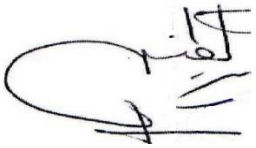
بسم الله الرحمن الرحيم

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

اعضای هیأت داوران نسخه‌ی نهائی پایان نامه خانم **ساناز محمدی** تحت عنوان: **" بهبود مدیریت و برنامه ریزی آبیاری با استفاده از تلفیق داده‌های سنجش از دور و مـدل SWAP (مطالعـه موردی: کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان، ایران)"** 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	رتبه ی علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	**دکتر سید مجید میرلطیفی**	**استادیار**	
۲- استاد مشاور	**دکتر مهدی اکبری**	**استادیار**	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	**دکتر مهدی کوچک زاده**	**استادیار**	
۴- اساتید ناظر: ۱- داخلی	**دکتر مهدی کوچک زاده**	**استادیار**	
۲- خارجی	**دکتر قاسم زارعی**	**استاد**	

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.

بسمه تعالی

آیین نامۀ چاپ پایان نامه(رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبیّن بخشی 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 نامۀ کارشناسی ارشد نگارنده در رشته **آبیاری و زهکشی** است که در سال ۱۳۹۱ در دانشکدۀ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی جناب آقای دکتر **سید مجید میرلطیفی** و مشاورۀ 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 شدۀ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادّه ۶ اینجانب **ساناز محمدی** 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: ساناز محمدی

تاریخ و امضاء:

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته آبیاری و زهکشی

بهبود مدیریت و برنامه ریزی آبیاری با استفاده از تلفیق داده‌های سنجش از دور و مدل SWAP

مطالعه موردی: کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان، ایران

پژوهش و نگارش:

ساناز محمدی

استاد راهنما:

دکتر سید مجید میرلطیفی

استاد مشاور:

دکتر مهدی اکبری

تیر ۱۳۹۱

به پاس مهربانی های بی دریغشان

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

که وجودم برایشان همه رنج است و

وجودشان برایم همه مهر

دو وجود مقدسی که توانشان رفت تا من به توانایی برسم

آنان که فروغ نگاهشان سرمایه های جاودانه زندگی من است.

به آنان که زلال آب را به من آموختند:

آنجا که قلم را دیگر یارای بیان عظمتشان نیست شوقی عجیب تو را در بر میگیرد و ناخود آگاه نام هایی بر آینه ذهنت نقش می بندند که بی شک لحظه لحظه زندگیت و گام به گام حرکتت را مدیون آنانی...

اکنون که با یاری خداوند متعال تدوین این پایان نامه به اتمام رسیده است بر خود واجب میدانم ابتدا از **خانواده عزیزم** که در تمام مراحل زندگی و تحصیل پشتیبان و همراه من بوده اند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. از استاد راهنمای عزیزم جناب آقای **دکتر سید مجید میر لطیفی** که افتخار شاگردی ایشان را داشته ام به سبب مهربانی ها و راهنمایی های بی دریغشان در تمام مراحل انجام کار پایان نامه نهایت سپاس و تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر **مهدی اکبری** استاد مشاور گرامی ام که بی شک اگر مشاوره ها و راهنمایی های ایشان نبود اتمام کار پایان نامه برایم میسر نبود سپاسگذارم، هم چنین از جناب آقای دکتر **مهدی کوچک زاده** و آقای دکتر **قاسم زارعی** که زحمت داوری پایان نامه بنده را به عهده داشتند کمال تشکر را دارم.

در پایان نیز از جناب آقای دکتر وحید رضا وردی نژاد، مهندس سینا بوربور، مهندس سعید فراهی و همه دوستان عزیزی که در این زمینه با بنده همکاری نموده اند بی نهایت سپاسگذارم.

