سال هشتم، شماره ۲، ۱۴۰۰، صفحات ۱۳ تا ۲۰
نشریه آب و توسعه پایدار

2021, Vol.8, No.2, Pages 13 to 20
Journal of Water and Sustainable Development

نوع مقاله: پژوهشی

Article Type: Regular article

جایگاه بخش‌های اقتصادی استان اصفهان براساس رویکرد مصرف با استفاده از مدل داده-ستانده

الهام اپراجونقانی[۱]، زهرا نصراللهی[۲*]

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد اقتصاد محیط‌زیست و دانشیار، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، ایران.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: nasr@Yazd.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۱۶

چکیده

محدودیت عرضه منابع آب همراه با افزایش تقاضا در سال‌های اخیر، کمبود آب را به یک مسأله جدی در کشور ایران تبدیل کرده است. امروزه محققان تأکید دارند راهکار حل مساله کمبود آب، تنها تمرکز بر افزایش عرضه نیست بلکه باید به مدیریت تقاضا نیز توجه کرد. از آنجایی که آب نقش اساسی در توسعه پایدار دارد و برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای که پتانسیل‌ها و مزیت‌های منطقه‌ای را مرکز توجه قرار می‌دهد، مدیریت منابع آب یک استراتژی مناسب در راستای راسیدن به توسعه پایدار است. بر این اساس هدف از پژوهش حاضر تحلیل و ارزیابی مصرف آب در بخش‌های اقتصادی استان اصفهان بااستفاده‌از شاخص ردپای آب و جدول داده-ستانده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌داد، براساس شاخص ردپای آب اگرچه بخش «کشاورزی» همچنان در رتبه نخست مصرف آب قرار دارد اما سهم آن از کل مصرف، از حدود ۹۱/۷۳ درصد به ۶۷/۸۱ درصد کاهش یافته و سهم بخش «صنایع محصولات غذایی، آشامیدنی و دخانیات» از ۰/۴۰ درصد به ۱۴/۷۴ درصد افزایش پیدا کرده است. این نتیجه نشان‌دهنده تفاوت در میزان مصرف آب با رویکرد ردپای آب نسبت به رویکرد سنتی است. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، سرانه ردپای آب هر شهروند در استان اصفهان در سال ۱۳۹۰ برابر با ۲۷۶۷ مترمکعب بود.

واژه‌های کلیدی: توسعه‌پایدار، ردپای آب، مدل داده-ستانده، استان اصفهان.

The Position of Economic Sectors in Isfahan Province Based on the Consumption Approach Using the Input-Output Model

E. Operajouneghani[1], Z. Nasrollahi[2*]

1,2- MSc Student and Associate Professor, Department of Economics, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran.

*(Corresponding Author Email: nasr@Yazd.ac.ir)

Received: 08-01-2021
Accepted: 05-04-2021

Abstract

Restriction of water supply along with increasing demand in recent years has made water scarcity a serious problem in Iran. Today, researchers emphasize that the solution to the problem of water scarcity is not only to increase supply but also to demand management. Because water plays a key role in sustainable development and regional planning focuses on regional potentials and benefits, water resources management is an appropriate strategy for achieving sustainable development. Therefore, the purpose of this study is to analyze and evaluate water consumption in the economic sectors of Isfahan province using the water footprint index and data-output table. The results of this study showed that according to the water footprint index, although the "agriculture" sector is still in the first place in water consumption, but its share of total consumption has decreased from about 91.73% to 67.81% and the share of the "products industry" Food, Beverage and Tobacco "has increased from 0.40% to 14.74%. This result shows the difference in water consumption with the water footprint approach compared to the traditional approach. Also, the results of this study showed that the per capita water footprint of each citizen in Isfahan province in 1390 was equal to 2767 m3.

Keywords: Sustainable Development, Water footprint, Input-output model, Isfahan province.

DOI: 10.22067/jwsd.v8i2.1007

مقدمه

در طول چند دهه اخیر، نقش مردم در بهره‌برداری از منابع و تخریب محیط‌زیست به یکی از موضوعات چالش برانگیز در بین دانشمندان و کارشناسان محیط‌زیست تبدیل شده است. از یک‌طرف کشورهای توسعه‌یافته، کشورهای درحال‌توسعه را برای کاهش نرخ زادوولد تحت‌فشار قرار داده و از طرف دیگر کشورهای درحال‌توسعه، کشورهای توسعه‌یافته را به خاطر شیوه زندگی اسراف آمیز آن‌ها مورد انتقاد قرار می‌دهند (نصراللهی و هادیان، ۱۳۹۷). در واقع مصرف‌گرایی امروزی انسان‌ها که منجر به افزایش سبد مصرفی از منابع طبیعی شده، اگرچه در کوتاه‌مدت رفاه و رشد اقتصادی به همراه دارد، اما در بلندمدت باعث آسیب به اکوسیستم می‌شود. با وجود تردیدهای جدی ناشی از ایجاد کاستی در ظرفیت اکوسیستم و عدم دسترسی به منابع طبیعی مورد نیاز برای تولید کالاهای اساسی، باز هم بشر از خواست مصرف‌گرایی تبعیت می‌کند و بدون تفکر عاقلانه در مورد نحوه مصرف خود به از بین بردن منابع طبیعی ازجمله آب و خاک دامن می‌زند. یکی از این منابع طبیعی که با تهدیدات جدی روبه‌رو است منابع آبی می‌باشد.

