

## مزایای نسبی و تحلیل مهندسی ارزش آبی چاله های آبیگردارستانهای کشور

محمد رضا آصف\*<sup>۱</sup>، محمد حقیری<sup>۲</sup>

پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۲۶

دریافت مقاله: ۹۹/۰۵/۰۷

### چکیده

از آن جایی که طی چند دهه گذشته کشور ایران با کمبود بارش و یا نامتوازن بودن مکان و زمان بارش مواجه بوده است، افزایش تقاضا و برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی به یک معضل تبدیل شده است. در این تحقیق تحلیل مهندسی و مزیت نسبی برای اجرای یک مخزن ذخیره رواناب به شکل چاله آبیگردار در هر یک از ۳۱ استان کشور با توجه به شرایط اقلیمی و ارزش آب در منطقه انجام شده است. از میان معیارهای مختلف، نرخ خرید و فروش آب و تبخیر محلی مهمترین پارامترهای موثر هستند ولی پارامترهای دیگر از جمله دما، شکل هندسی مخزن، میزان بارش سالیانه و نشت آب از کف مخزن مورد بحث و بررسی قرار گرفتند. محاسبات نشان داد استان خراسان جنوبی دارای بالاترین مزیت نسبی است و استانهای مرکزی و یزد در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. البته عامل مهم و موثر در میزان تبخیر، دما در هر منطقه است و تاثیر دما در تبخیر بر رطوبت نسبی اولویت دارد به این صورت که در مناطقی مثل هرمزگان و بوشهر که رطوبت و دما هر دو بالا است (اگر چه بدلیل بالا بودن رطوبت نسبی انتظار می‌رود تبخیر کم باشد)، درصد تبخیر نیز بالا می‌رود زیرا عامل دما تاثیر بیشتری دارد. این تحقیق نشان می‌دهد ویژگیهای مرفولوژیکی و مهندسی مخزن از جمله حجم و عمق آب و مساحتی که در معرض هوا و نور خورشید قرار می‌گیرد تا حدودی قابل تعدیل و کنترل هستند و می‌توانند در کاهش تبخیر و اقتصادی شدن این پروژه‌ها تاثیر گذار باشند.

واژه‌های کلیدی: مخازن ذخیره‌ای، گودال آبیگردار، قیمت آب، تبخیر، رطوبت نسبی

۱. دانشیار، عضو هیات علمی گروه زمین شناسی کاربردی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران Asef@khu.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران mohammadhaghiri77@gmail.com

\* مسئول مکاتبات

## ۱ مقدمه

مشکل کمبود آب شیرین جوامع امروزی را بشدت درگیر خود کرده و بشر به دنبال راه کارهایی است که این چالش را مدیریت نماید. از این رو تاکنون پیشنهادهاى مختلفی ارائه شده که هر یک به نوبه خود ارزش خاصی دارد و از این جهت که استحصال نوع خاصی از منابع آب را هدف گیری می کنند مورد تامل هستند. مسئله آب در کشور ایران بقدری حاد شده است که حتی قدم های کوچک علمی، فنی و عملیاتی برای بهبود وضعیت فعلی، می تواند ارزش افزوده محلی و ملی قابل توجهی ایجاد کند. از جمله این موارد می توان به پیشگیری از هدر رفتن سیلاب ها با استفاده از روش های مختلف مانند احداث بندهای ذخیره ای اشاره کرد که بصورت محلی با سرمایه گذاری مختصر می تواند ارزش افزوده قابل توجهی ایجاد نماید. البته این موضوع هم با چالش های ویژه خود سروکار دارد و شناسایی و تحلیل توأم عوامل مختلف اقلیمی (مثل میزان بارش، دما و تبخیر) و زمین شناسی مهندسی منطقه (از جمله مرفولوژی و توپوگرافی، هندسه مخزن، نوع کف مخزن (جوزقی و شمسایی، ۱۳۹۵) را طلب می کند. ذخیره آب از زمان های بسیار قدیم تا به امروز مورد توجه بشر بوده است و قدم های بزرگی در این راه برداشته شده است. از جمله موارد تاریخی می توان به چاه های نزو (Nezoo) اشاره کرد که سیستم سنتی تغذیه آبخوان های زیرزمینی در استان هرمزگان بود (چوپانی و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین در بعضی از مناطق آب بندان ها یا استخرهای سنتی ذخیره آب بصورت تالابهای دست ساز خاکی و بسیار بزرگ از گود کردن و خاکبرداری یک محدوده و ریختن و کوبیدن و ایجاد دیواره خاکی دور این محدوده ایجاد می شدند تا روان آب برای بهره برداری کشاورزی ذخیره شود. بعنوان مثال می توان آب بندان روستای شמושک علیا در ۱۵ کیلومتری شهر گرگان با مساحت حدود ۶ هکتار و حجم آب حدود نیم میلیون مترمکعب و آب بندان های بیشه، بیشار، زارع و سه دشت در روستای ازباران در ۵ کیلومتری شهرستان فریدونکنار

