



A Practical and Economic Assessment Regarding the Effect of Various Physical Covers on Reducing Evaporation from Water Reservoirs in Arid and Semi-Arid Regions (Experimental Study)

Hojat Karami^{1✉}, Hamidreza Ghazvinian²

1. Corresponding Author, Department of Water Engineering, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan,

Iran. Email: Hkarami@semnan.ac.ir

2. Department of Water Engineering, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran. Email:

Hamidrezaghazvinian@semnan.ac.ir

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: May. 21, 2022

Revised: July. 5, 2022

Accepted: July. 13, 2022

Published online: Aug. 23, 2022

Keywords:

Reducing Evaporation,
Physical Cover,
Economic Analysis,
Evaporation Pan,
Semnan City.

ABSTRACT

The significantly high rate of evaporation from the surface of water results in a notable reduction in utilizing water reservoirs and farm ponds. Floating physical covers are considered to be one of the most effectual approaches toward reducing the rate of evaporation from the surface of water. In the present study, the following six types of covers were utilized with three repetitions for each type of cover on the surface of the standard Sunken Colorado Evaporation Pan. The covers included: polystyrene, wood parts, synthetic honey wax, Perlite and Leica grains, and threshed straw. Three varying percentages of 60, 70, and 80 were examined for polystyrene, wood, and wax covers. Water depth alterations for both covered and uncovered reservoirs were scrutinized in the period starting from May 23rd, 2018 until August 22nd, 2018 in Semnan University in Semnan city. The economical effectiveness of the plan was estimated for each separate type of coating. The findings of the study indicated that the average amount of reduction in surface evaporation in comparison with the control reservoir relevant to polystyrene covers with 60, 70, and 80% coverage, wood parts with 60, 70 and, 80% coverage, synthetic honey wax with 60, 70, and 80% coverage, and Perlite, Leica, and straw are approximately 43, 54, 65, 10, 19, 26, 9, 18, 25, 36, 22 and 20 %, respectively. Regarding the economic analysis of the study, surveys were carried out on a farm pond located at a distance of approximately 3.8 km from the site. The findings displayed that bearing in mind the 5-year economic life of the plan, polystyrene and Perlite covers are deemed to be economical. Conclusively, the Internal Rate of Return (IRR) for polystyrene covers with 60, 70, and 80% covering, and Perlite covers are 571, 722, 872, and 32, respectively.

Cite this article: Karami, H., & Ghazvinian, H. R., (2022). A Practical and Economic Assessment Regarding the Effect of Various Physical Covers on Reducing Evaporation from Water Reservoirs in Arid and Semi-Arid Regions (Experimental Study). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53 (6), 1297-1313.

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: <http://doi.org/10.22059/ijswr.2022.343395.669272>



بررسی کاربردی و اقتصادی اثر پوشش‌های مختلف فیزیکی در کاهش تبخیر از مخازن آب در مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه آزمایشگاهی)

حجت کرمی^{۱*}، حمیدرضا قزوینیان^۲

۱. نویسنده مسئول، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. ایمیل: Hkarami@semnan.ac.ir

۲. گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. ایمیل: Hamidrezaghazvinian@semnan.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۳۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۴/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۲۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۶/۱

واژه‌های کلیدی:

کاهش تبخیر،
پوشش فیزیکی،
تحلیل اقتصادی،
تشت تبخیر،
سمنان.

نرخ زیاد تبخیر از سطح آب، منجر به کاهش چشمگیر استفاده از مخازن و استخرهای کشاورزی آب می‌گردد. پوشش‌های فیزیکی شناور یکی از روش‌های موثر در کاهش تبخیر از سطح آزاد آب می‌باشند. در این پژوهش از شش نوع پوشش پلی‌استایرن، قطعات چوب، موم مصنوعی عسل، دانه‌های پرلیت و لیکا و کاه و کلش بر روی سطح تشت تبخیر استاندارد کلرادو مدفون با سه تکرار برای هر پوشش استفاده شد. پوشش‌های پلی‌استایرن، چوب و موم با درصدهای مختلف ۶۰، ۷۰ و ۸۰ پوشش سطح بررسی شدند. تغییرات عمق آب مخازن پوشش‌دار و بدون پوشش در بازه زمانی ۲ خرداد ۱۳۹۷ تا ۳۱ مرداد ۱۳۹۷ در شهر سمنان و در دانشگاه سمنان انجام شد. برآورد اقتصادی بودن طرح برای هر یک از پوشش‌ها صورت گرفت. نتایج نشان داد مقدار متوسط کاهش تبخیر نسبت به مخزن شاهد برای پوشش‌های پلی‌استایرن با درصد پوشش‌های ۶۰، ۷۰ و ۸۰، قطعات چوب با درصد پوشش‌های ۶۰، ۷۰ و ۸۰، موم مصنوعی عسل با درصد پوشش‌های ۶۰، ۷۰ و ۸۰، پرلیت، لیکا و کاه و کلش به ترتیب حدود ۴۳، ۵۴، ۶۵، ۱۰، ۱۹، ۲۶، ۹، ۱۸، ۲۵، ۳۶، ۲۲ و ۲۰ درصد می‌باشد. در بخش نتایج تحلیل اقتصادی، بررسی‌ها بر روی استخری در فاصله ۳/۸ کیلومتری از محل برداشت انجام شد. نتایج نشان داد که با توجه به طول عمر اقتصادی ۵ ساله طرح، پوشش‌های پلی‌استایرن، پرلیت صرفه اقتصادی دارند. میزان نرخ بازده داخلی برای پلی‌استایرن با درصد پوشش‌های ۶۰، ۷۰ و ۸۰، پرلیت به ترتیب ۵۷۱، ۷۲۲، ۸۷۲ و ۳۲ می‌باشد.

استناد: کرمی، حجت؛ قزوینیان، حمیدرضا (۱۴۰۱). بررسی کاربردی و اقتصادی اثر پوشش‌های مختلف فیزیکی در کاهش تبخیر از مخازن آب در مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه آزمایشگاهی). *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۳ (۶)، ۱۳۱۳-۱۲۹۷.

DOI: <http://doi.org/10.22059/ijswr.2022.343395.669272>

© نویسنده‌گان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.



مقدمه

با افزایش جمعیت، محدودیت منابع آبی سطحی و زیرزمینی، پیشرفت فناوری، توسعه و نیاز روزافزون جوامع بشری به منابع آب، مدیریت بهینه بهره‌برداری از منابع آب را به یک امر ضروری تبدیل نموده است (Ghazvinian et al., 2020a; Ghazvinian et al., 2021; Ghazvinian et al., 2019). تبخیر از سطوح آب، زمین، خاک، دریاچه‌ها و مخازن آبی، یکی از فرآیندهای بسیار مهم و حیاتی در هواشناسی و هیدرولوژی می‌باشد (Karami et al., 2021; Dehghanipour et al., 2021; Dadrasajirlou et al., 2022). تحقیقات زیادی در اندازه‌گیری و برآورد تبخیر تاکنون انجام شده است که می‌توان به پژوهش‌هایی مانند (Althoff et al., 2019; Chen et al., 2019; Keshtegar et al., 2019; Kisi et al., 2015; Kumar & Arakeri, 2019; Nourani et al., 2020; Sebbar et al., 2020; Sebbar et al., 2019) اشاره کرد. با توجه به معضل بحران آب و حجم زیاد تبخیر از سطوح روباز آبی، تلاش مضاعف در خصوص شناسایی روش‌ها و ارائه راهکارهای عملی و اقتصادی که بتواند از تلفات تبخیر جلوگیری کرده و آن را کاهش دهد، بسیار ضروری به نظر می‌رسد (Wurbs and Ayala, 2014). مطالعات متعددی در زمینه کاهش تبخیر انجام شده است که می‌توان به روش‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیک، مدیریتی و مکانیکی اشاره کرد (Saggai and Bachi, 2018; Waheeb and Khodzinskaya, 2019; Ghazvinian et al., 2020b).

(Martínez Álvarez et al., 2006) در آزمایشی با استفاده از پوشش‌های پلی‌اتیلنی تک لایه به رنگ‌های سفید، سیاه، سبز، آبی و پوشش‌های پلی‌اتیلنی دو لایه به رنگ سفید و سیاه و همچنین پوشش تک لایه آلومینیومی، میزان کاهش تبخیر را برآورد کردند. نتایج نشان داد میزان کاهش تبخیر روزانه از ۵۰ درصد برای پوشش آلومینیومی تا ۸۰ درصد برای پوشش‌های پلی‌اتیلنی با رنگ‌های مختلف معتبر است. بیشترین میزان کاهش تبخیر مربوط به پوشش پلی‌اتیلنی دولایه با رنگ سیاه به میزان ۸۳ درصد بدست آمد. Santafé et al. (2014) به منظور کاهش تبخیر از مخازن ذخیره در مناطق خشک و نیمه خشک والنسیا در کشور اسپانیا، از سلول‌های خورشیدی استفاده کردند و در نهایت این کاربرد دومنظوره که با هدف کاهش تبخیر و تولید جریان الکتریسیته انجام گرفت، روشی نسبتاً آسان و مقرون به صرفه ارزیابی شد. (Pittaway et al., 2015) در یک پژوهش، تاثیر تخریب زیستی دو الکل چرب هگزادکانول و اکتادکانول و همچنین گلیکول اتر در سطح آب تمیز و تیره مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد مدت زمان ماند هگزادکانول و گلیکول اتر در سطح آب تمیز در مقابل تخریب زیستی بیشتر بوده و همین عامل استفاه از آن را به منظور کاهش تبخیر مقرون به صرفه می‌نماید. Miles et al. (2016) تاثیر ساختار سطحی فیلم‌های ترکیبی را در ضریب تبخیر مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند اضافه کردن الکل‌های چرب زنجیره بلند به یک قطره آب - ساکاروز می‌تواند به آسانی نرخ اولیه تلفات تبخیر آب را کاهش داده و درجه دی هیدراته شدن آب را در طول پدیده تبخیر کنترل کند. استفاده از بطری‌های نوشیدنی از جنس پلی‌اتیلن را به دو شکل خالی و پر شده با خاک بررسی نمودند. نتایج به دست آمده نشان داد پر شدن بطری‌ها با خاک تاثیری در عملکرد کاهش تبخیر ندارد. همچنین نتایج به دست آمده از مقادیر ثبت شده با تشک‌های آزمایشی، کاهش ۴۰ درصدی تبخیر را با استفاده از بطری‌ها نشان داد (Simon et al., 2016).