آب به‌عنوان کالایی اقتصادی-اجتماعی اهمیت ویژه‌ای دارد و نیاز روزافزون به آن در همه ابعاد زندگی بشر، آب را به کالایی کمیاب تبدیل کرده است. از طرف دیگر هم تغییرات آب‌وهوایی و هم افزایش جمعیت منجر به ایجاد درگیری و تنش بر سر منابع آبی شده که مانعی در برابر توسعه اقتصادی و رونق جهان تلقی می‌شود (Liu و همکاران، ۲۰۱۸). گزارش‌های سالانه تهیه‌شده توسط نهادهای بین‌المللی، اهمیت توجه به این منبع کمیاب را نمایان‌تر می‌کند، برای مثال طبق گزارش سازمان ملل در سال ۲۰۱۷ حدود دوسوم مردم جهان در مناطق خشک و تحت‌فشار کم‌آبی زندگی می‌کنند. گزارش‌هایی ازاین‌دست نشان‌دهنده افزایش مشکلات اکولوژیکی حاصل از کمبود آب بوده که ممکن است محیط‌زیست را بیش‌ازپیش شکننده و آسیب‌پذیر سازد، به همین علت می‌توان بیان کرد، تخصیص عادلانه و صحیح منابع آبی در سراسر کره زمین به یک چالش گسترده تبدیل شده است (Liu و همکاران، ۲۰۱۸). در واقع وقوع خشکسالی، تغییرات اقلیمی و پدیده گرمایش جهانی به‌عنوان مهمترین عوامل طبیعی در ارتباط با کم‌آبی بوده و برخی از عوامل و دخالت‌های نابهنجار انسانی از قبیل مدیریت نادرست به این موضوع دامن می‌زنند. علاوه‌بر این اهمیت توجه به آب در مناطقی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک که منابع آب تجدیدپذیر محدودتری دارند، بیشتر است و بر کسی پوشیده نیست. به اعتقاد بسیاری از کارشناسان این مناطق براثر تغییرات اقلیمی در آینده خشک‌تر نیز خواهند شد (Okadera و همکاران، ۲۰۱۵). براساس پیش‌بینی‌های موسسه منابع جهانی[1] در سال ۲۰۱۵، کشور ایران در سال ۲۰۴۰ با تنش آبی بسیار بالا مواجه خواهد شد و از این لحاظ در رتبه ۱۳ جهان قرار دارد (زارعی، ۱۳۹۵).

از طرف دیگر وضعیت استان اصفهان با قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه‌خشک ایران بسیار حساس است. رشد جمعیت به همراه خشکسالی‌های اخیر، علی‌رغم طرح‌هایی همچون انتقال آب، تامین آب در استان را با چالش روبه‌رو کرده است. درحالی‌که استان اصفهان سومین استان پرجمعیت کشور بوده و رتبه سوم تولید ناخالص داخلی را به خود اختصاص داده و جایگاه ویژه‌ای در میان استان‌های کشور دارد (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اصفهان، ۱۳۹۶). مجموع شرایط موجود نمایانگر ضرورت مدیریت منابع آب با نگرشی جامع و دقیق است. در راستای حل مسئله موجود، اقدامات مختلفی انجام‌شده که بعضی از آن‌ها به مرحله اجرا درآمده، اما نکته موردتوجه این است که بسیاری از این اقدامات در راستای افزایش ظرفیت منابع آب در دسترس، بدون توجه به‌طرف تقاضا است. درحالی‌که باتوجه‌به پیچیدگی‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی و تبعات محیط‌زیستی رویکردهای عرضه محور، امروزه به‌منظور دسترسی پایدار به منابع آبی استفاده از مدیریت طرف تقاضا به‌عنوان یک رویکرد جایگزین به‌جای افزایش عرضه توجه بیشتری را به خود معطوف کرده است (United Nations، ۲۰۰۶). تقاضای تولید هر کالا در هر منطقه توسط شاخصی به اسم ردپای آب اندازه‌گیری می‌شود که نخستین بار توسط Hoekstra و Hung (۲۰۰۲) معرفی شد. مفهوم ردپای آب ارتباط نزدیکی با تجارت آب مجازی دارد. به عبارتی می‌توان بیان کرد، کل حجم آب شیرین مورد استفاده برای تولید محصولات مصرف شده توسط ساکنان یک منطقه را ردپای آب می‌نامند (Hoekstra و Chapagain، ۲۰۰۷). از جمله دستاوردهای بهره‌گیری از این شاخص، اولویت‌بندی مناطق تولیدکننده کالا متناسب با مصرف کمتر آب برای تولید کالا است، درواقع این شاخص می‌تواند کار آمایش سرزمین را انجام دهد (محمدی و یوسفی، ۱۳۹۹). کاربرد دیگر این شاخص، نشان دادن اثر الگوی مصرف بر منابع طبیعی است. ردپای آب دارای سه مؤلفه (ردپای آب آبی، سبز و خاکستری) است، ردپای آب آبی، همان آب مورد استفاده در تولید محصول و ردپای آب سبز به سهم آب حاصل از بارندگی مربوط است (Hoekstra و همکاران، ۲۰۱۱). آب خاکستری حجم آبی است که طی فرآیند تولید آلوده‌شده و کیفیت اولیه خود را از دست داده است و ازآنجایی‌که وارد سیستم آب‌های طبیعی می‌شود، به حجم آبی که موردنیاز است تا بتوان کیفیت آب‌های آلوده را به سطح استاندارد و مطلوب رساند ردپای آب خاکستری گفته می‌شود (Mekonnen و Hoekstra، ۲۰۱۱). مطالعات متعددی در سراسر جهان توسط پژوهشگران در زمینه ردپای آب انجام شده است. در ابتدا بیشتر مطالعات برای برآورد ردپای آب (آبی، سبز

و خاکستری) در مقیاس کلی جهان صورت می‌گرفت، اما رفته‌رفته و باتوجه‌به اهمیت روزافزون منابع آب در مقیاس‌های کوچکتر، ارزیابی این شاخص در ابعاد محلی مورد توجه واقع شده است (Lovarelli و همکاران، ۲۰۱۶؛ Hoekstra و Zhuo، ۲۰۱۷). در پژوهش حاضر منظور از ردپای آب، ردپای آب آبی است. در بحث‌های مربوط به ارتباط بین رشد اقتصادی و محیط‌زیست معیارهای مبتنی بر مصرف (نه تولید) دیدگاه روشن‌بینانه‌تری ارائه می‌دهند (Bagliani و همکاران، ۲۰۰۸). در ادامه به چند مورد از مطالعات انجام شده در زمینه ردپای آب و آب مجازی اشاره شده است.

