New Economy and Trade, Institute for Humanities and Cultural Studies (IHCS)
Quarterly Journal, Vol. 16, No. 4, Winter 2021, 93-129
Doi: 10.30465/JNET.2022.38898.1807

Evaluating the energy - water nexus in the economic sectors of Isfahan and Yazd based on two regional input - output analysis

Farnaz Dehghan Benadkuki[*], Elham Operajouneghani[**]
Zahra Nasrollahi[***], Mehran Zareei[****]

Abstract

In this research, the data-output model of two regions in order to measure and analyze water and energy relations between the economic sectors of Isfahan and Yazd and the link model to investigate the hybrid flow of two sources and the extent of link effects in each region in 2011 Used. The analysis shows that the two sectors of "water, electricity and gas" in Isfahan province and "manufacturing of non-metallic mineral products" in Yazd province are known as the most consumed sector in the field of energy consumption. Also, based on the estimated results in the present study, the "agriculture" sector in both provinces is known as the most consumed sector in the field of water. The results of combined energy and water flow show that the two sections "Making non-metallic mineral products" and "Agriculture" in Yazd have the largest hybrid energy and hybrid water flow, respectively. It has hybrid water. Regarding the analysis of the total energy and

* MSc Graduated of Environmental Economics, Department of Economics, Management and Accounting, Yazd university, Yazd, Iran, Dehghan.f73@ gmail.com

** MSc Graduated of Environmental Economics, Department of Economics, Management and Accounting, Yazd university, Yazd, Iran, elhamoperaj@gmail.com.

*** Professor Economics, Department of Economics, Management and Accounting Yazd university, Yazd, Iran, (Corresponding Author) nasr@Yazd.ac.ir

**** Phd Student in Economics, Sistan and Bluchestan University, Zmehran114@gmail.com

Date received: 09/11/2021, Date of acceptance: 25/12/2021

Copyright © 2018, This is an Open Access article. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/ or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

water flow between sectors in two regions, it can be mentioned that in Isfahan province, the two sectors of "basic metals" and "coke production, products from refining oil and nuclear fuels and manufacturing of chemical materials and products" as Important sectors in the field of export and import between the energy sector and the sectors of "agriculture" and "other services" in the field of export and import between the water sector are known. In the field of water resources, the "Agriculture" and "Other Services" sectors are the largest exporters and importers, respectively, and are known as the key sectors of Yazd province for the management of energy and water resources.

Keywords: Water – Energy, linkage relationship, integrated resource management, Input - Output model of two regions

JEL Classification: Q25, P28,P48, C45, D57

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

اقتصاد و تجارت نوین، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
فصل‌نامهٔ علمی (مقالهٔ علمی ـ پژوهشی)، سال ۱۶، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۰، ۹۵ - ۱۲۹

سنجش روابط بین بخشی آب و انرژی در دو منطقهٔ اصفهان و یزد براساس رویکرد داده – ستاندهٔ دو منطقه‌ای

فرناز دهقان بنادکوکی*

الهام اپرا جونقانی، زهرا نصراللهی***، مهران زارعی*****

چکیده

جمعیت رو به رشد جهان به‌خصوص در کشورهای درحال‌توسعه از یک‌سو و عدم مدیریت صحیح منابع موردنیاز جمعیت از سوی دیگر برداشت بی‌رویه از منابعی مانند آب و انرژی را به دنبال داشته است. در این پژوهش از مدل داده – ستانده دو منطقه‌ای به‌منظور سنجش و تحلیل روابط آب و انرژی بین بخش‌های اقتصادی استان اصفهان و یزد و مدل پیوند برای بررسی جریان ترکیبی دو منبع و میزان تأثیرات پیوندی در هر منطقه در سال ۱۳۹۰ استفاده شده است. نتایج جریان آب و انرژی ترکیبی حاکی از آن است که بخش «سایر خدمات» در اصفهان و در استان یزد بخش‌های «کشاورزی» و «ساخت محصولات کانی غیرفلزی» پرمصرف‌ترین و به عبارتی تأثیرگذارترین بخش‌ها از جهت مصرف در دو منطقه هستند بطوریکه مهم‌ترین گره مدیریتی در رابطه بین دو منبع آب و انرژی در مناطق مورد مطالعه در نظر گرفته می‌شوند. همچنین محاسبات جریان کل آب و

* کارشناسی‌ارشد اقتصاد محیط‌زیست، دانشکدهٔ اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران، Dehghan.f73@ gmail.com
** کارشناسی‌ارشد اقتصاد محیط‌زیست، دانشکدهٔ اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران، elhamoperaj@gmail.com
*** دانشیار اقتصاد، دانشکدهٔ اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد (نویسندهٔ مسئول)، nasr@Yazd.ac.ir
**** دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، Zmehran114@gmail.com
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۴

Copyright © 2018, This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International, which permits others to download this work, share it with others and Adapt the material for any purpose.

انرژی در استان اصفهان بیانگر آن است که، بخش‌های «کشاورزی» و «سایر خدمات» جایگاه نخست در جریان صادرات و واردات آب و بخش «فلزات اساسی» و «ساخت کک، فرآورده‌های حاصل از تصفیه نفت وسوخت‌های هسته‌ای و ساخت مواد و محصولات شیمیایی» به ترتیب بیشترین صادرات و واردات انرژی را به خود اختصاص داده است. همچنین درمورد استان یزد دو بخش «کشاورزی» و «سایر خدمات» به ترتیب بیش‌ترین صادرات و واردات آب و در مورد منابع انرژی نیز بخش «ساخت محصولات کانی غیرفلزی» بزرگترین صادرکننده و واردکننده است.

کلیدواژه‌ها: آب – انرژی، رابطه پیوندی، مدیریت یکپارچه منابع، مدل داده – ستانده دو منطقه‌ای

طبقه‌بندی JEL: Q25, P28,P48, C45, D57

۱. مقدمه

امروزه افزایش جمعیت به یک چالش جهانی تبدیل‌شده است به‌گونه‌ای که طبق گزارش سازمان ملل، جمعیت جهان تا سال ۲۰۳۰ به هشت‌ونیم میلیارد نفر افزایش‌یافته و جمعیت مناطق شهری در کشورهای درحال‌توسعه از ۵۵ درصد به ۶۰ درصد افزایش می‌یابد (United Nations, 2020:111). این در حالی است که به دنبال رشد جمعیت و با افزایش تقاضا برای خدمات اساسی و افزایش تمایل به بهبود زندگی، نیاز به مراقبت از منابع طبیعی موردنیاز برای تحقق این خواسته‌ها ضروری است (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۵۷).

بر اساس پیش‌بینی‌های جهانی به دنبال رشد جمعیت تقاضا برای منابع انرژی و آب در دهه‌های آینده درحال افزایش است. به‌گونه‌ای که برای تأمین نیازهای جوامع، متناسب با این مقدار رشد جمعیت (که عمدتاً در شهرها مستقر هستند)، تقاضا برای آب و انرژی تا سال ۲۰۳۰ به ترتیب ۴۰ و ۵۰ درصد افزایش خواهد یافت (IEA, 2019). بنابراین شهرها یکی از مهم‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن بوده (Phdungsilp, 2010: 4808) و افزایش توسعه در جوامع و عدم مدیریت منابع در زمان رشد جمعیت به‌خصوص در کشورهای درحال‌توسعه، می‌تواند به برداشت بی‌رویه از منابع منجر شود (صفایی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۷۰۸).

حال سؤالی که مطرح می‌شود این است که، آیا زمین و منابع موجود در آن پاسخگوی این افزایش رشد جمعیت هست؟ یا اینکه چگونه می‌توان با چالش‌های محیط‌زیستی (مانند کمبود منابع، انواع آلودگی‌ها و غیره) مقابله کرد. در ادامه می‌توان گفت اگرچه سیاست‌هایی مانند ارائه آب رایگان و یارانه انرژی برای تأمین افزایش تقاضا در کوتاه‌مدت باعث افزایش تولید می‌شود اما در بلندمدت با کاهش بهره‌وری و تشدید استفاده از منابع موجب تخریب منابع طبیعی شده و امنیت آب و انرژی را به خطر می‌اندازد که در پی آن کمبود منابع می‌تواند بی‌ثباتی اجتماعی و سیاسی، درگیری‌های ژئوپلیتیکی و آسیب‌های محیط‌زیستی جبران‌ناپذیری را به همراه داشته باشد. بنابراین این مشکلات با تحمیل هزینه‌های محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی مانعی در راستای دستیابی به توسعه پایدار است. ازاین‌رو تضمین امنیت آب و انرژی بدون تخریب منابع طبیعی یک چالش اساسی برای دست‌یابی به توسعه پایدار تلقی می‌شود (Rasul, 2015: 15). در این راستا تمرکز بر روی هرکدام از بخش‌های آب و انرژی بدون در نظر گرفتن اثرات متقابل بین آن‌ها منجر به نتایج اریب‌دار و غیر جامعی می‌شود. لذا مدیریت این منابع با استفاده از یک ابزار یکپارچه ضروری است. پیوند آب و انرژی یک چشم‌انداز کلی از پایداری است که در راستای ایجاد تعادل میان اهداف مختلف، منافع و نیازهای مردم و محیط‌زیست گام برداشته و به‌طور هم‌زمان امنیت آب و انرژی را در نظر می‌گیرد.

در ایران نیز با توجه به تغییرات اقلیمی، امنیت آب و انرژی نگرانی‌های زیادی را به خود اختصاص‌داده است. به‌گونه‌ای که با توجه به بحران کم‌آبی و مشکلات استفاده از سوخت‌های فسیلی، استفاده از سیاست‌های یکپارچه مدیریتی در جهت بهینه‌سازی و افزایش کارایی این دو منبع ضروری است. درصورتی‌که اکثر مطالعات انجام‌گرفته در ایران، به ارزیابی جامع از مصارف آب و انرژی پرداخته است و میزان مصرف آب برای تولید انرژی و میزان مصرف انرژی برای تولید آب و روابط بین بخشی آب و انرژی نادیده گرفته شده است، ازاین‌رو هدف از پژوهش حاضر برآورد روابط بین بخشی آب و انرژی در دو استان اصفهان و یزد به‌عنوان دو استان مهم اقتصادی و با آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک کشور است. ساختار مقاله حاضر به این صورت است که پس از بیان مقدمه، در قسمت دوم به ادبیات موضوع پژوهش پرداخته‌شده است. در قسمت سوم مطالعات خارجی و داخلی انجام‌شده در این زمینه معرفی‌شده و در بخش چهارم پس از معرفی

منطقه موردمطالعه روش پژوهش تشریح شده است. در بخش پنجم به تجزیه‌وتحلیل نتایج پرداخته‌شده و درنهایت در گام نهایی یک جمع‌بندی کلی از نتایج ارائه می‌شود.

۲. مبانی نظری

همان‌گونه که اشاره شد با رشد جمعیت همراه با بهبود وضعیت توسعه در جوامع جهانی، نیاز به منابع حیاتی همچون آب و انرژی رو به افزایش است. از اینرو نیاز به رویکردهایی به‌منظور بهبود مدیریت و حفظ منابع حائز اهمیت است. با توجه به اهداف سازمان ملل متحد در رویکرد توسعه پایدار، پژوهشگران برای ایجاد تعادل در تولید و مصرف منابع، راه‌حل‌های میان‌رشته‌ای را ارائه داده‌اند. بر اساس مطالعات انجام گرفته در زمینه امنیت آب و انرژی از آنجایی که سیستم‌های آب و انرژی دارای همبستگی نزدیکی هستند برای مقابله با فشارهای انسانی و تغییرات آب و هوایی، راه‌های بلندمدت برای کمبود آب و تقاضای انرژی باید به صورت مشترک توسعه یابند (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۷: ۳). بنابراین تنها با یک رویکرد جامع، نه تنها امنیت این منابع بلکه اثرات متقابل میان آنها نیز در نظر گرفته می‌شود. یکی از رویکردهایی که در این راستا موردتوجه جامعه جهانی واقع‌شده رویکرد پیوند آب و انرژی است (Rasul, 2014: 35). در حقیقت این رویکرد اشاره به ذات به‌هم‌پیوسته و اثرات متقابل این منابع برهم دارد.

پیوند آب و انرژی به‌عنوان یک پیوند امنیتی، تعاملات میان بخش‌های آب و انرژی را توصیف می‌کند زیرا همان‌طور که برای دستیابی به صلح و رفاه اهدافی مانند امنیت آب مهم است به همان اندازه امنیت غذایی و انرژی نیز حائز اهمیت است.

