

## Determining the water requirement of the crop pattern of Ardabil plain based on up-to-date meteorological statistics

Javanshir Azizi Mobaser 

Associate Professor, Department of Water Engineering Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

### Abstract

**Introduction:** Irrigation planning is one of the management strategies, which is based on determining the exact water requirement. The lysimetric method is the most accurate method of determining the water requirement of the plant, but due to the high cost and the need for high technical knowledge, it cannot be used anywhere. The basis for determining the water requirement in the Ardabil plain is the use of NETWAT software output information, which is known as the National Water Document of Iran. This software calculates the water requirement using the Penman-Monteith FAO model. The output of this software due to the need to update climate information, not introducing the exact range of plains, ignoring sub-climates in some plains and catchments (including Ardabil plain), and not considering some important crops in the plain (lack of potato water requirement In Ardabil plain) and the creation of new databases in recent years, should be reconsidered.

**Material and Methods:** This study in Ardabil plain and water requirement of the dominant crop pattern including wheat, barley, and potato, alfalfa, and bean crops was calculated by Penman-Monteith method and CROPWAT software. To calculate the net irrigation requirement, first, the evapotranspiration potential of the plain was obtained using climatic information from three stations Ardabil, Abi Biglou, and Namin. Then, the effective rainfall of the plain was extracted by the information from Ardabil, Abybeigloo, Namin, Koozeh Topraghi, Gilande, and Samian rain gauge stations. Required information on plain soil was prepared using 22 points in the plain. In the last step of the information preparation phase, the characteristics of the cropping pattern plants were defined using field measurements, local experiments, and FAO publication No. 56. The cropping pattern (91.4% of the cultivated area of Ardabil plain) included wheat, barley, potatoes, alfalfa and beans, which according to the five-year statistics ending in 2021, the cultivated area of these crops was 18,300 (32.6%), 10300 (19.4%), 15700 (28%), 5200 (9.2%) and 1200 (2.2%) hectares. After preparing the case information, the water requirement was calculated for each of the wheat, barley, potato, alfalfa and bean products in each of the soil sampling points in 10-day periods during the growing season. Based on the point information obtained, a zoning map of net irrigation needs in Ardabil plain was prepared.

**Results and Discussion:** Based on the obtained point information, a zoning map of net irrigation needs in Ardabil plain was prepared. The results showed that the zoning of the net need for irrigation divides the Ardabil plain into three separate parts in this regard. The northern part and the southern part are divided into high consumption, the eastern and southeastern parts are low consumption, and the western part and parts of the center are divided into medium consumption. In addition, according to the zoning results, the average, minimum, and maximum net irrigation needs of the crops were calculated. For the wheat crop, the average, minimum, and maximum net irrigation requirements were 164, 314, and 259 mm, respectively. For the barley crop, the average, minimum, and maximum net irrigation requirements were 110, 255, and 205 mm, respectively. For the potato crop, the average, minimum, and maximum net irrigation requirements were calculated as 325, 613, and 484 mm, respectively. Also, for alfalfa and bean crops, the mean, minimum, and maximum net irrigation requirements were estimated at 425, 872, and 670 mm and 337, 637, and 497 mm, respectively.

**Conclusion:** The results showed that if the average of the whole plain is used for wheat, barley, potato, alfalfa, and bean crops, instead of point or regional information, about 18%, 20%, 21%, 23%, and 22% deficit irrigation, respectively, and in Low consumption sector accounts for about 58%, 86%, 49%, 58%, and 48% of excess irrigation. Also, the results showed that using the output numbers of NETWAT software will cause wrong water management in Ardabil plain. Therefore, using the results of the National Water Document (NETWAT) will lead to incorrect water management due to the problems mentioned.

That is, if the results of the national document are used as the basis for determining the water requirement in the Ardabil plain, compared to the minimum and maximum numbers obtained from this research, about 32 and 38 million cubic meters will occur in the exceeding irrigated and deficit irrigated plains, respectively (without considering the impact potato crop due to not calculating its water requirement in the national water document for Ardabil plain). Considering climate change and also the development of different databases, it is suggested to use up-to-date information for water requirement calculations. Also, considering that the Ardabil plain is divided into three separate parts in terms of the net need for irrigation, therefore it is recommended that instead of using one number as the consumption in the whole plain, from point or regional information obtained from this research for wheat, barley, Use potatoes, alfalfa and beans.

**Keywords:** National Water Document, NETWAT, CROPWAT, Net Irrigation Requirement, Potato

**Article Type:** Research Article

#### **Acknowledgement**

We would like to express our sincere gratitude to the University of Mohagheh Ardabili for the financial and logistical supports who significantly contributed during the research project.

#### **Conflicts of interest**

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

#### **Data Availability Statement:**

All data generated during the manuscript analysis are included in the article. Further datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

#### **Authors' contribution**

Javanshir Azizi Mobaser: Resources, Software, Writing, Original draft preparation, Manuscript editing, Conceptualization, Supervision, Final editing.

\*Corresponding Author, E-mail: ja.mobaser22@gmail.com

**Citation:** Azizi Mobaser, J. (2023). Determining the water requirement of the crop pattern of Ardabil plain based on up-to-date meteorological statistics. *Water and Soil Management and Modeling*,

DOI: .....

DOR: .....

Received: ....., Received in revised form: ....., Accepted: ....., Published online: .....

*Water and Soil Management and Modeling*, Year ..., Vol. ..., No. ..., pp. ....

Publisher: University of Mohagheh Ardabili

© Author(s)





## تعیین نیاز آبی الگوی کشت غالب دشت اردبیل بر اساس آمارهای به روز هوشناسی

جوانشیر عزیز میبصر<sup>۱</sup>

۱- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

چکیده

یکی از راه کارهای مدیریتی، برنامه ریزی آبیاری است که اساس آن تعیین نیاز آبی دقیق است. اساس تعیین نیاز آبی در دشت اردبیل استفاده از اطلاعات خروجی نرم افزار NETWAT است. اطلاعات این نرم افزار به دلیل نیاز به به روزرسانی اطلاعات اقلیمی، نادیده گرفتن خرده اقلیم ها در برخی از دشت ها و حوزه های آبریز (از جمله در دشت اردبیل)، در نظر نگرفتن برخی کشت های مهم در دشت و ایجاد پایگاه های اطلاعات جدید در سال های اخیر، می بایست مورد بازبینی مجدد قرار گیرد. این تحقیق در دشت اردبیل و نیاز آبی الگوی کشت غالب دشت شامل محصولات گندم، جو، سیب زمینی، یونجه و لوبیا به روش پنمن مانیت فائو و توسط نرم افزار CROPWAT محاسبه شد. تبخیر و تعرق پتانسیل دشت با استفاده از اطلاعات اقلیمی سه ایستگاه سینوپتیک اردبیل، آبی بیگلو و نمین و ایستگاه های باران سنجی کوزه تپراقی، گیلانده و سامیان استخراج گردید. اطلاعات مورد نیاز خاک دشت با استفاده از ۲۲ نقطه در سطح دشت تهیه شد. نتایج نشان داد که پهنه بندی نیاز خالص آبیاری، دشت اردبیل را به سه قسمت مجزا از این حیث تقسیم بندی می کند. قسمت شمال و بخشی از جنوب قسمت پرمصرف، قسمت شرق و جنوب شرقی کم مصرف و غرب و بخش هایی از مرکز به صورت مصرف متوسط تقسیم بندی شده است. نتایج نشان داد که اگر برای محصولات گندم، جو، سیب زمینی، یونجه و لوبیا، به جای استفاده از اطلاعات نقطه ای یا منطقه ای از میانگین کل دشت استفاده شود به ترتیب در بخش پر مصرف حدود ۱۸٪، ۲۰٪، ۲۱٪، ۲۳٪ و ۲۲٪ کم آبیاری و در بخش کم مصرف حدود ۵۸٪، ۸۶٪، ۴۹٪، ۵۸٪ و ۴۸٪ بیش آبیاری اتفاق می افتد. همچنین نتایج نشان داد که استفاده از اعداد خروجی نرم افزار NETWAT باعث کاهش دقت مدیریت آب دشت اردبیل خواهد شد.

کلمات کلیدی: سند ملی آب، NETWAT، CROPWAT، نیاز خالص آبیاری، سیب زمینی

نوع مقاله: پژوهشی

\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Ja.mobaser22@gmail.com

استناد: عزیز میبصر، ج. (۱۴۰۱). تعیین نیاز آبی الگوی کشت غالب دشت اردبیل بر اساس آمارهای به روز هوشناسی. مدل سازی و مدیریت آب و خاک،

DOI:.....  
DOR: .....