سانا زمحمدی

چکیده

با توجه به قرار گرفتن کشور ایران در نواحی خشک و نیمه‌خشک، توزیع زمانی و مکانی نامناسب بارندگی و سهم بالای مصرف آب در بخش کشاورزی، اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار است. در تحقیق حاضر برای ارزیابی میزان مطابقت وضعیت موجود آبیاری (تاریخ‌های آبیاری و عمق آبیاری) با نیاز آبی گیاه در منطقه کشت و صنعت نیشکر میرزاکوچک خان اهواز، از مدل شبیه‌سازی SWAP استفاده شد. جهت واسنجی و صحت‌یابی مدل SWAP در شرایط محدودیت دسترسی به‌داده‌های اندازه‌گیری شده مزرعه‌ای از تصاویر ماهواره LANDSAT 7 ETM+ و الگوریتم سبال برای ۱۲ تاریخ در طی فصل رشد نیشکر استفاده شد. نتایج شبیه‌سازی اجزای بیلان آب توسط مدل واسنجی شده SWAP نشان داد که مقدار آب مصرفی در منطقه (۲۶۴۰ میلی‌متر) بیش از نیاز آبی گیاه بوده و حجم زیادی از آن به‌صورت نفوذ عمقی از منطقه توسعه ریشه گیاه خارج می‌شود. کارایی مصرف آب نیشکر در شرایط مدیریت زارع ۳/۵ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. به‌منظور کاهش نفوذ عمقی و افزایش کارایی مصرف آب در منطقه، شش سناریوی برنامه‌ریزی آبیاری در شرایط مختلف شامل: امکان کاهش عمق آبیاری، امکان حذف نوبت‌های آبیاری و امکان تغییر تاریخ‌های آبیاری با استفاده از مدل SWAP مورد بررسی قرار گرفت و تقویم بهینه آبیاری در هر سناریو برای منطقه پیشنهاد گردید. نتایج حاصل از شبیه‌سازی اجزای بیلان آب در شرایط اعمال تقویم بهینه آبیاری پیشنهادی توسط مدل SWAP، نشان داد که با توزیع مناسب تاریخ‌های آبیاری و یا کاهش عمق آب آبیاری در منطقه می‌توان به‌طور متوسط میزان آب مصرفی را ۳۴ ٪ کاهش و کارایی مصرف آب را ۵۵٪ افزایش داد و در صورت ترکیب این دو سناریو میزان آب مصرفی به‌طور متوسط ۴۲٪ کاهش و کارایی مصرف آب ۶۸٪ افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: الگوریتم سبال، برنامه‌ریزی آبیاری، کارایی مصرف آب، مدل هیدرولوژیکی SWAP، کشت و صنعت نیشکر میرزاکوچک خان اهواز

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات و اهداف ۱۵

۱-۱ مقدمه ۱۶

۱-۲ وضعیت منابع آب در ایران..... ۱۷

۱-۳ وضعیت راندمان آبیاری در ایران و جهان ۱۸

۱-۴ بهره وری آب کشاورزی ۱۹

۱-۴-۱ راهکارهای بهبود بهره وری آب کشاورزی ۲۱

۱-۴-۱-۱ افزیش راندمان های آبیاری..... ۲۱

۱-۴-۱-۲ تاکید بر مدیریت عرضه و تقاضای آب ۲۲

۱-۴-۱-۳ کاهش تبخیر از سطح مزرعه ۲۲

۱-۴-۱-۴ اعمال کم آبیاری ۲۲

۱-۴-۱-۵ مدیریت آبیاری در مزرعه ۲۲

۱-۵ مدیریت و برنامه ریزی آبیاری..... ۲۳

۱-۶ ضرورت انجام تحقیق ۲۴

۱-۷ اهداف تحقیق..... ۲۶

فصل دوم: بررسی منابع..... ۲۸

۲-۱ مقدمه ۲۹

۲-۲ مدلهای شبیه ساز انتقال آب و املاح در خاک..... ۳۰

۲-۳ تحقیقات انجام شده با استفاده از مدل شبیه سازی SWAP..... ۳۰

۲-۳-۱ بررسی اجزای بیلان آب با استفاده از مدل شبیه سازی SWAP..... ۳۰

۲-۳-۲ بررسی اثرات شوری آب آبیاری و توزیع املاح در خاک با استفاده از مدل شبیه سازی SWAP ۳۲

۲-۳-۳ ارزیابی عملکرد محصول و بررسی بهره وری آب با استفاده از مدل SWAP..... ۳۷

۲-۴ تحقیقات انجام شده در رابطه با برآورد تبخیر-تعرق به روش سبال ۴۴

۲-۵ تحقیقات انجام شده در رابطه با تلفیق داده های سنجش از دور و مدل شبیه سازی SWAP ۴۷

