کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم محیطی، شماره ۱، سال اول، زمستان ۱۴۰۰، صص ۱۶-۱
Application of Remote Sensing and GIS in Environmental Sciences, Vol. 1, No. 1, Winter 2022, pp. 1-16

مقایسه روش‌های SEBS و پنمن مانتیث در برآورد نیاز آبی محصول ذرت مطالعه موردی: مشگین‌شهر

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۸

مهدی اسدی [*1]، مختار کرمی [2]

۱- دکتری آب و هواشناسی کشاورزی دانشگاه حکیم سبزواری
۲- استادیار آب و هواشناسی دانشگاه حکیم سبزواری

چکیده

تعیین نیاز آبی محصولات کشاورزی یکی از مهم‌ترین راه‌های رسیدن به بهره وری مدیریت آب می‌باشد. لذا هدف اصلی این پژوهش برآورد نیاز آبی محصول ذرت در مشگین‌شهر استان اردبیل می‌باشد و برای این هدف از ۱۰ تصویر بدون ابر ماهواره لندست ۸ از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۶ و روش SEBS استفاده و نتایج حاصل از آن با روش‌های پنمن مانتیث و تشت تبخیر مقایسه گردید. نتایج بیانگر آن بود که در روش SEBS نیاز آبی محصول ذرت در تاریخ ۲۰۱۰/۷/۳ برابر ۸/۱۴ میلی متر در روز و در تاریخ ۲۰۱۵/۱۱/۳۰ برابر ۱/۰۹ میلی‌متر در روز و در روش پنمن مانتیث در تاریخ ۲۰۱۳/۷/۱۹ برابر ۹/۹۴ میلی‌متر در روز و در تاریخ ۲۰۱۵/۱۱/۳۰ برابر ۳/۱۲ میلی متر در روز که به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تبخیر و تعرق واقعی را دارا می‌باشد. روش SEBS نیز در مقایسه با تشت تبخیر بیشترین میزان خطا با RMSE برابر با ۱/۴۶۶ و MAD برابر با ۱/۳۲۵ و در مقایسه با روش پنمن مانتیث کمترین میزان خطا را با RMSE برابر با ۱/۱۹۹ و MAD برابر با ۰/۹۴۷ دارا است. همچنین با بررسی مقادیر ضریب تعیین مشخص گردید که روش SEBS بیشترین ضریب تعیین (۰/۸۶۷۷) را با روش پنمن مانتیث و بعدازآن با روش تشت تبخیر (۰/۸۲۴۷) دارا است.

واژگان کلیدی: مشگین شهر، نیاز آبی، SEBS، پنمن مانتیث، اردبیل.

* نویسنده مسئول
E-mail:asadimehdi11@yahoo.com

۱- مقدمه

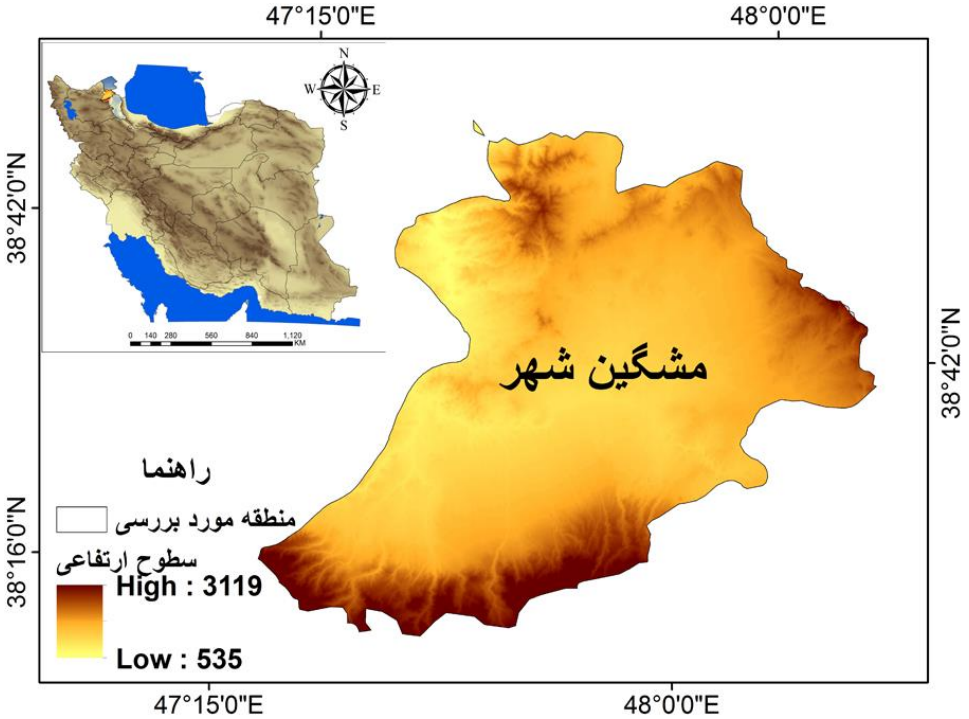
علاوه بر بارش و رواناب، تبخیر-تعرق نیز یکی از اجزای اصلی چرخه هیدرولوژیکی است که در میان خاک، گیاه و اتمسفر تحت تأثیر دو فرآیند بیوفیزیکی و محیطی قرار دارد (۵ و ۴). نظارت بر تبخیر-تعرق پیامدهای مهمی را برای مدل‌سازی آب و هوا در سطح جهانی و منطقه‌ای دارا می‌باشد، همچنین در شناخت چرخه هیدرولوژیکی و ارزیابی استرس‌های زیست‌محیطی که بر روی جنگل‌ها، اکوسیستم‌های کشاورزی تأثیر می‌گذارد، مفید است (۱۴). زیرا تبخیر-تعرق یکی از فرایندهایی است که تحت تأثیر عناصر اقلیمی همچون بارش، ابرناکی، رطوبت، توزیع باد و غلظت گاز اتمسفر قرار می‌گیرد (۹ و۲۰). ثابت بودن بارش و حتی در برخی موارد کاهش بارش و در مقابل افزایش تبخیر-تعرق باعث شده بیشتر نیازهای انسانی، کشاورزی و طبیعی با کمبود آب در دسترس رو به رو باشند (۲۱). در نتیجه روش‌های مختلفی برای ارزیابی تبخیر-تعرق با استفاده از داده‌های هواشناسی در شرایط‌های مختلف کاربری اراضی و زیست‌محیطی توسعه داده شده‌اند. اما اغلب این روش‌ها از داده‌های ثابت محلی (لایسیمتر، ادی کواریانس و غیره) استفاده می‌کنند که تنها در مقیاس محلی مناسب می‌باشد (۱۳) و هزینه‌های سرسام‌آوری را نیز به دنبال دارند (۲۵ و ۲)، همچنین با توجه به ماهیت پویای طبیعت و تغییرات منطقه‌ای تبخیر-تعرق نمی‌توان این روش‌ها را به مناطق وسعی‌تر تعمیم داد و با ماهیت سنجش‌ازدوری پژوهش مغایرت دارد (۱۱). همچنین در سطح جهان پژوهش‌های زیادی انجام یافته یا در حال انجام است در آن‌ها از لایسیمتر استفاده نشده است (۲۷، ۱۶، ۲۴ و ۸) و برای صحت‌سنجی و مقایسه مقادیر به‌دست‌آمده از روش‌های سنجش‌ازدوری SEBS و غیره، از روش‌های پنمن مانتیث و تشت تبخیر استفاده شده است. لذا در دهه‌های اخیر با پیشرفت سنجنده‌های ماهواره‌ای و روش‌های سنجش از دور ترغیب به استفاده از این تصاویر و روش‌ها برای تخمین میزان تبخیر-تعرق افزایش یافته است چرا که این روش‌ها بدون در نظر گرفتن شرایط خاک، محصول و مدیریت مزرعه می‌توانند میزان تبخیر-تعرق را برآورد نمایند. در این پژوهش از میان الگوریتم‌های سنجش از دوری برای برآورد تبخیر-تعرق، روش SEBS مورد استفاده قرار گرفت که تحقیقات زیادی در ارتباط با الگوریتم‌های مذکور انجام شده که در ادامه به چند مورد آن اشاره می‌شود: الحق و همکاران (۷) برای برآورد تبخیروتعرق دلتای نیل از روش SEBS استفاده کردند. در این پژوهش برای صحت سنجی مدل از یک شبکه نقاط اندازه‌گیری واقعی با ۹۲ نقطه در منطقه مطالعاتی استفاده شد که نتایج مدل SEBS در مقایسه با مقادیر سطحی دقت قابل قبولی داشت، از این رو کارایی مدل SEBS در برآورد تبخیر و تعرق اثبات شد. باهاتارای و همکاران (۳) به ارزیابی پنج مدل تک‌منبعی (SEBAL، METRIC، S-SEBI، SSEBop، SEBS) سنجش از دوری تعادل انرژی سطح برای برآورد تبخیر-تعرق روزانه در آب و هوای نیمه گرمسیری و مرطوب اقدام کردند.