تاریخ دریافت: .....، تاریخ بازنگری: .....، تاریخ پذیرش: .....، تاریخ انتشار: .....  
مدل سازی و مدیریت آب و خاک، سال .....، دوره .....، شماره .....، صفحه ... تا ....  
ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی © نویسندگان

## ۱- مقدمه

مدیریت منابع آب به عنوان مهم‌ترین منبع تجدیدپذیر، اما محدود، یکی از مهم‌ترین چالش‌های سده کنونی بوده و موجبات نگرانی‌های عمده جهانی را فراهم آورده است (Sharma et al., 2022; Abdzad Ghohari, 2022). مباحث و مطالعاتی که پیرامون موضوع آب به‌عنوان یکی از محوری‌ترین اجزای توسعه پایدار صورت پذیرفته، مدیریت ضعیف و ناپایدار آب و نه محدودیت‌های واقعی فیزیکی عرضه را مسئول مشکلات یاد شده می‌داند (Ewaid et al., 2021; Khaydar et al., 2021). بر اساس شاخص مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب، کشور ایران در وضعیت بحران شدید کم آبی قرار دارد. بنابر گزارش این مؤسسه ایران برای حفظ وضع موجود خود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید که این مقدار با توجه به امکانات و منابع موجود ناممکن به نظر می‌رسد (Pedro-Monzonís et al., 2015). کمبود آب باعث می‌شود که نیاز به مدیریت بهتر آب، بهینه‌سازی مصرف آب و بالا بردن راندمان کاربرد آب در سطح مزرعه بیش از پیش احساس گردد. مدیریت بهتر آب، بهینه‌سازی مصرف آب، بالا بردن راندمان کاربرد آب در مزرعه و در کل هر عملی که منجر به کاهش تلفات آب در مزرعه یا مسیر انتقال گردد مستلزم این است که روش‌ها و اینیبه‌های کارآمدی طراحی و اجرا گردند (Gabr and Fattouh, 2021). لازمه‌ی طراحی و اجرای اینیبه‌ها و تعیین روش‌های کارآمد داشتن یک مدل مجازی از نحوه حرکت آب از محل منبع تا مصرف و در نهایت تبخیر و خروج آب از سامانه گیاه می‌باشد. یکی از مهم‌ترین بخش‌های انتقال آب در خاک اتفاق افتاده که در این بین جذب ریشه گیاه نیز وجود دارد. چنانچه جذب آب توسط ریشه بررسی و تعیین گردد مناطقی از رشد ریشه که آب بیش‌تر و یا کم‌تر جذب می‌کند قابل شناسایی بوده و کمک شایانی در زمینه مقدار آب آبیاری و در نهایت مدیریت آب در مزرعه نماید (Abdzad Ghohari, 2022; Sharma et al., 2022). جهت آبرسانی به یک مزرعه نیاز به تاسیسات انتقال آب اعم از کانال‌ها یا لوله‌های انتقال آب می‌باشد. تعیین ظرفیت کانال‌ها یا لوله‌های انتقال آب بستگی به هیدرومدول مزرعه مورد نظر داشته و این پارامتر بایستی به دقت برای هر منطقه استخراج گردد (Sharma et al., 2022). از یک طرف، چنانچه هیدرومدول یک منطقه کم‌تر از مقدار واقعی برآورد گردد، نیاز آبی گیاهان آن منطقه برطرف نشده و کشاورزی آن منطقه خسارت فراوانی از این مسئله خواهد دید. از طرف دیگر، چنانچه هیدرومدول یک منطقه بیش‌تر از مقدار واقعی برآورد گردد،

کشاورزان در مصرف آب صرفه جویی نخواهند کرد و لذا راندمان سامانه‌های آبیاری در آن مناطق پایین خواهد آمد. لذا ایجاب می‌نماید که برای هر منطقه هیدرومدول الگوی کشت، به دقت برآورد شده و هیدرومدول ترکیبی استخراج و مبنای طراحی پروژه‌های آبی قرار گیرد (Kumar et al, 2012). با توجه به اینکه آب یکی از اساسی‌ترین نهاده‌های تولید محصول است، بنابراین اندازه‌گیری نیاز آبی در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب به عنوان ابزار لازم برای ارتقاء بهره‌وری آب بسیار ضروری و لازم است (Ghulam et al, 2022; Gobo et al, 2019). معمولاً تبخیر و تعرق برای گیاهان مختلف با استفاده از مدل‌های تجربی و عوامل اقلیمی محاسبه می‌شوند (Raof and Azizi, 2019). برای استفاده از مدل‌های تجربی نیاز به استفاده از ضریب گیاهی است و دقت این ضریب در مقدار تعیین نیاز آبی گیاه بسیار تأثیرگذار است. مطالعات زیادی در دو دهه اخیر وجود دارد که نشان می‌دهد که مناسب‌ترین مدل، مدل ارائه شده بر اساس نشریه شماره ۵۶ فائو است که تحت عنوان نرم‌افزار CROPWAT می‌باشد (El-Shfei and Mattar, 2020; Sojoodi et al, 2020; Gabr and Fattouh, 2021; Sharma; Surendran et al, 2019; Solangi et al, 2022; et al, 2022; Moseki et al, 2019; Periera et al, 2021). همچنین شناخت کافی بودن تعریف و محاسبه تبخیر و تعرق مرجع و رویه‌های مربوط به ضرایب محصول بسیار ضروری است. بنابراین با اصلاح رویه‌ها و به‌روز کردن محاسبات مربوط به نیاز آبی می‌توان در مدیریت صحیح آب در مزرعه و افزایش راندمان تغییر مثبتی ایجاد نمود (Pôças et al, 2020; Ramirez et al, 2019). همچنین (Moseki et al, 2019)، نیاز آبی و نیاز آبیاری برخی گیاهان را با استفاده از مدل CROPWAT در مناطق نیمه خشک در مراحل مختلف رشد محاسبه کردند و دریافتند که تأمین نیاز آبی در برخی مراحل رشد حساس گیاه باعث افزایش عملکرد محصول می‌شود. انجام تحقیقات و مطالعات گسترده در زمینه مدیریت منابع آب، کشاورزی و محیط زیست مستلزم آگاهی از تبخیر-تعرق واقعی در مقیاس زمانی و مکانی می‌باشد. روش‌های اصلی تعیین تبخیر-تعرق نظیر روش لایسیمتر و نسبت بوون برای اندازه‌گیری تبخیر-تعرق در مقیاس مزرعه به کار برده می‌شوند (Alizade et al, 2013). با توجه به این‌که سند ملی آب، نیاز آبی را در دشت‌ها و حوزه‌های آبریز کشور با استفاده از رابطه پنمن - مانتیث فائو (نشریه شماره ۵۶ فائو) برآورد نموده است.

افزا NETWAT توسط Ensafi Moghadam (2014)، مقایسه شد و نتایج نشان داد که ضروری است در استان مرکزی، **کشت‌های** با مصرف آب بالا و بازده اقتصادی پایین همانند چغندر قند و یونجه از الگوی کشت منطقه حذف و به جای آنها کشت‌هایی نظیر ذرت علوفه‌ای و کشت‌های بومی نظیر گندم و ارزن، با تناوب یک‌ساله که هم موجب کاهش استحصال آب و هم متضمن منافع اقتصادی بالا برای **بهره‌برداران** کشاورزی باشد، جایگزین شود. در تحقیقی توسط Barati et al (2018)، انجام شد، نیاز خالص آبیاری گیاهان الگوی کشت دشت کرمانشاه را برآورد و با **داده‌های** سند ملی آب مقایسه نمودند. این محققین در مطالعه انجام شده، برای محاسبه نیاز آبی گیاهان، از آمار هواشناسی **سال‌های** ۶۶-۱۳۶۵ تا ۹۵-۱۳۹۴ استفاده کردند و به منظور برآورد نیاز خالص آبیاری الگوی کشت دشت کرمانشاه از نرم افزار ET<sub>0</sub> Calculator برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع استفاده شد. سپس مقادیر تبخیر و تعرق گیاهان الگوی کشت، مقادیر باران مؤثر، و در ادامه مقادیر نیاز خالص آبیاری گیاهان محاسبه شدند. نتایج حاصل از مقایسه مقادیر بدست آمده در این تحقیق با مقادیر موجود در نرم افزار NETWAT نشان داد که برای اغلب گیاهان، مقادیر بدست آمده در این تحقیق به طور میانگین ۱/۲ برابر مقادیر ارائه شده در نرم افزار NETWAT بود. (Barahimi M, and Shahverdi, 2018) اقدام به به‌وزرسانی و بازنگری سند ملی آب در دشت‌های قزوین و فومنات کردند، نتایج نشان داد که مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه بین ۱۳۳۰ تا ۱۵۸۷/۱ میلی‌متر در دشت قزوین و ۷۴۳ تا ۸۰۹ میلی‌متر در دشت فومنات متغیر است. به‌طور متوسط، تبخیر و تعرق به‌اندازه ۴۰/۶ درصد در ایستگاه تاکستان (به‌عنوان ایستگاه نمونه) در دشت قزوین نسبت به سند ملی آب بیش‌تر است. بررسی تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که اولاً روش محاسبه تبخیر و تعرق **پنمن-مانتیت فائو** به‌عنوان یک روش جهانی در نقاط مختلف دنیا استفاده می‌شود، ثانیاً با توجه به اینکه این روش متأثر از عوامل اقلیمی، نوع خاک و محاسبه ضریب گیاهی است، بنابراین بازنگری محاسبات در دوره‌های زمانی و مکانی مختلف ضروری است. بنابراین ضروریست نیاز آبی پتانسیل در دشت اردبیل با استفاده از اطلاعات جدید دوباره محاسبه شود. بنابر این هدف انجام این تحقیق محاسبه دقیق نیاز آبی پتانسیل در محدوده دشت اردبیل با استفاده از بانک اطلاعاتی به روز و در نظر گرفتن شرایط اقلیمی متفاوت، اطلاعات محلی گیاهان منتخب و در نظر گرفتن تغییرات خاک در دشت اردبیل برای دستیابی به دقت بیشینه است.

