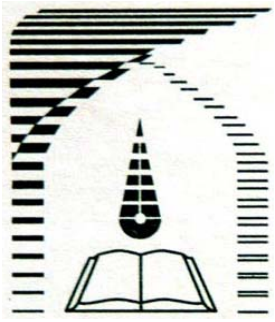
بسم الله الرحمن الرحيم



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده کشاورزی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی

برآورد تبخیر – تعرق مرجع با استفاده از داده های محدود هواشناسی در شرایط اقلیمی مختلف

اسعد سلطانی

استاد راهنما:

دکتر سید مجید میر لطیفی

استاد مشاور:

دکتر حسین دهقانی سانیج

شهریور ۸۹

تقدیم به پدر دلسوز،

مادر مهربان،

خواهر و برادران عزیزم.

بسمه تعالی

آیین نامه چاپ پایان نامه رساله های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به این که چاپ و انتشار پایان نامه)رساله(های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت های علمی پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند.

ماده **۱** در صورت اقدام به چاپ پایا ن‌نامه(رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به صورت کتبی به **دفتر نشر آثار علمی** دانشگاه اطلاع دهد.

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

"کتاب حاضر حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد /رساله دکتری نگارنده در رشته آبیاری و زهکشی- مهندسی کشاورزی است که در سال **۱۳۸۹** در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر سید مجید میرلطیفی و مشاوره جناب آقای دکتر حسین دهقانی سانسج از آن دفاع شده است."

ماده **۳** به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد از 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.

ماده **۴** در صورت رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارندگان چاپ را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده **۵** دانشجو تعهد و قبول می‌کند 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 ماده ۴ را از محل توقیف کتاب های عرضه شده نگارنده، برای فروش تأمین نماید.

ماده **۶** اینجانب اسعد سلطانی دانشجوی رشته آبیاری و زهکشی- مهندسی کشاورزی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی: اسعد سلطانی

تاریخ و امضاء:

دستورالعمل حق 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 هیئت علمی، دانشجویان، دانشآموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده **۱**- حقوق مادی و معنوی پایان نامه /رسالههای مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هر گونه بهره برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین نامهها و دستورالعملهای مصوب دانشگاه باشد.

ماده **۲**- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه /رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی می‌باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما نویسنده مقاله باشد.

تبصره: در مقلاتی که پس از دانش‌آموختگی به صورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان نامه /رساله منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده **۳**- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه /رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آیین نامه‌های مصوب انجام شود.

ماده **۴**- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین المللی که حاصل از نتایج مستخرج از پایان نامه /رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده **۵**- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هر گونه تخلف از مواد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

فهرست مطالب

۱- فصل اول ۲
۱-۱- مقدمه.... ..... ۲
۱-۲- تبخیر..... ۳
۱-۳- تعرق..... ۴
۱-۴- تبخیر – تعرق ۴
۱-۵- عوامل موثر بر تبخیر- تعرق..... ۵
۱-۵-۱- پارامترهای هواشناسی ۵
۱-۵-۲- عوامل گیاهی ۵
۱-۵-۳- عوامل مدیریت زراعی و محیطی ۵
۱-۶- مفاهیم تبخیر- تعرق ۶
۱-۶-۱- تبخیر – تعرق پتانسیل ۶
۱-۶-۲- تبخیر – تعرق گیاه مرجع ۷
۱-۶-۳- تبخیر – تعرق گیاهان تحت شرایط استاندارد..... ۷
۱-۶-۴- تبخیر – تعرق گیاهان تحت شرایط غیر استاندارد..... ۷
۱-۷- روش های اندازه گیری تبخیر- تعرق مرجع ۸
۱-۷-۱- روشهای ترکیبی ۹
۱-۷-۲- روش‌های تشعشعی ۱۰
۱-۷-۳- روش‌های دمایی..... ۱۰
۱-۷-۴- روش‌های رطوبتی..... ۱۱
۱-۸- معادله فائو پنمن – مانتیث ۱۱
۱-۸-۱- داده‌های مورد نیاز معادله فائو پنمن – مانتیث..... ۱۳
۱-۹- برآورد داه‌های غیر موجود..... ۲۱
۱-۹-۱- مقدمه ۲۱
۱-۹-۲- برآورد داده‌های رطوبت غیر موجود..... ۲۲

