

## تعیین تبخیر - تعرق و ضریب گیاهی زیتون در مراحل مختلف رشد با استفاده از تکنیک دورسنجی و بیلان رطوبتی در طارم زنجان

حسین جعفری<sup>۱</sup>، پیمان افراسیاب<sup>۲</sup>، معصومه دلبری<sup>۳</sup>، مهدی طاهری<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۲

### چکیده

در گیاهان باغی تعیین تبخیر- تعرق به دلیل مشکلات موجود در اندازه‌گیری مستقیم مثل نصب لایسمتر یا ادوات دقیق و طول دوره رشد درخت، اغلب به طور غیرمستقیم و بر اساس داده‌های هواشناسی انجام می‌شود. با توجه به تغییرات مکانی پارامترهای هواشناسی و بعضاً توزیع نامناسب ایستگاه‌های هواشناسی برآورد تبخیر- تعرق با دقت کافی امکانپذیر نمی‌باشد. بنابراین استفاده از روش‌هایی از جمله روش‌های مبتنی بر سنجش از دور که این تغییرات را در نظر می‌گیرند مطلوب‌تر است. در این تحقیق نسبت به اندازه‌گیری و تعیین تبخیر- تعرق درخت زیتون با روش‌های مستقیم و غیرمستقیم برای منطقه طارم زنجان در مراحل مختلف فنولوژیک در دو فصل زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ اقدام گردید. در روش مستقیم از روش اندازه‌گیری اجزای بیلان رطوبتی و در روش غیر مستقیم با کمک گرفتن از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸، تبخیر- تعرق واقعی درختان با الگوریتم سبال تعیین گردید. سپس ضریب گیاهی بر اساس تبخیر- تعرق به دست آمده از دو روش و تعیین تبخیر- تعرق طح مرجع بر مبنای داده‌های هواشناسی روز دریافت تصویر، تعیین و نتایج به دست آمده مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. نشان داد که میزان تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی به دست آمده در روش دورسنجی در مراحل مختلف رشد زیتون تطابق مناسبی با داده‌های بیلان رطوبتی داشت به طوری که ضریب همبستگی در تبخیر- تعرق برای سال اول و دوم به ترتیب ۰/۷۳ و ۰/۸۷ و در مجموع دو سال ۰/۸۲ و برای ضریب گیاهی این ضریب به ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۶۲ و در مجموع دو سال ۰/۸۶ بود و این نتایج حاکی از آن است که روش دورسنجی با مزایایی که دارد می‌تواند در برآورد تبخیر و تعرق زیتون به کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم سبال، دورسنجی، زیتون، کارایی مصرف آب و نیاز آبی.

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه زابل، کارشناس ارشد، دانشجوی دکتری، گروه آب، دانشگاه زابل، زابل، ایران، ۰۹۳۹۵۴۴۴۷۷۵، Hosseinjafari52@gmail.com

۲- دانشیار دانشگاه زابل، دکتری، رئیس دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران، ۰۹۱۲۴۵۴۴۶۵۹، Afrasiab@uoz.ac.ir. (مسئول مکاتبه)

۳- دانشیار دانشگاه زابل، دکتری، عضو هیئت علمی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، ۰۹۱۲۸۱۰۴۳۷۴، Mas\_delbari@yahoo.com

۴- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، دکتری، عضو هیئت علمی، زنجان، ایران، ۰۹۱۲۶۴۲۲۶۷۸، Tahritekab@gmail.com

## مقدمه

زیتون یکی از درختان میوه است که معمولاً در شرایط خشک و نیمه خشک کشت می گردد. البته نیاز آبی زیتون در ارقام مختلف کمی متفاوت است. این درخت با ریشه های بلندی که دارد و با قدرت جذب بالا و مقاومت زیادی که در برابر خشکی از خود نشان می دهد از جمله گیاهان مقاوم به خشکی بشمار می رود این درخت مدتهای مدید بی آبی را می تواند تحمل نماید (شهابی فر، ۱۳۹۲). اطلاعات جامعی از مقادیر نیاز آبی یا تبخیر- تعرق واقعی درختان مثمره منطبق با مراحل رشد فیزیولوژیک در کشور موجود نیست. از طرفی با تغییر شرایط اقلیمی کشور در دهه های اخیر ممکن است مقادیر ارائه شده در کتب نیاز آبی محصولات باغی دقت کافی نداشته باشند و بر خلاف محصولات زراعی امکان استفاده از ابزارهایی نظیر لایسیمتر در برآورد تبخیر- تعرق محصولات باغی به دلیل زمان بر بودن و صرف هزینه زیاد، وجود ندارد. لذا نیاز است یک روش مدرن و کاربردی در تعیین تبخیر- تعرق درختان توسعه یابد تا با در اختیار داشتن مقدار نیاز آبی امکان برنامه ریزی از جنبه های مختلف (برنامه ای توسعه ای و مدیریت بهره برداری) برای سیاست گذار و بهره بردار فراهم شود. استفاده از تصاویر ماهواره ای در برآورد تبخیر- تعرق محصولات مختلف از جمله زیتون یکی از روش های مدرن محسوب می شود که در صورت داشتن دقت کافی می توان با صرف هزینه و زمان کمتر میزان تبخیر- تعرق در سطح وسیعی از محصولات را برآورد نمود (اسماعیلی و ابراهیمی، ۱۳۹۲). در استفاده از تصاویر ماهواره ای، روش های توازن انرژی یا باقیمانده بیلان انرژی مانند الگوریتم بیلان انرژی در سطح زمین (surface energy balance algorithm for land) یا اختصاراً (SEBAL) برای برآورد تبخیر و تعرق واقعی با استفاده از داده های سنجنش از دور استفاده می گردد (پورمحمدی و رحیمیان، ۱۳۸۹). الگوریتم سبال روشی است که بر پایه روابط تجربی و فیزیکی، میزان تبخیر- تعرق واقعی را با حداقل داده های زمینی

برآورد می کند و الگوریتم آن اولین بار توسط Bastiaanssen et al., 1998 ارائه شد. این الگوریتم در سال ۲۰۰۲ توسط Allen et al., 2002 اصلاح شد به طوری که الگوریتم اصلاح شده جدید با الگوریتم توازن انرژی متریک که توسط Allen et al., 2007 ارائه شده، شباهت های بسیاری دارد (Allen et al., 2007). الگوریتم سبال تا کنون در بیش از ۳۰ کشور به طور کاربردی استفاده شده است (Bastiaanssen, 2005). مطالعات زیادی انجام شده که همه نشان دهنده کارایی روش سبال در برآورد تبخیر و تعرق واقعی در مقیاس منطقه ای و حوضه های بزرگ می باشد (Almhab et al., 2008; Bastiaanssen et al., 2005; Hafeez et al., 2002; Jacob et al., 2002; Shu et al., 2006; Wang et al., 2005). طی پژوهشی الگوریتم SEBAL را در حوضه گدیز ترکیه با استفاده از تصاویر ماهواره لندست مورد آزمایش قرار گرفت. در این آزمایش از داده های صحرایی جهت تعیین رابطه اختلاف دمای سطح و دمای هوا استفاده شد نتایج نشان داد که جزء تبخیر در ماه ژوئن به دلیل تابش خورشیدی بیشتر و انرژی خالص در دسترس بیشتر به کاهش شار گرمای نهان منجر شد (Bastiaanssen, 2000). پارامترهای ورودی الگوریتم SEBAL برای اولین بار جهت کالیبراسیون ارزیابی تبخیر و تعرق و قابلیت تولید آب با چهار ایستگاه اندازه گیری شار گرمایی و هفت ایستگاه کلیماتولوژی در مقاطع میانی رود سانفرانسیسکو در برزیل مورد استفاده قرار گرفت. مقدار ضریب تبیین ۰/۷۵ تا ۰/۹۹ در تمامی پارامترها به دست آمد که نشان از قابلیت بالای الگوریتم SEBAL در محاسبه تبخیر و تعرق دارد (Teixeira, et al., 2009). مقدار تبخیر- تعرق با استفاده از روش سبال و استفاده از تصاویر لندست، در دو منطقه واقع در کشور چین برآورد گردید دقت تبخیر- تعرق برآورد شده در روش سبال برای یک روز و در مقیاس ۱۰۰ هکتار ۸۵ درصد و برای یک فصل تا ۹۵ درصد افزایش یافت. دقت تبخیر- تعرق سالانه

برای حوضه‌های بزرگ با استفاده از این روش به طور میانگین ۹۶ درصد بود. به طور کلی، استفاده از این روش برای برآورد تبخیر- تعرق در مقیاس‌های بزرگ و دوره‌های بلند مدت نتایج بهتری به همراه داشت (Sun Z. et al. 2011). تعیین و پهنه‌بندی تبخیر- تعرق واقعی توسط تکنیک سنجش از دور و الگوریتم سبال در حوضه آبخیز منشا در استان یزد نشان داد که با استفاده از الگوریتم توازن انرژی (سبال) می‌توان تبخیر و تعرق واقعی و در نتیجه نیاز آبی گیاهان باغی و زراعی و حتی مرتعی در شرایط مختلف (تحت تنش یا بدون تنش) را در سطوح وسیعی محاسبه نمود (پورمحمدی و رحیمیان، ۱۳۸۹).

