بسم الله الرحمن الرحيم

١٩٧٥

۸۷/۱/۱۰۶۳۵۸
۸۷/۱۲/۵

دانشکده کشاورزی
پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد
مهندسی آبیاری و زهکشی

برآورد تبخیر–تعرق مرجع منطقه‌ای با استفاده از زمین‌آمار و تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی: استان تهران)

نگارش:
مریم چایچی

اساتید راهنما:
دکتر مهدی کوچک‌زاده
دکتر مهدی شهابی‌فر

۱۳۸۷/۱۱/۱۲

پائیز ۱۳۸۷

۱۰۹۷۷۵

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

اعضای هیأت داوران نسخه ی نهائی پایان نامه خانم مریم چایچی تحت عنوان : برآورد تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای با استفاده از زمین‌آمار و تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی: استان تهران) 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 اول	مهدی کوچک‌زاده	استادیار	
۲- استاد راهنما دوم	مهدی شهابی‌فر	استادیار	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی			
۴- اساتید ناظر: ۱-	سید مجید میرلطیفی	استادیار	
۲-	نیازعلی ابراهیمی‌پاک	استادیار	

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

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی 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 ذیل را رعایت نمایند:

ماده۱- حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها/ رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/رساله بصورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی می‌باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما نویسنده مسئول مقاله باشند.

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.

ماده۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه/رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آیین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

ماده٤- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با همامنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده۵- این دستوالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸٤/٤/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده از تاریخ تصویب لازم‌الاجراست و هرگونه تخلف از مفاد این دستوالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

بسمه تعالی

آیین نامهٔ 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 نامهٔ کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی آبیاری و زهکشی است که در سال ۱۳۸۷در دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی جناب آقای دکتر مهدی کوچک‌زاده و جناب آقای دکتر مهدی شهابی‌فر 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 مریم چایچی دانشجوی رشته مهندسی آبیاری و زهکشی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: مریم چایچی

تاریخ و امضاء: پائیز ۱۳۸۷

تشکر و قدردانی:

اکنون که به لطف پروردگار، نگارش این پایان‌نامه به پایان رسیده است بر خود لازم می‌دانم از زحمات کلیه کسانی که در مراحل مختلف کار مرا یاری نموده‌اند تشکر و قدردانی بنمایم. در ابتدا لازم است از زحمات جناب آقای دکتر مهدی کوچک‌زاده و آقای دکتر مهدی شهابی‌فر که با راهنمایی‌های ارزشمندشان نقش بسزایی در انجام این پایان‌نامه داشتند، تشکر و قدردانی نمایم.

از زحمات آقای دکتر سید مجید میرلطیفی- مدیر محترم گروه مهندسی آبیاری و زهکشی و نماینده تحصیلات تکمیلی- و استاد ممتحن، آقای دکتر نیازعلی ابراهیمی‌پاک که زحمت مطالعه و اظهارنظر در مورد این پایان‌نامه را بر عهده داشتند، کمال تقدیر و تشکر را دارم.

هم‌چنین از زحمات خواهر عزیزم خانم مهندس شیرین چایچی که طی انجام این پایان‌نامه همواره با دلسوزی مرا یاری نمود، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم.

تقدیم به:

پدر عزیز و مادر مهربانم،

به پاس مهربانی‌ها و محبت‌های بی‌دریغ‌شان،
که کوچه باغ جوانی‌ام به عطر وجودشان
رنگ موفقیت گرفت و پلکان ترقی و دانش
به همت شانه‌های استوارشان قرار و دوام یافت.

