فصلنامه علوم محیطی، دوره یازدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲

۱-۸

تأثیر تولید ناخالص داخلی سرانه بر رد پای آب ملی

غلامعلی شرزه‌ای[۱]، متین سادات برقعی[۲]*

[۱] دانشیار گروه اقتصاد اجتماعی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران

[۲] کارشناس ارشد اقتصاد محیط زیست، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۱/۵/۹ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۱۰

چکیده

آب شیرین از اصلی‌ترین منابعی است که به‌منظور دست‌یابی به توسعه پایدار باید برای آن اهمیت ویژه قائل شد. «رد پای آب» در هر کشور، براساس کل حجم آب لازم برای تولید کالاها و خدمات مصرفی افراد آن کشور تعریف می‌شود. از آنجا که تمام کالاها و خدمات مصرفی افراد یک کشور در همان کشور تولید نمی‌شود، رد پای آب شامل دو بخش داخلی و خارجی می‌شود. یکی از مسائل مهم برای کشورها «پیش‌بینی اثر رشد اقتصادی بر عادات مصرفی» درنتیجهٔ صنعتی‌شدن است. در این نوشتار رابطه درآمد ملی و استفاده از آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. با استفاده از داده‌های مقطعی، رد پای آب ملی سرانه کشورها، به‌عنوان تابعی از درآمد سرانه تحلیل شده است. نتایج برآوردهای انجام‌شده نشان می‌دهد که درآمد سرانه عامل مهمی در میزان افزایش رد پای آب سرانه در بخش صنعت و رد پای آب خارجی است.

کلمات کلیدی: رد پای آب، آب مجازی، تولید ناخالص داخلی سرانه.

Effects of GDP per Capita on Water Footprint

Gholamali Sharzeie[1], Matin Borghei[2*]

[1] Associate Professor, Department of Social Economics, Faculty of Economics, University of Tehran.

[2] Master of Environmental Economics, University of Tehran.

Abstract

Fresh water is one of the main resources which have special importance in achieving sustainable development. The water footprint of a country is defined as the volume of water needed for the production of the goods and services consumed by the inhabitants of the country. A nation's water footprint has two components; the internal and the external water footprint. As countries go through industrialization, it is valuable to be able to predict the impact of economic growth on consumption habits. In this paper, the relationship between national income and water use were studied. National water footprint per capita was analyzed as a function of per capita income. We utilized cross sectional data to estimate the above relations. Results show that income is an important factor in increasing the water footprint per capita in the industrial sector and the external water footprint.

Keywords: Virtual Water, Water Footprints, GDP Per Capita.

* Corresponding author. *E-mail Address*: matin.borghei@gmail.com

۱- مقدمه

مدیریت صحیح، و متناسب با منابع طبیعیِ موجود، ضرورتی انکارناپذیر برای رسیدن بـه توسـعهٔ پایـدار اسـت. در میـان همه منابع طبیعی، آب شیرین از اصلی‌ترین منـابعی اسـت که باید بـرای آن اهمیـت ویـژه قائـل شـد. کمبـود آب در بخش‌های مختلف کـره زمـین بـه‌وجـود آورنـدهٔ مشـکلات گوناگون در زمینهٔ تأمین آب شرب سالم، تولید محصـولات کشاورزی و در یک کلام، روند عمومی زندگی انسان‌هاسـت به‌طوری که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ میلادی، ۵۰ تا ۶۰ درصد مردم جهان با تنش آبـی و مشـکلات ناشـی از کم‌آبی مواجه خواهند شد.

ایران کشوری است با اقلیم خشک و نیمه‌خشک کـه همواره با محدودیت منابع آب روبه‌رو بوده اسـت. میـانگین میزان بارش در ایران یک‌سوم متوسط جهانی آن اسـت، در حالی که عمده منابع آبی کشور نیـز در مکـان‌هـایی دور از نقاط دارای تمرکز جمعیتـی اسـت [۱]. از آنجـا کـه ایـران شدیداً در معرض مواجهه بـا بحـران کمبـود آب قـرار دارد، واردات آب مجازی[1] را می‌توان راه حلی برای مشکل کمبود آب در این کشور قلمداد کرد. متأسفانه علی‌رغم کمبود آب در ایران، مفاهیم رد پای آب[2] و تجارت آب مجـازی چنـان که باید شناخته‌شده نیست. با احتسـاب حجـم آب مجـازی که از طریق واردات مواد غذایی و کالاهای صنعتی به کشور وارد مـی‌شـود، آب بیشـتری بـرای دیگـر مصـارف اساسـی موجود خواهد بود. با نگاهی به میـزان مصـرف و بهـره‌وری آب طی دو دهه گذشته، مبادله آب مجازی در ایران تقریبـاً ناآگاهانه بوده است. برای مثال تـلاش سـال‌هـای اخیـر در راستای خودکفایی در تولید گندم ــ به‌عنوان یک محصـول پرمصرف آب ــ فشار زیادی بر منابع آب داخلی وارد آورده است. انتظار می‌رود با افزایش روزافزون کم‌آبی در ایران، بـه اهمیت آب مجازی توجه بیشتری شود [۲].

