دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زهکشی

برآورد تبخیر - تعرق واقعی با استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل بیلان آب، یک مطالعه موردی: اراضی شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان

پژوهش و نگارش

زهرا سهیلی‌فر

استاد راهنما

دکتر سید مجید میرلطیفی

شهریور ۱۳۹۰

بسم الله
الرحمن الرحیم

تایید اعضای هیأت داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیأت داوران نسخه ی نهائی پایان نامه خانم زهرا سهیلی‌فر تحت عنوان : برآورد تبخیر – تعرق واقعی با استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل بیلان آب، یک مطالعه موردی: اراضی شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد پیشنهاد می کنند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه‌ی علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	**سید مجید میرلطیفی**	**دانشیار**	
۲- استاد مشاور	**مهدی اکبری**	**استاد**	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	**مهدی کوچک زاده**	**استادیار**	
۴- اساتید ناظر: ۱- داخلی	**مهدی کوچک زاده**	**استادیار**	
۲- خارجی	**قاسم زارعی**	**استاد**	

بسمه تعالی

آیین نامهٔ چاپ پایان نامه های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبیّنبخشی از فعالیتهای علمی-پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

مادّه ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به **دفتر نشر آثار علمی** دانشگاه اطلاع دهد.

مادّه ۲ در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

" کتاب حاضر، حاصل پایان نامهٔ کارشناسی ارشد نگارنده در رشته آبیاری و زهکشی است که در سال ۱۳۹۰ در دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی جناب آقای دکتر سید مجید میرلطیفی، مشاورهٔ جناب آقای دکتر مهدی اکبری از آن دفاع شده است"

مادّه ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به **دفتر نشر آثار علمی** دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

مادّه ۴ در صورت عدم رعایت مادّه ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

مادّه ۵ دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند، به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در مادّه ۴ را از محلّ توقیف کتابهای عرضه شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادّه ۶ اینجانب زهرا سهیلی‌فر دانشجوی رشته آبیاری و زهکشی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: زهرا سهیلی‌فر

تاریخ و امضاء:

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب ، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه می باشد، باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

تقدیم به

زیباترین، والاترین و عارفانه ترین واژگان و مفاهیم الهی،

پدر و مادر عزیزم

تا هدیه کوچکی باشد به پاس کوشش ها و فداکاریهایشان در راه موفقیتم

و به همراه بی همتای زندگیم

همسر مهربانم

مازنده به آنیم که آرام نگیریم موجیم که آسودگی ما عدم ماست

تشکر و قدردانی

خدای بزرگ را سپاس می گویم که مرا در انجام این تحقیق و تهیه و تدوین این پایان نامه توفیق و عنایت فرمود.

لازم می دانم از استاد فرزانه و بزرگوارم **جناب آقای دکتر سید مجید میر لطیفی** که از لحظه آشنایی با ایشان انگیزه تحقیق پایه ای، نظم، دقت و جدیت در عین سادگی در من تقویت گردید. به خاطر راهنمائیها و زحمات زائدالوصف ایشان از ابتدای کار تشکر و قدردانی نمایم.

از استاد مشاورم **جناب آقای دکتر مهدی اکبری** بخاطر همکاریهای صمیمانه شان در انجام این تحقیق و نظرات ارزنده ای را که در تکوین این مجموعه ارائه نمودند، تقدیر می نمایم. از استادار جمندم جناب آقای دکتر کوچک زاده، که افتخار شاگردیشان را داشته ام بسیار سپاسگزارم. از استاد محترم داور جناب آقای دکتر قاسم زارعی که زحمت خواندن پایان نامه را با دقتی قابل تقدیر متقبل شدند، کمال سپاس و تشکر دارم.

در اینجا بر خویش واجب می دانم از **جناب آقای مهندس مصطفی عصاری** دانشجوی دکتری رشته آبیاری و زهکشی که در طول این تحقیق لطفهای زیادی به بنده کردند، قدردانی نمایم.

از همسر مهربانم **مهندس جواد عظیمی** که مشفقانه مرا در طول انجام این پایان نامه همراهی کرد، صمیمانه تشکر می کنم. از خانواده بزرگوارم، که در طول مدت تحصیلاتم همواره پشتیبانم بوده اند و همچنین از خواهران عزیزم که در طول این تحقیق لطفهای زیادی به بنده کردند کمال تشکر را دارم.