Feng و همکاران (۲۰۱۱) ردپای آب مناطق مختلف بریتانیا را از منظر تولید و مصرف محاسبه کردند نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد ردپای آب مصرفی این کشور بیش از سه برابر بزرگتر از ردپای آب تولید آن است. در مطالعه‌ای Feng و همکاران (۲۰۱۲) آب مجازی و ردپای آب رودخانه زرد چین برای سه محدوده را بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد در محدوده پایین‌دست با وجود محدودیت شدید آبی ۳۷ درصد از منابع آبی از طریق مبادلات بین منطقه‌ای به مناطق دیگر صادر می‌شود. Lutter و همکاران (۲۰۱۶) ردپای آب و تبادل آب مجازی در اتحادیه اروپا برای سال ۲۰۰۷ را ارزیابی کردند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد اتحادیه اروپا سالانه به‌طور غیرمستقیم مقادیر زیادی آب به شکل مجازی از طریق تجارت با سایر مناطق جهان وارد می‌کند که این حجم از واردات آب مجازی بیشتر از آب مصرف شده از منابع داخلی این اتحادیه است. Zhang و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی ردپای آب چین طی دوره ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ پرداختند، نتایج این مطالعه نشان دهنده افزایش ردپای آب کشور طی این سال‌ها است. Liu و همکاران (۲۰۲۰) بااستفاده‌از شاخص ردپای آب و آب مجازی تأثیر رشد جمعیت، شهرنشینی، تغییر ساختار رژیم غذایی، توسعه صنعت انرژی، تجارت غلات و تغییرات آب‌وهوایی، را برروی امنیت غذایی و منابع آبی شمال غربی چین برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ بررسی کردند. Hong و همکاران (۲۰۲۰) بااستفاده‌از مدل داده–ستانده ضرایب آب مصرفی بخش‌های صنعتی شهر پکن را محاسبه کردند، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد ضرایب آب مصرفی بخش‌های صنعتی تفاوت قابل ملاحظه‌ای با هم دارند. تهامی‌پور و همکاران (۱۳۹۶) وضعیت آب مجازی ایران در تجارت محصولات صنعتی با شرکای عمده تجاری را بررسی کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد کشور ایران از واردکننده خالص آب مجازی در سال ۱۳۹۰ (با حجم ۱۱۲ میلیون مترمکعب) به صادرکننده خالص آب مجازی در سال ۱۳۹۳ (با حجم ۱۱۵ میلیون مترمکعب) تبدیل شده است. زارعی و نصراللهی (۱۳۹۷) به تحلیل مصرف آب بخش‌های اقتصادی ایران مبتنی بر رویکرد مصرف پرداختند، نتایج حاصل از این پژوهش نشان از تفاوت وضعیت مصرف آب با رویکرد مصرف نسبت به رویکرد سنتی دارد.

ازآنجایی‌که کشور ایران تنوع بالای جغرافیایی، اقلیمی، فرهنگی و اجتماعی دارد و این تنوع نهفته نیازمند برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای است و اولین گام در بهره‌برداری بهینه از منابع و مدیریت منابع، شناسایی و تعیین وضعیت فعلی منبع است، هدف اصلی پژوهش حاضر تحلیل مصرف آب بخش‌های مختلف اقتصادی در استان اصفهان است. این امر با شناسایی وضعیت موجود مصارف آب، اولین گام در راستای مدیریت بهینه منابع آب در منطقه تلقی می‌شود. یکی از روش‌های حل مسئله کمبود آب استفاده از شاخص ردپای آب است. محاسبه ردپای آب یک مبنای علمی برای مدیریت منابع آب فراهم می‌کند.

مواد و روش‌ها

جدول داده-ستانده به‌عنوان یکی از ابزارهای قوی به‌منظور انجام تحلیل‌های مختلف اقتصادی، موقعیتی را برای سیاست‌گذاران و تصمیم گیران ایجاد می‌کند تا آثار برنامه‌ها و سیاست‌ها را قبل و بعد از اجرای آن‌ها ارزیابی نموده و ابعاد مختلف آن را بررسی نمایند. در حقیقت این جدول با نمایان کردن روابط میان بخش‌ها امکان تحلیل روابط بین بخشی و اتخاذ راهبردهای توسعه‌ای مناسب را فراهم می‌سازد. اگر یک سیستم اقتصادی را متشکل از n بخش تولیدی در نظر بگیریم، کل ستانده بخش i که با x_i نشان داده می‌شود می‌تواند برای تقاضای واسطه‌ای یا نهایی استفاده شود که براساس آن معادله ستانده یا تراز تولیدی که همان رابطه اساسی مدل داده–ستانده است به‌صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود (نصراللهی و همکاران، ۱۳۹۱).

$$x_i = \sum_j x_{ij} + y_i \quad (۱)$$

در رابطه (۱) x_{ij} برابر با نهاده‌ای است که از بخش i به بخش j واگذار می‌شود و y_i نشان‌دهنده تقاضای نهایی بخش i است. با در نظر گرفتن تابع تولید خطی، بردار ستانده هر بخش به‌وسیله رابطه (۲) تعریف می‌شود.

$$x_{ij} = a_{ij} x_j \quad (۲)$$

عنصر a_{ij} نشان می‌دهد برای تولید یک واحد ستانده در بخش j چقدر از نهاده بخش i نیاز است، x_j کل تولیدات بخش j است. با جایگذاری رابطه (۲) در رابطه (۱)، رابطه (۳) به‌دست می‌آید. رابطه (۳) را به‌صورت فرم ماتریسی که در رابطه (۴) و (۵) ارائه شده می‌توان نمایش داد.

$$x_i = \left(\sum_j a_{ij} x_j \right) + y_i \quad (۳)$$

$$X = AX + Y \quad (۴)$$

$$X = (A - I)^{-1} Y \quad (۵)$$

به ترتیب x بردار روابط بین بخشی، A ماتریس ضرایب فنی، Y بردار تقاضای نهایی بخش‌های اقتصادی، I ماتریس واحد و $(I-A)^{-1}$ ماتریس معکوس لئونتیف نامیده می‌شود، عنصر l_{ij} از ماتریس معکوس لئونتیف نشان‌دهنده کل میزان ستانده بخش I است و برای افزایش یک واحد پولی تقاضای نهایی در بخش j مورد نیاز است (Zhao و همکاران، ۲۰۰۹).