انجمن جهانی اقتصاد (World Economic Forum: WEF) ازجمله سازمان‌هایی است که پیوند آب و انرژی را به‌عنوان کلید چالش توسعه معرفی کرده و خواستار درک بهتر ارتباط بین آب و انرژی در نشست سالانه ۲۰۰۸ داووس شد (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۷: ۴). این سازمان امنیت آب در رابطه با سیستم‌های انرژی، اقلیم، رشد اقتصادی و چالش‌های امنیتی انسانی را بررسی کرده است. به‌طور عملی پیوند آب و انرژی را می‌توان به‌عنوان رویکردی برای ارزیابی، توسعه و اجرای سیاست‌هایی که به‌طور هم‌زمان بر امنیت آب و انرژی تأکید می‌کند، تعریف کرد (Bizikova et al, 2014: 4). امنیت آب در اهداف توسعه هزاره، دسترسی به آب آشامیدنی سالم و بهداشتی تعریف شده که هر کدام از آنها به عنوان

حقوق انسانی شناخته شده‌اند. همچنین امنیت انرژی دسترسی به خدمات تمیز، قابل اعتماد و مقرون به صرفه برای پخت‌وپز و گرمایش، نورپردازی ارتباطات و کاربردهای تولیدی است (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۵۷).

پیوند آب و انرژی شامل دو مؤلفه اصلی (آب و انرژی) است. در مفهوم پیوند، تمامی مؤلفه‌ها با یکدیگر ارتباط دارند و بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند به عبارتی تغییر در عرضه و تقاضای هر عنصر بر عناصر دیگر تأثیر گذاشته (Chang et al, 2016: 1) و ارتباط درونی پیچیده‌ای را شکل می‌دهد. به‌عنوان‌مثال علاوه بر اینکه آب برای تولید انرژی لازم است از انرژی نیز برای تصفیه و توزیع آب استفاده می‌شود. بدین ترتیب صرفه‌جویی در انرژی می‌تواند فشار بر منابع آبی را کاهش دهد، زیرا آب موردنیاز برای تولید انرژی می‌تواند ذخیره یا مجدداً تخصیص داده شود. همچنین افزایش بهره‌وری آب می‌تواند مقدار انرژی مصرف‌شده برای انتقال، استحصال و تصفیه آب را کاهش دهد (IEA, 2019).

با توجه به ارتباط و همبستگی میان انرژی و آب، درک این ارتباطات برای شناسایی اهداف مشترک و مدیریت یکپارچه سیستم شهری لازم است (Chen et al, 2016: 2). زیرا برنامه‌ریزی برای توسعه بدون توجه به ارتباط میان این منابع علاوه‌بر اینکه نمی‌تواند منجربه توسعه پایدار شود بلکه باعث تشدید بحران در منابع نیز می‌شود (Bizikova et al, 2013: 5). از این‌رو رویکرد پیوند آب و انرژی زمانی بهترین نتیجه را دارد که مدیریت یکپارچه منابع آب و انرژی هر یک به درستی انجام گیرد. به‌عبارتی مدیریت یکپارچه آب و انرژی پیش‌زمینه‌ای برای حصول نتیجه مطلوب از رویکرد پیوند آب و انرژی است (Karlberg et.al, 2015: 714). از اینرو ردیابی جریان دو منبع آب و انرژی و تعیین مقدار وابستگی متقابل آن‌ها برای ایجاد تعادل در چارچوب متابولیسم منطقه‌ای امری اساسی است (Wang & Chen, 2016: 774).

شباهت‌هایی بین ارزیابی مقدار آب لازم برای تأمین انرژی و میزان مصرف انرژی برای استفاده از آب وجود دارد، که یکی از جنبه‌های آشکار آن انعکاس تقاضا و تأثیر انسان در شرایط طبیعی محیط‌زیستی توسط دو منبع آب و انرژی است. مفهوم پیوند می‌تواند به‌عنوان یک استعاره مفید برای بررسی وابستگی متقابل آب و انرژی ازنظر مکانیزم‌های به‌هم‌پیوسته و فرآیندهای تعبیه‌شده در زنجیره‌های چند رشته‌ای درهم‌تنیده در مقیاس‌های مختلف معرفی شود (Chen et al, 2016: 906).

در یک جمع‌بندی می‌توان گفت رویکرد پیوندی از مهم‌ترین رهیافت‌های حال حاضر برای دستیابی به تعادل پایدار در تولید و مصرف منابع است. از مزایای این رویکرد می‌توان به بهبود بهروری استفاده از منابع و دوری از اثرات نامطلوب سیاست‌های توسعه‌ای تک بخشی اشاره کرد (منعم و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۷۶). پیوند آب و انرژی برای ایجاد امنیت آب و انرژی نیازمند ابزارهای یکپارچه برای تحلیل‌های قابل پیش‌بینی که قادر به شناسایی مبادلات بین بخش‌های مختلف، ایجاد برنامه‌ریزی و مدیریت استراتژی‌ها و سیاست‌های مقرون‌به‌صرفه است، می‌باشد (Zhang & Vesselinov, 2017: 3). یکی از این ابزارها روش داده – ستانده است. جدول داده – ستانده به‌عنوان یکی از ابزارهای قوی به‌منظور انجام تحلیل‌های مختلف اقتصادی این موقعیت را برای سیاست‌گذاران و تصمیم گیران ایجاد می‌کند تا ابتدا آثار برنامه‌ها و سیاست‌ها را قبل و بعد از اجرای آن‌ها ارزیابی و ابعاد مختلف آن را بررسی نمایند. در حقیقت این جدول با نمایان کردن روابط میان بخش‌ها، امکان تحلیل روابط بین‌بخشی و اتخاذ راهبردهای توسعه‌ای مناسب را فراهم می‌سازد (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۹۵).

۳. پیشینهٔ تحقیق

اهمیت توجه به امنیت آب و انرژی در سطح جهان مطالعات گسترده‌ای باهدف ایجاد دید کلی در رابطه با پیوند آب و انرژی در سطح جهان شکل داده که در ادامه به چند مورد از مطالعات انجام‌شده در این زمینه اشاره‌شده است.

یانگ و چن (Wang & chen, 2016) در پژوهش خود به بررسی رابطه انرژی و آب در سیستم‌های تولید برق بادی پرداخته و انرژی مورد استفاده برای استخراج آب و تصفیه فاضلاب و آب مصرفی برای تولید برق را مورد محاسبه قرار دادند. نتایج حاکی از آن است که مصرف آب در واحد تولید نیروی باد بسیار کمتر از سایر سیستم‌های تولید برق است به‌طوری‌که مصرف انرژی سیستم آب در تولید برق بادی معادل ۳.۳۹۵ ۱۰۷ مگابایت است که از این میزان، فرآیند استخراج آب ۹۰/۲۲ درصد را شامل می‌شود. همچنین در این پژوهش به بررسی جریان آب و انرژی و روابط متقابل بین این دو منبع برای تولید نیروی باد پرداخته شده‌است. در مطالعه دیگری که توسط یانگ و همکاران (Wang et al, 2017) انجام شده است به بررسی چگونگی ایجاد تعادل بین انرژی شهری و مصرف آب در

پایتخت کشور چین (پکن) پرداختند. در این پژوهش، جریان آب ترکیبی به عنوان مجموع جریان مستقیم آب و جریان آب مرتبط با انرژی و جریان انرژی مرتبط با آب که با عنوان شبکه‌های ترکیبی شناخته می‌شوند، مورد بررسی قرار گرفته‌است. نتایج حاکی از آن است که بخش‌های حمل‌ونقل، کشاورزی و ساخت‌وساز مهم‌ترین بخش‌ها در زمینه تأثیرات پیوند آب و انرژی در شهر پکن بشمار می‌روند.

چن و همکاران (Chen et al, 2018) در مطالعه خود با استفاده از مدل داده – ستانده به بررسی رابطه آب – انرژی و انرژی – آب در منطقه هنگ کنگ کشور چین پرداختند. شاخص‌های بدست آمده در این مطالعه نشان می‌دهد که آب مورد نیاز برای تأمین انرژی و انرژی مورد استفاده برای تأمین آب تا سال ۲۰۵۰ به میزان ۹– ۷/۸ درصد افزایش می‌یابد. هم‌چنین ژیائو و همکاران (Xiao et al, 2019) در مقاله خود با استفاده از مدل داده – ستانده به بررسی پیوند آب – غذا، غذا – انرژی و انرژی – آب در کشور چین پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که کشاورزی و دامداری بیشترین استفاده از منابع را در زنجیره تأمین دارد. به‌طوری‌که بخش‌های کشاورزی، سایر بخش‌های غذایی و دامداری بیش‌ترین انرژی اولیه را مصرف می‌کنند. در همین حال نتایج حاصل از مدل برآوردی، حاکی از آن است که واردات و صادرات از گزینه‌های تأثیرگذار بر جریان منابع است. لئو و چن (Liua & Chen, 2020) با استفاده از مدل داده – ستانده چند منطقه‌ای به بررسی ریسک پیوند آب و انرژی در سیستم تجارت ملی می‌پردازند. آن‌ها بیان می‌کنند خطرات ناشی از کمبود منابع آب و انرژی را می‌توان از طریق فعالیت تجاری مدیریت کرد. در پژوهشی دیگر که توسط لی و همکاران (Lee et al, 2021) انجام شده است به بررسی ارتباط آب، انرژی و غذا در صنعت گردشگری چین طی سال‌های ۲۰۱۷–۲۰۱۲ پرداخته شده است. نتایج حاکی از آن است که درمجموع ۱۵۵۵۶ میلیون مترمکعب آب و ۴۹۶۴ میلیون تن انرژی برای حمایت از صنعت گردشگری چین مصرف‌شده است.

از جمله مطالعات صورت گرفته در داخل کشور می‌توام به مطالعه گودرزی و همکاران (۱۳۹۷) اشاره کرد که به بررسی بهره‌وری منابع آب موجود با استفاده از رویکرد آب، غذا و انرژی با توجه به تغییرات آتی در شهر بروجرد می‌پردازند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد بعد از بازچرخانی دوباره آب می‌توان حدود ۶۰ درصد از تقاضای فعلی شهر بروجرد را تأمین کرد که می‌توان از این منبع برای کشاورزی شهری، آبیاری درختان و

فضای سبز و از فاضلاب برای تولید انرژی الکتریکی استفاده کرد. در پژوهش دیگر صفایی و همکاران (۱۳۹۹) در دو سناریو با در نظر گرفتن رویکرد هم‌بست و بدون در نظر گرفتن رویکرد هم‌بست به بررسی وضعیت منابع آب و انرژی و مصارف آن‌ها می‌پردازند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌دهنده آن است که با در نظر گرفتن رویکرد هم‌بست وضعیت منابع آب‌های زیرزمینی در سال ۱۴۱۴ به پایان می‌رسد درصورتی که بدون در نظر گرفتن این هم‌بست این شرایط در سال ۱۴۱۷ رخ خواهد داد. در مطالعات دیگری که توسط قربانی و همکاران (۱۳۹۹)، منعم و همکاران (۱۳۹۹) و اسلامی و همکاران (۱۳۹۹) انجام گرفته است به ارزیابی پیوند آب، انرژی و غذا در جهت مدیریت منابع آب شبکه‌های آبیاری پرداخته شده است.

همان‌طور که در مطالب قبلی به آن اشاره شد با توجه به محدودیت‌های موجود در استفاده از منابع آب و انرژی در ایران، اهمیت بررسی رویکرد آب و انرژی ضروری است. شواهد و منابع موجود حاکی از آن است که مطالعات بسیار محدودی در رابطه با پیوند آب و انرژی در ایران صورت گرفته است. این مطالعات عمدتاً به معرفی یا تعریف پیوند و پتانسیل پیاده‌سازی این مفهوم اشاره دارد. اما آنچه حائز اهمیت است پیاده‌سازی این مفهوم به‌صورت کاربردی می‌باشد.

در ایران پژوهش‌هایی در این راستا انجام‌شده است که به مدیریت منابع آب با استفاده از این پیوند پرداخته‌شده است، اما میزان انرژی مورداستفاده برای آب و یا بالعکس، روابط بین بخشی این منابع و کل جریان مصرفی مستقیم و غیرمستقیم نادیده گرفته‌شده است که به‌عنوان یک ضعف قلمداد می‌شود. ازاین‌رو نوآوری پژوهش حاضر این است که به بررسی رابطه (پیوند) کمی میان دو منبع آب و انرژی در بخش‌های اقتصادی دو منطقه اصفهان و یزد به‌عنوان دو استان بسیار مهم در کشور ازنظر جایگاه اقتصادی و با استفاده از روش داده – ستانده دومنطقه‌ای بپردازد. که این امر با شناسایی وضعیت مصرف (مستقیم و غیرمستقیم) آب و انرژی و روابط بین بخشی میان آن‌ها و محاسبه کل جریان مصرفی آب و انرژی، منجر به شناسایی پتانسیل‌ها و جایگاه هر بخش می‌شود که می‌تواند گامی در راستای ارائه راهکارها و سیاست‌گذاری‌های مناسب باشد.