در اینجا واجب می دانم از مسئولین محترم شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان جهت در اختیار دادن اطلاعات ارزشمند در مورد منطقه مورد مطالعه تشکر و قدردانی می کنم.

از مسئولین محترم سازمان فضایی ایران به خاطر در اختیار گذاشتن تصاویر ماهواره ای مودیس و همچنین از سازمان هواشناسی کشور جهت در اختیار قرار دادن آمار و اطلاعات هواشناسی کمال تشکر را دارم.

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زهکشی

برآورد تبخیر - تعرق واقعی با استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل بیلان آب، یک مطالعه موردی: اراضی شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان

پژوهش و نگارش

زهرا سهیلی‌فر

استاد راهنما

دکتر سید مجید میرلطیفی

استاد مشاور

دکتر مهدی اکبری

شهریور ۱۳۹۰

« فهرست مطالب »

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه و هدف

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- اهداف تحقیق ۵

فصل دوم: سابقه و ضرورت تحقیق

۲-۱- ضرورت انجام تحقیق ۸

۲-۲- تبخیر - تعرق ۸

۲-۲-۱- تبخیر – تعرق پتانسیل ۹

۲-۲-۲- تبخیر – تعرق واقعی ۹

۲-۲-۳- تبخیر – تعرق مرجع ۹

۲-۳- روش‌های اندازه‌گیری تبخیر - تعرق ۹

۲-۳-۱- روش‌های اندازه‌گیری مستقیم ۹

۲-۳-۲- مدل بیلان آب ۱۰

۲-۳-۳- مدل‌های هیدرولوژیکی: ۱۰

۲-۳-۴- روش‌های برآورد تبخیر - تعرق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۱۱

۲-۳-۴-۱- روش مکانیزم بازخوردی حاصله از ماهواره ۱۱

۲-۳-۴-۲- شیوه مبتنی بر فرآیندهای بیوفیزیکی ۱۲

۲-۳-۴-۳- شیوه مبتنی بر روش مثلثی ۱۳

۲-۴- الگوریتم بیلان انرژی ۱۴
۲-۵- سنجش از دور و کاربردهای آن در مدیریت آبیاری ۲۳
۲-۵-۱- ویژگی‌های طیفی پدیده‌های سطح زمین ۲۳
۲-۵-۲- ویژگی‌های طیفی خاک ۲۴
۲-۵-۳- ویژگی‌های طیفی آب ۲۴
۲-۵-۴- ویژگی‌های طیفی پوشش گیاهی ۲۴
۲-۶- مشخصات کلی سنجنده مودیس ۲۵
۲-۷- الگوریتم توازن انرژی برای سطح زمین (سبال) ۲۷
۲-۷-۱- مزیت‌ها و معایب روش سبال ۲۹

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- منطقه مورد مطالعه ۳۲
۳-۲- گیاه نیشکر ۳۳
۳-۳- ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه ۳۵
۳-۳-۱- موقعیت کشت و صنعت ۳۵
۳-۳-۲- مشخصات کلی محدوده اراضی ۳۶
۳-۳-۳- توپوگرافی عمومی اراضی ۳۶
۳-۳-۴- قطعه‌بندی اراضی ۳۶
۳-۳-۵- وضعیت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی ۳۷
۳-۳-۶- چاهک‌های مشاهداتی ۳۷
۳-۴- تصاویر و امکانات مورد استفاده در مدل سبال ۳۸
۳-۴-۱- سطوح پردازش تصاویر MODIS ۴۲
۳-۵- نحوه محاسبه پارامترهای موجود در معادله بیلان انرژی ۴۲
۳-۵-۱- تابش خالص ۴۳

