

## تجارت آب مجازی: ادبیات جهانی و کاربرد در ایران

رضا اردکانیان، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

روح الله سهرابی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف\*

\*تلفن: ۰۹۱۲۳۶۶۴۱۱۶، پست الکترونیکی: sohrabi@mehr.sharif.edu

### چکیده

آبی که در مراحل مختلف تولید یک کالا استفاده می‌گردد آب مجازی ذخیره شده در کالا نامیده می‌شود. تجارت جهانی کالاها یک جریان بین‌المللی از آب مجازی را بوجود می‌آورد. کشورهای کم‌آب می‌توانند با واردات محصولات آب‌بر، نظیر مواد غذایی، آبی را که برای تولید آن نیاز است را در بخشهای دیگر مصرف کنند. این تجارت با در نظر گرفتن مزیت نسبی کشورهای صادرکننده در تولید محصولات غذایی صورت می‌گیرد از اینرو کشوری به صادرات مواد غذایی می‌پردازد که از نظر منابع و عوامل تولید شرایط بهتری در تولید محصولات نسبت به کشورهای واردکننده داشته باشد. واردات آب مجازی بخشهای مختلف اقتصادی و اجتماعی یک کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با امنیت غذایی آن ارتباط مستقیم دارد. مطالعات زیادی در این زمینه به منظور تحریک سیاستهای کلان کشورها به سمت توسعه تجارت آب مجازی انجام شده است هدف از ارائه این مقاله معرفی و طبقه‌بندی مباحث مطرح شده در این زمینه است. همچنین با اشاره‌ای به ضرورتها و کاربرد این تجارت در ایران به معرفی برخی از نیازمندیهای مطالعاتی در کشور پرداخته شده است. کلید واژه‌ها: آب مجازی، ملاحظات اقتصادی و اجتماعی، مزیت نسبی، امنیت غذایی، ایران.

### ۱- معرفی

تولید بسیاری از کالاها به آب احتیاج دارد. آبی که در مراحل مختلف تولید یک کالا استفاده می‌گردد آب مجازی ذخیره شده در کالا نامیده می‌شود. برای مثال برای تولید یک کیلوگرم از غلات که بصورت دیم و در شرایط جوی مطلوب رشد کرده بین یک تا دو متر مکعب آب نیاز است و برای تولید همین مقدار غله در شرایط جوی نامطلوب (دما و تبخیر تعرق بالا) بین ۳ تا ۵ متر مکعب آب مصرف می‌شود [1]. تجارت جهانی کالاها یک جریان بین‌المللی از آب مجازی را بوجود می‌آورد که اصطلاحاً تجارت آب مجازی نامیده می‌شود. همزمان با آغاز تجارت بین‌المللی کالاها جریان آب مجازی از منطقه‌ای به منطقه دیگر در جهان در حال جریان است. واژه آب مجازی برای اولین بار توسط J.A. Allan در سال ۱۹۹۳ مطرح شد [2]. با توجه بیشتر دانشمندان و محققین به مفهوم آب مجازی، انجام محاسبات کمی در این زمینه آغاز شد. محاسبات انجام شده از جابجایی جریان عظیمی از آب که بطور مجازی با تجارت کالاهای

آب بر در حال جریان است، خبر می دهد. قبل از سال ۱۹۹۳ واژه آب جاسازی شده (water embedded) برای رساندن این مفهوم بکار می رفت اما نتوانست توجه مدیران منابع آب را به خود جلب کند [2].

#### ۱-۱ تجارت آب مجازی: ظرفیتها و ملاحظات

تحقیقات انجام شده توسط Hoekstra و Chapagain (۲۰۰۲) نشان می دهد که در سالهای ۱۹۹۹-۱۹۹۵ میزان متوسط سالانه آب مجازی در حال جریان توسط تجارت برخی از محصولات آب بر  $1031 \text{ km}^3$  بوده است که  $695 \text{ km}^3$  آن مربوط به تجارت محصولات کشاورزی و  $336 \text{ km}^3$  آن مربوط به تجارت دام و محصولات مشتق شده از آن بوده است. این نشان می دهد که ۱۳٪ آب مصرف شده برای تولید کالاهای کشاورزی بصورت مجازی وارد بازار تجارت شده است [1]. با در نظر گرفتن تجارت دام و محصولات آن می توان گفت که در مجموع ۲۰٪ از آب مصرف شده برای تولید محصولات کشاورزی و دامی در جریان مجازی آب بین کشورها مشارکت داشته است [3]. واژه آب مجازی، آب، غذا و تجارت را به یکدیگر پیوند می دهد (Allan 2003)، این اعداد و ارقام نیز به خوبی گواه این مطلب در مقیاس جهانی است. کشورهای خشک و نیمه خشک می توانند با واردات کالاهای آب بر نظیر مواد غذایی، آبی را که برای تولید آن نیاز است را برای استفاده در سایر بخشها حفظ کنند. انتقال آب حقیقی در حجم زیاد و در فاصله های طولانی به علت مشکلات انتقال و هزینه های بالای آن تقریباً غیرممکن به نظر می رسد، در این حال تجارت مواد غذایی می تواند با انتقال مجازی حجم عظیمی از آب به عنوان همگون سازی توزیع ناهمگون منابع آب به حساب آورده شود.

