

## تأثیر تغییر کاربری اراضی بر تبخیر و تعرق پتانسیل (مطالعه موردی: زیرحوضه سقز)

سمیه سلطانی گردهرامزی<sup>۱\*</sup>، نجمه دانشور مروست<sup>۲</sup>، سمانه پورمحمدی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۱۴

### چکیده

پدیده تبخیر و تعرق باعث تلفات آب و رطوبت از سطوح آبی، خاک و پوشش گیاهی می‌شود و محاسبه آن از طریق روشی مناسب با توجه به میزان اندک نزولات جوی و محدودیت منابع آب در ایران از اهمیت زیادی برخوردار است. پژوهش حاضر سعی در برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل و تحلیل ارتباط آن با کاربری زمین دارد و همچنین تغییرات بلندمدت کاربری اراضی زیرحوضه سقز بررسی شد و تأثیرات آن بر تغییرات تبخیر و تعرق مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی از میانگین درازمدت داده‌های هواشناسی هفت ایستگاه هواشناسی و داده‌های تشتک تبخیر ایستگاه سقز برای تعیین روش مناسب تخمین ETo استفاده شد. از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده TM, ETM و لندست هشت با استفاده از نرم افزارهای ENVI و GIS در استخراج کلاس‌های کاربری طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۷۱ استفاده گردید. نتایج تحقیق نشان داد که بهترین روش برای این منطقه به عنوان اقلیم سرد و معتدل روش تشعشعی فائو با ضریب تبیین ۰/۸۹ و Nash با مقدار ۰/۸۶ در ایستگاه بیجار و روش بلانی کربدل با ضریب تبیین ۰/۹۴ و Nash با مقدار ۰/۹۲ در ایستگاه سنندج است. نتایج حاصل از تغییر کاربری اراضی نشان می‌دهد که کلیه تغییرات مربوط به کاهش مساحت در بخش مرتعی و افزایش مساحت به ترتیب در کاربری اراضی شهری، سطح مساحت آب در رودخانه‌ها، اراضی باغی و اراضی زراعی است. همچنین نتایج همبستگی تبخیر و تعرق و کاربری اراضی نشان می‌دهد که بیش‌ترین همبستگی تبخیر و تعرق گیاه مرجع با مقدار ۰/۹۵ در اراضی زراعی و کم‌ترین آن با مقدار ۰/۳۸ در مساحت آب‌های سطحی است.

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق گیاه مرجع، کاربری اراضی، سقز، همبستگی

### مقدمه ۳۲۱

درصد آن، بلافاصله توسط تبخیر و تعرق تلف شده و وارد اتمسفر می‌شود (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۵). بنابراین برآورد درست و مناسب از مقدار آب موجود در سطح منطقه، امری ضروری است تا بتوان راهکارهای مدیریتی مناسب را اعمال نمود. علاوه بر اثرات متقابل فاکتورهای کلیماتولوژی از قبیل دما، رطوبت نسبی، سرعت باد، تشعشع، نوع و مرحله‌ی رشد گیاه و عوامل دیگر سبب شده است تا تبخیر و تعرق به صورت پدیده‌ای غیرخطی و پیچیده بیان شود (Kumar et al., 2002). به عبارت دیگر، تبخیر و تعرق به دلیل نیاز به فاکتورهای اقلیمی مختلف و اثر متقابل این فاکتورها پدیده غیرخطی و پیچیده است (مساعدی و همکاران، ۱۳۸۹). کاربری اراضی نتیجه روابط متقابل پارامترهای اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، سیاسی و توان بالقوه سرزمین می‌باشد. اطلاع از انواع پوشش سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف و به بیان دیگر نحوه استفاده از زمین، به عنوان اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از طرفی تغییرات در کاربری و پوشش اراضی نتایج قابل توجهی در محیط زیست دارد. الگوهای موجود کاربری اراضی به دلیل تأثیر نوع استفاده از اراضی در آینده نیز دارای اهمیت می‌باشد. پوشش اراضی در کلان شهرها از نظر مکانی به طور مداوم در حال تغییر است، بنابراین برنامه‌ریزان باید قادر به

اهمیت تبخیر و تعرق در چرخه هیدرولوژی از آنجایی مشخص می‌شود که حدود ۵۷ درصد آبی که روی خشکی‌ها به صورت نزولات جوی فرومی‌ریزد، به صورت مستقیم تبخیر می‌شود. هر ساله میلیون‌ها مترمکعب آب شیرین از مخازن سدها با هزینه‌ی زیادی جمع‌آوری گردیده، تبخیر شده و از دست می‌رود و املاح نمک برجای مانده از حجم آب تبخیر شده، کیفیت آب را کاهش می‌دهد (کارآموز و عراقی‌نژاد، ۱۳۸۴). در نواحی خشک و نیمه‌خشک، تبخیر از سطح خاک جزو مهمی از بیابان آب در خاک است. ایران با قرارگرفتن در کمربند خشک جهانی، مانند بسیاری از کشورها با مساله‌ی بحران آب روبرو است. همچنین مقدار بارندگی سالانه در ایران، حدود ۴۱۳ میلیارد مترمکعب برآورده شده است که ۲۹۶ میلیارد مترمکعب یا ۷۲

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

۳- دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، موسسه تحقیقات آب ایران

(Email: [ssoltani@ardakan.ac.ir](mailto:ssoltani@ardakan.ac.ir))

\* - نویسنده مسئول:

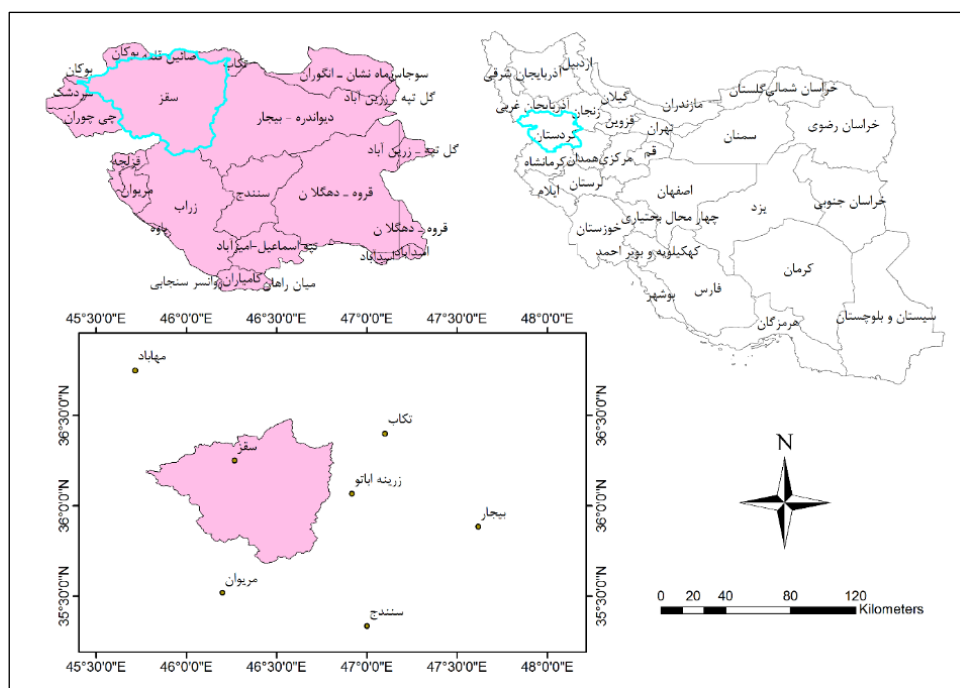
هوایی و پوشش زمین بر تبخیر و تعرق و آب در دسترس در فلات مغولستان را مطالعه کردند. نتایج نشان داد که تبخیر و تعرق منطقه‌ای در مراتع، جنگل‌های شمالی و نیمه‌بیابانی کاهش می‌یابد (Liu et al., 2013). دیاز و همکاران تاثیر تغییر پوشش زمین در تبخیر و تعرق و جریان سطحی در حوضه‌ی کوچکی در بالای رودخانه زینگو (برزیل مرکزی) را بررسی کردند. نتایج نشان داد که متوسط جریان سطحی در اکوسیستم سویا حدود سه برابر اکوسیستم جنگل است و شبیه‌سازی متوسط تبخیر و تعرق سالانه در اکوسیستم کشاورزی / مرتع و گندم‌زار کم‌تر از اکوسیستم طبیعی جنگل استوایی و دشت بدون درخت است (Dias et al., 2015). لی و همکاران نشان دادند که تخریب پوشش گیاهی باعث افزایش الیدو تقریباً به طور متوسط پنج درصد در سال ۲۰۰۷ شد که به اثرات خشک‌سالی، سال ۲۰۰۳ نسبت داده شد و تبخیر و تعرق حدود ۰/۸ سانتی‌متر در روز در سال ۲۰۰۷ کاهش یافت (Li et al., 2017). در تحقیق حاضر سعی شده است تبخیر و تعرق پتانسیل در زیرحوضه سقز به‌عنوان منطقه‌ای با اقلیم سرد و معتدل را برآورد و به تحلیل ارتباط آن با کاربری اراضی پرداخته شود و همچنین تغییرات بلندمدت کاربری اراضی زیرحوضه موردنظر محاسبه و تاثیرات آن بر تغییرات تبخیر و تعرق مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان کردستان در بخش مرکزی سلسله جبال زاگرس قرار دارد. حوضه مورد مطالعه با وسعت ۴۶۲۶/۲۶ کیلومترمربع در بخش غرب حوضه آبریز زرینه رود است. این منطقه بین طول‌های جغرافیایی ۳۶° ۲۶' تا ۴۵° ۲۶' ۴۶' شرقی و عرض‌های ۲۲° ۵۹' تا ۳۵° ۴۲' ۲۳' شمالی قرار دارد. ارتفاع حداکثر و حداقل در منطقه به ترتیب ۳۲۹۰ و ۱۲۰۰ متر است. دی و بهمن سردترین ماه سال در تمام حوضه است با متوسط حداقل ۱۰/۵- درجه سانتی‌گراد و مرداد گرم‌ترین ماه با متوسط ۲۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. حوضه مورد مطالعه از زیر حوضه‌های زرینه به حساب می‌آید که دارای رودهای سارق، خرخره، جغاتو، سقز و زرینه است. از نظر ریخت‌شناسی سه واحد کوهستان و کوهپایه و دشت در حوضه مورد مطالعه قابل تشخیص‌اند که واحد کوهستان بخش اعظم شمال حوضه را در بر گرفته و واحد کوهپایه و دشت شامل مناطق مسکونی و بافت شهری مرکز تا جنوب حوضه می‌باشد. کاربری اراضی این منطقه به چهار طبقه اراضی برهنه، پوشش گیاهی و مناطق کم‌تراکم و پرتراکم شهری تقسیم شده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوزه سقز و ایستگاه‌های هواشناسی را نشان می‌دهد.

