

مقاله پژوهشی:

محاسبه نیاز خالص آبیاری محصولات کشاورزی حوضه آبریز قلعه‌چای و ارزیابی آن با داده‌های سند ملی آب

علی جوادی^{۱*}، غلامرضا فانی^۲، محمدرضا محمدی^۳، حبیب صیادی^۴

- ۱- دکتری علوم و مهندسی آب، گروه حفاظت و بهره‌برداری از آب‌های سطحی شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی
۲- کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه حفاظت و بهره‌برداری از آب‌های سطحی شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی
۳- کارشناسی ارشد خاک و پی، گروه حفاظت و بهره‌برداری از آب‌های سطحی شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی
۴- دکتری علوم و مهندسی آب، گروه حفاظت و بهره‌برداری از آب‌های سطحی شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی
* نویسنده مسئول: ali.javadirri@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۴

چکیده

هدف اصلی این پژوهش، محاسبه نیاز خالص آبیاری محصولات کشاورزی حوضه آبریز قلعه‌چای در شرایط آب و هوایی فعلی و ارزیابی آن با داده‌های سند ملی آب بود. بدین منظور تبخیر و تعرق مرجع به روش پنمن-مانتیث-فائو برای سالهای ۱۳۹۲ الی ۱۳۹۸ محاسبه شد. در ادامه ضرایب گیاهی با توجه به شیوه‌نامه نشریه فائو ۵۶ اصلاح شدند. سپس به محاسبه باران مؤثر و نیاز خالص آبیاری پرداخته شد. در نهایت نیاز خالص آبیاری منطقه با داده‌های سند ملی آب مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان دادند که مقادیر محاسباتی نیاز آبی و خالص آبیاری گیاهان در این پژوهش در همه موارد بیش از مقادیر ذکر شده در سند ملی آب بود. اختلاف مقادیر محاسباتی با پیشنهادی سند به دلیل آن بود که اطلاعات مورد استفاده برای محاسبات در این پژوهش از سال تأسیس ایستگاه هواشناسی حوضه یعنی ۱۳۹۱ بود در صورتی که محاسبات در سند مربوط به داده‌های قبل از سال ۱۳۷۸ و از ایستگاه‌های هواشناسی شهرهای مجاور بود؛ همچنین افزایش دما و کاهش بارندگی در سال‌های اخیر باعث افزایش نیاز آبیاری نسبت به سال‌های گذشته شده است. در آخر پیشنهاد می‌شود برآورد نیاز آبیاری طبق داده‌های هواشناسی سال‌های اخیر انجام شود تا به واقعیت نزدیک‌تر باشد.

واژه‌های کلیدی: پنمن-مانتیث-فائو، تبخیر و تعرق مرجع، عجب شیر

مقدمه

يکي از مؤلفه‌هاى اصلى بيلان آبي، نياز آبي گياه است که برابر با تبخير و تعرق گياه در نظر گرفته مى‌شود. برآورد بيش‌ازحد آب موردنياز گياه، علاوه بر تلفات آب، باعث ماندابى شدن اراضى، شستشوى مواد غذايى خاک و آلوده نمودن منابع آب زيرزمينى مى‌شود. برآورد کمتر نيز باعث اعمال تنش رطوبتى به گياه و درنتيجه کاهش محصول مى‌شود (Kamali et al., 2013). بنابر اين يکي از روش‌هاى بهبود مديريت مصرف آب در مزرعه، برآورد دقيق ميزان آب مصرفى گياهان است. در اين راستا سند ملي آب کشور (NETWAT) به‌عنوان راهکار غيرسازهاى بر اساس مطالعات متخصصان وزارتخانه‌هاى كشاورزى، نيرو و سازمان فائو تهيه و به‌عنوان مبنايى براى تعيين نياز خالص آبيارى محصولات زراعى و باغى ايران معرفى شد. در اين نرم‌افزار اطلاعات مربوط به تبخير و تعرق گياهان كشت شده در ۶۲۰ دشت ايران موجود هست. عموماً آمار هواشناسى ۳۰ ساله به‌صورت اصلاح‌شده، براى برآورد تبخير و تعرق در اين نرم‌افزار مورد استفاده قرار گرفته است. اساس روش محاسباتى نرم‌افزار، استفاده از روش پنمن-مانتيث-فائو است (Barahimi and Ghazi, 2018). در چند دهه گذشته به دليل افزايش گازهاى گلخانه‌اى و افزايش دماى ناشى از آن تغييرات اقليمى وسيعى در قسمت‌هاى مختلف کشور ايجاد شده است؛ درنتيجه، اين تغييرات اقليمى بر سند ملي آب اثر گذاشته و نياز به‌روزرسانى اين سند را ضرورى مى‌کند (Erfanian et al., 2010).

Qamarnia and Sepehri (2009) به محاسبه آب مورد نياز الگوى كشت‌هاى مختلف با روش پنمن مانتيث و مقايسه آن با نتايج سند ملي آب ايران پرداختند. نتايج نشان دادند که سند ملي آب در برخى موارد مقدار نياز خالص آبيارى کمتر از مقدار محاسبه شده گزارش کرده‌اند.

DehghaniSanij et al. (2004) برآوردهاى تبخير و تعرق را با استفاده از شش معادله برآورد تبخير و تعرق روزانه گياه مرجع در برابر مقادير تجربى حاصل از داده‌هاى لايسيمترى در يک محيط نيمه‌خشک، کرج در ايران، مورد مطالعه قرار داده و سودمندى استفاده از اطلاعات آب و هوايى کوتاه‌مدت را در برآورد تبخير و تعرق ارزيايى کردند. همچنين مقادير تبخير و تعرق برآورد شده در

منطقه نيمه‌خشک ايران را با تبخير و تعرق برآورده شده در منطقه معتدل و مرطوب، توتورى در ژاپن مورد مقايسه قرار دادند. معادلات مورد استفاده در پژوهش آن‌ها عبارت بود از: پنمن، پنمن-مانتيث، پنمن رايث، بلانى کريدل، تعادل تابش و هارگريوز. به‌طورکلى استفاده از داده‌هاى آب و هوايى ۸ سال برآوردهاى قابل‌اطمينان‌ترى از تبخير و تعرق ارائه داد. درنهايت معادله پنمن-مانتيث و پنمن را به ترتيب براى يک نمونه اقليمى نيمه‌خشک در ايران و اقليم مرطوب در ژاپن بر مبنای مقادير لايسيمترى معرفى کردند.