۱-۹-۳- برآورد داده‌های تابش غیر موجود ۲۲
۱-۹-۴- داده‌های سرعت باد غیر موجود ۲۳
۱-۱۰-شبکه‌های عصبی مصنوعی..... ۲۳
۱-۱۰-۱- مقدمه..... ۲۳
۱-۱۰-۲- ویژگیهای شبکه‌های عصبی مصنوعی ۲۴
۱-۱۰-۳- ساختار کلی شبکه‌های عصبی مصنوعی ۲۵
۱-۱۰-۴- اصول محاسباتی شبکه‌های عصبی مصنوعی ۲۷
۱-۱۰-۵- آموزش شبکه عصبی ۲۸
۱-۱۰-۶- انواع مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی ۲۸
۲-فصل دوم..... ۳۱
۲-۱- مروری بر تحقیقات گذشته ۳۱
۳- فصل سوم..... ۴۳
۳-۱- ایستگاه‌های هواشناسی ۴۳
۳-۲- داده‌های هواشناسی ۴۴
۳-۲-۱- صحت سنجی داده‌ها ۴۵
۳-۲-۲- تصحیح داده‌های دما و رطوبت در ایستگاه‌های غیر مرجع ۵۱
۳-۳- معرفی مدلهای مورد استفاده ۵۳
۳-۳-۱- معادله تورک..... ۵۳
۳-۳-۲- معادله بلانی-کریدل فائو ۵۳
۳-۳-۳- معادله هارگریوز- سامانی اصلاح شده ۵۴
۳-۳-۴- روش استاندارد برای تخمین تبخیر- تعرق مرجع..... ۵۴
۳-۳-۵- روش کاهش داده ۵۵
۳-۳-۶- شبکه عصبی مصنوعی..... ۵۷
۳-۴- آنالیز حساسیت ۶۱
۳-۴-۱- روش نمودار حساسیت ۶۱
۳-۴-۲- روش ضریب حساسیت ۶۲

۳-۵- مقایسه روش های مختلف با روش استاندارد ۶۳
۳-۶- بدست آوردن بهترین معادله با کمترین داده ورودی برای هر اقلیم ۶۵
۴-فصل چهارم ۶۷
۴-۱- مقدمه..... ۶۷
۴-۲- مقادیر تبخیر- تعرق مرجع روزانه به روش فائو پنمن- مانتیث ۶۷
۴-۳- ارزیابی عملکرد مدل‌های تجربی ۶۸
۴-۳-۱- عملکرد مدل های تجربی در اقلیم مرطوب ۶۸
۴-۳-۲- عملکرد مدل‌های تجربی در اقلیم گرم و نیمه خشک ۶۹
۴-۳-۳- عملکرد مدل‌های تجربی در اقلیم بسیار خشک ۷۰
۴-۴- نتایج مدل‌های کاهش داده در معادله فائو پنمن- مانتیث ۷۱
۴-۴-۱- عملکرد مدل‌های کاهش داده در اقلیم مرطوب ۷۲
۴-۴-۲- عملکرد مدل‌های کاهش داده در اقلیم گرم و خشک ۷۴
۴-۴-۳- عملکرد مدل‌های کاهش داده در اقلیم بسیار خشک ۷۸
۴-۵- ارزیابی مدل شبکه عصبی مصنوعی ۸۴
۴-۵-۱- عملکرد مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی در اقلیم مرطوب ۸۴
۴-۵-۲- عملکرد مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی در اقلیم گرم و نیمه خشک ۸۷
۴-۵-۳- عملکرد مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی در اقلیم بسیار خشک ۹۰
۴-۶- بهترین مدل برای هر اقلیم در شرایطی که داده کم داشته باشیم ۹۶
۴-۶-۱- در حالتی که داده دمای نقطه شبنم (T_{dew}) در دسترس نباشد ۹۶
۴-۶-۲- در حالتی که داده های ساعات آفتابی (n) در دسترس نباشد ۹۹
۴-۶-۳- در حالتی که فقط از داده دما و سرعت باد استفاده شود..... ۱۰۰
۴-۶-۴- در حالتی که فقط از داده‌های دما استفاده شود ۱۰۱
۴-۷- نتایج آنالیز حساسیت..... ۱۰۳
۴-۷-۱- گراف حساسیت ۱۰۳
۴-۷-۲- ضرایب حساسیت ۱۰۵
۴-۸- نتیجه‌گیری نهایی ۱۰۷