چکیده

تبخیر-تعرق از اجزای اصلی گردش آب در طبیعت بوده و آگاهی از میزان آن در مطالعات آب و خاک ضروری می‌باشد. برآورد مقدار این کمیت با استفاده از معادلات موجود تنها معرف مقدار تبخیر-تعرق در ایستگاه‌ها است. درصورتی‌که به منظور توسعه منابع آب برای کشاورزی لازم است مطالعاتی در مقیاس منطقه‌ای انجام پذیرد که برای دستیابی به آن از تخمینگرهای زمین‌آمار استفاده می‌شود. در این بررسی تبخیر-تعرق مرجع در ۳۱ ایستگاه هواشناسی در سطح استان تهران با روش هارگریوز-سامانی در دوره آماری ۱۳۸۲-۱۳۷۸ در مقیاس ماهانه برآورد شده است. برای تهیه نقشه‌های تبخیر-تعرق مرجع در سطح استان که قابل استفاده در مطالعات منطقه‌ای می‌باشد، از تخمینگرهای زمین‌آماری استفاده گردیده است. در مواردی که از یک متغیر تعداد اندکی نمونه موجود بوده و یا متغیر اصلی در تمام نقاط شبکه نمونه‌برداری مورد اندازه‌گیری قرار نگرفته باشد، فرآیند تخمین با کمبود نمونه مواجه می‌شود. بنابراین از تخمینگرهایی بهره‌گیری می‌شود که با استفاده از یک متغیر کمکی و همبستگی متقابل بین متغیر اصلی و کمکی فرآیند تخمین انجام می‌پذیرد. مزیت استفاده از داده کمکی که به فرآیند تخمین کمک می‌کنند در این است که با استفاده از اطلاعات بیشتر، تخمین بهتر و دقیق‌تر می‌گردد. تکنیک سنجش از دور و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای روش کارآمدی است که امکان دسترسی به اطلاعات از یک سطح وسیع را فراهم می‌آورد. به علت پوشش وسیع تصاویر ماهواره‌ای، این داده‌ها در تحقیقات و مطالعات منطقه‌ای کارآمد می‌باشند. بنابراین با استفاده از تکنینک سنجش از دور می‌توان متغیر کمکی روش‌های زمین‌آماری را جمع‌آوری نمود. در این بررسی دو روش کریگینگ و کوکریگینگ با متغیر کمکی دمای سطح زمین که با استفاده از تصاویر ماهواره نوآ ۱۴ و ۱۶ در دوره آماری مورد مطالعه و الگوریتم‌های متعدد روزنه مجزا تعیین شده ، مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج این مطالعه نشان

داد خطای استاندارد شده برآورد تبخیر-تعرق مرجع در روش کوکریگینگ با متغیر کمکی دمای سطح زمین در مقیاس ماهانه کمتر از مقدار آن در روش کریگینگ بوده است. بنابراین استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای باعث افزایش دقت تخمین تبخیر-تعرق مرجع می‌گردد.

کلید واژه‌ها: تبخیر-تعرق مرجع، هارگریوز-سامانی، زمین‌آمار، سنجش از دور، دمای سطح زمین، ماهواره نوآ.

فهرست مطالب

عنوان مطالب	شماره صفحه
فصل اول: مقدمه و کلیات	
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۲- بیان مسئله و ضرورت انجام تحقیق	٦
۱-۳- اهداف تحقیق	۷
۱-٤- جنبه نوآوری تحقیق	۸
فصل دوم: تئوری و سابقه تحقیق	
۲-۱- تبخیر-تعرق مرجع	۱۰
۲-۱-۱- روش‌های برآورد تبخیر-تعرق	۱۲
۲-۱-۱-۱- روش پنمن-مانتیث	۱۲
۲-۱-۱-۲- روش هارگریوز-سامانی	۱۷
۲-۱-۱-۳- روش تشت تبخیر	۱۸
۲-۲- زمین‌آمار	۱۹
۲-۲-۱- مقدمه	۱۹
۲-۲-۲- تفاوت زمین‌آمار با آمار کلاسیک	۲۱
۲-۲-۳- متغیر مکانی	۲۲
۲-۲-٤- فرضیات ایستایی	۲۳
۲-۲-٤-۱- فرضیه پایایی قوی	۲۳
۲-۲-٤-۲- فرضیه پایایی مرتبه دوم	۲٤
۲-۲-٤-۳- فرضیه ذاتی	۲٤
۲-۲-٤-٤- فرضیه شبه پایایی	۲٥
۲-۲-٥- تغییرنما	۲٦
۲-۲-٦- ویژگی‌های تغییرنما	۲۸
۲-۲-٦-۱- اثر قطعه‌ای	۲۹
۲-۲-٦-۲- دامنه تأثیر	۳۰
۲-۲-٦-۳- سقف	۳۰
۲-۲-۷- هم‌تغییرنما	۳۱
۲-۲-۸- ناهمسانگردی	۳۱

