

Research Paper

Study of Virtual Water of Important Agricultural Products in Golestan province

Hourie
Ghasemi¹,

Mohammad
Omolbani
Mohammadrezapour^{2*},

Mohammadreza
Jargeh³

parisa
Kahkhmoghadasm⁴

¹ MS.c Student of Department of Water Engineering, Faculty of Water & soil Eng., University of Zabol, Iran.

^{1- 2} Associated Professor of Water Engineering, Department of Water Engineering, Faculty of Soil and Water, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (corresponding author)

³ MSc in Water Resources Engineering

⁴ Assistant Professor of Water Engineering, Department of Water Engineering, Faculty of Soil and Water, University of Zabol.



10.22125/IWE.2024.328091.1599

Received:
December 20, 2023

Accepted:
April 3, 2024

Available online:
June 29, 2024

Keywords: Virtual water, Agricultural products, Trade, Golestan province

Abstract

Given the scarcity of water and the contamination of water resources in most countries of the world and Iran, and considering that the largest consumer of water in Iran is the agricultural sector, water resources management is of particular importance in this area. The purpose of this research is to optimize crop cultivation and maximize green water use and conservation of water resources in Golestan province in north of Iran, using virtual water trade approach. The purpose of this research is to investigate the virtual water values of 22 products in 7 categories including Cereals, Industrial products, Beans, Vegetable, Cucurbits, Feed plants and Rice for the 13 major county of Golestan province for the period of 2008-2016. Also, the priority of cultivating agricultural products has been ranked based on its virtual water values. The results showed, the largest cultivated area of crops in Golestan province is related to the cultivation of cereals, amounting to 425,925 hectares. The lowest amount of virtual water in different cities of the province was related to vegetables and cucurbits products. Also, the results showed that the export and import of agricultural products are currently not done properly and Golestan province, despite facing the problem of water shortage, exports 396 million cubic meters of virtual water per year on average, most of which is the result of it is one of the exports of cereals and rice products. The ranking of the cultivation pattern of agricultural products from the point of view of virtual water also showed that in this province, cucurbits and vegetables are the first priority for cultivation in all cities, and crops such as cereals and rice are the last priority for cultivation.

* **Corresponding Author:** Omolbani Mohammadrezapour

Address: Department of Water Engineering, Faculty of Soil and Water, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

Email: Mohammadrezapour@gau.ac.ir
Tel: Click or tap here to enter text.

1. Introduction

Iran is facing a risk of water shortage in the coming years due to its location in arid and semi-arid climates as well as the growing growth of water consumption. Therefore, to deal with it, we must be more sensitive to the types of water consumption. Since about 90% of Iran's water resources are consumed in the agricultural sector, so the agricultural sector is a major consumer of water resources in this country. Therefore, irrigation plays a vital role in Iranian agriculture and food production. Due to the limited water resources available in the agricultural sector, water is considered as an economical and scarce commodity that water consumption planning should be done with the same attitude. The purpose of this study is to investigate the spatial amounts of virtual water of 22 products in seven major agricultural products in 13 major cities of Golestan province and to study its virtual water flow for an average of 9 years from 2008 to 2016.

Introduction, Introduction, Introduction,

Introduction, Introduction, Introduction

2. Materials and Methods

The data of this research requirement were collected in the period 2007-2015. In this research, virtual water of 13 big cities of Golestan province including cities: Bandar-turkmen, Aq Qala, Gorgan, Gonbad kavous, Aliabad, Gomishan, Maraveh- tappeh, Kordkoy, Azadshahr, Bandar-Gaz, Ramian Kalaleh and Minoodasht-Galikesht. In this study, the cultivated area of Minoodasht and Galikesht cities was considered as Minoodasht. The crop water demand (CWD) blue virtual water (BVW), green virtual water (GVW), and total virtual water (TVW) of 21 agricultural products were calculated in 7 categories including Cereals, Industrial products, Beans, Vegetable, Cucurbits, Feed plants and Rice for the 13 major county of Golestan province for the period of 2008-2016. The required information and data have been collected from the provincial meteorological organization, which includes monthly information on minimum temperature, maximum temperature, average rainfall, wind speed, sunshine hours and relative humidity. The data required to calculate the virtual water of agricultural products, including the area under cultivation (hectare), crop yield (rainfed or irrigated) kg / ha, production area (tons) and crops grown in the year in question from the Jihad Agriculture Organization and Regional waters of the province have been collected.

3. Results

In this section, first, the average water demand of agricultural products for each city is shown. The water requirement of agricultural products that are in seven classes for selected cities in the period of 2006 to 2015 with an average of 9 years, in this study has been calculated using Crop-watt software. According to the results, it has been determined that rice has the highest water requirement among the products. Also, the highest amount of it in Maraveh - tappeh with the amount of 638.36 cubic meters per hectare and then the cities of Kalaleh, Gonbad, Aq Qala and Gomishan have a high water requirement. And cities in the southern half of the province such as Aliabad, Gorgan and Kordkoy have lower water requirements. Also, legumes and Vegetable have the lowest water requirement among cultivated crops. The highest area of rice cultivation is in Aliabad and the lowest is in Bandar - turkmen, Gomishan and Maraveh Tappeh. The highest area under cereals cultivation is seen in Gonbad and Aq Qala and the lowest in Gomishan and Bandar-Turkmen. Gorgan also had the highest area under cultivation of vegetables and Gomishan, Bandar--turkmen and Maraveh -tappeh had the lowest area under cultivation of this crop. The highest area under Feed plants is found in Minoodasht and the lowest in Gomishan and Maraveh -tappeh. Aliabad and Gorgan also have the highest area under cultivation of industrial crops and Azadshahr, Ramyan, Gomishan and Bandar-turkmen have the lowest area under cultivation of this crop. Cereals in Aliabad and Azadshahr have the highest area under cultivation of this crop and

Gomishan, Maraveh Tappeh, Ramyan, Minoodasht and Bandar-turkmen have the lowest area under cultivation. Cucurbits have the highest area under cultivation in Maraveh-tappeh and the lowest area under cultivation in Ramyan, Bandar-gaz, Aq Qala, Mobnoodasht and Kordkoy. The largest amount of virtual water is first related to the rice and then to cereals, industrial products, beans, feed plants, vegetables and cucurbits, respectively.

4. Discussion and Conclusion

The purpose of this research is to investigate the amount of virtual water of important agricultural products of Golestan province in order to determine the priority of cultivation of these products from the point of view of virtual water in different cities of Golestan province, including Bandar _ urkman, Agh Qola, Gorgan, Gonbad Kavos, Aliabad, Gamishan, Maraveh -tepe, Kordkoi, Azadshahr, Bandar-gaz, Ramian, Kalaleh and Minodasht-Galiksh. The studied products are divided into seven categories. The results of this research showed that rice has the highest amount of virtual water with the amount of virtual water of 1740 cubic meters per ton in Aliabad and Gorgan to 2840 cubic meters per ton in Marawah -tepe. Also, cereals are in the second place in terms of the amount of virtual water (970 in Aliabad and Ramyan to 2170 in Marawah -tepe). Also, the largest cultivated area of crops in Golestan province is related to the cultivation of cereals, amounting to 425,925 hectares. The lowest amount of virtual water in different cities of the province was related to vegetables and cucurbits products. Also, the results showed that the export and import of agricultural products are currently not done properly and Golestan province, despite facing the problem of water shortage, exports 396 million cubic meters of virtual water per year on average, most of which is the result of it is one of the exports of cereals and rice products. The ranking of the cultivation pattern of agricultural products from the point of view of virtual water also showed that in this province, cucurbits and vegetables are the first priority for cultivation in all cities, and crops such as cereals and rice are the last priority for cultivation.

5. Six important references

- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M .1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy
- Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. 2007. The water footprints of Morocco and the Netherlands: global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. *Ecological Economics*, 64(1): pp. 143–151.
- 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. IEIE. Delft, the Netherlands.
- Hoekstra,A.Y and Hung,P.Q. 2005. Globalization of water resources: International virtual water flows in Relation to crop trade. *Global Environmental Change*15.1: 45-56.
- Karandish, F., Salari, S. and Darzi-Naftchali, A. 2016. Application of virtual water trade to evaluate cropping pattern in arid regions. *Water Resources Management*, 29: 4061-4074.
- Mekonnen, M.M., and Gerbens-Leenes, W., 2020. The water footprint of global food production. *Water* 12(10): 2696.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to university of Zabol.



