Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Estimation of the Actual Amount of Wheat Irrigation Water Using the NIAZAB System and Comparing with the Farm Measurement

Niazali Ebrahimipak[1]✉, Arash Tafteh[2], Fariborz Abbasi[3], Javad Baghani[4]

1. Corresponding Author, Department of Irrigation and Soil Physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, Email: nebrahimipak@yahoo.com
2. Department of Irrigation and Soil Physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, Email: Arash_tafteh@yahoo.com
3 Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, Email: Fa.abbasi@areeo.ac.ir
4. Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, Email: Baghani37@g.mail.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: July. 25, 2022

Revised: Sep. 25, 2022

Accepted: Oct. 4, 2022

Published online: Nov. 22, 2022

Keywords:
Application Efficiency,
Irrigation Water,
NIAZAB System,
Water Productivity,
Wheat Grain Yield,
Wheat Irrigation Requirements.

ABSTRACT

Accurate estimation of irrigation water quantity, water productivity and irrigation water application efficiency of cultivated wheat in Iran are important and key indicators in agricultural sector planning. The purpose of this study was to investigate the results of field and farm measurements of irrigation water and wheat yield under farmers' management and compare them with estimating the NIAZAB system in 37 Township during a crop season (2016-2017) as well as determining wheat water productivity and application efficiency. The results showed that the average amount of wheat irrigation water measured in the farms and systems were 5710 and 5894 cubic meters per hectare, respectively, and the average grain yield of wheat measured in the farms and systems were 5215 and 4949 kg, respectively. The average water productivity of wheat measured in the farms and NIAZAB system were 1 and 0.9 kg/m3. The results showed that the NIAZAB system with a normal root mean error of 0.19% and agreement coefficient of 0.93 estimates the amount of wheat irrigation water in the township scale and wheat grain yield with a normal root mean error of 0.17% and agreement coefficient of 0.95 and estimates the productivity of wheat water with a normal root mean error of 0.24%, the efficiency of irrigation water application with a normal root mean error of 0.19% and the coefficient of agreement of 0.93. The values of the efficiency coefficient of the model show that the model provides acceptable results in determining the amount of irrigation water and wheat water productivity in the country farms. Therefore, the NIAZAB system can be used to estimate the volume required for the irrigation of plants in Iran and also in the farm water management.

Cite this article: Ebrahimipak, N. A., Tafteh, A., Abbasi, F., Baghani, J. (2022) Estimation of the actual amount of wheat irrigation water using the NIAZAB system and comparing with the farm measurement, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, http://doi.org/ 10.22059/ijswr.2022.346273.669328, 53 (9), 2075-2092.

© The Author(s). Publisher: University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2022.346273.669328

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۳، شماره ۹ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

برآورد مقدار آب آبیاری گندم با استفاده از سامانه نیاز آب و مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری مزرعه‌ای

نیازعلی ابراهیمی پاک[1]✉، آرش تافته[2]، فریبرز عباسی[3]، جواد باغانی[4]

۱. نویسنده مسئول، بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. ایمیل: nebrahimipak@yahoo.com
۲. بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، ایمیل: Arash_tafteh@yahoo.com
۳. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، ایمیل: Fa.abbasi@areeo.ac.ir
۴. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، ایمیل: Baghani37@g.mail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۷/۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۱۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۹/۱

واژه‌های کلیدی:
آب آبیاری،
بهره‌وری آب،
سامانه نیاز آب،
راندمان کاربرد،
عملکرد دانه گندم،
نیاز آبیاری گندم.

چکیده

برآورد دقیق مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب گندم در کشور یکی از شاخص‌های مهم و کلیدی برنامه‌ریزی کشاورزی است. هدف از این مطالعه، ارزیابی نتایج اندازه‌گیری میدانی و مزرعه‌ای مقدار آب آبیاری و عملکرد گندم تحت شرایط مدیریت کشاورزان در سطح ۳۷ شهرستان در سال زراعی (۱۳۹۶-۱۳۹۵) و مقایسه آن با برآورد مقدار آب آبیاری سامانه نیاز آب و تعیین بهره‌وری آب آبیاری گندم بود. نتایج نشان داد که میانگین مقدار آب آبیاری گندم در روش اندازه‌گیری شده و سامانه نیازآب به ترتیب برابر با ۵۷۳۴/۶ و ۵۹۷۰/۲ مترمکعب در هکتار بود و میانگین عملکرد گندم در روش اندازه‌گیری مزرعه و سامانه نیازآب به ترتیب برابر با ۵۲۱۶/۵ و ۴۹۵۰/۶ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب گندم در روش اندازه‌گیری مزرعه و سامانه نیاز آب برابر ۱ و ۰/۹ کیلوگرم بر مترمکعب شد. هم چنین نتایج نشان داد که سامانه نیاز آب با ریشه میانگین خطای نرمال ۱۹ درصد و ضریب توافق ۹۳ درصد مقدار آب آبیاری گندم را در مقیاس شهرستان برآورد می‌نماید و عملکرد دانه گندم با ریشه میانگین خطای نرمال ۱۷ درصد و ضریب توافق ۹۵ و بهره‌وری آب گندم را با ریشه میانگین خطای نرمال ۲۴ درصد و ضریب توافق ۹۰درصد برآورد می‌نماید. ضریب کارایی سامانه نیاز آب نشان می‌دهد که سامانه نتایج قابل قبولی در تعیین مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب گندم در سطح مزارع کشور برآورد می‌کند. از این رو، می‌توان از سامانه نیاز آب در برآورد حجم آب مورد نیاز برای آبیاری گندم در سطح کشور و در مدیریت آب در مزرعه بهره برد.

استناد: ابراهیمی پاک؛ نیازعلی، تافته؛ آرش، عباسی؛ فریبرز، باغانی؛ جواد (۱۴۰۱) برآورد مقدار آب آبیاری گندم با استفاده از سامانه نیاز آب و مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری مزرعه‌ای، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، http://doi.org/ 10.22059/ijswr.2022.346273.669328، ۵۳ (۹) ، ۲۰۹۲- ۲۰۷۵.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2022.346273.669328

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

مقدمه

گندم به عنوان محصول محوری کشاورزی جایگاه ویژه در تولید و مصرف مواد غذایی ملل جهان دارد. این محصول از جمله تولیدات راهبردی غذایی است که تولید و صادرات آن اهمیت ویژه ای برای کشورها دارد و حمایت‌های اساسی دولت‌ها، معطوف این محصول راهبردی است، در ایران هم با توجه به اهمیت گندم در سفر غذایی مردم، این محصول همواره از اهمیت فراوانی در سیاست گذاری‌ها و جهت گیری‌های دولت‌ها و متولیان بخش کشاورزی برخوردار بوده است (Mirbagheri, et al. 2017). سطح زیرکشت این محصول راهبردی در ایران حدود ۶ میلیون هکتار است و بیش از ۵۰ درصد از کل سطح زیر کشت گیاهان زراعی را به خود اختصاص می‌دهد، از سطح شش میلیون هکتار، دو میلیون هکتار سطح گندم آبی و چهار میلیون هکتار سطح گندم دیم می‌باشد و از ۲ میلیون گندم آبی حدود ۸/۸۸ میلیون تن و از چهار میلیون هکتار سطح گندم دیم حدودا ۳/۸ میلیون تن گندم تولید می‌شود (آمار نامه سال زراعی ۹۸-۹۹ وزارت جهاد کشاورزی). گندم علاو بر اینکه یکی از محصولات راهبردی کشور است، یکی از گیاهان زراعی است که در سطح وسیعی از اراضی کشور به صورت فاریاب کشت می شود و بخش قابل توجهی از آب شیرین در دسترس کشور را به خود اختصاص داده و از منابع آب تجدید پذیر را مصرف می‌کند،(Zarei and Jafari, 2015; Mircholi, 2013 ; kiyomars and nowzar, 2014). لذا تامین آب مورد نیاز گندم ضرورتی انگار ناپذیر است و لازمه تامین آب گیاه، برآورد نسبتاً دقیق از نیاز آبی گیاه می‌باشد. نیاز آبی گیاه گندم بر اساس ارقام مختلف و مناطق، متفاوت است و مقدار نیاز آبی گندم زمستانه بین ۵۰۰ تا ۱۱۰۰ میلی‌متر در نقاط مختلف دنیا گزارش شده است. نیاز آبی گندم برای منطقه کرکج تبریز برابر با ۵۷۳/۱ میلی‌متر (Ebrahimipak, 1993)، درشهرکرد ۵۳۵ میلی‌متر (Ebrahimipak, 1999) و برای منطقه قزوین ۵۴۳/۸ میلی‌متر (Ebrahimipak, 2007) گزارش شده است. مقدار نیاز آبی گندم برای یاسوج ۱۱۲۰ میلی‌متر (panahi 1990)، برای ورزقان برابر با ۱۱۳۰ میلی‌متر (khosravi,1989) گزارش شد. میزان نیاز آبی گندم برای پیشاور هندوستان به طور متوسط بین ۶۴۱-۵۸۶ میلی‌متر (Mishra et al., 1995) و در مناطق فصیل آباد، و تند و جام پاکستان بین ۵۶۲ تا ۱۱۹۵ میلی‌متر (Akhtar et al., 1990) بود مقدار نیاز آبی گندم در منطقه جنوبی ایتالیا چنانچه گندم در تناوب چغندرقند باشد برابر با ۴۸۶/۸ میلی‌متر (Rizzo et al., 1990) و در آریزونا به طور متوسط بین ۶۵۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر (Eric et al., 1989)، در استرالیا برابر با ۸۱۸ میلی‌متر (Cooper, 1980) و در منطقه آکران آمریکا با عرض جغرافیایی ۴۰ درجه شمالی برابر با ۵۰۳ میلی‌متر (Shawcroft et al., 1993) بدست آمده است.

مصرف آب و یا میزان آب آبیاری گیاه به عنوان پل ارتباطی بین تقاضا (نیاز آبی گیاه) و عرضه آب قرار دارد و تعیین مقدار مصرف آب گیاه با توجه به همین دو جنبه صورت می گیرد و مصرف آب گیاه را می‌توان به مقدار آبی که از یک منبع برداشت شده و صرف تبخیر- تعرق گیاه(نیاز آبی گیاه) و تلفات آن تا مزرعه می‌شود. مقدار مصرف آب و یا مقدار آب آبیاری گیاه گندم بر اساس مناطق، ارقام، مدیریت و روش آبیاری بسیار متفاوت است. (Haghighati, 2013) در آزمایشی با روش آبیاری بارانی در شهرکرد، مقدار آب آبیاری گندم را برابر با ۵۳۶۸ مترمکعب در هکتار با عملکرد ۶۲۰۰ کیلوگرم و با بهره‌وری ۱/۱۵ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش کردند.(Heydari, 2011) در ارزیابی هفت مزرعه گندم در شهرستان بردسیر کرمان با روش آبیاری بارانی عقربه ای، میانگین عملکرد هفت مزرعه را ۳۷۸۶ کیلوگرم در هکتار و مقدار آب آبیاری گندم را ۸۰۹۴ مترمکعب بر هکتار با بهره‌وری آب گندم ۰/۵۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند. (Heydari, 2011) با بررسی میزان آب آبیاری گندم در استان‌های کرمان، گلستان و خوزستان گزارش کردند که میانگین عملکرد گندم در این استان‌ها به ترتیب ۳۷۸۵، ۲۲۷۴ و ۳۴۹۴ کیلوگرم در هکتار با میزان آب آبیاری به ترتیب ۸۳۹۱، ۱۵۹۲ و ۳۱۰۰ مترمکعب در هکتار و بهره‌وری آب گندم متناظر را ۰/۴۵ و ۱/۴۳ و ۱/۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب شد. (Ghaseminezhad Raeini et al. 2015) در ارزیابی میزان آب آبیاری ۵ مزرعه گندم استان همدان با روش آبیاری سطحی گزارش کردند که میانگین عملکرد گندم مزارع ۵۸۸۷ کیلوگرم در هکتار و میانگین مقدار آب آبیاری را ۵۰۰۷ مترمکعب در هکتار با بهره‌وری را ۱/۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب شد. (Keikhai andGanjikhorramdel,2016) با آزمایش بر روی آب مصرفی و عملکرد رقم گندم رقم هامون در دشت سیستان نشان دادند که گندم هامون برای تولید ۴۰۴۰گیلوگرم در هکتار نیاز به ۴۴۷۳ مترمکعب در هکتار آب می‌باشد و مقدار بهره‌وری آب گندم ۱/۱۵ کیلوگرم بر متر مکعب گزینه مناسب در منطقه سیستان تشخیص دادند. (Salamati, et al,2018) با اندازه گیری در ۲۱ مزرعه در بهبهان نتیجه گرفتند که عملکرد گندم در تمام مزارع از ۲۰۰۰ تا ۵۱۰۴ کیلوگرم در هکتار و میانگین حجم آب مصرفی گندم در آبیاری بارانی و سطحی در منطقه و ۴۱۸۴ مترمکعب در هکتار با میانگین بهره‌وری آب از ۰/۳۹ تا۱/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود.

نتایج مطالعات سطح کشور نشان می‌دهد که مقدار نیاز خالص آب برای تولید ۹/۲ میلیون تن گندم آبی در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲ برابر با ۸۱۰۶ میلیون مترمکعب بود که با در نظر گرفتن میانگین کارایی کاربرد آب مزرعه برابر با ۴۴/۷ درصد، سهم آب در تولید گندم

آبی در سطح کشور رقمی معادل ۱۸۱۳۵ میلیون مترمکعب که به ازای هر هکتار۹۰۶۷ متر مکعب شد (Azimi Dezfuli et al. 2017) و در گزارش سال ۲۰۱۹ توسط عظیم زاده دزفولی Azimi Dezfuli, (2019) منتشر شد، مقدار سهم مصرف ناخالص آبیاری گندم در ایران برابر با ۱۶۹۵۷ میلیون مترمکعب و که به ازای هر هکتار برابر با ۸۴۷۸ متر مکعب شد. در بررسی دیگری توسط Azizi et al. (2014) zahan بر اساس برآوردهای مطالعه ای در موسسه خاک و آب انجام شده بود نتیجه گرفتند که نیاز خالص گندم کشور که معادل ۱۰ میلیون مترمکعب برآورد شده بود در حالی که معاونت آب و خاک (DMWMSAJ, 2015) در سند راهبردی ارتقایی بهره‌وری آب کشاورزی، حجم کل آب برای تولید گندم آبی در سطح کشور را ۱۱۷۷۰ میلیون مترمکعب که بخ ازای هر هکتار برابر با ۵۸۸۵ متر مکعب گزارش کردند.

