط Hoekstra و Chapagain انجام شد و در نشریات بعدی منتشر شد. با توجه به مطالعات انجام گرفته متأسفانه خلاء بزرگی در مطالعات رد پای انواع آبها در جهان وجود دارد و ایران نیز از این امر مستثنی نیست. رد پای آب یک شاخص جغرافیایی صریح است که نه تنها حجم مصرف آب و آلودگی را نشان می دهد، بلکه مکان ها را نیز نشان می دهد.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



همانگونه که در شکل بالا دیده میشود می توان گفت "میزان آب مصرف ملی" متفاوت از "رد پای آب در منطقه کشور است. اخیرا مقدار آب تولید ملی به عنوان کل حجم آب شیرین مصرف شده یا آلوده در قلمرو یک کشور به عنوان نتیجه ای از فعالیت در بخش های مختلف اقتصاد تعریف شده است و قابل محاسبه با جمع آوری رد پای آب از تمام فرایندهای مصرف آب یا آلودگی که در کشور اتفاق می افتد میباشد. و به طور کلی سه بخش عمده مصرف آب: بخش کشاورزی، بخش صنعتی و بخش تامین آب داخلی قابل تشخیص است [۱۰].

• ردیابی آب تولید ملی

ردیابی آب در تولید محصول کشورها اولین بار از Hoekstra و Mekonnen گرفته شده است. که برآورد میزان آب جهانی تولید محصول را با استفاده از مدل مصرف آب در تولید محصول در فاصله ۵ دقیقه تفکیک زمانی مکانی بیان میکند. در مطالعه آنها ردیابی آب در کشورهای صنعتی و تامین آب خانگی با استفاده از داده های خروجی آب از پایگاه داده AQUASTAT تخمین زده شد [۱۱]. همچنین برای برخی از کشورها، داده های خروجی آب برگرفته EUROSTAT است. در برخی مواقع معیار ارزیابی، جریان بازگشتی در محیط بدون نیاز به تصفیه قبلی با فرض جریان برگشتی یک دقیقه ای به عنوان یک اندازه گیری از رد پای آب خاکستری است. در نهایت ردیابی داده های مربوط به انواع آنها با استفاده از منابع آب خانگی و تولیدات صنعتی هر کشوری قابل تعریف است [۱۲].

• آبهای مجازی بین المللی

جریان آبهای بین المللی مجازی توسط ضریب کالا، حجم تجارت و با محاسبه میانگین آب مربوط به هر تن محصول در کشور صادر کننده محاسبه می شود. هنگامی که یک محصول از کشور صادر می شود که محصول را تولید نمی کند، میزان متوسط آب محصول برای این جریان تجاری در نظر گرفته میشود. داده های مربوط به تجارت بین المللی محصولات کشاورزی و صنعتی از پایگاه داده SITA گرفته میشود. این پایگاه دیتاهای مربوط به کشورهای مختلف را تحت پوشش قرار میدهد. و همچنین برآوردهای زیست محیطی بیش از ۱۴۶ محصول کشاورزی از این پایگاه قابل ارزیابی است. همچنین داده های مربوط به ردیابی آبهای الوده شده با حیوانات و مزرعه ها، لاشه ی حیوانات و محصولات کشاورزی قابل استخراج میباشد [۱۳].

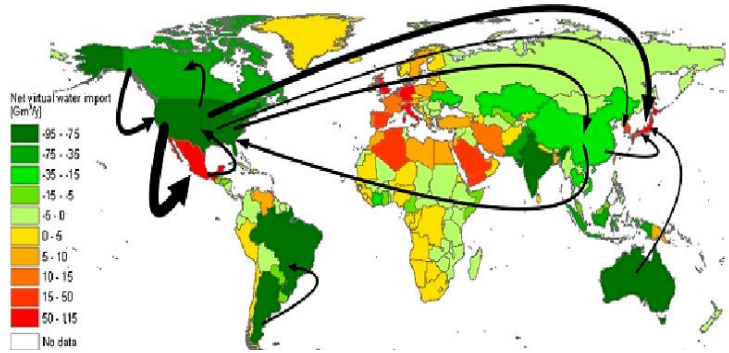


اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب



1st National Conference on
Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



شکل ۱- تعادل آب مجازی در هر کشور و جهت جریان آب ناخالص مجازی مربوط به تجارت محصولات کشاورزی و صنعتی در دنیا

| Rank (descending) | |
|---|---------------|
| BLUE | |
| Japan Indonesia North Korea Bangladesh Papua New Guinea | Net Importers |
| United States India Thailand China Pakistan | Net Exporters |
| GREEN | |
| Japan Mexico The Netherlands North Korea Spain | Net Importers |
| United States Argentina Australia Canada France | Net Exporters |
| TOTAL | |
| Japan Mexico North Korea The Netherlands Spain | Net Importers |
| United States Argentina Australia Canada France | Net Exporters |