Alizadeh et al. (2004) در مطالعه‌اى به ارزيايى روش‌هاى برآورد تبخير و تعرق در مناطق خشک ايران اقدام کردند. نتايج مقايسه روش‌هاى مختلف برآورد تبخير و تعرق گياه پتانسيل مرجع با اندازه‌گيرى از لايسيمتر وزنى نشان داد که روش پنمن-مانتيث-فائو داراى بهترين برآورد و روش جنسن-هيز داراى کمترين دقت بود.

Barati et al. (2019) به برآورد نياز خالص آبيارى گياهان دشت کرمانشاه و مقايسه آن با داده‌هاى سند ملي آب پرداختند. نتايج حاصل از مقايسه مقادير به دست

آمده در اين تحقيق با مقادير موجود در نرم‌افزار NETWAT نشان داد که براى اغلب گياهان، مقادير به دست آمده در اين تحقيق به‌طور ميانگين ۱/۲ برابر مقادير ارائه‌شده در نرم‌افزار NETWAT هست. اين نسبت براى دو گياه گندم و جو تقريباً ۲ و براى گياهان شبدر، گرمک و طالبى، نخود و بادام تقريباً يک هست. نتايج تحقيقات لايسيمترى در منطقه مورد مطالعه، مؤيد درستى محاسبات انجام‌گرفته در اين تحقيق هست. پژوهش‌هاى Mohammadian et al. (2005) نشان داد که به دليل اثرات خشكى در برخى از ايستگاه‌هاى هواشناسى استفاده‌شده در سند ملي آب، نياز آبي مى‌تواند تا ۳۰ درصد بيش برآورد داشته باشد. در مطالعه‌اى که توسط Erfanian et al. (2010) انجام گرفت، تغييرات يا نوسانات اقليمى ۱۵ سال اخير و قابليت افزايش اين دوره به مطالعات قبلى بررسى شد. در اين مطالعه، نتايج حاصل از کاربرد عناصر هواشناسى ۱۵ ساله اخير، کل دوره آمارى و دوره استفاده‌شده در سند ملي آب، مقايسه شد. بر اين اساس، نياز آبي گياه مرجع ۴۷ درصد رشد داشته و درنهايت بر لزوم بازنگرى و به‌روزرسانى سند ملي آب تأکيد شده است.

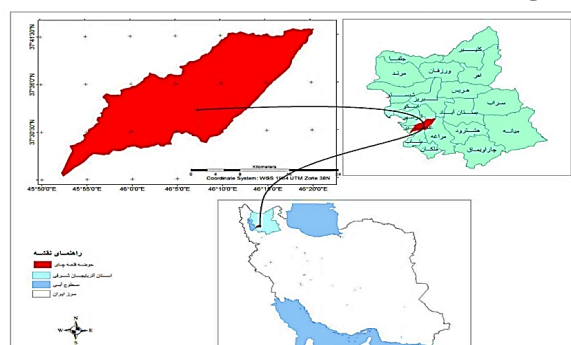
است. این حوضه از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۴۵ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه و ۲۰ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع حوضه ۳۳۶۰ متر و حداقل آن در محل خروجی حوضه ۱۰۴۳ متر از سطح دریای آزاد هست. قله‌چای یکی از شبکه‌های زهکشی شاخه درختی ارتفاعات آذرین سهند هست که پس از زهکشی محیط طبیعی پیرامون خود، به دریاچه ارومیه می‌ریزد. شاخه اصلی رودخانه قله‌چای به طول تقریبی ۶۰ کیلومتر از ارتفاعات ۳۳۶۰ متری (کوه میدان داغ) سرچشمه گرفته و به رقوم ۱۰۴۳ متر در دشت عجب‌شیر ختم می‌شود. قله‌چای یکی از زیر حوضه‌های دریاچه ارومیه هست و در شرق این دریاچه واقع شده است. این حوضه از شمال به حوضه گنبرچای (آذرشهرچای)، از شرق و جنوب به حوضه صوفی‌چای (مراغه) و چوان‌چای و از غرب به دریاچه ارومیه محدود می‌شود (Mohajeri, 2013).

حوضه آبریز دریاچه ارومیه یکی از شش حوضه آبریز اصلی ایران است. دریاچه ارومیه طی سال‌های اخیر با کاهش شدید تراز آب مواجه شده است. یکی از منابع تأمین آب دریاچه ارومیه حوضه آبریز قله‌چای است. محاسبه دقیق نیاز خالص آبیاری محصولات کشاورزی حوضه قله‌چای نقش مهمی در بیان آبی دریاچه خواهد داشت. از آنجاکه تاکنون مطالعاتی در خصوص تعیین مقادیر نیاز خالص آبیاری محصولات مختلف زراعی و باغی حوضه آبریز قله‌چای در شرایط کنونی نسبت به مقادیر ارائه شده در سند ملی آب صورت نگرفته است؛ لذا هدف اصلی این پژوهش، برآورد نیاز خالص آبیاری گیاهان الگوی کشت حوضه آبریز قله‌چای در شرایط آب و هوایی کنونی و ارزیابی آن با داده‌های سند ملی آب بود.