نتایج بررسی الگوریتم سبال در مقایسه با داده‌های لایسیمیتری، نشان از تطبیق خوب مقادیر محاسبه شده و داده‌های لایسیمیتری داشت. مجموعه خطای نسبی در منطقه کیمبرلی در طول فصل رشد، ۴/۲ درصد بوده است. در منطقه دشت رودخانه اسنیک به دلیل کوچک بودن مزرعه و امکان تاثیر سایر مناطق همجوار در برابر دمای سطح زمین، متفاوت بودن زمان آبیاری لایسیمیتری با سایر نقاط مزرعه، استفاده از داده‌های هواشناسی به طور متوسط روزانه، از دلایل اختلاف مقدار تبخیر و تعرق محاسبه شده با مقدار لایسیمیتری بوده است (Tasumi et al. 2003). در تحقیق دیگر در دره رودخانه بیر ایالات متحده مشخص شد که نتایج الگوریتم SEBAL در مقیاس تبخیر و تعرق ماهانه ۱۶ درصد و فصلی ۴/۳ درصد با مقادیر لایسیمیتری تفاوت دارد (Allen et al. 2003). به منظور صحت‌یابی الگوریتم بیلان انرژی در سطح زمین، اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای تبخیر- تعرق در مزارع بزرگ در کشورهای چین، هند، اسپانیا و پاکستان صورت گرفت و تبخیر- تعرق با نتایج حاصل از الگوریتم بیلان انرژی در سطح زمین با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای مقایسه شد. نتایج نشان داد در ۸۵ درصد موارد داده‌های حاصل از این الگوریتم بدون هیچ گونه واسنجی با داده‌های مزرعه‌ای مطابقت دارد ( Bastiaanssen et al. 2003).

در برآورد تبخیر- تعرق واقعی در مقیاس منطقه‌ای با استفاده از الگوریتم سبال و تصاویر لندست در دشت ماهیدشت کرمانشاه، حداکثر درصد خطا بین تبخیر- تعرق محاسبه شده برای محصول ذرت با الگوریتم سبال و مقادیر اندازه‌گیری شده در لایسیمیتر کمتر از ده درصد اعلام شد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۱). در ارزیابی میزان تبخیر و تعرق واقعی به دست آمده از الگوریتم SEBAL در ایالت نگزاس آمریکا با استفاده از داده‌های لایسیمیتر، میزان مربعات خطای به دست آمده از الگوریتم SEBAL برابر ۰/۱۵ میلی‌متر در روز بود (George et al. 2013). با استفاده از الگوریتم سبال تبخیر- تعرق ۴ ساله منطق Flumen دشت Ebro در شمال شرقی اسپانیا مورد بررسی و با مقادیر لایسیمیتری مقایسه گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که الگوریتم سبال قادر به برآورد دقیق تبخیر- تعرق روزانه برای گندم، ذرت و چمن می‌باشد. در این مطالعه مقادیر تبخیر- تعرق حقیقی به دست آمده از روش سبال برای چمن انحراف ۰/۳ میلی‌متر در روز در مقابل اندازه‌گیری‌های لایسیمیتری و انحراف ۰/۳۶ میلی‌متر در روز در مقابل روش پنمن-مانتیت داشت. همچنین در این مطالعه تبخیر- تعرق حقیقی گیاه ذرت و گندم و تبخیر- تعرق حقیقی به دست آمده از روش لایسیمیتر تطابق خوبی برای مزارع تحقیقاتی (با انحراف  $\pm 6$  میلی‌متر در روز) داشت و بین مقادیر تبخیر- تعرق اندازه‌گیری شده دشت بوسیله سبال و پنمن-مانتیت در مقیاس ناحیه‌ای خطای ۲۰ درصد به دست آمد (Ramos et al. 2009). نتایج ارزیابی مدل SEBAL در تخمین تبخیر- تعرق گندم در حوزه آبخیز زنجان رود با استفاده از تصاویر سنجنده‌های MODIS و TM، نشان داد که مدل SEBAL از کارایی مناسبی در تخمین تبخیر- تعرق واقعی اراضی زیر کشت گندم آبی و دیم برخوردار است (سیمایی و همکاران، ۱۳۹۲).

نتایج به دست آمده در منطقه‌ای در کشور اسلونی روی موضوع بیلان آبی به کمک تصاویر

برای حوضه‌های بزرگ با استفاده از این روش به طور میانگین ۹۶ درصد بود. به طور کلی، استفاده از این روش برای برآورد تبخیر- تعرق در مقیاس‌های بزرگ و دوره‌های بلند مدت نتایج بهتری به همراه داشت (Sun Z. et al. 2011). تعیین و پهنه‌بندی تبخیر- تعرق واقعی توسط تکنیک سنجش از دور و الگوریتم سبال در حوضه آبخیز منشا در استان یزد نشان داد که با استفاده از الگوریتم توازن انرژی (سبال) می‌توان تبخیر و تعرق واقعی و در نتیجه نیاز آبی گیاهان باغی و زراعی و حتی مرتعی در شرایط مختلف (تحت تنش یا بدون تنش) را در سطوح وسیعی محاسبه نمود (پورمحمدی و رحیمیان، ۱۳۸۹).

نتایج بررسی الگوریتم سبال در مقایسه با داده‌های لایسیمیتری، نشان از تطبیق خوب مقادیر محاسبه شده و داده‌های لایسیمیتری داشت. مجموعه خطای نسبی در منطقه کیمبرلی در طول فصل رشد، ۴/۲ درصد بوده است. در منطقه دشت رودخانه اسنیک به دلیل کوچک بودن مزرعه و امکان تاثیر سایر مناطق همجوار در برابر دمای سطح زمین، متفاوت بودن زمان آبیاری لایسیمیتری با سایر نقاط مزرعه، استفاده از داده‌های هواشناسی به طور متوسط روزانه، از دلایل اختلاف مقدار تبخیر و تعرق محاسبه شده با مقدار لایسیمیتری بوده است (Tasumi et al. 2003). در تحقیق دیگر در دره رودخانه بیر ایالات متحده مشخص شد که نتایج الگوریتم SEBAL در مقیاس تبخیر و تعرق ماهانه ۱۶ درصد و فصلی ۴/۳ درصد با مقادیر لایسیمیتری تفاوت دارد (Allen et al. 2003). به منظور صحت‌یابی الگوریتم بیلان انرژی در سطح زمین، اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای تبخیر- تعرق در مزارع بزرگ در کشورهای چین، هند، اسپانیا و پاکستان صورت گرفت و تبخیر- تعرق با نتایج حاصل از الگوریتم بیلان انرژی در سطح زمین با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای مقایسه شد. نتایج نشان داد در ۸۵ درصد موارد داده‌های حاصل از این الگوریتم بدون هیچ گونه واسنجی با داده‌های مزرعه‌ای مطابقت دارد ( Bastiaanssen et al. 2003).