در این پژوهش به‌منظور رسیدن به اهداف موردنظر از به‌روزترین جدول داده-ستانده ایران که برای سال ۱۳۹۰ و در ۹۹ بخش اقتصادی توسط مرکز آمار (www. amar.org.ir) به هنگام شده است استفاده شد و با استفاده از آمار حساب‌های منطقه‌ای استان اصفهان برای اولین بار با استفاده از روش سهم مکانی خاص صنعتی فلگ (SFLQ) جدول داده-ستانده استان اصفهان محاسبه شد[۲]، در ادامه با استفاده از این جدول شاخص ردپای آب و آب مجازی محاسبه شد. باتوجه‌به ساختار بخش‌های اقتصادی و داده‌های در دسترس مصرف آب که از منابع مختلف آماری مانند سازمان جهاد کشاورزی، نتایج طرح آمارگیری از معادن درحال بهره‌برداری، شرکت مدیریت منابع آب ایران، شرکت مهندسی آب و فاضلاب ایران گردآوری شده و برای برخی از بخش‌ها تخمین زده شد[۳]. این جدول برای استان اصفهان در بیست بخش تجمیع شد (جدول ۱).

جدول ۱- بخش‌های اقتصادی استان اصفهان در جدول داده-ستانده مورد استفاده در این پژوهش

شماره بخش	نام بخش	شماره بخش	نام بخش
۱	کشاورزی	۱۱	ساخت فلزات اساسی
۲	نفت خام و گاز طبیعی و سایر معادن	۱۲	ساخت محصولات فلزی فابریکی به‌جز ماشین‌آلات و تجهیزات
۳	صنایع محصولات غذایی، آشامیدنی و دخانیات	۱۳	ساخت تعمیر و نصب محصولات رایانه‌ای،... و ساخت تعمیر و نصب تجهیزات برقی
۴	ساخت منسوجات	۱۴	ساخت ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر
۵	ساخت پوشاک، دباغی و پرداخت چرم	۱۵	ساخت وسایل نقلیه موتوری و سایر تجهیزات حمل‌ونقل
۶	ساخت چوب و محصولات چوبی	۱۶	ساخت مبلمان و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر
۷	ساخت کاغذ و محصولات کاغذی و چاپ	۱۷	آب، برق و گاز
۸	ساخت کک و فرآورده‌ای حاصل از آن و ساخت محصولات شیمیایی	۱۸	ساختمان
۹	ساخت محصولات از لاستیک و پلاستیک	۱۹	حمل‌ونقل
۱۰	ساخت محصولات کانی غیرفلزی	۲۰	خدمات

• محاسبه ردپای آب

شاخص ردپای آب درسطح ملی با عنوان ردپای آب ملی (NWF)[۴] شناخته می‌شود. برای یکسان‌سازی نمادها در سطح ملی ردپای استان اصفهان با (NWF) نشان داده می‌شود. NWF برابر با کل حجم آب شیرینی است که برای تأمین مصارف نهایی استان اصفهان به‌کار گرفته شده است (زارعی، ۱۳۹۵). همان‌گونه که اشاره شد ردپای مورد نظر در این پژوهش ردپای آب آبی است. به‌عبارتی تنها منابع آب شیرین تجدیدپذیر به‌کاررفته در تولید کالاها و خدمات مورد نظر را شامل می‌شود. در این پژوهش ردپای آب به تفکیک بخش‌های اقتصادی و با استفاده از روش ارائه‌شده توسط Zhao و همکاران (۲۰۰۹) محاسبه شد. باتوجه‌به تعریف ردپای آب نحوه محاسبه آن در ادامه تشریح شده است.

در گام اول میزان آب‌بری مستقیم بخش‌های مختلف اقتصادی با استفاده از رابطه (۶) محاسبه شد.

$$w_j^d = \frac{w_j}{x_j} \quad (۶)$$

در رابطه (۶) w_j^d نشان‌دهنده آب‌بری مستقیم بخش زام است، نشان‌دهنده مقدار آبی است که بخش زام به‌ازای یک واحد پولی افزایش در ستانده خود مصرف می‌کند، w_j نشان‌دهنده کل مصرف آب در بخش زام و x_j ستانده بخش زام را نشان می‌دهد. در مرحله بعد مقادیر VWC[۵] (محتوای آب مجازی) با استفاده از رابطه (۷) محاسبه‌شد.

$$VWC = \left[w_j^t\right], w_j^t = \sum_{i=1}^{n} w_i^d \times l_{ij} \quad (۷)$$

در رابطه (۷) w_j^t نشان‌دهنده کل آب مصرف شده توسط همه بخش‌های اقتصادی برای تأمین یک واحد پولی تقاضای نهایی در بخش زام است، این شاخص آب‌بری کل (مستقیم و غیرمستقیم) را در هر بخش نشان می‌دهد، l_{ij} عناصر ماتریس معکوس لئونتیف در جدول داده-ستانده است و آب‌بری غیرمستقیم از تفاوت آب‌بری کل و مستقیم به‌دست می‌آید. پس از محاسبه محتوای آب مجازی، ردپای آب که شامل دو مولفه (ردپای آب داخلی و خارجی) است، محاسبه می‌شود. ردپای آب داخلی هر بخش عبارت است از:

$$T = \left[t_j\right], t_j = w_j^t \times f_j \quad (۸)$$

در رابطه (۸) t_j نشان‌دهنده ردپای آب داخلی بخش jام و نشان‌دهنده کل آب استفاده شده از منابع داخلی برای تأمین مصارف نهایی داخلی بخش j است و f_j نشان‌دهنده بخشی از تقاضای نهایی است که در داخل مصرف می‌شود. به‌منظور محاسبه ردپای آب خارجی، باتوجه‌به این‌که واردات در هر بخش شامل دو بخش واردات واسطه‌ای و واردات نهایی است، ردپای آب خارجی به‌صورت رابطه (۹) تعریف می‌شود.