بررسی مکانی آب مجازی محصولات مهم کشاورزی در استان گلستان

حوریه محمدقاسمی^۱، ام البنی محمدرضا پور^{۲*}، محمد رضا جرگه^۳، پریسا کهخامقدم^۴

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۹/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۵

مقاله پژوهشی

چکیده

هدف از انجام این تحقیق بررسی مکانی مقادیر آب مجازی ۲۲ محصول در هفت دسته از محصولات عمده کشاورزی در ۱۳ شهرستان بزرگ استان گلستان و بررسی جریان آب مجازی آن به صورت میانگین ۹ ساله از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۴ می باشد. همچنین اولویت کشت محصولات کشاورزی بر اساس مقادیر آب مجازی آن نیز رتبه بندی شد. بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که آب مجازی محصولات مختلف در شهرهای استان با توجه به اقلیم و عملکرد آن متفاوت است. نتایج این تحقیق نشان داد که شلتوک با مقدار آب مجازی ۱۷۴۰ متر مکعب بر تن در علی آباد و گرگان تا ۲۸۴۰ متر مکعب بر تن درمراره تپه دارای بیشترین مقادیر آب مجازی است. همچنین غلات با میانگین آب مجازی ۱۵۰۰ متر مکعب بر تن نیز از مقادیر آب مجازی بالایی برخوردار است و محصولات جالیزی و سبزیجات با میانگین آب مجازی ۱۰۰ و ۳۵۰ متر مکعب بر تن دارای کمترین مقادیر آب مجازی هستند. همچنین نتایج نشان دادند که صادرات و واردات محصولات کشاورزی در حال حاضر به درستی صورت نمی گیرد و استان گلستان با اینکه با مشکل کمبود آب مواجه است، بطور میانگین ۳۹۶ میلیون متر مکعب در سال صادر کننده آب مجازی می باشد که بیشترین مقدار آن حاصل از صادرات محصولات غلات و شلتوک می باشد. رتبه بندی الگوی کشت محصولات کشاورزی از دیدگاه آب مجازی نیز نشان داد که در این استان محصولات جالیزی و سبزیجات در همه شهرها در اولویت اول کشت و محصولاتی مانند غلات و شلتوک در رتبه آخر اولویت کشت قرار می گیرند.

واژه‌های کلیدی: آب مجازی، محصولات کشاورزی، تجارت، استان گلستان

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه زابل hurie.ghasemi67@gmail.com

^۲ دانشیار گروه مهندسی آب - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان - دانشگاه زابل: mohammadrezapour@uoz.ac.ir

^۳ کارشناسی ارشد مهندسی آب دانشگاه زابل mohammad.reza.jargeh@gmail.com

^۴ مربی گروه مهندسی آب دانشگاه زابل keykhamoghadam.parisa@gmail.com

مقدمه

در سرتاسر جهان منابع آب شیرین طی دهه گذشته به دلیل افزایش جمعیت و فعالیتهای اقتصادی و در نتیجه آن ها افزایش در تخصیص آب کمیاب تر شده اند (postel, 1996). ایران به دلیل واقع شدن در اقلیم خشک و نیمه خشک و همچنین رشد روزافزون مصارف آب، در سالهای آتی با خطر بروز کم آبی مواجه می باشد. لذا برای مقابله با آن می بایست نسبت به انواع مصرف آب با حساسیت بیشتری برخورد شود. با توجه به وضعیت نامناسب مکانی و زمانی بارش های آسمانی در سالهای اخیر، اراضی فاریاب در حدود ۸۹٪ از کل تولیدات کشاورزی و اراضی دیم تنها ۱۱٪ از تولید محصولات کشاورزی را به خود اختصاص داده است. از آنجا که حدود ۹۰٪ منابع آبی ایران در بخش کشاورزی مصرف می شود، لذا بخش کشاورزی به عنوان مصرف کننده عمده منابع آبی این کشور مطرح است. بنابراین آبیاری در کشاورزی ایران و تولید غذا نقش حیاتی دارد. با توجه به اینکه منابع آب قابل استفاده در بخش کشاورزی محدود هستند، آب به عنوان کالای اقتصادی و کمیاب مطرح بوده که برنامه ریزی برای مصرف آب نیز باید با همین نگرش انجام گیرد (Hokstra and huang, 2005). با افزایش کمیابی آب در ایران مفهوم آب مجازی به یک موضوع مهم در مطالعات مدیریت منابع آب تبدیل شده است. آبی که در فرایند تولید کالاها یا خدمات به کار می رود آب مجازی نامیده می شود که بخشی از آب در محصول نگه داشته شده است (Allen et al, 1998). وقتی کالاها به بازارهای جهانی وارد می شوند، تجارت آب مجازی اتفاق افتاده است. انتظار می رود که تجارت آب مجازی مصرف آب را در سطح ملی و بین المللی به دلیل استفاده کاراتر و تخصصی تر از آب کاهش دهد که می تواند برای کشورهای کم آب جذاب باشد (Hoekstra, A.Y and Hung, P.Q. 2002). محمدی و تعالی مقدم در سال ۱۳۹۰ در تحقیقی، آب مجازی برای شش محصول (گندم، سیب زمینی، گوجه، پرتقال، برنج، سیب) در ایران را محاسبه و نتایج با محصولات مشابه در ۱۲ کشور دیگر مقایسه شده است. نتایج تحقیق پیشنهاد می کند محصولات با نیاز آبی پایین تر جایگزین محصولات با نیاز آبی بالا در مناطق کم آب کشور گردد. عربی یزدی و

همکاران (۱۳۹۳) شاخص ردپای آب و امنیت آبی استان خراسان جنوبی را از طریق مبادله ی محصولات کشاورزی و تجارت مجازی آب ۱۳۹۱-۱۳۸۷ مطالعه کردند. نتیجه تحقیقات آنها این بود که در سالهای ۱۳۸۷، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ صادرکننده آب مجازی و در سالهای ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ واردکننده آب مجازی بوده اند. آزادی و سلیمانی (۱۳۹۵) محصولات کشاورزی دشت دهلران را بر مبنای ارزش آب مجازی مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که ارزش اقتصادی آب مجازی برای کنجد بیشترین مقدار را داشته و ماش و کلزا به ترتیب در رتبه دوم و سوم قرار می گیرند. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه بهتر است محصولاتی همچون کنجد، ماش، کلزا و گندم که یک محصول استراتژیک است تولید و محصولاتی که از نظر اقتصاد آب توجیه ندارند، از دایره تولید خارج شوند. اصلمند و برهانی (۱۳۹۶) در این تحقیق به این موضوع می پردازند که با توجه به کمبود آب و کنترل و مدیریت منابع آبی کشورها می توانند با مدیریت آب مجازی از کاشت محصولاتی که آب زیادی مصرف می کنند کم کرده و میزان آب ورودی و خروجی از کشور خود را با توجه به تعریف آب مجازی کنترل کنند. مکنون و همکاران (۲۰۱۰) به این موضوع اشاره کردند که رشد روزافزون جمعیت و نیاز بشر به غذا، پژوهشگران را بر آن داشت که در کنار بررسی تجارت جهانی بر جریان آب مجازی، به مصرف آب مجازی محصولات کلیدی مانند گندم در سطح جهان پرداختند. Zhang et al, (2011) اثر تجارت آب مجازی را بر منابع آب چین بررسی کردند. نتیجه نشان داد که چین صادرکننده آب مجازی بوده و منطقه دچار بحران، درصد بیشتری از صادرات آب مجازی نسبت به منابع آبی را دارا می باشد. Zgang et al, (2014) روش آبرسانی آب مجازی را برای صرفه جویی در مصرف آب کشاورزی و شناسایی محصولاتی که باید به عنوان واردات و نه تولید تأمین کردند بکار بردند. مقادیر آب مجازی، آب سبز و آب آبی برای پنج محصول اصلی با استفاده از روش شناسی برای سه منطقه شرق، میانه و غرب استان گانسو چین در یک دوره ۹ ساله محاسبه گردید. نتایج نشان داد که الگوی بهینه کشت در هیچ کدام از سه منطقه وجود ندارد. کشت گندم و سویا باید در هر سه منطقه کاهش یابد و کشت



محصولات در ایران مقایسه کردند و با استفاده از الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی مصرف و تجارت آب مجازی را با توجه به تقاضا، وضعیت کشاورزی، هزینه‌های تولید و شرایط محیطی انجام دادند. نتایج نشان داد واردات سویا ۳۲ درصد افزایش و صادرات محصول پسته ۱۰ درصد باید افزایش یابد که منجر به کاهش مصرف ۴۱۵۰ میلیون مترمکعب در هرسال خواهد شد. استان گلستان در مقایسه با سایر استان‌های شمالی مانند گیلان و مازندران از میانگین آبی کمتری در هکتار برخوردار می‌باشد در نتیجه موضوع بررسی آب مجازی محصولات مختلف و جریان تجارت آب مجازی در آن قابل بررسی بوده، تا با نگرش جدید به الگوی کشت شهرهای استان با توجه به اقلیم‌های متفاوت آنها، بخشی از تولیدات به سمت محصولات آبی با آب مجازی کمتر سوق داده شود تا بتوان به ذخیره منابع آب آبی پرداخت.