۴. مواد و روش‌ها

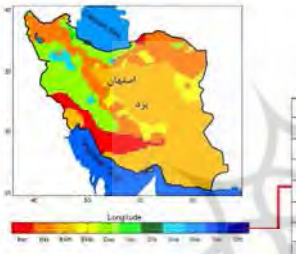
۱.۴ منطقهٔ موردمطالعه

پژوهش حاضر در دو منطقه اصفهان و یزد، انجام‌گرفته است. استان اصفهان با مساحتی حدود ۱۰۶۷۸۶ کیلومترمربع، ۶/۴ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است و ازنظر وسعت سومین استان کشور محسوب می‌شود. جمعیت این استان در سال ۱۳۹۸ بالغبر ۵۱۲۰۸۵۰ میلیون نفر برآورد شده که سهمی نزدیک به ۶/۵ درصد از جمعیت کل کشور را شامل می‌شود و سومین استان پرجمعیت ایران شناخته‌شده است.

با توجه به اینکه یکی از مؤلفه‌های اقتصادی جهت مقایسه اقتصاد مناطق و استان‌های یک کشور، تولید ناخالص داخلی است، آمار موجود در سال‌های ۱۳۹۸ مبین این است که استان اصفهان پس از استان تهران و خوزستان رتبه سوم کشوری و در صورت درنظرگرفتن نفت، رتبه دوم کشوری را به خود اختصاص داده است. ارزش تولید ناخالص داخلی در این استان ۵/۴۲ درصد مقدار کل کشور است و این مقدار بدون نفت به ۸/۳ درصد افزایش می‌یابد (سالنامه آماری کشور، ۱۳۹۸). با توجه به گزارش‌های اداره کل هواشناسی، این استان با قرارگیری در منطقه خشک و نیمه‌خشک مرکزی کشور و با توجه به اینکه ۳۰ درصد از مساحت استان را بیابان تشکیل داده (رتبه پنجم کشوری) ازجمله استان‌های کم آب ایران و همواره تحت تأثیر پدیده خشک‌سالی بوده است به‌گونه‌ای که وجود رشته‌کوه‌های زاگرس در غرب استان مانع نفوذ رطوبت به نواحی مرکزی و شرق می‌شود (شکل ۱). همچنین مجموع مصرف شش حامل انرژی شامل (گازوئیل، گاز طبیعی، بنزین، نفت سفید،گاز مایع، نفت کوره و نفت سیاه) استان اصفهان در سال ۱۳۹۶، معادل ۷۹۳۱ میلیون لیتر بوده است. این میزان مصرف ۱۰/۲ درصد مصرف کل کشور را شامل می‌شود و استان را در رتبه دوم قرار داده است (آمارنامه انرژی وزارت نفت، ۱۳۹۶).

منطقه موردمطالعه دیگر در پژوهش حاضر استان یزد است. این استان با مساحتی حدود ۷۳۴۷۷ کیلومترمربع به‌عنوان هشتمین استان وسیع کشور شناخته‌شده است. جمعیت این استان حدود ۱۱۳۸۵۳۳ نفر برآورد شده که ۱/۴ درصد از کل جمعیت کشور را شامل می‌شود و از این لحاظ در بین سایر استان‌های کشور در رده ۲۴ قرار دارد. تولید ناخالص داخلی این استان نیز حدود ۱/۶ درصد کل محصول ناخالص داخلی و حدود ۲ درصد تولید ناخالص داخلی بدون نفت کشور را تشکیل می‌دهد (سالنامه آماری

کشور، ۱۳۹۸). این استان از سمت غرب و شمال غرب در همسایگی استان اصفهان است و در دشت کویر واقع در مرکزی‌ترین و خشک‌ترین منطقه کشور قرار دارد (شکل ۱). به‌طوری‌که به‌عنوان یکی از کم‌بارش‌ترین و کم آب‌ترین استان‌های کشور، بیش از یک دهه خشک‌سالی مخرب را تجربه کرده است اما هرچند طی دو سال اخیر با بهبود وضعیت بارش‌ها مواجه شده است ولی همچنان با بحران کم‌آبی دست‌وپنجه نرم می‌کند. هم‌چنین مجموع مصرف شش فراورده انرژی استان یزد در سال ۱۳۹۶، معادل ۲۲۱۷ میلیون لیتر بوده که این میزان مصرف ۲/ ۹ درصد مصرف کل کشور را شامل می‌شود و استان را در رتبه ۱۵ قرار داده است (آمارنامه انرژی وزارت نفت، ۱۳۹۶).



شماره	کد یا نام اقلیم کوپن – گایگر	ویژگی‌ها
۱	BWh	بیابان خشک و بسیار گرم
۲	BWk	بیابان خشک و سرد
۳	BSh	نیمه‌بیابانی (استپی) خشک و بسیار گرم
۴	BSk	نیمه‌بیابانی (استپ) خشک و سرد
۵	Csa	معتدل با تابستان‌های خشک و بسیار گرم
۶	Csb	معتدل با تابستان‌های خشک و گرم
۷	Cfa	معتدل پربارش (بدون فصل خشک) با تابستان‌های گرم
۸	Dsa	اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و بسیار گرم
۹	Dsb	اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و گرم

شکل ۱. اقلیم دو منطقه یزد و اصفهان به روش کوپن–گایگر (Köppen-Geiger)
منبع: طیب رضینی، ۱۳۹۵

۲.۴ پایه‌های آماری

همان‌طور که در بخش‌های پیشین اشاره شد در این مقاله از چارچوب الگوی داده – ستانده دومنطقه‌ای به‌منظور تجزیه‌وتحلیل روابط (پیوند) منابع محیط‌زیستی در بخش‌های اقتصادی استفاده‌شده است. بر این اساس جدول داده – ستانده مورداستفاده جدول ارزشی مربوط به سال ۱۳۹۰ است و میزان مصرف آب و انرژی بخش‌های مختلف در این جدول به‌صورت برداری برون‌زاست که مقادیر آن برای هر بخش‌بر حسب میلیون بی تی یو و میلیون مترمکعب بیان‌شده است. در ابتدا جدول ارزشی داده – ستانده منطقه‌ای سال ۱۳۹۰ استان اصفهان و یزد با به‌کارگیری روش سهم مکانی خاص فلگ (Industry-Specific

FLQ: SFLQ) از جدول داده – ستانده به‌روز شده سال ۱۳۹۰ و حساب‌های منطقه‌ای همان سال استخراج و متناسب با ساختار تولیدات و داده‌های مصرف آب و انرژی استان اصفهان و یزد در ۲۰ بخش تجمیع شده است (جدول ۱)

جدول ۱. عناوین بخش‌های اقتصادی دو منطقه اصفهان و یزد

شماره بخش	نام بخش	شماره بخش	نام بخش
۱	کشاورزی	۱۱	ساخت فلزات اساسی
۲	نفت خام، گاز طبیعی و سایر معادن	۱۲	ساخت محصولات فلزی فابریکی به‌جز ماشین‌آلات و تجهیزات
۳	ساخت محصولات غذایی و آشامیدنی و تنباکو	۱۳	ساخت ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر
۴	ساخت منسوجات	۱۴	ساخت، تعمیر و نصب محصولات یارانه‌ای، الکترونیکی و نوری، ساخت، تعمیر و نصب تجهیزات برقی
۵	ساخت پوشاک، عمل‌آوری و رنگ کردن خز، دباغی و پرداخت چرم و سایر محصولات چرمی	۱۵	ساخت وسایل نقلیه موتوری و سایر تجهیزات حمل‌ونقل
۶	ساخت چوب و محصولات چوبی	۱۶	ساخت مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر
۷	ساخت کاغذ، محصولات کاغذی و چاپ	۱۷	آب و برق و گاز
۸	ساخت کک، فرآورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت‌های هسته‌ای و ساخت مواد و محصولات شیمیایی	۱۸	ساختمان
۹	ساخت محصولات از لاستیک و پلاستیک	۱۹	حمل‌ونقل
۱۰	ساخت محصولات کانی غیرفلزی	۲۰	سایر خدمات

روش SFLQ برتری قاطعی در تخمین ضرایب منطقه‌ای نسبت به سایر روش‌های سهم مکانی دارد، مزیت این روش این است که ضرایب ملی در بخش‌های مختلف اقتصادی به نسبت‌های متفاوتی تعدیل می‌شوند. همچنین در این روش تا حد زیادی مشکل تخمین بیش‌ازحد ضرایب منطقه‌ای برطرف شده و بر اساس همه معیارهای ارزیابی درروش، ستانده استانی با خطای کمتری برآورد می‌شود (Kowalewksi, 2015: 245). رابطه (۱) نقطه شروع روش سهم مکانی در شرایط فقدان آمار و اطلاعات موردنیاز است:

$$r_{ij} = (LQ)^{*} a_{ij} \qquad (۱)$$

r_{ij} عنصری از ماتریس ضرایب واسطه‌ای درون منطقه، a_{ij} عنصری از ماتریس ضرایب ملی و LQ ضریب الگوی سهم مکانی را نشان می‌دهد. در این مقاله با توجه به استفاده از روش SFLQ می‌توان نوشت:

$$SFLQ_{ij} = \begin{cases} CILQ_{ij} \times \lambda_j & \text{for } i \neq j \\ SLQ_{ij} \times \lambda_j & \text{for } i = j \end{cases} \qquad (۲)$$

$$\lambda = \left[\log_2 \left(1 + \frac{X^r}{X^n} \right) \right]^{\delta} \qquad 0 \leq \delta < 1 \quad 0 \leq \lambda \leq 1 \qquad (۳)$$

$$r_{ij} = \begin{cases} \left(SFLQ_{ij} a_{ij} \right) & \text{if } SFLQ_{ij} \leq 1 \\ a_{ij} & \text{if } SFLQ_{ij} > 1 \end{cases} \qquad (۴)$$

که در آن $CILQ_{ij}$ و SLQ_{ij} به ترتیب سهم مکانی متقاطع صنعتی و سهم مکانی ساده بخش عرضه‌کننده و تقاضاکننده هستند. λ ضریب تعدیل منطقه و δ ضریب تعدیل ساختار اقتصادی منطقه است. مقادیر δ برای بخش‌های مختلف درروش SFLQ متفاوت است و میزان آن برحسب حداقل کردن ستانده واقعی هر منطقه با ستانده تخمینی حاصل می‌شود. در این روش، مقدار کوچکتر δ به معنی λ بزرگ‌تر و تعدیل کمتر ضرایب ملی است. سپس بر مبنای جدول داده – ستانده استان اصفهان و یزد می‌توان به محاسبه شدت (تأثیر) روابط منابع آب و انرژی در هر بخش اقتصادی دو منطقه پرداخت.

آمارهای مربوط به مصرف شش حامل انرژی، «گازوئیل»، «گاز طبیعی»، «بنزین»، «نفت سفید»، «گاز مایع» و «نفت کوره و نفت سیاه» بخش‌های مختلف اقتصادی سطح ملی به‌صورت مقداری از ترازنامه هیدروکربنی سال ۱۳۹۰ استخراج‌شده است و بر اساس سرفصل‌های ترازنامه در ۸ سرفصل آورده شده است که شامل: تجاری، خدماتی و عمومی، صنعت، حمل‌ونقل، کشاورزی، نیروگاه، پتروشیمی، پالایشگاه و سایر معادن است. هم‌چنین آمارهای مربوط به دو منبع آب‌های سطحی و زیرزمینی از پایگاه‌های شرکت مدیریت منابع آب، شرکت مهندسی آب و فاضلاب ایران، سازمان جهاد کشاورزی و نتایج آمارگیری از معادن در حال بهره‌برداری مرکز آمار ایران استخراج‌شده است. حال برای محاسبه میزان

انرژی و آب مصرفی بخش‌های اقتصادی استان اصفهان و یزد ابتدا از ضرایب انرژی و آب بخش ملی که مطابق رابطه (۵) محاسبه می‌شود، استفاده‌شده است:

$$\tau_{ij}^{e-w} = \frac{\omega_{ij}^{e-w}}{X_i^{e-w}} \qquad (۵)$$

τ_{ij}^{e-w} ضریب انرژی و آب بخش‌های اقتصادی در سطح ملی، ω_{ij}^{e-w} مقدار انرژی و آب مصرفی توسط هر بخش ملی و x_i^{e-w} ستانده هر بخش در سطح ملی است. سپس با استفاده از ستانده بخش‌های مختلف استان اصفهان و یزد که از حساب‌های فرا منطقه‌ای مرکز آمار استخراج‌شده و با پیش‌ضرب ستانده استانی هر بخش در ضرایب مصرف ملی، میزان مصرف آب و انرژی هر بخش در سطح هر دو استان محاسبه می‌شود. نکته‌ای که در این مرحله باید موردتوجه قرار گیرد، مسئله یکسان‌سازی واحدها است. پس از جمع‌آوری داده‌ها و به علت متفاوت بودن واحد هر حامل انرژی، به یکسان‌سازی هر واحد به بی‌تی‌یو پرداخته می‌شود. در این مرحله با ضرب انرژی مصرفی هر بخش در مقادیر جدول (۲) می‌توان میزان انرژی مصرفی هر بخش را برحسب بی تی یو به دست آورد.