تعیین آب مصرفی و مقدار آب آبیاری گیاه و عملکرد محصول به تنهایی هذف گذاری بهینه نمی‌باشد و آنچه مهم است اثربخشی در جهت نیل به اهداف تعیین شده می‌باشد در این رابطه توجه به مفهوم بهره وری آب گندم مهم و کلیدی است. بهره‌وری آب گندم به مفهوم استفاده صحیح از آب به همراه افزایش تولید محصول گندم است، در واقع، در بهره وری باید با دو مفهوم «کارایی که عبارت است از مقدار ظرفیت فعلی به ظرفیت اسمی» و « اثر بخشی که عبارت است از درجه و میزان نیل به اهداف تعیین شده به صورت همزمان» توجه نمود .به طور کلی هرعملی که منجر به استفاده مناسب تر از آب در تولید گندم شود، منجر به افزایش بهره وری آب گندم خواهد شد. غالبا بهره وری آب گندم را می‌توان از دیدگاه‌های مختلف کارایی، مالی و فرصت‌های اشتغال مورد بررسی قرار داد (Zhang et al 2014). بهره‌وری آب گندم (WP) از نسبت به عملکرد محصول گندم به مقدار آب آبیاری یا تبخیر تعرق گیاه بیان می‌شود (*Keikhai andGanji khorramdel,2016)* و تخمین مقدار بهره‌وری آب گیاه گندم شاخص مهمی در برنامه‌ریزی‌های تولید محصول گندم است. بهره‌وری آب گندم بر اساس مناطق مختلف، بسیار متغیر است و دامنه تغییرات بهره‌وری آب گندم در سطح کشور و جهان (به ترتیب۰/۲۵ تا ۲/۲ و ۰/۳ ۳/۹ کیلوگرم بر مترمکعب آب) (Heydari, 2021) و متوسط بهره‌وری مصرف آب محصول گندم در کشور ۰/۷۹ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد (Taheri et al. 2020). (Abasalan et al. 2010) با اندازه‌گیری عملکرد و دبی ورودی ۱۴ مزرعه گندم در دشت آزادگان، مقدار بهره‌وری آب گندم را از ۰/۱۵ تا ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند و نتیج گرفت که حدود ۶۰ درصد از مزارع مورد مطالعه، مقدار بهره‌وری آب گندم در دامنه‌ی تغییراتی از ۰/۳ تا ۰/۶ کیلوگرم بر متر مکعب بود و متوسط بهره‌وری آب گندم حدود ۰/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب شد. مقایسه شاخص‌های کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب گندم و زعفران در قائنات، بر اساس نتایج حاصله از شاخص کارایی مصرف آب برای کل زیست‌توده و دانه تولیدی گندم به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۳۶ کیلوگرم در مترمکعب و برای کل ز یست توده و کلاله زعفران ۰/۳۶ و ۰/۰۰۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد (Yaghoubi et al. 2016). (Nirizi and Helmi 2004) Fakhrdavood در ارزیابی مزرعه ای سه شهرستان چناران، تربت حیدریه وتربت جام به ترتیب در سه مزرعه با روش‌های سطحی، قطره‌ای و بارانی میزان بهره‌وری آب گندم را به ترتیب ۰/۳۸، ۰/۷۶ و ۰/۴۴کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمودند و (2001) Asadi *et al.* مقدار بهره‌وری آب گندم را در شهرکرد از ۰/۶۱ تا۱/۳۵ کیلوگرم در مترمکعب متغیر بود .(2017) Nakhjavanimoghaddam *et al.* مقدار بهره‌وری آب گندم در مشهد و در شرایط محدودیت منابع آب برابر ۱/۱کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد. مقدار میانگین بهره‌وری آب گندم محاسبه شده در مزارعه آبیاری بارانی و سطحی شهرستان بهبهان را معادل ۰/۹۲ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام شد .Salamati et al (2018). مقدار بهره وری محاسبه شده در روش آبیاری سطحی مزرعه گندم در دشت داراب را ۰/۷۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام کردند) Shajari ,2012. ارزیابی بهره‌وری آب گندم در کشورهای چین به طور متوسط ۰/۸۵،استرالیا ۱/۰۵، آرژانتین ۱/۰۲، هند ۱/۱، هلند ۱/۳۹، سوریه ۰/۷۹، ترکیه ۱/۴۱، ازبکستان ۰/۵ می باشد (Sun et al. 2017) و مقدار میانگین بهره‌وری آب گندم در سطح جهان ۱/۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب و در عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۴۰ حدود ۱/۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب گزارش شد (Daniel et al. 2019).

دست یابی به روش مناسب برآورد مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب محصولات بر اساس الگوی مصرف آب، این امکان را ایجاب می‌کند تا برنامه ریزان دز شرایط بهتری تصمیم‌گیری و عمل نمایند. بدین منظور تحقیقات زیادی در مورد نیاز آبی گیاهان انجام شده و نرم‌افزارها و سامانه‌های متعددی در سطح جهان و ایران توسعه داده شدند که با توجه به شرایط زمانی و مکانی، کاربرد خاص خود را دارند. برنامه‌های که در این رابطه توسعه پیدا کردند شامل NETWAT و CROPWAT و AQUACRAP می‌باشند ولی با توسعه علم و فنّ آوری اولین سامانه نیاز آبیاری گیاهان زراعی و باغی کشور (نیاز آب)[1] در موسسه تحقیقات خاک و آب توسعه یافت، سامانه نیاز آب متشکل از چندین بانک‌های اطلاعاتی منحصر به فرد در سطح کشور است. سامانه نیاز آب بر اساس آخرین روش‌های علمی روز، آب آبیاری گیاهان

---

۱ http://niwr.ir

را در سطوح مختلف کشت برآورد می‌کند و خروجی آن به صورت اطلاعات در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. بررسی نتایج سامانه نیاز آب در تعیین نیاز آبی کینوا در شرایط استاندارد و در شرایط تنش آبی نشان داد که سامانه دقت قابل قبولی را در شرایط تنش آبی دارد و گزینه‌های مختلف تنش آبی در دوره‌های مختلف رشد را به خوبی تخمین می‌زند (Tafte and Emdad, 2021) . در بررسی نتایج حاصل از سامانه نیاز آب در مورد گیاه بادام زمینی نشان داد که در شرایط تنش آبی، نیاز آب آبیاری بادام‌زمینی را به خوبی و با دقت قابل قبولی ارائه می نماید (AbdzadGohari et al. 2021). و در بررسی نتایج حاصل از نیاز آبی گندم و توابع بکار رفته در سامانه نیاز آبی عملکرد مناسبی را در تعیین نیاز آب آبیاری گندم در شرایط تنش آبی دارد (Barzikar et al. 2020) و در بررسی نتایج حاصل از سامانه نیاز آب در مورد فلفل دلمه ای در گلخانه نتایج نشان داد که سامانه نیاز آب در شرایط تنش آبی نیاز آب آبیاری فلفل دلمه ای در گلخانه را به‌خوبی و با دقت قابل قبولی ارائه می‌نماید (Jafari najafabadi, et al. 2022).

برآورد آب مصرفی گندم در سطح کشور در مقایسه با هم نشان می‌دهد با توجه به روش‌های اندازه‌گیری با بیش برآوردی و یا کم برآوردی مواجه بوده است، به طور نمونه برآورد آب مصرفی گندم برای هر هکتار در مطالعه عظیم زاده سال ۲۰۱۹ برابر با ۹۰۶۷ مترمکعب محاسبه شده درحالی‌که در مطالعهٔ ۲۰۱۷ برآورد مقدار آب مصرفی بر اساس میانگین وزنی دشت‌های کشور، برابر با ۸۴۷۸ مترمکعب برآوردشده است، عزیزی و همکاران مقدار آب مصرفی برای یک هکتار گندم برابر با ۱۰۶۵۰ متر مکعب برآورد کردند در صورتی که معاونت آب خاک در سند راهبردی توسعه کشاورزی، میزان آب مصرفی گندم را برابر با ۵۸۸۵ متر مکعب در هکتار آرائه کرده است. اطلاعات ارائه شده برای حجم آب آبیاری، کارایی و بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی، بسیار متفاوت بوده و در خصوص صحت و سقم آن‌ها نیز تردیدهای جدی وجود دارد و انجام یک کار مطالعاتی که بتواند به اعداد مطمئنی در باره حجم آب آبیاری گیاهان مختلف منتهی شود، امری لازم و ضروری است. هدف از این مطالعه، ارزیابی نتایج اندازه‌گیری میدانی و مزرعه‌ای مقدار آب آبیاری و عملکرد گندم تحت شرایط مدیریت کشاورزان در سطح ۳۷ شهرستان در سال زراعی (۱۳۹۶-۱۳۹۵)(Baghani et al. 2018) و مقایسه آن با برآورد مقدار آب آبیاری سامانه نیاز آب و تعیین بهره‌وری آب آبیاری گندم بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه مبتنی بر رویکرد اندازه‌گیری میدانی و مزرعه‌ای و سامانه محور (سامانه نیاز آب) در مقیاس ملی برای برآورد مقدار آب آبیاری گندم آبی انجام شد. متغیرهای اصلی و مراحل اجرای این مطالعه به شرح گام‌های زیر است. در این مطالعه به منظور تطبیق و صحت سنجی برآورد سامانه نیاز آب، از نتایج اندازه‌گیری میدانی و مزرعه‌ای مقدار آب آبیاری و عملکرد گندم تحت شرایط مدیریت کشاورزان در سطح ۳۷ شهرستان در سال زراعی (۱۳۹۶-۱۳۹۵)(Baghani et al. 2018) استفاده شده است.

الف: مبانی نظری:

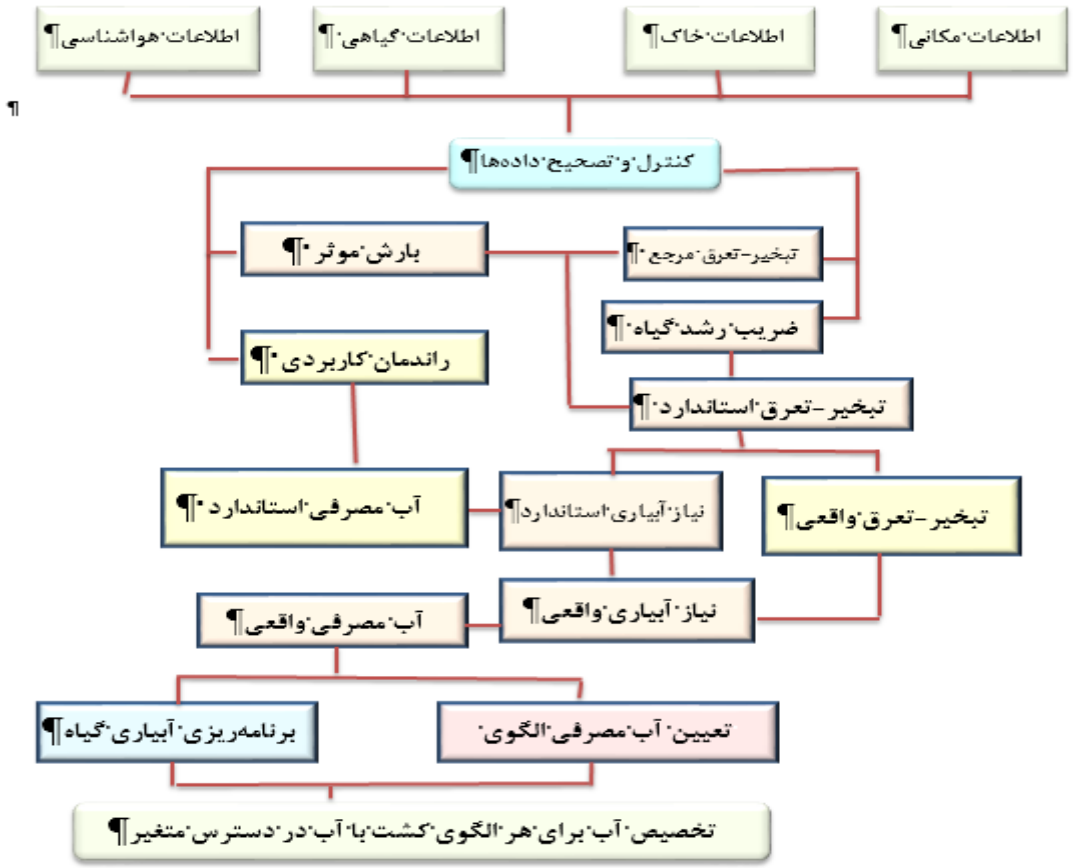
برای بررسی بیش تر ابعاد مسئله پژوهش و نحوه پاسخ به آن به مفاهیم اصلی و ادبیات پشتیبانی‌کننده پژوهش پرداخته می‌شود. لازم به ذکر این نکته می‌باشد که به منظور برآورد مقدار نیاز آبی گیاهان، اولین سامانه نیاز آبیاری گیاهان زراعی و باغی کشور (نیاز آب) به صورت چند هسته‌ای به منظور تعیین نیاز خالص و آب آبیاری و آب آبیاری گیاهان در موسسه تحقیقات خاک و آب توسعه یافته است، سامانه نیاز آب متشکل از چندین بانک‌های اطلاعاتی منحصر به فرد در سطح کشور و چندین لایه محاسباتی، توانایی آن را دارد که تغییرات نیازآبی و آب آبیاری گیاهان مختلف را در سطح کشور برآورد و ارائه نماید. سامانه نیاز آب بر اساس آخرین روش‌های علمی روز مطابق فلوچارت شماره ۱ مقدار نیاز آبی و مقدار آب آبیاری گیاهان را در سطوح مختلف کشت برآورد نموده و در اختیار کاربران قرار می‌دهد.