مواد و روش‌ها

حوضه مورد مطالعه

حوضه آبریز قله‌چای بر اساس شکل (۱) با مساحتی بالغ بر ۴۹۳/۵ کیلومترمربع در استان آذربایجان شرقی و شهرستان عجب‌شیر و در شمال غربی این شهر قرار گرفته



شکل ۱- نقشه موقعیت حوضه آبریز قله‌چای در استان و کشور

Figure 1- Map of the location of Qaleh chay catchment in the province and country

هکتار است. محدوده اراضی توسعه شامل ۲۵۰۰ هکتار اراضی شمال عجب‌شیر، ۱۰۰۰ هکتار اراضی شیرامین و ۱۱۰۰ هکتار اراضی بناب است. روش آبیاری در محدوده شبکه اراضی توسعه بصورت آبیاری کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک است. خاک‌های عجب‌شیر از نظر بافت و نفوذپذیری در وضعیت متوسطی (لومرسی) قرار دارند. شیب اراضی در این دشت بین صفر تا دو درصد و در مواردی بین دو تا پنج درصد هست.

سیمای شبکه آبیاری و زهکشی حوضه قله‌چای

شبکه آبیاری و زهکشی حوضه قله‌چای شامل دو اراضی بهبود و توسعه است. محدوده شبکه اراضی بهبود شامل آن قسمت از اراضی کشاورزی پایاب سد قله‌چای است که در شرایط موجود و قبل از احداث سد قله‌چای با استفاده از منابع آب سطحی و زیرزمینی به صورت آبی کشت می‌شود. وسعت اراضی شبکه بهبود در حدود ۷۰۰۰

الگوی کشت محصولات زراعی و باغی منطقه مورد مطالعه

در این قسمت عمده محصولات زراعی و باغی حوضه آبریز قلعهچای در آخرین سال آبی موجود یعنی سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ ذکر شده است. این داده‌ها از ادارات و سازمان‌های مربوطه و با کمک ستاد احیای دریاچه ارومیه در راستای اجرایی نمودن مصوبه کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب کشاورزی حوضه آبریز قلعهچای به دست آمده است. محصولات زراعی عمده حوضه آبریز قلعهچای شامل گندم پاییزه، پیاز، جو پاییزه، سیب‌زمینی و نخود می‌باشند. محصولات باغی نیز عمدتاً گردو، انگور، سیب، گیلان، آلبالو، بادام و انواع آلو را شامل می‌گردند.

معادله تبخیر و تعرق مرجع

در این پژوهش برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع از معادله پنمن-مانتیث-فائو استفاده شد. این معادله به صورت زیر تعریف می‌شود:

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

که در آن ET_0 تبخیر-تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر بر روز)، Δ شیب منحنی فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال بر درجه

سانتی‌گراد)، R_n تابش خالص در سطح گیاه مرجع (مگا ژول بر مترمربع بر روز)، G شار گرما به داخل خاک (مگا ژول بر مترمربع بر روز)، γ ضریب رطوبتی (کیلو پاسکال بر درجه سانتی‌گراد)، T متوسط دمای هوا (درجه سانتی-گراد)، u_2 سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (متر بر ثانیه) و $(e_s - e_a)$ کمبود فشار بخار از حالت اشباع (کیلو پاسکال) می‌باشند.

در این پژوهش، به منظور تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع از داده‌های روزانه ایستگاه سینوپتیک عجب‌شیر استفاده شد. مشخصات ایستگاه هواشناسی سینوپتیک که از آمار هواشناسی آن در این مطالعه استفاده شده است، در جدول (۱) نشان داده شده است.

در این پژوهش برای به دست آوردن متوسط پارامتر هواشناسی موردنظر از رابطه زیر استفاده گردید:

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{n} \quad (2)$$

در این رابطه X_{ij} مقدار پارامتر X در روز i ام از سال j ام، n تعداد سال‌ها و $\bar{X}_i$ متوسط پارامتر مورد نظر در روز i ام هست.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه سینوپتیک مورد استفاده به همراه طول دوره آماری آن
Table 1- Specifications of the synoptic station used along with its statistical period

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	سال تأسیس	دوره آماری
عجب‌شیر	45°51'54.25"E	37°30'32.36"N	۱۳۱۱	۱۳۹۱	۲۰۱۳-۲۰۱۹

مقادیر بر اساس دستورالعمل نشریه فائو ۵۶ اصلاح شوند (Allen et al., 1999).

اصلاح ضرایب گیاهی منطقه

اصلاح ضریب گیاهی مرحله اولیه رشد

به دلیل اینکه بافت خاک غالب منطقه، بافتی متوسط (لوم‌رسی) بوده و اکثر سامانه‌های آبیاری در منطقه از نوع آبیاری سطحی هستند، برای اصلاح ضرایب گیاهی مرحله اولیه رشد از نمودار شکل (۲) استفاده شد. با جمع‌آوری اطلاعات تقویم دوره رشد محصولات زراعی و باغی، طول دوره مرحله اولیه رشد و مقادیر تبخیر و تعرق مرجع در طول دوره اولیه رشد، مقادیر ضرایب گیاهی

معادله تبخیر و تعرق گیاه (ET_C)

تبخیر و تعرق گیاه، طبق رابطه زیر از حاصل ضرب ضریب گیاهی در تبخیر و تعرق مرجع به دست می‌آید:

$$ET_C = K_C \times ET_0 \quad (3)$$

که در آن ET_C تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر بر روز)، K_C ضریب گیاهی (بدون واحد) و ET_0 تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر بر روز) می‌باشند. مقادیر ضرایب گیاهی در دوره‌های رشد مختلف گیاه، از جداول مندرج در نشریه فائو ۵۶ برای هر یک از گیاهان الگوی کشت، استخراج شد. بدلیل اینکه مقادیر این جداول برای سایر شرایط اقلیمی و مدیریت زراعی ذکر شده‌اند؛ بنابراین بایستی این