۲-۲-۹- مدل‌های تغییرنما ۳۳
۲-۲-۹-۱- مدل‌های سقف‌دار ۳۳
۲-۲-۹-۲- مدل‌های بدون‌سقف ۳٤
۲-۲-۱۰- مدل ساختارهای تودرتو ۳۵
۲-۲-۱۱- روش‌های میان‌یابی ۳۵
۲-۲-۱۲- روش کریگینگ ۳٦
۲-۲-۱۳- ویژگی‌های کریگینگ ۳٦
۲-۲-۱٤- انواع کریگینگ ۳۸
۲-۲-۱۵- روش میانگین متحرک وزنی ٤۳
۲-۲-۱٦- روش تین پلیت اسموتینگ اسپیلنس ٤٤
۲-۳- سنجش از دور ٤۵
۲-۳-۱- مقدمه ٤۵
۲-۳-۲- ماهواره نوآ ۵۰
۲-۳-۳- تصحیحات ۵۲
۲-۳-۳-۱- تصحیح رادیومتری ۵۲
۲-۳-۳-۲- تصحیح هندسی ۵۵
۲-۳-۳-۳- تصحیح اتمسفری ۵٦
۲-۳-۳-۳-۱- روش دو دید ۵٦
۲-۳-۳-۳-۲- روش چند باندی ۵۸
۲-۳-۳-٤- وجود ابر و برف در تصاویر ۵۸
۲-۳-٤- مفهوم دما و انواع آن ٦۲
۲-۳-٤-۱- دمای سطح زمین ٦۳
۲-۳-٤-۲- دمای هوای سطح ٦٤
۲-۳-۵- تعیین دمای سطح زمین ٦۵
۲-۳-٦- الگوریتم‌های روزنه مجزا ٦۹
۲-۳-٦-۱- الگوریتم پرایس (۱۹۸٤) ۷۰
۲-۳-٦-۲- الگوریتم مک کلاین و همکاران (۱۹۸۵) ۷۰
۲-۳-٦-۳- الگوریتم بیکر و لی (۱۹۹۰) ۷۰
۲-۳-٦-٤- الگوریتم ویدال (۱۹۹۱) ۷۱

۲-۳-٦-٥- الگوریتم پراتا و پلات (۱۹۹۱) ۷۲
۲-۳-٦-٦- الگوریتم کر و همکاران (۱۹۹۲) ۷۲
۲-۳-٦-۷- الگوریتم سوبرینو و همکاران (۱۹۹۳) ۷۳
۲-۳-٦-۸- الگوریتم کول و همکاران (۱۹۹٤) ۷٤
۲-۳-٦-۹- الگوریتم یولیوری و همکاران (۱۹۹٤) ۷٤
۲-۳-٦-۱۰- الگوریتم کول و کاسیلیس (۱۹۹۷) ۷٥
۲-٤- سامانه اطلاعات جغرافیایی ۷٥
۲-٥- بررسی منابع ۷۷
فصل سوم: مواد و روش‌ها
۳-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه ۹۱
۳-۱-۱- موقعیت استان تهران ۹۱
۳-۱-۲- اقلیم استان تهران ۹۲
۳-۱-۳- منابع آب استان تهران ۹۲
۳-۱-٤- کشاورزی و باغبانی در استان تهران ۹۳
۳-۳- منابع داده‌ها ۹٤
۳-۳- محاسبه دمای سطح زمین ۹۸
۳-۳-۱- تصحیح داده‌های سنجنده AVHRR ۹۹
۳-۳-۲- شناسایی نواحی ابری و برفی در تصاویر ۱۰۰
۳-۳-۳- تعیین دمای سطح زمین از الگوریتم‌های روزنه مجزا ۱۰۱
۳-۳-٤- انتخاب بهترین الگوریتم دمای سطح زمین ۱۰۱
۳-٤- محاسبه تبخیر-تعرق مرجع به روش فائو-پنمن-مانتیث ۱۰۲
۳-٥- محاسبه تبخیر-تعرق مرجع به روش هارگریوز-سامانی ۱۰۹
۳-٦- محاسبه تبخیر-تعرق مرجع به روش تشت تبخیر ۱۰۹
۳-۷- بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها ۱۱۱
۳-۸- فرآیند میان‌یابی به روش کریگینگ و کوکریگینگ ۱۱۱
۳-۹- اعتبارسنجی متقابل ۱۱۳
۳-۱۰- نرم‌افزارها ۱۱٤
فصل چهارم: نتایج و بحث
٤-۱- نتایج محاسبه دمای سطح زمین و انتخاب بهترین الگوریتم ۱۱٦

