دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی

گروه مدیریت مناطق بیابانی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی منابع طبیعی- مدیریت مناطق بیابانی

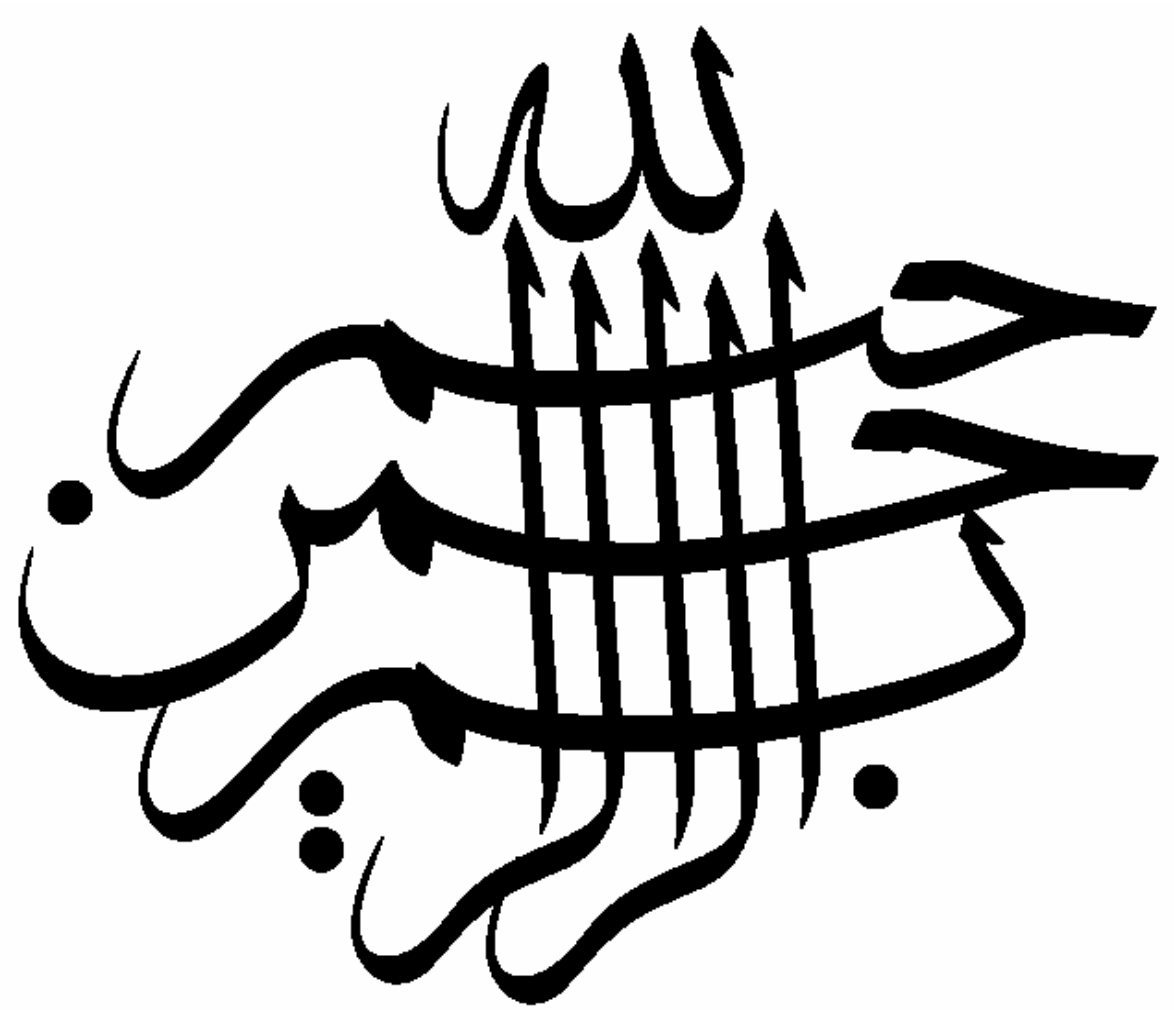
ارزیابی و برآورد اجزاء بیلان آبی در حوزه های مناطق خشک با بکارگیری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز منشاد یزد)

استاد راهنما: **دکتر محمد تقی دستورانی**

اساتید مشاور: **دکتر سید علی محمد چراغی، مهندس محمد حسین مختاری**

پژوهش و نگارش: **سمانه پورمحمدی**

مهر ۱۳۸۸



دانشگاه یزد

دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی

گروه مدیریت مناطق بیابانی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی منابع طبیعی- مدیریت مناطق بیابانی

ارزیابی و برآورد اجزاء بیلان آبی در حوزه های مناطق خشک با بکارگیری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز منشاد یزد)

استاد راهنما: **دکتر محمد تقی دستورانی**

اساتید مشاور: **دکتر سید علی محمد چراغی، مهندس محمد حسین مختاری**

پژوهش و نگارش: **سمانه پورمحمدی**

مهر ۱۳۸۸

تقدیم به

همسرم که چون استادی دلسوز در طی این تحقیق مرا راهنمایی کرد

و چون دوستی مهربان مرا همراهی نمود.

تشکر و قدردانی

با سپاس از خدای متعال که همیشه با یاد او کارها به سرانجام می‌رسد.