بهره‌گیری از داده‌های به هنگام شده پایگاه داده‌ها باشند تا نحوه پراکنش واحدهای کاربری اراضی را نشان دهند. مطالعات زیادی در مورد محاسبه تبخیر و تعرق یا کاربری اراضی انجام شده است ولی ارتباط این دو موضوع مهم، کم‌تر بررسی شده است. برای مثال ولی-زاده و همکاران (۱۳۹۱) به برآورد تبخیر و تعرق واقعی و تحلیل ارتباط آن با کاربری زمین پرداختند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار تبخیر و تعرق واقعی در کاربری مراتع خوب و کم‌ترین آن در اراضی شهری و ساخته‌شده اتفاق افتاده است. دوستی رضایی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی میزان افزایش دما و تغییر کاربری اراضی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و تاثیر آن در تبخیر و تعرق پتانسیل و حقیقی حوضه و سطوح آزاد آب پرداختند. نتایج حاکی از عمده‌ترین تغییرات کاربری اراضی در بخش ساخت و ساز، اراضی شور، باتلاقی و کم‌ترین تغییرات در اراضی مرتعی است. در نهایت تغییر کاربری که در محدوده مورد مطالعه به وقوع پیوسته است، منجر به افزایش دما، تبخیر از سطح حوضه، مصارف آب سطحی و زیرزمینی و تاثیر عمده-ای در میزان رواناب ورودی به دریاچه ارومیه گردیده است. یعقوب‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی تبخیر و تعرق به کمک سنجش از دور در مناطق نیمه‌خشک پرداختند. در این تحقیق روند تغییرات تبخیر و تعرق واقعی دشت نیشابور با الگوریتم بیلان انرژی برای زمین طی دوره ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲ به کمک تصاویر سنجنده مودیس و داده‌های هواشناسی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از مقایسه تبخیر و تعرق و شاخص پوشش NDVI مشخص کرد که پوشش گیاهی و تبخیر و تعرق همبستگی خوبی با هم دارند. همچنین فرآیند تغییرات شاخص NDVI، دمای سطحی زمین و تبخیر و تعرق در مزارع مورد تحقیق نشان داد که تبخیر و تعرق با پایین رفتن دمای سطحی زمین و افزایش تراکم پوشش گیاهی، زیاد می‌شود. اولچو و همکاران به مطالعه تاثیر تغییر کاربری اراضی در تبخیر و تعرق از سطح جنگل‌های بارانی گرمسیری کوهستانی در سولاوسی مرکزی (اندونزی) با استفاده از فرآیند مبتنی بر مدل SVAT منطقه‌ای پرداختند. نتایج آزمایش‌ها و مدل‌سازی نشان داد که تبخیر و تعرق ماهانه در حدود دو درصد، تعرق در حدود شش درصد و تبخیر از سطوح غیرآزاد حدود پنج درصد کاهش و تبخیر خاک حدود ۲۱ درصد افزایش یافت (Olchev et al., 2008). ژان و همکاران به تخمین کمی تبخیر و تعرق سطح زمین در تایوان براساس داده‌های مودیس پرداختند. نتایج نشان داد که نسبت تبخیر و سطح مقادیر تبخیر و تعرق برای کل منطقه تایوان در تابستان بیش‌تر از بهار و در پاییز بیش‌تر از زمستان است. از طریق تجزیه و تحلیل مقادیر تبخیر و تعرق از انواع مختلف پوشش زمین مشخص گردید که مناطق جنگلی دارای بزرگ‌ترین مقدار تبخیر و تعرق است در حالی که مناطق زمین لخت و مناطق شهری دارای کم‌ترین میزان تبخیر و تعرق است (Zhan et al., 2011). لیو و همکاران تغییرات آب و



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی زیرحوضه سقز و ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

درجه حرارت، حداکثر درجه حرارت، حداقل رطوبت نسبی، حداکثر رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعات آفتابی است. جدول ۱ موقعیت جغرافیایی و متوسط پارامترهای هواشناسی در ایستگاه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

#### مشخصات ایستگاه‌ها و داده‌های مورد استفاده

در ابتدای کار کلیه پارامترهای هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیکی سقز، مه‌آباد، زرینه آب‌آب، مریوان، سنندج، بیجار، تکاب در طی دوره آماری مشترک ۲۲ ساله (۱۳۷۱-۱۳۹۲) اخذ گردید. اطلاعات هواشناسی مورد استفاده شامل داده‌های میانگین مربوط به حداقل

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی و متوسط پارامترهای هواشناسی ایستگاه سقز با دوره آماری (۱۳۷۱-۱۳۹۲)

ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا (m)	دمای حداقل (سانتی‌گراد)	دمای حداکثر (سانتی‌گراد)	رطوبت حداقل (درصد)	رطوبت حداکثر (درصد)	تعداد ساعات آفتابی	سرعت باد (m/s)
بیجار	۱۸۸۳/۴	۵/۵	۱۶/۹	۳۶/۳	۶۳/۲	۸/۳	۴/۱
تکاب	۱۷۶۵	۲/۷	۱۶/۵	۳۹/۴	۷۹/۴	۸	۲/۹
زرینه	۲۱۴۲/۶	۲	۱۳/۵	۴۱/۳	۶۹/۴	۸/۳	۴
سقز	۱۵۲۲/۸	۲/۸	۱۹	۳۷/۶	۷۳/۴	۸/۲	۲/۲
سنندج	۱۳۷۳/۴	۶/۲	۲۱/۸	۲۹/۲	۷۰/۲	۸/۲	۲/۳
مریوان	۱۲۸۶/۸	۵/۱	۲۰/۵	۳۶/۸	۵۷/۷	۸/۱	۲/۵
مه‌آباد	۱۳۸۵	۷/۱	۱۹/۴	۳۷/۲	۶۹	۷/۲	۲/۵