مواد و روشها

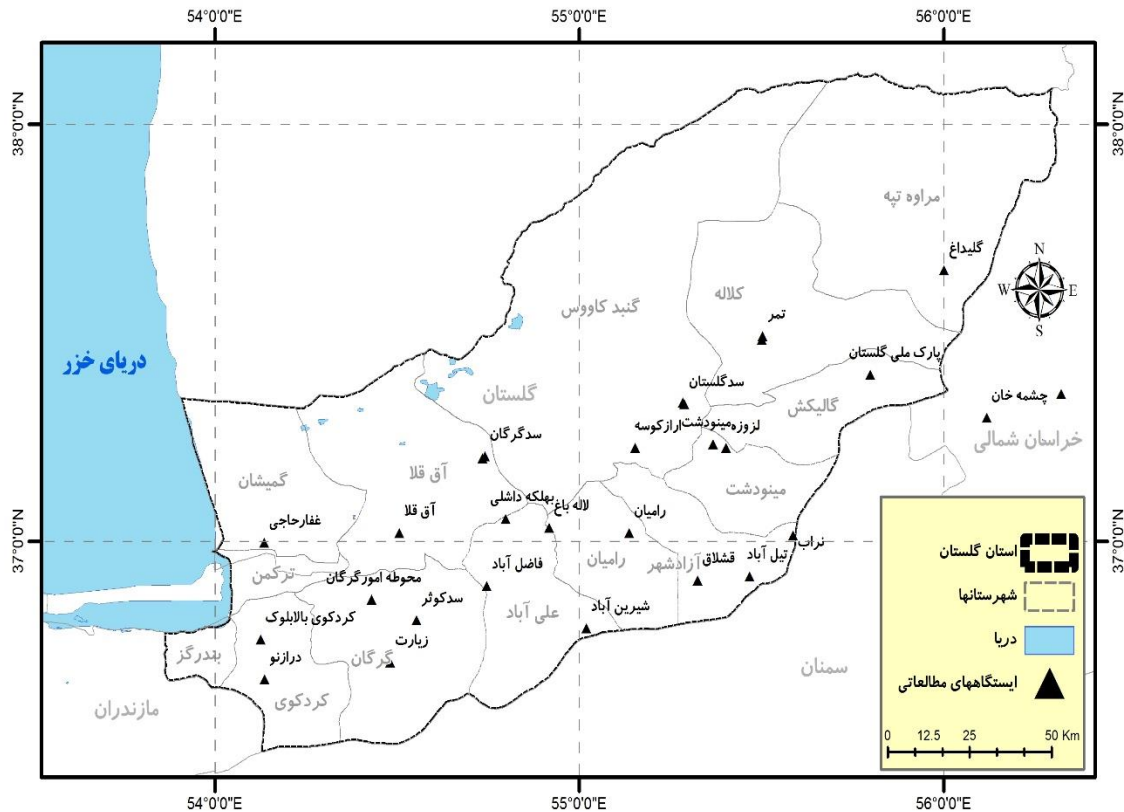
معرفی منطقه مورد مطالعه:

استان گلستان با مساحتی بالغ بر ۲۰۳۷۸ کیلومتر-مربع در جنوب شرقی دریای خزر قرار دارد و در حدود ۱/۳ درصد از مساحت کل کشور را شامل می‌شود. این استان بین ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی واقع شده است. استان گلستان بر اساس موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی دارای اقلیم‌های متفاوت بوده و تحت تاثیر عوامل مختلف آب و هوایی قرار گرفته است. به همین علت ریزش‌های جوی در مناطق مختلف استان متفاوت می‌باشد. در این استان اقلیم نیمه خشک در نوار مرزی و حوزه آبریز اترک تا معتدل و نیمه مرطوب در مناطق جنوبی و غربی متغیر است (مساعدی، ۱۳۸۶). متوسط بارندگی سالیانه در استان گلستان، حدود ۴۵۰ میلی متر می‌باشد که ۷۰ درصد آن در فصول غیر زراعی (مهر تا فروردین ماه) اتفاق می‌افتد. میزان بارندگی سالیانه در مناطق جنوب و جنوب غربی استان حدود ۷۰۰ میلی متر و در نواحی شمال و نوار مرزی حدود ۲۰۰ میلی متر می‌باشد. میانگین سالانه درجه حرارت روزانه از ۷ درجه سانتی گراد در ارتفاعات ۲۰۰۰ متری و تا ۱۹ درجه سانتیگراد در

پنبه و ذرت در مناطق غرب و میانه افزایش یابد و سیب‌زمینی می‌تواند به صورت عمده در سراسر استان کشت شود. (Su et al, (2014) به طبقه بندی آب مجازی محصولات به آب آبی و سبز پرداخته و توسعه یک مدل بهینه سازی چند هدفه برای منابع آب کشاورزی در حوضه رودخانه شیانگ برای رسیدن به تخصیص معقول از منابع آب اعمال کردند. و جستجو برای یک تابع کمکی و الگو الگوریتم برای حل معادلات مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد. (Karandish et al, (2016) به بررسی و ارزیابی مکانی و زمانی تغییرات آب مجازی در استان سیستان و بلوچستان در طی سالهای ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰ پرداختند بدین منظور از داده های ۱۲ ساله هواشناسی، عملکرد محصول، سطح زیر کشت و شیوه آبیاری استفاده و میانگین واردات و صادرات آب مجازی استان بدست آمد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که شهرستان های زاهدان و زهک به ترتیب بزرگترین واردکننده و صادرکننده آب مجازی استان هستند. (Ababaei and Etedali, (2016) به مطالعه و ارزیابی ردپای آب در بخش غلات (جو، ذرت و گندم) در ایران به‌عنوان کشوری نیمه‌خشک و خشک در بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۲ پرداختند. در این تحقیق میزان آب مجازی به تفکیک آب خاکستری، آب آبی، آب سفید و آب سبز برای تمام استان‌های کشور محاسبه شده است. محققین این مطالعه به حداکثر رساندن استفاده از آب سبز را که از منابع اصلی آب با توجه به مفهوم ردپای آب است را پیشنهاد کردند. (Mohammadrezapour et al, (2017) بابکارگیری الگوریتم بهینه‌سازی فاخته که ساختار ساده‌ای دارد و همچنین استفاده از الگوریتم ژنتیک تحت یک تابع هدف در دشت قزوین و باهدف بهینه‌سازی درآمد، سطح زیر کشت و مدیریت آب آبیاری به این نتیجه رسیدند که در چهار شرایط آب و هوایی گرم و خشک، خشک، نرمال و مرطوب به ترتیب ۶۵۵۹۱۸، ۲۷۵۷۸۹، ۲۸۶۵۳۷۸ و ۲۶۴۷۴۵۳ مترمکعب آب پشت مخزن ذخیره خواهد شد و نتایج الگوریتم بهینه‌سازی فاخته نسبت به الگوریتم ژنتیک مطمئن تر و قابل اعتمادتر است. (Karimi Pashaki et al, (2017) برخی از محصولات کشاورزی استراتژیک که به کشور واردات و صادرات دارند را انتخاب کرده و مقدار آب مجازی محصولات که به کشور وارد می‌شوند را با تولید این

همکاران، ۱۳۸۶). در شکل (۱) محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است.

منطقه گنبد متغیر است. متوسط تبخیر از ۸۰۰ میلی متر در نواحی جنوبی و ارتفاعات استان تا ۲۰۰۰ میلی متر در نواحی مرزی در شمال استان متغیر می باشد (مساعدی و



شکل (۱) منطقه مورد مطالعه (استان گلستان)

بارش، سرعت باد، ساعات آفتابی و رطوبت نسبی می باشد. داده های مورد نیاز برای محاسبه آب مجازی محصولات کشاورزی نیز که شامل سطح زیر کشت (هکتار)، عملکرد محصول (دیم یا آبی) (کیلوگرم بر هکتار، سطح تولید (تن) و محصولاتی که در سال مورد نظر کشت شده اند از سازمان جهاد کشاورزی و آب منطقه ای استان جمع آوری شده اند.