٤-٢- نتایج محاسبه تبخیر-تعرق مرجع ماهانه ١١٩
٤-٣- برازش مدل‌های شبه‌تغییرنما و شبه‌تغییرنمای متقابل ١٢٠
٤-٤- نتایج میان‌یابی ١٢٠
٤-٥- تهیه نقشه‌های تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در مقیاس ماهانه ١٢٤
٤-٦- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ١٤٩
منابع ١٥٢

فهرست جداول

عنوان جدول	شماره صفحه
۲-۱- مشخاصت سری ماهواره نوآ	۵۱
۲-۲- مشخصات باندهای سنجنده AVHRR	۵۱
۲-۳- ضرایب تصحیح باندهای ۱ و ۲ ماهواره نوآ ۱۶-۱۴	۵۳
۳-۱- عمده تولیدات زراعی و باغی استان تهران	۹۳
۳-۲- مشخصات ایستگاه‌های استان تهران	۹۵
۳-۳- مشخصات تصاویر ماهواره نوآ استفاده شده	۹۶
٤-۱- نتایج حداقل آماره MAE برای الگوریتم‌های مختلف در هر ماه	۱۱۶
٤-۲- نتایج آماری ماهانه دمای سطح زمین بر حسب درجه کلوین از الگوریتم کول و کاسیلیس (۱۹۹۷)	۱۱۸
٤-۳- نتایج آماری تبخیر-تعرق مرجع ماهانه بر حسب میلیمتر	۱۱۹
٤-٤- پارامترهای مدل‌های شبه‌تغییرنما و شبه‌تغییرنمای متقابل	۱۲۱
٤-۵- نتایج خطای استاندارد شده برآورد بر حسب میلیمتر	۱۲۲
جدول ٤-٦- انحراف از معیار روش‌های میان‌یابی بر حسب میلیمتر	۱۲۳

فهرست اشکال

عنوان شکل	شماره صفحه
۲-۱- نمونه‌ای از یک تغییرنما	۲۸
۲-۲- ناهمسانگردی هندسی	۳۲
۲-۳- ناهمسانگردی منطقه‌ای	۳۳
۲-٤- باندهای مورد استفاده در سنجش از دور	٤٦
۲-٥- فرآیند هفت مرحله‌ای سنجش از دور	٤٨
۳-۱- موقعیت استان تهران و شهرستان‌های آن	۹۱
۳-۲- نمونه‌ای از تصاویر استفاده شده قبل از فرآیند زمین‌مرجع کردن (الف) و پس از آن (ب)	۱۰۰
٤-۱- نقشه تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در مهر ماه بر حسب میلیمتر	۱۲٥
٤-۲- نقشه انحراف از معیار تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در مهر ماه بر حسب میلیمتر	۱۲٦
٤-۳- نقشه تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در آبان ماه بر حسب میلیمتر	۱۲۷
٤-٤- نقشه انحراف از معیار تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در آبان ماه بر حسب میلیمتر	۱۲۸
٤-٥- نقشه تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در آذر ماه بر حسب میلیمتر	۱۲۹
٤-٦- نقشه انحراف از معیار تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در آذر ماه بر حسب میلیمتر	۱۳۰
٤-۷- نقشه تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در دی ماه بر حسب میلیمتر	۱۳۱
٤-۸- نقشه انحراف از معیار تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در دی ماه بر حسب میلیمتر	۱۳۲
٤-۹- نقشه تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در بهمن ماه بر حسب میلیمتر	۱۳۳
٤-۱۰- نقشه انحراف از معیار تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در بهمن ماه بر حسب میلیمتر	۱۳٤
٤-۱۱- نقشه تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در اسفند ماه بر حسب میلیمتر	۱۳٥
٤-۱۲- نقشه انحراف از معیار تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در اسفند ماه بر حسب میلیمتر	۱۳٦
٤-۱۳- نقشه تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در فروردین ماه بر حسب میلیمتر	۱۳۷
٤-۱٤- نقشه انحراف از معیار تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در فروردین ماه بر حسب میلیمتر	۱۳۸
٤-۱٥- نقشه تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در اردیبهشت ماه بر حسب میلیمتر	۱۳۹
٤-۱٦- نقشه انحراف از معیار تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در اردیبهشت ماه بر حسب میلیمتر	۱٤۰
٤-۱۷- نقشه تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در خرداد ماه بر حسب میلیمتر	۱٤۱

