تعیین شاخص عرضه نسبی آب در اراضی تحت کشت برنج (مطالعه موردی: شهرستان ساری)

محمدامین قلعه‌نوی[۱]، محمدعلی غلامی سفیدکوهی*[۲]، سید نوید نبوی[۳]
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲-دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی
magholamis@yahoo.com

چکیده
کشور ایران در بخشی از جهان قرارگرفته که مقدار بارش آن یک سوم متوسط جهانی است. علاوه‌بر شرایط جغرافیایی، افزایش جمعیت و کمبود منابع آب در سال‌های اخیر، بخش کشاورزی را با چالش بزرگی در راستای تامین نیاز غذایی و خودکفایی روبه‌رو ساخته است. از این رو اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب به علت محدودیت کمی و کیفی آب، امری ضروری به‌نظر می‌رسد. در این پژوهش به منظور ارزیابی کارایی مصرف آب در اراضی شالیزاری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، از شاخص عرضه نسبی آب (ARWS) و شاخص عرضه نسبی بارش (RRS) استفاده شد. به این منظور مقدار آب تحویلی به مزارع توسط چاه‌های موجود اندازه‌گیری و مقدار بارش موثر و تبخیر-تعرق گیاهی نیز با استفاده از داده‌های هواشناسی محاسبه شد. شاخص ARWS با اختصاص مقدار ۰/۹۳ به خود نشان داد که، آب تحویلی به مزارع و همچنین بارندگی‌ها در طول فصل کشت نمی‌توانند نیازآبی مزرعه را تامین کنند.

کلید واژه‌ها: برنج، ARWS، بارش موثر، مدیریت مصرف آب، تبخیر-تعرق

مقدمه
همواره خشکسالی و کم آبی در ایران به عنوان یک واقعیت اقلیمی پذیرفته شده است. با توجه به این‌که در سال‌های گذشته نیاز بخش‌های مختلف به آب افزایش یافته، لذا مشکل خشکسالی در سال‌های آتی بحرانی‌تر نیز خواهد شد. براساس گزارش ارائه شده توسط موسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI)[۱]، کشور ایران برای حفظ وضعیت فعلی خود تا سال ۲۰۲۵ مستلزم افزایش ۱۲ درصدی آب قابل استحصال خود است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴). در سال‌های اخیر محدودیت منابع آب و استفاده نامطلوب و غیر اقتصادی از آن به عنوان عاملی محدود کننده در توسعه کشاورزی و افزایش تولیدات غذایی در ایران شناخته می‌شود، بنابراین بهبود مدیریت آبیاری و افزایش کارآیی اقتصادی آب در سطح حوضه، شبکه‌های آبیاری و زهکشی و همچنین در سطح مزارع از جمله اصلی‌ترین راه استفاده مطلوب و بهینه از منابع آب است (اکبری و حیدری، ۱۳۸۵). به‌منظور بهبود شرایط مدیریت آبیاری لازم است تا با اندازه‌گیری شاخص‌های بهره‌وری در زمان‌ها و مکان‌های مختلف، روند تغییرات این شاخص‌ها مشخص شود تا راه‌کاری مناسب برای ارتقای مدیریت آبیاری در آینده ارائه شود. از آن‌جایی‌که در کشور ایران بارندگی پراکنش مکانی و زمانی مناسبی ندارد، لذا بیش‌تر بار تولید مواد غذایی بر عهده کشاورزی فاریاب است. در چنین شرایطی اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی به علت محدودیت کمی و کیفی آب، ضروری به نظر می‌رسد (رئوف و اسدزاده شرفه، ۱۳۹۴). در

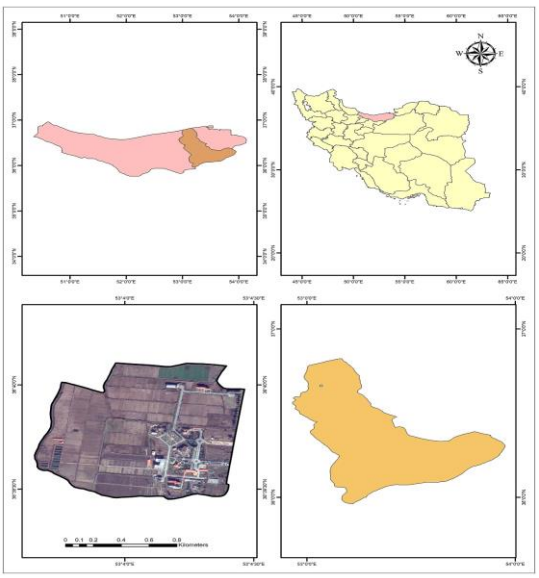
[۱] International Water Management Institute