استان مازندران را نام برد. این روش در بخشی از زمین های زراعی مناطق پرباران در شمال کشور مثل استان گیلان، با نام سنتی سل (بخشی پور، ۱۳۹۵). دارای قدمتی ۵۰۰ ساله است که به عنوان مخازن کوچک با تنظیم و ذخیره سازی، نقش مهمی را در جبران کمبود آب برای استان های گیلان، مازندران و گلستان ایفا می کردند. امروزه این مهم با نظرات جدیدتری تلفیق شده که برای ذخیره سازی آب های سطحی و بارش های فصلی مورد توجه قرار گرفته است (صلواتی و همکاران، ۱۳۹۴). استفاده از سطوح آبیگر باران با نام محلی هوتک به منظور ذخیره سیلاب در خاک در جهت ایجاد نوعی اکوسیستم پایدار به عنوان کشت توأم درختان بومی و زراعت دیم محصولات سازگار با استفاده از دانش بومی، قرن ها است که در مناطقی از جنوب استان سیستان و بلوچستان مخصوصا در ناحیه دشتیاری چابهار مرسوم است. سامانه دگار (زمین بسیار مسطح) و هوتک یکی از روش های متداول تامین آب با بهره برداری از سیلاب برای کشت محصولات کشاورزی دیم است (عامری، ۱۳۹۴). این چاله ها توسط مردم محلی ساخته می شوند تا از آب بارش ها خصوصا در تابستان برای کشاورزی، دام و احیانا آب شرب انسان استفاده شود، (نجارسلیقه و بریمانی، ۱۳۸۶). هوتک ها گودال های حفر شده با اشکال مختلف هندسی دایره، مستطیل، مربع و تا عمق ۲۰ متر و حتی بیشتر هستند که در زمینی با نفوذ پذیری کم دارای خاک های رسی و سیلتی احداث می شوند و اطراف آن دیواره خاکی با ارتفاع حدود یک تا ۲ متر ایجاد می شود. علاوه بر این، تعدادی چاله های طبیعی هم در شمال استان سیستان و بلوچستان در منطقه سیستان با نام چاه نیمه ۱ تا ۴ با هزینه نسبتا کم احداث شده که با انحراف آب رودخانه هیرمند بداخل آنها بیش از یک میلیارد متر مکعب آب برای کشاورزی و تامین مصرف شهر زاهدان و چند شهر دیگر در آنها ذخیره شده است و در نوع خود بسیار مبتکرانه و موفق بوده است. از نظر تجارب بین المللی به مواردی از قبیل استخرهای آبیگر در بخش هایی از شمال آفریقا (شرق سودان) که بنام

در غیر این صورت باعث هدر رفت هزینه سرمایه گذاری می شود (حبیب آبادی و همکاران، ۱۳۸۹). در مقابل اگر مطالعات مکان یابی به طریق صحیح انجام شود موجب پایین آوردن هزینه ها و بازگشت سرمایه در مدت مناسب می شود. یادآوری می شود اکنون در نقاط مختلف دنیا و نیز کشور ایران مطالعات گسترده برای پتانسیل یابی مخازن طبیعی زیرزمینی انجام می شود که بتوانند نفت و گاز استخراج شده را در نزدیک سطح زمین و نزدیک به نقاط پرمصرف نگهداری کنند (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۲). اگر چه موضوع اصلی این تحقیق ذخیره آب در چاله های آبگیر مصنوعی در سطح زمین است ولی می تواند الگوی مناسبی برای تحقیقات مشابه برای ذخیره آب های سیلابی در حفره ها و یا آبخوان های طبیعی زیرزمینی با ابعاد مختلف هم باشد. درست مشابه آنچه که اکنون در صنعت نفت و گاز در حال تبدیل شدن به یک روند عادی است.

با توجه به کمبود آب مناسب برای کشاورزی در مناطق مختلف کشور و نیز مشاهده روانابها و سیلاب های متعدد در مناطق مختلف در سال های اخیر، مقاله حاضر اهمیت احداث چاله های آبگیر برای ذخیره آب در استانهای مختلف را بر اساس مزیت نسبی مطابق با شرایط اقلیمی و میدانی (از جمله نرخ آب، تبخیر محلی، دما، میزان بارش، و غیره) در هر منطقه بیان می کند. این پژوهش در واقع یک برون داد علمی است که بر اساس نیازهای بومی کشور ایران و در نتیجه تعامل چند جانبه با کارشناسان متعدد در شرکت های آب منطقه ای و کارآفرینان حوزه کشاورزی تدوین شده است.