این نکته که «آیا با افزایش درآمـد کشـورها، اسـتفاده از منابع طبیعی ــ از جملـه منـابع آب ــ افـزایش معنـی‌داری می‌یابد یا خیر؟» از مسائل مهمی است که در برنامه‌ریزی‌هـای کشوری باید به آن توجه داشت. در ایـن نوشـتار بـه‌منظـور بررسیِ رابطه درآمد ملی و استفاده از آب ابتدا، پس از مقدمهٔ فوق، مفاهیم آب مجازی و رد پای آب تعریف خواهد شـد و سپس به مرور مطالعات انجام‌گرفتـه در خصـوص درآمـد و منابع زیست‌محیطی ــ بـه‌ویـژه آب ــ خـواهیم پرداخـت. سپس رد پای آب ملی سرانه به‌عنوان تابعی از درآمد سرانه تحلیل می‌شود. در بخش پایانی نوشتار نیز نتیجـه‌گیـری و پیشنهادات مطرح می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

مفهـوم «آب مجـازی» اولـین‌بـار در دهـه ۱۹۹۰ و توسـط پرفسور تونی آلن معرفی شد [۳]. وی واردات آب مجازی را در مقابل واردات آب واقعی به‌عنوان راه حلی بـرای مشـکل کمبود آب در خاورمیانه معرفی کرد. آب مجازی مقدار آبی است که یک کالا یا فراورده کشـاورزی طـی فراینـد تولیـد مصرف می‌کند تا به مرحله تکامل برسد، و مقدار آن معادل جمع کل آب مصرفی در مراحل مختلـف زنجیـره تولیـد از لحظه شروع تا پایان است. مثلاً برای تولیـد یـک کیلـوگرم گندم ۱۳۰۰ لیتر آب مصرف شده است. صـفت مجـازی در این تعریف بدان معناست که بخش عمده آب مصرف شـده طی فرایند تولید، در محصول نهایی وجود فیزیکی نـدارد، و در حقیقت بخش بسـیار نـاچیزی از آب مصـرفی در پایـان به‌عنوان آب واقعی در بافت محصول باقی خواهد ماند. نکته مهم این که، صفت مجازی به‌معنای غیر واقعی نیست، بلکه آب مجازی آب کاملاً واقعی است که پیش‌تر مصـرف شـده است. مفهوم آب مجازی در سال‌های اخیر به یک اصـطلاح متداول و مشهور در صنعت مدیریت آب و مباحث سیاسـی تبدیل شده است و به‌عنوان یک ابـزار اقتصـادی تـوان‌منـد بـرای تخفیـف مشـکلات مربـوط بـه کمبـود آب در سـطح اقتصادهای ملی مطرح شده است. «تجارت آب مجـازی» از این ایده نشأت می‌گیرد که مبادله کالاها و خدمات به‌مثابـه مبادله آب مجازی است. بنابراین در مناطقی که بـا کمبـود آب مواجه‌اند می‌توان با واردکردن محصـولاتی کـه میـزان آب مجازی بالایی دارند و/یا صـادر کـردن محصـولاتی کـه میزان آب مجازی بسیار کمی دارنـد، بـه سـطوح بـالایی از کارایی مصرف آب در سطح جهان دست یافت [۴]. این امـر مفهوم مبادله آب مجازی را شکل مـی‌دهـد. بـدین ترتیـب کشور وارد کننده هر کالا، آب مصرفی برای تولیـد آن کـالا را نیز دریافت می‌کند.

