



## Water Footprint Analysis of Iran's Sugar Export/Import and Production for the Period of 2005-2014

T. Omid<sup>1</sup>, A. Bagheri<sup>2\*</sup>, and N. Heydari<sup>3</sup>

### Abstract

The countrywide imbalance between supply and water demand is one of the most important issues of water resources management in Iran, especially in the agricultural sector. In this regard, international exchange of agricultural products and virtual water trade, which is defined as the water embedded in goods, can be regarded as a means to manage water resources. Sugar beet is amongst the low productivity products in the country with high water demands. In this research, the amount of pure water demand and the virtual water associated to production of sugar beet, sugarcane, and the corresponding produced sugar is calculated using the Cropwat software. We also investigated the virtual water exchange and its dependency on other countries. During 2005-2014, the major origins of importing sugar were from UAE, Brazil, Switzerland, England and India. It is shown that in the case of importing sugar from such countries instead of national production of sugar during that period, about 13 billion cubic meters of water could have been saved. However due to different risks of security and climate change, increasing of country's water dependency on other countries should take into consideration the long-term effects of virtual water import. The concept of a reliable level of virtual water trade is expected to be embedded in export/import policy making as an important issue in terms of water and food security.

**Keywords:** Virtual Water Trading, Embedded Water, Sugar Export/Import Policy Making, Water Dependency.

Received: November 14, 2018

Accepted: May 27, 2019

## تحلیل ردپای آب تولید، صادرات و واردات شکر در ایران برای دوره ۱۳۹۳-۱۳۸۴

طیبه امید<sup>۱</sup>، علی باقری<sup>۲\*</sup> و نادر حیدری<sup>۳</sup>

### چکیده

عدم توازن بین عرضه و تقاضای آب در کشور، مدیریت منابع آب را به خصوص در بخش کشاورزی با چالش روبرو ساخته است. از طرفی مبادلات بین‌المللی محصولات کشاورزی و تجارت آب مجازی که به عنوان آب نهفته شده در کالاها تعریف می‌شود، می‌تواند یکی از راه‌کارهای مدیریت آب باشد. آب پنهان<sup>۱</sup> یا آب نهفته مقدار آبی است که در فرآیند تولید یک کالا یا محصول از لحظه شروع تا پایان، مصرف می‌شود. این مفهوم همچنین به صورت آب مجازی<sup>۲</sup> یا آب سایه‌ای نیز شناخته می‌شود. چغندر قند و نیشکر از جمله محصولات آبی هستند که نیاز آبی بالایی دارند. در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار Cropwat مقدار نیاز آبی خالص و آب مجازی تولید محصول چغندر قند، نیشکر و شکر حاصل شده از آن‌ها محاسبه گردیده است و سپس به بررسی مبادله آب مجازی و میزان وابستگی این محصولات به سایر کشورها پرداخته شده است. در این تحقیق نشان داده شده است که در صورت واردات شکر از سایر کشورها، به جای تولید در داخل براساس کشت چغندر قند و نیشکر در استان‌های مختلف ایران، در مجموع حدود ۱۳ میلیارد مترمکعب آب در طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۸۴ صرفه‌جویی می‌شد. در عین حال، براساس آمار واردات شکر در دوره مزبور، بیش‌ترین میزان واردات آب مجازی این محصول مربوط به کشورهای امارات متحده عربی، برزیل، سوئیس، انگلستان و هند می‌باشد. با توجه به اثرات بلند مدت تجارت آب مجازی، وابستگی بیش از حد منابع آبی به سایر کشورها ریسک امنیتی به دنبال دارد و باید به دنبال سطح مناسبی برای میزان صادرات و واردات این محصولات بود و با لحاظ نمودن یک تدبیر سیاسی و اساسی در مدیریت منابع آب، و مبادله آگاهانه آب مجازی، امنیت بلند مدت مواد غذایی و مصرف پایدار آب را در ایران تأمین کرد.

**کلمات کلیدی:** تجارت آب مجازی، آب پنهان، سیاستگذاری صادرات و واردات شکر، وابستگی آبی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۸/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۳/۶

1- M.Sc. Graduate in Water Resources Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

2- Associate Prof., Tarbiat Modares University, Department of Water Resources Engineering, Tehran, Iran. Email: ali.bagheri@modares.ac.ir

3- Associate Prof., Iranian Agricultural Engineering Research Institute (AERI); Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Alborz, Iran.

\*- Corresponding Author

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲- دانشیار گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۳- دانشیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی)، البرز، ایران.

\*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان زمستان ۱۳۹۸ امکانپذیر است.

## ۱- مقدمه

تجارت آب مجازی در قالب ردپای آب<sup>۲</sup> محصولات، یک معیار و ابزار اساسی در محاسبه مصرف واقعی آب یک کشور می‌باشد. تجارت آب مجازی در سطح دنیا در طی ۴۰ سال اخیر به طور دائم در حال افزایش بوده است. آب مجازی، به عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی بهره‌وری آب، مفهوم تازه‌ای است که در سال‌های اخیر نظر برنامه‌ریزان و صاحب‌نظران علوم آب را به خود جلب کرده است. آبی که در مراحل مختلف تولید محصولات کشاورزی و دیگر کالاها استفاده می‌شود، آب مجازی ذخیره شده در کالا نامیده می‌شود (Hoekstra and Hung, 2002) که از آن با عنوان ردپای آب نیز یاد می‌شود. "آب مجازی" صرفاً به حجم آب پنهان در یک محصول اشاره دارد که برای تولید آن به کار رفته است در حالی که ردپای آب یک شاخص چند بعدی است، نه تنها به حجم آب مصرف شده اشاره می‌کند بلکه روشن می‌کند ردپای آب به کجا تخصیص داده شده است (یا در کجا واقع شده است)، از چه منبع آبی استفاده شده است و در چه زمانی آب استفاده شده است. بنابراین، مفهوم ردپای آب کاربرد گسترده‌تری دارد، اما در سطح تولید یک محصول، آب مجازی و ردپای آب مفاهیمی نزدیک به هم دارند، برای مثال تولید یک کیلوگرم غلات نیاز به یک یا دو متر مکعب آب دارد (Hoekstra, 2012).

شکر، به عنوان یک گروه از کالاهای استراتژیک، همواره مورد توجه دولت‌ها قرار داشته است. این کالا به ترتیب از دو محصول چغندر قند و نیشکر به دست می‌آید، به طوری که ۷۰ درصد تولید جهانی شکر از نیشکر و ۳۰ درصد آن از چغندر قند استحصال می‌شود (Najafpoor, 2013). با توجه به اینکه ایران در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان قرار گرفته و با بحران کم آبی مواجه است، هدف این مقاله بررسی تبادل آب مجازی متناظر با شکر برای کشور ایران و نیز ارزش اقتصادی مترتب بر آب مجازی مبادله شده است. برای این منظور، در این مقاله تولید شکر از چغندر قند و نیشکر در داخل، و نیز صادرات و واردات این محصول در دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۴ مورد مطالعه قرار گرفته است. در این رابطه محورهای زیر در این مقاله مورد توجه قرار گرفتند:

۱- محاسبه آب مجازی تولید چغندر قند، نیشکر و شکر حاصل از آنها در استان‌های محل کشت این محصولات و محاسبه میانگین آب مجازی آن‌ها در ایران.

۲- تهیه نقشه پهنه‌بندی و تجزیه و تحلیل مکانی میزان آب مجازی تولید چغندر قند<sup>۴</sup> در مناطق مختلف ایران.

۳- محاسبه جریان تجارت آب مجازی تولید شکر از چغندر قند و نیشکر به/از ایران و تهیه جدول ردپای آب متناظر با آن در طی دوره مورد بررسی.

۴- تعیین میزان وابستگی ایران از نظر آب مجازی شکر به سایر کشورهای جهان.