نتایج کلی نشان داد که مدل SEBS عملکردی بهتری را در برآورد تبخیر-تعرق نسبت به سایر مدل‌ها داشته است. گرسو و همکاران (۱۰) به تعیین میزان تبخیر-تعرق محصول ذرت در مزرعه با استفاده از روش SEBAL پرداختند و نتایج کار خود را با روش پنمن مانتیث فائو و مدل شبیه‌ساز خاک - گیاه مقایسه کردند. نتایج بیانگر آن بود که بین الگوریتم SEBAL و مدل شبیه‌ساز خاک - گیاه همبستگی بالایی در سال‌های ۲۰۱۱ (۰/۷۰۴۷) و ۲۰۱۲ (۰/۶۶۸۹) برقرار می‌باشد. کاستا و همکاران (۶) تنوع فضایی نیاز آبی گیاه قهوه را بر اساس الگوریتم SEBAL محاسبه، و مقادیر آن را با روش پنمن مانتیث مورد مقایسه قرار دادند. نتایج بیانگر آن بود که میزان تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی برای قهوه‌های جوان یا تازه کشت شده به ترتیب حدود ۲/۱۷ میلی‌متر در روز و ۰/۶۰ و میزان تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی برای قهوه‌های پیر به ترتیب حدود ۳/۹۵ میلی‌متر در روز و ۰/۸۵ می‌باشد. النمر و همکاران (۸) به تهیه نقشه تبخیر-تعرق روزانه و فصلی دلتای نیل با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور پرداخته و نتایج کار خورد را با استفاده از روش پنمن مانتیث فائو مورد مقایسه قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که روش SEBAL تخمین خوبی از میزان تبخیر-تعرق دلتای نیل با توزیع زمانی مکانی تبخیر-تعرق در آن حوضه را دارد و میزان همبستگی آن بیش از ۰/۹۷ می‌باشد. زارع و همکاران (۲۹) با استفاده از بررسی توزیع فضایی تبخیر و تعرق توسط مدل SEBS به بهینه‌سازی برآورد رواناب با مدل HEC-HMS پرداختند. نتیجه این مطالعه اهمیت اجرای برآوردهای دقیق تبخیر و تعرق در یک مدل هیدرولوژیکی را نشان می‌دهد. با توجه به سوابق پژوهش و پیامدهای مهمی که تغییرات تبخیر-تعرق محصولات زارعی در چرخه هیدرولوژی و در چرخه زندگی انسان دارا می‌باشند، لذا هدف اصلی این پژوهش برآورد نیاز آبی محصول ذرت در مشگین شهر استان اردبیل با روش SEBS و مقایسه آن با روش پنمن مانتیث فائو و تشت تبخیر می‌باشد.

۲-مواد و روش

۲-۱-منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شهرستان مشگین شهر در استان اردبیل می‌باشد که در دامنه کوه سبلان در فاصله ۲۰ کیلومتری از قله سبلان قرار گرفته است. شهرستان مذکور به مرکزیت شهر مشگین (خیاو) در موقعیت جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. ارتفاع شهر از سطح دریا برابر ۱۶۲۵ متر است. این شهر از طرف شمال به شهرستان گرمی، از طرف جنوب به کوه سبلان، از طرف غرب به شهرستان‌های اهر و هریس و از طرف شرق به کشور آذربایجان محدود می‌شود (شکل ۱).



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه

Fig. (1): Study area

۲-۲-داده‌های مورد استفاده

✓ تصاویر ماهواره لندست ۷ و ۸ (سنجنده OLI و TIRS) مربوط به ردیف ۳۳ و قطعه ۱۶۷ که شامل باندهای مرئی، مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز حرارتی می‌باشند (جدول ۱).

✓ آمار و اطاعات روزانه و ساعتی شامل: میانگین روزانه و ساعتی دما، دمای حداقل، دمای حداکثر، ساعات آفتابی، سرعت باد، داده‌های روزانه تشت تبخیر کلاس A، رطوبت نسبی.

