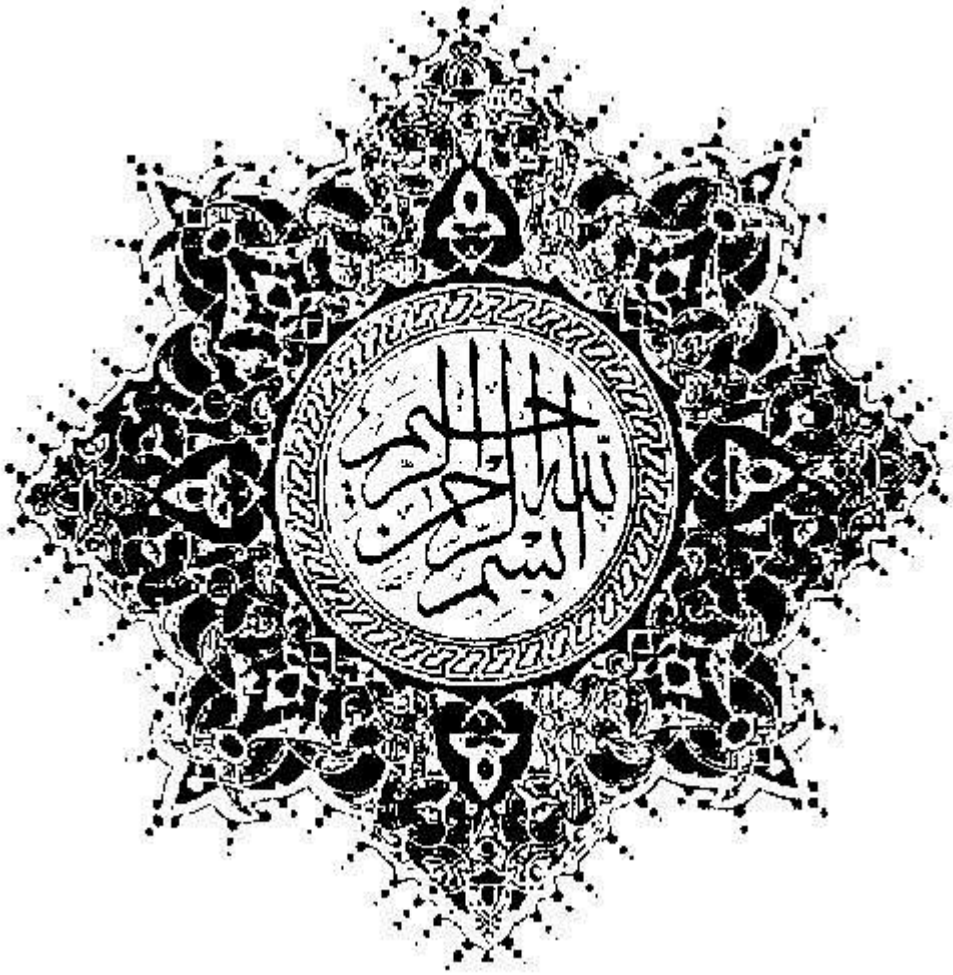
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی
گروه علوم خاک

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی علوم خاک

پهنه‌بندی تبخیر و تعرق پتانسیل در استان کهگیلویه و بویراحمد با تکنیک‌های آماری

استاد راهنما

محمد صدقی اصل

اساتید مشاور

ابراهیم ادهمی

منصور پرویزی

پژوهشگر

مجتبی شمس

شهریور ۱۳۹۳

پایان‌نامه‌ی حاضر، حاصل پژوهش‌های نگارنده در دوره‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی علوم خاک گرایش علوم خاک است که در شهریور سال ۱۳۹۳ در دانشکده‌ی علوم دانشگاه یاسوج به راهنمایی جناب آقای دکتر محمد صدقی اصل و مشاوره‌ی جناب آقایان دکتر ابراهیم ادهمی و منصور پرویزی از آن دفاع شده است و کلیه‌ی حقوق مادی و معنوی آن متعلق به دانشگاه یاسوج است.

پهنه‌بندی تبخیر و تعرق پتانسیل در استان کهگیلویه و بویراحمد با تکنیک‌های آماری

به وسیله‌ی

مجتبی شمس

پایان نامه
ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم برای اخذدرجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی

علوم خاک

در تاریخ ۱۳۹۳/۶/۱۷ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه بسیار خوب به تصویب نهایی رسید.

۱- استادراهنما :دکترمحمد صدقی اصل با مرتبه‌ی علمی استادیار **امضا**

۲- استادمشاور :دکترابراهیم ادهمی با مرتبه‌ی علمی استادیار **امضا**

۳- استادمشاور :دکترمنصور پرویزی با مرتبه‌ی علمی استادیار **امضا**

۴-استادداور داخل گروه: دکترحمیدرضا اولیایی با مرتبه‌ی علمی استادیار **امضا**

۵- نام و نام‌خانوادگی نماینده‌تحصیلات‌تکمیلی‌دانشگاه: دکتر شاهرخ‌جهان‌بین با مرتبه‌ی‌علمی‌استادیار **امضا**

شهریورماه ۱۳۹۳

تقدیم به روح اهورایی مادرم

دستان پرمهر پدرم

نگاه نوازشگر همسرم

و بهشت کوچک زندگانیم

«پارمیس»

سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات بی شائبه‌ی اساتید محترم گروه علوم خاک جناب آقایان دکتر ابراهیم ادهمی، دکتر حمیدرضا اولیایی و علی‌الخصوص جناب آقای دکتر محمد صدقی اصل استاد راهنمای محترم، همچنین جناب آقای دکتر منصور پرویزی که مرا در این مسیر یاری نمودند، قدردانی می‌نمایم و توفیق روزافزون ایشان را از خداوند متعال خواستارم.