جدول ۲. ضرایب تبدیل انواع حامل‌های انرژی به واحد بی تی یو
منبع: معاونت امور برق و انرژی – دفتر برنامه‌ریزی و اقتصاد کلان برق و انرژی

گازوئیل	گاز طبیعی	بنزین	نفت سفید	گاز مایع	نفت کوره و نفت سیاه
۳۵/۸۲	۴۰/۹۳	۳۱/۸۹	۳۴/۱۱	۴۲/۶۹	۴۰/۹۳

۳.۴ روش‌شناسی روابط (پیوند) آب و انرژی با استفاده از مدل داده – ستاندهٔ دو منطقه‌ای

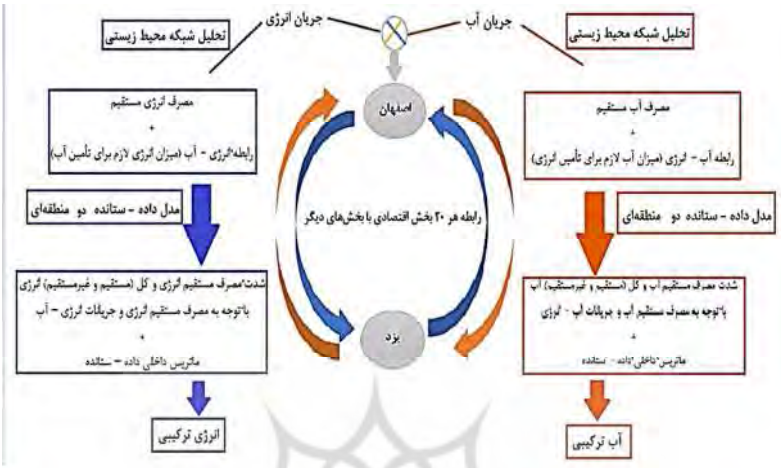
مطالعات منطقه‌ای حاکی از آن است که هر منطقه نقش اکولوژیکی متفاوتی در مصرف آب و انرژی منطقه‌ای ایفا می‌کند اما در حال حاضر محدودیت‌هایی مانند، آلودگی محیط‌زیست و توسعه نامتوازن به‌طورجدی مانع ادغام و همکاری در برخی از مناطق شده است (Li et al, 2014: 430). در این راستا در پژوهش حاضر تلاش بر این است تا چگونگی جریان دو منبع آب و انرژی در بین بخش‌های اقتصادی دو منطقه اصفهان و یزد تبیین شود.

برای انعکاس سیستم‌های جریان آب و انرژی هر منطقه یک چارچوب حسابداری مناسب که شامل فرآیندهای عرضه و تقاضا می‌باشد، لازم است. ردیابی آب و انرژی اختصاص داده‌شده توسط یک سیستم منطقه‌ای از دیدگاه تولید و مصرف اغلب بر اساس تجزیه‌وتحلیل جریان مواد (MFA: material flow analysis) و تجزیه‌وتحلیل داده – ستانده (Input – output analysis) عرضه می‌شود (Kennedy et al, 2011: 2400)

الگوی داده – ستانده یک روش حسابداری کارا است که برای تخمین روابط فیزیکی مبتنی بر جریان‌های پولی اتخاذشده است (Liu et al, 2017: 3110). این الگو توسط لئونتیف (Leontief) ارائه و برای تحلیل فعالیت‌ها و ارتباطات محیط‌زیستی ازجمله تحلیل جریان مستقیم و غیرمستقیم آب و انرژی میان بخش‌های مختلف اقتصاد، جریانات انتشارات محیطی و فعل‌وانفعالات ناشی از آن‌ها در میان بخش‌های اقتصاد ایجادشده است (Li et al, 2016: 1604; Zhang et al, 2015: 250). رویکرد بالا به پایین[1] (ملی به منطقه‌ای) ازجمله رویکردهای منطقه‌ای جدول داده – ستانده است که به بررسی جریان‌های فیزیکی آب و انرژی پرداخته و سیاست‌گذاران را قادر می‌سازد تا علاوه بر شناسایی بخش‌های کلیدی مناطق ازنظر تولید و اشتغال، تحلیل پیوندهای بخشی مناطق و جریان مبادلات تجاری هر منطقه، الگوی تجارت بین مناطق را نیز شناسایی و طراحی نمایند. همچنین علاوه بر این می‌تواند ضعف‌های آماری موجود در سطح منطقه را به‌طور شفاف نشان داده و هم‌چنین ممکن است جزئیات بیشتری را در سطح منطقه شرح دهد (Jiang et al, 2016: 136).

آن‌چه در روابط (پیوند) منابع محیط‌زیستی به آن پرداخته می‌شود پی بردن به مصارف مستقیم آب و انرژی، روابط انرژی و آب بین هر بخش اقتصادی (در این پژوهش ۲۰ بخش اقتصادی موردبررسی است) از طریق تحلیل شبکه‌های محیط‌زیستی و سرانجام ردیابی شدت انرژی و آب مصرف‌شده و جریان‌های بین‌بخشی ناشی از برهم‌کنش‌ها و اختلافات بخشی در سیستم پیوند آب و انرژی با استفاده از مدل داده – ستانده دومنطقه‌ای است که بیانگر جریانات انرژی ترکیبی (Hybrid Energy) و آب ترکیبی (Hybrid Water) می‌باشد (شکل ۲). همچنین شکل (۲) بیانگر آن است که، هر بخش اقتصادی در هر منطقه علاوه بر اینکه با یکدیگر ارتباط مستقیم و غیرمستقیم از جهت تبادل دو منبع انرژی و آب‌دارند، دو منطقه اصفهان و یزد هم با یکدیگر ارتباط تجاری دارند. در

ادامه فرایند محاسبه روابط دو منبع انرژی و آب در قالب یک اقتصاد دومنطقه‌ای ۲۰ بخشی تشریح خواهد شد.



شکل ۲. مدل MRNN (Multiregional nexus network) برای منطقه‌های اصفهان و یزد

منبع: (Wang and Chen, 2016)

۱.۳.۴ محاسبهٔ جریان‌های انرژی و آب

اساس مدل‌سازی پیوندها، محاسبه شدت (تأثیر) مصرف مستقیم و غیرمستقیم انرژی و آب در هر منطقه و برهم‌کنش‌های ناشی از هر منبع است. انرژی مستقیم شامل مجموع انرژی‌های مصرفی (گازوئیل، گاز طبیعی، بنزین، نفت سفید، گاز مایع، نفت کوره و نفت سیاه) و آب مستقیم شامل مجموع آب‌های مصرفی (آب سطحی و آب زیرزمینی) توسط هر بخش در دو منطقه اصفهان و یزد است. بنابراین در ابتدا و بر اساس روابط (۶) و (۷) به محاسبه میزان مصرف مستقیم انرژی و آب (f_i^{ene} و f_i^{wat}) در هر منطقه پرداخته می‌شود (Kenway et al, 2015: 275):

$$f_i^{ene} = \sum_{m=1} e_i^m \qquad (۶)$$

$$f_i^{wat} = \sum_{m=1} w_i^m \qquad (۷)$$

که در آن e_i^m میزان مصرف شش حامل انرژی و w_i^m میزان مصرف آب سطحی و زیرزمینی توسط هر بخش اقتصادی در دو منطقه موردبررسی است. با اقتباس از مطالعات قبلی، میزان مصرف آب مربوط به انرژی ($f_i^{wat-ene}$) و مصرف انرژی موردنیاز آب ($f_i^{ene-wat}$) برای تمام بخش‌های اقتصادی دو منطقه را می‌توان محاسبه نمود (Jiang et al, 2016: 136).

رابطه آب – انرژی معادل مقدار مصرف مستقیم آب برای هر نوع حامل انرژی درشدت انرژی است. شدت انرژی شاخصی برای تعیین کارایی انرژی در سطح اقتصاد ملی هر کشور هست که از تقسیم مصرف نهایی انرژی (و یا عرضه انرژی اولیه) بر تولید ناخالص داخلی محاسبه می‌شود و نشان می‌دهد که برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات (برحسب واحد پولی) چه مقدار انرژی به‌کاررفته است (رابطه ۸):

$$f_i^{wat-ene} = \sum_{m=1} w_i^m \times \overline{e}^m \qquad (۸)$$

$\overline{e}^m$ معادل شدت شش حامل انرژی در هر بخش اقتصادی است. به‌طور مشابه، رابطه انرژی – آب بر اساس مقدار مصرف مستقیم انرژی برای دو منبع آب سطحی و زیرزمینی در شدت آب است.

$$f_i^{ene-wat} = \sum_{m=1} e_i^m \times \overline{w}^m \qquad (۹)$$

رابطه (۹)، $\overline{w}^m$ معادل شدت دو منبع آب (سطحی و زیرزمینی) در هر بخش اقتصادی است.

محاسبات ارائه‌شده در رابطه با مصرف آب موردنیاز انرژی (آب – انرژی) و انرژی موردنیاز آب (انرژی – آب)، امکان ارزیابی واحدی از رابطه انرژی و آب را فراهم می‌کند ازاین‌رو و با توجه به روابط (۱۰) و (۱۱)، اصطلاح "انرژی ترکیبی (هیبریدی)"، با ترکیب مصرف مستقیم انرژی و آب موردنیاز برای زیرساخت‌های انرژی ارائه‌شده است. به‌طورجدی اصطلاح "آب ترکیبی"، از حاصل جمع مصرف مستقیم آب و انرژی موردنیاز برای تأمین آب محاسبه می‌شود (Liu et al, 2017: 3111).

$$f_i^{h-ene} = f_i^{ene} + f_i^{wat-ene} \qquad (۱۰)$$

$$f_i^{h-wat} = f_i^{wat} + f_i^{ene-wat} \qquad (۱۱)$$

۲.۳.۴ تجزیه‌وتحلیل جریان‌های مستقیم و غیرمستقیم انرژی و آب براساس الگوی داده – ستاندهٔ دو منطقه‌ای

رابطه بین انرژی و آب از طریق جریان‌های مستقیم و غیرمستقیم در شبکه‌های اقتصادی درهم‌تنیده شده است. مسیر مستقیم بیانگر میزان تقاضای مستقیم به‌کاررفته برای تولید ستانده ناخالص است و مسیر غیرمستقیم نشان‌دهنده میزان تقاضای نهاده استفاده‌شده در تولید کالاها و خدمات واسطه‌ای است (Park, 1982: 106). حال تجزیه‌وتحلیل انرژی و آب مصرفی از طریق الگوی داده – ستانده دومنطقه‌ای تمام این مسیرها را که توسط بخش‌های اقتصادی به هم مرتبط شده است در نظر می‌گیرد به‌طوری‌که بیانگر تأثیر پیوند در اکوسیستم‌های منطقه‌ای از دیدگاه مصرف و ارزیابی رابطه انرژی و آب با استانداردسازی واحد است (Liu et al, 2017: 3111). برای نشان دادن تأثیر پیوند بین انرژی و آب لازم است شدت روابط آب و انرژی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم طبق روابط (۱۲) و (۱۳) محاسبه شود.

$$\theta_e = \frac{f_{e,i}}{x_{e,i}} \qquad (۱۲)$$

$$\theta_w = \frac{f_{w,i}}{x_{w,i}} \qquad (۱۳)$$

در رابطه (۷)، θ_e نشان‌دهنده تأثیر (شدت) پیوند انرژی به‌صورت مستقیم است و دو پارامتر $f_{e,i}$ و $x_{e,i}$ به ترتیب بیانگر انرژی ترکیبی (هیبریدی) مصرف‌شده و شدت انرژی در هر بخش اقتصادی است. تفاسیر ذکرشده با پارامترهای موجود در رابطه (۸) که مرتبط با منابع آب است، انطباق دارد.