روش تحقیق

محاسبه دقیق آب مجازی محصولات کشاورزی، کالا-های صنعتی و حتی خدمات، با توجه به نوع و زمان تولید، می تواند ساده تا بسیار پیچیده باشد. چنانچه فرایند تولید و عرضه به بازار طولانی باشد، و یا اینکه محصول نهایی از ترکیب چندین جزء کوچکتر به دست آید، در آن صورت محاسبه دقیق آب مجازی به مراتب سخت تر خواهد شد.

جمع آوری داده ها: داده های این مورد نیاز تحقیق در بازه زمانی ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۴ جمع آوری شد. در این تحقیق آب مجازی ۱۳ شهر بزرگ استان گلستان شامل شهرهای بندر ترکمن، آق قلا، گرگان، گنبد کاووس، علی آباد، گمیشان، مراوه تپه، کردکوی، ازادشهر، بندرگز، رامیان، کلالة و مینودشت- گالیکش. در این تحقیق مساحت زیرکشت شهرهای مینودشت و گالیکش با هم به اسم مینودشت در نظر گرفته شد. محصولات کشاورزی مورد بررسی در هفت گروه غلات، حبوبات، سبزیجات، محصولات جالیزی، نباتات علوفه ای، محصولات صنعتی و شلتوک تقسیم بندی شده اند. برای برآورد نیاز آبی که با نرم افزار کراپ وات محاسبه می شود، اطلاعات و داده های مورد نیاز از سازمان هواشناسی استان جمع آوری شده است که شامل اطلاعات ماهانه حداقل دما، دمای حداکثر، میانگین



که در رابطه ۲، $VWFC$ مقادیر جریان آب مجازی بر حسب متر مکعب بر سال که حاصل از تجارت محصول C می باشد، C_{tc} مقدار تجارت محصولات بر حسب کیلوگرم بر سال و VWC نیز مقادیر محتوای آب مجازی محصولات تجاری بر حسب متر مکعب بر کیلوگرم می باشد.

نتایج:

میانگین نیاز آبی محصولات کشاورزی

در این بخش ابتدا مقادیر میانگین نیاز آبی محصولات کشاورزی برای هر شهر نشان داده شده است. نیاز آبی محصولات کشاورزی که در هفت کلاس قراردارند برای شهرهای انتخابی در بازه زمانی ۸۶ تا ۹۴ به صورت میانگین ۹ ساله، در این تحقیق با استفاده از نرم افزار کراپ وات محاسبه شده است. که نتایج آن در شکل (۲) نشان داده شده است.

البته به طور معمول محاسبه آب مجازی تولیدات غیر ترکیبی، به ویژه محصولات کشاورزی نسبت به سایر تولیدات ساده تر است. برای محاسبه آب مجازی محصولات کشاورزی ابتدا نیاز آبی آنها محاسبه می گردد. نیاز آبی محصولات مورد بررسی در نرم افزار کراپ وات محاسبه شد. محصولات مورد بررسی در این پژوهش که در هفت گروه قرار دارند عبارتند از: گروه غلات (گندم، جو، ذرت)، محصولات صنعتی (پنبه، سویا، کلزا، چغندر قند)، حبوبات (نخود، لوبیا، عدس)، سبزیجات (گوجه، پیاز، سیب زمینی)، محصولات جالیزی (خربزه، هندوانه، خیار)، نباتات علوفهای (یونجه، شبدر، ذرت علوفه ای) و شلتوک.

محاسبه محتوای آب مجازی : به منظور محاسبه میزان آب مجازی ($Virtual\ water\ content, VWC$) در فرایند تولید محصولات زراعی عمده محصولات، از رابطه ۱ استفاده شد (هوکسترا و هانگ ۲۰۰۵)

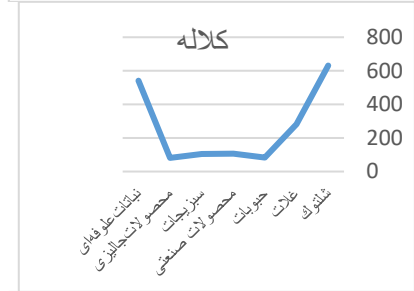
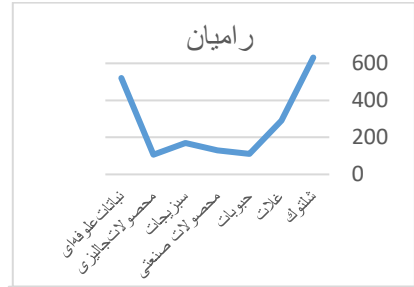
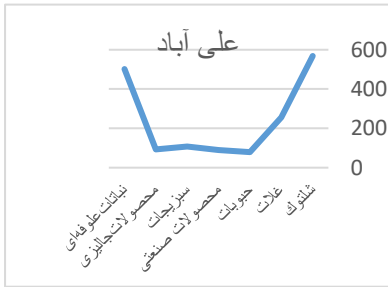
$$VWC_{cj} = \frac{CWR_{cj}}{Y_{cj}} \quad (1)$$

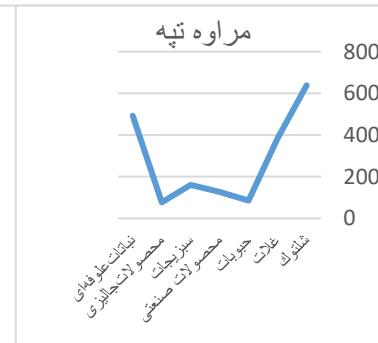
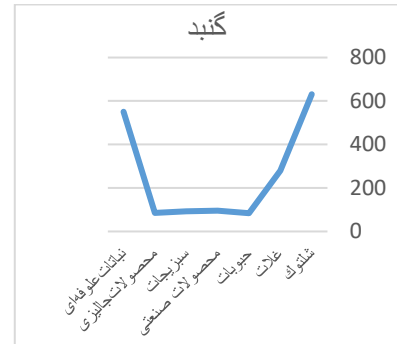
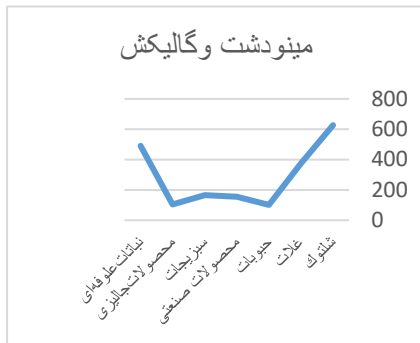
که VWC_{cj} میزان آب مجازی محصول C در سال j ($m^3\ ton^{-1}$) و $Y_{c,j}$ متوسط عملکرد محصول C در سال j ($ton\ ha^{-1}$)

محاسبه جریان تجارت آب مجازی: مقادیر جریان واقعی آب بین مناطق از حاصل ضرب مقادیر تجارت کالاها در مقادیر محتوای آب مجازی محصولات تجاری بدست می آید (هوکسترا و چاهاگین ۲۰۰۷) (رابطه ۲)