$$ENWF = S^f + S^{in} \quad (۹)$$

که در آن s^f برابر با حجم آب مجازی است، برای تأمین مصارف نهایی داخلی استفاده می‌شود. s^f برابر با واردات نهایی در محتوای آب مجازی است و با استفاده از رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود. m_j^f ارزش واردات نهایی بخش j را نشان می‌دهد.

$$S^f = \left[s_j^f \right], s_j^f = w_j^t \times m_j^f \quad (۱۰)$$

s^{in} برابر با واردات واسطه‌ای آب مجازی است که با استفاده از رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود.

$$S^{in} = \left[s_j^{in} \right], s_j^{in} = \left(\sum_{j=1}^{n} w_j^t \times m_{ij} \right) \times v_j \quad (۱۱)$$

m_{ij} محصولات وارداتی بخش iام است که به‌عنوان نهاده واسطه‌ای در بخش j استفاده می‌شود. ازآنجایی‌که بخشی از واردات واسطه‌ای برای تولید محصولات صادراتی استفاده می‌شود، همه آب مجازی تعبیه‌شده در واردات واسطه‌ای به‌وسیله تقاضای نهایی داخلی مصرف نمی‌شود و بخشی از آن صرف تأمین تقاضای خارجی می‌شود. بنابراین برای محاسبه دقیق‌تر واردات واسطه‌ای آب مجازی عنصر v_j به‌عنوان ضریب تعدیل در رابطه (۱۱) ضرب می‌شود، این عنصر از نسبت تفاضل تقاضای نهایی از صادرات بر تقاضای نهایی به‌دست می‌آید. درنهایت با محاسبه ردپای آب داخلی و ردپای آب خارجی، کل ردپای آب به‌دست آمد.

ازآنجایی‌که مجموع ردپای آب خارجی در یک منطقه نشان‌دهنده واردات آب مجازی است، با استفاده از رابطه (۱۲) می‌توان صادرات آب مجازی را به‌دست آورد:

$$U = \left[u_j \right], u_j = w_j^t \times e_j \quad (۱۲)$$

در رابطه (۱۲)، e_j نشان‌دهنده ارزش کل صادرات محصولات و u_j حجم کل صادرات آب مجازی در بخش jام است. خالص واردات آب مجازی بااستفاده‌از رابطه (۱۳) محاسبه می‌شود:

$$NVWI = \left(S^f + S^{in} \right) - U \quad (۱۳)$$

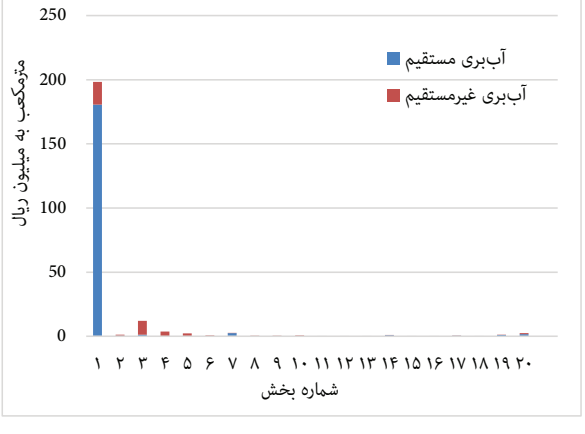
نتایج

در جدول (۲) نتایج حاصل از محاسبات این پژوهش نشان داده شده است. باتوجه‌به نتایج، بخش «کشاورزی» بزرگترین مصرف‌کننده آب و بخش «ساخت چوب و محصولات چوبی» کوچکترین مصرف‌کننده آب در بخش‌های اقتصادی استان اصفهان است. اگر مصارف مستقیم آب در هر بخش در نظر گرفته شود، بخش کشاورزی با ۱۹۸/۳۰ مترمکعب بر میلیون جایگاه نخست آب‌بری را به خود اختصاص می‌دهد. باتوجه‌به نتایج حاصل از محاسبات، مشاهده می‌شود، در بسیاری از بخش‌ها تفاوت قابل توجهی از نظر میزان آب‌بری مستقیم و غیرمستقیم وجود ندارد. اما در بخش‌های ساخت «صنایع محصولات غذایی، آشامیدنی و دخانیات»، «ساخت منسوجات»، «ساخت پوشاک، دباغی و پرداخت چرم» و «ساخت چوب و محصولات چوبی» نسبت آب‌بری غیرمستقیم به آب‌بری مستقیم بیشتر است. به‌طوری‌که آب غیرمستقیم مصرف شده در این بخش‌ها به‌ترتیب برابر با ۸/۳۶، ۴۳/۲۰، ۱۹/۶۰، ۲۵/۲۵ میزان آب مستقیم مصرف شده است (شکل ۱).