(Wandel et al., 2017) انتشار و پخش شدگی اکتادکانول به عنوان کاهنده تبخیر آب را بررسی نمودند و سپس یک رابطه تجربی برای نرخ پخش اکتادکانول را توسعه دادند که این رابطه تابعی از زمان حجم ذخیره بود. Taboada et al., 2017 تاثیر سیستم آبرگمکن‌های خورشیدی و سلول فتوولتائیک را در کاهش تبخیر به مدت ۸ ماه بررسی نمودند. نتایج به دست آمده از حوضچه پوشیده شده با سامانه‌ای نامبرده، کاهش ۹۰ درصدی تبخیر را در مقایسه با حوضچه فاقد پوشش نشان داد. Silva et al. (2017) تاثیر کاهش تبخیر در استخرهای خورشیدی با استفاده از دیسک‌های شناور را بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد اگرچه کاهش تبخیر در استخرهای خورشیدی کمتر از مخازن طبیعی است اما فواید ناشی از ذخیره انرژی خورشیدی در این حوضچه‌ها، بر مزایای ناشی از صرفه‌جویی و ذخیره آب غلبه می‌کند. Saggai and Bachi (2018) برای کاهش تبخیر، استفاده از یک لایه نازک شیمیایی روی سطح آب را پیشنهاد دادند. در این تحقیق، به مدت ۲۰ هفته به آزمایش با ماده مذکور روی تشک کلرادو پرداختند. نتایج، کاهش تبخیر بین ۱۶ الی ۲۲ درصد را نشان داد. Ghazvinian et al. (2020d) به بررسی کاهش تبخیر در شهر سمنان با پوشش پلی‌استایرن با ضخامت ۳ میلی‌متر و جرم ۵۰ گرم در مدت ۴ ماه پرداختند. پوشش مذکور بطور متوسط حدود ۴۴ درصد در کاهش تبخیر موثر بود. Ghazvinian et al. (2020c) به بررسی میزان کاهش تبخیر آب از تشک تبخیر استاندارد کلرادو سانکن با بکار بردن ورقه‌های MDF روی تشک تبخیر کلرادو سانکن پرداختند. نتایج نشان داد که ورق MDF می‌تواند بطور متوسط حدود ۹۱ درصد تبخیر را کاهش دهد.

با وجود اطلاعات و نظریه‌های زیاد در زمینه برآورد تبخیر و نحوه کنترل آن، ولی روش‌های عملی زیادی به خصوص در کشورهای در حال توسعه صورت نگرفته است. بنابراین باید در استفاده از راه‌های جدید برای کنترل تبخیر در مناطق خشک و نیمه خشک اقداماتی



انجام شود. یکی از راه‌های کاهش تبخیر، استفاده از پوشش‌های شناور می‌باشد. هدف این تحقیق بررسی کارایی پوشش‌های شناور پلی‌استایرن، قطعات چوب، ورقه موم عسل، پرلیت، لیکا و کاه و کلش بر روی تشت تبخیر استاندارد کلرادو مدفون در زمین نزدیک دانشکده عمران دانشگاه سمنان در یک بازه زمانی سه ماه بود.

مواد و روش‌ها

موقعیت محل پژوهش

محل انجام پژوهش در ضلع شمالی دانشکده مهندسی عمران دانشگاه سمنان دارای مختصات جغرافیایی به طول $26^{\circ}00'53''$ شرقی، عرض $36^{\circ}00'35''$ شمالی و ارتفاع ۱۱۴۹ متر از سطح دریا واقع شده است. همچنین، ایستگاه سینوپتیک سمنان دارای مختصات جغرافیایی به طول $25^{\circ}00'53''$ شرقی و عرض $36^{\circ}00'35''$ شمالی و ارتفاع ۱۱۲۷ متر از سطح دریا می‌باشد (Ghazvinian et al., 2021). این ایستگاه در فاصله ۲/۳۹ کیلومتری از محل پژوهش واقع شده است. در شکل ۱ موقعیت ایستگاه سینوپتیک و محل انجام آزمایش و همچنین فاصله این دو محل نشان داده شده است.

پوشش‌های مورد استفاده

برای انجام آزمایش‌ها از پوشش‌های پلی‌استایرن (فوم فشرده)، قطعات چوب، موم مصنوعی عسل، پرلیت، لیکا و کاه و کلش استفاده شد. فوم فشرده ترکیبی از پلی اتیلن فشرده و حباب‌های هوای ریز است که به دلیل تراکم سلولی بهترین عایق از نظر برودتی، گرما، رطوبت و صدا می‌باشد. فوم فشرده را می‌توان در دماهای بین -35 تا $+80^{\circ}\text{C}$ استفاده کرد. این ماده همچنین ضد رطوبت بوده و از نفوذ آب جلوگیری می‌کند و در برابر عوامل شیمیایی مخرب و خورنده مانند اکسیژن، اسیدهای رقیق و حلال‌ها به خوبی مقاوم است. این نوع فوم را می‌توان به صورت ورق‌هایی با عرض ۱۱۰ سانتی‌متر و طول دلخواه با ضخامت ۱ تا ۵ میلی‌متر عرضه کرد (Ghazvinian et al., 2021). از نظر شیمیایی، پلی‌استایرن یک هیدروکربن با زنجیره بلند است که در آن کربن‌های مرکزی متغیر به گروه‌های فنیل (نام دیگری از حلقه بنزن) متصل می‌شوند. نمایش شیمیایی پلی‌استایرن $n(\text{C}_8\text{H}_8)$ است. یکی از حیاتی‌ترین خواص پلی‌استایرن ایجاد پیوندهای واندروالس با زنجیره‌های پلیمری تا حد امکان نزدیک است. هر چقدر این زنجیره‌های کربنی طولانی‌تر شوند، نیروی جاذبه آنها بیشتر می‌شود که باعث افزایش راندمان پلی‌استایرن می‌شود (Akinyemi et al, 2019). برای تهیه ورق زنبور عسل از دستگاه موم زنبور عسل استفاده می‌شود که دارای دو نوع دستگاه موم زنبور عسل دستی و اتوماتیک می‌باشد. در این پژوهش، موم عسل از دستگاه‌های اتوماتیک استفاده شده است که دوام بیشتری نسبت به موم عسل دستی دارد (Gaur and Sharma 2018). چوب مورد استفاده در آزمایش از نوع چوب صنوبر بود. نوع چوب مورد استفاده دارای انعطاف و نرمی خاصی است که منجر به استحکام بالا می‌شود. پرلیت یک سنگ آتشفشانی شیشه‌ای با ترکیب ریولیتی است که در حدود ۳ تا ۵ درصد آب به صورت حبس شده در خود دارد. در اثر حرارت بین ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد آب حبس شده در آن به صورت بخار در می‌آید و خروج آب از داخل ذرات نرم شده سنگ پرلیت سبب می‌شود که حجم آن از ۴ تا ۲۰ برابر افزایش یابد. پرلیت منبسط شده به علت داشتن وزن ظاهری خیلی کم (۶۰ تا ۱۱۰ کیلوگرم در مترمکعب) و همچنین ضریب حرارتی پایین و خاصیت جذب صدای زیاد، در ساختمان و صنایع دیگر مصرف فراوان دارد (Zandi, 2005).

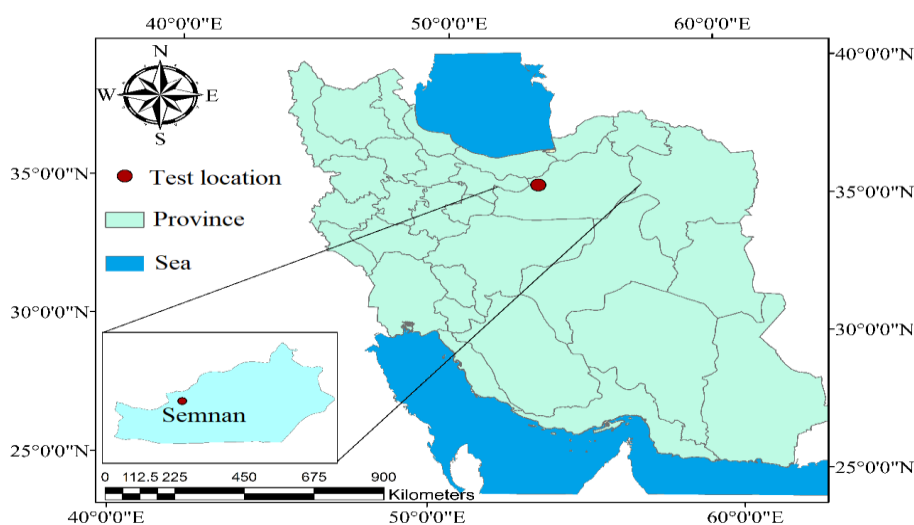
مواد خامی که برای سنگدانه‌های سبک سازه‌های مورد استفاده قرار می‌گیرند، معمولاً از ته‌نشینی مصالح طبیعی مانند رس، شیل و اسلیت که دارای مقدار زیادی سیلیس می‌باشند، تشکیل می‌شوند. دو نوع از روش‌های تولید آن‌ها روش کوره دوار و روش رسوب گذاری است. در هر دو روش نام برده، به مواد خام ناهمگام انبساط گرما داده می‌شود. در فرایند انبساط، گرما تا زمانی ادامه می‌یابد که گازهای درونی آن‌ها آزاد شده و مصالح به شکل نرم و انعطاف‌پذیر درآیند، ولی کامل ذوب نشوند. حباب‌های درونی، توده‌ای از سلول‌های هوای جدا از هم ایجاد کرده و پس از سرد شدن، این مواد در درون آن‌ها باقی می‌مانند. بنابراین، مواد خام منبسط شده و سنگدانه‌هایی با وزن مخصوص پایین‌تر به دست می‌آید (Imura et al, 2000 و Naderi and Bonyadi 2012).