۳-۵-۲- آلبیدوی سطحی ۴۵
۳-۵-۳- تابش ورودی موج کوتاه ۴۸
۳-۵-۴- شاخص‌های گیاهی ۴۹
۳-۵-۴-۱- شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی ۴۹
۳-۵-۴-۲- شاخص تعدیل شده گیاهی برای خاک ۵۰
۳-۵-۴-۳- شاخص سطح برگ ۵۰
۳-۵-۵- گسیلمندی سطحی ۵۱
۳-۵-۶- دمای سطحی ۵۲
۳-۵-۷- پیکسل‌های سرد و گرم ۵۳
۳-۵-۸- تابش موج بلند خروجی ۵۴
۳-۵-۹- تابش موج بلند ورودی ۵۴
۳-۵-۱۰- شار گرمای خاک ۵۵
۳-۵-۱۱- شار گرمای محسوس ۵۵
۳-۵-۱۲- شار گرمای نهان (λET) وتعیین ET زمان تصویر ۶۵
۳-۶- روش محاسبه پارامترهای مدل بیلان آبی ۶۷
۳-۶-۱- روش محاسبه توزیع مکانی بارش روزانه در منطقه مورد مطالعه ۶۹
۳-۶-۱-۱- روش‌های تحلیل مکانی ۶۹
۳-۶-۱-۲- روش و معیار ارزیابی ۷۱
۳-۶-۲- روش محاسبه آب جذب شده توسط ریشه گیاه از آب‌های زیرزمینی ۷۲
۳-۶-۳- جریـان‌های سطحـی ورودی و خروجی محدوده مورد مطالعه ۷۳

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴- نتایج ۷۶
۴-۱- تبخیر – تعرق مرجع ۷۶

۴-۲- نتایج مدل بیلان آب ۷۸
۴-۲-۱- توزیع مکانی بارش ۷۹
۴-۲-۲- نتایج محاسبه میزان صعود آب به منطقه ریشه ۸۱
۴-۲-۳- جریان آب آبیاری (IPS) و جریان آب زهکشی (DPS) ۸۲
۴-۳- نتایج مدل سبال ۸۵
۴-۳-۱- انتخاب پیکسل سرد و گرم ۸۵
۴-۳-۲- محاسبه درجه حرارت پوشش سطح زمین ۸۶
۴-۳-۳- برآورد آلبیدوی سطحی ۸۷
۴-۳-۴- شاخص‌های گیاهی NDVI ۸۸
۴-۳-۵- برآورد تبخیر – تعرق لحظه‌ای ۸۹
۴-۳-۶- برآورد تبخیر – تعرق روزانه ۹۱
۴-۴- نتیجه‌گیری کلی ۹۹
۴-۵- پیشنهادات ۱۰۱

فصل پنجم: منابع و پیوست

منابع ۱۰۳
پیوست ۱۱۵

« فهرست جداول »

جدول (۲-۱) محدوده و مشخصات باندهای طیفی ۲۶

جدول (۳-۱) تاریخ (میلادی) و ساعت تصویربرداری (GMT) ماهواره TERRA سنجنده MODIS ۴۰

جدول (۳-۲) پارامترهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک اهواز ۴۱

جدول (۳-۳) روابط تجربی گسیلمندی‌های سطحی بر اساس پوشش سطح زمین ۵۲

جدول (۳-۴) مقادیر Z_{om} برای انواع سطوح زمین ۵۷

جدول (۳-۵) مقادیر برداشت شده از رودخانه و آب دفع شده از زهکش‌ها در سال ۱۳۸۵ در اراضی کشت و صنعت میرزا کوچک خان ۷۴

جدول (۴-۱) مقادیر ضریب گیاهی نیشکر در فصل رشد گیاه به صورت ۱۰ روزه..... ۷۷

جدول (۴-۲) مقادیر برآورد شده تبخیر – تعرق گیاه ETc(P-M) در روزهای گذر ماهواره سال ۲۰۰۷ – ۲۰۰۶ ..... ۷۸

جدول (۴-۳) محاسبه صعود آب در مزارع شماره ۱۱ واحد میرزا کوچک خان..... ۸۲

جدول (۴-۴) نتایج تبخیر – تعرق واقعی برآورد شده از مدل بیلان آب (میلیمتر بر روز) ۸۳

جدول (۴-۵) نتایج مقایسه برآوردهای تبخیر – تعرق گیاه ETc(P-M) و مدل بیلان آب ETa (W-B) ۸۵

جدول (۴-۶) تبخیر – تعرق لحظه‌ای (mm/hr) در تاریخ‌های گذر ماهواره ۹۰

جدول (۴-۷) نتایج تبخیر – تعرق واقعی (میلیمتر بر روز) مدل سبال در تاریخ‌های گذر ماهواره ۹۲

جدول (۴-۸) نتایج مقایسه برآوردهای تبخیر – تعرق گیاه ETc(P-M) و مدل سبال ETa(R-S) ۹۴

جدول (۴-۹) نتایج مقایسه برآوردهای مدل بیلان ETa (W-B) و مدل سبال ETa(R-S)..... ۹۶