در پژوهشی که توسط Chaakhori et al (2006)، انجام شد نقش سند ملی آب در عملکرد مصارف آب شبکه آبیاری ناحیه شمال خوزستان بررسی شد که نتایج نشان داد، اطلاعات سند ملی آب به تنهایی نمی‌تواند معیار مناسبی جهت الگوی مناسب مصرف آب باشد. در این تحقیق به بررسی روش محاسبه و مقادیر برآورد شده نیاز آبی محصولات استان خوزستان در سند ملی آبیاری پرداخته شد. بر اساس نتایج بدست آمده از این مطالعه، مقایسه نیاز آبی محاسبه شده در سند با دیگر مراجع برای دشت‌های مختلف استان خوزستان تفاوتی در **حدود ۱۸ تا ۹۱ درصد** برای گندم و تا ۳۱ درصد برای برنج را نشان داده است (Minaei and Khaksar, 2003). پژوهش انجام گرفته برای سه منطقه برنج (واقع در استان کرمانشاه) و شیخ بشارت و قصریان (واقع در استان کردستان) جهت مقایسه مقادیر محاسبه شده آب مورد نیاز الگوی کشت به روش پنمن-مانتیت و مقادیر ارائه شده در سند ملی آبیاری کشور، بیانگر آن بود که سند ملی آبیاری کشور در برخی موارد مقدار نیاز خالص آبی را بیش‌تر از مقدار محاسبه شده و در برخی از موارد کم‌تر گزارش نموده است (Qamraniya and Sepehri, 2009). موضوع تغییرات اقلیمی ظرف ۱۵ سال اخیر و قابلیت افزایش طول دور آمار ۱۵ ساله به مطالعات قبلی سند ملی آبیاری کشور نیز در مطالعه‌های برای استان خراسان رضوی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد نیاز آبی گیاه مرجع در استان خراسان رضوی در شرایطی که ۱۵ سال اخیر نیز در محاسبات گنجانده شوند به طور متوسط ۴۷ درصد بیش از مقدار محاسبه شده در مطالعات قبلی است. در این مطالعه، بر لزوم بازنگری و به‌روزرسانی سند ملی آبیاری کشور تأکید شده است (Erfanian et al, 2011). در پژوهشی دیگر، نیاز آبیاری گیاهان زراعی مهم مناطق مختلف در استان فارس برای شرایط میانگین (سطح احتمال ۵۰ درصد) و شرایط بحرانی (تبخیر و تعرق زیاد و بارندگی کم) تعیین شد. نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار نیاز آبیاری گزارش شده در برنامه NETWAT در ۸۸/۵ درصد موارد کم‌تر از مقدار نیاز آبیاری میانگین و در ۹۸/۱ درصد موارد کم‌تر از نیاز آبیاری بحرانی است (Foladmand, 2014). علاوه بر این، میزان انطباق نیاز آبی بادام در ایستگاه سینوپتیک سامان واقع در استان چهارمحال و بختیاری نیز با سند ملی آبیاری کشور در پژوهشی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نیز بیانگر افزایش ۴۰ درصدی تبخیر و تعرق بادام در منطقه مذکور نسبت به مقادیر ذکر شده در سند ملی آبیاری کشور بود (Heydari Bani et al, 2013). نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی و باغی در دشت‌های استان مرکزی با استفاده از نرم

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \quad (1)$$

که در این رابطه،  $ET_0$  تبخیر و تعرق گیاه مرجع چمن ( $mm \cdot d^{-1}$ )<sup>۱</sup>،  $\Delta$  شیب منحنی فشار بخار ( $KPa^0 c^{-1}$ )،  $R_n$  تشعشع خالص در سطح پوشش گیاهی ( $MJm^{-2}d^{-1}$ )،  $G$  شار گرمای خاک ( $MJm^{-2}d^{-1}$ )،  $\gamma$  ثابت رطوبتی ( $KPa^0 c^{-1}$ )،  $T$  متوسط دمای روزانه هوا در ارتفاع ۲ متری سطح زمین ( $^0C$ )،  $u_2$  سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین ( $m s^{-1}$ ) و  $(e_s - e_a)$  کمبود فشار بخار ( $KPa$ ) می باشد. برای استفاده از رابطه (۱) در نرم افزار CROPWAT می بایست اطلاعات ورودی مورد نیاز آن تهیه و به آن معرفی گردد. در این نرم افزار اطلاعات ورودی شامل بخش های  $ET_0$  / Climate، Rain، Crop و Soil می باشد.

### ۲-۲-۱ اطلاعات (Climate/ $ET_0$ ) و (Rain)

برای تکمیل بخش  $ET_0$  / Climate از آمار و اطلاعات (دمای بیشینه، دمای کمینه، درصد رطوبت نسبی متوسط هوا، سرعت باد، ساعات آفتابی و بارندگی روزانه) بلندمدت (آمار ۳۰ ساله منتهی به سال ۱۴۰۰) ایستگاه های هواشناسی نوع سینوپتیک اردبیل، آبی بیگلو و نمین استفاده شد. همچنین برای تهیه لایه بارندگی (Rain) علاوه بر اطلاعات ایستگاه های سینوپتیک از ایستگاه های باران سنجی گیلانده، کوزه تپراقی و سامیان در دشت اردبیل استفاده شد.

### ۲-۲-۲ اطلاعات خاک (Soil)

برای اندازه ویژگی های مورد نیاز خاک دشت اردبیل تعداد ۲۲ نمونه با پراکندگی مناسب در دشت اردبیل، مشخص شده و در اعماق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی متری نمونه برداری شد (Mehrabi Gohari et al, 2013). بعد از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه، بافت خاک به روش هیدرومتری، جرم مخصوص ظاهری، رطوبت در ظرفیت مزرعه ( $f_c$ ) با استفاده از دستگاه صفحات فشاری در مکش ۳۳ کیلو پاسکال، رطوبت در نقطه پژمردگی دائم (pwp) با استفاده از دستگاه صفحات فشاری و در مکش ۱۵۰۰ کیلو پاسکال و کل آب در دسترس هر لایه (TAW) با استفاده از رابطه (۲) اندازه گیری شد (Nasimi et al, 2019):

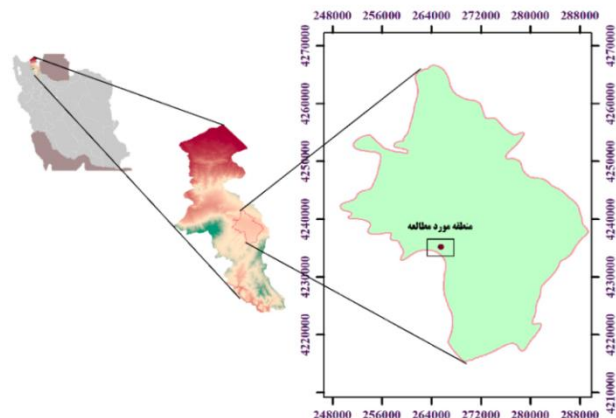
$$TAW = (\theta_{fc} - \theta_{pwp}) \times \rho_b \times Z \quad (2)$$