گام اول: برآورد میزان تبخیر تعرق مرجع از سامانه نیاز آب را بر اساس روش پنمن–مانتیث استانداردشده (ASCE-EWRI, 2005):

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + C_d u_2)}$$ رابطه ۱)

که در آن، ET_o: تبخیر–تعرق مرجع استاندارد شده برای چمن برحسب میلی‌متر بر روز، R_n: تابش خالص محاسبه‌شده در سطح گیاه برحسب مگا ژول بر مترمربع بر روز، G: شدت شار گرمایی در سطح خاک برحسب مگا ژول بر مترمربع بر روز، T: میانگین روزانه یا ساعتی دمای هوا در ارتفاع ۱/۵ تا ۲/۵ متری برحسب درجه سلسیوس، u_2: میانگین روزانه یا ساعتی سرعت باد در ارتفاع ۲ متری برحسب متر بر

ثانیه، e_s: فشار بخار اشباع در ارتفاع ۱/۵ تا ۲/۵ متری برحسب کیلو پاسکال، e_a: میانگین فشار بخار واقعی در ارتفاع ۱/۵ تا ۲/۵ متری برحسب کیلو پاسکال، Δ: شیب منحنی فشار بخار اشباع در مقابل دما برحسب کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس، γ: ثابت سایکرومتری برحسب کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس، C_n: ثابت و C_d: ثابت مخرج است. واحد ضریب ۰/۴۰۸ در رابطه بالا، مترمربع میلی‌متر بر مگا ژول است.



شکل ۱- فلوچات مدل سامانه نیاز آب برای تعیین نیاز آبی گیاهان

گام دوم: مراحل فنولوژی گیاه گندم در سامانه نیاز آب، بر مبنای روش فائو با استفاده از داده‌های واقعی گیاه جمع آوری شده از مناطق مختلف کشور

گام سوم: تعیین مقدار بارش مؤثر از روش بارش قابل‌اطمینان در سامانه نیاز آب.

گام چهارم: تعیین نیاز خالص آب آبیاری گیاه گندم توسط سامانه نیاز آب

گام پنجم: نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه گندم، نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه به مقدار آبی گفته می‌شود که متناسب باراندمان کارایی آب آبیاری به عرصه تولید منتقل و به گیاه داده می‌شود ((Kamali and Alizadeh ,2007).

گام ششم:- عملکرد قابل دسترسی[1]، عملکرد قابل دسترسی یک محصول در واقع حداکثر عملکرد محصول است که در یک محیط بدون تنش محیطی زنده و غیره زنده قابل‌دسترسی باشد

گام هفتم: نیاز آب آبیاری بر اساس عملکرد قابل‌دسترسی (حداکثر عملکرد) گندم به دست آمد، لذا بر اساس حل معکوس تابع تولید (رابطه ۲) سامانه نیاز آب، حداکثر نیاز آب آبیاری را، به مقدار واقعی نیاز آب آبیاری تبدیل می‌نماید (Tafteh et al. 2013):

رابطه ۲)

$$\frac{y_a}{y_m}=\prod_{j=1}^{n}\left[1-k_{yi}\left(1-\frac{ET_{a,j}}{ET_{m,j}}\right)\right]^{\frac{k_{yi}}{\sum_{i=1}^{n}k_{yi}}}$$

۱Atinibil yelled

که در آن، y_a و y_m به ترتیب عملکرد واقعی جمع‌آوری‌شده از مزارع و حداکثر عملکرد قابل‌دسترسی محصول (کیلوگرم بر هکتار)، k_{yi} ضریب واکنش عملکرد محصول به آب، $ET_{a,j}$ و $ET_{m,j}$ به ترتیب تبخیر تعرق واقعی و تبخیرتعرق استاندارد در زمان j، Δt_j بازهٔ زمانی موردنظر (روز) و L_i طول کل دوره رشد می‌باشد.

ب- مبانی عملی و اندازه‌گیری مزرعه‌ای

گام اول: جامعه آماری و روش نمونه‌گیری مزرعه ای و میدانی: برای برآورد دقیق از مقدار آب آبیاری گندم در سطح کشور نیازمند به نمونه‌گیری هدفمند مزرعه ای بود، بر همین اساس از جامعه آماری کل کشاورزان گندم کار کشور استفاده شد و بر اساس روش آماری ابتدا از میان ۳۱ استان کشور، استان‌های که سهم بیشتری در تولید گندم داشتند انتخاب شدند استان‌های منتخب شامل، ۱۰ استان (فارس، خوزستان، خراسان رضوی، اردبیل، گلستان، قزوین، کرمانشاه، همدان، آذربایجان غربی و سمنان) با سطح معادل ۱/۴۴۵ میلیون هکتار و سهمی معادل ۷۵ درصد از سطح زیر کشت کشور دارا بودند و در استان‌های منتخب، ۳۷ شهرستان با سطحی معادل ۵۳۵ هزار هکتار انتخاب شد و برای اندازه‌گیری مزرعه ای در ۳۷ شهرستان منتخب با معیار جامعه آماری، ۲۳۸ نقطه و یا مزرعه برای اندازه‌گیری مستقیم مقدار آب آبیاری در نظر گرفته شد. در مزارع منتخب در طول یک فصل زراعی مقدار آب آبیاری که به طور معمول و مرسوم توسط کشاورز وارد مزرعه می‌شد اندازه‌گیری شده(مدیریت مزرعه اعم از بهزراعی و بهنژادی تماما در اختیار کشاورز بود)، پس از برداشت محصول، عملکرد محصول گندم اندازه‌گیری شد. شکل ۲ مختصات نقاط اندازه گیری ارائه شده است.

گام دوم: روش اندازه‌گیری مزرعه: پس از انتخاب مزرعه با توجه به معیارهای اشاره‌شده، میزان آب آبیاری که وارد مزرعه می شد اندازه‌گیری می‌شد و برای تعیین حجم آب آبیاری، میزان آب ورودی به مزرعه و مقدار آب خروجی از منبع آبیاری انتخاب‌شده، به‌وسیله فلوم و میکرومولینه در طول فصل کشت اندازه‌گیری می‌شد.

گام سوم: اندازه‌گیری عملکرد گندم: پس از برداشت محصول مقدار عملکرد برداشت‌شده اندازه‌گیری می‌شد.

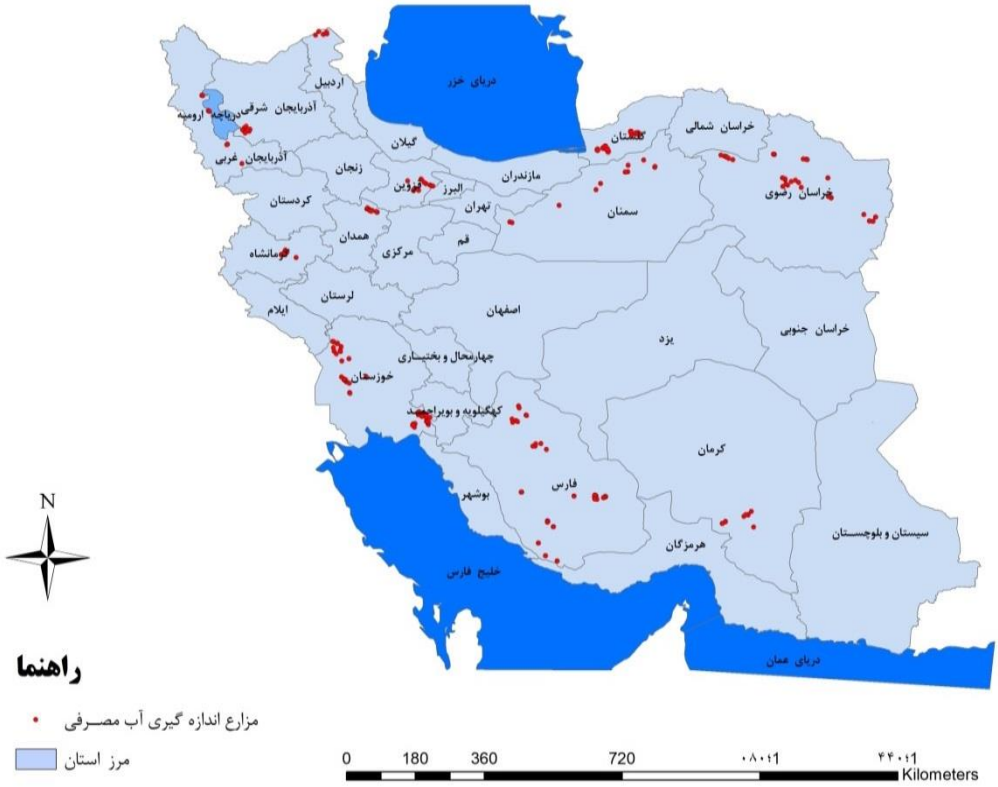
گام چهارم: تبدیل نقاط اندازه‌گیری به متوسط شهرستانی: نظر به اینکه مقدار واقعی آب آبیاری گندم در ۲۳۸ مزرعه در سطح ۳۷ شهرستان. اندازه‌گیری شده بود و برآورد سامانه نیاز آب بر مبنای شهرستان محور بود لذا به منظور ایجاد هماهنگی و یکپارچگی بین داده، مقدار واقعی آب آبیاری اندازه‌گیری شده در سطح مزارع میانگین‌گیری شد و به عنوان مقدار میانگین مقدار آب آبیاری شهرستان منظور شد و سپس و با نتایج سامانه نیاز آب مورد مقایسه، تطبیق و صحت‌سنجی قرار گرفت.

ج- محاسبات آماری: به منظور مقایسه نتایج اندازه‌گیری مزرعه‌ای و برآورد سامانه نیاز آب در شهرستان از روش‌های زیر استفاده شد.

۱-شاخص‌های آماری: شاخص‌های RMSE یا ریشه میانگین مربعات خطا، NRMSE ریشه میانگین مربعات خطای نرمال، MBE میانگین انحراف خطا، d شاخص توافق یا سازگاری، R^2 ضریب تبیین و EF ضریب کارایی استفاده شد.

نکته: در ارزیابی مقادیر شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده اگر مقادیر RMSE و NRMSE به صفر نزدیک‌تر باشند، نشان‌دهنده آن است که مدل شبیه‌سازی را بهتر انجام می‌دهد و اگر ریشه میانگین مربعات خطا، کمتر از ۱۰ درصد باشد شبیه‌سازی عالی، بین ۱۰ تا ۲۰ درصد خوب، بین ۲۰ تا ۳۰ درصد متوسط و بالاتر از ۳۰ درصد، ضعیف برآورد شده است (Jamieson et al., 1991). میزان شاخص توافق یا سازگاری از منفی بی نهایت تا مثبت یک متغیر است و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، شبیه‌سازی مدل دارای کارایی بهتر است (Willmott et al., 1982).

۲- آزمون تی t-Test: به منظور مقایسه میانگین نتایج مقادیر نیاز آب آبیاری برآورد شده سامانه نیاز آب با مقدار اندازه‌گیری از آزمون T-Test بهره‌گیری شد.



شکل ۲- مختصات نقاط منتخب اندازه‌گیری مقدار آب آبیاری گیاه گندم در کشور (Baghani et al. 2018)

نتایج و بحث

به منظور مقایسه نتایج برآورد سامانه نیاز آبی گیاهان (نیاز آب) با مقادیر اندازه‌گیری میدانی و مزرعه ای از مقدار آب آبیاری از مزارع گندم کشاورزان به شرح زیر اقدام شد.

الف- برآورد تبخیرتعرق گیاه گندم:

جدول ۴ متوسط میزان نیاز آبی خالص گندم را در مناطق نشان می‌دهد با توجه به جدول مشاهده می‌شود که متوسط میزان نیاز آبی خالص گندم، در ۳۷ شهرستان که در روش اندازه‌گیری میدانی و مزرعه ای ، برابر با ۵۵۵۹/۹ متر مکعب در هکتار و بر اساس برآورد سامانه نیاز آب مشابه دوره آماری مشابه، برابر با ۵۰۹۰/۵ متر مکعب در هکتار بود. متوسط میزان نیاز آبی خالص گندم بر اساس نتایج کتاب نیاز آبی گیاهان زراعی برابر با ۵۸۸۲/۲ متر مکعب در هکتار و بر اساس نتایج سند ملی آب میزان نیاز خالص آب گندم برابر با ۳۹۶۶/۳ متر مکعب در هکتار شد. با توجه به نتایج جدول مشاهده می‌شود که نیاز آبی گندم در کل دوره رشد در مناطق ۳۷ گانه بین ۳۵۰۰ تا ۹۸۹۵ متر مکعب در هکتار متغیر است که با نتایج (Ebrahimipak, 1993) در تبریز، (Ebrahimipak, 1999) در شهرکرد، (Ebrahimipak, 2007) در قزوین، (Mishra et al., 1995) در پیشاور، (Akhtar et al., 1990) در تندو جام، (Rizzo et al., 1990) در ایتالیا ،(Eric et al., 1989) در آروزنا، (Cooper, 1980) در استرالیا (Shawcroft et al., 1993) در آکران آمریکا مطابقت دارد و اختلاف موجود در نتایج ناشی از تغییرات اقلیمی، زمان کاشت، داشت و برداشت است که در اکثر نتایج تحقیقات به عمل‌آمده نیز تأیید شده است.نتایج مقایسه برآورد نیاز آبی خالص گندم در سامانه نیاز آب و مقدار اندازه‌گیری شده در آزمون t-Test در جدول ۲ ارائه شد، با توجه به جدول مشاهده می‌شود که در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری دارند و مقدار نیاز آب گندم در سامانه نیاز آب از مقدار اندازه‌گیری کمتر بود. اختلاف برآورد در تاریخ کاشت و برداشت گیاه و تفاوت در آمار هواشناسی مورد استفاده دارد. نتایج مقایسه برای ارزیابی مناسب‌تر از نتایج برای شهرستان‌ها در مقیاس بزرگ‌تر در جدول ۵ ارائه شده است، با توجه به جدول ۵ مشاهده شد که خطای نرمال ۳۰ درصد و شاخص توافق ۹۰ می‌باشد

نتایج مقایسه برآورد نیاز آبی خالص گندم در سامانه نیاز آب و کتاب نیاز آبی در آزمون t-Test در جدول ۲ ارائه شد، با توجه به جدول مشاهده می‌شود که در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند و مقدار نیاز آب گندم در سامانه نیاز آب از کتاب نیاز آبی کمتر بود. اختلاف برآورد در تفاوت دوره آمار هواشناسی مورد استفاده دارد. نتایج مقایسه برای ارزیابی مناسب‌تر از نتایج برای شهرستان‌ها در مقیاس