و تعرق پتانسیل با استفاده از ۱۴ روش معتبر در نرم‌افزار REF-ET محاسبه گردید. نرم‌افزار مذکور در سال ۲۰۰۱ در دانشگاه آیداهو بر اساس دستورعمل فائو ۵۶ تهیه شد (Allen et al., 1998) که توانایی به کارگیری طیف وسیعی از داده‌های هواشناسی را، به عنوان

#### تعیین تبخیر و تعرق مرجع به روش‌های مختلف به کمک نرم‌افزار REF-ET

با دخالت دادن موقعیت جغرافیایی شامل ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌ها، پس از بازسازی داده‌های مفقوده، مقادیر تبخیر

### تهیه نقشه تبخیر و تعرق مرجع

داده‌های اقلیمی عمدتاً به صورت نقطه‌ای (مشاهدات ایستگاهی) اندازه‌گیری می‌شوند، این در حالی است که غالباً به اطلاعات در بازه یک پهنه نیاز است. پس از وارد کردن مشخصات ایستگاه‌ها، شامل نام ایستگاه، طول و عرض جغرافیایی، تبخیر و تعرق محاسباتی به محیط نرم‌افزار GIS، پهنه‌بندی به روش عکس فاصله وزنی صورت گرفت. در این مطالعه نقشه تبخیر و تعرق بر اساس نتایج حاصل از روش عکس فاصله وزنی در هشت بازه که عبارتند از ۱۳۷۴-۱۳۷۱، ۱۳۷۷-۱۳۷۵، ۱۳۷۹-۱۳۷۸، ۱۳۸۲-۱۳۸۰، ۱۳۸۵-۱۳۸۳، ۱۳۸۸-۱۳۸۶، ۱۳۹۱-۱۳۸۹ و ۱۳۹۲-۱۳۹۱ تهیه گردید.

### تعیین دوره آماری مناسب جهت دریافت تصاویر ماهواره‌ای

در این پژوهش انتخاب تصویر با در نظر گرفتن عواملی از جمله بازه آماری داده‌های سینوپتیک، وضعیت زمانی، کیفیت مطلوب، عدم پوشش لکه‌های ابر و محدودیت‌های دیگر از تصاویر ماهواره لندست با سنجنده TM، ETM+ و لندست هشت، در هشت بازه زمانی مطابق جدول ۲ تهیه گردید. هدف این مطالعه بررسی روند تغییر کاربری است، از تصاویر با فاصله زمانی دو تا سه سال بهره گرفته شد. ضمن این که سعی شد هر سری تصاویر از لحاظ تاریخ فصل با هم مطابقت داشته باشند.

ورودی برای محاسبه ETo به روش‌های مختلف در خود دارد. روش‌های محاسباتی با توجه به نوع داده‌های ورودی (دما، رطوبت نسبی، سرعت باد، میزان بارندگی، مختصات جغرافیایی و ارتفاع هر ایستگاه) شامل ۸ روش ترکیبی بر پایه پنمن، دو روش دمایی، سه روش ترکیبی دمایی-تشنشی، و یک روش تشنشی بودند. برای ارزیابی دقت و سنجش صحت نتایج بدست آمده، معمولاً میزان تطابق بین مقادیر اندازه‌گیری از تشتک تبخیر و برآورد شده به روش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. آماره‌های مشابهی برای سنجش اعتبار و درستی مدل‌ها وجود دارد که از بین آن‌ها می‌توان به ضریب تبیین  $(R^2)$  و (Nash - Sutcliffe) براساس آماره‌های یاد شده (روابط ۱ و ۲)، روش‌های مناسب در هر ایستگاه پیشنهاد گردید.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^T ((Q_{i_{obs}} - \overline{Q_{obs}}) \times (Q_{i_{sim}} - \overline{Q_{sim}}))}{\sqrt{\sum_{i=1}^T (Q_{i_{obs}} - \overline{Q_{obs}})^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^T (Q_{i_{sim}} - \overline{Q_{sim}})^2}} \quad (1)$$

$$Nash = 1 - \frac{\sum_{i=1}^T (Q_{i_{obs}} - \overline{Q_{obs}})^2}{\sum_{i=1}^T (Q_{i_{obs}} - \overline{Q_{sim}})^2} \quad (2)$$

در این روابط،  $Q_{i_{obs}}$ ،  $Q_{i_{sim}}$ ،  $\overline{Q_{obs}}$  و  $\overline{Q_{sim}}$  به ترتیب مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده توسط مدل، متوسط مقادیر مشاهده‌ای و متوسط مقادیر شبیه‌سازی شده در منطقه و N طول سری زمانی است.

جدول ۲ - دوره آماری تصاویر ماهواره‌ای

نوع تصویر	تاریخ تصویربرداری (میلادی)	تعداد باند	نوع باند	قدرت تفکیک (متر)
TM	۱۳۷۰/۱۲/۲۵	۷	طیفی	۱۲۰-۶۰
TM	۱۳۷۷/۳/۲۵	۷	طیفی	۱۲۰-۶۰
ETM	۱۳۸۲/۲/۲۵	۸	پانکروماتیک	۳۰-۶۰ ۱۵
ETM	۱۳۸۴/۱/۲۶	۸	۷ طیفی پانکروماتیک	۳۰-۶۰ ۱۵
TM	۱۳۸۶/۲/۲۵	۷	طیفی	۱۲۰-۶۰
TM	۱۳۸۹/۲/۲۵	۷	طیفی	۱۲۰-۶۰
LANDSAT8	۱۳۹۲/۱/۲۶	۱۱	۹ انعکاسی ۲ حرارتی	۳۰ ۳۰

طبقه‌بندی چشمی<sup>۱۱</sup> به منظور تهیه نقشه کاربری استفاده شد. در این مرحله نقشه کاربری به عنوان مبنا از منطقه و از اداره منابع طبیعی تهیه گردید. سپس در محیط GIS بر اساس مرز منطقه برش داده شد و سپس اطراف کاربری‌های مختلف پلی‌گون زده شد و مساحت هر کاربری بدست آمد. برای سایر سال‌های مورد مطالعه از تصاویر ماهواره طبق جدول ۲ کاربری اراضی استخراج و مساحت هر کاربری در محیط GIS محاسبه گردید. در برخی از سال‌ها و قسمت‌ها بدلیل

### تهیه نقشه کاربری اراضی

تفسیر تصاویر به معنی تبدیل داده‌های خام به اطلاعات قابل استفاده است و شامل تشخیص<sup>۱</sup>، شناسایی<sup>۲</sup> و طبقه‌بندی<sup>۳</sup> پدیده‌های سطح زمین می‌شود. در این پژوهش از روش<sup>۱۱</sup> تجزیه و تحلیل و

- 1- Detection
- 2- Identification
- 3- Classification

بهترین روش‌های پیشنهادی در قالب دو پارامتر آماری نشان داده شد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، ضریب  $R^2$  در ایستگاه سنندج و مریوان دارای بیش‌ترین مقدار (۰/۹۴) و در ایستگاه تکاب دارای کم‌ترین مقدار (۰/۸۶) است و ضریب Nash در ایستگاه سنندج با بیش‌ترین مقدار (۰/۹۲) و کم‌ترین مقدار (۰/۷۹) در ایستگاه تکاب اتفاق افتاد. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود بهترین روش‌های تبخیر و تعرق مرجع در این منطقه تشعشی فائو و بلانی-کریدل است.

پوشش ابر زیاد منطقه، کاربری قابل تشخیص نبوده با استفاده از نرم-افزار ENVI ترکیب رنگی، کاذب ساخته شد. در نهایت نقشه کاربری و نقشه تبخیر و تعرق بر هم منطبق و تعیین گردید که در هر کاربری چه میزان تبخیر و تعرق رخ داده است.