از آنجا که بسیاری از کالاها و خدمات مورد اسـتفاده در یک کشور در کشوری دیگر تولید شده اسـت، داده‌هـای برداشت آب درمورد مقدار آبی که واقعاً مورد مصرف مـردم یک کشور است اطلاع چنـدانی در اختیـار مـا نمـی‌گـذارد؛

یعنی ممکن است تقاضای واقعی آب آن جمعیت خیلی بیشتر از چیزی باشد که داده‌های مصرف آب ارائه می‌دهند. به‌همین علت پرفسور هوکسترا و هانگ (۲۰۰۲) ضمن معرفی واژه «رد پای آب» اظهار کردند که کل مصرف آبِ داخلِ یک کشور به‌تنهایی، معیار درستی از برداشت واقعی آب آن کشور از منابع جهانی آب نیست [۵]. در واقع، به‌منظور ترسیم تصویری درست از نیاز واقعی یک کشور به منابع جهانی آب، باید حجم آب مجازی وارداتی را به کل مصرف آب داخلی افزود و نیز، حجم آب مجازی صادره را باید از حجم مصرف آب داخلی کاست. آن‌ها جمع واردات خالص آب مجازی و مصرف آب داخلی را تحت عنوان رد پای آب یک کشور معرفی می‌کنند.

چهار عامل اصلی تعیین کننده‌ی رد پای آب یک کشور عبارت‌اند از: حجم مصرف، الگوهای مصرف، شرایط آب و هوا، و شیوه‌های کشاورزی. در کشورهای ثروتمند، چون مردم عموماً کالاها و خدمات بیشتری مصرف می‌کنند، رد پای آب افزایش می‌یابد. البته فقط مصرف نیست که مقدار این شاخص را بالا می‌برد بلکه ترکیب نوع کالاهای مصرفی هم مؤثر است زیرا برای تولید برخی کالاها به مقدار آب بیشتری احتیاج است. (مثل گوشت گاو و برنج). در بسیاری از کشورهای فقیر، ترکیبی از شرایط نامطلوب، شامل شرایط آب‌وهوا (شدت تبخیر بسیار بالا) و نبود شیوه‌های کارآمد کشاورزی (که منجر به کارایی بسیار پایین آب می‌شود)، سبب بالا رفتن رد پای آب می‌شود.

رد پای آب جهان به‌طور متوسط برای هر فرد ۱۲۴۰ متر مکعب در سال است [۶]. تأثیر عوامل تعیین‌کننده از کشوری به کشور دیگر متفاوت است. برای مثال رد پای آب در کشور آمریکا بالاست ($۲۴۸۰ m^3/cap/yr$) که بخشی از آن ناشی از بالابودن مصرف سرانه‌ی گوشت و کالای صنعتی است. رد پای آب در ایران هم نسبتاً بالاست ($۱۶۲۴ m^3/cap/yr$) که بخشی از آن به‌دلیل بهره‌وری پایین محصولات کشاورزی و بخشی نیز ناشی از شدت تبخیر است. در آمریکا نیز سهم صنایع در رد پای آب $۸۰۶ m^3/cap/yr$ است در حالی که در ایران سهم این بخش فقط $۲۴ m^3/cap/yr$ است، و این نشان از اختلاف بسیار زیاد در رد پای صنعتی بین دو کشور دارد [۷].

مدل ارائه شده در سال ۱۹۹۱ در خصوص تجارت بین‌الملل پیش‌بینی می‌کند که کشورهایی که از منابع تولید بیشتری برخوردارند با کشورهایی که با کمبود این منابع مواجه‌اند تجارت خواهند کرد [۸]. طبق این مدل انتظار می‌رود که کشورهای دارای منابع آب فراوان، کالاهای آب‌بر یا حتی خود آب را به مناطق خشک‌تر صادر کنند. اما واقعیت چنین چیزی را نشان نمی‌دهد. بعدها در سال ۲۰۰۴ محققین دریافتند که برخلاف نظریه مطرح شده در مدل یاد شده، جریان تجارت آب مجازی مستقل از موهبت منابع آبی است. با توجه به این که این نظریه توضیح قابل قبولی برای مبادله آب مجازی ارائه نمی‌دهد، تشخیص دیگر عوامل موجود در این خصوص، و چگونگی ارتباط‌شان به رشد اقتصادی جالب توجه است [۹].