## ۲- پارامترهای موثر برای مکان یابی چاله آبگیر

### ۱-۲. وضعیت توپوگرافی

در گام اول باید موقعیت منطقه و عوارض زمین شناسایی شوند که می توان از نقشه های توپوگرافی بزرگ مقیاس (مثلا ۱:۲۵۰۰۰) و عکس های هوایی منطقه برای مکان یابی استفاده کرد. از جمله تکنیکهای بسیار ارزان و کاربردی مشاهدات

استخرهای رومی معروف می باشند و همچنین خاکریزهای طولی بلند در کشور تونس و پشته های هلالی شکل و دوزنقه ای در کشور مصر می توان اشاره کرد (چکشی و طباطبایی یزدی، ۱۳۹۱). بعنوان یک نمونه دیگر می توان به استخرهای ذخیره سازی (سدهای ایجاد شده در مزارع که به صورت چاله هایی حفر می شوند) در مزارع شهر کالگورلی استرالیا (Kalgoorlie) اشاره کرد و همچنین نمونه های دیگر از سدهای خندقی در شرق شهر کوجونوپ (kojonup) که به منظور ذخیره سازی آب باران اجرا شده است (Stanton, Jothiprakash et al., 2009) در بیان تجربیات کشور هند در مورد استحصال آب باران عوامل موثر در طراحی مخازن را توپوگرافی، میزان بارندگی، حجم ذخیره سازی و همچنین مصرف آب استحصال شده دانستند. بنا به اهمیت موضوع استحصال آب باران، حتی در کشورهای پرباران از جمله ژاپن و فرانسه هم امروزه تأسیساتی مدرن برای این امر ایجاد شده است (Niemczynowicz, 1999).

در این پژوهش با تحلیل و بررسی یک نوع از روش های ذخیره آب های سطحی و سیلابی در مخازن (گودال یا چاله های ذخیره آب) ارزش اقتصادی آن را بیان می کنیم و در ادامه پتانسیل و مزیت نسبی آنرا در استانهای مختلف بررسی می کنیم.

هر یک از گودال های ذخیره آب بسته به موقعیت جغرافیایی می تواند نقشی در اقتصاد محلی ایفا نموده و کاربردهای مختلفی داشته باشد اما به طور کلی می توان گفت این مخازن برای ذخیره آب در یک حوضه و کاربردهای مصرفی از جمله برای مصارف کشاورزی، سیراب کردن احشام، تغذیه مصنوعی، مکان های تفریحی و غیره استفاده می شوند. برای این کار ابتدا باید مکان های مناسب برای طراحی و اجرای این سازه ها در نظر گرفته شود که این خود به تنهایی موضوع بسیار مهمی است زیرا پارامترهای مؤثر در مکان یابی بسیار متنوع هستند و بایستی به طور دقیق مورد بررسی قرار گیرند.

صحرائی یا هوایی است. بعد از هر بارندگی خصوصا در مواقع سیلابی مکان هایی که آب جمع شده است می تواند راهنمای خوبی برای پتانسیل یابی و تعیین گودهای طبیعی برای ذخیره آب با کمترین هزینه باشد زیرا بعد از هر بارندگی آب در پایین ترین نقاط توپوگرافی تجمع می یابد. همچنین با این روش نیاز کمتری به کانال کشی برای ورود آب به چاله وجود دارد. ولی در مواقعی که جمع آوری و ذخیره حجم بسیار زیاد از آب های سیلابی در زمینهای بسیار کم آب مورد نظر باشد روش های پیشرفته تری برای تحلیل مورد نیاز می باشد که می توان از داده های ماهواره ای، عکس های هوایی، و یا نقشه های توپوگرافی سه بعدی در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده کرد.

بعنوان مثال علی خاصی حبیب آبادی (۱۳۸۹) با استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی مناطق مستعد جمع آوری آب باران را در استان تهران با توجه به معیارهای محیطی و اقتصادی از جمله بارندگی، بافت خاک، عمق خاک، کاربری اراضی و شیب زمین مکان یابی کرد. نکته دیگر اینکه در عمل تلفیقی از این روشها نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد. به این ترتیب در واقع سیلابهای فصلی بعنوان یک آزمایشگاه بزرگ طبیعی برای آزمون مدل نرم افزاری مورد استفاده قرار می گیرند.

