

مطالعه تجربی کاهش تبخیر از مخازن آب با استفاده از پوشش‌های پلی‌استایرن، چوب و موم و تخمین آن با الگوریتم‌های هوشمند

حمیدرضا قزوینیان^۱، حجت کرمی^۲، سعید فرزین^{۳*}، سید فرهاد موسوی^۴

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۰۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۱۶

نوع مقاله: پژوهشی (برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد)

چکیده

تبخیر از سطح مخازن آب منجر به اتلاف آب مورد مصرف کشاورزی، صنعت و شرب می‌شود. از جمله روش‌های کنترل تبخیر می‌توان به استفاده از پوشش‌های فیزیکی اشاره نمود. در این پژوهش، برای کاهش تبخیر از تشت‌های تبخیر استاندارد کلرادو مدفون در زمین، از ورقه‌های پلی‌استایرن، قطعات چوب و ورقه‌های موم عسل به‌عنوان پوشش‌های فیزیکی روی سطح آب استفاده گردید. تأثیر هر ماده با سه بار تکرار (در سه تشت مجزا) مورد بررسی قرار گرفت و ۳ عدد تشت نیز به‌عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفت. اندازه‌گیری تبخیر برای تمامی تشت‌ها به مدت ۴ ماه و به صورت روزانه انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد که پوشش پلی‌استایرن به طور متوسط ۵۴ درصد، پوشش چوب ۱۹ درصد و پوشش موم ۱۸ درصد در کاهش تبخیر مؤثر است. در ادامه پژوهش، برای تخمین درصد کاهش تبخیر، از مدل درخت تصمیم M5، ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات (LSSVM) و شبکه عصبی مصنوعی (ANN) استفاده شد. داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهر سمنان به‌عنوان داده‌های ورودی برای هر سه مدل مورد استفاده قرار گرفت. هر سه روش در دوره‌های آموزش از دقت بالایی برخوردار بودند. در دوره آزمون به ترتیب روش LSSVM، درخت تصمیم M5 و ANN از دقت بیشتری برخوردار بودند. مقادیر R^2 ، MAE و RMSE روش LSSVM در مرحله آزمون به ترتیب ۰/۹۸۳۴، ۲/۳۷۱۸ و ۱/۷۲۱۲ به‌دست آمد. نتایج کلی در پژوهش حاضر نشان می‌دهد که استفاده از پوشش پلی‌استایرن می‌تواند عملکرد مناسبی در کنترل تبخیر از مخازن و استخرهای ذخیره‌ای آب داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: کاهش تبخیر، پلی‌استایرن، چوب، موم، الگوریتم‌های هوشمند.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. ۰۹۱۲۳۱۵۷۰۱
Hamidrezaghazvinian@semnan.ac.ir

^۲ استادیار، گروه مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. ۰۹۱۲۴۸۰۳۳۵۰
Hkarami@semnan.ac.ir

^۳ نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. ۰۹۱۷۴۱۱۲۸۹۱
Saeed.farzin@semnan.ac.ir

^۴ استاد، گروه مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. ۰۹۱۲۳۳۱۹۵۸۶
fmousavi@semnan.ac.ir



مقدمه

با توجه به تغییرات اقلیمی، پژوهشگران در مورد تبخیر و ارزیابی آن در چرخه هیدرولوژیک مطالعات زیادی انجام داده‌اند (Miralles et al., 2016). برای کنترل میزان تبخیر در مخازن آب می‌توان از روش‌های فیزیکی و شیمیایی استفاده کرد (قزوینیان و همکاران، ۱۳۹۹). در روش فیزیکی، از پوشش‌ها و موادی که قابلیت ماندن روی سطح آب را دارند، می‌توان به منظور کاهش تبخیر آب استفاده نمود. همچنین، باید سعی نمود که این مواد بر کیفیت آب نیز تأثیرگذار نباشند (Sepaskhah, 2018).

تحقیقات زیادی در زمینه کنترل و کاهش تبخیر با استفاده از روش‌های فیزیکی انجام شده است. خان و ایساک (۱۹۹۰) در آزمایشی به بررسی استفاده از لایه‌های پلی‌اتیلنی که به صورت شناور در سطح آب قرار می‌گیرند، پرداختند. مدت زمان مورد مطالعه ۱۹ ماه و پوشش سطح آب حدود ۷۵ درصد بوده است. نتیجه حاصل از این آزمایش کاهش ۶۶ درصدی تبخیر بوده است. از معایب این آزمایش، از بین رفتن سطح پلی‌اتیلن و به وجود آمدن ترک و شکاف بر سطح آن بود که می‌توان علت آن را تابش نور خورشید بر سطح این لایه‌ها دانست (Khan and Issac, 1990). مارتینز آلوارز و همکاران (۲۰۰۶) نیز اثر پوشش‌هایی که به صورت سایه انداز روی سطح آب عمل می‌کنند را برای کاهش تبخیر روزانه بررسی نمودند. جنس این پوشش‌ها از آلومینیوم و پلی‌اتیلن بوده است. میزان کاهش تبخیر توسط این مواد به ترتیب برابر با ۵۰ و ۸۰ درصد محاسبه شده است (Martinez Alvarez et al., 2006).

هاشمی منفرد و همکاران (۱۳۹۷) جهت مدل‌سازی اندازه جریان عبوری از روی صفحات خورشیدی و زاویه قرارگیری افقی و عمودی جهت کسب بهترین کاهش و کنترل تبخیر، از نرم‌افزار مدل‌سازی ANSYS FLUENT16 و با روش تعیین بهترین زاویه افقی و عمودی برای به دست آوردن بهینه‌ترین بازده خروجی استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که در صورت طراحی صفحات خورشیدی با ابعاد ۵/۲×۵/۲ متر تحت زاویه افقی صفر درجه (جهت شمال غرب، روبه‌روی مسیر

وزش باد) و زاویه شیب ۶۰ درجه می‌توان به مقدار کاهش تبخیری معادل ۲۵/۹ درصد رسید. بیشترین بازده تولید انرژی تحت زاویه افقی ۳۰ درجه (جهت شمال غرب، روبه‌روی مسیر وزش باد) و زاویه شیب ۳۰ درجه به میزان ۴۵/۹ درصد است (هاشمی منفرد و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین، پژوهش‌هایی در زمینه اندازه‌گیری و برآورد تبخیر با روش‌های هوشمند صورت گرفته است. بنزقتا (۲۰۱۴) در پژوهشی، کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل‌های اقلیمی (پنمن، تیلور و استوارت) در تخمین تبخیر از مخزن آب را در لیبی مورد بررسی قرار داد. مقایسه آماری به منظور بررسی دقت روش‌های مختلف انجام شد. نتایج به دست آمده نشان داد که روش شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از داده‌های هواشناسی (دما، سرعت باد، رطوبت نسبی و تابش خورشیدی) مناسب‌ترین عملکرد را در برآورد تبخیر دارد. در مقایسه روش‌های اقلیمی، روش استوارت نیز با استفاده از داده‌های تابش خورشیدی، بهترین عملکرد را از خود نشان داد (Benzaghta, 2014).

کیشی (۲۰۱۵) در تحقیقی، به بررسی دقت ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات (LSSVM)^۱، اسپلاین رگرسیون چند متغیره (MARS)^۲ و مدل درخت M5 در مدل‌سازی تبخیر پرداخت. ایستگاه‌های مورد مطالعه مرسین و آنتالیا در منطقه مدیترانه‌ای ترکیه بودند. در این مطالعه، مدل LSSVM عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های MARS و درخت M5 در برآورد پارامترهای ایستگاه مرسین و آنتالیا با ورودی محلی و داده‌های خروجی داشت (Kisi, 2015). قاسم و همکاران (۲۰۱۹) به پیش‌بینی میزان تبخیر از تشت در شهر تبریز در کشور ایران و شهر آنتالیا در کشور ترکیه با استفاده از سه مدل SVR، ANN و ترکیبی از آن‌ها با تبدیل موجک WT پرداختند. برای هر دو ایستگاه، مدل ANN نتایج بهتری نسبت به سایر مدل‌های ارائه شده داشته است (Qasem et al., 2019). هژیر و همکاران (۱۳۹۳) به ارزیابی شبکه‌های عصبی مصنوعی و ۱۱ روش تجربی در تخمین تبخیر و

¹ Least Square Support Vector Machine

² Multivariate Adaptive Regression Spline

از آب پر کرد (Subramanya, 2008; Ghazvinian et al. 2020) شکل ۱ ابعاد تشت استاندارد تبخیر و تشت استاندارد تبخیر ساخته شده به منظور آزمایش را نشان می‌دهد.