- با تشکر از پدر و مادر گرانقدرم که همیشه مشوق من در درس خواندن بودند و بدون کمک‌های ایشان به این جایگاه نمی‌رسیدم. از دو خواهر عزیزم که مرا در تمام مراحل زندگی حمایت می‌کنند نیز کمال تشکر را دارم.

از استاد گرانقدرآقای دکتر محمد تقی دستورانی استاد راهنمای اینجانب و آقایان دکتر سید محمد علی چراغی و دکتر محمد حسین مختاری به علت کمک های بی‌شائبه جهت به اتمام رسیدن این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را دارم، همچنین از آقایان دکتر حسین ملکی نژاد و دکتر علی طالبی اساتید گرانقدرم در طی دوره تحصیلات در دانشگاه یزد کمال تشکر را دارم.

در انتها از معلمان زحمت‌کش دوران دبستانم خانم نوری معلم کلاس اول و خانم مصطفوی معلم کلاس پنجم تشکر می نمایم.

چکیده

امروزه کمبود آب در جهان یکی از اساسی ترین مشکلاتی است که تمامی زندگی بشر را تحت الشعاع قرار داده است. این مشکل بیشتر از همه مناطق خشک و نیمه خشک را تحت تاثیر قرار میدهد. کشور ایران با قرار گرفتن در کمربند خشک جهانی بیش از بسیاری از کشورها با مسئله بحران آب رو به رو است. تعیین اجزای بیلان آبی در حوزهای خشک یکی از راهکارهای موثر در مدیریت منابع آب با توجه به شرایط کمبود آب می‌باشد. لذا در تحقیق حاضر به برآورد بیلان آبی در حوزه خشک و کوهستانی منشاد واقع در استان یزد در سال آبی ۸۶-۸۵ پرداخته شده است. جهت برآورد تبخیر و تعرق در سطح حوزه منشاد که یکی از مهم ترین اجزای بیلان آبی می‌باشد از تصاویر ماهواره‌ای مودیس و از روش الگوریتم سبال استفاده شد و در نتیجه تبخیر و تعرق واقعی حوزه نیز به صورت روزانه و پیکسل به پیکسل در سال آبی ۸۶-۸۵ برآورد گردید. جهت برآورد میزان بارش و رواناب حوزه با توجه به مجهز بودن منطقه به ایستگاه های و هواشناسی هیدرومتری از داده های ثبت شده در این ایستگاهها استفاده شد. در نهایت جزء مربوط به تغییرات ذخیره حوزه نیز به کمک اندازه گیری نفوذ سطحی با استفاده از استوانه های نفوذ برآورد شد. با برآورد اجزای بیلان آبی (به جز میزان تبخیر و تعرق) و قرار دادن آنها در معادله، میزان تبخیر و تعرق واقعی حوزه استخراج شده و با مقدار برآورد شده با الگوریتم سبال مقایسه شده که نشانگر منطقی بودن نتایج الگوریتم سبال در برآورد مقدار تبخیر و تعرق در حوزه مذکوربوده است. در نهایت نتایج این تحقیق نشان داد که بیشتر هدر رفت آب در این حوزه توسط تبخیر و تعرق صورت می گیرد (۵۴۰ میلیمتر در سال). هدر رفت بوسیله رواناب و نفوذ نزدیک به هم و به ترتیب ۱۱۷ و ۱۲۵ میلیمتر در سال آبی ۸۶-۸۵ می‌باشد.

۱-۱- بیلان آبی و اهمیت آن در مناطق خشک

بیلان آبی یکی از مباحث اساسی در هیدرولوژی است و یکی از مفاهیم بنیادی نظری و عملی هیدرولوژی را در بر می گیرد. بیلان آبی امکان برآورد کمی از منابع آب و تغییرات آن تحت تأثیر شرایط متفاوت را فراهم می آورد و در پیش بینی عواقب ناشی از تغییرات ثانویه در رژیم جریانات حاصل از آبهای سطحی و زیرزمینی کمک مؤثری می نماید (سکولوف و چاپمن[1] ۱۹۷۴). بیلان آبی در مدیریت منابع آب کاربرد داشته و درک آن در مطالعات مربوط به گردش آب، اهمیت فراوانی دارد. با استفاده از بیلان آبی می‌توان اجزاء منابع موجود در یک سیستم را مورد بررسی و شناسایی قرار داد و به دنبال آن نارسایی های موجود در توزیع ایستگاه های مشاهداتی و شبکه پایش را مشخص و اشتباهات سیستماتیک در دیده بانی ها را تعیین نمود. از سوی دیگر مطالعات بیلان آبی امکان برآورد غیر مستقیم اجزاء ناشناخته بیلان را نیز فراهم می آورد. در تحقیق حاضر سعی بر این است که به ارزیابی و برآورد اجزای مختلف معادله بیلان آبی در یک حوزه خشک و کوهستانی پرداخته شود. بدلیل اهمیتی که تبخیر و تعرق در معادله بیلان دارد، لذا تلاش شده است که‌این جزء با دقت و وسواس بیشتری مورد کنکاش و بررسی قرار گیرد.