بخش کشاورزی به عنوان پر مصرف ترین بخش در حدود ۷۴٪ از منابع آب شیرین جهان را مصرف می کند [4]. برخی از کشورهای کم آب برای تأمین بخشی از این آب با نادیده گرفتن ظرفیتهای طبیعی به پمپاژ بیش از حد آبهای زیرزمینی و نمک زدایی آب دریا می پردازند. نتایج نشان می دهند که تولید محصولات در چنین شرایطی بیش از پنج برابر گرانتر است [5]. کشورهای کم آب می توانند با دخالت دادن تجارت آب مجازی در سیاستهای آبی علاوه بر اینکه میزان دسترسی خود را به منابع آب جهانی افزایش می دهند از افزایش فشار بر منابع محدود خود نیز بکاهند. واردات مواد غذایی به منظور استفاده از منبع تجارت آب مجازی بخشهای اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست یک کشور را تحت تأثیر قرار می دهد و با امنیت غذایی و فرهنگ کشور ارتباط مستقیم دارد. کشورهای کم آب می توانند با توجه به شرایط، ظرفیتهای و نیازهای داخلی و همچنین ملاحظات امنیت غذایی خود نقطه بهینه ای را برای میزان واردات مواد غذایی به کشور بیابند.

#### ۱-۲ آب آبی و آب سبز

در چرخه هیدرولوژی، منابع آب به دو دسته آب آبی و آب سبز تقسیم بندی می شوند. آبهای زیرزمینی و آبهای سطحی آب آبی را تشکیل می دهند، در حالیکه به رطوبت خاک در مناطق غیر اشباع آب سبز می گویند. منشاء آب آبی و آب سبز، بارندگی است. آب باران بعد از نفوذ در خاک و قبل از اینکه به منطقه اشباع برسد آب سبز را تشکیل می دهد، در حالیکه آبهای زیر زمینی (منطقه اشباع) و همچنین رواناب حاصل از این بارندگی که به رودخانه ها، دریاچه ها، پشت سدها و تالابها می پیوندد، آب آبی را شامل می شوند. کشاورزی دیم عمدتاً از بخش آب سبز حاصل از بارندگی تغذیه می کند در حالیکه کشاورزی آبی از آب آبی مهار شده ای که به زمینهای کشاورزی هدایت می شود سیراب می گردد. با توجه به نقش این دو در تولید مواد غذایی می توان گفت که منشاء آب مجازی آب آبی و آب سبز است. بر این اساس می توان آب مجازی را به آب مجازی آبی و آب مجازی سبز تقسیم بندی نمود [6].

آب سبز برای اولین بار توسط Falkenmark (1995) معرفی شد [7] تا اینکه بتوان با تفکیک آن از آب آبی با تقسیم بندی مناسبی از منابع آب، راحت تر آنرا مدیریت کرد. همچنین با استفاده از این مفهوم جدید بتوان به ارزیابی دقیق تری از نقش آب در تولید محصولات کشاورزی در مناطق نیمه خشک پرداخت. در مقایسه با آب آبی، آب سبز منبع بزرگتری از نظر حجم ذخایر آب شیرین و مشارکت در تولید مواد غذایی است، ۶۵٪ از نزولات آسمانی به آب سبز و باقی

به آب آبی تبدیل می شود [4]. همچنین در حدود ۸۰٪ زمینهای کشاورزی در جهان زیر کشت دیم هستند که ۶۰٪ غذای مردم را تولید می کنند [6]. بهره برداری از آب آبی به دلیل نیاز به شبکه های انتقال و توزیع آب بسیار گرانتر از آب سبز است اما همین قابلیت انتقال و توزیع، مدیریت آن را ساده تر کرده و گزینه های بهره برداری از آنرا (کشاورزی، صنعتی و خانگی) افزایش داده است در حالیکه تنها راه بهره برداری از آب سبز تولید محصولات دیم می باشد. در سالهای اخیر با ظهور مفهوم آب مجازی و درک نقش تجارت مواد غذایی در توزیع مجدد منابع آب و شناسایی استعداد مناطق در تولید محصولات با شاخصهای کمی جدید، مدیریت آب سبز آسانتر شده و بر بهره برداری بهینه از آن تأکید می شود.