کاه و کلش شامل برگ و ساق انواع گندم و جو بدون احتساب خوشه دانه می‌باشد که روش برداشت آن به ۳ صورت کوبیده، سفال و معمولی (دستچین) می‌باشد. کاه معمولی به گونه‌ای است که در سطح مزارع به صورت دستچین برداشت می‌شود و زیاد دچار تغییر فیزیکی نمی‌شود. کاه سفال به وسیله کنابین در برداشت گندم ایجاد می‌شود که خوشه و ساقه از هم تفکیک شده و کاه حاصله کمی دچار تغییر فیزیکی می‌شود و به صورت بسته‌بندی در می‌آید. کاه کوبیده از کاه سفال به صورتی که در دستگاه خرد و ریز شده حاصل می‌شود و

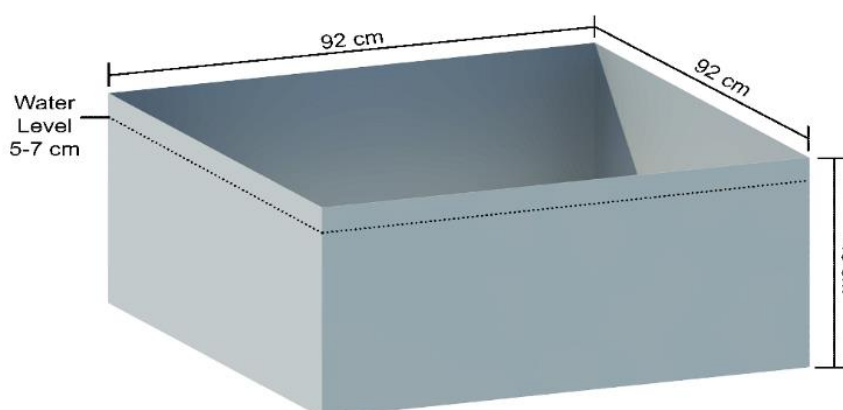
به کلی ساختار فیزیکی خود را از دست می‌دهد (Zahedifar et al, 2014). کاه و کلش مورد استفاده در این پژوهش کاه جو برداشت بهاره از مزارع شهر سمنان می‌باشد که به صورت معمولی دستچین انتخاب می‌شود. علت انتخاب کاه و کلش دستچین جو سبک بودن نسبت به کاه و کلش گندم و ماندگاری بیشتر در سطح آب می‌باشد.

تشت استاندارد کلرادو مدفون

یکی از انواع تشت‌های تبخیر تجربی، تشت کلرادو مدفون می‌باشد. جنس تشت کلرادو مدفون از آهن گالوانیزه ضد زنگ است. تشت مذکور به طول ۹۲، عرض ۹۲ و ارتفاع ۴۶ سانتی‌متر می‌باشد که داخل زمین فرو رفته و ۵ سانتی‌متر از سطح زمین بیرون می‌ماند و می‌توان تا ارتفاع ۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر بالای تشت را از آب پر کرد (Subramanya, 2008). در شکل ۲ ابعاد تشت کلرادو مدفون و سطح آب داخل آن قابل ملاحظه می‌باشد. در این پژوهش، ۳۹ عدد تشت کلرادو با ابعاد ۰/۹۲×۰/۹۲×۰/۴۶ متر از جنس ورق گالوانیزه در یک کارگاه صنعتی شهر سمنان ساخته شد. سه تشت به عنوان شاهد (مشاهداتی)، ۲۷ تشت برای ۳ تیمار پلی‌استایرن (فوم فشرده)، قطعات چوب و موم مصنوعی عسل هر کدام شامل ۳ تکرار و با ۳ درصد پوشش متفاوت و ۹ عدد تشت برای تیمارهای پرلیت، لیکا و کاه و کلش با ۳ تکرار استفاده شد. همچنین ۳ تیمار پلی‌استایرن (فوم فشرده)، قطعات چوب و موم مصنوعی عسل به ورق‌های ۲۰ در ۴۰ سانتی‌متر قطعه قطعه شدند. این تیمارها با درصد پوشش ۶۰، ۷۰ و ۸۰ سطح را پوشش دادند. ۳ تیمار پرلیت، لیکا و کاه و کلش بر روی کل سطح تشت شناور شدند. شکل ۳ نمای کلی پوشش‌های استفاده شده را نشان می‌دهد. مقادیر تبخیر از تشت شاهد و تشت‌های حاوی پوشش‌ها از تاریخ ۲ خرداد ۱۳۹۷ الی ۳۱ مرداد ۱۳۹۷ به صورت روزانه در دانشگاه سمنان اندازه‌گیری شد و در نهایت کارایی پوشش‌ها در کاهش میزان تبخیر با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد. که در آن، $L_{control}$ میزان تلفات از حوضچه شاهد طی بازه اندازه‌گیری و L_{cover} میزان تلفات از حوضچه دارای پوشش در همان بازه است.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه



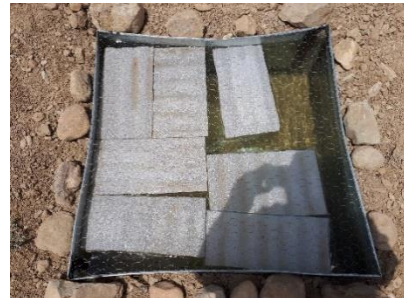
شکل ۲- ابعاد تشت استاندارد کلرادو مدفون

$$\frac{L_{control} - L_{cover}}{L_{control}} \times 100$$

رابطه (۱)



ب



الف



د



ج



و



ه



ح



ز



ی



ط

شکل ۳- پوشش‌های استفاده شده، (الف) تا (ج) پوشش فوم به ترتیب ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درصد، (د) تا (و) پوشش چوب به ترتیب ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درصد، (ز) تا (ط) پوشش موم به ترتیب ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درصد، (ی) پرلیت، (ک) لیکا و (ل) کاه و کلش



ل



ک

ادامه شکل ۳- پوشش‌های استفاده شده، (الف) تا (ج) پوشش فوم به ترتیب ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درصد، (د) تا (و) پوشش چوب به ترتیب ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درصد، (ز) تا (ط) پوشش موم به ترتیب ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درصد، (ی) پرلیت، (ک) لیکا و (ل) کاه و کلش

تحلیل آماری

به منظور تحلیل آماری، پس از ثبت نتایج اندازه‌گیری داده‌های مربوط به پوشش‌ها، مقادیر نرخ تبخیر حاصل شده با استفاده از نرم افزار SPSS21 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نرمال بودن (همگنی) داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت.

تحلیل و توجیه اقتصادی طرح

به منظور بررسی توجیه اقتصادی طرح، قیمت و ارزش ذخیره هر متر مکعب آب به ازای هزینه هر متر مکعب پوشش‌های یاد شده محاسبه و تحلیل شد. در انجام محاسبات، با توجه به ارزش زمانی پول، پارامترهای هزینه‌های سرمایه‌گذاری، طول عمر اقتصادی طرح، نرخ بهره بانکی، تابع اقساط، سود حاصل از اجرای پروژه، ارزش خالص کنونی، نسبت سود به سرمایه و نرخ بازده داخلی محاسبه شد. به عنوان مثال، محاسبات اقتصادی برای استخر سازمان جهاد کشاورزی سمنان انجام شد. این استخر دارای مساحت ۱۲۵۰ متر مربع، مختصات جغرافیایی به طول $28^{\circ}30'28''$ شرقی و عرض $35^{\circ}36'20''$ شمالی بوده و در فاصله $3/8$ کیلومتری از محل انجام آزمایش می‌باشد.

هزینه سرمایه‌گذاری^۱

معادل کل هزینه در نظر گرفته شده برای پوشش مخازن آبی است. هزینه‌ها شامل خرید مواد و اجرای آن در سطح می‌باشد. هزینه‌های فوق با نظر کارشناسی در واحد سطح برآورد شده، ۱۰ درصد هزینه نیز به عنوان هزینه جانبی به مجموع هزینه‌ها اضافه شد. هزینه پوشش‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- هزینه پوشش‌ها

نام پوشش	هزینه به دلار به ازای یک متر مربع
پلی استایرن ۶۰ درصد پوشش	۰/۰۸
پلی استایرن ۷۰ درصد پوشش	۰/۰۸
پلی استایرن ۸۰ درصد پوشش	۰/۰۸
چوب ۶۰ درصد پوشش	۰
چوب ۷۰ درصد پوشش	۰
چوب ۸۰ درصد پوشش	۰
موم ۶۰ درصد پوشش	۱
موم ۷۰ درصد پوشش	۱
موم ۸۰ درصد پوشش	۱
پرلیت	۰/۶۴
لیکا	۱۰
کاه و کلش	۰/۱



طول عمر اقتصادی طرح^۱

برای پوشش‌های نامبرده حدود ۵ سال در نظر گرفته شد. در حال حاضر قیمت و ارزش تمام شده هر متر مکعب آب مصرفی در منطقه مورد مطالعه ۰/۵ دلار است که براساس پژوهش‌های (Martínez Álvarez et al. (2006); Martínez Álvarez et al. (2009) و Ghazvinian et al. (2021) در نظر گرفته شدند. نرخ بهره بانکی سالانه معادل ۲۰ درصد و نرخ تورم بر اساس نرخ تورم سالانه حدود ۱۵ درصد در نظر گرفته شد (Ghazvinian et al. 2021; Soltan toyeh et al. 2013). با توجه به این دو پارامتر، نرخ بهره واقعی مطابق معادله ۲ محاسبه شد (Shively and Galopin, 2013).

$$I_{actual} = \frac{1 + I_{inflation}}{1 + I_{nominal}} - 1 \quad \text{رابطه ۲}$$

که $I_{inflation}$ نرخ تورم و $I_{nominal}$ نرخ بهره بانکی می‌باشد.