[1]. Sokolov and Chapman

فهرست مطالب

عنوان شماره

صفحه

فصل اول: مقدمه

۱-۱- بیلان آبی و اهمیت آن در مناطق خشک ۷

۱-۱-۱-بیلان آبی در حوزه و معرفی اجزای آن..... ۸

۱-۱-۲-مکانیزم تبخیر و تعرق..... ۱۳

۱-۱-۳- کاربرد سنجش از دور در برآورد تبخیر و تبخیر- تعرق..... ۱۶

۱-۲- مروری بر منابع مربوط به محاسبه بیلان آب ۲۰

۱-۳- مروری بر منابع استفاده از سنجش از دور در اندازه‌گیری تبخیر و تعرق..... ۲۵

فصل دوم: مواد و روشها

۲-۱- معرفی منطقه مطالعاتی ۳۲

۲-۱-۱- موقعیت جغرافیایی..... ۳۲

۲-۱-۲-اقلیم ۳۳

۲-۱-۳-زمین شناسی..... ۳۳

۲-۱-۴- منابع آب ۳۴

۲-۱-۵-کشاورزی و دام..... ۳۵

۲-۱-۶- خاکشناسی حوزه..... ۳۷

۲-۲- تعیین مرز حوزه..... ۴۲

۲-۳- روش تحقیق ۴۳

۲-۳-۱- تهیه نقشه بارش..... ۴۴

۲-۳-۲-تعیین ارتفاع رواناب در حوزه منشاد..... ۴۵

۲-۳-۳- تعیین تبخیر و تعرق مرجع..... ۴۵

۲-۳-۴- برآورد تبخیر و تعرق واقعی حوزه..... ۴۸

۲-۳-۵- معرفی الگوریتم سبال..... ۴۸

۲-۳-۶- تصاویر سنجنده مودیس و مشخصات آنها ۵۵

۲-۳-۷- برآورد تبخیر و تعرق واقعی سالانه در حوزه منشاد..... ۶۲

۲-۳-۸-ارزیابی نتایج مربوط به محاسبه تبخیر و تعرق واقعی..... ۶۳
۲-۴-برآورد نفوذ در حوزه منشاد ۶۴

فصل سوم: نتایج

۳-۱-نقشه بارش در سال آبی ۸۶-۸۵ ..... ۶۹
۳-۲-رواناب حوزه منشاد ۷۰
۳-۳-تبخیر و تعرق در حوزه منشاد ۷۱
۳-۴ نفوذ ۸۰

فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

۴-۱-بحث ۹۳
۴-۲-معایب و مشکلات استفاده از الگوریتم سبال در حوزه منشاد ۹۵
۴-۳-پیشنهادات ۹۷
۴-۴-نتیجه‌گیری ۹۹