جدول (۱): داده‌ها و زمان‌های مورد بررسی در پژوهش

Table (1): Data and times studied in the research

ردیف	نوع سنجنده	تاریخ تصویر در دوره آغازین رشد	تاریخ تصویر در دوره پایانی رشد
۱	لندست ۸	۲۰۱۵/۱۱/۳۰	۲۰۱۵/۸/۱۰
۲	لندست ۸	۲۰۱۶/۱۱/۸	۲۰۱۲/۶/۶
۳	لندست ۸	۲۰۱۴/۹/۸	۲۰۱۳/۷/۱۹
۴	لندست ۷	۲۰۰۴/۴/۱۳	۲۰۱۰/۷/۳
۵	لندست ۸	۲۰۱۴/۴/۱۷	۲۰۱۴/۷/۲۲

۲-۳- الگوریتم تعادل انرژی

الگوریتم‌های تعادل انرژی مانند SEBS روش‌هایی هستند که بر اساس روابط فیزیکی و تجربی مقدار تبخیر-تعرق لحظه‌ای و روزانه محصول را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و میزان کم داده‌های مشاهداتی زمینی برآورد می‌نمایند (۲۶). برای برآورد تبخیر-تعرق با استفاده از روش SEBS ابتدا روابط ریاضی مورد نیاز برای انجام تجزیه و تحلیل‌هایی مانند بازتبندگی، شاخص‌های پوشش گیاهی، گسیلمندی، آلبیدوی سطحی، دمای سطحی، شار تابش، شار گرمای خاک، شار گرمای محسوس، شار گرمای نهان و غیره شناسایی شده و در نهایت به محاسبه شار لحظه‌ای و مقدار روزانه تبخیر-تعرق مبادرت ورزیده شد و در ادامه با روش پنمن مانتیث فائو (برای کسب اطاعات بیشتر به پژوهش کرمی و اسدی (۱۲) مراجعه گردد) مقایسه گردید.

۲-۴- روش‌شناسی Surface Energy Balance System (SEBS)

روش SEBS مانند سایر روش‌های سنجش از دوری برای محاسبه شار تابش خالص از توازن بین تابش دریافتی و خروجی، گسیلمندی و آلبیدو استفاده می‌کند که در ادامه توضیحاتی در باره آن ارائه می‌گردد.

۲-۴-۱-محاسبات مربوط به تابش خورشید

روش SEBS یک روش سنجش از دوری است که در سال‌های اخیر به‌طور فزاینده‌ای برای محاسبه میزان تبخیر و تعرق مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش مذکور به طور قابل توجهی وابسته به توازن انرژی ترمودینامیکی بین فرآیندهای رخ داده در سطح زمین و جو می‌باشد که به آن توازن انرژی سطحی گفته می‌شود. در نهایت SEBS با برقراری توازن انرژی بین پدیده‌های سطحی و جوی شار گرمای نهان را برای برآورد مقدار تبخیر و تعرق واقعی روزانه بدست می‌آورد که از طریق رابطه ۱ بیان می‌گردد (۲۲):

$$LE = Q^* - G - H \qquad [۱]$$

که در آن: LE: شار گرمای نهان بر حسب $\left(W/_{m^2}\right)$، Q^*: شار تابش بر حسب $\left(W/_{m^2}\right)$، G: شار گرمای خاک بر حسب $\left(W/_{m^2}\right)$، H: شار گرمای محسوس بر حسب $\left(W/_{m^2}\right)$ می‌باشد.

منظور از شار تابش خالص همان مقدار تابش موجود در سطح می‌باشد که از طریق تفاضل حاصله از میزان تابش های ورودی و خروجی از رابطه ۲ بیان می‌گردد.

$$Q^* = (1 - r_0).K\downarrow - L\downarrow - L\uparrow - (1 - \varepsilon_0).L\downarrow \qquad [۲]$$

که در آن: $K\downarrow$: تابش ورودی موج کوتاه خورشید بر حسب $\left(W/_{m^2}\right)$ $L\downarrow$: تابش طول موج بلند ورودی به سطح بر حسب $\left(W/_{m^2}\right)$ $L\uparrow$: تابش طول موج بلند خروجی از سطح بر حسب $\left(W/_{m^2}\right)$ می‌باشد.

در روش SEBS برای محاسبه تابش ورودی موج کوتاه خورشید به سطح زمین، زاویه ارتفاع خورشیدی به همراه فاصله خورشید از زمین در روز معین یا همان لحظه تصویربرداری بسیار اهمیت دارد و شرایط آسمان صاف را در نظر می‌گیرد که شکل ریاضی آن در رابطه ۳ بیان شده است (زاهو و همکاران (۳۰):

$$K\downarrow = G_{sc} \times cos\theta \times d_r \times \tau_{sw} \qquad [۳]$$

که در آن: G_{sc}: مقدار ثابت تابش رسیده به سطح بر حسب $\left(W/_{m^2}\right)$ می‌باشد. محدوده تغییرات $K\downarrow$ بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ $\left(W/_{m^2}\right)$ می‌باشد.

مقدار $L\uparrow$ یا همان تابش طول موج بلند خروجی از سطح با استفاده از رابطه استفان بلتومزن به دست می آید و محدود تغییرات آن بین ۲۰۰ تا ۷۰۰ $\left(W/_{m^2}\right)$ می‌باشد که رابطه ریاضی آن به شکل زیر بیان می‌گردد (۱):

$$L\uparrow = \varepsilon_0 \times \sigma \times T_s^4 \qquad [۴]$$

که در آن: T_s: دمای سطح زمین بر حسب کلوین، σ: ثابت استفان بولتزمن یا همان مقدار عددی 5.67×10^{-8} ε_0: گسیلمندی از باند حرارتی پهن می‌باشد.