$$VWF_c = C_{tc} \times VWC \quad (2)$$







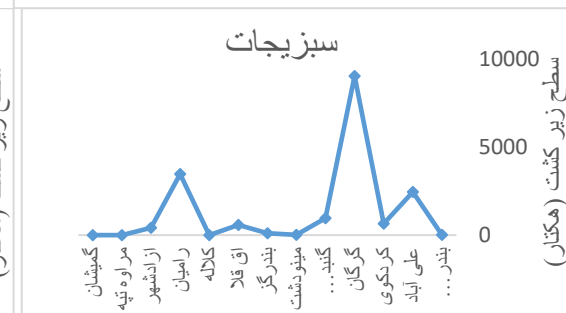
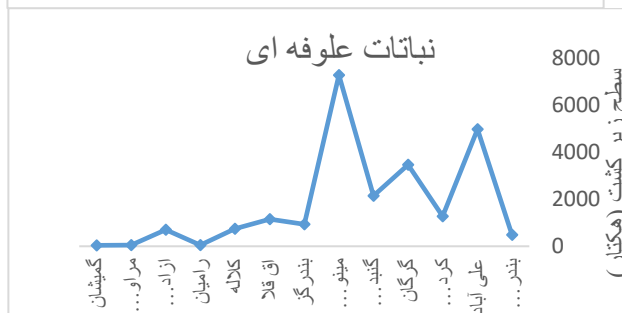
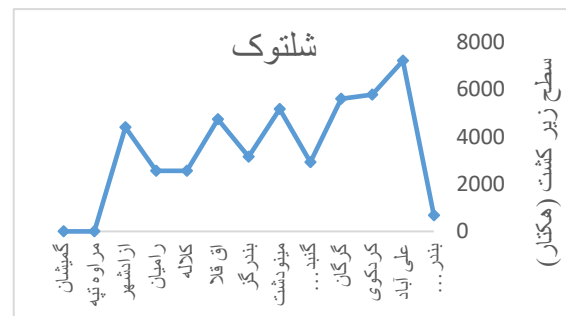
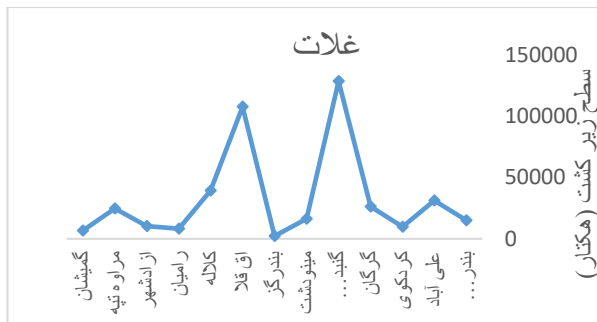
شکل (۲): میانگین نیاز آبی محصولات کشاورزی در شهرهای مختلف استان گلستان (متر مکعب بر هکتار)

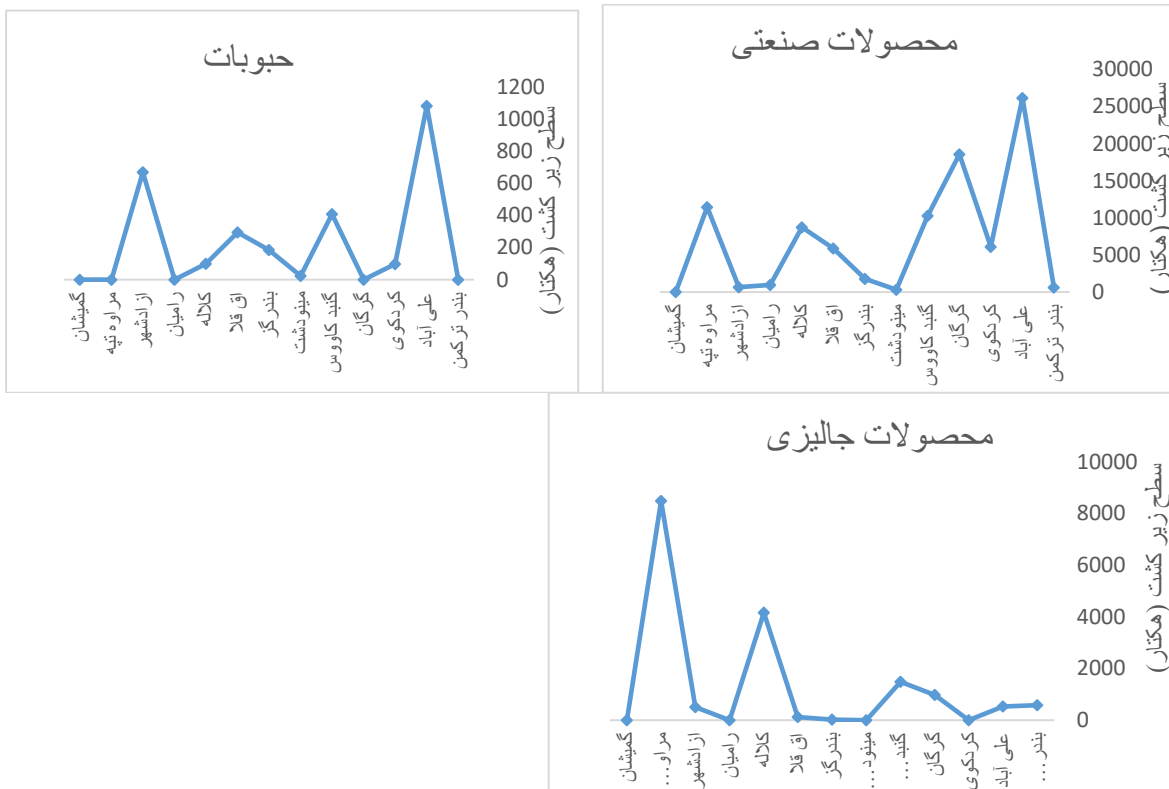
محصولات جالیزی کمترین نیاز آبی را در بین محصولات کشت شده دارا می باشند.

سطح زیر کشت محصولات کشاورزی

در شکل (۳) میانگین ۹ ساله سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در همه شهرهای مورد بررسی نشان داده شده است.

با توجه به شکل (۲) مشخص است که شلتوک در بین محصولات از بیشترین نیاز آبی برخوردار است. همچنین بیشترین مقدار آن در مراوه تپه با مقدار ۶۳۸/۳۶ متر مکعب بر هکتار و سپس شهرهای کلالة، گنبد، اق قلا و کمیشان نیز از نیاز آبی بالایی برخوردارند. و شهرهای نیمه جنوبی استان مانند علی آباد، گرگان و کردکوی نیاز آبی شلتوک از مقدار پایین تری برخوردار است. همچنین حبوبات و





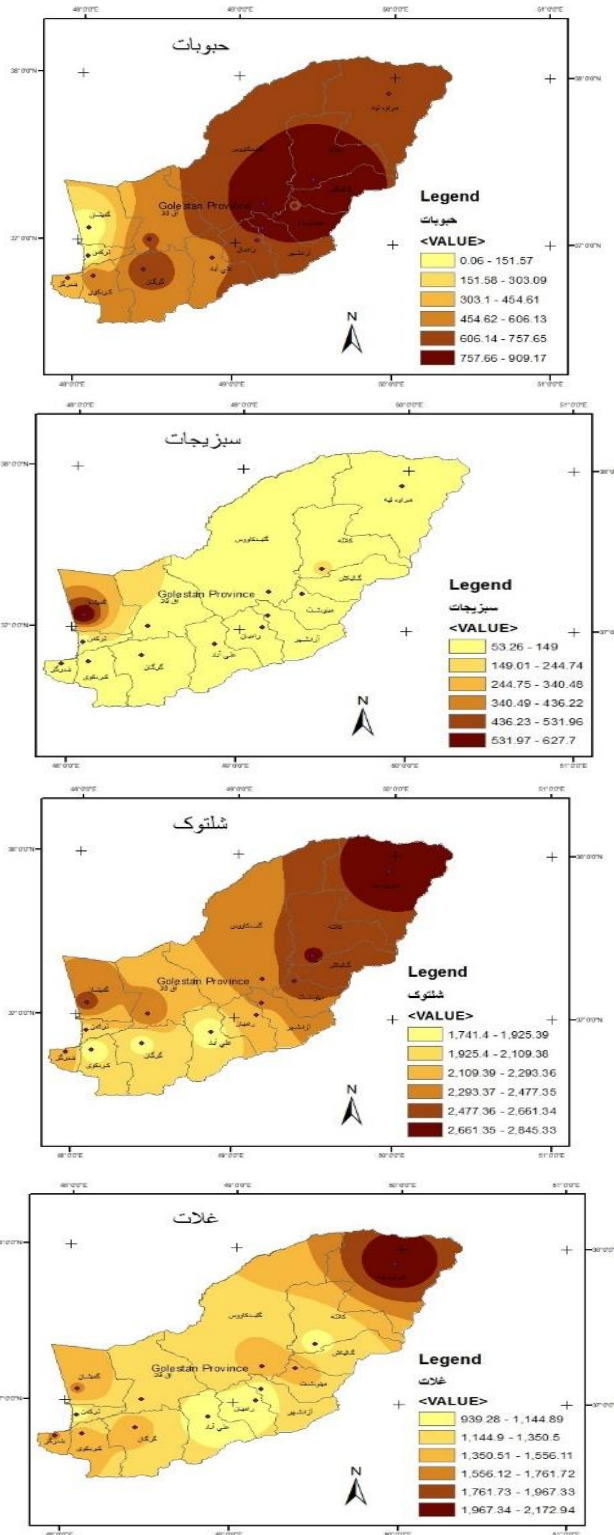
شکل (۳): میانگین سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در شهرهای مختلف استان گلستان