بزرگ‌تر در جدول ۵ ارائه شده است، با توجه به جدول ۵ مشاهده شد که خطای نرمال ۲۵ درصد و شاخص توافق ۷۵ می‌باشد

نتایج مقایسه برآورد نیاز آبی خالص گندم در سامانه نیاز آب و سند ملی در آزمون t-Test در جدول ۲ ارائه شد، با توجه به جدول مشاهده می‌شود که در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری دارند و مقدار نیاز آب گندم در سامانه نیاز آب از سند ملی بیشتر شده است. اختلاف برآورد در تفاوت دوره آمار هواشناسی مورد استفاده دارد. نتایج مقایسه برای ارزیابی مناسب‌تر از نتایج برای شهرستان‌ها در مقیاس بزرگ‌تر در جدول ۵ ارائه شده است، با توجه به جدول ۵ مشاهده شد که خطای نرمال ۳۶ درصد و شاخص توافق ۵۵ می‌باشد

مقایسه نتایج میانگین مقادیر نیاز خالص آب گندم اندازه‌گیری شده، سامانه نیاز آب، کتاب نیاز آبی گیاهان و سند ملی آب در آزمون t-Test نشان می‌دهد که برآورد کتاب نیاز آبی گیاهان با میزان ۵۸۸۲/۲ متر مکعب در هکتار، در بین روش‌های بیش ترین مقدار و سند ملی آب با میزان ۳۹۶۶/۳ متر مکعب در هکتار کمترین مقدار میزان نیاز خالص آبی گندم را برآورد کرده اند و دو روش اندازه‌گیری، سامانه نیاز آب به ترتیب با ۵۵۵۹/۹، ۵۰۹۰/۵ و میلی‌متر در فیمابین قرار دارند. دلایلی اختلاف مقدار نیاز آبی خالص گیاه گندم را می‌توان به طول دوره آماری، تاریخ کشت و عدم هم زمانی دوره محاسبه نیاز آبی ارتباط داد

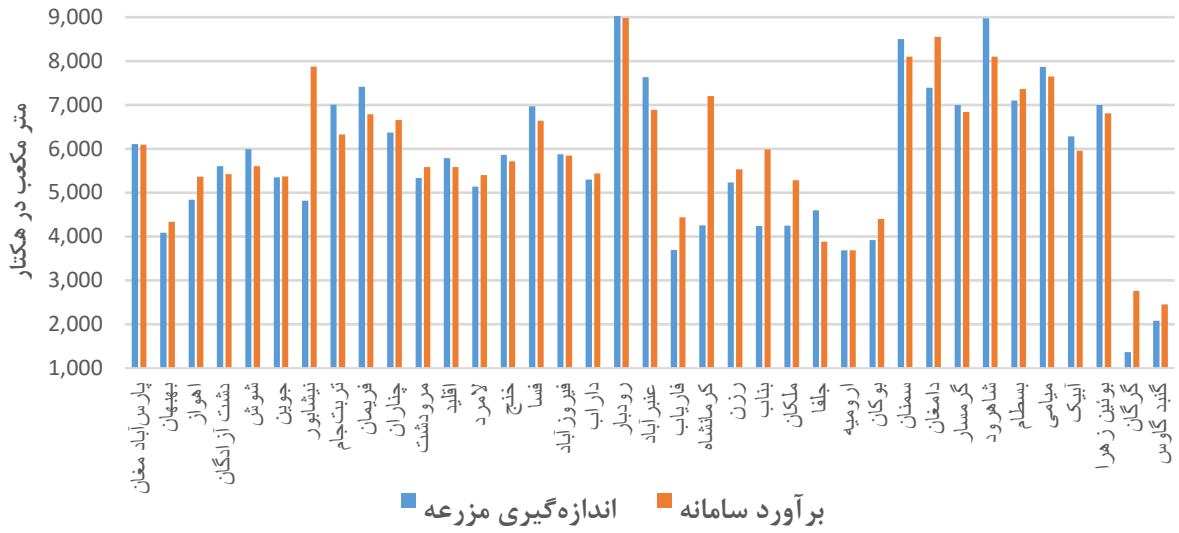
ب- برآورد مقدار آب آبیاری گندم:

جدول ۱ و نمودار ۱ مقایسه میانگین آب آبیاری گندم بر اساس روش اندازه‌گیری مزرعه ای و سامانه نیاز آب ار در مناطق نشان می‌دهد با توجه به جدول مشاهد می‌شود که مقدار آب آبیاری گندم بر اساس روش اندازه‌گیری مزرعه‌ای در ۳۷ شهرستان کشور معادل ۵۷۳۴/۶ مترمکعب در هکتار و بر اساس برآورد سامانه نیاز آب، معادل ۵۹۷۰/۲ مترمکعب در هکتار بود. مقایسه نتایج میانگین حاکی از آن است که به طور متوسط اختلاف حدود ۲۳۵/۶ مترمکعب در هکتار، معادل ۳/۹۴ درصد در برآورد آب آبیاری وجود دارد. نظر به اینکه تفاوتی در متوسط گیری معمولی و میانگین گیری موزون شده وجود دارد لذا با توجه به جدول (۳) مقدار میانگین موزون شده آب آبیاری گندم برحسب سطح زیرکشت در ۳۷ شهرستان در روش اندازه‌گیری مزرعه معادل ۵۲۶۵/۴ مترمکعب و بر اساس برآورد سامانه نیاز آب معادل ۵۶۴۷/۷ مترمکعب در هکتار بود. مقایسه بین متوسط گیری و میانگین گیری موزون شده در مقدار آب آبیاری اندازه‌گیری مزرعه ای نشان می‌دهد که میانگین گیری موزون حدود ۸/۲ درصد کمتر از متوسط گیری است و مقایسه بین متوسط گیری و میانگین گیری موزون شده در سامانه نیاز آب نشان داد که میانگین گیری موزون حدود ۵/۵ درصدکمتر از متوسط گیری است. با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود که مقدار آب آبیاری گندم در کل دوره رشد در مناطق ۳۷ گانه بین ۲۸۰۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر متغیر است که با نتایج (Haghighati, 2013) در شهرکرد،(Heydari, 2011) در بردسیر، (Heydari, 2011) در استان‌های کرمان، گلستان و خوزستان، (Ghaseminezhad 2015 .Raeini et al) در همدان،(Keikhai andGanjikhorramdel,2016) در دشت سیستان، (Salamati, et al,2018) در بهبهان مطابقت دارد و و اختلاف موجود در نتایج ناشی از تغییرات اقلیمی، زمان کاشت، داشت و برداشت محصول و تدقیق کردن مراحل فنولوژی گیاه گندم بود که در اکثر نتایج تحقیقات به عمل‌آمده نیز تأیید شده است. نتایج مقایسه برآورد آب آبیاری گندم در سامانه نیاز آب و مقدار اندازه‌گیری شده در آزمون t-Test در جدول ۲ ارائه شد، با توجه به جدول مشاهده می‌شود که در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند لیکن مقدارآب آبیاری گندم در سامانه نیاز آب از مقدار اندازه‌گیری بیشتر بود، اختلاف برآورد در تاریخ کاشت و برداشت گیاه، تدقیق کردن مراحل فنولوژی گیاه گندم و تفاوت در آمار هواشناسی مورد استفاده دارد.

نتایج مقایسه برای ارزیابی مناسب‌تر از نتایج برای شهرستان‌ها در مقیاس بزرگ‌تر در جدول ۵ ارائه شده است، با توجه به جدول ۵ مشاهده شد که خطای نرمال ۱۹ درصد و شاخص توافق ۹۳ می‌باشد و این نشان از کارایی مورد قبول سامانه است. لذا سامانه نیاز آب، توانایی برآورد مقدار آب آبیاری گیاه گندم در سطح مزارع در مقیاس شهرستان را دارا بوده و قابل توجیه برای برآورد مقدار آب آبیاری گندم در سطح کشور می‌باشد. اندازه‌گیری میدانی مقدار آب آبیاری گندم در سطح مزارع کار بسیار وقت‌گیر و پرهزینه‌ای است و از طرفی به دقت ادوات اندازه‌گیری و خطای افراد نیز وابسته است و از سوی دیگر نوع واریته گیاه، نوع خاک، شرایط تغذیه‌ای و تنش‌ها و عوامل محیطی و محاطی در این خطا سهم دارند، خطای نرمال ۱۹ درصد و شاخص توافق ۹۳ درصد ناشی از عملکرد ضعیف سامانه و یا عدم دقت وسایل اندازه‌گیری نیست بلکه در هر روش اعم از برآرودی و اندازه‌گیری، پارامترهای بکار رفته و بانک‌های اطلاعاتی وجود دارد که خود منابع خطایی هستند و موجب به وجود آمدن اختلاف می‌گردد

جدول ۱- مقایسه نتایج مقدار آب آبیاری، بهره‌وری آب آبیاری و عملکرد گندم

		حجم کل آب (مترمکعب در هکتار)		عملکرد گندم (کیلوگرم در هکتار)		بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	
استان	شهرستان	اندازه‌گیری	سامانه	اندازه‌گیری	سامانه	اندازه‌گیری	سامانه
اردبیل	پارس‌آباد مغان	۶۱۰۷	۶۰۹۶	۵۷۳۷	۵۷۲۵	۰/۹	۰/۹
خوزستان	بهبهان	۴۰۹۰	۴۳۳۸	۳۹۵۵	۳۸۸۷	۱	۰/۹
خوزستان	اهواز	۴۸۳۷	۵۳۶۴	۴۸۰۰	۴۲۰۰	۱	۰/۸
خوزستان	دشت آزادگان	۵۶۰۵	۵۴۲۱	۴۴۶۷	۴۴۶۷	۰/۸	۰/۸
خوزستان	شوش	۵۹۹۱	۵۶۰۱	۴۷۵۸	۴۱۳۵	۰/۸	۰/۷
خراسان رضوی	جوین	۵۳۵۲	۵۳۷۰	۴۳۰۰	۴۰۰۰	۰/۸	۰/۷
خراسان رضوی	نیشابور	۴۸۱۹	۷۸۷۷	۴۸۹۰	۵۲۲۹	۱	۰/۷
خراسان رضوی	تربت‌جام	۷۰۰۳	۶۳۳۰	۶۲۵۰	۵۰۱۳	۰/۹	۰/۸
خراسان رضوی	فریمان	۷۴۱۴	۶۷۸۵	۶۷۳۶	۵۹۹۷	۰/۹	۰/۹
خراسان رضوی	چناران	۶۳۷۲	۶۶۵۵	۷۰۱۴	۶۲۹۹	۱/۱	۰/۹
فارس	مرودشت	۵۳۳۲	۵۵۸۴	۶۱۸۰	۶۱۸۰	۱/۲	۱/۱
فارس	اقلید	۵۷۸۵	۵۵۸۳	۶۹۲۳	۶۹۲۳	۱/۲	۱/۲
فارس	لامرد	۵۱۳۸	۵۴۰۰	۳۴۱۶	۳۸۳۸	۰/۷	۰/۷
فارس	خنج	۵۸۶۰	۵۷۱۳	۶۰۶۳	۶۰۰۰	۱	۱/۱
فارس	فسا	۶۹۷۱	۶۶۳۹	۵۹۳۳	۴۹۷۷	۰/۹	۰/۷
فارس	فیروزآباد	۵۸۷۶	۵۸۴۳	۶۸۰۸	۵۹۰۰	۱/۲	۱
فارس	داراب	۵۳۰۰	۵۴۴۰	۵۲۴۰	۴۵۷۸	۱	۰/۸
جنوب کرمان	رودبار	۹۲۷۰	۸۹۸۱	۴۰۹۵	۴۱۰۰	۰/۴	۰/۵
جنوب کرمان	عنبرآباد	۷۶۳۶	۶۸۹۱	۴۵۸۸	۴۲۰۰	۰/۷	۰/۶
جنوب کرمان	فاریاب	۳۶۹۳	۴۴۴۰	۴۱۵۰	۳۰۵۰	۱/۱	۰/۷
کرمانشاه	کرمانشاه	۴۲۵۵	۷۲۰۵	۶۶۶۳	۵۰۲۱	۱	۰/۷
همدان	رزن	۵۲۳۵	۵۵۲۹	۵۴۹۰	۴۹۵۰	۱	۰/۹
آذربایجان شرقی	بناب	۴۲۳۸	۵۹۸۵	۳۸۱۱	۴۲۳۰	۰/۹	۰/۷
آذربایجان شرقی	ملکان	۴۲۴۸	۵۲۸۰	۳۹۵۶	۴۱۲۵	۰/۹	۰/۸
آذربایجان شرقی	جلفا	۴۶۰۰	۳۸۸۲	۴۵۶۰	۳۸۰۹	۱	۰/۹
آذربایجان غربی	ارومیه	۳۶۸۴	۳۶۸۲	۴۸۲۸	۳۶۱۰	۱/۳	۰/۹
آذربایجان غربی	بوکان	۳۹۱۷	۴۴۰۰	۴۷۲۳	۴۶۷۱	۱/۲	۱/۱
سمنان	سمنان	۸۵۰۰	۸۱۰۰	۵۰۰۰	۵۰۵۰	۰/۶	۰/۶
سمنان	دامغان	۷۳۹۵	۸۵۵۲	۵۶۵۰	۵۶۰۰	۰/۸	۱
سمنان	گرمسار	۶۹۹۵	۶۸۴۱	۵۷۵۰	۵۷۰۰	۰/۸	۰/۸
سمنان	شاهرود	۸۹۷۴	۸۱۰۳	۴۵۰۰	۶۱۵۰	۰/۵	۰/۸
سمنان	بسطام	۷۱۰۰	۷۳۶۰	۵۲۵۰	۵۲۵۰	۰/۷	۰/۷
سمنان	میامی	۷۸۶۴	۷۶۵۰	۶۰۰۰	۴۸۵۰	۰/۸	۰/۶
قزوین	آبیک	۶۲۸۳	۵۹۵۸	۶۴۱۷	۶۳۸۰	۱	۱/۱
قزوین	بوئین زهرا	۷۰۰۰	۶۸۰۹	۵۵۵۰	۵۸۶۰	۰/۸	۰/۹
گلستان	گرگان	۱۳۶۵	۲۷۵۹	۴۳۸۲	۴۵۶۰	۳/۲	۱/۶
گلستان	گنبد گاوس	۲۰۷۷	۲۴۵۰	۴۱۷۶	۴۶۵۸	۲	۱/۹
	متوسط	۵۷۳۴/۶	۵۹۷۰/۲	۵۲۱۶/۵	۴۹۵۰/۶	۱/۰۱	۰/۸۸