## نتایج و بحث

تعیین بهترین روش تبخیر و تعرق برای زیرحوضه سقز در این پژوهش از ۱۴ روش تعریف شده در نرم‌افزار REF-ET برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع استفاده شد. جدول (۴-۱)

جدول ۳- مقادیر دقت ETo برآورد شده با مدل‌های مختلف در مقایسه با داده‌های تست‌تک تبخیر

روش برگزیده	NASH	R <sup>2</sup>	ایستگاه‌های هواشناسی
بلانی کریدل	۰/۸۵	۰/۹۲	بیجار
تشعشی فائو	۰/۷۹	۰/۸۶	تکاب
تشعشی فائو	۰/۸۵	۰/۸۹	زرینه
تشعشی فائو	۰/۸۰	۰/۸۸	سقز
بلانی کریدل	۰/۹۲	۰/۹۴	سنندج
بلانی کریدل	۰/۸۹	۰/۹۴	مریوان
بلانی کریدل	۰/۸۷	۰/۸۹	مهاباد

بیش‌ترین میزان تبخیر و تعرق در بازه زمانی ۱۳۷۱-۱۳۸۰ با مقدار ۱۷۱۵/۸۴ میلی‌متر در سال رخ داده است. علت این امر با بررسی درصد تغییرات پارامترهای تاثیرگذار در تبخیر و تعرق در این بازه تعیین گردید. همان‌طور که در جدول ۵ دیده می‌شود علت تبخیر و تعرق کم‌تر در این بازه تغییرات منفی ساعات آفتابی و سرعت باد و تغییرات مثبت رطوبت نسبی حداقل است. علت تبخیر و تعرق بیش‌تر در بازه ۱۳۷۸-۱۳۸۰ تغییرات مثبت ساعات آفتابی و سرعت باد و تغییرات منفی رطوبت نسبی حداقل است (جدول ۵).

### تهیه نقشه کاربری

آمار مربوط به مساحت و میزان تغییرات به وقوع پیوسته در بازه زمانی ۱۳۹۲-۱۳۷۱ در شکل ۳ و جدول ۶ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۶ بیش‌ترین مساحت مربوط به کاربری زراعی و کم‌ترین مساحت مربوط به مناطق شهری است. کلیه تغییرات در کاربری اراضی مربوط به کاهش مساحت در بخش مرتعی و افزایش مساحت به ترتیب در بخش شهری، سطح مساحت آب در رودخانه و دریاچه‌ها، اراضی باغی و زراعی است. در اراضی محدوده موردنظر طی ۲۲ سال مورد مطالعه که تحت تغییر کاربری قرار گرفته است حدود ۴۱/۲۱ درصد معادل ۵۸۳/۵۳ هکتار افزایش اراضی شهری، ۲۶/۸۹ درصد معادل ۱۴۰۹/۱۵ هکتار افزایش در سطح مساحت آب، ۱۵/۸۱ درصد معادل ۷۱۵/۱۲ هکتار افزایش در اراضی باغی، ۲/۳۶ درصد

### درون‌یابی تبخیر و تعرق

جدول ۴ دقت روش کریجینگ و میان‌یابی وزن‌دهی معکوس با فاصله را نسبت به مقدار محاسباتی تبخیر و تعرق در هشت بازه زمانی نشان می‌دهد. نتایج پهنه‌بندی نشان داد که روش عکس فاصله وزنی با مقادیر تبخیر و تعرق محاسباتی نزدیکی بیش‌تری دارد. در نتیجه نقشه پهنه‌بندی تبخیر و تعرق با استفاده از این روش ترسیم گردید (شکل ۲). همان‌گونه که از راهنمای نقشه‌ها مشخص است بیش‌ترین میزان تبخیر و تعرق مربوط به قسمت‌های شرقی حوضه آبریز سقز است و کم‌ترین میزان تبخیر مربوط به قسمت‌های غربی حوضه است. کاهش تبخیر و تعرق در غرب حوضه را می‌توان ناشی از کاهش گرادیان دما نسبت به ارتفاع دانست که افزایش ارتفاع سبب کاهش دما و به تبع آن کاهش تبخیر و تعرق می‌شود. در ضمن وجود رشته کوه زاگرس در کاهش دما، افزایش رطوبت و به تبع آن کاهش تبخیر و تعرق موثر است. در بازه زمانی ۷۴-۱۳۷۱ حدود ۴۰ درصد حوزه دارای میانگین تبخیر و تعرق ۱۳۶۳/۱۷ میلی‌متر در سال یعنی کم‌ترین میزان تبخیر و تعرق در سال است. در بازه زمانی ۷۷-۱۳۷۵ حدود ۵۸ درصد حوزه، دارای میانگین تبخیر و تعرق ۱۵۷۴/۳۸۵ میلی‌متر در سال یعنی بیش‌ترین میزان تبخیر و تعرق است. در بازه زمانی ۷۹-۱۳۷۸ حدود ۵۸ درصد منطقه دارای مقدار متوسط تبخیر و تعرق ۱۷۱۸/۲۵ میلی‌متر در سال است. کم‌ترین میزان تبخیر و تعرق در بازه زمانی ۷۴-۱۳۷۱ با مقدار ۱۳۹۸/۱۸ میلی‌متر در سال و

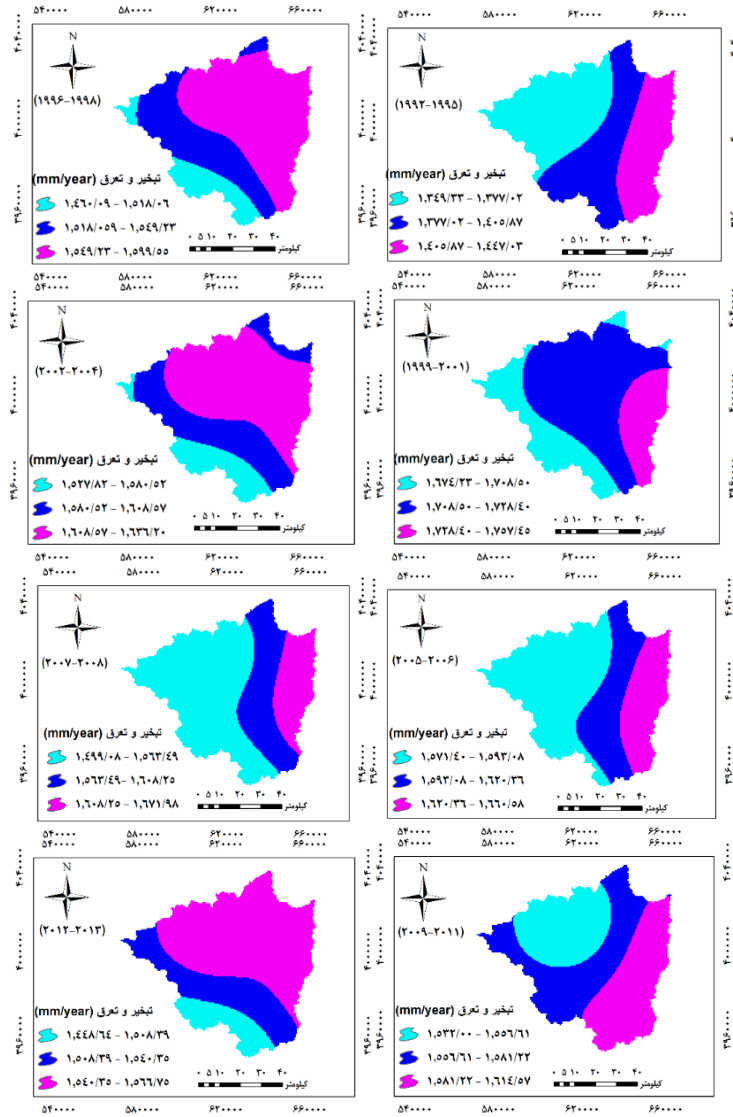
معادل ۴۲۹۴/۰۶ هکتارافزایش در کاربری زراعی و ۱/۸ درصد معادل افزایش دما و تابش خورشیدی در سال‌های مورد مطالعه باعث افزایش ذوب برف منطقه کوهستانی و افزایش سطوح آبی شده است. معادل ۴۹۳۰/۵۹ هکتار کاهش اراضی مرتعی شده است. به نظر می‌رسد