نام: مجتبی **نام خانوادگی: شمس**

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته و گرایش: علوم خاک**

استاد راهنما: دکتر محمد صدقی اصل **تاریخ دفاع: ۱۳۹۳/۶/۳۱**

پهنه‌بندی‌تبخیر و تعرق‌پتانسیل در استان کهگیلویه و بویراحمد با تکنیک‌های‌آماری

چکیده

اگاهی از شدت تبخیر و تعرق در یک منطقه جهت بهره برداری مطلوب از منابع آب موضوعی مهم است. نخستین گام در طراحی سیستم‌های آبیاری و نیز بخش اصلی و مهم برنامه ریزی آبیاری، تخمین مقدار صحیح و دقیق تبخیر-تعرق است. اندازه گیری مستقیم تبخیروتعرق بسیار پر هزینه و برای تعیین دقیق آن تجهیزات خاصی مانند لایسیمتر لازم است. معمولا به عنوان یک جایگزین (برای لایسیمتر)، معادلات نیمه تجربی مانند فائو-پنمن-مونتیث جهت تخمین تبخیر-تعرق توصیه می‌شود. در این پژوهش، با استفاده از روابط تجربی برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل، مقادیر آن محاسبه و با داده‌های مشاهداتی موجود در ایستگاه‌های استان کهگیلویه و بویر احمد مقایسه گردید. در نهایت با معرفی مدل پنمن مانتیث به عنوان بهترین روش برآورد تبخیر و تعرق، پهنه‌بندی مقادیر تبخیر و تعرق برای منطقه مورد مطالعه انجام گردید. با استفاده از روش‌های زمین آماری اقدام به تعمیم نتایج ایستگاه‌ها به کل سطح استان شد. از بین مدل‌های معمول روش زمین آماری کریجینگ مدل کروی به عنوان بهترین مدل انتخاب گردید. به بر اساس محاسبات انجام شده برای برآورد مقادیر تبخیر و تعرق در منطقه مطالعه، با استفاده از پنج مدل تبخیر و تعرق پنمن مانتیث، بلانی کریدل، جنسن-هایز، تورنت وایت و هارگریوز، نتایج حاکی از آن است که مدل پنمن مانتیث برآورد بهتری نسبت به سایر روش‌ها دارد و روش روش تورنت وایت در جایگاه بعدی بود. مقادیر شاخص آماری RMSE برای روش پنمن مانتیث از کمترین مقدار ۱۸/۲۲ تا بیشترین مقدار ۶۱/۳۱ تغییر می‌کند و بطور متوسط مقدار آن ۴۰/۱۰ مشاهده شد. این پارامتر برای دیگر روش‌ها میانگین‌های بیشتری را دارا می‌باشد که دو روش تورنت وایت و بلانی کریدل بعد از روش پنمن مانتیث بهترین نتایج را داشتند که میانگین مقادیر RMSE برای این دو روش به ترتیب ۵۱/۵۹ و ۶۹/۸۴ حاصل شد همچنین دو مدل جنسن هیز و هارگریوز سامانی با مقادیر ۱۰۸ و ۱۰۷ بیشترین اختلاف را با مقادیر واقعی داشتند. در نقشه‌های پهنه‌بندی شده با روش و پنمن مانتیث، اختلاف‌هایی حدود ۷۸- تا ۵۹ با مقادیر واقعی مشاهده گردید. در تمام ایستگاه‌ها، روش پنمن مانتیث اختلاف بیشتری از ۸۰ را نسبت به مقادیر واقعی نشان نداد.

کلمات کلیدی: تبخیر و تعرق، گیاه مرجع، ایستگاه سینوپتیک، استان کهگیلویه و بویراحمد، زمین آمار.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱- مقدمه و هدف