«فهرست اشکال»

شکل (۲-۱) تغییرات NDVI و DSTV پدیده‌های مختلف ۱٤

شکل (۲-۲) ویژگی‌های طیفی پوشش زمین در طول موج‌های مختلف ۲۳

شکل (۳-۱) موقعیت جغرافیایی مزارع شرکت کشت و صنعت میرزا کوچک خان ۳۵

شکل (۳-۲) محل استقرار چاهک‌های مشاهداتی..... ۳۸

شکل (۳-۳) اجزاء بیلان انرژی به صورت شماتیک ٤۳

شکل (۳-۴) وضعیت بیلان تابش سطح. ٤٤

شکل (۳-۵) روند نمای محاسبه اجزای معادله بیلان تابش سطح ٤۵

شکل (۳-۶) دیاگرام محاسبه آلبیدو ۴۸

شکل (۳-۷) دیاگرام روش محاسبه NDVI، LAI، SAVI و Emissivity ۵۲

شکل (۳-۸) دیاگرام روش محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای سنجنده مودیس..... ۵۳

شکل (۳-۹) روند نمای محاسبه شار گرمای محسوس. ۵۸

شکل(۳-۱۰) دیاگرام محاسبه شار گرمای محسوس ۶۴

شکل (۳-۱۱) مدل محاسبه تبخیر – تعرق لحظه‌ای و روزانه..... ۶۶

شکل (۳-۱۲) اجزای مدل بیلان آب ٦۸

شکل (۳-۱۳) نمایی از صعود آب به منطقه ریشه ۷۳

شکل (۴-۱) تبخیر –تعرق مرجع (روزانه) ایستگاه اهواز در سال ۲۰۰۶-۲۰۰۷ میلادی..... ۷٦

شکل (۴-۲) ضریب گیاهی نیشکر در فصل رشد سال ۱۳۸۵. ..... ۷۷

شکل (۴-۳) نقشه توزیع مکانی بارش به روش میانگین وزنی به صورت عکس فاصله(IDW) در ۱۰ روز دوم بهمن ۸۵..... ۷۹

شکل (۴-۴) نقشه توزیع مکانی بارش به روش کریجینگ معمولی در ۱۰ روز دوم بهمن ۸۵..... ۸۰

شکل (۴-۵) روند محاسبه صعود آب به منطقه ریشه ۸۱
شکل (۴-۶) مقایسه برآوردهای تبخیر – تعرق گیاه ETc (P-M) و مدل بیلان آب ETa (W-B) ۸٤
شکل (۴-۷) نتایج مقایسه برآوردهای تبخیر – تعرق گیاه ETc (P-M) و مدل بیلان آب ETa (W-B) ۸۵
شکل (۴-۸) دمای پوشش سطح زمین (درجه سانتیگراد) مزارع نیشکر واحد میرزا کوچک خان در تاریخ ۱۳۸۵ /۵/۲۰ ..... ۸٦
شکل (۴-۹) نقشه آلبیدو مزارع نیشکر واحد میرزا کوچک خان در تاریخ ۱۳۸۵ /۵/۲۰ ..... ۸۷
شکل (۴-۱۰) نقشه NDVI محاسبه شده مزارع نیشکر واحد میرزا کوچک خان در تاریخ ۱۳۸۵/۵/۲۰ ..... ۸۸
شکل (۴-۱۱) تغییرات NDVI در روز ژولیانی سال ۱۳۸۵ ..... ۸۹
شکل (۴-۱۲) تبخیر – تعرق لحظه‌ای مزارع نیشکر واحد میرزا کوچک خان در تاریخ ۱۳۸۵/۵/۲۰ ..... ۹۰
شکل (۴-۱۳) تبخیر – تعرق روزانه مزارع نیشکر واحد میرزا کوچک خان در تاریخ ۱۳۸۵/۵/۲۰ ..... ۹۲
شکل (۴- ۱۴) مقایسه برآوردهای تبخیر – تعرق گیاه ETc (P-M) و مدل سبال ETa (R-S) ۹۳
شکل (۴-۱۵) نتایج مقایسه برآوردهای تبخیر – تعرق گیاه ETc (P-M) و مدل سبال ETa (R-S) ۹۴
شکل (۴-۱۶) مقایسه تبخیر – تعرق واقعی برآورد شده مدل بیلان ETa (W-B) و مدل سبال ETa (R-S) ۹۵
شکل (۴-۱۷) نتایج مقایسه برآوردهای مدل بیلان ETa (W-B) و مدل سبال ETa (R-S) ۹٦

