

## ارزیابی بهره‌وری مصرف آب در مزارع کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای Landsat 8

رامین صافی<sup>1</sup>، سید مجید میرلطیفی<sup>2\*</sup> و مهدی اکبری<sup>3</sup>

تاریخ دریافت: 1394/9/15 تاریخ پذیرش: 1395/1/25

### چکیده

تحقیق حاضر با هدف ارزیابی بهره‌وری مصرف آب در اراضی نیشکر کشت و صنعت امیرکبیر با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای لندست 8 انجام شد. بدین منظور تبخیر - تعرق واقعی و عملکرد نهایی محصول به کمک اطلاعات ماهواره‌ای برآورد گردید و جهت واسنجی و صحت‌یابی آن از داده‌های مزرعه‌ای استفاده شد. حجم کل تبخیر-تعرق واقعی نیشکر در دوره فصل رشد، 160 میلیون مترمکعب در سطح 9328/5 هکتار اراضی تحت کشت نیشکر و میزان عملکرد واقعی محصول تر نیشکر در کشت و صنعت امیرکبیر در سال زراعی 91-92، 520230 تن، که معادل 56 تن در هکتار می‌باشد بدست آمد. بر اساس نتایج حاصله، متوسط مقدار شاخص کارایی مصرف آب برای گیاه نیشکر بر اساس میزان آب تبخیر - تعرق شده 3/4 کیلوگرم بر مترمکعب آب و براساس آب آبیاری شده 1/6 کیلوگرم بر مترمکعب آب به دست آمد. نتایج آنالیز داده‌های بهره‌وری مصرف آب در ARC-10 کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر نشان داد که میان نوبت آبیاری پلات‌های کشت شده و بهره‌وری مصرف آب رابطه مستقیم وجود دارد یعنی با افزایش تعداد نوبت آبیاری به ازای یک حجم یکسان آب، بهره‌وری مصرف آب نیز افزایش یافته است. همچنین بهره‌وری مصرف آب در وارپته CP48-103 نسبت به وارپته CP69-1062 در این ARC بالاتر بود. میان سن رشد محصولات کشت شده و میزان بهره‌وری مصرف آب رابطه معکوس وجود داشت. یعنی با افزایش سن رشد گیاه نیشکر از Plant تا R<sub>7</sub>، بهره‌وری مصرف آن نیز کاهش یافت. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که مهم‌ترین علت تفاوت بهره‌وری مصرف آب در پلات‌های مختلف کشت و صنعت امیرکبیر ناشی از اعمال عمق و زمان انجام و تعداد نوبت آبیاری و همچنین اختلاف زیاد میان سن کشت نیشکر در پلات‌های مختلف کشت و صنعت (Plant تا R<sub>7</sub>) می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اطلاعات ماهواره‌ای لندست 8، بهره‌وری مصرف آب، کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر خوزستان

### مقدمه

مفهوم بهره‌وری آب مطرح می‌شود که هدف اصلی در آن تعیین تولیدات یا سودهای حاصل از مصرف آب است (میرنظامی، 1392). میزان آبی که در بخش کشاورزی برای کشت نیشکر در استان خوزستان مصرف می‌شود بسیار بیش‌تر از مصرف خالص گیاه نیشکر می‌باشد. این امر علاوه بر مصرف بیش از حد آب در این بخش، سبب خروج حجم بالایی از زهاب می‌شود. در پی آن نیز مسایل زیست محیطی بسیاری پدیدار می‌شود. لذا می‌توان با مدیریت صحیح بر روی میزان آب مورد استفاده در این بخش هم در مصرف آب صرفه‌جویی نمود و هم میزان زهاب خروجی را تا حد زیادی کاهش داد که در نهایت منجر به افزایش بهره‌وری آب می‌شود. بنابراین مدیریت صحیح مصرف آب و متناسب با نیاز خالص گیاه (تبخیر - تعرق واقعی گیاه) در این اراضی می‌تواند تا حد بسیار زیادی میزان مصرف آب را کاهش داده و بهره‌وری مصرف آب را افزایش دهد. روش‌های موجود برای تخمین تبخیر - تعرق واقعی به داده‌های میدانی زیادی نیاز دارند که بعضاً در بسیاری از حوزه‌ها در دسترس

همواره مصرف آب در بخش کشاورزی، به‌عنوان بزرگ‌ترین متقاضی آب، با کمک مفهوم کارایی مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. کارایی مصرف آب به مقدار کمی مصرف آب توجه دارد و بخش‌های سودبخش و غیرسودبخش مصرف آب را نمایش می‌دهد. واضح است که آگاهی از مقادیر آبی که به‌صورت سودبخش مصرف شده‌اند، به تنهایی کافی نیست و لازم است تا میزان تولیدکنندگی حاصل از آن‌را نیز در تحلیل‌ها دخیل نمود. برای رفع این نقیصه،

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

2- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

3- دانشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

\* - نویسنده مسئول: (Email: Mirilat\_M@modares.ac.ir)

و تلفیق اطلاعات مزرعه‌ای و مدل شبیه‌سازی، برنامه‌ریزی آبیاری، توابع تولید آب کاربردی شوری تعیین شد و عملکرد محصول، کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب کشاورزی در شرایط مدیریت زارع و پیشنهادی مدل شبیه‌سازی شده مقایسه شد. نتایج نشان داد که با اصلاح تقویم آبیاری و برنامه‌ریزی صحیح آبیاری عملکرد محصول 15 درصد و بهره‌وری آب به میزان 40 درصد افزایش یافت.

بر اساس آمار ارایه شده توسط وزارت جهاد کشاورزی در ابتدای دهه 1380، سالانه برای کل تولید محصولات کشاورزی (65 میلیون تن)، 85 میلیارد مترمکعب آب مصرف شده است و این نشان دهنده پایین بودن بهره‌وری آب یعنی 0/7 کیلوگرم به ازای هر مترمکعب می‌باشد (سادات میربی و فرشی، 1382).

در منطقه‌ای از آیداهو (Snake River Plain) آب مصرفی گیاه از داده‌های ماهواره‌ای Landsat با استفاده از الگوریتم بیلان انرژی سطح برآورد شد و دقت این مدل با داده‌های لایسمترهای وزنی واقع در موسسه تحقیقات کشاورزی کیمبرلی آیداهو مورد مقایسه قرار گرفتند و نتایج قابل قبولی از کاربرد الگوریتم سبال در تعیین تبخیر- تعرق به دست آمد (Allen et al., 2002).

در تحقیقی دیگر که توسط باستیانسن و همکاران (Bastiaanssen et al., 2003) بر روی محاسبه جذب تابش فعال فتوسنتزی (APAR) و تنش آبی با اعمال کردن الگوریتم بیلان انرژی بر روی داده‌های ماهواره‌ای NOAA انجام شد، تغییرات ماده خشک روی سطح زمین در منطقه‌ی ایندوس باسین پاکستان برآورد گردید. محاسبات با استفاده از 20 تصویر و در یک دوره‌ی یک ساله انجام گرفت. اعتبارسنجی به وسیله‌ی اطلاعات جمع‌آوری شده از سطوح انجام گرفت و نتایج به دست آمده همبستگی بسیار خوبی با داده‌های مشاهداتی داشت.