باران مؤثر نامیده می‌شود. در این روش میزان باران مؤثر ده روزه طبق روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{\text{eff}} = \left[\frac{125 - (0.2 \times 3 \times P)}{125} \right] \times P \quad P < \frac{125}{3} \text{ mm} \quad (6)$$

$$P_{\text{eff}} = \frac{125}{3} \times 0.1 \times P \quad P > \frac{125}{3} \text{ mm} \quad (7)$$

در این معادلات P_{eff} باران مؤثر ده روزه و P مجموع بارندگی ده روزه هست. در این روابط برای تعیین باران مؤثر نیاز به آمار بارندگی ده روزه هست. در این پژوهش آمار بارندگی روزانه برای حوضه آبریز قلعه‌چای تهیه شد. برای تهیه داده‌های بارندگی ده روزه، ابتدا داده‌های روزانه موجود در سال‌های مختلف جمع‌آوری شد سپس از تمامی این داده‌های میانگین گرفته شد تا داده‌های روزانه متوسط به دست آید. در نهایت این داده‌های روزانه در بازه‌های ده روزه مختلف جمع زده شد تا مقدار باران متوسط ده روزه به دست آید (Khaleghi, 2016).

نیاز خالص آبیاری

نیاز خالص آبیاری از یک‌طرف به مقدار تبخیر و تعرق گیاه و از طرف دیگر به باران مؤثر بستگی دارد. تغییر در تبخیر و تعرق نه تنها به مقدار رطوبت موجود در سطح زمین بلکه به مقدار و سرعت باد بستگی دارد. تغییر در مقدار و الگو و توزیع مکانی و زمانی بارش‌ها نیز می‌تواند بر مقدار خالص آبیاری تأثیر بسزایی داشته باشد. کاهش مقدار بارندگی و یا عدم هماهنگی آن با فصل رشد باعث کاهش باران مؤثر و در نتیجه افزایش نیاز خالص آبیاری خواهد شد.

نیاز خالص آبیاری (I_n) از رابطه زیر به دست می‌آید (Barati et al., 2019):

$$I_n = ET_C - P_{\text{eff}} \quad (8)$$

در این رابطه ET_C تبخیر و تعرق گیاه و P_{eff} باران مؤثر بر حسب میلی‌متر هستند.

نتایج و بحث

تبخیر و تعرق مرجع

در این پژوهش تبخیر و تعرق مرجع در مدت هفت سال (۱۳۹۸-۱۳۹۲) در مقیاس روزانه بر حسب میلی‌متر محاسبه شد. در شکل (۳) مقادیر برآورد شده تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از معادله پنمن-مانتیت-فائو در

مرحله اولیه رشد استخراج شده از نشریه فائو ۵۶ اصلاح شدند.

اصلاح ضریب گیاهی مرحله میانی رشد

مقادیر ضرایب گیاهی مرحله میانی رشد ارائه شده در نشریه فائو ۵۶ برای اقلیم‌هایی که حداقل رطوبت نسبی ۴۵ درصد و یا سرعت باد (در ارتفاع دو متری) ۲ متر بر ثانیه نیست، به صورت زیر اصلاح می‌شوند:

$$K_{\text{cmid}} = K_{\text{cmid(FAO56)}} + [0.04(u_2 - 2)0.004(RH_{\text{min}} - 45)] \left(\frac{h}{3} \right)^{0.3} \quad (4)$$

که در آن $K_{\text{cmid(FAO56)}}$ مقدار ضریب گیاهی ارائه شده در نشریه فائو ۵۶، u_2 میانگین سرعت باد روزانه در ارتفاع دو متری بالای سطح چمن در مرحله میانی رشد (متر بر ثانیه)، RH_{min} میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه در مرحله میانی رشد (درصد) و h میانگین ارتفاع گیاه در مرحله میانی رشد (متر) می‌باشند.

اصلاح ضریب گیاهی مرحله پایانی رشد

برای تعدیل ضریب گیاهی برای اثر اقلیم در شرایطی که میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه با ۴۵ درصد و میانگین سرعت باد روزانه در ارتفاع دو متری با ۲ متر بر ثانیه متفاوت است، می‌توان از معادله زیر استفاده کرد:

$$K_{\text{cend}} = K_{\text{cend(FAO56)}} + [0.04(u_2 - 2)0.004(RH_{\text{min}} - 45)] \left(\frac{h}{3} \right)^{0.3} \quad (5)$$

که در آن $K_{\text{cend(FAO56)}}$ مقدار ضریب گیاهی ارائه شده در نشریه فائو ۵۶، u_2 میانگین سرعت باد روزانه در ارتفاع دو متری بالای سطح چمن در مرحله پایانی رشد (متر بر ثانیه)، RH_{min} میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه در مرحله پایانی رشد (درصد) و h میانگین ارتفاع گیاه در مرحله پایانی رشد (متر) می‌باشند.

باران مؤثر

در این پژوهش برای تعیین باران مؤثر از روش وزارت کشاورزی ایالات متحده (USDA) استفاده شد. در این روش مقداری از باران که طی دوره رشد یک گیاه دریافت شده و برای مصارف آن در دسترس قرار گیرد،