در مجموع با بررسی ماهیت و اهمیت آب مجازی شکر تولید شده از چغندر قند و نیشکر، و تجارت آن در ایران مشخص شد که شکر تولید شده از نیشکر آب مجازی بالاتری نسبت به شکر حاصل از چغندر قند دارد، ولی میانگین بهره‌وری حاصل از آن‌ها تقریباً با یکدیگر برابر است. در طی دوره مورد بررسی، استان‌های آذربایجان غربی، فارس و خراسان رضوی نسبت به سایر استان‌ها بیش‌ترین میزان مصرف آب آبی را برای تولید محصول چغندر قند داشتند. از سوی دیگر، ایران در طی این دوره وارد کننده محصول شکر بود. با توجه به بررسی‌های انجام شده، کشورهای مبدأ و تولید کننده این محصول با توجه به روند تغییر اقلیم، در آینده دسترسی کمتری به منابع آب خواهند داشت. بنابراین، ضرورت دارد برای تولید و یا واردات این محصول در آینده، با توجه به منافع بلندمدت جامعه، برنامه‌ریزی دقیقی صورت گیرد. روش‌شناسی ارائه شده و نتایج این تحقیق می‌توانند در تحلیل سیاست‌های صادرات و واردات، و نیز تولید محصول شکر در کشور مورد استفاده قرار بگیرند.

## ۱-۱- سیمای سطح زیر کشت و میزان تولید چغندر قند و نیشکر در ایران

در ایران با توجه به تنوع آب و هوایی، محصول چغندر قند در اکثر استان‌ها و حتی در مناطق سردسیر کشت می‌شود. هر چند که نیشکر محصول نواحی گرمسیر می‌باشد، از آنجا که نیشکر محصولی آب‌بر است، در برخی از استان‌های شمالی کشور نیز کشت می‌شود. همانطور که در نمودار شکل ۱ ملاحظه می‌شود سطح زیر کشت چغندر قند طی دوره ۹۳-۱۳۸۴ با نوسان‌هایی همراه بود، اما مقدار آن از ۱۸۶ هزار هکتار در سال ۱۳۸۴ به ۱۰۵ هزار هکتار در سال ۱۳۹۳ تنزل یافت. در این دوره، کمترین مقدار آن مربوط به سال ۱۳۸۶ حدود ۵۴ هزار هکتار بود. همچنین در جدول ۱ مشاهده می‌شود در دوره مورد بررسی، روند تولید چغندر قند تحت تأثیر روند تغییرات سطح زیر کشت آن قرار داشت؛ به طوری که از ۶۷۰۶ هزار تن در سال ۱۳۸۴ به ۵۵۹۴ هزار تن در سال ۱۳۹۳ کاهش یافت (شکل ۱).

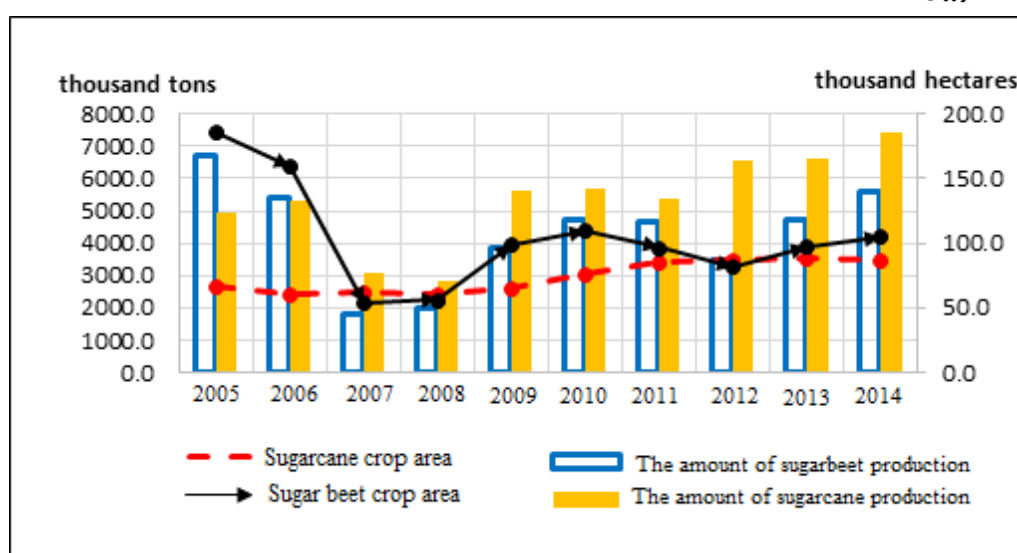
بر اساس شکل ۱، سطح زیر کشت نیشکر برخلاف سطح زیر کشت چغندر قند از نوسان کمتری برخوردار بود و در کل روندی صعودی

**Table 1- The sugar beet and sugarcane cultivated area and production during the period of 2005 - 2014**

جدول ۱- سطح زیر کشت و میزان تولید چغندر قند و نیشکر طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۹۳

		Year									
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Crop area (thousand hectares)	Sugarcane	66.5	61	61.5	60.1	65.9	76.7	84.8	86.6	89.1	87.1
	Sugar beet	185.9	159.8	53.9	56.3	99.6	109.5	96.8	82.5	97.1	105.0
Production (thousand tons)	Sugarcane	4958.9	5312.6	3097.0	2822.9	5647.7	5659.0	5378.4	6537.0	6588.6	7406.4
	sugar beet	6708.5	5407.2	1827.2	2015.9	3866.5	4702.5	4651.1	3467.4	4730.7	5594.2

منبع: وزارت جهاد کشاورزی



**Fig. 1- Sugar beet and sugar cane cultivation and production over the period of 2005-2014**

شکل ۱- سطح زیر کشت و میزان تولید چغندر قند و نیشکر طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۹۳

در کل کشور بسیار بیشتر از نیشکر می‌باشد. این در حالی است که با کاهش سطح زیر کشت چغندر قند در سال ۱۳۸۷، سهم نیشکر در تولید شکر کشور به حدود ۵۹ درصد و سهم چغندر قند تقریباً به ۴۱ درصد رسید. طی سال‌های اخیر، سهم چغندر قند در تولید شکر مجدداً افزایش یافت و به ۵۱/۵ درصد رسید. بررسی واردات و صادرات شکر طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۹۳ حاکی از آن است که سهم واردات بیشتر از صادرات این محصول بود؛ تنها در سال ۱۳۸۹ مقدار واردات آن کمتر از صادرات می‌باشد که این موضوع جایگاه تولید این محصول را در کشور نشان می‌دهد. میزان صادرات شکر با کاهشی شدید همراه بود به طوری که از ۱۲۶/۶ هزار تن در سال ۱۳۸۴، به ۴۷/۵ هزار تن در سال ۱۳۹۳ رسید. بیشترین میزان صادرات شکر در ۱۰ سال مورد بررسی مربوط به سال ۱۳۹۱ و حدود ۸۷/۵ هزار تن می‌باشد. در مورد واردات شکر نیز بیشترین مقدار مربوط به سال ۱۳۸۵ و برابر با ۲۵۲۶ هزار تن است.

داشت، به طوری که مقدار آن از ۶۶/۵ هزار هکتار در سال ۱۳۸۴ به ۸۷ هزار هکتار در سال ۱۳۹۳ افزایش یافت. این محصول در استان‌های خوزستان، گیلان و مازندران کشت می‌شود.

جدول ۱ نشان می‌دهد که تولید نیشکر در طی دوره ۹۳-۱۳۸۴ در مجموع افزایشی بوده، بیشترین میزان تولید آن مربوط به سال ۱۳۹۳ و برابر با ۷۴۰۶ هزار تن می‌باشد.

#### ۱-۲- وضعیت تولید، و میزان صادرات و واردات شکر در ایران

تأمین شکر برای مصرف در کشور از دو طریق تولید داخلی و واردات صورت می‌گیرد. تا سال ۱۳۸۶ سهم چغندر قند در تولید شکر از نیشکر بالاتر بود، به طوری که در سال ۱۳۸۶ سهم آن تقریباً دو برابر نیشکر بود. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میزان تولید چغندر قند

## ۲- مواد و روش‌ها

گام‌های برداشته شده برای انجام این تحقیق و مراحل تعیین میزان آب مجازی چغندر قند و نیشکر، و شکر تولید شده از آن‌ها، در قالب فلوچارت نشان داده شده در شکل ۲ ارائه گردیده است.

در این تحقیق داده‌های گیاهی شامل تاریخ کاشت و برداشت، میزان عملکرد در واحد سطح (کیلوگرم در هکتار)، سطح زیر کشت (هکتار) در مراکز استان‌هایی که محل کشت چغندر قند بودند از سایت وزارت جهاد کشاورزی برای بازه مورد بررسی به دست آمد. طول دوره آماری ۱۰ سال (۱۳۸۴ الی ۱۳۹۳) در نظر گرفته شد.