ماهواره لندست 8 به واسطه 16 بیتی بودن عکس‌ها و هم‌چنین به‌واسطه‌ی تغییراتی که در محدوده‌ی طیفی طول موج‌های باندهای آن صورت گرفته است، نسبت به ماهواره‌های نسل پیشین خود (لندست 5 و 7) در برآورد عملکرد محصول شامل تغییراتی شده است. از آنجا که عملکرد محصول به طور مستقیم وابسته به NDVI بوده و این شاخص گیاهی نیز از باندهای 5 و 4 ماهواره‌ی لندست 8 حاصل می‌شود، لذا ضرایب برآورد عملکرد برای این ماهواره متفاوت از نسل‌های پیشین خود می‌باشد. در این تحقیق از اطلاعات ماهواره‌ای لندست 8 که ماهواره‌ای جدید می‌باشد و در تاریخ 11 فوریه 2013 راه‌اندازی شده و تحقیقات اندکی با استفاده از این ماهواره در جهت برآورد عملکرد محصول صورت گرفته است استفاده شد.

با توجه به مطالب فوق فناوری سنجنش از دور می‌تواند نقش مؤثری در تعیین تبخیر- تعرق، مدیریت آبیاری و در نهایت تعیین بیلان آبی منطقه‌ای ایفا نماید. لذا در این تحقیق با تلفیق فن‌آوری سنجنش از دور با داده‌های میدانی نقشه‌های تبخیر- تعرق، عملکرد

نبوده. علاوه بر این جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز اغلب گران بوده و قابل تکرار کردن نمی‌باشند. سنجنش از دور و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای یکی از گزینه‌هایی است که در دو - سه دهه‌ی اخیر روش‌های برآورد تبخیر- تعرق بر پایه‌ی آن توسعه یافته‌اند. وجود ماهواره‌های مختلف با قدرت تفکیک زمانی و مکانی متفاوت، پوشش زمانی و مکانی مناسبی را جهت استخراج و تحلیل داده‌ها فراهم نموده است (عمادزاده، 1386). البته بهینه‌ترین نوع مدل‌سازی تبخیر- تعرق به کمک سنجنش از راه دور هنگامی صورت می‌پذیرد که اطلاعات سنجنش از دور به عنوان اطلاعات اولیه و اطلاعات ایستگاه-های زمینی به‌عنوان اطلاعات ثانویه همزمان به کار روند. چرا که اطلاعات حاصل از سنجنش از دور در مکان پیوسته و در زمان گسسته است، در حالی که اطلاعات زمینی - ایستگاهی در زمان پیوسته و در مکان دچار گسستگی می‌باشند (خاکبازان فرد و همکاران، 1390).

به‌طور کلی، سنجنش از دور می‌تواند به‌عنوان یک منبع مفید اطلاعاتی در بسیاری از فعالیت‌ها و مدیریت کشاورزی مطرح باشد. از کاربردهای مهم دیگر این سیستم در فعالیتهای کشاورزی می‌توان به تعیین حدود پراکنش گیاهان زراعی و تخمین سطح زیرکشت آن‌ها، فاکتورهای مؤثر بر عملکرد و تخمین آن، ارزیابی محل‌هایی که گیاهان زراعی در آن کشت می‌شوند، بررسی خاک و تولید نقشه‌ها، بررسی منابع آبی و تهیه نقشه به‌منظور آبیاری بهینه، تولید نقشه‌های پوشش گیاهی استفاده نمود.

سهیلی فر و همکاران (1390) تحقیقی در کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان واقع در استان خوزستان انجام دادند، تبخیر- تعرق واقعی برآورد شده از طریق مدل سبال با تبخیر- تعرق گیاه محاسبه شده به روش فائو- پنمن- مانیتیت در روزهای گذر ماهواره لندست 7 مقایسه شد و شاخص‌های آماری مقایسه مذکور به صورت،  $RMSE^{11} = 0.66$ ،  $SSE^2 = 7.6$  میلی‌متر بر روز برای برآورد تبخیر- تعرق واقعی و  $R^2 = 0/87$  بدست آمد.

طی مطالعه‌ای امکان استفاده از الگوریتم سبال جهت محاسبه تبخیر- تعرق واقعی با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس در زیر حوضه آبریز مشهد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تصاویر سنجنده مودیس و الگوریتم سبال قادر هستند مقدار تبخیر- تعرق واقعی را در مقیاس روزانه در منطقه مشهد به خوبی برآورد نمایند (نوری، 1389).

اکبری و همکاران (1387) به‌منظور ارزیابی تأثیر اصلاح تقویم آبیاری بر بهره‌وری آب در کشاورزی از مدل شبیه‌سازی SWAP استفاده کردند. با در نظر گرفتن هزینه‌های ثابت و متغیر، قیمت محصول، کمیت و کیفیت‌های مختلف آب آبیاری، محصولات مختلف

محصول و در نهایت بهره‌وری آب تعیین شد.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق از 10 تصویر ارسال شده از ماهواره لندست 8 در دوره‌ی رشد تا برداشت گیاه نیشکر در سال 2013 مصادف با سال 1392 شمسی (28 اردیبهشت تا 17 مهر ماه) استفاده شد. سری زمانی تصاویر ارسالی از ماهواره هر 16 روز با شفافیت 30 متر می‌باشد. در این دوره هیچ کدام از تصاویر مشکل ابری بودن را نداشتند. منطقه مورد مطالعه در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر واقع در جنوب استان خوزستان، یکی از هفت شرکت توسعه‌ی کشت نیشکر و صنایع جانبی با مختصات محلی  $31^{\circ}2'2''N$   $48^{\circ}16'49''E$  می‌باشد. کشت و صنعت امیرکبیر در 45 جاده اهواز- خرمشهر (جاده امام جعفر صادق (ع)) واقع شده است که از جنوب به کشت و صنعت میرزا کوچک‌خان محدود می‌شود و در شرق آن رودخانه بزرگ کارون واقع شده است. مساحت ناخالص اراضی این کشت و صنعت 15000 هکتار و مساحت خالص آن 12000 هکتار بوده که به چندین قطعه 25 هکتاری تقسیم‌بندی شده است.

اطلاعات هواشناسی مورد نیاز از ایستگاه هواشناسی کشت و صنعت امیرکبیر استخراج شد. این اطلاعات شامل: سرعت باد، ساعات آفتابی، دمای حداکثر و حداقل، رطوبت حداکثر و حداقل و بارش می‌باشند. داده‌های مذکور برای سال 2013 همراه با شروع ارسال عکس‌های ماهواره Landsat 8 مورد استفاده قرار گرفتند.