نیاز آبی و خالص آبیاری محصولات کشاورزی

در جدول (۳) مقادیر نیاز آبی و خالص آبیاری محصولات کشاورزی در دو حالت محاسباتی و پیشنهاد شده توسط سند ملی آب و نسبت این دو مقادیر نشان داده شده است. بررسی مقادیر نیاز آبی و خالص آبیاری محصولات با تحقیقات گذشته نشان‌دهنده هم‌خوانی خوب نتایج داشتند (Ahmadi et al., 2018; Nejatian, 2013; Barati et al., 2019). بررسی نسبت‌های بین مقادیر نشان می‌دهد که تقویم آبیاری از عوامل مؤثر بر اختلاف بین مقادیر است. بیشترین مقدار نسبت‌ها مربوط به کشت‌های پاییزه (گندم و جو) بود. دلیل این امر طولانی بودن دوره رشد این محصولات و تجمع اختلاف بین مقادیر باعث افزایش نسبت مقادیر شد. با مقایسه مقادیر محاسباتی و پیشنهادی سند ملی آب می‌توان گفت که مقادیر محاسباتی تبخیر و تعرق و نیاز خالص آبیاری گیاهان در این پژوهش در همه موارد بیش از مقادیر ذکر شده در سند ملی آب بود. این برآورد کم سند ملی آب در تحقیقات قبلی چون Barati et al. (2019) و Foladmand (2010) هم اثبات شده است. سند ملی آب برای انجام محاسبات از میانگین چندساله داده‌های هواشناسی هر منطقه استفاده کرده است. درواقع نیاز آبی و آبیاری هر گیاه با احتمال ۵۰ درصد محاسبه شده است. اختلاف مقادیر محاسبه شده در این پژوهش با مقادیر ارائه شده در سند ملی آب به دلیل آن است که مقادیر پارامترهای هواشناسی مورد استفاده برای محاسبه نیاز خالص آبیاری در شرایط آب و هوایی ایستگاه هواشناسی عجب‌شیر که در سال ۱۳۹۱ تأسیس شده است، استفاده شده است ولی مقادیر در نظر گرفته شده برای محاسبات در سند ملی آب از داده‌های قبل از سال ۱۳۷۸ ایستگاه‌های هواشناسی شهرهای مجاور بوده است که با داده‌های هواشناسی کنونی حوضه متفاوت است. افزایش دما در سال‌های اخیر سبب افزایش مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع و به تبع آن افزایش مقادیر تبخیر و تعرق گیاه شده است. کاهش بارندگی نیز کاهش باران مؤثر را در پی دارد. متعاقباً مقادیر نیاز خالص نیز به تبع دو مؤلفه، در شرایط آب و هوایی کنونی متفاوت خواهد بود. همبستگی بین مقادیر محاسباتی و پیشنهادی سند ملی آب به ترتیب برای نیاز آبی و خالص آبیاری گیاهان در شکل‌های (۵) و (۶) نشان

ایستگاه عجب‌شیر نشان داده شده است. با توجه به شکل (۳)، بیشترین و کمترین مقدار تبخیر و تعرق مرجع به ترتیب برابر با ۶/۶۳ میلی‌متر در ۲۰ تیر و ۰/۵۶ میلی‌متر در ۱۳ دی بود. به دلیل کوتاه بودن دوره آماری در ایستگاه، مقادیر برآوردی تا حدودی دارای پراکندگی نسبی می‌باشند.

بارش مؤثر

مقادیر بارندگی و بارش مؤثر ده روزه در شکل (۴) ارائه شده است. با توجه به شکل (۴)، بارندگی از فصل پاییز شروع می‌شود و تا پایان زمستان بارندگی دارای مقادیر مشابه است. بارندگی با شروع فصل بهار سیر صعودی به خود گرفته و در خردادماه بارندگی کمتر شده و در فصل تابستان به حداقل مقدار خود می‌رسد. به‌طورکلی بارش‌های فصل بهار و تابستان به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار بارندگی بود. با توجه به شکل (۴) بیشینه و کمینه مقادیر بارندگی ده روزه مربوط به ماه‌های فروردین و مرداد است. با کاهش بارندگی، اختلاف بین بارش ده روزه و باران مؤثر نیز کاهش می‌یابد زیرا با کمتر شدن بارندگی، مقادیر رواناب و نفوذ عمقی نیز کاهش یافته و باران بیشتری به مصرف گیاه می‌رسد. نتایج Adnan and Khan (2009) نیز نشان داد با کاهش بارندگی، کارایی بارش مؤثر افزایش می‌یابد.

اصلاح ضرایب مراحل مختلف رشد گیاهان زراعی و باغی

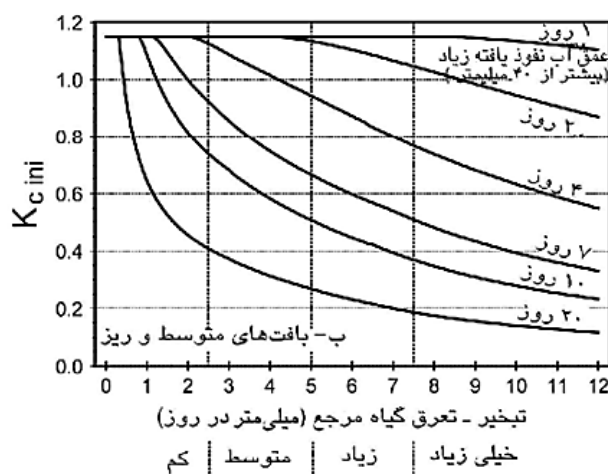
مطابق جدول (۲)، اصلاحات لازم بروی ضرایب گیاهی منطقه طبق شیوه‌نامه نشریه فائو انجام گرفت. تاکنون پژوهش‌های زیادی در مورد محاسبه ضرایب گیاهی انجام شده است. (Salmani Bonabi et al. 2019) به بهینه‌سازی الگوی کشت محصولات زراعی در دشت عجب‌شیر با هدف کاهش مصرف آب پرداخت. برای این منظور ضریب گیاهی محصولات زراعی را برای این منطقه اصلاح کرد. (Qeisari et al. 2006) به تعیین ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای در منطقه ورامین با شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که متوسط ضریب گیاهی مراحل اولیه، میانی و پایانی به ترتیب ۰/۴۵، ۱/۱۳ و ۰/۷ به دست آمد. یافته‌های این محققان همخوانی بالایی با نتایج این پژوهش داشتند.