راستای کارایی مصرف آب در نقاط مختلف دنیا تحقیقات بسیاری صورت گرفته است. ناروا و همکارا (۲۰۱۴)، راندمان مصرف آب و بهره‌وری آب را در منطقه ریو در کشور اسپانیا مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد علی‌رغم این‌که در دو سال اول ۱> ARIS[۲] بوده با این حال IWP[۳] بهبود یافته است. در پژوهشی از حیدری و همکاران (۱۳۸۵)، کارایی مصرف آب محصولات کشاورزی عمده مناطق کشور و در شرایط مدیریت زراعی کشاورزان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد کارایی مصرف آب محصولات زراعی گندم، چغندرقند، سیب زمینی، ذرت علوفه‌ای، پنبه، یونجه، جو و نیشکر به ترتیب ۰/۷۵، ۰/۶۴، ۲/۰۶، ۵/۵۸، ۰/۷۱، ۱/۴۶، ۰/۵۶ و ۰/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. ژیمینگ و همکاران (۲۰۱۱)، به ارزیابی بهره‌وری آب برای محصولات دیم و آبی حوضه آبریز رودخانه زرد در کشور چین پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که برای دو محصول ذرت و سویا در مناطق کشت آبی نسبت به کشت دیم تفاوت معناداری از نظر برداشت محصول وجود دارد، اما در عین حال بهره‌وری مصرف آب در مناطق با کشت دیم نسبت به کشت آبی برای این دو محصول اندکی بالاتر است. در مطالعه‌ای دیگر یعقوبی و همکاران (۱۳۹۴)، شاخص‌های کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب در تولید گندم و زعفران را برای شهرستان قائنات مقایسه کردند. نتایج حاصله از این پژوهش نشان داد شاخص کارایی مصرف آب برای دانه تولیدی گنرم ۰/۳۶ کیلوگرم در مترمکعب و برای کلاله تولیدی زعفران ۰/۰۰۲ کیلوگرم در مترمکعب است و میانگین کارایی اقتصادی آب در کل منطقه برای گندم ۴۰۴۱ و برای زعفران ۳۹۹۶۲ ریال به ازای هر مترمکعب آب مصرفی برآورد شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی مقدار آب مصرفی با استفاده از شاخص عرضه نسبی آب برای اراضی تحت کشت برنج دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. به‌این منظور در سال ۱۳۹۷ بین ماه‌های اردیبهشت تا مرداد، حجم آب وارد شده از چاه-های موجود در اراضی کشاورزی تحت کشت برنج رقم طارم هاشمی به‌صورت روزانه توسط کنتور اندازه‌گیری شد. شکل ۱ موقعیت مکانی منطقه پژوهش را نشان می‌دهد.

[2] Annual Relative Irrigation System
[3] Irrigation Water productivity



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (اراضی شالیزاری دانشگاه علوم کشارزی و منابع طبیعی ساری)

شاخص عرضه نسبی آب سالانه (ARWS)[۴]، از نسبت مجموع کل آب آبیاری و بارش به آب مورد نیاز گیاهان محاسبه می‌شود. در واقع این شاخص نشان دهنده کفایت آب آبیاری است و مشخص می‌کند که مجموع آب آبیاری و بارندگی، چه مقداری از حداکثر آب موردنیاز تبخیر-تعرق را تامین می‌کنند (ناروا و همکاران، ۲۰۱۴). این شاخص با استفاده از رابطه ۱، محاسبه می‌شود.

$$ARWS = \frac{I+P_e}{ET_c} \qquad (۱)$$

در این معادله I، مقدار آب آبیاری (مترمکعب)، Pe، بارش موثر (مترمکعب) و ETc، تبخیر-تعرق گیاه (مترمکعب) می‌باشد.

باران موثر، از دیدگاه متخصصین کشاورزی، قسمتی از کل باران است که مستقیما جوابگوی نیازهای آبی گیاه بود و نیز رواناب سطحی که بتوان برای تولید محصول از برکه یا چاه به مزرعه پمپاژ کرد. برای محاسبه بارش موثر روش‌های مختلفی ارائه شده اشت اما براساس مطالعه‌ای از خالقی (۱۳۹۴)، برای محاسبه بارش موثر در مناطق مرطوب، روش بارش قابل اطمینان به عنوان روش مناسب انتخاب شده است.در روش بارش قابل اطمینان، هر مقدار از بارش که کم‌تر از ۱۶/۸ میلی‌متر باشد، مقدار بارش موثر برابر صفر است. بر طبق این روش داریم:

$$If: P \leq 70\ mm,\ \ P_{eff} = 0.6P - 10 \qquad (۲)$$

$$If: P > 70\ mm,\ \ P_{eff} = 0.8P - 12 \qquad (۳)$$

در معادلات فوق، Peff: بارش موثر هرماه (mm) و P: بارش کل هر ماه (mm) می‌باشد.