محتوای آب مجازی هر محصول، مقدار آب مصرف شده در مراحل مختلف تولید آن است. این شاخص از نسبت مقدار آب مصرفی در دوره رشد به عملکرد گیاه به دست می‌آید. نیاز آبی چغندر قند و نیشکر (مقدار آب مصرفی) با استفاده از نرم‌افزار Cropwat در مناطق کشت این محصولات در کل کشور محاسبه شد. داده‌های هواشناسی مورد نیاز برای محاسبه نیاز آبی از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. سپس مقدار آب مجازی آن با استفاده از رابطه (۱) مورد محاسبه قرار گرفت.

$$VW_b = \frac{CWU_b}{Y_{irr}} \times 10 \quad (1)$$

که در آن:  $VW_b$  مقدار آب مجازی گیاه بر حسب مترمکعب بر کیلوگرم،  $CWU_b$  نیاز آبی گیاه بر حسب مترمکعب در هکتار، و  $Y_{irr}$  عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

در رابطه بالا، ضریب ۱۰ جهت تبدیل عمق آب مصرفی بر حسب میلی‌متر (mm/ha) در واحد سطح به حجم آب بر حسب مترمکعب در

واحد سطح می‌باشد. بنابراین، پس از محاسبه آب مجازی، باتوجه به سطح زیر کشت محصولات چغندر قند و نیشکر در هر کدام از مناطق، یک میانگین‌گیری وزنی از میزان آب مجازی و سطح زیر کشت بصورت جداگانه انجام شد و میانگین آب مجازی محصول در کل ایران محاسبه شده، مبنای محاسبه قرار گرفت.

راندمان استحصال شکر خام از چغندر قند برابر ۱۲/۷٪ می‌باشد که ۹۲٪ از شکر خام به شکر تبدیل می‌شود (Fallahi et al., 2008). همچنین با توجه به آمار و اطلاعات موجود، راندمان صنعتی تولید شکر از نیشکر برابر ۱۰/۹٪ می‌باشد که مستقیماً شکر به دست می‌آید (Najafpoor, 2013). براین اساس، عملکرد شکر حاصل از چغندر قند و نیشکر بر حسب کیلوگرم بر هکتار، و نیز آب مجازی آن در طی دوره مورد بررسی، محاسبه گردید.

### ۲-۱- محاسبه تراز تجارت آب مجازی متناظر با شکر

داده‌های مربوط به تجارت (صادرات و واردات) چغندر قند، نیشکر و شکر از سایت گمرک جمهوری اسلامی ایران قابل دریافت است. رویکرد توسعه یافته توسط (Hoekstra and Hung, 2005) نقطه شروع محاسبه جریان تجارت آب مجازی برای محصولات کشاورزی و غذایی است، لذا در این مقاله برای کشور ایران از این رویکرد استفاده خواهد شد.

مثلاً برای کشور C و در سال t جریان آب مجازی (سال / مترمکعب) مربوط به صادرات می‌تواند به عنوان مجموع مقدار آب مجازی در هریک از محصولات صادراتی آن (P) به صورت رابطه (۲) بدست آید (Duarte et al., 2014):

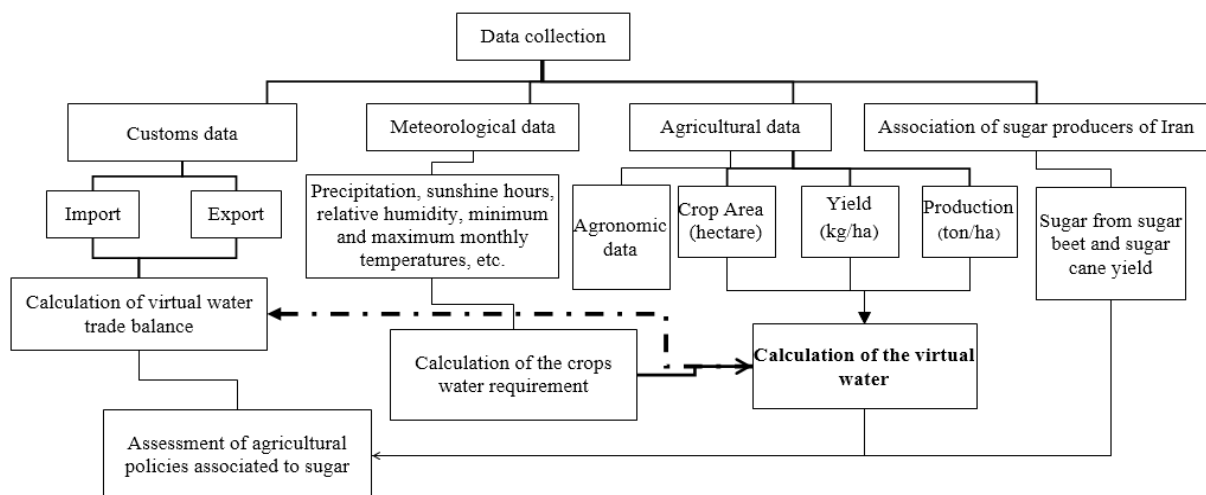


Fig. 2- Steps of the research

شکل ۲- فلوچارت مراحل انجام تحقیق

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- نیاز آبی، میزان آب مجازی چغندر قند، نیشکر، و شکر متناظر با آنها

همانطور که گفته شد در این تحقیق، پس از محاسبه نیاز آبی محصولات چغندر قند و نیشکر با استفاده از نرم‌افزار Cropwat، با تقسیم نیاز آبی بر عملکرد آن‌ها میزان آب مجازی چغندر قند، نیشکر و شکر حاصل از آن‌ها بر حسب مترمکعب بر تن در مناطق عمده محل کشت چغندر قند و نیشکر در استان‌های ایران، در طول دوره زمانی مورد مطالعه، به طور جداگانه محاسبه گردید. سپس با توجه به سطح زیر کشت هر منطقه، یک میانگین‌گیری وزنی در کل کشور انجام شد و میانگین آب مجازی چغندر قند و نیشکر و نیز شکر حاصل از آنها برای هریک از سال‌های دوره مورد بررسی استخراج شد. برای نمونه نتایج محاسبات نیاز آبی، عملکرد چغندر قند و شکر حاصل از آن، میزان آب مجازی و نحوه محاسبه میانگین آب مجازی چغندر قند در کل کشور در سال ۱۳۹۳ در جدول ۲ آورده شده است. مشابه همین محاسبات برای محصول نیشکر و شکر استخراج شده از آن نیز صورت گرفته است. مقدار آب مجازی در هریک از استان‌ها، به علت تغییر در عملکرد و وضعیت آب و هوا در سال‌های مختلف متفاوت است. به همین صورت میانگین آب مجازی چغندر قند، نیشکر و شکر حاصل از آن‌ها در سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳ محاسبه شد و نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است. براساس نتایج حاصل، بیش‌ترین سطح زیر کشت چغندر قند مربوط به استان خراسان رضوی با ۵۱۰۸۹ هکتار می‌باشد، در حالی که مطابق این جدول عملکرد چغندر قند در سال ۱۳۸۴ در استان خوزستان بیشتر از سایر استان‌ها بود. سپس با استفاده از رابطه (۱)، میزان آب مجازی برای تولید چغندر قند و شکر متناظر با آن در استان‌های مختلف و بطور میانگین برای کل کشور بدست آمد که بدلیل زیاد بودن جداول محاسبات، در اینجا تنها نتایج محاسبات میانگین سالانه در طی دوره ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳ در سطح کشور در جدول ۳ آورده شده است.

مطابق جدول ۲، بیش‌ترین و کم‌ترین نیاز آبی اراضی زیر کشت چغندر قند در سال ۱۳۸۴ به ترتیب مربوط به استان‌های یزد و خوزستان از قرار ۱۲۷۱۲ و ۴۶۱۸ متر مکعب بر هکتار بود. در سال ۱۳۸۴ بالاترین آب مجازی چغندر قند و شکر متناظر با آن به استان خراسان جنوبی تعلق داشت و مقدار آن به ترتیب برابر ۴۹۹/۷۵ و ۴۲۷۷/۲۵ مترمکعب بر تن بود. این موضوع به دلیل کم بودن مقدار عملکرد این محصول در این استان نسبت به سایر استان‌های کشور می‌باشد.

$$VWX(c,t) = \sum_p d_p^c(c,p,t) * X_p^c(c,p,t) \quad (2)$$

که در این رابطه، VWX آب مجازی متناظر با صادرات محصولات،  $X_p^c$  نشان دهنده کمیت فیزیکی محصول صادر شده  $p$  و  $d_p^c$  نشان دهنده تقاضای مشخص آب برای هر محصول (به ازای تولید محصول در کشور صادرکننده C) در صادرات کشور می‌باشند.