منابع ۱۰۰

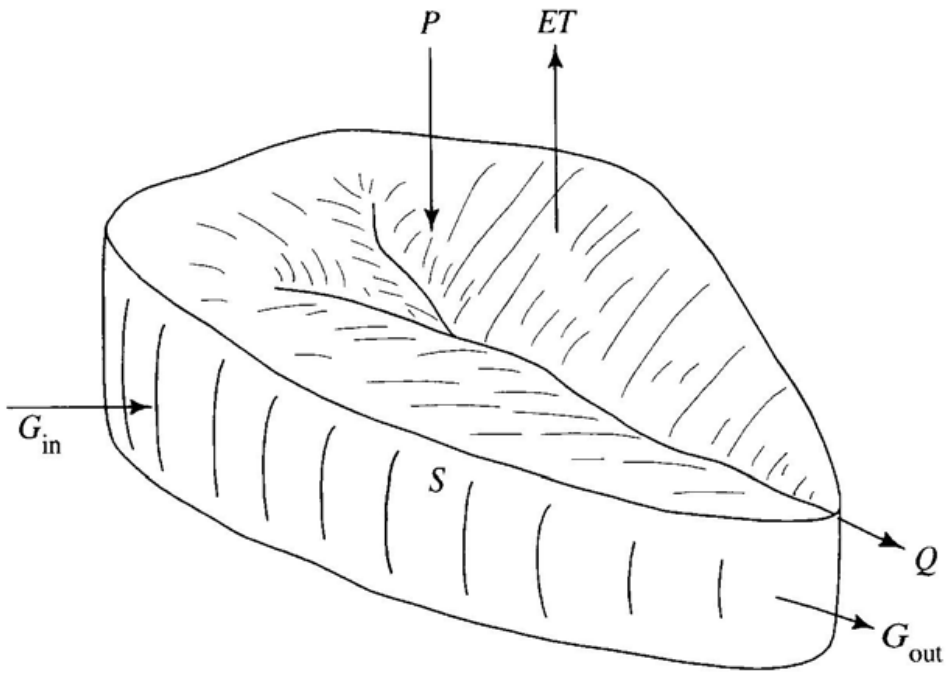
فهرست جداول

عنوان شماره

صفحه

جدول۲-۱- اجزای واحد اراضی حوزه منشاد و مشخصات آنها..... ۴۰
جدول۲-۲--مشخصات ایستگاههای مورد استفاده در تعیین گرادیان بارش - ارتفاع ۴۵
جدول ۲-۳-خصوصیات کامل سنجنده مودیس..... ۵۶
جدول۲-۴-خصوصیات طیفی باندهای سنجنده مودیس ۵۷
جدول۲-۵-طبقه بندی باندهای سنجنده مودیس از نظر قدرت تفکیک مکانی..... ۵۹
جدول۲-۶-مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در تحقیق ۶۰
جدول ۳-۱-نتایج مربوط به محاسبه رواناب حوزه منشاد در سال آبی ۸۶-۸۵..... ۷۱
جدول ۳-۲-رگبارهای صورت گرفته درسال ابی ۸۶-۸۵ در حوزه منشاد ۸۶
جدول ۳-۳-نتایج حاصل از محاسبه میزان نفوذ هر یک از رگبارهای حوزه منشاد ۸۸
جدول ۳-۴-نتایج مربوط به محاسبات حد نهایی تبخیر و تعرق..... ۸۹

۱-۱-۱-بیلان آبی در حوزه و معرفی اجزای آن



شکل ۱-۱-شمای کلی از معادله بیلان در سطح حوزه، در این شکل بارندگی (P) و جریان‌های زیر سطحی ورودی به آب زیرزمینی (G_{in}) به عنوان اجزای ورودی معادله بیلان و تبخیر و تعرق (ET)، رواناب خروجی (Q) و جریان‌های زیرسطحی خروجی (G_{out}) به عنوان اجزای خروجی معادله بیلان شناخته شده‌اند. همچنین منظور از S میزان ذخیره صورت گرفته در حوزه در یک دوره زمانی مشخص می باشد.

با توجه به شکل فوق می توان گفت که معادله بیلان آبی یک منطقه، مقدار نسبی جریان‌های ورودی، جریان‌های خروجی و تغییرات ذخایر آبی را در آن محدوده مشخص می‌سازد. در حالت کل ی، جریان‌های ورودی شامل بارش و جریان‌های ورودی سطحی و زیرزمینی به داخل محدوده بیلان و جریان‌های خروجی مشتمل بر تبخیر، تعرق و جریان‌های خروجی سطحی و زیرزمینی به خارج محدوده بیلان می‌باشد. هنگامی که ورودی‌ها بیشتر از خروجی‌ها باشند، ذخایر

آب افزایش و در غیر این صورت، کاهش می یابند. با عنایت به توضیحات فوق، شکل کلی و ساده شده معادله بیلان که در این تحقیق استفاده شده به شکل زیر می‌باشد:

$$P = ET + R + \Delta S \qquad ۱-۱$$

که در آن P بارندگی حوزه، R رواناب و ΔS میزان تغییرات ذخیره رطوبتی خاک و نفوذ عمقی است.

معمولاً مساحت محدوده بیلان با پیچیدگی محاسبات بیلان مرتبط است. پیچیدگی محاسبات بیلان برای سطوح آبی مثل دریاچه ها، مرداب ها و حو ضه های آب زیرزمینی با افزایش مساحت محدوده بیلان افزایش می یابد و این در حالی است که در مورد حوضه های آبریز افزایش سطح محدوده بیلان موجب ساده تر شدن معادلات می‌گردد. هر چه محدوده بیلان نسبت به مساحت حوضه کوچکتر باشد، تعیین مقادیر تبادلات بین زیرحوضه ها از سطح و زیرسطح، اراضی فاریاب و غیره دشوارتر بوده، لذا تعیین اجزای معادله بیلان با مشکل روبرو خواهد شد (دانش کار آراسته، ۱۳۸۴). از آنجا که معمولاً اندازه‌گیری اجزاء معادله بیلان توأم با خطا است، بهتر است در معادله بیلان یک جمله مربوط به خطا یا عدم قطعیت نیز منظور گردد (سوکولوف و چاپمن،۱۹۷۴).

یکی از مهمترین اجزای معادله بیلان آبی تبخیر و یا تبخیر و تعرق است. بر حسب تعریف تبخیر عبارت است از تلفات آب از سطح زمین در اثر بخار شدن آب مایع و ورود آن به اتمسفر. این پدیده میتواند یا به صورت مستقیم از سطح آب خالص صورت گرفته و یا اینکه از سطح خاک، سطح پوشش گیاهی زنده، سطوح غیر زنده و غیره باشد. بروز این پدیده از سطح گیاه زنده یا به طور دقیقتر از روزنه‌های برگ و نیز سایر اندامهای گیاهی را تعرق نامیده‌اند.

در معادله بیلان آبی تبخیر و تعرق حائز اهمیت زیادی است و بخش عمده‌ای از جریانهای خروجی یک حوزه یا هر مقیاس دیگری را به خود اختصاص میدهد. به عنوان مثال در سطح جهان به طور متوسط ۶۰ درصد از بارش های سالانه درون قاره‌ای به تبخیر بدل شده و از سطح زمین

خارج می شود. (سکلر و براتسرت، ۱۹۸۲ و [1]۱۹۹۸). همچنین گفته میشود که در امریکای شمالی و ایالات متحده ۷۵ درصد بارندگی سالانه از طریق تبخیر هدر می رود. در نواحی خشک دنیا این تلفات به بیش از ۹۰ درصد بارش سالانه نیز می رسد (گری[2]، ۱۹۷۰). در استرالیا نیز به طور متوسط ۹۲ درصد از بارش سالانه صرف تبخیر و تعرق می‌گردد (شرما،[3]۱۹۸۵). در نواحی خشک ایران نیز هر ساله بیش از ۸۰ درصد از کل بارش سالانه توسط تبخیر به اتمسفر بر می‌گردد (سپاسخواه، ۱۳۶۲). بنابراین، تبخیر از عمده ترین مؤلفه های چرخه آب و هیدرولوژی در طبیعت بوده و به جرآت میتوان گفت که بررسی بیلان آبی در یک منطقه بدون تعیین این بخش از معادله غیر ممکن خواهد بود.

