

الحمد لله الذي
خلقنا من
الحمم



دانشکده مهندسی عمران

گروه مهندسی آب و محیط زیست

رشته مهندسی و مدیریت منابع آب

پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد

ارزیابی آزمایشگاهی تأثیر روش‌های فیزیکی کاهش تبخیر از سطح مخازن بر کیفیت و کمیت آب

نگارنده:

علیرضا صبحی

اساتید راهنما:

دکتر رمضان واقعی

دکتر حجت کرمی

آذر ۱۳۹۹

شماره ثبت: ۹۹/۴۲۵
تاریخ: ۹۹، ۹، ۲۴



فرم شماره (۳) صورتجلسه | ع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای علیرضا صبحی با شماره دانشجویی ۹۷۱۰۵۷۴ رشته مهندسی عمران گرایش مهندسی و مدیریت منابع آب تحت عنوان ارزیابی آزمایشگاهی تأثیر روش های فیزیکی کاهش تبخیر از سطح مخازن بر کیفیت و کمیت آب که در تاریخ ۱۳۹۹/۰۹/۲۲ با حضور هیات محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام میگردد.

الف) درجه عالی: نمره ۱۹-۲۰ ☐ ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸-۱۹ ☒
 ج) درجه خوب: نمره ۱۷-۱۶ ☐ د) درجه متوسط: نمره ۱۵-۱۴ ☐
 ه) کمتر از ۱۴: غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد ☐
 نوع تحقیق: نظری ☐ عملی ☒

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	آقای دکتر رمضان واقعی	استادیار	
۲- استاد راهنمای دوم	آقای دکتر حجت گرمی	استادیار	
۳- استاد مشاور	-	-	-
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر جلیل شفتی	دانشیار	
۵- استاد منتحن اول	دکتر سمیه امامعلی زاده	استادیار	
۶- استاد منتحن دوم	دکتر محسن کرمانی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: آقای دکتر رضا تادری
تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:



تقدیم اثر:

پدر بزرگوار و مادر مهربان و دلسوزم که در تمام مدت همراه و پشتیبان من بوده اند.

تشکر و قدردانی

از اساتید بزرگوار آقایان دکتر رمضان واقعی و دکتر حجت کر می که هدایت این پایان نامه را بر عهده داشته اند تشکر و قدردانی می شود.

در پایان، از سازمان محترم هواشناسی استان سمنان بابت ارائه داده های هواشناسی مورد نیاز تشکر و قدردانی می شود.

تعمدنامه

اینجانب **علیرضا صبحی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته عمران - گرایش مهندسی و مدیریت منابع آب دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه "ارزیابی آزمایشگاهی تأثیر روشهای فیزیکی کاهش تبخیر از سطح مخازن بر کیفیت و کمیت آب" تحت راهنمایی دکتر واقعی و دکتر حجت کرمی متعهد می‌شوم.

● تحقیقات این پایان نامه توسط اینجانب صورت گرفته و از صحت و اصالت برخوردار می‌باشد.

● در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر، به مرجع مورد استفاده استناد شده است.

● مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی، در هیچ جا ارائه نشده است.

● کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام دانشگاه صنعتی شاهرود به چاپ خواهد رسید.

● در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی، رعایت شده است.

تاریخ

امضاء

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

مدیریت منابع آب و حفظ کمیت آب در تمام دنیا از جمله کشور ایران که دارای آب و هوای گرم و خشک می باشد در طی چندین سال اخیر که مواجه با کم آبی و خشکسالی شده است، بسیار با اهمیت می باشد. در تحقیق حاضر، به بررسی تاثیر پوشش های سطحی ورقه های فوم فشرده با دوغاب سیمانی و توپ پلاستیکی با سطح پوشش های ۵۰ و ۸۰ درصد و روش ترکیبی (فوم فشرده و توپ پلاستیکی) با پوشش ۸۰ درصد در تشت استاندارد کلرادو بر میزان کاهش تبخیر پرداخته شده است. از مزایای مواد بکار رفته برای پوشش سطح به سهولت دسترسی و قیمت مناسب و همچنین عدم تاثیر منفی بر روی کیفیت آب اشاره کرد. آزمایش ها در فضا باز و به دور از عوارض بر روی تشت کلرادو انجام گردید. پایش تاثیر روش های مذکور بر روی کاهش میزان تبخیر نشان داد که در آذر ماه با استفاده از دو مصالح مذکور که شامل فوم فشرده و توپ پلاستیکی (ترکیبی) به نسبت یکسان می توان با پوشش ۸۰ درصدی سطح مخازن تبخیر را به میزان ۶۸ درصد کاهش داد. همچنین در صورت استفاده از توپ به تنهایی و فوم فشرده به تنهایی با همان سطح پوشش ۸۰ درصدی می توان میزان تبخیر را به ترتیب ۵۸ و ۵۳ درصد کاهش داد در صورت کاهش میزان سطح پوشش مخزن به عدد ۵۰ درصد می توان در صورت استفاده از فوم به تنهایی میزان تبخیر ۲۸ درصد کاهش یافته و در صورت استفاده از توپ به عدد ۳۴ درصد تنزول می یابد. پایش میزان تبخیر در دی ماه نشان داد که با پوشش ۸۰ درصدی سطح یک مخزن آب با ترکیب فوم و توپ پلاستیکی با نسبت سطحی یکسان می توان میزان تبخیر را حدود ۷۷ درصد کاهش داد این در حالی است که استفاده از توپ و فوم به تنهایی منجر به کاهش ۶۵ و ۵۳ درصدی تبخیر می گردد. در صورت پوشش ۵۰ درصدی سطح مخزن در شرایط دی ماه با مصالح توپ و فوم به ترتیب می توان میزان تبخیر را به ۴۱ و ۲۷ درصد کاهش داد. از دیدگاه تحلیل آماری در ماه آذر، داده درجه حرارت متوسط دارای رابطه همبستگی معنی دار مثبت با میزان تبخیر تشت شاهد و تشت های حاوی توپ، فوم و ترکیبی با سطح پوشش ۵۰ و ۸۰ درصد بودند و همچنین در ماه دی،

رطوبت نسبی متوسط با تشت حاوی توپ ۸۰٪ دارای همبستگی معنی‌دار منفی می‌باشد. در این تحقیق از لحاظ بهترین کیفیت آب براساس میزان هدایت الکتریکی آب (EC) به ترتیب فوم ۵۰٪ ترکیبی ۸۰٪، فوم ۸۰٪، توپ ۸۰٪ و توپ ۵۰٪ عملکرد بهتری داشتند. در پایان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و در نظر گرفتن معیارهای مختلف پوشش ۸۰٪ ترکیبی بعنوان پوشش برتر انتخاب گردید.

واژه های کلیدی: کاهش تبخیر، توپ پلاستیکی، فوم فشرده، کیفیت آب (EC)، تحلیل آماری، AHP

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- بیان مسئله تحقیق	۳
۳-۱- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق	۳
۴-۱- نوآوری تحقیق	۴
۵-۱- اهداف تحقیق	۴
۶-۱- فرضیات و محدودیت‌های تحقیق	۵
۷-۱- روش‌شناسی تحقیق	۶
۸-۱- ساختار فصول پایان‌نامه	۶
فصل دوم مبانی نظری و مروری بر منابع:	۹
۱-۲- مقدمه	۱۰
۲-۲- فرآیند تبخیر	۱۰
۱-۲-۲- تبخیر از سطح آزاد آب	۱۱
۲-۲-۱-۱- روش تشت تبخیر	۱۲
۲-۲-۱-۲- روش بیلان آب	۱۴
۲-۲-۱-۳- فرمول‌های تجربی	۱۵
۲-۲-۳- روش‌های کاهش تبخیر	۱۶
۲-۳-۱- خصوصیات ذخیره سازی	۱۶
۲-۳-۲- اثربخشی روش‌های کاهش تبخیر	۱۶
۲-۳-۳-۱- پوشش‌های شناور	۱۷
۲-۳-۳-۲- پوشش‌های سایه‌انداز	۱۸
۲-۳-۳-۳- روش‌های کنترل سرعت باد	۱۸
۲-۴- بررسی پیشینه پژوهش روش‌های کاهش تبخیر	۱۹
۲-۵- مقایسه مطالعات پیشین و نتیجه‌گیری	۲۴
فصل سوم روش تحقیق:	۲۷
۱-۳- مقدمه	۲۸
۲-۳- مشخصات کلی طرح	۲۸
۳-۳- مختصات و موقعیت مکان پژوهش	۲۹
۴-۳- پوشش‌های مصرفی	۳۰
۳-۴-۱- آب	۳۰

۳۰	۳-۴-۲- توپ پلاستیکی
۳۱	۳-۴-۳- فوم فشرده
۳۱	۳-۵- تشت کلرادو
۳۲	۳-۶- انتخاب محل جایگذاری تشت‌ها
۳۷	۳-۷- خطاهای اندازه‌گیری میزان تبخیر
۳۸	۳-۸- آنالیز آماری
۳۸	۳-۸-۱- بررسی نرمال بودن داده‌ها
۳۸	۳-۸-۲- آزمون پارامتریک تحلیل واریانس یکطرفه
۳۹	۳-۸-۳- همبستگی دو متغیره پیرسون
۳۹	۳-۹- تحلیل سلسله مراتبی (AHP)
۴۱	فصل چهارم نتایج و بحث:
۴۰	۴-۱- مقدمه
۴۲	۴-۲- نتایج بررسی نرمال بودن داده‌ها
۴۳	۴-۳- نتایج بررسی مقادیر تبخیر پوشش‌ها و تشت شاهد
۴۹	۴-۴- نتایج کاهش تبخیر پوشش‌ها نسبت به تشت شاهد
۵۱	۴-۴-۱- نتایج آزمون تحلیل واریانس با هدف بررسی درصد کاهش تبخیر پوشش‌ها
۵۵	۴-۵-۱- تبخیر تجمعی پوشش‌ها
۵۷	۴-۵-۱-۱- آزمون همبستگی پیرسون و سطح معنی‌داری
۵۸	۴-۵-۲- بررسی تبخیر تشت شاهد با پارامترهای موثر هواشناسی
۶۳	۴-۶- تاثیر پوشش‌ها بر کیفیت آب تشت‌ها
۶۵	۴-۷- انتخاب پوشش برتر با استفاده از AHP
۶۹	فصل پنجم جمع بندی و پیشنهادات:
۷۰	۵-۱- نتیجه‌گیری
۷۱	۵-۲- پیشنهادات
۷۲	مراجع

فهرست جداول:

صفحه	عنوان
۲۴	جدول (۱-۲) خلاصه و مقایسه مطالعات پیشین
۴۲	جدول (۱-۴) نتایج بررسی نرمال بودن ارتفاع تبخیر داده‌ها- آذر ماه
۴۳	جدول (۲-۴) نتایج بررسی نرمال بودن ارتفاع تبخیر داده‌ها- دی ماه
۴۷	جدول (۳-۴) رتبه‌بندی پوشش‌ها در میزان کاهش تبخیر
۴۸	جدول (۴-۴) نتایج تجزیه و تحلیل ارتفاع تبخیر پوشش‌ها و تشت شاهد- آذر ماه
۴۸	جدول (۵-۴) نتایج تجزیه و تحلیل ارتفاع تبخیر پوشش‌ها و تشت شاهد- دی ماه
۴۹	جدول (۶-۴) میزان متوسط ارتفاع تبخیر تشت شاهد و سایر تشت‌ها- آذر ماه
۴۹	جدول (۷-۴) میزان متوسط ارتفاع تبخیر تشت شاهد و سایر تشت‌ها- دی ماه
۵۲	جدول (۸-۴) نتایج آزمون همگنی واریانس‌ها- آذر ماه
۵۲	جدول (۹-۴) نتایج آزمون همگنی واریانس‌ها- دی ماه
۵۲	جدول (۱۰-۴) نتایج آزمون تحلیل برابری واریانس‌ها- آذر ماه
۵۲	جدول (۱۱-۴) نتایج آزمون تحلیل برابری واریانس‌ها- دی ماه
۵۳	جدول (۱۲-۴) آزمون Dunnett C- آذر ماه
۵۴	جدول (۱۳-۴) آزمون LSD- دی ماه
۵۵	جدول (۱۴-۴) درصد کاهش تبخیر پوشش‌های مختلف- آذر ماه
۵۵	جدول (۱۵-۴) درصد کاهش تبخیر پوشش‌های مختلف- دی ماه
۵۶	جدول (۱۶-۴) نتایج بررسی نرمال بودن ارتفاع تبخیر داده‌ها- آذر ماه
۵۷	جدول (۱۷-۴) تبخیر تجمعی پوشش‌ها و تشت شاهد- دی ماه
۵۷	جدول (۱۸-۴) انحراف معیار و میانگین پارامترهای موثر هواشناسی- آذر ماه
۵۸	جدول (۱۹-۴) انحراف معیار و میانگین پارامترهای موثر هواشناسی- دی ماه
۵۸	جدول (۲۰-۴) بررسی همبستگی تشت شاهد با پارامترهای هواشناسی- آذر ماه
۵۸	جدول (۲۱-۴) بررسی همبستگی تشت شاهد با پارامترهای هواشناسی- دی ماه
۶۵	جدول (۲۲-۴) رتبه‌بندی تشت‌ها بر اساس کیفیت آب- آذر ماه
۶۵	جدول (۲۳-۴) رتبه‌بندی تشت‌ها بر اساس کیفیت آب- دی ماه
۶۷	جدول (۲۴-۴) نظرخواهی AHP
۶۷	جدول (۲۵-۴) نسبت معیار بهم
۶۷	جدول (۲۶-۴) وزن دهی معیارها
۶۸	جدول (۲۷-۴) وزن نهایی گزینه‌ها

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱۳	شکل (۱-۲) تشت تبخیر کلاس A ایستگاه سینوپتیک
۱۴	شکل (۲-۲) تشت تبخیر استاندارد کلرادو
۱۸	شکل (۳-۲) نمونه پوشش شناور به منظور کاهش تبخیر
۱۸	شکل (۴-۲) نمونه‌ای از پوشش سایه‌انداز به منظور کاهش تبخیر
۳۰	شکل (۱-۳) موقعیت مورد مطالعه
۳۱	شکل (۲-۳) توپ پلاستیکی مصرفی
۳۱	شکل (۳-۳) فوم فشرده مصرفی
۳۲	شکل (۴-۳) ابعاد تشت کلرادو
۳۳	شکل (۵-۳) تغییر شکل تشت‌ها
۳۳	شکل (۶-۳) گودال‌های حفاری شده
۳۴	شکل (۷-۳) جمع‌آوری و حذف قلوه سنگ
۳۴	شکل (۸-۳) کف سازی محل قرارگیری تشت‌ها
۳۵	شکل (۹-۳) آب‌بندی تشت با ایزوگام
۳۵	شکل (۱۰-۳) تست تشت به منظور آبیگری و عدم نشتی
۳۶	شکل (۱۱-۳) تصاویر تشت‌های حاوی پوشش مختلف
۴۰	شکل (۱۲-۳) نمونه ای از ساختار AHP
۴۰	شکل (۱۳-۳) تصویری از برنامه Expert Choice 11
۴۴	شکل (۱-۴) مقایسه ارتفاع تشت‌های تبخیر در ماه‌های آذر و دی
۵۰	شکل (۲-۴) نمودار درصد کاهش تبخیر - آذر و دی ماه
۵۶	شکل (۳-۴) تبخیر تجمعی پوشش‌ها و تشت شاهد - آذر ماه
۵۶	شکل (۴-۴) تبخیر تجمعی پوشش‌ها و تشت شاهد - دی ماه
۵۹	شکل (۵-۴) مقایسه تبخیر شاهد با درجه حرارت متوسط - آذر ماه
۵۹	شکل (۶-۴) مقایسه تبخیر شاهد با درجه حرارت متوسط - دی ماه
۶۰	شکل (۷-۴) مقایسه تبخیر شاهد با رطوبت نسبی متوسط - آذر ماه
۶۰	شکل (۸-۴) مقایسه تبخیر شاهد با رطوبت نسبی متوسط - دی ماه
۶۱	شکل (۹-۴) مقایسه تبخیر شاهد با سرعت باد - آذر ماه
۶۱	شکل (۱۰-۴) مقایسه تبخیر شاهد با سرعت باد - دی ماه
۶۲	شکل (۱۱-۴) مقایسه تبخیر شاهد با تعداد ساعات آفتابی - آذر ماه
۶۲	شکل (۱۲-۴) مقایسه تبخیر شاهد با تعداد ساعات آفتابی - دی ماه
۶۳	شکل (۱۳-۴) مقایسه تبخیر شاهد با فشار - آذر ماه

- شکل (۴-۱۴) مقایسه تبخیر شاهد با فشار- دی ماه ۶۳
- شکل (۴-۱۵) میزان هدایت الکتریکی تشت‌ها- آذر ماه ۶۴
- شکل (۴-۱۶) میزان هدایت الکتریکی تشت‌ها- دی ماه ۶۴
- شکل (۴-۱۷) ساختار AHP انتخاب پوشش برتر ۶۶

فصل اول:

کلیات

۱-۱- مقدمه

کم آبی یکی از بزرگترین معضلات قرن کنونی است که می‌تواند منجر به بسیاری از تحولات منفی در جهان شود. امروزه بیشترین ذخایر آب کشور در بخش کشاورزی یعنی حدود ۹۴ درصد مصرف می‌گردد و این در حالی می‌باشد که سهم بخش آب صنعت حدود ۱ درصد و سهم آب شرب حدود ۵ درصد می‌باشد (سلطانی و مرید، ۱۳۸۱). باتوجه به نرخ رشد جمعیت، نیاز جامعه به مواد غذایی، افزایش سطح بهداشت و پیشرفت در بخش صنعت، سبب تغییر در الگوی مصرف آب برای نسل‌های آینده شده است (احمدزاده قره‌گویز و همکاران، ۱۳۸۹). تبخیر یکی از مولفه‌های اصلی بیلان آب در هر منطقه و همچنین یکی از عوامل مهم برای مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح آبیاری برای بهبود راندمان مصرفی در هر منطقه است. اکثر میزان بارانی که به سطح زمین می‌رسد مجدداً توسط فرآیند تبخیر- تعرق به اتمسفر باز می‌گردد (رحیم‌پور و همکاران، ۱۳۸۷). مدیریت و صیانت از منابع آب بعنوان ذخایر ارزشمند، در جهان و بخصوص کشور ایران که دارای آب و هوای گرم خشک و همراه با خشکسالی‌های وسیع می‌باشد، بسیار حائز اهمیت است (باقریان اردبیلیان، ۱۳۸۷). در ایران میزان تبخیر بالاتر از میزان نرخ بارندگی است، یعنی حدود ۷۲ درصد از نزولات جوی روی سطح زمین بلافاصله تبخیر می‌شود در صورتی که در بعد جهانی، این عدد حدود ۵۷ درصد بوده که بیانگر اهمیت تبخیر و تعرق، بخصوص در اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران می‌باشد (نورانی و سیاح‌فرد، ۱۳۹۲). با درنظر گرفتن مشکلات و محدودیت‌های متعدد خشکسالی و کاهش یافتن منابع آب شیرین در قرن حاضر، برنامه‌ریزی برای استفاده از منابع محدود آب موجود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (مرادی مزرعه‌نو و همکاران، ۱۳۹۲). برای جلوگیری از تبخیر آب از سطح مخازن می‌توان از روش‌های گوناگونی از جمله روش‌های فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی نام برد. در روش فیزیکی، می‌توان از پوشش‌ها و موادی که قابلیت شناوری رو سطح آب را دارند و آب را آلوده نمی‌کنند برای کاهش تبخیر استفاده کرد (پیری و همکاران، ۱۳۸۸).

۱-۲- بیان مسئله تحقیق

در مناطقی که شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک دارند، مقادیر بسیاری از آب به صورت تبخیر از مخازن سطحی و کانال‌ها تلف می‌گردد. در بعضی موارد حجم آبی که بر اثر تبخیر از استخرهای داخل یک زمین کشاورزی تلف می‌شود بسیار بیشتر از میزان آبی است که برای تولید محصول به کار می‌رود. کاهش و کنترل تبخیر می‌توان یکی از روش‌های مهم افزایش تامین آب شیرین مورد نیاز محسوب گردد که در نتیجه باعث بالا رفتن ذخیره آب مخازن می‌گردد. از این رو در مخازن کوچک می‌توان با روش ایجاد سایه تبخیر را کاهش داد اما برای سطوح و مخازن بزرگ، این روش عملی نیست (عابدی کوپالی و همکاران، ۱۳۹۴). باتوجه به اینکه بارش‌های جوی اکثراً توسط تبخیر- تعرق از بین می‌روند، لذا پژوهش‌ها و تحقیقات متعددی ارزیابی تاثیر پوشش سطح مخازن با روش‌های فیزیکی مختلف بر تبخیر و حجم ذخیره آب انجام شده است. تحقیقاتی در مورد اثر خاکپوش‌ها بر کاهش میزان تبخیر انجام گردیده است که در نتیجه آن مشخص گردید باعث کاهش تبخیر از سطوح خاک و تسهیل نفوذ آب به خاک شده است.

در این پایان‌نامه، تلاش بر این بوده از پوشش‌های فیزیکی بعنوان روشی پربازده، اقتصادی، سازگار با محیط زیست و ساده در کاهش و کنترل از سطوح مخازن آب استفاده شود.

۱-۳- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق

با توجه به موانع کمبود آب شیرین و خشکسالی‌های ممتد در چندین سال اخیر، برنامه‌ریزی‌های صحیح برای استفاده از آب موجود حائز اهمیت است. بدین منظور راهکارهای متفاوتی پیش‌بینی و صورت گرفته است. یکی از این راهکارها، کنترل آب‌های سطحی و ذخیره نمودن آن در فصول پرآبی مانند فصل زمستان که کشاورزان آب مازاد در اختیار دارند، می‌باشد (مرادی مزرعه‌نو و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین برداشت بدون برنامه‌ریزی و بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی، باعث نابودی این

ذخایر با اهمیت گردیده است. به همین خاطر برنامه‌ریزی برای کاهش و جلوگیری از تبخیر آبی که از درون زمین بر روی سطح آورده شده بسیار مهم می‌باشد. همچنین در سدها که سطوح وسیعی دارند میزان تبخیر بالا می‌باشد. باتوجه به شرایط ایران که میزان تبخیر بالا است، باید با روش‌های کاهش تبخیر، میزان تبخیر را به حداقل رسانید که تاکنون محققین از انواع پوشش‌های فیزیکی و شیمیایی استفاده نموده‌اند. از جمله پوشش‌های فیزیکی می‌توان به استفاده از توپ‌های پلاستیکی، مواد معدنی و آلی مانند ساقه نخل، پرلیت، ورقه‌های چوبی و فوم اشاره نمود و در پوشش شیمیایی به انواع الکل‌ها و مواد نانو اشاره نمود. پوشش‌های فیزیکی به دلیل کم هزینه بودن، الودگی زیست محیطی کم، گستردگی در سطح زمین و تنوع فراوان، با استقبال وسیعی همراه شده‌اند.