شاخص عرضه نسبی بارش (RRS)[۵]، نشان می‌دهد که بارش چه مقدار از تبخیر-تعرق را تامین می‌کند. مقدار بالای RRS یک فرصت برای صرفه‌جویی در آب با برنامه‌ریزی مناسب آبیاری می‌باشد که با استفاده از رابطه ۴، محاسبه می‌شود.

$$RRS = (P_e / ET_c) \qquad (۴)$$

[4] Annual Relative Water Supply
[5] Relative Rainfall Supply

در این پژوهش به منظور محاسبه مقدار تبخیر-تعرق گیاه، ابتدا با استفاده از معادله فائو-پنمن-مانتیث، مقدار تبخیر-تعرق مرجع محاسبه شد. این معادله به عنوان مدلی استاندارد برای برآورد تبخیر-تعرق مرجع گیاهان به صورت زیر ارائه شده است.

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn-G)+\gamma\left[\frac{890}{T+273}\right]U_2(e_s-e_a)}{\Delta+\gamma(1+0.34U_2)} \qquad (۵)$$

در این رابطه، ETo تبخیر-تعرق بالقوه گیاه مرجع(mm/day)، T متوسط دمای هوا (C)، U2 سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (m/s)، Rn تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJm^{-2}d^{-1}$)، G شار گرما به داخل خاک ($MJm^{-2}d^{-1}$)، es فشار بخار اشباع (KPa)، ea فشار بخار واقعی (KPa)، Δ شیب منحنی فشار بخار ($KPaoC^{-1}$) و γ ثابت سایکرومتری ($KPaC^{-1}$) می‌باشند.

پس از محاسبه تبخیر-تعرق مرجع با استفاده از رابطه ۴، در ادامه به منظور محاسبه تبخیر-تعرق گیاه با استفاده از رابطه ۶ داریم:

$$ET_c = ET_0 \times K_c \qquad (۶)$$

در این معادله ET_c، تبخیر-تعرق گیاه (mm/day)، ET_0 تبخیر-تعرق مرجع (mm/day) و K_c ضریب گیاهی برنج می‌باشد. براساس اعلام فائو، مقدار ضریب گیاهی برنج، برای سه دوره رویش، زایشی و رسیدن به‌ترتیب ۱/۰۵، ۱/۲ و ۰/۹ تعیین شد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

نتایج و بحث

در گام اول به‌منظور محاسبه یکی از پارامترهای معادله شاخص عرضه نسبی آب، مقدار بارش موثر برای دوره ۱۰۰ روزه کشت برنج رقم هاشمی در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد توسط رابطه ۲ (روش بارش قابل اطمینان) محاسبه شد. نتایج ارائه شده در جدول ۱ نشان می‌دهد، در این چهار ماه مقدار بارش موثر کمتر از حد نصاب بوده، بنابراین برای برآورد شاخص عرضه نسبی آب، قابل استفاده نمی‌باشد.

جدول۱- مقادیر بارش موثر ماهانه

ماه	بارش کل ماهانه	بارش موثر
اردیبهشت	۱۱/۹	۰
خرداد	۱۳/۸	۰
تیر	۱۱/۸	۰
مرداد	۱۶/۹	۰/۱

نتیجه حاصل از محاسبه شاخص عرضه نسبی آب برای مزرعه‌ای به وسعت ۵/۵ هکتار از اراضی شالیزاری منطقه مورد مطالعه و شاخص عرضه نسبی بارش در جدول ۲ ارائه شد.

جدول۲- نتیجه شاخص عرضه نسبی آب (ARWS)

I (m^3)	Pe (m^3)	ETc (m^3)	ARWS	RRS
۲۱۳۷۲/۸	۰	۲۲۹۴۰/۴	۰/۹۳	۰

همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، در فصل کشت برنج برای سال ۱۳۹۷ که در چهارماه اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد اتفاق می‌افتد، با توجه به مقدار صفر شاخص RRS در این جدول، بارندگی نقشی در تامین نیازآبی برنج ندارد. مقدار شاخص

عرضه نسبی آب نیز با اختصاص مقداری کم‌تر از یک به خود نشان می‌دهد که در این منطقه آب تحویل شده به مزرعه نمی‌تواند نیازآبی مزرعه را به‌طور کامل تامین کند.