نخستین بار بحث رابطه بین درآمد سرانه و شاخص‌های زیست‌محیطی براساس نظریه منحنی کوزنتس بیان شد. این نظریه برگرفته از نظریه تابع درآمد کوزنتس است که در سال ۱۹۹۵ توسط وی بیان شد. طبق نظریه توزیع درآمد کوزنتس، یک رابطه‌ی U وارونه بین شاخص‌های نابرابری و سطح توسعه وجود دارد. بدین صورت که در مراحل ابتدایی، توسعه نابرابری درآمد بیشتر است اما پس از رسیدن به میزانی از توسعه، نابرابری‌ها کاهش می‌یابد. چنین رابطه‌ای را نیز می‌توان بین شاخص‌های زیست‌محیطی و سطح درآمد و توسعه ارائه کرد. مطابق پیش‌بینی منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC)، با افزایش درآمد یک کشور در مسیر توسعه، ابتدا آلودگی‌های زیست‌محیطی یا کاربرد منابع طبیعی افزایش می‌یابد اما با افزایش کافیِ درآمدِ سرانه، از میزان آلودگی یا کاربرد منابع طبیعی کاسته می‌شود. تعداد نسبتاً اندکی از مقالات منتشره، ارتباط میان درآمد و استفاده از آب را آزموده‌اند. اغلب محققین [۱۰و۱۱] دریافته‌اند که برداشت آب ملی سرانه در مقابل درآمد سرانه به شکل U معکوس یا اصطلاحاً EKC عمل می‌کند.

در برخی از مطالعات «درآمد» به‌عنوان یکی از چهار عامل اصلی در مصرف آب مجازی معرفی شده است [۱۲]. افزایش واردات آب مجازی به‌عنوان تابعی از درآمد، احتمالاً دلیل برخی مشاهدات در برگشت برداشت آب سرانه در مطالعات EKC است.

در این تحقیق ارتباط رد پای آب ملی با درآمد سرانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در حالی که برداشت آب نشان‌دهنده جنبه تولید در استفاده از آب برای تولید کالاها

و خدمات است، رد پای آب از آنجا که به نقطه نهایی مصرف آن کالاها برمی‌گردد، نشان‌دهنده جنبه مصرف است. بنابراین در این مقاله رابطه مصرف آب و درآمد سرانه برای کشورها بررسی شده است.

برای اطلاعات رد پای آب از داده‌های ارائه‌شده توسط چاپاگین و هوکسترا (۲۰۰۸) استفاده کردیم. آنان رد پای آب را برای ۱۴۰ کشور جهان در سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۷ محاسبه کرده‌اند و با استفاده از متوسط داده‌های این سال‌ها، برای هر کشور یک عدد رد پای آب ارائه کردند. مثلاً طبق محاسبات آن‌ها سرانه رد پای آب در ایران ۱۶۲۴ متر مکعب در سال است. آنان برای محاسبات رد پای آب، از داده‌های برداشت و تجارت آبِ سازمان جهانی کشاورزی و غذا استفاده کرده‌اند. برای داده‌های درآمد سرانه، از متوسط تولید ناخالص داخلی سرانه مربوط به سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۷ استفاده کرده‌ایم و داده‌های تولید ناخالص داخلی سرانه را نیز از پایگاه داده‌های شاخص توسعه بانک جهانی گرفتیم [۱۳].

بسیاری از مطالعات درخصوص EKC (منحنی کوزنتس محیطزیستی) از مدل رگرسیون حداقل مربعات استفاده می‌کنند و شاخص‌های زیست‌محیطی را روی درآمد سرانه و مربع آن برازش می‌کنند. همچنین برخی افراد مکعب درآمد را نیز منظور می‌کنند، چرا که به محقق اجازه می‌دهد نقطه برگشت دوم را ــ در صورت وجود ــ نیز ببیند. در تحقیق حاضر نیز برای این که بی‌جهت رابطه را محدود نکرده باشیم، مکعب درآمد را منظور کردیم. در این نوشتار فقط رابطه کلی بین درآمد و رد پای آب ارزیابی می‌شود. رگرسیون مورد استفاده در این تحقیق چنین است:

$$WATER_i=\beta_0+\beta_1 INC_i+\beta_2 INC_i^2+\beta_3 INC_i^3+e_i \qquad (1)$$

که در آن $WATER_i$ نشان‌دهنده رد پای سرانه آب در کشور i است. INC نشان‌دهندهٔ سرانهٔ تولید ناخالص ملی و e جزء خطاست. β_s نیز نشان‌دهنده پارامترِ تخمین زده شده است. رگرسیون‌های جداگانه برای رد پای آب کلی، رد پای آب در بخش صنعت و نیز رد پای آب داخلی و خارجی در هر سه فرم خطی، درجه دو و درجه سه برآورد شده است.