## برآورد تبخیر-تعرق واقعی روزانه

در این تحقیق جهت برآورد تبخیر-تعرق واقعی روزانه از مدل سبال و نرم افزارهای ENVI 4.2 و MATLAB-2011 جهت کدنویسی مراحل الگوریتم سبال و استخراج تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های ماهواره‌ای لندست 8 استفاده شد. مدل سبال، مقدار تبخیر-تعرق واقعی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و حداقل داده‌های زمینی مورد نیاز و بر اساس معادله توازن انرژی محاسبه می‌نماید. از آنجا که تصاویر ماهواره‌ای تنها می‌تواند اطلاعاتی در زمان گذر ماهواره ارائه دهند لذا مدل سبال می‌تواند مقدار شار تبخیر-تعرق لحظه‌ای را در زمان تصویر برآورد نماید. شار تبخیر-تعرق برای هر پیکسل تصویر، به صورت باقیمانده معادله توازن انرژی سطح محاسبه می‌شود. با صرف نظر کردن از مقدار جزئی انرژی که صرف فتوسنتز و ذخیره گرما در گیاه می‌شود معادله توازن انرژی را می‌توان به صورت رابطه 1 بیان کرد (Allen et al., 2002)

$$\lambda ET = R_n - G - H \quad (1)$$

که در آن  $\lambda ET$  گرمای نهان تبخیر-تعرق (انرژی مورد استفاده جهت تبخیر-تعرق)،  $R_n$  تشعشع خالص در سطح زمین،  $G$  جریان گرمایی زمین و  $H$  جریان گرمایی محسوس است. همه پارامترهای

مذکور بر  $(w/m^2)$  هستند.

مقدار لحظه‌ای و روزانه  $ET$  به صورت رابطه 2 محاسبه شد (Allen et al., 2002):

$$ET_{inst} = 3600 \frac{\lambda ET}{\lambda} \quad (2)$$

$$ET_{rF} = \frac{ET_{inst}}{ET_{r-inst}} \quad (3)$$

$$ET_{24} = ET_{rF} \times ET_{r-24} \quad (4)$$

با توجه به سری زمانی عکس‌های ماهواره‌ای لندست 8 که هر 16 روز می‌باشد و با توجه به دوره کشت تا برداشت گیاه نیشکر (اردیبهشت تا مهر ماه) که شامل 10 عکس ماهواره‌ای از تاریخ 28 فروردین تا 17 مهر ماه سال 1392 می‌باشد، تبخیر-تعرق گیاه نیشکر در طول یک دوره رشد بر اساس رابطه 5 برآورد شد:

$$ET_{total} = \sum_{i=1}^{10} (ET_{24i} \times 16) \quad (5)$$

$ET_{total}$  مجموع تبخیر-تعرق واقعی روزانه.  $ET_{24}$  تبخیر-تعرق واقعی فصلی در طی 5 ماه کشت نیشکر (اردیبهشت تا مهر ماه).

## برآورد عملکرد محصول نیشکر

جهت برآورد عملکرد از باندهای 5 و 4 که همان باندهای NIR و IR (پس از کالیبراسیون باندها) می‌باشند، شاخص گیاهی NDVI با استفاده از نرم افزار ENVI محاسبه شد.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (6)$$

با توجه به صرف بخشی از انرژی خورشیدی در فرایند فتوسنتز می‌توان نرخ رشد توده زنده گیاهی را با برآورد میزان انرژی مورد استفاده در فتوسنتز و بهره‌گیری از شاخص‌های گیاهی از جمله NDVI تخمین زد (Parodi., 2002). نرخ رشد توده گیاهی نیشکر به شرح زیر محاسبه گردید:

$$PAR = 0/48 \times K_{24-day} \quad (7)$$

$$FPAR = -0/1914 + 1/2222 \times NDVI \quad (8)$$

$$APAR = FPAR \times PAR \quad (9)$$

$$BGR_{total} = \epsilon \times \sum (APAR * t) \quad (10)$$

PAR: تابش فعال فتوسنتزی  $(w/m^2)$ . APAR: جذب فعال فتوسنتزی  $(w/m^2)$ . BGR: ماده ی خشک تجمعی. t: مدت زمانی که ماده خشک تجمع یافته در روی زمین قرار گرفته است.  $\epsilon$ : ضریب راندمان استفاده از نور خورشید. FPAR: ضریب تشعشع مؤثر در فتوسنتز.  $K_{24-day}$ : متوسط تشعشع روزانه خورشیدی در سطح زمین  $(w/m^2)$ .

## برآورد بهره‌وری مصرف آب (CPD)

برای ارزیابی بهره‌وری آب برای یک محصول در یک مزرعه

تأمین میکند.

$$RWS = \frac{P+I}{ET_c} \quad (14)$$

\* سودمندی کشاورزی: سودمندی کشاورزی بیانگر شاخص‌های مختلفی شامل تراکم سطح زیر کشت، نسبت سطح کشت به سطح برداشت، عملکرد سالیانه، سودمندی زمین و سودمندی آب می‌باشد. شاخص‌های سودمندی زمین و سودمندی آب از شاخص‌های بسیار متداول در ارزیابی مدیریت شبکه‌های آبیاری هستند. شاخص‌های مذکور به صورت زیر تعریف شده‌اند:

\*\* سودمندی زمین: از نسبت کل عملکرد یا ارزش عملکرد محصول به سطح اراضی کاشته شده تعیین می‌گردد و بر حسب کیلوگرم بر هکتار بیان می‌شود.

$$PL = \frac{Y}{A} \quad (15)$$

Y: کل عملکرد محصول در کشت و صنعت امیرکبیر در طول فصل کشت (kg) با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای، A: سطح اراضی کشت شده (ha).

\*\* سودمندی آب: سودمندی آب یا کارایی مصرف آب از نسبت عملکرد به میزان آب مصرفی تعیین می‌شود که بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی بیان می‌گردد. با توجه به اینکه میزان آب مصرفی از دیدگاه‌های مختلف متفاوت است، این شاخص بر اساس هر دیدگاه تحت عناوین مختلف از جمله سودمندی آب آبیاری (WP inflow) و سودمندی آب مورد استفاده در تبخیر - تعرق (WP process) تعریف می‌گردد.

$$WP_{inflow} = \frac{Y}{I} \quad (16)$$

$$WP_{process} = \frac{Y}{ET_c} \quad (17)$$

در این چهارچوب دو میزان آب مورد استفاده برای تولید محصول معرفی می‌شود. یکی میزان آب تبخیر - تعرق یافته در راستای تولید محصولات و دیگری آب برداشت شده یا میزان آب آبیاری.