## ۲- حفظ آب ملی و جهانی

بسیاری از کشورهای خشک و نیمه خشک با واردات مواد غذایی، بخشی از آبی را که برای تولید داخلی محصولات نیاز است را برای استفاده در سایر مصارف حفظ می کنند. به عنوان مثال مصر در سال ۱۹۹۵، ۷/۵ میلیون تن انواع غلات وارد کرده، تولید این مقدار غلات در مصر  $9/9 \text{ km}^3$  آب نیاز دارد. در همین سال ژاپن با واردات ۲۷ میلیون تن غلات  $37 \text{ km}^3$  از منابع آب داخلی خود را حفظ کرده است [8]. اگر تولید محصولات در کشورهای صادر کننده نسبت به کشورهای وارد کننده آب کمتری نیاز داشته باشد صرفه جویی در آب جهانی صورت می گیرد. به عنوان مثال کشور ژاپن در سال ۱۹۹۵ با واردات انواع محصولات کشاورزی از آمریکا که برای تولید آنها  $16/6 \text{ km}^3$  آب مصرف شده بود توانست  $28/1 \text{ km}^3$  از منابع آب ملی برای تولید این محصولات را حفظ کند با این کار  $11/5 \text{ km}^3 = 28/1 - 16/6$  از مصارف آب جهانی کاسته شد. اما زمانیکه تولید محصولات در کشورهای صادر کننده نسبت به کشورهای وارد کننده آب بیشتری نیاز داشته باشد مصرف آب جهانی افزایش می یابد. برای مثال اندونزی در سال ۱۹۹۵، ۲/۳ میلیون تن غلات از هند وارد کرد، تولید این مقدار غلات در اندونزی  $16/7 \text{ km}^3$  و در هند  $17/4 \text{ km}^3$  آب نیاز دارد بنابراین این تجارت  $0/7 \text{ km}^3$  مصرف آب جهانی را افزایش داد [8]. اصولاً مدیران منابع آب در سطح ملی علاقه ای به حفظ آب جهانی ندارند اما از آنجاییکه کشورهای تولید کننده از نظر طبیعی و تکنولوژیکی شرایط مناسبتری برای تولید دارند همواره در مصرف آب جهانی صرفه جویی شده است. آمارها نشان می دهد که در فاصله سالهای ۲۰۰۱-۱۹۹۷ آب مورد نیاز برای اینکه کشورها وارد کننده بتوانند برخی از محصولات کشاورزی مورد نیاز خود را در داخل مرزهای خود تولید نمایند، در مجموع، سالانه  $1605 \text{ km}^3$  بوده است اما به واسطه تجارت آب مجازی، آب مصرف شده برای تولید این محصولات به  $1253 \text{ km}^3$  کاهش یافته است که سالانه  $352 \text{ km}^3$  در مصرف آب جهانی صرفه جویی شده است [9]. بنابراین تجارت آب مجازی با بهره برداری بهتر از ظرفیتهای و منابع باعث کاهش مصرف آب جهانی می شود.

بررسی شرایط حاکم بر تولید محصولات کشاورزی و متغیرهای دخیل در میزان مصرف آب منجر به ابداع روشهای محاسبه آب مصرف شده در تولید انواع محصولات کشاورزی متناسب با شرایط مختلف تولید در سراسر نقاط جهان گردید. بررسی ابعاد مختلف تجارت آب مجازی بدون انجام محاسبات کمی در این زمینه امکان پذیر نبود از اینرو با استفاده از این روشها و فرمولها و براساس آمار و اطلاعات FAO آب مجازی محتوی محصولات مختلف در نقاط مختلف جهان محاسبه شد [1]، [3]. با استفاده از روشها و اطلاعات موجود می توان به محاسبه دبی مسیرهای جریان آب مجازی بین کشورها و مناطق مختلف پرداخت و آب صرفه جویی شده در سطح ملی و جهانی را حساب کرد.

## ۳- تجارت آب مجازی: ملاحظات اقتصادی و اجتماعی

واژه آب مجازی بکار برده شد تا نشان دهد توسعه تجارت مواد غذایی بر مبنای مزیت نسبی و استفاده بهینه از فرصتهای ایجاد شده، می تواند علاوه بر دستیابی به منابع آب جهانی سبب ارتقاء رشد اقتصادی و رفاه اجتماعی بشود.