باتوجه به این‌که بارندگی منطقه مورد مطالعه در طول فصل رشد مقدار قابل توجهی نیست، لذا تمام فشار آبیاری اراضی بر روی آب‌ها زیرزمینی در منطقه می‌باشد. در مزرعه مورد نظر تعداد چهار چاه آب وجود دارد که به علت استفاده مداوم از آن‌ها در طول فصل، مقدار آبدهی آن‌ها رفته رفته تا انتهای فصل کم می‌شود در نتیجه نمی‌تواند نیازآبی گیاه را به‌طور کامل تامین کند. با توجه به شرایط چاه‌ها و با توجه به این‌که شاخص عرضه نسبی آب مقدار ۰/۹۳ را به خود اختصاص داده، لذا همواره مزارع تحت کشت برنج در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، آب کم‌تری نسبت به نیاز خود دریافت می‌کنند.

منابع

عباسی، ر.، ناصری، ا.، سهراب، ف.، باغانی، ج.، عباسی، ن. و اکبری، م. ۱۳۹۴. ارتقا بهره‌وری مصرف آب. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

اکبری، م. و حیدری، ن. ۱۳۸۵. برآورد عرضه، تقاضا و کارایی مصرف آب در سطح حوضه زاینده رود با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب.

رئوف، م. و اسدزاده‌شرفه، ح. ۱۳۹۶. ارزیابی کارایی مصرف آب در شبکه کم فشار (هیدروفلوم) قوریچای دشت اردبیل. سومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه.

Naroua, I., Rodríguez Sinobas, L. and Sánchez Calvo, R., 2014. Water use efficiency and water productivity in the Spanish irrigation district Rio Adaja. International Journal of Agricultural Policy and Research. 2(12). pp.484-491.

حیدری، ن.، اسلامی، ا.، قدمی فیروزآبادی، ع.، کانونی، ا.، اسدی، م. و خواجه عبداللهی، م. ۱۳۸۵. کارایی مصرف آب محصولات زراعی مناطق مختلف کشور (مناطق کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان). همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی.

Cai, X., Yang, Y.C.E., Ringler, C., Zhao, J. and You, L., 2011. Agricultural water productivity assessment for the Yellow River Basin. Agricultural water management, 98(8), pp.1297-1306.

اکبری، م.، دهقانی‌سانیج، ح. و حیدری، ن. ۱۳۸۷. کاربرد سنجش از دور در برآورد سطح زیرکشت، تبخیر-تعرق و مدیریت شبکه‌های آبیاری. مجله آبیاری و زهکشی ایران. جلد۲. شماره۱. ۵۴:۴۳.

یعقوبی، ف.، جامی الاحمدی، م.، بخشی، م. و سیاری‌زهان، م. ۱۳۹۴. مقایسه شاخص‌های کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب در تولید گندم و زعفران در شهر قائنات. نشریه زراعت و فناوری زعفران. جلد۳. شماره۴. ۲۳۶:۲۲۵.

خالقی، ن.۱۳۹۴. مقایسه روش‌های برآورد بارش موثر در کشاورزی. نشریه آب و توسعه پایدار. سال ۲. شماره۲. ۵۸:۵۱

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. FAO Irrigation and drainage paper No. 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 56(97), p.e156.

Determination of relative water supply index in rice cultivated lands (case Study: Sari county)

M. Ghalenovi[1], M. Gholami sefidkouhi[1*], N. Nabavi[2]
1- Dept. of Irrigation, University of Agricultural science and Natural Resources, Sari, Iran
2- MSc Garaduated of Remote sensing and geographical information system
***magholamis@yahoo.com**

Abstract
Iran is located in a part of the world where the average rainfall in this country is one-third of the world. In recent years, geographical conditions, population growth and water scarcity, has made self-sufficiency to a major challenge for agriculture. Therefore measuring and analyzing water productivity indices is necessary due to quantitative and qualitative limitation in water. In this study, the Annual Relative water Supply index (ARWS) and Relative Rainfall Supply (RRS) index were used to evaluate the water use efficiency in the paddy fields of Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. For this purpose, the amount of water delivered to the farms by existing wells was measured and the effective rainfall and crop evapotranspiration were also calculated using weather data. The ARWS index with 0.93 value, showed that delivered water to farms and also rainfall during the growing season could not meet the needs farmland.

Keywords: Rice, ARWS, Effective rainfall, Water management, evapotranspiration