فصل سوم: منطقه مطالعاتی ۵۴

۳-۱ مشخصات عمومی منطقه مورد مطالعه ۵۵
۳-۱-۱ توپوگرافی عمومی اراضی ۵۶
۳-۱-۲ قطعه بندی زراعی ۵۶
۳-۲ شبکه آبیاری ۵۶
۳-۲-۱ هیدرومدول آبیاری ۵۷
۳-۲-۲ آرایش کلی شبکه آبیاری ۵۷
۳-۲-۳ آبیاری مزارع پلنت (تازه کشت) ۵۷
۳-۲-۴ آبیاری مزارع بازرویی ۵۸
۳-۳ شبکه زهکش زیرزمینی ۵۹
۳-۳-۱ عمق نصب زهکشهای زیرزمینی ۵۹
۳-۳-۲ فواصل زهکشهای زیرزمینی ۵۹
۳-۳-۳ وضعیت آبهای زیرزمینی ۵۹
۳-۴ گیاه نیشکر ۶۰

فصل چهارم: مواد و روشها ۶۶

۴-۱ ابزارها، برنامه ها و مدلهای مورد استفاده در انجام تحقیق ۶۷
۴-۲ مراحل انجام کار ۶۷
۴-۲-۱ برآورد تبخیر-تعرق مرجع به روش فائو-پنمن-مانتیث ۶۷
۴-۲-۲ برآورد تبخیر-تعرق واقعی با استفاده از الگوریتم سبال ۶۷
۴-۲-۳ مدل هیدرولوژیکی SWAP ۶۸
۴-۲-۳-۱ داده های ورودی مورد نیاز مدل SWAP ۶۸
۴-۲-۳-۲ اجرای مدل SWAP ۷۱
۴-۲-۴ بررسی وضعیت برنامه آبیاری موجود در منطقه و ارائه برنامه بهینه آبیاری توسط مدل SWAP ۷۱
۴-۳ تئوری مدل هیدرولوژیکی SWAP ۷۱
۴-۳-۱ روابط حاکم بر جریان آب در خاک ۷۳
۴-۳-۲ میزان جذب آب توسط ریشه ۷۴
۴-۳-۳ شرایط مرزی ۷۶
۴-۳-۳-۱ شرایط مرزی بالادست ۷۶
۴-۳-۳-۲ شرایط مرزی پایین دست ۷۷
۴-۳-۴ انتقال املاح ۷۷
۴-۳-۵ تبخیر-تعرق روزانه ۷۹

۴-۳-۶ رشد محصول ۸۲
۴-۳-۷ آبیاری ۸۳
۴-۴ مدل PEST ۸۴
۴-۵ الگوریتم SEBAL ۸۵
۴-۵-۱ مقدمه ۸۵
۴-۵-۲ مشخصات ماهواره Landsat7 ETM+ ۸۷
۴-۵-۳ واسنجی باندهای ماهواره Landsat7 ETM+ ۸۹
۴-۵-۴ تعیین ضرایب بازتاب سطح زمین در ماهواره Landsat ۹۰
۴-۵-۵ محاسبه شاخص های گیاهی ۹۱
۴-۵-۵-۱ شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی NDVI ۹۱
۴-۵-۵-۲ شاخص تعدیل شده گیاهی برای خاک SAVI ۹۲
۴-۵-۵-۳ شاخص سطح برگ LAI ۹۲
۴-۵-۶ برآورد اجزای بیلان انرژی با استفاده از اطلاعات ماهوارهای ۹۳
۴-۵-۶-۱ تعیین تشعشع خالص در سطح زمین (R_n) ۹۳
۴-۵-۶-۲ تعیین شار گرمایی خاک (G_o) ۹۴
۴-۵-۶-۳ تعیین شار گرمای محسوس (H_o) ۹۵
۴-۵-۷ برآورد تبخیر-تعرق واقعی در زمان تصویر ۱۰۲
۴-۵-۸ تصاویر مورد استفاده در مدل سبال ۱۰۳

فصل پنجم: نتایج و بحث ۱۰۵

۵-۱ مقدمه ۱۰۶
۵-۲ نتایج مدل SEBAL ۱۰۶
۵-۲-۱ برآورد آلبیدوی سطحی ۱۱۱
۵-۲-۲ برآورد شاخص گیاهی NDVI ۱۱۲
۵-۲-۳ برآورد تبخیر-تعرق واقعی ۱۱۲
۵-۳ نتایج واسنجی و صحت یابی مدل SWAP ۱۱۴
۵-۳-۱ واسنجی مدل SWAP ۱۱۴
۵-۳-۲ صحت یابی و ارزیابی مدل SWAP ۱۲۰
۵-۴ سناریوهای برنامه ریزی آبیاری ۱۲۴
۵-۴-۱ سناریوی اول برنامه ریزی آبیاری (سناریوی مبنا) ۱۲۵
۵-۴-۲ سناریوی دوم برنامه ریزی آبیاری (تنش مجاز روزانه) ۱۳۱