گیاهان در این پژوهش در همه موارد بیش از مقادیر ذکر شده در سند ملی آب بود. اختلاف مقادیر محاسبه شده در این پژوهش با مقادیر ارائه شده در سند ملی آب به دلیل آن بود مقادیر هواشناسی مورد استفاده برای محاسبات در این پژوهش از سال تأسیس ایستگاه هواشناسی حوضه قلعه‌چای یعنی ۱۳۹۱ سال بود ولی اطلاعات مورد استفاده برای محاسبات در سند مربوط به داده‌های قبل از سال ۱۳۷۸ و از ایستگاه‌های هواشناسی شهرهای مجاور بود؛ همچنین افزایش دما و کاهش بارندگی در سال‌های اخیر باعث افزایش نیاز آبیاری نسبت به سال‌های گذشته شد. لذا پیشنهاد می‌شود محاسبات نیاز آبیاری گیاهان طبق داده‌های هواشناسی سال‌های اخیر صورت گیرد تا به واقعیت نزدیک‌تر باشد.

داده شده است. بررسی مقادیر ضریب تبیین این شکل‌ها نشان‌دهنده همبستگی خیلی بالایی بین مقادیر محاسباتی و پیشنهادی سند ملی آب است.

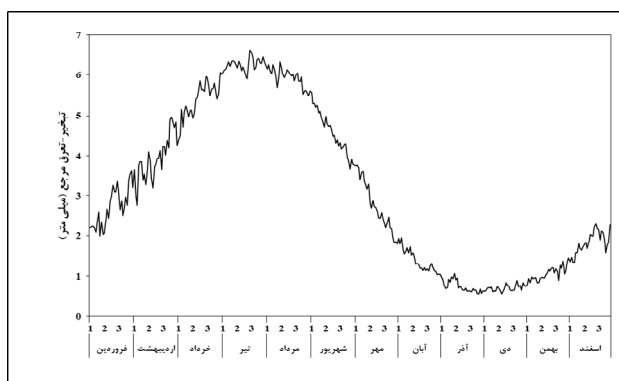
نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای مقایسه نیاز خالص آبیاری محاسباتی با داده‌های سند ملی آب، ابتدا تبخیر و تعرق مرجع به روش پنمن-مانتیش-فائو محاسبه شد. در ادامه ضرایب گیاهی با توجه به شیوه‌نامه نشریه فائو ۵۶ اصلاح شدند. سپس به محاسبه باران مؤثر و نیاز خالص آبیاری پرداخته شد. در نهایت نیاز خالص آبیاری منطقه با داده‌های سند ملی آب مقایسه شد. بررسی مقادیر ضرایب گیاهی اصلاحی، نیاز آبی و خالص آبیاری محصولات با تحقیقات گذشته نشان از همخوانی خوب نتایج داشتند. مقادیر محاسباتی تبخیر و تعرق و نیاز خالص آبیاری



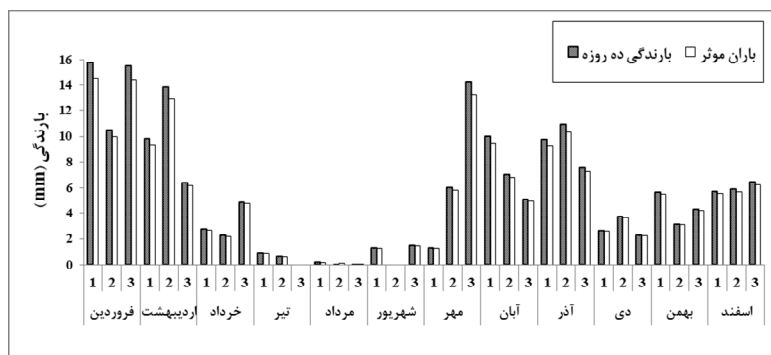
شکل ۲- میانگین ضریب گیاهی مرحله اولیه رشد به صورت تابعی از تبخیر و تعرق گیاه مرجع و فاصله آبیاری با عمق ۴۰ میلی‌متر و بیشتر برای بافت‌های متوسط و ریز

Figure 2 - Average crop coefficient as related to the level of ETo and the interval between irrigations greater than or equal to 40 mm per wetting event, during the initial growth stage for medium and fine textured soils



شکل ۳- تغییرات تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر) در طول سال در ایستگاه عجب‌شیر

Figure 3- Changes in the reference evapotranspiration (mm) during the year at Ajabshir station



شکل ۴- مقادیر بارندگی و باران مؤثر ده روزه در طی سال برای ایستگاه عجب‌شیر

Figure 4 - Rainfall and effective rainfall amounts for ten days during the year for Ajabshir station

جدول ۲- مقادیر ضریب گیاهی پیشنهادی فائو و اصلاح شده در مراحل مختلف رشد گیاه

Table 2: Crop coefficient values recommended by FAO and modified at different stages of plant growth