به طور مشابه مقدار آب مجازی ناشی از واردات کشور C از مبادی مختلف با استفاده از رابطه (۳) به عنوان مجموع مقدار آب مجازی از کالاهای وارد شده P محاسبه می‌شود (Duarte et al., 2014). برای محصولات وارداتی میزان آب مجازی وارداتی بصورت مقایسه با میزان مصرف آب به ازای تولید همان مقدار محصول در همان کشور واردکننده C در نظر گرفته شده است.

$$VWM(c,t) = \sum_p d_p^c(c,p,t) * M_p^z(z,p,t) \quad (3)$$

که در این رابطه، VXM آب مجازی متناظر با محصولات وارد شده،  $d_p^c$  مقدار آب مورد نیاز (مترمکعب بر تن) برای تولید محصول P در کشور C و  $M_p^z$  واردات محصول P از مبدأ کشور Z می‌باشد. بنابراین تراز تجارت آب مجازی برای یک کشور می‌تواند به صورت رابطه (۴) تعریف شود (Duarte et al., 2014):

$$VWB(c,t) = VWX(c,t) - VWM(c,t) \quad (4)$$

در نهایت با در نظر گرفتن واردات شکر به ایران از مبادی مختلف، میزان صرفه‌جویی آب با فرض جایگزینی شکر تولیدی از چغندر قند و نیشکر با شکر وارداتی در کشور، و نیز میزان وابستگی ایران به کشورهای مختلف صادرکننده شکر از منظر واردات آب مجازی تعیین گردید. لازم به ذکر است که در این مقاله، آب مجازی تولید شکر، تنها براساس آب مصرفی (نیاز آبی) برای آبیاری چغندر قند و نیشکر در نظر گرفته شد و از آب مورد استفاده در کارخانجات فراوری و سایر مراحل استحصال شکر صرف نظر شد.

برای محاسبه ارزش ریالی هر مترمکعب آب مجازی صادر<sup>۶</sup> و وارد<sup>۷</sup> شده از روابط زیر استفاده می‌شود (Arabi Yazdi et al., 2009):

$$VWE = \frac{TVPE}{TVWE} \quad (5)$$

$$VWI = \frac{TVPI}{TVWI} \quad (6)$$

در این روابط TVPE ارزش کل صادرات محصولات صادراتی منتخب و TVPI ارزش کل واردات محصولات وارداتی منتخب است. TVWE حجم کل آب مجازی صادراتی و TVWI حجم کل آب مجازی وارداتی است.

### ۳-۲- تجزیه و تحلیل مکانی میزان مصرف آب مجازی برای تولید چغندر قند

میزان مصرف آب برای تولید محصولات کشاورزی تحت تأثیر عوامل طبیعی (خاک، اقلیم، دما، بارندگی و غیره) و عوامل فنی (سامانه‌های آبیاری، بذر، کود و غیره) و عوامل مدیریتی (در مراحل کاشت و داشت) منطقه به منطقه و مزرعه به مزرعه متفاوت است. در تحقیق حاضر با ضرب کردن آب مجازی بر حسب متر مکعب بر تن در میزان تولید هر محصول در هر استان بر حسب تن، میزان کل آب مصرف شده بر حسب مترمکعب به دست آمد.

در جدول ۳ مقادیر میانگین سالانه آب مجازی مربوط به محصول چغندر قند، نیشکر و شکر متناظر با آن‌ها آورده شده است. طبق این جدول، بیش‌ترین مقدار میانگین آب مجازی چغندر قند و نیشکر به ترتیب مربوط به سال ۱۳۸۵ و ۱۳۸۷ بود. در سال ۱۳۸۵، مقدار آب مجازی برای محصول چغندر قند برابر ۳۰۴/۱۶ مترمکعب بر تن و برای شکر حاصل از این محصول ۲۶۰۳/۲۵ مترمکعب بر تن بود. در سال ۱۳۸۷، مقدار آب مجازی نیشکر برابر ۵۰۱ مترمکعب بر تن و برای شکر تولید شده از آن ۴۶۰۵ مترمکعب بر تن بود.

**Table 2- The sugar beet virtual water for major cultivating areas and its countrywide average value in 2014**

جدول ۲- محاسبه آب مجازی در مناطق عمده کشت محصول چغندر قند و میانگین آب مجازی چغندر قند در کل کشور در سال ۱۳۹۳

Province	ETc <sup>8</sup> mm/dec	Eff rain <sup>9</sup> mm/dec	Irr. Req <sup>10</sup> mm/dec	Sugar beet yield (kg/ha)	Sugar yield (kg/ha)	Virtual water of sugar beet (m <sup>3</sup> /ton)	Virtual water of sugar (based on sugar beet) (m <sup>3</sup> /ton)	The Area of sugar beet (ha)	Area*Virtu al water (sugar beet)
East Azerbaijan	1381.3	133.2	1248.1	53986.7	6307.8	231.2	1978.7	120	27.7
West Azerbaijan	1040.7	145.3	895.4	60557.8	7075.6	147.9	1265.5	30613	4526.4
Ardebil	796.8	120.5	676.3	53590.9	6261.6	126.2	1080.1	2743	346.2
Esfahan	1113.5	18.9	1094.6	35696	4170.7	306.6	2624.5	1642	503.5
Ilam	1262.8	72.7	1190.1	48470	5663.2	245.5	2101.4	203	49.8
Chaharmahal va Bakhtiari	999.9	44.9	955	38818.5	4535.6	246	2105.6	1314	323.3
Southern Khorasan	1512.3	28.2	1484.1	37102.9	4335.1	400	3423.4	929	371.6
Khorasan Razavi	971.8	66.5	905.3	50260	5872.4	180.1	1541.6	18305	3297.2
Northern Khorasan	924.5	70.5	854	37748.3	4410.5	226.2	1936.3	2239	506.5
Khuzestan	594.7	199.1	395.6	69572.1	8128.8	56.9	486.7	4442	252.6
Zanjan	753.9	66.1	687.8	25000	2921	275.1	2354.7	22	6.1
Semnan	1014.6	30.3	984.3	46260.1	5405	212.8	1821.1	2000	425.6
Fars	985.3	3.7	981.6	49658.8	5802.1	197.7	1691.8	13271	2623.3
Qazvin	970.9	25.3	945.6	41749.2	4878	226.5	1938.5	1973	446.9
Kurdistan	1044.9	52.1	992.8	46137.4	5390.7	215.2	1841.7	945	203.3
Kermanshah	1193.2	44.5	1148.7	49999.9	5842	229.7	1966.3	12500	2871.8
Golestan	869.7	101.1	768.6	34498.6	4030.8	222.8	1906.8	66	14.7
Lorestan	1058.5	61.7	996.8	54168.9	6329.1	184	1574.9	4800	883.3
Markazi	817.6	24.6	793	45938.9	5367.5	172.6	1477.4	544	93.9
Hamedan	964.8	36	928.8	51695.9	6040.1	179.7	1537.7	6366	1143.8
Total								105037	18917.3
The average virtual water of sugar beet in 2014 (cubic meters per ton)									180

**Table 3- The countrywide average virtual water values associated to sugar beet, sugar cane, and sugar\* in 2005-2014**

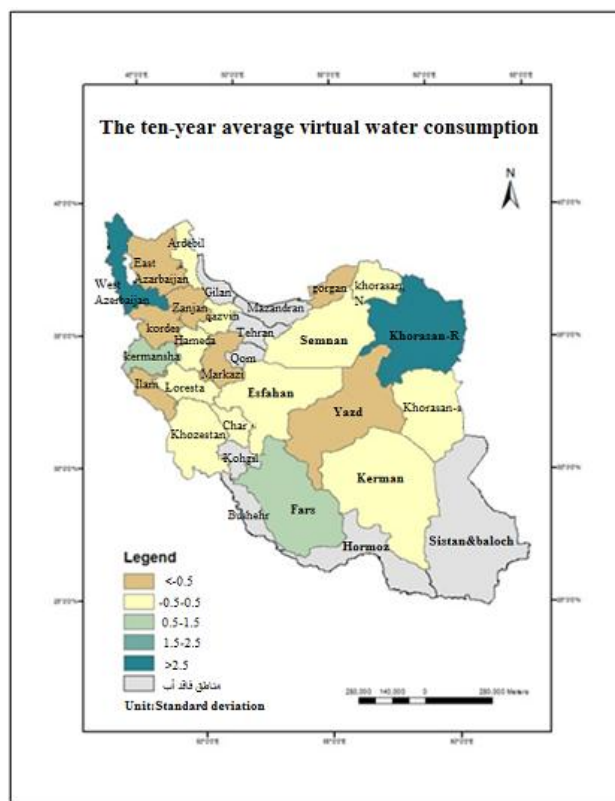
جدول ۳- میانگین آب مجازی چغندر قند، نیشکر و شکر\* حاصل از آن‌ها در طی سال‌های ۹۳-۱۳۸۴ در کل کشور