۵-۴-۳ سناریوی سوم برنامه ریزی آبیاری (حذف نوبتهای آبیاری) ۱۳۷
۵-۴-۴ سناریوی چهارم برنامه ریزی آبیاری (تخلیه مجاز از آب سهل الوصول) ۱۳۹
۵-۴-۵ سناریوی پنجم برنامه ریزی آبیاری (کاهش عمق آب آبیاری) ۱۴۱
۵-۴-۶ سناریوی ششم برنامه ریزی آبیاری (ترکیبی) ۱۴۲
۵-۴-۷ انتخاب سناریوی برتر ۱۴۴

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادها ۱۵۰

۶-۱ نتیجه گیری ۱۵۱

۶-۲ پیشنهادها ۱۵۲

فصل هفتم: منابع و مراجع ۱۵۳

فهرست جداول

جدول (۱-۱): تحلیل منابع آب ایران با استفاده از شاخص های تعیین بحران آب ۱۸

جدول(۱-۲): میزان راندمان آبیاری در برخی از کشورهای در حال توسعه ۱۹

جدول (۳-۱): دور آبیاری مزارع نیشکر خوزستان در ماههای مختلف ۵۸

جدول (۴-۱): مشخصات باندهای طیفی سنجنده +ETM ماهواره Landsat ۸۹

جدول (۴-۲): مقادیر ضرایب کالیبراسیون باندهای ماهواره Landsat7 ETM+ ۹۰

جدول (۴-۳): مقادیر پارامتر تابش طیفی خورشید ($ESUN_i$) برای ماهواره Landsat7 ETM+..... ۹۱

جدول (۴-۴): مقادیر z_{0m} برای انواع سطوح زمین..... ۹۸

جدول (۴-۵): تاریخ و ساعت تصویربرداری ماهواره Landsat 7 ETM+..... ۱۰۵

جدول (۵-۱): ضریب گیاهی نیشکر برای مرحله کشت جدید..... ۱۱۰

جدول (۵-۲): مقادیر تبخیر-تعرق واقعی به دست آمده از الگوریتم سبال (میلی متربرروز) ۱۱۱

جدول (۵-۳): درصد رس و شن و سیلت لایه های خاک (سمیع پور، ۱۳۸۸)..... ۱۱۶

جدول (۵-۴): دامنه تغییرات پیشنهادی Lane و همکاران (۱۹۹۰) برای پارامتر D ۱۱۷

جدول (۵-۵): مقادیر D مربوط به تحلیل حساسیت پارامترهای هیدرولیکی خاک برای مدل SWAP..... ۱۱۸

جدول (۵-۶): مقادیر اولیه و بهینه شده پارامترهای هیدرولیکی خاک..... ۱۲۰

جدول (۵-۷): مقادیر تبخیر-تعرق به دست آمده از الگوریتم سبال استفاده شده برای واسنجی مدل SWAP..... ۱۲۰

جدول (۵-۸): مقادیر تبخیر-تعرق واقعی به دست آمده از الگوریتم سبال (میلی متربرروز) ۱۲۱

جدول (۵-۹): پارامترهای آماری جهت ارزیابی مقادیر تبخیر-تعرق واقعی برآوردی توسط مدل SWAP..... ۱۲۳

جدول (۵-۱۰): اطلاعات مربوط به شرایط آبیاری موجود در منطقه ۱۲۶

جدول (۵-۱۱): تاریخ آبیاری مزارع نیشکر خوزستان..... ۱۲۶

جدول (۵-۱۲): اجزای بیلان آب و عملکرد در شرایط آبیاری موجود در منطقه..... ۱۲۷

جدول (۵-۱۳): شاخص های بهره وری آب در مزرعه مورد مطالعه در شرایط مدیریت زارع..... ۱۳۰