در سال ۱۳۹۰ مقدار کل آب مصرف شده برای تولید محصولات اقتصادی ۶۹۵۰/۳ میلیون مترمکعب و کل ردپای استان حدود ۱۳۵۰۲ میلیون مترمکعب است که بیش از نیمی از آن از طریق منابع خارجی تامین می‌شود. سرانه ردپای آب ۲۷۶۷ مترمکعب به‌ازای هر نفر در استان برآورد شده است. باتوجه‌به شاخص ردپای آب و رویکرد مبتنی بر مصرف، بخش‌های «کشاورزی»، «صنایع محصولات غذایی، آشامیدنی و دخانیات» به‌ترتیب بیشترین مصرف آب را به خود اختصاص دادند. باتوجه‌به نتایج حاصل از پژوهش، در سال ۱۳۹۰ اگرچه بخش «کشاورزی» با رویکرد سنتی (کل مصرف مستقیم آب) ۹۱/۷۳ درصد از منابع آبی را مصرف می‌کند اما این مقدار باتوجه‌به رویکرد ردپای آب به مقدار ۶۷/۸۱ درصد کاهش یافته است. از طرفی بخش «صنایع محصولات غذایی، آشامیدنی و دخانیات» که تنها ۰/۴۰ درصد از کل مصرف آب را به خود اختصاص داده است متناسب با رویکرد ردپای آب این مقدار به ۱۴/۷۴ درصد افزایش می‌یابد. تفاوت مقادیر محاسبه شده در رویکرد سنتی و رویکرد ردپای آب، اهمیت توجه به رویکرد ردپای آب را نمایان می‌سازد. در سال ۱۳۹۰ مقدار ۳۸۲ میلیون مترمکعب از آب برای تولید کالاهایی مصرف شده که از این استان صادر می‌شوند، باتوجه‌به یافته‌های پژوهش، بخش «کشاورزی» با ۳۰۶/۵ میلیون مترمکعب بزرگ‌ترین صادرکننده آب مجازی است. شاخص ردپای آب خارجی نشان می‌دهد در هر بخش چه مقدار از این آب به شکل آب مجازی از مناطق دیگر وارد شده است (واردات آب مجازی)، براساس یافته‌های پژوهش ردپای آب خارجی برای استان اصفهان، ۷۳۳۰/۹ میلیون مترمکعب برآورد شده است و بزرگ‌ترین واردکننده آب مجازی، بخش «کشاورزی» با ۳۴۸۱/۴ میلیون مترمکعب آب است و بخش «صنایع محصولات غذایی، آشامیدنی و دخانیات» با ۱۷۶۳/۹ میلیون مترمکعب جایگاه دوم را به خود اختصاص داده است. براساس مقدار کل این شاخص استان اصفهان سالانه به میزان ۶۹۴۹ میلیون مترمکعب خالص واردات آب مجازی داشته و بخش «کشاورزی» رتبه اول را به خود اختصاص داده است (شکل ۲).

جدول ۲- نتایج تفضیلی میزان مصرف آب ردپای آب و آب مجازی در بخش‌های اقتصادی استان اصفهان

شماره بخش	کل مصرف آب		آب‌بری مستقیم	آب‌بری کل	ردپای آب داخلی	ردپای آب خارجی	کل ردپای آب		صادرات آب مجازی	خالص واردات آب مجازی
	(میلیون مترمکعب)	درصد	(مترمکعب به میلیون ریال)		(میلیون مترمکعب)		(میلیون مترمکعب)	درصد	(میلیون مترمکعب)	
۱	۶۳۷۵/۵	۹۱/۷۳	۱۸۰/۶۹	۱۹۸/۳۰	۵۶۷۵/۴	۳۴۸۱/۴	۹۱۵۶/۸	۶۷/۸۱	۳۰۶/۵	۳۱۷۴/۸
۲	۱/۳	۰/۰۲	۰/۵۱	۱/۲۴	۱/۲	۱۰/۶	۱۱/۸	۰/۰۸	۱/۷	۸/۹
۳	۲۸	۰/۴۰	۱/۲۹	۱۲/۰۹	۲۲۷/۲	۱۷۶۳/۹	۱۹۹۱/۲	۱۴/۷۴	۸/۷	۱۷۵۵/۱
۴	۲/۲	۰/۰۳	۰/۰۸	۳/۷۳	۶۸/۲	۴۲۹/۱	۴۹۷/۳	۳/۶۸	۱۰/۶	۴۱۸/۴
۵	۰/۳	۰/۰۰	۰/۱۱	۲/۳۶	۵/۷	۳۷/۳	۴۳/۱	۰/۳۱	۰/۳	۳۷
۶	۰/۱	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۷۷	۳/۲	۱۴/۲	۱۷/۴	۰/۱۲	۰/۰۲	۱۴/۲
۷	۹/۲	۰/۱۳	۲/۵۵	۲/۷۷	۶/۸	۱۱/۳	۱۸/۱	۰/۱۳	۰/۲	۱۱/۱
۸	۷۰/۵	۱/۰۱	۰/۳۲	۰/۴۶	۷۰/۵	۷۶۷/۸	۸۳۸/۴	۶/۲۰	۱۵/۵	۷۵۲/۳
۹	۲/۳	۰/۰۳	۰/۲۷	۰/۵۲	۳/۳	۲۹/۶	۳۲/۸	۰/۲۴	۰/۴	۲۹/۲
۱۰	۱۰/۶	۰/۱۵	۰/۳۷	۰/۶۲	۱۳/۵	۱۱/۷	۲۵/۳	۰/۱۸	۱/۲	۱۰/۴
۱۱	۱۹/۹	۰/۲۹	۰/۱۸	۰/۲۲	۱۶/۴	۵۲/۹	۶۹/۴	۰/۵۱	۲/۵	۵۰/۴
۱۲	۲	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۱۹	۲/۵	۷	۹/۵	۰/۰۷	۰/۱	۶/۹
۱۳	۱/۲	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۲۱	۲/۱	۲۱/۴	۲۳/۶	۰/۱۷	۰/۱	۲۱/۳
۱۴	۶/۲	۰/۰۹	۰/۹۸	۱/۰۳	۵/۴	۵/۹	۱۱/۴	۰/۰۸	۰/۵	۵/۵
۱۵	۲/۵	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۲۳	۳/۸	۱۳/۳	۱۷/۱	۰/۱۳	۰/۰۵	۱۳/۲
۱۶	۰/۵	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۳۶	۰/۹	۴/۳	۵/۲	۰/۰۴	۰/۰۶	۴/۲
۱۷	۱۳/۱	۰/۱۹	۰/۴۷	۰/۷۱	۷/۲	۴۰/۹	۴۸/۱	۰/۳۵	۷/۶	۳۳/۳
۱۸	۲/۹	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۱۹	۹/۶	۴۹/۳	۵۸/۹	۰/۴۴	۰/۲	۴۹/۲
۱۹	۴۲/۳	۰/۶۰	۱/۱۳	۱/۱۹	۲۸/۷	۴۰/۵	۶۹/۳	۰/۵۱	۵/۵	۳۵
۲۰	۳۵۹/۷	۵/۱۷	۱/۷۵	۲/۴۳	۱۹/۸	۵۳۷/۵	۵۵۷/۴	۴/۱۲	۱۹/۸	۵۱۷/۶
کل	۶۹۵۰/۳	۰/۱۰۰			۶۱۷۲	۷۳۳۰/۹	۱۳۵۰۲/۹	۰/۱۰۰	۳۸۲	۶۹۴۹