جدول ۴- مقادیر تبخیر و تعرق (میلی‌متر بر سال) در بازه‌های مختلف

بازه	روش پهنه‌بندی	بیجار	تکاب	زرینه	سقز	سنندج	مریوان	مهاباد
	ET	۱۶۳۵	۱۴۱۲	۱۴۵۴	۱۳۸۵	۱۴۵۲	۱۳۸۵	۱۲۱۵
۱۳۷۴-۱۳۷۱	IDW	۱۶۳۵	۱۴۱۲	۱۴۵۴	۱۳۸۵	۱۴۵۲	۱۳۸۵	۱۲۱۵
	Kriging	۱۶۰۴	۱۴۲۱	۱۴۵۲	۱۳۵۲	۱۴۵۳	۱۳۶۵	۱۲۱۵
	ET	۱۲۱۴	۱۴۹۰	۱۶۰۶	۱۵۵۸	۱۶۷۰	۱۳۵۰	۱۳۴۵
۱۳۷۷-۱۳۷۵	IDW	۱۹۶۱	۱۴۹۰	۱۶۰۶	۱۵۵۸	۱۶۷۰	۱۳۵۰	۱۳۴۵
	Kriging	۱۸۲۵	۱۵۵۵	۱۶۰۵	۱۵۱۰	۱۶۴۵	۱۴۳۱	۱۳۴۵
	ET	۲۰۶۵	۱۶۲۴	۱۷۶۴	۱۷۲۵	۱۷۷۶	۱۶۲۳	۱۵۱۶
۱۳۷۹-۱۳۷۸	IDW	۲۰۶۵	۱۶۲۴	۱۷۶۴	۱۷۲۵	۱۷۷۶	۱۶۲۳	۱۵۱۶
	Kriging	۱۸۹۶	۱۷۱۰	۱۷۵۳	۱۶۸۲	۱۷۷۲	۱۶۷۵	۱۵۱۶
	ET	۱۷۹۹	۱۵۴۲	۱۶۴۲	۱۶۳۶	۱۶۶۴	۱۴۴۹	۱۴۲۶
۱۳۸۲-۱۳۸۰	IDW	۱۷۹۹	۱۵۴۲	۱۶۴۲	۱۶۳۶	۱۶۶۴	۱۴۴۹	۱۴۲۶
	Kriging	۱۷۱۱	۱۵۹۲	۱۶۲۷	۱۵۷۹	۱۶۶۳	۱۵۵۱	۱۴۲۶
	ET	۱۸۶۹	۱۵۹۷	۱۶۶۸	۱۵۷۱	۱۶۸۳	۱۵۳۱	۱۵۱۲
۱۳۸۵-۱۳۸۳	IDW	۱۸۶۹	۱۵۹۷	۱۶۶۸	۱۵۷۱	۱۶۸۳	۱۵۳۱	۱۵۱۲
	Kriging	۱۸۲۰	۱۶۲۱	۱۶۶۱	۱۵۶۸	۱۶۸۱	۱۵۵۲	۱۵۱۲
	ET	۱۹۷۲	۱۶۱۶	۱۶۸۶	۱۵۳۳	۱۴۷۹	۱۴۲۰	۱۵۵۳
۱۳۸۸-۱۳۸۶	IDW	۱۹۷۲	۱۶۱۶	۱۶۸۶	۱۵۳۳	۱۴۷۹	۱۴۲۰	۱۵۵۳
	Kriging	۱۹۷۱	۱۶۱۶	۱۶۸۴	۱۵۳۳	۱۴۸۱	۱۴۲۰	۱۵۵۳
	ET	۱۹۲۲	۱۵۴۵	۱۶۰۳	۱۵۳۲	۱۶۶۷	۱۵۵۸	۱۵۸۵
۱۳۹۱-۱۳۸۹	IDW	۱۹۲۲	۱۵۴۵	۱۶۰۲	۱۵۳۲	۱۶۶۷	۱۵۵۸	۱۵۸۵
	Kriging	۱۵۱۵	۱۵۳۴	۱۵۶۴	۱۵۵۹	۱۶۴۵	۱۳۸۱	۱۴۷۵
	ET	۱۵۱۲	۱۵۳۳	۱۵۷۱	۱۵۶۷	۱۶۶۹	۱۳۵۴	۱۴۷۵
۱۳۹۲-۱۳۹۱	IDW	۱۵۱۲	۱۵۳۳	۱۵۷۱	۱۵۶۷	۱۶۶۹	۱۳۵۴	۱۴۷۵
	Kriging	۱۵۱۵	۱۵۳۴	۱۵۶۴	۱۴۸۱	۱۶۴۵	۱۳۸۱	۱۴۴۸

جدول ۵- درصد تغییرات پارامترهای تاثیرگذار

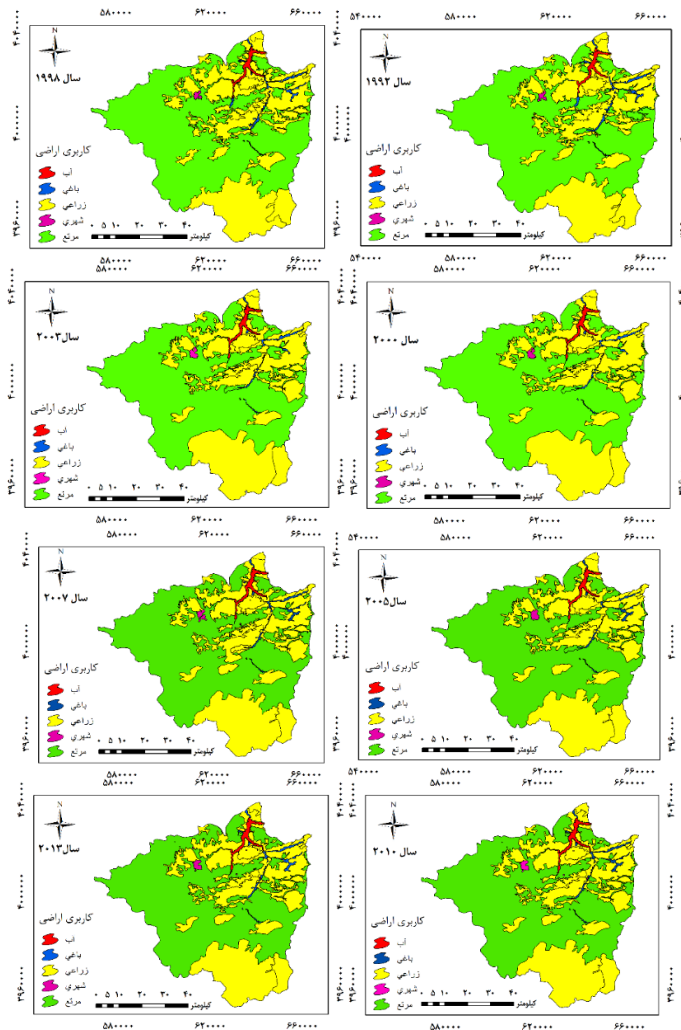
در بازه ۱۳۷۴-۱۳۷۱			
نام پارامتر	میانگین سالانه	میانگین بلندمدت سالانه	درصد تغییرات
تعداد ساعات آفتابی	۷/۷	۸/۲	-۶/۱۰
حداقل رطوبت نسبی (%)	۴۰/۶	۳۷/۶	۷/۹۸
سرعت باد (m/s)	۱/۴	۲/۲	-۳۶/۳۶
در بازه ۱۳۷۸-۱۳۸۰			
تعداد ساعات آفتابی	۸/۵	۸/۲	۳/۶۶
حداقل رطوبت نسبی (%)	۳۰/۶	۳۷/۶	-۱۸/۶۲
سرعت باد (m/s)	۲/۸	۲/۲	۲۷/۲۷



شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی تبخیر و تعرق مرجع سالانه به روش عکس فاصله وزنی

جدول ۶- مساحت واحدهای اراضی (برحسب هکتار)