۱- ۱- مقدمه ۱

۱-۲- بیان مسئله ۱

۱-۳ ضرورت و اهداف انجام پژوهش ۲

۱-۴ ساختار پایان نامه ۳

۲- مبانی نظری و پژوهش های پیشین

۲-۱-۱- مقدمه ۴

۲-۲- پژوهش‌های پیشین ۶

۲-۲-۱- مقدمه ۶

۳- روش شناسی

۳-۱- مقدمه ۱۴

۳-۲- طرح کلی ۱۴

۳-۳- منطقه مطالعاتی ۱۵

۳-۳-۱ جغرافیای طبیعی و اقلیم استان ۱۵

۳-۳- ۲- شبکه ایستگاه‌های هواشناسی مطالعاتی ۱۸

۳- ۳- ۳- آب و هوای استان کهگیلویه و بویراحمد ۱۹

۳-۴- محاسبه تبخیر و تعرق ۲۲

۳-۴- ۱- معرفی روش ها فرمول‌های محاسبه تبخیر و تعرق ۲۲

۳-۴-۱- ۱- روش پنمن-مونتیث ۲۳

۳ -۴- ۱- ۲- روش تورنت وایت ۲۴

۳ -۴-۱- ۳- روش هارگریوز سامانی ۲۴

۳ -۴-۱- ۴- روش جنسن-هیز ۲۵

۳- ۴- ۱- ۵- روش بلانی کریدل ۲۵

۳-۳-۱- ۶- کریجینگ ۲۶

۳-۳-۱- ۷- ارزیابی صحت ۲۷

۴- یافته‌های پژوهش و بحث

۴-۱- مقدمه ۲۹

۴-۳- مقایسه روش ها با مقادیر واقعی ۴۵

۴-۴- نقشه‌های پهنه بندی مقادیر تبخیر و تعرق برای منطقه مورد مطالعه ۴۹

۵- نتیجه گیری و پیشنهادها

۵-۱ نتیجه گیری ۶۹
۵-۲ پیشنهادها..... ۷۱

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱: مشخصات جغرافیایی ایستگاه های مطالعاتی ۱۹
جدول ۳-۲: مشخصات اقلیمی ایستگاه های مطالعاتی ۱۹
جدول۳-۳: آزمون تصادفی بودن آمار ایستگاه ها ۲۱
جدول۳-۴: ضریب همبستگی(R) بین ایستگاه ها ۲۲
جدول ۴-۱- ضرایب مدل های برازش داده شده به نیم تغییرنمای میانگین بارش ماهانه..... ۳۰
جدول ۴-۲- ضرایب مدل های برازش داده شده به نیم تغییرنمای میانگین دمای ماهانه..... ۳۱
جدول ۴-۳- متوسط منطقه ای مقادیر میانگین خطای اریب (MBE) نسبت به مقادیر واقعی ۴۵
جدول ۴-۴- متوسط منطقه ای مقادیر میانگین خطای مطلق (MAE) نسبت به مقادیر واقعی.....۴۶
جدول ۴-۵- متوسط منطقه ای مقادیر ریشه ی دوم میانگین مربع خطا (RMSE) ۴۶
جدول ۴-۶- مقایسه آماری روشه ای مختلف برآورد تبخیروتعرق در ایستگاه های مختلف.....۴۷
ادامه جدول ۴-۷- مقایسه آماری روش های مختلف برآورد تبخیروتعرق در ایستگاه های مختلف .. ۴۷
جدول ۴-۸- مقایسه آماری روش های مختلف با روش پنمن مانتیث ۴۸
جدول۴-۹- ضرایب مدل های برازش داده شده به نیم تغییرنمای تبخیر ماهانه پنمن مانتیث..... ۵۰
جدول۴-۱۰. ضرایب مدل های برازش داده شده به نیم تغییرنمای تبخیر ماهانه اندازه گیری ۵۱
جدول ۴-۱۱: اختلاف مقادیر تبخیر و تعرق مشاهده شده از نقشه پهنه بندی ۶۴

فهرست شکل‌ها و تصاویر

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱- فلوچارت مراحل اجرای تحقیق. ۱۵
شکل ۳-۲- موقعیت جغرافیایی استان کهکیلویه در کشور و موقعیت مکانی شبکه ایستگاه ها ۱۷
شکل ۳-۳- میانگین دمای بلند مدت ایستگاه های استان کهگیلویه و بویر احمد ۲۰
شکل ۳-۴- میانگین بارش بلند مدت ایستگاه های استان کهگیلویه و بویر احمد ۲۰
شکل ۳-۵- پهنه بندی بارندگی بلند مدت بارندگی ایستگاه های استان کهگیلویه و بویر احمد ۲۰
شکل ۳-۶- پهنه بندی بارندگی بلند مدت بارندگی ایستگاه های استان کهگیلویه و بویر احمد ۲۱
شکل ۳-۷ مراحل کار روش اعتبار متقاطع. ۲۷
شکل۴-۱: نقشه نقاط هم دمای منطقه مطالعه (مهر) ۳۳
شکل۴-۲: نقشه نقاط هم دمای منطقه مطالعه (آبان) ۳۳
شکل۴-۳: نقشه نقاط هم دمای منطقه مطالعه (آذر) ۳۴
شکل۴-۴: نقشه نقاط هم دمای منطقه مطالعه (دی) ۳۴
شکل۴-۵: نقشه نقاط هم دمای منطقه مطالعه (بهمن) ۳۵
شکل۴-۶: نقشه نقاط هم دمای منطقه مطالعه (اسفند) ۳۵
شکل۴-۷: نقشه نقاط هم دمای منطقه مطالعه (فروردین) ۳۶
شکل۴-۸: نقشه نقاط هم دمای منطقه مطالعه (اردیبهشت) ۳۶
شکل۴-۹: نقشه نقاط هم دمای منطقه مطالعه (خرداد) ۳۷
شکل۴-۱۰: نقشه نقاط هم دمای منطقه مطالعه (تیر) ۳۷
شکل۴-۱۱: نقشه نقاط هم دمای منطقه مطالعه (مرداد) ۳۸
شکل۴-۱۲: نقشه نقاط هم دمای منطقه مطالعه (شهریور) ۳۸
شکل۴-۱۳: نقشه نقاط هم بارش منطقه مطالعه (مهر) ۳۹
شکل۴-۱۴: نقشه نقاط هم بارش منطقه مطالعه (آبان) ۳۹
شکل۴-۱۵: نقشه نقاط هم بارش منطقه مطالعه (آذر) ۴۰
شکل۴-۱۶: نقشه نقاط هم بارش منطقه مطالعه (دی) ۴۰
شکل۴-۲۲: نقشه نقاط هم بارش منطقه مطالعه (تیر) ۴۳
شکل۴-۲۳: نقشه نقاط هم بارش منطقه مطالعه (مرداد) ۴۴
شکل۴-۲۴: نقشه نقاط هم بارش منطقه مطالعه (شهریور) ۴۴
شکل ۴-۲۵- نقشه پهنه بندی تبخیر و تعرق اندازه گیری شده (مهر ماه) ۵۲
شکل ۴-۲۶- نقشه پهنه بندی تبخیر و تعرق اندازه گیری شده (آبان ماه) ۵۳