ذخیره سالیانه در مخازن

میزان سالیانه تبخیر حدود ۲۱۹۰ میلی‌متر می‌باشد. با توجه به کارایی پوشش‌ها، حجم ذخیره سالیانه در مخازن از رابطه ۳ قابل محاسبه است.

$$Volume\ Per\ Year = Area \times Efficiency \times Evaporation \quad \text{رابطه ۳}$$

سود حاصل از اجرای پروژه معادل ارزش دلاری ذخیره آب است که از رابطه ۴ محاسبه می‌شود.

$$Benefit = Volume\ Per\ Year \times Water\ Price \quad \text{رابطه ۴}$$

قیمت تمام شده هر متر مکعب آب ذخیره شده با استفاده از پوشش‌ها که با توجه به ارزش زمانی پول از رابطه (۵) قابل محاسبه است. که EUA^2 تابع اقساط می‌باشد.

$$Price_{stored\ water} = EUA\ Per\ Year / Volume\ Per\ Year \quad \text{رابطه ۵}$$

روش مرسوم در بررسی اقتصادی پروژه‌های اجرایی این است که پس از محاسبه هزینه‌های اجرا، هزینه نگهداری و نیز درآمدها (در طول دوره معقول) و با در نظر گرفتن نرخ بهره و محاسبه ضریب بهره، نسبت سود (درآمد) به هزینه در یک مقطع مشخص (سال مشخص) تعیین شود و سپس اقتصادی و یا عدم اقتصادی بودن پروژه‌ها ارزیابی شود. به این منظور، غالباً از روابطی که در ادامه ذکر می‌شود، استفاده می‌شود.

ارزش خالص کنونی^۳

ارزش خالص در علم اقتصاد مهندسی، یکی از روش‌های استاندارد ارزیابی طرح‌های اقتصادی است که در واقع تفاوت بین ارزش فعلی جریان‌ات نقدی ورودی و ارزش فعلی جریان نقدی خروجی (با توجه به ارزش زمانی پول) می‌باشد. در این روش، جریان نقدینگی (درآمدها و هزینه‌ها) بر پایه زمان وقوع (درآمد یا هزینه) به نرخ روز تنزل می‌شود. به این ترتیب در جریان نقدینگی، ارزش زمان انجام هزینه یا به دست آمدن درآمد نیز لحاظ می‌گردد. ارزش خالص کنونی با NPV با رابطه ۶ محاسبه می‌شود. در این رابطه n تعداد سال (عمر بهره‌دهی پروژه) است. در این حالت زمانی که پروژه اقتصادی است که $NPV > 0$ باشد (Lin, 1976; Monti et al., 2016).

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{Benefit_{year}}{(1 + I_{actual})^n} \quad \text{رابطه ۶}$$

نسبت سود به سرمایه^۴

در این روش، برای محاسبه میزان هزینه و درآمد سال به سال به همراه نرخ بهره مربوط، بکار می‌رود. سپس مجموع سال‌ها در دوره بهره‌دهی پروژه در رابطه ۷ قرار داده می‌شود (Lin, 1976; Monti et al., 2016).

^۱ E(Life)

^۲ Equivalent Uniform Annual

^۳ Net Present Worth

^۴ Benefit Cost Ratio

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Benefit}{(1+I_{actual})^n}}{\sum_{t=1}^n \frac{EUA}{(1+I_{actual})^n}} \quad \text{رابطه ۷}$$

در ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها بایستی مقدار BCR بزرگ‌تر از ۱ باشد تا پروژه از نظر اقتصادی توجیه داشته باشد.

نرخ بازده داخلی^۱

شاخص IRR از جمله پرکاربردترین شاخص‌های مالی است که در ارتباط تنگاتنگ با فرمول NPV می‌باشد. در محاسبه این شاخص، ارزش زمانی پول در نظر گرفته می‌شود و با استفاده از آن می‌توان توجیه‌پذیری مالی طرح را در مقایسه با شرایط معمول سرمایه‌گذاری در کشور و آن صنعت خاص، به دست آورد. محاسبه شاخص IRR به صورت حدس و خطا و با استفاده از روش‌هایی نظیر روش نیوتن می‌باشد (Lin, 1976; Monti et al., 2016).

نتایج و بحث

نتایج بررسی نرمال بودن داده‌ها

نرمال بودن (همگنی) داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد. در جدول ۲ نرمال بودن تبخیر ایستگاه، تبخیر مشاهداتی، تبخیر پوشش‌های پرلیت، لیکا و کاه و کلش با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف در سطح اطمینان ۹۹ درصد آورده شده است. با توجه به نتایج حاصله چون سطح معنی‌داری بیش از ۱ درصد است، بین فراوانی مشاهداتی هر نمونه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و توزیع جامعه نرمال است. بنابراین می‌توان از آزمون‌های پارامتریک استفاده کرد. به منظور مقایسه میانگین تبخیر پوشش‌ها و تشت مشاهداتی از آزمون پارامتریک تحلیل واریانس یکطرفه استفاده شد.

نتایج کاهش تبخیر پوشش‌ها نسبت به تشت شاهد

در شکل ۴ کاهش تبخیر پوشش‌ها بر حسب درصد در روزهای مختلف آزمایش نشان داده شده است. با توجه به این جدول بیشترین کاهش تبخیر مربوط به پلی‌استایرن (فوم) ۸۰ درصد، با میانگین ۶۵/۰۱ درصد نسبت به تشت مشاهداتی و کمترین کاهش تبخیر، پوشش موم ۶۰ درصد با میانگین ۸/۶۸ درصد می‌باشد. جدول ۳ نتایج بررسی درصد کاهش تبخیر پوشش‌ها را بیان می‌کند که بیشترین درصد کاهش تبخیر مربوط به فوم ۸۰ و کمترین مربوط به موم ۶۰ می‌باشد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات (Martínez Álvarez et al. (2006) و (Ghazvinian et al. (2020b) و (Saggai and Bachi, (2018) مطابقت دارد.

جدول ۲- نتایج بررسی نرمال بودن توزیع ارتفاع تبخیر پوشش‌ها، مشاهداتی و ایستگاه برحسب میلی‌متر

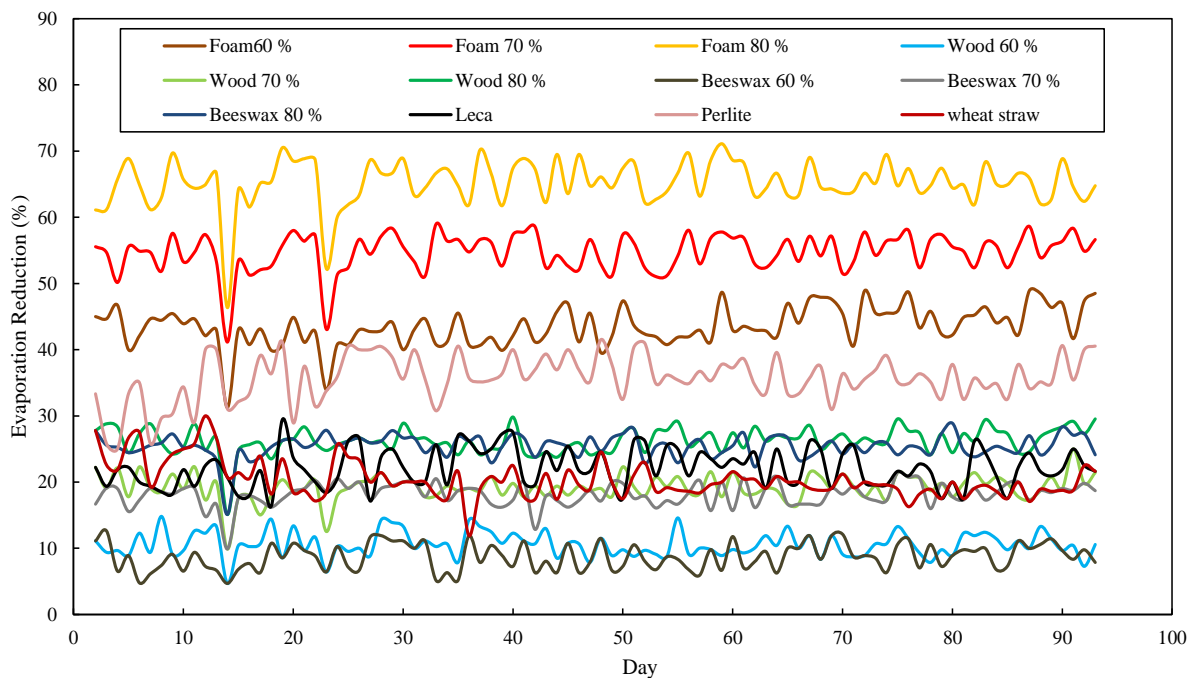
تشت و پوشش‌ها	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	آزمون کلموگروف اسمیرنوف	سطح معنی‌داری
مشاهداتی	۹۲	۱۳/۶۷	۲/۴۵	-/۰.۶۶	-/۲۰.۰
فوم ۶۰٪	۹۲	۷/۷۳	۱/۵۹	-/۰.۶۵	-/۰.۲
فوم ۷۰٪	۹۲	۶/۱۸	۱/۲۶	-/۰.۹۲	-/۰.۱۸
فوم ۸۰٪	۹۲	۴/۷۳	۰/۹۵	-/۰.۸۳	-/۰.۴۹
چوب ۶۰٪	۹۲	۱۲/۲۲	۲/۳۸	-/۰.۶۵	-/۲۱.۰
چوب ۷۰٪	۹۲	۱۱/۰۴	۲/۱۷	-/۰.۶۷	-/۲۰.۸
چوب ۸۰٪	۹۲	۱۰/۰۸	۲/۰۰	-/۰.۶۶	-/۲۰.۸
موم ۶۰٪	۹۲	۱۲/۴۷	۲/۴۳	-/۰.۸۰	-/۰.۶۴
موم ۷۰٪	۹۲	۱۱/۲۰	۲/۲۳	-/۰.۶۹	-/۲۰.۰
موم ۸۰٪	۹۲	۱۰/۱۹	۲/۰۱	-/۰.۵۸	-/۲۰.۰
کاه	۹۲	۱۰/۰۹	۲/۲۰۷	-/۰.۹۳	-/۳۸۸
پرلیت	۹۲	۸/۷۵	۱/۱۵۸	۱/۴۳۶	-/۰.۳۲
لیکا	۹۲	۱۰/۶۱	۱/۹۹۲	-/۰.۸۱	-/۲۹۱