بر مبنای تئوری مزیت نسبی کشورها در تولید محصولاتی تخصص پیدا کرده و متمرکز می شوند که عوامل تولید برای تولید آن کالا در کشور فراوان باشد. آب مجازی بیان کننده آب ذخیره شده در محصولات است اما در تجارت آب مجازی، آب تنها عامل تعیین کننده در میزان واردات نیست. کشورها علاقه مندند در تجارت آب مجازی نیز از تمام مزایای یک تجارت برخوردار شوند. بنابراین یک کشور می بایست با در نظر گرفتن هزینه فرصت و ارزیابی مزیت نسبی کشور در تولید محصولات به تجارت آب مجازی پردازد. در نظر گرفتن منابع آب، زمین، نیروی کار و سرمایه می تواند ارزیابی مناسبی از مزیت نسبی کشور در تولید محصولات بدهد. کشوری که با کمبود چند تا از این عوامل مواجه است تمرکز بر روی واردات محصولات آب بر نمی تواند همه اهداف اقتصادی و اجتماعی این تجارت را تأمین نماید. کشوری که با فزونی نیروی کار مواجه است می تواند با توسعه صادرات محصولات نیروی انسانی بر و واردات کالاهایی که با کمبود عوامل تولید در تولید آنها مواجه است مزایای استفاده از این تجارت را حداکثر کند. عوامل تولید رها شده در کشور را می توان به تولید سایر محصولات با هزینه فرصت پایین تر اختصاص داد یا اینکه با انجام سرمایه گذارهای اقتصادی جدید و متناسب با شرایط منطقه برای حداکثر کردن منافع اقتصادی و اجتماعی حاصل از آن کوشید.

در تجارت درون کشوری آب مجازی می توان با استفاده از شبکه های مجازی آب بسیاری از نیازهای آبی و غذایی مناطق را مرتفع ساخت. با این طریق می توان بخشی از هزینه های کلان ساخت و توسعه زیرساختها را در راستای بهره برداری بهینه از فرصتهای ایجاد شده و عوامل رها شده سرمایه گذاری نمود. افزایش تولید ناخالص داخلی، استفاده کارآمد از منابع طبیعی، توسعه رفاه اجتماعی و جهت دهی سیاستها در راستای تأمین نیازهای آیندگان از مزایای این تجارت است. در مطالعات انجام شده همواره به نقش آب به عنوان یکی از عوامل کلیدی در تولید محصولات آب بر تأکید شده است. در تحقیقات تجارت آب مجازی، آب برای کشورهای کم آب یک منبع استراتژیک به شمار می رود که باید با حفظ آن برای تولید محصولات کلیدی و سرمایه گذاری در بخشهای اقتصادی در تخصیص و استفاده بهینه از آن کوشید. این نگاه جدید به آب می تواند بسیاری از الگوهای مصرف آب و تخصیص یارانه ها را در این زمینه تغییر دهد.

#### ۴- تجارت آب مجازی و امنیت غذایی

تعاریف زیادی از امنیت غذایی توسط افراد و نهادهای بین المللی مختلف ارائه شده است. به عنوان مثال بنابر تعریف ارائه شده توسط بانک جهانی، امنیت غذایی یعنی "دسترسی همه انسانها در هر زمان به غذای کافی برای داشتن زندگی سالم و فعال"، که دسترسی به غذا و توانایی تولید آن، دو عنصر اصلی این تعریف است [10]. FAO امنیت غذایی را اینچنین تعریف میکند: اطمینان از اینکه همه مردم در هر زمانی دسترسی فیزیکی و اقتصادی به غذای اصلی مورد نیازشان را دارند [10]. بنابر تعریف World Food Summit، امنیت غذایی زمانی وجود دارد که همه مردم در همه زمانها دسترسی فیزیکی و اقتصادی به غذای سالم و مغذی را داشته باشند تا با حفظ رژیم غذایی و اولویت های غذایی خود زندگی سالم و فعال داشته باشند [11]. کشورها برای بالا بردن امنیت غذایی خود متناسب با شرایط داخلی و روابط خارجی تصمیم گیری می کنند. که این ممکن است از طریق تلاش برای خودکفایی در محصولات کشاورزی و یا از طریق ترکیبی از تولیدات داخل و واردات مواد غذایی بدست آید. به عنوان مثال چین، هند و مالزی برای تأمین امنیت غذایی خود سعی می کنند در تولید محصولات کشاورزی خودکفا شوند. در حالیکه بازارهای مواد غذایی مشابه آنها چون اروپا، آمریکا و ژاپن بیشتر نگران امنیت واردات مواد غذایی هستند [12].

پتانسیل عظیمی که در تجارت مواد غذایی نهفته است آنرا مستعد می سازد تا در معادلات دیپلماتیک وارد شود. وابستگی بیش از حد امنیت غذایی کشورها به واردات سبب می شود که کشورهای صادر کننده توانایی تحمیل خواسته های خود و همچنین دخالت در مسائل داخلی کشورهای وارد کننده را داشته باشند. از اینرو امنیت غذایی در

برنامه ریزیهای دراز مدت یک کشور نقش مهمی را ایفا می کند و با توسعه زیرساختها و روابط بین الملل یک کشور ارتباط مستقیم دارد. کمبود منابع آبی، رشد سریع جمعیت و نیاز به منابع هنگفت مالی برای توسعه زیرساختها برای تأمین غذا در طولانی مدت، کشورها را مجبور ساخته که در جستجوی روشهای متنوعی جهت تأمین امنیت غذایی خود باشند.