جدول (۵-۱۴): کارایی مصرف آب نیشکر در مناطق مختلف جهان (کیلوگرم در مترمکعب) ۱۳۱

جدول (۵-۱۵): اجزای بیلان آب به دست آمده از اجرای مدل به ازای مقادیر مختلف تنش مجاز روزانه ۱۳۳
جدول (۵-۱۶): شاخص های بهره وری به دست آمده از اجرای مدل به ازای مقادیر مختلف تنش مجاز ۱۳۴
جدول (۵-۱۷): تاریخ های آبیاری پیشنهادی توسط مدل SWAP در تنش مجاز روزانه ۰/۶ ..... ۱۳۵
جدول (۵-۱۸): اجزای بیلان آب عملکرد محصول و بهره وری مصرف آب در حالت اجرای سناریوی سوم ۱۳۸
جدول (۵-۱۹): اجزای بیلان آب، عملکرد و بهره وری حاصل از اجرای مدل با سناریوی تخلیه آب سهل الوصول .. ۱۳۹
جدول (۵-۲۰): تاریخ های آبیاری پیشنهادی مدل درتخلیه مجاز ۰/۶۵ ..... ۱۴۰
جدول (۵-۲۱): اجزای بیلان آب، عملکرد و بهره وری حاصل از اجرای مدل با سناریوی کاهش عمق آب آبیاری... ۱۴۱
جدول (۵-۲۲): اجزای بیلان آب حاصل از اجرای سناریوهای مختلف با کاهش ۲۰ درصدی عمق آب آبیاری..... ۱۴۴
جدول (۵-۲۳): کاهش آب مصرفی و نفوذ عمقی و افزایش کارایی مصرف آب به ازای اعمال سناریوهای مختلف... ۱۴۴
جدول (۵-۲۴): کاهش آب مصرفی و نفوذ عمقی و افزایش کارایی مصرف آب به ازای اعمال سناریوهای مختلف.....۱۴۶

فهرست اشکال

شکل (۳-۱) موقعیت جغرافیایی مزارع شرکت کشت و صنعت میرزا کوچک خان ۵۵

شکل (۴-۱): فرآیندهای تبادلی در سیستم آب، خاک، گیاه، اتمسفر در مدل SWAP ۷۴

شکل (۴-۲): شمای ضریب کاهش جذب آب ریشه تابعی از بار هیدرولیکی آب در خاک و شدت تعرق پتانسیل ۷۶

شکل (۴-۳): شمای ضریب کاهش جذب آب توسط ریشه تابعی از شوری آب خاک ۷۷

شکل (۴-۴): روند محاسبه شار گرمای محسوس ۹۹

شکل(۵-۱): متوسط دمای هوای روزانه، سال ۲۰۰۵ (درجه سانتیگراد) ۱۰۸

شکل(۵-۲): درصد رطوبت نسبی هوا، سال ۲۰۰۵ ..... ۱۰۸

شکل(۵-۳): سرعت باد در ارتفاع ده متری (متر بر ثانیه)، سال ۲۰۰۵ ..... ۱۰۸

شکل(۵-۴): متوسط میزان بارندگی روزانه (میلی متر)، سال ۲۰۰۵ ..... ۱۰۹

شکل(۵-۵): تبخیر-تعرق مرجع برآردی به روش فائو-پنمن-مانتیث با نرم افزار REF-ET ۱۰۹

شکل (۵-۶): مقایسه مقادیر تبخیر-تعرق گیاه نیشکر به دست آمده از دو روش سبال و فائو-پنمن-مانتیث ۱۱۲

شکل (۵-۷): نقشه توزیع مکانی آلبیدوی سطحی برای محصول نیشکر ۱۱۴

شکل (۵-۸): نقشه توزیع مکانی شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی (NDVI) محصول نیشکر ۱۱۴

شکل (۵-۹): نقشه توزیع مکانی تبخیر-تعرق پتانسیل (میلیمتر بر روز) برای محصول نیشکر ۱۱۵

شکل (۵-۱۰): نقشه توزیع مکانی تبخیر-تعرق واقعی (میلیمتر بر روز) برای محصول نیشکر ۱۱۵

شکل (۵-۱۱): روند تغییرات $\varphi(\theta, b)$ طی فرایند بهینه سازی پارامترهای خاک ۱۱۹