نمودار ۱- مقایسه آب مصرفی اندازه گیری مزرعه ای و برآورد سامانه نیاز آب

جدول ۲- آنالیز T-Test بین پارامترهای اندازه‌گیری‌شده و سامانه و سایر مراجع موجود

		آزمون لوین برای برابری واریانس‌ها		آزمون تی برای برابری میانگین‌ها						
		F	Sig.	T	Df	Sig.	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	۹۵ سطح اطمینان	
									سطح پایین	سطح بالا
بهره‌وری سامانه و اندازه گیری شده	واریانس برابر	۰/۷۱۳	۰/۴۰۱	۱/۴۲۸	۷۲	۰/۱۵۸	۰/۱۲۴۳۲	۰/۰۸۷۰۵	-۰/۰۴۹۲	۰/۲۹۷۸۵
	واریانس نابرابر			۱/۴۲۸	۵۸/۳۲۴	۰/۱۵۹	۰/۱۲۴۳۲	۰/۰۸۷۰۵	-۰/۰۴۹۹	۰/۲۹۷۸۵
آب آبیاری سامانه و اندازه گیری شده	واریانس برابر	۱/۱۵	۰/۲۸۷	-۰/۲۹۲	۷۲	۰/۷۷۱	-۰/۱۰۸۱	۰/۳۷۰۰۳	-۰/۸۴۵۷	۰/۶۲۹۵۳
	واریانس نابرابر			-۰/۲۹۲	۷۰/۰۸۳	۰/۷۷۱	-۰/۱۰۸۱	۰/۳۷۰۰۳	-۰/۸۴۴۶	۰/۶۲۹۸۷
ETc سامانه و اندازه گیری شده	واریانس برابر	۱۸/۷	۰/۰۰۰	۱/۸۶۵	۶۶	۰/۰۶۷	۴۷/۳۰۲۹	۲۵/۳۶۹۸	-۳/۳۴۹۵	۹۷/۹۵۵۴
	واریانس نابرابر			۱/۸۶۵	۴۳/۹۹۵	۰/۰۶۹	۴۷/۳۰۲۹	۲۵/۳۶۹۸	-۳/۸۲۶۷	۹۸/۴۳۲۶
ETc سامانه و کتاب	واریانس برابر	۱/۸۱۸	۰/۱۸۲	۳/۴۹۹	۷۲	۰/۰۰۱	۷۲/۵۴۳۲	۲۰/۷۳۴۴	۳۱/۲۰۹۸	۱۱۳/۸۷۶
	واریانس نابرابر			۳/۴۹۹	۵۷/۸۸۱	۰/۰۰۱	۷۲/۵۴۳۲	۲۰/۷۳۴۴	۳۱/۰۳۶۹	۱۱۴/۰۴۹
ETc اندازه گیری و کتاب	واریانس برابر	۱۴/۴	۰/۰۰۰	-۰/۰۲۲	۷۲	۰/۹۸۳	-۰/۰۶۰۸	۲۷/۶۹۲۴	-۵۵/۸۱۲	۵۴/۵۹۶۵
	واریانس نابرابر			-۰/۰۲۲	۵۰/۲۳۲	۰/۹۸۳	-۰/۰۶۰۸	۲۷/۶۹۲۴	-۵۶/۲۲۴	۵۵/۰۰۸۲
ETc سند ملی و سامانه	واریانس برابر	۸/۹۵۴	۰/۰۰۴	-۵/۵۵	۷۲	۰/۰۰۰	-۱۲۱/۶۱	۲۱/۹۱۳۶	-۱۶۵/۲۹	-۷۷/۹۲۸
	واریانس نابرابر			-۵/۵۵	۵۸/۳۹۸	۰/۰۰۰	-۱۲۱/۶۱	۲۱/۹۱۳۶	-۱۶۵/۴۷	-۷۷/۷۵۳
عملکرد سامانه و اندازه گیری شده	واریانس برابر	۰/۴۱۵	۰/۵۲۱	۰/۸۰۸	۷۲	۰/۴۲۲	۰/۱۸۹۱۹	۰/۲۳۴۰۶	-۰/۲۷۷۴	۰/۶۵۵۷۴
	واریانس نابرابر			۰/۸۰۸	۷۱/۴۳۶	۰/۴۲۲	۰/۱۸۹۱۹	۰/۲۳۴۰۶	-۰/۲۷۷۵	۰/۶۵۵۸۴
عملکرد سامانه و آمار نامه	واریانس برابر	۱/۹۱۹	۰/۱۷	-۱/۳۷	۷۲	۰/۱۷۵	-۲۸۰/۹۱	۲۰۵/۰۷۹	-۶۸۹/۷۲	۱۲۷/۹۰۷
	واریانس نابرابر			-۱/۳۷	۶۹/۰۴۸	۰/۱۷۵	-۲۸۰/۹۱	۲۰/۰۷۹۳	-۶۹۰/۰۳	۱۲/۲۰۵۹
عملکرد آمارنامه و اندازه گیری شده	واریانس برابر	۳/۸۷۷	۰/۰۵۳	-۲/۶۲۹	۷۲	۰/۰۱	-۵۴۷/۵۹	۲۰۸/۳۱۷	-۹۶۲/۸۷	-۱۳۲/۳۲
	واریانس نابرابر			-۲/۶۲۹	۶۸/۳۴۵	۰/۰۱	-۵۴۷/۵۹	۲۰۸/۳۱۷	-۹۶۳/۲۵	-۱۳۱/۹۴

نتایج میانگین گیری موزون مقدار آب آبیاری گندم که توسط سامانه برآورد شده برابر با ۵۶۴۷/۹ مترمکعب در هکتار می‌باشد و میانگین گیری موزن مقدار آب آبیاری گندم که به طور مستقیم از مزارع اندازه‌گیری شده برابر با ۵۲۶۵/۴ مترمکعب در هکتار شد و می توان نتیجه گرفت برای سطح دو میلون هکتار اراضی تحت کشت گندم، حجم آب آبیاری برآورد شده توسط سامانه نیاز آب ۱۱/۲۹ میلیارد

مترمکعب و حجم آب آبیاری با روش اندازه‌گیری شده مزرعه‌ای برابر با ۱۰/۵۳ میلیارد متر مکعب است و مقایسه نتایج دو روش در سطح کشور نشان داد که اختلاف ۶/۷ درصد وجود دارد، نتایج به دست با مقدار حجم آبیاری توسط معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی ۱۳۹۴ هماهنگی زیادی دارد لیکن با (Azimi Dezfuli et al. 2017 ,2019) و (Azizi zahan et al. 2014) اختلاف دارد. و عمده اختلاف به مبانی برآورد مقدار آب آبیاری برمی‌گردد، سامانه نیاز آب مقدار حجم آب آبیاری گندم را بر مبنای نیاز آبی گیاه گندم و با در نظر گرفتن نوع روش‌های آبیاری و کارایی کاربرد آب آبیاری در مناطق محاسبه می‌کند و در روش مستقیم بر مبنای اندازه‌گیری واقعی و عملکرد واقعی در مزرعه بوده است و با این‌حال مقدار ۶/۷ درصد خطا منطقی و قابل‌قبول می‌باشد.

ج- برآورد مقدار عملکرد دانه گندم:

جدول ۱ مقایسه میانگین عملکرد دانه گندم بر اساس روش اندازه‌گیری و سامانه نیاز آب در مناطق نشان می‌دهد با توجه به جدول مشاهد شد که عملکرد دانه گندم بر اساس روش اندازه‌گیری مزرعه‌ای در ۳۷شهرستان کشور برابر با ۵۲۱۶/۵ کیلوگرم در هکتار و بر اساس برآورد سامانه نیاز آب برابر با ۴۹۵۰/۶ کیلوگرم در هکتار شد و متوسط عملکرد دانه گندم بر اساس سالنامه آماری وزارت جهاد کشاورزی در سال ۹۶-۹۵ در ۳۷ شهرستان، برابر با ۴۸۰۸/۶ کیلوگرم در هکتار بود. مقایسه نتایج میانگین مقدار عملکرد اندازه‌گیری مزرعه‌ای و برآورد شده در سامانه نیاز آب نشان می‌دهد که به طور متوسط اختلاف حدود ۲۶۵/۹ مترمکعب در هکتار است معادل ۵/۱ درصد را در برآورد مقدار عملکرد را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود که مقدار عملکرد دانه گندم در مناطق ۳۷ گانه بین ۳۵۰۰ تا ۷۱۰۰ کیلو گرم در هکتار متغیر است که با نتایج (Haghighati, 2013) در شهرکرد،.(Heydari, 2011) در بردسیر، (Heydari, 2011) در استان‌های کرمان، گلستان و خوزستان، (Ghaseminezhad Raeini et al. 2015) در همدان،(Keikhai andGanjikhorramdel,2016) در دشت سیستان، (Salamati, et al,2018) در بهبهان مطابقت دارد.اختلاف عملکرد عمدتاً ناشی از اقلیم، تراکم کشت، نوع خاک و هم چنین زمان کاشت، داشت و برداشت است و این موضوع در اکثر مطالعات به‌عمل‌آمده نیز تأییدشده است. نتایج مقایسه میانگین مقدار عملکرد واقعی محصول گندم در سامانه نیاز آب و مقدار عملکرد اندازه‌گیری شده در آزمون t-Test در جدول ۲ ارائه شد، نتایج نشان داد باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند لیکن مقدار عملکرد گندم در سامانه نیاز آب از مقدار اندازه‌گیری کمتر بود. اختلاف عملکرد نشان‌دهنده دقت در تاریخ کاشت و مراحل فنولوژی گیاه می‌باشد. نتایج مقایسه برای ارزیابی مناسب‌تر از نتایج برای شهرستان‌ها در مقیاس بزرگ‌تر در جدول ۵ ارائه شده است، با توجه به جدول ۵ مشاهده شد که خطای نرمال ۱۷ درصد و شاخص توافق ۹۵ می‌باشد و این نشان از کارایی مورد قبول سامانه است. لذا سامانه نیاز آب، توانایی برآورد مقدار عملکرد گندم در سطح مزارع در مقیاس شهرستان را دارا بوده و قابل توجیه برای برآورد مقدار واقعی عملکرد گندم در سطح کشور می‌باشد. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری عملکرد گندم در سطح مزارع کار بسیار وقت‌گیر و پرهزینه‌ای است و از طرفی به‌دقت ادوات اندازه‌گیری و خطای افراد نیز وابسته است و از سوی دیگر نوع واریته گیاه، نوع خاک، شرایط تغذیه‌ای و تنش‌های محیطی دیگر و عوامل محیطی و محاطی در این خطا سهم دارند. خطای نرمال ۱۷ درصد و شاخص توافق ۹۴ ناشی از عملکرد ضعیف سامانه و یا عدم دقت وسایل اندازه‌گیری نیست بلکه هر در روش اعم از برآوردی و یا اندازه‌گیری، عواملی بکار رفته و بانک‌های اطلاعاتی وجود دارد که خود منابع خطا هستند و موجب به وجود آمدن این اختلاف می‌گردد. نظر به اینکه مقدار عملکرد در شرایط متوسط گیری معمولی و میانگین گیری موزون شده تفاوتی وجود دارد. با توجه به جدول (۳) مقدار میانگین گیری موزون شده عملکرد گندم برحسب سطح زیرکشت در شهرستان در روش اندازه‌گیری مزرعه برابر با ۵۲۸۶/۹ کیلوگرم و بر اساس برآورد سامانه نیاز آب معادل ۴۹۳۶/۳ کیلوگرم در هکتار بود و با توجه مقدار میانگین موزن عملکرد واقعی برآورد شده دانه گندم نشان می‌دهد که مقدار عملکرد واقعی گندم برآورد شده توسط سامانه برای دو میلیون هکتار برابر با ۹/۸۸۸ میلیون تن و بر اساس روش اندازه‌گیری مزرعه ای برای دو میلیون هکتار از اراضی گندم برابر با ۱۰/۵۷ میلیون تن خواهد بود. بر اساس آمارنامه جهاد کشاورزی ۹۵-۹۶ این مقدار حدود ۸/۸۸ میلیون تن از مزارع آبی می‌باشد که نشان می‌دهد سامانه نسبت به آمارنامه ۱۰/۱۲ و روش اندازه‌گیری مستقیم نسبت به آمارنامه ۱۵/۹۱ درصد خطا دارند. البته این اختلاف برای میانگین‌گیری است و درصورتی‌که شهرستان به شهرستان محاسبات جداگانه انجام گیرد، قطعاً نتایجی دقیق تر حاصل می شود. عمده‌ترین دلیل کاهش عملکرد منطقه، تناسب اراضی، رقم مورد استفاده، عدم رعایت تاریخ کاشت در آبیاری موجب شد تا گندم نتواند حداکثر پتانسیل تولید خود را نشان دهد و همین مسئله موجب کاهش عملکرد گندم شده است.