منافع زیست محیطی، فرصت ایجاد شده برای انجام سرمایه گذاریهای زود بازده اقتصادی و گسترش رفاه اجتماعی از مشوق های توسعه تجارت آب مجازی برای کشورهای وارد کننده است. از طرفی توسعه هدفمند این تجارت در سطح جهان نیازمند اطمینان از عرضه کافی و امنیت واردات است. از اینرو کشورها علاقه مندند با بکارگیری مجموعه ای از راهکارهای داخلی و بین المللی، مسئله امنیت غذایی را برای استفاده از این تجارت حل کنند. محدود کردن خود کفایی به تولید محصولات استراتژیک، تلاش در وارد کردن محصولات آب بر و ارزان قیمت مورد نیاز، تنوع منابع برای واردات و امضای قراردادهای و پیمان نامه های بین المللی می تواند تا حد زیادی امنیت غذایی را افزایش دهد. استفاده از ظرفیتهای بین المللی مثل تصویب قوانینی در سازمان تجارت جهانی به منظور تسهیل تجارت، کنترل میزان عرضه و جلوگیری از بوجود آمدن انحصارات در تولید می تواند مفید باشد. همچنین شاید یک بانک جهانی غذا نیاز باشد تا با ارائه تسهیلات مالی به کشورهای فقیری که توانایی احداث زیر ساختها و واردات مواد غذایی را ندارند امنیت غذایی آنها را بالا ببرد [5].

## ۵- معرفی زمینه های مطالعاتی

مشکلات کم آبی در مناطق خشک و نیمه خشک تنها یک مسئله ملی برای این کشورها نیست بلکه یک موضوع جهانیست که اثرات ناشی از آن در درازمدت می تواند تمام کشورها را به چالش بکشد. رسیدن به یک الگوی بهینه تجارت مواد غذایی که بتواند با کمک به تأمین نیازهای آبی مناطق کم آب از فشار بر منابع آبی محدود آنها نیز بکاهد و با ارتقای شاخصهای اجتماعی و اقتصادی در این کشورها همراه باشد بدون همکاری همه جانبه کشورهای صادرکننده و واردکننده امکانپذیر نیست. بدون شک تداوم رشد بالای اقتصاد جهانی بدون توجه به مزیت نسبی کشورها در تولید محصولات کشاورزی برای استفاده بهینه از ظرفیتهای و منابع و حذف موانع تجاری امکانپذیر نیست. توسعه تجارت مواد غذایی بر مبنای مزیت نسبی، نیازمند توجه دولتها و نهادهای جهانی برای تأمین امنیت غذایی کشورهای واردکننده است. تجارت آب مجازی در سطح بین المللی و درون کشوری با توجه به تأثیرگذاری آن بر بخشهای اقتصادی و اجتماعی نیازمند همکاری بخشهای مختلف اجرایی و تصمیم گیری کشور در سطح کلان می باشد. از این رو به منظور شناخت پتانسیل و بررسی ضرورت این تجارت و ارائه راهکارهایی برای رفع موانع و تسهیل آن مطالعات گسترده ای در قالب موضوعات مختلف در این حوزه انجام شده است که هدف اصلی آنها تحریک سیاستهای کلان کشورها به سمت توسعه تجارت آب مجازی بوده است. موضوع این مطالعات که برخی از آنها هنوز در مرحله مقدماتی هستند به صورت زیر است:

- ۱- محاسبه آب مصرف شده برای تولید محصولات آب بر در نقاط مختلف جهان. ۲- ترسیم مسیرهای آب مجازی درون کشوری و بین المللی و محاسبه دبی آنها. ۳- تعیین مزیت نسبی کشورها و مناطق در تولید محصولات کشاورزی با استفاده از تئوریهای تجارت بین الملل. ۴- بررسی تأثیر رژیم غذایی کشورها در مصرف آب از دیدگاه آب مجازی. ۵- بهره برداری بهینه از آب آبی و آب سبز. ۶- محاسبه دبی آب مجازی در حال جریان به تفکیک آب آبی و آب سبز. ۷- تجارت آب مجازی و بهره برداری بهینه از ظرفیتهای طبیعی. ۸- تجارت آب مجازی و حفظ آب در سطح ملی و جهانی. ۹- تجارت آب مجازی و دسترسی کشورهای کم آب به منابع آب جهانی. ۱۰- آب مجازی و جایگاه اقتصادی آب. ۱۱- بررسی اثرات اقتصادی و اجتماعی واردات آب مجازی (اشتغال، رفاه اجتماعی، رشد اقتصادی). ۱۲- آب مجازی و امنیت غذایی (راهکارهای بالابردن امنیت غذایی). ۱۳- جایگاه تجارت آب مجازی در مدیریت جامع منابع آب. ۱۴- نقش