۴-۱- نوآوری تحقیق

در این پژوهش، به بررسی اثر تعدادی از پوشش‌های فیزیکی و کارایی آن‌ها در شرایط محیطی یکسان به منظور کاهش نرخ تبخیر از سطوح مخازن کوچک مورد ارزیابی و آزمایش قرار گرفته است. از مهم‌ترین نوآوری‌های این پژوهش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- استفاده از مواد پلاستیکی ارزان قیمت و در دسترس از جمله توپ پلاستیکی و فوم فشرده
- تعیین پوشش برتر با تحلیل سلسله مراتبی
- انتخاب پوشش برتر در جهت حفظ کیفیت آب

۵-۱- اهداف تحقیق

هدف از این پژوهش استفاده از پوشش‌های توپ پلاستیکی، صفحات فوم فشرده با روکش دوغاب سیمانی و ترکیبی از توپ و فوم فشرده بعنوان پوششی فیزیکی، برای جلوگیری و کاهش نرخ تبخیر از تشت‌های کلرادو مدفون در داخل زمین می‌باشد. همچنین، بررسی میزان تبخیر تشت شاهد با تشت‌های حاوی پوشش‌های ۵۰ و ۸۰ درصد سطح به وسیله توپ پلاستیکی و فوم و ترکیبی از توپ پلاستیکی و

فوم فشرده در سطح پوشش ۸۰ درصد و نیز بررسی پارامترهای هواشناسی و همبستگی با میزان تبخیر تشت‌ها و پوشش‌ها انجام گردیده است. با مشخص شدن برترین پوشش از نظر کاهش میزان تبخیر، می‌توان بعنوان روش مناسبی برای کاهش تبخیر از مخازن و استخرهای ذخیره آب استفاده کرد. اهداف تحقیق به طور خلاصه به شرح زیر است:

- بررسی عملکرد پوشش‌های فوم و توپ پلاستیکی و ترکیب توپ و فوم فشرده در تشت کلرادو بر میزان نرخ تبخیر
- انتخاب نوع پوشش و سطح پوشش بهینه در کاهش تبخیر
- انتخاب پوشش برتر با تحلیل سلسله مراتبی
- تعیین انتخاب پوشش و سطح پوشش برتر در حفظ کیفیت آب
- بررسی تاثیر پارامترهای هواشناسی در میزان تبخیر تشت شاهد و تشت‌های حاوی پوشش‌های توپ، فوم و ترکیب آن‌ها

۱-۶- فرضیات و محدودیت‌ها تحقیق

فرضیات این پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

- از پوشش‌های مصرفی ارزان قیمت و در دسترس جهت کاهش تبخیر مناسب هستند.
- میزان کاهش تبخیر آب از سطح تشت‌ها متفاوت است.
- پوشش‌های بکار برده شده نقش به‌سزایی در کاهش تبخیر آب در تشت‌های استاندارد کلرادو دارند.
- پوشش‌های فیزیکی استفاده شده مانع از ورود ریزش‌های جوی به داخل مخازن و یا تبادل هوای محیط با آب نمی‌شوند.
- مدت زمان آزمایش به دلیل وجود کرونا و محدودیت‌های آن از ۳ ماه به ۲ ماه کاهش یافت.

۱-۷- روش انجام تحقیق

در این پژوهش از سه تیمار توپ پلاستیکی آبی رنگ و صفحات فوم به قطر ۲۰ میلی‌متر در دو سطح پوشش ۵۰ و ۸۰ درصدی و ترکیب فوم و توپ پلاستیکی با سطح پوشش ۸۰ درصد بعنوان پوشش و تیمار شاهد که هرکدام شامل ۲ تکرار (در مجموع ۱۲ عدد تشت استاندارد کلرادو) استفاده گردید. پوشش فوم مصرفی پلاستیکی سازگار با محیط زیست بوده و آب را آلوده نخواهد کرد (قزوینیان و همکاران، ۱۳۹۹). جنس تشت‌ها از ورق گالوانیزه به ضخامت دو میلی‌متر می‌باشد. ابعاد تشت‌های بکار برده شده $۰/۴۶ \times ۰/۹۲ \times ۰/۹۲$ متر می‌باشد. محل جانمایی تشت‌ها در ضلع شمالی دانشگاه سمنان و در فضای باز مسطح پشت دانشکده عمران و به دور از عوارض و ناهمواری‌ها، قرار دارد. پس از قرار گیری تشت‌ها در داخل زمین و تراز کردن سطح زیرین تشت‌ها، سه تیمار توپ، فوم و ترکیبی را هرکدام به صورت جداگانه در دو سطح تکرار به عنوان پوشش در سطح تشت‌ها قرار داده شدند. پوشش‌ها به مساحت‌های ۵۰ و ۸۰ درصدی از کل سطح مخزن در نظر گرفته شده و امکان عبور نور خورشید نیز فراهم بوده است و مانع از رشد جلبک گردد. قرائت میزان تبخیر تشت‌ها طبق استاندارد اداره هواشناسی هر روزه ساعت ۱۰:۳۰ (ساعت ۶ به وقت گرینویچ) انجام گردید. نمونه برداری در دو ماه آذر و دی ۱۳۹۸ بود. با استفاده از نرم‌افزار SPSS23 تجزیه واریانس و معنی‌داری تفاوت پوشش در کاهش تبخیر انجام شد و پس از آن به تحلیل نتایج پرداخته شده است. قابل ذکر است که داده‌های رطوبت نسبی متوسط، سرعت باد، فشار هوا، تعداد ساعات آفتابی و درجه حرارت متوسط را از نزدیک‌ترین ایستگاه اصلی سینوپتیک سمنان دریافت گردید.

۱-۸- ساختار فصول پایان‌نامه

در فصل اول، به توضیح مقدمه‌ای از بیان مسئله، اهداف، نوآوری‌ها و بطور خلاصه نوع آزمایش‌ها و روش انجام آن‌ها پرداخته شده است. در فصل دوم، برخی از کلیات، تعاریف اساسی و مورد نیاز و تحقیقات

پیشین آورده شده است. در فصل سوم، بطور کامل و جامع به بیان کارهای صورت گرفته در پژوهش، نوع آزمایش‌ها و نحوه اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز پرداخته شده است.

در فصل چهارم، به تحلیل نتایج و بحث در مورد پژوهش‌های انجام شده و نتایج به دست آمده پرداخته شده است. در فصل پنجم، به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری کلی صورت گرفته و در انتهای آن نیز چندین پیشنهاد در راستای استفاده از پوشش‌های مختلف و چگونگی بهبود میزان کاهش تبخیر برای تحقیق‌های بیشتر، ارائه شده است.

فصل دوم:

مبانی نظری و مروری بر منابع

۲-۱- مقدمه

یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار در هواشناسی و هیدرولوژی تبخیر از سطوح خاک، دریاچه‌ها و مخازن سدها می‌باشد. هر ساله تقریباً میلیون‌ها مترمکعب آب شیرین قابل استفاده از مخازن سدها که با هزینه‌های بالایی جمع‌آوری شده است، تبخیر می‌گردد و نمک و املاح باقی‌مانده از آب تبخیر شده، باعث افت کیفیت آب می‌شود (اجلالی، ۲۰۰۴). در قرن حاضر، بیشتر مناطق نیمه‌خشک و خشک مواجه با مشکل خشکسالی و کمبود آب می‌باشند. به دلیل بالا رفتن تقاضا آب، مشکل کمبود آب بیشتر خودنمایی می‌کند. پیشرفت صنایع، افزایش مصرف گرایی، بالا رفتن سطح بهداشت و افزایش جمعیت از دیگر عوامل کم آبی است. این عوامل باعث شدند که بیشتر رودخانه‌ها و رودهای بزرگ و مهم دنیا به سمت خشکسالی و از بین رفتن بروند و سطح آب در آبخوان‌های اکثر نقاط جهان به دلیل افزایش میزان تقاضای آب در حال کم شدن می‌باشد (شاهی و عباس‌نژاد، ۱۳۸۹).

میزان بارندگی در کشور ایران کمتر از یک سوم متوسط جهانی است یعنی حدود ۲۵۰ میلی‌متر در سال است و فقط در ۸ درصد کل مساحت ایران، میزان بارندگی بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر (میزان متوسط جهانی) می‌باشد در حالی که میزان متوسط تبخیر آن حدود سه برابر بیشتر متوسط جهان است. اما از طرف دیگر، در ایران حدود ۷۲ درصد از نزولات جوی، تبخیر شده و به جو بازمی‌گردد و جزء آب‌های غیر قابل دسترس به حساب می‌آید. جلوگیری از تبخیر آب در ایران بخصوص در مناطق گرم و خشک باعث بالا آمدن سطح آب زیرزمینی، بالا رفتن سطح آب قابل بهره‌برداری، بهبود شرایط زندگی مردم و افزایش ظرفیت مخازن می‌گردد (سید اشرف و اختری، ۱۳۹۲).

۲-۲- فرآیند تبخیر

فرآیند تبخیر عبارت از برگشت آب از خاک، محل‌های ذخیره و جمع‌آوری شده آب بر روی سطح زمین به جو می‌باشد. به معنی دیگر، تبخیر به فرآیندی گفته می‌شود که توسط آن آب از حالت جامد یا مایع

به حالت گاز یا اصطلاحاً بخار تبدیل می‌شود (موحد دانش، ۱۳۶۶). مهم‌ترین عوامل موثر در مقدار تبخیر عبارتند از: دما، سرعت باد، فشار، مقدار املاح موجود در آب و وضعیت سطح تبخیر (Henry et al., 2010). مقدار نرخ تبخیر وابسته تشعشعات خورشیدی، سرعت باد، اختلاف فشار بخار بین سطح آب و لایه اتمسفر بالای آن می‌باشد. تمامی عوامل ذکر شده را می‌توان به دو گروه مختلف عوامل جوی و شرایط فیزیکی سطح تبخیر تقسیم کرد (افشار، ۱۳۶۶).

تبخیر از سطوح مختلفی همچون سطوح آزاد آب، سطح گیاهان (تعرق) و سطح مرطوب خاک رخ می‌دهد. بین پدیده‌های مختلف چرخه هیدرولوژی، برآورد نرخ تبخیر مشکل‌ترین آن‌ها می‌باشد. از دو جهت تبخیر حائز اهمیت است که عبارت است از: ۱- چون تبخیر از سطوح مخازن سدها، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها باعث از بین رفتن آب می‌شود برآورد مقدار آن ضروری است. ۲- تبخیر و تعرق از سطح خاک و پوشش‌های گیاهی در داخل حوضه‌های آبریز یکی از اجزای اساسی چرخه آب به شمار می‌آید. همچنین برآورد میزان آبی که در طرح‌های آبیاری به مصرف کشاورزی می‌رسد نیز براساس تبخیر- تعرق انجام می‌گردد (علیزاده، ۱۳۸۹).

۲-۲-۱- تبخیر از سطح آزاد آب

در علم هیدرولوژی، هدف از برآورد میزان تبخیر از سطح آزاد آب، محاسبه هدر رفت آب از مخازن است. در این فرآیند، فرض بر این است که آب برای تبخیر شدن وجود داشته باشد. بدین معنی است که میزان آب بیشتر از میزان تبخیر محیط موجود باشد برای برآورد تبخیر از سطح آب راهکارهای زیادی از جمله روش بیلان آب، تشت تبخیر و استفاده از فرمول‌های تجربی استفاده می‌شود (صفوی، ۱۳۹۳).

۲-۲-۱-۱- روش تشت تبخیر

یکی از روش‌های مرسوم برای محاسبه میزان تبخیر از سطح دریاچه‌ها، مخازن آب و همچنین اندازه‌گیری تبخیر و تعرق گیاهان استفاده از تشت استاندارد تبخیر است. تشت تبخیر، تشتی رایج و کم‌هزینه می‌باشد که به کمک آن می‌توان تبخیر را بطور مستقیم اندازه‌گیری کرد و نتایج آن قابل تعمیم به تبخیر از سطوح دریاچه‌ها، مخازن آب و تبخیر و تعرق در کشاورزی است (Irmak et al., 2002).

از روی اعداد و آمار تشت تبخیر می‌توان میزان تبخیر از سطح آب را از رابطه (۲-۱) بر حسب میلی‌متر در روز محاسبه کرد.

$$E = K(E_{\text{PAN}}) \quad (1-2)$$

در رابطه (۲-۱) که مربوط به تست تبخیر استاندارد کلاس A است، E تبخیر از سطوح آب در مخازن یا دریاچه‌ها برحسب میلی‌متر در روز و E_{PAN} مقدار تبخیر از تست بر حسب میلی‌متر در روز و همچنین K ضریب ثابتی است که مقدار آن برای تست تبخیر استاندارد کلاس A حدود ۰/۷ می‌باشد.

انواع تشتهای اندازه‌گیری تبخیر عبارتند از:

- تست استاندارد انگلیسی
 - تست کلاس A (استاندارد آمریکایی)
 - تست کلرادو
 - تست استاندارد روسی
- در اندازه گیری تبخیر مشکلات و محدودیت‌هایی مشتمل بر موارد ذیل وجود دارد:
- آلودگی آب
 - کنترل ورودی‌های دیگر به تست تبخیر مانند باران
 - ایجاد تلاطم در مواقع طوفانی
 - خروجی‌های متفرقه نظیر نوشیدن پرندگان
 - تغییر زاویه خورشید و یا ایجاد سایه در زمان ابری بودن هوا

با وجود همه محدودیت‌ها، پژوهشگران معتقدند که اگر تشت‌های تبخیر با دقت و در جای مناسب نصب شوند، نگهداری‌های لازمه انجام گردد و میزان تبخیر نیز زیاد نباشد، دارای دقت مناسب در اندازه‌گیری میران تبخیر می‌باشند (Craig et al., 2005).

ایراد تشت‌های مدل روسی و انگلیسی دفن شدن در خاک است زیرا نمی‌توان از سوراخ نبودن آن‌ها اطمینان حاصل کرد. اما در صورتی که تشت کلاس A روی سکوی چوبی و در سطح زمین گذاشته می‌شود و مزیت آن این است که اگر تشت سوراخ باشد قابل رویت و تعمیر می‌باشد. اما بعلت اینکه سطح آب در آن در فاصله‌ای بالاتر از سطح زمین است و همچنین بعلت بیشتر بودن سرعت باد در ارتفاع بالاتر، تبخیر نیز از تشت کمی بیشتر از مقدار تبخیر واقعی است. جنس این تشت از ورق گالوانیزه است و به دلیل گرم شدن باعث افزایش درجه حرارت آب شده که باعث افزایش میزان تبخیر می‌گردد (علیزاده، ۱۳۸۹). در شکل (۱-۲) نمونه ای از تشت ایستگاه سینوپتیک (کلاس A) نشان داده شده است.



شکل (۱-۲) تشت تبخیر کلاس A ایستگاه سینوپتیک

قطر تشت تبخیر کلاس A برابر با ۱۲۰ سانتی‌متر و عمق آن ۲۵ سانتی‌متر می‌باشد. تشت تبخیر استاندارد کلاس A مرسوم‌ترین تشت تبخیر می‌باشد. تشت تبخیر استاندارد کلرادو، بصورت مربعی و ضلعی به اندازه ۹۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۶ سانتی‌متر و از جنس گالوانیزه می‌باشد و باید به گونه‌ای در

خاک قرار گیرد که لبه آن ۵ سانتی متر بالای سطح زمین باشد. آب تشت، در حدود ۵ تا ۷/۵ سانتی متر پایین تر از لبه تشت نگهداری شود. سطح بیرونی تشت قیر اندود می گردد. وضعیت استقرار و محیط پیرامون تشت، همانند تشت کلاس A است. برتری تشت کلرادو نسبت به تشت کلاس A در برآورد تبخیر- تعرق می باشد (وزیری و همکاران، ۱۳۸۷). در این پژوهش برای برآورد تبخیر از تشت کلرادو استفاده شده است. در شکل (۲-۲) تشت تبخیر کلرادو نشان داده شده است.



شکل (۲-۲) تشت تبخیر استاندارد کلرادو

۲-۱-۲-۲- روش بیلان آب

در حالی که در مورد مقدار آبی که در مخازن سدها وجود دارد، عواملی همچون مقدار حجم آب ورودی و خروجی از مخزن، میزان بارندگی روی سطح مخزن، نفوذ آب به جدار و کف مخزن و تغییرات آب در آن مشخص باشد، یک مهندس هیدرولوژیست می تواند از روی معادله بیلان آب، میزان تبخیر را از سطح آب در یک بازه زمانی مشخص که عوامل فوق در نظر گرفته می شوند محاسبه کند.

معادله بیلان آب رابطه (۲-۲) که در آن I مقدار آب ورودی به مخزن، P میزان بارندگی روی مخزن در بازه زمانی معین، O مقدار آب خروجی از مخزن، ΔS تغییرات حجم آب در مخزن (در صورت افزایش حجم، مثبت و در صورت کاهش حجم، منفی در نظر گرفته می شود) و E تبخیر از سطح مخزن می باشد (کارآموز و عراقی نژاد، ۱۳۹۷).

$$E = P + (I - O) \pm \Delta S \quad (2-2)$$

۲-۱-۲-۳- فرمول‌های تجربی

با تلاش‌های فراوان، معادلات ساده و عملی برای برآورد تبخیر از سطح آزاد آب بدست آمد که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. در معادله زیر مقدار تبخیر به کمک فرمول تجربی محاسبه می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۹).

$$E = 0.35 (e_s - e_d)(0.5 + U_2/100) \quad (3-2)$$

که در رابطه (۳-۲) E تبخیر از سطح آزاد آب بر حسب میلی‌متر در روز، e_s فشار بخار اشباع و e_d فشار واقعی که هر دو بر حسب میلی‌متر جیوه، $e_s - e_d$ کمبود فشار بخار که نیز بر حسب میلی‌متر جیوه و U_2 سرعت متوسط روزانه باد در ارتفاع ۲ متری بر حسب متر بر ثانیه می‌باشد.

در معادله زیر (۴-۲) اندازه تبخیر به وسیله روابط تجربی انتقال جرم محاسبه می‌شود که در آن E تبخیر از سطح آزاد آب بر حسب میلی‌متر در روز، e_s و e_d به ترتیب فشار بخار اشباع و فشار واقعی که هر دو بر حسب میلی‌متر جیوه، $e_s - e_d$ کمبود فشار بخار که نیز بر حسب میلی‌متر جیوه و U_2 سرعت متوسط روزانه باد در ارتفاع ۲ متری بر حسب متر بر ثانیه می‌باشد و A مساحت سطح مخزن بر حسب مترمربع می‌باشد (علیزاده، ۱۳۸۹).

$$E = 0.291 (A^{-0.05}) (e_s - e_d) (U_2) \quad (4-2)$$

علاوه بر معادلات ذکر شده، معادلات تجربی دیگری نیز برای محاسبه تبخیر از سطح دریاچه‌ها و مخازن بیان شده است که در طرح‌های مختلف هیدرولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرند که می‌توان به فرمول‌های اداره عمران آمریکا، هفتر، مایر و مارسیانو اشاره کرد (علیزاده، ۱۳۸۹).

۲-۳- روش‌های کاهش تبخیر

کاهش نرخ تبخیر به عوامل متعددی بستگی دارد که مهم‌ترین آن‌ها، خصوصیات ذخیره‌سازی (مانند مساحت و الگو تقاضا)، اثر بخشی روش‌های کاهش تبخیر و پتانسیل تبخیر می‌باشد (اقوامی‌پناه، ۱۳۹۷).

۲-۳-۱- خصوصیات ذخیره سازی

در مخازن، عمق و سطح برای میزان تبخیر حائز اهمیت است به گونه ای که هر چه عمق بیشتر و سطح کمتر باشد، تلفات تبخیر نیز به نسبت پایین تر می‌باشد و همچنین توپوگرافی محل و اعمال مدیریت صحیح در مخازن مانند مدت زمان نگهدشت آب نیز بر میزان تبخیر بسیار اثرگذار می‌باشد. مدت زمان مخزن پر از آب با توجه به عواملی از جمله الگوهای آب و هوا، نیاز آبی منطقه و رواناب حوضه آبریز در سال متفاوت است (اقوامی‌پناه، ۱۳۹۷).

۲-۳-۲- اثربخشی روش‌های کاهش تبخیر

روش‌های کاهش تبخیر وابسته به عوامل مختلفی می‌باشد که می‌توان به نوع محصول، مسائل تعمیر و نگهداری، نکات مربوط به نصب و اجرا، عدم خطرات زیست محیطی و ارزش اقتصادی اشاره کرد. عملکرد روش‌های کاهش تبخیر از نظر اقتصادی بسیار مهم است. برداشت آب از منابع زیرزمینی بدون برنامه‌ریزی مناسب سبب نابودی این ذخایر می‌گردد و به همین دلیل نیازمند برنامه‌ریزی‌ها و روش‌های مناسب می‌باشد. همچنین ذخایر آب پشت مخزن سد با مشکل تبخیر روبرو می‌باشد (پیری، ۱۳۸۹). برای کنترل میزان تبخیر در دنیا روش‌های گوناگونی به کار برده شده است که همه این روش‌ها بر اساس نور خورشید، دما و وزش باد می‌باشند ولی عمدتاً روش‌ها به سه دسته کلی تقسیم می‌گردند (کاویانپور و همکاران، ۱۳۸۸).

۱- روش شیمیایی: در روش شیمیایی معمولاً با تزریق الکل‌های مختلف بر روی سطح آب، باعث میشوند که نرخ تبخیر را کاهش دهند. در این روش میزان کاهش تبخیر کمتر از روش فیزیکی است و هزینه

کمتری نسبت به روش فیزیکی دارد. از خصوصیت این پوشش، به دائمی نبودن و استفاده در زمان مورد نیاز، می‌توان اشاره کرد.

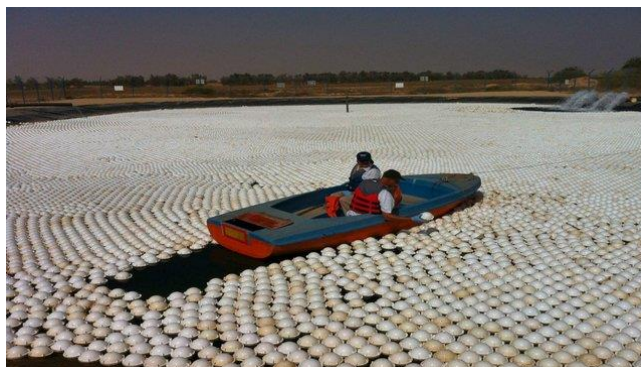
۲- روش فیزیکی: در این روش با ایجاد سایه بر روی سطح آب به وسیله اجسام شناور مانند توپ‌ها، سایبان‌ها و پوشش‌های شناور از تبخیر جلوگیری می‌شود. با این روش میزان تبخیر به مقدار قابل توجهی کم می‌شود اما دارای هزینه بالا می‌باشد.

۳- سایر روش‌ها: استفاده از بادشکن‌ها، شیوه‌های بیولوژیکی و طراحی مخازن کوچک‌تر را می‌توان روش‌های قابل استفاده در این گروه دانست.

پوشش سطح آب با توجه به کاهش میزان تابش خورشید و کاهش اثر سرعت باد تعیین می‌شود. پوشش‌ها به دو نوع شناور و سایه‌انداز قابل اجرا می‌باشد. باتوجه وسعت پوشش‌ها و نوع آن می‌توان تا ۹۵ درصد باعث کاهش تبخیر شود. با استفاده از تک لایه‌ها در صورتی که اثرات باد برطرف یا مدیریت شود تا ۶۰ درصد از میزان تبخیر کم می‌شود (Craig, 2005).

۲-۳-۱- پوشش‌های شناور

پوشش‌های شناور در کاهش نرخ تبخیر موثر می‌باشند بطوری که این پوشش‌ها بر روی مخازن تا ۹۵ درصد می‌تواند تبخیر را کاهش دهد (Cooley, 1983). این پوشش‌ها در حجم زیاد دارای هزینه بالایی می‌باشند. ولی دارای مزایایی مانند پایداری در شرایط وزش باد، دوام طولانی مدت و موثر در کاهش تبخیر می‌باشند. شکل زیر (۲-۳) نمونه‌ای از پوشش شناور می‌باشد.



شکل (۳-۲) نمونه پوشش شناور به منظور کاهش تبخیر

۲-۳-۳-۲ پوشش‌های سایه‌انداز

این نوع پوشش در مخازن کوچک اجرا می‌گردد و میزان تاثیر این پوشش‌ها در کاهش نرخ تبخیر به درصد سطح پوشش در کل سطح بستگی دارد. پوشش‌های معلق از تابش مستقیم نور خورشید جلوگیری کرده و باعث ایجاد سایه بر روی آب می‌گردد اما ممکن است اثر باد را کاهش ندهد. شکل (۴-۲) نمونه ای از پوشش سایه‌انداز می‌باشد.