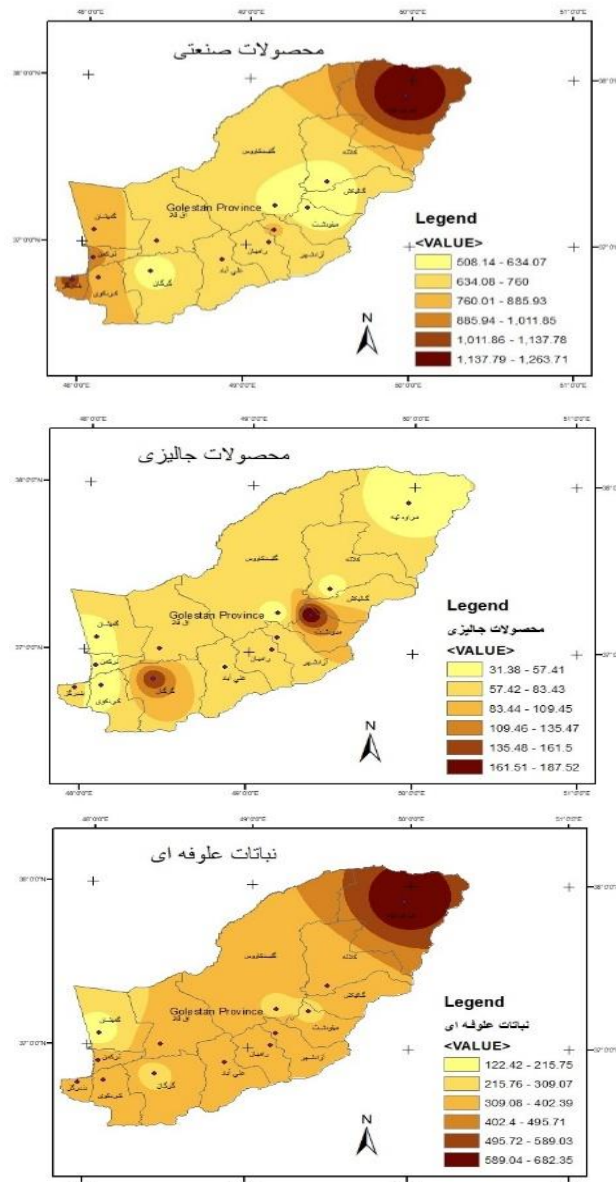
تپه، رامیان، مینودشت و بندر ترکمن کمترین سطح زیر کشت را دارا می‌باشند. محصولات جالیزی در مراوه تپه بیشترین سطح زیر کشت و در رامیان، بندرگز، آق قلا، مینودشت و کردکوی کمترین سطح زیر کشت را دارا می‌باشد.

آب مجازی محصولات کشاورزی

با توجه به این موضوع که آب یک منبع با ارزش و کمیاب است، آب مجازی می‌تواند یک عامل مهم برای اولویت بندی مکانی محصولات مختلف باشد. محصولاتی که دارای آب مجازی بیش از ۱۰۰۰ مترمکعب برتن باشند جزء گیاهان پرمصرف محسوب می‌شوند. در شکل (۴) همگنبندی میانگین ۹ ساله از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۴ آب مجازی محصولات کشاورزی نشان داده شده است.

با توجه به شکل (۳) دیده می‌شود که بیشترین سطح زیر کشت شلتوک در علی آباد و کمترین آن در بندر ترکمن، گمیشان و مراوه تپه می‌باشد. بیشترین سطح زیر کشت غلات در گنبد و آق قلا و کمترین آن در گمیشان و بندر ترکمن دیده می‌شود. همچنین گرگان دارای بیشترین سطح زیر کشت سبزیجات و گمیشان، بندر ترکمن و مراوه تپه کمترین سطح زیر کشت این محصول را به خود اختصاص دادند. بیشترین سطح زیر کشت نباتات علوفه‌ای در مینودشت و کمترین آن در گمیشان و مراوه تپه دیده می‌شود. علی آباد و گرگان نیز بیشترین سطح زیر کشت محصولات صنعتی را دارا می‌باشند و آزادشهر، رامیان، گمیشان و بندر ترکمن کمترین مساحت زیر کشت این محصول را دارا می‌باشند. حبوبات در علی آباد و آزادشهر بیشترین سطح زیر کشت این محصول و گمیشان، مراوه





شکل (۴): میانگین آب مجازی محصولات کشاورزی استان گلستان (متر مکعب بر تن)

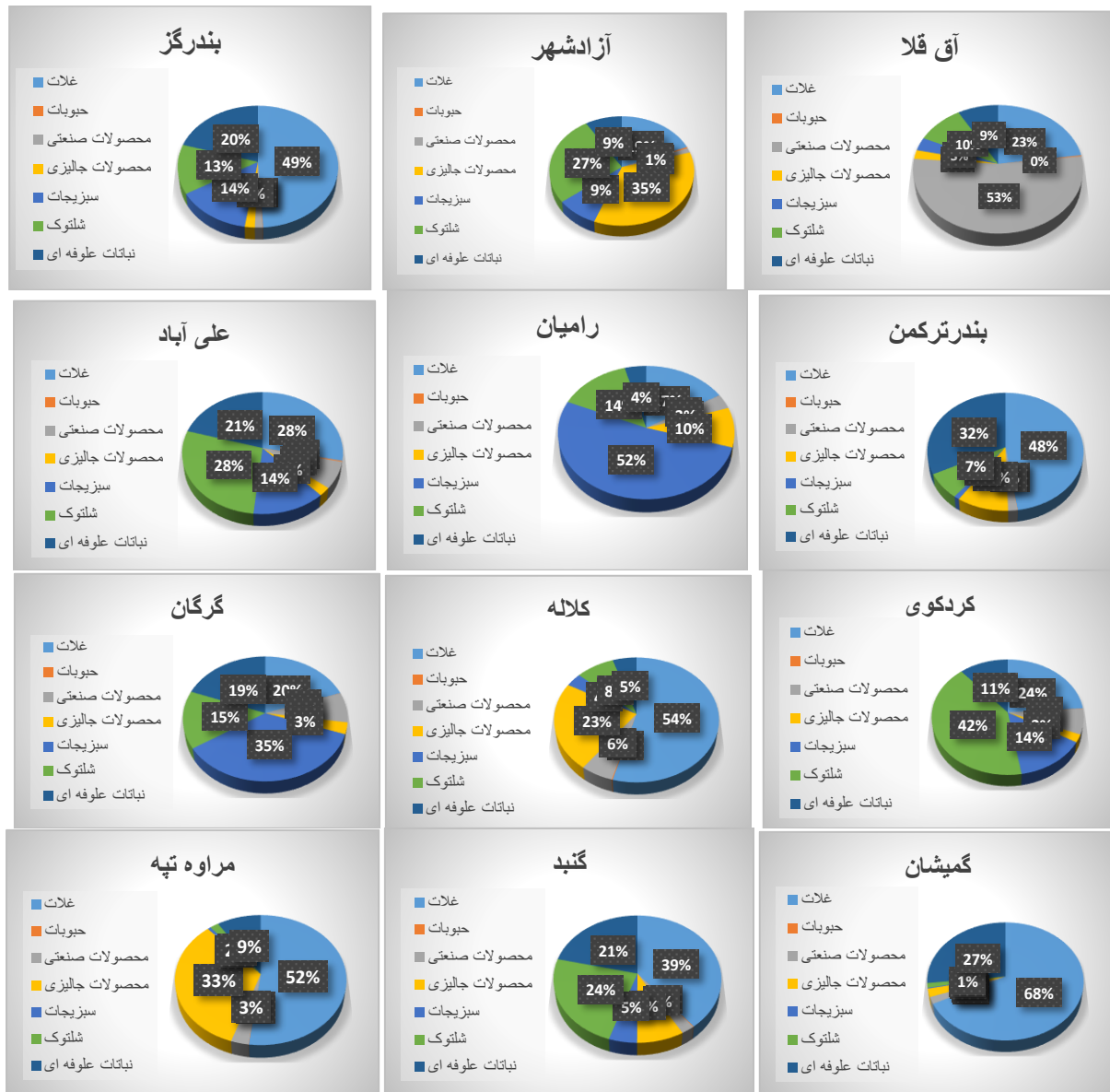
کمترین مقدار (حدوداً ۹۰۰ تن بر متر مکعب) می‌باشد. حبوبات در بندر ترکمن و گمیشان کمترین آب مجازی (در حدود ۱۰۰ متر مکعب بر تن) و در کلاله، مینودشت، ازادشهر و رامیان بیشترین مقدار آب مجازی (در حدود ۸۰۰ متر مکعب بر تن) را دارند. محصولات جالیزی در همه جای استان تقریباً از آب مجازی پایینی برخوردارند ولی در مینودشت بیشترین مقدار را دارند. نباتات علوفه‌ای در مراوه تپه دارای بالاترین آب مجازی هستند (در حدود ۶۰۰ متر مکعب بر تن) و در گمیشان، گرگان، مینودشت و گنبد دارای کمترین آب مجازی (در حدود ۱۵۰ متر مکعب بر تن) هستند. محصولات صنعتی در مراوه تپه دارای