شکل ۴-۲۷- نقشه پهنه بندی تبخیر و تعرق اندازه گیری شده (آذر ماه).....۵۳
شکل ۴-۲۸- نقشه پهنه بندی تبخیر و تعرق اندازه گیری شده (دی ماه) ۵۴
شکل ۴-۲۹- نقشه پهنه بندی تبخیر و تعرق اندازه گیری شده (بهمن ماه).....۵۴
شکل ۴-۳۰- نقشه پهنه بندی تبخیر و تعرق اندازه گیری شده (اسفند ماه) ۵۵
شکل ۴-۳۱- نقشه پهنه بندی تبخیر و تعرق اندازه گیری شده (فروردین ماه) ۵۵
شکل ۴-۳۲- نقشه پهنه بندی تبخیر و تعرق اندازه گیری شده (اردیبهشت ماه).....۵۶
شکل ۴-۳۳- نقشه پهنه بندی تبخیر و تعرق اندازه گیری شده (خرداد ماه) ۵۶
شکل ۴-۳۴- نقشه پهنه بندی تبخیر و تعرق اندازه گیری شده (تیر ماه).....۵۷
شکل ۴-۳۵- نقشه پهنه بندی تبخیر و تعرق اندازه گیری شده (مرداد ماه).....۵۷
شکل ۴-۳۶- نقشه پهنه بندی تبخیر و تعرق اندازه گیری شده (شهریور ماه).....۵۸
شکل ۴-۳۷- نقشه پهنه بندی به روش پنمن مانتیث (مهر ماه) ۵۸
شکل ۴-۳۸- نقشه پهنه بندی به روش پنمن مانتیث (آبان ماه) ۵۹
شکل ۴-۳۹- نقشه پهنه بندی به روش پنمن مانتیث (آذر ماه) ۵۹
شکل ۴-۴۰- نقشه پهنه بندی به روش پنمن مانتیث (دی ماه).....۶۰
شکل ۴-۴۱- نقشه پهنه بندی به روش پنمن مانتیث (بهمن ماه) ۶۰
شکل ۴-۴۲- نقشه پهنه بندی به روش پنمن مانتیث (اسفند ماه).....۶۱
شکل ۴-۴۳- نقشه پهنه بندی به روش پنمن مانتیث (فروردین ماه).....۶۱
شکل ۴-۴۴- نقشه پهنه بندی به روش پنمن مانتیث (اردیبهشت ماه) ۶۲
شکل ۴-۴۵- نقشه پهنه بندی به روش پنمن مانتیث (خرداد ماه).....۶۲
شکل ۴-۴۶- نقشه پهنه بندی به روش پنمن مانتیث (تیر ماه) ۶۳
شکل ۴-۴۷- نقشه پهنه بندی به روش پنمن مانتیث (مرداد ماه) ۶۳
شکل ۴-۴۸- نقشه پهنه بندی به روش پنمن مانتیث (شهریور ماه) ۶۴

فصل اول
مقدمه و هدف

۱- ۱- مقدمه

بسیاری از نقاط جهان با کمبود آب روبرو هستند و با توجه به اینکه در بسیاری از کشورهای در حال توسعه اغلب آب مصرفی در بخش کشاورزی برای تولید محصول مورد نیاز جمعیت آن کشور مصرف می‌شود، با محدود شدن منابع آب موضوع تولید محصولات کشاورزی مورد نیاز جمعیت با همین مقدار محدود آب از اهمیت خاصی برخوردار است. کشور ایران نیز مانند بسیاری از دیگر کشورها با کاهش منابع آب برای تامین مصارف مختلف به‌ویژه کشاورزی مواجه است. در حال حاضر براساس برآوردهای به‌عمل آمده توسط وزارت نیرو، از کل آب‌های مورد استفاده در کشور در حدود ۹۲ درصد در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. به این دلیل اهمیت مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی بیشتر از پیش مطرح می‌شود. یکی از راه‌های کاهش تلفات آب در مزارع، برنامه‌ریزی صحیح آبیاری می‌باشد که اساس آن، برآورد دقیق نیاز آبی گیاهان و در نتیجه تبخیر و تعرق گیاه مرجع می‌باشد. تخمین بیش از حد نیاز آبی گیاه، می‌تواند ضمن افزایش تلفات آب باعث ماندابی شدن اراضی و همچنین شستشوی مواد سطح خاک و آلوده نمودن آب‌های زیرزمینی شود. از سوی دیگر تخمین کم آن نیز می‌تواند باعث بوجود آمدن تنش رطوبتی در دوره رشد و در نتیجه کاهش عملکرد شود.

۱-۲- بیان مسئله

افزون بر ۹۰ درصد آب مصرفی در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (وارد و تریمبل[1]، ۲۰۰۴). نیاز آبی گیاهان با عوامل مختلفی مانند اقلیم و متغیرهای هواشناسی، رطوبت خاک، نوع گیاه و سیستم‌های آبیاری تحت تاثیر قرار می‌گیرد. از میان این عوامل، اقلیم و متغیرهای هواشناسی از مهمترین فاکتورها هستند. تأثیر اقلیم بر نیاز آبی گیاهان به شکل تبخیر- تعرق بروز می‌کند. بنابراین

[1] Ward and Trimble

اطلاع از شدت تبخیر- تعرق در یک منطقه جهت بهره برداری مطلوب از منابع آب موضوعی مهم است (سیلوا[1] و همکاران، ۲۰۱۰).