قند و ذرت، از مدل سبال برای محاسبه تبخیر- تعرق در دشت برخوار استان اصفهان استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که تبخیر- تعرق محاسبه شده توسط مدل سبال برای چغندر قند حدود ۲۰ درصد پایین تر و برای ذرت ۱۵ درصد بالاتر از مدل پنمن -مانتیت بوده است (Mokhtari, 2005). در مقایسه تبخیر- تعرق حاصل از الگوریتم سبال با مقادیر تبخیر- تعرق پتانسیل محاسبه شده به وسیله فرمول پنمن -مانتیت، که به صورت ماهیانه برای زیر حوضه قرهسو محاسبه گردید مشخص شد که غیر از ماههای آوریل، می، آگوست و سپتامبر، در سایر ماهها اختلاف زیادی بین مقادیر سبال و رابطه پنمن-مانتیت وجود دارد (Emadzadeh, 1386). در در پژوهشی دیگر که در حوضه آبخیز تنگ کنشت کرمانشاه انجام گرفت، تبخیر و تعرق واقعی گیاه با استفاده از معادله توازن انرژی و به کارگیری تصاویر ماهواره‌ای لندست و داده‌های هواشناسی (معادله هارگریوز) محاسبه شد. نتایج نشان داد که بین دو روش معادله توازن انرژی (تصاویر ماهواره‌ای) و معادله هارگریوز (استفاده از ضرایب گیاهی مناسب) در برآورد تبخیر و تعرق همبستگی بالایی ( $R^2=0/99$ ) وجود دارد (اصغر زاده و ثنایی نژاد، ۱۳۸۵). در برآورد میزان تبخیر- تعرق واقعی گیاهان تحت تنش‌های محیطی، توسط الگوریتم سبال، همبستگی حدود ۸۵٪ را بین تبخیر و تعرق به دست آمده از الگوریتم سبال با تبخیر و تعرق مرجع محاسبه شده از معادله پنمن-مانتیت به دست آمد (پورمحمدی و رحیمیان، ۱۳۸۹). تبخیر- تعرق گیاه زیتون در نقاط مختلف دارای مقادیر متفاوت است. مقدار نیاز آبی محصول زیتون به روش فائو-پنمن-مانتیت در پنج ایستگاه منتخب در استان کرمانشاه شامل کرمانشاه، کنگاور، اسلام‌آباد غرب، سرپل‌ذهاب و روانسر را به ترتیب ۸۱۰/۵، ۶۹۹/۷، ۷۸۶/۳ و ۹۲۳/۳ میلی‌متر برآورد گردید (میرموسوی و همکاران، ۱۳۹۱). در تحقیق دیگر در سه نقطه از کشور (گنبد کاووس، شیراز و منجیل) با استفاده از نرم افزار CROPWAT 8.0 و روش پنمن-مانتیت - فائو، نیاز آبیاری خالص زیتون به ترتیب ۲۳۱۴،

ماهواره‌ای و داده‌برداری‌های زمینی برای دو دوره آماری ۱۹۹۰-۱۹۶۱ و ۲۰۰۰-۱۹۷۱، حکایت از انطباق روشهای زمینی و ماهواره‌ای داشت. هر دو روش مذکور، بیلان آبی منطقه مطالعاتی را مثبت برآورد نمودند (Frantar et al., 2006).

الگوریتم سبال توسط داده‌های هواشناسی و روابط معمول تعیین تبخیر- تعرق نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج پژوهش رحیمیان در سال ۱۳۹۱ تحت عنوان برآورد تبخیر- تعرق گندم در شرایط تحت تنش به کمک سنسجش از دور و الگوریتم توازن انرژی در دشت آزادگان خوزستان که به صورت نقشه‌های تبخیر- تعرق روزانه و فصلی ارائه گردید، حاکی از آن بود که تبخیر- تعرق واقعی گندم در منطقه مطالعاتی بین ۲۱۴ تا ۴۴۰ میلی‌متر است و به دلیل قرار گرفتن تحت تنش‌های محیطی مختلف از جمله شوری خاک، شوری آب زیرزمینی و بالا بودن سطح ایستابی، کمتر از مقادیری است که تحت عنوان تبخیر- تعرق استاندارد گندم در منطقه توسط روابط تجربی به دست آمده (۵۸۰ میلی‌متر) و توصیه شده است (رحیمیان و پورمحمدی، ۱۳۹۱). در تحقیقی دیگر الگوریتم SEBAL میزان تبخیر و تعرق را بین ۱-۰/۵ میلیمتر در روز کمتر از روش پنمن-مانتیت برآورد نمود (میریعیقوب‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). در استفاده از الگوریتم سبال برای محاسبه آلبیدوی سطح، دمای سطحی و شاخص وضعیت پوشش گیاهی از داده‌های ماهواره‌ای چند طیفی و اطلاعات هواشناسی مانند درجه حرارت، ساعات آفتابی، باد، فشار بخار اشباع و رطوبت خاک، تبخیر- تعرق دشت میان دربند واقع در غرب ایران محاسبه و نقشه‌های تبخیر- تعرق آن تهیه گردید. در این مطالعه همچنین تبخیر- تعرق واقعی با استفاده از روش مرسوم فائو برای محصول گندم محاسبه شد و با روش سبال مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که همبستگی بالایی (۰/۸۴) بین این دو روش وجود دارد و الگوریتم سبال از توانایی بالایی در تعیین تبخیر- تعرق برخوردار است (قمرنیا و رضوانی، ۱۳۹۳). برای ارزیابی عملکرد بیوماس و تبخیر- تعرق دو محصول چغندر

زراعی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند در تعیین تبخیر- تعرق واقعی و ضریب گیاهی درختان بسیار مناسب باشد و بر این اساس مبادرت به تعیین تبخیر- تعرق درخت زیتون در این پژوهش گردید.

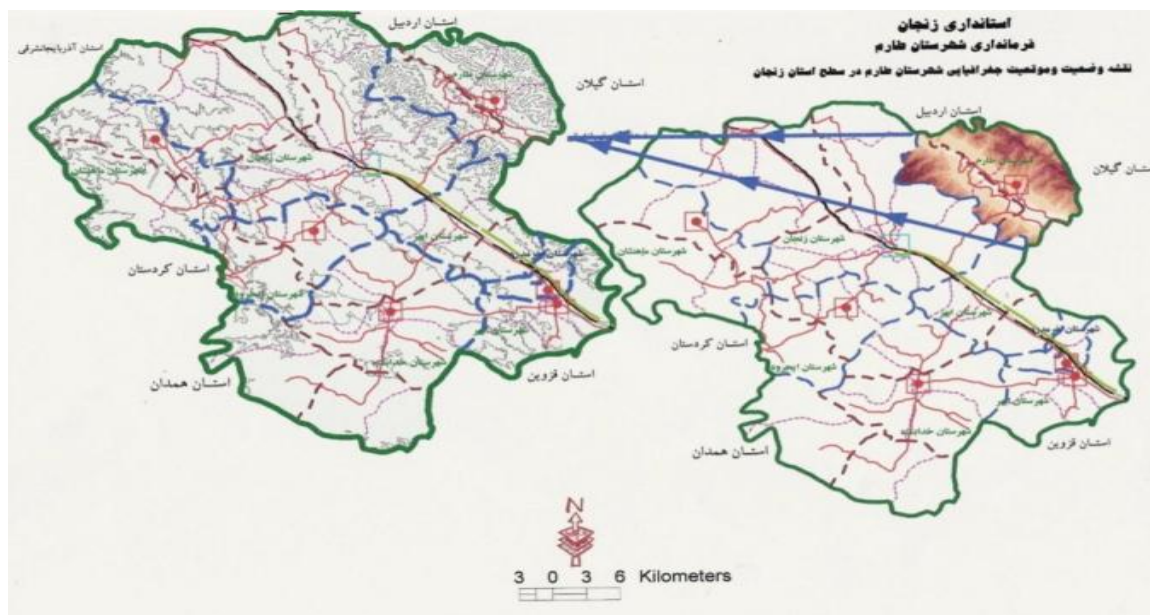
### مواد و روش‌ها

به منظور تعیین تبخیر- تعرق واقعی درخت زیتون در مراحل مختلف رشد در دو فصل زراعی ۹۳-۹۴ و ۹۲-۹۳ در منطقه طارم زنجان با مختصات طول جغرافیای ۳۷ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی در دره قزل اوزن و ارتفاعی معادل ۳۰۰ متر از سطح دریا دارای اقلیم نیمه گرمسیری با میانگین بارندگی سالانه ۲۵۰ میلی‌متر و میانگین رطوبتی ۶۸ درصد و میانگین سالانه دما ۱۷/۳ درجه سانتیگراد و مجموع ساعات آفتابی ۲۴۸۱ ساعت در سال، باغی در حدود ۵۰ هکتار وابسته به مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان انتخاب گردید (شکل ۱). جهت جلوگیری از تاثیر مزارع و باغات اطراف در تبخیر- تعرق زیتون، در وسط ایستگاه تحقیقاتی ۳۶ درخت با رقم اسپانیا و سن حدود ۱۰ سال انتخاب و برای انجام آبیاری آنها سیستم آبیاری قطره‌ای، با نصب کنتور در ابتدای خط برای ثبت حجم آب آبیاری اجرا گردید.