LIST OF SYMBOLS			
R_n	net radiation flux	تابش خالص	W/m^2
G	soil heat flux	شار گرمای خاک	W/m^2
H	sensible heat flux	شار گرمای محسوس	W/m^2
λET	latent heat flux	شار گرمای نهان	W/m^2
α	surface albedo	آلبیدوی سطحی	-
$R_{S\downarrow}$	incoming shortwave radiation	تابش موج کوتاه ورودی	W/m^2
$R_{L\downarrow}$	incoming longwave radiation	تابش موج بلند ورودی	W/m^2
$R_{L\uparrow}$	outgoing longwave radiation	تابش موج بلند خروجی	W/m^2
ε_0	broad band surface emissivity	گسیلمندی سطحی عریض باند	-
α_{toa}	albedo at top of atmosphere	آلبیدوی بالای جو	-
$\alpha_{path-radiance}$	albedo path radiance	آلبیدوی ناشی از رادیانس مسیر	-
τ_{sw}	shortwave transmissivity of air	شفافیت جوی موج کوتاه	-
ρ_i	reflectivity for band i	بازتابندگی هر باند	-
ω_i	weighting coefficient for band i	ضریب وزنی هر باند	-
$ESUN_i$	mean solar exo-atmospheric irradiance for each band	میانگین تابش ورودی خورشید در بالای جو هر باند	$W/m^2/\mu m$
c	Speed of light	سرعت نور	m/s
k_B	Boltzmann constant	ثابت بولتزمن	1.381×10^{-23} J/K
λ_i	spectral radiance for each band	طول موج باند	m
T_S	surface temperature	دمای سطحی جسم سیاه	K
J	Julian Day	شماره روز ژولیانی	
$z_{elevation}$	Weather station elevation	ارتفاع از سطح دریا	m

G_{sc}	Solar constant	ثابت خورشیدی	W/m^2
θ	solar incidence angle	زاویه ورودی خورشید	degrees
d_r	inverse squared relative earth-sun distance	معکوس مربع فاصله نسبی زمین تا خورشید	-
$NDVI$	Normalized Difference Vegetation Index	شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی	-
NIR	reflectivity for band Near Infrared	بازتابندگی در باند مادون قرمز نزدیک	-
R	reflectivity for band Red	بازتابندگی در باند مرئی (مادون قرمز)	-
$SAVI$	Soil Adjusted Vegetation Index	شاخص تعدیل شده گیاهی برای خاک	-
L_c	constant for SAVI	فاکتور تصحیح اثرات زمینه خاک	0.5
LAI	Leaf Area Index	شاخص سطح برگ	-
ε_{NB}	narrow band surface emissivity	گسیلمندی سطحی باند حرارتی	-
σ	Stefan-Boltzmann constant	ثابت استفان- بولتزمن	5.67×10^{-8} $W/m^2/K^4$
Tb	Brightness temperature	روشنایی باند	°k
ε_a	Atmospheric emissivity	گسیلمندی جو	-
T_a	Near surface air temprature	دمای هوای نزدیک سطح	° k
ρ_{air}	air density	چگالی هوا	kg/m^3
C_p	air specific heat	گرمای ویژه هوا	1004 J/kg/K
r_{ah}	aerodynamic resistance to heat transport	مقاومت آیرودینامیکی برای انتقال گرما	s/m
k	von Karman's constant	ثابت ون کارمن	0.41