که در این رابطه، TAW کل آب در دسترس هر لایه (cm)،  $\theta_{fc}$  رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (%)،  $\theta_{pwp}$  رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم (%)،  $\rho_b$  جرم مخصوص ظاهری خاک ( $gr \cdot cm^{-3}$ )، Z عمق خاک در هر لایه (cm) می باشد.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- معرفی منطقه

مساحت دشت اردبیل حدود ۹۹۰ کیلومتر مربع بوده و متوسط بارش سالانه آن در ایستگاه سینوپتیک اردبیل حدود ۳۰۴ میلی متر می باشد. در این دشت اردیبهشت پر بارش ترین ماه و میانگین دمای سالانه در آن حدود ۹ درجه سانتی گراد می باشد. حداقل دمای ثبت شده ۳۳/۸- درجه سانتی گراد و متوسط تعداد روزهای یخبندان در دشت ۱۳۰ روز در سال ثبت شده است و یکی از نواحی سردسیر کشور محسوب می شود. این دشت با ارتفاع ۱۳۳۲ متر از سطح دریا، عرض جغرافیایی ۳۸/۱۵ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸/۱۷ درجه شرقی، از مناطق بسیار مستعد کشاورزی استان بوده و تعداد ۱۸۵۰۰ بهره بردار بخش کشاورزی در ۱۵۸ آبادی آن مشغول فعالیت می باشند (شکل ۱). شهرستان اردبیل به دلیل تولید بیش از ۶۱۵ هزار تن محصول سیب زمینی در مساحتی حدود ۱۷ هزار هکتار از اراضی شهرستان، یکی از قطب های مهم تولید سیب زمینی در کشور می باشد که به همراه شهرستان های نیر و نمین، رتبه اول و در مواردی رتبه دوم کشور را به خود اختصاص داده است.



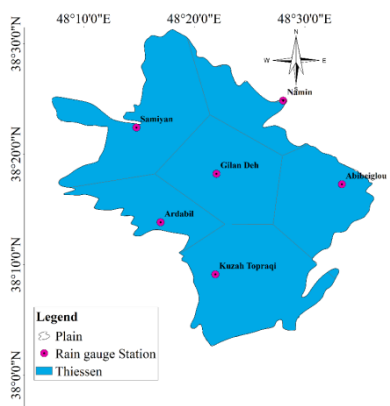
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان اردبیل

Figure 1- Location of the study area in Iran and Ardabil province

### ۲-۲-۲ مراحل محاسبه نیاز آبی

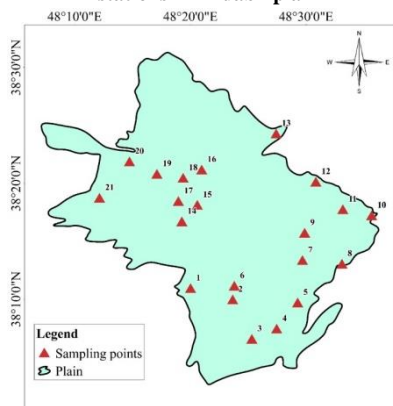
یکی از معروف ترین روش ها برای محاسبه تبخیر تعرق گیاه مرجع ( $ET_0$ ) روش پنمن مانیتث فائو می باشد که در قالب نشریه شماره ۵۶ فائو ارائه گردیده است. همچنین اساس برنامه کامپیوتری Cropwat نیز معادله پنمن فائو مانیتث می باشد که در این تحقیق از آن استفاده شد. در این روش گیاه مرجع یک پوشش چمن فرضی است که ارتفاع آن ۱۲ سانتی متر بوده و ضریب بازتاب ( $\alpha$ ) در آن ۲۳ درصد در نظر گرفته شده است، که معادله نهایی پنمن مانیتث فائو به شرح رابطه (۱) می باشد (Moseki et al, 2019):

Figure 2- The synoptic meteorological stations of Ardabil plain



شکل ۳- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک و بارن‌سنجی دشت اردبیل

Figure 3- Location of synoptic meteorological and rain gauge stations in Ardabil plain



شکل ۴- موقعیت نقاط نمونه‌برداری خاک در دشت اردبیل

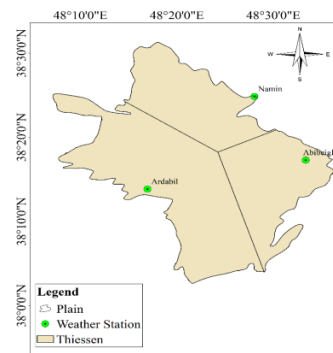
Figure 4- Location of soil sampling points in Ardabil plain

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های نمونه‌های خاک، شامل رطوبت حجمی در ظرفیت مزرعه (Fc)، رطوبت حجمی در نقطه پژمردگی دائم (PWP)، جرم مخصوص ظاهری ( $\rho$ ) و کل آب موجود (TAW) نشان داد (جدول ۱) که اگرچه در بسیاری از نقاط دشت بافت خاک سنگین و تا حدودی سنگین است، اما با توجه به اعداد مربوط به جرم مخصوص ظاهری و همچنین کل آب موجود خاک که تقریباً حدود ۳۰۰ میلی‌متر و بیش‌تر از آن است، می‌توان دریافت که ساختمان خاک در کل دشت تقریباً مناسب است.

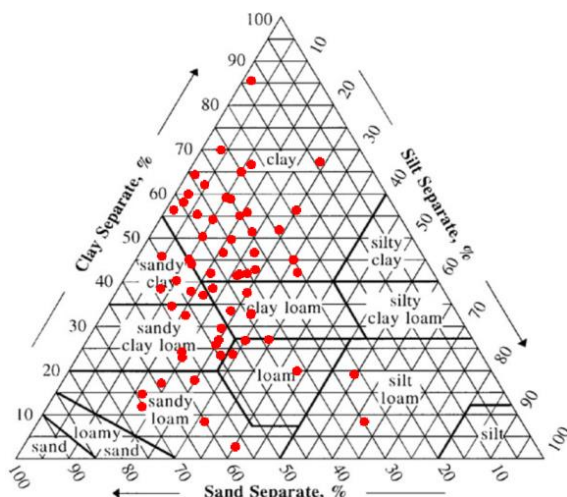
برای تکمیل اطلاعات مربوط به هر گیاه که شامل تاریخ کشت، طول هر مرحله از مراحل چهارگانه رشد گیاه، تاریخ برداشت و عمق ریشه از اطلاعات محلی (کشاورزان با سابقه)، مشاهدات و برداشت اطلاعات و همچنین متون مرجعی از قبیل نشریه شماره ۵۶ فائو استفاده شد. با توجه به موارد ذکر شده اطلاعات مورد نیاز برای گیاهان کشت منتخب دشت اردبیل شامل گندم، جو، سیب‌زمینی، یونجه و لوبیا تکمیل شد.

### ۳- نتایج و بحث

با تکمیل شدن اطلاعات ورودی و لایه‌های مورد نیاز در نرم‌افزار Cropwat نیاز خالص آبیاری برای الگوی کشت منتخب محاسبه شد. لازم به ذکر است که نیاز آبیاری در طول دوره رشد و در بازه‌های ۱۰ روزه محاسبه گردید. برای محاسبه نیاز خالص آبیاری در دشت اردبیل، ابتدا سه منطقه مجزای تبخیر و تعرق پتانسیل با توجه به تعداد ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در دشت ایجاد شد (شکل ۲). سپس با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی شش منطقه‌ی مجزا برای بارندگی موثر در دشت ایجاد شد (شکل ۳). در گام بعدی برای هر نقطه از دشت که نمونه‌خاک تهیه شده بود (طبق الگوی موجود در شکل ۴) اطلاعات خاک در پنجره Soil وارد شد و برای هر گیاه اطلاعات ویژه آن که در پنجره Crop ثبت شده بود استفاده و نیاز خالص آبیاری محاسبه گردید. با مشخص شدن نیاز آبی هر گیاه در هر نقطه از محل نمونه‌برداری خاک، نقشه نیاز خالص آبیاری برای هر یک از گیاهان ترسیم شده و در ادامه با استفاده از این نقشه یک میانگین کلی از دشت برای آن‌ها بر آورد شد. برای محاسبه باران موثر روش‌های مختلفی وجود دارد که برای هر دشت می‌بایست مناسب‌ترین آن را از طریق تحقیقات مشخص نمود. با توجه به تحقیقی که Asadzadeh et al, 2014 برای این منظور در دشت اردبیل انجام شد، مشخص گردید که روش موسوم به USDA S.C دقت بیشتری داشته، بنابراین در این تحقیق نیز از این روش استفاده شد.