سپس، بر اساس ماتریس معکوس لئونتیف و ماتریس صادرات و واردات انرژی و آب در دو منطقه، مصرف مستقیم و غیرمستقیم دو منبع انرژی و آب که از طریق تقاضای نهایی در هر بخش اقتصادی در منطقه ایجادشده است، طبق روابط (۱۴) و (۱۵) محاسبه می‌شود:

$$\theta_e' = \theta_e^{diag}(I - A)^{-1} f^{Ee/Ie} \qquad (۱۴)$$

$$\theta_w' = \theta_W^{diag} (I - A)^{-1} f^{Ew/Iw} \qquad (۱۵)$$

θ_e' و θ_w' به ترتیب بیانگر کل شدت پیوند انرژی و آب (مستقیم و غیرمستقیم) هستند. همچنین پارامترهای θ_e^{diag} و θ_w^{diag} نشان‌دهنده ماتریس‌های قطری از شدت پیوندهای مستقیم انرژی و آب هستند. عبارت $(I-A)^{-1}$ در هر دو رابطه بیانگر ماتریس معکوس لئونتیف است که تغییرات در تقاضای نهایی که منجر به تغییر تولید می‌شود را نشان می‌دهد. همچنین ماتریس A در این عبارت بیانگر ماتریس مستقیم داخلی هر منطقه است که توسط الگوی داده – ستانده دومنطقه‌ای محاسبه‌شده است. و دو پارامتر $f^{Ee/Ie}$ شامل ماتریس صادرات و واردات انرژی و $f^{Ew/Iw}$ شامل ماتریس صادرات و واردات آب است.

۵. تجزیه‌وتحلیل نتایج

همان‌طور که در مطالب قبلی به آن اشاره شد ردیابی جریان دو منبع آب و انرژی و تعیین مقدار وابستگی متقابل آن‌ها برای ایجاد تعادل در چارچوب متابولیسم منطقه‌ای امری اساسی است. برای رسیدن به این هدف در پژوهش حاضر از رویکرد پیوند آب و انرژی استفاده‌شده است. آنچه در پیوند به آن پرداخته می‌شود پی بردن به مصارف مستقیم آب و انرژی و روابط آب و انرژی و درنهایت بررسی جریانات انرژی هیبریدی و آب هیبریدی در هر منطقه است. در ادامه به ارائه و بررسی نتایج حاصل از این پژوهش پرداخته شده است.

۱.۵ تحلیل روابط بین‌بخشی آب و انرژی مصرفی

در گام اول مقدار انرژی و آب مصرف‌شده در دو منطقه موردمطالعه، در قالب نمودار (۱) و (۲) به تصویر کشیده شده است. از دیدگاه مبتنی بر مصرف، کل مصرف مستقیم انرژی در ایران در سال ۱۳۹۰ برابر با ۸۹۸۱۸۶۷۱۴۶/۵۳ بی‌تی‌یو است. درحالی‌که استان اصفهان با ۷۳۱۶۳۴۱۶۸ میلیون بی‌تی‌یو سهم ۸/۱ درصد از میزان کل انرژی مصرفی ملی را به خود اختصاص داده است و از میان بخش‌های اقتصادی استان اصفهان، بخش‌های «آب و برق و گاز» و «سایر خدمات» به ترتیب با سهم نزدیک به ۲۰ درصد بزرگ‌ترین مصرف‌کننده

انرژی و بخش «ساخت پوشاک، عمل‌آوری و رنگ کردن خز، دباغی و پرداخت چرم و سایر محصولات چرمی» با سهم ناچیز کوچکترین مصرف‌کننده انرژی هستند.

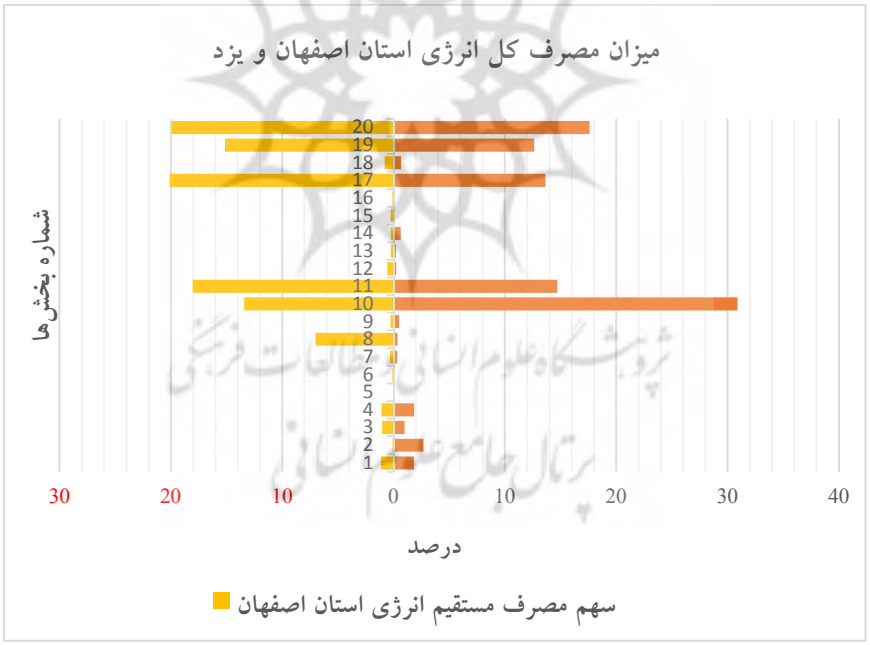
کل آب مصرفی در بخش‌های اقتصادی ایران در سال ۱۳۹۰ معادل، ۸۷۶۶۷ میلیون مترمکعب است، که سهم کل آب مصرفی در بخش‌های اقتصادی استان اصفهان ۷/۹ درصد از کل مصرف ملی را شامل می‌شود. و بخش «کشاورزی» با سهم ۹۱/۷ درصد، جایگاه نخست مصرف آب و بخش «ساخت چوب و محصولات چوبی» با سهم بسیار کوچک آخرین جایگاه در مصرف آب در استان اصفهان به خود اختصاص داده‌اند.

ازآن‌جایی‌که پژوهش حاضر یک مطالعه دومنطقه‌ای شامل دو استان اصفهان و یزد است. در ادامه به بررسی نتایج مربوط به استان یزد پرداخته‌شده است. بدین ترتیب براساس نتایج، کل انرژی مصرفی استان یزد برابر با ۱۹۶۴۲۷۵۸۰/۰۵ میلیون بی‌تی‌یو است که ۲/۱ درصد از مصرف کل کشور را به خود اختصاص داده است. بخش «ساخت محصولات کانی غیرفلزی» با سهم ۳۰/۸ درصد بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی در بخش‌های اقتصادی این استان بشمار می‌رود و کوچک‌ترین مصرف‌کننده مربوط به بخش«ساخت وسایل نقلیه موتوری و سایر تجهیزات حمل‌ونقل» با سهم ۰/۰۱۳ درصدی است.

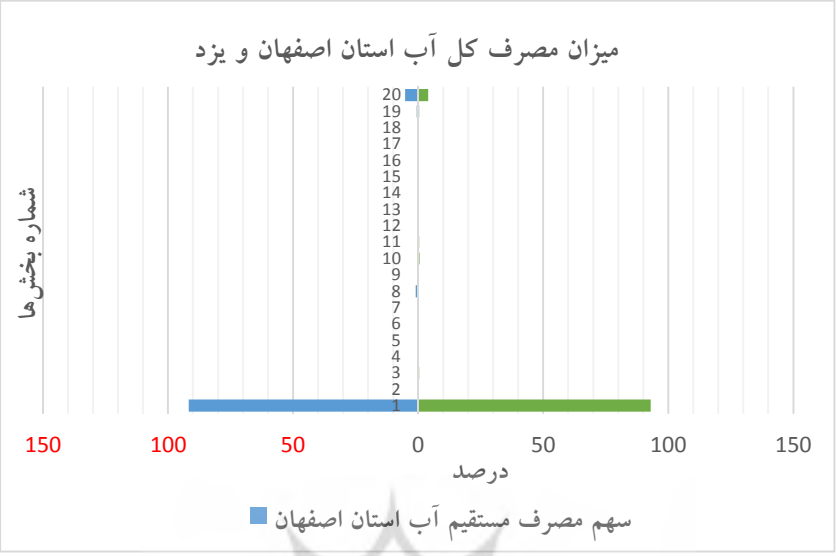
کل آب مصرف‌شده برای تولیدات استان یزد برابر با ۱۸۸۷۱۹۳ میلیون مترمکعب با سهم ۲/۱ درصدی از کل کشور است. در استان یزد نیز بخش «کشاورزی» با ۹۲/۸ درصد بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب و بخش «ساخت وسایل نقلیه موتوری و سایر تجهیزات حمل‌ونقل » با سهم ۰/۰۰۲۱ کوچک‌ترین مصرف‌کننده آب استان بشمار می‌روند. همان‌گونه که از نتایج نمودار (۲) قابل مشاهده است در دو استان مورد بررسی بخش «کشاورزی» با اختلاف بسیار زیادی نسبت به سایر بخش‌ها بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب است. که با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک این دو استان و اهمیت منابع آبی ناشی از کمبود و بحران آب این مسئله بسیار حائز اهمیت است. زیرا مدیریت نادرست منابع آبی علاوه بر مشکل کم‌آبی در منطقه، منجر به ایجاد ناامنی غذایی نیز خواهد شد. ازاین‌رو افزایش بهره‌وری و ارتقای فنّاوری تولید در این بخش امری ضروری و مهم تلقی می‌شود. زیرا این امر علاوه‌بر اینکه به‌صورت مستقیم منجر به کاهش هدر رفت آب در بخش

«کشاورزی» می‌شود، به‌صورت غیرمستقیم نیز در کاهش مصرف آب در تولیدات صنایع وابسته به کشاورزی نمود پیدا می‌کند.

در مورد مصرف انرژی، همان‌طور که می‌دانیم این دو استان، جزء استان‌های پیشرو در زمینه صنعت هستند. از اینرو می‌توان گفت از آنجایی که برای تولید صنایع نیاز به آب، برق و گاز بیشتری است برای تأمین این سه منبع، انرژی بیشتری مورد نیاز است. و در بخش سایر خدمات نیز می‌توان گفت در این سال‌ها در کشور به علت توسعه و گسترش گازرسانی در کشور، سهم بخش‌های خدمات، تجاری، عمومی و خانگی در مصرف انرژی افزایش‌یافته است. اما مقایسه ارزش افزوده و ضریب مکانی فعالیت در بخش «ساخت محصولات کانی غیرفلزی» استان یزد که بیانگر اهمیت نسبی یک فعالیت در منطقه نسبت به اهمیت نسبی همان فعالیت در اقتصاد ملی است، نشان‌دهنده رشد این ضریب‌ها در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹ است. افزایش مزیت نسبی در این فعالیت گسترده واحدهای تولید کاشی و سرامیک و کوره‌های آجرپزی و غیره در استان می‌باشد.