در نهایت برای محاسبه $L\downarrow$ یا همان تابش طول موج بلند ورودی به سطح که محدوده تغییرات آن بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ $\left(W/_{m^2}\right)$ می‌باشد و در شرایط آسمان صاف یا بدون ابر اندازه‌گیری می‌شود از رابطه ۵ استفاده گردید (۱).

$$\mathrm{L}\downarrow = \varepsilon_a \times \sigma \times T_a^4 \qquad [۵]$$

که در آن: T_a، دمای هوای نزدیک به سطح زمین بر حسب کلوین، ε_a: گسیلمندی حاصل از جو می‌باشد که از رابطه ۶ بدست می‌آید:

$$\varepsilon_a = 0.85 \times (-In\tau_{sw})^{0.09} \qquad [۶]$$

در حقیقت می‌توان مقدار تابش طول موج بلند ورودی به سطح را براساس رابطه ۷ بیان نمود:

$$L\downarrow = 0.85 \times (-In\,\tau_{sw})^{0.09} \times \sigma \times T_a^4 \qquad [۷]$$

۲-۴-۲- محاسبات مربوط به شار گرمای خاک در روش SEBS

شار گرمای خاک عبارت از مقدار انرژی جذب شده در هر واحد زمانی بوسیله پروفیل خاک می‌باشد (۲۳) و در مدل SEBS از طریق رابطه ۸ محاسبه می‌گردد ((۱۷ و ۲۶):

$$G_o = R_n \times [\Gamma_c + (1 - f_c) \times (\Gamma_s - \Gamma_c)] \qquad [۸]$$

که در آن: G_o: شار گرمای خاک، R_n: شار تابش خالص، Γ_c: ضریب ثابت برای پوشش گیاهی که مقدار آن برابر است با ۰/۰۵، Γ_s: ضریب ثابت برای زمین‌های بایر که مقدار آن برابر است با ۰/۳۱۵، f_c: کسر پوشش سایبان (رابطه ۹).

$$f_c = \left[\frac{NDVI - NDVI_{max}}{NDVI_{min} - NDVI_{max}}\right]^K \qquad [۹]$$

که در آن: f_c: کسر پوشش سایبان، $NDVI$: شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی، $NDVI_{max}$: حداکثر میزان شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی در منطقه مطالعاتی، $NDVI_{min}$: حداقل میزان شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی، K: ضریب ثابت برای اصلاح مقادیر NDVI که برابر با ۰/۴۶ می‌باشد (۱۵).

۲-۴-۳-محاسبات مربوط به شار گرمای محسوس در روش SEBS

روش SEBS برای محاسبه میزان شار گرمای محسوس (H) از تئوری تشابه استفاده می‌کند (برای کسب اطلاعات بیشتر به سو (۲۶) مراجعه شود) روش مذکور شرایط خشک (H_{dry}) و مرطوب (H_{wet}) را در نظر می‌گیرد (۲۶ و۱۵). و اصلی ترین اختلاف روش SEBS با روشی مانند SEBAL نیز در همین بخش می‌باشد که در ادامه روابط مورد استفاده در این بخش شرح داده خواهد شد، لذا برای بدست آوردن شار گرمای محسوس SEBS در شرایط خشک (H_{dry}) از رابطه ۱۰ استفاده می‌گردد:

$$\lambda E_{dry} = R_n - G_0 - H_{dry} \equiv 0 \quad or\ H_{dry} = R_n - G_0 \qquad [۴۰]$$

که در آن: H_{dry}: شار گرمای محسوس در شرایط خشک بر حسب W/m^2، λE_{dry}: شار گرمای نهان در شرایط خشک بر حسب W/m^2.

اما برای بدست آوردن شار گرمای محسوس SEBS در شرایط مرطوب (H_{wet}) از رابطه ۱۱ استفاده می‌گردد (۷):

$$H_{wet} = R_n - G - \lambda E_{wet} \qquad \text{یا} \quad \lambda E_{wet} = R_n - G - H_{wet} \qquad [۱۱]$$

که در آن: λE_{wet}: شار گرمای نهان در شرایط مرطوب بر حسب $^{w}/_{m^2}$، H_{wet}: شار گرمای محسوس در شرایط مرطوب بر حسب $^{w}/_{m^2}$ می‌باشد.

۲-۲-۴-محاسبات مربوط به برآورد تبخیر-تعرق روزانه در روش SEBS

در روش SEBS بعد از انجام مراحل قبلی و بدست آوردن میزان H_{dry} و H_{wet}، با استفاده از رابطه ۱۲ میزان تبخیر-تعرق نسبی محاسبه می‌گردد (۲۸):

$$\Lambda_r = \frac{\lambda E}{\lambda E_{wet}} = 1 - \frac{\lambda E_{wet} - \lambda E}{\lambda E_{wet}} = 1 - \frac{H - H_{wet}}{H_{dry} - H_{wet}} \quad [۱۲]$$

که در آن: Λ_r: تبخیر نسبی می‌باشد. سپس با استفاده از رابطه ۱۳، کسر تبخیر-تعرق محاسبه می‌گردد:

$$\Lambda = \frac{\lambda E}{R_n - G} = \frac{\Lambda_r * \lambda E_{wet}}{R_n - G} = \Lambda_r * \left(1 - \frac{H_{wet}}{H_{dry}}\right) \quad [۱۳]$$

که در آن: Λ: کسر تبخیر است. در نهایت بر اساس رابطه ۱۴ میزان تبخیر-تعرق روزانه محاسبه می‌گردد (۱۶):

$$E_{daily} = \sum_{i=0}^{24} \left[\Lambda * \frac{R_n - G}{\lambda \rho_w}\right] = 24 * 3600 * \left[\frac{\lambda E}{\lambda \rho_w}\right] \quad [۱۴]$$

که در آن: E_{daily}: میزان تبخیر-تعرق روزانه بر حسب میلی متر، ρ_w: تراکم آب که برابر است با ۱۰۰۰ بر حسب kg/m^3، λE: شار گرمای نهان تبخیر می‌باشد که از رابطه ۱۵ بدست می‌آید:

$$\lambda E = \Lambda * (R_n - G) \quad [۱۵]$$

۲-۳- ارزیابی مدل SEBS

در این پژوهش برای ارزیابی کارایی روش SEBS در مقابل روش پنمن مانتیث فائو در برآورد نیاز آبی محصولات ذرت در مشکین شهر از معیارهای ضریب تعیین $\boldsymbol{R^2}$، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین انحراف مطلق (MAD) استفاده خواهد شد. رابطه‌های مربوط به این آماره‌ها به‌صورت زیر می‌باشد (۳۰):

$$\boldsymbol{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(E_{si} - E_{oi})^2}{n}} \times \mathbf{100} \quad [۱۶]$$

$$\boldsymbol{MAD} = \frac{\sum_{i=1}^{n}|E_{oi} - E_{si}|}{n} \quad [۱۷]$$

$$\boldsymbol{R^2} = \frac{\left(\sum_{i-1}^{n}(E_{si} - \bar{E})\right)(E_{oi} - \bar{E}_{oi})}{\left(\sum_{i-1}^{n}(E_{si} - \bar{E})\right)^2 (E_{oi} - \bar{E}_{oi})^2} \quad [۱۸]$$

که در آن‌ها: مقادیر E_{si}، E_{oi} و $\bar{E}$ به ترتیب مربوط به تبخیر-تعرق برآوردی توسط روش پنمن مانتیث فائو روش SEBS و میانگین مقادیر می‌باشد.