حکومتها در تجارت آب مجازی. ۱۵- تجارت آب مجازی و حل مناقشات بین المللی و مدیریت آبهای مشترک. ۱۶- آیا تجارت آب مجازی احتمال جنگ بر سر منابع آب را در آینده کاهش می دهد؟

## ۶- تجارت آب مجازی و کاربرد در ایران

### ۶-۱ ظرفیتها و کاربردها

بنابر پیش بینی های انجام شده جمعیت ایران تا سال ۱۴۰۰ به مرز ۱۰۰ میلیون نفر خواهد رسید که کاهش شدید سرانه متوسط منابع آبی در دسترس را به همراه خواهد داشت. تأمین نیازهای آبی و غذایی این جمعیت، خود کفایی در تولید گندم و خود اتکایی در تولید برخی از محصولات استراتژیک، سرمایه گذارهای عظیمی را در احداث طرحهای زیربنایی آبی طلب می کند از طرفی نیاز به توسعه صنعتی، کاهش فقر، ایجاد اشتغال و احداث زیرساختهای اقتصادی جهت رسیدن به حداقل شاخصهای اقتصادی و اجتماعی و حرکت همگام با قافله اقتصاد جهانی، تأمین نیازهای مالی را با مشکلات عمده ای مواجه می کند. مصرف بالای آب در بخش کشاورزی (بیش از ۹۰٪ آبهای شیرین) و راندمان پایین آبیاری به خوبی نشاندهنده نیاز به توسعه بیشتر این بخش در کشور است. آمریکا، آلمان و ژاپن در دوره گذار از کشاورزی سنتی به کشاورزی صنعتی در یک بازه زمانی کوتاه مدت دهها میلیارد دلار در این بخش هزینه کردند. در حالیکه انجام این سرمایه گذاریها برای کشورهای در حال توسعه در کوتاه مدت عملاً غیر ممکن است و در بلند مدت نیز بخشهای مختلف اقتصادی را با مشکلات جدی روبرو می سازد. از طرف دیگر حتی صرفنظر از مشکلات مالی، سرمایه گذاری در تولید محصولاتی که کشور مزیت نسبی در تولید آنها ندارد و می توان آنها را با هزینه های کمتر وارد کرد نیازمند مطالعه و بررسی است. با توجه به مسائل و مشکلات ذکر شده به نظر می رسد بازنگری در سیاستهای مدیریت منابع آب، جامع تر شدن آنها و بررسی و استفاده از ظرفیتهای جدید ایجاد شده در این زمینه اجتناب ناپذیر باشد. استفاده از آبهای غیر متعارف خصوصاً آب مجازی در سالهای اخیر توجه مدیران منابع آب را به خود جلب کرده است. پتانسیل عظیمی که در این بخش وجود دارد می تواند بسیاری از مشکلات آبی را با صرف هزینه های کمتر و در زمان کوتاهتر حل کند. اما قبل از وارد نمودن آن در سیاستهای آبی کشور انجام مطالعات همه جانبه و بررسی پتانسیل آن در ایران با توجه به شرایط و ظرفیتهای کشور ضروری به نظر می رسد.

آمارها نشان می دهد ایران در فاصله سالهای ۲۰۰۱-۱۹۹۷ با واردات انواع محصولات کشاورزی سالانه از مصرف  $37 \text{ km}^3$  آب که برای تولید همان محصولات در داخل نیاز داشته خودداری کرده است [9]. آمارهای دقیق تر نشان می دهد که تولید انواع غلات وارد شده توسط ایران در سال ۱۹۹۵ نیازمند  $26/5 \text{ km}^3$  از منابع آب داخلی بوده است که در صورت تولید این محصولات در داخل  $8/27 \text{ km}^3$  آن از طریق آبهای تنظیم شده تأمین می شده است در حالیکه تولید این غلات در کشورهای صادر کننده  $10/64 \text{ km}^3$  آب مصرف کرده که  $4/39 \text{ km}^3$  آن از طریق آب تنظیم شده بوده است از اینرو ایران با این تجارت  $15/86 \text{ km}^3$  مصرف آب جهانی را کاهش داده است [8]. همچنین پیش بینی می شود ایران در سال ۲۰۲۵ با واردات ۱۱/۳۶ میلیون تن انواع غلات از مصرف  $47/27 \text{ km}^3$  از منابع آب خود اجتناب می کند که در صورت تولید داخل این غلات  $12/72 \text{ km}^3$  آن از طریق آبهای تنظیم شده برای آبیاری زمینهای کشاورزی تأمین خواهد شد [8]. ایران در سالهای گذشته همواره جزء واردکنندگان بزرگ آب مجازی بوده است و پیش بینی می شود این روند ادامه خواهد داشت. اما هنوز واردات مواد غذایی با هدف تجارت آب مجازی در ایران صورت نمی گیرد. در صورتیکه می توان با استفاده از الگوهای جدید برای ارزیابی جایگاه کشور از نظر مزیت نسبی در تولید محصولات کشاورزی و تغییر برخی از سیاستهای واردات و صادرات مواد غذایی با طرح برنامه های بلند مدت و کوتاه مدت در چهارچوب منافع ملی علاوه بر رعایت اصول امنیت غذایی، منافع حاصل از آنرا در بخشهای دیگر سرمایه گذاری کرد.