جدول ۲- سهم واردات و صادرات در رد پای آب در جهان



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



• صرفه جویی در مصرف آب ملی و جهانی مربوط به تجارت بین المللی

صرفه جویی در مصرف آب ملی در نتیجه تجارت در یک کالای خاص، محاسبه می شود که حجم واردات خالص این کالاها در مقایسه با میزان مصرف آب در واحد کالای کشور در نظر گرفته شده است. بدیهی است، صرفه جویی محاسبه شده می تواند علامت منفی داشته باشد، که به معنی از دست دادن آب خالص ملی به جای صرفه جویی است. صرفه جویی در مصرف آب جهانی از طریق تجارت کالا بین دو کشور، به عنوان ، حجم زمانی اختلاف در مصرف آب در در کشور وارد کننده و صادر کننده محاسبه می شود. همچنین کل صرفه جویی در آب جهانی با جمع آوری جهانی به دست می آید. بر اساس تعریف، کل صرفه جویی در آب جهانی برابر با مجموع صرفه جویی های ملی کشورهای مختلف است [۱۴].

| | Agricultural production | | | Industrial production | Domestic water supply | Total |
|--|-------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| | Crop production | Pasture | Water supply in animal raising | | | |
| Global water footprint of production, Gm ³ /y | | | | | | |
| Green | 5,771* | 913 [†] | — | — | — | 6,684 |
| Blue | 899* | — | 46 [†] | 38 | 42 | 1,025 |
| Gray | 733* | — | — | 362 | 282 | 1,378 |
| Total | 7,404 | 913 | 46 | 400 | 324 | 9,087 |
| Water footprint for export, Gm ³ /y | — | 1,597 | — | 165 | 0 | 1,762 |
| Water footprint for export compared to total, % | — | 19 | — | 41 | 0 | 19 |

جدول ۳-۱. رد پای جهانی آب در جهان از ابعاد مختلف مصرفی

| | Related to trade in agricultural products | Related to trade in industrial products | Total |
|--|---|---|-------|
| Related to export of domestically produced goods | 1,597 | 165 | 1,762 |
| Related to reexport of imported goods | 441 | 117 | 558 |
| Total | 2,038 | 282 | 2,320 |

جدول ۴. رد پای جهانی آب با توجه به واردات و صادرات کالا

• رد پای آب با توجه به مصارف ملی



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



ردپای آب مصرفی ملی کالاهای کشاورزی و صنعتی را می توان از طریق پایین به بالا یا بالا به پایین محاسبه کرد. در رویکرد پایین به بالا، میزان آب مصرف ملی به عنوان محدوده آب در داخل کشور و همچنین واردات آب مجازی بدون هزینه صادرات مجازی آتقابل محاسبه است. صادرات مجازی آب ناخالص بوسیله ضرب حجم صادرات محصولات صادراتی مختلف در آب مورد استفاده در تولید محصول نشان داده میشود. این در حالی است که در رویکرد پایین به بالا، میزان آب مصرف ملی با اضافه کردن اثرات مستقیم و غیرمستقیم آب مصرف کنندگان در داخل کشور محاسبه می شود [۱۵]و