۳- تحلیل یافته‌ها

طبق تعریف روش SEBS با برقراری توازن انرژی بین پدیده‌های سطحی و جوی، شار گرمای نهان را برای برآورد مقدار تبخیر-تعرق واقعی روزانه بدست می‌آورد (۲۲) که مقادیر برخی پارامترهای آن مانند شار تابش خالص، شار گرمای خاک و شار گرمای محسوس در جدول ۲ ارائه شده است:

همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده مقادیر حداقل و حداکثر شار تابش خالص بترتیب مربوط به ۲۰۱۵/۱۱/۳۰ با مقدار عددی ۱۲۳/۷۲ و ۲۰۱۰/۷/۳ با مقدار عددی ۶۹۹/۳۲ می‌باشد که بر اساس آن مناطقی که دارای پوشش گیاهی و جنگلی هستند به دلیل وجود رطوبت و ظرفیت گرمایی بالا و به نوبه آن ذخیره گرمایی بیشتر دارای مقادیر بیشتر از تابش خالص نسبت به مناطق خشک و بایر هستند. در ادامه با توجه به جدول ۲ کمترین میزان شار گرمای خاک مربوط به تاریخ ۲۰۱۵/۱۱/۳۰ با مقدار عددی ۷/۰۳ و بیشترین میزان آن نیز مربوط به تاریخ ۲۰۱۲/۶/۶ با مقدار عددی ۱۹۶/۵۶ وات بر متر مربع می‌باشد که بر اساس آن اراضی کشاورزی و جنگلی نسبت به اراضی بایر و شهری شار گرمای خاک کمتری دارند همچنین فصول مختلف سال و زاویه قرارگیری خورشید نیز در میزان شار گرمای خاک دخالت دارند چراکه هر چه به سمت فصول گرم‌تر حرکت نمایم میزان اختلاف از نظر شار گرمای خاک در اراضی بایر و کشاورزی نیز بیشتر خواهد بود. محاسبات شار گرمای خاک در روش SEBS به مانند سایر روش‌های سنجش از دوری از توازن و تفاضل میان برخی ضرایب ثابت برای زمین‌های بایر و پوشش گیاهی، شار تابش خالص و کسر پوشش سایبان که از دخالت مستقیم NDVI به دست می‌آید حاصل می‌گردد و تنها تفاوت آن‌ها مربوط به مقادیر آلبیدو و دمای سطح زمین می‌باشد که در روش SEBS در بخش شار گرمای خاک مورد استفاده قرار نمی‌گیرد که به نوبه خود باعث ایجاد اختلاف با مقادیر حاصل از سایر روشها مانند SEBAL خواهد شد. در روش SEBS که محاسبات شار گرمای محسوس بیشتر بر اساس بخش‌های مورد استفاده در رابطه پنمن مانتیث استوار است بجای پیکسل‌های سرد و گرم از شرایط مرطوب و خشک (شار گرمای محسوس در شرایط خشک و شار گرمای محسوس در شرایط مرطوب) و تئوری تشابه استفاده می‌گردد.

بر اساس جدول ۲ کمترین میزان شار گرمای محسوس در شرایط خشک در تاریخ ۲۰۱۵/۱۱/۳۰ با مقدار عددی ۱۱۶/۵۸ و بالعکس بیشترین میزان آن مربوط به تاریخ ۲۰۱۴/۷/۲۲ با مقدار عددی ۵۶۳/۷۹ می‌باشد. در نهایت شار گرمای محسوس در شرایط مرطوب در روش SEBS بر پایه محاسبات روش پنمن مانتیث استوار است و نقش اصلی را در برآورد میزان تبخیر-تعرق بر عهده دارد. جدول ۲ به ترتیب نشان دهنده کمترین و بیشترین میزان شار گرمای خاک در شرایط مرطوب در تاریخ‌های ۲۰۱۴/۷/۲۲ و ۲۰۱۲/۶/۶ با مقادیر عددی ۶/۵۴ و

۳۸۱/۴۴ می‌باشد که بر اساس آن اراضی کشاورزی و مناطق دارای پوشش گیاهی بیشترین شار گرمای محسوس را به دلیل وجود رطوبت و ذخیره گرمایی و نقش آن در تعدیل کنندگی دمای محیط پیرامون را دارا می‌باشند.

جدول (۲): مقادیر حداقل و حداکثر تابش خالص برای تصاویر مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه

Table (2): Minimum and maximum values of net radiation for the studied images in the study area

	شار تابش خالص		شار گرمای خاک		گرمای محسوس خشک		گرمای محسوس مرطوب	
تاریخ تصویر مورد بررسی	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
۲۰۰۴/۴/۱۳	۲۷۵/۴۱	۶۹۳/۳۷	۲۰/۴۴	۱۲۱/۳۷	۲۵۳/۰۲	۵۶۳/۵۳	۲۹/۷۵	۱۹۴/۲۳
۲۰۱۰/۷/۳	۳۲۸/۶۳	۶۹۹/۳۲	۳۲/۸۵	۱۲۲/۳۴	۲۳۴/۳۵	۵۲۷/۵۹	۱۷/۸۸	۱۶۸/۶۴
۲۰۱۲/۶/۶	۳۲۶/۳۸	۶۹۹/۰۶	۳۱/۵۸	۱۹۶/۵۶	۲۷۰/۱۴	۵۳۰/۹۰	۲۷/۵۱	۳۸۱/۴۴
۲۰۱۳/۷/۱۹	۳۰۳/۶۰	۶۹۱/۳۷	۲۴/۶۸	۱۹۰/۲۶	۲۲۳/۴۵	۵۱۴/۵۵	۲۸/۵۹	۱۷۳/۸۷
۲۰۱۴/۴/۱۷	۲۱۰/۶۸	۶۸۲/۲۰	۸/۱۴	۱۴۹/۳۹	۲۰۲/۱۹	۵۳۸/۱۷	۲۰/۸۳	۲۱۱/۶۹
۲۰۱۴/۷/۲۲	۲۸۶/۴۲	۶۹۶/۳۳	۱۶/۲۵	۱۳۲/۴۱	۱۹۶/۶۷	۵۶۳/۷۹	۶/۵۴	۱۶۱/۵۲
۲۰۱۴/۹/۸	۲۵۴/۸۵	۲۵۴/۹۰	۱۸/۵۸	۱۷۱/۵۹	۱۹۶/۹۴	۵۰۲/۸۴	۱۲/۶۲	۲۰۳/۰۵
۲۰۱۵/۱۱/۳۰	۱۲۳/۷۲	۳۷۶/۲۱	۷/۰۳	۹۱/۳۱	۱۱۶/۵۸	۳۳۱/۲۱	۲۸۹/۸۳	۲۹/۲۴
۲۰۱۶/۸/۱۲	۳۲۱/۵۸	۶۸۳/۰۱	۳۱/۲۹	۱۸۸/۱۹	۲۵۴/۸۷	۴۹۹/۷۸	۲۳/۶۵	۱۶۴/۸۵
۲۰۱۶/۱۱/۸	۱۹۶/۶۹	۵۷۶/۷۰	۱۶/۱۴	۱۰۳/۷۹	۱۷۵/۲۰	۴۰۸/۳۴	۴۵/۲۱	۲۹۹/۴۸