۴-۹- پیشنهادها ۱۰۸
۵- فهرست منابع ۱۱۰

فهرست جداول

جدول ۱-۳: موقعیت جغرافیایی و اقلیم ایستگاه‌های هواشناسی ۴۴
جدول ۲-۳: مقادیر میانگین روزانه پارامترهای هواشناسی در ایستگاه‌های مختلف ۴۵
جدول ۳-۳: مقایسه پارامترهای ورودی مورد نیاز معادلات مختلف تخمین تبخیر- تعرق ۵۵
جدول ۴-۴: مقایسه پارامترهای ورودی مورد نیاز معادلات داده‌های محدود ۵۷
جدول ۵-۳: شبکههای در نظر گرفته شده بر اساس پارامترهای موثر بر تبخیر - تعرق ۶۱
جدول ۱-۴: مقادیر میانگین ET_O در ایستگاه های مختلف ۶۷
جدول ۲-۴: عملکرد مدل های تجربی در اقلیم مرطوب ۶۹
جدول ۳-۴: عملکرد مدل های تجربی در اقلیم گرم و نیمه خشک ۷۰
جدول ۴-۴: عملکرد مدل‌های تجربی در اقلیم بسیار خشک ۷۱
جدول ۵-۴: عملکرد مدل‌های داده‌های محدود در اقلیم مرطوب ایستگاه رامسر ۷۲
جدول ۶-۴: عملکرد مدل های داده‌های محدود در اقلیم مرطوب ایستگاه آستارا ۷۳
جدول ۷-۴: عملکرد مدل های دادههای محدود در اقلیم مرطوب ایستگاه رشت ۷۴
جدول ۸-۴: عملکرد مدل‌های داده محدود در اقلیم گرم و نیمه خشک ایستگاه کرمانشاه ۷۶
جدول ۹-۴: عملکرد مدل‌های داده محدود در اقلیم گرم و نیمه خشک ایستگاه ارومیه ۷۷
جدول ۱۰-۴: عملکرد مدل‌های داده‌های محدود در اقلیم گرم و نیمه خشک ایستگاه تبریز ۷۸
جدول ۱۱-۴: عملکرد مدل‌های داده‌های محدود در اقلیم بسیار خشک ایستگاه کرمان ۷۹
جدول ۱۲-۴: عملکرد مدل های داده‌های محدود در اقلیم بسیار خشک ایستگاه یزد ۸۰
جدول ۱۳-۴: عملکرد مدل های داده‌های محدود در اقلیم بسیار خشک ایستگاه زاهدان ۸۱
جدول ۱۴-۴: عملکرد مدل شبکه عصبی در اقلیم مرطوب ایستگاه رشت ۸۵
جدول ۱۵-۴: عملکرد مدل شبکه عصبی در اقلیم مرطوب ایستگاه آستارا ۸۶
جدول ۱۶-۴: عملکرد مدل شبکه عصبی در اقلیم مرطوب ایستگاه رامسر ۸۷

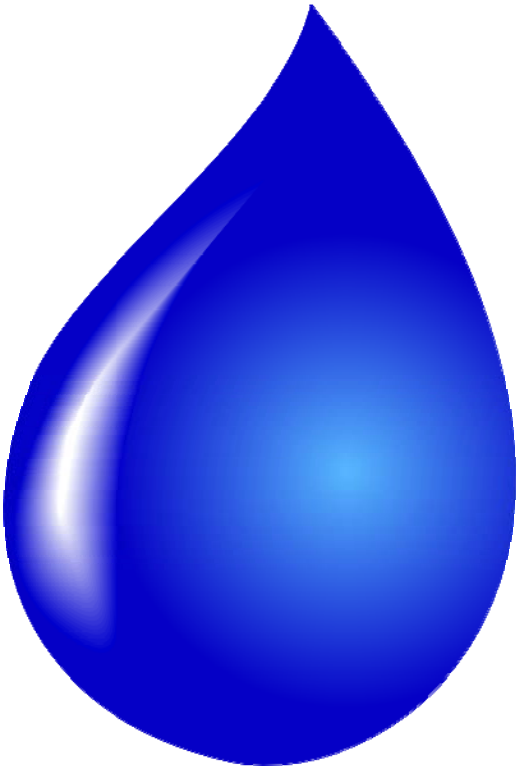
جدول ۱۷-۴: عملکرد مدل شبکه عصبی در اقلیم گرم و نیمه خشک ایستگاه کرمانشاه ۸۸
جدول ۱۸-۴: عملکرد مدل شبکه عصبی در اقلیم گرم و نیمه خشک ایستگاه ارومیه ۸۹
جدول ۱۹-۴: عملکرد مدل شبکه عصبی در اقلیم گرم و نیمه خشک ایستگاه تبریز.....۹۰
جدول ۲۰-۴: عملکرد مدل شبکه عصبی در اقلیم بسیار خشک ایستگاه کرمان ۹۱
جدول ۲۱-۴: عملکرد مدل شبکه عصبی در اقلیم بسیار خشک ایستگاه یزد ۹۲
جدول ۲۲-۴: عملکرد مدل شبکه عصبی در اقلیم بسیار خشک ایستگاه زاهدان ۹۳
جدول ۲۳-۴: مقایسه مدل‌های مختلف در اقلیم مرطوب (ایستگاه آستارا) ۹۷
جدول ۲۴-۴: مقایسه مدل‌های مختلف در اقلیم گرم و نیمه خشک (ایستگاه ارومیه) ۹۸
جدول ۲۵-۴: مقایسه مدل‌های مختلف در اقلیم بسیار خشک (ایستگاه کرمان).....۹۹
جدول ۲۶-۴: مقایسه مدل‌های مختلف (داده های ساعات آفتابی در دسترس نباشند) ۱۰۰
جدول ۲۷-۴: مقایسه مدل‌های مختلف (پارامترهای ورودی دما و سرعت باد باشد) ۱۰۱
جدول ۲۸-۴: مقایسه مدل‌های مختلف (در حالتی که پارامتر ورودی دما باشد) ۱۰۲