سال/کاربری	مرتع	شهری	زراعی	باغی	آب سطحی
۱۳۷۱	۲۷۴۳۷۱/۱	۸۳۲/۵	۱۷۷۳۵۳/۵	۳۸۰۸/۲۸	۳۸۳۰/۳۱
۱۳۷۵	۲۷۲۸۳۸/۰۴	۸۷۵/۷۸	۱۸۰۲۱۲/۱	۴۳۱۲/۰۵	۳۸۵۵/۶
۱۳۷۹	۲۷۲۰۳۰/۱۴	۹۳۸/۸۲	۱۸۱۰۹۹/۱	۴۳۱۴/۲۵	۳۹۸۳/۹
۱۳۸۲	۲۷۱۷۳۲	۱۰۸۷/۲	۱۸۱۲۰۲/۵	۴۳۲۱/۱۵	۴۱۲۸/۹
۱۳۸۴	۲۷۱۷۳۲	۱۲۵۵/۹۵	۱۸۱۲۰۸/۵	۴۳۲۱/۱۵	۴۱۲۸/۹۳
۱۳۸۶	۲۷۱۱۴۸/۳	۱۲۱۰/۱۴	۱۸۱۴۷۸/۳	۴۴۲۸/۶۹	۴۳۵۸/۲۴
۱۳۸۹	۲۷۰۷۵۷/۳	۱۳۳۰/۰۲	۱۸۱۵۹۹/۱	۴۴۷۸/۳	۴۷۷۰/۸۱
۱۳۹۲	۲۶۹۴۴۲/۵	۱۴۱۶/۰۳	۱۸۱۶۴۷/۶	۴۵۲۳/۴	۵۲۳۹/۴۶
درصد تغییرات	۱/۸	۴۱/۲۱	۲/۳۶	۱۵/۸۱	۲۶/۸۹



شکل ۳- نقشه کاربری منطقه در سال‌های مطالعه شده

به مساحت هر کاربری با میزان تبخیر و تعرق بدست آمد. با توجه به نتایج بیش‌ترین همبستگی به ترتیب در اراضی زراعی، باغی، مرتعی و اراضی شهری و کم‌ترین همبستگی در سطح مساحت آب در رودخانه‌ها رخ داد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در نواحی که پوشش گیاهی زیاد است میزان تبخیر و تعرق بیش‌تری اتفاق افتاده است (در اراضی زراعی ضریب همبستگی ۹۵ درصد که در سطح ۱ درصد معنی‌دار است). این نکته موید وجود همبستگی قوی و مثبت بین تراکم پوشش گیاهی و مقدار تبخیر و تعرق است (ولی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱). البته در اراضی مرتعی با افزایش مساحت، کاهش تبخیر و تعرق مشاهده می‌شود که بیانگر کم‌تراکم شدن پوشش گیاهی در این بازه زمانی است. یعقوب‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) معتقدند در سال‌هایی که پوشش گیاهی متراکم باشد میزان تبخیر و تعرق بیش‌تر و سال‌های دارای پوشش گیاهی کم‌تر، تبخیر و تعرق کم‌تر خواهد بود. همبستگی کم‌تر در سطوح آبی گویای وضعیت یکنواخت تبخیر و تعرق در سطوح آب‌های سطحی است (نوری و فرامرزی، ۱۳۹۶).

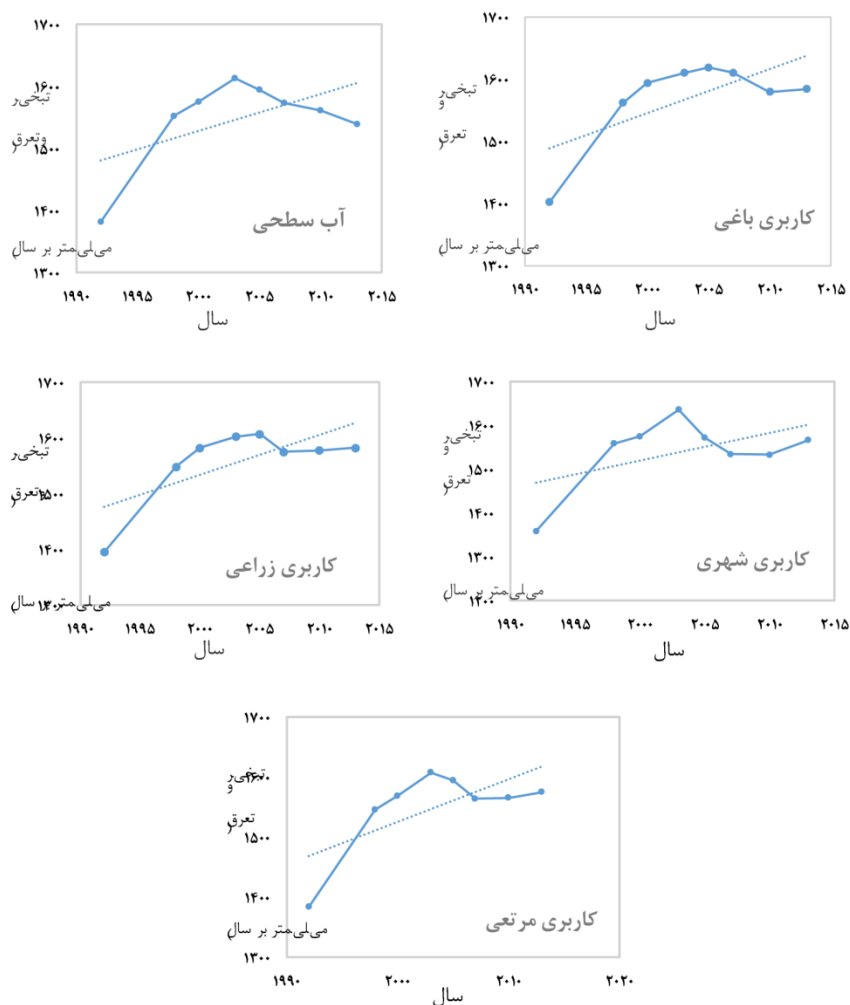
بررسی تغییرات تبخیر و تعرق در هر کاربری در طول بازه آماری ۱۳۷۱-۱۳۹۲

در این مرحله برای بررسی روند تغییرات تبخیر و تعرق در هر کاربری، عمل تلفیق نقشه کاربری و تبخیر و تعرق صورت گرفت. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود در تمامی کاربری‌ها تبخیر و تعرق در ابتدا روند صعودی و در چند سال اخیر روند نزولی داشت. علت این امر را می‌توان تغییر در روند پارامترهای تاثیرگذار در تبخیر و تعرق دانست (شکل ۵). افزایش رطوبت نسبی و کاهش ساعات آفتابی و سرعت باد در سال‌های اخیر علت این امر می‌باشد.

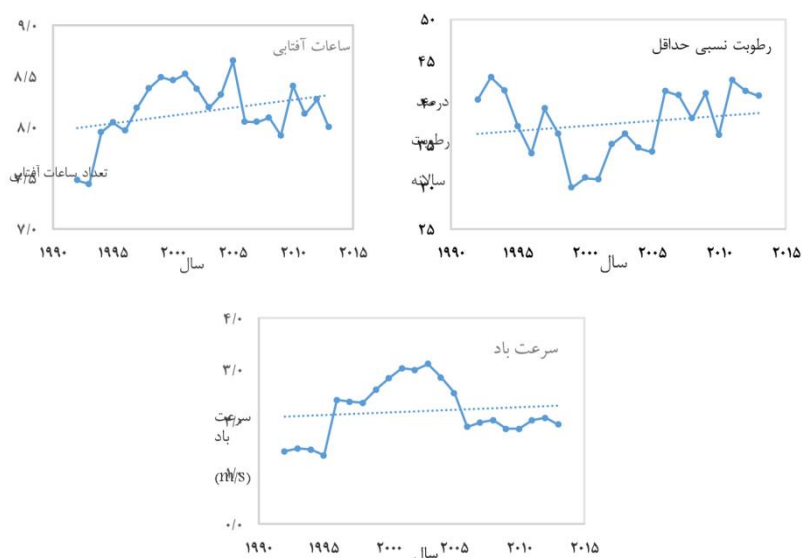
بررسی میزان همبستگی بین تغییرات کاربری و تبخیر و تعرق طی بازه آماری