۴۹۸۶ و ۵۸۲۱ مترمکعب در سال برآورد شد و بیان شد که در زمان سخت شدن هسته، تنش آبی کمترین تاثیر را بر میزان عملکرد و کیفیت محصول دارد (اسماعیلی و ابراهیمی، ۱۳۹۲).

ضریب گیاهی زیتون که بیانگر متفاوت بودن ویژگی‌های زیتون و سطح چمن با ظاهر ثابت و پوشش گیاهی کامل می‌باشد بسته به مراحل مختلف رشد و اقلیم، متفاوت می‌باشد. سازمان خوار و بار جهانی (فائو) مقدار ضریب گیاهی درخت زیتون ۰/۶۵، ۰/۶۵، ۰/۷ و ۰/۷ به ترتیب برای طول دوره رشد ابتدایی، توسعه میانی و نهایی پیشنهاد نمود (Allen, et al. 1998). مقادیر ضریب گیاهی ۰/۷۷-۰/۶۳ نیز برای زیتون گزارش شده است (Fernández, 2008).

با عنایت نتایج تحقیقات ذکر شده، اولاً به دلیل تطابق مناسب نتایج حاصل از استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در تعیین تبخیر- تعرق واقعی و ضریب گیاهی محصولات زراعی با سایر روش‌های معمول مثل استفاده از لایسیمتر و روابط تجربی، ثانیاً وجود مشکلات موجود در روش‌های معمول تعیین تبخیر- تعرق واقعی مثل نقطه‌ای بودن، وقت‌گیر بودن، هزینه زیاد داشتن و غیره ثالثاً به دلیل وجود تفاوت فیزیولوژیکی در محصولات باغی مثل سن، اندازه، سیستم توسعه ریشه و غیره در مقایسه با گیاهان



شکل (۱): نقشه وضعیت و موقعیت جغرافیایی شهرستان طارم در سطح استان زنجان

غیرمستقیم استفاده گردید. در روش مستقیم از بیلان رطوبت در ناحیه ریشه درخت استفاده شد.

$$ET_c = I + P - D - \Delta M \quad (2)$$

که در آن  $ET_c$  و  $\Delta M$ ,  $D$ ,  $P$ ,  $I$  به ترتیب مقدار آب آبیاری، بارندگی، نفوذ عمقی، تغییرات رطوبت در دو آبیاری متوالی و تبخیر- تعرق واقعی زیتون بر حسب میلیمتر می‌باشند. جهت تعیین اجزای بیلان رطوبتی (رابطه ۲)، از سنسورهای رطوبت در دو جهت، ردیف کاشت درختان و عمود بر آن در چهار عمق نصب شد و با نمونه‌گیری از خاک و تعیین درصد رطوبت و محاسبه حجم نفوذ عمقی در هر بازه زمانی میزان تبخیر- تعرق واقعی درخت محاسبه گردید. حجم آب آبیاری توسط کنتور حجمی و تغییرات رطوبت یا  $\Delta M$  با تعیین درصد رطوبت دو نمونه خاک قبل از دو آبیاری متوالی که در بازه زمانی بین آن دو، تصویر دریافت شد تعیین گردید. آبیاری هر ۳ الی ۴ روز یک بار و بین ۸ تا ۱۲ ساعت صورت گرفت. عمق توسعه ریشه درخت با حفر پروفیل ۰/۸ متر تعیین شد. با توجه به اینکه سیستم آبیاری مورد استفاده

چند نمونه از خاک محل آزمایش برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال گردید. با عنایت به تاثیر رژیم حرارتی بر مراحل مختلف نمو گیاهان و طبق اصل ثبات حرارتی، هر گیاه زمانی به مرحله خاصی از نمو خود می‌رسد که مقدار مشخص حرارت از محیط دریافت نماید و با توجه به متغیر بودن درجه حرارت و طول روز، از شاخص درجه-روز-رشد (GDD) برای تعیین دقیق مراحل مختلف فنولوژی زیتون استفاده شد. به این منظور با جمع‌آوری داده‌های هواشناسی و اطلاعات محلی در خصوص مراحل رشد درخت زیتون، با استفاده از رابطه (۱) شاخص (GDD) محاسبه و مراحل مختلف رشد زیتون بر اساس این شاخص تعیین گردید. دمای پایه در این منطقه برای شروع رشد زیتون، صفر و دمای بالا ۳۵ درجه در نظر گرفته شد (حجازی زاده و همکاران، ۱۳۹۲).

$$GDD = \sum \left( \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_{base} \quad (1)$$

$T_{max}$ ,  $T_{min}$  و  $T_{base}$  به ترتیب دمای ماکزیمم و مینیمم و پایه (درجه سانتی‌گراد) است.

جهت تعیین تبخیر- تعرق واقعی درخت زیتون در مراحل مختلف رشد از روش‌های مستقیم و

در هوا به وسیله جابجایی و هدایت در اثر اختلاف دما می‌باشد و از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$H = (\rho \times C_p \times dT) / r_{ah} \quad (4)$$

$\rho$  چگالی هوا (کیلوگرم بر متر مکعب)  $C_p$  گرمای ویژه هوا (۱۰۰۴ ژول بر کیلوگرم درجه کلوین)  $dt$  اختلاف دما  $T_1-T_2$  (کلوین) بین دو ارتفاع  $Z_1$  و  $Z_2$  و  $r_{ah}$  مقاومت آئرو دینامیکی انتقال گرما (ثانیه بر متر). شار گرمایی خاک ( $G$ ) شدت ذخیره گرما در خاک و گیاه بر اساس هدایت می‌باشند. سیال ابتدا نسبت  $G/R_n$  را با استفاده از معادله تجربی زیر که توسط باستیانسن توسعه داده شده است محاسبه می‌کند.

$$\frac{G}{R_n} = \frac{T_g}{\alpha(0.0038\alpha + 0.0074\alpha^2)} \times \frac{1}{(1 - 0.98NDVI^4)} \quad (5)$$

که  $T_a$  دمای سطح زمین (درجه سانتیگراد)،  $\alpha$  آلبدوی سطح و  $NDVI$  شاخص گیاهی تفاضل نرمال شده می‌باشد. سپس با معلوم بودن  $R_n$  مقدار  $G$  محاسبه می‌شود.

مقدار تبخیر- تعرق سطح مرجع از معادله پنمن-مانتیت فائو (۵۶) به شرح زیر محاسبه شد.