پوشش‌های مورد استفاده

برای انجام آزمایش‌ها از پوشش‌های پلی‌استایرن، قطعات چوب و ورقه موم عسل استفاده گردید. هر سه ماده مذکور روی سطح آب تشت تبخیر کلرادو مدفون قرار گرفتند. هر سه ماده، ۷۰ درصد از سطح کل تشت را پوشانده‌اند. در شکل ۲ مواد استفاده شده در محل، نشان داده شده است. ورق موم عسل در مدت زمان محدود آزمایش (۴ ماه) دچار مشکلی نشده است. در کل، استفاده از ورق موم عسل به منظور کاهش تبخیر برای مدت زمان کوتاه می‌تواند مناسب باشد. در این تحقیق، ۱۲ عدد تشت تبخیر استاندارد کلرادو در داخل زمین جاگذاری شد. سه عدد از این تشت‌ها به عنوان تیمار شاهد بودند که تنها آب در داخل آن‌ها ریخته شد و ۳ عدد از این تشت‌ها علاوه بر آب، ورقه پلی‌استایرن، ۳ عدد قطعات چوب و ۳ عدد دیگر از این تشت‌ها ورقه موم عسل، به عنوان تیمار آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند. ابعاد کلیه این ورق‌ها 20×40 سانتی متر بود. انجام آزمایش از تاریخ ۲ خرداد ۱۳۹۷ تا ۳۱ شهریور ۱۳۹۷ به طول انجامید و جمع‌آوری داده‌ها به صورت روزانه در ساعت ۱۰:۳۰ صبح، همزمان با قرائت ایستگاه سینوپتیک سمنان، انجام پذیرفت. در مدت زمان آزمایش، طبق آمار ایستگاه سینوپتیک شهر سمنان در منطقه مورد مطالعه، به مدت ۵ روز بارندگی صورت گرفت. در این روزهای بارانی، میزان بارش روی مقدار تبخیر آن روز تأثیر داده شد. داده‌های تبخیر از تشت استاندارد کلرادو (منظور تغییرات در عمق آب) برای هر ۱۲ تشت و به صورت مستقیم با خط‌کش‌های نصب شده در داخل تشت‌ها اندازه‌گیری شد و سپس میانگین سه تکرار به عنوان تبخیر روزانه برای مخازن دارای پوشش و بدون پوشش ثبت گردید.

تعرق گیاه مرجع برای ایستگاه تحقیقاتی کهریر ارومیه پرداختند. بر اساس داده‌های اقلیمی روزانه و داده‌های ۴ ساله لایسیمتری ایستگاه، مقدار تبخیر و تعرق به روش‌های مذکور محاسبه گردید.

پژوهش حاضر به بررسی استفاده از روش فیزیکی در کاهش تبخیر از سطح مخازن کوچک آب می‌پردازد و شامل دو مرحله می‌باشد. در گام نخست، اثر میدانی کاهش تبخیر با استفاده از مواد فیزیکی، شامل: ورقه‌های پلی‌استایرن، قطعات چوب و ورق موم عسل روی تشت تبخیر کلرادو مدفون بررسی شده و مؤثرترین ماده در کاهش تبخیر تعیین می‌شود. در گام دوم، به شبیه‌سازی داده‌های مشاهداتی با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات و مدل درخت M5 پرداخته می‌شود و در نهایت بهترین مدل معرفی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

محل مورد مطالعه

محل انجام پژوهش، ضلع شمالی دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، در شهر سمنان به مختصات جغرافیایی طول $26^{\circ} 53'$ شرقی، عرض $36^{\circ} 35'$ شمالی و ارتفاع ۱۱۴۹ متر از سطح دریا می‌باشد. داده‌های مربوط به دما، فشار، رطوبت، ساعات آفتابی، باد و بارش از ایستگاه اصلی سینوپتیک سمنان مورد استفاده قرار گرفت. این ایستگاه نزدیک‌ترین ایستگاه به محل پژوهش می‌باشد که در فاصله ۲/۳۹ کیلومتری از محل پژوهش واقع شده است.

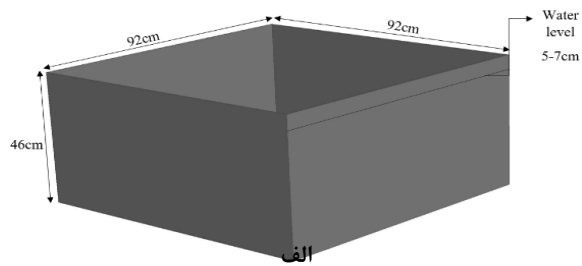
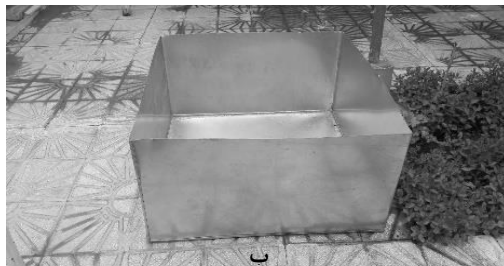
تشت تبخیر مورد استفاده

یکی از انواع تشت تبخیر تجربی، تشت استاندارد کلرادو مدفون می‌باشد. جنس تشت استاندارد کلرادو مدفون از آهن گالوانیزه ضد زنگ می‌باشد. تشت مذکور به طول و عرض ۹۲ و ارتفاع ۴۶ سانتی‌متر می‌باشد که داخل زمین فرو رفته و ۵ سانتی‌متر از سطح زمین بیرون می‌ماند. تا ارتفاع ۵ تا $7/5$ سانتی‌متری بالای تشت را می‌توان



استفاده از روش‌های هوشمند در برآورد کاهش تبخیر

برای شبیه‌سازی با هوش مصنوعی ابتدا صحت اندازه‌گیری‌های تجربی با داده‌های میدانی بررسی و اطمینان حاصل شد. همچنین، به منظور پیش‌بینی مقادیر کاهش تبخیر با هوش مصنوعی از سه روش $LSSVM$ ، ANN^1 و مدل M5 استفاده گردید.



شکل (۱): تست تبخیر کلرادو مدفون: الف) ابعاد استاندارد تست کلرادو مدفون و ب) تصویر تست کلرادو مدفون ساخته شده

به منظره آماش.



ب



الف



د



ج

شکل (۲): الف) نمایی از قطعات چوب روی تست کلرادو مدفون، ب) تصویر پلی‌استایرن روی تست کلرادو مدفون، ج) ورق موم به‌کار رفته روی تست کلرادو مدفون و د) تست تبخیر شاهد (بدون ماده)

¹ Artificial Neural Network

ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات

ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات توسط سویکنز ارائه شده است. در این الگوریتم، به دلیل بهره‌گیری از روش بهینه‌سازی حداقل مربعات به جای روش مرتبه دوم، از پیچیدگی و هزینه کمتری نسبت روش ماشین بردار پشتیبان استاندارد برخوردار است (Suykens, 2001). در این روش، با نگاشت ورودی‌ها از فضایی با ابعاد پایین‌تر به فضایی با ابعاد بالاتر رابطه غیر خطی ورودی‌ها و خروجی‌ها را به یک رابطه خطی تبدیل می‌کند. رابطه (۱) ارتباط رگرسیونی خطی بین ورودی‌ها و خروجی‌ها را در الگوریتم ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات بیان می‌کند:

$$\hat{y} = W^T \phi(x) + b \quad (1)$$

که W وزن ورودی‌ها، b بایاس یا خطای مدل، ϕ یک تابع غیر خطی برای نگاشت ورودی‌ها از فضای اصلی به فضایی با ابعاد بالاتر، T ترانهاده ماتریس، x ورودی مدل و \hat{y} مقدار خروجی مدل است. هدف، کاهش خطای بین ورودی‌ها و خروجی‌ها، در عین حفظ سادگی مدل است. به این منظور، باید تابع هدف رابطه (۲) مینیمم شود:

$$\text{Min} : y(W, e) = \frac{1}{2} W * W^T + \frac{1}{2} C \sum_{i=1}^N e_i \quad (2)$$

$$\text{Subject to} : e_i = y_i - \hat{y}_i$$

که C ضریب پنالتی و یک عدد ثابت مثبت حقیقی است. قسمت اول رابطه (۲) بیانگر عبارت وزن‌ها است که هر چه کمتر باشد، پیچیدگی مدل کمتر است. عبارت دوم رابطه (۲) نیز مربوط به تابع جریمه‌ی اختلاف مقادیر خروجی واقعی و مدل است. در مورد پارامتر C می‌توان گفت که مقادیر کوچک یا بزرگ این پارامتر در عبارت دوم موجب سادگی یا پیچیدگی مدل می‌شود (Suykens, 2001).

در رابطه (۳)، k معرف تابع کرنل است. تابع کرنل در مسائل غیر خطی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تابع ضرب داخلی دو پارامتر x و x_i فضایی خطی با ابعاد بالاتر می‌باشد.

در نهایت، مقدار خروجی مدل در رابطه (۳) بیان شده است:

$$\hat{y} = \sum_{i=1}^n (a_i - a_i^*) K(x, x_i) + b \quad (3)$$

تاکنون توابع کرنل مختلف از جمله توابع کرنل خطی، چندجمله‌ای، سیگموئید و شعاعی معرفی شده‌اند. تابع کرنل خطی حالت خاصی از تابع کرنل شعاعی است. تابع کرنل سیگموئید نیز به ازای مقداری مشخص برای برخی از پارامترها مانند تابع کرنل شعاعی عمل می‌کند (Mujumdar et al., 2008).