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: عوامل موثر بر تبخیر – تعرق بر مبنای مفاهیم مرتبط با آن (IRNCID,2009) ۶
شکل ۲-۱: مفاهیم تبخیر – تعرق (IRNCID,2009)..... ۸
شکل ۳-۱: اجزای مختلف تابش خورشید (IRNCID,2009) ۲۰
شکل ۴-۱: شبکه عصبی سه لایه پیشرو با الگوریتم انتشار برگشتی.....۲۷
شکل ۱-۳: نمودار Rs و Rso در برابر روز از سال برای سال ۲۰۰۸ در ایستگاه رشت.....۴۶
شکل ۲-۳: نمودار Rs و Rso در برابر روز از سال برای سال ۲۰۰۸ در ایستگاه یزد ۴۷
شکل ۳-۳: نمودار Rs و Rso در برابر روز از سال برای سال ۲۰۰۸ در ایستگاه ارومیه.....۴۷
شکل ۴-۳: دمای حداکثر روزانه برای سال ۲۰۰۸ و مقدار میانگین آن (۲۰۰۸- ۱۹۸۴)، ایستگاه یزد ..۴۸
شکل ۵-۳: دمای حداقل روزانه برای سال ۲۰۰۸ و مقدار میانگین آن (۲۰۰۸- ۱۹۸۴)، ایستگاه یزد ...۴۹
شکل ۶-۳: رطوبت نسبی حداکثر و حداقل روزانه برای سال ۲۰۰۸، ایستگاه تبریز ۵۰
شکل۷-۳: رطوبت نسبی حداکثر و حداقل روزانه برای سال ۲۰۰۸، ایستگاه کرمان.....۵۰

شکل۸-۳: رطوبت نسبی حداکثر و حداقل روزانه برای سال ۲۰۰۸، ایستگاه رامسر ۵۱
شکل ۹-۳: خواص مربوط به طراحی شبکه در نرم‌افزار .MATLAB 7.8 .....۵۹
شکل ۱-۴: نمودار برآورد تبخیر تعرق در حالت کاهش داده (-ea) نسبت به معادله فائو پنمن مانتیث، a) در ایستگاه یزد ، b) آستارا و c) ارومیه.....۸۲
شکل ۲-۴: نمودار برآورد تبخیر تعرق در حالت کاهش داده (فقط دما) نسبت به معادله فائو پنمن مانتیث a) در ایستگاه یزد b) در آستارا و c) در ایستگاه ارومیه ۸۳
شکل ۳-۴:بهترین شبکه (ANN1) a) اقلیم مرطوب (رامسر) b) اقلیم گرم ونیمه خشک (اومیه) c) اقلیم بسیار خشک (زاهدان) ۹۴
شکل ۴-۴:بهترین شبکه (ANN1) a) اقلیم مرطوب (رامسر) b) اقلیم گرم ونیمه خشک (اومیه) c) اقلیم بسیار خشک (زاهدان) ۹۵
شکل ۵-۴: گراف حساسیت مدل های تجربی درایستگاه رشت a) فائو پنمن مانتیث b) ترک c) بلانی کریدل.....۱۰۴
شکل ۶-۴: ضریب حساسیت مدل های تجربی درa) اقلیم مرطوب (ایستگاه رشت) b) اقلیم بسیار خشک (ایستگاه یزد) c) اقلیم گرو و نیمه خشک (ایستگاه ارومیه).....۱۰۶

فصل اول



مقدمه و کلیات

۱- فصل اول

۱-۱- مقدمه

تبخیر- تعرق یکی از مهمترین پارامترهایی است که دانستن آن جهت برآورد آب مورد نیاز گیاه و طراحی سیستم‌های آبیاری و برنامه ریزی آبیاری ضروری است. تعیین دقیق مقدار آبی که برای تبخیر - تعرق مصرف می‌شود، از عوامل اساسی در برنامه ریزی برای رسیدن به محصول بیشتر است (علیزاده، ۱۳۸۳).