### ارزیابی بهره‌وری مصرف آب

جهت ارزیابی بهره‌وری مصرف آب در سطح کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر نیاز به اطلاعات جامع و کاملی از کیفیت آب آبیاری، مدیریت اعمال شده بر روی هر پلات، بافت خاک هر منطقه، توپوگرافی منطقه و سطح آب زیرزمینی، شوری خاک، واریته کشت شده، سن رشد و آفات می‌باشد. اما به دلیل در اختیار نبودن تمامی این اطلاعات تنها بخشی از آن در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت و تأثیر آن‌ها بر روی بهره‌وری مصرف آب ارزیابی شد. این اطلاعات در دسترس شامل: نقشه بافت خاک منطقه، میزان عمق آب آبیاری پلات‌های کشت شده در طی فصل آبیاری با توجه به روزهای آبیاری، نوع ارقام و واریته‌های کشت شده، سن گیاه، نوبت آبیاری و راندمان

تحت کشت آبی و یا الگوی کشت موجود در یک منطقه (معمولاً در مقیاس حوضه‌ای) دیدگاه‌های مختلفی وجود دارد. از رایج‌ترین آن‌ها می‌توان به دیدگاه‌های بهره‌وری بر اساس عملکرد محصول به ازای واحد آب مصرفی (CPD) و یا درآمد خالص اختصاصی به ازای واحد آب مصرفی (NBPD) اشاره کرد (میرنظامی، 1392).

مقدار محصول تولید شده

$$CPD = \frac{\text{کل آب مصرف شده}}{\text{کل محصول تولید شده}} \quad (11)$$

در این رابطه منظور از کل آب مصرف شده مجموع آب آبیاری و بارندگی مؤثر می‌باشد. مقدار کل آب مصرف شده را نیز می‌توان بر اساس حجم تبخیر - تعرق واقعی صورت گرفته از گیاه بیان کرد که در این صورت رابطه 11 برای محاسبه شاخص بهره‌وری در این دیدگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد (میرنظامی، 1392).

مقدار محصول تولید شده

$$CPD = \frac{\text{مقدار محصول تولید شده}}{\text{تبخیر - تعرق واقعی گیاه}} \quad (12)$$

پس از برآورد تبخیر - تعرق واقعی در طول یک فصل دوره رشد نیشکر (ارديهشت تا مهرماه) توسط الگوریتم سبال و برآورد عملکرد نهایی نیشکر، از مجموع پیکسل‌های عکس ماهواره‌ای در محدوده کشت و صنعت امیرکبیر، تبخیر - تعرق واقعی کل و عملکرد نهایی کشت و صنعت بدست آمد و در نهایت از نسبت این دو پارامتر به یکدیگر بهره‌وری مصرف آب برای گیاه نیشکر در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر در سال زراعی 91-92 محاسبه شد.

### بررسی وضعیت موجود مدیریت آبیاری در اراضی نیشکر کشت و صنعت امیرکبیر

به منظور ارزیابی شبکه‌های آبیاری شاخص‌هایی به شرح زیر پیشنهاد شده است (Molden et al., 1999).

\* بازده آبیاری: بازده آبیاری به صورت نسبت آب مورد استفاده گیاهان (تبخیر - تعرق واقعی گیاه) به کل آب مصرف شده (بارش مؤثر + کل آب آبیاری در طی فصل کشت) تعریف می‌شود. در این تحقیق حداکثر آب مصرفی برابر تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه در نظر گرفته شده است.

$$Irr = \frac{ET_c}{I} \times 100 \quad (13)$$

ETc: تبخیر - تعرق پتانسیل گیاه، I: کل آب آبیاری مصرف شده در طول فصل کشت در کشت و صنعت (این اطلاعات از سازمان آب و برق استان خوزستان و به صورت ماهیانه در طی فصل کشت دریافت شده است).

\* عرضه نسبی آب: این شاخص از نسبت مجموع کل آب آبیاری و بارش به آب مورد نیاز گیاهان تعیین می‌شود. به عبارت دیگر بیانگر کفایت آب آبیاری است و نشان می‌دهد که مجموع آب آبیاری و بارندگی چه ميزانی از حداکثر آب مورد نیاز تبخیر - تعرق واقعی را

مطالعاتی محاسبه شد. تبخیر- تعرق واقعی برآورد شده از طریق لایسیمترهای کشت و صنعت

نیز از تحقیقات شینی و همکاران (1385) استخراج گردید و از طریق رابطه زیر ضرایب گیاهی نیشکر محاسبه شد.

ضرایب گیاهی محاسبه شده، در تبخیر- تعرق مرجع برآورد شده با مدل REF-ET و رابطه فائو - پنمن - مانتیث در سال 91-92 ضرب شد و تبخیر- تعرق گیاه در این سال به دست آمد.

$$ETc = ETo \times Kc \quad (18)$$

ضرایب Kc برآوردی در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر و مقادیر تبخیر- تعرق گیاه نیشکر به دست آمده از دو روش سبال و فائو- پنمن -

مانتیث در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر در سال زراعی 91-92 در جدول 1 و شکل 2 ارائه شده است.

جدول 1 - ضرایب Kc برآوردی در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر

ماه	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت
Kc	1/12	1/25	1/4	1/3	1/2	1/14

آبیاری برآورد شده برای پلات‌های تحت کشت نیشکر در کشت و صنعت امیرکبیر می‌باشد.

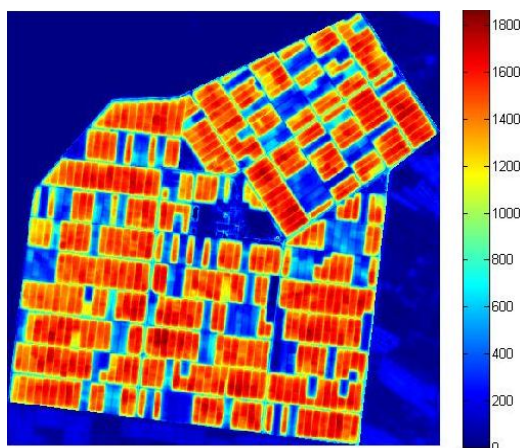
## نتایج و بحث

جهت صحت تبخیر- تعرق واقعی برآورد شده از طریق ماهواره لندست 8 و برآورد دقت آن، تبخیر- تعرق یکی از پلات‌های کشت و صنعت که دارای آبیاری مناسب‌تری بوده و در طول دوره کشت دارای LAI و NDVI محاسباتی بالاتری توسط ماهواره نسبت به سایر پلات‌های کشت و صنعت بود انتخاب شد و تبخیر- تعرق واقعی روزانه برآورد شده از طریق ماهواره با تبخیر- تعرق گیاه در همان روز جهت صحت‌سنجی داده‌ها مقایسه گردید. نتایج الگوریتم سبال و برآورد تبخیر- تعرق واقعی فصلی توسط ماهواره لندست 8 در جدول 2 و شکل 1 ارائه شده است.