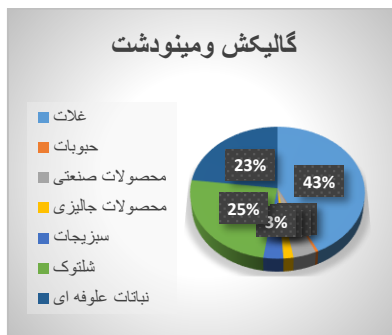
بیشترین مقدار آب مجازی ابتدا مربوط به محصول شلتوک و سپس به ترتیب غلات، محصولات صنعتی، حبوبات، نباتات علوفه‌ای، سبزیجات و محصولات جالیزی می‌باشد. همچنین با توجه به شکل (۴) دیده می‌شود که مقدار آب مجازی هر محصول در شهرهای استان گلستان بدلیل تفاوت نیاز آبی و بهره‌وری آنها متفاوت است. بطور مثال آب مجازی شلتوک در شهرهای گرگان، کردکوی و علی‌آباد دارای کمترین مقدار و مراوه تپه دارای بیشترین مقدار می‌باشد. با بررسی شکل (۴) مشخص است که آب مجازی غلات در مراوه تپه بیشترین مقدار (حدوداً ۲۰۰۰ متر مکعب بر تن) و در علی‌آباد، رامیان و کلاله دارای

بالاترین آب مجازی (در حدود ۱۰۰۰ متر مکعب بر تن) هستند و در گرگان، گنبد، کلالة و مینودشت دارای کمترین مقدار آب مجازی (در حدود ۵۰۰ متر مکعب بر تن) می- باشند. همانطور که از شکل (۴) دیده می‌شود آب مجازی هر محصول در شهرهای مختلف استان دارای مقادیر متفاوت می باشد. که این مساله می‌تواند به تعیین الگوی کشت درست هر شهر کمک نماید.

میانگن تولید محصولات کشاورزی

در شکل (۵) میانگین درصد تولید محصولات مختلف کشاورزی از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۴ در شهرهای استان نشان داده شده است.





شکل (۵): میانگین درصد تولید محصولات کشاورزی در شهرهای مختلف استان گلستان

جریان تجارت آب مجازی

در جدول (۱) میانگین صادرات و واردات محصولات کشاورزی از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۴ نشان داده شده است

همانطور که از شکل (۵) مشخص است در بیشتر شهرهای استان به جز اق قلا، آزادشهر، کردکوی، گرگان و رامیان بیشترین مقدار تولیدات مربوط به غلات می باشد. در اق قلا بیشترین مقدار تولیدات محصولات کشاورزی مربوط به محصولات صنعتی، کردکوی: شلتوک، گرگان و رامیان: سبزیجات و آزادشهر: محصولات جالیزی بوده است.

جدول (۱) میانگین صادرات و واردات محصولات کشاورزی از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۴

شلتوک	نیقات علوفه ای	محصولات جالیزی	سبزیجات	حبوبات	محصولات صنعتی	غلات	حجم خالص آب مبادلاتی
بندر ترکمن	-۱۰۰۸	-۵۰۴۲	۰۱۵	-۱۰۳۵	۰۰۰	۱۴۰۱۴	-۸۰۸۰
علی آباد	۵۶۰۹۶	۵۰۰۶۷	۰۰۴۴	۱۰۵۵	۰۰۲۳	۳۳۰۷۳	۱۶۱۰۵۷
کردکوی	۴۵۰۸۱	-۲۰۲۸	-۰۰۲۲	۰۰۴۲	-۰۰۱۳	۳۰۵۱	۴۱۰۴۴
گرگان	۲۰۰۶۳	۸۰۵۵	-۳۰۲۶	۴۰۵۱	-۳۰۲۳	-۱۳۲۰۰۸	-۱۲۸۰۹۳
گنبد کاووس	-۴۰۴۸	-۱۰۱۰	-۰۰۱۹	-۱۰۳۶	-۲۰۵۸	۷۴۰۳۰	۳۲۰۵۱
مینودشت	۳۹۰۷۹	۷۰۸۵	-۱۰۴۲	-۱۰۷۵	-۸۰۵۴	۱۶۰۶۵	۵۲۰۰۶
بندرگز	۲۳۰۸۱	۲۰۰۴	-۰۰۳۰	-۰۰۵۸	-۷۰۸۶	-۱۸۰۰۴	-۰۰۸۹
اق قلا	۳۶۰۶۷	۸۰۰۲	-۰۰۵۹	-۱۰۵۳	-۱۰۰۲۵	۲۲۳۰۹۳	۲۵۶۰۲۳
کلاله	۱۰۰۳۸	-۸۰۵۱	۰۰۵۵	-۳۰۳۹	-۰۰۸۳	۴۱۰۷۶	۳۲۰۴۲
رامیان	۱۷۰۶۴	-۵۰۴۲	-۰۰۵۰	۸۰۱۴	-۱۲۰۱۹	-۶۰۴۹	۰۰۶۳
ازادشهر	۳۲۰۸۳	-۶۰۳۹	۰۰۳۵	-۰۰۹۹	-۱۵۰۵۸	-۶۰۰۰	۳۰۹۹
مراوه تپه	-۶۰۴۸	-۷۰۰۴	-۰۰۱۷	-۱۰۵۲	-۱۱۰۷۴	۲۹۰۳۷	۲۰۰۲
گمیشان	-۶۰۶۱	-۱۰۶۲	-۰۰۳۶	-۸۰۰۳	۰۰۰۰	-۱۸۰۹۹	-۴۷۰۴۷
استان	۲۶۵۰۸۶	۳۹۰۳۳	-۵۰۵۲	-۵۰۸۷	-۸۰۲۵	۲۵۵۰۸۰	۳۹۶۰۷۸

عدد منفی نمایانگر واردات آب مجازی است

شلتوک با ۲۶۵/۸۶ و غلات با ۲۵۵/۸۰ میلیون متر مکعب بیشترین سهم خروج آب مجازی از استان گلستان را دارند. نکته قابل توجه در این جدول مقادیر منفی آب مجازی

همانطور که از جدول (۱) دیده می شود، بطور متوسط هر سال ۳۹۶/۷۸ میلیون متر مکعب آب بصورت صادرات محصولات کشاورزی از استان گلستان خارج می شود. که

تعیین اولویت کشت محصولات کشاورزی

بر اساس مقادیر آب مجازی هر محصول در شهرهای مختلف استان، اولویت کشت هر شهر در جدول (۲) مشخص شده است. عدد یک نشان دهند آب مجازی کمتر آن محصول در شهر مورد نظر بوده و اولویت بالاتری در انتخاب کشت به خود اختصاص می دهد.

مربوط به محصولات جالیزی و سبزیجات می باشد. یعنی استان گلستان بطور متوسط در حدود ۲۰ میلیون متر مکعب در سال وارد کننده آب مجازی محصولاتی با آب مجازی پایین به داخل استان است. با توجه به شکل (۴) می توان دریافت که صادرات و واردات استان در حال حاضر بصورت نادرست صورت می گیرد که این مساله باعث می شود مقادیر بسیار زیاد منابع آبی ارزشمند از استان خارج گشته و دچار مشکلات کمبود منابع آبی گردد.