روش‌های متعددی برای برآورد تبخیر- تعرق گیاه مرجع وجود دارد که هر کدام با توجه به فرضیات و داده‌های مختلف هواشناسی مورد استفاده در آنها، اغلب نتایج متفاوتی به دست می‌دهند. بعضی از این روش‌ها تحت واسنجی‌های محلی به دست آمده‌اند و معلوم شده است که اعتبار جهانی محدود دارند (زند پارسا، ۱۳۷۵).

یکی از روش‌های برآورد مقادیر تبخیر- تعرق، استفاده از لایسیمتر وزنی است، اما از آنجا که احداث آن هزینه زیادی را به همراه دارد و از طرفی آمار این روش معمولاً در اختیار نمی‌باشند، بیشتر از روش‌های تجربی برای برآورد تبخیر- تعرق مرجع استفاده می‌شود (سپاسخواه،۱۳۷۷).

معادله فائو پنمن- مانتیث (FAO-56 PM) به عنوان یک روش استاندارد برای تعیین تبخیر- تعرق گیاه مرجع، از طرف سازمان خوار و بار جهانی (FAO) توصیه شده است، برای استفاده از این معادله ایستگاه‌های هواشناسی باید مجهز به وسایل اندازه‌گیری دمای هوا ، سرعت باد ، رطوبت نسبی و تابش‌سنج یا آفتاب‌نگار باشند. تجهیز چنین ایستگاه‌هایی برای مزارع کشاورزی هزینه بالایی را در بردارد (رحیمی، ۱۳۸۵).

مدل‌های تجربی گوناگونی جهت تخمین تبخیر- تعرق مرجع ارائه شده است که در هرکدام بر اساس شرایط اقلیمی منطقه خاصی به یک یا چند عامل توجه شده است، لذا قبل از کاربرد این مدل‌ها برای منطقه مورد نظر باید توسط روش‌های آماری واسنجی محلی گردند.

برای برآورد تبخیر- تعرق مرجع با معادله فائو پنمن- مونتیث برای حالتی که مجموعه داده‌ها شامل حداکثر و حداقل دمای هوا باشند، می‌توان برآورد قابل قبولی برای دوره های ده روزه و ماهانه ارائه داد. اعتبار روش های برآورد داده‌های غیر موجود، باید در سطح محلی ارزیابی شوند . این ارزیابی می‌تواند در ایستگاه‌های هواشناسی دارای اطلاعات کامل انجام گیرد. روش کار بدین ترتیب است که تبخیر- تعرق مرجع برای دو حالت کامل بودن و نبودن (با حذف عمدی) داده‌ها محاسبه و مقایسه می‌شوند. نسبت تبخیر- تعرق محاسبه شده در دو حالت باید حدوداً یک شود. اگر این نسبت به طور معنی‌داری متفاوت از عدد یک شود، می‌توان نسبت بدست آمده را به عنوان ضریب اصلاح تبخیر- تعرق برآورد شده از روی داده‌های هواشناسی غیر کامل در همان منطقه به کار برد. چنانچه خطای استاندارد این روش بیشتر از ۲۰ درصد میانگین تبخیر- تعرق مرجع باشد باید روش برآورد داده‌های غیر موجود برای یافتن علل و محدودیت‌های آن، به طور دقیق بررسی و تحلیل شود.

در این فصل تعاریف و کلیات تبخیر- تعرق و روش‌های اندازه‌گیری آن به صورت خلاصه بیان شده است. همچنین روش شبکه‌های عصبی مصنوعی که به طور گسترده‌ای در علوم مختلف، در حال گسترش می‌باشد، توضیح داده شده است.

۱-۲- تبخیر

تبخیر فرآیندی است که در آن آب از حالت مایع به بخار تبدیل می شود. آب از سطوح مختلفی مانند دریاچه ها، رودخانه ها، پیاده روها، خاک و گیاهان مرطوب، تبخیر می‌شود.

۱-۳- تعرق

تبخیر آب (مایع) در درون بافت گیاه و انتقال بخار حاصل به اتمسفر را تعرق می‌نامند. آب در گیاهان به طور عمده از درون روزنه‌ها خارج می‌شود.