مطابق مرسومِ مطالعات EKC، برای انجام تحلیل از لگاریتم طبیعیِ متغیرهای مستقل و وابسته استفاده می‌شود. این کار دو وجه امتیاز دارد: اول این که سبب می‌شود اریب سرانه توزیع درآمد کشورها نسبت به یکدیگر کم‌تر نمایان شود، و دوم این که ضریب برآوردی روی رگرسیون log-log همان کشش درآمدی تقاضاست.

برای رسیدن به نتایج دقیق‌تر، رگرسیون‌های جداگانه‌ای برای کشورهایی با خصوصیات آب‌وهوای مشابه برآورد شده است. بدین‌منظور پس از دسته‌بندی کشورها براساس میزان تبخیر ـ تعرق[۳]، نسبت سرانهٔ رد پای آب به سرانهٔ تولید ناخالص ملی آنها برآورد شده است.

۳- نتایج و بحث

رد پای آب، از حاصل‌جمع واردات خالص آب مجازی و مصرف آب داخلی به دست می‌آید. به‌عبارت دیگر، رد پای آب برابر است با مجموع برداشت آب از بخش‌های شهری، کشاورزی و صنعت به علاوه‌ی آب مجازی وارد شده در اثر واردات، منهای آب مجازی صادرشده به کشورهای دیگر ناشی از صادرات کالای تولیدی در داخل. لگاریتم طبیعی رد پای آب سرانه کشورها بر لگاریتم طبیعی درآمد سرانه آن کشورها تخمین زده شد. در فرم‌های تبعی برآورد شده فقط فرم خطی معنادار بود. نتایج این برآورد در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- رگرسیون لگاریتم طبیعی رد پای آب سرانه روی لگاریتم طبیعی تولید ناخالص داخلی سرانه (n=۱۳۸)

متغیر توضیحی	ضرایب	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری	وضعیت معنی‌داری
عرض از مبدا	۶/۷۲۸	۰/۱۳۰۴۲	۰/۰۰	معنادار
Ln(GDP/N)	۰/۰۵۶	۰/۰۱۷۰۲۴	۰/۰۰	معنادار
R^2	۰/۰۷۴	-	-	-
آماره F	۱۱/۰۱۸	-	۰/۰۰	معنادار

برای رسیدن به نتایج دقیق‌تر برآورد رگرسیونی، نسبت سرانهٔ رد پای آب به سرانهٔ تولید داخلیِ کشورهایی که خصوصیات آب‌وهوایی مشابه دارند نیز محاسبه شد. بدین‌منظور کشورها براساس تبخیر ـ تعرق[۴] دسته‌بندی شدند. از آنجا که در حوضه‌های آبریز نمی‌توان دو پدیدهٔ تبخیر از سطح مرطوب خاک و تعرق از سطح گیاهان را از یکدیگر مجزا ساخت، غالباً این دو فرایند توأم با یکدیگر و به‌نام تبخیر ـ تعرق توصیف می‌شوند [۱۳].

شاخص تبخیر ـ تعرق براساس میلی‌متر در روز محاسبه می‌شود. این شاخص متوسط تبخیر ـ تعرق کشورها را بین صفر تا ۸ میلی‌متر در روز برآورد می‌کند. برای مثال، براساس این شاخص میزان تبخیر و تعرق در کانادا ۱/۰۳، در ایتالیا ۲/۳۷، در برزیل ۳/۱۱، در ایران ۴/۰۱ و در عربستان سعودی ۶/۹۴ میلی‌متر در روز است. با امید دست‌یابی به نتایج بهتر و براساس این شاخص، کشورها به سه دسته: کشورهای کم‌تبخیر ـ تعرق، کشورهای با تبخیر ـ تعرق متوسط، و کشورهای پرتبخیر ـ تعرق تقسیم شدند. سپس رگرسیون سرانه رد پای آب روی سرانه درآمد ملی محاسبه شد که در این حالت مقدار R^2 برای گروه اول تاحدی بهبود یافت. در جدول ۲ رگرسیون لگاریتم طبیعی سرانه رد پای آب روی لگاریتم طبیعی سرانه تولید ناخالص ملی، درمورد ۴۸ کشور دارای تبخیر ـ تعرق مرجع بین صفر الی ۳ میلی‌متر در روز برای فرم خطی به‌طور خلاصه آورده شده است؛ اما برای دو گروه دیگر R^2 بهبود نیافت.