شکل ۱- آب‌بری مستقیم و غیرمستقیم در بخش‌های اقتصادی استان اصفهان

شکل ۲- صادرات و خالص واردات آب مجازی در بخش‌های اقتصادی استان اصفهان

بحث و نتیجه‌گیری

خشکسالی‌های سال‌های گذشته در استان اصفهان به همراه افزایش تقاضا، خسارات قابل توجهی در بخش‌های مختلف استان از جمله خشک شدن زاینده‌رود (به‌عنوان یک ثروت ملی) را به همراه داشته و منابع آبی سطحی و زیرزمینی را با تنش آبی مواجه کرده است. ازآنجایی‌که حجم زیادی از تقاضای آب مربوط به تولیدات در بخش‌های اقتصادی است، بررسی چگونگی مصرف آب گامی اساسی در راستای مدیریت صحیح منابع آبی است. یکی از روش‌های پرکاربرد در این راستا استفاده از شاخص ردپای آب و جدول داده–ستانده است. نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام‌شده در این راستا نشان از تفاوت چشمگیر میان میزان مصرف آب بخش‌های اقتصادی براساس دیدگاه ردپای آب (مبتنی بر مصرف) با نتایج مبتنی بر شاخص‌های سنتی است. در راستای شناسایی و تعیین وضعیت فعلی آب منطقه در ابعاد اقتصادی، مسئله اصلی پژوهش حاضر تحلیل و ارزیابی مصرف آب در بخش‌های مختلف اقتصادی و محاسبه تجارت آب مجازی و ردپای آب در استان اصفهان است. در شرایط کنونی استان اصفهان علاوه‌بر خشکسالی‌های اخیر، تغییرات اقلیمی، افزایش رو به رشد جمعیت، گسترش فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی کمبود آب را تشدید می‌کند که نشان‌دهنده اهمیت بررسی این موضوع است. باتوجه‌به نتایج این پژوهش، کل ردپای آب استان اصفهان در سال ۱۳۹۰ حدود ۱۳۵۰۲ میلیون متر مکعب و سرانه آن به ازای هر نفر ۲۷۶۷ مترمکعب برآورد شده است.

بخش «کشاورزی» از نظر میزان آب مصرفی با استفاده از دو رویکرد سنتی و ردپای آب جایگاه اول مصرف آب را به خود اختصاص داده است با این تفاوت که با در نظر گرفتن شاخص ردپای آب این مقدار از ۹۱/۷۳ درصد به ۶۷/۸۱ درصد تنزل می‌یابد. به ترتیب بخش «کشاورزی» بزرگ‌ترین واردکننده و صادرکننده آب مجازی است. در سال ۱۳۹۰ استان اصفهان صادرکننده ۳۸۲ میلیون متر مکعب حجم آبی و واردکننده خالص حجم آبی برابر ۶۹۴۹ میلیون متر مکعب است. در یک جمع‌بندی کلی از نتایج پژوهش می‌توان به این موضوع اشاره کرد الگوی تجارت در استان اصفهان به نفع منابع آب داخلی استان است. به عبارتی این الگو باعث شده استان اصفهان در تجارت خارجی وارد کننده خالص آب مجازی باشد. چنانچه تجارت این استان از الگوی دیگری استفاده می‌نمود و این مقدار آب را وارد نمی‌کرد تامین آب از منابع داخلی فشار زیادی بر این منابع وارد می‌کرد. در نهایت افزایش بازدهی بخش «کشاورزی» به‌عنوان بزرگترین مصرف‌کننده و صادرکننده آب می‌توانند کمک شایانی در مدیریت منابع آب در استان اصفهان باشد.

در پایان، براساس نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر پیشنهاداتی به شرح ذیل ارائه می‌شود:

- در سیاست‌گذاری‌های اقتصادی مرتبط با مدیریت منابع آب، علاوه‌بر مصرف مستقیم، به مصارف غیرمستقیم آب در بخش‌های اقتصادی نیز توجه شود.
- باتوجه‌به اینکه مصارف غیرمستقیم آب در بخش‌های اقتصادی وابسته به بخش کشاورزی صورت گرفته است ازاین‌رو افزایش کارایی در بخش کشاورزی منجر به کاهش قابل ملاحظه‌ای در مصرف آب بخش‌های اقتصادی می‌شود. بنابراین ارتقای تکنولوژی تولید در این بخش می‌تواند به‌صورت غیر مستقیم از آب‌بری بخش‌های تولیدی بکاهد.
- از آنجایی‌که مبادله آگاهانه تجارت آب مجازی به‌عنوان یک تدبیر سیاسی و اساسی در مدیریت منابع آب به‌شمار می‌رود. در این راستا پیشنهاد می‌شود، براساس یک برنامه‌ریزی بلندمدت و متناسب با شرایط (مزیت نسبی، امنیت غذایی و اشتغال‌زایی در استان) حداقل صادرات آب مجازی و حداکثر واردات آب مجازی صورت گیرد.