مطابق با این مرجع، تابع کرنل شعاعی از عملکرد بهتری برخوردار بوده است. به همین دلیل، در پژوهش حاضر از تابع کرنل شعاعی استفاده شده است. رابطه (۴) فرمول تابع کرنل شعاعی را ارائه می‌دهد:

$$K(x, x_i) = \exp\left\{-\frac{\|x - x_i\|^2}{2s^2}\right\} \quad (4)$$

پارامترهای ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات با استفاده از روش بهینه‌سازی جستجوی شبکه تعیین شده است. در این روش، فضای ورودی‌ها شبکه‌بندی شده و برای هر نقطه (C, σ) یک تابع هدف (MSE) محاسبه می‌شود. سپس مقدار C و σ با کمترین مقدار MSE به عنوان پارامترهای ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات انتخاب می‌شوند.

در شکل ۳، طرح شماتیک الگوریتم ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات ارائه شده است.

درخت مدل M5

روش درخت تصمیم مدل M5 اولین بار توسط کوینلن ۱۹۹۲ معرفی شد. این روش شامل دو مرحله اساسی رشد درخت و هرس می‌باشد. در مرحله رشد درخت، داده‌های اصلی بر اساس یک صفت خاص و مقدار انحراف معیار به زیرمجموعه‌ها (برگ‌ها) تقسیم می‌شود (Quinlan, 1992). همچنین، برای هر زیرمجموعه یک رابطه رگرسیونی برازش داده می‌شود. این فرآیند تا زمانی ادامه می‌یابد که



تعداد کثیری دندریت تصحیح می‌شوند. سوما یا به عبارتی دیگر، بدنه واحد پردازشگر، علائم ورودی را جمع‌آوری می‌کند. در صورتی که مقدار مجموع ورودی‌ها از یک حدی فراتر رود، در آن صورت پردازشگر فعال شده و علائمی از طریق آکسون به سلول بعدی انتقال داده می‌شود. روش سلول‌های عصبی به صورت سری و موازی می‌باشد. پس از پایان یافتن عمل پردازش، توسط مجموعه سلول‌های عصبی موازی، مجموعه‌ای از خروجی‌ها تولید می‌شود. خروجی‌های حاصل، می‌توانند به عنوان ورودی-های مجموعه دیگر از سلول عصبی که به شکل سری به مجموعه سلول‌های اولیه متصل‌اند، به کار گرفته شوند. در نتیجه، خروجی هر نرون در ضرایب وزنی ضرب و به تابع تحریک غیر خطی به عنوان ورودی داده می‌شود. مجموعه سلول‌های عصبی موازی از یک لایه تشکیل می‌شوند. هر شبکه عصبی برای ایجاد خروجی خود، این قابلیت را دارا بوده که یک یا چند لایه داشته باشد که معمولاً از این لایه‌ها تحت عنوان لایه‌های پنهان یاد می‌شود. لایه خروجی یا آخرین لایه، باعث تولید خروجی شبکه می‌شود (Naderpour et al., 2018). در پژوهش حاضر، مشابه با پژوهش هادی و تامبل (۲۰۱۸) از روش لونیبرگ-مارکوارت نیز به عنوان روش آموزش استفاده شده است. (Hadi and Tombul, 2018) شکل ۵ فلوچارت ساختار یک نرون مصنوعی و ساختار شبکه‌های مصنوعی را نشان می‌دهد.

دیگر کاهش در انحراف معیار مشاهده نشود. مقدار کاهش انحراف معیار نشان‌دهنده مقدار کاهش خطای مدل است. این مقدار با استفاده از رابطه (۵) محاسبه می‌گردد (Heddam and Kisi, 2018).

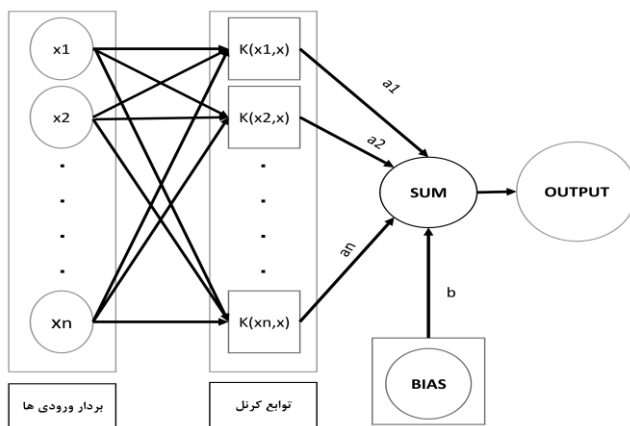
$$SDR = sd(T) - \sum_i \frac{|T_i|}{|T|} sd(T_i) \quad (5)$$

که SDR مقدار کاهش واریانس، T مجموعه‌ی داده‌های اصلی، T_i زیرمجموعه‌ها و sd معرف انحراف معیار است. در مرحله اول، تعداد زیادی برگ تولید شده و این موضوع سبب پیش‌برازش داده‌ها می‌شود. لذا، در مرحله دوم برگ-های درخت هرس می‌گردند.

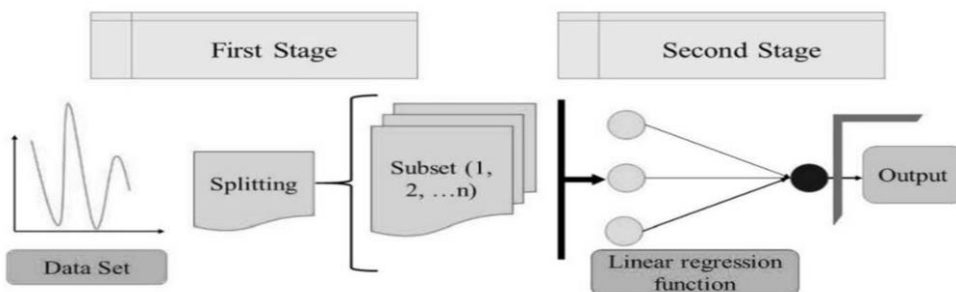
از مزیت‌های الگوریتم M5 نیاز به تعداد کم پارامتر برای اجرا است. تنها پارامتر مورد نیاز این الگوریتم تعداد برگ-هاست که در اکثر مطالعات (مانند ولیخان انارکی، ۱۳۹۷ و توکل دوانی و همکاران، ۲۰۱۳)، این مقدار برابر با ۲ در نظر گرفته شده است. در شکل ۴، طرح شماتیک الگوریتم درخت مدل M5 ارائه شده است.

شبکه عصبی مصنوعی

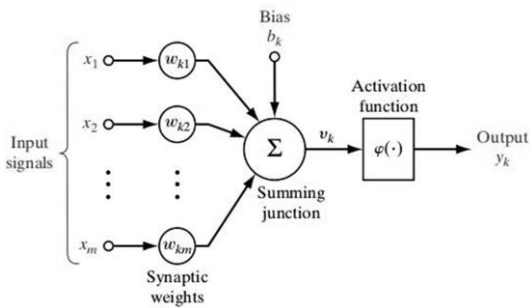
شبکه عصبی مصنوعی یک ساختار ریاضی می‌باشد که براساس مدل بیولوژیک مغز انسان شکل گرفته است. نرون، مجموعه‌ای از اجزای کوچک داده پردازش هر شبکه عصبی می‌باشد. نحوه ارتباط یک نرون به نرون دیگر از طریق یک رابطه جهت‌دار که شامل وزن منحصر به فرد خود است، می‌باشد. وزن‌ها، نشان‌دهنده اطلاعات مورد نیاز شبکه برای پیدا کردن جواب یک مسئله می‌باشند. یک نرون بیولوژیک دارای سه قسمت اصلی دندریت، سوما و آکسون است. نشانه‌های دریافتی از سایر نرون‌ها توسط



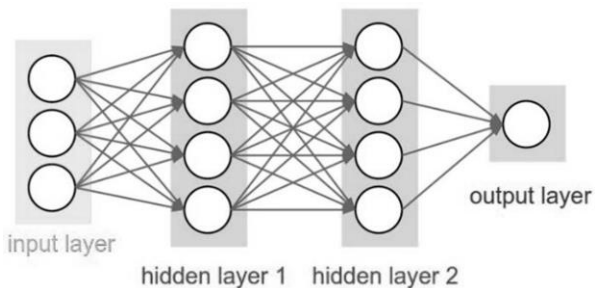
شکل (۳): طرح شماتیک معماری ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات (ولیکان انارکی، ۱۳۹۷)



شکل (۴): الگوریتم درخت مدل M5 (ولیکان انارکی، ۱۳۹۷)



(الف)



(ب)

شکل (۵): فلوجارت شبکه های عصبی مصنوعی: الف) ساختار یک نرون مصنوعی و ب) ساختار شبکه های عصبی مصنوعی (ولیکان انارکی، ۱۳۹۷).