۱-۴- تبخیر – تعرق

تبخیر – تعرق[1] به طور همزمان صورت گرفته و روش‌های ساده‌ای برای تفکیک این دو فرآیند وجود ندارد. گیاه برای زنده ماندن به آب احتیاج دارد. حدود ۹۰ درصد اجزاء فعال گیاه از آب تشکیل شده است. آب علاوه بر شرکت در فرآیندهای شیمیایی درون گیاه، به جابجایی املاح درون آن نیز کمک می‌کند. اما آبی که در مزرعه در دسترس گیاه قرار می‌گیرد، از طرق مختلفی می‌تواند از مزرعه خارج شود. دو فرآیند مهمی که منجر به خروج آب از مزرعه می‌شوند تبخیر و تعرق هستند. با توجه به آن‌که محاسبه نیاز آبی گیاه مستلزم محاسبه دقیق مقادیر این دو فرآیند است، شناخت آنها و بررسی عوامل موثر بر شدت آنها اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد (علیزاده، ۱۳۸۰).

آب باید از طریق ریشه‌هائی که در خاک پراکنده اند جذب گردد، لذا ابتدا لازم است که آب به صورت آبیاری به خاک داده شود (عملیات آبیاری) تا خاک را مرطوب کند و برای گیاه فراهم شود. در طی این فرآیند به طور ناخواسته مقداری از آب آبیاری از سطح خاک تبخیر می شود. بنابراین آبی که به مصرف گیاه می‌رسد شامل دو قسمت می‌باشد، یکی مقدار آبی که از طریق ریشه‌ها جذب شده و از طریق روزنه‌ها از سطح گیاه خارج می‌شود که به آن تعرق گویند. دیگری مقدار آب آبیاری است که مستقیم وارد هوا می‌شود که به آن تبخیر گویند. به مجموع این دو فرآیند که در واقع همان نیاز آبی گیاه می باشد، تبخیر – تعرق گویند.

1- Evapotranspiration

۱-۵- عوامل موثر بر تبخیر- تعرق

سه عامل اساسی بر این فرآیند موثراند که عبارتند از:

۱-۵-۱- پارامترهای هواشناسی

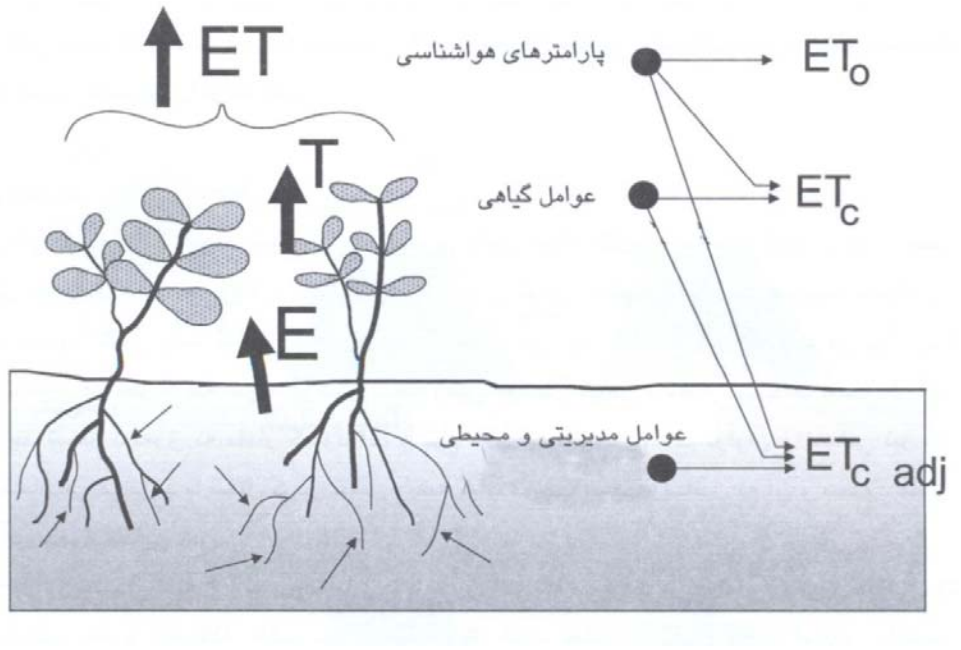
پارامترهای هواشناسی موثر بر تبخیر- تعرق شامل درجه حرارت، تابش، رطوبت هوا و سرعت باد است.

۱-۵-۲-عوامل گیاهی

در برآورد تبخیر- تعرق گیاهان عواملی از جمله رقم (واریته) و مرحله رشد گیاه در نظر گرفته می‌شود.