۳-۱- ارزیابی و مقایسه مقادیر تبخیر-تعرق بر اساس روش‌های مورد بررسی

با محاسبه مقادیر تبخیر-تعرق بر اساس روش‌های SEBS و پنمن مانتیث و اخذ داده‌های تشت تبخیر از سازمان هواشناسی و اعمال ضرایب گیاهی (ضریب گیاهی ذرت دانه ای در مرحله کاشت ۰/۷۰ و در مرحله برداشت ۰/۵۵ می‌باشد) نیاز آب محصول ذرت تعیین گردید. بر اساس جداول ۳ و ۴ که به ترتیب نشان دهنده مقادیر تبخیر-تعرق روزانه (نیاز آبی) محصولات مورد بررسی در زمان‌های کاشت و برداشت در منطقه مورد مطالعه می‌باشند، مقادیر نیاز آبی در دوره برداشت محصول که اکثرا در دوره گرم سال قرار دارند به دلیل گرمای زیاد و رشد محصولات بیشتر از دوره‌ی کاشت محصولات می‌باشد. دراین‌بین، محصول ذرت در روش SEBS در تاریخ‌های ۲۰۰۴/۴/۱۳ و ۲۰۱۰/۷/۳ به ترتیب با مقادیر عددی ۴/۷۱ و ۸/۱۴ میلی‌متر در روز بیشترین میزان نیاز آبی و در تاریخ‌های ۲۰۱۵/۱۱/۳۰ و ۲۰۱۶/۸/۱۲ به ترتیب با مقادیر عددی ۱/۰۹ و ۵/۰۵ میلی‌متر در روز دارای کمترین میزان نیاز آبی می‌باشد. در روش پنمن مانتیث نیز در تاریخ‌های ۲۰۱۴/۹/۸ و ۲۰۱۳/۷/۱۹ به ترتیب با مقادیر عددی ۵/۹۱ و ۹/۱۴ میلی‌متر در روز دارای بیشترین میزان نیاز آبی می‌باشد.

جدول (۳): مقادیر برآوردی نیاز آبی محصول ذرت برحسب میلی‌متر در مرحله کاشت

Table (3): Estimated values of water requirement of corn crop in mm at planting stage

تاریخ تصویر در دوره کاشت	SEBS	پنمن مانتیث
۲۰۱۵/۱۱/۳۰	۱/۰۹	۲/۱۶
۲۰۱۶/۱۱/۸	۱/۲۴	۱/۰۵
۲۰۱۴/۹/۸	۳/۴۴	۵/۹۱
۲۰۰۴/۴/۱۳	۴/۷۱	۳/۸۳
۲۰۱۴/۴/۱۷	۳/۹۷	۴/۴۶

جدول (۴): مقادیر برآوردی نیاز آبی محصول ذرت برحسب میلی‌متر در مرحله برداشت

Table (4): Estimated values of water requirement of corn crop in mm at harvest stage

تاریخ تصویر در دوره برداشت	SEBS	پنمن مانتیث
۲۰۱۶/۸/۱۲	۵/۰۵	۶/۲۲
۲۰۱۲/۶/۶	۵/۲۱	۶/۸۹
۲۰۱۳/۷/۱۹	۶/۱۸	۹/۱۴
۲۰۱۰/۷/۳	۸/۱۴	۸/۷۲
۲۰۱۴/۷/۲۲	۵/۶۷	۹/۰۸

در ادامه سعی شد، از داده‌های تشت تبخیر برای ارزیابی میزان تبخیر صورت گرفته از سطوح آبی استفاده شود (جدول ۵). بر این اساس بیشترین میزان تبخیر صورت گرفته در روش‌های تشت تبخیر و SEBS در تاریخ ۲۰۱۶/۸/۱۲ به ترتیب با مقادیر عددی ۹/۹۸ و ۹/۹۴ میلی‌متر در روز می‌باشد. همچنین کمترین میزان تبخیر از سطوح آبی نیز متعلق به تاریخ ۲۰۱۵/۱۱/۳۰ به ترتیب با مقادیر عددی ۱/۹۷، ۳/۱۲ و ۲/۵۵ میلی‌متر در روز می‌باشد که با توجه به اینکه در نیمه دوم سال یا به عبارتی در نیمه سرد سال قرار دارد منطقی به نظر می‌رسد. نتایج این بخش از پژوهش حاضر با پژوهش لاسجدراگاه و رحیم‌زادگان (۱۶) که با استفاده از روش‌های SEBAL، METRIC و SEBS به مقایسه تبخیر صورت گرفته از سد امیرکبیر با روش تشت تبخیر پرداخته بودند، مطابقت دارد.