جهت محاسبه مقادیر تبخیر- تعرق گیاه نیشکر، مقادیر تبخیر- تعرق مرجع برآوردی به روش فائو- پنمن - مانتیث در ضرایب گیاهی مربوط به نیشکر ضرب گردیدند. برای محاسبه ضرایب گیاهی از اطلاعات لایسیمتری تحقیق شینی و همکاران (1385) که در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر انجام شده بود استفاده شد. به نحوی که تبخیر- تعرق مرجع گیاه نیشکر در سال 1385 از طریق نرم افزار REF-ET و بر اساس رابطه فائو - پنمن - مانتیث در منطقه

جدول 2- مقادیر آلبیدو، تابش خالص، دمای سطحی، شار گرمای خاک و شار گرمای محاسبه شده برای پیکسل‌های سرد و گرم

پیکسل سرد	پیکسل گرم		
0/27	0/44	آلبیدوی سطحی	
573/3	339/9	تابش خالص (W/M <sup>2</sup> )	تاریخ تصویر
307/7	320	دمای سطحی (K)	1392/05/15
74/2	95/6	شار گرمای خاک (W/M <sup>2</sup> )	
177/9	210	شار گرمای محسوس (W/M <sup>2</sup> )	



شکل 1- توزیع مکانی مجموع تبخیر - تعرق واقعی، 28 اردیبهشت تا 17 مهر ماه (میلی‌متر) برای محصول نیشکر کشت و صنعت امیرکبیر در سال زراعی 91-92

توزیع مکانی محصول نهایی برداشت شده (تن بر هکتار) برای گیاه نیشکر کشت و صنعت امیرکبیر در سال زراعی 91-92 در شکل 5 ارائه شده است.

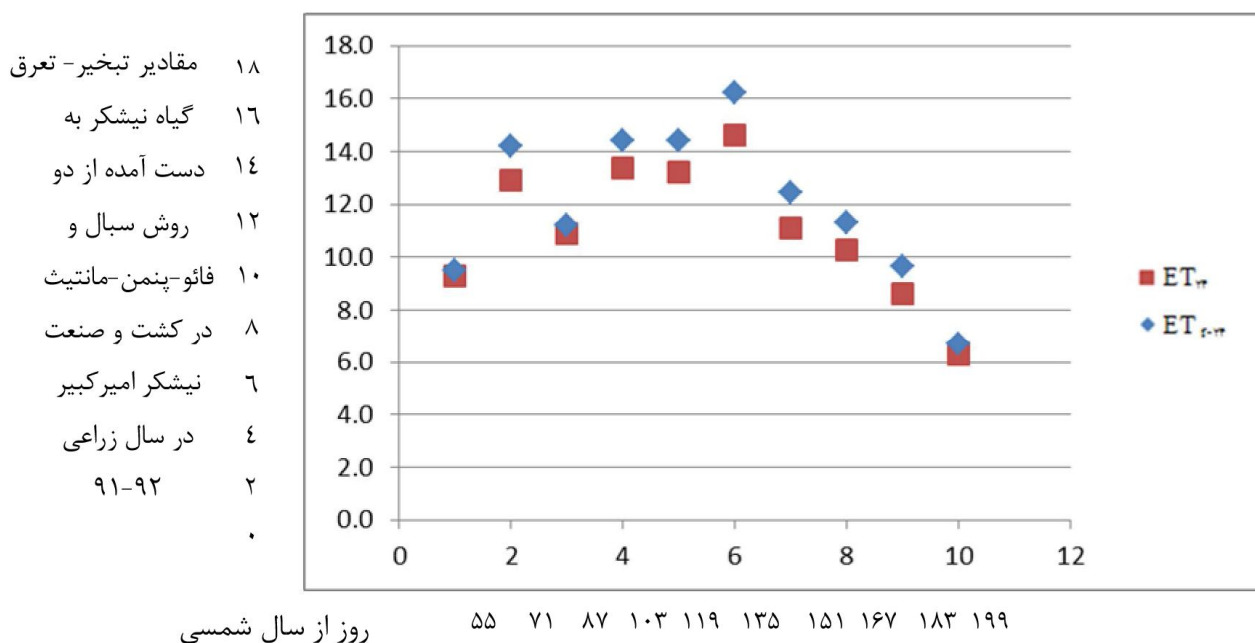
با انجام تست نرمال بودن بر روی داده‌های تخمین زده شده و دستیابی به  $p\text{-value} = 0/0111 < 0/05$  با ضریب اطمینان  $0/95$ ، داده‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. لذا می‌توان با تعیین شاخص‌های  $RMSE$ ،  $MAE$  و  $ME$  از دقت تخمین‌های زده شده اطمینان حاصل کرد. هرچه این 3 شاخص اعداد کوچک‌تری باشند، دقت تخمین بالاتری خواهیم داشت. لذا با محاسبه  $RMSE = 1$  و  $MAE = 0/95$  و  $ME = 0/95$  mm برای برآورد تبخیر - تعرق واقعی و  $RMSE = 4/6$  ton/ha،  $MAE = 1/9$  و  $ME = 2/4$  برای برآورد عملکرد گیاه در سطح هکتار می‌توان به این نتیجه رسید که تخمین از دقت خوبی برخوردار است. از طرفی هرچه قدر مقدار  $R^2$  محاسبه شده به عدد 1 نزدیک‌تر باشد همبستگی بین داده‌های واقعی و تخمین زده شده بیش‌تر خواهد بود که با توجه به  $R^2$  های به‌دست آمده بالای  $0/9$  همبستگی خوبی بین داده‌ها برقرار می‌باشد.

پس از برآورد اولیه ماده خشک محصول نیشکر در سطح کشت و صنعت امیرکبیر بر اساس روابط مذکور، جهت واسنجی داده‌های برآورد

شده از 6 پلات ARC-10 کشت و صنعت استفاده شد. رطوبت نسبی نیشکر در زمان برداشت 80% در نظر گرفته شد و داده‌ها بر اساس این 6 پلات واسنجی شدند. جهت صحت‌سنجی داده‌های بدست آمده از 10 پلات دیگر در همان ARC-10 استفاده شد و صحت داده‌های برآورد شده با دقت قابل قبولی بر اساس شاخص‌های آماری ارائه شده مورد تایید قرار گرفتند. نمودارهای واسنجی و صحت‌سنجی محصول برآورد شده از طریق ماهواره و محصول واقعی برداشت شده در پلات‌های ARC10 کشت و صنعت در شکل های 3 و 4 ارائه شده‌اند.