۱-۵-۳-عوامل مدیریت زراعی و محیطی

عوامل بسیاری از جمله شوری، حاصلخیزی کم خاک، کاربرد محدود کود، وجود لایه غیرقابل نفوذ در خاک، عدم کنترل بیماری‌ها و آفت‌های گیاهی و... موجب کاهش تبخیر- تعرق گیاه می‌شود.



شکل ۱-۱: عوامل موثر بر تبخیر- تعرق بر مبنای مفاهیم مرتبط با آن (Allen et al., 1998.)

۱-۶-مفاهیم تبخیر- تعرق

ترکیب دو فرآیند جداگانه که در آن آب به صورت تبخیر از سطح خاک و تعرق از گیاه، انجام می‌شود، تبخیر – تعرق گویند.

۱-۶-۱- تبخیر – تعرق پتانسیل

حداکثر آب مصرفی توسط گیاه در صورت در دسترس بودن آب کافی است . در ابتدا این مفهوم مطرح شد که در محاسبات، پارامتری بنام تبخیر – تعرق پتانسیل[1] (ETP) محاسبه شود و سپس با ضرب کردن آن در ضریب گیاهی (که برای هر گیاه به صورت تجربی بدست می‌آید)، نیاز آبی گیاه برآورد شود.

1- Potential Evapotranspiration

۱-۶-۲- تبخیر – تعرق گیاه مرجع

در دهه ۱۹۷۰ میلادی تعدادی از دانشمندان به جای تبخیر – تعرق پتانسیل از مفهوم دیگری استفاده کردند و آن را تبخیر – تعرق مرجع[1] نامیدند. تبخیر – تعرق مرجع نشان دهنده تبخیر – تعرق از یک سطح پوشش گیاهی تعریف شده می‌باشد. که با ET_O نشان داده می‌شود. سطح مرجع، یک گیاه مرجع چمن فرضی با ویژگی‌های مشخص می‌باشد.

(ضریب گیاهی)(تبخیر – تعرق مرجع) = تبخیر – تعرق گیاه

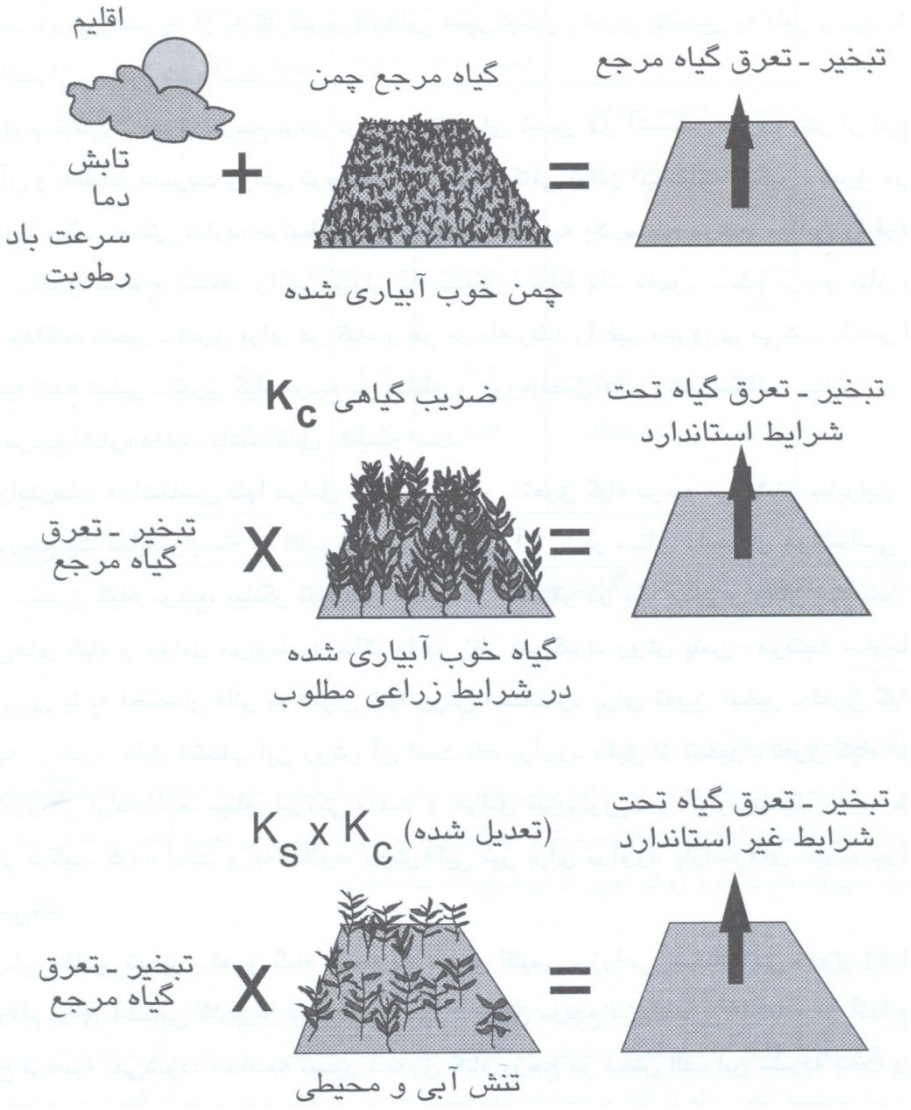
۱-۶-۳- تبخیر – تعرق گیاهان تحت شرایط استاندارد