برای بررسی تاثیر تغییر کاربری بر تبخیر و تعرق لازم است که همبستگی بین آن‌ها تعیین گردد (شکل ۶). هم‌چنین معادلات مربوط

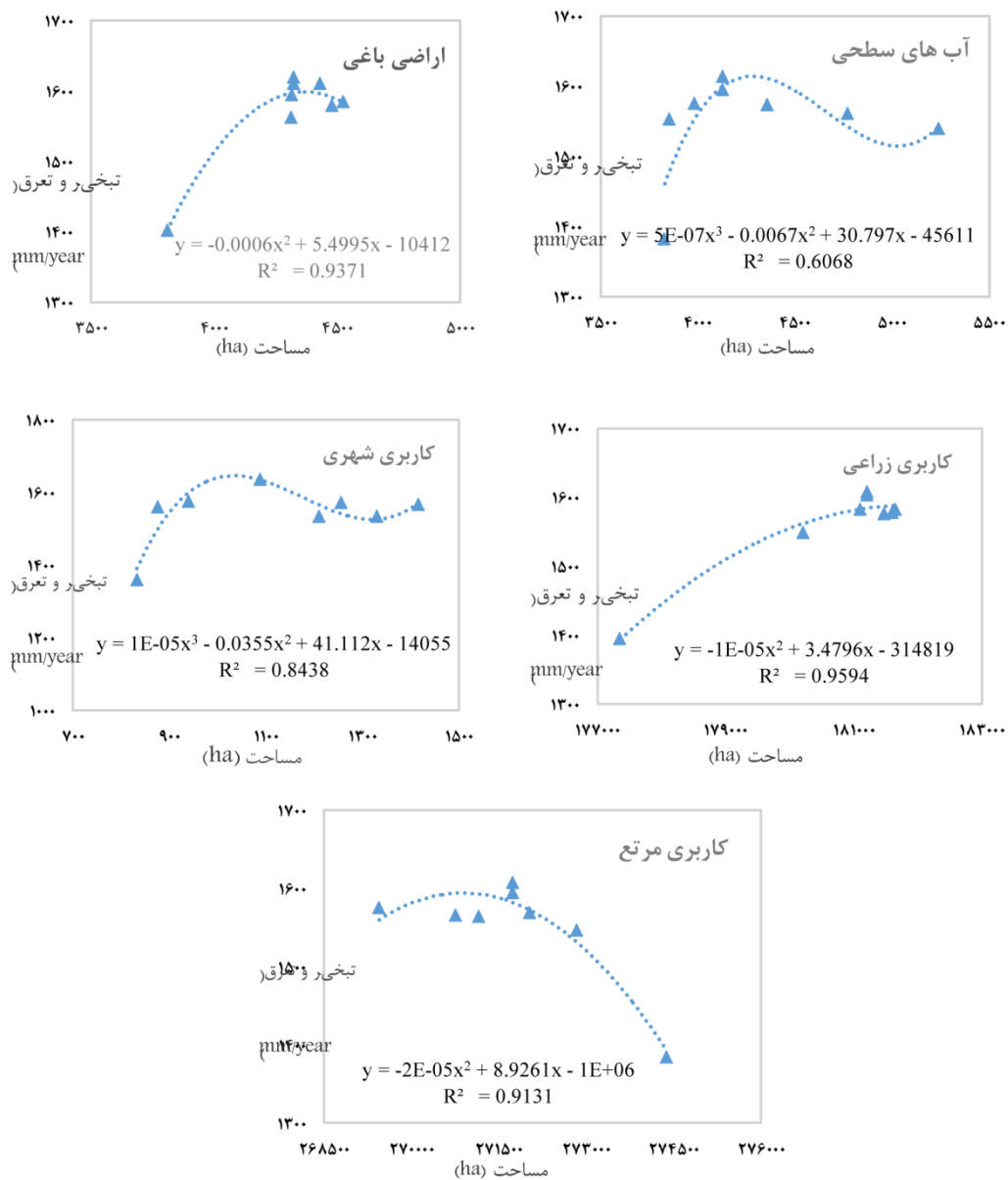




شکل ۴- تغییرات تبخیر و تعرق در هر کاربری در زیرحوضه مورد مطالعه طی بازه ۱۳۹۲-۱۳۷۱



شکل ۵- تغییرات پارامترهای تاثیرگذار حوزه مورد مطالعه طی بازه ۱۳۹۲-۱۳۷۱



شکل ۶- میزان همبستگی تبخیر و تعرق و کاربری اراضی حوزه مورد مطالعه

## نتیجه گیری

که در مدل تشعشعی فائو در نظر گرفته شد (زارع ایبانه و همکاران، ۱۳۸۹). اهمیت پارامتر تابش در مطالعات سبزی پرور و همکاران (۱۳۸۷) آمده است. از طرفی مطلوبیت روش بلانی کریدل برای منطقه‌ای با اقلیم سرد به ترتیب در مطالعات جهان بخش و همکاران (۱۳۹۱) و قلی زاده الپاوت و امینی نیا (۱۳۹۱) به عنوان بهترین روش برای حوضه جنوبی رود ارس و تبریز که با منطقه مورد مطالعه در این پژوهش هم اقلیم هستند، توصیه شده است، که با نتیجه تحقیق حاضر مبنی بر توصیه روش دما مینا هم خوانی دارد. در این پژوهش مقدار تبخیر و تعرق به صورت منطقه‌ای محاسبه شد که در ارزیابی‌های بیلان آب مربوط به منطقه می‌توان از آن بهره جست. کمترین مقدار

در این تحقیق میزان تبخیر و تعرق برآورد و ارتباط آن با کاربری زمین بررسی گردید. همچنین تغییرات بلندمدت کاربری اراضی زیرحوضه سقز بررسی شد و تاثیرات آن بر تغییرات تبخیر و تعرق مورد بررسی قرار گرفت. همان طور که نتایج نشان داد بهترین روش تبخیر و تعرق مرجع در این منطقه به عنوان اقلیم سرد و معتدل روش تشعشعی فائو و بلانی کریدل است. واقع شدن این مناطق در ارتفاع بالا و صاف بودن هوا با توجه به فقدان ذرات آبروسل ناشی از آلودگی کم تر هوا موجب تاثیرپذیری تبخیر و تعرق از عامل تشعشع می‌گردد

قاسمی، ع. ۱۳۸۹. ارزیابی روش‌های مختلف برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع و پهنه‌بندی آن در ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. ۷۴: ۹۵-۱۱۰.

سبزی پرور، ع. ا.، تفضلی، ف.، زارع‌ایبانه، ح.، بابانژاد، ح.، موسوی‌بایگی، م.، غفوری، م.، محسنی‌موحد، ا.، مریانچی، ز. ۱۳۸۷. مقایسه چند مدل برآورد تبخیر - تعرق گیاه مرجع در یک اقلیم سرد نیمه‌خشک، به منظور استفاده بهینه از مدل‌های تابش. نشریه علمی و پژوهشی آب و خاک. ۲: ۳۴۰-۳۲۹.

علیزاده، ا.، خان‌جانی، م. ج.، تاراز، ح.، رهنورد، م. ر. ۱۳۸۵. ارزیابی داده‌ها در صورت اصلاح داده‌های دما بر روی دقت محاسبات تبخیر و تعرق و مقایسه با نتایج لایسیمتر. تحقیقات جغرافیایی. ۹۱: ۹۹-۹۱.

قلی‌زاده الپوت، ح.، امینی‌نیا، ک. ۱۳۹۴. بررسی تغییرات زمانی تبخیر و تعرق پتانسیل در تبریز. فصل‌نامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی. ۴۹: ۳۵-۱۹.

کارآموز، م.، عراقی‌نژاد، ش. ۱۳۸۴. هیدرولوژی پیشرفته. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. ۲۶۴ص.

مساعدی، ا.، مرعشی، م.، کواکبی، غ. ۱۳۸۹. بررسی مقایسه خشک‌سالی در مناطق پرباران و کم‌باران (مطالعه موردی: استان گلستان)، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱: ۲۹۰-۲۷۷.