جدول ۳- سطح زیر کشت مقایسه عملکرد محصول دانه گندم در شهرستان‌ها

استان	سطح زیر کشت استان (هکتار)	شهرستان	سطح زیر کشت شهرستان (هکتار)	مقدار آب آبیاری (مترمکعب در شهرستان)	مقدار آب آبیاری (مترمکعب در شهرستان)	مقدار عملکرد (کیلوگرم در شهرستان)	مقدار عملکرد (کیلوگرم در شهرستان)
				روش اندازه گیری	سامانه نیاز آب	روش اندازه‌گیری	سامانه نیاز آب	آمارنامه جهاد کشاورزی (۹۶-۹۵)
اردبیل	۶۸۵۰۰	پارس‌آباد	۲۳۲۱۳	۱۴۱۷۵۰۱۸۵	۱۴۱۵۰۶۴۴۸	۱۳۳۱۷۶۸۵۰	۱۳۲۸۹۴۴۲۵	۱۳۱۷۴۷۲۰۰
خوزستان	۳۸۰۰۰۰	بهبهان	۱۵۴۱۵	۶۳۰۵۱۲۸۱	۶۶۸۶۹۴۰۲	۶۰۶۶۲۸۰۹	۵۹۹۲۶۵۷۶	۸۱۹۵۲۵۰۰
خوزستان	–	اهواز	۳۹۰۲۷	۱۸۸۷۶۰۵۹۰	۲۰۹۳۴۰۸۲۸	۱۸۷۳۲۹۶۰۰	۱۶۳۹۱۳۴۰۰	۱۹۱۸۵۳۱۰۰
خوزستان	–	دشت آزادگان	۲۹۹۴۲	۱۶۷۸۲۹۹۰۰	۱۶۲۳۱۵۵۸۲	۱۳۳۷۴۰۹۳۳	۱۳۳۷۵۰۹۱۴	۹۶۱۶۹۰۰۰
خوزستان	–	شوش	۵۸۶۷۳	۳۵۱۵۱۴۸۳۲	۳۲۸۶۲۷۴۷۳	۲۷۹۱۵۱۴۶۶	۲۴۲۶۱۲۸۵۵	۳۲۲۹۷۸۴۰۰
خراسان رضوی	–	جوین	۱۰۹۲۷	۵۸۴۷۵۸۴۱	۵۸۶۷۷۹۹۰	۴۶۹۸۶۱۰۰	۴۳۷۰۸۰۰۰	۴۰۲۳۲۵۰۰
خراسان رضوی	۱۷۴۱۴۶	نیشابور	۱۹۳۱۱	۹۳۰۵۳۲۷۲	۱۵۲۱۱۲۷۴۷	۹۴۴۳۷۲۲۷	۱۰۰۹۷۷۲۱۹	۵۶۳۴۸۶۰۰
خراسان رضوی	–	تربت جام	۲۱۸۶۹	۱۵۳۱۴۳۹۳۴	۱۳۸۴۲۷۶۰۵	۱۳۶۶۷۸۱۲۵	۱۰۹۶۲۶۷۹۱	۸۹۱۷۲۲۰۰
خراسان رضوی	–	فریمان	۷۵۶۸	۵۶۱۱۲۷۵۶	۵۱۳۴۸۸۸۰	۵۰۹۷۵۸۸۶	۴۵۳۸۵۲۹۶	۳۲۹۳۸۷۰۰
خراسان رضوی	–	چناران	۹۸۲۸	۶۲۶۲۶۱۵۲	۶۵۴۰۵۳۴۰	۶۸۹۳۶۴۰۰	۶۱۹۰۶۵۷۲	۴۴۲۲۸۴۰۰
فارس	۲۲۴۰۰۰	مرودشت	۴۰۴۱۹	۲۱۵۵۲۲۷۷۶	۲۲۵۶۹۹۶۹۶	۲۴۹۷۸۵۰۶۰	۲۴۹۷۸۹۴۲۰	۲۴۹۸۶۵۹۰۰
فارس	–	اقلید	۱۹۷۷۴	۱۱۴۳۹۱۰۵۲	۱۱۰۳۹۸۲۴۲	۱۳۶۹۰۵۰۴۷	۱۳۶۸۹۵۴۰۲	۱۰۲۸۴۹۲۰۰
فارس	–	لامرد	۳۳۱۳	۱۵۹۹۴۶۸۸	۱۶۸۱۰۲۰۰	۱۰۶۳۳۹۰۴	۱۱۹۱۶۵۶۴	۱۳۱۴۹۸۰۰
فارس	–	خنج	۲۰۱۹	۱۱۸۳۱۸۶۴	۱۱۵۳۴۵۴۷	۱۲۲۴۰۲۷۴	۱۲۱۱۴۰۰۰	۹۵۷۳۴۰۰
فارس	–	فسا	۱۰۶۷۶	۷۴۴۲۲۳۹۶	۷۰۸۷۷۹۶۴	۶۳۳۳۵۳۷۰	۵۳۱۳۴۴۵۲	۵۷۹۱۳۲۰۰
فارس	–	فیروز آباد	۶۷۷۲	۳۹۷۹۴۹۷۵	۳۹۵۶۹۹۶۵	۴۶۱۰۵۱۳۸	۳۹۹۵۵۹۸۰	۳۸۲۹۹۸۰۰
فارس	–	داراب	۱۳۲۵۲	۷۰۲۳۹۶۶۴	۷۲۰۹۱۴۲۴	۶۹۴۴۱۰۰۴	۶۰۶۶۸۱۱۴	۸۰۰۶۱۰۰۰
جنوب کرمان	۳۸۵۰۰	رودبار	۱۳۲۵۲	۱۲۶۵۳۵۵۰۰	۱۲۲۵۹۰۶۵۰	۵۵۸۹۶۷۵۰	۵۵۹۶۵۰۰۰	۷۰۲۳۴۵۰۰
جنوب کرمان	–	عنبراباد	۱۴۴۰	۹۷۰۰۱۲۸	۹۹۲۳۰۴۰	۶۶۰۶۷۲۰	۶۰۴۸۰۰۰	۷۱۲۷۷۰۰
جنوب کرمان	–	فاریاب	۵۵۰۰	۲۰۳۱۲۸۷۵	۲۴۴۲۰۰۰۰	۲۲۸۲۵۰۰۰	۱۶۷۷۵۰۰۰	۲۹۹۷۳۸۰۰
کرمانشاه	۹۷۷۰۰	کرمانشاه	۳۷۹۶۹	۱۶۱۵۶۷۵۸۷	۲۷۳۵۶۶۶۴۵	۲۵۲۹۶۸۴۶۳	۱۹۰۶۴۲۳۴۹	۱۹۴۳۷۴۵۰۰
همدان	۷۳۰۵۰	رزن	۱۴۷۲۸	۷۷۰۹۵۱۸۹	۸۱۴۳۱۱۱۲	۸۰۸۵۶۷۲۰	۷۲۹۰۳۶۰۰	۷۰۴۰۹۰۰۰
آذربایجان شرقی	۷۴۰۵۰	بناب	۵۵۳۴	۲۳۴۵۱۲۴۷	۳۳۱۲۰۹۹۰	۲۱۰۸۹۱۵۲	۲۳۴۰۸۸۲۰	۱۸۲۸۱۱۰۰
آذربایجان شرقی	–	ملکان	۳۰۵۳	۱۲۹۶۷۹۸۱	۱۶۱۱۹۸۴۰	۱۲۰۷۷۶۳۲	۱۲۵۹۳۶۲۵	۱۴۴۸۶۴۰۰
آذربایجان شرقی	–	جلفا	۱۰۶۱	۴۸۸۰۶۰۰	۳۹۰۶۶۰۲	۴۸۳۸۱۶۰	۳۶۱۶۹۴۹	۵۱۸۴۳۰۰
آذربایجان غربی	–	ارومیه	۱۳۱۵۰	۴۸۴۴۴۹۶۸	۴۸۴۱۸۶۶۸	۶۳۴۸۸۶۸۳	۴۴۸۲۸۶۹۱	۴۶۹۶۶۶۰۰
آذربایجان غربی	–	بوگان	۹۱۸۸	۳۵۹۸۷۰۹۹	۴۰۴۲۷۲۰۰	۴۳۳۹۰۳۳۰	۴۲۹۱۷۱۴۸	۳۶۱۰۳۹۰۰
سمنان	۲۰۸۲۰	سمنان	۱۳۹۷	۱۱۸۷۱۱۰۰	۱۱۳۱۲۴۶۰	۶۹۸۳۰۰۰	۷۰۵۲۸۳۰	۵۸۶۰۸۰۰
سمنان	–	دامغان	۲۰۱۷	۱۴۹۱۳۴۹۷	۱۱۸۰۱۷۲۸	۱۱۳۹۴۳۵۵	۱۱۲۹۳۵۲۰	۸۵۲۰۴۰۰
سمنان	–	گرمسار	۳۷۱۱	۲۵۹۵۸۴۴۵	۲۵۳۸۶۹۵۱	۲۱۳۳۸۲۵۰	۲۱۱۵۲۷۰۰	۱۶۳۸۵۷۰۰
سمنان	–	شاهرود	۵۰۷۱	۴۵۵۰۵۴۶۴	۴۱۰۹۰۳۱۳	۲۲۸۱۹۵۰۰	۳۱۱۸۶۶۵۰	۲۰۷۷۲۳۰۰
سمنان	–	بسطام	۱۵۳۴	۱۰۸۹۱۴۰۰	۱۱۲۹۰۲۴۰	۸۰۵۳۵۰۰	۸۰۵۳۵۰۰	–
سمنان	–	میامی	۵۴۴۱	۴۲۷۸۸۴۴۹	۴۱۶۲۶۷۱۰	۳۲۶۴۸۴۰۰	۲۶۳۹۰۷۹۰	۲۵۳۴۵۲۰۰
قزوین	۴۸۹۳۰	آبیک	۱۴۱۹۸	۸۹۲۰۹۵۱۰	۸۴۵۹۰۴۹۲	۹۱۱۰۲۵۵۰	۹۰۸۶۵۹۲۰	۶۴۳۰۰۱۰۰
قزوین	–	بوئین زهرا	۱۲۲۸۷	۸۶۰۰۸۳۰۰	۸۳۶۶۱۵۰۲	۶۸۱۹۲۲۹۵	۷۸۶۳۶۱۶۰	۴۷۷۰۷۴۰۰
گلستان	۱۴۸۴۹۲	گرگان	۲۰۷۸۶	۲۸۳۷۲۸۹۰	۵۹۴۲۷۱۷۴	۹۱۰۸۴۲۵۲	۹۴۷۸۴۱۶۰	۱۱۲۴۰۶۵۰۰
گلستان	–	گنبد گاوس	۳۲۵۵۴	۶۷۶۰۱۶۳۶	۷۹۷۵۷۳۰۰	۱۳۵۹۳۲۴۸۲	۱۵۱۶۳۶۵۳۲	۱۴۴۰۱۶۲۰۰
جمع	۱۴۴۲۱۳۸	جمع	۵۳۵۸۶۹	۲۸۲۲۵۸۰۰۲۳	۳۰۲۵۴۸۳۹۵۰	۲۸۳۴۱۰۷۳۸۷	۲۶۴۹۹۲۷۹۲۴	۲۵۷۷۷۸۹۳۰۰
		میانگین موزن		۵۲۶۵/۴	۵۶۴۷/۹	۵۲۸۶/۹	۴۹۳۶/۳	۴۸۰۸/۷
		متوسط گیری	۱۴۴۸۳	۵۷۳۴/۶	۵۹۷۰/۲	۵۲۱۶/۵	۴۹۵۰/۶	۴۶۴۰/۰

جدول ٤- مقایسه مقدار تبخیر تعرق گیاه گندم از روش اندازه‌گیری، سامانه نیاز آب، کتاب نیاز آبی گیاهان و سند ملی آب در سطح شهرستان