² Internal Rate of Return

نتایج تبخیر تجمعی پوشش‌ها نسبت به تشت شاهد

در شکل ۵ ارتفاع تبخیر تجمعی پوشش‌ها و تشت مشاهداتی بر حسب میلی‌متر نشان داده شده است. در این شکل تبخیر تجمعی تشت مشاهداتی بالاترین نمودار را به خود اختصاص داده است که بیانگر عملکرد مناسب پوششها در جلوگیری از تبخیر آب در طول مدت آزمایش می‌باشد. همچنین پلی‌استایرن (فوم) ۸۰ درصد پوشش و موم عسل ۶۰ درصد پوشش به ترتیب دارای کمترین و بیشترین ارتفاع تبخیر را به خود اختصاص دادند.

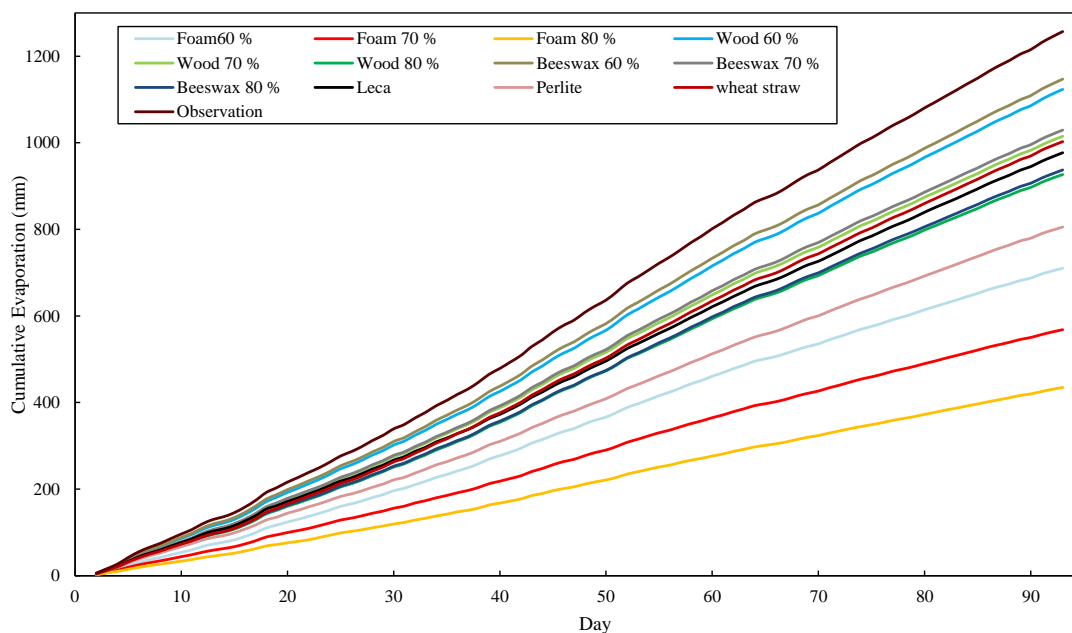
در جدول ۴ ارتفاع تبخیر، حجم آب تبخیر شده و نسبت تبخیر تشت‌های حاوی پوشش به مشاهداتی را در طول مدت برداشت نشان می‌دهد. بنابراین با تعمیم نتایج حاصل از این پژوهش در کاهش تبخیر از سطح آب (شش پوشش ذکر شده) به استخر با سطوح بزرگ می‌توان در مورد هزینه اجرای این پوشش‌ها در سطوح بزرگ تصمیم‌گیری کرد.



شکل ۴- نمودار درصد کاهش تبخیر پوشش‌های مورد مطالعه

جدول ۳- نتایج بررسی درصد کاهش تبخیر پوشش‌ها

نوع پوشش	تعداد	میانگین (%)
فوم ۶۰ درصد	۹۲	۴۳/۱۳
فوم ۷۰ درصد	۹۲	۵۴/۳۷
فوم ۸۰ درصد	۹۲	۶۵/۰۱
چوب ۶۰ درصد	۹۲	۱۰/۴۹
چوب ۷۰ درصد	۹۲	۱۹/۰۶
چوب ۸۰ درصد	۹۲	۲۶/۱۴
موم ۶۰ درصد	۹۲	۸/۶۸
موم ۷۰ درصد	۹۲	۱۸/۰۴
موم ۸۰ درصد	۹۲	۲۵/۵۳
لیکا	۹۲	۲۲/۱۵
پرلیت	۹۲	۳۵/۶۹
کاه و کلش	۹۲	۲۰/۳۹



شکل ۵- مقایسه نمودار تجمعی تبخیر تحت شاهد و تحت‌های دارای پوشش بر حسب میلی‌متر

جدول ۴- تبخیر تجمعی پوشش‌ها و تحت شاهد در طول مدت برداشت

نوع پوشش	ارتفاع آب تبخیر شده (mm)	حجم آب تبخیر شده (m ³)	نسبت تبخیر پوشش‌ها به مشاهداتی
تحت مشاهداتی	۱۲۴۴	۱/۰۵	---
فوم ۶۰٪	۷۰۴	۰/۵۹	۰/۵۶
فوم ۷۰٪	۵۶۳	۰/۴۷	۰/۴۵
فوم ۸۰٪	۴۳۰	۰/۳۶	۰/۳۴
چوب ۶۰٪	۱۱۱۲	۰/۹۴	۰/۸۹
چوب ۷۰٪	۱۰۰۵	۰/۸۵	۰/۸۱
چوب ۸۰٪	۹۱۸	۰/۷۷	۰/۷۴
موم ۶۰٪	۱۱۳۵	۰/۹۶	۰/۹۱
موم ۷۰٪	۱۰۱۹	۰/۸۶	۰/۸۲
موم ۸۰٪	۹۲۸	۰/۷۸	۰/۷۴
لیکا	۹۷۷	۰/۸۳	۰/۷۸
پرلیت	۸۰۵	۰/۶۸	۰/۶۴
کاه و کلش	۱۰۰۳	۰/۸۵	۰/۸

طبق جدول ۵ خلاصه مقایسه نتایج تحقیق حاضر با خلاصه نتایج سایر تحقیقات دیگر در زمینه روش‌های کاهش تبخیر ارائه شده است. در تحقیق مظاهری و عابدی کوپایی (۱۳۹۷)، پلی استایرن با پوشش کامل سطح و پلی استایرن و آلومینوم با پوشش کامل سطح به ترتیب ۸۵ و ۸۳ درصد در کاهش تبخیر موثر بودند. همچنین در پژوهش Elsebaie et al., 2017 پوشش برگ خرما تا ۷۶ درصد در کنترل نرخ تبخیر کارایی داشت. این تحقیقات با نتایج پوشش فوم ۸۰ درصد (بهترین پوشش) در این تحقیق نزدیک می‌باشند.

جدول ۵- مقایسه خلاصه نتایج تحقیقات کاهش تبخیر با پژوهش حاضر

تحقیقات پیشین	مواد استفاده شده	درصد کاهش تبخیر (%)
(Elsebaie et al., 2017)	پوشش شطرنجی برگ خرما	۷۶



	پوشش یک لایه از ساقه نخل	۴۷
(Alam and AlShaikh., 2013)	پوشش دو لایه از ساقه نخل	۵۷
	توپ سفید با پوشش کامل سطح	۶۲/۳
(رضازاده و همکاران، ۱۳۹۸)	توپ سیاه با پوشش کامل سطح	۵۴/۱
	توپ سفید و سیاه با پوشش کامل سطح	۵۷/۳
	پلی استایرن با پوشش کامل سطح	۸۵/۶
(مظاهری و عابدی کویابی، ۱۳۹۷)	پلی استایرن و آلومینوم پوشش کامل سطح	۸۳
	پلی کربنات با پوشش کامل سطح	۷۶/۵

نتایج تحلیل اقتصادی

پارامترهای مورد نیاز برای بررسی و توجیه اقتصادی استفاده از پوشش‌ها به منظور پوشاندن استخر برآورد و در جدول ۶ ارائه شده است. ذخایر سالیانه آب با توجه به مساحت استخر و میزان تبخیر محاسبه و میزان سود و هزینه سالیانه تحلیل شد. مجموع کل هزینه لازم برای تهیه و اجرای پوشش‌ها برآورد شد. قیمت تمام شده هر متر مکعب ذخیره آب، طی پروژه حاضر، برای استخر محاسبه گردید. همچنین نرخ بازده داخلی برای پوشش‌ها برحسب درصد محاسبه شد که این نرخ بازده، بیانگر جذابیت پروژه به منظور سرمایه‌گذاری است. نسبت سود به هزینه نیز که از دیگر پارامترهای مهم در توجیه اقتصادی طرح‌هاست، محاسبه شد. مقادیر بیشتر از یک نشان دهنده مناسب بودن اجرای طرح می‌باشد.