نمودار ۱. حجم کل انرژی مستقیم مصرف‌شده در بخش‌های اقتصادی استان اصفهان و یزد
منبع: یافته‌های محقق



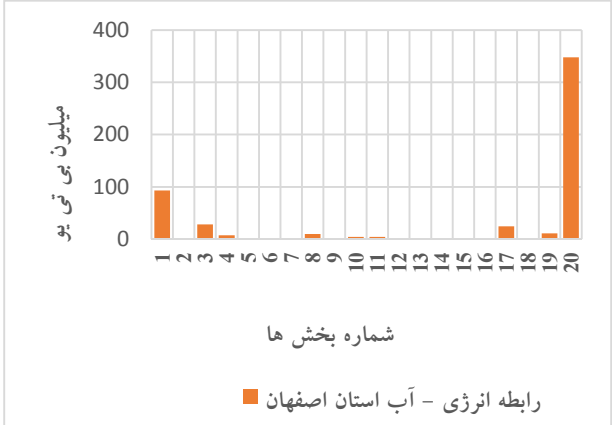
نمودار۲. حجم کل آب مستقیم مصرف‌شده در بخش‌های اقتصادی استان اصفهان و یزد
منبع: یافته‌های محقق

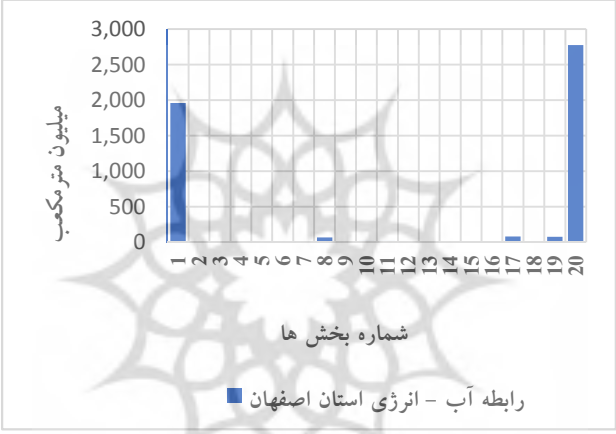
در ادامه نتایج به تجزیه‌وتحلیل رابطه انرژی – آب و آب – انرژی اصفهان و یزد پرداخته‌شده است. نتایج حاصل از محاسبات استان اصفهان که در نمودار (۳) به تصویر کشیده شده، نشان‌دهنده این است که آب مصرف‌شده برای تولید انرژی در کالاهای مصرفی استان اصفهان برابر با ۵۰۱۰/۴ میلیون مترمکعب است. علاوه بر این انرژی مصرف‌شده برای تولید آب در کالاهای مصرفی این استان معادل ۵۳۲۷۱۴۱۱۲ میلیون بی‌تی‌یو است. بخش «سایر خدمات» به ترتیب با سهم ۵۵/۳ درصدی و ۶۵/۲ درصدی جایگاه نخست را به خود اختصاص داده است. و بخش «ساخت چوب و محصولات چوبی» کوچکترین مصرف‌کننده آب برای تولید انرژی و بخش «ساخت محصولات فلزی فابریکی به‌جز ماشین‌آلات و تجهیزات» کوچکترین مصرف‌کننده انرژی برای تولید آب است اما در مورد استان یزد، آب مصرفی برای تولید انرژی برابر با ۷۹۷۶۳۰.۹۵ میلیون مترمکعب است و انرژی مصرفی برای تولید آب معادل، ۶۸۸۷۰۵۸۰/۷ بی‌تی‌یو است که بخش «کشاورزی» به ترتیب با سهم ۸۱ درصدی و ۶۴ درصدی در جایگاه نخست این مصرف قرار دارد و بخش «ساخت کک، فرآورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت‌های

هسته‌ای و ساخت مواد و محصولات شیمیایی» کوچکترین مصرف‌کننده آب برای تولید انرژی و مصرف‌کننده انرژی برای تولید آب است.

نتایج مربوط به استان یزد در نمودار (۴) به تصویر کشیده شده است. با مرور نتایج این بخش این نکته موردتوجه قرار می‌گیرد که بخش «کشاورزی» در استان یزد بیش‌ترین مصرف آب برای تولید انرژی و بالعکس بیشترین مصرف انرژی برای تولید آب را به خود اختصاص داده است. در این زمینه می‌توان گفت پایین بودن بهره‌وری آب در این مناطق و به طبع آن نیاز برای استفاده بیشتر از منابع آبی برای تولیدات کشاورزی منجر به استفاده بیش‌تر از انرژی برای استخراج، پمپاژ آب، تصفیه آب و غیره شده است که نیازمند استفاده از انرژی است. لازم به ذکر است که مصرف بالای انرژی در بخش «کشاورزی» با زیان‌های اقتصادی و خسارت‌های محیط‌زیستی نظیر انتشار گازهای گلخانه‌ای همراه هست که نیازمند برنامه‌های هدفمند صرفه‌جویی ازجمله صرفه‌جویی در انرژی‌های فسیلی و استفاده از انرژی‌های نو است.

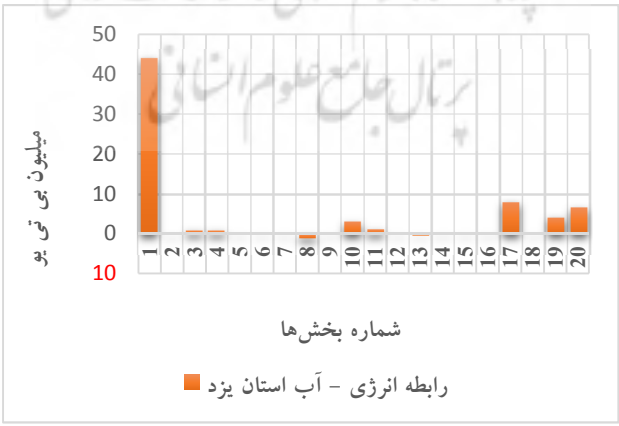
صرفه‌جویی در منابع انرژی و استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر می‌تواند منجر به کاهش مصرف آب برای تولید، استخراج سوخت‌های فسیلی و یا تولید نیروی برق شده و درمجموع علاوه بر کاهش مصارف آب و انرژی میزان وابستگی این منابع به هم در این بخش کاهش می‌یابد. اما در مورد استان اصفهان می‌توان گفت: بر اساس مطالعات انجام‌گرفته درزمینه ارتباط توسعه شهرنشینی با افزایش مصرف انرژی، توسعه شهرنشینی منجر به افزایش مصرف حامل‌های انرژی می‌شود. به‌گونه‌ای که از این حامل‌ها در مصارفی هم‌چون دفع زباله، فاضلاب شهری، بخش سلامت و خانگی استفاده می‌شود، و ازآن‌جایی‌که استان اصفهان، جزء استان‌های پیشرو در حوزه شهرنشینی است، این نتیجه منطقی به نظر می‌رسد.

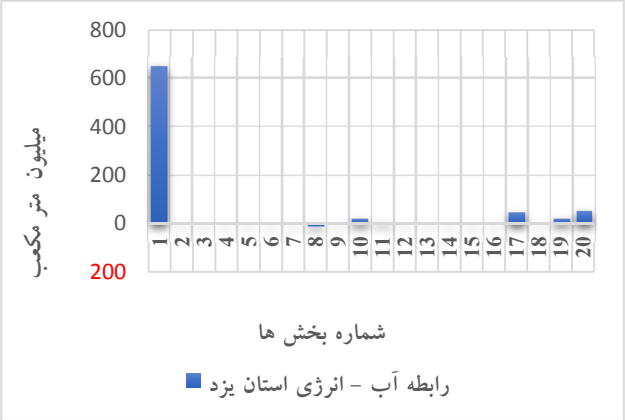




نمودار ۳. رابطه آب – انرژی و انرژی - آب در بخش‌های اقتصادی استان اصفهان

منبع: یافته‌های محقق



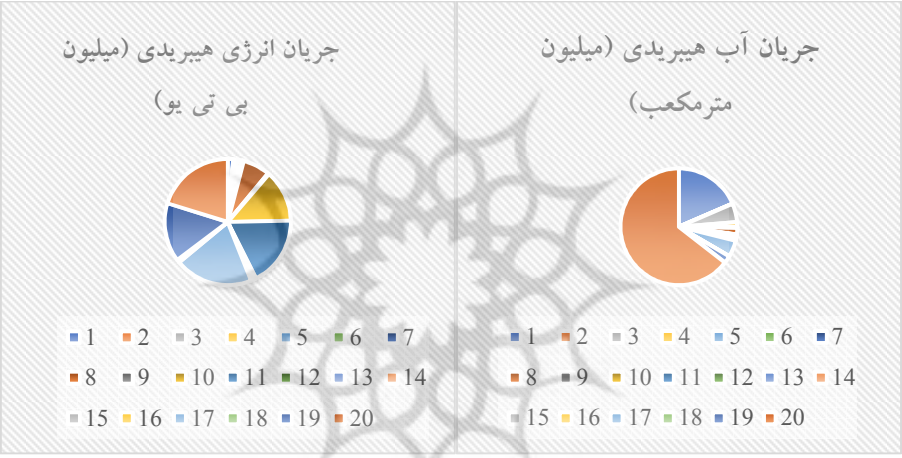


نمودار ۴. رابطه آب ـ انرژی و انرژی – آب در بخش‌های اقتصادی استان یزد
منبع: یافته‌های محقق

۲.۵ جریان آب و انرژی هیبریدی در بخش‌های اقتصادی دو منطقهٔ اصفهان و یزد

با استفاده از این شاخص و بر اساس شدت (تأثیر) روابط بین هر بخش می‌توان جریان بین بخش‌ها را تشخیص داد. جریان بین‌بخشی نقش هر بخش در سیستم منطقه‌ای (شهری) را مشخص می‌کند. نتایج محاسبات این بخش حاکی از آن است که، دو بخش «ساخت محصولات کانی غیرفلزی» و «کشاورزی» در یزد به ترتیب بزرگ‌ترین جریان انرژی هیبریدی و آب هیبریدی را دارا هستند و به همین ترتیب نیز بخش‌های «ساخت وسایل نقلیه موتوری و سایر تجهیزات حمل‌ونقل» و «ساخت کک، فرآورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت‌های هسته‌ای و ساخت مواد و محصولات شیمیایی» کوچک‌ترین بخش در جریان انرژی هیبریدی و آب هیبریدی هستند و در مورد استان اصفهان بخش «سایر خدمات» بالاترین رتبه در جریان انرژی هیبریدی و آب هیبریدی را به خود اختصاص داده است. و بخش‌های «ساخت محصولات فلزی فابریکی به‌جز ماشین‌آلات و تجهیزات» «ساخت پوشاک، عمل‌آوری و رنگ کردن خز، دباغی و پرداخت چرم و سایر محصولات چرمی» به ترتیب کوچک‌ترین بخش‌ها در جریان آب و انرژی هیبریدی هستند. بالا بودن سهم بخش‌های نام‌برده در جریانات هیبریدی دو منطقه به دلیل

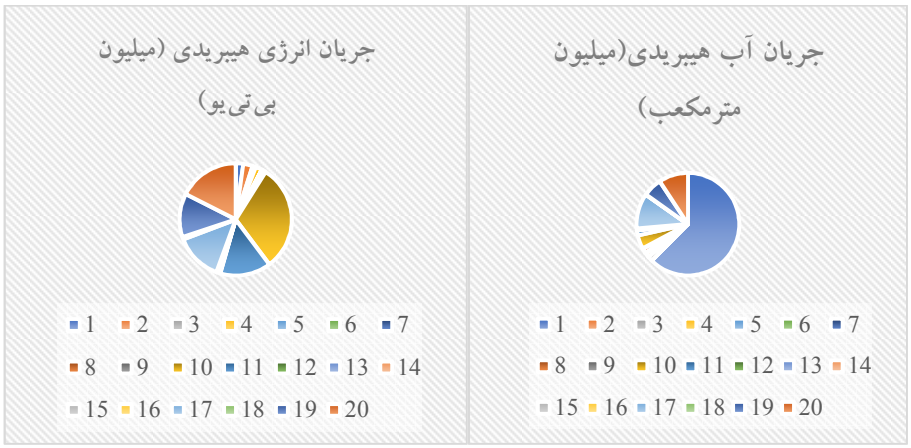
بالا بودن سهم مصرفی منابع انـرژی و آب از سـهم مصـرفی کـل در بـین بخـش‌هـا اسـت. همان‌طور که اشاره شد بالا بـودن مصـارف آب در دو منطقـه موردبررسـی بـه دلیـل اقلـیم خشک منطقه و بهره‌وری پایین آب در تولیدات کشاورزی است که نیازمند استفاده بـیش‌تـر از منابع آبی است، همچنین بخش «ساخت محصولات کانی غیرفلزی» یک بخش صنعتی بـا مصرف انرژی و آب بالا محسوب می‌شود. «سایر خدمات» به دلیـل اهمیـت ایـن بخـش در سهم تولیدات استان و توجه به فراهم کردن آوردن امکانـات بهداشـتی، تفریحـی، تحصـیلی مصارف در این بخش‌ها بالا است. نتایج حاصل از جریان آب و انرژی هیبریـدی دو منطقـه در نمودار (۵) و (۶) به تصویر کشیده شده است.