جدول ۲- متغیر وابسته: لگاریتم طبیعی رد پای آب سرانه تبخیر ـ تعرق مرجع بین صفر تا ۳ میلی‌متر در روز(n=۴۸)

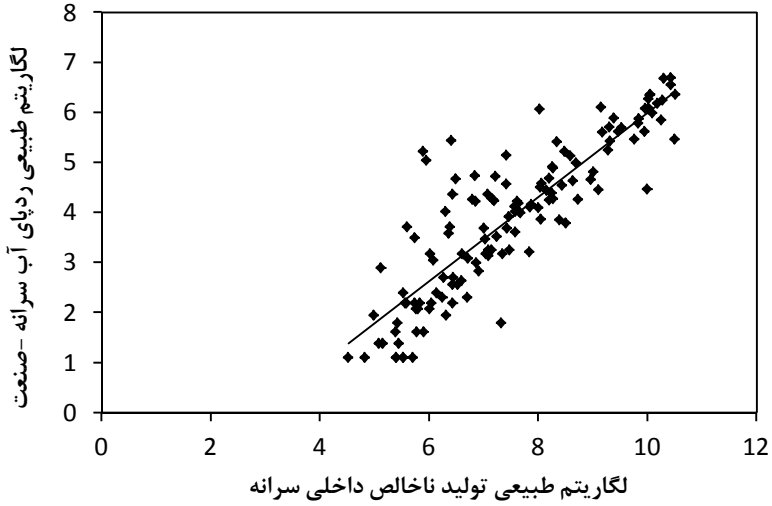
متغیر توضیحی	ضرایب	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری	وضعیت معنی‌داری
عرض از مبدا	۶/۳۷۳	۰/۲۰۱	۰/۰۰	معنی‌دار
Ln(GDP/N)	۰/۰۹۸	۰/۰۲۴۰	۰/۰۰	معنی‌دار
R^2	۰/۲۶	-	-	-
آماره F	۱۶/۸۲	-	۰/۰۰	معنی‌دار

لگاریتم طبیعی رد پای آب سرانه صنعتی کشورها هم روی لگاریتم طبیعی درآمد سرانه آن کشورها برای سه فرم تبعی خطی، درجه دو و درجه سه تخمین زده شد. رگرسیون‌های انجام گرفته نشان می‌دهند که رد پای آب صنعتی به‌طور یکنواختی در مقابل درآمد افزایش می‌یابد. در واقع، هر سه فرم تبعی نتایج مشابهی را نشان می‌دهند. به علاوه R^2 بالا نشان‌دهنده این است که درآمد عامل مهمی در افزایش رد پای آب سرانه در بخش صنعت است. نتایج برآورد رگرسیونی برای فرم خطی به‌طور خلاصه در جداول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- فرم خطی متغیر وابسته: لگاریتم طبیعی رد پای آب سرانه بخش صنعت (n=۱۳۵)

متغیر توضیحی	ضرایب	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری	وضعیت معنی‌داری
عرض از مبدا	-۲/۵۲	۰/۳۱	۰/۰۰	معنی‌دار
Ln(GDP/N)	۰/۸۵	۰/۰۴	۰/۰۰	معنی‌دار
R^2	۰/۷۶۷	-	-	معنی‌دار
آماره F	۴۳۸/۰۲	-	۰/۰۰	معنی‌دار

چاپاگین و هوکسترا کل رد پای آب کشورها را به دو بخش رد پای آب داخلی و خارجی تقسیم کرده‌اند. رد پای آب داخلی یک کشور حجم آبی است که از منابع آب داخلی کشور برای تولید کالا و خدمات مصرفی مردم آن کشور استفاده می‌شود. رد پای آب خارجی یک کشور حجم آبی است که در دیگر کشورها مصرف شده تا کالاها و خدمات مصرفی آن کشور تولید شود (۲۰۰۴). رگرسیون رد پای آب داخلی و خارجی روی درآمد یک روش دیگر برای ارزیابی وجود رابطه بین توسعه اقتصادی و منابع آبی است.