شکل (۴-۲) نمونه‌ای از پوشش سایه‌انداز به منظور کاهش تبخیر

۲-۳-۳-۳ روش‌های کنترل سرعت باد

برای کاهش تلفات ناشی از باد، بادشکن‌ها و بوته‌هایی در مناطق روستایی کاشته می‌شوند. همچنین در نزدیکی سدها برای کاهش تبخیر بر اثر باد نیز از این روش می‌توان استفاده کرد. کاشت درخت در اطراف مخازن و یا در داخل مخازن می‌تواند اثر کمی در کاهش تبخیر داشته باشد. درختان و بوته‌ها نباید بطور مستقیم در مجاورت مخازن کاشته شود، زیرا ریشه‌های آن ممکن است لوله‌کشی و انتقال آب را دچار مشکل سازد. در بهترین شرایط حداکثر مقدار کاهش تبخیر حدود ۲۰ درصد می‌باشد (Condi end Webster, 1995). همچنین با این روش می‌توان بطور متوسط ۱۰ درصد از میزان تبخیر کاست (Crow and Manges, 1967).

بعضی از مشکلات و محدودیت‌های مربوط به استفاده از درختان عبارتند از:

- یک مانع بالقوه در برابر عملیات گرده افشانی گیاهان
- خطر در بر گرفتن تمام مخزن در صورتی که بیش از حد نیاز کاشته شوند.
- مدت زمان طولانی برای رسیدن به اندازه موثر

۲-۴- بررسی پیشینه پژوهش روش‌های کاهش تبخیر

Cooley and Myers (1973) برای اولین بار از روش‌های فیزیکی برای کاهش تبخیر استفاده کردند. آنان با استفاده از استیرفوم (فوم سخت)، به بررسی کاهش تبخیر پرداختند که نتایج نشان داد تبخیر حدود ۸۰ درصد کاهش می‌یابد.

Desai و همکاران (۱۹۹۰) در تحقیقی که در کشور هند انجام شد، الکل‌های چرب گرفته شده از گیاهان روغنی را در سطح دریاچه سد ریختند. نتیجه این پژوهش، کاهش تبخیر حدود ۳۰ درصد در ازای ۵۰ میلی گرم ماده در هر مترع می‌باشد.

Khan and Issac (1990) با یک لایه پلی استر جامد که ۹۸ درصد سطح مخزن را پوشانده بود موجب کاهش تبخیر حدود ۸۲ درصد شد. علت راندمان بالا پلی استایر جداکنندگی لایه پلی استایر می‌باشد. همچنین با استفاده از لایه تک مولکولی استیل الکل^۱ باعث کاهش تبخیر تا حد ۲۰ درصد می‌گردد. آزمایش‌های دیگر آن‌ها با استفاده از لایه‌های شناور پلی اتیلنی با سطح پوشش ۷۵ درصد برای یک دوره زمانی ۱۹ ماهه باعث کاهش تبخیر در حدود ۶۶ درصد می‌شود.

Dalton (2001) با تحقیق بر روی ۴ مخزن ذخیره آب مورد نیاز حوضه کشاورزی، عوامل موثر بر بهره‌برداری شبکه توزیع را مورد بررسی قرار داد و مشخص شد که ۴۰ درصد از تلفات آب بخاطر تبخیر است. وی با دو پیشنهاد کمینه کردن سطح برای کاهش تبخیر و یا پوشش سطح آب و افزایش عمق مخازن و یا ترکیبی از این دو منجر به کاهش تبخیر می‌گردد.

1-Acetyl Alcohol

Craige (2005) برای کاهش تبخیر با استفاده از پوشش‌های پلاستیکی که از جنس مواد پلی‌اتیلن می‌باشند، دریافت کرد که در صورت اجراء و مدیریت صحیح این مواد می‌تواند تا ۷۵ درصد تبخیر را کاهش دهد.

Knights (2005) در استرالیا، با استفاده از هگزادکانول در چندین سد و استخرهای آبی که آب مورد نیاز کشت پنبه را تامین می‌کرد، باعث کاهش تبخیر در حدود ۲۰٪ شد.

Martinez-Alvarez و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از سایه توپ‌های پلی‌اتیلن سیاه و سفید در کشور اسپانیا به بررسی میزان کاهش تبخیر از تشت تبخیر کلاس A پرداختند. نتایج نشان داد که این ماده بین ۷۵ تا ۸۳ درصد کاهش تبخیر را داراست.

Hassan و همکاران (۲۰۰۷) بر روی دریاچه ناصر در کشور مصر، از ورقه‌های فوم دایره‌ای شکل جهت کنترل و کاهش تبخیر در سطح پوشش ۸۲/۵ استفاده نمودند که نتیجه حاصل از این پژوهش نشان داد تبخیر ۷۴ درصد کاهش می‌یابد.

Barnes (2007) در دانشگاه کوییزلند شمالی با استفاده از هگزادکانول و اکتادکانول بعنوان مواد کاهش دهنده تبخیر پی برد که این مواد برای کاهش تبخیر مناسب بوده و ماندگاری این دو الکل بین ۱ تا ۲ روز است.

Yao و همکاران (۲۰۱۰) با تحقیقاتی که بر روی مخازن سد با استفاده از پوشش‌های معلق و شناور انجام دادند پی بردند که اگر سد بطور کامل تحت پوشش معلق قرار گیرد، تبخیر تا حدود ۷۶ درصد و اگر تحت پوشش مصالح شناور قرار گیرد تا ۶۸ درصد تبخیر کاهش می‌یابد.

Alam and Alshaikh (2013) با استفاده از ساقه درخت نخل با پوشش تک لایه به ضخامت ۱/۹ میلی‌متر، حدود ۴۷ درصد و با پوشش دو لایه به ضخامت ۳/۸ میلی‌متر، حدود ۵۷ درصد توانستند باعث کاهش تبخیر بر روی تشت استاندارد کلاس A شوند.

Santafe و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از پوشش شناوری خورشیدی که بر روی مخازن والنسیا انجام دادند، تبخیر را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش دادند. مزیت این روش علاوه بر کاهش تبخیر، برق سیستم‌های آبیاری که نیاز روز افزون بشر نیز می‌باشد را تامین می‌کند.

Taboada و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی در کشور شیلی و در یک دوره ۸ ماهه و با کمک از پوشش شناور و سلول‌های فتوولتاییک یافتند که این مواد می‌توانند باعث کاهش تبخیر شوند.

Haghighi و همکاران (۲۰۱۸) با تحقیقی که در آمریکا و بر روی مخزن سد لس‌آنجلس واقع در کالیفرنیا در مدت زمان حدود یک سال و نیم و با استفاده از توپ‌های پلاستیکی مشکی رنگ انجام شد، پی بردند که $1/7$ میلیون مترمکعب آب از طریق کاهش تبخیر ذخیره می‌گردد اما مقدار آبی که برای تولید توپ‌های استفاده شده محاسبه گردید حدود $2/9$ میلیون مترمکعب می‌باشد. اثرات زیست‌محیطی تولید توپ‌ها، مانند اثرات درازمدت توپ‌ها بر اکولوژی مخزن سد و میزان گازهای گلخانه‌ای رها شده نیاز به مطالعه بیشتر دارد تا بتوان بطور قطعی در مورد استفاده از این توپ‌ها نظر داد.

Rezazade و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی کاهش تبخیر از طریق روش فیزیکی و با استفاده از توپ‌های پلی‌اتیلن به رنگ‌های سیاه و سفید به قطر ۷۰ میلی‌متر و با دو جرم ۹۰ و ۱۲۰ گرم بر روی مخازن پرداختند. نتایج نشان داد که توپ‌های سفید با وزن ۹۰ گرم بیشترین تاثیر در کاهش تبخیر دارد زیرا هرچه وزن توپ بیشتر گردد میزان غوطه‌وری و پوشاندن سطح کمتر می‌شود.

Ghazvinian و همکاران (۲۰۲۰) در شهر سمنان به بررسی کاهش تبخیر با استفاده از ورقه‌های MDF که بعنوان روش فیزیکی می‌شود، پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میزان تبخیر حدود ۹۱ درصد کاهش می‌یابد.

هاشمی‌گرمدره و همکاران (۱۳۸۴) به بررسی کاهش میزان تبخیر با استفاده از صفحات پلی‌اتیلن و آلومینیوم و پلی‌استر پرداختند که نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد میزان تبخیر با استفاده از صفحات پلی‌اتیلن تا حدود ۹۱ درصد، صفحات پلی‌استر تا حدود ۸۲ درصد و صفحات آلومینیوم حدود ۳۸ درصد کاهش می‌یابد.

قراری و آل محمد (۱۳۸۷) دریافتند که برای مخازن آب که در مناطقی که انرژی هوای گرم زیاد است مانند مناطق صحرایی، می‌توان با کشت گیاهان در اطراف مخازن از تبخیر جلوگیری کرد.

کاویانپور و همکاران (۱۳۸۸) برای کاهش تبخیر از الکل جوجوبا استفاده کردند و نتیجه حاصل از این پژوهش، کاهش تبخیر به میزان ۳۳ می‌باشد. یکی از ویژگی‌های این ماده سازگاری با محیط‌زیست می‌باشد. مدت زمان این پژوهش ۴ ماه و با تکرار ۳ بود. ماندگاری این الکل حدود ۴ روز می‌باشد.

پیری و همکاران (۱۳۸۸) از سه تیمار الکل هگزادکانول، الکل اکتادکانول و ترکیبی از این دو به بررسی کاهش تبخیر پرداختند. این مواد هر دو روز یکبار در حدود ۲۰ و ۴۰ گرم در هکتار بر روی آب تشت تبخیر کلاس A بصورت اسپری اضافه شدند. نتایج حاصل با نرم‌افزار MINTAB نشان داد که به ترتیب روش ترکیبی، الکل اکتادکانول و الکل هگزادکانول در کاهش تبخیر بیشترین تاثیر را دارند.

پیری و همکاران (۱۳۸۹) در یک پژوهش دیگر، با استفاده از چند الکل و ترکیب این الکل‌ها با یکدیگر و همچنین صفحات پلی‌استایرن با ضخامت ۱/۵ سانتی‌متر به کاهش تبخیر آب بر روی تشت کلاس A پرداختند. نتایج نشان داد در صورت اجرای صحیح، الکل می‌تواند ۴۰ تا ۵۵ درصد و صفحات پلی‌استایرن حدود ۳۰ تا ۵۵ درصد از نرخ تبخیر کم کنند.

مرادی مزرعه‌نو و همکاران (۱۳۹۲) در شهرستان یزد و مدت زمان دو ماه، با استفاده از قطعات یونولیتی به بررسی کاهش تبخیر پرداختند. نتایج نشان داد که میزان کاهش تبخیر از تشت با پوشش ۹۰ درصد سطح حدود ۵۱/۶ درصد بود که این میزان بیانگر مناسب بودن پوشش می‌باشد.

خاشعی سیوکی و باربد (۱۳۹۴) در بررسی میدانی در دانشگاه بیرجند، با استفاده از خاکپوش در بخش کشاورزی که با ۱۶ تیمار و ۳ تکرار انجام شد میزان تبخیر را کاهش دادند. تیمارها شامل خاکپوش سنگریزه، کوکوپیت، زئولیت و کلش بودند. تیمارهای کوکوپیت و کلش بیشترین مقدار کاهش تبخیر داشتند.

افخمی و همکاران (۱۳۹۵) در منطقه سرچشمه کرمان، به منظور کاهش تبخیر بر روی سد رسوب‌گیر مجتمع سرچشمه از سه نوع توپ که عبارتند از توپ تک روزه به قطر ۸ سانتی‌متر، توپ چند روزه به

قطر ۸ سانتی متر از جنس پلی اتیلن و توپ ریز با قطر ۱ سانتی متر از جنس پروپیلین با دو تکرار و بازه زمانی یک ماهه استفاده کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میزان کاهش تبخیر توپ‌های تک روزنه حدود ۶۵، توپ‌های چند روزنه حدود ۵۷ و توپ‌های ریز با قطر ۱ میلی‌متر حدود ۳۹ درصد کاهش می‌یابد.

افخمی و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از تزریق فوم صنعتی در لاستیک‌های فرسوده و بی‌استفاده، پوشش شناوری به نام یونورینگ ساختند که بر روی حوضچه‌های مجاور سد رسوب‌گیر مس سرچشمه آزمایش نمودند. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر کاهش تبخیر در حدود ۷۸/۳۵ درصد اعلام گردید.

اقوامی پناه (۱۳۹۷) به ارزیابی تاثیر پوشش‌های پرلیت، لیکا، کاه و کلش و ورق MDF بعنوان مواد کاهش تبخیر پرداختند که نتایج آن نشان داد که ورق MDF حدود ۹۱ درصد، پرلیت حدود ۳۶ درصد، لیکا حدود ۲۲ درصد و کاه و کلش حدود ۲۰ درصد می‌توانند تبخیر را کاهش دهند.

قزوینیان (۱۳۹۹) به بررسی تاثیر پوشش‌های فوم فشرده، قطعات چوب و موم مصنوعی عسل در سه سطح پوشش ۸۰، ۷۰ و ۶۰ درصد پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد که فوم فشرده با پوشش‌های ۸۰، ۷۰ و ۶۰ درصد به ترتیب ۶۵، ۵۴ و ۴۳ درصد تبخیر را کاهش می‌دهند. همچنین قطعات چوب با پوشش‌های مختلف ۸۰، ۷۰ و ۶۰ درصد تبخیر را به میزان ۲۶، ۱۹ و ۱۰ درصد کاهش می‌دهد و موم مصنوعی با همان سه سطح فوق به ترتیب ۲۶، ۱۸ و ۹ درصد تبخیر را کاهش می‌دهد.

قزوینیان و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از ورقه‌های ۳ میلی‌متری پلی استایرن با سطح پوشش ۶۰ درصد به بررسی کاهش نرخ تبخیر در سمنان پرداختند. مدت زمان این انجام آزمایش ۴ ماه بود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تبخیر در حدود ۴۴ درصد کاهش می‌یابد.

۲-۵- مقایسه مطالعات پیشین و نتیجه‌گیری

در جدول (۱-۲) بعضی از مطالعات پیشین باهم مقایسه شده‌اند.

جدول (۱-۲) مقایسه مطالعات پیشین

نام محقق	سال	موضوع	نتیجه پژوهش
Desai et al.	۱۹۹۰	استفاده از مواد مقاوم در برابر تبخیر آب برای حفاظت از آب	با استفاده از الکل‌های چرب موجب کاهش تبخیر تا ۳۰ درصد شده‌اند
Dalton	۲۰۰۱	کارایی ذخیره‌سازی در مزرعه	با تحقیق بر روی مخازن به نتیجه رسید که ۴۰٪ تلفات آب بخاطر تبخیر می‌باشد. برای رفع مشکل دو راهکار، کمینه کردن سطح و افزایش عمق مخازن را داد.
Barnes	۲۰۰۷	پتانسیل برای تک لایه‌ها برای کاهش تبخیر آب از مخازن بزرگ	به بررسی اثرات الکل‌ها بر روی کاهش تبخیر پرداخت و پی برد هگزادکانول و اکتادکانول برای کاهش تبخیر مناسب می‌باشند.
Alam and Alshaikh	۲۰۱۳	استفاده از تار و پودر درخت نخل بعنوان پوشش سایه‌ای برای کاهش تبخیر آب و بهبود ذخیره سازی آب	با استفاده از ساقه درخت نخل درپوشش-های تک و دو لایه پی برد تبخیر ۴۷ تا ۵۷ درصد کاهش می‌یابد.
Rezazade et al.	۲۰۲۰	تأثیر تراکم توپ‌های شناور بر مهار تبخیر مخازن آب در حضور جریانهای سطحی	با استفاده از توپ‌های سیاه و سفید به جرم‌های ۹۰ و ۱۲۰ گرم و قطر ۷۰ میلی‌متر به کاهش تبخیر پرداخت. نتایج حاصل بیانگر عملکرد توپ سفید با وزن ۹۰ گرم بود

ادامه جدول (۱-۲) مقایسه مطالعات پیشین

Ghazvinian et al.	۲۰۲۰	تاثیر پوشش MDF بر روی کاهش تبخیر آب	با استفاده از ورقه‌های MDF تبخیر حدود ۹۱٪ کاهش یافت.
هاشمی گرمدره و همکاران	۱۳۸۴	استفاده از مواد پوششی برای کاهش تبخیر از سطح آزاد	با استفاده از صفحات پلی اتیلن کاهش تبخیر حدود ۹۱ درصد، صفحات آلومینومی حدود ۳۷/۵ درصد و مواد پلی استر حدود ۸۲ درصد حاصل می‌شود.
پیری و همکاران	۱۳۸۹	مطالعه آزمایشگاهی تاثیر استفاده از روش-های فیزیکی و شیمیایی بر کاهش تبخیر مخازن سدها	با استفاده از چند الکل و پلی استیرن در تست تبخیر کلاس A، صفحات پلی-استیرن ۳۰ تا ۵۵ درصد و الکل‌ها بین ۴۰ تا ۵۵ درصد تبخیر را کاهش می‌دهند.
مرادی مزرعه‌نو و همکاران	۱۳۹۲	ارزیابی کاهش تبخیر از استخرهای ذخیره آب کشاورزی با استفاده از پوشش یونولیتی	با استفاده از پوشش‌های یونولیتی با پوشش ۹۰ درصد سطح میزان تبخیر ۵۱/۶ درصد کاهش می‌یابد.
افخمی و همکاران	۱۳۹۵	تاثیر توپ‌های شناور بر کاهش تبخیر از منابع آزاد روباز (مطالعه موردی: سد رسوبگیر معدن سرچشمه)	نتایج کاهش تبخیر استفاده از سه نوع توپ پلاستیکی تک روزنه به قطر ۸ سانتی‌متر، چند روزنه به قطر ۸ سانتی-متر و توپ ریز با قطر ۱ سانتی‌متر، حدود ۶۵ درصد برای تک روزنه ۸ سانتی‌متر، ۵۷ درصد برای توپ چند روزنه و ۳۹ درصد برای توپ ریز می‌باشد.
اقوامی پناه و همکاران	۱۳۹۷	مطالعه میدانی روش-های فیزیکی کاهش تبخیر از مخازن کوچک	با استفاده از پرلیت، لیکا، MDF و کاهو کلش به کاهش تبخیر پرداخت. ورقه MDF حدود ۹۱ درصد، پرلیت حدود ۳۶ درصد، لیکا ۲۲ درصد و کاهو کلش ۲۰ باعث کاهش تبخیر می‌گردد.

با توجه به مطالعاتی که انجام شده است مشخص گردید عوامل جوی در هر منطقه در نرخ تبخیر تاثیر متفاوتی دارد. با توجه به مطالعات پیشین می‌توان پی برد که روش‌های کاهش تبخیر با توجه به شرایط، مسائل محیط‌زیستی، توجیه اقتصادی و درصد کاهش می‌تواند نتایج خوبی ارائه داده و این حاکی از آن است که با توجه به کاهش روزافزون آب و گرمایش زمین، استفاده از روش‌های اقتصادی کاهش تبخیر رو به افزایش است.

با توجه به نیاز شدید مردم به آب و کمبود منابع آب در کشور، وجود استخرهای کشاورزی و مخازن سد متعدد و نیز نیاز آبی در بخش صنعت و کشاورزی که بیشترین هدررفت در این بخش است، باید طرح و برنامه‌ریزی صحیحی در راستا کاهش تبخیر انجام داد. اگر بتوان این مقدار را با روش‌های متعدد جلوگیری کرد و ذخیره نمود، علاوه بر افزایش بهره‌روی از آب‌های شیرین در کشور، مشکلات کمبود آب نیز تا حدی برطرف می‌گردد.

در یک جمع بندی کلی می‌توان اظهار کرد که با استفاده از پوشش‌های سطحی متفاوت کاهش تبخیر، می‌توان موجب بهره‌برداری و جلوگیری از هدررفت آب ذخیره شده شود و در مصارف دیگر استفاده گردد.

فصل سوم:

روش تحقیق

آب یک عنصر مهم و حیاتی در سیستم‌های طبیعی و زندگی بشر به حساب می‌آید. رشد سریع جمعیت، خشکسالی و تغییر اقلیم منجر به کاهش سطح آب‌های زیرزمینی از یک سو و افزایش تقاضای آب از سوی دیگر می‌شود بطوری که میزان سرانه آب تجدیدپذیر کشور از سال ۱۳۰۰ که حدود ۱۳۰۰۰ مترمکعب بوده و در حال حاضر به حدود ۱۹۰۰ مترمکعب کاهش یافته و با این حجم از تقاضا در آینده به مراتب وضع بدتر می‌شود (احسانی و خالدي، ۱۳۸۱).

تبخیر آب از منابع سطحی باعث کاهش کیفیت آب، افزایش املاح موجود در آب و اتلاف آب نیاز بخش کشاورزی و شرب می‌شود. تبخیر آب سالیانه حجم زیادی از آب شیرین در دریاچه‌ها، استخرها و سدها رو از بین می‌برد که بیانگر اهمیت این موضوع است. علت استفاده از تشت استاندارد تبخیر، راحتی در اندازه‌گیری و تفسیر داده‌های آن در سراسر دنیا بعنوان معیار و شاخصی برای تبخیر از مخازن می‌باشد (Goel, 2009).

باتوجه به کمبود آب در منطقه سمنان، هدف از این پژوهش، بهبود منابع ذخیره آب و جلوگیری از تبخیر و هدر رفت آب با استفاده از پوشش‌های توپ و صفحات فوم و ترکیب توپ و صفحات فوم می‌باشد. در تحقیق حاضر، ابتدا موثر بودن روش بعنوان راهکار موثر کاهش تبخیر بررسی می‌گردد، سپس اولویت بندی مواد برای کاهش نرخ تبخیر صورت می‌گیرد و بعد از آن افزایش کیفیت آب و انتخاب بهترین پوشش با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی انجام می‌شود.

در این فصل به طور کامل به جزئیات تیمارها و نحوه آزمایش‌ها پرداخته شده است.

۳-۲- مشخصات کلی طرح

این پژوهش از ابتدای ماه آذر تا آخر ماه دی ۱۳۹۸ که دو ماه سرد سال می‌باشد انجام شده است تا نتایج تبخیر بر روی دو فصل سرد سال (پاییز و زمستان) بررسی گردد و مشخص گردد تبخیر به چه

میزان کاهش می‌یابد. ابتدا تعداد ۱۲ تشت تبخیر کلرادو ساخته شده و سپس به محل جاسازی تشت‌ها در ضلع شمال دانشگاه سمنان برده شد. همچنین پوشش‌های صفحات فوم، توپ پلاستیکی و ترکیب توپ و فوم بعنوان روش‌های کاهش تبخیر انتخاب گردید که برای جلوگیری از دسترسی پرندگان و حیوانات بر روی همه تشت‌ها از یک شبکه توری پلاستیکی با سوراخ‌های ریز استفاده شد. تمام آزمایش‌ها در فضای باز دانشگاه سمنان و درون سطح زمین انجام پذیرفت. داده‌های درجه حرارت متوسط، رطوبت نسبی متوسط، فشار، سرعت باد و تعداد ساعات آفتابی از نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک سمنان به محل دانشگاه سمنان (محل آزمایش)، اخذ گردید.

در پایان به بررسی مقادیر کاهش تبخیر پوشش‌های مصرفی پرداخته شده و همچنین به بررسی بهترین پوشش در جهت حفظ کیفیت آب و کاهش املاح موجود در آب پرداخته شده است.

۳-۳- مختصات و موقعیت مکان پژوهش

منطقه مورد مطالعه این پژوهش در ضلع شمالی دانشکده عمران دانشگاه سمنان با مشخصات جغرافیایی به طول $36^{\circ} 24' 4'' E$ و عرض $35^{\circ} 36' 24'' N$ و ارتفاع ۱۱۵۰ متری از سطح دریا واقع گردیده است. داده‌های هواشناسی مربوطه از جمله فشار، درجه حرارت متوسط، رطوبت نسبی متوسط، ساعات آفتابی، سرعت باد و میزان بارندگی از نزدیک‌ترین ایستگاه به محل پروژه که واقع در میدان استاندارد سمنان به ارتفاع ۱۱۲۰ متر از سطح دریا و به فاصله ۲/۴ کیلومتری می‌باشد، اخذ شده است. در شکل ۳-۱ الف) موقعیت مکانی ایستگاه سینوپتیک و محل انجام آزمایش و در شکل ب) فاصله بین محل انجام آزمایش تا ایستگاه سینوپتیک نشان داده شده است.