Year	The average virtual water (m <sup>3</sup> /ton)		The average virtual water (m <sup>3</sup> /ton)	
	Sugar beet	Sugar produced from sugar beet	Sugarcane	Sugar produced from sugarcane
2005	269	2305	304	2794
2006	304	2603	241	2213
2007	280	2402	431	3956
2008	281	2412	501	4605
2009	233	1999	242	2227
2010	242	2074	303	2779
2011	228	1953	368	3383
2012	254	2181	291	2671
2013	208	1781	288	2649
2014	180	1541	235	2157

\* The calculated sugar virtual water does not include the consumed water during the industrial processes

\* در محاسبه آب مجازی محصول شکر آب مورد استفاده در مراحل فرآوری و سایر مراحل تولید در کارخانه در نظر گرفته نشده است.

به عنوان نمونه، برای محصول چغندر قند در طی سال‌های دوره ۹۳-۱۳۸۴ میزان مصرف آب در هر کدام از استان‌ها به دست آمد و در انتها برای هر استان میانگین ده ساله آب مصرفی محاسبه و نتایج آن در محیط GIS سازماندهی شد که در شکل ۳ به نمایش درآمده است.



**Fig. 3- Spatial distribution of mean virtual water of sugar beet in cubic meters of water consumed per ton of root produced (2005-2014)**

شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی میانگین آب مجازی چغندر قند (بازه سال‌های ۹۳-۱۳۸۴) برحسب متر مکعب آب مصرفی به ازای هر تن غده<sup>۱۱</sup>

میانگین کل مصرف آب آبی چغندر قند در کشور در طی دوره ۹۳-۱۳۸۴ برابر ۴۶/۲ میلیون مترمکعب در طی ۱۰ سال بود و همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده، استان‌های خراسان رضوی، آذربایجان غربی و فارس و کرمانشاه به ترتیب با مقدار متوسط سالانه ۲۸/۶، ۲۳/۴ و ۱۱/۴ میلیون مترمکعب آب در ۱۰ سال، بالاترین مصرف آب آبی را در این دوره داشتند. در این شکل استان‌هایی که مصرف آب آن‌ها بیش‌تر از میانگین کل کشور است با رنگ آبی و سبز تیره نشان داده شده‌اند و انحراف معیار ۱/۵ تا ۲/۵ و بیش‌تر از این مقدار را نسبت به میانگین دارند. در دوره مورد مطالعه، استان‌های مزبور و استان‌های غربی، به دلیل شرایط آب و هوایی مساعد، سطح کشت بالاتری داشتند و میزان تولید آن‌ها بیش‌تر از سایر مناطق بود.

### ۳-۳- روند صادرات و واردات شکر و تراز تجارت آب مجازی متناظر با آن

در این پژوهش با استفاده از میزان آب مجازی سالانه برای تولید چغندر قند و نیشکر، مبادله آب مجازی شکر با فرض تولید آن از چغندر قند و نیشکر برای سال‌های مورد بررسی تعیین شد. مبادله یا انتقال آب مجازی شامل واردات<sup>۱۲</sup> و صادرات آب مجازی می‌شود.

در شکل‌های ۴ و ۵، روند واردات و صادرات آب مجازی شکر متناظر با چغندر قند و نیشکر طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳ نشان داده شده است. براساس این شکل، ایران طی سال‌های مورد بررسی از محل مبادلات شکر با سایر کشورهای جهان در مجموع حدود ۳۰/۲۴ میلیارد مترمکعب آب را (براساس آب مجازی تولید چغندر قند در ایران) و حدود ۳۲ میلیارد مترمکعب آب را (براساس آب مجازی تولید نیشکر در ایران) به طور خالص مبادله کرده است. از این مقدار، بر مبنای تولید شکر از چغندر قند، حدود ۲۵/۷۱ میلیارد مترمکعب آب به کشور وارد شده، و حدود ۱/۲۴ میلیارد مترمکعب آب از کشور صادر شده است. در صورتی که مبنای محاسبه آب مجازی شکر مبادله شده را از روی تولید آن از نیشکر فرض کنیم، در دوره مورد بررسی، حدود ۳۴ میلیارد مترمکعب آب مجازی به کشور وارد شده و ۱/۸ میلیارد مترمکعب آب از کشور صادر شده است.

بررسی کل آب مجازی وارداتی و صادراتی برای درک شناخت موازنه جریان آب مجازی یک کشور در یک دوره زمانی، اهمیت فراوانی دارد. موازنه مثبت نشان‌دهنده ورود آب مجازی به کشور و موازنه منفی، بیانگر صدور آب مجازی از کشور خواهد بود. بنابراین در مبادله شکر، ایران در طی این دوره وارد کننده آب مجازی بود.

مطابق شکل ۴ روند واردات آب مجازی متناظر با چغندر قند به کشور از طریق شکر از سال ۱۳۸۵ لغایت ۱۳۸۹ نزولی بود. مقدار صادرات آن در سال ۱۳۸۹ نسبت به میزان واردات افزایش یافت، به طوری که تراز تجارت آب مجازی تنها در این سال منفی شد؛ در طی سال‌های دیگر تراز تجارت آب مجازی مثبت می‌باشد.

مطابق شکل ۵ روند واردات و تراز تجارت آب مجازی شکر استحصال شده از نیشکر از سال ۱۳۸۵ الی ۱۳۸۹ یک سیر نزولی داشت و مشابه شکل ۴ مقدار صادرات شکر حاصل از نیشکر نسبت به میزان واردات افزایش یافت. روند صادرات تا سال ۱۳۸۹ نزولی بود و پس از آن از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ یک روند صعودی پیدا کرد. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، بجز سال ۱۳۸۹، در بقیه سال‌ها تراز تجارت آب مجازی شکر متناظر با نیشکر مثبت می‌باشد.

### ۴-۳- بررسی جنبه اقتصادی تجارت آب مجازی

به منظور بررسی جنبه اقتصادی مبادله آب مجازی شکر توسط ایران با سایر کشورها، در این پژوهش، در طی هر یک از سال‌های دوره ۹۳-۱۳۸۴، نسبت میزان درآمد حاصل از صادرات شکر به محتوای آب مجازی آن با نسبت میزان هزینه ناشی از وارد کردن شکر به محتوای آب مجازی این محصول (متناظر با استحصال آن از دو محصول چغندر قند و نیشکر) برآورد شده و با یکدیگر مقایسه شده است. این محاسبات در جدول ۴ نشان داده شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول ۴ در طی سال‌های ۱۳۸۴ الی ۱۳۸۷ ارزش آب مجازی وارداتی این محصول متناظر با هر دو محصول چغندر قند و نیشکر بیشتر از ارزش آب مجازی صادراتی آن بود. به عبارت دیگر با توجه به ارزش بیشتر آب وارداتی، صادرات آب مجازی در آن سال‌ها از نظر اقتصادی توجیهی نداشت و جا داشت که تولیدات شکر به جای صادرات صرف مصرف داخلی می‌شد. ولی در سال‌های ۸۸، ۸۹ و ۹۳ ارزش آب مجازی صادراتی بیشتر از ارزش آب مجازی وارداتی می‌شود.

در مجموع در طی این دوره ارزش آب مجازی شکر وارداتی بر مبنای نیشکر (به غیر از سال ۱۳۸۵) ارزانتر از ارزش آب مجازی شکر وارداتی بر مبنای چغندر قند می‌باشد، بنابراین به صرفه‌تر خواهد بود که شکر وارداتی را جایگزین شکر متناظر با چغندر قند برای مصرف داخلی کنیم و در مقابل سهم بیشتری از شکر تولیدی از محصول چغندر قند را به صادرات تخصیص دهیم.