نوری، ح.، فرامرزی، م. ۱۳۹۶. بررسی تبخیر و تعرق واقعی در کاربری‌های مختلف اراضی مناطق کوهستانی با استفاده از الگوریتم سبال و ترکیب تصاویر ماهواره‌ای MODIS و Landsat 8. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. ۲: ۵۶-۳۹.

ولی‌زاده کامران، خ.، جهان‌بخش، س.، زاهدی، م.، رضایی بنفشه، م. ۱۳۹۱. برآورد تبخیر - تعرق واقعی و تحلیل ارتباط آن با کاربری زمین در محیط GIS. فصل‌نامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی. ۳۷: ۵۴-۳۹.

یعقوب‌زاده، م.، برومندنسب، س.، ایزدپناه، ز.، سیدکابلی، ح. ۱۳۹۴. بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی تبخیر و تعرق به کمک سنجش از دور در مناطق نیمه‌خشک. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲: ۲۳۴-۲۲۲.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome. 300(9), p.D05109.

Dias, L.C.P., Macedo, M.N., Costa, M.H., Coe, M.T and Neill, C., 2015. Effects of land cover change on evapotranspiration and streamflow of small catchments in the upper Xingu river basin, central

تبخیر و تعرق در بازه‌ی زمانی ۱۳۷۴-۱۳۷۱ و بیش‌ترین میزان تبخیر و تعرق در بازه زمانی ۱۳۸۰-۱۳۷۸ رخ داده است. علت این امر تغییرات منفی ساعات آفتابی و سرعت باد و تغییرات مثبت حداقل رطوبت نسبی در بازه ۱۳۷۴-۱۳۷۱ است. علت تبخیر و تعرق بیش‌تر در بازه ۱۳۸۰-۱۳۷۸ تغییرات مثبت ساعات آفتابی و سرعت باد و تغییرات منفی حداقل رطوبت نسبی است. با توجه به روند تغییرات مساحت کلاس‌های کاربری و خصوصیات اقلیمی و منابع آب منطقه، کلیه تغییرات در کاربری اراضی مربوط به کاهش مساحت در بخش مرتعی و افزایش مساحت به ترتیب در بخش شهری، سطح مساحت آب در رودخانه و دریاچه‌ها، اراضی باغی و اراضی زراعی است. دوستی رضایی و همکاران (۱۳۹۲) به این مورد که در سال‌های پرآب شاهد کاهش مساحت در اراضی مرتعی و افزایش مساحت زیرکشت اراضی آبیاری و باغات هستیم، اشاره داشت که موکد نتایج پژوهش حاضر است. نتایج نشان داد که در تمامی کاربری‌های اراضی تبخیر و تعرق در ابتدا روند صعودی و سپس روند نزولی داشته است که با تغییرات سه پارامتر ساعات آفتابی، رطوبت نسبی حداقل و سرعت باد قابل توجیه است. به طوری که افزایش رطوبت نسبی و کاهش ساعات آفتابی و سرعت باد در سال‌های اخیر علت کاهش تبخیر و تعرق در این سال‌ها می‌باشد. نتایج همبستگی تبخیر و تعرق و کاربری اراضی نشان داد که بیش‌ترین همبستگی به ترتیب در اراضی زراعی، باغی، مرتعی و اراضی شهری و کم‌ترین همبستگی در سطح مساحت آب در رودخانه‌ها رخ داده است. ولی‌زاده و همکاران (۱۳۹۱) بیش‌ترین مقدار تبخیر و تعرق در اراضی زراعی و باغی را موید وجود همبستگی قوی و مثبت بین تراکم پوشش گیاهی و مقدار تبخیر و تعرق می‌دانند. نوری و فرامرزی (۱۳۹۶) به این نتیجه دست یافتند که در مکان‌های با پوشش گیاهی زیاد و دمای سطحی کم مقدار تبخیر و تعرق بیش‌تر برآورد شده است.

## منابع

جهان‌بخش، س.، رضایی بنفشه، م.، اسمعیل‌پور، م.، تدینی، م. ۱۳۹۱. ارزیابی مدل‌های برآورد تبخیر و تعرق و توزیع مکانی سالانه آن در حوضه جنوبی رود ارس. نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۴۰: ۴۶-۲۵.

دوستی رضایی، م.، دادروان، ف.، رضایی آجالو، ف.، مهدوی، م. ۱۳۹۲. بررسی میزان افزایش دما و تغییر کاربری اراضی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و تأثیر آن در تبخیر و تعرق پتانسیل و حقیقی حوضه و سطوح آزاد آب. پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.

زارع‌ایبانه، ح.، بیات‌ورکشسی، م.، سبزی‌پرور، ع. ا.، معروفی، ص.،

- evapotranspiration and water availability to changing climate and land cover on the Mongolian plateau during the 21st century. *Global and planetary change*. 108:85-99.
- Olchev,A., Ibrom,A., Priess,J., Erasmi,S., Leemhuis,C., Twele,A., Radler,K., Kreilein,H., Panferov,O and Gravenhorst,G., 2008. Effects of land-use changes on evapotranspiration of tropical rain forest margin area in Central Sulawesi (Indonesia): Modelling study with a regional SVAT model. *Ecological modeling*. 212.1-2: 131-137.
- Zhan,C.S., Zhao,J., Wang,H.X and Yin,J. 2011. Quantitative estimation of land surface evapotranspiration in Taiwan based on MODIS data. *Water science and engineering*. 4.3:237-245.
- Brazil. *Journal of hydrology: Regional studies*. 4:108-122.
- Kumar,M., Raghuwanshi,N.S., Singh,R., Wallender,W.W and Pruitt,W.O., 2002. Estimating evapotranspiration using artificial neural network. *Journal of irrigation and drainage engineering*. 128.4:224-233.
- Li,Z., Wu,W., Liu,X., Fath,B.D., Sun,H., Liu,X., Xiao,X and Cao,J., 2017. Land use/cover change and regional climate change in an arid grassland ecosystem of inner Mongolia, China. *Ecological modelling*. 353:86-94.
- Liu,Y., Zhuang,Q., Chen,M., Pan,Z., Tchebakova,N., Sokolov,A., Kicklighter,D., Melillo,J., Sirin,A., Zhou,G and He,Y., 2013. Response of

## Effect of land use Changes on Potential Evapotranspiration (Case study: Saqqez catchment)

S.Soltani-Gerdefaramarzi<sup>1\*</sup>, N. Daneshvar-Marvast<sup>2</sup>, Samaneh Pourmohammadi<sup>3</sup>

Received: Aug.02, 2018

Accepted: Oct.06, 2018

### Abstract

The phenomenon of evapotranspiration causes water and moisture losses from water, soil and vegetation levels. Due to the small amount of atmospheric precipitation and water resource constraints in Iran, it is important to calculate it through a suitable method. The present research attempts to evaluate the Reference crop evapotranspiration ( $ET_o$ ) and investigate its relationship with land use. Also long-term land use changes was considered its effects on evapotranspiration changes in the Saqqez catchment. In this study, the long-term mean values of temperature, humidity, sunshine and wind speed data at seven meteorological stations and evaporation pan data of Saqqez station were used to determine the appropriate  $ET_o$  estimation method. TM, ETM and Landsat 8 satellite data and ENVI and GIS techniques were used to extract land use classes during the years 1992-2013. The results of the research indicate that the best method for this region as the cold and moderate climate was FAO radiation and Blaney-Criddle with  $R^2 = 0.89$  and Nash -Sutcliffe = 0.86 and  $R^2 = 0.94$  and Nash -Sutcliffe = 0.92 in Bijar and Sanandaj station respectively. The results of land use changes indicate that the main changes in land use related to the reduction of area in the rangelands and the increase of area in urban areas, water coverage, agricultural land and garden lands. Also, the results of correlation between evapotranspiration and land use indicate that the highest correlation (0.96) was obtained on agricultural lands and the least correlation (0.38) was observed in the surface area of the rivers.

**Keywords:** Correlation, Land use, Reference crop Evapotranspiration, Saqqez

1- Assistant Professor, Water Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resource, Ardakan University

2- Graduated student of Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resource, Ardakan University

3- Ph.D. in Watershed Science and Engineering, Water Research Institute of Iran

(\*-Corresponding Author Email: [ssoltani@ardakan.ac.ir](mailto:ssoltani@ardakan.ac.ir))