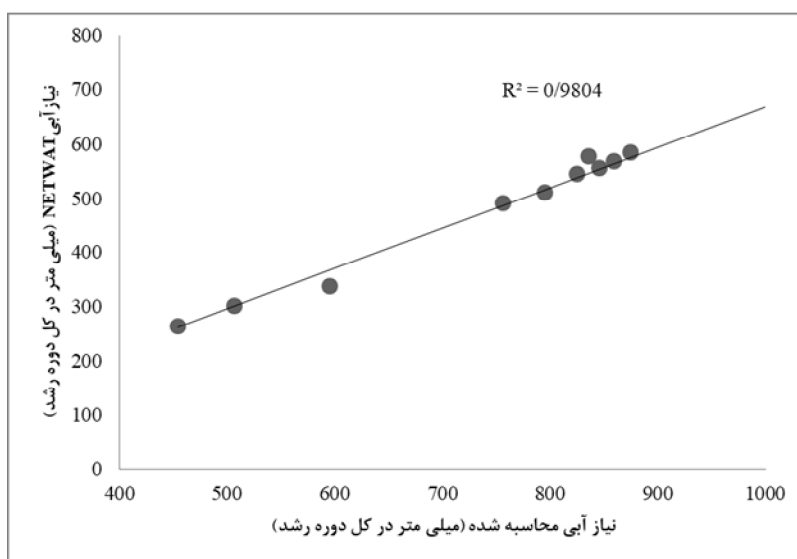
ضریب گیاهی اصلاح شده			ضریب گیاهی پیشنهادی فائو			محصول
پایانی	میانی	اولیه	پایانی	میانی	اولیه	
۰/۷۶	۱/۱۱	۰/۷۰	۰/۷۰	۱/۰۵	۰/۷۵	پياز
۰/۲۵	۱/۱۹	۰/۷۰	۰/۲۵	۱/۱۵	۰/۳	جو پائيزه
۰/۸۶	۱/۲۲	۰/۶۰	۰/۷۵	۱/۱۵	۰/۵۰	سيب زمينى
۰/۴۰	۱/۲۰	۰/۷۵	۰/۴۰	۱/۱۵	۰/۴۰	گندم پائيزه
۰/۳۰	۱/۲۱	۰/۵۰	۰/۳۰	۱/۱۵	۰/۵۰	نخود
۰/۷۳	۱/۲۱	۰/۵۰	۰/۶۵	۱/۱۰	۰/۵۰	گردو
۰/۷۳	۱/۰۲	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۹۰	۰/۴۰	بادام
۰/۵۰	۰/۹۴	۰/۵۰	۰/۴۵	۰/۸۵	۰/۳۰	انگور
۰/۸۵	۱/۰۷	۰/۵۰	۰/۷۵	۰/۹۵	۰/۶۰	گيلاس و آلبالو
۰/۸۲	۱/۰۷	۰/۵۰	۰/۷۵	۰/۹۵	۰/۶۰	سيب
۰/۷۰	۱/۰۰	۰/۵۰	۰/۶۵	۰/۹۰	۰/۵۵	انواع آلو

جدول ۳- مقادیر تبخیر و تعرق و نیاز خالص آبیاری گیاهان الگوی کشت حوضه قلعه‌چای

Table 3- Evapotranspiration values and net irrigation requirement of plants Qaleh Chay catchment cultivation pattern

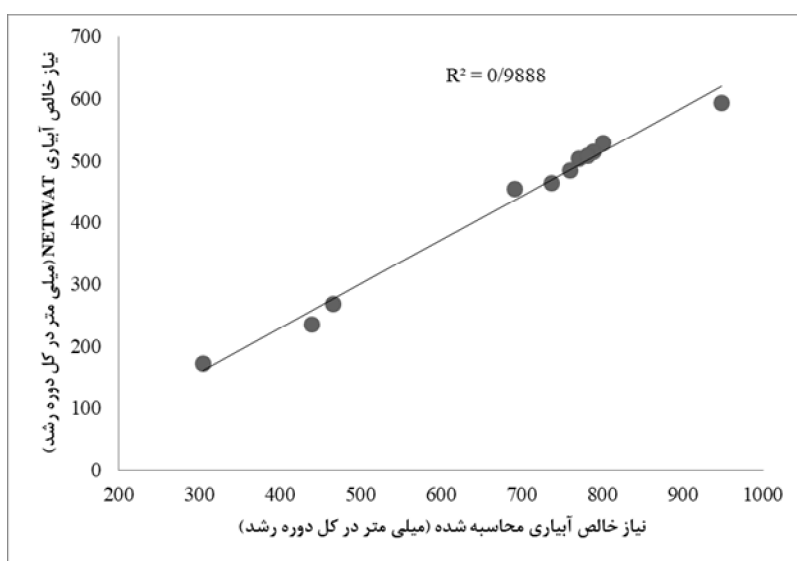
نیاز آبی گیاه در طول دوره رشد (میلی‌متر)			نیاز خالص آبیاری در طول دوره رشد (میلی‌متر)			گیاه
محاسباتی	سند ملی آب	نسبت	محاسباتی	سند ملی آب	نسبت	
۵۹۵	۳۳۸	۱/۷۶	۴۴۰	۲۳۶	۱/۸۶	گندم پایيزه
۸۳۶	۵۷۸	۱/۴۵	۷۷۱	۵۰۵	۱/۵۳	پياز
۴۵۴	۲۶۴	۱/۷۲	۳۰۵	۱۷۳	۱/۷۶	جو پایيزه
۸۵۹	۵۷۰	۱/۵۱	۸۰۲	۵۲۹	۱/۵۲	سيب زمينى
۵۰۷	۳۰۱	۱/۶۸	۴۶۷	۲۶۹	۱/۷۴	نخود
۱۰۱۳	۶۴۴	۱/۵۷	۹۴۹	۵۹۴	۱/۶۰	گردو
۸۷۵	۵۸۵	۱/۵۰	۷۸۹	۵۱۵	۱/۵۳	بادام
۷۵۶	۴۹۲	۱/۵۴	۶۹۲	۴۵۵	۱/۵۲	انگور
۷۹۵	۵۱۲	۱/۵۵	۷۳۸	۴۶۵	۱/۵۹	گيلاس

سیب	۸۴۶	۵۵۶	۱/۵۲	۷۸۲	۵۰۹	۱/۵۴
آلو	۸۲۵	۵۴۵	۱/۵۱	۷۶۰	۴۸۵	۱/۵۷



شکل ۵- نمودار همبستگی بین مقادیر نیاز آبی محاسباتی و مقادیر ارائه شده در سند ملی آب

Figure 5 - Correlation diagram between the calculated water requirement values and the values presented in the national water document



شکل ۶- نمودار همبستگی بین مقادیر نیاز خالص آبیاری محاسباتی و مقادیر ارائه شده در سند ملی آب

Figure 6 - Correlation diagram between the calculated net water requirement values and the values presented in the national water document

مراجع

- 1- Adnan, S., Khan, A.H., 2009. Effective rainfall for irrigated agriculture plains of Pakistan. Pakistan Journal Meteorology. 6 (11). 61-72.
- 2- Ahmadi, H., mFallah Ghalhari, G.A., Goodarzi, M., 2018. Estimation and determination of spatial pattern of Apple tree water requirement in Iran. Iranian