جدول (۵): برآورد تبخیر از سطوح آبی بر اساس داده‌های تشت تبخیر، پنمن مانتیث و SEBS (میلی‌متر)

Table (5): Estimation of evaporation from water surfaces based on evaporation pan data, Penman Monteith and SEBS (mm)

تاریخ تصویر مورد بررسی	تشت تبخیر	پنمن مانتیث	SEBS
۲۰۰۴/۴/۱۳	۴/۷۸	۵/۱۷	۶/۰۸
۲۰۱۰/۷/۳	۱۰/۱	۹/۸۵	۸/۳۵
۲۰۱۲/۶/۶	۸/۳۱	۸/۹۲	۷/۷۸
۲۰۱۳/۷/۱۹	۱۰/۵۶	۹/۹۴	۸/۴۱
۲۰۱۴/۴/۱۷	۴/۴۵	۵/۶۲	۶/۳۲
۲۰۱۴/۷/۲۲	۹/۵۷	۹/۶۱	۸/۲۷
۲۰۱۴/۹/۸	۷/۱	۵/۹۳	۴/۸۲
۲۰۱۵/۱۱/۳۰	۱/۹۷	۳/۱۲	۲/۵۵
۲۰۱۶/۸/۱۲	۹/۹۸	۸/۷۶	۹/۱۸
۲۰۱۶/۱۱/۸	۲/۰۴	۳/۲۷	۲/۷۳

۳-۲-اعتبارسنجی مقادیر برآوردی تبخیر-تعرق

در این بخش، با استفاده از روش‌های آماری ضریب تعیین R^2، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین انحراف مطلق (MAD) و پایه قرار دادن روش SEBS از نظر کارایی با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته و ضریب تعیین و خطاهای موجود مشخص گردیدند. بر این اساس روش SEBS بیشترین ضریب تعیین (۰/۸۶۷۷) را با روش پنمن مانتیث دارا می‌باشد، چرا که این روش بر پایه روش پنمن مانتیث بنا نهاده شده است و تنها در روند محاسبات برخی پارامترها با یکدیگر تفاوت دارند (جدول ۶). نتایج این بخش با پژوهش‌های ما و همکاران (۱۸) که با استفاده از الگوریتم SEBS و تصاویر ماهواره لندست ۵ میزان نیاز آبی محصولاتی همچون گندم و برنج را با RMSE برابر ۰/۷۴ نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده و ما و همکاران (۱۹) که با استفاده از روش SEBS و تصاویر ماهواره ASTER میزان نیاز آبی محصولاتی همچون گندم، جو، ذرت و غیره را با RMSE برابر ۰/۸۹ نسبت به داده‌های زمینی ارزیابی نمودند، همخوانی دارد.

جدول (۶): مقادیر خطا و ضریب تعیین بین روش‌های مورد مطالعه

Table (6): Error values and coefficient of determination between the studied methods

	پنمن مانتیث	تشت تبخیر
R^2	۰/۸۶۷۷	۰/۸۲۴۷
RMSE	۱/۱۹۹	۱/۴۶۶
MAD	۰/۹۴۷	۱/۳۲۵

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به موقعیت جغرافیایی کشور ایران و منطقه مورد مطالعه که در ناحیه خشک و نیمه‌خشک اقلیمی قرار دارد و اینکه پتانسیل آبی کشور دیگر نمی‌تواند پاسخگوی نیازهای رو به رشد تقاضای آب در بخش کشاورزی باشد ناچار و مکلف به بهینه‌سازی مصرف آب کشاورزی می‌باشیم. اما برای بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی ابتدا باید میزان نیاز آبی محصولات مختلف را برآورد نمود. برای برآورد نیاز آبی محصولات زارعی روش‌های مختلفی در سطح دنیا ارائه شده که برخی از آن‌ها به دلیل وقت‌گیر بودن، هزینه بالا و عدم امکان دسترسی به مناطق صعب‌العبور زیاد مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. لذا در پژوهش حاضر سعی شد روش SEBS به عنوان یک روشی کارآمد در برآورد نیاز آبی محصول ذرت در مشگین شهر استان اردبیل مورد ارزیابی قرار گیرند، این روش قابلیت محاسبه نیاز آبی را در پهنه‌های گسترده دارا بوده و می‌توانند جایگزین مناسبی برای انواع روش‌های تجربی و غیره محسوب شوند. بر این اساس در روش SEBS نیاز آبی محصول ذرت در تاریخ ۲۰۱۰/۷/۳ برابر ۸/۱۴ میلی متر در روز و در تاریخ ۲۰۱۵/۱۱/۳۰ برابر ۱/۰۹ میلی متر در روز که به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تبخیر و تعرق واقعی را دارا می باشد و از آنجا که در دوره‌های گرم (تابستان و مراحل انتهایی رشد) و سرد (زمستان و مراحل ابتدایی رشد) سال قرار دارند مقادیر آنها قابل قبول بنظر می‌رسد.

در حالت کلی از پژوهش حاضر می‌توان چنین نتیجه گرفت که روش SEBS نیز در مقایسه با تشت تبخیر بیشترین میزان خطا با RMSE برابر با ۱/۴۶۶ و MAD برابر با ۱/۳۲۵ و در مقایسه با روش پنمن مانتیث کمترین میزان خطا را با RMSE برابر با ۱/۱۹۹ و MAD برابر با ۰/۹۴۷ دارا است. همچنین با بررسی مقادیر ضریب تعیین مشخص گردید که روش SEBS بیشترین ضریب تعیین (۰/۸۶۷۷) را با روش پنمن مانتیث و بعدازآن با روش تشت تبخیر (۰/۸۲۴۷) دارا است. لذا با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌توان با تکیه بر روش‌های سنجش‌ازدوری مانند SEBS و استفاده حداقلی از داده‌های زمینی نیاز آبی محصولات مهم و ضروری مانند ذرت و غیره را با دقت قابل قبولی برآورد نمود و ضمن اصلاح و مدیریت کشت و آبیاری محصولات، با سیاست‌گذاری درست و شناسایی محصولاتی که نیاز آبی کمی را دارا می‌باشند، حداکثر بهره‌برداری را از منابع آبی انجام داد، تا بدین ترتیب در منطقه و کشور کم آبی چون ایران با تهدیدهای جدی‌تری از نظر منابع آبی مواجه نشد.

۵- منابع

1-Allen, RG., Tasumi, M., Morse A., Trezza R. (2005). A Landsat-based energy balance and evapotranspiration model in Western US water rights regulation and planning. *Irrigation and Drainage systems*, 19(3-4): 251-268.

2-Atasever, UH., Ozkan, C. (2018). A New SEBAL Approach Modified with Backtracking Search Algorithm for Actual Evapotranspiration Mapping and On-Site Application. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 46(8): 1213-1222.

3-Bhattarai, N., Shaw, SB., Quackenbush, LJ,. Im, J., Niraula, R. (2016). Evaluating five remote sensing based single-source surface energy balance models for estimating daily evapotranspiration in a humid subtropical climate. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 49: 75-86.