چنانچه منطقه مورد مطالعه توام با گیاه چه به صورت پوشش طبیعی و چه به صورت کشاورزی اعم از زراعت و یا باغات باشد – که عموماً نیز چنین است- تبخیر و تعرق در معادله بیلان اهمیت فوق العاده‌ای می یابد. تعیین این جزء از معادله بیلان به تنهایی خود دارای چالشها و مسائلی است که در این تحقیق به عنوان مهمترین جزء معادله بیلان آبی مورد بررسی و کنکاش عمیق تر قرار خواهد گرفت.

۱-۱-۲-مکانیزم تبخیر و تعرق

برای انجام عمل تبخیر و تعرق بایستی آب برای تبخیر، سطحی به نام سطح تبخیر کننده و به علاوه انرژی کافی نیز وجود داشته باشد. برای ادامه یافتن عمل تبخیر بایستی یک مکانیزم انتقال، رطوبت موجود در اتمسفر مجاور سطح تبخیر کننده را به نقطه دیگری منتقل نماید تا اتمسفر مجاور سطح تبخیر کننده از حالت اشباع خارج شده و تبخیر متوقف نگردد. تقاضای اتمسفر برای تبخیر به وسیله فاکتورهای اقلیمی و هواشناسی کنترل می‌گردد، در حالی که رطوبت به وسیله

[1]. Seckler and Brutsaert
[2]. Gray
[3]. Sharma

فاکتورهای خاک، مخازن آب یا گیاه کنترل می‌شود . بنابراین، تبخیر و تعرق تحت تأثیر عوامل اقلیمی، زیستی و خاک می‌باشند (شرما، ۱۹۸۵).

شدت تعرق از سطح پوشش گیاهی و یا تبخیر از سطح آزاد آب، تحت تأثیر عوامل اقلیمی و موجودیت آب است. اما تبخیر از سطح خاک علاوه بر عوامل اقلیمی، متأثر از ظرفیت نگهداری رطوبت خاک و خصوصیات هدایتی آب در سیستم خاک - گیاه می‌باشد. روشهای مختلفی برای اندازه‌گیری مستقیم و یا تخمین غیر مستقیم تبخیر و تعرق وجود دارد که هر یک به فراخور امکانات، شرایط محیطی و اطلاعات اقلیمی موجود عملکرد بهتری خواهند داشت (آلن[۱] و همکاران، ۱۹۹۸). تحقیقات وسیعی در مورد مقایسه روشهای مختلف تخمین تبخیر و تعرق، میزان کارایی و درصد خطای هر روش صورت گرفته است. به عنوان مثال در تحقیقی که لو و همکارانش[۲] (۲۰۰۷) در منطقه جنوب شرقی آمریکا انجام دادند، شش روش مختلف محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل (PET) برای استفاده در مقیاس منطقه‌ای به را با یکدیگر مقایسه نمودند. در بین روشهای مورد بررسی، سه روش دما مبنا۳ بوده (تورنث ویت[۴]، هامون[۵] و هارگریوز سامانی) و سه روش دیگر تشعشع مبنا[۶] بوده‌اند (تورک[۷]، مک‌کینک[۸] و پریستلی تیلور[۹]). نتایج این تحقیق نشان داد که بین مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده به شش روش مذکور یک همبستگی قوی وجود دارد. اما آزمون آماری چند متغیره‌این روشها نشان داد که مقادیر PET روشهای مختلف با یکدیگر تفاوت معنی داری دارند. بیشتر این اختلافات نیز در بین روشهای دما مبنا مشاهده گردیده است. به طور کلی در این تحقیق روشهای پریستلی تیلور، تورک و هامون نتایج بهتری را نسبت به سایر روشها ارائه نموده‌اند. در داخل کشور نیز تحقیقی صورت گرفته است که در آن نتایج شش روش مختلف محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل شامل روشهای فائو –پنمن – مانتیث، بلانی – کریدل[۱۰]

[1].Allen
[2] -Lu et. Al.
[3] -Temperature based
[4] -Thonthwaite
[5] -Hamun
[6] -Radiation based
[7] -Turk
[8] -Makkink
[9] -Priestley-Taylor
[10] -Beliny -Kriddle

اصلاح شده توسط فائو، تورک، مک کینک، پریستلی تیلور و روش تشعشع فائو [۲۴] با داده های میکرولایسیمتری تبخیر و تعرق مرجع چمن مقایسه شده‌اند (شهابی فر و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج این تحقیق نشان داد که روش پنمن-مانتیث-فائو با جذر میانگین مربعات خطای ۱/۴۳ میلیمتر در روز، قدر مطلق خطای نسبی ۱۵ درصد و ضریب همبستگی ۷۰٪ دارای بیشترین دقت و روش بلانی کریدل اصلاح شده دارای کمترین دقت است. در تحقیق دیگری که در منطقه شمال غرب کشور انجام شده است، اقدام به مقایسه روشهای مختلف محاسبه تبخیر و تعرق مرجع (ETo) شده است. در این تحقیق ETo به کمک نرم افزار Ref-ET از چهارده روش مختلف محاسبه و با ETo پنمن مانتیث فائو به عنوان روش ایده‌ال مقایسه شده است. آنالیز نتایج با شاخصهای آماری میانگین مجذور مربعات خطا (RMSE) ، میانگین خطای مطلق (MAE) و ضریب تعیین (R2) انجام گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که روش پنمن مانتیث سازمان عمران آمریکا (ASCE) نتایج مناسب تری را نسبت به سایر روش ها ارائه داده است. در مقابل، روشهای مک‌کینک و تورک از دقت کمتری برخوردار بوده‌اند (بیات ورکشی و همکاران، ۱۳۸۷). با مرور منابع مختلف مشابه می‌توان به طور کلی چنین نتیجه‌گیری نمود که روش فائو-پنمن-مانتیث از مقبولیت بیشتری نسبت به سایر روشها برخوردار بوده و به همین دلیل در تحقیق حاضر نیز از همین روش برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع در حوزه مطالعاتی استفاده شده است.

چنانچه ذکر شد، پدیده تبخیر و تعرق یک پدیده منطقه‌ای است نه نقطه‌ای و با توجه به تغییرات مکانی عوامل دخیل در تبخیر اعم از سطح تبخیر کننده و عوامل محیطی مؤثر بر آن، در برآورد مقدار تبخیر یا تبخیر و تعرق بایستی اقدام به مدل سازی توزیعی در مکان نمود. اقلیم یک ناحیه شامل اتمسفر، سطح زمین و پوشش آن، موجودیت توده آبهای سطحی و مقادیر انرژی خورشیدی دریافتی؛ دارای چنان پیچیدگی و پویایی است که درک کامل آن در گرو این مدل های منطقه‌ای و بعضاً مدل‌سازی های بسیار پیچیده می‌باشد (راشکه، ۱۹۹۶[1]). از آنجا که در سطوح وسیع امکان تهیه اطلاعات مورد نیاز مدل ها از برداشت های زمینی به سادگی میسر نیست،می

[1]. Raschke

بایست از فنونی نظیر سنجش از دور بهره‌گیری شود (راشکه،۱۹۹۶). در تحقیق حاضر نیز از داده های سنجش از دور ماهواره‌ای بهره برداری شده و برای تعیین تبخیر و تعرق به عنوان یکی از اجزای مهم معادله بیلان آبی مورد استفاده قرار گرفته است. به همین دلیل موضوع سنجش از دور اهمیت خاصی در این تحقیق داشته و لذا لازم است که به صورت مفصل مورد بررسی قرار گیرد.

۱-۱-۳- کاربرد سنجش از دور در برآورد تبخیر و تبخیر- تعرق

سنجش از دور علم کسب اطلاعات از اشیاء و پدیده های زمینی بدون تماس مستقیم با آنها می باشد. ابزارهای کسب داده از اجسام به‌این طریق متفاوت بوده و با رشد تکنولوژی کاملتر و گسترده تر می‌گردند. عکسهای هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، تصاویر راداری، دوربین‌های مادون قرمز و همچنین رادیومترها از جمله‌این ابزارها هستند که امروزه در زمینه های مختلف کاربرد دارند. آنچه که باعث گسترش این فن در هر زمینه‌ای شده مزایای گاهاً منحصر به فرد آن است که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر را عنوان نمود:

۱- پوشش وسیع مکانی

۲- قدرت تفکیک زیاد مکانی نسبت به اطلاعات نقطه‌ای

۳- دیده بانی تغییرات زمانی برخی عوامل

البته هر روشی علاوه بر مزایا، محدودیت ها و معایبی نیز دارد. بدلیل اینکه زمینه استفاده سنجش از دور در این تحقیق تعیین تبخیر و تعرق است، لذا معایب مطرح شده نیز در ارتباط با همین موضوع خواهد بود. مزایای این فن در ارتباط با تعیین تبخیر به شرح زیر است (باستین‌سن[1]،۱۹۹۸):

۱- اطلاعات حاصل به صورت لحظه‌ای هستند و تعیین مقادیر روزانه از آنها امکان پذیر نیست یا تؤام با فرضیات ساده کننده می‌باشد

[1]. Bastiaanssen

۲- برای بررسی یک پدیده زمانی به تحلیل تصاویر متعددی نیاز است.

۳- ابرناکی هوا باعث بروز مشکلاتی در تفسیر و نتیجه‌گیری می‌گردد.

۴- تنها برخی اطلاعات از طریق سنجش از دور بدست می آید و برای سایر عوامل مؤثر بر تبخیر بایستی از اطلاعات زمینی استفاده نمود که برداشت های زمینی لزوماً با تصاویر همزمان نیستند

۵- مقیاس مکانی تصاویر لزوماً با مقیاس مورد نیاز به خصوص هنگام کار در سطوح کوچک متناسب نمی‌باشد.

۶- انتقال افقی جرم و انرژی، خصوصیات باد، زبری سطح و ... تنها از طریق مطالعات وسیع منطقه‌ای قابل تعیین می‌باشند.

۷- تبخیر و تعرق از سطوح دارای پوشش گیاهی تنک، به واسطه تداخل بازتاب تاج پوشش و خاک خشک، به سادگی قابل تعیین نمی‌باشد.

بسیاری از مواردی که در فوق به عنوان محدودیت های سنجش از دور مطرح گردید، امروزه بررسی چگونگی استفاده از سنجش از دور در برآورد و توزیع مکانی تبخیر و تعرق به صورت منطقه‌ای به وسیله سنجنده های جدید و با کیفیت بالا رفع شده است. سنجنده های با قدرت تفکیک مکانی چند متر یا حتی چند سانتی متر، مسئله تغییرات و ناهمگنی سطح زمین و عوارض موجود در آن را، به سهولت حل می نمایند. سنجنده های فرا طیفی[1] و رادار [2]بسیاری از اطلاعات مربوط به لایه های اتمسفر، سطح و عمق خاک را در طول موج کوتاه[3] در اختیار قرار می دهند . علاوه بر رشد فنی ادوات و سنجنده ها در ثبت اطلاعات، فنون تفسیر اطلاعات و تصاویر نیز به پیشرفت های بسیاری نائل آمده، از جمله انواع شاخص های گیاهی، دمایی، ترکیبات رنگی و طیفی و ... که به تعیین و تفکیک پدیده های متفاوت کمک می نمایند. مطالعات بیلان آبی و تعیین مؤلفه های آن از مهم ترین و پیچیده ترین بخش های مطالعات منابع آب یک منطقه است. معمولاً تنها

[1]. Hyper Spectral
[2].RADAR
[3]. Micro Wave

برای شرایط خاص و سطح و مقیاس کوچک قادر به تشکیل معادله بیلان با دقت مناسب خواهیم بود. مثلاً در سطح یک لیسیمتر[1] در شرایط کاملاً محدود می‌توان در مقیاس های زمانی مختلف اقدام به تشکیل معادله بیلان نمود. اما در سطح یک حوضه معمولاً برقراری بیلان جرم به سادگی قابل انجام نمی‌باشد و فقط از طریق فرضیات ساده کننده یا حذف برخی مؤلفه ها می‌توان توازن جرم را برقرار نمود. یکی از مجهولات بیلان که برقراری تعادل را با مشکل مواجه می نماید و در سطح محدوده بیلان به سادگی قابل برآورد نمی‌باشد، تبخیر و تعرق است. برای تعیین تبخیر و تعرق معمولاً از شیوه های تخمین یا اندازه‌گیری استفاده می‌شود که چنانچه قبلاً اشاره شد به لحاظ استفاده از داده های نقطه‌ای برای کاربردهای منطقه‌ای مناسب نیستند. هنگام تشکیل معادله بیلان، معمولاً با سطوح وسیعی مواجهیم که حتی با استفاده از اطلاعات چندین نقطه نیز نمی‌توان انتظار دست یابی به نتایج مطلوب را داشت. لذا ضروری است از روش های دیده بانی وسیع مکانی برای رصد همزمان منطقه بهره جست و با این ابزارها و فنون، به صورت توزیعی در سطح منطقه اقدام به بر آورد مؤلفه های بیلان از جمله تبخیر و تعرق نمود. فنون سنجش از دور این امکان را می‌دهند تا سطح وسیعی از منطقه مورد مطالعه را همزمان مورد پوشش قرار داده، اقدام به رصد و مطالعه تبخیر و تعرق نمود. به کمک این فن، توزیع مکانی پارامترهای مورد نیاز مدل های تبخیر و تعرق و تغییرات زمانی آنها بین دو تصویر برداری متوالی را فراهم می شود (دانش کار آراسته، ۱۳۸۴). توجه به‌این نکته نیز ضروری است که سنجنده های ماهواره‌ای فرآیندهای هیدرولوژیکی را ثبت نمی کنند، بلکه شدت بازتابش الکترومغناطیسی سطح را ثبت و ضبط می نمایند و از طریق برقراری یک رابطه ریاضی یا منطقی، امکان بررسی پدیده مورد نظر میسر می‌گردد. تبخیر نیز از جمله آن فرآیندها است که نمی‌توان به طور مستقیم از مشاهدات و سنجش از دور آنها را تعیین یا اندازه‌گیری نمود .اما سنجش از دور، متغیرها و اطلاعات مورد نیاز از سطح زمین و اتمسفر مجاور آنرا برای محاسبه تبخیر در اختیار قرار می‌دهد. اصولاً سنجش از دور مستقیماً خود فرآیندها را مورد سنجش قرار نمی‌دهد، بلکه متغیرهایی از آن فرآیند را که ماهیت الکترومغناطیسی دارد، می سنجد.

[1].Lysimeter

به کمک اطلاعات رصد شده می‌توان توزیع شار گرما، انرژی تابشی رسیده، دمای سطح و عمق خاک، آلبیدو و تغییرات سطح زمین را در سطح منطقه مورد مطالعه، تعیین نمود و سایر عوامل مورد نیاز را از ایستگاه های زمینی تأمین کرد. تفکیک سطوح با کاربری متفاوت توده های آب، خاک خشک، کشتزار، مرتع، جنگل، کاربری شهری و... از سایر عوارض از دیگر قابلیت های سنجش از دور می‌باشد که به سادگی به وسیله طول موج های مرئی و فروسرخ نزدیک قابل انجام است (باستین سن، ۱۹۹۸). از آنجا که آب در طول موج های بزرگتر (فروسرخ نزدیک و میانی) اکثر انرژی الکترو مغناطیسی دریافتی را جذب و مقادیر ناچیزی از آن را بازتاب می نماید، در تصاویر مربوط به‌این باندها، توده های آب سطحی و خاک مرطوب به صورت سلول های تیره رنگ ظاهر می‌گردد (کراکنل[1]، ۱۹۹۷). با توجه به تعریف سنجش از دور در مبحث قبل، ملاحظه می‌گردد که‌این علم قادر است پدیده های دارای ماهیت طیفی را در سطح زمین مورد بررسی قرار دهد. لذا کلیه رویدادهای چرخه های آب و انرژی در کره زمین سطح زمین و اتمسفر (در صورتی که خود ماهیتی طیفی داشته باشند یا خصوصیاتی را دارا باشند که ماهیتی طیفی دارد)، به وسیله سنجش از دور قابل بررسی است (کواتروچی و لووال [2]، ۲۰۰۲). تبخیر و تعرق یکی از این رویدادهاست. بنا به تعریف، تبخیر و تعرق پتانسیل عبارت از اتلاف آب از سطح خاک مرطوب کاملاً پوشش شده با گیاه می‌باشد، به نحوی که مساحت ناحیه به حدی بزرگ باشد که اثرات واحه‌ای بر آن، قابل چشم پوشی باشد (مونتیث[3]، ۱۹۹۴). در حال حاضر مطالعاتی موجود است که به برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل به کمک سنجش از دور در نقاط مختلف جهان مرتبط است. به عنوان مثال نقشه جهانی تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای و مدل پنمن - مانتیث توسط چادهوری در سال ۱۹۹۷ تهیه شده است (چادهوری[4]، ۱۹۹۷). در این عملیات، آلبیدوی سطح معادل ۲۳ درصد منظور و سایر اطلاعات از طریق برقراری روابط تجربی میان متغیرهای ماهواره‌ای و اطلاعات زمینی تهیه شده‌اند. کاربرد سنجش از دور در تعیین نیاز آبی محصولات و حتی ضرایب گیاهی نیز به تعدد

[1]. Cracknell
[2]. Quattrochi and Luvall
[3]. Monteith
[4]. Choudhury

صورت گرفته است. در این ارتباط می‌توان به مدل ارتباط خطی و فرم های اصلاح شده غیرخطی آن اشاره کرد (بوفام وکارلسون[1]، ۱۹۷۷). در این مدل ها، ارتباط غیرخطی میان تفاضل دمای سطح و اتمسفر با اجزاء معادله بیلان انرژی از جمله گرمای نهان تبخیر، از طریق روابط رگرسیونی برقرار می‌گردد. اما محدودیتی برای این روابط وجود دارد و آن، محدودیت کاربرد آنها در زمان و مکان توسعه مدل می‌باشد. بدین معنی که‌این مدل ها در دوره های زمانی خارج از دوره توسعه مدل و مناطقی به جز منطقه توسعه مدل، عموماً قابل کاربرد نیستند، مگر از طریق واسنجی در نواحی جدید (کایت و پترونیرو[2]، ۲۰۰۰). در مقابل معادلات تجربی، روش های مبتنی بر فیزیک پدیده تبخیر قرار دارد که عموماً درآنها، معادله بیلان انرژی سطح برای کمیت گرمای نهان تبخیر حل می‌گردد و سایر اجزاء معادله مستقیماً با استفاده از تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای و یا به طور غیرمستقیم از مقادیر داده های زمینی تعیین و بکار گرفته می‌شوند. در میان این مدلها می‌توان به مدل شناخته شده" سبال[3]" اشاره کرد (باستین سن، ۱۹۹۵). در تحقیق حاضر نیز از همین مدل استفاده شده و تبخیر و تعرق واقعی سالانه حوزه مطالعاتی محاسبه گردیده است.

۱-۲- مروری بر منابع مربوط به محاسبه بیلان آب

همانطور که در قبل نیز اشاره شد هدف اصلی از تحقیق حاضر ارزیابی و تعیین اجزای معادله بیلان آبی در سطح حوزه با تاکید بر تبخیر و تعرق به عنوان یکی از مهمترین و پیچیده ترین اجزای آن است. همچنین تلاش شده است که در تعیین این جزء از معادله بیلان آبی از روشهای نوین، قابل اعتماد و مقرون به صرفه استفاده شود. در همین راستا سنجش از دور ماهواره‌ای به عنوان مهمترین منبع کسب داده در تحقیق مذکور مطرح بوده که از آن برای تعیین تبخیر و تعرق استفاده شده است.

[1]. Carlson and Buffum
[2]. Kite and Pietroniro
[3] -SEBAL