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک دشت اردبیل



شکل ۵- پراکنندگی بافت خاک نمونه‌ها در مثلث بافت خاک  
Figure 5- Soil texture distribution of the samples in the soil texture triangle

با استفاده از اطلاعات نقطه‌ای که برای نیاز آبیاری خالص دشت در ۲۲ نقطه منتخب در دشت محاسبه شد در محیط نرم‌افزاری ArcGIS نقشه پهنه‌بندی نیاز خالص آبیاری برای هر محصول بدست آمد. این نقشه‌ها با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری و تولید شده در قالب شکل‌های ۶ الی ۹ که به ترتیب پهنه‌بندی نیاز خالص آبیاری در چهار دوره‌ی زمانی متفاوت برای محصولات گندم، جو، سیب‌زمینی، یونجه و لوبیا در دشت اردبیل را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که نیاز آبی در شرق و جنوب‌شرقی دشت به طور محسوسی کمتر از سایر بخش‌های دیگر دشت است. علت این موضوع را می‌توان به شرایط آب و هوایی محلی این بخش‌ها از دشت مرتبط دانست. در این قسمت‌ها از دشت (شرق و جنوب‌شرق دشت) با توجه رطوبت نسبی بالاتر به دلیل صعود تبخیر از دریای خزر و استقرار بیشتر در آن باعث شده که بخشی از نیاز آبی گیاه توسط آن تامین شود. از طرفی با استقرار جبهه رطوبتی محلی علاوه بر افزایش رطوبت نسبی، کاهش تقریبی دما و ساعات کمتر آفتابی باعث کم‌تر شدن نیاز آبیاری شده است. در مقابل، به ترتیب در بخش‌های شمالی و جنوبی دشت بیش‌ترین نیاز آبیاری برای محصولات مورد نظر، محاسبه شد که علت آن را می‌توان تاثیر کمتر جبهه محلی رطوبتی دریای خزر نسبت به بخش‌های شرقی و جنوب‌شرقی دشت، دانست. به نسبت بخش‌هایی از دشت که بیش‌ترین و کم‌ترین نیاز آبیاری داشتند، برای غرب دشت شرایط متوسطی محاسبه شد.

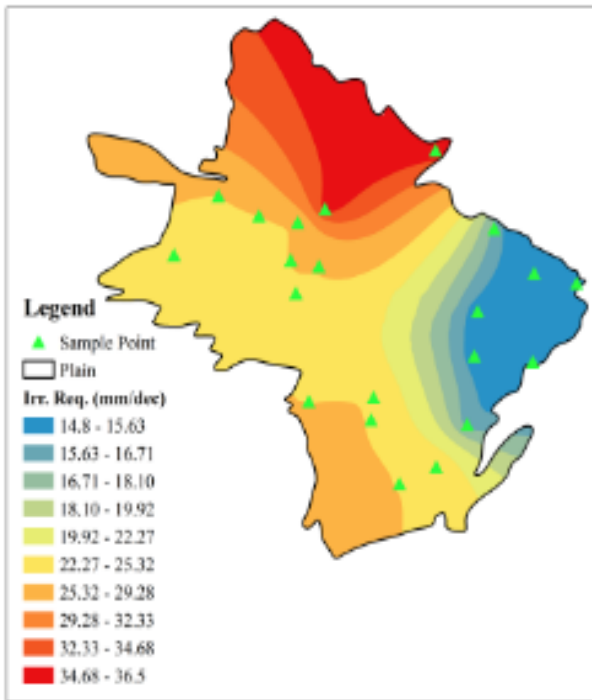
جدول ۳-۳- برخی از ویژگی‌های نمونه‌های خاک دشت اردبیل

Table 1- Some characteristics of Ardabil plain soil samples

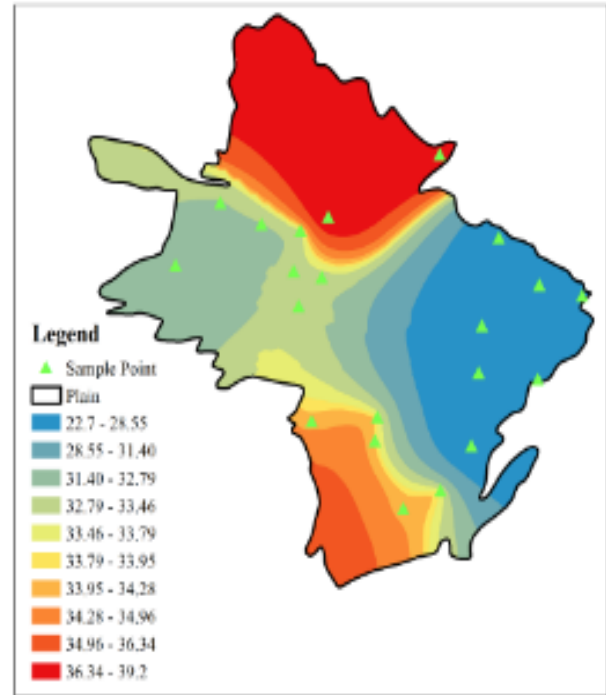
شماره نقطه	(TAW) cm/m soil	$\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )	(fc) %	(pwp) %	شماره نقطه
1	31	1.02	51	20	1
2	28	1.06	48	20	2
3	38	1.01	53	15	3
4	37.5	1.36	52	14.5	4
5	38	1.16	53	15	5
6	36.5	1.04	50	13.5	6
7	42	1.14	62	20	7
8	39	1.26	61	22	8
9	40	0.98	56	16	9
10	40	1.03	59	19	10
11	34	1.07	60	26	11
12	32	1.08	56	24	12
13	37	1.24	57	20	13
14	37	1.10	64	27	14
15	20	1.01	47	27	15
16	39	1.03	59	20	16
17	38	1.03	57	19	17
18	40	1.01	59	19	18
19	28	1.02	50	22	19
20	31	1.15	45	18	20
21	28	1.10	53	25	21
22	34	1.02	55	21	22

پس از تعیین بافت خاک نمونه‌ها، موقعیت آن‌ها بر روی مثلث بافت خاک نشان داده شده است (شکل ۵). اغلب بافت خاک در اعماق و جاهای مختلف دشت به صورت رسی (بافت سنگین) است. همچنین بافت شنی رسی و شنی رسی لوم در خیلی از اعماق و نقاط مشاهده شد.

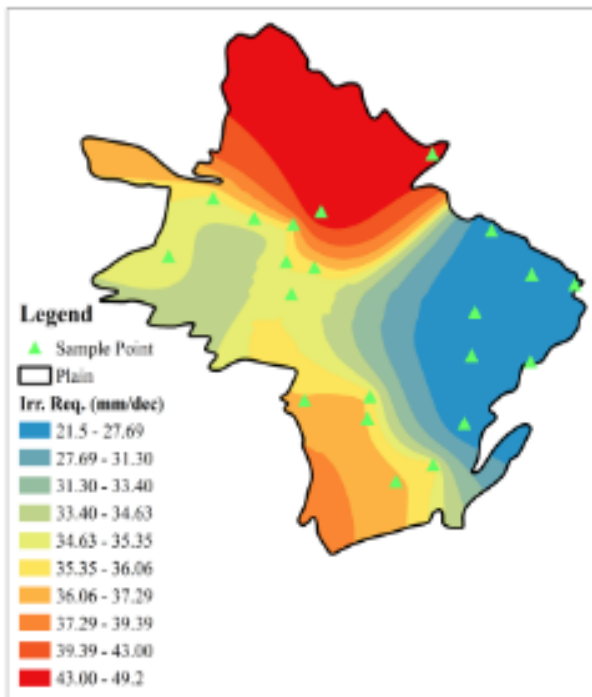




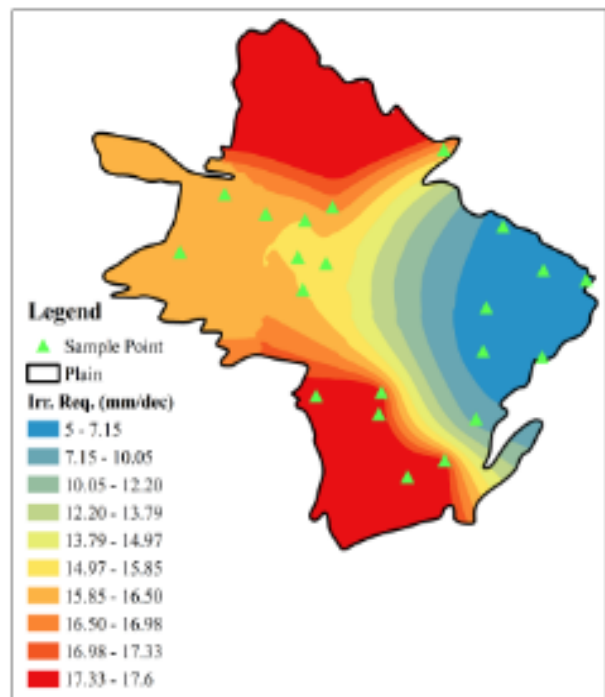
شکل ۷- نیاز خالص ۱۰ روزه محصول سیبزمینی در دشت اردبیل (mm)  
Figure 7- 10-day net requirement of Potato crop in Ardabil plain (mm)