شکل (۵-۱۲): نمای شماتیک از لینک مدل PEST به مدل SWAP ۱۱۹

شکل (۵-۱۳): نتایج واسنجی مدل SWAP در مزرعه شماره ۴-۱۸ (سال زراعی ۸۴-۸۳) ۱۲۱

شکل (۵-۱۴): نتایج صحت یابی مدل SWAP در منطقه کشت و صنعت میرزا کوچک خان اهواز ۱۲۴

شکل (۵-۱۵): مقادیر بارندگی در طی دوره رشد نیشکر در سال زراعی ۸۴-۸۳ ..... ۱۲۸

شکل (۵-۱۶): مقادیر عمق و تاریخ آبیاری موجود در منطقه کشت و صنعت میرزا کوچک خان ۱۲۸

شکل (۵-۱۷): مقادیر نفوذ عمقی شبیه سازی شده توسط مدل SWAP ۱۲۸

شکل (۵-۱۸): مقادیر تبخیر-تعرق واقعی شبیه سازی شده توسط مدل SWAP در طی دوره رشد..... ۱۲۹
شکل (۵-۱۹): نفوذ عمقی و آب آبیاری حاصل از اعمال برنامه آبیاری پیشنهادی مدل (تنش مجاز روزانه ۰/۶) ۱۳۵
شکل (۵-۲۰): شبیه سازی عملکرد محصول به ازای مقادیر مختلف آب کاربردی..... ۱۳۶
شکل (۵-۲۱): مقایسه مقادیر نفوذ عمقی حاصل از حذف نوبتهای آبیاری ۲۱،۱۸،۱۶،۴،۳،۱ و سناریوی مبنا..... ۱۳۸
شکل (۵-۲۲): مقایسه مقادیر نفوذ عمقی حاصل از تخلیه مجاز از آب سهل الوصول و سناریوی مبنا ۱۴۰
شکل (۵-۲۳): مقایسه مقادیر نفوذ عمقی حاصل از کاهش ۴۰٪ عمق آب آبیاری و سناریوی مبنا..... ۱۴۱
شکل (۵-۲۴): مقایسه مقادیر نفوذ عمقی حاصل از سناریوهای ترکیبی و سناریوی مبنا ۱۴۳
شکل (۵-۲۵): مقادیر عملکرد محصول، کارایی و میزان آب مصرفی با اعمال سناریوهای مدیریت آبیاری..... ۱۴۸

List of symbols			
Symbol	**تعریف**	**Definition**	**Unit**
C	غلظت املاح در آب خاک	Solute Concentration	(g/cm^3)
C_{gr}	غلظت املاح آب زیرزمینی	Solute Concentration in the ground water	(g/cm^3)
C_n	غلظت املاح در پایین‌ترین لایه خاک	Solute Concentration at the bottom of the soil	(g/cm^3)
C_{air}	گرمای ویژه هوا	air specific heat	1004 J/kg/K
D_{dif}	ضریب انتشار	Diffusion Coefficient	(cm^2/d)
D_{dis}	پخشیدگی املاح	Dispersion Coefficient	(cm^2/d)
Dr	معکوس مربع فاصله نسبی زمین تا خورشید	Inverse squared relative earth-sun distance	ـــــ
E_p	تبخیر پتانسیل	Potential Evaporation	(cm/d)
E_{po}	نرخ تبخیر از یک خاک لخت مرطوب	Potential Evaporation rate of a wet bare soil	(cm/d)
ET_p	تبخیر-تعرق پتانسیل	Potential Evapotranspiration	(cm/d)
ET_c	تبخیر-تعرق گیاه	Crop Evapotranspiration	(cm/d)
ET_{pan}	تبخیر-تعرق تشتک	Pan Evapotranspiration	(cm/d)
ET_{wo}	نرخ تبخیر-تعرق پتانسیل از تاج مرطوب گیاه	Potential Evapotranspiration rate for the wet canopy	(cm/d)
$ESUN_i$	تشعشع ورودی خورشید در بالای اتمسفر	Mean solar exo-atmospheric irradiance for each band	$w/m^2/\mu m$
e_a	فشار بخار واقعی	Actual vapour pressure	(kpa)
e_{sat}	فشار بخار اشباع	Saturation vapour pressure	(kpa)
G	شتاب جاذبه زمین	Earth gravity	(m/s^2)
G_{sc}	ثابت خورشیدی	Solar Constant	(w/ m^2)
G_o	شار گرمای خاک	Soil Heat Flux	(w/ m^2)
H_o	شار گرمای محسوس	Latent Heat flux	(w/ m^2)
h_1	حداقل بار هیدرولیکی که ریشه گیاه شروع به جذب می‌کند	No water extraction at higher pressure head	(cm)
h_2	بار هیدرولیکی که در آن ریشه گیاه در حد بهینه آب جذب می‌کند	H below which optimum water extraction starts	(cm)
h_{3h}	بار هیدرولیکی که در تعرق شدید جذب آب توسط ریشه کاهش می‌یابد	H below which water uptake reduction starts at high Tpot	(cm)
h_{3l}	بار هیدرولیکی که در تعرق ملایم	H below which water uptake reduction starts at low Tpot	(cm)