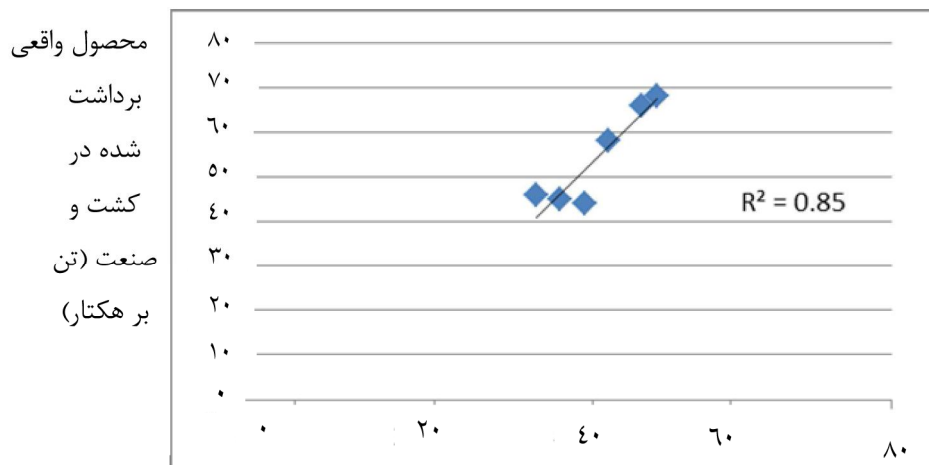
پس از واسنجی و صحت‌سنجی داده‌های برآورد شده توسط ماهواره با محصول واقعی برداشت شده در سطح کشت و صنعت در سال زراعی 91-92، ضرایب معادله، جهت برآورد محصول نهایی نیشکر برداشت شده توسط ماهواره لندست 8 به‌صورت رابطه 19 ارائه شد.

$$BGR_{total} = K_{24\text{-day}} \times (2/38 NDVI - 0/372) \quad (19)$$

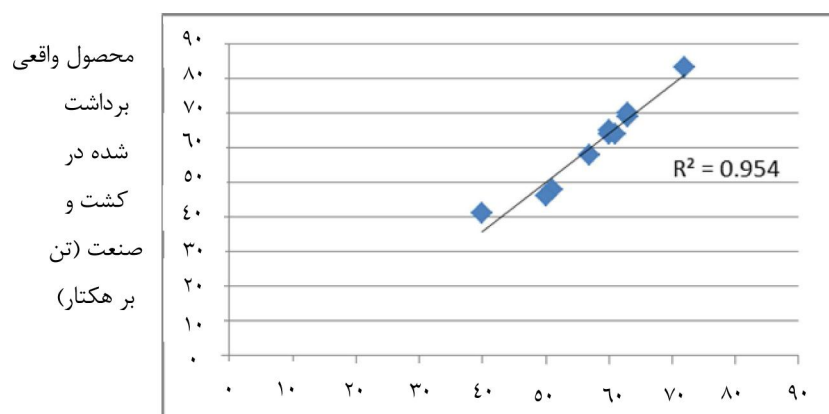


شکل 2- مقادیر تبخیر - تعرق گیاه نیشکر به دست آمده از دو روش سبال و فائو-پنمن-مانتیت در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر در سال زراعی 91-92

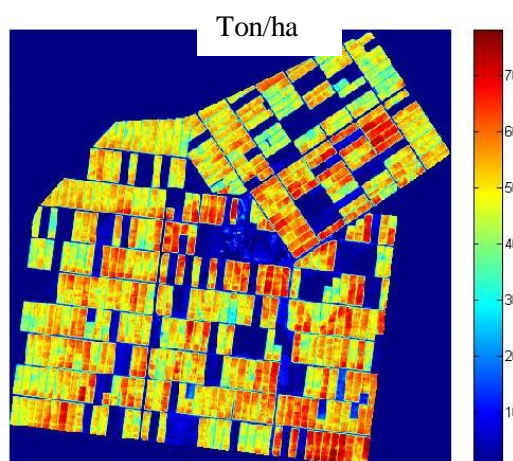




شکل 3- نمودار واسنجی محصول برآورد شده از طریق ماهواره و محصول واقعی برداشت شده در 6 پلات ARC10 کشت و صنعت



شکل 4- نمودار صحت سنجی محصول برآورد شده از طریق ماهواره و محصول واقعی برداشت شده در 10 پلات ARC10 کشت و صنعت



شکل 5- توزیع مکانی محصول نهایی برداشت شده (تن بر هکتار) برای گیاه نیشکر کشت و صنعت امیرکبیر در سال زراعی 91-92

پارامترهای آماری جهت ارزیابی مقادیر تبخیر - تعرق واقعی برآوردی توسط الگوریتم سبال و روش فائو - پنمن - مانیتث در پلات با آبیاری مطلوب و همچنین ارزیابی مقادیر عملکرد محصول برآوردی توسط ماهواره و محصول واقعی برداشت شده در کشت و صنعت (تن بر هکتار) در جدول 3 ارائه شده است.

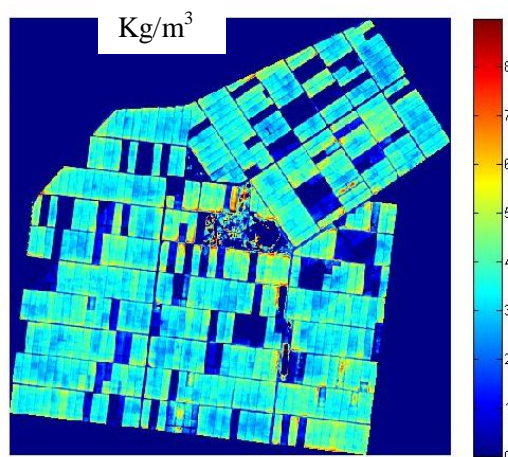
#### محاسبه بهره‌وری مصرف آب

همانطور که ذکر شد در این تحقیق بهره‌وری آب برابر از نسبت عملکرد گیاهی به تبخیر- تعرق واقعی در نظر گرفته شده است، لذا پس از محاسبه تبخیر- تعرق واقعی و عملکرد گیاهی در سطح مزرعه با استفاده از الگوریتم سبال و اطمینان از صحت داده‌های ماهواره‌ای، نسبت این دو پارامتر در سطح مزرعه محاسبه گردید و نقشه بهره‌وری

جدول 3- پارامترهای آماری جهت ارزیابی مقادیر تبخیر - تعرق واقعی برآوردی توسط الگوریتم سبال و روش فائو - پنمن - مانیتث در پلات با آبیاری مطلوب و مقادیر عملکرد محصول برآوردی توسط ماهواره و محصول واقعی برداشت شده در کشت و صنعت (تن بر هکتار)

ME (ton/ha)	MAE (ton/ha)	RMSE (ton/ha)	R <sup>2</sup>	پارامترهای آماری جهت ارزیابی مقادیر عملکرد محصول برآوردی توسط ماهواره و محصول واقعی برداشت شده در کشت و صنعت
2/4	1/9	4/6	0/95	
%4	%3	%8		درصد

ME (mm/day)	MAE (mm/day)	RMSE (mm/day)	R <sup>2</sup>	پارامترهای آماری جهت ارزیابی مقادیر تبخیر - تعرق واقعی برآوردی توسط الگوریتم سبال و روش فائو - پنمن - مانیتث
0/95	0/95	1	0/98	
%8	%8	%9		درصد



شکل 6- توزیع مکانی بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) برای گیاه نیشکر کشت و صنعت امیرکبیر در سال زراعی 91-92

جدول 4- اطلاعات مربوط به میزان آب مصرفی، عملکرد محصول و بهره‌وری مصرف آب برای گیاه نیشکر در کشت و صنعت امیرکبیر در سال زراعی 91-92