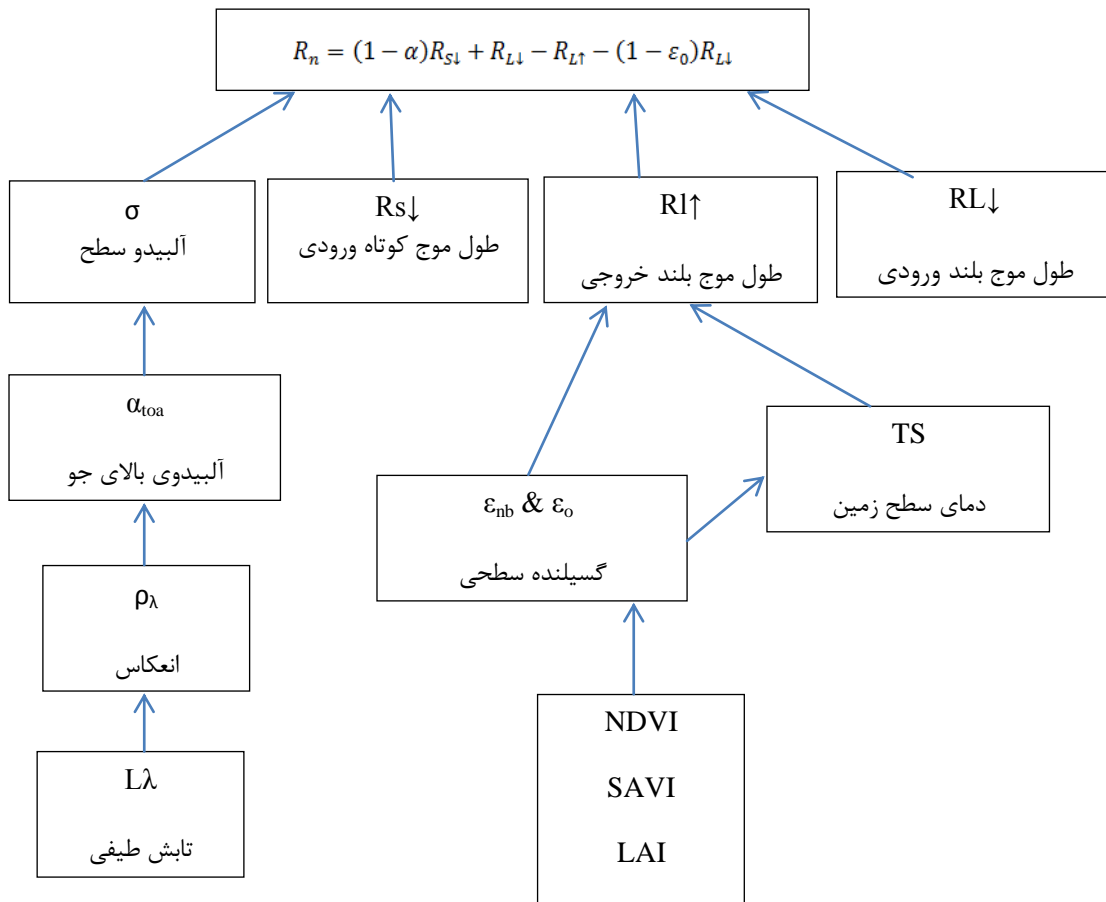
$$ET_0 = \frac{0.408(R_n - G) + \gamma \left( \frac{900}{T + 273.16} \right) U_2 (e_a - e_s)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (6)$$

قطره‌ای بود از خروج رطوبت به صورت جانبی صرف نظر شد.

در روش غیر مستقیم، تبخیر و تعرق به دو روش تعیین گردید ۱- کمک گرفتن از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و الگوریتم سیال ۲- استفاده از رابطه پنمن-مانتیت- فائو ۵۶ با داده‌های هواشناسی درازمدت. در روش الگوریتم سیال از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ استفاده شد که علت انتخاب آن قدرت تفکیک مکانی متوسط و در دسترس بودن این تصاویر بود. در این روش از نرم‌افزار ENVI برای پردازش تصویری و ERDAS جهت اجرای الگوریتم سیال در تعیین تبخیر- تعرق واقعی استفاده شد. علاوه بر این تصحیحات اتمسفری لازم توسط مدل به صورت پیش فرض انجام می‌گیرد. اساس روش سیال استفاده از معادله توازن انرژی و محاسبه مقدار شار لحظه‌ای گرمای نهان تبخیر به عنوان باقی‌مانده این معادله برای هر پیکسل است.

$$\lambda ET_{inst} = R_n - G - H \quad (3)$$

در این معادله  $\lambda ET_{inst}$  شار گرمای نهان تبخیر  $R_n$  ( $w/m^2$ ) میزان تابش خالص خورشیدی ( $w/m^2$ )،  $G$  شار گرمای خاک ( $w/m^2$ )، و  $H$  شار گرمای محسوس ( $w/m^2$ )، می‌باشند. برای محاسبه پارامترهای معادله فوق سلسله مراحل در قالب الگوریتم سیال تنظیم شده که مراحل گام به گام آن برای محاسبه  $R_n$  به صورت شماتیک مطابق شکل (۲) می‌باشد. شار گرمایی محسوس شدت هدر رفت گرما



شکل (۲): مراحل محاسبات در الگوریتم سبال

شامل حداکثر درجه حرارت، حداقل درجه حرارت، دمای متوسط، رطوبت نسبی حداکثر، حداقل و متوسط، ساعات آفتابی و سرعت باد استفاده شد. در محاسبه تبخیر- تعرق مرجع در روز دریافت تصاویر، جهت افزایش دقت (نزدیکی به محل اجرای طرح) از اطلاعات هواشناسی ایستگاه خودکار نصب شده درون باغ دریافت شد. برای این منظور در یک صفحه گسترده اکسل کلیه پارامترهای رابطه پنمن-مانتیث اعم از تعیین گرمای نهان تبخیر  $\lambda$ ، تعیین شیب منحنی فشار بخار اشباع در میانگین درجه حرارت (کیلو پاسکال بر درجه سانتی‌گراد)  $\Delta$ ، تعیین ضریب رطوبتی یا ثابت سایکرومتری  $\gamma$ ، تعیین فشار بخار اشباع  $e_s$ ، تعیین فشار واقعی بخار  $e_a$ ، کمبود فشار بخار  $(e_a - e_s)$ ، تعیین مقدار تابش برون زمینی  $R_a$ ،

که در آن  $ET_0$  تبخیر- تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر بر روز برای دوره‌های روزانه)،  $\Delta$  شیب منحنی فشار بخار اشباع در میانگین درجه حرارت (کیلو پاسکال بر درجه سانتی‌گراد)، تابش خالص در سطح گیاه (مگا ژول بر متر مربع بر روز)،  $G$  چگالی شار حرارتی خاک (مگاژول بر متر مربع بر روز)،  $\gamma$  ثابت سایکرومتری (کیلو پاسکال بر درجه سانتی‌گراد)،  $T$  متوسط درجه حرارت روزانه (درجه سانتی‌گراد)،  $U_2$  متوسط سرعت باد روزانه در ارتفاع ۲ متری (متر بر ثانیه)،  $e_s$  میانگین فشار بخار اشباع هوا در ارتفاع ۱/۵ تا ۲ متری (کیلو پاسکال) و  $e_a$  میانگین فشار بخار واقعی هوا در ارتفاع ۱/۵ تا ۲ متری (کیلو پاسکال). برای ارزیابی دقیق الگوریتم سبال در برآورد تبخیر- تعرق واقعی، از داده‌های هواشناسی روز دریافت تصویر از ماهواره،



میلی متر بر روز حاصل شد و با روش الگوریتم سبال مقایسه گردید.

در انتها به منظور ارزیابی و بررسی روشهای مورد آماری نظیر ضریب تعیین (Determination Coefficient) و میانگین انحراف خطا (Mean Bias Error, MBE) استفاده شد. ضریب تعیین برای تعیین همبستگی بین مقادیر واقعی و برآورد شده و میانگین خطای مطلق برای تعیین مقادیر خطای برآورد شده، به کار برده می شوند روابط مربوطه به صورت زیر هستند:

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]^2}{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 (\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2)]} \quad (7)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - Y_i) \quad (8)$$

در این روابط  $X_i$  و  $Y_i$  به ترتیباً آمین داده از تبخیر و تعرق از روش مستقیم و غیر مستقیم و  $X$  و  $\bar{Y}$  به ترتیب میانگین داده های برآورد شده از روش مستقیم و غیر مستقیم و  $n$  تعداد نمونه ها می باشد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش مطابق جدول ۱ می باشد.