٤-١٨- نقشه انحراف از معیار تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در خرداد ماه بر حسب میلیمتر ١٤٢
٤-١٩- نقشه تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در تیر ماه بر حسب میلیمتر ١٤٣
٤-٢٠- نقشه انحراف از معیار تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در تیر ماه بر حسب میلیمتر ١٤٤
٤-٢١- نقشه تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در مرداد ماه بر حسب میلیمتر ١٤٥
٤-٢٢- نقشه انحراف از معیار تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در مرداد ماه بر حسب میلیمتر ١٤٦
٤-٢٣- نقشه تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در شهریور ماه بر حسب میلیمتر ١٤٧
٤-٢٤- نقشه انحراف از معیار تبخیر-تعرق مرجع منطقه‌ای در شهریور ماه بر حسب میلیمتر ١٤٨

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

کشور ما ایران از جمله کشورهای خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود. به طوری که متوسط بارندگی سالانه آن حدود یک سوم متوسط بارندگی خشکی‌ها و کمتر از یک سوم متوسط بارندگی کره زمین و از سوی دیگر میزان تبخیر از سطح آن حدود سه برابر تبخیر خشکی‌های زمین می‌باشد (علی اصغرزاده و ثنایی‌نژاد، ۱۳۸۵). در سال‌های اخیر افزایش جمعیت و کمبود منابع آب بخش کشاورزی را که عمده‌ترین مصرف‌کننده آب است، با چالش‌های عمده‌ای در جهت تأمین نیاز غذایی مردم روبرو ساخته است. در این میان محدودیت منابع آب در دسترس و استفاده نامطلوب و غیراقتصادی از آن، آب را به کالای اقتصادی با ارزشی تبدیل نموده است. بنابراین برنامه‌ریزی دقیق برای مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی ضروری می‌باشد.

تبخیر-تعرق یکی از اجزای اصلی گردش آب در طبیعت است که موجب برگشت آب از سطح زمین به اتمسفر می‌شود. به طور کلی تبخیر-تعرق معرف مصرف آب توسط پوشش گیاهی بوده و آگاهی از میزان کمی آن در مطالعات منابع آب ضروری است. هم‌چنین تعیین دقیق این کمیت و توانایی در پیش‌بینی آن سرمایه ارزشمندی برای مدیران منابع آب کشور است زیرا اطلاعات درباره تبخیر-تعرق در برنامه‌ریزی توسعه کشت، وضع قوانین مصرف آب، مطالعات اقلیم‌شناسی و هیدرولوژیکی مفید می‌باشد.

تبخیر-تعرق کمیتی است تابع عوامل اقلیمی و با استفاده از داده‌های هواشناسی محاسبه می‌گردد. روش‌های بسیاری به منظور تخمین تبخیر-تعرق مرجع توسعه داده شده‌اند. در این روش‌ها از پارامترهایی مانند دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و تابش خورشید استفاده می‌شود که از نوع داده‌های مکانی بوده و شدیداً تابع خصوصیات مکان می‌باشند از این رو تبخیر-تعرق یک متغیر مکانی است و تخمین آن با روش‌هایی انجام می‌گیرد که در دو گروه اصلی روش‌های مستقیم

و روش‌های محاسبه‌ای قرار می‌گیرند. در روش‌های مستقیم بخش کوچک و کنترل شده‌ای از مزرعه مجزا شده و مقدار تبخیر-تعرق در یک دوره زمانی مستقیماً اندازه‌گیری می‌شود. در روش های محاسبه‌ای (غیرمستقیم) از ارتباط عوامل اقلیمی و گیاهی با تبخیر-تعرق و معادلاتی که با روش‌های مستقیم واسنجی شده‌اند، تبخیر-تعرق تخمین زده می‌شود (علیزاده،۱۳۸۱). مقدار تبخیر-تعرق تخمین زده شده در روش‌های غیرمستقیم تنها بیانگر میزان این پارامتر در موقعیتی است که عوامل مختلف اقلیمی و گیاهی اندازه‌گیری شده‌اند. روش‌های غیرمستقیم تخمین تبخیر-تعرق نیز به سه گروه روش‌های آیرودینامیک، روش‌های توازن انرژی، روش‌های ترکیبی و روش‌های تجربی تقسیم می‌شوند. سازمان خواروبار جهانی (FAO) روش ترکیبی فائو-پنمن-مانتیث را به عنوان معتبرترین روش تخمین تبخیر-تعرق مرجع معرفی نموده است. از گروه روش‌های تجربی نیز روش‌های تورنت-وایت، بلانی-کریدل، جنسن-هیز، هارگریوز-سامانی و روش تشت تبخیر متداول‌ترین روش‌ها می‌باشند.