همچنین با توجه به اینکه پوشش چوب استفاده شده در این تحقیق، چوب دور ریز بوده و هزینه‌ای نداشته است، تحلیل اقتصادی بر روی این پوشش انجام نشده است. به منظور اهمیت در نظر گرفتن ارزش زمانی پول در پروژه حاضر، مدت زمان برگشت سرمایه در دو حالت محاسبه و ارائه شده است. این مدت زمان در نمودار ترسیم شده شکل ۶ نشان داده شده است. در این شکل محل تلاقی منحنی سود با محور افقی مدت زمان لازم برای بازگشت سرمایه را نشان می‌دهد. در حالتی که ارزش زمانی پول در نظر گرفته نشود، تابع سود خطی و درجه یک بوده و شیب منحنی سود نیز یک می‌باشد.

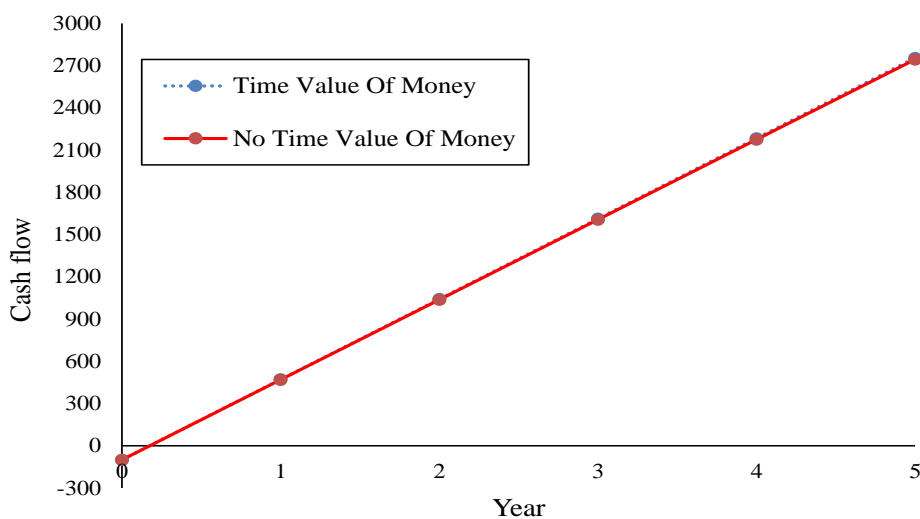
در این حالت، مدت زمان برگشت سرمایه کمتر از حالتی است که ارزش پول در نظر گرفته می‌شود. در حالی که تابع سود با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول لگاریتمی و درجه دو بوده و مدت زمان واقعی برگشت سرمایه را نشان می‌دهد. این مدت زمان در پوشش‌های پلی استایرن ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درصد، موم ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درصد، لیکا، پرلیت و کاه و کلس به ترتیب ۰/۱۷۰۸، ۰/۱۳۵۳، ۰/۱۱۲۰، ۰/۱۵/۰۴۶، ۲۵/۴۰۱۴، ۸/۳۲۱۶، ۷/۵۵۰، ۲/۲۰۶۹، ۰/۴۸۱۱ به دست آمد. در واقع سود حاصل از ذخیره آب بعد از گذشت مدت زما ت یاد شده، سود واقعی می‌باشد که میزان تجمعی آن تا پایان عمر پروژه سود خالص کنونی را نشان می‌دهد. همچنین با توجه به مقادیر مدت زمان بازگشت سرمایه و ارزش خالص کنونی، نسبت سود به سرمایه و نرخ بازده داخلی که در جدول ۶ ذکر شده است، پوشش‌های موم با درصد‌های مختلف و لیکا غیر اقتصادی بوده و نمودار مدت زمان برگشت سرمایه در شکل ۶ رسم نشده است.

در پژوهش Martínez Álvarez et al. (2006) مشخص شد هزینه اولیه استفاده از پوشش‌های پلی اتیلنی و آلومینیومی برای مخازن آبیاری کشاورزی زیاد می‌باشد، اما هزینه تعمیر و نگهداری آن‌ها ناچیز است. در شرایطی که ذخیره آب باعث افزایش سطح زیر کشت محصولات شود، سود اقتصادی سالانه حدود دو برابر هزینه سالانه احداث این پوشش‌ها خواهد بود. بنابراین در شرایط کمبود آب در اسپانیا؛ پوشش می‌تواند گزینه مناسبی برای افزایش بهره‌وری مصرف آب کشاورزی باشد. در مجموع می‌توان به این موضوع دست یافت که مطابق با نتیجه پژوهش Martínez et al. (2009) نصب پوشش‌ها در سطح استخرهای مزارع، تا حد زیادی به سود حاصل از افزایش تولید محصولات یا سود حاصل از مزارع وسیع در زمان کم‌آبی، بستگی دارد.

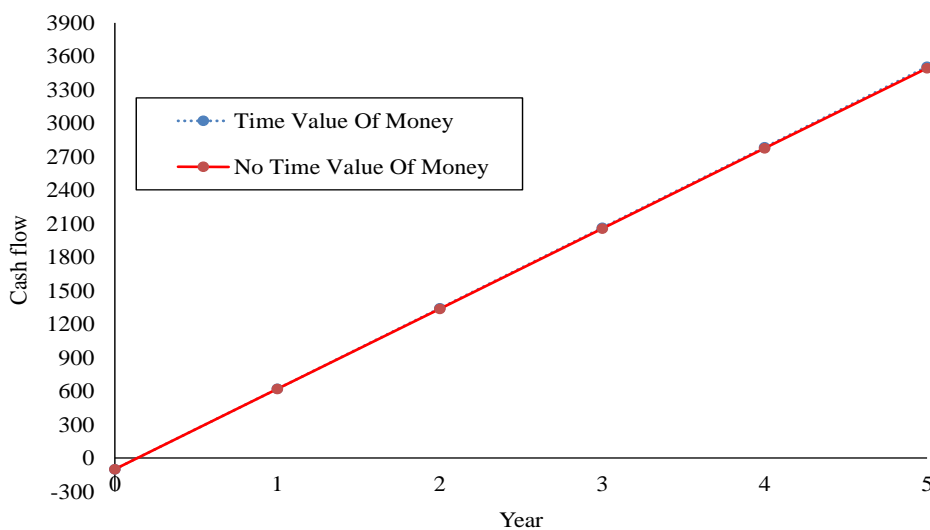
جدول ۶- محاسبه پارامترهای اقتصادی طرح

BCR ¹	IRR ²	NPV ³	قیمت تمام شده متر مکعب آب (\$)	سود سالانه (\$)	EUD(\$) ⁴	Capex(\$) ⁵	ذخیره سالانه	نوع پوشش
۳۳/۴۹۶	%۵۷۱	۳۲۸۶/۵۹	۰/۵	۵۸۸/۵۶	۱۷/۵۷	۱۰۰	۱۱۷۷/۱	پلی استایرن ۶۰%
۴۲/۰۶۵	%۷۲۲	۴۱۸۰/۷۳	۰/۵	۷۳۹/۱۳	۱۷/۵۷	۱۰۰	۱۴۷۸/۲	پلی استایرن ۷۰%
۵۰/۶۳۴	%۸۷۲	۵۰۷۴/۸۷	۰/۵	۸۸۹/۶۹	۱۷/۵۷	۱۰۰	۱۷۷۹/۴	پلی استایرن ۸۰%

۰/۴۹۹	-	-۱۹۵۸/۴۱	۰/۵	۱۰۹/۵۰	۲۱۹/۶۴	۱۲۵۰	۲۱۹	موم ۶۰٪
۱/۱۲۲	-۴۶٪	-۱۱۴۵/۵۵	۰/۵	۲۴۶/۳۸	۲۱۹/۶۴	۱۲۵۰	۴۹۲/۷۵	موم ۷۰٪
۱/۵۵۸	-۲۰٪	-۵۷۶/۵۵	۰/۵	۳۴۲/۱۹	۲۱۹/۶۴	۱۲۵۰	۶۸۴/۳۷	موم ۸۰٪
۰/۱۳۷	-	-۲۴۲۹۸/۷	۰/۵	۳۰۱/۱۳	۲۱۹۶/۳۶	۱۲۵۰۰	۶۰۲/۲۵	لیکا
۳/۴۰۸	۳۲٪	۱۱۷۵/۴۳	۰/۵	۴۷۹/۰۶	۱۴۰/۵۷	۸۰۰	۹۵۸/۱۲	پرلیت
۱۲/۴۶۴	۲۰٪	۱۳۶۴/۸۴	۰/۵	۲۷۳/۷۵	۲۱/۹۶	۱۲۵	۵۴۷/۵	کاه و کلش
1 Benefit Cost Ratio			2 Internal Rate of Return			3 Net Present Value		
4 Installment function			5 Capital Expenditure					