52023	کل محصول تولیدی (تن)	9328/5	سطح زیر کشت (هکتار)
0			
56	محصول تولیدی در هر هکتار (تن)	160	کل میزان آب مورد نیاز جهت تبخیر - تعرق (میلیون متر مکعب)
3/4	بهره‌وری آب در هکتار (کیلوگرم بر مترمکعب)	17152	آب مورد نیاز جهت تبخیر - تعرق در هر هکتار (مترمکعب)

جدول 5- محاسبه شاخص‌های مدیریتی در کشت و صنعت امیرکبیر در سال 1392

شاخص	Irr	RWS	WPL (تن بر هکتار)	WP <sub>inflow</sub> (کیلوگرم بر مترمکعب)	WP <sub>process</sub> (کیلوگرم بر مترمکعب)
مقدار	0/49	2/04	56	1/6	3/4



جدول 6- نتایج پلات‌های ARC-10 کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر

ARC	حجم آب مصرفی (متر مکعب)	محصول تولیدی (تن)	سطح زیر کشت (هکتار)	وارثه	سن کشت	بافت خاک
1-1	۸۴۳۱۷۸	۲۱۱۶	۲۵/۵	CP۶۹-۱۰۶۲	PC	loam
1-2	۸۷۷۳۹۲	۲۳۷۱	۲۵/۵	CP۶۹-۱۰۶۲	PC	Sandy loam
1-3	۵۳۸۸۷۷	۱۱۳۲	۲۵/۵	CP۶۸-۱۰۳	R <sub>۱</sub>	Clay loam
1-4	۶۶۷۱۸۱	۱۴۶۵	۲۵/۲	CP۶۹-۱۰۶۲	R <sub>۲</sub>	Sandy loam
1-5	۵۲۱۷۷۰	۱۱۴۷	۲۵/۵	CP۶۸-۱۰۳	R <sub>۱</sub>	Clay loam
1-6	۶۹۱۸۰۵	۱۲۱۴	۲۵/۱	CP۶۸-۱۰۳	R <sub>۲</sub>	loam
1-7	۷۴۴۱۶۳	۱۷۴۵	۲۵/۵	CP۶۹-۱۰۶۲	R <sub>۲</sub>	Clay loam
1-8	۵۹۰۱۹۸	۱۱۴۴	۲۵/۱	CP۶۹-۱۰۶۲	R <sub>۱</sub>	loam
1-9	۸۸۱۰۲۱	۱۷۳۲	۲۵/۲	CP۶۹-۱۰۶۲	PC	loam
1-1۴	۵۴۷۴۳۰	۱۶۶۶	۲۵/۵	CP۶۹-۱۰۶۲	R <sub>۱</sub>	loam
1-1۶	۵۶۴۵۳۸	۱۴۳۲	۲۴/۷	CP۶۹-۱۰۶۲	R <sub>۲</sub>	Silty clay loam
1-1۷	۵۹۸۷۵۲	۱۶۲۳	۲۵/۵	CP۶۹-۱۰۶۲	R <sub>۲</sub>	Sandy loam
1-1۹	۵۹۸۷۵۲	۱۶۹۰	۲۵/۵	CP۶۹-۱۰۶۲	R <sub>۲</sub>	Sandy loam
1-۲۰	۶۲۴۴۱۳	۱۷۱۵	۲۴/۶	CP۶۹-۱۰۶۲	R <sub>۱</sub>	Silty clay loam
1-۲۱	۷۶۹۸۲۴	۱۶۲۷	۲۵/۵	CP۶۹-۱۰۶۲	PC	Silty clay loam
1-۲۷	۶۵۸۶۲۷	۱۰۴۲	۲۵/۵	CP۶۹-۱۰۶۲	R <sub>۱</sub>	Silty clay loam
1-۳۱	۷۰۹۴۲۹	۹۹۷	۲۲	CP۶۹-۱۰۶۲	R <sub>۲</sub>	Silty clay loam

های مختلف کشت و صنعت امیرکبیر ناشی از اعمال مدیریت آبیاری و نوبت آبیاری متفاوت می‌باشد. همچنین اختلاف زیاد میان سن کشت نیشکر در پلات‌های مختلف کشت و صنعت (Plant تا R<sub>7</sub>) نیز عامل دیگر تفاوت در بهره‌وری مصرف آب میان پلات‌های تحت کشت نیشکر می‌باشد.

### منابع

- احسانی، م. و خالدی، ه. 1382. بهره‌وری آب کشاورزی چاپ اول. تهران: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- اکبری، م.، دهقانی سانجیح، ح و حیدری، ن. 1387. کاربرد سنجش از دور در برآورد سطح زیر کشت، تبخیر- تعرق و مدیریت شبکه‌های آبیاری. مجله آبیاری و زهکشی ایران. 1: 43-54.
- خاکبازان فرد، ف و تجریشی، م. 1390. کاربرد الگوریتم بیلان انرژی (SUTSEBAL) در تخمین میزان آب مصرفی در دشت ورامین. ششمین کنگره ملی مهندسی عمران.
- سادات میری، م. ح و فرشی، ع. ا. 1382. چگونگی مصرف و بهره‌وری آب در بخش کشاورزی مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ارتقای بهره‌وری آب در کشاورزی
- و امنیت غذایی. تهران.
- سهیلی‌فرز، میرلطیفی، س. م. ناصری، ع. ع. عصار، م. 1390. برآورد تبخیر - تعرق واقعی نیشکر با استفاده از داده‌های سنجش از دور در اراضی کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان. نشریه دانش آب و خاک. 23: 1: 151-163.
- شینی دشتگل، ع.، ناصری، ع. ع.، جعفری، س. 1385. مطالعه نیاز آبی و ضرایب گیاهی نیشکر به روش لایسیمتری در اراضی نیشکر جنوب اهواز. یازدهمین کنگره علوم خاک ایران.
- عمادزاده، م. 1386. کاربرد سنجش از دور در تخمین کارایی آب در مقیاس حوضه‌ای: مطالعه موردی در زیرحوضه قره سو، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شریف.
- عمانی، ا. 1387. شناسایی سازوکارهای ترویجی حمایت‌کننده مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی در استان خوزستان. پایان‌نامه دکتری رشته ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.
- فراهانی، ع و دانایی فخر، ح. 1382. مقایسه ارزش افزوده تولید محصولات مختلف به ازای واحد حجم آب مصرفی در استان‌های

در سطح کشت و صنعت تهیه شد. توزیع مکانی بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) برای گیاه نیشکر کشت و صنعت امیرکبیر در سال زراعی 91-92 در شکل 6 ارائه شده است.

### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصله، متوسط مقدار شاخص کارایی مصرف آب برای گیاه نیشکر در کشت و صنعت امیر کبیر بر اساس آب تبخیر و تعرق شده 3/4 کیلوگرم بر مترمکعب آب (34 کیلوگرم بر هکتار بر میلی‌متر) و براساس آب مصرف شده 1/6 کیلوگرم بر مترمکعب آب (16 کیلوگرم بر هکتار بر میلی‌متر) به‌دست آمد که نسبت به مقدار جهانی آن پایین است. در مطالعه‌ای که توسط ساین و همکاران در سال 2007 در شمال هندوستان انجام شد متوسط کارایی مصرف آب برای گیاه نیشکر در سنین Ratoon، PLANT به ترتیب 71 و 63 کیلوگرم بر هکتار بر میلی‌متر برآورد شد در حالی که کشت و صنعت امیرکبیر این مقادیر برای Ratoon و PLANT به ترتیب، 41 و 34 کیلوگرم بر هکتار بر میلی‌متر به‌دست آمد. اطلاعات مربوط به میزان آب مصرفی، عملکرد محصول و بهره‌وری مصرف آب برای گیاه نیشکر در کشت و صنعت امیرکبیر در سال زراعی 91-92 و همچنین شاخص‌های مدیریتی در کشت و صنعت امیرکبیر در سال 1392 در جدول‌های 4 و 5 ارائه شده است.

بر اساس نتایج آنالیز داده‌های بهره‌وری مصرف آب ارائه شده در جدول 6 مشخص شد که به ازای حجم معین و یکسانی از آب، پلات‌هایی که دارای نوبت آبیاری بالاتری بودند و آب به دفعات بیشتر و حجم کم‌تر در هر نوبت در اختیار گیاه قرار گرفته است، بهره‌وری مصرف آب بالاتر از پلات‌هایی بوده است که همان میزان حجم آب به نوبت‌های کم‌تر و حجم آب بالاتر به گیاه داده شده است. با توجه به واریته‌های کشت شده ARC-10 کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر که شامل 2 واریته CP69-1062 و CP48-103 می‌باشد، نتایج حاصل از آنالیز داده‌های بهره‌وری مصرف آب و واریته‌های کشت شده نشان‌دهنده این موضوع بود که بهره‌وری مصرف آب در واریته CP48-103 نسبت به واریته CP69-1062 بالاتر می‌باشد. یکی از عوامل بسیار مهم در بهره‌وری مصرف آب سن رشد محصولات کشت شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نیز نشان داد که میان سن رشد محصولات کشت شده و میزان بهره‌وری مصرف آب رابطه معکوس موجود می‌باشد. یعنی با افزایش سن رشد گیاه نیشکر از Plant به R<sub>3</sub> و R<sub>4</sub> و... بهره‌وری مصرف آن نیز کاهش می‌یابد.

در نهایت بر اساس نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها می‌توان به این نتیجه رسید که مهم‌ترین علت تفاوت بهره‌وری مصرف آب در پلات-

- Bastiaanssen, W.G.M and Samia, A. 2003. A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 94: 321-340.
- Casa, R., Rossi, M., Sappa, G and Trotta, A. 2008. Assessing Crop Water Demand by Remote sensing and GIS for the Pontina Plain. *Central Italy*. September.
- Molden, D., Sakthivadivel, R. 1999. Water accounting to assess use and productivity of water. *Water Resource*. 15: 55-71.
- Parodi, G. N. (2002) AHAS, AVHRR Hydrological Analysis System. Software developed by Institute for Remote Sensing and Earth Sciences
- Water Resources Division. The Netherlands. Earth Sciences Water Resources Division. The Netherlands.
- P.N. Singh, S.K. Shukla, V.K. Bhatnagar. 2007 Optimizing soil moisture regime to increase water use efficiency of sugarcane (*Saccharum spp. hybrid complex*) in subtropical India. *Agricultural Water management* 90 95-100.
- خوزستان و آذربایجان، یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، وزارت نیرو.
- میرنظامی، س.ج. 1392. بهره‌وری مصرف آب. سمینار دکتری مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.
- نوری، س. 1389. برآورد تبخیر - تعرق واقعی با استفاده از الگوریتم سبال و تصاویر سنجنده مودیس در زیر حوضه آبریز مشهد. پایان - نامه دوره کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد.
- Ahmad, M.D., Masih, I., Turrall, H. 2004. Diagnostic analysis of spatial and temporal variations in crop water productivity: A field scale analysis of the rice-wheat cropping system of Punjab, Pakistan. *Applied Irrigation Science* 39.1:43-63.
- Allen, R.G., Tasumi, M., Trezza, R and Bastiaanssen, W.G.M. 2002. Surface Energy Balance Algorithms for Land, Funded by a NASA EOSDIS/Synergy grant from the Raytheon Company through The Idaho Department of Water Resources. August, 2002.
- Bastiaanssen, W.G.M., Menenti, M., Feddes, R.A., Holtslag, A.A.M. 1998. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). *Formulation. Journal of Hydrology*. 212-213: 198-212.

## Assessment of Water Productivity of the Amirkabir Sugarcane Agro-Industry Farms Using Landsat 8 Satellite Data

R. safi<sup>1</sup>, S.M. Mirlatifi<sup>2\*</sup> and M. Akbari<sup>3</sup>

Received: Dec.6, 2015

Accepted: Apr.14, 2016

### Abstract

This study was conducted to evaluate the water productivity of Amir kabir sugarcane agro-industry farms using landsat 8 satellite data. Actual evapotranspiration and yield of the final product were estimated using satellite data and then were compared with measures corresponding values collected from fields during 2012-2013 growing season. The total volume of sugarcane actual evapotranspiration during the growing season from 9328.5 hectares of cultivated farms was 160 million cubic meters and the yield of wet sugarcane was 520230 tons, which is equivalent to 56 tons per hectare. Average of water productivity for sugarcane according to the evapotranspiration and the irrigation water were  $3.4 \text{ Kg/m}^3$  and  $1.6 \text{ Kg/m}^3$  respectively. The water productivity data analysis in ARC-10 showed that there was a direct relationship between irrigation intervals of planted plots and water productivity. Therefore, it can be concluded that , by increasing irrigation intervals, and applying the same volume of irrigation water would cause, water productivity to increase. Also, the water productivity of CP48-103 variety was found to be higher than of CP69-1062 variety. The water productivity of sugarcane was inversely related to the age of the cultivated crops. As the age of the sugarcane crop increased from planting to R<sub>7</sub>, its water productivity decreased. It was concluded that the difference between the water productivity of various plot of Amirkabir sugarcane agro-industry farms could be attributed to the depth of applied irrigation, irrigation time and intervals, and also to the large difference between the ages of sugarcane plantations (plant to R<sub>7</sub>).

**Keywords** : Amirkabir agro industrial company sugarcane, water productivity ,landsat 8 satellite

1- MSc student of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Tarbiat Modares University

2- Associate Professor of Irrigation and Drainage, Department of water Engineering, Tarbiat Modares University

3- Agriculture Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extention Oranizatin

(\* - Corresponding Author Email: Mirlat\_M@modares.ac.ir)