### ۳-۵- شاخص ردپای آب و جداول حسابداری ردپای آب

ردپای آب شاخصی است برای نشان دادن حجمی از آب که به طور مستقیم یا غیر مستقیم برای تولید کالا و یا ارائه هرگونه خدمات به مصرف می‌رسد. این عدد شامل مجموع آب مصرف شده در طی فرآیندهای زنجیره تولید یک محصول خواهد بود. آب مجازی، تنها مفهومی بود که بیان کننده محتوای آب (عمدتاً محصولات کشاورزی) بوده و ابعادی از قبیل زمان و مکان و نحوه مصرف این آب را شامل نمی‌شود، اما ردپای آب مفهومی مشابه ولی گسترده‌تر از آب مجازی دارد. این مفهوم ابعاد مکانی و زمانی را به مفهوم آب مجازی می‌افزاید، بنابراین ارتباطی میان فرموله کردن سیاستگذاری‌ها و ارزیابی اثرات آن به حساب می‌آید. در واقع مفهوم ردپای آب در مقیاس یک محصول

همان مفهوم آب مجازی را تداعی می‌کند؛ اما در مقیاس‌های بزرگتر، از مفهوم ردپای آب به عنوان ابزاری برای محاسبه آب استفاده شده در فرایند تولید محصول استفاده می‌کنند.

همچنین مقدار این شاخص در مقیاس فردی<sup>۱۳</sup> یا اجتماعی<sup>۱۴</sup> برابر با کل مقدار آبی است که آن فرد به طور مستقیم یا غیر مستقیم و از طریق مصارف گوناگون صرف می‌کند. لازم به ذکر است که این شاخص در حالت اول به صورت مترمکعب برای هر واحد از محصول و در حالت دوم به صورت مترمکعب در سال به ازای فرد یا اجتماع مورد نظر بیان و ارائه می‌شود.

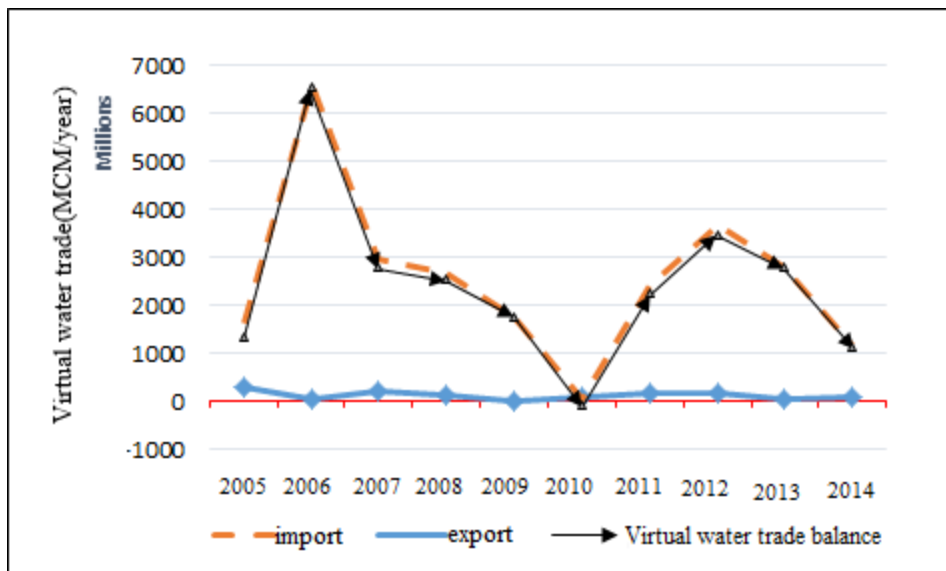


Fig. 4- The trend of export and import of sugar virtual water (corresponding to sugar beet) during 2005-2014

شکل ۴- روند صادرات-واردات آب مجازی شکر متناظر با چغندر قند در طی دوره ۹۳-۱۳۸۴

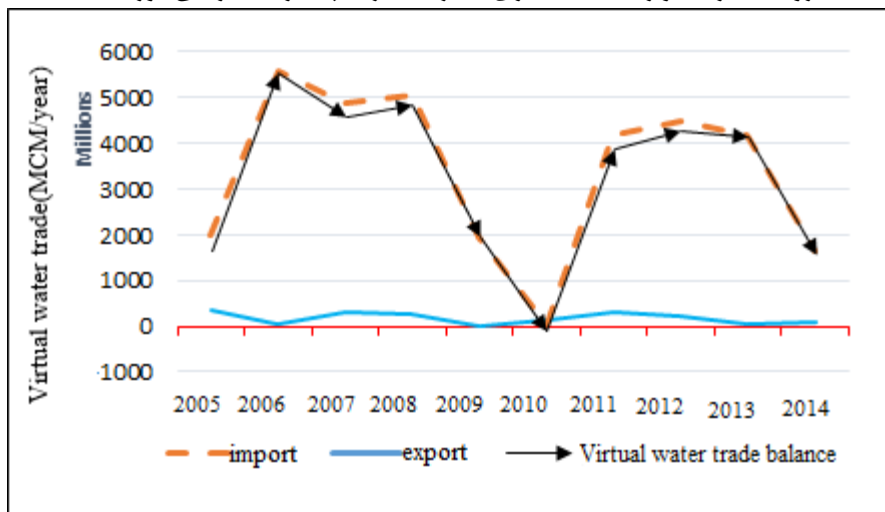


Fig. 5- The trend of export and import of sugar virtual water (corresponding to sugarcane) during 2005-2014

شکل ۵- روند صادرات-واردات و تراز تجارت آب مجازی شکر متناظر با نیشکر در طی دوره ۹۳-۱۳۸۴

**Table 4- The exported and imported sugar virtual water income/cost during the period of 2005 - 2014**

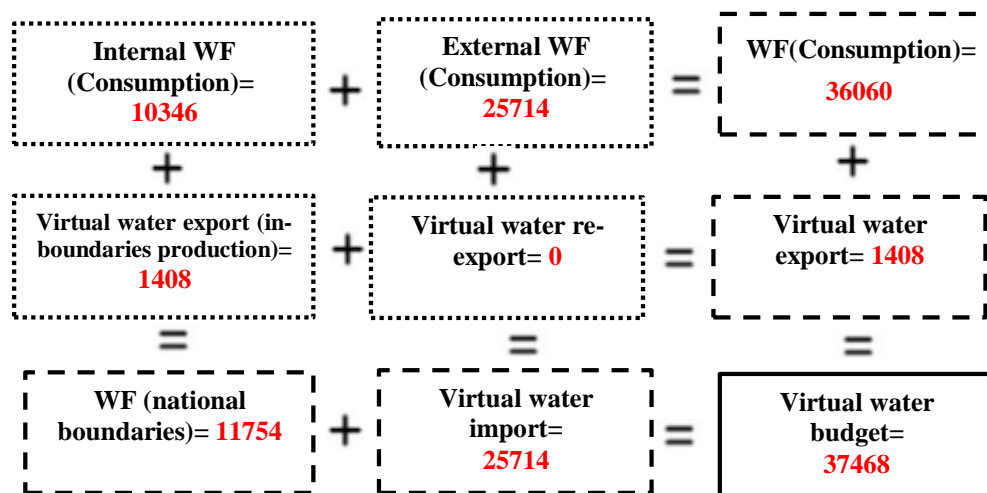
جدول ۴- محاسبه درآمد/هزینه آب مجازی صادراتی و وارداتی محصول شکر حاصل از چغندر قند و نیشکر طی دوره ۹۳-۱۳۸۴

year	The total amount of sugar virtual water (corresponding to sugar beet) (1000 m <sup>3</sup> per year)		The total amount of sugar virtual water (corresponding to sugarcane) (1000 m <sup>3</sup> per year)		Total income/cost (1000\$/year)		Income/cost of sugar virtual water (corresponding to sugar beet) (\$/m <sup>3</sup> )		Income/cost of sugar virtual water (corresponding to Sugarcane) (\$/m <sup>3</sup> )	
	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import
2005	291856	1633295	353142	1976267	6957	198357	0.02	0.12	0.02	0.10
2006	39231	6576470	33304	5583010	1156	1017562	0.03	0.15	0.03	0.18
2007	194374	2970074	319575	4883164	6293	428867	0.03	0.14	0.02	0.09
2008	135482	2658661	258354	5069869	4092	325032	0.03	0.12	0.02	0.06
2009	5554	1762558	6166	1956787	1855	326664	0.33	0.19	0.30	0.17
2010	102733	36006	137167	48074	31149	5698	0.30	0.16	0.23	0.12
2011	171754	2410226	297183	4170377	47092	755905	0.27	0.31	0.16	0.18
2012	358681	3667409	439031	4488964	78529	1072414	0.22	0.29	0.18	0.24
2013	35675	2812972	52859	4167982	6189	832188	0.17	0.30	0.12	0.20
2014	73180	1186666	102071	1655168	38768	352294	0.53	0.30	0.38	0.21