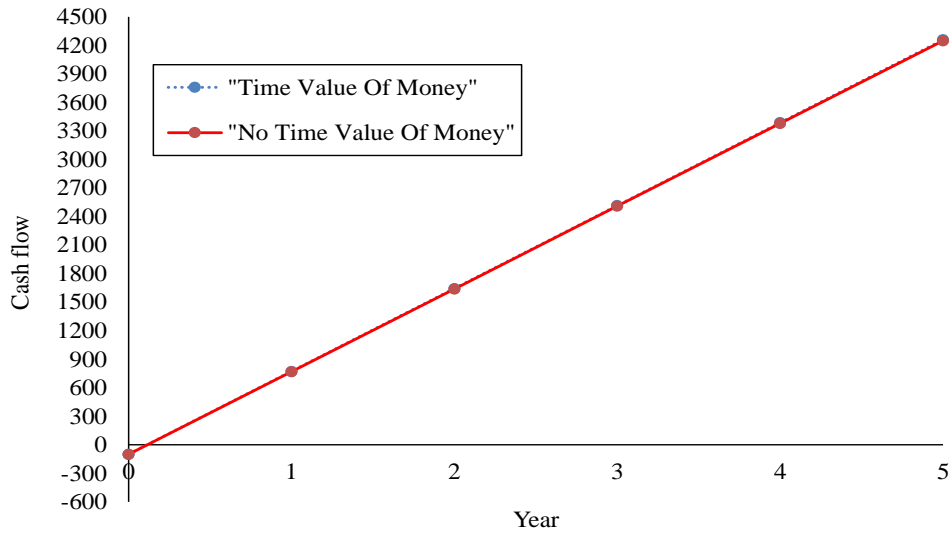


الف

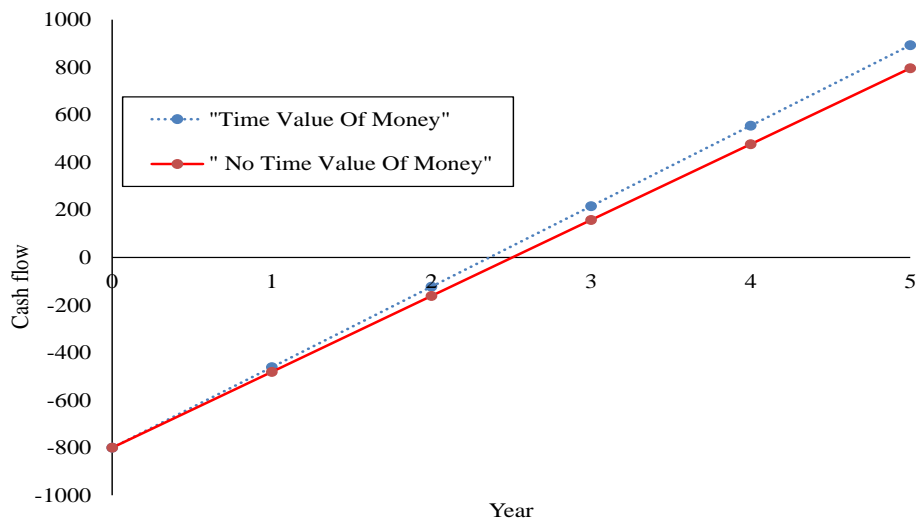


ب

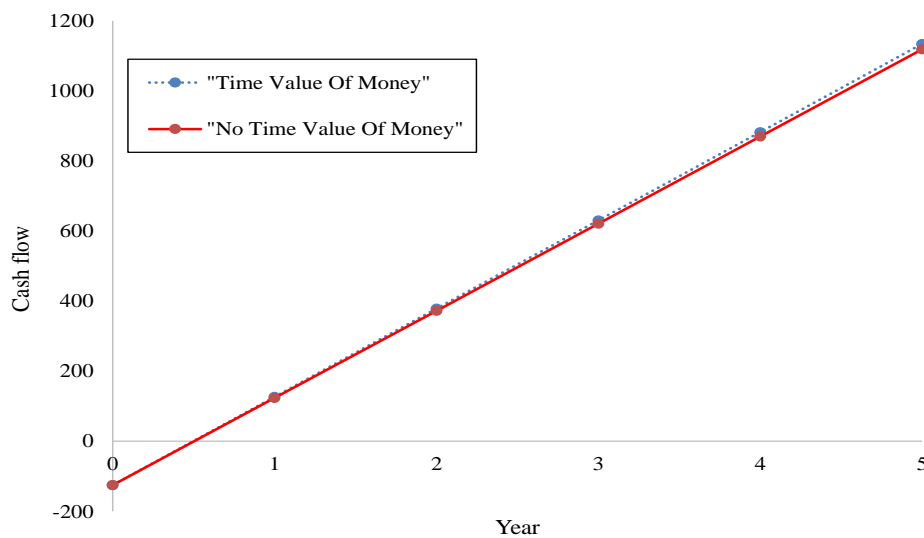
شکل ۶- نمودار تجمعی سود سالانه با و بدون در نظر گرفتن ارزش زمانی پول پوشش‌ها، الف: پلی استایرن ۶۰ درصد، ب: پلی استایرن ۷۰ درصد، ج: پلی استایرن ۸۰ درصد، د: پرلیت و ه: کاه و کلش



ج



د



ه

ادامه شکل ۶- نمودار تجمعی سود سالانه با و بدون در نظر گرفتن ارزش زمانی پول پوشش‌ها، الف: پلی استایرن ۶۰ درصد، ب: پلی استایرن ۷۰ درصد، ج: پلی استایرن ۸۰ درصد، د: پرلیت و ه: کاه و کلش

نتیجه‌گیری

بررسی عملکرد شش نوع پوشش که سه پوشش با درصدهای متفاوت در سطح تشتت تبخیر قرار گرفتند نشان داد که پوشش پلی‌استایرن به ترتیب با درصد ۸۰، ۷۰ و ۶۰ در کاهش تبخیر از سطح آزاد آب نسبت به بقیه تیمارها مناسب‌تر است. بعد از پوشش مذکور، پرلیت در مرتبه بعدی قرار گرفت. پوشش ۸۰ درصدی پلی‌استایرن می‌تواند تا حدود ۶۷ درصد تبخیر را کاهش دهد. در پایان زمان آزمایش، پوشش‌های موم و کاه و کلش دوام خود را از دست دادند که نشان می‌دهد این پوشش‌ها نه تنها در کاهش تبخیر عملکرد مناسبی نداشتند بلکه در بازه زمانی کوتاه خاصیت و شکل اولیه خود را در سطح آب از دست می‌دهند. همچنین با توجه به ارزان بودن و در دسترس بودن چوب، می‌توان از این پوشش در مناطقی که میزان تبخیر زیاد نیست استفاده کرد. با بررسی‌های صورت گرفته، در صورت اجرای پوشش‌های استفاده شده در این تحقیق بر روی استخر سازمان جهاد کشاورزی سمنان، می‌توان با نگهداشت آب، میزان آب خریداری شده سالانه را کاهش داد. میزان تبخیر سالانه در ایستگاه مورد مطالعه در حدود ۲۱۹۰ میلی‌متر می‌باشد که در صورت استفاده از پوشش‌های پلی‌استایرن با درصد ۶۰، ۷۰ و ۸۰ و پوشش پرلیت مقدار تبخیر به ترتیب به حدود ۱۳۱۴، ۱۰۹۵، ۸۳۲ و ۱۴۲۳ میلی‌متر در سال کاهش می‌یابد. با توجه به آنالیز اقتصادی، پوشش‌های پلی‌استایرن و پرلیت نسبت به بقیه پوشش‌ها به صرفه‌تر بودند. برای مدت زمان پنج سال، میزان نسبت سود به سرمایه برای پوشش‌های پلی‌استایرن با درصد پوشش ۶۰، ۷۰ و ۸۰ و پرلیت به ترتیب ۳۲۸۶/۵۹، ۴۱۸۰/۷۳، ۵۰۷۴/۸۷ و ۱۱۷۵/۴۳ می‌باشد که نشان می‌دهد اجرای این پوشش‌ها می‌تواند اقتصادی باشد. در مجموع هم از نظر کارایی و هم از نظر اقتصادی، پوشش پلی‌استایرن و پرلیت را نسبت به دیگر پوشش‌های مورد مطالعه در اجرا به منظور کنترل تبخیر مناسب‌تر دانست. برای بررسی عملکرد پلی‌استایرن در طول زمان، پیشنهاد می‌شود که پلی‌استایرن در ضخامت‌های مختلف مورد بررسی قرار بگیرند. همچنین برای افزایش دوام پلی‌استایرن پیشنهاد می‌شود ورق‌های آن را با دوغاب سیمان ترکیب کرد. به طور کلی لازم است اثر ضخامت و ابعاد پوشش‌ها بر کاهش تبخیر و تاثیر آن‌ها بر دوام پوشش‌ها مورد بررسی قرار بگیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود به بررسی مدت زمان دوام هر یک از پوشش‌ها در شرایط اقلیمی مختلف انجام شود.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