نخستین گام در طراحی سیستم‌های آبیاری و نیز بخش اصلی و مهم برنامه ریزی آبیاری، تخمین مقدار صحیح و دقیق تبخیر- تعرق است. زیرا بدون آگاهی از مقدار صحیح آن، آبی که در اختیار گیاه قرار می‌گیرد یا کمتر از آب مورد نیاز گیاه بوده و باعث کاهش محصول می‌گردد (در اثر تنش آبی) و یا بیشتر از مقدار مورد نیاز گیاه بوده و باعث اتلاف آب و ایجاد مساله زهکشی می‌شود. در اغلب روش-هایی که برای تعیین میزان تبخیر-تعرق ارائه شده اند ابتدا مقدار تبخیر- تعرق گیاه مرجع (ETo) تخمین زده می‌شود و سپس از روی آن تبخیر- تعرق گیاه مورد نظر محاسبه می‌شود (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۰).

اندازه گیری مستقیم تبخیر- تعرق بسیار پر هزینه و برای تعیین دقیق آن تجهیزات خاصی مانند لایسیمتر لازم است (لوپز-اوره آ و[2] همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین به عنوان یک جایگزین (برای لایسیمتر)، معادلات نیمه تجربی مانند فائو-پنمن-مونتیث جهت تخمین تبخیر-تعرق توصیه می‌شود. برای استفاده از این معادله و سایر معادلات ارائه شده در این زمینه به داده‌های ثبت شده ایستگاه‌های استاندارد هوا شناسی نیاز است (آلن[3] و همکاران، ۱۹۹۸). تبخیر و تعرق یکی از پارامترهای اصلی تعیین نیاز آبی گیاهان، حجم و بیلان مخازن سدها است.

۱-۳ ضرورت و اهداف انجام پژوهش

با توجه به این که کمبود آب همواره به عنوان خطری جدی در کشور مطرح است لذا مدیریت منابع آب بیش از پیش مورد توجه مسئولان قرار گرفته است. از جمله مواردی که در مدیریت منابع آب اهمیت دارد میزان آبی است که در بخش آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد که این میزان آب با توجه به مقدار نیاز آبی گیاه لحاظ می‌شود. نیاز آبی گیاه ارتباط مستقیم با تبخیر و تعرق دارد لذا محاسبه هر چه دقیق‌تر تبخیر و تعرق به مدیریت منابع آب کمک خواهد نمود. با توجه به اینکه تاکنون مطالعه دقیق و مدونی برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل در استان کهگیلویه و بویر احمد انجا نشده است، بنابراین این پژوهش به دنبال باز نمودن فضایی برای بررسی روش‌های تجربی برآورد تبخیر و تعرق و همچنین ارزابی آنها می‌باشد. نظر به اینکه استان دارای سطح قابل توجهی جنگل، باغ‌های میوه و محصولات زراعی می‌باشد، بنابراین اهمیت این تحقیق دو چندان می‌شود. لذا اهداف این تحقیق عبارتند از:

- برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل برای تمامی نقاط استان کهکیلویه و بویراحمد به منظور مطالعات کشاورزی و عمرانی،
- ترسیم نقشه هم تبخیر و تعرق، هم دما و هم بارش در استان کهکیلویه و بویراحمد،
- ارزیابی روش‌های تجربی و نیمه تجربی برآورد تبخیر و تعرق در استان کهکیلویه و بویراحمد.

---

[1] Silva
[2] Lopez-Urrea
[3] Allen

۱-۴ ساختار پایان نامه

ساختار کلی این پایان‌نامه در پنج فصل تنظیم شده است:

در فصل اول، با بیان مقدمه‌ای از تحقیق و مسئله اهداف و سولات پژوهش تشریح شده‌اند. در فصل دوم به بررسی کلیات تحقیق و مرور مطالعات صورت گرفته در این زمینه انجام شده پرداخته شده است. در فصل سوّم روش‌های استفاده شده بیان شده است. پیاده‌سازی روش‌های استفاده شده و نتایج بصری و عددی و میزان صحت آنها در فصل چهارم این پایان نامه ارائه شده است. فصل پنجم شامل نتیجه‌گیری از مباحث مذکور و نیز پیشنهاداتی برای کارهای آینده ارائه شده است.

فصل دوم
مبانی نظری و پژوهش های پیشین

۲-۱ مبانی نظری

۲-۱-۱- مقدمه

یکی از راه‌های کاهش بحران آب در کشاورزی به واسطه پایین بودن راندمان مصرف آن و استفاده بیش از حد منابع موجود، مدیریت آب در تأمین نیاز آبی گیاهان زراعی است. در این زمینه تبخیر تعرق، در واقع شاخص تعیین کننده ای در فرایند رشد است که معادل آب مورد نیاز گیاهان زراعی قلمداد می-شود. به همین خاطر تخمین دقیق آن با توجه به شرایط آب و هوایی هر منطقه و گیاه صورت می‌گیرد. لذا عوامل جوی و فیزیولوژی گیاه در فرایند تبخیر تعرق سبب پیچیدگی این فرایند و ارائه روش‌های بسیاری برای تخمین آن شده است (کوچک زاده، ۱۳۸۴).