پژوهش، با توجه به ارزش کمتر صادرات آب مجازی نیشکر، بهتر است شکر وارداتی جایگزین شکر تولیدی از چغندر قند برای مصارف داخلی شود و در مقابل سهم بیشتری از شکر تولیدی از چغندر قند به صادرات اختصاص یابد. در شکل‌های ۶ و ۷، جدول حسابداری ردپای آب مجموع دوره ۱۰ ساله ۹۳-۱۳۸۴ شکر متناظر با تولید چغندر قند و نیشکر در ایران محاسبه شده و نشان داده شده است.

بررسی جداول حسابداری ردپای آب شکر تولیدی از این دو محصول نشان می‌دهد که با توجه به میزان صادرات و واردات آب مجازی در مجموع طی این دوره، از طریق مبادله شکر حاصل از چغندر قند ۳۷۴۶۸ میلیون مترمکعب و برای شکر حاصل از نیشکر ۵۲۴۵۶ میلیون

مصارف غیر مستقیم آب، شامل حجم آب است که برای تولید یک محصول یا ارائه خدمات برای مصارف یک فرد یا اجتماع، به مصرف می‌رسد. ردپای آب برای یک فعالیت تجاری و یا اقتصادی نیز شامل آبی است که به طور مستقیم در فرآیند تولید آن مورد استفاده قرار می‌گیرد، بعلاوه آبی که به طور غیر مستقیم و در طول زنجیره تأمین مواد اولیه مورد نیاز آن به مصرف می‌رسد. جمع‌بندی نتایج به دست آمده، در اشکال ۶ و ۷ در قالب جداول حسابداری ردپای آب برای مجموع دوره ۱۰ ساله ۹۳-۱۳۸۴ تولید و مبادلات شکر در ایران بر اساس تولید آن از محصولات چغندر قند و نیشکر محاسبه شده است. براساس این جداول، ردپای آب مصرفی شکر استحصال شده از نیشکر بیشتر از چغندر قند می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از این



**Fig. 6- The sugar water footprint accounting (corresponding to sugar beet) in Iran (2005-2014)**  
 شکل ۶- جدول حسابداری ردپای آب مجموع دوره ۱۰ ساله ۹۳-۱۳۸۴ شکر متناظر با تولید چغندر قند در ایران

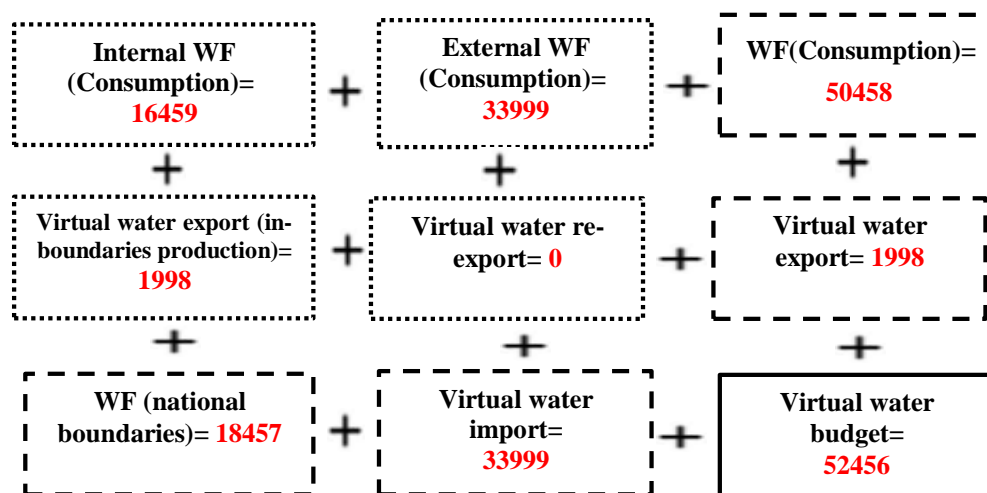


Fig. 7- The sugar water footprint accounting (corresponding to sugarcane) in Iran (2005-2014)  
شکل ۷- جدول حسابداری ردپای آب مجازی در مجموع دوره ۱۰ ساله ۹۳-۱۳۸۴ کالای شکر متناظر با تولید نیشکر در ایران

### ۳-۵- بررسی میزان وابستگی ایران از نظر آب مجازی شکر به سایر کشورهای جهان

توسل به واردات آب مجازی به عنوان یک سیاست جبران کننده کمبود آب در کشور از یک سو می تواند به تقویت بیلان آب کشور کمک کند. اما از سویی دیگر می تواند بالقوه تبعات دیگری داشته باشد. در این بخش، میزان وابستگی ایران به سایر کشورها از منظر آب مجازی متناظر با شکر (براساس تولید آن از چغندر قند در ایران) مورد بررسی قرار می گیرد. براساس نتایج به دست آمده از این پژوهش، بیشترین مقدار واردات آب مجازی شکر در دوره مورد بررسی، به سهم آن از کشور امارات متحده عربی<sup>۱۵</sup> تعلق دارد که ۴۲/۴٪ از کل واردات این محصول را تشکیل می دهد. کشورهای برزیل، سوئیس، انگلستان، هند، آفریقای جنوبی و استرالیا در مرتبه های بعدی صادرات آب مجازی متناظر با شکر به کشور ایران قرار دارند که سهم آن ها از کل میزان واردات شکر در دوره مورد مطالعه به ترتیب برابر ۱۹/۷٪، ۱۹/۶٪، ۸٪، ۳٪، ۲/۳٪ و ۲/۲٪ می باشد.

در چندین سال اخیر، مطالعات متعدد در سراسر جهان نشان داده است که تغییرات اقلیمی احتمالاً تأثیر قابل توجهی در دسترسی کشورها به منابع آب شیرین خواهد گذاشت. تقاضا برای آب به دلیل افزایش جمعیت، گسترش کشاورزی، صنعتی سازی سریع، شهرنشینی و توسعه اقتصادی به شدت افزایش یافته است. در برنامه ریزی برای واردات از کشورهای فوق باید به ریسک آن کشورها در تولید شکر در آینده ناشی از مخاطرات تغییر اقلیم توجه داشت.

مترمکعب مبادله آب مجازی صورت گرفته است، که از این مقدار ۱۰۳۴۶ میلیون مترمکعب آب در داخل کشور صرف تولید محصول چغندر قند شده و ۱۴۰۸ میلیون مترمکعب آب به کشورهای دیگر صادر شده و در کل ۱۱۷۵۴ میلیون مترمکعب آب در داخل کشور به مصرف رسیده است که با مجموع واردات آب مجازی چغندر قند در طی این دوره ۳۷۴۶۸ میلیون مترمکعب آب مجازی از طریق کالای شکر حاصل از چغندر قند به مصرف رسیده است. با توجه به جداول حسابداری ردپای آب و محاسبات صورت گرفته در بخش تجارت آب مجازی، مشخص شد که در محاسبات مربوط به بخش تراز تجارت آب مجازی در این جداول، برخلاف معادلات مربوط به تجارت آب مجازی، ردپای آب مصرفی در داخل کشور نیز لحاظ می شود.