جدول (۲): اولویت بندی محصولات کشاورزی برای کشت در شهرهای مختلف بر اساس مقادیر آب مجازی

اسم شهر	غلات	شلتوک	محصولات صنعتی	نباتات ای	علوفه جالیزی	محصولات جالیزی	حبوبات	سبزیجات
بندر ترکمن	۵	۶	۴	۳	۱	۱	-	۲
علی آباد	۶	۷	۵	۳	۲	۲	۴	۱
کردکوی	۶	۷	۵	۳	۱	۱	۴	۲
گرگان	۶	۷	۴	۳	۲	۲	۵	۱
گنبد کاووس	۶	۷	۴	۳	۱	۱	۵	۲
مینودشت	۶	۷	۴	۳	۲	۲	۵	۱
بندرگز	۶	۷	۵	۳	۲	۲	۴	۱
آق قلا	۶	۷	۵	۳	۱	۱	۴	۲
کلاله	۶	۷	۴	۳	۱	۱	۵	۲
رامیان	۶	۷	۵	۳	۱	۱	۴	۲
آزادشهر	۶	۷	۴	۳	۱	۱	۵	۲
مراوه تپه	۶	۷	۵	۳	۱	۱	۴	۲
گمیشان	۵	۶	۴	۲	۱	۱	-	۳

همانطور که از جدول (۲) مشخص است در اکثر شهرهای استان سبزیجات و محصولات جالیزی به دلیل دارا بودن مقادیر کمتر آب مجازی در رتبه اول و یا دوم اولویت برای کشت قرار دارند. همانطور که از شکل ۲ می توان دریافت نیاز آبی نباتات علوفه ای از محصولات صنعتی بیشتر است ولی بر اساس شکل (۴)، دیده می شود آب مجازی نباتات علوفه ای از محصولات صنعتی کمتر می باشد که این مساله بخاطر عملکرد بالای این محصولات می باشد و همانطور که در جدول (۲) دیده می شود، در ۹۰ درصد شهرها، نباتات علوفه ای در رتبه سوم اولویت کشت قرار دارند. محصولات صنعتی و نباتات نیز در شهرها یا در اولویت چهارم و یا در اولویت پنجم قرار گرفتند. و غلات در همه شهرها در اولویت ششم و شلتوک به دلیل مقادیر بالای آب مجازی در رتبه آخر قرار دارد.

نتیجه گیری

عمده ترین مصرف کننده آب کشور، با مصرف بیش از ۹۰ درصد از آب استحصال شده کشور، بخش کشاورزی می باشد. لذا عدم مدیریت صحیح مصرف آب در این بخش می تواند به منابع آب کشور آسیب وارد کند. یکی از روشها برای کاهش مصرف آب در این بخش، توجه به میزان آب مجازی محصولات در انتخاب محصول مناسب در هر منطقه می باشد. آب مجازی مقدار آبی است که برای تولید هر محصول صرف می شود. این میزان برای یک محصول در مناطق مختلف به دلیل تفاوت در اقلیم و عملکرد آن، متفاوت می باشد. استان گلستان یکی از استانهای شمالی کشور است که یکی از قطبهای کشاورزی کشور نیز محسوب می گردد. هدف از انجام این تحقیق بررسی مقادیر



میزان ۴۲۵۹۲۵ هکتار می‌باشد. کمترین میزان آب مجازی در شهرهای مختلف استان مربوط به سبزیجات و محصولات جالیزی بوده است. در حالی که مساحت زیر کشت این محصولات بسیار ناچیز (در حدود ۳۵۰۰۰ هکتار) می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که نباتات علوفه‌ای با اینکه از نیاز آبی خالص بیشتری برخوردارند ولی به دلیل بهره‌وری بالاتر، از میزان آب مجازی کمتری نسبت به محصولات صنعتی برخوردارند. بررسی نتایج جریان تجارت آب مجازی نشان داد که استان گلستان با اینکه با مشکل کمبود آب مواجه است ولی بطور میانگین ۳۹۶ میلیون متر مکعب در سال صادرات آب مجازی دارد که بیشترین آن مربوط به صادرات محصولات با آب مجازی بالا مانند غلات و شلتوک می‌باشد. نتایج رتبه‌بندی محصولات مختلف کشاورزی نیز نشان داد که در همه شهرهای استان غلات و شلتوک در رتبه آخر اولویت کشت و سبزیجات و محصولات جالیزی در رتبه‌های اول اولویت کشت قرار دارند.

آب مجازی محصولات مهم کشاورزی استان گلستان به منظور تعیین اولویت کشت این محصولات از دیدگاه آب مجازی در شهرهای مختلف استان گلستان شامل بندر ترکمن، آق قلا، گرگان، گنبد کاووس، علی آباد، گمیشان، مراوه تپه، کردکوی، آزادشهر، بندرگز، رامیان، کلالة و مینودشت- گالیکش می‌باشد. برای این منظور از داده‌های ۹ ساله از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۴ استفاده شد. محصولات مورد بررسی در هفت دسته شامل غلات، حبوبات، سبزیجات، محصولات جالیزی، نباتات علوفه‌ای، محصولات صنعتی و شلتوک تقسیم بندی شده اند. نتایج این تحقیق نشان داد که شلتوک با مقدار آب مجازی ۱۷۴۰ متر مکعب بر تن در علی آباد و گرگان تا ۲۸۴۰ متر مکعب بر تن در مراوه تپه دارای بیشترین مقادیر آب مجازی است. همچنین غلات نیز در رتبه دوم از نظر میزان مقادیر بالای آب مجازی (۹۷۰ در علی آباد و رامیان تا ۲۱۷۰ در مراوه تپه) قرار دارد. همچنین بیشترین سطح زیر کشت محصولات در استان گلستان مربوط به کشت غلات به

منابع:

- آزادی، ع. و سلیمانی، س. ۱۳۹۵. مدیریت الگوی کشت و ارزیابی اقتصادی عملکرد محصولات کشاورزی با محدودیت مصرف آب مجازی. سومین کنفرانس بین المللی اقتصاد سبز، ۱۷، اردیبهشت، ۱۳۹۵،
برهانی، ف. و اصلمند، ع. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر بین میزان آب مجازی و میزان محصول به‌منظور مدیریت ذخایر آب موجود. چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران، ۹-۱.
عربی یزدی، ا.، علیزاده، ا. و محمدیان، ف. ۱۳۸۸. بررسی ردپای اکولوژیک آب در بخش کشاورزی ایران. نشریه آب و خاک (علوم کشاورزی و صنایع غذایی) دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۳. ۴: ۱۵-۱.
مساعدی، ا.، شریفان، ح. و شهابی، م. ۱۳۸۶. مدیریت ریسک خشکسالی با شناخت میکروکلیمای استان گلستان.
محمدی، حسین و آزاد تعالی مقدم ۱۳۹۰. تجارت آب مجازی برای محصولات عمده کشاورزی در ایران، دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، ایران، زنجان.

Ababaei, B. and Etedali, H. R. 2017. Water footprint assessment of main cereals in Iran. *Agricultural Water Management*, 179: 401-411.

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*, Rome, Italy

Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. 2007. The water footprints of Morocco and the Netherlands: global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. *Ecological Economics*, 64(1): pp. 143-151.

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. IEIE. Delft, the Netherlands.

Hoekstra, A.Y. and Hung, P.Q. 2005. Globalization of water resources: International virtual water flows in Relation to crop trade. *Global Environmental Change* 15.1: 45-56.



Karandish, F., Salari, S. and Darzi-Naftchali, A. 2016. Application of virtual water trade to evaluate cropping pattern in arid regions. *Water Resources Management*, 29: 4061-4074.

Karimi Pashaki, M., Khosrojerdi, A. and Sedghi, H. 2017. Virtual water strategy and its application in optimal operation of water resources. *Journal of Applied Research in Water and Wastewater*, 8: 349-353.

Mekonnen, M. M. and Hoekstra, A. Y. 2010. A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. *Hydrology and Earth System Sciences* 14: 1259-1276.

Mohammadrezapour, O., Yoosefdoost, I. and Ebrahimi, M. 2016. Cuckoo optimization algorithm in optimal water allocation and crop planning under various weather conditions (case study: Qazvin plain, Iran). *Neural Computing and Application*, 1-14.

Su, X., Li, J. and Singh, V.P. (2014). Optimal allocation of agricultural water resources based on virtual water subdivision in shiyang river basin. *Water Resources Management*, 28: 2243-2257

Zgang, C., Edward, A., Mcbeen. and Huang, J. 2014. A Virtual Water Assessment Methodology for Cropping Pattern Investigation. *Water Resources Management*, 28: 2331-2349.

Zhang, Z. Y., Yang, H., Shi, M. J., Zehnder, A. J. B., and Abbaspour, K. C. 2011 . “Analyses of impacts of China's international trade on its water resources and uses”, *Hydrology and Earth System Science*, vol. 15, pp. 2871-2880.

Postel, S.L., Daily, G.C., and Ehrlich, P.R. 1996”. Human appropriation of renewable fresh water”. *Science* 271: pp. 785-788.