مجموع آبی که در مزرعه از طریق تبخیر از سطح خاک و تعرق از گیاه، از دست می‌رود تبخیر و تعرق نامیده می‌شود. تبخیر یک فرآیند وابسته به انرژی است که متضمن تغییر از حالت مایع به بخار است (ثنایی نژاد، ۱۳۹۰). تبخیرو تعرق، میزان آب اتلاف شده توسط گیاهان (تعرق) و میزان آب تبخیر شده از سطح خاک و بارندگی است. با توجه به میانگین جهانی، ۵۷ درصد بارندگی از طریق تبخیر و تعرق به جو باز می‌گردد و این مقدار ممکن است در مناطق خشک و بیابانی به ۱۰۰درصد هم برسد. برای بیان مفهوم تبخیر و تعرق به طور عموم، از سه اصطلاح استفاده می‌شود:

تبخیر و تعرق مرجع (ETo): میزان تبخیر و تعرق از سطح مرجع را گویند .سطح مرجع، سطحی است که گیاه مرجع چمن با ویژگی‌های خاص روی آن کشت شده است (پترسون[1] و همکاران، ۲۰۰۲).

تبخیر و تعرق واقعی (ETa): تمام آبی که تحت شرایط طبیعی، نزدیک یا روی سطح زمین به بخار آب در اتمسفر تبدیل می‌شود (مورتون[2]، ۱۹۸۳).

تبخیر و تعرق پتانسیل(ETp): زمانی رخ می‌دهد که آب به میزان کافی در اختیار گیاه باشد و گیاه با حداکثر توان خود از آن استفاده کند (تورنتوایت[3]، ۱۹۴۴).

---

[1] Peterson
[2] Morton
[3] Thornthwaite

ETp با روش‌های مستقیم و غیر مستقیم قابل اندازه‌گیری است. روش‌های مستقیم با استفاده از ایستگاه لایسیمتر و فراهم کردن بالاترین صحت، به پلات‌های تجربی و کنترل رطوبت خاک و روند هواشناسی برای یافتن ورودی وخروجی آب در منطقه‌ای وسیع احتیاج دارد (برناردو[1]، ۱۹۹۵). لایسیمتر تنها روش مستقیم برآورد تبخیر تعرق است. هر چند هزینه سنگین نصب و نگهداری، استفاده از آن را مشکل ساخته است، لیکن به هر حال معتبرترین روش در واسنجی مدل‌های تبخیر تعرق است. تا کنون بیش از ۵۰ روش تخمین تبخیر تعرق گیاه مرجع در قالب روش‌های ترکیبی، آئرودینامیک و تجربی ارائه شده است، که اغلب با توجه به داده‌های هواشناسی نتایج متفاوتی ارائه کرده‌اند (گریسمر[2] و همکاران، ۲۰۰۲). روش مناسب تعیین ETo در هر منطقه بستگی به شرایط اقلیمی، داده‌های مورد نیاز و هزینه‌های مربوط به آن دارد (سبزی پرور و همکاران، ۱۳۸۷).

به طور کلی دقت و اعتبار هر تخمینی بستگی به کیفیت و کمیت پارامتر مورد سنجش دارد . پارامتر تبخیر تعرق تنها پارامتر قابل اندازه‌گیری (به طور مستقیم) است که اگر این کار به شکلی دقیق صورت گرفته باشد، با موضوع کیفیت داده‌ها مشکلی نخواهد داشت. از طرف دیگر، تراکم اندازه گیری‌ها می‌تواند بسیار مورد توجه باشد، زیرا داشتن تراکم بسیار زیاد شبکه لایسیمتری، موجب افزایش وقت و هزینه‌های اندازه‌گیری می‌شود. به هر حال عدم تراکم لازم در اندازه گیری‌های لایسیمتری، می‌تواند به فقدان اطلاعات کافی دامن زند. بنابراین هدف از انجام این تحقیقات بسط و توسعه اندازه‌گیری‌های تبخیر تعرق با استفاده از روش‌های زمین آماری است، تا جایی که بتوان با به کارگیری شبکه موجود، به اندازه زیادی از میزان وقت و هزینه ایجاد شبکه‌های لایسیمتری کاست. تحقیقات نشان داده است که تبخیر تعرق به عنوان متغیری اقلیمی، از خصوصیات منطقه‌ای و ویژگی‌های ذاتی آنها تأثیر می-پذیرد (ماردیکیس[3] و همکاران، ۲۰۰۵). در این گونه مطالعات اگر از آمار کلاسیک استفاده شود، برای نتیجه‌گیری بهتر و کاهش واریانس بین، نمونه‌ها از روش‌های افزایش تعداد نمونه‌ها استفاده می‌شود.

در ۵۰ سال اخیر، دانشمندان و متخصصان جهان روش‌های بیش و کم تجربی بسیاری برای برآورد تبخیر تعرق با استفاده از متغیرهای اقلیمی مختلف معرفی کرده اند. این روش‌ها، اغلب، به واسنجی-های محلی بسیار دقیق نیازمند هستند و در شرایط مختلف اعتبار محدودی دارند. ارزیابی دقت روش‌ها تحت شرایط جدید، مستلزم صرف وقت و هزینه بسیار است.