پی‌نوشت

1- World Resources Institute (WRI)

۲- براساس مطالعات نویسندگان این پژوهش اولین مطالعه‌ای است بااستفاده‌از روش سهم مکانی (SFLQ) به محاسبه جدول داده–ستانده استان اصفهان پرداخته است.

۳- از جمله محدودیت‌های این پژوهش جمع‌آوری داده‌های مصرف آب است اگرچه این داده‌ها از همه منابع آماری مربوط به آن گردآوری شده است اما باتوجه‌به محدویت‌ها بعضی از بخش‌ها با درنظر گرفتن یک سری فرضیات تخمین زده شده است.

4- National Water Footprint

5- Virtual Water Content

منابع

پایگاه اینترنتی مرکز آمار ایران (www. amar.org.ir).

تهامی‌پور زرندی، م.، دشتبان فاروجی، س.، و جواهردهی، س. ۱۳۹۶. ارزیابی تجارت محصولات صنعتی ایران با کشورهای مختلف از دیدگاه آب مجازی. نشریه علمی-پژوهشی اقتصاد و الگوسازی، ۸(۳۰): ۱۴۳-۱۸۷.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اصفهان. ۱۳۹۶. اسناد راهبردی برنامه توسعه ششم استان اصفهان (۱۴۰۰-۱۳۹۶). جلد سوم حوزه فرابخشی.

زارعی، م. ۱۳۹۵. سنجش و بررسی مصرف آب در بخش‌های اقتصادی ایران و استان یزد. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری. دانشگاه یزد.

زارعی، م. و نصراللهی، ز. ۱۳۹۷. تحلیل مصرف آب در اقتصاد ایران با یک رویکرد مبتنی بر مصرف (دیدگاه ردپای آب).

فصلنامه مجلس و راهبرد. ۲۵(۹۶): ۳۵-۷۰.
محمدی، ع. و یوسفی، ح. ۱۳۹۹. پتانسیل‌سنجی تولید انرژی زیستی حاصل از محصول ذرت با رویکرد ردپای آب. نشریه اکوهیدرولوژی، ۷(۱): ۱۲۱-۱۲۹.
نصراللهی، ز.، احمدی، ز. و عشرتی، س. ۱۳۹۱. اندازه‌گیری آثار زیست‌محیطی فعالیت‌های اقتصادی در ایران با رویکرد جدول داده-ستانده. نشریه مدلسازی اقتصادی، ۱(۱۷): ۴۵-۶۴.
نصراللهی، ز. و هادیان، ا. ۱۳۹۷. اثر رشد جمعیت بر محیط‌زیست در ایران و سایر کشورهای منطقه منا. فصلنامه سیاست‌های راهبردی و کلان، ۶(۲۱): ۴۰-۶۰.
Bagliani M., Bravo G. and Dalmazzone S. 2008. A consumption-based approach to environmental Kuznets curves using the ecological footprint indicator. Ecological Economics, 65(3): 650-661.
Feng K., Hubacek K., Minx J., Siu Y. L., Chapagain A., Yu Y., Guan D. and Barrett J. 2011. Spatially explicit analysis of water footprints in the UK. Water, 3(1): 47-63.
Feng K., Siu Y.L., Guan D. and Hubacek K. 2012. Assessing regional virtual water flows and water footprints in the Yellow River Basin, China: A Consumption based approach. Applied Geography, 32(2): 691-701.
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, Delft, The Netherlands: IHE.
Hoekstra A.Y. and Chapagain A.K. 2007. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. Water resources management, 21(1): 35-48.
Hoekstra A.Y., Chapagain A.K., Aldaya M.M. and Mekonnen M. M. 2011. The water footprint assessment manual: Setting the global standard. Water Footprint Network 2011, London, Washington, DC.
Hong S., Wang H. and Cheng, T. 2020. Analysis of water use characteristics in industrial sectors in Beijing based on an input-output method. Water Supply, 20(1): 219-230.
Liu G., Shi L. and Li K.W. 2018. Equitable allocation of blue and green water footprints based on land - use types: A case study of the Yangtze River Economic Belt. Sustainability, 10(10): 1-27.
Liu X., Shi L., Engel B.A., Sun S., Zhao X., Wu P. and Wang Y. 2020. New challenges of food security in Northwest China: Water footprint and virtual water perspective. Journal of Cleaner Production, 245: 1-14.
Lovarelli D., Bacenetti J. and Fiala M. 2016. Water Footprint of crop productions: A review. Science of the Total Environment, 548: 236-251.
Lutter S., Pfister S., Giljum S., Wieland H. and Mutel C. 2016. Spatially Explicit Assessment of Water Embodied in European Trade: A Product-level Multi-regional Input-output Analysis. Global Environmental Change, 38: 171-182.
Mekonnen M.M. and Hoekstra A.Y. 2011. National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and Consumption. Value of Water Research Report Series No. 50, Delft, The Netherlands, IHE.
Okadera T., Geng Y., Fujita T., Dong H., Liu Z., Yoshida N. and Kanazawa T. 2015. Evaluating the water footprint of the energy supply of Liaoning Province, China: A regional input – output analysis approach. Energy Policy, 78: 148-157.
United Nations. 2006. Water demand management strategy and implementation plan for JABALPUR. Human Settlements Programme, Nairobi, Kenya.
Zhang Y., Chen Y. and Huang M. 2019. Water footprint and virtual water accounting for China using a multi-regional input-output model. Water, 11(1): 1-14.
Zhao X., Chen B. and Yang Z.F. 2009. National water footprint in an input–output framework—a case study of China 2002. ecological modelling, 220(2): 245-253.
Zhuo L. and Hoekstra A.Y. 2017. The effect of different agricultural management practices on irrigation efficiency, water use efficiency and green and blue water footprint. Frontiers of Agricultural Science and Engineering, 4(2): 185-194.