با توجه به مقادیر شکل ۷ و ردپای آب مصرفی و تعادل آب مجازی نیشکر ۱۸۴۵۷ میلیون مترمکعب صرف مصارف داخلی شده که با واردات آب مجازی این محصول تعادل آب مجازی در طی این دوره برای شکر تولید شده از نیشکر بسیار بیشتر از چغندر قند محاسبه شده است و کل مصارف آب در طی این دوره برای شکر تولید شده از نیشکر معادل ۵۲۴۵۶ میلیون مترمکعب می باشد. این بدان معناست که اگر در طی این دوره شکر از محصول چغندر قند تولید می شد ۱۴۹۸۸ میلیون مترمکعب در مصارف آب داخل کشور صرفه جویی به عمل می آمد. بنابراین ردپای آب داخلی تولید چغندر قند در ایران کمتر از نیشکر بوده و بهتر است در داخل کشور سهم شکر تولیدی از چغندر قند افزایش یابد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

و کاهش ضایعات کالای شکر از مرحله تولید تا مصرف و بهره‌گیری از تکنولوژی‌های نوین در بالا بردن بهره‌وری تولید محصولات که خود باعث کاهش ردپای آب کشور است. بنابراین، مبادله آگاهانه آب مجازی به عنوان یک تدبیر اساسی در مدیریت منابع آب همراه با اصلاحات منطقی در ساختار کشاورزی، توجه به امنیت بلند مدت غذایی و مصرف پایدار آب در ایران را تأمین خواهد کرد.

#### پی‌نوشت‌ها

1- Embedded Water

2- Virtual Water

3- Water Footprint

۴- محصول نیشکر تنها در استان خوزستان کشت می‌شود، لذا تهیه نقشه پهنه‌بندی برای این محصول منطقی نبوده و در این پژوهش تنها نقشه پهنه‌بندی چغندر قند تهیه شد.

۵- آمار و اطلاعات سایت انجمن صنفی کارخانه‌های قندوشکر ایران: [www.isfs.ir](http://www.isfs.ir)

6- Virtual Water Export

7- Virtual Water Import

۸- مجموع تبخیر و تعرق در طی کل دوره کاشت تا برداشت بر حسب میلی‌متر در ۱۰ روز

۹- مجموع بارش مؤثر (آب تأمین شده از باران) در طی کل دوره از کاشت تا برداشت بر حسب میلی‌متر در ۱۰ روز

۱۰- مجموع آب آبیاری مورد نیاز در طی کل دوره کاشت تا برداشت بر حسب میلی‌متر در ۱۰ روز

۱۱- منظور محصول اصلی است که از مزرعه به دست آمده و هنوز فراوری نشده است (در این پژوهش در مورد چغندر قند، غده و نیشکر، نی برداشت شده معیار بوده است).

۱۲- به منظور محاسبه حجم آب مجازی وارداتی، فرض شده است که مقدار آب مجازی که در داخل کشور برای تولید این محصولات محاسبه شده، در کشورهای مبدأ نیز به همان مقدار باشد.

13- Individual Water Footprint

14- National Water Footprint

۱۵- از آنجا که کشور مزبور تولید کننده محصولات کشاورزی نیست، احتمال می‌رود که کالای قند و شکر از سایر کشورها به این منطقه صادر شده و سپس وارد ایران شده است.

#### ۵- مراجع

Aldaya M, Martinez-Santos P, and Llamas M R (2009) Incorporating the water footprint and virtual water into policy: Reflections from the Mancha occidental region, Spain. *Water Resources Management* 24:941-958

در این پژوهش به محاسبه میزان آب مجازی برای تولید و تجارت شکر تولید شده از چغندر قند، نیشکر در یک دوره ده‌ساله ۱۳۸۴-۱۳۹۳ پرداخته شد. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که کشور ایران در رابطه با تجارت آب مجازی محصول شکر (حاصل از چغندر قند و نیشکر)، بیشتر از صادرات مجازی آب به واردات مجازی آب متکی است. با عنایت به آب مصرفی ویژه تولید این محصولات و تبدیل آن به شکر در سطح کشور، به طور میانگین حجم آب مجازی وارداتی ایران در طی بازه زمانی ده ساله ۹۳-۱۳۸۴ بیش از ۱۵ برابر حجم آب مجازی صادراتی برای شکر تولید شده از این دو محصول بود. به طور کلی می‌توان اظهار داشت که روند واردات آب مجازی کشور در طول این ده سال بجز سال ۱۳۸۹ افزایشی بود.

تحلیل اقتصادی صادرات و واردات آب مجازی کشور نشانگر آن است که بیشترین محصول صادر شده مربوط به سال ۱۳۸۹ می‌باشد و دلیل آن مربوط به افزایش قیمت صادرات کالای شکر نسبت به سالهای ماقبل آن می‌باشد. در سال‌های بعدی با وجود بالا بودن قیمت صادرات نسبت به واردات این محصول، روند واردات تا سال ۹۳ به شدت افزایش یافته و صادرات کاهش می‌یابد. بدیهی است که وقوع خشکسالی روند تولید و صادرات محصولات چغندر قند و نیشکر و به تبع آن صادرات آب مجازی را تحت تأثیر قرار داد.

هرچند در دوره مورد بررسی کشور به عنوان واردکننده آب مجازی تلقی می‌شود، اما به نظر می‌رسد این روند تحت تأثیر مدیریت منابع آب نیست، بلکه به واسطه الزامات حاکم بر عرضه و تقاضا برای محصولات کشاورزی است. به بیان دیگر، واردات آب مجازی در ایران در طی دهه گذشته تقریباً نا آگاهانه صورت گرفته است. با وجود اینکه سهم واردات آب مجازی کشور در طی این ۱۰ سال بسیار بیش‌تر از صادرات آن بود و با واردات، حدود ۲۵ میلیارد مترمکعب در منابع آب داخلی صرفه‌جویی شد (ولی عملاً معادل این مقدار در بخش‌های دیگر به مصرف رسید)، علاوه بر این، ارزش آب مجازی صادراتی ایران تنها در طی دوره بسیار کوتاهی (۱۳۹۰-۱۳۸۸) از بازه ۱۰ ساله ۹۳-۱۳۸۴ بیشتر از میزان ارزش آب مجازی وارداتی آن بود. اما انتظار می‌رود با روند رو به افزایش کم‌آبی در ایران، آب مجازی از دو جنبه‌ی اقتصادی و تأمین امنیت غذایی، به عنوان معیار در سیاستگذاری‌های مربوط به واردات و صادرات مواد غذایی مورد توجه قرار گیرد. بهبود الگوی مصرف غذایی از مهمترین عوامل مؤثر در کاهش ردپای آب مصرفی در داخل کشور به شمار می‌رود. کنترل صادرات و واردات روی قیمت و از جهت فراوانی در مصرف کالا مؤثر است. تغییر در الگوی کشت،

- IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands
- Hoekstra A Y and Hung P Q (2005) Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environmental Change* 05:25-59
- IWMI (International Water Management Institute) (2006) Water for food, water for life. From the Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Stockholm World Water Week
- Kingwell R (2006) Climate change in Australia: agricultural impacts and adaptation. *Australian Agribusiness Review* 14(1)
- Kusangaya S, Warburton M L, Van Garderen E A and Jewitt G P (2014) Impacts of climate change on water resources in southern Africa: A review. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 67, 47-54
- Mall R K, Bhatla R, and Pandey S N (2007) Water resources in India and impact of climate change. *Jalvigyan Sameeksha* 22:157-176
- Marengo J A (2008) Água e mudanças climáticas. *Estudos Avançados* 22(63)
- Najafpur Z (2013) A look at the sugar market in Iran during the period of 2001-2012. *Economic Journal* 13(11, 12):131-142
- Antonelli M and Sartori M (2015) Unfolding the potential of the virtual water concept. What is still under debate?. *Environmental Science & Policy* 50:240-251
- Arabi Yazdi A, Alizadeh A, Nirizi Saeed (2009) Study of food security based on the concept of virtual water trade and ecological water foot print (Case study: Khorasan Razavi Province). *Journal of Agricultural Ecology* 1(1):1-12
- Arnell N W, Halliday S J, Battarbee R W, Skeffington R A, and Wade A J (2015). The implications of climate change for the water environment in England. *Progress in Physical Geography* 39(1):93-120
- Blanc P and Schädler B (2014) Water in Switzerland-an overview. *Swiss Hydrological Commission Rep.*
- Duarte R, Pinilla V, and Serrano A (2014) The effect of globalisation on water consumption: A case study of the Spanish virtual water trade, 0821-0125. *Ecological Economics* 011:19-015
- Fallahi M, Sheikholeslami R, and Bagherzadeh M B (2008) Sugar beet technology. *Samble Publishing*, 692 pages
- Hoekstra A Y and Hung P Q (2002) Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Value of Water Research Report Series No. 11, UNESCO-*