تبخیر – تعرق گیاهان تحت شرایط استاندارد را با ETC نشان می‌دهند که عبارت است از تبخیر – تعرق گیاهان در حالتی که بیماری نداشته باشند، کود کافی دریافت کنند، ، در سطح وسیعی کشت شده باشند که در خاک رطوبت کافی وجود داشته باشد و بیشترین عملکرد را داشته باشد.

۱-۶-۴- تبخیر – تعرق گیاهان تحت شرایط غیر استاندارد

تبخیر – تعرق گیاهان تحت شرایط غیر استاندارد (ETc adj)، همان تبخیر– تعرق گیاه تحت شرایط مدیریتی ضعیف و نامطلوب است. انواع شرایط نامطلوب مانند وجود آفت‌ها و بیماری‌ها، شوری، حاصلخیزی پایین خاک، تنش آبی و یا ماندابی می‌باشد. این تبخیر- تعرق به وسیله ضریب تنش آبی (Ks) و ضریب گیاهی (Kc) محاسبه می‌شود. در شکل ۲-۱ این مفاهیم آورده شده است.

2- Reference Evapotranspiration



شکل ۲-۱: مفاهیم تبخیر – تعرق (Allen et al., 1998)

۱-۷-روش های اندازه گیری تبخیر- تعرق مرجع

دقیق‌ترین روش برآورد مقدار تبخیر – تعرق ، استفاده از لایسیمتر وزنی است، اما از آنجا که احداث این نوع لایسیمتر هزینه بسیاری زیادی را به همراه دارد و از طرفی آمار این روش معمولاً در اختیار نمی‌باشد، بیشتر از روش‌های استاندارد برای مقایسه نتایج با آن استفاده می‌شود (سپاسخواه،۱۳۷۷؛ Allen et al., 1994). تحقیقات انجام گرفته در نقاط مختلف جهان مبین این نکته است که دقت مقادیر

تبخیر – تعرق برآورد شده با رابطه فائو پنمن – مانتیث در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده لایسیمتر از دیگر روابط برآورد ETo بهتر می باشد و در شرایطی که داده‌های لایسیمتری در دسترس نباشند، به عنوان یک رابطه استاندارد توصیه شده است (Allen et al., 1998).

روش‌هایی که برای محاسبه ETo پیشنهاد شده است هر کدام از نظر داده‌های مورد نیاز با همدیگر فرق می‌کنند. در بعضی از آنها نیاز به داده‌های روزانه هواشناسی و بعضی دیگر نیاز به داده‌های ماهانه، دارند (علیزاده، ۱۳۸۳).

برخی از روش‌ها علاوه بر دما به آمار رطوبت نسبی و سرعت باد نیز نیاز دارند. تعدادی از روش‌ها اساس فیزیکی دارند و تعدادی از آنها فقط به صورت تجربی بدست آمده‌اند. این روش‌ها به طور کلی به چهارگروه تقسیم می‌شوند و عبارتند از (علیزاده و همکاران،۱۳۸۴):

روش‌های ترکیبی[1]

روش‌های تشعشعی[2]

روش‌های دمایی[3]

روش‌های رطوبتی[4]

۱-۷-۱- روش‌های ترکیبی

اساس این روش‌ها ترکیب دو روش آیرودینامیک و توازن انرژی می‌باشد. در سال ۱۹۴۸ پنمن [5] معادله‌ای برای تبخیر از سطح آزاد آب با استفاده از داده‌های ساعات آفتابی، دما، رطوبت هوا و سرعت باد ارائه نمود. سپس محققین بسیاری آن را توسعه دادند و مقاومت سطح گیاهی را در آن اثر دادند. سپس

1- Combination methods
2- Radiation based methods
3- Temperature based methods
4- Humidity based methods
5- Penman