شکل ۱- رد پای آب سرانه بخش صنعت در مقابل درآمد منبع

رگرسیون log-log از رد پای آب سرانه داخلی و خارجی روی تولید ناخالص داخلی سرانه نشان می‌دهد که رد پای آب داخلی سرانه در مقابل درآمد سرانه کاهش می‌یابد درحالی که رد پای آب خارجی در مقابل درآمد به‌طور یکنواختی افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان گفت کشورهای ثروت‌مند، حداقل در مقیاس سرانه، کم‌تر بر منابع آب داخلی خودشان تکیه دارند و بیشتر به منابع آبی کشورهای دیگر تکیه دارند. با مقایسه R^2 بین دو رگرسیون رد پای آب داخلی و خارجی می‌توان این نکته را فهمید که درآمد نقش مهم‌تری در توضیح رفتار رد پای خارجی نسبت به رد پای آب داخلی دارد. بنابراین سطح درآمد به نظر می‌آید که می‌تواند پیش‌بینی کننده بهتری از افزایش واردات منابع آب باشد تا تغییرات در برداشت آب از منابع داخلی.

در جدول ۴ خلاصه نتایج رگرسیونی آورده شده است.

جدول ۴- متغیر وابسته: لگاریتم طبیعی رد پای آب داخلی سرانه

متغیر توضیحی	ضرایب	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری	وضعیت معنی‌داری
عرض از مبدا	۷/۸۶	۰/۳۳	۰/۱۴	
Ln(GDP/N)	-۰/۱۴۲	۰/۰۴	۰/۰۰	معنی‌دار
R^2	۰/۱۹۶	-	-	
آماره F	۲۹۵/۷۵۹	-	۰/۰۰	معنی‌دار

جدول ۵- فرم درجه دو - متغیر وابسته: (n=۱۳۵)
لگاریتم طبیعی رد پای آب سرانه خارجی

متغیر توضیحی	ضرایب	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری	وضعیت معنی‌داری
ضریب ثابت	-۵/۰۸۷	۱/۵۵	۰/۰۰	معنی‌دار
Ln(GDP/N)	۱/۹۸	۰/۴۱	۰/۰۰	معنی‌دار
Ln(GDP/N)2	-۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۰	معنی‌دار
R^2	۰/۷۱	-	-	
آماره F	۱۶۱/۴۷	-	۰/۰۰	معنی‌دار

٤- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نه‌تنها از جنبه تساوی و عدالت در استفاده از منابع آبی مهم است بلکه با صنعتی شدن کشورها پیش‌بینی اثر رشد اقتصادی را روی عادات مصرفی بسیار با اهمیت خواهد بود. درک بهتری از این موضوع، به برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران اجازه می‌دهد تا دید بهتری از الگوهای استفاده از آب در آینده داشته باشند و به آن‌ها بینش وسیع‌تری نسبت به رشد اقتصادی و مدیریت منابع طبیعی و کیفیت محیط زیست ارائه می‌دهد.

براساس نتایج برآوردها، با توجه به این که در چارچوب توسعه، با افزایش درآمد، رد پای آب خارجی زیاد می‌شود، می‌توان استنتاج کرد در کشورهای کم آب مانند ایران، با افزایش درآمد، واردات آب مجازی آن‌ها افزایش پیدا خواهد کرد که این امر سبب افزایش کارایی در سطح مصرف آب می‌شود. این موضوع زمانی تحقق پیدا می‌کند که تنوع در تولیدات وجود داشته باشد تا از این طریق بتوان تنوع کالایی در صادرات و واردات داشت و محصولاتی که مقادیر کمی آب مصرف می‌کنند و ارزش اقتصادی بالاتری دارند را با محصولاتی که مقادیر زیادی آب مصرف می‌کنند مبادله کرد.

چنان که محاسبات ما نشان می‌دهد، درآمد به‌عنوان عامل اساسی در تغییرات رد پای آب خارجی به حساب می‌آید. به‌علاوه درآمد نقش مهم‌تری در توضیح رفتار رد پای خارجی نسبت به رد پای آب داخلی دارد. بنابراین سطح درآمد به نظر می‌آید که می‌تواند پیش‌بینی کننده بهتری از افزایش واردات منابع آب باشد تا تغییرات در برداشت آب از منابع داخلی. در برآوردهای انجام شده، قسمت نزولی EKC مشاهده نشد.