سرانه متوسط منابع آبی در دسترس در ایران در حد بحرانی نیست اما منابع آب دارای توزیع بسیار ناهمگن در سطح کشور است. در این حالت، تجارت درون کشوری آب مجازی می تواند با صرف هزینه های کمتر بخش عمده ای از مشکلات را در بخش توزیع آب حل کند. ترسیم شبکه های آب مجازی درون کشوری در چین و محاسبه دبی آنها نتایج جالبی داشته است. میزان آب مجازی در حال جریان از شمال به جنوب چین از میزان آب حقیقی جابجا شده از جنوب به شمال چین که برای حل مشکل کم آبی به آنجا فرستاده می شود بیشتر است که این خود به معضل کم آبی در شمال چین دامن می زند [13]. این مثال نشاندهنده پتانسیل این تجارت حتی در سطح درون کشوریست. تجارت درون کشوری آب مجازی با استفاده بهینه از منابع و ظرفیتهای داخلی می تواند از مصرف آب ملی بکاهد و میزان تولید محصولات کشاورزی را افزایش دهد. با توجه به اینکه رشد جمعیت، صنعتی شدن و نیاز به آب و غذای بیشتر، کشور را برای تأمین نیازها در طولانی مدت با مشکل مواجه می سازد، آیا اولین و بهترین راه حل برای تأمین این نیازها، استفاده صحیح و بهینه از ظرفیتهای داخل نیست؟ با توجه به روند رشد نیازها، ضرورت تخصیص بهینه تولید محصولات به مناطق مختلف کشور (با توجه به مزیت نسبی آنها در تولید) چیست و نادیده گرفتن آن چه عواقبی در طولانی مدت در پی خواهد داشت؟

#### ۶-۲ نیازمندیهای مطالعاتی

می توان زمینه های مطالعاتی در این حوزه را به سه دسته درون کشوری، بین المللی و مشترک تقسیم بندی نمود.

#### ❖ درون کشوری:

الف) مطالعات، انجام محاسبات کمی، بررسی پتانسیل و شفاف سازی وضعیت موجود از دیدگاه تجارت آب مجازی.

- ۱- تقسیم بندی کشور به چندین منطقه بر اساس مشخصات اقتصادی، اجتماعی و هیدرولوژیکی. ۲- محاسبه آب مجازی محتوی محصولات کشاورزی مختلف در هر منطقه. ۳- محاسبه دبی شبکه های آب مجازی در حال جریان بین مناطق، با صادرات محصولات کشاورزی. ۴- بررسی میزان وابستگی امنیت غذایی کشور به هر منطقه در تولید محصولات استراتژیک. ۵- تعیین مزیت نسبی هر منطقه در تولید محصولات کشاورزی مختلف. ۶- تحلیل و بررسی دبی ها و مسیرهای آب مجازی بین مناطق در درون کشور. ۷- مطالعه رژیم غذایی مردم ایران و تأثیر آن در مصرف آب با توجه به حجم آب مورد نیاز برای تولید مواد غذایی.

ب) ارائه الگوها و بررسی اثرات توسعه هدفمند تجارت درون کشوری آب مجازی.

- ۱- تخصیص بهینه سهم تولید محصولات کشاورزی به هر منطقه با توجه به مزیت نسبی مناطق. ۲- بررسی اثرات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی حاصل از تخصیص تولید جدید در سطح درون کشوری.

#### ❖ بین المللی:

در این مرحله به نتایج انجام محاسبات قسمت الف در مرحله قبل نیاز می باشد.

- ۱- محاسبه میزان صادرات و واردات آب مجازی کشور در سالیان گذشته و طبقه بندی آنها. ۲- تحلیل و بررسی واردات و صادرات مواد غذایی در کشور در سالیان گذشته از دیدگاه صادرات و واردات آب مجازی. ۳- ارائه الگوی کلی تجارت بین المللی مواد غذایی در جهت حفظ بیشتر منابع آب داخلی و ارتقاء شاخصهای اقتصادی و اجتماعی در کشور. ۴- راهکارهای افزایش امنیت غذایی با لحاظ واردات محصولات غذایی.