	جذب آب توسط ریشه شروع به کاهش می‌یابد		
h_4	بار هیدرولیکی که در آن جذب آب توسط ریشه گیاه قطع می‌شود	No water extraction at lower pressure head	(cm)
h_{crop}	ارتفاع پوشش گیاهی اطراف ایستگاه هواشناسی	Crop height	(m)
h_{pond}	ارتفاع ماندابی در سطح خاک	Ponding height at the soil surface	(cm)
J	شماره روز ژولیوسی	Julian Day	Day
J_{bot}	املاح انتقال یافته از بخش پایینی خاک	Solute flux through the bottom of the soil profile	(cm/d)
K	مرحله رشد گیاهی	Growing stage	
K_v	ثابت ون کارمن	von Karman's constant	0.41
K_r	فاکتور ترجیحی جذب ریشه	Root uptake preference factor	ـــــ
K_{gr}	ضریب کاهش تشعشع خورشیدی	Extraction coefficient for solar radiation	0.39
K_c	ضریب گیاهی	Crop coefficient	ـــــ
$K_{y,k}$	ضریب عملکرد محصول	Yield response factor	ـــــ
K_{sat}	هدایت هیدرولیکی اشباع	saturated hydraulic conductivity	ـــــ
L	طول پایداری مونین ابوخوف	Monin-obokhuv length	(m)
L_c	فاکتور تصحیح اثرات خاک	Constant for SAVI	ـــــ
L_i	تشعشع ثبت شده توسط باند iام	spectral radiance for band i	$W/m^2/sr/\mu m$
LAI	شاخص سطح برگ	Leaf area index	
Lat	عرض جغرافیایی	Latitude	(rad)
Long	طول جغرافیایی	Longitude	(rad)
M	فاکتور شکل تجربی	empirical shape factor	ـــــ
NDVI	شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی	Normalized difference vegetation index	ـــــ
N	فاکتور شکل تجربی	empirical shape factor	ـــــ
P_i	برگاب	Intercepted precipitation	(cm)
Q	میزان جذب املاح	The amount of absorbed solute	(gr/gr)
Q_m	آب ورودی به منطقه ریشه		(cm)
Q	شدت جریان آب خاک	Soil water flux	(cm/d)
q_{bot}	شدت جریان آب از پایین نیمرخ خاک	Water flux at the bottom boundary	(cm/d)
q_{top}	شدت جریان آب از سطح خاک	Water flux at the soil surface	(cm/d)
q_{drain}	شدت جریان زهکشی	Drainage flux	(cm/d)
q_{eva}	فلاکس تبخیر از سطح خاک	Evaporation rate at the top soil	(cm/d)