جدول (۱): تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

یافت	$\rho$	PH	EC	Ca+Mg sol.	Na sol.	k sol.	SAR	عمق نمونه
	gr/cm <sup>3</sup>		ds/m	meq/l			%	cm
S-L	۱/۴۶	۷/۵	۱۸/۸	۱۰۶	۷۶	۶/۷	۱۰/۴	۰-۳۰
L-S	۱/۵۲	۷/۷	۷/۶	۴۵	۳۱	۰/۶	۶/۶	۳۰-۶۰
S-L	۱/۴۹	۷/۷	۵/۳	۳۶	۱۶	۱/۲	۳/۸	۶۰-۹۰

مجموع از ابتدای دوره رشد تا رسیدگی میوه ۵۴۰۰ درجه- روز به صورت تجمعی برآورد شد. درجه

تعداد ساعات روشنایی روز  $N$ ، تابش خالص، شار گرما به داخل خاک (در روش پنمن- مانتیث به دلیل پوشش کامل گیاه مرجع مقدار آن صفر فرض می شود) و سرعت باد در ارتفاع ۲ متری با استفاده از روابط موجود، محاسبه و مقدار تبخیر- تعرق مرجع برآورد گردید.

با محاسبه تبخیر- تعرق سطح مرجع، ضریب گیاهی به دو روش محاسبه گردید ۱- حاصل تقسیم تبخیر- تعرق واقعی حاصل از برداشت میدانی و بیلان رطوبتی بر تبخیر- تعرق سطح مرجع متناظر، در مراحل مختلف رشد ۲- حاصل تقسیم تبخیر- تعرق واقعی به دست آمده از الگوریتم سبال بر تبخیر- تعرق سطح مرجع متناظر، در مراحل مختلف رشد.

چون ماهواره هر ۱۶ روز یک بار از منطقه اجرای طرح عبور می کرد و امکان دریافت تصاویر برای تمام مراحل رشد درخت زیتون وجود نداشت علی رغم انجام محاسبات و اندازه گیری ها در کل طول فصل، اما برای ارزیابی دقیق عملکرد تصاویر ماهواره ای کلیه محاسبات، اندازه گیری ها مقایسه ها و تحلیل ها در روز عبور ماهواره از منطقه، صورت گرفت. در روش بیلان رطوبتی اجزا بیلان رطوبتی در بین دو آبیاری که ماهواره از منطقه می گذشت اندازه گیری و ابتدا تبخیر- تعرق واقعی زیتون بین دو آبیاری محاسبه و با تقسیم آن بر دور آبیاری، میزان تبخیر- تعرق بر حسب

درجه- روز- رشد زیتون با ثبت مراحل مختلف رشد درخت زیتون و میانگین دمای روزانه هوا، در

پروفیل کوچک در اطراف درخت، توسعه جبهه پیاز رطوبتی تا فاصله یک متری از ساقه درخت و ۲۰ سانتی‌متر پایین تر از عمق توسعه ریشه (یک متر) مشاهده شد.

حرارت مورد نیاز در هر مرحله از رشد زیتون با استفاده از رابطه ۱ مطابق جدول ۲ به دست آمد. همچنین تاریخ دریافت تصاویر برای هر یک از این مراحل در این جدول درج شده است. با استفاده از سنسورهای نصب شده در خاک و همچنین حفر

جدول (۲): درجه - روز - رشد در مراحل مختلف رشد

درجه-روز °C	تاریخ تصاویر	تاریخ	مراحل رشد
۲۰۰	۱۲/۲۲ و ۱/۵	۱۵ اسفند	شروع رشد
۲۰۰	۲/۹	اوایل فروردین	تشکیل جوانه گل
۶۵۰	۲/۲۲ و ۲/۲۵	اواسط اردیبهشت	گلدھی
۲۰۰	۳/۲۶ و ۳/۷	اوایل خرداد	تمام گل
۷۵۰	۴/۱۱	اواخر خرداد	بزرگ شدن میوه
۶۰۰	۴/۲۴ و ۵/۹	اواسط تیر	سخت شدن هسته
۱۱۰۰	۵/۱۲ و ۵/۲۵	مرداد	دومین مرحله بزرگ شدن میوه هسته‌دار
۱۴۰۰	۶/۱۳ و ۶/۲۶	شهریور و مهر	رسیدگی کنسرومیوه
۳۰۰	-	آبان و آذر	رسیدگی روغنی

و در حد جزئی کمتر از آن برآورد نموده است. علامت منفی MBE و مقدار کم آن گویای این مطلب است. همچنین روند افزایشی و یا کاهش می مقدار تبخیر- تعرق زیتون در طول مراحل رشد در هر دو روش یکسان بود و نشان از دقت استفاده از الگوریتم سبال در برآورد تبخیر- تعرق واقعی زیتون دارد. الگوریتم سبال در مرحله شروع رشد مقدار تبخیر- تعرق را بیشتر از روش بیلان رطوبتی برآورد نمود به نظر می‌رسد در اثر نزولات جوی زمستان گذشته (قبل از شروع رشد زیتون) مقداری رطوبت در خاک بوده که تشخیص رطوبت در زیر خاک سطحی در محدوده توسعه ریشه برای ماهواره قابل تشخیص نبوده و این یکی از معایب بهره‌گیری از تصویر ماهواره در برآورد تبخیر- تعرق می‌باشد. به عبارت دیگر ماهواره آنچه که در سطح خاک قابل رویت است در محاسبات وارد می‌کند.

میانگین تبخیر - تعرق مرجع محاسبه شده از رابطه پنمن مانیتیت بر اساس داده‌های هواشناسی روز عبور ماهواره (از ایستگاه هواشناسی خودکار داخل باغ) همراه با تبخیر- تعرق واقعی به دست آمده از روش بیلان رطوبتی و الگوریتم سبال در روزهای دریافت تصویر بر حسب میلی‌متر در روز به شرح جدول ۳ برآورد گردید. همچنین ضریب گیاهی بدست آمده بر اساس بیلان رطوبتی و الگوریتم سبال در هر یک از مراحل رشد به شرح جدول ۴ حاصل شد. نتیجه مقایسه مقادیر ضریب گیاهی و تبخیر- تعرق به دست آمده در روش الگوریتم سبال با مقادیر ضرایب گیاهی و تبخیر - تعرق واقعی به دست آمده به روش بیلان رطوبتی (شاهد) بوسیله آماره‌های MBE و  $R^2$  به شرح جدول ۵ می‌باشد. همانطور که ملاحظه می‌گردد ضریب همبستگی بین تبخیر و تعرق به دست آمده در روش سبال و برداشت میدانی یا بیلان رطوبتی در سال اول و دوم و در مجموع دو سال به ترتیب ۰/۷۳، ۰/۸۷ و ۰/۸۲ حاصل شد و نشان داد که روش سبال برآورد نزدیکی در تعیین تبخیر- تعرق واقعی زیتون نسبت به روش برداشت میدانی به عنوان شاهد داشته

سال هفتم • شماره بیست و هفتم • بهار ۱۳۹۶

گلدهی ضریب گیاهی به مقدار تبخیر- تعرق مرجع و دور آبیاری وابسته است و در یک دور آبیاری ثابت (دور آبیاری در تمام طول فصل ۴ روز بود) هر چه تبخیر- تعرق مرجع افزایش یابد، مقدار ضریب گیاهی کاهش می‌یابد بنابراین با گذشت زمان از ابتدای رشد زیتون و گرم شدن هوا و افزایش تبخیر- تعرق مرجع، ضریب گیاهی کاهش یافت.