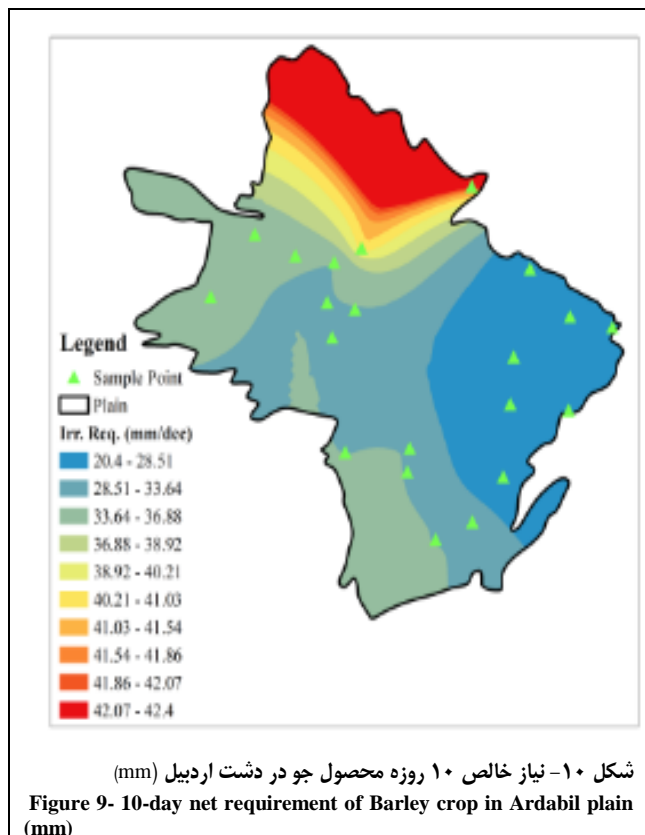
شکل ۶- نیاز خالص ۱۰ روزه محصول گندم در دشت اردبیل (mm)  
Figure 6- 10-day net requirement of Wheat crop in Ardabil plain (mm)



شکل ۹- نیاز خالص ۱۰ روزه محصول لوبیا در دشت اردبیل (mm)  
Figure 9- 10-day net requirement of Bean crop in Ardabil plain (mm)



شکل ۸- نیاز خالص ۱۰ روزه محصول یونجه در دشت اردبیل (mm)  
Figure 8- 10-day net requirement of Alfalfa crop in Ardabil plain (mm)



طبق شکل‌های پهنه‌بندی نیاز خالص آبیاری، دشت اردبیل به سه قسمت مجزا از این حیث تقسیم‌بندی شده است. قسمت شمال و بخشی از جنوب قسمت پرمصرف، قسمت شرق و جنوب شرقی کم مصرف و غرب و بخش‌هایی از مرکز به صورت مصرف متوسط تقسیم‌بندی شده است. بر اساس اطلاعات بدست آمده از نقشه پهنه‌بندی نیاز خالص آبیاری در دشت اردبیل میانگین، کمینه و بیشینه نیاز خالص آبیاری محصولات محاسبه گردید (جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر کمینه، بیشینه و میانگین نیاز خالص آبیاری در دشت اردبیل

Table 2- Minimum, maximum and average values of net irrigation requirement in Ardabil plain				محصولات
نیاز خالص آبیاری در دشت (mm)				
میانگین	مقدار بیشینه	مقدار کمینه	NETWAT	
259	314	164	256	گندم
205	255	110	186	جو
484	613	325	-	سیب‌زمینی
670	872	425	554	یونجه
497	637	337	290	لوبیا

تغییرات نیاز آبی در دشت اردبیل نشان می‌دهد که حتی اگر در کل دشت از میانگین نیاز خالص آبیاری بدست آمده از این تحقیق نیز استفاده شود، در نهایت به علت کم‌آبیاری و یا بیش‌آبیاری مدیریت صحیحی در مصرف آب در بخش کشاورزی اعمال نمی‌شود. به عبارت دیگر چنانچه برای محصولات گندم، جو، سیب‌زمینی، یونجه و لوبیا به جای استفاده از اطلاعات نقطه‌ای یا منطقه‌ای از میانگین کل دشت استفاده شود، در بخشی از دشت که نیاز آبی زیاد است به ترتیب حدود ۱۸، ۲۰، ۲۱، ۲۳ و ۲۲٪ کم‌آبیاری و در بخشی از دشت که نیاز آبی کم است حدود ۵۸، ۸۶، ۴۹، ۵۸، و ۴۷٪ بیش‌آبیاری اتفاق می‌افتد. همچنین اگر به جای میانگین بدست آمده نیاز خالص آبیاری از این تحقیق، از مقادیر سند ملی آب (NETWAT) آب برای محصولات گندم، جو و یونجه با استفاده شود در بخشی از دشت که نیاز آبی زیاد است به ترتیب حدود ۱۸، ۲۷، و ۵۴٪ کم‌آبیاری و در بخشی از دشت که نیاز آبی کم است حدود ۵۶، ۶۹، و ۳۰٪ بیش‌آبیاری اتفاق می‌افتد (با توجه به نتایج جدول ۲). لازم به ذکر است که در سند ملی آب نیاز آبی سیب‌زمینی

استفاده سه ایستگاه سینوپتیک اردبیل، نمین و آبی‌بیگلو و سه ایستگاه باران‌سنجی کوزه تپراقی، گیلانده و سامیان بدست آمد. اطلاعات کیفی خاک دشت با استفاده از تعداد ۲۲ نقطه نمونه‌برداری خاک و تا عمق ۹۰ سانتی‌متری تهیه شد. الگوی کشت غالب (۹۱/۴٪) سطح زیرکشت آبی دشت اردبیل) شامل محصولات گندم، جو، سیب‌زمینی، یونجه و لوبیا بود، که بر اساس آمار پنج ساله منتهی به سال ۱۴۰۱، سازمان جهاد کشاورزی به ترتیب سطح زیر کشت این محصولات ۱۸۳۰۰ (۳۲/۶٪)، ۱۰۳۰۰ (۱۹/۴٪)، ۱۵۷۰۰ (۲۸٪)، ۵۲۰۰ (۹/۲٪) و ۱۲۰۰ (۲/۲٪) هکتار بود. پس از تهیه اطلاعات مورد نیاز آبی برای هر یک از محصولات گندم، جو، سیب‌زمینی، یونجه و لوبیا در هر یک از نقاط نمونه‌برداری خاک، در دوره‌های ۱۰ روزه در طول فصل رشد محاسبه گردید. بر اساس اطلاعات نقطه‌ای بدست آمده نقشه پهنه‌بندی نیاز خالص آبیاری در دشت اردبیل تهیه شد. نقشه‌های پهنه‌بندی نیاز آبی دشت اردبیل نشان داد که برای هر یک از محصولات، نیاز آبی در کل دشت یکسان نبوده و تفاوت فاحشی در قسمت‌های مختلف دشت وجود دارد. براساس این نقشه‌ها در قسمت شرق و جنوب شرقی دشت به علت هجوم جبهه رطوبتی از طرف دریای خزر کم‌ترین نیاز آبی در دوره رشد دارد. بخش‌های جنوبی و شمالی دشت که تحت تاثیر جبهه رطوبتی دریای خزر نیست، به نسبت سایر مناطق دشت، نیاز آبی محصولات بیش‌تر است. بخش غربی دشت اردبیل که تحت تاثیر کوه سیلان است نیز به نسبت بخش‌های بیشینه و کمینه نیاز آبی، دارای نیاز آبی متوسط می‌باشد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که نیاز آبی هر محصول در کل دشت دارای تغییرات زیادی است و استفاده از یک مقدار برای کل دشت منجر به تلفات شدید یا کم‌آبیاری خواهد شد. بنابراین استفاده از نتایج سند ملی آب (NETWAT) به علت مشکلاتی که ذکر شد منجر به مدیریت ناصحیح آب خواهد شد. یعنی اگر نتایج سند ملی منای تعیین نیاز آبی در دشت اردبیل قرار گیرد، در مقایسه با اعداد کمینه و بیشینه بدست آمده از این تحقیق، به ترتیب حدود ۳۲ و ۳۸ میلیون متر مکعب در دشت بیش‌آبیاری و کم‌آبیاری اتفاق می‌افتد ( بدون در نظر گرفتن تاثیر محصول سیب‌زمینی به علت محاسبه نشدن نیاز آبی آن در سند ملی آب برای دشت اردبیل). با توجه به تغییر اقلیم و همچنین توسعه پایگاه داده‌های مختلف پیشنهاد می‌شود برای محاسبات نیاز آبی از اطلاعات به‌روز استفاده شود. همچنین با توجه به اینکه دشت اردبیل از نظر نیاز خالص آبیاری به سه بخش مجزا تقسیم می‌شود، بنابراین توصیه می‌شود به