نمودار ۵. جریان آب و انرژی هیبریدی بخش‌های اقتصادی استان اصفهان

منبع: یافته‌های محقق

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

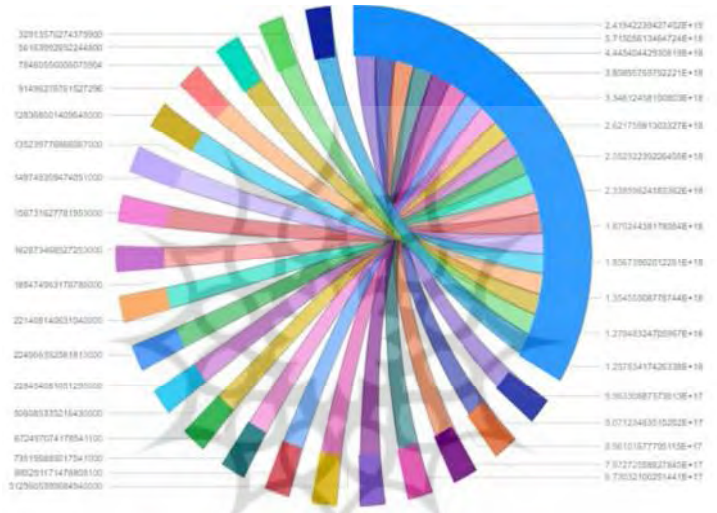


نمودار ۶. جریان آب و انرژی هیبریدی بخش‌های اقتصادی استان یزد
منبع: یافته‌های محقق

۳.۵ جریانات کل (مستقیم و غیرمستقیم) انرژی و آب در دو منطقهٔ موردمطالعه

در این قسمت از تحلیل نتایج، به بررسی جریان مستقیم و غیرمستقیم با استفاده از صادرات و واردات بین بخشی مناطق موردمطالعه پرداخته‌شده و جریانات هر بخش توسط یکرنگ نمایش داده‌شده است. بررسی این نتایج منجر به شناسایی بخش‌های کلیدی هر منطقه در استفاده از منابع آب و انرژی است. نتایج حاصل از جریانات کل انرژی و آب در دو منطقه موردنظر در نمودار (۷) و (۸) رسم شده است. ازاین‌رو در استان اصفهان بر اساس جریانات کل انرژی، بخش «ساخت فلزات اساسی» و «ساخت کک، فرآورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت‌های هسته‌ای و ساخت مواد و محصولات شیمیایی» به ترتیب جایگاه نخست در جریان صادرات و واردات انرژی و بخش‌های «کشاورزی» و «سایر خدمات» جایگاه نخست در صادرات و واردات آب را به خود اختصاص داده و به‌عنوان بخش کلیدی استان اصفهان برای مدیریت منابع انرژی و آب بشمار می‌روند. اما در مورد استان یزد دو بخش «ساخت محصولات کانی غیرفلزی» بیشترین جریان کل صادرات و واردات در انرژی را به خود اختصاص داده است و در مورد منابع آب نیز بخش‌های

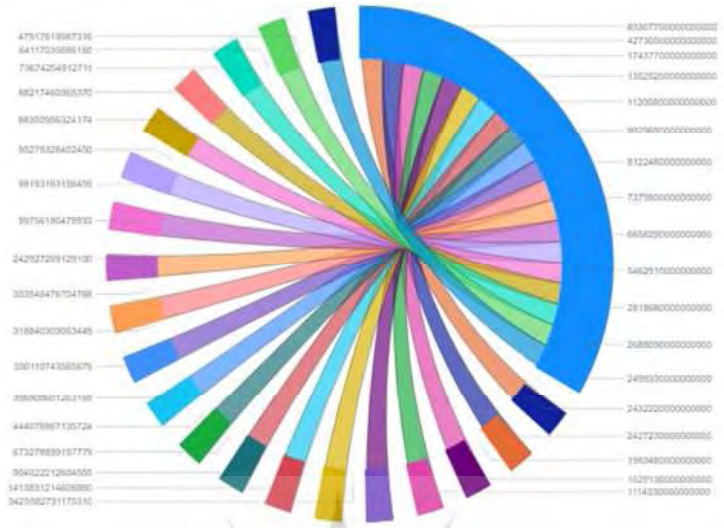
«کشاورزی» و «سایر خدمات» بـه ترتیـب بـزرگ‌تـرین صـادرکننده و واردکننـده هسـتند و به‌عنوان بخش‌های کلیدی استان یزد برای مدیریت منـابع انـرژی و آب شـناخته مـی‌شـوند. ازاین‌رو با توجه به آب‌وهوای خشک منطقه و صنعتی بودن دو استان و با توجه به بالا بـودن صادرات و واردات آب و انرژی در بخش‌های ذکرشده می‌توان به این نکته اشـاره کـرد کـه ایجاد صنایع و فعالیـت‌هـای اقتصـادی در هـر منطقـه بایـد متناسـب بـا شـرایط اقلیمـی و آب‌وهوایی منطقه باشد و در این مناطق اقدام به ایجاد صـنایع آب‌بـر ماننـد صـنایع فـولاد و کشت محصولات با آب‌بری بالا که نیازمند استفاده بیشتر از منابع آب و انرژی هستند نشود.



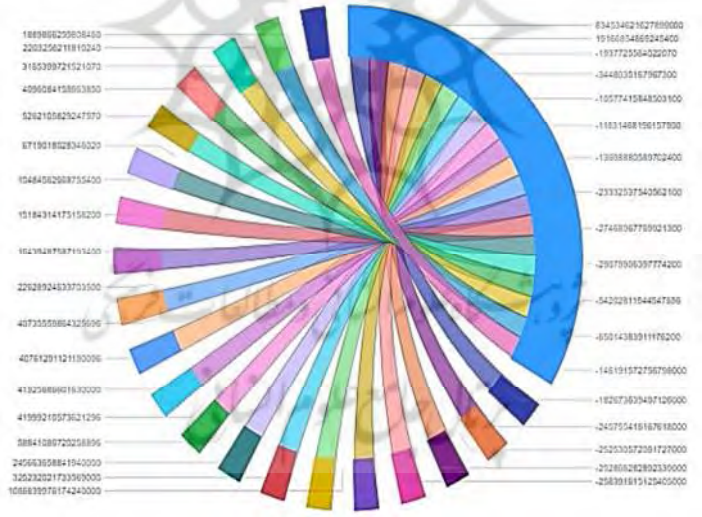
نمودار ۷. نمودار جریان ترکیبی انرژی در بخش‌های اقتصادی استان اصفهان

منبع: یافته‌های محقق

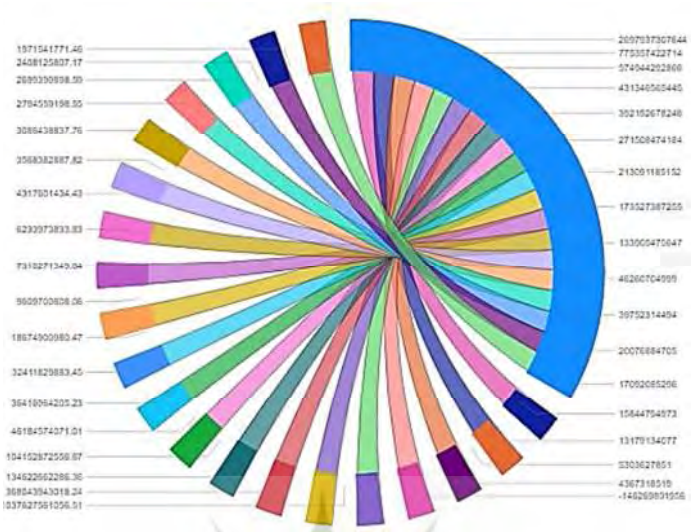
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



نمودار ۸. نمودار جریان ترکیبی آب در بخش‌های اقتصادی استان اصفهان
منبع: یافته‌های محقق



نمودار ۹. نمودار جریان ترکیبی انرژی در بخش‌های اقتصادی استان یزد
منبع: یافته‌های محقق



نمودار ۱۰. نمودار جریان ترکیبی آب در بخش‌های اقتصادی استان یزد
منبع: یافته‌های محقق

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله تلاش شد تا با مرور اجمالی بر مدل پیوند منابع طبیعی، میزان مصرف مستقیم دو منبع آب و انرژی‌های فسیلی، روابط آب – انرژی و انرژی – آب و جریان کل (مستقیم و غیرمستقیم) بین بخشی در دو منطقه در سطح بخش‌های اقتصادی استان اصفهان و یزد در سال ۱۳۹۰ موردسنجش قرار گیرد. بدین منظور از مدل داده – ستانده دومنطقه‌ای برای تجزیه‌وتحلیل انرژی موردنیاز برای تأمین آب (رابطه انرژی – آب) و آب موردنیاز برای تأمین انرژی (رابطه آب – انرژی) بر اساس دیدگاه مبتنی بر مصرف و تولید با توجه به تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بین‌بخشی استفاده شده است. همچنین از مصرف مستقیم برای نشان دادن رابطه پیچیده بین دو منبع آب و انرژی در هر بخش اقتصادی به‌صورت کمی استفاده‌شده، درحالی‌که رابطه انرژی و آب هیبریدی (ترکیبی) می‌تواند این ارتباط را در امتداد زنجیره‌های تأمین دو منبع ترسیم کند و در مرحله آخر از جریان کل (مستقیم و غیرمستقیم) هر بخش برای نشان دادن سهم هر بخش در کل جریان استفاده شد.

علی‌رغم اهمیت ویژه روابط کمی دو منبع آب و انرژی در بین بخش‌های اقتصادی، تعداد پژوهش‌های داخلی انجام‌شده در این حوزه ناچیز است به‌طوری‌که اغلب مطالعات در حوزه روابط بین بخشی مانند میرزایی و همکاران (۱۳۹۷) و قربانی و همکاران (۱۳۹۹) به‌صورت کیفی و اغلب در زمینه آبیاری انجام‌گرفته است. این در حالی است که روابط به‌صورت کیفی در مقایسه با سنجش آن به‌صورت کمی از دقت کمتری برخوردار است و حتی استفاده از نتایج آن در سیاست‌گذاری باید بااحتیاط صورت گیرد.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، استان اصفهان و یزد به ترتیب با سهم ۸/۱ و ۲/۱ درصدی از میزان کل مصرف انرژی کشور، جایگاه دوم و پانزدهم را به خود اختصاص داده است. باوجودآنکه دو منطقه موردمطالعه از جهت برخی از حامل‌های انرژی غنی هستند، اما به دلیل سرمایه‌گذاری‌های صنعتی صورت گرفته در این استان‌ها، عنوان مناطق پرمصرف انرژی شناخته‌شده‌اند، به‌طوری‌که از بین ۲۰ بخش اقتصادی موردمطالعه در این پژوهش، بخش «آب، برق و گاز» و «سایر خدمات» در استان اصفهان و «ساخت محصولات کانی غیرفلزی» در استان یزد به‌عنوان پرمصرف‌ترین بخش درزمینه مصرف انرژی شناخته شد. همچنین بر اساس مطالعات محققان، دو استان اصفهان و یزد به دلیل موقعیت مکانی (خشک و نیمه‌خشک مرکزی) و از جهت مصرف، با پدیده بحران شدید آبی مواجه هستند به‌طوری‌که استان اصفهان با مصرف ۷/۹ درصدی از کل مصرف ملی آب، رتبه پنجم را به خود اختصاص داده است. همچنین بخش «کشاورزی» در هردو استان به‌عنوان پرمصرف‌ترین بخش درزمینه آب شناخته‌شده است که از علل آن می‌توان به مواردی چون، وابستگی بیش‌ازاندازه هر منطقه به اقتصاد مبتنی بر کشاورزی و کشت به روش‌های سنتی و نبود مدیریت کارآمد مصرف آب و عدم تجهیز بخش کشاورزی به تجهیزات روزآمد اشاره کرد. همچنین از کل میزان انرژی و آب مصرفی در هردو منطقه اصفهان و یزد، به ترتیب سهم ۳۲، ۴۳ و ۴۸، ۴۰ درصد به انرژی موردنیاز برای تأمین آب (رابطه انرژی – آب) و آب موردنیاز برای تأمین انرژی (رابطه آب – انرژی) اختصاص دارد.