u_*	friction velocity	سرعت زبری باد	m/s
u_x	wind speed at height z_x	سرعت باد در ارتفاع z_x	
z_{0m}	momentum roughness length	طول زبری تکانه	m
h_{crop}	vegetation height	متوسط ارتفاع پوشش گیاهی اطراف ایستگاه هواشناسی	m
u_{200}	wind speed at a height 200 meters	سرعت باد در ارتفاع ۲۰۰ متر (ارتفاع آمیختگی)	m/s
P_{air}	Air pressure	فشار هوا	mbar
e_{act}	Actual vapour pressure	فشار واقعی بخار	mbar
L	Monin-Obukhuv length	طول پایداری مونین- ابوخوف	
g		شتاب جاذبه زمین	m/s
λ	latent heat of vaporization	گرمای نهان بخار آب	J/kg
	corrected thermal radiance from the surface	تشعشع باند حرارتی تصحیح شده	$W/m^2/sr/\mu m$
Ψ_m	stability correction for momentum	تابع تصحیح پایداری برای انتقال مومنتم	-
Ψ_h	stability correction for heat transport	تابع تصحیح پایداری برای انتقال گرما	-
ET_a	Actual Evapotranspiration	تبخیر – تعرق واقعی	mm/d
ET_c (P-M)	Crop Evapotranspiration (Penman-Montith)	تبخیر – تعرق گیاه از روش پنمن- مانتیث	mm/d
ET_a (R-S)	Actual Evapotranspiration (Remote Sensing)	تبخیر – تعرق واقعی از روش سنجش از دور	mm/d
ET_a (W-B)	Actual Evapotranspiration (Water Balance)	تبخیر – تعرق واقعی از روش بیلان آب	mm/d

چکیده

یکی از ضرورت‌های هر حوزه آبخیز، مدیریت منابع آب آن حوزه است. در همین راستا تخصیص مقداری از آب استحصال شده در حوزه به نیاز آبیاری محصولات زراعی، باغی و نیز پوشش‌های گیاهی طبیعی از مواردی است که علاوه بر حفظ پوشش‌های گیاهی و نیز پایداری کشاورزی در منطقه، به دوام خاک و جلوگیری از فرسایش نیز کمک زیادی می‌کند. با توجه به حضور انواع مختلف پوشش‌های گیاهی و آن هم در سطوح وسیع، محاسبه دقیق نیاز آبی از طریق روش‌های متداول محاسبه تبخیر - تعرق، امری دشوار و غیر ممکن می‌نماید. در همین راستا به روش‌هایی نیاز است که قادر به محاسبه نیاز آبی گیاهان در مقیاس وسیع بوده و نیز از دقت کافی برخوردار باشند.

از الگوریتم‌هایی که جهت برآورد تبخیر- تعرق واقعی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مورد توجه بسیار قرار گرفته، الگوریتم بیلان انرژی در سطح زمین (سبال) می‌باشد. در مدل سبال از طریق برآورد تمامی مولفه‌های انرژی در سطح با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از جمله تابش خالص، شار گرمای خاک و شار گرمای محسوس و با استفاده از معادله توازن انرژی اقدام به محاسبه تبخیر- تعرق می‌شود. هدف کلی تحقیق، برآورد تبخیر - تعرق واقعی (ETa) از دو روش سبال و بیلان آب در سال زراعی ۸۵ در محدوده کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان واقع در جنوب استان خوزستان می‌باشد. جهت تعیین سطوح زیر کشت و تراکم آن در یک فصل زراعی به سری زمانی اطلاعات سنجش از دور در طول فصل رشد نیاز است که از تصاویر ۱۰ روزه سنجنده مودیس جهت تعیین تبخیر – تعرق واقعی استفاده گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که مدل سبال از کارایی خوبی جهت برآورد تبخیر – تعرق واقعی در فصل زراعی (فصل رشد) برخوردار است. همچنین نتایج حاصل از مدل بیلان با مدل سبال همبستگی نسبتاً خوبی (R^2=0.74) را در فصل رشد نشان دادند. نقشه‌های تولید شده در نرم‌افزار ERDAS و GIS، بیانگر این مطلب هستند که زمین‌های خیس (خوب آبیاری شده) و یا با پوشش گیاهی خوب بالاترین میزان تبخیر- تعرق را نشان می‌دهند. با دور شدن از زمین‌های کشاورزی و نزدیک شدن به سطوح با پوشش‌های گیاهی کم، میزان تبخیر- تعرق بسیار کاهش می‌یابد. این نقشه‌ها با

اطلاعات زمینی مطابقت بسیار زیادی را نشان داد. همچنین با مقایسه نتایج حاصل از مدل سبال با نتایج حاصل از تبخیر – تعرق گیاه مشاهده شد که نتایج حاصل از مدل سبال در فصل رشد گیاه نیشکر از همبستگی نسبتاً خوبی (R^2=0.77) با نتایج حاصل از تبخیر – تعرق گیاه برخوردار است.

کلمات کلیدی: تبخیر- تعرق واقعی، تصاویر ماهواره‌ای مودیس، الگوریتم سبال، مدل بیلان آب