استان	شهرستان	سطح زیر کشت شهرستان (هکتار)	مقدار ET_C گندم (مترمکعب در هکتار)	مقدار ET_C گندم (مترمکعب در شهرستان)	مقدار ET_C گندم (مترمکعب در هکتار)	مقدار ET_C گندم (مترمکعب در شهرستان)	مقدار ET_C گندم (مترمکعب در هکتار)	مقدار ET_C گندم (مترمکعب در شهرستان)	مقدار ET_C گندم (مترمکعب در شهرستان)
			اندازه‌گیری شده	اندازه‌گیری شده	سامانه نیاز آب	سامانه نیاز آب	کتاب نیاز آبی	کتاب نیاز آبی	سند ملی آب
اردبیل	مغان	۲۳۲۱۳	۴۸۶۷/۷	۱۱۲۹۹۳۱۴۶	۵۱۱۰	۱۱۸۶۱۸۴۳۰	۵۹۳۰	۱۳۷۶۵۳۰۹۰	۶۵۶۹۲۷۹۰
خوزستان	بهبهان	۱۵۲۱۴	۴۴۹۵/۶	۶۸۳۹۵۷۲۸	۴۷۴۹	۷۲۲۵۱۲۸۶	۵۹۳۰	۸۵۰۴۶۲۶۰	۷۸۱۹۹۹۶۰
خوزستان	اهواز	۳۹۰۲۷	۶۱۶۰	۲۴۰۴۰۶۳۲۰	۴۴۹۵	۱۷۵۴۲۶۳۶۵	۵۹۹۰	۲۳۳۷۷۱۷۳۰	۱۶۰۷۹۱۲۴۰
خوزستان	آزادگان	۲۹۹۴۲	۶۶۳۸/۳	۱۹۸۷۶۴۹۷۷	۴۲۴۲	۱۲۷۰۱۳۹۶۴	۵۹۳۰	۱۷۷۵۵۶۰۶۰	۹۶۴۱۳۲۴۰
خوزستان	شوش	۵۸۶۷۳	۴۰۶۲/۵	۲۳۸۳۵۹۰۶۳	۳۵۶۱	۲۰۸۹۳۴۵۵۳	۵۹۲۰	۳۴۷۳۴۴۱۶۰	۱۸۸۹۲۷۰۶۰
خراسان رضویی	جوین	۱۰۹۲۷	۷۷۵۰	۸۴۶۸۴۲۵۰	۵۷۳۰	۶۲۶۱۱۷۱۰	۶۱۸۰	۶۷۵۲۸۸۶۰	۶۹۳۸۶۴۵۰
خراسان رضوی	نیشابور	۱۹۳۱۱	۶۲۹۲/۱	۱۲۱۵۰۶۶۸۸	۵۵۹۰	۱۰۷۹۴۸۴۹۰	۶۱۲۰	۱۱۸۱۸۳۳۲۰	۱۰۹۸۷۹۵۹۰
خراسان رضوی	تربت‌جام	۲۱۸۲۸	۵۸۳۰	۱۲۷۲۵۷۲۴۰	۵۶۶۵/۳	۱۲۳۶۶۲۱۶۸	۵۵۹۰	۱۲۲۰۱۸۵۲۰	۱۰۳۹۰۱۲۸۰
خراسان رضوی	فریمان	۷۵۶۸	۵۸۳۰	۴۴۱۲۱۴۴۰	۵۰۲۰	۳۷۹۹۱۳۶۰	۵۵۹۰	۴۲۳۰۵۱۲۰	۳۶۰۲۳۶۸۰
خراسان رضوی	چناران	۹۸۲۸	۴۰۳۰	۳۹۶۰۶۸۴۰	۵۳۶۰	۵۲۶۷۸۰۸۰	۶۷۱۰	۶۵۹۴۵۸۸۰	۴۱۲۷۷۶۰۰
فارس	مرودشت	۴۰۴۱۹	۷۹۳۹	۳۲۰۸۸۷۶۴۲	۴۷۴۰	۱۹۱۵۸۶۰۶۰	۵۴۳۸	۲۱۹۷۹۸۵۲۲	۲۰۱۲۸۶۶۲۰
فارس	اقلید	۱۹۷۷۴	۸۹۰۸/۱	۱۷۶۱۴۹۲۶۴	۵۲۵۰	۱۰۳۸۱۳۵۰۰	۴۶۸۵	۹۲۶۴۱۱۹۰	۱۳۱۱۰۱۶۲۰
فارس	لامرد	۳۱۱۳	۶۹۴۳	۲۱۶۱۳۵۵۹	۴۶۴۰	۱۴۴۴۴۳۲۰	۵۲۵۰	۱۶۳۴۳۲۵۰	۲۱۱۶۸۴۰۰
فارس	خنج	۲۰۱۹	۶۵۱۹/۳	۱۳۱۶۲۴۶۷	۴۸۵۰	۹۷۹۲۱۵۰	۵۲۵۰	۱۰۵۹۹۷۵۰	۹۴۲۸۷۳۰
فارس	فسا	۱۰۶۷۶	۷۸۵۶	۸۳۸۷۰۶۵۶	۵۷۴۰	۶۱۲۸۰۲۴۰	۷۰۷۰	۷۵۴۷۹۳۲۰	۴۸۷۸۹۳۲۰
فارس	فیروز آباد	۳۹۷۲	۷۵۵۱/۲	۲۹۹۹۳۳۶۶	۴۳۳۲	۱۷۲۰۷۱۰۱	۷۱۸۰	۲۸۵۱۸۹۶۰	۱۷۶۷۵۴۰۰
فارس	داراب	۱۳۳۵۲	۶۵۹۰	۸۷۹۸۹۶۸۰	۴۹۲۸	۶۵۷۹۸۶۵۶	۶۲۱۰	۸۲۹۱۵۹۲۰	۷۴۱۰۳۶۰۰
جنوب کرمان	رودبار	۱۳۶۵۰	۴۵۰۰	۶۱۴۲۵۰۰۰	۶۸۱۰	۹۲۹۵۶۵۰۰	۷۱۶۰	۹۷۷۳۴۰۰۰	۴۳۶۸۰۰۰۰
جنوب کرمان	عنبرآباد	۱۴۴۰	۴۵۰۰	۶۴۸۰۰۰۰	۵۶۳۰	۸۱۰۷۲۰۰	۷۱۶۰	۱۰۳۱۰۴۰۰	۴۶۰۸۰۰۰
جنوب کرمان	فاریاب	۵۵۰۰	۴۵۰۰	۲۴۷۵۰۰۰۰	۵۷۷۳/۴	۳۱۷۵۳۷۰۰	۷۱۶۰	۳۹۳۸۰۰۰۰	۱۷۶۰۰۰۰۰
کرمانشاه	کرمانشاه	۳۸۷۵۰	۳۳۲۵/۵	۱۲۸۸۶۲۲۷۹	۵۸۳۰	۲۲۵۹۱۲۵۰۰	۵۵۸۰	۲۱۶۲۲۵۰۰۰	۱۱۸۹۶۲۵۰۰
همدان	رزن	۱۴۷۲۸	۵۸۹۷/۵	۸۶۸۵۸۳۸۰	۴۹۱۰	۷۲۳۱۴۴۸۰	۶۶۴۰	۹۷۷۹۳۹۲۰	۵۹۲۰۶۵۶۰
آذربایجان شرقی	بناب	۵۵۳۴	۴۰۱۷/۲	۲۲۲۳۱۰۰۰	۵۳۲۰	۲۹۴۴۰۸۸۰	۵۷۴۰	۳۱۷۶۵۱۶۰	۱۸۱۵۱۵۲۰
آذربایجان شرقی	ملکان	۳۰۵۳	۴۰۱۷/۱	۱۲۲۶۴۱۵۵	۵۳۴۰	۱۶۳۰۳۰۲۰	۵۷۴۰	۱۷۵۳۴۲۲۰	۱۰۰۱۳۸۴۰
آذربایجان شرقی	جلفا	۱۰۶۱	۴۰۱۸	۴۲۶۳۰۹۸	۵۰۱۰	۵۳۱۵۶۱۰	۵۷۴۰	۶۰۹۰۱۴۰	۳۴۸۰۰۸۰
آذربایجان غربی	ارومیه	۱۳۷۴۲	۴۶۳۰	۶۳۶۲۵۴۶۰	۵۰۱۰	۶۸۸۴۷۴۲۰	۵۳۲۰	۷۳۱۰۷۴۴۰	۵۱۶۶۹۹۲۰
آذربایجان غربی	بوکان	۹۶۰۰	۴۴۹۲/۵	۴۳۱۲۸۰۰۰	۵۴۱۰	۵۱۹۳۶۰۰۰	۵۴۰۰	۵۱۸۴۰۰۰۰	۳۶۵۰۴۰۰۰
سمنان	سمنان	۱۴۸۹	۶۱۸۰	۹۲۰۲۰۲۰	۵۷۵۶	۸۷۱۹۵۸۴	۶۲۵۰	۹۳۰۶۲۵۰	۴۰۹۴۷۵۰
سمنان	دامغان	۲۱۵۰	۶۰۳۶	۱۲۹۷۷۴۰۰	۴۷۲۰	۱۰۱۴۸۰۰۰	۵۹۱۰	۱۲۷۰۶۵۰۰	۵۸۴۸۰۰۰
سمنان	گرمسار	۳۷۱۱	۶۰۸۰	۲۲۵۶۲۸۸۰	۵۲۱۰	۱۹۳۳۴۳۱۰	۶۱۷۰	۲۲۸۹۶۸۷۰	۱۳۹۵۳۳۶۰
سمنان	شاهرود	۵۰۷۱	۵۳۸۳	۲۷۲۹۷۱۹۳	۵۰۱۸	۲۵۴۴۶۲۷۸	۶۰۴۰	۳۰۶۲۸۸۴۰	۱۶۸۸۶۴۳۰
سمنان	بسطام	۱۵۳۴	۵۳۸۳	۸۲۵۷۵۲۲	۵۳۲۰	۸۱۶۰۸۸۰	۶۰۴۰	۹۲۶۵۳۶۰	۵۱۰۸۲۲۰
سمنان	میامی	۵۴۰۰	۵۷۴۰	۳۰۹۹۶۰۰۰	۴۸۰۰	۲۵۹۲۰۰۰۰	۶۰۴۰	۳۲۶۱۶۰۰۰	۱۷۲۸۰۰۰۰
قزوین	آبیک	۱۴۱۰۰	۷۰۵۸/۳	۹۹۵۲۲۵۰۰	۵۱۸۰	۷۳۰۳۸۰۰۰	۵۸۷۰	۸۲۷۶۷۰۰۰	۵۹۳۶۱۰۰۰
قزوین	بوئین زهرا	۱۲۲۹۰	۷۲۰۸/۳	۸۸۵۱۸۳۳۳	۵۳۹۰	۶۶۱۸۹۲۰۰	۵۸۷۰	۷۲۰۸۳۶۰۰	۵۱۶۹۸۸۰۰
گلستان	گرگان	۲۰۷۶۸	۲۱۵۰	۴۴۶۵۱۲۰۰	۴۲۲۰	۸۷۶۴۰۹۶۰	۴۳۵۰	۹۰۳۴۰۸۰۰	۳۱۳۵۹۶۸۰
گلستان	گنبد گاوس	۳۲۵۵۴	۲۳۴۰	۷۶۱۷۶۳۰	۳۵۹۰	۱۱۶۸۶۸۸۶۰	۳۸۳۰	۹۲۱۲۷۸۲۰	۵۵۳۴۱۸۰۰
	جمع شهرستان	۵۳۴۹۷۱	–	۲۸۸۳۸۱۱۱۰۶	–	۲۵۹۵۴۱۱۸۰۵۰	–	۳۰۲۰۱۵۹۲۳۲	۲۰۷۸۸۵۵۰۴۰
	میانگین	–	–	۵۳۹۰/۶	–	۴۸۵۱/۵	–	۵۶۴۵/۵	۳۸۸۵/۹
	موزون	۱۴۴۵۹	۵۵۵۹/۹۷	–	۵۰۹۰/۵	–	۵۸۸۲/۲	–	۳۹۶۶/۳
	متوسط								–

د: بهره‌وری آب آبیاری گندم:

جدول ۱ مقایسه میانگین بهره‌وری آب گندم بر اساس روش اندازه‌گیری مزرعه و سامانه نیاز آب ار در مناطق نشان می‌دهد با توجه به جدول مشاهد می شود که میانگین بهره‌وری آب آبیاری در سطح بر اساس ۳۷ شهرستان بر اساس اندازه‌گیری مزرعه برابر با ۱/۰۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری و بر اساس سامانه نیاز آب برابر با ۰/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری بود که با نتایج (Heydari, 2021) در خوزستان، (Taheri et al. 2020) در همدان، (Abasalan et al. 2010) در دشت آزادگان، (Yaghoubi et al. 2016) در قائنات، (Nirizi and Helmi Fakhrdavood 2004) در چناران، تربت حیدریه وتربت جام، (Asadi *et al.* 2001) در شهرکرد، (Nakhjavanimoghaddam *et al.* 2017) در مشهد، (Salamati et al. 2018) در بهبهان، (Shajari ,2012) در شیراز و (Sun et al. 2017) در چین مطابقت دارد. نتایج مقایسه میانگین مقدار بهره‌وری مقدار آب آبیاری گندم در سامانه نیاز آب و مقدار اندازه‌گیری شده در آزمون t-Test در جدول ۲ ارائه شد، نتایج نشان داد با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند و مقدار بهره‌وری مقدار آب آبیاری در سامانه نیاز آب از مقدار اندازه‌گیری کمتر بود و اختلاف ناشی از دقت در اندازه‌گیری آب آبیاری و عملکرد محصول بود، نتایج مقایسه برای ارزیابی مناسب‌تر از نتایج برای شهرستان‌ها در مقیاس بزرگ‌تر در جدول ۵ ارائه شده است با توجه به جدول ۵ مشاهده شد که خطای نرمال ۲۴ درصد و شاخص توافق ۹۰ درصد می‌باشد و این نشان از کارایی مورد قبول است. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری مقدار بهره‌وری مقدار آب آبیاری گندم در سطح مزارع کار بسیار وقت‌گیر و پر هزینه‌ای است و از طرفی به دقت ادوات اندازه‌گیری و خطای افراد نیز وابسته است و از سوی دیگر نوع واریته گیاه، نوع خاک، شرایط تغذیه‌ای و تنش‌های محیطی دیگر و عوامل محیطی و محاطی در این خطا سهم دارند. خطای نرمال ۲۴ درصد و شاخص توافق ۹۰ درصد ناشی از عملکرد ضعیف سامانه و یا عدم دقت وسایل اندازه‌گیری نیست بلکه هر روش تخمین و روش اندازه‌گیری و پارامترهای بکار رفته و بانک‌های اطلاعاتی، منابع خطایی هستند که موجب به وجود آمدن این اختلاف می گردد.

جدول ۵ – نتایج تحلیل شاخص‌های آماری

موارد مورد مقایسه	MBE	RMSE	NRMSE	d	EF
آب آبیاری سامانه و اندازه‌گیری شده	۲۱۵/۸۴	۸۳۷/۳۴	۰/۱۹	۰/۹۳	۰/۷۴
عملکرد گندم سامانه و اندازه‌گیری شده	−۳۱۷/۸۱	۶۱۰/۴۱	۰/۱۷	۰/۹۵	۰/۷۸
بهره‌وری سامانه و اندازه‌گیری شده	−۰/۹۰	۰/۱۵	۰/۲۴	۰/۹۰	۰/۵۸
سامانه و اندازه‌گیری شده ETc	−۳۴/۷۴	۱۱۰/۹۹	۰/۳۰	۰/۹۰	۰/۵۶
ETc سامانه و کتاب	−۶۸/۳۲	۱۰۳/۵۷	۰/۲۴	۰/۷۵	۰/۲۰
ETc اندازه‌گیری و کتاب	−۱۴/۶۰	۱۳۹/۴۳	۰/۲۵	۰/۴۷	۰/۲۱
ETc سامانه و سند	۸۴/۰۸	۱۴۵/۴۵	۰/۳۶	۰/۵۵	۰/۱۰
عملکرد گندم سامانه و آمارنامه	۴۶/۲۳	۱۰۱۰/۶۵	۰/۲۸	۰/۸۲	۰/۳۴
عملکرد گندم آمارنامه و اندازه‌گیری شده	۳۶۴/۰۴	۱۰۷۰/۷۱	۰/۳۰	۰/۸۲	۰/۲۵

نتیجه‌گیری

نتایج اندازه‌گیری مزرعه‌ای در ۲۳۸ نقطه و مزرعه در سطح ۳۷ شهرستان و ده استان کشور نشان داد که میانگین آب آبیاری گیاه گندم از روش اندازه‌گیری در مزارع و برآورد شده سامانه نیاز آبی به ترتیب برابر با ۵۹۷۰/۲ و ۵۷۳۴/۶ مترمکعب در هکتار بود. نتایج میانگین گیری موزن مقدار آب آبیاری گندم که توسط سامانه برآورد شده برابر با ۵۶۴۷/۹ مترمکعب در هکتار و به طور مستقیم از مزارع اندازه‌گیری شده برابر با ۵۲۶۵/۴ مترمکعب در هکتار شد، و می‌توان نتیجه گرفت برای سطح دو میلیون هکتار اراضی گندم حجم آب آبیاری برآورد شده توسط سامانه نیاز آب ۱۱/۲۹ میلیارد مترمکعب و حجم آب آبیاری اندازه‌گیری شده مزرعه‌ای برابر با ۱۰/۵۳ میلیارد مترمکعب شد. مقایسه نتایج دو روش نشان داد که در سطح کشور، حدود ۶/۷ درصد با هم اختلاف دارند، دلیل اختلاف به مبانی برآورد مقدار آب آبیاری برمی گردد، سامانه نیاز آب مقدار حجم آب آبیاری گندم را بر مبنای نیاز آبی گیاه گندم برآورد و با در نظر گرفتن روش‌های آبیاری و کارایی کاربرد آب آبیاری در مناطق محاسبه می‌کند، لیکن در روش مستقیم بر مبنای اندازه‌گیری واقعی در مزرعه بوده است و با این‌حال مقدار ۶/۷ درصد خطا منطقی و قابل‌قبول می‌باشد. مقایسه نتایج مقدار آب آبیاری اندازه‌گیری و برآورد سامانه نیاز آب دارای خطای نرمال ۱۹ درصد و شاخص توافق ۹۳ درصد می‌باشد و این نشان از کارایی مورد قبول سامانه است. لذا سامانه نیاز آب، توانایی برآورد مقدار آب آبیاری گیاه گندم در سطح مزارع در مقیاس شهرستان را دارا بوده و قابل توجیه برای برآورد مقدار واقعی آب آبیاری گندم در سطح کشور می‌باشد.