(ب)



(الف)

شکل (۳-۱): (الف) مشخصات محل انجام پروژه و (ب) فاصله بین محل ساخت پایلوت تا ایستگاه سینوپتیک

۳-۴- پوشش‌های مصرفی

برای انجام آزمایشات از پوشش‌های توپ پلاستیکی، صفحات فوم به ضخامت ۲۰ میلی‌متر پوشیده با دوغاب سیمانی و ترکیب توپ و فوم استفاده گردید. در ادامه به مشخصات و ویژگی مواد مصرفی پرداخته شده است.

۳-۴-۱- آب

آب مورد استفاده در این پژوهش، آب قابل شرب شهر سمنان می‌باشد. عدم استفاده از آب چاه، بعثت گوناگونی در کیفیت آب و جلوگیری از خطا در نمونه‌گیری‌ها و داده‌های مشاهداتی می‌باشد.

۳-۴-۲- توپ پلاستیکی

یکی از ابزارهای مرسوم در کاهش تبخیر، استفاده از توپ‌های پلاستیکی می‌باشد. این مواد به دلیل اقتصادی بودن، سهولت دسترسی و عدم آلودگی آب مورد توجه می‌باشند. چگالی این توپ‌ها کمتر از چگالی آب بوده و بر روی آب شناور می‌مانند. در شکل زیر (۳-۳) نمونه‌ای از توپ پلاستیکی به قطر ۶ سانتی‌متر مصرفی نشان داده شده است.



شکل (۲-۳) توپ پلاستیکی مصرفی

۳-۴-۳- صفحات فوم فشرده

فوم فشرده از پلی اتیلن و حباب‌های ریز هوا ساخته شده است که باعث داشتن استحکام بالا، قدرت عایق بندی، قیمت پایین و جذب آب کم انتخاب اول کارشناسان و متخصصین در زمینه‌های کاهش تبخیر می‌باشد. بیشترین کارایی فوم فشرده در بازه دمایی ۳۵- تا ۸۰+ سانتیگراد می‌باشد. این فوم‌ها بهترین عایق از نوع حرارتی، رطوبتی و برودتی می‌باشند. فوم فشرده ضد رطوبت بوده و از نفوذ آب جلوگیری می‌کند و در مقابل عوامل مخرب شیمیایی مانند اسیدهای رقیق و حلال‌ها مقاومت قابل قبولی دارد. ورقه‌های فوم به عرض ۱۱۰ سانتی‌متر و طول دلخواه با ضخامت ۱ تا ۵ میلی‌متر می‌باشد.

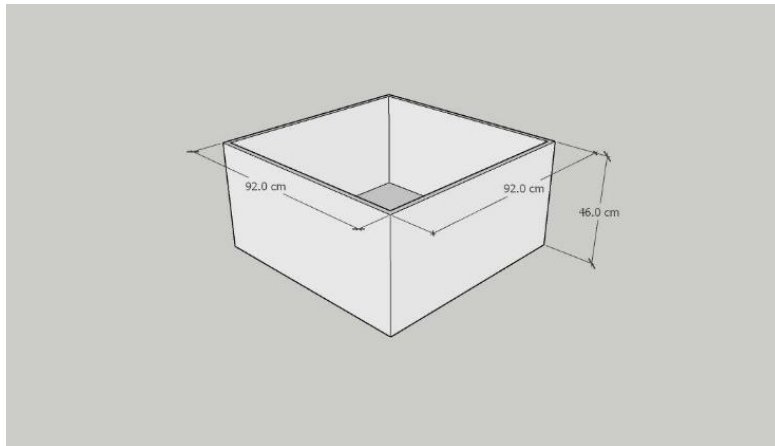


شکل (۳-۳) فوم فشرده مصرفی

۳-۵- تشت کلرادو

تشت تبخیر کلرادو یکی از انواع تشت‌های تبخیر می‌باشد که در کارهای آزمایشگاهی استفاده می‌گردد. جنس این تشت از ورق گالوانیزه ضد زنگ با ضخامت‌های دلخواه می‌باشد. تشت مذکور دارای ابعاد به طول ۹۲، عرض ۹۲ و ارتفاع ۴۶ سانتی‌متر می‌باشد که درون زمین قرار گرفته و فقط ۵ سانتی‌متر از

سطح زمین بیرون می ماند و تا ارتفاع ۷ سانتی متری بالای تشت از آب پر خواهد شد. در شکل (۳-۲) ابعاد تشت کلرادو بکار رفته در پایلوت نشان داده شده است.



شکل (۳-۴) ابعاد تشت کلرادو مورد استفاده در این تحقیق

۳-۶- انتخاب محل جای گذاری تشت ها

محل مورد نیاز قرار گیری تشت ها درون زمین، باید به دور از عوارض و پستی بلندی باشد که با توجه به مقررات وزارت نیرو فاصله بین تشت ها می بایست حداقل ۱۰ برابر ارتفاع ساختمان های مجاور باشد (دستورالعمل آمار برداری از منابع آب، ۱۳۸۰). برای برطرف کردن اثرات تشت ها، فاصله بین تشت ها ۳ متر در نظر گرفته می شود. بعد از مشخص کردن محل قرارگیری تشت ها در فضای باز، گودال هایی به ابعاد $1/5 \times 1/5 \times 0/6$ متر حفر گردید. همچنین برای جلوگیری از اثرات منفی سنگ های تیز اطراف تشت ها که باعث تغییر شکل تشت ها می گردد (شکل ۳-۵)، مقداری از خاک الک شده در اطراف و کف تشت ریخته شده و از آرماتورهای نازک که در اطراف تشت جوش داده شده است استفاده گردید. شکل (۳-۶) گودال های حفر شده را نشان می دهد. همچنین شکل (۳-۷) و (۳-۸) حذف قلوه سنگ های زیر تشت ها و کف سازی برای تراز بودن تشت ها و کف سازی محل قرارگیری تشت ها با خاک الک شده را نمایش می دهد.



شکل (۵-۳) تغییر شکل تشت‌ها



شکل (۶-۳) گودال‌های حفاری شده



شکل (۷-۳) جمع‌آوری و حذف قلوه سنگ



شکل (۸-۳) کف سازی محل قرارگیری تشت‌ها

قبل از آنکه تشت‌ها درون گودال‌های حفر شده قرارگیرند به مدت دو روز از آب پر می‌شوند و مورد بررسی قرار می‌گیرند و پس از اطمینان از عدم سوراخ و نشتی در کنج‌ها، اطراف تشت‌ها با خاک الک شده عاری از قلوه‌سنگ پر می‌گردد. در شکل‌های (۹-۳) و (۱۰-۳) به ترتیب آب‌بندی تشت‌ها با ایزوگام و آبگیری تشت‌ها نشان داده شده است.



شکل (۹-۳) آب‌بندی تشت با ایزوگام



شکل (۳-۱۰) نمونه‌ای از آبیگری تشت به منظور تست و عدم نشتی

در این پژوهش، ۱۲ عدد تشت کلرادو با ابعاد استاندارد $۰/۹۲ \times ۰/۹۲ \times ۰/۴۶$ متر از جنس ورق گالوانیزه در یک کارگاه در شهر سمنان ساخته شد. ۲ تشت بعنوان تشت مشاهداتی (شاهد)، ۲ تشت برای پوشش فوم ۸۰ درصد، ۲ تشت برای فوم ۵۰ درصد سطح، ۲ تشت برای توپ ۸۰ درصد سطح، ۲ تشت برای توپ ۵۰ درصد و ۲ تشت نیز برای ترکیبی ۸۰ درصد سطح در نظر گرفته شد. علت این که تمام سطح پوشانده نشده است، عبور نور خورشید از فضای خالی جهت سازگاری با محیط زیست و حفظ آبزیانی است که در مخازن آب و استخرها پرورش داده می‌شود (مرادی مزرعه‌نو و همکاران، ۱۳۹۲). در روز اول آزمایش آب درون تشت‌ها تا ارتفاع ۵ سانتی‌متری لبه تشت پر شد که این مقدار می‌تواند بین ۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر متغیر باشد. قرائت میزان تبخیر بصورت روزانه و طبق استاندارد اداره هواشناسی راس ساعت ۱۰:۳۰ صبح انجام گردید و با اختلاف بین قرائت ساعت ۱۰:۳۰ دو روز متوالی میزان تبخیر محاسبه گردید و بعد از قرائت میزان آب تبخیر شده، تشت‌های کلرادو تا ارتفاع ۵ سانتی‌متری از لبه تشت با آب پر می‌شوند که به این کار اصطلاحاً صفرکردن گفته می‌شود. درون هر تشت خط‌کش مدرجی جهت قرائت تبخیر قرار داده شده است که دقت آن به میلی‌متر می‌باشد. شکل (۳-۱۱) نمای پوشش‌ها و ۳ نوع پوشش مصرفی را نشان می‌دهد.



(ب)



(الف)



(د)



(ج)



(ز)

شکل (۳-۱۱) تصاویر پوشش‌ها، (الف) پوشش توپ ۸۰ درصد، (ب) پوشش توپ ۵۰ درصد، (ج) پوشش فوم

۸۰ درصد، (د) پوشش فوم ۵۰ درصد و (ز) پوشش ترکیبی ۸۰ درصد

مدت نمونه‌برداری در دو ماه آذر و دی در نظر گرفته شد تا تاثیر پوشش‌ها در دو فصل متفاوت با شرایط آب و هوایی مختلف بررسی گردد. همچنین داده‌های هواشناسی درجه حرارت متوسط، رطوبت نسبی متوسط، فشار هوا، تعداد ساعات آفتابی و سرعت باد از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به محل آزمایش گرفته شد. قرائت میزان تبخیر در روزی که بارندگی وجود داشته به دقت نیاز دارد که دو حالت زیر رخ می‌دهد:

۱- اگر ارتفاع تبخیر منفی باشد یعنی میزان آب از خط نشانه بالاتر رود، باید ارتفاع تبخیر از میزان بارندگی کم شود تا میزان واقعی تبخیر معین گردد.

۲- اگر ارتفاع تبخیر مثبت یا صفر باشد، باید میزان مقدار بارش با ارتفاع تبخیر جمع گردد تا ارتفاع تبخیر واقعی مشخص شود.

از نظر هزینه در سال ۱۳۹۸، ورقه فوم فشرده ۲۰ میلی‌متر به ازای هر مترمربع ۱۲۰۰۰۰ ریال و توپ پلاستیکی هر عدد برابر ۷۵۰۰ ریال هزینه داشت. همچنین دوغاب سیمان ۵۰۰۰۰ ریال به ازای هر کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد.

برای هر تشت حاوی پوشش فوم پوشیده شده با دوغاب در سطح پوشش ۸۰ درصد ۱۰۰۰۰۰ ریال، برای هر تشت حاوی فوم ۵۰ درصد سطح حدود ۶۳۰۰۰ ریال، برای هر تشت حاوی توپ ۸۰ درصد سطح حدود ۱۲۳۷۵۰۰ ریال، برای هر تشت فوم ۵۰ درصد حدود ۶۷۵۰۰۰ ریال و برای هر تشت ترکیبی ۸۰ درصد ۶۴۰۰۰۰ ریال هزینه دارد.

۳-۷- خطاهای اندازه‌گیری میزان تبخیر

خطاهای ناشی از اندازه‌گیری در پژوهش‌های آزمایشگاهی و میدانی به دو دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول مربوط به خطاهای محیط و مسئول آزمایش می‌باشند. که این خطا شامل شرایط بد آب و هوایی یا گرد و غبار در محیط پیرامون می‌باشد. با توجه به محل که در فضای باز می‌باشد، گرد و غبار می‌تواند در دقت قرائت میزان تبخیر اثر بگذارد. دسته دوم خطاها مربوط به تراز نبودن تشت‌ها می‌باشد. تشت‌ها باید کاملاً تراز باشند تا میزان تبخیر قرائت شده، مورد قبول باشد (زارع مهذبیه، ۱۳۹۰). به همین خاطر تراز بودن تشت‌ها مداوم مورد کنترل واقع شد.

۳-۸- آنالیز آماری

برای انجام تحلیل آماری پس از برداشت داده‌های پوشش‌ها بصورت روزانه، مقادیر نرخ تبخیر که با استفاده از SPSS23 حاصل شد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

۳-۸-۱- بررسی نرمال بودن داده‌ها

قبل از انجام آنالیز آماری، باید نرمال بودن (همگنی) داده‌ها را با استفاده از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف^۲ و آزمون شاپیرو-ویلک^۳ مشخص کرد. این آزمون مشخص می‌کند که داده‌های مورد بررسی از توزیع نرمال پیروی می‌کنند یا خیر.

۳-۸-۲- آزمون پارامتریک تحلیل واریانس یکطرفه

برای مقایسه بین گروه‌های آزمایشی از طریق آزمون تجزیه واریانس یکطرفه (One way ANOVA) استفاده شد. این روش وجود یا عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین دو یا چند سطح متغیر را پاسخ می‌دهد. در جدول تحلیل واریانس یکطرفه، یک عامل (یک متغیر) به منظور تفکیک متغیرها وجود دارد. یا عبارت دیگر یک متغیر گروه‌بندی باعث اختلاف در میانگین جامعه‌ها می‌باشد. ولی اگر بیش از یک عامل در این تفکیک اثر داشته باشد، مدل تحلیل واریانس پیچیده‌تر شده و حتی اثر عوامل بر یکدیگر را نیز نشان می‌دهد. آزمون‌های مقایسه میانگین دو قسمت دارند که در قسمت اول واریانس‌های بین گروه‌ها مساوی فرض می‌شود و قسمت دوم که واریانس‌های بین میانگین‌ها مساوی فرض نمی‌شود. بدین منظور ابتدا همگنی واریانس‌ها بررسی می‌شود. پس از مشخص شدن وجود تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها، می‌بایست تعیین شود که به طور مشخص بین کدام یک از آن‌ها تفاوت وجود داشته است. به

^۲ Kolmogorov-Smirnov test

^۳ Shapiro-Wilk Test

این منظور آزمون‌های تعقیبی زیادی در نرم‌افزار تعریف شده از جمله دانکن، بونفرونی، حداقل تفاوت معنی دار و سیداک. در تحقیق حاضر، با توجه به میزان برابری واریانس‌ها و مقایسه میانگین‌ها از آزمون Dunnett C برای ماه آذر و LSD برای ماه دی در سطح اطمینان ۹۹ درصد استفاده شده است. همچنین برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

۳-۸-۳- همبستگی دو متغیره پیرسون

برای بررسی ارتباط بین هر متغیر وابسته با متغیرهای مستقل از همبستگی دو متغیره پیرسون استفاده می‌شود. این نوع همبستگی پیوندهای جفتی بین مجموعه‌ای از متغیرها را محاسبه می‌کند و نتایج را بصورت یک ماتریس نشان می‌دهد. در این پژوهش همبستگی داده‌های هواشناسی (درجه حرارت متوسط، رطوبت نسبی متوسط، سرعت باد، تعداد ساعات آفتابی و فشار هوا) با داده‌های تشت تبخیر شاهد مورد بررسی قرار گرفت.

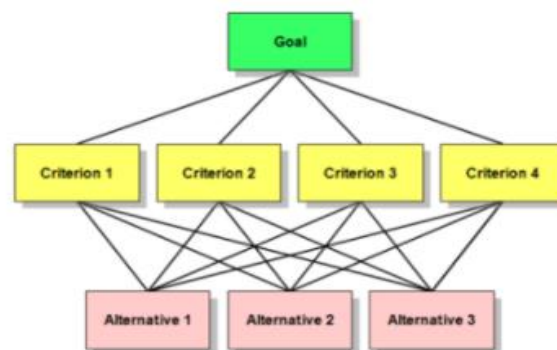
۳-۹- تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری است. واژه AHP مخفف عبارت Analytical Hierarchy process به معنی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است. انتخاب سنجنده‌ها یا criterion بخش اول انجام AHP است. سپس براساس سنجنده‌های شناسایی شده نامزدها ارزیابی می‌شوند. واژه گزینه‌ها یا نامزدها هم معنای واژه alternative بوده و به جای هم بکار روند. علت سلسله مراتبی خواندن این روش آن است که ابتدا باید از اهداف و راهبردهای سازمان در راس هرم آغاز کرد و با گسترش آن‌ها، سنجنده‌ها را شناسایی کرد تا به پایین هرم رسید.

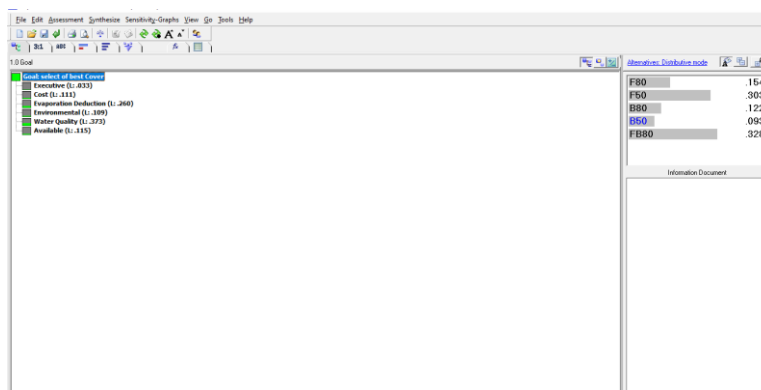
این روش یکی از روش‌های پرکاربرد برای رتبه‌بندی و تعیین اهمیت عوامل است که با استفاده از مقایسات زوجی گزینه‌ها به اولویت بندی هر یک از معیارها پرداخته می‌شود. چنانچه گزینه‌ها زیاد باشد

تشکیل ماتریس مقایسات زوجی کار دشواری است. این تکنیک برای وزن دهی به معیارها نیز استفاده می‌شود. برای انجام AHP از نرم‌افزار Expert Choice¹¹ استفاده گردید.

از جمله مزایای این روش می‌توان به این موارد اشاره نمود: سنجش سازگاری قضاوت‌های تصمیم گیرندگان، ایجاد مقایسات زوجی در انتخاب راهکار و گزینه بهینه، توان در نظر گرفتن معیارها و زیر معیارها در ارزیابی گزینه‌ها، ایجاد قابلیت دستیابی به بهترین گزینه از طریق مقایسات زوجی.



شکل (۳-۱۲) نمونه‌ای از ساختار AHP



شکل (۳-۱۴) تصویری از برنامه Expert Choice¹¹

فصل چہارم:

نتائج و بحث

۴-۱- مقدمه

در این بخش، به بررسی نتایج آزمایشگاهی تشت تبخیر کلرادو و تشت‌های حاوی صفحات فوم، توپ و ترکیب توپ و فوم که هر کدام دارای سطح پوشش‌های مختلفی می‌باشند، پرداخته می‌شود. همچنین تاثیر درجه حرارت متوسط، رطوبت نسبی متوسط، فشار هوا، تعداد ساعات آفتابی و سرعت باد روی تبخیر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. پس از آن با تحلیل سلسله مراتبی با معیارهای مختلف به انتخاب بهترین پوشش پرداخته می‌شود. در پایان، نیز تاثیر هر پوشش روی کیفیت آب مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۴-۲- نتایج بررسی نرمال بودن داده‌ها

نرمال بودن (همگنی) داده‌ها از طریق آزمون شاپیرو- ویلک و کولموگروف- اسمیرنوف بررسی گردید. در جدول زیر (۴-۱) و (۴-۲) نرمال بودن تبخیر مشاهداتی ماه‌های آذر و دی از طریق آزمون شاپیرو- ویلک و کولموگروف- اسمیرنوف در سطح اطمینان ۹۹ درصد ارائه شده است.

جدول (۴-۱) نتایج بررسی نرمال بودن توزیع ارتفاع تبخیر شاهد و پوشش‌ها بر حسب میلی‌متر- آذر ماه

تشت‌ها و پوشش‌ها	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	آزمون کلموگروف- اسمیرنوف	سطح معناداری	آزمون شاپیرو- ویلک	سطح معناداری
تبخیر شاهد	۲۵	۳/۵۲۰	۱/۷۵۹	۰/۱۹۲	۰/۰۱۸	۰/۹۴۷	۰/۲۰۹
تبخیر فوم ۸۰٪	۲۵	۱/۵۴۴	۱/۰۲۸	۰/۱۲۲	۰/۲۰۰	۰/۹۶۰	۰/۱۱۹
تبخیر فوم ۵۰٪	۲۵	۲/۵۱۲	۱/۴۵۴	۰/۱۵۸	۰/۱۱۰	۰/۸۹۹	۰/۴۰۵
تبخیر توپ ۸۰٪	۲۵	۱/۴۱۶	۱/۰۸۸	۰/۲۰۹	۰/۰۰۶	۰/۹۶۸	۰/۰۱۸
تبخیر توپ ۵۰٪	۲۵	۲/۳۴۰	۱/۴۳۴	۰/۱۵۴	۰/۱۳۱	۰/۹۳۱	۰/۵۹۰
تبخیر ترکیبی ۸۰٪	۲۵	۱/۱۹۱	۰/۶۳۸	۰/۱۷۵	۰/۰۴۷	۰/۹۴۷	۰/۰۹۱