- 10- Ghamarnia, H., Nazari, B. and Ghobadi, M., 2017. Estimation of chickpea (*Cicer arietinum* L.)(bivani) water requirement, single and dual crop coefficient in lysimeter conditions and comparison with the simdualkc model. *Iranian Journal of Pulses Research PULSES*. 8 (1). 164-179. [in Persian With English Summary].
- 11- Kamali, M., Faridhoseini, A., Ansari, H., Gholami Sefidkouhi, M., 2018. Determination of maize water requirement and crop coefficient using remote sensing data and SEBAL algorithm. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*. 12(1). 25-39. [in Persian With English Summary].
- 12- Khaleghi, N., 2016. Comparison of effective rainfall estimation methods in agriculture. *Journal of Water and Sustainable Development*. 2 (2). 51-58. [in Persian With English Summary].
- 13- Mohajeri, A., 2013. Erosion zonation of Qaleh Chay catchment using the experimental EPM model. MSc Thesis, Faculty of Geography, University of Tabriz, Iran. [in Persian With English Summary].
- 14- Mohammadian, A., Alizadeh, A., Javanmard, S., 2005. Adjusting the amount of overestimation reference evapotranspiration calculated by reference data in Iran (case study: Khorasan Razavi province), *Journal of Agricultural Engineering Research*. 6 (23). 67-84. [in Persian With English Summary].
- 15- Nejatian, M., 2013. Comprehensive Guide to Grape Production and Processing. Agricultural Education and Extension Publications, First Edition. [in Persian].
- 16- Qamarnia, H., Sepehri, S., 2009. Calculation of water requirements of different cropping patterns by Penman-Monteith-FAO method and its comparison with the results of the National Water Document of Iran. 8th International Congress of Civil Engineering, Shiraz. [in Persian With English Summary].
- 17- Qeisari, M., Mir Latifi, S.M., Homaei, M., Asadi, M., 2006. Determining the crop water requirement use and crop coefficient of corn silage base on crop growth stages. *Journal of Agricultural Engineering Journal of Ecohydrology*, 5 (1). 149-160. [in Persian With English Summary].
- 3- Alizadeh, A., Kamali, Gh., Khanjani, M.J., Rahnemood, M.R., 2004. Evaluation of methods for estimating evapotranspiration in arid regions of Iran. *Quarterly Journal of Geographical Research*. 73, 9-15. [in Persian With English Summary].
- 4- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1999. Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome, Italy: United Nations – FAO. 300 pp.
- 5- Barahimi, M., Ghazi, I., 2018. Updating and Reviewing of the Document of National Water in Ghazvin and Fomanat Plains. *Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)*. 22 (2). 199-209. [in Persian With English Summary].
- 6- Barati, Kh., Abedikoupaee, J., Darvishi, E., Azari, A., Yousefi, A., 2019. 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). 543-553. 199-209. [in Persian With English Summary].
- 7- DehghaniSanij, H., Yamamoto, T., Rasiah, V., 2004. Assessment of evapotranspiration estimation models for use in semi-arid environments. *Agricultural Water Management*. 64. 91-106.
- 8- Erfanian, M., Alizadeh, A., Mohammadian, A., 2010. Investigation of possible changes in the current irrigation requirement of plants in relation to the cultivars in the National Irrigation Document (case study: Khorasan Razavi province). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 4 (3), 478-492. [in Persian With English Summary].
- 9- Foladmand., M.R., 2010. Estimation of mean and critical irrigation requirements for the important agricultural crops of Fars province. *Journal of Soil and Water Science*. 20 (1). 187-197. [in Persian With English Summary].

With English Summary].

Research. 7 (26). 125-142. [in Persian

- 18- Salmani Bonabi, T., 2019. Optimization of cultivation pattern of Ajabshir plain crops in order to reduce water consumption. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Maragheh University. [in Persian With English Summary]



Original Article:

Calculation of Net Irrigation Requirement of Agricultural Products in Qaleh Chay Catchment and Its Evaluation with the Data of National Water Document

Ali Javadi^{1*}, Gholamreza Fani², Mohammadreza Mohammadi³, Habib Sayadi⁴

1- PhD in Water Science and Engineering, Department of Surface Water Protection and Exploitation, East Azerbaijan Regional Water Company, Tabriz, Iran

2- Master of Irrigation and Drainage Engineering, Department of Surface Water Protection and Exploitation, East Azerbaijan Regional Water Company, Tabriz, Iran

3- Master of geotechnical engineering, Department of Surface Water Protection and Exploitation, East Azerbaijan Regional Water Company, Tabriz, Iran

4- PhD in Water Science and Engineering, Department of Surface Water Protection and Exploitation, East Azerbaijan Regional Water Company, Tabriz, Iran

*Corresponding Author E-mail: ali.javadirri@gmail.com

Received: 24-08-2021; Accepted: 04-10-2021

Abstract

The main purpose of this study was to calculate the net irrigation requirement of agricultural products in the Qaleh Chay catchment in the current climatic conditions and evaluate it with the data of the National Water Document (NETWAT). For this purpose, the reference evapotranspiration was calculated by the Penman-Monteith-FAO method for the years 2013 to 2019. Subsequently, the plant coefficients were modified according to the guidelines of FAO 56. Then the effective rainfall and net irrigation requirement were calculated. Finally, the net irrigation requirements of the region were compared with the data of the National Water Document. The results showed that the values obtained in this research were in all cases higher than the values mentioned in the National Water Document. This difference was due to the fact that the information used for the calculations in this study was from the year of establishment of the meteorological station of the catchment (2012), while the calculations in the national water document were related to meteorological stations in neighboring cities and years before 1378. Also, increasing temperature and decreasing rainfall in recent years have increased the irrigation requirement compared to previous years. Finally, it is suggested that the estimation of irrigation requirements be done according to meteorological data of recent years to be closer to reality.

Keywords: Ajabshir, Penman-Monteith-FAO, Reference Evapotranspiration