لازم به ذکر است که اندازه‌گیری آب آبیاری گندم در سطح مزارع کار بسیار وقت‌گیر و پرهزینه‌ای است و از طرفی به‌دقت ادوات اندازه‌گیری و خطای افراد نیز وابسته است و از سوی دیگر نوع واریته گیاه، نوع خاک، شرایط تغذیه‌ای و تنش‌های محیطی دیگر و عوامل محیطی و محاطی در این خطا سهم دارند. میانگین بهره‌وری آب آبیاری در روش اندازه‌گیری و سامانه نیاز آب به ترتیب برابر یا ۱/۰۱ و ۰/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب بود. اختلاف در مقدار بهره‌وری آب گندم در سطح کشور به گستردگی جغرافیایی آبیاری سطحی در سطح کشور و در خاک‌های مختلف و بهره برداران متعدد با مدیریت‌های متفاوت است. پیشنهاد می‌گردد برای سایر محصولات مهم کشور، مقایسه مقدار آب آبیاری و تعیین بهره‌وری آب انجام شود تا بدین ترتیب یک تخمین واقعی‌تر از میزان آب از منابع مختلف آبی کشور در دسترس مسئولین برای تصمیم‌گیری‌های آتی قرار گیرد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Abasalan, Sh., Karimi, M., Heidari, N., Dehghan, A., Abbasi, F. and Rahimian, M.H. (2010). Determination and evaluation of water use efficiency in the lower saline lands of the Karkheh watershed. Agricultural Engineering Research Institute, Final Research, ReportNo.89/1267. (In Persian)

Abbasi, F., Naseri, A., Sohrab, F., Baghani, J., Abbasi, N. and Akbari, M. (2015). Improvement of water consumption efficiency, Agricultural Engineering and Technical Research Institute , Final Research ReportNo.49/1327 . (In Persian

AbdzadGohari, A., Tafte, A., Ebrahimipak, N.A. and Babazadeh, H. (2021). Estimation of stress coefficients, plant coefficients and yield response to water in peanut under different levels irrigation. Iranian Journal of Soil and Water Research, 52(11),2763-2774. (In Persian)

Agricultural Planning, Economic and Rural Development Research Institute (APERDRI). (2016). Implementation projects of resistance economy - Program to improve the national production capacity of food security and production of strategic products, Ministry of Jihad Agriculture. (In Persian).

Akhatar, M.E; Nizami, M.J, (.1990). Seasonal crop Evapotranspiration- Moisture stress function for Majer climatic zones in Pakistan. Soil physics application under stress environments. Precede dings of the international symposium on applied soil physics in stress Environments, 22-26 January 1989, Islamabad, Pakistan, 276-285.

ASCE_ EWRI. (2005). The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Technical Committee Report to the Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers from the Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration. ASCE-EWRI, 1801 Alexander Bell Drive, Reston, VA 20191-4400, 173.

Asadi, H., Neyshaburi, M. and Siadat, H. (2001). Effect of water stress in different stages of growth on yield, yield components and some wheat relations. *Proceedings of the 7th Iranian Soil Science Congress, Shahrekord*. (In Persian)

Azimi Dezfuli, S.A., Ruknuddin Eftekhari, A., Nazari, B., Haydaj, A., Nizamipour, Q., Farajzadeh, M. and Fahmi, H. (2017). Analytical estimation of water requirement for wheat production in Iran. Space planning and design, 21 (2), 173-195. (In Persian)

Azimi Dezfuli, S.A. (2019). An Introduction to Agricultural WaterAccounting by Estimating Crop Water Consumption. J. Water and Sustainable Development, 3(6), 31-40. (In Persian)

Azizi zahan, A. A., Shahabifar, M., Ebrahimipak, N.A., Razavi, R., Ghalbi, S., Sarayi Tabrizi, M., Tolovi, R., and Piry, R. (2014). Evaluation of the efficiency of wheat water consumption in Iran and the world. The first national conference on soil and water management in wheat production. Iran. (In Persian)

Baghani, J., Meiri,M., Verjavand, P., Health, N., Eslami, A., Shahrukh Nia, M.A., Kayani, A.R. , Gadami Firouzabadi, A., Haqati Moghadam, A., Khosravi, H., Akhwan, K., Behramlu, R., Naseri, A., Abbasi, F., Akbari, M., Abbasi, N., Mousavi Fazl, S.H., Taifeh Rezaei, h., Hosseinzadeh Ajirlu, p., Ghafari, b., Aghaei, M.J., Dehghanian, S.A. , Yusuf-Gamrakchi, A., Maqbeli Domain, A. , Eslami, A.R., Nakhjavani Moghadam M.M. and Nemati, Sh. (2018). Determining the water consumption of wheat in the country, Agricultural Engineering and Technical Research Institute, Karaj. Final Research Report No. 28181. (In Persian)

Barzikar, M., Eghderanjad, A., Tafte, A. and Ebrahimipak, N.A.(2020).Wheat Yield and Water Productivity Simulation in Hendijan Plain Using Aqua Crop Model. J.Water management in agriculture. 7(1): 53-64. (In Persian)

Cooper, J.L (1980): the effect of nitrogen fertilizer on Irrigation frequency and semi dwof wheat is southwest Australia: 1: growth and yield, 2: water use: Aust. J Exp. Agric. Anim. Husn, 20: 334-346.

Daniel, J. Foley., Prasad, S., Thenkabail, P. Aneece., Pardhasaradhi .G., eluguntla and Adam, J. Oliphant. (2019). A meta-analysis of global crop water productivity of three leading world crops (wheat, corn, and rice) in the irrigated areas over three decades, International Journal of Digital Earth, DOI: 10.1080/17538947.2019.1651912.

Deputy Minister of Water and Soil, Ministry of Agricultural Jihad,(DMWMSAJ). (2014). Strategic document for improving productivity and saving agricultural water consumption, 6th Watershed and Aquifer Management Program, Ministry of Jihad Agriculture. (In Persian).

Ebrahimipak, N. (1993). Estimating the evaporation-transpiration of plants and determining the water requirement of autumn wheat using a lysimeter. Master's Thesis, Irrigation Department, Faculty of Agriculture, Tabriz University, 145

Ebrahimipak, N. (1999) Determining the evaporation-transpiration potential of wheat by lysimeter method at Shahrekord station, no,14597.

Ebrahimipak, N. (2007). Determining the water requirement of cereals (wheat and barley) and evaluating the statistics and figures presented in the book Water Requirement of Plants in order to complete and increase its accuracy by using lysometric research in Qazvin. No.25978

Eric, L.J; French; O.F, Bucks; D.A, Harris . K,(1989).Consumptive use of water by Major crop in the southwestern united states. U.S.Agric. Res. Sevu. Canserv. Res. Rep 26(6).

Ghaseminezhad Raeini, M.R., Marofi, S., Zare Kohan, M. and Maleki, A.(2015). Investigation of water efficiency index and its comparison with the actual conditions of wheat farms. Journal of Irrigation Science and Engineering (Journal of Agricultural Science), 38(1), 72-77. (In Persian).

Jafari najafabadi, M. S. Tafteh, A., Ebrahimipak, N.(2022)Determining the water requirement and Applied water of bell pepper in the greenhouse and comparing it with the results of the water requirement system. Iran water and soil research. (In Persian)

Haghighati, B. (2013). Extension plan report - improving water management and optimization in agricultural production process. Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research Center. (In Persian).

Heydari, N. (2021). Wheat Water Productivity in Iran Compared with Data of Some Countries. Water research in agriculture. 35(4), 421-435. (In Persian)

Heydari, N. (2011). Determination and evaluation of water use efficiency of some major crops under farmer's management in Iran. Journal of Water and Irrigation Management, 1(2) , 43-57. (In Persian).

Jamieson, P.D., Porter, J.R. and Wilson, D.R. (1991). A test of the computer simulation model ARCWHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. Field Crop Res. 27(2), 337–350.

Kahlown, M.A., Raoof, A., Zubair, M. and Doral, Kemper, W. (2007). Water use efficiency and economic feasibility of growing rice and wheat with sprinkler irrigation in the Indus Basin of Pakistan. Agricultural Water Management, 87(3), 292-298.

Kamali, G. and Alizadeh, A. (2007). Water requirement of plants in Iran, Imam Reza University (AS) Mashhad, Astan Quds Razavi Publishing House. (In Persian)

keikhai, F. and Ganji khorramdel, N. (2016.) Effect of deficit irrigation in corrugation and border methods on yield and water use efficiency of wheat cv. Hamoon. Journal of Water Research in Agriculture, 30(1), 1-11. (In Persian).

kiyomars, F. and nowzar, H. (2014). Agricultural water resource management with a view on the use of virtual water", National conference on solutions to the water crisis in Iran and the Middle East, Esfand, Shiraz, Iran. (In Persian)

khosravi, F.H(1989) Determining the evaporation-transpiration potential of wheat by lysimeter method at Varzghan station, no,10256.

Mircholi, F., Faramarzi, M. and Soltani, S. (2013). The effect of virtual water trade on the state of ecosystems, "The first international conference on terrestrial ecology, Aban, Isfahan, Iran. (In Persian)

Mirbagheri, v.,Nasiri Brothers, M., Emami, J. and Hosseini Thabit, S. M. 2017. Production and trade of basic agricultural products in the period of 2002-2017. Vice President of Infrastructure Research and Production Affairs, Office of Infrastructure Issues (Agricultural Department), Islamic Council Research Center, subject code 250, serial number 15021

Molden, D. (1997). Accounting for water use and productivity (No. 42). IWMI.

Moravejalahkam, b., Ebrahimipak, N.A , Tafete, A. and Hosseini, N. (2022). Sensitivity Analysis of Reference Evapotranspiration to Meteorological Parameters (Case Study: Synoptic Stations of Yazd Province). Iran water and soil research. (In Persian)

Mishra, H.s., Rathore, T.R,and Tomar,v.s (1995): water use efficiency of Irrigate wheat in the Tavai Region of India: Irrigation science. 1995, 16:2, 75-80.

Nakhjavanimoghaddam, M,M. ghahraman, B. and Zarei, Gh. (2017). Wheat water productivity analysis under different irrigation management practices in some regions of Iran. *Journal of Research in Agriculure*, 31(1), 43-57. (In Persian)

Nirizi, S. and Helmi Fakhrdavood, R. (2004). Comparison of water use efficiency at several points in Khorasan. *Articles of the Eleventh Iranian Irrigation and Drainage Committee. Tehran*. 391-403. (In Persian).

Panahi, A.D.(1990) Determining the evaporation-transpiration potential of wheat by lysimeter method at Yasuj station, no,126590.

Salamati, N., Baghani, J. and Abbasi, F. (2018). Determination of wheat water productivity in sprinkler and surface irrigation systems (Case Study in Behbahan). Iranian Journal of Soil and Water Research, 49 (4), 821- 830, (In Persian).

Shawcroft, R. W .1983. Limited Irrigation Amy crop yield up profit, Colorado .Rancherfarmer 37(4): 35-38.

Shajari, Sh. (2012). Comparison of productivity and economic and technical efficiency of irrigation water in wheat fields in Darab plain: Considering the Risks. Abstract of the Articles of the first National Conference on Water Management on the Farm, 10-9 June 2012, Karaj-Soil and Water Research Institute, p. 16.(In Persian)

Sun, S., Zhang C., Li X., Zhou T., Wang Y., Wu P. and Cai, H. (2017). Sensitivity of crop water productivity to the variation of agricultural and climatic factors: A study of Hetao irrigation district, China. Journal of Cleaner Production, 142, 2562-2569.

Tafte, A. and Emdad, M. (2021). Determination of Crop Yield Response Factor (Ky) in Deficit Irrigation Management at Different Stages of Quinoa Plant Growth.. Water management in agriculture. 8(2), 101-116. (In Persian)

Tafteh, A., Ebrahimipak. N. A., Babazadeh, H. and Kaveh, F. (2014b). Determine yield response factors of important crops by different production functions in Qazvin plain. Ecology, Environment and Conservation 20(2), 415-422.

Tafteh, A., Ebrahimipak. N. A., Babazadeh, H. and Kaveh, F. (2013). Evaluation of Improvement of Crop Production Functions for Simulation Winter Wheat Yields with Two Types of Yield Response Factors. Journal of Agricultural Science 5: 111-122.

Taheri, M., Rezavardinejad, V., Bahmanesh, J., Abbasi, F. and Baghani, J. (2020). Spatial Analysis of Water Productivity Index at Major Wheat Production Centers of IRAN. Water Research in Agriculture, 34(2), 217-227. (In Persian)

Willmott, C .J. (1982). Some comments on the evaluation of model performance. Bulletin of American Meteorology Society 63: 1309-1313.

RIZZo , V., maiorana,M., castrignano, A., Stelluti,M,.(1990) first evaluation of water balance in crops in rotation. Process dings Poc work shop held at Moden. 17-20 Apr 1990.

Yaghoubi, F., Jami-alahmadi, M., Bakhshi, MR. and Sayyari zahan, MH. (2016). Comparison of Indicators of Technical and Economic Water Use Efficiency in Saffron and Wheat Production Systems in the Qaenat Region.

Zarei, G. and Jafari, M. H. (2015). The Role of Import and Export of Major Crop Productions in Virtual Water Trade and Water Footprint in Agricultural sector of Iran., Iranian Irrigation and Drainage Journal, No. 5, Vo, December 9, 2014, pp. 797-784. (In Persian).

Zhang.C., McBean .EA., Huang .J .A Virtual Water Assessment Methodology for Cropping Pattern Investigation. Water Resources Manage, 2014; 28, 2331–2349.