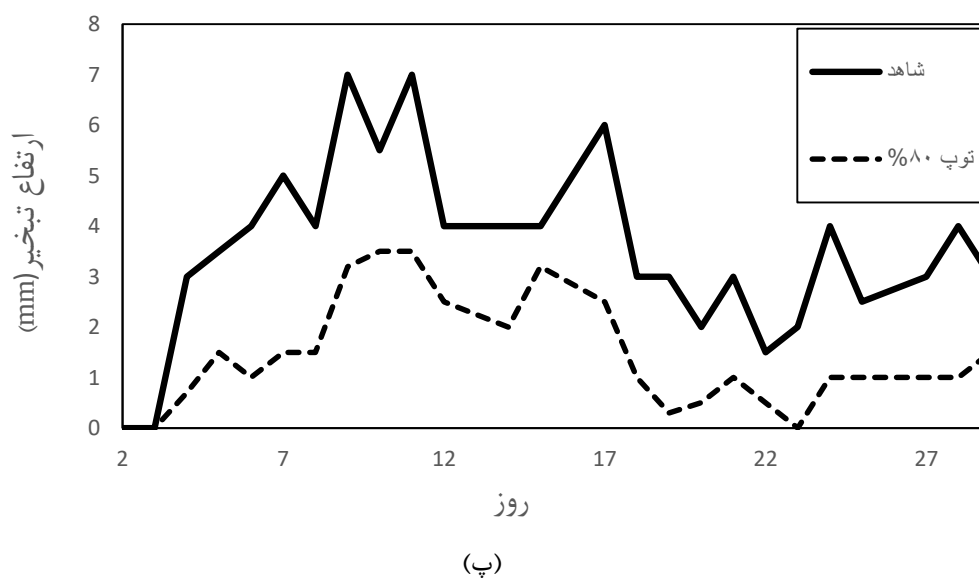
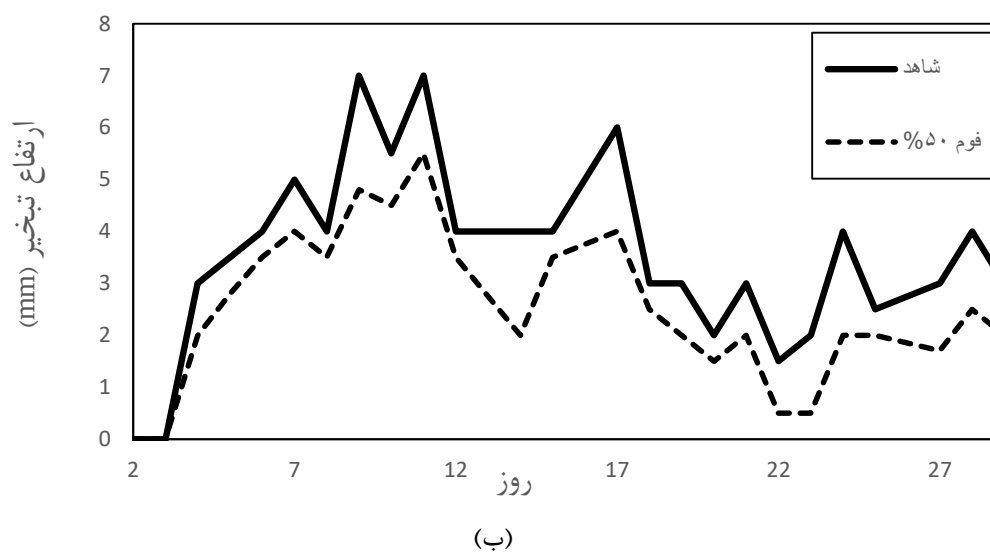
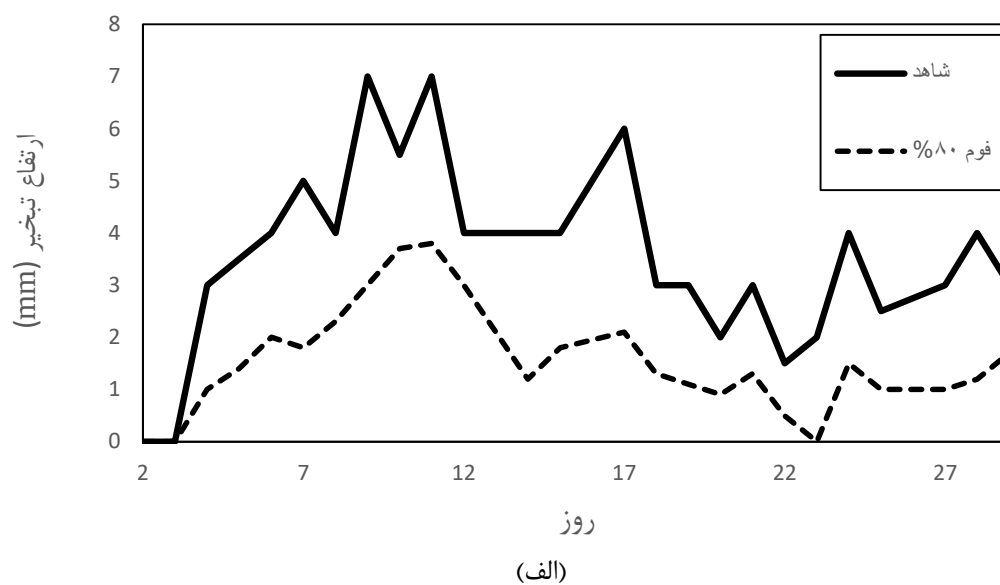
جدول (۲-۴) نتایج بررسی نرمال بودن توزیع ارتفاع تبخیر شاهد و پوشش‌ها بر حسب میلی‌متر - دی ماه

تشت‌ها و پوشش‌ها	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	آزمون کلموگروف- اسمیروف	سطح معناداری	آزمون شاپیرو- ویلک	سطح معناداری
تبخیر شاهد	۲۶	۲/۳۸۸	۰/۰۸۹	۰/۱۰۲	۰/۲۰۰	۰/۹۷۱	۰/۶۵۳
تبخیر فوم ۸۰٪	۲۶	۱/۱۶۲	۰/۰۸۶	۰/۱۶۸	۰/۰۵۷	۰/۹۰۶	۰/۰۲۲
تبخیر فوم ۵۰٪	۲۶	۱/۷۷۳	۰/۰۹۳	۰/۱۰۷	۰/۲۰۰	۰/۹۷۱	۰/۶۵۲
تبخیر توپ ۸۰٪	۲۶	۰/۸۷۷	۰/۰۷۶	۰/۱۶۳	۰/۰۷۵	۰/۹۴۹	۰/۲۲۰
تبخیر توپ ۵۰٪	۲۶	۱/۴۴۲	۰/۰۸۵	۰/۱۰۴	۰/۲۰۰	۰/۹۶۰	۰/۳۹۶
تبخیر ترکیبی ۸۰٪	۲۶	۰/۵۹۲	۰/۰۶۴	۰/۰۹	۰/۲۰۰	۰/۹۷۶	۰/۷۸۶

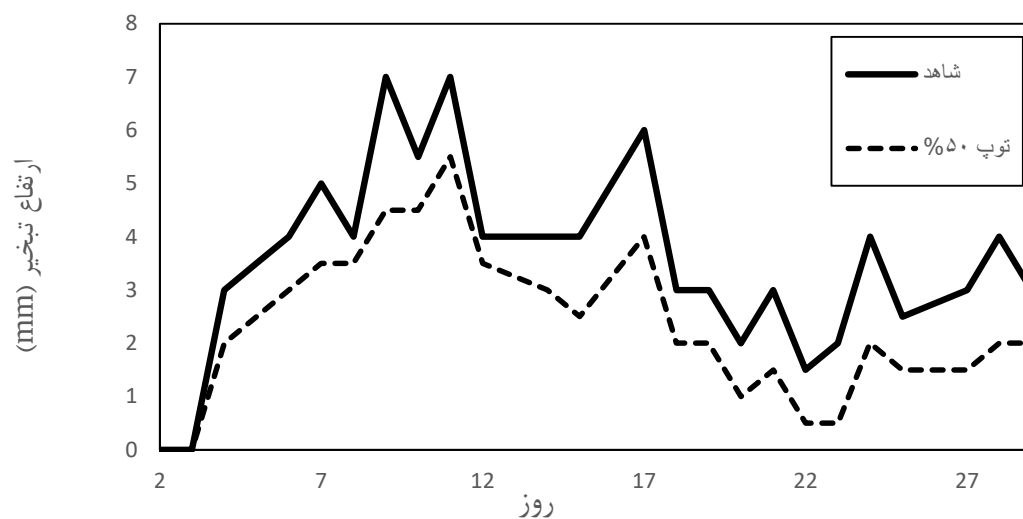
با توجه به جداول بالا، چون سطح معناداری بیش از ۱ درصد است، بین فراوانی مشاهداتی هر نمونه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد بنابراین توزیع جامعه نرمال است و برای مقایسه تبخیر پوشش‌ها و تشت شاهد از آزمون پارامتریک تحلیل یکطرفه استفاده می‌گردد.

۴-۳- نتایج بررسی مقادیر تبخیر پوشش‌ها و تشت شاهد

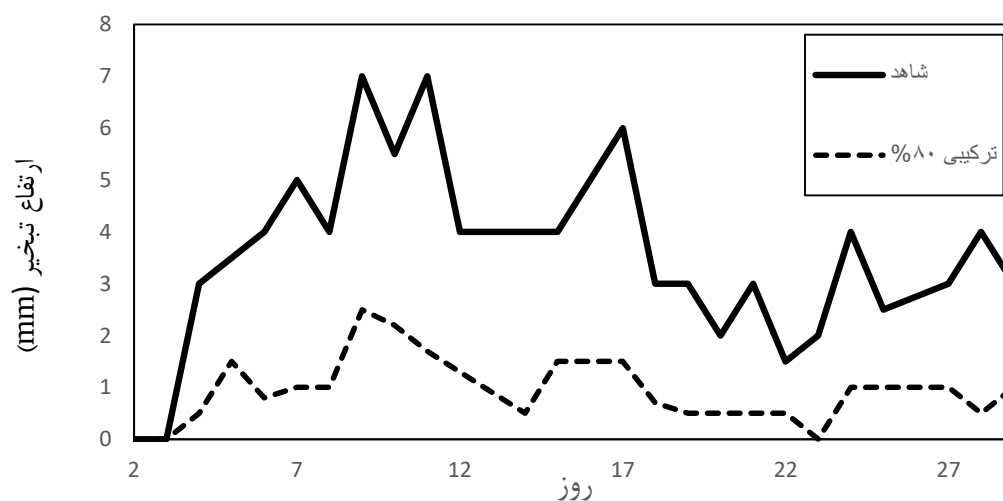
عملکرد پوشش‌ها با توجه به نمودارهای میزان تبخیر در دو ماه آذر و دی، طبق جدول (۳-۴) مشخص گردید. در شکل (۱-۴) ارتفاع تبخیر شاهد و پوشش‌ها بر حسب میلی‌متر در روزها آزمایش ارائه شده است. در جدول (۴-۴) و (۵-۴) نیز نتایج تجزیه و تحلیل تبخیر شاهد و پوشش‌ها در دو ماه آذر و دی نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، ارتفاع متوسط تبخیر تشت شاهد از همه بیشتر است که این مقدار برای ماه آذر ۳/۵۲ میلی‌متر و ماه دی برابر ۲/۳۹ میلی‌متر می‌باشد. در جدول (۴-۶) و (۷-۴) میزان تبخیر پوشش‌های مختلف در هر دو ماه آذر و دی ارائه شده است.



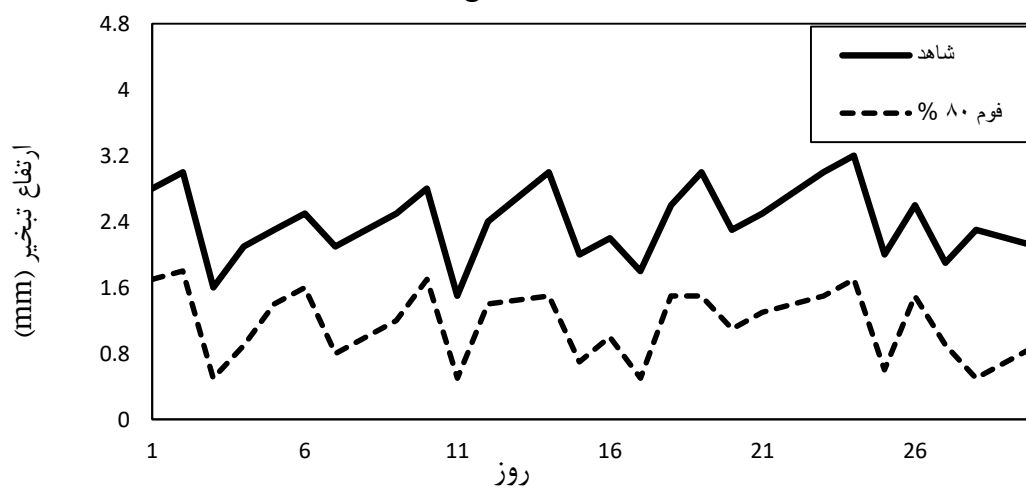
شکل (۴-۱) مقایسه به ترتیب ارتفاع تبخیر پوشش‌های فوم ۸۰٪، فوم ۵۰٪ و توپ ۸۰٪ با تشت شاهد در آذر ماه



(ت)

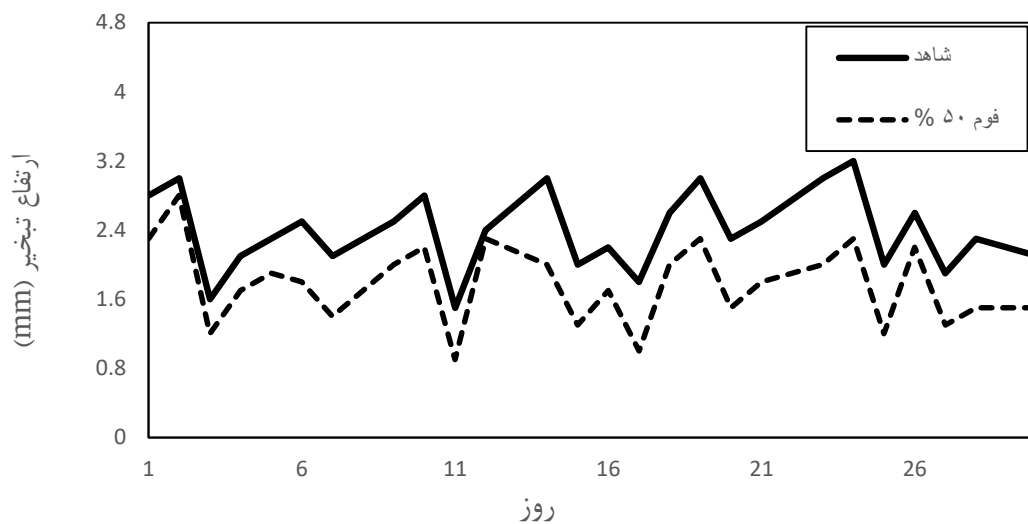


(ج)

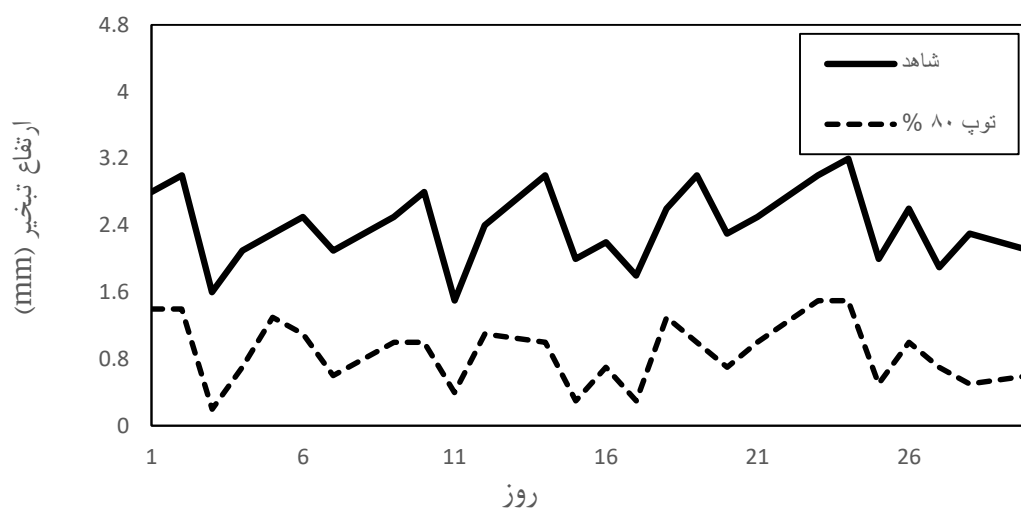


(چ)

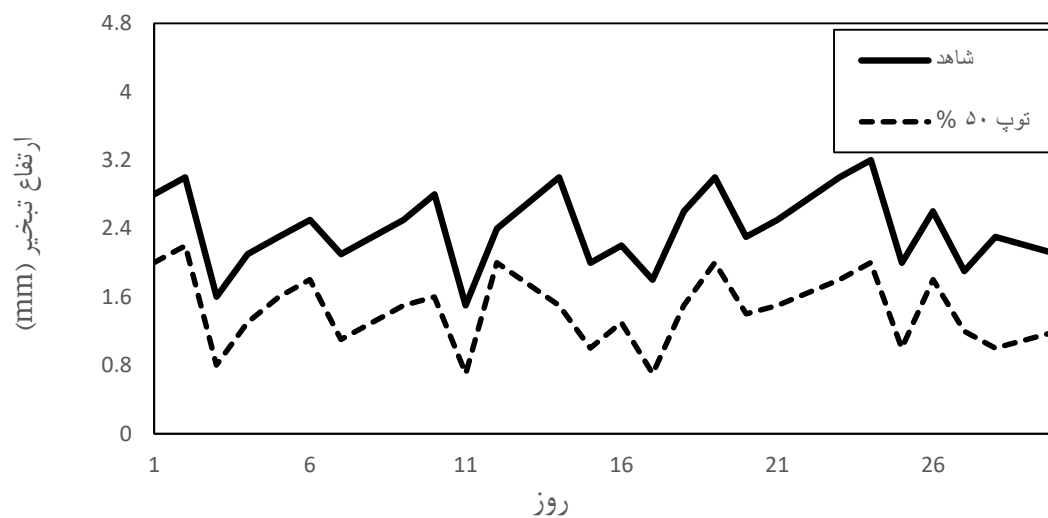
ادامه شکل (۱-۴) مقایسه ارتفاع تبخیر پوشش‌های توپ ۵۰٪ و ترکیبی ۸۰٪ با تست شاهد در آذر ماه و فوم ۸۰٪ با تست شاهد در دی ماه



(ه)

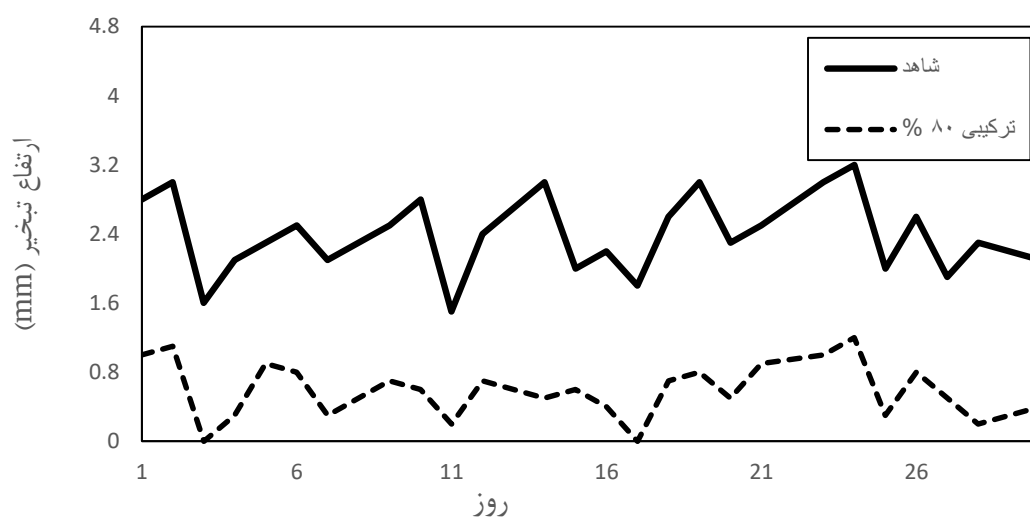


(خ)



(د)

ادامه شکل (۱-۴) مقایسه به ترتیب ارتفاع تبخیر پوشش‌های فوم ۵۰٪، توپ ۸۰٪ و توپ ۵۰٪ با تشت شاهد در دی ماه



ادامه شکل (۱-۴) مقایسه ارتفاع تبخیر پوشش ترکیبی ۸۰٪ با تشت شاهد در دی ماه

جدول (۳-۴) رتبه بندی پوشش‌ها در میزان کاهش تبخیر

رتبه	نوع پوشش
۱	ترکیبی ۸۰٪
۲	توپ ۸۰٪
۳	فوم ۸۰٪
۴	توپ ۵۰٪
۵	فوم ۵۰٪

همچنین با توجه به جدول (۴-۴) و (۵-۴) میزان چولگی و کشیدگی ارتفاع تبخیر در هر دو ماه در بازه‌ی (۱/۹۶ تا ۱/۹۶-) قرار دارند که بیانگر نرمال بودن ارتفاع تبخیرها می‌باشد.

جدول (۴-۴) نتایج تجزیه و تحلیل ارتفاع تبخیر پوشش‌ها و تشت شاهد بر حسب میلی‌متر - آذر ماه

تبخیر شاهد	فوم ۸۰٪	فوم ۵۰٪	توپ ۸۰٪	توپ ۵۰٪	ترکیبی ۸۰٪	
۳/۵۲	۱/۵۴	۲/۵۱	۱/۴۲	۲/۳۴	۰/۹۳	میانگین
۴	۰	۲	۱	۲	۰/۵۰	مد
۳/۵۰	۱/۳۰	۲	۱	۲	۱	میانه
۱/۷۶	۱/۰۳	۱/۴۵	۱/۰۹	۱/۴۳	۰/۶۴	انحراف معیار
۳/۱	۱/۰۶	۲/۱۲	۱/۱۹	۲/۰۶	۰/۴۱	واریانس
۰/۴۳	۰/۲۲	-۰/۴۲	-۰/۵۰	-۰/۳۲	۰/۴۲	کشیدگی
۰/۰۶	۰/۶۴	۰/۱۰	۰/۷۰	۰/۲۹	۰/۷۱	چولگی
۰/۳۴	۰/۲۰	۰/۲۸	۰/۲۱	۰/۲۸	۰/۱۲	خطای استاندارد
۷	۳/۸۰	۵/۵۰	۳/۵۰	۵/۵۰	۲/۵۰	دامنه
۰	۰	۰	۰	۰	۰	کمترین
۷	۳/۸۰	۵/۵۰	۳/۵۰	۵/۵۰	۲/۵۰	بیشترین
۸۸	۳۸/۶۰	۶۲/۸۰	۳۵/۴۰	۵۸/۵۰	۲۳/۲۰	مجموع
۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	تعداد

جدول (۴-۵) نتایج تجزیه و تحلیل ارتفاع تبخیر پوشش‌ها و تشت شاهد بر حسب میلی‌متر - دی ماه

تبخیر شاهد	فوم ۸۰٪	فوم ۵۰٪	توپ ۸۰٪	توپ ۵۰٪	ترکیبی ۸۰٪	
۲/۳۹	۱/۱۶	۱/۷۷	۰/۸۸	۱/۴۴	۰/۵۹	میانگین
۳	۱/۵۰	۲	۱	۱/۵۰	۳	مد
۲/۳۵	۱/۲۵	۱/۸۰	۱	۱/۵۰	۰/۶۰	میانه
۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۳۳	انحراف معیار
۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۱۱	واریانس
-۰/۷۱	-۱/۳۹	-۰/۵۶	-۱/۰۴	-۰/۹۲	-۰/۷۴	کشیدگی
-۰/۰۴	-۰/۲۶	۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۸	-۰/۰۶	چولگی
۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	خطای استاندارد
۱/۷۰	۱/۳۰	۱/۹۰	۱/۳۰	۱/۵۰	۱/۲۰	دامنه
۱/۵۰	۰/۵۰	۰/۹۰	۰/۲۰	۰/۷۰	۰	کمترین
۳/۲۰	۱/۸۰	۲/۸۰	۱/۵۰	۲/۲۰	۱/۲۰	بیشترین
۶۲/۱	۳۰/۲	۴۶/۱۰	۲۲/۸۰	۳۷/۵۰	۱۵/۴۰	مجموع
۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	تعداد

جدول (۴-۶) میزان متوسط ارتفاع تبخیر تشت شاهد و سایر پوشش‌ها بر حسب میلی‌متر - آذر ماه

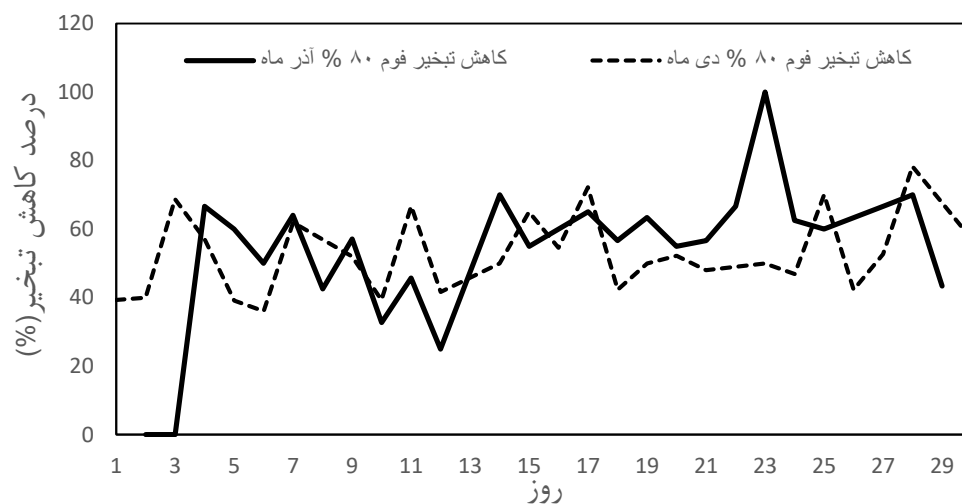
نوع تشت	میزان تبخیر (میلی‌متر)
شاهد	۳/۵۲
فوم ۵۰٪	۲/۵۱
توپ ۵۰٪	۲/۳۴
فوم ۸۰٪	۱/۵۵
توپ ۸۰٪	۱/۴۲
ترکیبی ۸۰٪	۰/۹۳

جدول (۴-۷) میزان متوسط ارتفاع تبخیر تشت شاهد و سایر پوشش‌ها بر حسب میلی‌متر - دی ماه

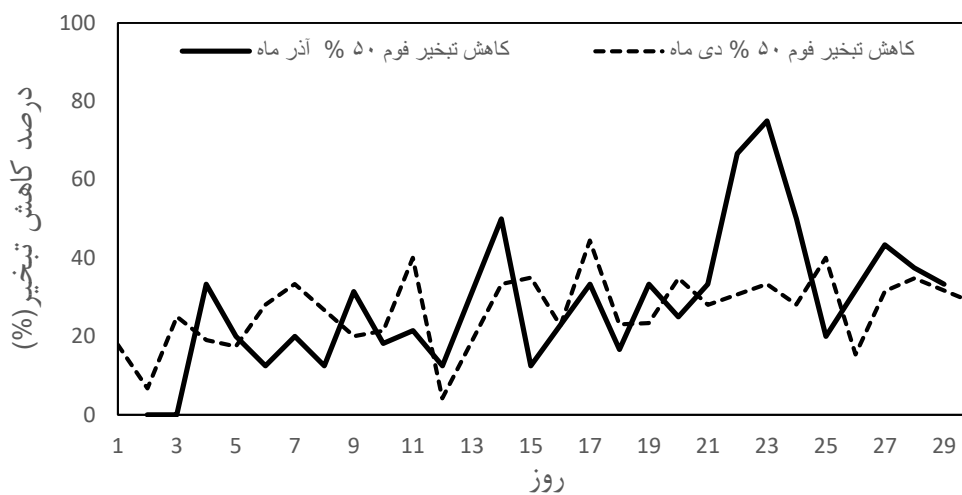
نوع تشت	میزان تبخیر (میلی‌متر)
شاهد	۲/۳۹
فوم ۸۰٪	۱/۱۶
فوم ۵۰٪	۱/۷۷
توپ ۸۰٪	۰/۸۸
توپ ۵۰٪	۱/۴۴
ترکیبی ۸۰٪	۰/۵۹

۴-۴- نتایج کاهش تبخیر پوشش‌ها نسبت به تشت شاهد

در شکل (۴-۲) درصد کاهش تبخیر پوشش‌ها نسبت به تشت شاهد در روزهای آزمایش نشان داده شده است. با توجه به شکل‌ها بیشترین کاهش تبخیر ترتیب مربوط به پوشش ترکیبی ۸۰٪، توپ ۸۰٪، فوم ۸۰٪، توپ ۵۰٪ و فوم ۵۰٪ می‌باشد.



(الف)

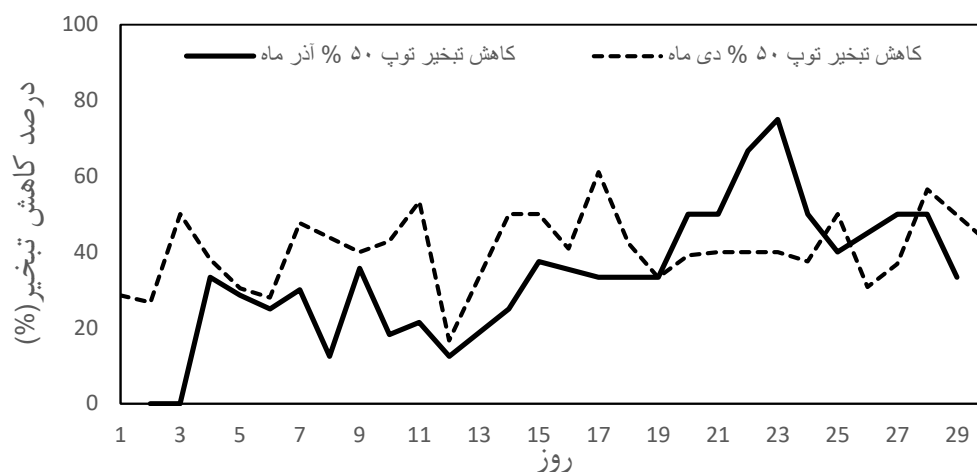


(ب)

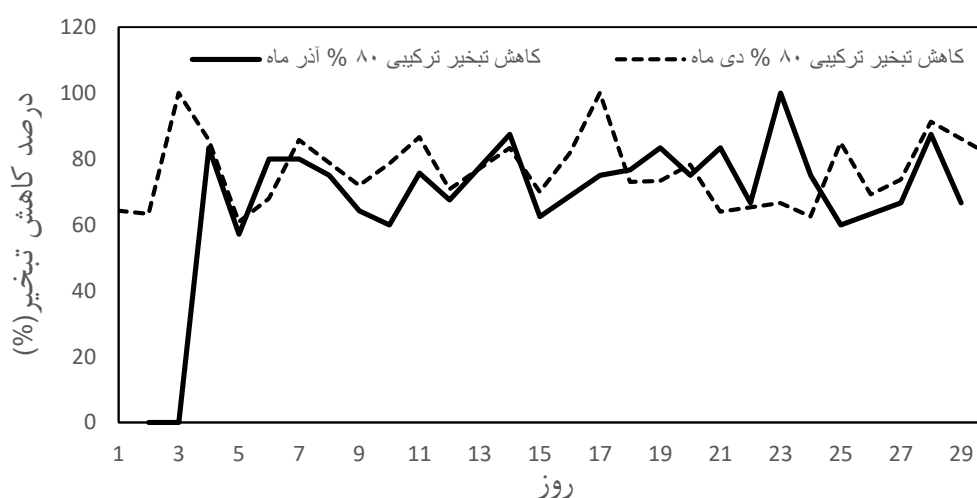


(ج)

شکل (۲-۴) نمودار درصد کاهش تبخیر. (الف) فوم ۸۰٪، (ب) فوم ۵۰٪ و (ج) توپ ۸۰٪.



(د)



(ه)

ادامه شکل (۲-۴) نمودار درصد کاهش تبخیر. پوشش توپ ۵۰٪ و (ه) پوشش ترکیبی ۸۰٪.

۴-۴-۱ نتایج آزمون تحلیل واریانس با هدف بررسی درصد کاهش تبخیر پوشش‌ها

با هدف مقایسه میانگین درصد کاهش تبخیر پوشش‌های صفحات فوم، توپ و ترکیب توپ و فوم از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه در نرم‌افزار SPSS23 استفاده شد. جدول (۴-۸) و (۴-۹) آزمون همگنی واریانس‌های درصد کاهش تبخیر پوشش‌ها با سطح اطمینان ۹۹ بررسی شده است. این جدول مقدار سطح معنی‌داری بیش از ۱ درصد را نشان می‌دهد.

جدول (۴-۸) نتایج آزمون همگنی واریانس‌ها- آذر ماه

آزمون لون	درجه آزادی بین گروهی	درجه آزادی درون گروهی	سطح معنی‌داری (Sig)
۳/۶۱۳	۵	۱۴۴	۰/۰۰۴

جدول (۴-۹) نتایج آزمون همگنی واریانس‌ها- دی ماه

آزمون لون	درجه آزادی بین گروهی	درجه آزادی درون گروهی	سطح معنی‌داری (Sig)
۱/۱۱۵	۵	۱۵۰	۰/۳۵۵

باتوجه به جداول فوق، در آذر ماه میان درصد کاهش تبخیر پوشش‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($Sig < 0/01$) و در دی ماه میان درصد کاهش تبخیر پوشش‌ها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($Sig > 0/01$). جدول پایین (۴-۱۰) و (۴-۱۱) بیانگر معنادار بودن تفاوت میانگین درصد کاهش پوشش‌ها می‌باشد. این بدین معناست که در صورت استفاده از هر پوشش مختلف از نظر آماری درصد کاهش تبخیر متفاوتی مشاهده می‌گردد.

جدول (۴-۱۰) نتایج آزمون تحلیل برابری واریانس‌ها- آذر ماه

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری (Sig)
بین گروهی	۱۰۹/۳۸	۵	۲۱/۸۸	۱۳/۲۴	۰/۰۰
درون گروهی	۲۳۷/۹۱	۱۴۴	۱/۶۵		
کل	۳۴۷/۲۹	۱۴۹			

جدول (۴-۱۱) نتایج آزمون تحلیل برابری واریانس‌ها- دی ماه

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری (Sig)
بین گروهی	۵۴/۵۰	۵	۱۰/۹۰	۶۱/۱۳	۰/۰۰
درون گروهی	۲۶/۷۵	۱۵۰	۰/۱۸		
کل	۸۱/۲۵	۱۵۵			

بدین منظور برای ماه آذر مطابق جدول (۴-۱۲) از آزمون Dunnett C و طبق جدول (۴-۱۳) از آزمون LSD در دی ماه برای نشان دادن تفاوت دو به دو درصد کاهش تبخیر پوشش‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد استفاده گردید.

جدول (۴-۱۲) آزمون Dunnett C- آذر ماه

پوشش	سایر پوشش‌ها	تفاوت میانگین	خطا استاندارد	Sig	حد پایین	حد بالا
شاهد	فوم ۸۰٪	۱/۹۸	۰/۴۱		۰/۷۲	۳/۲۴
	فوم ۵۰٪	۱	۰/۴۶		-۰/۴۰	۲/۴۲
	توپ ۸۰٪	۲/۱۰	۰/۴۱		۰/۸۳	۳/۳۸
	توپ ۵۰٪	۱/۱۸	۰/۴۵		-۰/۲۲	۳/۵۸
	ترکیبی ۸۰٪	۲/۵۹	۰/۳۷		۱/۴۴	۳/۷۵
فوم ۸۰٪	شاهد	-۱/۹۸	۰/۴۱		-۳/۲۴	-۰/۷۲
	فوم ۵۰٪	-۰/۹۷	۰/۳۶		-۲/۰۷	۰/۱۳
	توپ ۸۰٪	۰/۱۳	۰/۳۰		-۰/۸۰	۱/۰۵
	توپ ۵۰٪	-۰/۸۰	۰/۳۵		-۱/۸۹	۰/۳۰
	ترکیبی ۸۰٪	۰/۶۲	۰/۲۴		-۰/۱۳	۱/۳۶
فوم ۵۰٪	شاهد	-۱	۰/۴۶		-۲/۴۲	۰/۴۰
	فوم ۸۰٪	۰/۹۷	۰/۳۶		-۰/۱۳	۲/۰۷
	توپ ۸۰٪	۱/۱۰	۰/۳۶		-۰/۰۳	۲/۲۲
	توپ ۵۰٪	۰/۱۷	۰/۴۱		-۱/۰۹	۱/۴۴
	ترکیبی ۸۰٪	۱/۵۸	۰/۳۲		۰/۶۰	۲/۵۷
توپ ۸۰٪	شاهد	-۲/۱۰	۰/۴۱		-۳/۳۸	-۰/۸۳
	فوم ۸۰٪	-۰/۱۳	۰/۳۰		-۱/۰۵	۰/۸۰
	فوم ۵۰٪	-۱/۱۰	۰/۳۶		-۲/۲۲	۰/۰۳
	توپ ۵۰٪	۰/۹۲	۰/۳۶		-۲/۰۴	۰/۱۹
	ترکیبی ۸۰٪	۰/۴۹	۰/۲۵		-۰/۲۹	۱/۲۷
توپ ۵۰٪	شاهد	-۱/۱۸	۰/۴۵		-۲/۵۸	۰/۲۲
	فوم ۸۰٪	۰/۸۰	۰/۳۵		-۰/۳۰	۱/۸۹
	فوم ۵۰٪	-۰/۱۷	۰/۴۱		-۱/۴۴	۱/۰۹
	توپ ۸۰٪	۰/۹۲	۰/۳۶		-۰/۱۹	۲/۰۴
	ترکیبی ۸۰٪	۱/۴۱	۰/۲۵		۰/۴۴	۲/۳۸
ترکیبی ۸۰٪	شاهد	-۲/۵۹	۰/۳۷		-۳/۷۵	-۱/۴۴
	فوم ۸۰٪	-۰/۶۲	۰/۲۴		-۱/۳۶	۰/۱۳
	فوم ۵۰٪	-۱/۵۸	۰/۳۲		-۲/۵۷	-۰/۶۰
	توپ ۸۰٪	-۰/۴۹	۰/۲۵		-۱/۲۷	۰/۲۹
	توپ ۵۰٪	-۱/۴۱	۰/۳۱		-۲/۳۸	-۰/۴۴

جدول (۴-۱۳) آزمون LSD- دی ماه

پوشش	سایر پوشش‌ها	تفاوت میانگین	خطا استاندارد	Sig	حد پایین	حد بالا
شاهد	فوم ۸۰٪	۱/۸۰	۰/۱۲	۰	۱/۵۷	۲/۰۳
	فوم ۵۰٪	۱/۲۳	۰/۱۲	۰	۱	۱/۴۶
	توپ ۸۰٪	۰/۶۲	۰/۱۲	۰	۰/۳۸	۰/۸۵
	توپ ۵۰٪	۱/۵۱	۰/۱۲	۰	۱/۲۸	۱/۷۴
	ترکیبی ۸۰٪	۰/۹۵	۰/۱۲	۰	۰/۷۲	۱/۱۸
فوم ۸۰٪	شاهد	-۱/۲۳	۰/۱۲	۰	-۱/۴۶	-۱
	فوم ۵۰٪	-۰/۶۱	۰/۱۲	۰	-۰/۸۴	-۰/۳۸
	توپ ۸۰٪	۰/۲۹	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۵۲
	توپ ۵۰٪	-۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۰۲	-۰/۵۱	-۰/۰۵
	ترکیبی ۸۰٪	۰/۵۷	۰/۱۲	۰	۰/۳۴	۰/۸۰
فوم ۵۰٪	شاهد	-۰/۶۲	۰/۱۲	۰	-۰/۸۵	-۰/۳۸
	فوم ۸۰٪	۰/۶۱	۰/۱۲	۰	۰/۳۸	۰/۸۴
	توپ ۸۰٪	۰/۹۰	۰/۱۲	۰	۰/۶۶	۱/۱۳
	توپ ۵۰٪	۰/۳۳	۰/۱۲	۰/۰۵۰	۰/۱۰	۰/۵۶
	ترکیبی ۸۰٪	۱/۱۸	۰/۱۲	۰	۰/۹۵	۱/۴۱
توپ ۸۰٪	شاهد	-۱/۵۱	۰/۱۲	۰	-۱/۷۴	-۱/۲۸
	فوم ۸۰٪	-۰/۲۹	۰/۱۲	۰/۰۲	-۰/۵۲	-۰/۰۵
	فوم ۵۰٪	-۰/۹۰	۰/۱۲	۰	-۱/۱۳	-۰/۱۰
	توپ ۵۰٪	-۰/۵۷	۰/۱۲	۰	-۰/۸۰	۰/۸۰
	ترکیبی ۸۰٪	۰/۲۹	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۵	۱/۰۸
توپ ۵۰٪	شاهد	-۰/۹۵	۰/۱۲	۰	-۱/۱۸	-۰/۷۲
	فوم ۸۰٪	۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۵۱
	فوم ۵۰٪	-۰/۳۳	۰/۱۲	۰/۰۱	-۰/۵۶	-۰/۱۰
	توپ ۸۰٪	۰/۵۷	۰/۱۲	۰	۰/۳۳	۰/۸۰
	ترکیبی ۸۰٪	۰/۸۵	۰/۱۲	۰	۰/۶۲	۱/۰۸
ترکیبی ۸۰٪	شاهد	-۱/۸۰	۰/۱۲	۰	-۲/۰۳	-۱/۵۷
	فوم ۸۰٪	-۰/۵۷	۰/۱۲	۰	-۰/۸۰	-۰/۳۴
	فوم ۵۰٪	-۱/۱۸	۰/۱۲	۰	-۱/۴۱	-۰/۹۵
	توپ ۸۰٪	-۰/۲۹	۰/۱۲	۰/۰۲	-۰/۵۲	-۰/۰۵
	توپ ۵۰٪	-۰/۸۵	۰/۱۲	۰	-۱/۰۸	-۰/۶۲

مطابق جداول (۴-۱۴) و (۴-۱۵) می‌توان پی برد که در هر دو ماه آذر و دی بیشترین درصد کاهش تبخیر به ترتیب مربوط به ترکیبی ۸۰٪، توپ ۸۰٪، فوم ۸۰٪، توپ ۵۰٪ و فوم ۵۰٪ می‌باشد.

جدول (۴-۱۴) درصد کاهش تبخیر پوشش‌های مختلف - آذر ماه

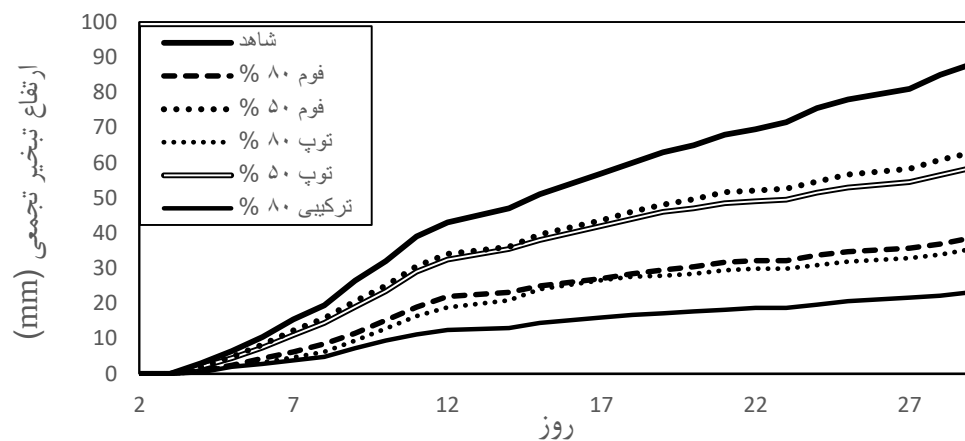
نوع پوشش	تعداد	رتبه	میانگین (%)
ترکیبی ۸۰٪	۲۵	۱	۶۸/۳۵
توپ ۸۰٪	۲۵	۲	۵۷/۵۸
فوم ۸۰٪	۲۵	۳	۵۳/۳۸
توپ ۵۰٪	۲۵	۴	۳۳/۷۹
فوم ۵۰٪	۲۵	۵	۲۸/۴۷

جدول (۴-۱۵) درصد کاهش تبخیر پوشش‌های مختلف - دی ماه

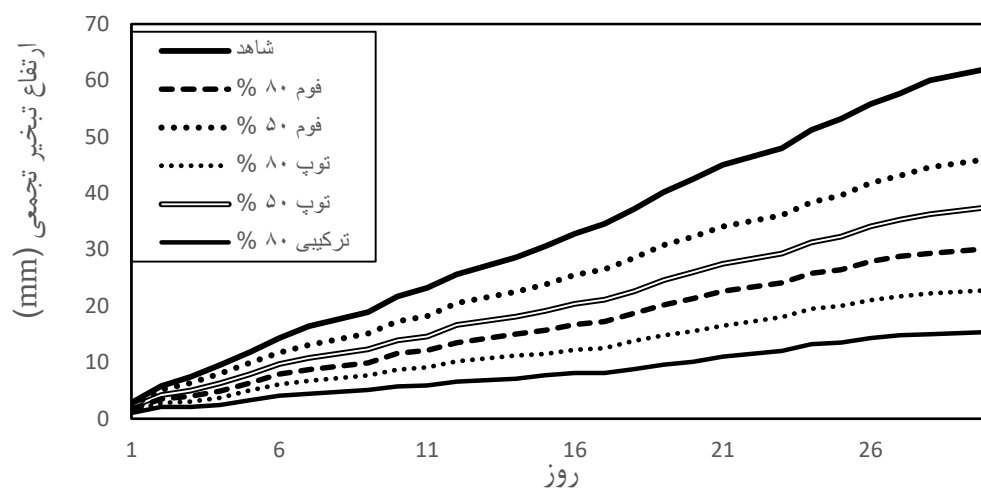
نوع پوشش	تعداد	رتبه	میانگین (%)
ترکیبی ۸۰٪	۲۶	۱	۷۶/۵۱
توپ ۸۰٪	۲۶	۲	۶۴/۷۰
فوم ۸۰٪	۲۶	۳	۵۲/۸۲
توپ ۵۰٪	۲۶	۴	۴۰/۵۲
فوم ۵۰٪	۲۶	۵	۲۶/۵۱

۴-۵- تبخیر تجمعی پوشش‌ها

مطابق شکل (۴-۳) و (۴-۴) میزان تبخیر تجمعی پوشش‌های مختلف و تشت شاهد برحسب میلی‌متر آورده شده است. در هر دو ماه آذر و دی تبخیر تجمعی شاهد بالاترین خط نمودار می‌باشد یعنی بیشترین میزان تبخیر را دارد و تشت حاوی پوشش ترکیبی ۸۰٪ پایین‌ترین خط نمودار می‌باشد که بیانگر کمترین میزان تبخیر در بین پوشش‌های مختلف است. همچنین مطابق جدول (۴-۱۶) و (۴-۱۷) حجم آب تلف شده و حجم آب ذخیره شده در هر پوشش و تشت شاهد در طول پژوهش بیان شده است که مطابق جدول بیشترین حجم آب تبخیر شده بین پوشش‌های مصرفی مربوط به تشت حاوی فوم ۵۰٪ که در ماه آذر ۲/۱۳ مترمکعب و در دی ماه برابر ۱/۵۰ مترمکعب می‌باشد.



شکل (۳-۴) تبخیر تجمعی پوشش‌ها و تشت شاهد- آذر ماه



شکل (۴-۴) تبخیر تجمعی پوشش‌ها و تشت شاهد- دی ماه

جدول (۱۶-۴) تبخیر تجمعی پوشش‌ها و تشت شاهد- آذر ماه

نوع پوشش	ارتفاع آب تبخیر شده (mm)	حجم آب تبخیر شده (m ³)	ذخیره آب (m ³)	نسبت تبخیر پوشش‌ها به تبخیر شاهد
تشت شاهد	۸۸	۰/۰۷۵	...	...
فوم ۸۰٪	۳۸/۶۰	۰/۰۳۳	۰/۰۴۲	۰/۴۴
فوم ۵۰٪	۶۲/۸۰	۰/۰۵۳	۰/۰۲۲	۰/۷۱
توپ ۸۰٪	۳۵/۴۰	۰/۰۳۰	۰/۰۴۵	۰/۴۰
توپ ۵۰٪	۵۸/۵۰	۰/۰۵۰	۰/۰۲۵	۰/۶۷
ترکیبی ۸۰٪	۲۳/۲۰	۰/۰۲۰	۰/۰۵۵	۰/۲۷

جدول (۴-۱۷) تبخیر تجمعی پوشش‌ها و تشت شاهد- دی ماه

نوع پوشش	ارتفاع آب تبخیر شده (mm)	حجم آب تبخیر شده (m ³)	ذخیره آب (m ³)	نسبت تبخیر پوشش‌ها به تبخیر شاهد
تشت شاهد	۶۲/۱۰۰	۰/۰۵۳	...	...
فوم ۸۰٪	۳۰/۲۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۷	۰/۴۹
فوم ۵۰٪	۴۶/۱۰	۰/۰۳۹	۰/۰۱۴	۰/۷۴
توپ ۸۰٪	۲۲/۸۰	۰/۰۱۹	۰/۰۳۴	۰/۳۶
توپ ۵۰٪	۳۷/۵۰	۰/۰۳۲	۰/۰۲۱	۰/۶۰
ترکیبی ۸۰٪	۱۵/۴۰	۰/۰۱۳	۰/۰۴۰	۰/۲۵

۴-۵-۱- آزمون همبستگی پیرسون و سطح معنی‌داری

از آزمون همبستگی پیرسون جهت ارتباط تبخیر بین تشت‌های شاهد پوشش‌ها با داده‌های هواشناسی که شامل درجه حرارت متوسط (درجه سلسیوس)، رطوبت نسبی متوسط (درصد)، ساعات آفتابی، سرعت باد (متر بر ساعت) و فشار (پاسکال) می‌باشد استفاده می‌گردد. جداول (۴-۱۸) و (۴-۱۹) همبستگی و معنی‌داری تبخیر و داده‌های ایستگاه را در سطح ۹۵ درصد نشان می‌دهد.

جدول (۴-۱۸) انحراف معیار و میانگین پارامترهای موثر هواشناسی بر میزان تبخیر- آذر ماه

	درجه حرارت متوسط	رطوبت نسبی متوسط	فشار	سرعت باد	ساعات آفتابی
تعداد	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
میانگین	۷/۲۶	۶۳/۶۷	۸۹۲/۵۳	۳/۱۶	۴/۷۴
انحراف معیار	۲/۱۵	۱۴/۸۶	۳/۲۴	۰/۸۵	۳/۰۳

جدول (۴-۱۹) انحراف معیار و میانگین پارامترهای موثر هواشناسی بر میزان تبخیر- دی ماه

	درجه حرارت متوسط	رطوبت نسبی متوسط	فشار	سرعت باد	ساعات آفتابی
تعداد	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶
میانگین	۵/۵۲	۵۷/۴۴	۸۹۰/۳۸	۳/۹۶	۶/۴۲
انحراف معیار	۱/۷۲	۹/۴۴	۳/۶۹	۱/۴۰	۲/۵۴

۴-۵-۲- بررسی تبخیر تحت شاهد با پارامترهای موثر هواشناسی

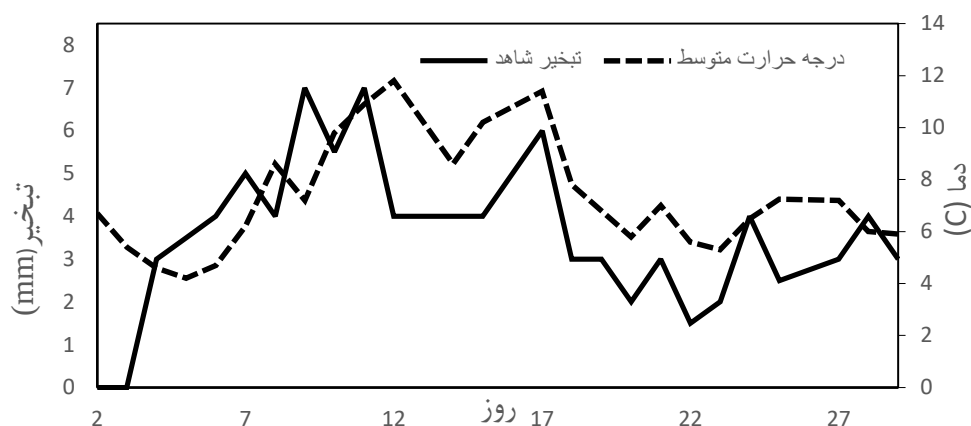
در جدول (۴-۲۰) و (۴-۲۱) به بررسی همبستگی تحت شاهد با پارامترهای هواشناسی در ماه آذر و دی پرداخته شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در ماه آذر تبخیر تحت شاهد با درجه حرارت متوسط رابطه مستقیم دارد و در دی ماه با هیچ کدام از پارامترهای هواشناسی رابطه خاصی ندارد. در شکل‌های (۴-۵) تا شکل (۴-۱۴) به مقایسه تغییرات داده‌های هواشناسی سمنان که شامل درجه حرارت متوسط، رطوبت نسبی متوسط، فشار، سرعت باد و تعداد ساعات آفتابی در طول دوره پژوهش و میزان تبخیر تحت شاهد بر حسب میلی‌متر پرداخته شده است.

جدول (۴-۲۰) بررسی همبستگی تحت شاهد با پارامترهای هواشناسی - آذر ماه

تبخیر تحت شاهد	درجه حرارت متوسط	رطوبت نسبی متوسط	سرعت باد	تعداد ساعات آفتابی	فشار
همبستگی پیرسون	۰/۵۳۱	-۰/۱۸۲	-۰/۰۳۰	۰/۱۴۲	-۰/۲۵۸
Sig	۰/۰۰۶	۰/۳۸۴	۰/۸۸۶	۰/۴۹۹	۰/۲۱۳
تعداد	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵

جدول (۴-۲۱) بررسی همبستگی تحت شاهد با پارامترهای هواشناسی - دی ماه

تبخیر تحت شاهد	درجه حرارت متوسط	رطوبت نسبی متوسط	سرعت باد	تعداد ساعات آفتابی	فشار
همبستگی پیرسون	۰/۰۲۲	-۰/۲۴۰	۰/۱۲۴	-۰/۰۳۹	۰/۷۴۹
Sig	۰/۹۱۳	۰/۲۳۷	۰/۵۴۵	۰/۸۵۱	۰/۰۶۶
تعداد	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶



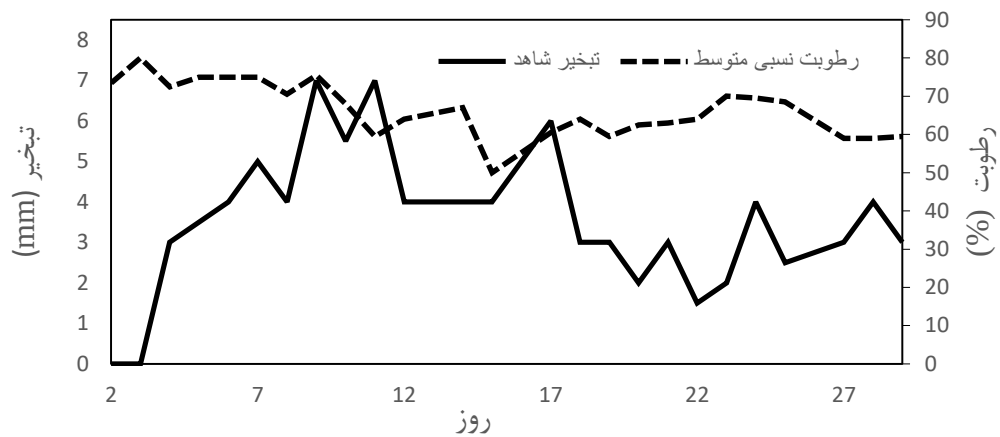
شکل (۴-۵) مقایسه تبخیر شاهد با درجه حرارت متوسط - آذر ماه



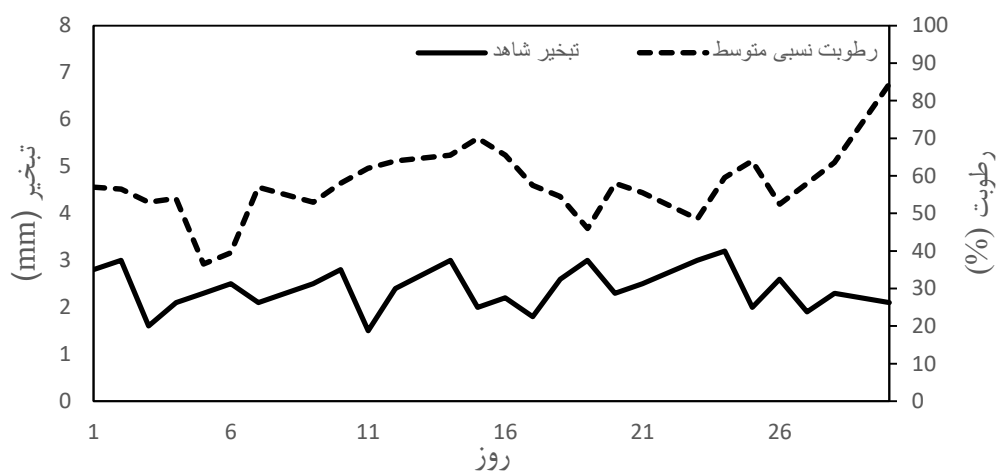
شکل (۴-۶) مقایسه تبخیر شاهد با درجه حرارت متوسط - دی ماه متوسط - دی ماه

شکل‌های (۴-۵) و (۴-۶) مقایسه تبخیر شاهد با درجه حرارت متوسط در طول دوره آزمایش را نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۴-۵) با افزایش دما میزان تبخیر نیز افزایش می‌یابد ولی در شکل (۴-۶) که مربوط به ماه دی می‌باشد، در بعضی روزهای آزمایش با افزایش میزان درجه حرارت متوسط افزایش تبخیر و در برخی روزها با افزایش میزان درجه حرارت شاهد کاهش تبخیر هستیم. بنابراین در دی ماه بین درجه حرارت متوسط و تبخیر تشت شاهد رابطه خاصی مشهود نمی‌باشد.

شکل‌های (۴-۷) و (۴-۸) مربوط به مقایسه تبخیر تشت شاهد با رطوبت نسبی متوسط در دو ماه آذر و دی می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود بین تبخیر شاهد و رطوبت متوسط در ماه آذر و دی رابطه خاصی برقرار نمی‌باشد بطوری که با افزایش میزان رطوبت، در بعضی روزها افزایش میزان تبخیر و در بعضی روزها دیگر کاهش تبخیر قابل روئت است.



شکل (۷-۴) مقایسه تبخیر شاهد با رطوبت نسبی متوسط - آذر ماه

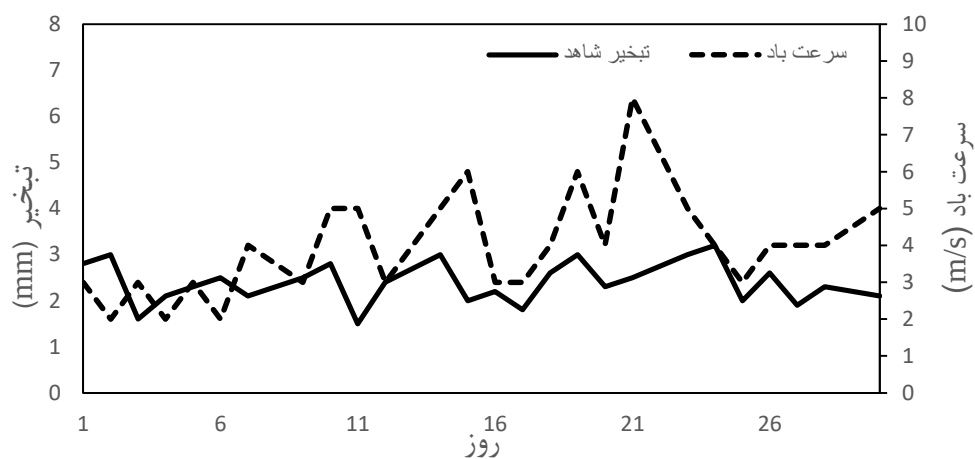


شکل (۸-۴) مقایسه تبخیر شاهد با رطوبت نسبی متوسط - دی ماه

در شکل‌های (۹-۴) و (۱۰-۴) به مقایسه تبخیر تحت شاهد با سرعت باد در دو ماه آذر و دی پرداخته شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد بین سرعت باد و تبخیر تحت شاهد ارتباط خاصی مشهود نمی‌باشد یعنی در بعضی روزها با افزایش سرعت باد میزان تبخیر افزایش داشته و در بعضی روزهای دیگر با افزایش میزان تبخیر کاهش تبخیر را مشاهده می‌کنیم.

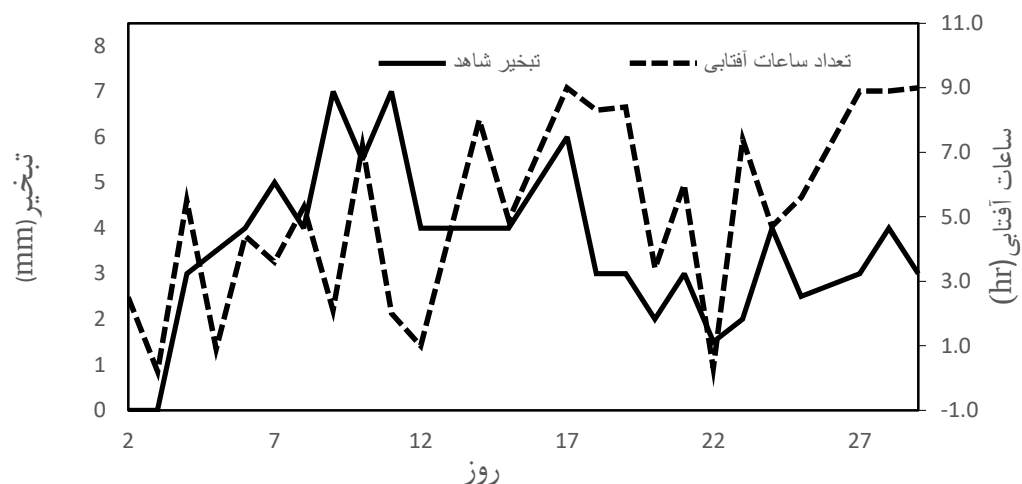


شکل (۴-۹) مقایسه تبخیر شاهد با سرعت باد - آذر ماه

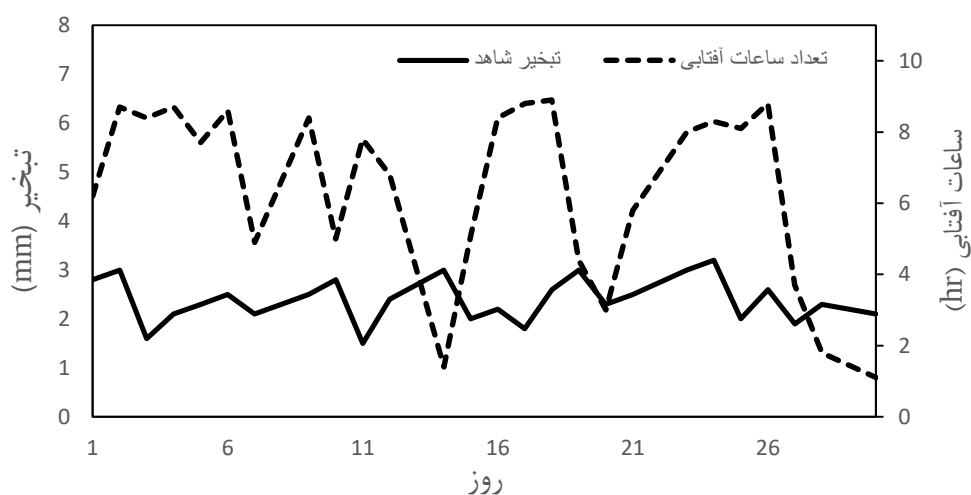


شکل (۴-۱۰) مقایسه تبخیر شاهد با سرعت باد - دی ماه

با توجه به شکل‌های (۴-۱۱) و (۴-۱۲) که مربوط به مقایسه میزان تبخیر تحت شاهد با تعداد ساعات آفتابی در دو ماه آذر و دی می‌باشد، می‌توان پی برد رابطه خاصی بین تبخیر شاهد و تعداد ساعات آفتابی در هیچ کدام از دو ماه برقرار نیست.

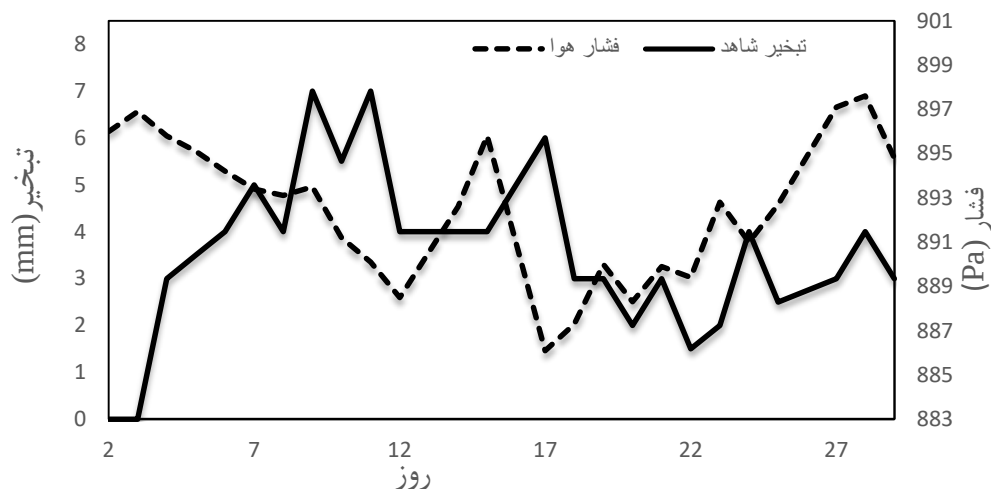


شکل (۴-۱۱) مقایسه تبخیر شاهد با تعداد ساعات آفتابی - آذر ماه



شکل (۴-۱۲) مقایسه تبخیر شاهد با تعداد ساعات آفتابی - دی ماه

شکل‌های (۴-۱۳) و (۴-۱۴) مربوط به مقایسه تبخیر شاهد با فشار هوا در دو ماه آذر و دی می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود در ماه آذر و دی رابطه خاصی بین تبخیر شاهد و میزان تغییرات فشار برقرار نمی‌باشد.



شکل (۴-۱۳) مقایسه تبخیر شاهد با فشار - آذر ماه

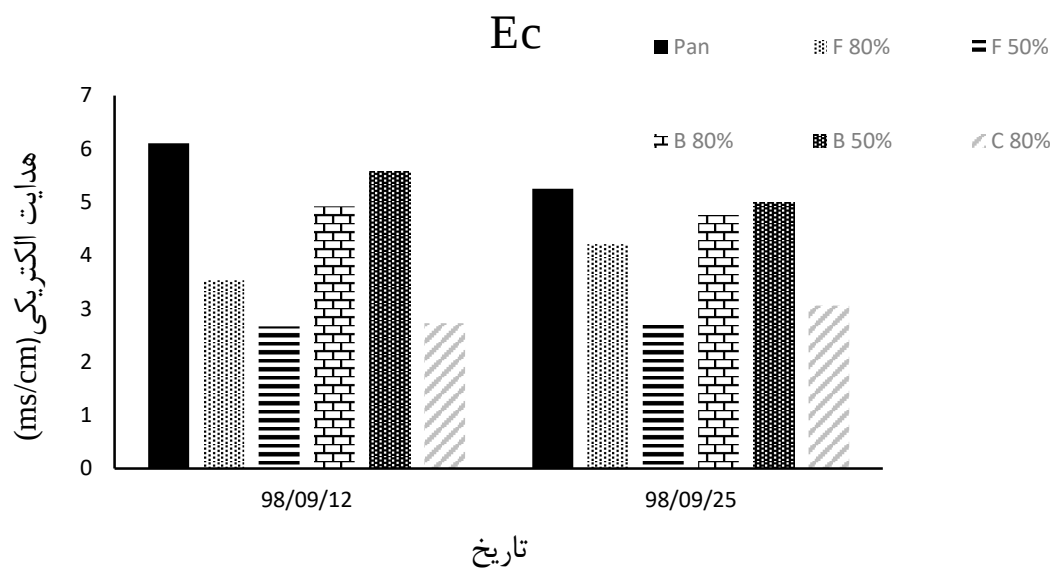


شکل (۴-۱۴) مقایسه تبخیر شاهد با فشار - دی ماه

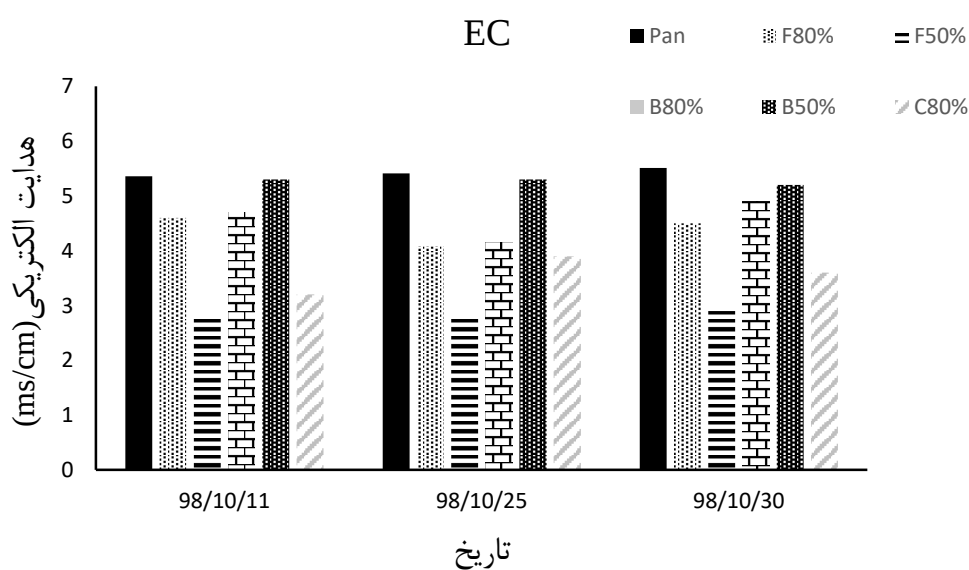
۴-۶- تاثیر پوشش‌ها بر کیفیت آب تشت‌ها

شوری آب یا میزان املاح آب با پارامتر هدایت الکتریکی (Electrical Conductivity) EC ارزیابی می‌شود. با تبخیر هر چه بیشتر آب انتظار می‌رود املاح یونی آب (مجموع آنیون‌ها و کاتیون‌های موجود در آب) غلیظ شده و در نتیجه شوری یا هدایت الکتریکی افزایش یابد. با توجه به اینکه پس از چندین بار سنجش pH، تغییر محسوسی در این پارامتر کیفی مشاهده نشد لذا از سنجش بیشتر آن صرف نظر گردید و فقط پارامتر هدایت الکتریکی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در آذر ماه نمونه آب تشت‌ها هر ۱۴ روز یک بار برداشت شده و بعد از برداشت بلافاصله میزان املاح محلول در آب را با استفاده از دستگاه

EC سنج اندازه گیری می‌شود. در دی ماه نیز هر ۱۰ روز یکبار نمونه‌ها برداشت و اندازه گیری هدایت الکتریکی انجام شده است. نمودارهای (۴-۱۵) و (۴-۱۶) میزان هدایت الکتریکی نمونه های مختلف آب را در دو ماه آذر و دی نشان می‌دهند.



شکل (۴-۱۵) میزان هدایت الکتریکی تشت‌ها- آذر ماه



شکل (۴-۱۶) میزان هدایت الکتریکی تشت‌ها- دی ماه

هرچه میزان املاح کمتر باشد یعنی میزان هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده کمتر باشد، کیفیت آب بالاترست که طبق شکل‌های بالا رتبه بندی تشت‌ها براساس کیفیت آب بصورت جداول زیر برای دو ماه آذر و دی می‌باشد.

جدول (۴-۲۲) رتبه بندی تشت‌ها براساس هدایت الکتریکی (میلی زیمنس بر سانتیمتر) آب- آذر ماه

رتبه	تشت	میانگین هدایت الکتریکی
۱	F50%	۲/۶۹
۲	C80%	۲/۹۰
۳	F80%	۳/۸۷
۴	B80%	۴/۸۴
۵	B50%	۵/۲۹
۶	pan	۵/۶۸

جدول (۴-۲۳) رتبه بندی تشت‌ها براساس هدایت الکتریکی (میلی زیمنس بر سانتیمتر) آب- دی ماه

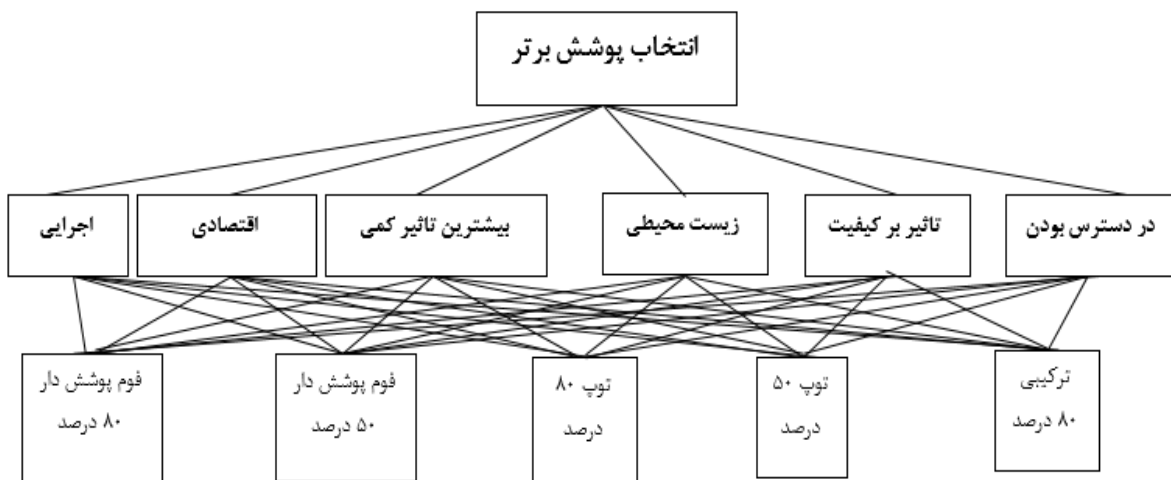
رتبه	تشت	میانگین هدایت الکتریکی
۱	F50%	۲/۸۳
۲	C80%	۳/۵۷
۳	F80%	۴/۳۹
۴	B80%	۴/۵۸
۵	B50%	۵/۲۷
۶	pan	۵/۴۳

۴-۷- انتخاب پوشش برتر با استفاده از AHP

برای انتخاب بهترین پوشش از تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده گردید. واژه AHP مخفف عبارت Analytical Hierarchy process به معنی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است. مهم‌ترین مرحله انجام AHP انتخاب معیارهای متناسب با تحقیق است که برای این منظور معیارهای زیر در نظر گرفته شده است. برای انجام AHP از نرم افزار Expert Choice¹¹ استفاده گردید.

- اجرایی
- اقتصادی
- بیشترین تاثیر کمی
- زیست محیطی
- تاثیر بر کیفیت
- در دسترس بودن

علت سلسله مراتبی خواندن این روش آن است که ابتدا باید از اهداف و راهبردهای سازمان در راس هرم آغاز کرد و با گسترش آنها معیارها را شناسایی کرد تا به پایین هرم برسیم. ساختار AHP این تحقیق بصورت زیر می باشد.



شکل (۴-۱۷) ساختار AHP انتخاب پوشش برتر

با نظرسنجی از ۱۵ فرد خبره و متخصص در این زمینه، وزن دهی معیارها مشخص شد. نمونه ای از جدول AHP را در زیر مشاهده می کنیم که قطر اصلی این جدول ۱ می باشد و اعداد درون جدول متقارن می باشد.

AHP/نظرخواهی جدول (۴-۲۴)

در دسترس بودن	تاثیر بر کیفیت	زیست محیطی	بیشترین تاثیر کمی	اقتصادی	اجرایی	
					۱	اجرایی
				۱		اقتصادی
			۱			بیشترین تاثیر کمی
		۱				زیست محیطی
	۱					تاثیر بر کیفیت
۱						در دسترس بودن

اعداد درون جدول فوق بر اساس اولویت معیارها نسبت به هم، متناسب با جدول زیر تکمیل می گردد.

جدول (۴-۲۵) نسبت معیارها به هم

مقدار	واژه های غربالی	توصیف
۱	اهمیت مساوی	دو عنصر با توجه به سطح بالاتر دارای اهمیت برابر هستند.
۳	اهمیت نسبتا بیشتر	با توجه به تجربیات هنگام مقایسه عناصر ارزش نسبتا بیشتری به یک عنصر داده می شود.
۵	اهمیت بیشتر	با توجه به تجربیات هنگام مقایسه عناصر ارزش زیادی به یک عنصر داده می شود.
۷	خیلی مهم تر	در عمل برتری یک عنصر ثابت شده است
۹	بسیار مهم تر	در میان عناصر بالاتری درجه به یک عنصر خاص داده می شود
۲,۸,۴,۶		مقادیر میانه

طبق جدول (۴-۲۶) وزن نهایی معیارها و وزن نهایی گزینه ها براساس جدول (۴-۲۷) مشخص شد.

جدول (۴-۲۶) وزن دهی معیارها

معیارها	وزن ها
اجرایی	۰/۰۳۳
اقتصادی	۰/۱۱۱
بیشترین تاثیر کمی	۰/۲۶۰
زیست محیطی	۰/۱۰۹
تاثیر بر کیفیت	۰/۳۷۳
در دسترس بودن	۰/۱۱۵

جدول (۴-۲۷) وزن نهایی گزینه‌ها

رتبه	پوشش	وزن نهایی
۱	ترکیبی ۸۰٪	۰/۳۲۸
۲	فوم ۵۰٪	۰/۳۰۳
۳	فوم ۸۰٪	۰/۱۵۴
۴	توپ ۸۰٪	۰/۱۲۲
۵	توپ ۵۰٪	۰/۰۹۳

فصل پنجم:

جمع بندی و پیشنهادات

در این پایان‌نامه، به بررسی تاثیر پوشش‌های صفحات فوم فشرده به ضخامت ۲۰ میلی‌متر، توپ پلاستیکی آبی رنگ و ترکیبی از این دو با نسبت یکسان بر میزان تبخیر تشت استاندارد کلرادو، تفاوت هر پوشش نسبت به پوشش دیگر پرداخته شد همچنین به بررسی پارامترهای موثر هواشناسی از جمله درجه حرارت متوسط، رطوبت نسبی متوسط، سرعت باد، تعداد ساعات آفتابی در طول روز و فشار هوا بر میزان تبخیر تشت شاهد و سایر تشت‌ها پرداخته شد. در این پژوهش تاثیر تبخیر بر میزان کیفیت آب نیز بررسی گردید و در آخر با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی پوشش برتر انتخاب شد.

۵-۱- نتیجه گیری

نتایج این پژوهش که مربوط به بررسی تعدادی از پوشش‌های فیزیکی در کاهش تبخیر آب از مخازن آب می‌باشد به شرح زیر است:

- به طور کلی تمام پوشش‌های بکار برده شده ارتفاع تبخیر را کاهش داد. پوشش‌های بکاربرده به ترتیب اولویت پوشش ترکیبی ۸۰٪، پوشش توپ ۸۰٪، پوشش فوم ۸۰٪، پوشش توپ ۵۰٪ و پوشش ۵۰٪ فوم در کاهش تبخیر موثر می‌باشد.

- تشت‌های پوشش‌دار دارای توپ در ابعاد وسیع هزینه بالایی دارند و قابلیت اجرا ندارند و همچنین در مقابل نور آفتاب بعد از مدتی پوسیده می‌شوند و مقرون به صرفه در ابعادی با حجم زیاد نمی‌باشد و پوشش‌های فوم پوشیده با دوغاب سیمانی بدلیل لایه محافظ دوغاب سیمانی عمر و دوام بالایی دارند و هزینه پایین‌تری را نیز دارند.

- از نظر تاثیر بر کیفیت آب به ترتیب فوم ۵۰٪ و بعد از آن به ترتیب ترکیبی ۸۰٪، فوم ۸۰٪، توپ ۸۰٪ و توپ ۵۰٪ می‌باشد.

- از نظر اقتصادی به ترتیب پوشش‌های فوم و ترکیبی و توپ پلاستیکی مقرون به صرفه می‌باشند.

- در هیچ کدام از تشت‌های حاوی پوشش تبخیر جلبک مشاهده نشد.

• از نظر تحلیل سلسله مراتبی بهترین پوشش به ترتیب فوم ۵۰٪، ترکیبی ۸۰٪، فوم ۸۰٪، توپ ۸۰٪ و توپ ۵۰٪ در هر دو ماه آذر و دی می‌باشد.

• داده هواشناسی درجه حرارت متوسط در ماه آذر با تشت‌های شاهد و فوم و توپ و ترکیبی دارای رابطه همبستگی معنادار مثبت و داده هواشناسی رطوبت نسبی متوسط در دی ماه فقط با تشت حاوی توپ ۸۰٪ دارای رابطه همبستگی معنادار منفی می‌باشد.

• از نظر میزان حجم آب تبخیر شده در آذر ماه، پوشش فوم ۸۰٪، فوم ۵۰٪، توپ ۸۰٪، توپ ۵۰٪، ترکیبی ۸۰٪ و تشت شاهد به ترتیب برابر ۰/۰۳۳، ۰/۰۵۳، ۰/۰۳۰، ۰/۰۵۰، ۰/۰۲۰ و ۰/۰۷۵ مترمکعب می‌باشد و این مقادیر در دی ماه برابر ۰/۰۲۶، ۰/۰۳۹، ۰/۰۱۹، ۰/۰۳۲، ۰/۰۱۳ و ۰/۰۵۳ مترمکعب می‌باشد.

• بهترین پوشش از نظر کارایی جهت کاهش تبخیر در ماه آذر و دی به ترتیب، روش ترکیبی ۸۰٪ به میزان ۶۸/۳۵٪ و ۷۶/۵۱٪ کاهش نسبت به تشت شاهد و کمترین کارایی نیز مربوط به پوشش فوم ۵۰٪ به میزان ۲۸/۴۷٪ و ۲۶/۵۱٪ کاهش نسبت به تشت تبخیر شاهد می‌باشد.

• میانگین ارتفاع تبخیر پوشش ترکیبی ۸۰٪ در طول ماه‌های آذر و دی از تشت‌های شاهد، فوم ۸۰٪، فوم ۵۰٪، توپ ۸۰٪ و توپ ۵۰٪ کمتر بوده که این میزان در آذر ماه برابر ۰/۹۳ میلی‌متر و در دی ماه برابر ۰/۵۹ میلی‌متر می‌باشد و در حالی که میزان ارتفاع تبخیر تشت شاهد در این دو ماه از سایر تشت‌ها بیشتر بوده و به ترتیب برابر ۳/۵۲ و ۲/۳۹ میلی‌متر می‌باشد.

۵-۲- پیشنهادات

- بررسی دراز مدت تاثیر پوشش‌ها
- بررسی پوشش‌های شیمیایی مختلف
- ترکیب پوشش‌هایی شیمیایی و فیزیکی
- بررسی تاثیر توپ‌های پلاستیکی با رنگ‌ها و سازه‌های مختلف

مراجع

- سید اشرف ا. و اختری ع. ا. (۱۳۹۲) "بررسی راهکارهای کاهش تبخیر سطحی آب در تالاب‌ها" نشریه منابع آب و توسعه، شماره ۱، دوره ۲: ص ۶۸-۷۴.
- احسانی، م. و خالدی، ه. (۱۳۸۱) "شناخت و ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی به منظوری تامین امنیت آبی و غذایی کشور" یازدهمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی.
- احمدزاده قره‌گویز ک.، میرلطفی س. م. و محمدی ک. (۱۳۸۹) "مقایسه سیستم‌های هوش مصنوعی ANN و ANFIS در تخمین میزان تبخیر- تعرق گیاه مرجع در مناطق بسیار خشک ایران" نشریه آب و خاک، شماره ۲۴، دوره ۴: ص ۶۷۹-۶۸۹.
- افخمی ح.، ملکی نژاد ح. و اسماعیل‌زاده ع. (۱۳۹۵) "تاثیر توپ‌های شناور بر کاهش میزان تبخیر از منابع روباز (مطالعه موردی: سد رسوب‌گیر معدن مس سرچشمه)" دوفصلنامه علمی-پژوهشی خشک‌بوم، شماره ۸، جلد ۱.
- افخمی ح.، ملکی نژاد ح.، اسماعیل‌زاده ع. و غریبی خ. ک. (۱۳۹۶) "طراحی پوشش شناور یونورینگ با استفاده از لاستیک‌های فرسوده جهت کاهش تبخیر از منابع روباز" تحقیقات منابع آب، شماره ۱۳، جلد ۳: ص ۲۱۴-۲۱۹.
- افشار، ع. (۱۳۶۶) "هیدرولوژی مهندسی"، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- اقوامی‌پناه م. (۱۳۹۷)، پایان‌نامه ارشد: "مطالعه میدانی روش‌های فیزیکی کاهش تبخیر از مخازن کوچک آب"، دانشکده عمران، دانشگاه سمنان.
- باقریان اردبیلیان، پ. (۱۳۸۷) "بررسی روش‌های کاهش تبخیر از منابع و مخازن آب با نگاهی به وضعیت تبخیر در آب‌های سطحی استان آذربایجان شرقی" سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه تبریز.
- پیری م. (۱۳۸۹)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد: "کنترل اتلاف تبخیر از ذخایر آبی (مطالعه موردی: استان گلستان)"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- پیری م.، حسام م.، دهقانی ا. ا.، مفتاح‌هلقی م. و غزلی ع. ا. (۱۳۸۸) "بررسی تاثیر استفاده از الکل‌های سنگین بر کاهش تبخیر از سطح مخازن آب" مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۱۶، جلد ۲: ص ۲۸۴-۲۹۳.
- خاشعی سیوکی ع. و باربد م. (۱۳۹۴) "بررسی تاثیر پوشش‌های مختلف سطح خاک در کاهش میزان تبخیر" مجله محیط زیست و مهندسی آب، شماره ۱، جلد ۱: ص ۱۱۱-۱۲۲.
- رحیم‌پور، ا.، بشارت، س. و رضایی، ح. (۱۳۸۷) "استفاده از GIS در برآورد تبخیر و تعرق به روش پرایسلی- تیلور در حوضه نازلو چای" مجموعه مقالات سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.

- زارع مهذبیه، ح. (۱۳۹۰)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "مطالعه تجربی کاهش تبخیر سطحی آب چاه نیمه"، دانشکده مکانیک، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- سلطانی، س. و مرید، س. (۱۳۸۱) "مقایسه مدل های تفهیمی با شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی فرآیند بارش - رواناب" ششمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- شاهی دشت، ع. و عباس نژاد، ا. (۱۳۸۹) "مدیریت منابع آبی، چالش ها و راهکارها (مطالعه موردی: استان کرمان)" چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان.
- صفوی، ح. (۱۳۹۳) "هیدرولوژی مهندسی"، چاپ چهارم، انتشارات ارکان دانش، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- عابدی کوپایی ج.، مظاهری ا.، سرافرازی ر.، گرشاسبی د. و عشاقی غ. ر. (۱۳۹۴) "کاهش تبخیر از مخازن ذخیره آب مزارع به عنوان یک راهکار علمی برای حفظ منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک ایران"، نخستین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.
- علیزاده، ا. (۱۳۸۹) "اصول هیدرولوژی کاربردی"، چاپ بیست و هشتم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.
- قراری ش. و آل محمد س. ح. (۱۳۸۷) "تبخیر و روش های کنترل آن"، مجله عمران شریف، شماره ۷، ص ۴۷: ۵۳.
- قزوینیان ح. (۱۳۹۹)، پایان نامه ارشد، "بررسی میدانی تاثیر پوشش های فیزیکی مختلف بر کاهش تبخیر از سطح مخازن آب"، دانشکده عمران، دانشگاه سمنان.
- قزوینیان ح.، فرزین س.، کرمی ح. و موسوی س. ف. (۱۳۹۹) "بررسی اثر استفاده از لایه های پلی استایرن بر کاهش تبخیر مخازن ذخیره آب در مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: شهر سمنان)" مجله آب و توسعه پایدار، شماره ۷، جلد ۲: ص ۴۵-۵۷.
- کارآموز، م. و عراقی نژاد، ش. (۱۳۹۷) "هیدرولوژی پیشرفته"، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.
- کاویانپور، م.، کیانی آ. و نودری، ن. (۱۳۸۸) "کاهش میزان تبخیر منابع آب با الکل جوجوبا" هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه شیراز.
- مرادی مزرعه نو، ح. ر.، طالبی م. ص. و حسن زاده، م. (۱۳۹۲) "ارزیابی کاهش تبخیر از استخرهای ذخیره آب کشاورزی با استفاده از پوشش یونولیتی (مطالعه موردی: منطقه عقدا)" اولین همایش ملی کاربرد علوم و فناوری های نوین در کشاورزی و منبع طبیعی، میبد.

- موحد دانش، ع. (۱۳۶۶) "مقدمه‌ای بر هیدرولوژی"، انتشارات عمیدی، تبریز.
- نورانی و. و سیاح‌فر م. (۱۳۹۲) "آنالیز حساسیت داده‌های ورودی به شبکه عصبی مصنوعی به منظور برآورد مقدار تبخیر روزانه آب و فاضلاب"، مجله آب و فاضلاب، شماره ۳، ص ۸۸-۱۰۰.
- وزیری ژ، سلامت ع. ر، انتصاری م. ر، مسچی م.، حیدری ن. و دهقانی سانچ، ح. (۱۳۸۷) "تبخیر و تعرق گیاهان (دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان)"، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- هاشمی گرمدره، س. ا. و اسلامیان، س. س. (۱۳۸۴) "استفاده از مواد پوششی برای کاهش تبخیر از سطح آب‌های آزاد" دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان.
- Alam S. H. and AlShaikh A. A. (2013), "Use of palm fronds as shaded cover for evaporation reduction to improve water storage efficiency" **J. of King Saud University- Engineering Sciences.**, 25, 3, pp55-58.
- Barnes G. T. (2007), "The potential for monolayers to reduce the evaporation of water from large water storages: A review" **J. of Agricultural Water Management.**, 95, 4, pp 339-353.
- Condi S. A. and Webster I. T. (1995) "Evaporation mitigation from on-farm water storages", In: Reducing Loss from Evaporation, Report to the cotton Research and Development Corporation, Sainty and Associates, N.S.W.
- Cooley K. R. (1983), "Evaporation reduction: Summary of long- term tank studies" **J. of Irrigation and Drainage**, 109, pp 89-98.
- Cooley K. R. and Myers L. E. (1973) "Evaporation reduction with reflection covers" **J. of the Irrigation and Drainage Division** , 99, pp353-363.
- Craig I. P. (2005) "Loss o storage water due to evaporation- A literature review", NCEA Publication, University of Southern Queensland, Australia.
- Craig I. P., Green A., Scobie M. and Schmidt E. (2005), "Controlling evaporative loss from water storages", Technical Report, National Centre for Engineering in Agriculture, Toowoomba, QLD, Australia.
- Crow F. R. and Manges H. L. (1967) "Comparison of chemical and non-chemical techniques for suppressing evaporation from small reservoirs" **J. of. Transactions of SAFE**, 10, pp172-174.
- Dalton P. (2001) "The efficiency of on-farm storages" **J. of. Australian Cottongrower**, 22, 4, pp49-51.
- Desai A. C., Iyer T. K. and Tople V. M. (1990) "Use of water evaporation retardants for water conservation" **J. of. Indian Water Works Associates**.
- Ghazvinian H., Karami H., Farzin S. and Mousavi S. F. (2020) " Effect of MDF-Cover for Water Reservoir Evaporation Reduction, Experimental, and Soft Computing Approaches", **J. of. Soft Computing in Civil Engineering**, pp98-110.
- Goel A. (2009)"Application of SVMS algorithms for prediction of evaporation in reservoirs", **World Environmental and Water Resources Congress**, Great Rivers.

- Haghighi E., Madani K. and Hoekstra A. (2018), "The water footprint of water conservation using shade balls in California" **J. of. Nature Sustainability**, **1**, 7, pp**358-360**.
- Hassan R. M. A., Hekal N. T. H. and Mansor N. M. S. (2007), "Evaporation reduction from Lake Naser using new environmentally safe techniques", 11th International Conference on Water Technology, IWTC11, pp. 179-194, Egypt.
- Henry D. J., Devan V. I., Prime E. L., Qiao G. G., Solomon D. H. and Yarovsky I. (2010), "Monolayer structure and evaporation resistance: A molecular dynamics study of octadecanol on water" **J. of. Physical Chemistry**, **114**, **11**, pp**3869-3878**.
- Irmak S., Haman, D. and Jones J. W. (2002) "Evaluations of class a pan coefficients for estimating reference evapotranspiration in a humid location"**J. of. Irrigation and Drainage Engineering, ASCE**", **128**, **3**, pp**153-159**.
- Khan M. A. and Issac V. C. (1990) "Evaporation reduction in stock tanks for increasing water supplies" **J. of. Hydrology**, **119**, pp**21-29**.
- Knights S. (2005), "Reducing evaporation with chemical monolayer technology" **J. of. Cottongrower**, **26**, pp**32-33**.
- Martinez Alvarez V., Baille A., Molina Martinez J. M and Gonzalez-Real M. M. (2006), "Effect of black polyethylene shade covers on the evaporation rate of agricultural reservoirs" **Spanish J. of. Agricultural Research**, **4**, **4**, pp **280-288**
- Rezazadeh A., Akbarzadeh P. and Aminzadeh M. (2020), "The Effect of Floating Balls Density on Evaporation Suppression of Water Reservoirs in the Presence of Surface Flows" **J. of. Hydrology**, **591**.
- Santafe M. R., Gisbert P. S. F., Romero F. J. S., Soler J. B. T., Gozalvez J. J. F. and Gisbert C. M. F. (2014), "Implementation of a photovoltaic floating cover for irrigation reservoirs" **J. of. Cleaner Production**, **66**, pp **568-570**.
- Taboada M. E., Caceres L., Graber T., Galleguillos H., Cabeza L. F. and Rojas R. (2016), "Solar water heating system and photovoltaic floating cover to reduce evaporation: Experimental results and modeling" **J. of. Renewable Energy**, **105**, pp **601-615**.
- Yao X., Zhang H., Lemckert C., Brook A. and Schouten P. (2010), "Evaporation reduction by suspended and floating covers: Overview, modelling and efficiency" **J. of Urban Water Security Research Alliance Technical Report.**, pp**28**.

Abstract

In recent years, various studies have been conducted on managing water resources and maintaining the quantity of water all over the world, including Iran, which has a hot and dry climate and has faced water shortages and drought. The present study sought to evaluate the effect of compacted foam surface covers with cement slurry and plastic balls with 50 and 80% coverage levels, as well as the combined method (compressed foam and plastic balls) with 80% coverage in a standard Colorado pan on evaporation reduction. In this way, the ease of access, reasonable price, and the lack of a negative impact on water quality are among the advantages of the materials used to cover the surface. By monitoring the effect of the mentioned methods on reducing the evaporation rate, it was found that using the two mentioned materials, which included compressed foam and plastic balls in equal proportions, with 80% coverage of the reservoirs' surface could reduce the evaporation rate by 68%. Moreover, the use of the ball and compressed foam alone with the same 80% coverage level decreased the evaporation rate by 58 and 53%, respectively. By reducing the reservoir coverage level to 50%, the use of the foam and ball alone could reduce the evaporation rate by 28 and 34%, respectively. Monitoring the evaporation in January showed that the coverage 80% of the water reservoir surface with a combination of foam and plastic balls with the same surface ratio allowed reducing the evaporation rate by about 77% while the use of balls and foam alone led to a 65 and 53% reduction in evaporation rate, respectively. Ultimately, the 50% coverage of the reservoir surface in January with ball and foam materials decreased the evaporation rate to 41 and 27%, respectively. From the viewpoint of statistical analysis and the data received from Semnan synoptic station in December, there was a significant positive correlation between the average temperature and the evaporation rate of control pan and pans containing the ball, foam, and their composition. In January, however, a significant negative correlation was observed between the relative humidity and the pan containing the ball 80%. In this research, foam 50%, composite 80%, foam 80%, ball 80%, and ball 50% had better performance in terms of the best water quality based on the water electrical conductivity (EC), respectively. Finally, the coverage level of 80% (combined) was selected as the best coverage, by using hierarchical analysis (AHP) and considering different criteria.

Keywords: Evaporation reduction, Plastic ball, Compressed foam, Electrical conductivity (EC), Statistical analysis, AHP



Shahrood University of Technology

Faculty of Civil Engineering

M.Sc. Thesis in Water Resources Management and Engineering

Laboratory evaluation of the effect of physical methods in the reducing evaporation from the surface of reservoirs on the quantity and quality of water

By:

Alireza Sobhi

Supervisors:

Ramazan Vagheei

Hojat Karami

December 2020