نتیجه گیری

این مطالعه نشان می دهد که حدود یک پنجم از ردیف آب جهانی مربوط به تولید برای مصرف داخلی است. حجم جهانی صرفه جویی در مصرف آب از تجارت بین المللی در محصولات کشاورزی معادل ۴٪ از میزان آب جهانی برای تولید محصولات کشاورزی است. حجم نسبتاً زیاد جریان آب مجازی بین المللی، صرفه جویی در مصرف آب ملی و وابستگی به آب های خارجی این استدلال را برای بررسی مسائل کمبود آب منطقه ای در یک زمینه جهانی تقویت می کند. دو عامل تعیین کننده میزان آب مصرف ملی است: (۱) حجم و الگوی مصرف و (۲) رد پای آب در هر تن محصولات مصرفی. همچنین در مورد محصولات کشاورزی، بستگی به شرایط آب و هوایی، آبیاری و باروری و عملکرد محصول دارد. کشورهای صنعتی دارای رد پای آب در محدوده ۱۲۵۰-۲۸۵۰ متر مکعب در سال / ساله هستند، در حالیکه کشورهای در حال توسعه دارای دامنه بسیار وسیع تر از ۳۸۰۰-۵۵۰ متر مکعب در سال است. مقادیر پایین برای کشورهای در حال توسعه مربوط به حجم مصرف کم است و مقادیر بزرگ به ردیابی آبهای با حجم بالادر هر واحد مصرف اشاره دارد. با توجه به پارامترهای مذکور مطالعه حاضر اطلاعات مهمی در مورد ردگیری آبهای اقلیم، اطلاعاتی از نوع آب (سبز، آبی یا خاکستری) به دست می دهد. این گزارش نشان می دهد که چگونه محصولات مختلف و جوامع ملی به مصرف آب و آلودگی در مکان های مختلف کمک می کند. بنابراین این اطلاعات می تواند پایه مهمی برای ارزیابی بیشتر در مورد اینکه چگونه محصولات و مصرف کنندگان به مشکلات جهانی افزایش تخصیص آب شیرین در برابر منابع محدود، مشکلات منطقه ای در زمینه استفاده بیش از حد از منابع آب شیرین کمک می کنند، باشد. هنگامی که شروع به تهیه نقشه مربوط به ردپای آبهای مختلف در یک جامعه میشود ارتباط بین مصرف کنندگان، محصولات نهایی و همچنین مشکلات مربوط به کمبود آب منطقه ای ایجاد میشود. از



اولین همایش ملی
مدیریت مصرف و هدر رفت آب
1st National Conference on
Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

طرفی ایجاد چنین لینکی میتواند به گفتگوی مصرف کنندگان، تولید کنندگان واسطه ها (مانند پردازنده های مواد غذایی و خرده فروشان) و دولت ها در مورد چگونگی تقسیم مسئولیت برای کاهش هدر رفت آب کمک نماید.

References:

۱. Gleick, P.H., *Water in crisis: a guide to the worlds fresh water resources*. 1993.
۲. WWAP, U., *United Nations World Water Assessment Programme*. The World Water Development Report, 2009. 1.
۳. Vance, C.P., C. Uhde-Stone, and D.L. Allan, *Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource*. New phytologist, 2003. 157(3): p. 423-447.
۴. Molden, D. and C. de Fraiture, *Investing in water for food, ecosystems and livelihoods*. Blue Paper. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. International Water Management Institute, Colombo, 2004.
۵. Koster, R.D., et al., *Regions of strong coupling between soil moisture and precipitation*. Science, 2004. 305(5687): p. 1138-1140.
۶. Hoekstra, A.Y., et al., *Water footprint manual: State of the art 2009*. 2009.
۷. Redon, R., et al., *Global variation in copy number in the human genome*. nature, 2006. 444(7118): p. 444-454.
۸. Chapagain, A.K. and A.Y. Hoekstra, *The global component of freshwater demand and supply :an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products*. Water international, 2008. 33(1): p. 19-32.
۹. Mekonnen, M.M. and A.Y. Hoekstra, *National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption*. 2011.
۱۰. Hoekstra, A.Y. and A.K. Chapagain, *Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern*, in *Integrated assessment of water resources and global change*. 2006 ,Springer. p. 35-48.
۱۱. Meeting, J.F.W.E.C.o.F.A. and W.H. Organization, *Evaluation of Certain Food Additives: Seventy-first Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. Vol. 71. 2010: World Health Organization.
۱۲. Hoff, H., *Global water resources and their management*. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2009. 1(2): p. 141-147.
۱۳. Ma, J., et al., *Virtual versus real water transfers within China*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2006 : (۱۴۶۹)۳۶۱. p. 835-842.
۱۴. Nazer, D.W., et al., *Water footprint of the Palestinians in the West Bank*. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 2008. 44(2): p. 449-458.
۱۵. Smakhtin, V., C. Revenga, and P. Döll, *A pilot global assessment of environmental water requirements and scarcity*. Water International, 2004. 29(3): p. 307-317.



شرکت آب و فاضلاب کابل، پردیس فنی و مهندسی شهید باهنر

اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on
Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