[1] Bernardo
[2] Grismer
[3] Mardikis

۲-۲- پژوهش‌های پیشین

۲-۲-۱- مقدمه

در این فصل به بررسی مطالعات انجام شده در چارچوب موضوع پایان نامه پرداخته شده است. پیش از این مطالعات بسیاری در زمینه تخمین تبخیر-تعرق و محاسبه نیاز آبی انجام شده است.

بایگی و همکاران (۱۳۸۷) در مطالعه خود به برآورد تبخیر-تعرق گیاه مرجع با استفاده از حداقل داده‌های هواشناسی در استان خراسان پرداختند. ایشان همبستگی بین مقدار تبخیر و تعرق روزانه گیاه مرجع محاسبه شده به روش فائو پنمن - مانتیث در کلیه ایستگاههای سینوپتیک استان خراسان رضوی و پارامترهای دمای هوا، تابش و ضریب رطوبتی، را محاسبه و در نهایت یک معادله ساده شده جهت برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع با این روش ارائه کردند. با توجه به نتایج مطالعه ایشان، مشخص گردید که نزدیکترین جواب‌های حاصله به داده‌های لایسیمتری از معادله فائو پنمن- مانتیث با اعمال ضرایب ماهانه(ضریب تعیین ۰/۹۹) و پس از آن با ضرایب سالانه (ضریب تعیین ۰/۹۲) حاصل می‌شود.

پور محمدی و همکاران (۱۳۸۹) به تعیین و پهنه‌بندی میزان تبخیر-تعرق واقعی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور پرداخته و نقشه تبخیر-تعرق واقعی پوشش‌های مختلف سطح حوزه آبخیز منشاد در استان یزد را ارائه کردند. در نهایت، ضمن مشخص کردن تغییرات مکانی تبخیر و تعرق صورت گرفته از کاربری‌های مختلف اراضی (بین ۲۷ تا ۱۱۷۴ میلیمتر)، نتایج آنها نشان دهنده تغییرات قابل توجه تبخیر و تعرق در کاربری‌های مختلف حوزه بود. لذا در مدیریت منابع آب، تخصیص حجم مشخص از آب حوضه به هر کاربری می‌تواند نقش قابل توجهی داشته باشد.

ابیانه و همکاران (۱۳۸۹) به ارزیابی روش‌های مختلف برآورد تبخیر تعرق گیاه مرجع و پهنه بندی آن در ایران پرداختند. روش‌های محاسباتی شامل هفت روش ترکیبی بر پایه روش پنمن، دو روش دمایی، سه روش تشعشعی دمایی و یک روش تشعشعی بودند. مناسب ترین روش محاسباتی از بین ۱۳ روش، در مقایسه با مقادیر تبخیر تعرق لایسیمتری در هر اقلیم انتخاب شد. نتایج نشان داد که روش-های مبتنی بر پنمن در اکثر مناطق ایران مناسب ترین روش برای برآورد ETo به شمار می‌آیند. در ترسیم نقشه هم تبخیر- تعرق مرجع و پهنه بندی آن براساس نقشه‌های توپوگرافی رقومی نتایج پهنه بندی به روش کریجینگ، نشان داد میزان ETo در ۲۳ درصد از سطح ایران که در مناطق مرتفع شمال کشور قرار دارند، کمتر از ۴.۴۸ میلی متر در روز است و در مقابل ۷۷ درصد از سطح کشور در پهنه ETo بیش از این مقدار تا سقف ۱۰/۷ میلی متر در روز قرار دارد.

گرومزا[1] و همکاران (۱۹۸۹) اولین تقسیم بندی نواحی بر اساس نیاز آب آبیاری را در رومانی گزارش کردند اما مطالعه آن‌ها محدود به بخش جنوبی کشور بود و درون‌یابی‌های مورد نیاز جهت استفاده در کل کشور صورت نگرفته بود.

پالتینئونو[2] و همکاران (۲۰۰۷) به مطالعه ارتباط بین شاخص خشکی دومارتن و نیاز آبی برخی محصولات در رومانی پرداختند. ایشان ضمن ارائه فرمول‌های مربوط به نمودارهای همبستگی بین شاخص دومارتن با تبخیر-تعرق و نیازآبی محصولات، نقشه پهنه‌بندی با استفاده از شاخص دومارتن در رومانی را نیز ارائه کردند.

فولادمند (۱۳۸۹) با استفاده از داده‌های هواشناسی ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک استان فارس مقادیر ETp را تا پایان سال ۸۸ محاسبه نمود و استفاده از روش پنمن-مانتیث برای محاسبه ETo در استان فارس را توصیه کرد و در کل بیان داشت روند تغییرات ETo پیش بینی شده در فارس صعودی و رو به افزایش است.

فرهودی و همکاران (۱۳۷۹) در منطقه بلوچستان ETp را از دو روش تورنت وایت و بلانی کریدل محاسبه نمودند و پس از تهیه نقشه هم تبخیر منطقه بلوچستان اعلام نمودند که از غرب و شمال به سمت مشرق و جنوب از میزان تبخیر و تعرق کاسته می‌شود. آنان همچنین گزارش نمودند که همبستگی روش بلانی کریدل با روش اندازه گیری مستقیم در مقایسه با روش تورنت وایت بسیار بیشتر است.

شایان نژاد و میرلطیفی (۱۳۸۷) با استفاده از بیلان رطوبتی در منطقه ریشه تا عمق شصت سانتی متری و بررسی مقدار مقاومت تاج گیاه توسط دستگاه پرامتر مقدار ETa را برآورد نموده و سپس رابطه بین مقاومت روزنه ای تاج گیاه با تابش خالص خورشیدی و درصد حجمی رطوبت خاک ارائه کردند. با ترکیب این معادله با معادله پنمن-مانتیث مقدار ETa محاسبه گردید.