#### ❖ مسائل مشترک:

- ۱- بررسی موانع اجتماعی و فرهنگی تغییر برخی الگوهای تولید جهت توسعه هدفمندانه تجارت آب مجازی. ۲- تحلیل سیاستهای کنونی منابع آب در راستای توسعه تجارت آب مجازی در سطح درون کشوری و بین المللی. ۳- بررسی جایگاه تجارت آب مجازی در سیاستهای مدیریت جامع منابع آب. ۴- بررسی تأثیر تجارت آب مجازی بر استفاده بهینه از منابع طبیعی با استفاده از شاخصهای کمی. ۵- بررسی ضرورت تجارت آب مجازی با توجه به توسعه روزافزون نیازها.

## ۷- جمع بندی

ظهور بحث آب مجازی توانست توجه مجامع مختلف جهانی را به جریان عظیم مجازی آب که توسط تجارت مواد غذایی در حال جریان است جلب کند. کشورهای کم آب می توانند با واردات مواد غذایی دسترسی خود را به منابع آب جهانی افزایش دهند. واردات مواد غذایی بر مبنای تئوریا و سیاستهای تجارت بین الملل می تواند علاوه بر حفظ منابع آب ملی، رشد اقتصادی و رفاه اجتماعی را افزایش دهد. میزان بهینه واردات مواد غذایی برای کشورهای مختلف با توجه به برخورداری آنها از منابع آب، زمینهای کشاورزی و سایر منابع تولید و همچنین سیاستهای امنیت غذایی کشور متفاوت است. به نظر می رسد بازننگری در سیاستهای مدیریت منابع آب که در آن به توسعه تجارت آب مجازی بر مبنای مزیت نسبی و همکاری همه بخشها در سطح ملی و بین المللی تأکید شده باشد ضروری است تا بتوان علاوه بر تسهیل این تجارت و بالا بردن امنیت غذایی کشورهای وارد کننده، در راه تشکیل یک سیستم پایدار تأمین آب و غذا در جهان کوشید. ایران در سالهای اخیر یکی از وارد کنندگان بزرگ آب مجازی بوده است. مسلماً در نظر گرفتن آب مجازی در برنامه ریزی های آب این کشور در سطوح بین المللی و درون کشوری قبل از هر چیزی نیازمند انجام مطالعات اقتصادی و اجتماعی با در نظر گرفتن امنیت غذایی و کلیه ظرفیتهای و شرایط کشور می باشد. در این مرحله نیازمندیهای مطالعاتی در سه سطح درون کشوری، بین المللی و مشترک تدوین و ارائه شده است.

## ۸- مراجع

- [1] 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 Institute for Water Education, Delft, The Netherlands.
- [2] Allan, J. A. (2003). "Virtual water – the water, food, and trade nexus useful concept or misleading metaphor?" J. Water International, 28, 106–113.
- [3] Chapagain, A. K. and Hoekstra, A. Y. (2003). Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products. Value of Water Research Report Series No. 13, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands.
- [4] IWMI (International Water Management Institute). (2006). Water for food, water for life. from the Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Stockholm World Water Week.
- [5] Shuva, H. (1997). Concepts of water security, food security, water stress and "virtual water " for arid contries. Proceedings of the IXth World Water Congress-International Water Resources Association-Montreal, Canada.
- [6] Obuobie, E., Gachanja, P. M. and Dörr, A. C. (2005). The Role of Green Water in Food Trade. Term Paper for the Interdisciplinary Course, International Doctoral Studies. Center of Development Research University of Bonn.
- [7] Yang, H., Wang, L., Abbaspour, K. C. and Zehnder, A. J. B. (2006). "Virtual water highway: water use efficiency in global food trade" J. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., 3, 1–26.
- [8] Fraiture, C. de, Cai, X., Amarasinghe, U., Rosegrant, M., and Molden, D. (2004). Does International Cereal Trade Save Water? The Impact of Virtual Water Trade on Global Water Use. Comprehensive Assessment Research Report 4, Colombo, Sri Lanka, Comprehensive Assessment Secretariat.
- [9] Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y. and Savenije, H. H. G. (2006). "Water saving through international trade of agricultural products" J. Hydrol. Earth Syst. Sci., 10, 455–468.
- [10] Wichelns, D., (2001). "The role of 'virtual water' in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt" J. Agric. Water Manage. 49, 131–151.
- [11] Earle, A. (2001). The role of virtual water in food security in Southern Africa. Occasional Paper No 33, Water Issues Study Group School of Oriental and African Studies (SOAS), University of London.
- [12] WWC (World Water Council). (2004). Virtual Water Trade - Conscious Choices. In: E-Conference Synthesis. 4th World Water Forum.
- [13] Ma, J., Hoekstra, A. Y., Wang, H., Chapagain, A. K. and Wang, D. (2006). "Review Virtual versus real water transfers within China" J. Phil. Trans. R. Soc. B 361, 835–842.