جدول (۳): تبخیر و تعرق به روش‌های مختلف

تاریخ دریافت تصویر	مرجع	واقعی (بیان رطوبتی)	واقعی (الگوریتم سبال)
۹۳/۱/۱۵	۳	۲/۲	۲/۳
۱۲/۲/۲۲	۶/۳	۳	۲/۹
۱۳/۷	۶/۵	۲/۹	۲/۵
۱۴/۲/۲۴	۶/۳	۳/۱	۲/۶
۱۵/۹	۵/۳	۳/۲	۲/۷
۱۶/۱۰	۴/۸	۲/۶	۲/۱
۱۶/۲/۲۶	۴/۳	۲/۵	۲/۴
۱۱۲/۲/۲۲	۲/۱	۱/۴	۱/۵
۹۴/۲/۹	۴/۳	۱/۹	۱/۶
۱۲/۲/۲۵	۵/۳	۱/۹	۲/۳
۱۳/۲/۲۶	۴/۳	۲/۴	۲/۵
۱۴/۱/۱	۷/۳	۴/۴	۳/۷
۱۵/۱/۱۲	۶/۴	۳/۹	۳/۷
۱۶/۱/۱۳	۵/۲	۳/۴	۳/۴

جدول (۴): ضریب گیاهی به روش‌های مختلف

تاریخ دریافت تصویر	Kc بیان رطوبتی	Kc بیان سبال
۹۳/۱/۱۵	۰/۷۳	۰/۷۷
۱۲/۲/۲۲	۰/۷	۰/۶۷
۱۳/۷	۰/۴۶	۰/۴
۱۴/۲/۲۴	۰/۴۸	۰/۴
۱۵/۹	۰/۵۱	۰/۴۳
۱۶/۱۰	۰/۴۹	۰/۴
۱۶/۲/۲۶	۰/۵۲	۰/۵
۱۱۲/۲/۲۲	۰/۶۷	۰/۷۱
۹۴/۲/۹	۰/۴۴	۰/۳۷
۱۲/۲/۲۵	۰/۳۶	۰/۴۳
۱۳/۲/۲۶	۰/۵۶	۰/۵۸
۱۴/۱/۱	۰/۶۰	۰/۵۱
۱۵/۱/۱۲	۰/۶۱	۰/۵۸
۱۶/۱/۱۳	۰/۶۵	۰/۶۵

جدول (۵): مقایسه پارامترهای آماری

سال اجرا	تبخیر- تعرق روش سبال		ETC روش بیان رطوبتی
	R <sup>2</sup>	MBE	
۹۲-۹۳	۰/۷۳	-۰/۲۹	بیان رطوبتی
۹۳-۹۴	۰/۸۷	-۰/۰۶	
هر دو سال	۰/۸۲	-۰/۱۷	
سال اجرا	Kc روش سبال		Kc روش بیان رطوبتی
	R <sup>2</sup>	MBE	
۹۲-۹۳	۰/۹۵	-۰/۰۵	بیان رطوبتی
۹۳-۹۴	۰/۶۲	-۰/۰۱	
هر دو سال	۰/۸۶	-۰/۰۳	

ضریب همبستگی بین ضریب گیاهی زیتون حاصل از روش بیان رطوبتی و ضریب گیاهی حاصل از روش سبال در فصل زراعی اول و دوم و در مجموع دو سال به ترتیب ۰/۹۵، ۰/۶۲ و ۰/۸۶ به دست آمد و نشان داد که با کمک گرفتن از تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از الگوریتم سبال می‌توان ضریب گیاهی زیتون را در مراحل مختلف رشد با دقت قابل قبولی برآورد نمود. با وجود پایین بودن ضریب همبستگی در سال زراعی ۹۳-۹۴، اما چون مقدار میانگین خطای مطلق کم و نزدیک به صفر است (MBE=-0.01) بنابراین اختلاف برآورد ضریب گیاهی در دو روش کم بوده بنابراین می‌توان برآورد مناسبی قلمداد نمود. در طول فصل زراعی، در شروع رشد ضریب گیاهی بالا و با گذشت زمان مقدار آن کاهش پیدا کرد این نکته نشان داد که در مرحله شروع رشد (مرحله ابتدایی) تا

## نتیجه گیری نهایی

بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان بیان نمود که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در برآورد تبخیر و تعرق زیتون، در مقایسه با روش برداشت میدانی قابل اتکا بوده و با توجه به مشکلاتی که در روش‌های بیلان رطوبتی (مثل نقطه‌ای بودن، زمان‌بر بودن، هزینه بالا داشتن، آسیب دیدن درخت، نیاز به ابزار دقیق و تقریباً عدم امکان استفاده از لایسی‌متر) وجود دارد و مزایایی که استفاده از ماهواره (تحت پوشش دادن سطح وسیعی از مزارع یا باغات، ارزان و سریع بودن) در برآورد تبخیر و تعرق دارد می‌توان با پذیرفتن خطای کم نتایج قابل قبولی دریافت نمود. اما مشکل اصلی در استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ این است که ماهواره هر ۱۶ روز یک بار از نقطه محل اجرای طرح عبور می‌نماید و با این روش نمی‌توان

برای تعداد روزهای بیشتری از دوره رشد، تبخیر-تعرق را برآورد نمود اگر بتوان در آینده این مشکل به طریقی حل شود به طوریکه بتوان در هر مرحله از رشد تصاویر بیشتری دریافت کرد می‌توان گفت که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با مزایایی که دارد بهترین روش در برآورد تبخیر و تعرق زیتون در این منطقه می‌باشد. در برآورد ضریب گیاهی نیز استفاده از الگوریتم سبال از دقت قابل قبولی برخوردار است و با توجه به این که در روش‌های معمول برآورد تبخیر-تعرق واقعی گیاهان با استفاده از اطلاعات هواشناسی، مهمترین و مشکل‌ترین مرحله تعیین ضریب گیاهی آن محصول می‌باشد لذا استفاده از الگوریتم سبال در این بخش هم می‌تواند با اطمینان مورد استفاده قرار بگیرد.

## منابع

- اسماعیلی، ع. و ع. ابراهیمی، ۱۳۹۲. تعیین نیاز آبی درخت زیتون در سه نقطه کشور (گنبد کاووس، شیراز و منجیل) با استفاده از نرم افزار CROPWAT 8.0 و روش پنمن-مانتیت فائو. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی.
- اصغر زاده، ح. و ح. ثنایی نژاد، ۱۳۸۵. برآورد تبخیر و تعرق گیاهان با استفاده از داده های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در حوضه آبخیز تنگ کنشت کرمانشاه، همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی.
- پورمحمدی، س.، م. ت.، دستورانی، م. ح.، مختاری، و م. ح. رحیمیان. ۱۳۸۹. تعیین و پهنه بندی تبخیر و تعرق واقعی توسط تکنیک سنجش از دور و الگوریتم سبال (مطالعه موردی :حوزه آبخیز منشا در استان یزد). مجله علمی پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. جلد ۴. شماره ۱۳.
- پورمحمدی، س. و م. ح. رحیمیان. ۱۳۸۹. تامین آب مورد نیاز جهت حفظ تعادل اکوسامان های طبیعی و کشاورزی با استفاده از الگوریتم سبال (مطالعه موردی دشت آزادگان)، مجموعه مقالات ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری و چهارمین همایش ملی فرسایش و رسوب گروه مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس.
- حجازی زاده، ز.، م.، سلیقه، ی.، بلیانی، س. م.، حسینی، م. ح. ماهوتچی. ۱۳۹۲. مکان یابی کشت زیتون با استفاده از پارامترهای اقلیمی و زمینی به روش تحلیل سلسله مراتبی مطالعه موردی؛ استان فارس نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. سال سیزدهم. شماره 30.
- رحیمیان، م. ح. و س. پورمحمدی. ۱۳۹۱. برآورد تبخیر-تعرق گندم در شرایط تحت تنش به کمک سنجش از دور و الگوریتم توازن انرژی، مطالعه موردی : دشت آزادگان، خوزستان. مجله پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۲۶ شماره ۲.

سیمایی، ا.، م. همایی، و ع. ا. نوروزی. ۱۳۹۲. ارزیابی مدل SEBAL برای برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از اطلاعات سنجنده‌های TM و MODIS. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. شماره چهارم.

شهابی‌فر، م.، ۱۳۹۲. گزارش نهایی فاز اول تعیین نیاز آبی محصولات عمده باغی در مراحل مختلف رشد فیزیولوژیکی. موسسه تحقیقات خاک و آب.

قمرنیا، ه. و س. و. رضوانی. ۱۳۹۳. محاسبه پهنه‌بندی تبخیر-تعرق با استفاده از الگوریتم سبال (SEBAL) در غرب ایران (دشت میاندزبند). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۸. شماره ۱. ص. ۸۱-۷۲.

کریمی، ع.، ب. فرهادی بانسوله. ه. حصادی. ۱۳۹۱. برآورد تبخیر-تعرق واقعی در مقیاس منطقه ای با استفاده از الگوریتم سبال و تصاویر لندست. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۴، جلد ۶، ص. ۳۶۴-۳۵۳.