تیرماه متغیر می‌باشد. در حالی که میزان تبخیر تشت حاوی پلی‌استایرن، چوب و موم به ترتیب از ۲/۳ تا ۹/۷ میلی‌متر، ۳/۵ تا ۱۶/۷ میلی‌متر و ۴ تا ۱۷/۱ میلی‌متر تغییر کرده است. در شکل ۶، میانگین تبخیر روزانه در مدت ۴ ماه برای تشت مشاهداتی و تشت‌های حاوی مواد استفاده شده در آزمایش نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که ورقه پلی‌استایرن نقش بهتری در میزان کاهش تبخیر داشته و باعث می‌شود حجم زیادی از آب در تشت ذخیره گردد. به‌طور میانگین، تبخیر روزانه تشت مشاهداتی، ۱۲/۶ میلی‌متر بوده است. در حالی که میانگین تبخیر در تشت حاوی پلی‌استایرن، چوب و موم نیز به ترتیب ۵/۷، ۱۰/۲ و ۱۰/۳ میلی‌متر می‌باشد.

معیارهای ارزیابی دقت مدل‌سازی

شاخص‌های آماری ضریب تعیین^۱ (R^2) (Akbari et al. 2020b)، ریشه‌ی میانگین مربعات خطا^۲ (RMSE) (Ghazvinian et al. 2019) و میانگین خطای مطلق^۳ (MAE) (Ghazvinian et al. 2020b) جهت ارزیابی دقت مدل‌های هوشمند محاسبه شدند. مقادیر شاخص‌های مذکور از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \right]^2 \quad (۶)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}{N}} \quad (۷)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |(y_i - x_i)| \quad (۸)$$

در روابط (۶) الی (۸)، x_i مقدار درصد کاهش تبخیر اندازه‌گیری شده در روز، y_i مقدار درصد کاهش تبخیر پیش‌بینی شده همان روز، \bar{x} میانگین مقادیر درصد کاهش تبخیر اندازه‌گیری شده و \bar{y} میانگین نظیر برای مقادیر پیش‌بینی شده می‌باشد (کرمی و همکاران، ۱۳۹۶).

نتایج و بحث

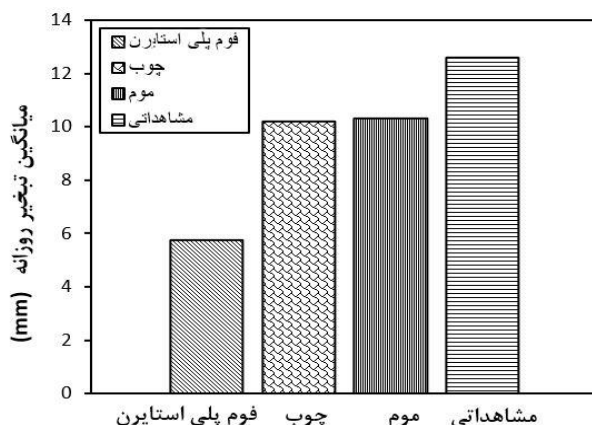
نتایج حاصل از آزمایش‌ها

کارایی پوشش‌های فیزیکی ورقه پلی‌استایرن، ورقه چوب و ورقه موم در کاهش میزان تبخیر در منطقه سمنان طی زمان ۴ ماه بررسی گردیده است. مقادیر ثبت شده نشان می‌دهد که میزان تبخیر در تشت شاهد از ۵ میلی‌متر طی اواسط خرداد تا ۲۰ میلی‌متر در اواسط

¹ R-squared

² Root Mean Square Error

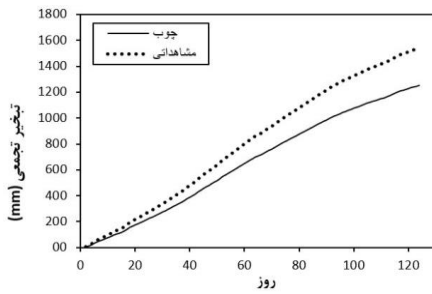
³ Mean Absolute Error



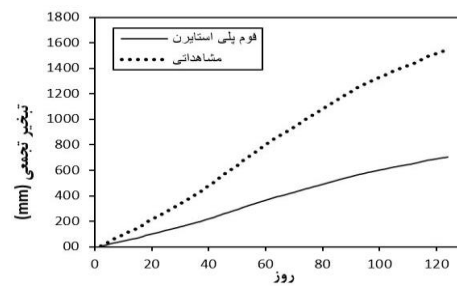
شکل (۶): میانگین تبخیر روزانه تشت شاهد و تشت‌های حاوی مواد در بازه ۴ ماهه

شکل ۸، میزان تبخیر از تشت شاهد و تشت‌های حاوی مواد استفاده شده، ابتدا سیر صعودی داشته و سپس سیر نزولی مشاهده می‌شود. یا به بیان دیگر، تبخیر در منطقه مورد مطالعه از ابتدا ماه خرداد تا ابتدا ماه مرداد افزایش داشته است و از اواسط ماه مرداد تا انتهای ماه شهریور کاهش پیدا کرده است.

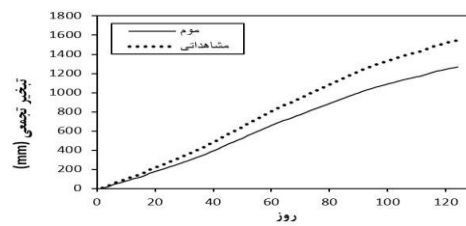
همچنین، مقادیر تجمعی تبخیر از سطح تشت دارای پوشش و فاقد پوشش در شکل ۷ نمایش داده شده است. در شکل ۷، سطح زیر نمودار تبخیر از تشت شاهد، نشانگر حجم کل تبخیر از این تشت و سطح زیر منحنی تبخیر از تشت دارای پوشش، حجم تلفات تبخیر از تشت دارای پوشش می‌باشد. سطح بین دو منحنی رسم شده معادل حجم آب ذخیره شده ناشی از اعمال پوشش می‌باشد. با توجه به سطح تشت تبخیر کلرادو مدفون که معادل $0/82$ متر مربع می‌باشد، مقادیر حجم آب تبخیر شده از ضرب سطح تشت تبخیر در ارتفاع تبخیر تجمعی به دست آمده است. حجم آب تبخیر شده از تشت شاهد و دارای پوشش پلی‌استایرن، چوب و موم به ترتیب $1/3$ ، $0/57$ ، $1/02$ و $1/03$ متر مکعب می‌باشد. در شکل ۸، میزان نوسانات تبخیر روزانه اندازه‌گیری شده و مقایسه تشت تبخیر شاهد با تشت حاوی مواد نشان داده شده است. این نمودار نشان می‌دهد که ورقه پلی‌استایرن بهترین عملکرد در کنترل تبخیر داشته است. همچنین، عملکرد چوب و موم در جلوگیری از تبخیر نزدیک به هم بوده است. با توجه به



(ب)

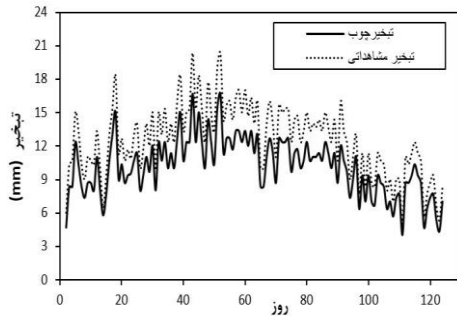


(الف)

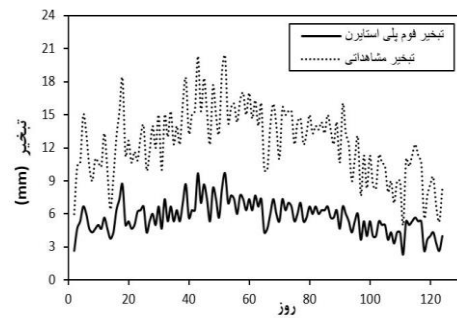


(ج)

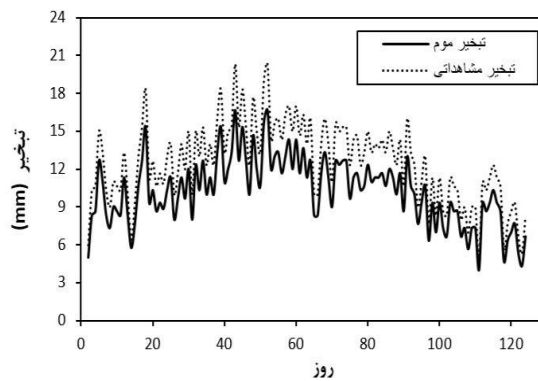
شکل (۷): مقایسه نمودار تجمعی تبخیر تحت شاهد و تحت‌های دارای پوشش. (الف) پلی استایرن، (ب) چوب و (ج) موم



(ب)



(الف)