برای دشت اردبیل گزارش نشده است. همچنین برای محصول لوبیا نیاز آبی در کل دشت از ۱۴ تا ۵۴٪ کم‌برآوردی وجود دارد، که این مورد مشابه نتایج توسط Foladmand, 2014 نیز گزارش شده است. اختلاف مقادیر محاسبه شده با استفاده از آمار به در مقایسه با نتایج سند ملی آب (NETWAT) توسط Barati et al (2019) نیز گزارش شده است. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که در دشت کرمانشاه به نسبت آمار به‌روز شده، در سند ملی آب برای محصولات گندم، جو، سیب‌زمینی، یونجه و لوبیا به ترتیب ۶۴، ۸۴، ۱۸، ۲۱ و ۱۰٪ کم‌برآوردی مشاهده شده است. همچنین تحقیق Barahimi and Shahverdi (2018) نشان داد که در مقایسه با نتایج آمار به روز نتایج سند ملی آب، تبخیر و تعرق پتانسیل در دشت تاکستان حدوداً ۴۰٪ کم‌تر برآورد می‌شود. نتایج این تحقیق و سایر تحقیقات انجام شده در سایر مناطق کشور که به برخی از آن‌ها اشاره شد، نشان داد که نتایج سند ملی آب (NETWAT) نیاز آبی محصولات را با یک کم‌برآوردی زیادی ارائه می‌کند. از جمله مهم‌ترین دلایل آن تغییر اقلیم، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای که منجر به افزایش دمای زمین شده، خشک‌سالی و رعایت نکردن تاریخ کاشت بعضی از محصولات برشمرد (Chaakhori et al, 2006; Erfanian et al, 2011; Barati et al, 2019). همچنین لازم به ذکر است که خروجی‌های نرم‌افزار (NETWAT) با استفاده از اطلاعات هواشناسی دوره آماری سال‌های ۱۳۴۹ تا ۱۳۷۴ بدست آمده‌اند (Erfanian et al, 2011)، در حالی که در این تحقیق از دوره آماری سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰ استفاده شده که تنها ۴ سال اشتراک وجود دارد که مربوط به ایستگاه اردبیل بوده و سایر ایستگاه‌های استفاده شده در این تحقیق در نتایج سند ملی آب تاثیر نداشتند. اهمیت موضوع لحاظ نمودن شرایط نقاط مختلف دشت اردبیل به دلیل خرداقلیم بودن دشت است (Orsi et al, 2016) که این تغییرات در مقدار نیاز آبی محصولات تاثیرگذار است. با توجه به نتایج این تحقیق، همچنین سایر تحقیقات انجام شده در سایر نقاط کشور (Minaei; Qamraniya and Sepehri, 2009; Chaakhori; Erfanian et al, 2011; and Khaksar, 2003; Barati et al, 2019; et al, 2006) می‌توان گفت که نتایج سند ملی آب (NETWAT) به تنهایی نمی‌تواند معیار مناسبی جهت برآورد نیاز آبی محصولات در دشت اردبیل باشد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق نیاز آبی خالص الگوی کشت غالب دشت اردبیل به روش پنمن مانیتث فائو، با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT محاسبه شد. اطلاعات اقلیمی مورد نیاز با

علیزاده، ا.، ایزدی، ع.، ضیایی، ع.ن.، اخوان، س.، حمیدی، ز. (۱۳۹۲). برآورد تخییر-تغرق واقعی در مقیاس سال - حوضه با استفاده از SWAT، نشریه آبیاری و زهکشی ایران ۷ (۲)، ۲۴۳-۲۵۸.

فولادمنده، ح. (۱۳۹۳). تخمین نیاز آبیاری میانگین و بحرانی گیاهان زراعی مهم استان فارس. مجله دانش آب و خاک ۱ (۲)، ۱۸۷-۱۹۶.

قمرنیا، ه.، و سپهری، س. (۱۳۸۸). محاسبه آب مورد نیاز الگوی کشتهای مختلف با روش پنمن ماتیت و مقایسه آن با نتایج سند ملی آب ایران. هشتمین کنگره بینالمللی مهندسی عمران، شیراز

مرادی، ا.، محمودیان فرد، ح. (۱۳۹۸). تعیین نیاز آبی گیاه کلزا با استفاده از لایسیمتر در منطقه حاجی آباد هرمزگان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳ (۳)، ۸۳۳-۸۴۴

مهرابی گوهری، ا.، سرمذیان، ف.، تقی زاده مهرجردی، ر. (۱۳۹۱). برآورد رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی با استفاده از شبکه‌عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۳ (۲)، ۴۲-۵۲.

مینیانی، س. و مادح خاکسار، آ. (۱۳۸۱). بررسی و نقدی بر روش و مقادیر محاسبه نیاز آبی سند ملی آب استان خوزستان و ارائه پیشنهادات، یازدهمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران.

نسیمی، پ.، کریمی، ا.، متقیان، ح. (۱۳۹۸). آثار بیوجار برگ خرما بر هدایت هیدرولیکی اشباع و ضرایب رطوبتی خاک لوم رسی شنی، پژوهش آب ایران. ۳ (۱۳)، ۱۶۱-۱۷۱.

Abdzad Gohari, A., Tafteh, A., Ebrahimipak, N. (2022). 'Investigation of water requirement system in determining the actual amount of irrigation water of peanut plant based on inverse solution of yield function under water stress conditions', Iranian Journal of Irrigation & Drainage, 16(3), pp. 460-471. (In Farsi)

Alizade, A., Izadi, A., Davari, K., Akhavan, S., Hamidi, Z. 2013. Estimation of actual evapotranspiration at regional-annual scale using SWAT. Iranian Journal of Irrigation & Drainage, 7 (2), pp. 243-258. (In Farsi)

Asadzadeh Sharfa, H. Raof, M. and Mahmoudi Fardgaremi, 2014. Estimating the suitable method of calculating the effective precipitation in the Ardabil plain, the second National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment. (In Farsi)

Barahimi M, and Shahverdi K. 2018. Updating and Reviewing of the Document of National Water in Ghazvin and Fomanat Plains. JWSS - Isfahan University of Technology; 22 (2) :199-209. (In Farsi)

جای استفاده از یک عدد به عنوان مصرف در کل دشت از اطلاعات نقطه‌ای یا منطقه‌ای بدست آمده از این تحقیق برای محصولات گندم، جو، سیب‌زمینی، یونجه و لوبیا استفاده شود.

## منابع

ارسی، م.، کانونی، ا.، اسمعیلی عوری، ا. (۱۳۹۵). بررسی و مقایسه روند تغییرات فصلی بارش و دما تحت شرایط تغییر اقلیم مطالعه موردی: دشت اردبیل، اولین کنفرانس بین المللی تغییر اقلیم، تهران.

اسدزاده شرفه، ح.، رئوف، م.، محمودی فردگرمی، ز. (۱۳۹۴). برآورد مناسب ترین شیوه محاسبه بارش مؤثر در دشت اردبیل، دومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست، اردبیل.

انصافی مقدم، ط. (۱۳۹۴). مقایسه نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی و باغی در دشت های استان مرکزی با استفاده از نرم افزار NETWAT، اولین کنفرانس بین المللی علوم جغرافیایی، آباد.

براتی، خ.، عابدی کوپایی، ج.، درویشی، ا.، آذری، آ.، یوسفی، ع. (۱۳۹۷). 'برآورد نیاز خالص آبیاری گیاهان الگوی کشت دشت کرمانشاه و مقایسه آن با داده‌های سند ملی آب، پژوهش آب در کشاورزی، ۳۲ (۴): ۵۴۳-۵۵۳.

براهمی، م.، شاهوردی، ک. (۱۳۹۷). به‌روز رسانی و بازنگری سند ملی آب در دشت‌های قزوین و فومنات. مجله علوم آب و خاک، ۲۲ (۲)، ۱۹۹-۲۰۹.