4-Bouwer, L., Biggs, T., Aerts, C. (2008). Estimates of spatial variation in evaporation using satellite-derived surface temperature and a water balance model. *Hydrological Processes*, 22(5): 670–682.

5-Budyko, M. (1971). Climate and Life. Orlando: Academic Press: 1–7.

6-Costa, JDO., Coelho, RD., Wolff, W., José, JV., Folegatti, MV., Ferraz, SFDB. (2019). Spatial variability of coffee plant water consumption based on the SEBAL algorithm. *Scientia Agricola*, 76(2): 93-101.

7-Elhag, M., Psilovikos, A., Manakos, I., Perakis, K. (2011). Application of the SEBS water balance model in estimating daily evapotranspiration and evaporative fraction from remote sensing data over the Nile Delta. *Water Resources Management*, 25(11): 2731-2742.

8-Elnmer, A. Khadr, M. Kanae, S. Tawfik, A. (2019). Mapping daily and seasonally evapotranspiration using remote sensing techniques over the Nile delta. *Agricultural Water Management*, 213: 682-692.

9-Flannigan, M., Stocks, B., Turetsky, M. (2009). Impacts of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest. *Global Change Biology*, 15(3): 549–560.

10-Grosso, C., Manoli, G., Martello, M., Chemin, Y., Pons, D., Teatini, P., Morari, F. (2018). Mapping Maize Evapotranspiration at Field Scale Using SEBAL: A Comparison with the FAO Method and Soil-Plant Model Simulations. *Remote Sensing*, 10(9): 1452.

11-Häusler, M., Nunes, JP., Soares, P., Sánchez, JM., Silva, JM. Warneke, T., Pereira, JM. (2018). Assessment of the indirect impact of wildfire (severity) on actual evapotranspiration in eucalyptus forest based on the surface energy balance estimated from remote-sensing techniques. *International Journal of Remote Sensing*: 1-26.

12-Karami, M., Asadi M. (2016). Estimates and Zoning of reference evapotranspiration by FAO-Penman-Monteith (Case Study: North West of Iran). *IJSRSET*, 2(1): 210-216.

13-Kundu, S., Mondal, A., Khare, D., Hain, C., Lakshmi, V. (2018). Projecting Climate and Land Use Change Impacts on Actual Evapotranspiration for the Narmada River Basin in Central India in the Future, *Remote Sensing*, 10(4): 578.

14- Kustas W. Norman J. (1996). Use of remote sensing for evapotranspiration monitoring over land surfaces. *Hydrological Sciences Journal* (United Kingdom), 41(4): 495–516.

15-Liaqat, UW., Choi, M. (2015). Surface energy fluxes in the Northeast Asia ecosystem: SEBS and METRIC models using Landsat satellite images. *Agricultural and forest meteorology*, 214: 60-79.

16-Losgedaragh, SZ., Rahimzadegan, M. (2018). Evaluation of SEBS, SEBAL, and METRIC models in estimation of the evaporation from the freshwater lakes (Case study: Amirkabir dam, Iran). *Journal of Hydrology*, 561: 523-531.

17-Lu, J., Li, ZL., Tang, R., Tang, BH., Wu, H., Yang, F., Zhou, G. (2013). Evaluating the SEBS-estimated evaporative fraction from MODIS data for a complex underlying surface. *Hydrological Processes*, 27(22): 3139-3149.

18-Ma, W., Hafeez, M., Ishikawa, H., Ma, Y. (2013). Evaluation of SEBS for estimation of actual evapotranspiration using ASTER satellite data for irrigation areas of Australia. *Theoretical and applied climatology*, 112(3-4): 609-616.

19-Ma, W., Hafeez, M., Rabbani, U., Ishikawa, H., Ma, Y. (2012). Retrieved actual ET using SEBS model from Landsat-5 TM data for irrigation area of Australia. *Atmospheric environment*, 59: 408-414.

20-Maayar, M., Chen, J. (2006). Spatial scaling of evapotranspiration as affected by heterogeneities in vegetation, topography, and soil texture. *Remote Sensing of Environment*, 102(1–2): 33–51.

21-Miller, G., Baldocchi, D., Law, B. (2007). An analysis of soil moisture dynamics using multi-year data from a network of micrometeorological observation sites. *Advances in Water Resources*, 30(5):1065–1081.

22-Mkhwanazi, M., Chávez, JL., Andales, AA. (2015). SEBAL-A: A remote sensing ET algorithm that accounts for advection with limited data. Part I: Development and validation. *Remote Sensing*, 7(11): 15046-15067.

23-Rauwerda, J., Roerink, GJ., Su, Z. (2002). Estimation of evaporative fractions by the use of vegetation and soil component temperature determined by means of dual-looking remote sensing (No. 580). Alterra: 149 Page.

24-Rawat, KS., Singh, SK., Bala, A., Szabó, S. (2019). Estimation of crop evapotranspiration through spatial distributed crop coefficient in a semi-arid environment. *Agricultural Water Management*, 213: 922-933.

25-Ruhoff, AL., Paz, AR., Collischonn, W., Aragao, LE., Rocha, HR., Malhi, YS., (2012). A MODIS-based energy balance to estimate evapotranspiration for clear-sky days in Brazilian tropical savannas. *Remote Sensing*, 4(3): 703-725.

26-Su, Z. (2002). The Surface Energy Balance System (SEBS) for estimation of turbulent heat fluxes. *Hydrology and earth system sciences*, 6(1): 85-100.

27-Sun, Z., Wei, B., Su, W., Shen, W., Wang, C., You, D., Liu, Z. (2011). Evapotranspiration estimation based on the SEBAL model in the Nansi Lake Wetland of China. *Mathematical and Computer Modelling*, 54(3-4): 1086-1092.

28-Timmermans, J., Su, Z., Tol, C., Verhoef, A., Verhoef, W. (2013). Quantifying the uncertainty in estimates of surface–atmosphere fluxes through joint evaluation of the SEBS and SCOPE models. *Hydrology and earth system sciences*, 17(4): 1561-1573.

29-Zare, M., Pakparvar, M., Jamshidi, S., Bazrafshan, O., Ghahari, G. (2021). Optimizing the Runoff Estimation with HEC-HMS Model Using Spatial Evapotranspiration by the SEBS Model. *Water Resources Management*: 1-16.

30-Zhou, X., Bi, S., Yang, Y., Tian, F., Ren, D. (2014). Comparison of ET estimations by the three-temperature model, SEBAL model and eddy covariance observations. *Journal of hydrology*, 519, 769-776.