برای استفاده از این معادلات نیاز به پارامترهای متعدد هواشناسی از جمله سرعت باد در ارتفاع ۲ متری، تابش خالص، رطوبت نسبی، دمای هوا است که در ایستگاه‌های هواشناسی اندازه‌گیری می‌شوند. تعیین تبخیر-تعرق با استفاده از این داده‌ها تنها بیانگر مقدار این کمیت در ایستگاه‌های هواشناسی است و هیچ‌گونه اطلاعی از مقدار آن در مناطق مجاور بدست نمی‌دهد. در کشور ما ایران تعداد ایستگاه‌هایی که قادر به اندازه‌گیری این پارامترها باشند زیاد نبوده و دامنه پراکنش آن با استانداردهای علمی مطابقت ندارد.

به منظور توسعه منابع آب برای کشاورزی و مدیریت مصرف آب در این بخش لازم است مطالعاتی در مقیاس بزرگ انجام پذیرد که تحت عنوان مقیاس منطقه‌ای[1] بیان می‌شود. این مقیاس

[1] Regional Scale

به مقیاس بزرگتر از برآوردهای محلی[1] اطلاق می‌گردد. مقیاس برآورد محلی تبخیر-تعرق معمولاً در شعاع ۱۰ کیلومتری از نقطه مرجع در نظر گرفته می‌شود درصورتی‌که مقیاس منطقه‌ای برای کاربرد متغیرهای هیدرولوژیکی مانند تبخیر-تعرق، شبکه‌ای به ابعاد ۱۰۰ در ۵۰۰ کیلومتر را شامل می‌شود (کنا و آمگی،۱۹۸۷). برای انجام این مطالعات آگاهی از مقدار تبخیر-تعرق تنها در ایستگاه-های اندازه‌گیری کافی نخواهد بود و افزایش تعداد ایستگاه‌ها ضمن هزینه‌بر بودن زمان زیادی را طلب می‌کند و می‌توان گفت مناطق زیادی وجود دارند که دانستن مقدار یک کمیت در آنها ضروری بوده اما ایستگاه‌های هواشناسی در نزدیکی آن مناطق وجود ندارد. برای رفع این مشکل راه‌حل‌های متعددی مانند استفاده از داده‌های نزدیک‌ترین ایستگاه و یا استفاده از متوسط داده‌های ایستگاه‌های مجاور وجود دارد. در این روش‌ها دقت چندانی در تخمین‌ها حاصل نمی‌شود. در مقابل این روش‌ها، روش‌های زمین‌آماری[2] وجود دارند که در آنها امکان تعیین دقت برآورد و مشخص نمودن ساختار مکانی داده‌ها میسر است (مهدیان و همکاران،۱۳۸۰).

در روش‌های زمین‌آماری پس از تخمین مقدار یک پارامتر در ایستگاه‌های هواشناسی، روش‌های میان‌یابی به منظور تعمیم مقادیر تخمینی در یک مقیاس وسیع به کار گرفته می‌شوند (دالزیس و همکاران،۲۰۰۲). سپس از داده‌های ایستگاه‌های موجود استفاده شده، کمیت مورد نظر در سطح منطقه برآورد و نقشه‌های آن تهیه می‌گردد. در مورد تبخیر-تعرق پس از برآورد نقطه‌ای به روش-های محاسبه‌ای، میان‌یابی زمین‌آماری انجام شده و تبخیر-تعرق در سطح منطقه تخمین زده می‌شود و در نهایت نقشه تبخیر-تعرق منطقه‌ای تهیه می‌گردد که قابل استفاده در طرح ها و پروژه‌های آبی است.

---

[1]Local Scale
[2]Geostatistics