چالخور م.، زرین آبادی، ا.، مادح خاکسار، س. (۱۳۸۵). بررسی نقش سند ملی آب در عملکرد مصارف آب شبکه آبیاری ناحیه شمال خوزستان، اولین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، اهواز.

حیدری بنی، م.، پارسا، ش.، قطره سامانی، س. (۱۳۹۰). بررسی میزان انطباق نیاز آبی بادام با سند ملی آبیاری کشور (مطالعه موردی : سامان). دومین همایش ملی بادام با محوریت صادرات. شهرکرد.

سجودی، ز.، میرزایی، ف. (۱۳۹۹). تعیین نیاز آبی گیاهان فضای سبز شهری. مدیریت آب و آبیاری، ۱۰ (۱)، ۱۳۱-۱۴۱.

عبدالزادگوهری، ع.، تافته، آ.، ابراهیمی پاک، ن. (۱۴۰۱). بررسی سامانه نیاز آب در تعیین مقدار واقعی نیاز آبی بادام زمینی بر اساس حل معکوس تابع تولید عملکرد در شرایط تنش آبی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۶ (۳)، ۴۶۰-۴۷۱.

عرفانیان، م.، علیزاده، ا.، و محمدیان، آ. (۱۳۸۹). بررسی تغییرات احتمالی نیاز کنونی آبیاری گیاهان نسبت به ارقام مندرج در سند ملی آبیاری ( مطالعه موردی: استان خراسان رضوی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۳ (۴)، ۴۷۸-۴۹۲.

- national irrigation document (case study: Saman), the first national conference on Almond, Shahrekord. (In Farsi)
- Khaydar, D., Chen, X., Huang, Y., Ilkhom, M., Liu, T., Friday, O., ... Gulkaiyr, O. (2021). Investigation of crop evapotranspiration and irrigation water requirement in the lower Amu Darya River Basin, Central Asia. *Journal of Arid Land*, 13(1), 23–39.
- Kumar, R., Jat, M. K., & Shankar, V. (2012). Methods to estimate irrigated reference crop evapotranspiration – a review. *Water Science and Technology*, 66(3), 525–535. doi:10.2166/wst.2012.191
- Mehrabi Gohari, E., Sarmadian, F., Taghizadeh Mehrjardi, R. (2013). 'Prediction of the amount of water at Field Capacity and Permanent Wilting Point Using Artificial Neural Network and Multivariate Regression', *Irrigation and Water Engineering*, 3(2), pp. 42-52.
- Minaei, S., Khaksar, A. 2003. Investigation on National Water Document Water requirement Values and presentation of sound Suggestion in Khuzestan Province, 8th International Congress on Irrigation and Drainage. Tehran. (In Farsi)
- Moseki, O., Murray-Hudson, M., and Kashe, K. (2019). Crop water and irrigation requirements of *Jatropha curcas* L. in semi-arid conditions of Botswana: applying the CROPWAT model. *Agricultural Water Management*, 225, 105754.
- Nasimi, P., Karimi, A., Motaghian, H. (2019). 'Effects of Biochar produced from date palm's leaves on saturated hydraulic conductivity and soil moisture coefficients of sandy clay loam soil', *Iranian Water Researches Journal*, 13(3), pp. 161-171.
- Orsi, M., Kanooni, A., Ismaili A. (2016). investigation and comparison of seasonal changes of precipitation and temperature under climate change conditions, a case study: Ardabil plain, the first international conference on climate change, Tehran. (In Farsi)
- Pedro-Monzonís, M.; Solera, A.; Ferrer, J.; Estrela, T.; Paredes-Arquiola, J. 2015 .A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. *Journal of Hydrology*. No 527, pp. 482–493.
- Pereira, L. S., Paredes, P., López-Urrea, R., Hunsaker, D. J., Mota, M., & Mohammadi Shad, Z. (2021). Standard single and basal crop coefficients for vegetable crops, an update of FAO56 crop water requirements approach. *Agricultural Water Management*, 243, 106196.
- Pôças, I., Calera, A., Campos, I., Cunha, M., 2020. Remote sensing for estimating and mapping single and basal crop coefficients: A review on spectral vegetation indices approaches. *Agric. Water Manage.* 23, 106081
- Barati, K., Abedikoupae, J., Darvishi, E., Azari, A., Yousefi, A. (2018). Estimation of Net Irrigation Requirement of the Crop Pattern in Kermanshah Plain and Comparison with the Data in the National Water Document, *Journal of Water Research in Agriculture*, 32(4), pp. 543-553. (In Farsi)
- Chaakhori M, Zarinabadi A and Madeh Khaksar S. 2006. Investigating the role of the National Water Document in the performance of water consumption in the irrigation network of North Khuzestan, 1st Irrigation and Drainage Network Management National Conference, Ahvaz. (In Farsi)
- El-Shafei, A.A. and Mattar, M.A., 2022. Irrigation Scheduling and Production of Wheat with Different Water Quantities in Surface and Drip Irrigation: Field Experiments and Modeling Using CROPWAT and SALTMED. *Agronomy*, 12(7), p.1488.
- Ensafi Moghadam, T. 2014. Comparison of the net irrigation needs of agricultural and garden crops in the plains of central province using NETWAT software, the first international conference of geographical sciences, Abadeh. (In Farsi)
- Erfanian, M., Alizadeh, A. and Mohammadian, A. 2011. Investigating the possible changes in the current need of irrigation of plants compared to the varieties listed in the National Irrigation Document (Case Study: Razavi Khorasan Province). *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 4 (3), pp. 492-478. (In Farsi)
- Ewaid, Abed, & Al-Ansari. (2019). Crop Water Requirements and Irrigation Schedules for Some Major Crops in Southern Iraq. *Water*, 11(4), 756.
- Foladmand, H. (2014). Estimation of Mean and Critical Irrigation Requirements for the Important Agricultural Crops of Fars Province, *Water and Soil Science*, 20(2), pp. 187-196. (In Farsi)
- Gabr, M.E.; Fattouh., E.M. 2021. Assessment of irrigation management practices using FAO-CROPWAT 8, case studies: Tina Plain and East South El-Kantara, Sinai, Egypt. *Ain Shams Eng. No 12*, pp. 1623–1636.
- Ghamarnia, H., Miri, E., and Ghobadei, M. (2013). Determination of water requirement, single and dual crop coefficients of black cumin (*Nigella sativa* L.) in a semi-arid climate. *Irrigation Science*, 32(1), 67–76.
- Gobbo, M, Panunzi, B, & Morari. (2019). Integrating SEBAL with in-Field Crop Water Status Measurement for Precision Irrigation Applications—A Case Study. *Remote Sensing*, 11(17), 2069.
- Heydari Bani, M., Parsa, Sh. and Qath Samani, S. 2013. Examining the level of compliance of almond water requirements with the country's

- Qamraniya, H. and Sepehri, S. 2009. Calculating the water requirement of different crop patterns using the Penman-Monteith method and comparing it with the results of Iran's National Water Document, 8th International Congress on Civil Engineering, Shiraz. (In Farsi)
- Ramírez-Cuesta, J.M., Mirás-Avalos, J.M., Rubio-Asensio, J.S., Intrigliolo, D.S., 2019. A novel ArcGIS toolbox for estimating crop water demands by integrating the dual crop coefficient approach with multi-satellite imagery. *Water* 11 (38)
- Raouf, M. and Azizi, J. 2019. Reference Evapotranspiration Estimation Using Locally Adjusted Coefficient of Angstrom's Radiation Model in an Arid-Cold Region. *JAST*. 21(2): 487-499.
- Sharma, D.N., Tare, V., 2022. Assessment of irrigation requirement and scheduling under canal command area of Upper Ganga Canal using CropWat model. *Model. Earth Syst. Environ.* 8, 1863–1873.
- sojoodi, Z., Mirzaei, F. (2020). 'Determination of water requirement of urban Landscape plants', *Water and Irrigation Management*, 10(1), pp. 131-141. (In Farsi)
- Solangi, G.S., Shah, S.A., Alharbi, R.S., Panhwar, S., Keerio, H.A., Kim, T.W., Memon, J.A. and Bughio, A.D., 2022. Investigation of Irrigation Water Requirements for Major Crops Using CROPWAT Model Based on Climate Data. *Water*, 14(16), p.2578.
- Surendran, U., Sushanth, C.M., Joseph, E.J., Al-Ansari, N. and Yaseen, Z.M., 2019. FAO CROPWAT model-based irrigation requirements for coconut to improve crop and water productivity in Kerala, India. *Sustainability*, 11(18), p.5132.