q_{prec}	فلاکس بارندگی در سطح خاک	Precipitation flux at the top soil	(cm/d)
R_l	تابش موج بلند	Long wave radiation	(w/ m^2)
R_s	تابش موج کوتاه	Shortwave radiation	(w/ m^2)
r_{crop}	مقاومت گیاهی	Crop resistance	(s/m)
r_{air}	مقاومت آئرودینامیک	Aerodynamic resistance	(s/m)
R_n	شار تابش خالص	Net radiation flux	(w/ m^2)
S	نرخ جذب آب توسط ریشه	Root water extraction rate	(1/d)
S_e	اشباع نسبی	Relative saturation	ـــــ
SCF	جزء پوشش خاک	Soil cover fraction	ـــــ
S_{max}	حداکثر نرخ جذب آب توسط ریشه	Potential Root water extraction rate	(1/d)
$S_{a(z)}$	فلاکس واقعی جذب آب توسط ریشه	Actual root water flux	(1/d)
$S_{p(z)}$	فلاکس پتانسیل جذب آب توسط ریشه	Potential root water flux	(1/d)
SAVI	شاخص تعدیل شده گیاهی برای خاک	Soil adjusted vegetation index	ـــــ
T	زمان	Time	(day)
T_p	تعرق پتانسیل	Potential transpiration	(cm/d)
$T_{a,k}$	تعرق واقعی در مرحله kام رشد	actual transpiration during growing stage k	(cm/d)
$T_{p,k}$	تعرق پتانسیل در مرحله kام رشد	Potential transpiration during growing stage k	(cm/d)
T_{local}	زمان به وقت محلی	Local time	(hr)
T_{GTM}	زمان به وقت گرینویچ	Greenwich mean time	(hr)
T_{air}	درجه حرارت هوا در ارتفاع ۲ متری	Air temperature at 2 meter height	(k)
T_o	دمای پوشش سطح زمین	Surface temperature	(k)
u_x	سرعت باد در ارتفاع z_x	Wind speed at height Z_x	(m/s)
u_*	سرعت اصطکاکی	Friction velocity	(m/s)
WP	بهره وری آب	Water productivity	(kg/m^3)
WUE	کارایی مصرف آب	Water use efficiency	(kg/m^3)
Y_a	عملکرد واقعی محصول در انتهای فصل رشد	Cumulative actual yield	(kg/ha)
Y_p	عملکرد پتانسیل محصول در انتهای فصل رشد	Cumulative potential yield	(kg/ha)
Z_r	عمق توسعه ریشه	Rooting depth	(cm)
Z_{om}	طول زبری تکانه	momentum roughness length	(m)
$Z_{elevation}$	ارتفاع از سطح دریا	Elevation above sea level	(m)

Z	عمق خاک	Soil depth	(cm)
α_r	تابع کاهشی	Reduction factor	ـــــ
α	فاکتور شکل تجربی	empirical shape factor	ـــــ
α_{rd}	تابع کاهشی به علت تنش خشکی	Reduction factor due to drought stress	ـــــ
α_{rf}	تابع کاهشی به علت تنش یخبندان خاک	Reduction factor due to frozen soil condition	ـــــ
α_{rs}	تابع کاهشی به علت تنش شوری	Reduction factor due to salinity stress	ـــــ
α_{rw}	تابع کاهشی به علت تنش ماندابی	Reduction factor due to wet conditions	ـــــ
ε_o	گسیلمندی سطحی عریض باند	Board band surface emissivity	ـــــ
ε_{air}	گسیلمندی جو	Atmospheric emissivity	ـــــ
σ	ثابت استفان بولتزمن	Stefan Boltzmann's constant	$5/67 * 10^{-8}$ $w/m^2.K^4$
δ	زاویه میل خورشیدی	declination of the earth	(rad)
θ_{sun}	زاویه انحراف خورشیدی	solar incidence angle	(rad)
θ	رطوبت خاک	Soil moisture content	(cm^3/cm^3)
θ_{res}	رطوبت باقی‌مانده	residual water content	(cm^3/cm^3)
θ_{sat}	رطوبت اشباع	saturated water content	(cm^3/cm^3)
ρ_o	آلبیدوی سطحی	Surface albedo	ـــــ
ρ_b	چگالی ظاهری خاک	Soil bulk density	(g/cm^3)
ρ_{air}	دانسیته هوا	Air density	(kg/m^3)
ρ_i	ضریب بازتاب پوشش سطح زمین برای باند i	Reflectivity for band i	ـــــ
$\rho_{path\text{-}radiance}$	آلبیدوی ناشی از مسیر	Path-radiance albedo	ـــــ
ρ_w	دانسیته آب	Water density	(kg/m^3)
ρ_{TOA}	آلبیدوی بالای اتمسفر	Albedo at the top of the atmosphere	ـــــ
μ	ضریب شدت از نوع درجه یک برای انتقال املاح	First order rate coefficient of transformation	(1/d)
γ_{air}	ضریب رطوبتی	Psychrometric constant	(s/m)
λ	فاکتور شکل تجربی	shape parameter	ـــــ
λ_w	گرمای نهان تبخیر	Latent heat of vaporization	(J/kg)
λ_{ET}	گرمای نهان تبخیر-تعرق	Latent heat flux	(w/m^2)
Δ_v	شیب منحنی فشار بخار	Slope of the saturated vapour pressure curve	(Kp/C°)
ω_s	زاویه تابش خورشیدی	solar hour angle	(rad)
ω_i	ضریب وزنی طیفی هر باند	Weighting coefficient for each band	ـــــ