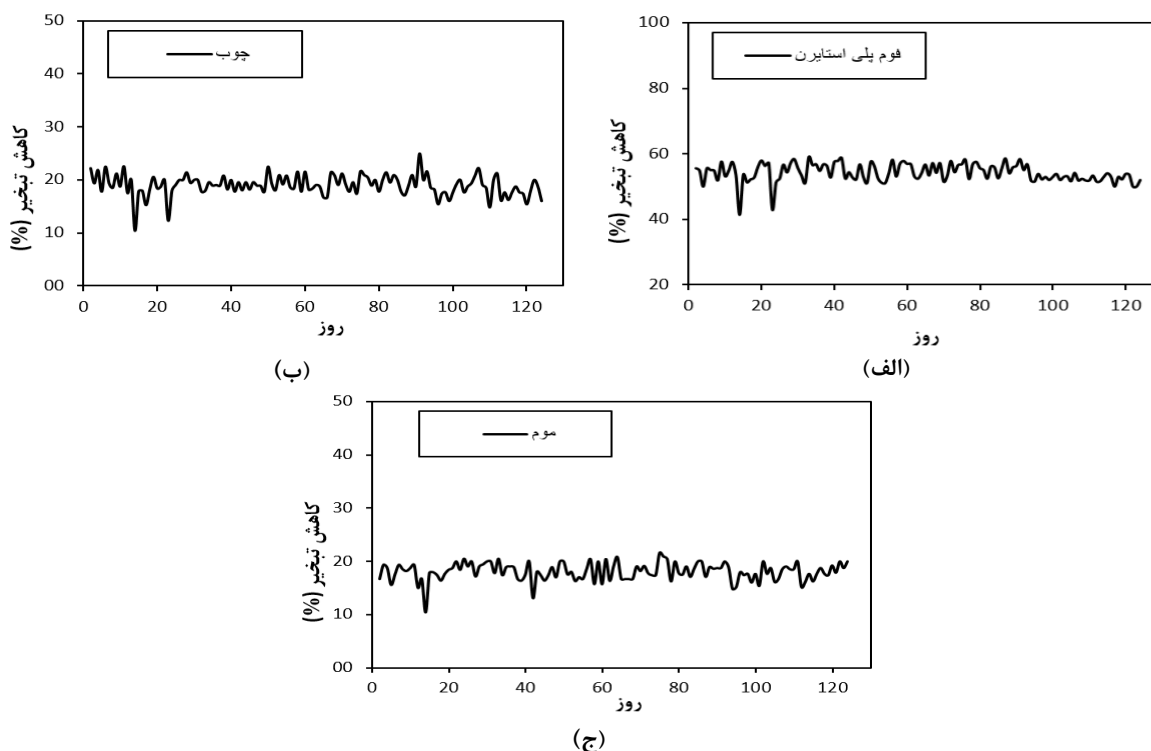
(ج)

شکل (۸): مقایسه نوسانات تبخیر روزانه: (الف) مقایسه تبخیر روزانه تحت شاهد و تحت حاوی پلی استایرن، (ب) مقایسه تبخیر

روزانه تحت فاقد ماده با تحت شامل چوب و (ج) مقایسه تبخیر روزانه تحت شاهد و حاوی موم

ترتیب، ۲۵، ۱۰/۴ و ۱۹ درصد می‌باشد. برای پوشش موم، بیشترین کاهش تبخیر ۲۱/۶ درصد، کمترین درصد ۱۰/۴ و میانگین کاهش ۱۸ درصد بوده است. با توجه به شکل ۹، ماده چوب و موم، درصد کاهش تبخیر تقریباً یکسانی نسبت به هم داشتند. همچنین، درصد کاهش تبخیر پوشش پلی‌استایرن از دو ماده مذکور بیشتر بوده و عملکرد بهتری در کنترل تبخیر دارد.

درصد کاهش تبخیر در تحت دارای پوشش‌ها در بازه اندازه‌گیری شده در شکل ۹ نمایش داده شده است. با توجه به شکل ۹، بیشترین درصد کاهش تبخیر برای پوشش پلی‌استایرن ۵۹ درصد و کمترین مقدار آن ۴۱ درصد بوده است. متوسط درصد کاهش تبخیر برای پوشش پلی‌استایرن ۵۴/۲ درصد می‌باشد. برای پوشش چوب بیشترین، کمترین و میانگین درصد کاهش به



شکل (۹): نمودار درصد کاهش تبخیر: (الف) پوشش پلی‌استایرن، (ب) پوشش چوب و (ج) پوشش موم

تبخیری به ترتیب ۵۰ و ۸۰ درصد دست یافتند. در مقایسه با مواد پیشنهادی پژوهش حاضر، می‌توان به عملکرد مناسب پوشش پلی‌استایرن نسبت به پوشش آلومینیومی و عملکرد ضعیف‌تر چوب و موم نسبت به مواد آلومینیوم و پلی‌اتیلن اشاره کرد.

نتایج حاصل از شبیه‌سازی با روش‌های هوشمند

در این قسمت، به منظور دستیابی به یک مدل که با به‌کار بردن مواد مختلف، درصد کاهش تبخیر اندازه‌گیری می‌شود، از مدل‌های هوشمند M5، LSSVM و ANN

از نظر اقتصادی، پوشش‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر، از هزینه نسبتاً کمی برخوردار می‌باشند و می‌توانند در مخازن و استخرهای کوچک و متوسط مورد استفاده قرار گیرند.

نتایج حاصل از استفاده از پوشش پلی‌استایرن با نتایج آزمایش Khan and Issac (1990) که با به‌کار بردن لایه‌های پلی‌اتیلنی بر سطح آب، به کاهش تبخیر حدود ۷۵ درصد رسیدند، را می‌توان مقایسه کرد.

Martinez Alvarez et al. (2006) با استفاده از پوشش‌هایی از جنس آلومینیوم و پلی‌اتیلن، به کاهش



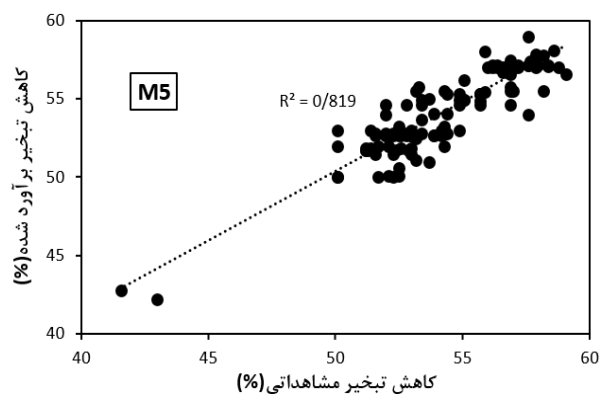
۰/۷۹۵۸ می‌باشد. این مقادیر نشان می‌دهند که هر سه مدل از کارایی بالایی برخوردار بوده است. مدل LSSVM عملکرد بهتری نسبت به دو مدل دیگر برای این پوشش دارد.

استفاده شد. هدف از استفاده از این مدل‌ها شبیه‌سازی درصد کاهش تبخیر برای مواد استفاده شده در این آزمایش می‌باشد. ورودی‌های این مدل‌ها شامل داده‌های هواشناسی (حداقل و حداکثر دمای روزانه، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد، ساعات آفتابی و فشار هوا) بود. همچنین، برای هر ماده، ضریبی منحصر به فرد در نظر گرفته شد که این ضریب از سعی و خطا به دست آمد.

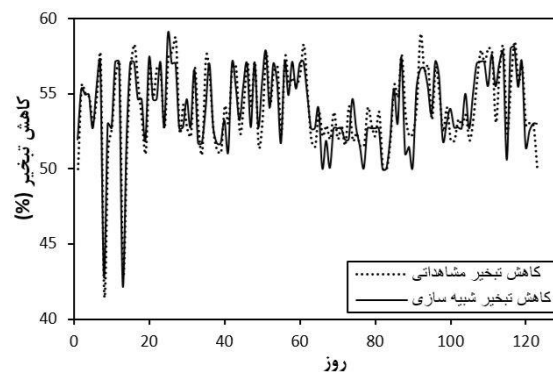
ضریب مخصوص پوشش پلی استایرین ۱، پوشش چوب ۰/۸ و پوشش موم ۰/۷ در نظر گرفته شد. این ضرایب هم به عنوان داده ورودی به مدل اضافه گردیدند. در نهایت، ۹ ورودی برای هر سه مدل به منظور مدل‌سازی درصد کاهش تبخیر برای هر ماده وارد شد. از مجموع کل داده‌های آزمایش، ۷۰ درصد آن‌ها برای دوره آموزش و ۳۰ درصد برای دوره آزمون مورد استفاده قرار گرفت. در مدل هوشمند ANN، تعداد لایه مخفی یک می‌باشد. در لایه پنهان، از تابع محرکه tansig و در لایه خروجی از تابع محرکه خطی purelin استفاده شد. نرون‌های لایه مخفی سه عدد می‌باشد و تکنیک یادگیری، مارکوارت-لونبرگ ($\text{Train LM: Levenberg-Marquardt}$) می‌باشد.

پس از انجام جستجوی شبکه با اندازه شبکه ۱ برای ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات، مقدار بهینه C و σ به ترتیب برابر با ۹۹۱ و ۳۱ به دست آمد. در مورد درخت تصمیم نیز، همانطور که در بخش مواد و روش‌ها ذکر شد، مقدار برگ‌ها برابر با ۲ در نظر گرفته شده است.

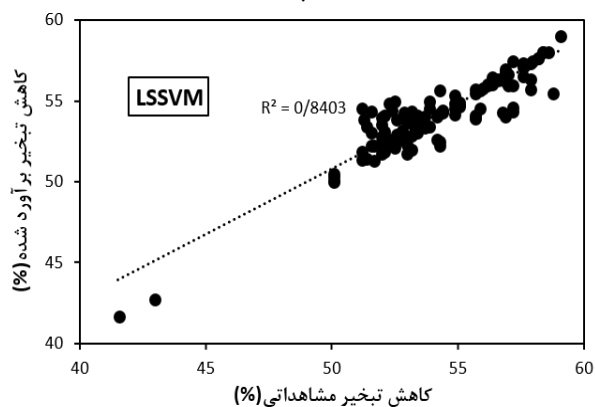
مطابق شکل ۱۰، برای پوشش پلی‌استایرن، نمودار میزان درصد کاهش تبخیر مشاهداتی و تخمین زده شده برای هر سه مدل در دوره آموزش و آزمایش نشان داده شده است. همچنین، نمودار پراکنش یا منحنی پراکندگی مقادیر برآورده شده در برابر مقادیر مشاهداتی برای هر دو مرحله آموزش و آزمون آورده شده است. ضریب تعیین در کل داده‌های پوشش پلی‌استایرن در مدل‌های M5، LSSVM و ANN به ترتیب ۰/۸۱۹، ۰/۸۴۰۳ و



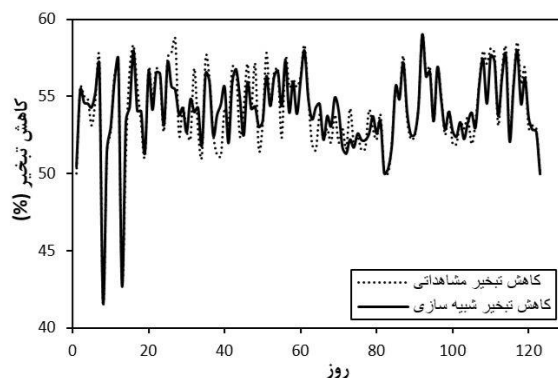
(ب)



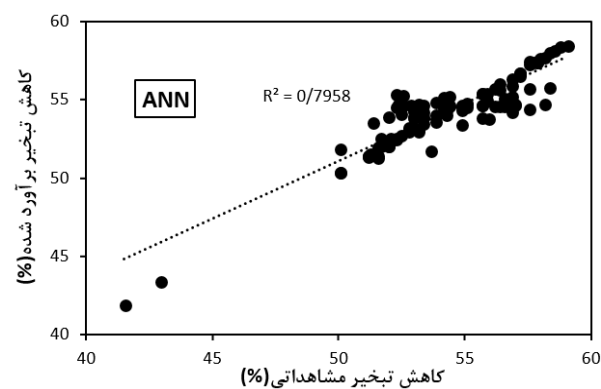
(الف)



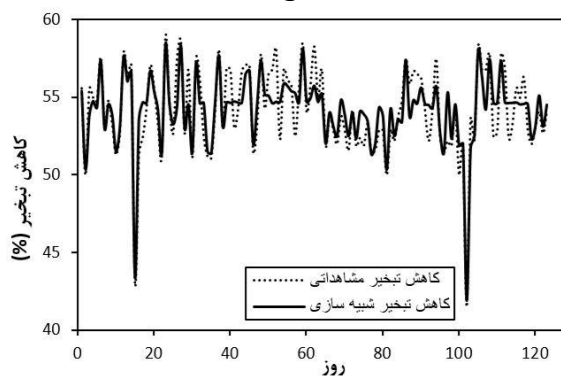
(د)



(ج)



(ه)



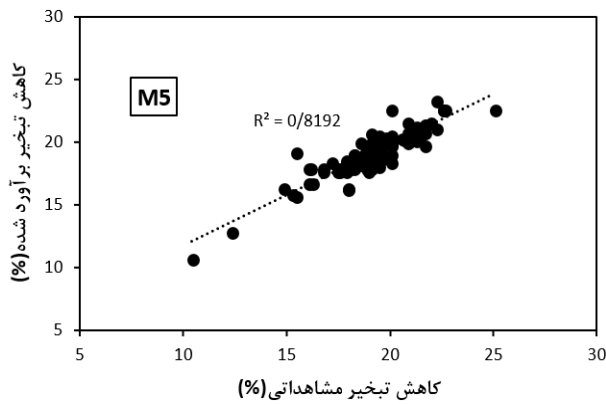
(و)

شکل (۱۰): مقایسه نتایج تجربی و نتایج شبیه‌سازی درصد کاهش تبخیر با استفاده از پلی استاین: (الف) و (ب) مدل M5، (ج) و (د) روش LSSVM و (ه) و (ز) روش ANN

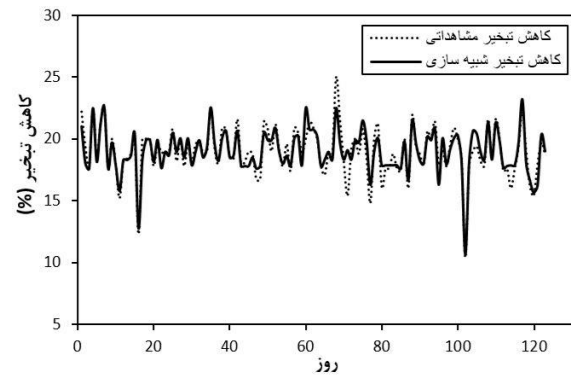
در شکل ۱۱ برای پوشش صفحات چوب، نمودار میزان درصد کاهش تبخیر مشاهداتی و تخمین‌زده شده برای سه مدل استفاده شده در این تحقیق، در مرحله آموزش و آزمایش نشان داده شده است. همچنین دیاگرام پراکنش مقادیر تخمین زده شده در برابر مقادیر مشاهداتی در مرحله آموزش و آزمون آورده شده است.

ضریب تعیین برای پوشش چوب در مدل‌های درخت M5، LSSVM و ANN به ترتیب ۰/۸۱۹۲، ۰/۸۲۷۲ و ۰/۸۰۲۳ می‌باشد. این مقادیر نشان می‌دهند که هر سه مدل برای این ماده از کارایی بالایی برخوردار بوده‌اند و مدل LSSVM عملکرد بهتری نسبت به دو مدل دیگر برای این پوشش دارد.

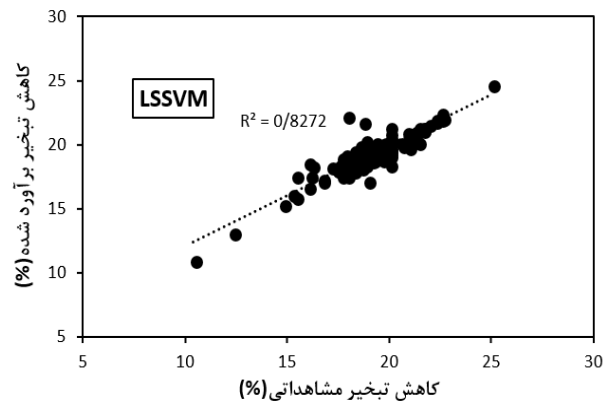
در شکل ۱۱ برای پوشش صفحات چوب، نمودار میزان درصد کاهش تبخیر مشاهداتی و تخمین‌زده شده برای سه مدل استفاده شده در این تحقیق، در مرحله آموزش و آزمایش نشان داده شده است. همچنین دیاگرام پراکنش مقادیر تخمین زده شده در برابر مقادیر مشاهداتی در مرحله آموزش و آزمون آورده شده است.



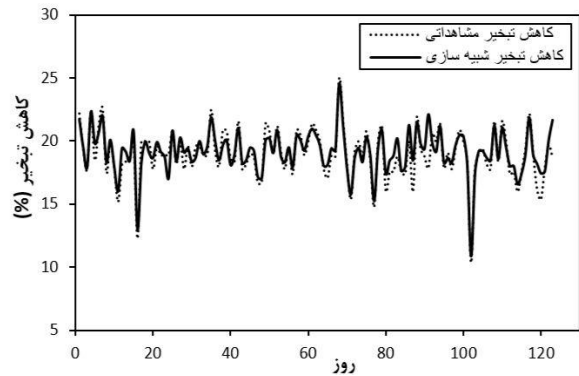
(ب)



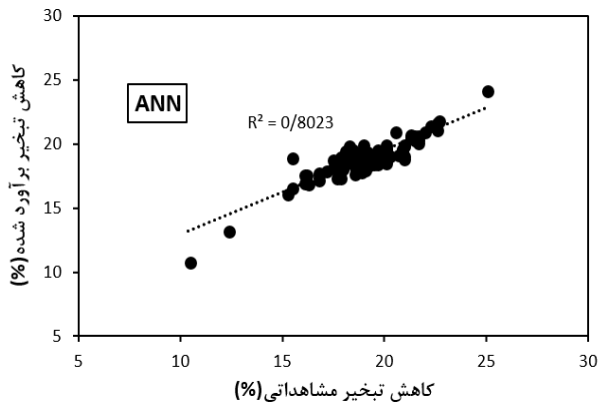
(الف)



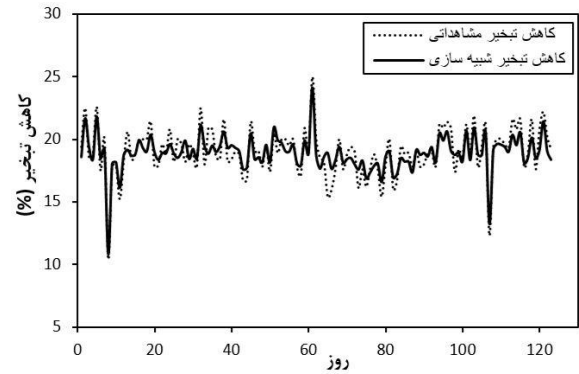
(د)



(ج)



(ه)

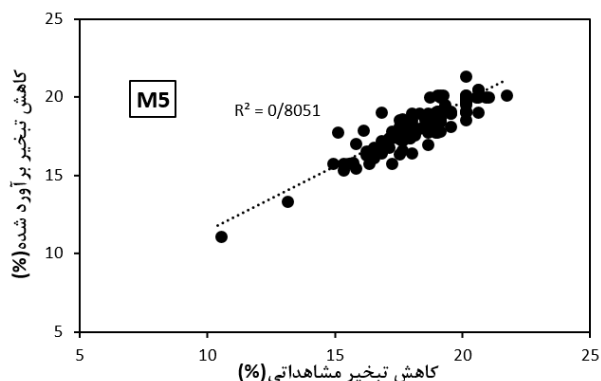


(و)

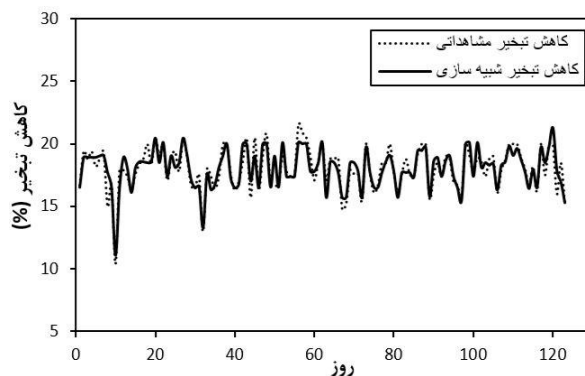
شکل (۱۱): مقایسه نتایج تجربی و نتایج شبیه‌سازی درصد کاهش تبخیر با استفاده از چوب: (الف) و (ب) مدل M5، (ج) و (د) روش LSSVM و (ه) و (ز) روش ANN

تخمین زده شده در برابر مقادیر مشاهده‌ای در مراحل آموزش و آزمون آورده شده است. ضریب تعیین برای پوشش موم در مدل‌های درخت M5، LSSVM و ANN به ترتیب ۰/۸۰۵۱، ۰/۸۱۴۶ و ۰/۷۵۶۲ می‌باشد.

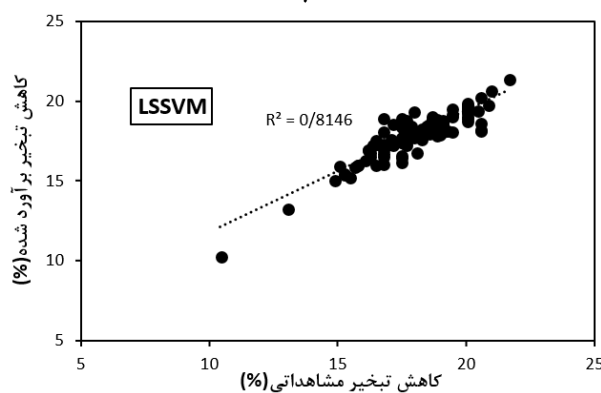
برای پوشش ورقه موم، مطابق شکل ۱۲، نمودار نقطه-ای میزان درصد کاهش تبخیر مشاهده‌ای و برآورد شده برای هر سه مدل در دوره آموزش و آزمایش نشان داده شده است. همچنین، نمودار منحنی پراکندگی مقادیر



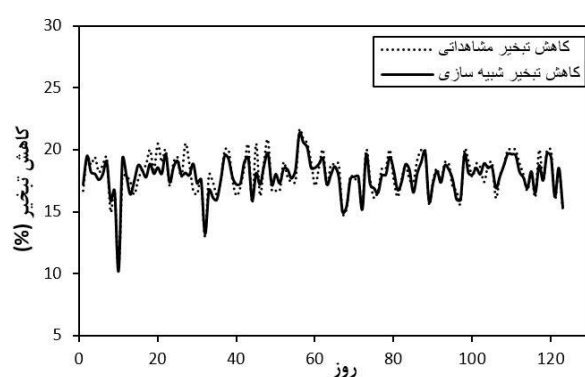
(ب)



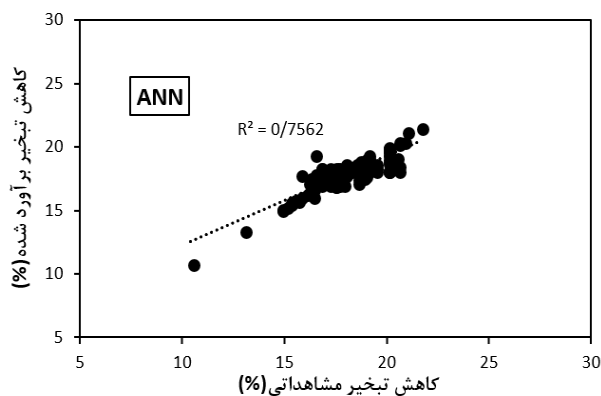
(الف)



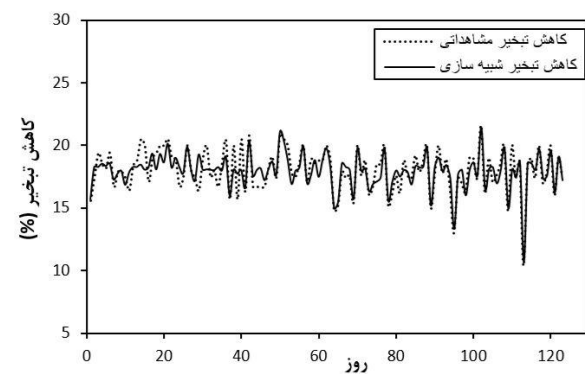
(د)



(ج)



(ه)



(و)

شکل (۱۲): مقایسه نتایج تجربی و نتایج شبیه‌سازی درصد کاهش تبخیر با استفاده از موم: (الف) و (ب) مدل M5، (ج) و (د) روش LSSVM و (ه) و (و) روش ANN

مدل استفاده شده در این پژوهش پرداخته می‌شود. ارزیابی‌های صورت گرفته در هر مدل، برای کل داده‌های هر سه ماده در دو مرحله آموزش و آزمون می‌باشد.

پس از بررسی‌های صورت گرفته بین داده‌های آزمایشگاهی و شبیه‌سازی شده، مطابق با جدول ۱ به شاخص‌های آماری مربوط به برازش روش مشاهده‌ای و سه



جدول (۱): مقایسه سه روش مدل سازی شده با شاخص های آماری

MAE		RMSE		R ²		
آموزش	آزمون	آموزش	آزمون	آموزش	آزمون	
۰/۶۶۸۷	۱/۹۵۴۵	۲/۵۹۶۴	۰/۹۱۸۷	۰/۹۷۸۴	۰/۹۹۷۰	M5
۱/۱۸۹۰	۱/۷۲۱۲	۲/۳۷۱۸	۱/۴۹۳۵	۰/۹۸۳۴	۰/۹۹۲۰	LSSVM
۱/۴۴۹۴	۱/۸۷۴۲	۲/۵۲۳۳	۱/۸۳۵۴	۰/۹۷۷۸	۰/۹۸۸۳	ANN

که هزینه ای نداشت. با توجه به بحث هزینه و عملکرد مواد در کاهش تبخیر، به منظور اجرایی شدن کاربرد این نوع مواد روی سطح مخازن و استخرهای آب، توصیه می گردد که ابتدا از ماده پلی استایرن و سپس قطعات چوب و در نهایت از موم استفاده گردد.

علاوه بر این، با توجه به بررسی ارتباط داده های آزمایشگاهی با مدل های درخت تصمیم M5، LSSVM و ANN، می توان با وارد کردن داده های هواشناسی به عنوان داده های ورودی به مدل های مذکور، میزان درصد کاهش تبخیر در صورت استفاده از مواد مطرح شده در این تحقیق را پیش بینی نمود. نتایج نشان می دهد که روش LSSVM دارای $R^2 = 0/9834$ ، $RMSE = 2/3718$ و $MAE = 1/7212$ بوده که نسبت به دو مدل دیگر از عملکرد بهتری برخوردار می باشد. به منظور تحقیقات آتی، استفاده از دیگر مواد فیزیکی و سایر مدل های هوشمند جهت مدل سازی درصد کاهش تبخیر، پیشنهاد می شود

نتایج آماری موجود در جدول ۱ بیانگر این مهم است که به طور کلی هر سه مدل از عملکرد مناسبی برخوردار بوده اند. در دوره آموزش هم این موضوع مشهود می باشد. در دوره آزمایش، به ترتیب مدل LSSVM، درخت تصمیم M5 و ANN از دقت بالاتری برخوردار بوده اند.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که پوشش پلی استایرن برای کاهش تبخیر از سطح آزاد آب نسبت به پوشش چوب و موم مناسب تر است. با استفاده از پوشش پلی استایرن با درصد پوشش ۷۰ درصد سطح، می توان بین ۴۵ تا ۶۰ درصد میزان تبخیر را کاهش داد. از نظر هزینه، در اردیبهشت ۱۳۹۷، ورقه فشرده پلی استایرن به ازای یک متر مربع ۸۰۰۰ ریال و ورقه موم به ازای یک متر مربع ۷۵۰۰۰ ریال هزینه داشت. قطعات چوب استفاده شده در پژوهش حاضر، از چوب های بدون استفاده و دورریز نجاری ها بود

منابع

- سپاس خواه، ع. ۱۳۹۷. کاهش تبخیر از مخزن آب سدها. پژوهش های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دوره ۳، شماره ۱، ص ۲۶-۱۳.
- قزوینیان، ح.، س. فرزین، ح.، کرمی و س.ف. موسوی. 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). آب و توسعه پایدار، دوره هفتم، شماره ۲، ص ۵۲-۴۵.
- کرمی، ح.، س. فرزین، ا. ضمیری و ش. نیر. ۱۳۹۶. آنالیز عددی مشخصه های جریان عبوری از سرریز استوانه ای با استفاده از مدل Flow3D. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، سال هشتم، شماره ۳۰، ص ۱۸-۱.
- ولیکان انارکی، م. ۱۳۹۷. ارزیابی عدم قطعیت در تعیین فراوانی وقوع سیلاب بر اساس تغییر اقلیم با استفاده از ماشین های یادگیری. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشگاه سمنان.

هاشمی منفرد، س.، ا.، م. رضاپور، ح. رضاپور و م. اژدری مقدم. ۱۳۹۷. استفاده از صفحات خورشیدی شناور به عنوان بادشکن به منظور کاهش تبخیر و تولید انرژی با استفاده از مدل سازی ANSYS FLUENT (مطالعه موردی: چاه نیمه شماره ۴ سیستان). اکوهیدرولوژی، سال پنجم، شماره ۴، ص ۱۳۰۷-۱۲۹۷.

هژبر، ح.، ه. معاضد و س. شکری کوچک. ۱۳۹۳. برآورد تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از مدل های تجربی، مدل سازی آن با شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه آن ها با داده های لایسیمتری در ایستگاه کهریز ارومیه. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، سال چهارم، شماره ۳، ص ۲۵-۱۳.

Akbari, M., G. Shafabakhsh. and M.R. Ahadi. 2020. The impact of segmentation method on the aggregate goodness-of-fit measurements of non-linear crash prediction models. SN applied sciences, 2, 1655.

Akbari, M., G. Shafabakhsh. and M.R. Ahadi. 2020. Single-vehicle Run-off-road Crash Prediction Model Associated with Pavement Characteristics. International journal of engineering, 33(7): 1375-1386.

Benzaghta, M. A. 2014. Estimation of evaporation from a reservoir in semi-arid environments using artificial neural network and climate based models. Current Journal of Applied Science and Technology, 4(24): 3501- 3518.

Ghazvinian, H., S.F. Mousavi., H. Karami., S. Farzin., M. Ehteram., M.S. Hossain., C.M. Fai., H.B. Hashim., V.P. Singh., F.C. Ros., A.N. Ahmad. H.A. Afan., S.H. Lai. and El-Shafie. A. 2019. Integrated support vector regression and an improved particle swarm optimization-based model for solar radiation prediction. Plos one, 14(5): e0217634.

Ghazvinian, H., H. Karami., S. Farzin. and S.F. Mousavi. 2020. Effect of MDF-cover for water reservoir evaporation reduction, experimental, and soft computing approaches. Soft computing in civil engineering, 4(1): 98-110.

Ghazvinian, H., H. Bahrami., H. Ghazvinian. and S. Heddami. 2020. Simulation of monthly precipitation in Semnan city using ANN artificial intelligence model. Soft computing in civil engineering, 4(4): 36-46.

Hadi, S. J. and M. Tombul. 2018. Streamflow forecasting using four wavelet transformation combinations approaches with data-driven models: A comparative study. Water Resources Management, 32(14): 4661-4679.

Heddami, S. and O. Kisi. 2018. Modelling daily dissolved oxygen concentration using least square support vector machine, multivariate adaptive regression splines and M5 model tree. Journal of Hydrology, 559: 499-509.

Khan, M. A. and V. C. Issac. 1990. Evaporation reduction in stock tanks for increasing water supplies. Journal of Hydrology, 119: 21-29.

Kisi, O. 2015. Pan evaporation modeling using least square support vector machine, multivariate adaptive regression splines and M5 model tree. Journal of Hydrology, 528: 312-320.

Martinez Alvarez, V., A. Baille, J. M. Molina Martinez and M. M. Gonzalez-Real. 2006. Effect of black polyethylene shade covers on the evaporation rate of agricultural reservoirs. Spanish Journal of Agricultural Research, 4(4): 280-288.

Miralles, D. G., C. Jimenez, M. Jung, D. Michel, A. Ershadi, M. F. McCabe and D. Fernandez-Prieto. 2016. The WACMOS-ET project – part 2: Evaluation of global terrestrial evaporation data sets. Hydrology and Earth System Sciences, 20(2): 823-842.

Mujumdar, P. P. and S. Ghosh. 2008. Modeling GCM and scenario uncertainty using a possibilistic approach: Application to the Mahanadi River, India. Water Resources Research, 44(6): W06407.

Naderpour, H., A. H. Rafiean and P. Fakharian. 2018. Compressive strength prediction of environmentally friendly concrete using artificial neural networks. Journal of Building Engineering, 16: 213-219.



Qasem S. N., S. Samadianfard, S. Kheshtgar, S. Jarhan, O. Kisi, S. Shamshirband and K. W. Chau. 2019. Modeling monthly pan evaporation using wavelet support vector regression and wavelet artificial neural networks in arid and humid climates. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 13: 177-187.

Quinlan, J. R. 1992. Learning with continuous classes. In 5th Australian Joint Conference on Artificial Intelligence, 92: 343-348.

Subramanya, K. 2008. *Engineering hydrology*. 3rd ed., Noida, Uttar Pradesh, India: Tata McGraw-Hill education.

Suykens, J. A. 2001. Nonlinear modelling and support vector machines. In *Instrumentation and Measurement Technology Conference, IMTC 2001, Proceedings of the 18th IEEE*, 1: 287-294.

Tavakol-Davani, H., M. Nasser and B. Zahraie. 2013. Improved statistical downscaling of daily precipitation using SDSM platform and data-mining methods. *International Journal of Climatology*, 33(11): 2561-2578.



Experimental Study of Evaporation Reduction Using Polystyrene Coating, Wood and Wax and its Estimation by Intelligent Algorithms

Hamidreza Ghazvinian¹, Hojat Karami², Saeed Farzin^{*3}, Sayed-Farhad Mousavi⁴

Abstract

Evaporation from the surface of water reservoirs leads to loss of water used in agriculture, industry and drinking. One of the methods of controlling evaporation is the use of physical coatings. In this research, polystyrene sheets, pieces of wood, and honey-bee wax sheets were used as physical coatings on the surface of the water to reduce evaporation from standard buried Colorado evaporation pans. The effect of each coating with three replicates (in three separate pans) was investigated and also three pans were considered as control. Evaporation was measured daily from all pans for 4 months. Results of the experiment showed that polystyrene, wood and wax coatings reduced evaporation by 54, 19 and 18%, respectively. Next, to estimate the percentage of evaporation reduction, decision tree M5, least squared support vector machine (LSSVM) and artificial neural network (ANN) were used. Meteorological data of Semnan synoptic station was used as input data for all the three models. All three methods were highly accurate in the training period. During the test period, the LSSVM method, decision tree M5 and ANN were more accurate, respectively. The values of R^2 , RMSE and MAE of the LSSVM method at the test step were 0.9834, 2.3718, and 1.7212, respectively. The general results of this study showed that using polystyrene coating can have proper function in controlling evaporation from reservoirs and water storage pools.

Keywords: Evaporation reduction, Polystyrene, Wood, Wax, Intelligent Algorithms.

¹ M.Sc. student, Civil Engineering Faculty, Semnan University, Hamidrezaghazvinian@semnan.ac.ir

² Assistant Professor, Civil Engineering Faculty, Semnan University, Hkarami@semnan.ac.ir

³ *Assistant Professor, Civil Engineering Faculty, Semnan University, Saeed.farzin@semnan.ac.ir

⁴ Professor, Civil Engineering Faculty, Semnan University, fmousavi@semnan.ac.ir