- Akinyemi, B. A., Okonkwo, C. E., Alhassan, E. A. and Ajiboye, M. (2019). Durability and strength properties of particle boards from polystyrene-wood wastes. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 21(6), 1541-1549.
- Alam, S. H. and AlShaikh, A. A. (2013), Use of palm fronds as shaded cover for evaporation reduction to improve water storage efficiency. *Journal of King Saud University- Engineering Sciences*, 25(1), 55-58.
- Althoff, D., Rodrigues, L. N., Da Silva, D.D. and Bazame, H.C. (2019). Improving methods for estimating small reservoir evaporation in the Brazilian Savanna. *Agricultural Water Management*, 216, 105-112.
- Chen, Z., Sun, S., Zhu, Z., Jiang, H. and Zhang, X. (2019). Assessing the effects of plant density and plastic film mulch on maize evaporation and transpiration using dual crop coefficient approach. *Agricultural Water Management*, 225, 105765.
- Dadrasajirlou, Y., Ghazvinian, H., Heddami, S. and Ganji, M. (2022). Reference Evapotranspiration Estimation Using ANN, LSSVM, and M5 Tree Models (Case Study: of Babolsar and Ramsar Regions, Iran). *Journal of Soft Computing in Civil Engineering*, 6(3): 101-118. doi.org/10.22115/SCCE.2022.342290.1434.
- Dehghanipour, M. H., Karami, H., Ghazvinian, H., Kalantari, Z. and Dehghanipour A. H. (2021). Two Comprehensive and Practical Methods for Simulating Pan Evaporation under Different Climatic Conditions in Iran. *Water*, 13, 2814. doi.org/10.3390/w13202814
- Elsebaie, I. H., Fouli, H. and Amin, M. (2017), Evaporation reduction from open water tanks using palm-frond covers: Effects of tank shape and coverage pattern. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21(7): 2977-2983.
- Gaur, G. and Sharma, Y. K. (2018). Preparation and Properties of Wax Emulsions, Wax Dispersion and Their Applications in Coatings. *International Journal of Engineering & Scientific Research*, 6(5): 118-124.
- Ghazvinian, H., Bahrami, H., Ghazvinian, H. and Heddami, S. (2020a). Simulation of Monthly Precipitation in Semnan City Using ANN Artificial Intelligence Model. *Journal of Soft Computing in Civil Engineering*, 4(4), 36-46. doi.org/10.22115/SCCE.2020.242813.1251.
- Ghazvinian, H., Farzin, S., Karami H. and Mousavi, S. F. (2020b). Investigating the Effect of using Polystyrene sheets on Evaporation Reduction from Water-storage Reservoirs in Arid and Semiarid Regions (Case study: Semnan city). *Journal of Water and Sustainable Development*, 7(2), 45-52.



doi.org/10.22067/jwsd.v7i2.81748.

- Ghazvinian, H., Karami, H., Farzin, S. and Mousavi, S. F. (2020c). Effect of MDF-Cover for Water Reservoir Evaporation Reduction, Experimental, and Soft Computing Approaches. *Journal of Soft Computing in Civil Engineering*, 4(1), 98–110. doi.org/ 10.22115/SCCE.2020.213617.1156.
- Ghazvinian, H., Karami, H., Farzin, S. and Mousavi, S. F. (2020d). Experimental Study of Evaporation Reduction Using Polystyrene Coating, Wood and Wax and its Estimation by Intelligent Algorithms. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 11(2), 147-165. doi.org/10.22125/iwe.2020.120727.
- Ghazvinian, H., Karami, H., Farzin, S. and Mousavi S. F. (2021). Introducing affordable and accessible physical covers to reduce evaporation from agricultural water reservoirs and pools (field study, statistics, and intelligent methods). *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 2543. doi.org/10.1007/s12517-021-08735-3.
- Ghazvinian, H., Mousavi, S. F, Karami, H., Farzin, S., Ehteram, M., Hossain, M. S., Fai, C. M., Hashim, H. B., Singh, V. P, Ros. F. C. and Ahmed A. N. (2019). Integrated support vector regression and an improved particle swarm optimization-based model for solar radiation prediction. *PLoS One*, 14(5), e0217634. doi.org/10.1371/journal.pone.0217634.
- Imura, S, Kaniva, H, Horio M. and Kimura, K. (2000). A Novel Fluidized bed manufacturing of high performance artificial lightweight aggregate concrete. Kristiansand, Norway: 611-613.
- Karami, H., Ghazvinian, H., Dehghanipour, M. and Ferdosian, M. (2021). Investigating the Performance of Neural Network Based Group Method of Data Handling to Pan's Daily Evaporation Estimation (Case Study: Garmsar City). *Journal of Soft Computing in Civil Engineering*, 5(2), 1–18. doi.org/10.22115/SCCE.2021.274484.1282.
- Keshtegar, B., Heddami, S., Sebban, A., Zhu, S. P. and Trung, N. T. (2019). SVR-RSM: a hybrid heuristic method for modeling monthly pan evaporation. *Environmental Science and Pollution Research*. 26(35), 35807–35826.
- Kisi, O., Shiri, J., Karimi, S., Shamsirband, S., Motamedi, S., Petković, D. and Hashim, R. (2015). A survey of water level fluctuation predicting in Urmia Lake using support vector machine with firefly algorithm. *Applied Mathematics and Computation*, 270, 731–743.
- Kumar, N. and Arakeri, J. H. (2019). Experimental and numerical investigation of evaporation from line sources of water in low porosity surfaces. *Journal of Hydrology*, 569, 795–808.
- Lin SAY. (1976). The modified internal rate of return and investment criterion. *The Engineering Economist*, 21(4), 237–247.
- Martínez Álvarez, V., Baille, A., Molina Martínez, J. M. and González Real, M. M. (2006). Effect of black polyethylene shade covers on the evaporation rate of agricultural reservoirs. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4(4), 280.
- Martínez Alvarez, V., Leyva, J. C., Maestre Valero, J. F. and Górriz, B. M. (2009). Economic assessment of shade-cloth covers for agricultural irrigation reservoirs in a semi-arid climate. *Agricultural Water Management*, 96(9), 1351–1359.
- Mazaheri, E. and Abedi Koupai, J. (2018). Reduction of Evaporation from Water Reservoirs Using Floating Covers in Isfahan. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 49(3), 597-605. (In Farsi)
- Miles, R. E. H., Davies, J. F. and Reid, J. P. (2016). The influence of the surface composition of mixed monolayer films on the evaporation coefficient of water. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 18(29), 19847–19858.
- Monti, A., Pesch, D., Ellis, K. and Mancarella, P. (2016). Energy positive neighborhoods and smart energy districts. methods, tools, and experiences from the field, Academic Press.
- Naderi M. and Bonyadi A. (2012). Comparison of Mix-Design and Compressive Strengths of Leca, Scoria And Perlite Lightweight Concretes With Using Twist-Off Method. *Journal of Civil Engineering (Journal of School of Engineering)*, 23: 71-90. (In Farsi).
- Nourani, V., Sayyah-Fard, M., Alami, M. T. and Sharghi, E. (2020). Data pre-processing effect on ANN-based prediction intervals construction of the evaporation process at different climate regions in Iran. *Journal of Hydrology*, 588, 125078.
- Pittaway, P., Herzig, M., Stuckey, N. and Larsen K. (2015). Biodegradation of artificial monolayers applied to water storages to reduce evaporative loss. *Water Science and Technology*, 72(8), 1334–1340.
- Rezzazadeh, A., Akbarzadeh, P. and Aminzadeh, M. (2020). Modelling and Experimental Investigation of the Evaporation Suppression Using Floating Covers in the Presence of Surface Flows. *Amirkabir Journal of Mechanical Engineering*, 52(7), 1193-2010. (In Farsi)
- Saggai, S. and Bachi, O. E. K. (2018). Evaporation Reduction from Water Reservoirs in Arid Lands Using

- Monolayers: Algerian Experience. *Water Resources*, 45(2), 280–288.
- Santafé, M. R., Ferrer Gisbert, P. S., Sánchez Romero, F. J., Torregrosa Soler, J. B., Ferrán Gozávez, J. J. and Ferrer Gisbert, C. M. (2014). Implementation of a photovoltaic floating cover for irrigation reservoirs. *Journal of Cleaner Production*, 66, 568–570.
- Sebbar, A., Heddami, S. and Djemili, L. (2020). Kernel extreme learning machines (KELM): a new approach for modeling monthly evaporation (EP) from dams reservoirs. *Physical Geography*. 1–23.
- Sebbar, A., Heddami, S. and Djemili L. (2019). Predicting Daily Pan Evaporation (Epan) from Dam Reservoirs in the Mediterranean Regions of Algeria: OPELM vs OSELM. *Environmental Processes*, 6(1), 309–319.
- Shively, G. and Galopin, M. (2013). An overview of benefit-cost analysis. Accessed online at <http://www.agecon.purdue.edu/staff/shively/COURSES/AGEC406/reviews/bca.htm>.
- Silva, C., González, D and Suárez, F. (2017). An experimental and numerical study of evaporation reduction in a salt-gradient solar pond using floating discs. *Solar Energy*. 142, 204–214.
- Simon, K., Shanbhag, R. and Slocum, A. H. (2016). Reducing Evaporative Water Losses from Irrigation Ponds through the Reuse of Polyethylene Terephthalate Bottles. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 142(2), 06015005.
- Sobhi A. (2020). Laboratory evaluation of the effect of physical methods in the reducing evaporation from the surface of reservoirs on the quantity and quality of water. M.Sc. Thesis in Water Resources Management and Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahrood University of Technology, Iran. (In Farsi)
- Subramanya, K. (2013). *Engineering hydrology*, 4e, Tata McGraw-Hill Education
- Taboada, M. E., Cáceres, L., Graber, T. A., Galleguillos, H. R., Cabeza, L. F and Rojas, R. (2017). Solar water heating system and photovoltaic floating cover to reduce evaporation: Experimental results and modeling. *Renewable Energy*, 105, 601–615.
- Waheeb Youssef, Y. and Khodzinskaya, A. (2019). A Review of Evaporation Reduction Methods from Water Surfaces. *E3S Web of Conferences* 97, 05044.
- Wandel, A. P., Brink, G. N., Hancock, N. H and Pather, S. (2017). Spreading rate and dispersion behavior of evaporation-suppressant monolayer on open water surfaces: Part 2 – Under wind stress. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 87, 171–181.
- Wurbs, R. A. and Ayala, R. A. (2014). Reservoir evaporation in Texas, USA. *Journal of Hydrology*, 510, 1–9.
- Zahedifar, M., Fazaeli, H. and Teimournejad N. (2014). Study of chemical composition and fermentability of straw from some varieties and lines of wheat. *Journal of Ruminant Research*, 1(4):81-96. (In Farsi)
- Zandi, Y. (2005). The use of perlite as a native material in lightening the weight of concrete with the ability to increase its strength. 1st International Congress on Earthquake and Lightweight Construction, University of Qom, Qom, Iran. (In Farsi)