رد پای آب نشان داد که استفاده و برداشت از منابع آبی گرچه به مقدار موهبت منابع آب بستگی ندارد و کشورهای کم آب با واردات کالاهای آب بر می‌توانند حتی در گروه مصرف کنندگان بالای منابع جهانی آب باشند، اما بر محیط زیست پیرامون اثر می‌گذارد. همچنین برای رسیدن به سطح اولیه توسعه اقتصادی سطح مشخصی از برداشت آب لازم است. سؤال جدیدی که در اینجا مطرح می‌شود این است که اگر با افزایش درآمد، استفاده از منابع آب خارجی افزایش یابد، با وجود محدودیت منابع آبی در جهان، کشورهای در حال توسعه، آب خارجی مورد نیاز در هنگام توسعه را از کجا وارد خواهند کرد.

بنابراین پیشنهاد می‌شود که کارشناسان بخش آب کشورمان با مزایا و معایب نظریه آب مجازی آشنا شده تا بتوان از این ابزار در جهت استفاده بهتر از منابع آب اقدام کرد. در صنایع و کشاورزی، تولید کالاهای کم‌تر آب بر مورد توجه قرارگرفته و واردات و صادرات کالاها با توجه به حجم آب مجازی موجود در کالاها به‌صورت هدف‌مند و

آگاهانه انجام گیرد. البته این‌ها توصیه‌های صرفاً اقتصادی‌اند و ملاحظات سیاسی در آن‌ها لحاظ نشده است. همچنین اطلاع‌رسانی و آگاهی به مردم از طریق رسانه‌ها، جزو یکی از امور مستمر مدیریت منابع آب قرار گرفته، و به‌طور جدی در برنامه‌ریزی‌ها لحاظ شود. میزان آب مجازی کالاها به‌صورت برچسب روی کالاها درج شود. اشاعه این اقدام، باعث تأثیر روانی مثبتی در جهت صرفه‌جویی خواهد شد.

پی‌نوشت‌ها

[1] Virtual water
[2] Water footprint
[3] Evapotranspiration
[4] Evapotranspiration

منابع

[1] IRNA, Islamic republic news agency, http:// www.irna.ir/The average amount of rainfall in Iran is one- third of the world average (assessed 20 june **2011**). [**In Persian**]

[2] Rouhani N, Yang H, Amin Sichani S, Afyuni M, Mousavi S, Kamgar Haghighi A. Assessment of Food Products and Virtual Water Trade as Related to Available Water Resources in Iran. Journal of science and technology of agriculture and natural resources, water and soil science; **2009**; **12**(46): 417-432. [In Persian]

[3] Allan J.A, Hydro-Peace in the Middle East: Why No Water Wars? A Case Study of the Jordan River Basin. SAIS Review; **2002**; **22**(2): 255-272.

[4] Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. 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): 19-32.

[5] Hoekstra A.Y,. Hung P.Q. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade Delft, The Netherlands, IHE Delft ; **2002**:108-215.

[6] Chapagain A.K. Hoekstra A.Y. Water footprints of nations. Value of Water Research Report Series No.16, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands, http://www.waterfootprint.org/Reports/Report16 .pdf, **2004**.

[7] Hoekstra, A.Y. and A.K. Chapagain. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resources Management; **2007**; 21(1): 35-48.

[8] Heckscher, E.F., B.G. Ohlin, H. Flam and M.J. Flanders. Heckscher-Ohlin trade theory. Cambridge, Mass., MIT Press, **1991**.

[9] Ramirez-Vallejo, J. and P. Rogers. Virtual water flows and trade liberalization. Water Science and Technology; **2004; 49**(7): 25-32.

[10] Rock, M.T.Freshwater use, freshwater scarcity, and socioeconomic development. Journal of Environment and Development ; **1998**; **7**(3): 278-301.

[11] Katz, D.L .Water use and economic growth: Is there an EKC for water use?, PhD. Dissertation, Chapter 1&2, University of Michigan.; **2008**.

[12] Hoekstra, A.Y. and A.K. Chapagain. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resources Management ; **2007**; **21**(1): 35-48.

[13] World Bank database . http://databank. worldbank. org/ World Development Indicators online database, (assessed: Apr 28, **2011**).

[14] Wikipedia., http://en.wikipedia.org/wiki/ Evapotranspiration, (assessed: Jun 1, **2011**).