تجزیه‌وتحلیل جریان انرژی و آب ترکیبی نشان می‌دهد که دو بخش «ساخت محصولات کانی غیرفلزی» و «کشاورزی» پرمصرف‌ترین و به عبارتی تأثیرگذارترین بخش‌ها از جهت مصرف در دو منطقه هستند به‌طوری‌که مهم‌ترین گره

مدیریتی در رابطه بین دو منبع انرژی و آب در مناطق موردمطالعه در نظر گرفته می‌شوند. هم‌چنین در رابطه با تحلیل جریان کل انرژی و آب بین بخشی در دو منطقه می‌توان ذکر کرد که در استان اصفهان دو بخش «فلزات اساسی» و « ساخت کک، فرآورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت‌های هسته‌ای و ساخت مواد و محصولات شیمیایی» به‌عنوان بخش‌های مهم درزمینه صادرات و واردات بین بخشی انرژی و بخش‌های «کشاورزی» و «سایر خدمات» در زمینه صادرات و واردات بین بخشی آب شناخته‌شده‌اند و در مورد استان یزد دو بخش «ساخت محصولات کانی غیرفلزی» بیشترین جریان کل صادرات و واردات در انرژی را به خود اختصاص داده است و در مورد منابع آب نیز بخش‌های «کشاورزی» و «سایر خدمات» به ترتیب بزرگ‌ترین صادرکننده و واردکننده هستند و به‌عنوان بخش‌های کلیدی استان یزد برای مدیریت منابع انرژی و آب شناخته می‌شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مصرف انرژی در بخش‌های اقتصادی کشور و مناطقی ازجمله اصفهان و یزد رو به افزایش است. ازآنجایی‌که ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع‌شده و آب یکی از منابع کمیاب در کشور محسوب می‌شود سیاست‌گذاران در حوزه منابع محیط‌زیستی (انرژی و آب) باید گام‌هایی در جهت کاهش انرژی و آب‌بری در بخش‌های مختلف اقتصاد بردارند. بنابراین پیشنهاد می‌شود:

- با توجه به نتایج مطالعه، بخش «کشاورزی» از آب‌بری بالایی برخوردار است به‌طوری‌که که تقاضای نهایی داخلی بخش مذکور سهم زیادی از کل تقاضای نهایی دو منطقه را در برمی‌گیرد. بدین ترتیب لازم است از شیوه‌های نوین آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای، کانال‌کشی لوله‌ای یا بتونی و آبیاری از روش زیرزمینی که می‌تواند از جذب و بخار شدن آب و همچنین مصرف بی‌رویه آن جلوگیری کند، استفاده شود.
- توجه به سیستم کشت گلخانه‌ای از دیگر راهکارهای مهم برای کاهش مصرف آب و افزایش بازدهی در بخش کشاورزی است.
- با توجه به اینکه در صنایع وابسته به کشاورزی از محصولات کشاورزی به‌عنوان نهاده واسطه استفاده می‌شود، مکانیزه کردن کشاورزی و کمک به راندمان آبیاری در این بخش می‌تواند به‌صورت غیرمستقیم از آب‌بری بخش‌های تولیدی بکاهد.
- استراتژی واردات «انرژی مجازی» و «آب مجازی» می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مناسب برای رفع کمبود انرژی و آب در دو منطقه اصفهان و یزد موردتوجه

سیاست‌گذاران کشور قرار گیرد. در این راستا پیشنهاد می‌شود که بر اساس یک برنامه‌ریزی بلندمدت و با در نظر گرفتن سایر عوامل، الگوی تجارت در این دو منطقه بر مبنای واردات حداکثری و صادرات حداقلی آب و انرژی مجازی قرار گیرد.

- با توجه به اینکه بخش «آب، برق و گاز» بیشترین انرژی‌بری را در دو منطقه دارد، پیشنهاد می‌شود، بخشی از بودجه و نقدینگی حاصل از عوارض هر منبع (آب، برق و گاز) برای موضوع بهینه‌سازی انرژی در این بخش تخصیص داده‌شود.
- از آن‌جایی‌که دو منطقه در اقلیم خشک و نیمه‌خشک واقع‌شده و ازنظر منابع انرژی خورشیدی غنی هستند پیشنهاد می‌شود سرمایه‌گذاری و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، زمین‌گرمایی با روند فزاینده در دستورکار سیاست‌گذاران قرارگرفته تابه افزایش کارایی انرژی و کاهش انرژی بری در مناطق موردنظر بپردازند.
- مسئله آب و انرژی تنها مختص کشور ما نیست، بهره‌برداری از تجارب موفق سایر کشورها در مدیریت منابع آب و انرژی، در این زمینه راه‌گشا است.

پی‌نوشت‌ها

۱. در این رویکرد جدول داده – ستانده ملی در کنار حداقل آمار و اطلاعات موجود منطقه و یا استان مانند ستانده، اشتغال، مصرف و یا ارزش افزوده در سطح بخش های منطقه مبنای محاسبه ضرایب داده – ستانده و یا جدول داده – ستانده منطقه‌ای قرار می گیرد

کتاب‌نامه

اداره حساب‌های اقتصادی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۵). جدول داده – ستانده اقتصاد ایران سال ۱۳۸۹، آذرماه ۱۳۹۵ .www.ead.cbi@.ir.

اسلامی، زینب، جنت رستمی، سمیه، اشرف زاده، افشین و پور محمد، یاور (۱۳۹۹). تأثیر رویکرد پیوندی آب، انرژی و غذا در مدیریت یکپارچه منابع آب شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود، *نشریه آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۳۴(۱): ۱۱-۲۵.

پایگاه اینترنتی وزارت نیرو (۱۳۹۶). آمارنامه انرژی وزارت نفت.

پایگاه اینترنتی وزارت نیرو. ترازنامه هیدروکربنی انرژی کشور، (۱۳۹۰).

رضینی، طیب (۱۳۹۵). منطقه‌بندی اقلیمی ایران به روش کوپن – گایگر و بررسی جابه‌جایی مناطق اقلیمی کشور در سده بیستم، *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۴۳ (۲): ۴۱۹ –۴۳۹.

سالنامه آماری کشور (۱۳۹۸). مرکز آمار ایران.

سالنامه انرژی (۱۳۹۸). معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی و اقتصاد کلان برق و انرژی.

صفایی، وحیده، پورمحمد، یاور و داوری، کامران (۱۳۹۹). رویکرد به‌هم پیوسته آب، انرژی و غذا در مدیریت منابع آب (مطالعه موردی: محدوده مشهد)، *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۴(۵): ۱۷۲۱–۱۷۰۸.

قربانی، الهام، منعم، محمدجواد و واعظ تهرانی، مهسا (۱۳۹۹). توسعه مدل پیوند آب، انرژی و غذا در سطح شبکه‌های آبیاری بر اساس شاخص‌های کفایت و پایداری آب (مطالعه موردی شبکه آبیاری قزوین)، *تحقیقات مهندسی آبیاری و زه‌کشی*، ۲۱(۸۰): ۶۱–۸۰

گودرزی، محمدرضا، پیریایی، رضا و موسوی، میرمحمد (۱۳۹۷). درک پیوند آب – غذا – انرژی و مدیریت برای بهره‌وری از منابع آب موجود، *نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۳۴(۲): ۲۶۸–۲۵۵.

مرکز آمار ایران (۱۳۹۰). حساب‌های ملی آمار حساب‌های منطقه‌ای، مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵–۱۳۹۰.

منعم، محمدجواد، دلاور، مجید و حسینی، سید معین (۱۳۹۹). کاربرد و ارزیابی پیوند آب، غذا و انرژی (نکسوس) در مدیریت شبکه‌های آبیاری: مطالعه موردی شبکه آبیاری زاینده‌رود، *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، ۱(۱۴): ۲۷۵–۲۸۵.

میرزایی، شکیبا، قهرمان، بیژن، مساعدی، ابوالفضل و ضرغامی، مهدی (۱۳۹۷). بررسی اهمیت پیوند آب – انرژی – امنیت غذایی در حوضه زرینه رود، ایران، پنجمین کنفرانس انجمن انرژی ایران، کنفرانس بین‌المللی فناوری و مدیریت انرژی با رویکرد پیوند انرژی، آب و محیط‌زیست.

Bizikova, L., Roy, D., Swanson, D., Venema, H. D., & McCandless, M. (2013). The water-energy-food security nexus: Towards a practical planning and decision-support framework for landscape investment and risk management. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development, pp: 16-20.

Bizikova, L., Roy, D., Swanson, D., Venema, H. D., & McCandless, M. (2014). Water-Energy-Food Nexus and Agricultural Investment: A Sustainable Development Guidebook. Winnipeg, Canada: International Institute for Sustainable Development (IISD).

Chang, Y., Li, G., Yao, Y., & Zhang, L. (2016). Quantifying the water-energy-food nexus: current status and trends. Energies, 9(2): 1-17.

Chen, S., & Chen, B. (2016). Urban energy–water nexus: A network perspective. Applied Energy, 184: 905-914.

Chen, B. (2016). Energy, ecology and environment: a nexus perspective. Energy, Ecology and Environment, 1(1): 1-2.

Chen, P. C., Alvarado, V., & Hsu, S. C. (2018). Water energy nexus in city and hinterlands: Multi-regional physical input-output analysis for Hong Kong and South China. Applied Energy, 225: 986-997.

IEA. (2019). World energy outlook.

Jiang, W. Q., Li, J. S., Chen, G. Q., Yang, Q., Alsaedi, A., Ahmad, B., & Hayat, T. (2016). Mercury emissions embodied in Beijing economy. Journal of Cleaner Production, 129: 134-142.

Karlberg, L., Hoff, H., Amsalu, T., Andersson, K., Binnington, T., Flores-López, F., ... & Young, C. (2015). Tackling complexity: understanding the food-energy-environment nexus in Ethiopia's Lake tana sub-basin. Water Alternatives, 8(1): 710-734

Kenway, S. J., Binks, A., Lane, J., Lant, P. A., Lam, K. L., & Simms, A. (2015). A systemic framework and analysis of urban water energy. Environmental Modelling & Software, 73: 272-285.

Kowalewksi. J (2015). Regionalization of National Input – Output Tables: Empirical Evidence on the Use of the FLQ Formula. Regional Studies, 2(49): 240-250

Kennedy, C., Pincetl, S., & Bunje, P. (2011). The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. Environmental pollution, 159(8-9): 1965-1973.

Lee, L. C., Wang, Y., & Zuo, J. (2021). The nexus of water-energy-food in China's tourism industry. Resources, Conservation and Recycling,164: 105157.

Liu, Y., Wang, S., & Chen, B. (2017). Regional water–energy–food nexus in China based on multiregional input–output analysis. Energy Procedia, 142: 3108-3114.

Li, Z., Pan, L., Fu, F., Liu, P., Ma, L., & Amorelli, A. (2014). China's regional disparities in energy consumption: An input–output analysis. Energy, 78: 426-438.

Li, J. S., Xia, X. H., Chen, G. Q., Alsaedi, A., & Hayat, T. (2016). Optimal embodied energy abatement strategy for Beijing economy: based on a three-scale input-output analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 53: 1602-1610.

Liu, Y., & Chen, B. (2020). Water-energy scarcity nexus risk in the national trade system based on multiregional input-output and network environ analyses. Applied Energy, 268, 114974.

Phdungsilp, A. (2010). Integrated energy and carbon modeling with a decision support system: policy scenarios for low-carbon city development in Bangkok. Energy Policy, 38(9): 4808-4817.

Park, S. H. (1982). An input-output framework for analysing energy consumption. Energy Economics, 4(2): 105-110.

Rasul, G. (2014). Food, water, and energy security in South Asia: a nexus perspective from the Hindu Kush Himalayan region. Environmental Science and Policy, 39: 35- 48.

Rasul, G. (2015). Managing the Food, Water, and Energy Nexus for Achieving the Sustainable Development Goals in South Asia. Environmental development, 18: 14- 25.

United Nations. (2020). Department of Economic and Social Affairs Population Facts, December 2020 No, 2020/2.

Wang, S., & Chen, B. (2016). Energy–water nexus of urban agglomeration based on multiregional input–output tables and ecological network analysis: a case study of the Beijing–Tianjin–Hebei region. Applied Energy, 178: 773-783.

Wang, S., Cao, T., & Chen, B. (2017). Urban energy–water nexus based on modified input–output analysis. Applied energy, 196: 208-217.

Xiao, Z., Yao, M., Tang, X., & Sun, L. (2019). Identifying critical supply chains: An input-output analysis for Food-Energy-Water Nexus in China, Ecological Modeling, 392: 31-37.

Zhang, Y., Zheng, H., Yang, Z., Li, Y., Liu, G., Su, M., & Yin, X. (2016). Urban energy flow processes in the Beijing–Tianjin–Hebei (Jing-Jin-Ji) urban agglomeration: combining multi-regional input–output tables with ecological network analysis. Journal of Cleaner Production, 114: 243-256.

Zhang, X., & Vesselinov, V. V. (2017). Integrated modeling approach for optimal management of water, energy and food security nexus. Advances in Water Resources, 101: 1-10.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی