

لزوم بازنگری بر مدل‌های برآورد تبخیر از سطوح آزاد آب در مناطق خشک دارای

اثر واحه ای منطقه ای: مطالعه موردی در مخزن چاه نیمه^۱

پیمان دانش کار آراسته، مسعود تجریشی، مجید میر لطیفی و بهرام ثقفیان^۲

۱- چکیده:

مخزن چاه نیمه در سیستان، تأمین کننده آب شرب شهرستانهای زابل و زاهدان و آب آبیاری اراضی کشاورزی آن ناحیه از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است. نحوه مدیریت و بهره برداری از این مخزن با توجه به میزان بالای تبخیر از سطح آب در آن ناحیه کاری خطیر است. در این مقاله ضمن تشریح شرایط خاص هیدروکلیما تولوژیکی مخزن چاه نیمه و ضرورت پرداختن به مسئله تبخیر در این ناحیه، استفاده از مدل‌ها و روشهای برآورد تبخیر ارزیابی شده است و در این ارتباط، تبخیر واقعی از سطح دریاچه با استفاده از بیلان حجمی مخزن تعیین شده و مبنای سنجش مدل‌ها و روشهای مختلف قرار گرفته است. خصوصیات اقلیمی منطقه به نحوی است که می‌توان هر سال آبی را به دو دوره دارای اثر واحه ای و فاقد اثر واحه ای تقسیم کرد. نتایج بررسیهای این تحقیق نشان می‌دهد که اکثر شیوه‌های شناخته شده تخمین تبخیر در دوره فاقد اثر واحه ای از کارایی نسبتاً بهتری برخوردارند. در حالی که در ماههای دارای اثر واحه ای قابلیت استفاده از این مدل‌ها و روشها به شدت تنزل می‌یابد. علت آن، تطابق نداشتن شرایط و تئوریهای حاکم بر این مدل‌هاست که اصلاح و بازنگری بر آنها را برای نواحی خشک دارای اثر واحه ای منطقه ای ضرورت می‌بخشد. میزان خطای برآورد تبخیر در ماههای دارای اثر واحه ای در روشهای پنمن-مانتیش و پریستلی - تیلور به ترتیب بین ۳۲ تا ۶۶ درصد و ۴۵ تا ۷۳ درصد برآورد شده است. همچنین روش انتقال جرم برای مواقعی که حتی حاصلضرب سرعت باد در کمبود فشار بخار صفر است حدود ۸ میلیمتر در روز تلفات برای مخزن چاه نیمه به دست می‌دهد. این در حالی است که مطالعات میدانی تلفات از بستر و دیواره‌های مخزن را ناچیز برآورد می‌کنند. واسنجی ضریب تشت تبخیر نیز در ایام حاکمیت اثر واحه ای ضریبی تا ۰/۹ را نشان می‌دهد. در تحقیق حاضر برای مواقعی که روشهای معمول برآورد تبخیر کارایی ندارند، دخالت دادن سهم اثر واحه ای در برآورد تبخیر پیشنهاد شده است.

۲- واژه های کلیدی:

انتقال جرم، بیلان انرژی، بیلان حجمی، تبخیر، چاه نیمه، سیستان، ضریب تشت تبخیر

۱- برگرفته از رساله دکتری - دانشگاه تربیت مدرس

۲- به ترتیب دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت مدرس و مربی پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، صندوق پستی: ۱۳۳۶-۱۳۴۴۵، تلفن: ۱۸-۴۹۰۱۲۱۴، دورنگار: ۴۹۰۵۷۰۹، پست الکترونیکی: Arasteh@scwmri.ac.ir، استادیار دانشگاه صنعتی شریف، استادیار دانشگاه تربیت مدرس و استادیار پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

۳- پیشگفتار:

طراحی و مدیریت سیستمهای استحصال و بهره‌برداری از منابع آب، سازه‌های آبی، و شبکه‌های آبیاری نیاز به آگاهی از مقدار و تغییرات تلفات تبخیر دارد. روشهای متعددی برای اندازه‌گیری و تخمین تبخیر از سطوح آب آزاد تقریباً از صد سال پیش به وجود آمده‌اند [۱۲] که اکثر معادلات ارائه شده فقط در شرایطی که توسعه یافته‌اند، قابل کاربرد می‌باشند و بدون شناخت کافی از اطلاعات مورد نیاز مدلها و شرایط کاربرد آنها، انتخاب مدل برای برآورد تبخیر کاری بس دشوار است [۲۸]. برآورد تبخیر از طریق مدل‌سازی در مناطق خشک، نظیر سیستان، بسیار دشوارتر از مناطق دیگر است. اکثر مدل‌های متداول و شناخته شده برآورد تبخیر به سبب عدم تطابق با شرایط حاکم بر مناطق خشک دارای اثر واحدی منطقه‌ای کارایی محدودی دارند.

منطقه سیستان از جمله مناطقی است که در آن رویدادهای جدی نظیر سیل و خشکسالی به وفور رخ می‌دهد و شرایط ویژه هیدرولیکی- هیدرولوژیکی و مکانی آن خصوصیات منحصر به فردی به این ناحیه می‌بخشد. قرار گرفتن در انتهای حوضه آبریز بسته، سیستم پیچیده هیدرولیکی- هیدرولوژیکی رودخانه هیرمند و دریاچه‌های هامون، همچنین وزش بادهای صد و بیست روزه و بارندگی ناچیز سالانه، دمای بالا، و خاک با نفوذ پذیری کم از یک سو و محدودیت منابع آب زیرزمینی، منابع آب سطحی مشترک با کشور همسایه و عدم تسلط ایران بر سرچشمه آن

منابع آب، شرایطی را به وجود آورده‌اند که این ناحیه موقعیت ویژه‌ای داشته باشد. اهمیت تالابهای هامون به واسطه قرار گرفتن در فهرست تالابهای بین‌المللی و موقعیت ممتاز آنها از دیدگاههای محیط زیست و حیات وحش، سابقه تاریخی و باستانی تمدن و رونق کشاورزی در این ناحیه، ملاحظات سیاسی- اجتماعی- اقتصادی- فرهنگی حاکم بر منطقه و بسیاری از موارد دیگر به حساسیت مسئله آب در این ناحیه می‌افزاید. از سوی دیگر، مواردی همچون فقدان آمار کافی، بعضاً کیفیت نازل اطلاعات، و کمبود مطالعات و بررسیهای دقیق هیدرولوژیکی در این منطقه را نیز باید به موارد فوق افزود.

با توجه به منابع آبی سطحی کنترل شده ورودی، محدودیت منابع آب زیرزمینی، و بارندگی اندک در این بخش از کشور، می‌توان گفت که مهمترین و ناشناخته‌ترین مؤلفه بیلان آب، کمیت تبخیر است. نتایج مطالعات گذشته حاکی از ناهماهنگی آمارها و داده‌ها، مدل‌های آماری و زمین آماری (Geostatistics) و مدل‌های متداول برآورد تبخیر در این منطقه است [۴]. برخی مطالعات و مدل‌های ارائه شده (مدل‌های تبخیر مبتنی بر گرادیان دما و ارتفاع) در این ناحیه خطایی بالغ بر ۳۰ درصد در برآورد تبخیر دارند [۲]. برای مثال، با توجه به حجم قابل بهره‌برداری و تبخیر از مخزن چاه نیمه که به ترتیب ۳۱۰ و ۱۰۰ میلیون متر مکعب برآورد شده است، ۳۰ درصد خطا در برآورد تبخیر مقداری بیشتر از ۳۰ میلیون متر مکعب یعنی بیش از ۱۰ درصد از

CRLE را برای منطقه مزبور نشان می‌دهد. وی علت را در تأثیرات قابل توجه وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان یا به سخن بهتر در پدیده اثر واحه ای (انتقال افقی انرژی) می‌داند [۳].

مطالعات، تحقیقات، و مدل‌های ارائه شده در زمینه برآورد تبخیر از سطح دریاچه ها و تالابها اغلب در مناطقی بوده است که پدیده غالب انتقال افقی انرژی به صورت منطقه ای نبوده و سهم اثر واحه ای در کل تبخیر عملاً چندان معنی دار نبوده است. لذا به نظر می‌رسد که مدل‌های موجود برای کاربرد در شرایط اثر واحه ای منطقه ای نیاز به بازنگری، اصلاح، و توسعه دارند. از طرف دیگر، روش‌های عملی تری نظیر اصلاح تبخیر از تشت برای تبخیر از سطح آزاد آب به کمک ضریب تشت تبخیر نیز به دلیل تغییرات شدید این ضریب طی سال و نیاز به واسنجی آن محدودیت زیادی دارند [۱۷ و ۱۹]. حتی شبیه سازی آماری ضریب تشت تبخیر نیز به سادگی امکان پذیر نیست و انتخاب مدل مناسب مستلزم شناخت کامل و کافی از پدیده تبخیر در منطقه است [۱۴]. لازم است گفته شود که برای تعیین سهم اثر واحه ای بر تبخیر و کلاً بر اقلیم هر منطقه، استفاده از شیوه های دقیق و حساسی نظیر سیستم‌های همبستگی گردابی (Eddy Correlation System) یا لایسیمتری معمول است. مالک و سپاسخواه (۱۳۶۰) پدیده اثر واحه ای را در منطقه باجگاه- فارس به کمک لایسیمتر بررسی کردند. این محققان، وجود این پدیده و سهم آن را در تبخیر و تعرق گیاه مرجع در ماه‌های اردیبهشت تا شهریور برآورد و ضریب

حجم مفید و قابل بهره برداری از مخزن مزبور است. برای نشان دادن اهمیت مسئله به این نکته اشاره می‌شود که مصرف آب سالانه شهرستان زابل کمتر از ۳۰ میلیون متر مکعب است، این عدد از میزان خطای محاسبات تبخیر کمتر است. در صورت برآورد صحیحی از این کمیت می‌توان نسبت به تخصیص آن برای مصارف دیگر، توسعه سطح زیر کشت، و حفاظت و توسعه تالابها از دیدگاه زیست محیطی اقدام کرد.

برآورد میزان تبخیر از سطح آزاد آب با روش‌های متفاوت امکان پذیر است و مطالعات متعددی نیز در این زمینه در سراسر جهان صورت گرفته است. طیم مطالعه دریاچه بایوا (Biwa) در ژاپن به مساحت ۶۸۰ کیلومتر مربع، روش انتقال جرم مناسب ترین روش تخمین تبخیر برای آن دریاچه شناخته شده است [۱۶]. در یک مخزن کوچک آب در کشور برزیل با وسعت تقریبی هشت کیلومتر مربع، به منظور مدلسازی تبخیر از سطح آب از بیلان انرژی و مدل شناخته شده (Complementary Relationship CRLE (Lake Evaporation)، استفاده و معلوم شد که مدل مزبور برای این منظور بسیار مناسب است [۲۱]. در سایر پهنه‌های آبی دنیا نیز بیلان انرژی مبنای کارهای مشابه قرار گرفته است [۱۲]. همچنین، در بسیاری از مناطق برای برآورد تبخیر از سطوح آزاد آب از روش بیلان حجمی استفاده شده است [۷، ۲۷ و ۲۹].

تحقیقات سعادت خواه (۱۳۸۰) در مخزن چاه نیمه، ناکارآمدی تعدادی از مدل‌های متداول برآورد تبخیر از سطح آزاد آب از جمله مدل

تشت تبخیر را برای این پدیده واسنجی کردند [۵].

در مقاله حاضر ضمن معرفی شرایط ویژه حاکم بر مخزن چاه نیمه در سیستان، ضرورت بازنگری مدل‌های متداول برآورد تبخیر و نیز روش‌های تخمین این کمیت هیدرولوژیکی مورد تأکید قرار می‌گیرد. در این ارتباط، تئوریهای انتقال جرم و انرژی بررسی و نتایج روابط مرسوم با نتایج بیلان حجمی مقایسه می‌شوند. بدین ترتیب کارایی تئوریهای مزبور و مدل‌های مبتنی بر آنها در منطقه مزبور ارزیابی می‌شود.

۴- مواد و روشها:

- مشخصات مخزن چاه نیمه

مخزن چاه نیمه از سه گودال طبیعی تشکیل و در بخش شمالی دلتای رود هیرمند در منطقه سیستان ایران در محدوده جغرافیایی $30^{\circ}45'$ تا $30^{\circ}50'$ عرض شمالی، $61^{\circ}38'$ تا $61^{\circ}45'$ طول شرقی واقع شده است. ارتفاع متوسط مخزن چاه نیمه از سطح دریا ۵۰۰ متر است (شکل شماره ۱). گودال‌های مزبور برای ذخیره آب از طریق احداث دایک‌هایی ساماندهی شده اند و با ساخت یک کانال از محل دو شاخه هیرمند آبیگری

می‌شوند. این مخزن در سالهای پر آبی پهنه ای واحد است و در سالهای خشک، پهنه های آبی جداگانه ای را به وجود می‌آورد (شکل شماره ۲). مخزن چاه نیمه با حداکثر گنجایش نزدیک به ۶۳۰ میلیون متر مکعب و مساحتی بالغ بر ۴۷ کیلومتر مربع، منبع آب شرب شهرستانهای زابل، زاهدان، و سایر نواحی مسکونی سیستان را تشکیل می‌دهد و آب آبیاری حدود ۸۰ هزار هکتار اراضی کشاورزی این منطقه را تأمین می‌کند. از گنجایش مخزن مزبور تنها نیمی قابل بهره‌برداری است و نیمی دیگر حجم مرده این مخزن را تشکیل می‌دهد. گودالهای چاه نیمه ۱، ۲، و ۳ به ترتیب حداکثر ۲۱، ۹، و ۱۷ کیلومتر مربع مساحت دارند و حداکثر عمق آب در این گودالها در سالهای پر آبی به ترتیب ۱۹، ۲۰ و ۳۲ متر است [۴]. جدول شماره ۱ مشخصات عمومی مخزن چاه نیمه را نشان می‌دهد. چنانچه در شکل شماره ۲ ملاحظه می‌گردد در سالهای کم آبی علاوه بر تفکیک سه مخزن از یکدیگر، چاه نیمه شماره ۱ نیز خود به بخش شمالی و جنوبی تفکیک و بدین ترتیب ارتباط هیدرولیکی توده‌های آبی با یکدیگر قطع می‌شود.



شکل شماره ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در مرزهای سیاسی جمهوری اسلامی ایران



شکل شماره ۲- موقعیت مخزن چاه نیمه و ایستگاه‌های مورد استفاده در مطالعه (تصویر Landsat-ETM باند ۴ تاریخ ۲۰۰۰/۴/۱۲) در دشت سیستان

جدول شماره ۱- مشخصات عمومی مخزن چاه نیمه [۴].

مخزن ۳	مخزن ۲	مخزن ۱	پارامتر
۴۶۰	۴۷۲	۴۷۳	رقوم کف (متر ارتفاع از سطح دریا)
۴۹۲	۴۹۲	۴۹۲	رقوم حداکثر تراز سطح آب (متر ارتفاع از سطح دریا)
۴۸۸	۴۸۸	۴۸۸	رقوم متوسط تراز سطح آب (متر ارتفاع از سطح دریا)
۴۸۰	۴۸۰	۴۸۰	رقوم اتصال مخازن (متر ارتفاع از سطح دریا)
۳۲	۲۰	۱۹	عمق در تراز ۴۹۲ (متر)
۱۵/۷	۷/۵	۸/۷	عمق در تراز ۴۸۸ (متر)
۱۷	۹	۲۱	مساحت در تراز ۴۹۲ (کیلومتر مربع)
۱۵/۹	۷/۳	۱۷/۴	مساحت در تراز ۴۸۸ (کیلومتر مربع)
۳۷۴	۸۱/۶	۲۲۴/۴	حجم مفید در تراز ۴۹۲ (میلیون متر مکعب)
۲۴۹/۲	۵۴/۶	۱۵۰/۷	حجم مفید در تراز ۴۸۸ (میلیون متر مکعب)

- اقلیم منطقه

واقع شده اند، برای تدقیق، تصحیح، تکمیل و تطویل دوره آماری، بهره گیری شده است. در تحقیق حاضر دوره آماری هفت ساله از ماه مه ۱۹۹۴ تا پایان سال ۲۰۰۰ میلادی مد نظر قرار گرفته است. در این بازه زمانی می توان یک دوره کامل سالهای خشک، نرمال، و مرطوب را مشاهده کرد. جدول شماره ۲ مقادیر عوامل اقلیمی مختلف حاکم بر منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

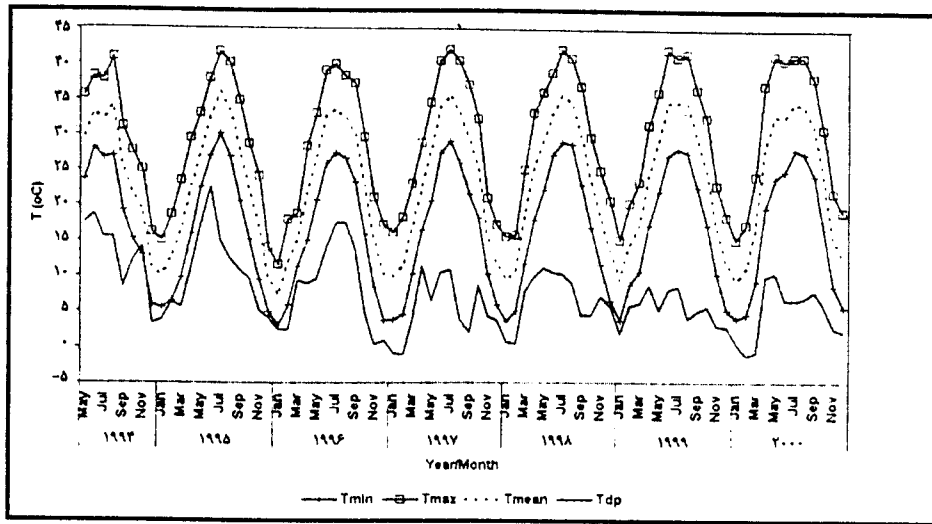
در ساحل شمالی این مخزن مجاور آبگیر خروجی در محل سد چاه نیمه یک ایستگاه تبخیرسنجی احداث شده است. در این ایستگاه بیش از ۱۰ سال آمار روزانه مناسب وجود دارد که برای انجام مطالعات، از آنها بهره برداری شده است (شکل شماره ۲). همچنین از دو ایستگاه سینوپتیک شهر زهک و تبخیرسنجی پایاب سد زهک که در شمال مخزن و در مجاورت یکدیگر

جدول شماره ۲- عوامل اقلیمی در محدوده مورد مطالعه

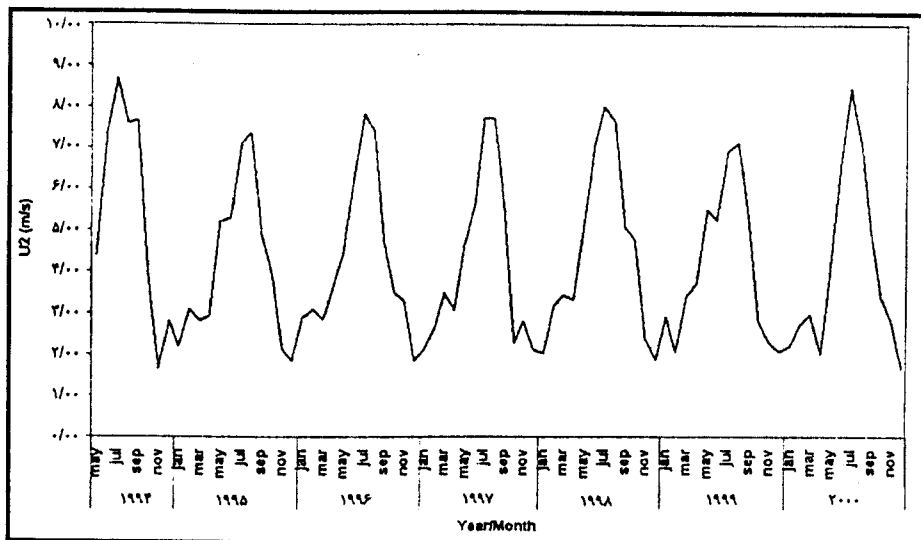
پارامتر	متوسط	حداکثر	حداقل	دامنه تغییرات
دمای متوسط ماهانه (درجه سانتی گراد)	۲۲	۳۶	۸	۲۸
دمای حداقل مطلق ماهانه (درجه سانتی گراد)	۹	۲۶	-۸	۳۴
دمای حداکثر مطلق ماهانه (درجه سانتی گراد)	۳۶	۴۸	۱۹	۲۹
حداکثر ماهانه سرعت باد در ارتفاع ده متری (متر بر ثانیه)	۸	۱۱	۳	۸
متوسط ماهانه رطوبت نسبی (درصد)	۳۶	۶۳	۱۵	۴۸
ساعات آفتابی سالانه (ساعت)	۳۵۲۰	۳۶۵۵	۳۳۷۵	۲۸۰
بارندگی سالانه (میلی متر)	۵۳	۱۳۴	۱۲	۱۲۲
تبخیر سالانه از تشت کلاس A (میلی متر)	۴۵۳۰	۴۹۸۰	۴۲۳۵	۷۴۵

تمرکز تابستانی حرارت و فاقد آب مازاد در زمستان، طبقه بندی می‌کند [۶]. مطالعات میدانی نشان می‌دهد که مخزن در اواخر پاییز تا اوایل بهار دچار لایه بندی حرارتی می‌شود و در مابقی سال واژگونی رخ می‌دهد و مخزن از لحاظ دما شرایط یکنواختی را نسبت به عمق پیدا می‌کند و اختلاط کامل در مخازن روی می‌دهد [۴].

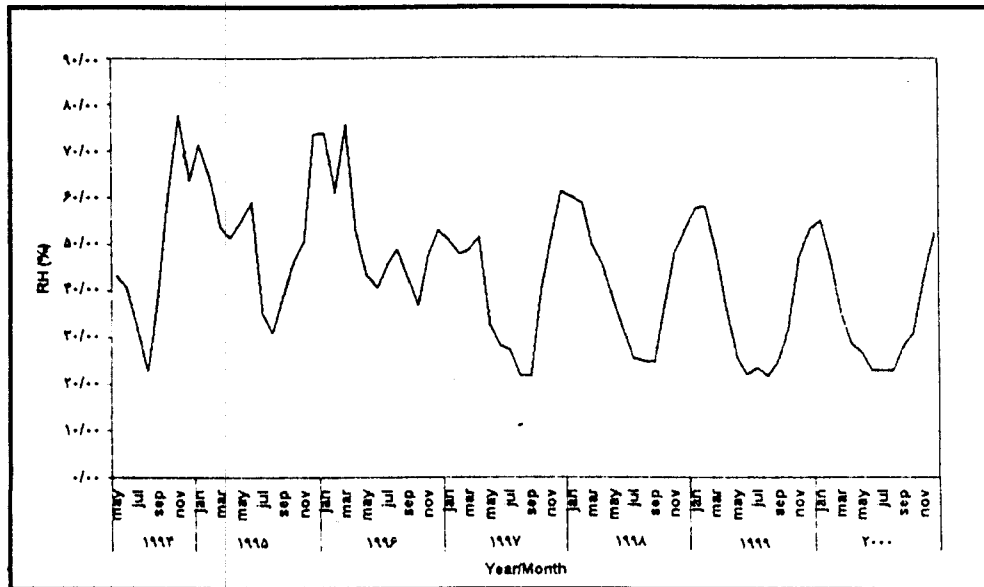
شکلهای شماره ۳ تا ۸ نوسانات ماهانه عوامل اقلیمی شامل دما (T)، باد (U_2)، رطوبت نسبی (RH)، و ساعات روشنایی روزانه (n) را به طور متوسط، بارندگی ماهانه و تبخیر ماهانه از تشت تبخیر کلاس A (E_p) را در دوره زمانی مورد مطالعه در محل ایستگاه چاه نیمه نشان می‌دهند. مطالعات میانه رو اقلیم منطقه را بر طبق روش تورنت ویت به صورت خشک شدیداً گرم با



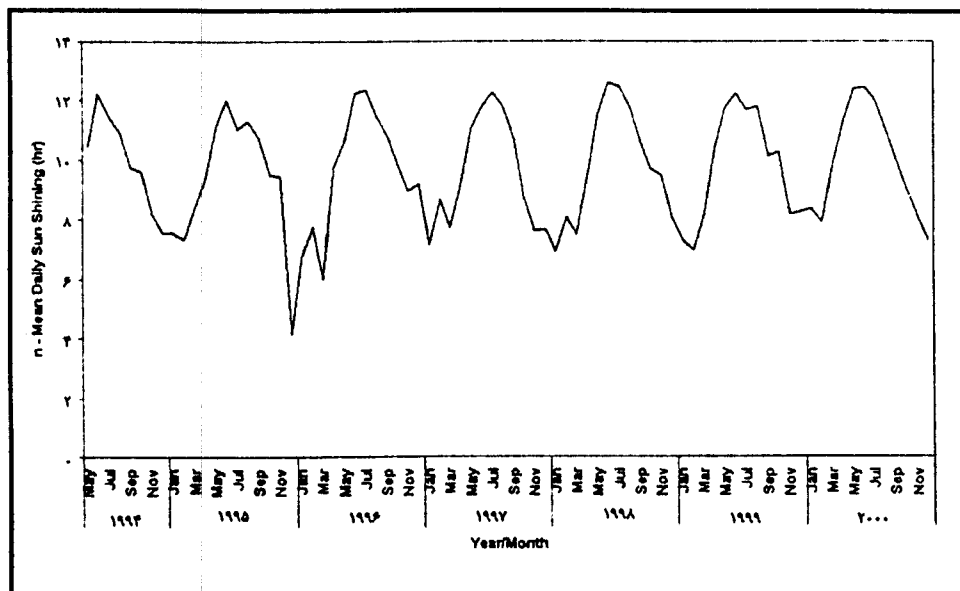
شکل شماره ۳- نوسانات دمای متوسط ماهانه طی سالهای ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۰ میلادی در ایستگاه چاه نیمه



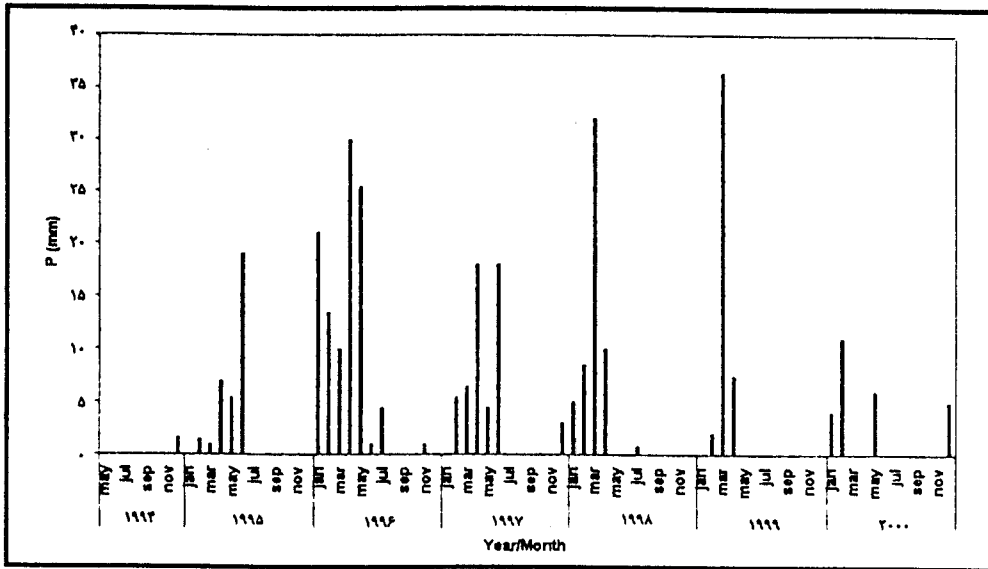
شکل شماره ۴- نوسانات متوسط ماهانه سرعت باد در ارتفاع دو متری طی سالهای ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۰ میلادی در ایستگاه چاه نیمه



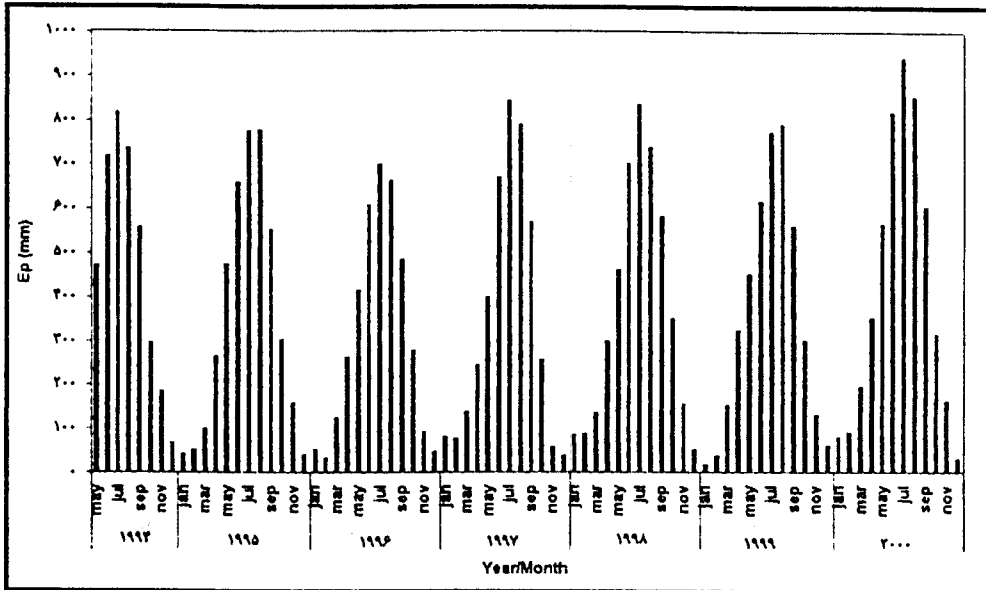
شکل شماره ۵- نوسانات رطوبت نسبی متوسط ماهانه طی سالهای ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۰ میلادی در ایستگاه چاه نیمه



شکل شماره ۶- نوسانات متوسط ماهانه طول دوره روشنایی روزانه طی سالهای ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۰ میلادی در ایستگاه چاه نیمه



شکل شماره ۷- بارندگی ماهانه طی سالهای ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۰ میلادی در ایستگاه چاه نیمه



شکل شماره ۸- تبخیر ماهانه از تشت طی سالهای ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۰ میلادی در ایستگاه چاه نیمه

قرار گرفته و مرکز مطالعات آب و محیط زیست
 بیلان حجمی مخزن (VB) را برای سالهای ۱۹۸۶ تا
 ۲۰۰۰ به شرح زیر تعیین کرده است [۴].
 شرایط ژئوتکنیکی بستر و جداره مخزن به
 دلیل وجود لایه های رس سیلتی سبب کاهش

روشها
 - بیلان حجمی مخزن
 جریانات ورودی، خروجی، و نوسانات سطح
 آب مخزن چاه نیمه به صورت روزانه مورد پایش
 قرار می گیرد. این اطلاعات مبنای محاسبات بیلان

مدل برآورد تبخیر از سطح آب پرستلی-تیلور (Priestley-Taylor) یا به اختصار PT از مدل‌های متداولی است که در برآورد تبخیر از سطوح آب کاربرد وسیعی دارد (رابطه شماره ۱) و بر مبنای بیلان انرژی توسعه یافته است [۲۰]. در این تحقیق امکان کار برد این مدل، به رغم آنکه سعادت خواه [۳] آن را مردود دانسته است، مجدداً بررسی شد. به علاوه، مدل پنمن اصلاح شده توسط مانتیث (Monteith) یا به اختصار PM نیز که از دیگر مدل‌های مبتنی بر بیلان انرژی است، ارزیابی شد (رابطه شماره ۲) [۱۸].

$$E = \alpha \frac{(R_n - G)}{\lambda \left(1 + \frac{\gamma}{\Delta}\right)} \quad (1)$$

$$E = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho c_p \frac{(VPD)}{R_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{R_s}{R_a}\right)} \quad (2)$$

در این معادلات:

E ، تبخیر؛ R_n ، شار انرژی تابشی خالص؛ G ، شار انرژی حرارتی تبدلی با آب یا خاک؛ λ ، حرارت نهان تبخیر؛ Δ ، شیب منحنی فشار بخار-حرارت؛ γ ، ثابت سایکرومتری؛ α ، ضریب معادله PT؛ VPD، کمبود فشار بخار؛ R_a ، ضریب مقاومت آئروپنامیکی مستخرج از معادله تام-الیور (Thom-Oliver) [۲۶]؛ R_s ، ضریب مقاومت سطح (که برای سطوح آب آزاد معادل صفر منظور می شود)؛ ρ ، دانسیته هوای مرطوب و C_p ، ضریب حرارت ویژه اتمسفر است.

نفوذ پذیری شده است، به نحوی که در محاسبات بیلان حجمی از تبادل آب از کف مخزن صرف نظر شده است [۱]. از طرف دیگر، مخزن عاری از هر گونه گیاه آبی است، لذا تعرق از سطح مخزن و محیط پیرامون آن منتفی است. ورود و خروج جریان چه از طریق ایستگاههای پمپاژ مستقر در ساحل مخزن و چه از طریق آبگیرهای سد چاه نیمه و همچنین بارندگی ثبت می شود، لذا می توان معادله بیلان حجمی را برای تلفات آب حل کرد. از آنجا که تلفات از کف ناچیز است [۱]، حل معادله بیلان منجر به برآورد تلفات تبخیر از سطح دریاچه می شود. با استفاده از منحنی سطح-حجم-ارتفاع مخزن، عمق تبخیر از مخزن برای کل دوره زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۰ برآورد شده [۳ و ۴] که از دوره ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۰ در این تحقیق استفاده می شود.

مدلسازی تبخیر بر اساس بیلان انرژی اتمسفر

با توجه به عدم لایه بندی حرارتی و قطع جریانات ورودی و عدم ریزشهای جوی در بیش از نیمی از سال (تقریباً از اواسط اردیبهشت تا اواخر مهر مقارن با ماه مه تا ماه اکتبر) و ناچیز بودن نفوذ از کف و جداره مخزن، تبادل انرژی بین عوامل فوق الذکر و توده آب مخزن در این دوره منتفی است. عدم لایه بندی حرارتی در این مدت نشان دهنده عدم تبادل انرژی بین سطح و عمق آب مخزن است. بدین ترتیب، معادله بیلان انرژی برای مخزن مزبور از طریق معادله بیلان انرژی اتمسفر به سادگی قابل حل خواهد بود.

- بررسی تئوری انتقال جرم

مبنای تئوری انتقال جرم در تخمین تبخیر از سطح آزاد آب، معادلهٔ پخشیدگی گردابی یک بعدی ناشی از آشفتگی است (رابطه شماره ۳)، اگرچه این روش را در گروه روشهای تجربی نیز طبقه‌بندی می‌کنند [۱۲].

$$E = N_e \rho U_2 (VPD) \quad (3)$$

در این معادله، N_e ضریب انتقال جرم است. در دوره‌های فاقد جریان‌ات ورودی و خروجی، تغییر سطح دریاچه‌ها ناشی از تلفات تبخیر و نفوذ است [۱۵]. در روش تبادل جرم، کمبود فشار بخار، نیروی محرکه تبخیر در لایه مرزی، و بردار وزش باد، عوامل تداوم تبخیر و جابه‌جایی و انتقال بخار در لایه‌های بالاتر هستند. لذا در صورتی که هر یک از عوامل فوق محدود شود پدیدهٔ تبخیر نیز محدود و نهایتاً متوقف می‌شود. بنابراین، در صورتی که تغییرات سطح مخزن در مقابل حاصل ضرب این دو عامل رسم شود، شیب خط حاصل، نشان دهندهٔ ضریب انتقال جرم است. در صورتی که هر یک از عوامل کمبود فشار بخار یا سرعت باد محدود شود (صفر شود)، تبخیر متوقف و عرض از مبدأ خط مزبور نشان دهندهٔ میزان سایر تلفات مثل نفوذ

خواهد بود. بر این اساس، اطلاعات مربوط به تغییرات سطح آب روزانه در ماههای دارای اثر واحه ای (مه تا اکتبر) در مقابل کمیت ρU_2 (VPD) برای هر سال به صورت جداگانه رسم و ارتباط کمیتها بررسی شد.

- ضریب تشت تبخیر

با استفاده از تبخیر به دست آمده از معادلهٔ بیلان حجمی و اطلاعات ثبت شده از تشت تبخیر در ایستگاه سد چاه نیمه، که مجاور مخزن است، ضریب تشت تبخیر (K_p) نیز واسنجی و برآورد شد.

در انتها، کارآیی مدل‌های متداول تخمین ضریب تشت تبخیر بررسی گردید. با توجه به خصوصیات اقلیمی منطقه از جمله رطوبت نسبی، سرعت باد، و طول ناحیه مرزی (Fetch length) مدل‌های متعددی ارائه شده است که چند مدل بیشتر شناخته شده در این ارتباط، مورد سنجش قرار می‌گیرند. در جدول شماره ۳ این مدل‌ها ارائه شده‌اند. لازم است گفته شود که این مدل‌ها برای برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع ارائه شده اند نه تبخیر از سطح آزاد آب. با این همه در تحقیق حاضر روند تغییرات ضرایب مورد توجه بوده و قدر مطلق و کمیت ضرایب مد نظر نبوده است.

جدول شماره ۳- مدل‌های آماری تخمین ضریب تشت تبخیر.

مرجع	معادله
[۱۰]	$K_p = 0.475 - 2.4e-4 U_2 + 5.16e-3 RH + 1.18e-3 F - 1.6e-5 RH^2 - 1.01e-6 F^2 - 8.0e-9 RH^2 U_2 - 1.0e-8 RH^2 F$
[۸]	$K_p = 0.108 - 0.000331 U_2 + 0.0422 \ln(F) + 0.1434 \ln(RH) - 0.000631 [\ln(F)]^2 \ln(RH)$
[۲۳]	$K_p = 0.482 - 0.000376 U_2 + 0.024 \ln(F) + 0.0045 RH$
[۱۴]	$K_p = 0.5321 - 0.00030 U_2 + 0.0249 \ln(F) + 0.0025 RH$
[۱۴]	$K_p = 0.51206 - 0.000321 U_2 + 0.002889 RH + 0.031886 \ln(F) - 0.000107 \ln(F) RH$

U_2 سرعت متوسط روزانه باد در ارتفاع ۲ متری بر حسب کیلومتر در روز

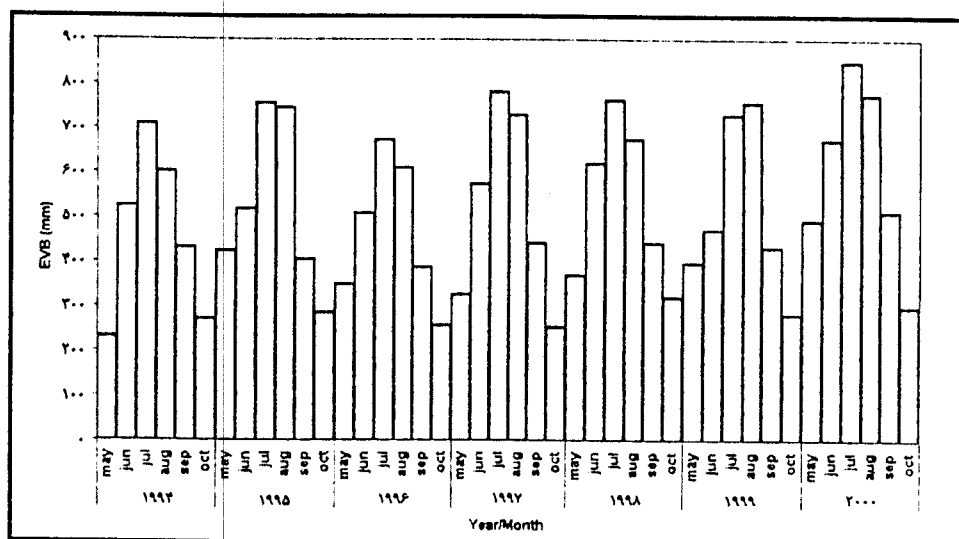
RH رطوبت نسبی متوسط روزانه بر حسب درصد

F طول ناحیه مرزی بر حسب متر

۵- یافته‌ها:

ابتدا مطابق آنچه ذکر شد، تبخیر از سطح مخزن چاه نیمه از معادله بیلان حجمی به عنوان معیار ارزیابی روشهای مختلف در

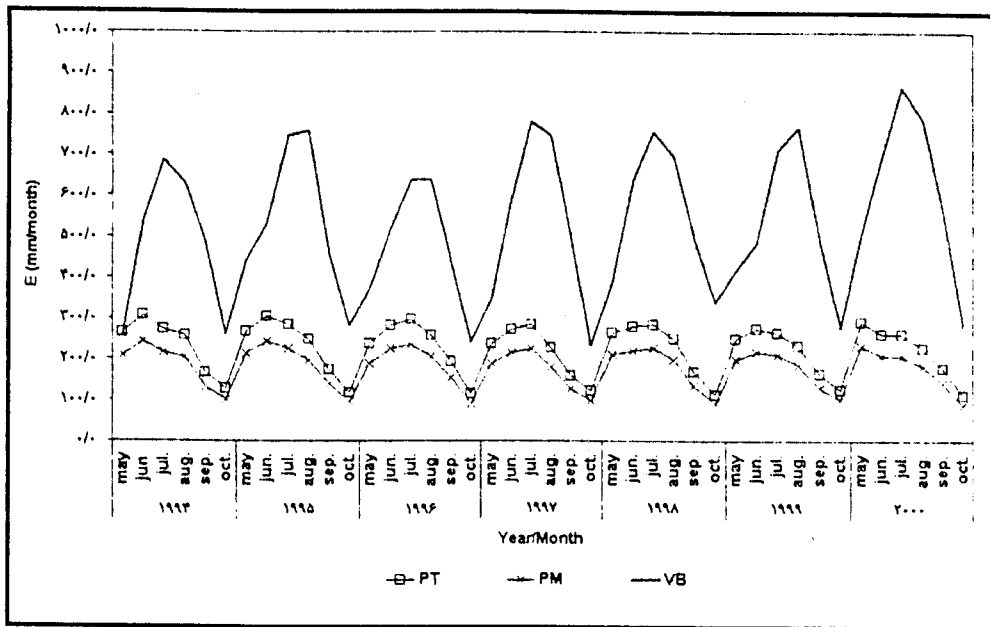
ماههای فاقد جریان ورودی تعیین شده است [۳] و [۴]. شکل شماره ۹، تلفات تبخیر از مخزن چاه نیمه را براساس بیلان حجمی (EVB) نشان می‌دهد.



شکل شماره ۹- تبخیر بر اساس بیلان حجمی مخزن چاه نیمه (EVB) به صورت ماهانه برای ماههای فاقد جریان ورودی طی سالهای ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۰ میلادی [۳ و ۴]

۱۲۰ روزه و حاکم شدن پدیده انتقال افقی انرژی (اثر واحه ای منطقه ای) است. یادآوری می‌شود که از مه تا اکتبر مخزن چاه نیمه جریان ورودی ندارد لذا محاسبات بیلان حجمی ساده تر و با دقت بیشتری قابل اجرا خواهد بود. جدول شماره ۴ مقادیر خطای مدل‌های PT و PM را نسبت به تبخیر حاصل از VB نشان می‌دهد.

شبه سازی تبخیر از سطح دریاچه با مدل‌های PT و PM، و مقایسه نتایج به دست آمده با تبخیر حاصل از بیلان حجمی، نشان داد که در ماههایی از سال که پدیده اثر واحه ای در منطقه حاکم است از این مدلها نمی‌توان استفاده کرد (شکل شماره ۱۰). لذا در ادامه کار، بیلان حجمی ماههای مه تا اکتبر مدنظر قرار گرفت که موسم وزش بادهای



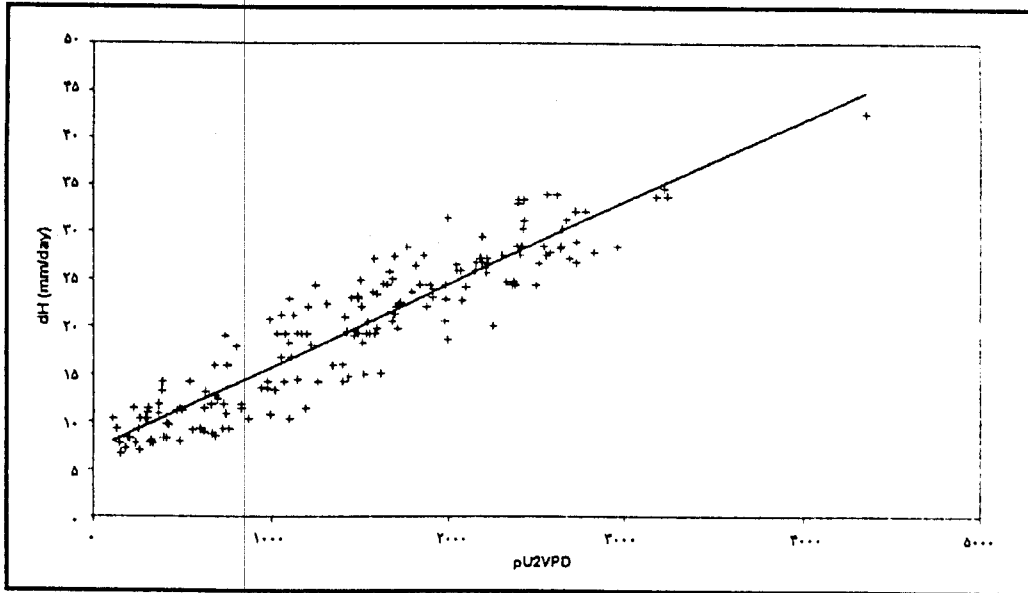
شکل شماره ۱۰- مقایسه نتایج مدل‌های PT و PM با نتایج بیلان حجمی (VB) برای سالهای ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۰ میلادی

جدول شماره ۴- خطای برآورد تبخیر به وسیله مدل‌های PT و PM نسبت به VB

اکتبر	سپتامبر	اوت	ژوئیه	ژوئن	مه	ماه
۵۵/۸	۶۴/۶	۶۵/۸	۶۲/۰	۴۹/۶	۳۲/۰	خطای متوسط مدل PT (درصد)
۶۴/۹	۷۱/۸	۷۲/۷	۶۹/۸	۵۹/۹	۴۵/۳	خطای متوسط مدل PM (درصد)

سالهای مورد بررسی نشان می‌دهد. در این جدول A شیب خط، B عرض از مبدأ، R^2 ضریب تعیین و RMSE (Root Mean Square Error) جذر میانگین مربعات انحرافات و معرف میزان دقت معادله است.

براساس روابط انتقال جرم، تلفات از مخزن محاسبه شد. شکل شماره ۱۱ نوسانات سطح آب (dH) را برای سال ۲۰۰۰ به خوبی نشان می‌دهد. جدول شماره ۵ نتایج حاصل از برقراری ارتباط بین تلفات و ضریب انتقال جرم را برای



شکل شماره ۱۱- ارتباط تغییرات سطح آب چاه نیمه با عوامل مؤثر در روش انتقال جرم به ازای ماههای مه تا اکتبر سال ۲۰۰۰ میلادی

جدول شماره ۵- نتایج همبستگی خطی بین تغییرات سطح آب در مخزن چاه نیمه و متغیرهای روش انتقال جرم

$$dH = A \cdot \rho \cdot U_2 \cdot (VPD) + B$$

سال	A	B (میلی متر در روز)	R^2 (درصد)	RMSE (میلی متر در روز)
۱۹۹۴	۰/۰۰۶	۸/۳۵	۷۱/۱	۳/۱
۱۹۹۵	۰/۰۰۷	۸/۲۵	۷۹/۵	۳/۱
۱۹۹۶	۰/۰۰۶	۸/۶۰	۷۶/۱	۲/۳
۱۹۹۷	۰/۰۰۶	۸/۱۷	۷۳/۳	۳/۵
۱۹۹۸	۰/۰۰۶	۸/۰۰	۷۶/۸	۳/۰
۱۹۹۹	۰/۰۰۶	۸/۴۰	۷۳/۴	۳/۲
۲۰۰۰	۰/۰۰۸	۸/۰۱	۸۵/۹	۲/۹

در انتهای تحقیق، ضریب تشتت تبخیر نیز برآورد شد. متوسط ماهانه این ضریب برای ماههای مه تا اکتبر در جدول شماره ۶ نشان داده شده است.

جدول شماره ۶- تغییرات ضریب واسنجی شده تشتت تبخیر در ایستگاه چاه نیمه متأثر از اثر واحه ای

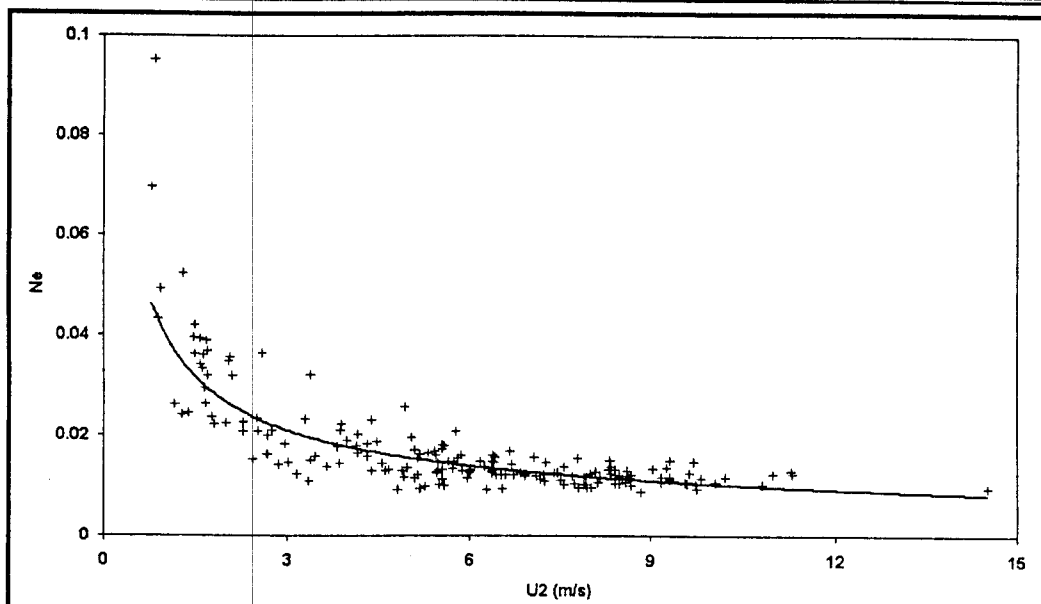
ماه	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر
Kp	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۷

۶- کاوش:

می شود (جدول شماره ۴).

از طرف دیگر، در شکل شماره ۱۱ مشاهده می گردد که عرض از مبدأ قابل ملاحظه ای در مدلهای برآزش داده شده مشاهده می شود. در حالی که بستر مخزن نفوذ ناپذیر است و آب قابل توجهی بدین ترتیب هدر نخواهد رفت [۱]. بنابراین مخزن مزبور، از دیدگاه مدل انتقال جرم، رفتاری غیر متعارف دارد (جدول شماره ۵). در حالی که مسئله انتقال انرژی مازاد از اراضی مجاور در مدل مزبور نادیده گرفته شده است. به نظر می رسد که شواهد فوق الذکر بر ناکارآمد بودن روش انتقال جرم در مناطقی با شرایط سیستمان دلالت دارد. به دنبال بررسی تلفات از مخزن چاه نیمه، ارتباط ضریب انتقال جرم با سرعت متوسط جریان اتمسفر مورد توجه قرار گرفت که ارتباط غیرخطی حاصل برای ماههای مه تا اکتبر سال ۲۰۰۰ میلادی در شکل شماره ۱۲ به عنوان نمونه نمایش داده شده است. تحقیقات پژوهشگران درباره دریاچه های هفنر (Hefner) در ایالات متحده امریکا و بایوا (Biwa) در ژاپن نیز نتایج مشابه در خصوص ارتباطات غیرخطی به دست داده است [۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۶].

چنانچه در شکل شماره ۷ مشاهده می شود، سال ۱۹۹۶ ترسالی و سال ۲۰۰۰ اوج خشکسالی بوده است. شکل شماره ۸ که تبخیر سالانه در منطقه را نشان می دهد، این مسئله را تأیید می کند. در شکل شماره ۹ همچنین مشاهده می شود که در ماههای ژوئیه و اوت (تیر و مرداد) که موسم شدت بادهای ۱۲۰ روزه است (شکل شماره ۴)، نسبت به سایر ماههای سال، تبخیر از سطح مخزن افزایش چشم گیری دارد. در تیر و مرداد رطوبت نسبی هوا در حداقل (شکل شماره ۵) و دما و طول دوره روشنایی در حداکثر مقدار خود قرار دارد (شکلهای شماره ۳ و ۶). لذا، کلیه عوامل مؤثر بر تبخیر یعنی انرژی خورشید، دمای هوا، تغییرات فشار بخار، و مکانیزمهای انتقال توده ای هوا در حداکثر تأثیر خود قرار دارند. تأثیر وزش بادهای ۱۲۰ روزه بر تبخیر از سطح مخزن به حدی است که تبخیر را تا بیش از سه برابر نتایج مدلهای PT و PM افزایش می دهد. چنانچه در شکل شماره ۱۰ مشاهده می شود. مدلهای PT و PM که تأثیرات این پدیده را بررسی نمی کنند، تبخیر را تا یک سوم کمتر برآورد می کنند و مطابق انتظار در ماه حداکثر تبخیر یعنی اوت بیشترین خطا در برآورد این مدلهای مشاهده



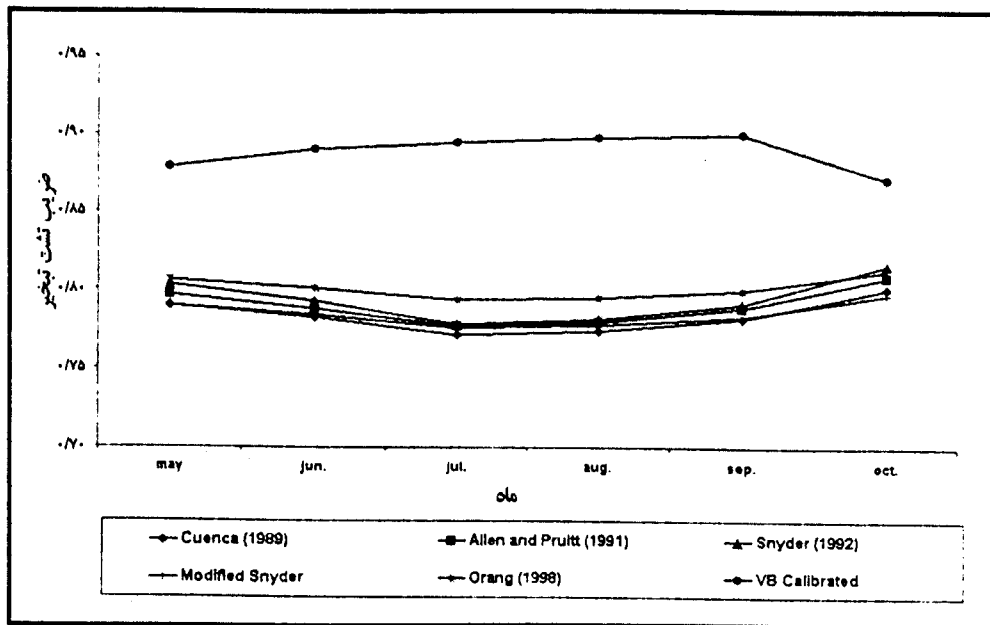
شکل شماره ۱۲- ارتباط ضریب انتقال جرم با سرعت باد برای ماههای مه تا اکتبر سال ۲۰۰۰ میلادی

شده که به موازات تحقیق حاضر انجام شده اند [۹].

یادآوری می‌شود که تعیین ضریب تشت تبخیر در دراز مدت میسر است و هر چند سال یک بار باید مقادیر تعیین شده را مجدداً تعیین و بهسازی کرد. این ضریب هر ماه و از سالی به سال دیگر تغییر می‌کند [۲۲]. بسیاری از تحقیقات انجام شده روی تشت تبخیر مؤید این تغییرات است [۱۷ و ۱۹].

نتیجه برآورد ضریب تشت تبخیر با روشهای آماری در مقایسه با ضریب حاصل از واسنجی، ناتوانی کلیه روشهای شبیه سازی ضریب تشت را در ماههای دارای اثر واحه ای شدید و انتقال افقی انرژی نشان می‌دهد (شکل شماره ۱۳). تحقیقات اخیر پژوهشگران نیز کاربرد اکثر این مدلها را محدود به شرایط محلی توسعه مدل می‌داند [۱۴].

با توجه به عدم تطابق تئوریهای اکثر مدلهای شناخته شده با شرایط حاکم بر پدیده تبخیر از مخزن چاه نیمه، باید به فکر توسعه مدلهای مناسب با شرایط منطقه، به خصوص مسئله اثر وزش باد و انتقال افقی انرژی، بود. توسعه مدلها به ابزارهای دقیقی مانند سیستم همبستگی گردابی (Eddy Correlation System) نیازمند است که در دراز مدت امکان پذیر خواهد شد. اما در شرایط فعلی و به واسطه نیاز پروژه های عمرانی در دست مطالعه و اجرا در سطح منطقه پیشنهاد می‌شود که با استفاده از ضرایب تشت تبخیر (که بر مبنای میزان تبخیر از سطح مخزن چاه نیمه با استفاده از بیلان حجمی به دست آمده و واسنجی شده اند) اقدام به برآورد تبخیر از مخزن کرد. ضمناً نحوه تعیین سهم اثر واحه ای و برآورد حرارت محسوس در منطقه مورد مطالعه و ارتباط آن با عوامل اقلیمی در تحقیقات دیگری مشخص



شکل شماره ۱۳ - مقایسه مدل‌های تخمین ضریب تشت تبخیر کلاس A با ضرایب واسنجی شده با روش بیلان حجمی

می‌دهد. مسلماً علت در نحوه و منطقه توسعه مدل‌های آماری نهفته است. در مناطق مزبور اثر واحه ای به صورت منطقه ای حاکم نبوده است. اکثر معادلات مزبور در مناطق فاریاب کشاورزی با تأثیرات واحه ای موضعی توسعه یافته اند.

با توجه به موارد فوق مشخص می‌شود که عامل کلیه تفاوتها برآورد ناصحیح و غیردقیق گرمای محسوس در مدلها و روشهای مختلف است. لذا در صورتی که گرمای محسوس در این منطقه، که شامل اثر واحه ای منطقه ای نیز هست، به دقت برآورد شود، می‌توان انتظار داشت که بسیاری از مدل‌های موجود برای تخمین تبخیر از سطح آب در منطقه سیستم قابلیت کاربرد داشته باشند.

چنانچه قبلاً نیز ذکر شد، مراد از بررسی مدل‌های آماری تخمین ضریب تشت تبخیر فقط تعیین نحوه تغییرات و روند آن در طول دوره مطالعات بوده است. شکل شماره ۱۳ روند معکوس مدل‌های آماری را در مقایسه با ضریب واسنجی شده تشت نشان می‌دهد. همچنین، در شکل مزبور همسویی نوسانات سرعت وزش باد با تغییرات ضریب واسنجی شده تشت تبخیر مشاهده می‌گردد. در حالی که با افزایش سرعت باد، مدل‌های آماری کاهش ضریب تشت را نشان می‌دهند. این مسئله بیان می‌دارد که تشت باید به مراتب بیشتر از مخزن تحت تأثیر اثر واحه ای قرار گیرد و عملاً اثر واحه ای تأثیر قابل توجهی بر تبخیر از مخزن ندارد. در حالی که ضریب واسنجی شده عکس این مطلب را نشان

۷- توصیه و پیشنهاد:

با توجه به آنچه گذشت، نا کارآیی روشهای مرسوم برآورد تبخیر از سطح آب شامل انواع روشهای گرادیان، روشهای ترکیبی (بیلان انرژی و توربولانس)، و روشهای انتقال جرم در نواحی خشک با اثر واحه ای منطقه ای شدید مورد بررسی و تأکید قرار گرفت. نشان داده شد که مبنای نظری این گونه مدلها با شرایط حاکم بر مناطقی نظیر سیستان تطابق ندارند. همچنین مشخص شد که در مواقعی از سال که پدیده اثر واحه ای روی نمی‌دهد ممکن است مدل‌های موجود قابلیت کاربرد داشته باشند. اما در ماههای دارای اثر واحه ای منطقه ای کاربرد آنها میسر نیست.

از دیگر نتایج به دست آمده، خطی نبودن رابطه ضریب پخشیدگی گردابی با سرعت جریان باد در این منطقه است. نتیجه دیگر این است که در ماههای مه تا اکتبر به رغم ناچیز بودن تلفات نشت از کف و دیواره های مخزن- حتی در مواقعی که کمبود فشار بخار وجود ندارد یا هوا

جریان ندارد- تبخیر آب از سطح مخزن به میزان قابل توجهی بالاست.

نهایتاً، برای پیش بینی تبخیر از سطح چاه نیمه استفاده از اطلاعات نشت تبخیر پیشنهاد گردید که ضرایب ماهانه ای نیز از طریق واسنجی برای ماههای مه تا اکتبر ارائه شد. همچنین عدم امکان شبیه سازی ضریب نشت تبخیر با مدل‌های متداول آماری مورد بررسی قرار گرفت که این مسئله نیز نشان دهنده ماهیت کاملاً متفاوت پدیده تبخیر در آن ناحیه است.

در انتها پیشنهاد می‌شود که در ادامه تحقیقات سهم اثر واحه ای یا گرمای محسوس کل با استفاده از معادله بیلان انرژی و بیلان حجمی تعیین و به عوامل مؤثری نظیر سرعت باد ارتباط داده شود. برقراری چنین ارتباطی می‌تواند برآورد گرمای محسوس را به نحو دقیق تری در معادلات تبخیر فراهم آورد و بدین ترتیب می‌توان مدل‌هایی را برای شرایط ویژه حاکم بر منطقه توسعه داد یا مدل‌های موجود را اصلاح کرد.

۸- منابع

- ۱- تماب، ۱۳۶۸. مطالعات رسوبسنجی و رسوبشناسی مخزن چاه نیمه، سازمان تحقیقات منابع آب، وزارت نیرو، نشریه شماره ۱۰۸.
- ۲- جاماب، ۱۳۷۸. حوضه آبریز هیرمند، طرح جامع آب کشور، وزارت نیرو.
- ۳- سعادت خواه، ن، ۱۳۸۰. برآورد و پهنه بندی تبخیر، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

۴- مرکز مطالعات آب و محیط زیست، ۱۳۸۱. مطالعات تبخیر سنجی مخزن چاه نیمه، دانشگاه صنعتی

شریف.

۵- مالک، ا. و سپاسخواه، ع. ۱۳۶۰. بررسی ادوکسیون در منطقه باجگاه، مجله علوم کشاورزی ایران، ۱۲

(۴-۱): ۴۲-۲۹.

۶- میانه رو، م. (۱۳۸۰)، تعیین روند بیابانزایی در مناطق آسیب پذیر ایران مبتنی بر شاخصهای اقلیمی و با

اتکاء به مدل‌های ریاضی، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد

شهرری.

- 7- Acreman, M. C., Meigh J. R. and Sene K. J. 1993. Modeling the decline in water level of Lake Toba, Indonesia, *Advances in Water Resources*, 16: 207-222.
- 8- Allen, R. G. and Pruitt W. O. 1991. FAO-24 reference evapotranspiration factors, *ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 117(5): 758-773.
- 9- Arasteh, P. D. and Tajrishi M. 2003. Excess sensible heat estimation affected on evaporation of Chahnimeh Reservoir, Sistan-Iran, *Journal of Hydrology* (Submitted).
- 10- Cuenca, R. H. 1989. *Irrigation System Design an Engineering Approach*. Prentice Hall Inc.
- 11- Deacon, E. L. and Webb E. K. 1962. *Interchange of properties between sea and air*, International Science Publishers.
- 12- Easterbrook, C. C. 1969. A study of the effects of waves on evaporation from frees water surfaces, *Research Report No. 18*, Washington, D.C.: Water Resources Technical Publication, USBR, USA.
- 13- Ficke, J. F. 1972. *Comparison of evaporation computation methods: Pretty Lake, Lagrange County, Northeast Indiana*, Washington D. C.: USGS Professional Paper 686-A, USA.
- 14- Grismer, M. E., Orang, M., Snyder, R., and Matyac, R. 2002. Pan Evaporation to reference evapotranspiration conversion methods, *ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 128 (3): 180-184.

- 15- Harbeck, G. E. Jr. 1962. A practical field technique for measuring reservoir evaporation utilizing mass transfer theory, Washington D. C.: USGS Professional Paper 272-E, USA.
 - 16- Ikebuchi, S., Seki, M. and Ohtoh, A. 1988. Evaporation from lake Biwa, *Journal of Hydrology*, 102: 427-449.
 - 17- Jacobs, A. F. G., Heusinkveld, B. G. and Lucassen, D. C. 1998. Temperature variation in a class A evaporation pan, *Journal of Hydrology*, 206: 75-83.
 - 18- Monteith, J. L. 1965. Evaporation and environment, In: The state and movement of water in living organisms, 16th Symposium Soc. Exp. Biol., Cambridge University Press, UK.
 - 19- Oroud, I. M. 1998. The influence of heat conduction on evaporation from sunken pans in hot, dry environment, *Journal of Hydrology*, 210: 1-10.
 - 20- Priestley, C. H. B. and Taylor, R. J. 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large scale parameters, *Monthly Weather Review*, 100: 81-92.
 - 21- Reis, R. J. and Dias, N. L. 1998. Multi seasonal lake evaporation: energy budget estimates and CRLE model assessment with limited meteorological observations, *Journal of Hydrology*, 208 (3-4): 135-147.
 - 22- Sokolov, A. A. and Chapman, T. G. 1974. Methods for water balance computations. UNESCO Reports in Hydrology No. 17.
 - 23- Snyder, R. L. 1992. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversion, *ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 118 (6): 977-980.
 - 24- Souch, C., C. P. Wolfe, and Grimmond, C. S. B. 1996. Wetland evaporation and energy partitioning: Indiana Dunes National Lakeshore, *Journal of Hydrology*, 184: 189-208.
 - 25- Stauffer, R. E. 1991. Testing lake energy budget models under varying atmosphere stability conditions, *Journal of Hydrology*, 128: 115-135.
 - 26- Thom, A. S. and Oliver, H. R. 1977. On Penman's equation for estimating regional evaporation, *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society*, 103: 345-347.
-

- 27- Turner, B. F., Gardner, L. R. and Sharp, W. E. 1996. The hydrology of lake Bosumtwi, a climate-sensitive lake in Ghana, West Africa, *Journal of Hydrology*, 183: 243-261.
- 28- Xu, C. Y. and Singh, V. P. 2000. Evaluation and generalization of radiation-based methods for calculating evaporation, *Hydrological Processes*, 14: 339-349.
- 29- Yin, X. and Nicholson, S. E. 1998. The water balance of Lake Victoria, *Hydrological Sciences Journal*, 43 (5): 789-811.

**Necessity of Revision on Free Water Surface Estimation
Models in Arid Areas with Regional Advection:
Chahnimeh Reservoirs as a Case Study**

P. Daneshkar Araste, M. Tajrishi, M. Mirlatifi and B. Saghafian

Chahnimeh Reservoir as a source of water supply for Zabol and Zahedan cities and about 80,000 ha irrigated area of Sistan is the most important fresh water resource in south east of Iran. Operation programming and management of this reservoir is very difficult because of high rate of evaporation in this area and high risk of water delivery due to recent drought and also source of Hirmand River in Afghanistan. In this paper, specific hydroclimatological characteristics of Chahnimeh Reservoir are described and necessity of investigation on evaporation mechanisms in this area of Middle East is introduced. A volume balance study was carried out and fundamentals of energy balance and mass transport theories were assessed by evaporation computed on the base of volume balance. Results of this study showed that most of methods are not suitable to estimate evaporation from Chahnimeh Reservoir due to regional advection. Priestley-Taylor and Penman-Monteith models showed errors of estimate of evaporation between 32 to 66 percent and 45 to 73 percent, respectively. Mass transport method showed water loss of more than 8 mm/day from reservoir when multiplication of wind speed to vapor pressure deficit is zero. It is necessary to remark that field studies showed that there is not a significant seepage from bottom and banks of reservoir. Calibration of pan coefficient showed a coefficient up to 0.9 among advection period.

Key Words: Chahnimeh, Energy Balance, Evaporation, Mass Transport, Pan Coefficient, Volume Balance, Sistan.

مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی

علمی پژوهشی

بهار ۱۳۸۳

شماره: ۱۸

جلد: ۵

فهرست مقالات

- ۱- ارزیابی و مقایسه خشک کنهای رایج پسته در استان کرمان
محمدعلی رستمی و فاطمه میردامادها
- ۲- بررسی ارزش فانوایی و میزان بیاتی نان حاصل از پنبج رقم گندم آبی استان خراسان
فتون میدلی
- ۳- لزوم بازنگری بر مدهای برآورد تغییر از سطوح آزاد آب در مناطق خشک دارای اثر
واحه ای منطقه ای: مطالعه موردی در مخزن چاه نیمه
پیمان دانش کار آراسته، مسعود تهرانی، سعید میرلطیفی و بهرام تقیان
- ۴- مقایسه روشهای کاشت سبزی و مکانیزه در سطوح مختلف تراکم بذر و تاثیر آن بر عملکرد
تخود دیم
ارژنگ جوادی، رضا رحیم زاده و ایرج باوری
- ۵- بررسی شرایط و ماده اولیه مناسب برای تولید ماکارونی مرغوب
پرویز ایرانی
- ۶- اثر بار بستر بر مشخصات جهش هیپرولیکی در حوضچه آرامش مستطیلی
حلمد نودری، محمدحسین امید و صلاح کوچک زاده



جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فن آوری

تأییدیه درجه علمی

به استناد بندج تبصره ۳۶ قانون بودجه سال ۱۳۶۳ و نیز بندج تبصره ۳۴ قانون بودجه سال ۱۳۶۴ و در اجرای آئین نامه تأیید اعتبار و تشخیص ضرورت انتشار مجلات و نشریات علمی و بر اساس رازی یکصد و چهل و نهمین جلسه مورخ ۷۹/۱۱/۳ کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی) جایز شرایط دریافت درجه علمی - پژوهشی شناخته شد.
این تأییدیه از تاریخ تصویب به مدت چهار سال معتبر است.

باتشکر و آرزوی توفیق الهی

دکتر مصطفی معین

وزیر علوم، تحقیقات و فن آوری

درج درجه علمی بر روی جلد و شماره پروانه در داخل مجله الزامی است.