میرموسوی، س. ح.، ح. پناهی، ح. اکبری وی. اکبرزاده. ۱۳۹۱. واسنجی روش های برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ETO) و محاسبه ی نیاز آبی گیاه (ETC) زیتون در استان کرمانشاه. جغرافیا و پایداری محیط. شماره ۳. ص. ۶۴-۴۵.

میریعقوبزاده، ک.، م. سلیمانی، ر.، حبیب نژاد، ک. شاهدی، ک. عباسپور، و س. اخوان. ۱۳۹۳. تعیین و ارزیابی تبخیر و تعرق واقعی با استفاده از داده‌های سنجش از دور مطالعه موردی حوضه آبخیز تمر، گلستان. فصلنامه علمی و پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. سال چهارم. شماره پانزدهم.

Allen R., Morse A., and Tasumi M. 2003. Application of SEBAL for western US waterrights regulation and planning. Proceedings of the International Conference on Irrigation and Drainage, Workshop on Remote Sensing of ET for Large Regions; Montpellier, France.

Allen, R. G., L. S., Pereira, D., Raes, M., Smith. 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements, irrigation and drain, paper No. 56. FAO, Rome, Italy, 300 pp

Allen, R. G., M. Tasumi R. and Trezza. 2007. "Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) Model." J. Irrig. Drain. Eng., 133-4- 380-394.

Almhab, A. and I. Busu. 2008. "Estimation of evapotranspiration with modified SEBAL model using Landsat-TM and NOAA-AVHRR images in aride mountains area". Proceedings of second Asia International Conference on Modelling & Simulation, 13-15 may, Kuala Lampur, 350-355.

Bastiaanssen W. G. M., M. D., Ahmad and Y. Chemin. 2002. Satellite surveillance of evaporative depletion across the Indus Basin. Water Resource Research. 38(12): 1-9.

Bastiaanssen, W. G. M. 2000. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. Journal of Hydrology, 229: 87-100

Bastiaanssen, W. G. M., M. Menenti, R. A. Feddes and A. A. M Holtslag. 1998. "A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation." J. Hydrol., 212-213, 198-212.

Bastiaanssen, W. G. M., E. J. M. Noordman, H. Pelgrum, G. Davids, B. P. Thoreson and R. G. Allen. 2005. "SEBAL model with remotely sensed data to improve water-resources management under actual field condition". J. Irrig. Drain. Eng., 131(1):85-93.

Emadzadeh, M. 1386, Application of remote sensing in estimating water use efficiency in basin- cale: case study in the Gharaso basin. M.sc Thesis, Sharif University of Technology, Tehran.

Fernández J. E. 2008. Irrigation Management in Olive. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS). <http://www.irriqual.eu/Documentos/Fernández%20OLIVE.pdf>

Frantar, P., M., Dolinar, and B. Kurnik. 2006. "GIS based water balance of Slovenia, environmental agency of the republic of Slovenia." Geophysical Research Abstracts, 8, 13.

George, P., H.Prasanna, P.V. Gowda, Vara, Prasad, Terry A. Howell, Scott A. Staggenborg, Christopher M. U. Neale. 2013. Lysimetric evaluation of SEBAL using high resolution airborne imagery from BEAREX08, *Advances in Water Resources*, in press .

Hafeez, M. M., Y. Chemin, N. Van De Giesen and B. A. M. Bouman. 2002. "Field evapotranspiration estimation in Central Luzon, Philippine, using different sensors: Landsat 7 ETM+, Terra MODIS and Aster". *Proceedings of Symposium on Geospatial Theory, Processing and Application*. Ottawa, Canada

Jacob, F., Olioso, A. Hanocq, J. F. Hautecoeur, and M. Leroy. 2002. "Mapping surface fluxes using visible-near infrared and thermal infrared data with the SEBAL algorithm". *J. Agr*, 22: 669-680.

Mokhtari, M. H. 2005, *Agricultural Drought Impact Assessment Using Remote Sensing : A Case study Borkhar district –Iran*. M.sc Thesis, ITC, Enschede, The Netherlands

Ramos, J. G., C. R., Cratchley, J. A., Kay, M. A., Casterad, A. Martinez-cob, and R. Dominguez. 2009, *Evaluation of satellite evapotranspiration estimates using ground-meteorological data available for the Flumen District into the Ebro valley of N.E. Spain*. *Agricultural Water Management*, 96 2009 638-652.

Shu., Y., Y. Lei, L. Zheng, and H. Li. 2006. "An evapotranspiration (ET) model based GIS using LANDSAT data and MODIS data with improved resolution". *Journal of Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Application, and Geology VI*, 6366

Sun Z., B., Wei, W., Su, W., Shen, C., Wang, D. You and Z. Liu. 2011. *Evapotranspiration estimation based on the SEBAL model in the Nansi LakeWetland of China*. *Mathematical and Computer Modelling* 54: 1086–1092.

Tasumi M., R., Trezza, R., Allen, and J. L. Wright. 2003. *U.S validation tests on the SEBAL model for Evapotranspiration via satellite*. *CID workshop on remote sensing of ET for large regions*

Teixeira, A. H., W. G. M. Bastiaanssen, M. D. Ahmad & M. G. Bos. 2009. *Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle Sao Francisco River basin, Brazil Part A: Calibration and validation, agricultural and forest meteorology*, 149, 462-476.

Wang, J., R. Kimura and W. Bastiaanssen. 2005. "Monitoring ET with remote sensing and the management of water resources on a basin scale". *The 11thCEReS International Symposium on Remote Sensing Japan*.

## Determination of evapotranspiration and crop coefficient of olive in different growth stages using remote sensing techniques and moisture balance in Tarom Zanjan

Hossein Jafari<sup>1</sup>, Peyman Afrasiab<sup>2</sup>, Masumeh Delbari<sup>3</sup>, Mehdi Taheri<sup>4</sup>

### Abstract

In horticultural plants, determining of evapotranspiration because of The existing problems in the direct measurement such as installing large lysimeter or the exact equipment and length during tree growth, often estimated indirectly and on the basis of meteorological data. With regard to the spatial variability of meteorological parameters and sometimes inappropriate distribution of meteorological stations estimating evapotranspiration is not possible with sufficient accuracy. Therefore use of procedures such as the remote sensing methods that consider these changes is best. In this study, evapotranspiration of olive trees were measured and determined with direct and indirect methods in two growing seasons 1393 and 1394 in Tarom district of Zanjan at different development stages. The actual evapotranspiration were determined by direct method, By measuring the moisture balance components and in the indirect method with help from the satellite imagery of landsat 8. Then by determining of the reference crop evapotranspiration, olive crop coefficient were calculated and were compared and evaluated. The results showed that calculated evapotranspiration and plant coefficient of remote sensing mehod in various olive growth stages matched with moisture balance data. So that, evapotranspiration correlation coefficient was 0.73, 0.87 and 0.82 for first, second and cumulative year, respectively. Moreover, correlation coefficients of plant coefficient was 0.95, 0.62 and 0.86, respectively. It is concluded that remote sensing method can be useful to estimate evapotranspiration of olive tree.

**Key words:** Algorithm SEBAL, Remote Sensing, Olive, Water use Efficiency and Water Requirement.

<sup>1</sup> - PhD student at the University of Zabol, Masters, Water group, University of Zabol, Zabol, Iran, 09395444775, Hosseinjafari52@gmail.com, No. 76, Organizational houses of Soil and Water Research Institute, Meshkindasht, karaj.

<sup>2</sup> -Peyman Afrasiab, Associate Professor and Head of Department of Soil and Water University of Zabol, T.N.:09124544659, e-mail: peyman.afraziab@uoz.ac.ir, Adress: Zabol, Zabol University's new campus, organizational houses.

<sup>3</sup> - Masumeh Delbari, Associate Professor University of Zabol, Zabol, Iran, T.N.: 09128104374, Mas\_delbari@yahoo .com

<sup>4</sup> - Mehdi Taheri, Assistant Professor Agriculture and Natural Resources Research Center of Zanjan, Iran, 09126422687, Tahritekab@gmail.com