مهدی زاده و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از داده‌های هواشناسی سینوپتیک ارومیه و با روشهای فائو-پنمن، مانتیث و هارگویز-سامانی مقادیر ETo روزانه را با سطوح احتمال و قوع مختلف محاسبه نمودند. نتایج حاکی از اختلاف بین مقادیر ETo روزانه محاسبه شده با دو روش در سطح احتمالاتی یکسان بود.

انصاری و مرادی (۱۳۸۹) با هدف استفاده از توانمندی‌های سیستم استنتاج فازی و محاسبات نرم در برآورد ETo ساعتی با استفاده از حداقل داده‌های هواشناسی اقدام نمودند. آنان پس از بررسی مدل‌های مختلف و بررسی ترکیب‌های مختلف داده‌های ساعتی هواشناسی، مدل نهایی برآورد ETo ساعتی را تنها با استفاده از داده‌های تابش خالص خورشیدی ارائه کردند. طالبی و همکاران (۱۳۸۹) عوامل موثر در ETo را با استفاده از آنالیز حساسیت معادله فائو-پنمن-مانتیث در منطقه یزد بررسی و اعلام نمودند تغییرات دو پارامتر بیشینه دما و سرعت باد در سال بیشترین تأثیر را در نوسانات تبخیر و

[1] Grumza
[2] Paltineono

تعرق داشته است. همچنین اولویت‌بندی عوامل مؤثر در تبخیر و تعرق در فصول مختلف متفاوتند، بطوریکه برای مثال در فصل بهار در هر سه ایستگاه مورد مطالعه دمای بیشینه، سرعت باد و دمای کمینه به ترتیب مؤثرترین عوامل بودند درحالیکه در فصل پاییز سرعت باد، دمای بیشینه و رطوبت نسبی به ترتیب مؤثرترین عوامل بودند.

اکبری نودهی (۱۳۸۹) با استفاده از داده‌های روزانه ایستگاه سینوپتیک ساری مقادیر ETo روزانه را با روش استاندارد محاسبه و سپس با استفاده از داده‌های تشت تبخیر مقادیر تبخیر ETo را محاسبه و با هم مقایسه نمود. ایشان به این نتیجه رسید که با استفاده از مقادیر تبخیر از تشت توسط هر یک از معادلات تجربی می‌توان ETo گیاه مرجع را برآورد نمود، لیکن معادله را باید طوری انتخاب کرد که ETo قابل قبولی ارائه نماید.

ثنایی نژاد و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی سعی نمودند تا توزیع مکانی تبخیر و تعرق روزانه در زیر حوضه آبخیز مشهد را با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس در روزهای خاصی از سال و با به کارگیری الگوریتم توازن انرژی سطح خشکی (سبال) با احتساب اثرات توپوگرافی به دست آورند. نتایج نشان داد که تصاویر سنجنده مودیس و الگوریتم سبال قادرند مقدار ETa را در مقایسه روزانه در زیر حوضه آبخیز مشهد به خوبی برآورد نمایند.

میرلطیفی و همکاران (۱۳۸۴) ضمن ارزیابی روش‌های مختلف تشعشعی و رطوبتی جهت برآورد ETo در استان گلستان اعلام نمودند روشهای تشعشعی ماکینگ، تورک، جنسن-هیز و تابشی (دورنباس-بروت) به ترتیب مقدار ETo مناسب تری را در منطقه برآورد می‌نمایند. روش رطوبتی (پاپاداکیس و ایوانف) از کارایی مناسبی برخوردار نبوده اند.

ابیانه و همکاران (۱۳۸۹) طی پژوهشی دریافتند که روش‌هارگریوز-سامانی در اقلیم‌های خشک بیابانی، نیمه خشک و مدیترانه‌ای، روش تورک در اقلیم‌های فراخشک، مرطوب و خیلی مرطوب و روش مکینگ در اقلیم خیلی مرطوب مناسب است در حالی که روش‌های مبتنی بر مدل پنمن مانتیث در ۵۶٪ سطح ایستگاه‌های مورد مطالعه به عنوان بهترین روش برآورد ETo شناخته شد.

جنسن و همکاران (۱۹۹۰) و پرودیت و همکاران (۱۹۷۲) ضمن تحقیقاتی جداگانه بیان نمودند که برای خاک‌هایی با بافت سبک از ETo با سطح احتمال وقوع زیاد استفاده می‌گردد همچنین برای مزارعی که در آن گیاه با ارزش یا گیاه با عمق توسعه ریشه کم کشت شده نمی‌توان از ETo با سطح احتمال وقوع پایین استفاده نمود.

کاکا شاهدی و زارعی (۱۳۸۹) در مطالعه روش‌های برآورد ETp در استان مازندران را مورد ارزیابی قرار دادند نتایج این تحقیق نشان داد روش بلانی -کریدل با کمترین میزان خطای استاندارد و بیشترین میزان همبستگی با روش فائو -پنمن -مانتیث نسبت به سایر روش‌های مورد استفاده از دقت بیشتری در برآورد تبخیر- تعرق پتانسیل استان مازنداران برخوردار می‌باشد. همچنین در این تحقیق مشخص شد که از شرق به غرب استان مازندران از میزان تبخیر -تعرق پتانسیل کاسته شده است. طبق