نکته مهم دیگر اینکه اگر چاله آبگیر با یک هندسه ایده آل (که در قسمتهای بعدی به آن اشاره می شود) از نظر مرفولوژیکی کاملا در بالا دست زمین کشاورزی باشد تمام آب مخزن بصورت ثقلی و بدون هزینه پمپاژ قابل انتقال خواهد بود. از این نظر در مناطق با توپوگرافی ناهموار چاله های آبگیر بالادستی می توانند دارای یک مزیت نسبی باشند.

## ۲-۲. نفوذ پذیری کف مخزن

از پر اهمیت ترین نکاتی است که قبل از ساخت یک مخزن باید در نظر گرفته شود زیرا تاثیر زیادی در میزان فرار آب دارد. در مرحله مکان یابی، دو ویژگی مهم در مورد جنس کف مخزن باید مورد بررسی قرار گیرد: ۱- میزان تخلخل کف

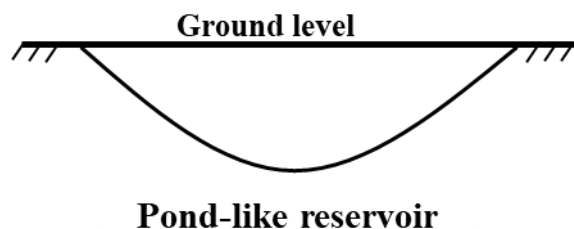
مخزن ۲- نفوذ پذیری کف مخزن. هرچه کف یک مخزن از رسوبات دانه ریزتر مانند رس و سلیت تشکیل شده باشد نفوذ آب به درون زمین و یا فرار آب از مخزن کمتر می شود و بالعکس هرچه کف مخزن از رسوبات دانه درشت تر مثل ماسه های درشت دانه و سنگ ریزه تشکیل شده باشد نفوذ و فرار آب بیشتری مشاهده می کنیم. بر همین اساس از جمله مناسب ترین مکان ها برای ساخت این نوع مخازن دشت های سیلابی با رس بیشتر از ۶۰٪ می باشد (زهتابیان و رحیم زاده، ۱۳۸۹). زیرا با این ویژگی نفوذ آب به حداقل میرسد. همچنین بستر سنگی و غیر قابل نفوذ هم یکی از بهترین گزینه ها است. در صورتی که کف مخزن بصورت طبیعی نفوذ ناپذیر نباشد، با توجه به توان اقتصادی پروژه، استفاده از خاک رس مناسب با نفوذ پذیری کم، غلطک کردن کف مخزن و نیز استفاده از ژئوتکستایل (ژئوممبران) برای پوشش کف مخزن گزینه های مناسب بعدی هستند.

همچنین یکی از عوامل مهم توجه به ساختارهای زمین شناسی منطقه است زیرا این موضوع در فرار آب به صورت افقی و یا عمودی بسیار موثر می باشد. وجود خط گسلی در مخزن باعث فرار آب مخزن می شود که در این صورت مناسبترین راه جلوگیری از فرار آب، استفاده از ورقهای ژئوممبران (ژئوتکستایل) است (بهراملو و همکاران، ۱۳۹۵) ولی هزینه های ساخت مخزن را افزایش می دهد.

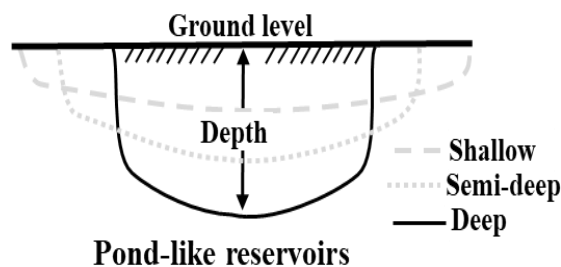
## ۲-۳. جنس کف مخزن

جنس کف مخزن در کیفیت آب یا فرار آن بسیار موثر می باشد. از جمله می توان به زمین های ماری اشاره کرد که برای ساخت مخزن نامناسب هستند زیرا در هنگام آبگیری، مواد نمکی به صورت محلول در آمده و کیفیت آب را کاهش می دهند. همچنین می توان به کفه ها یا گنبد های نمکی اشاره کرد که اگر در مخزن و یا مسیر آبراهه های منتهی به مخزن باشند باعث شوری آب مخزن می شوند. همچنین جنس سنگها و رسوبات مسیر ورودی مخزن که از حوضه آبریز مخزن شروع و تا مخزن ادامه پیدا می کنند می توانند تاثیر قابل توجهی بر

کشور با توجه به شرایط اقلیمی و نرخ خرید و فروش آب در آن منطقه انجام شده است. این تحلیل برای یک مخزن فرضی مستطیل شکل به حجم یک میلیون متر مکعب با طول ۵۰۰ متر، عرض ۲۰۰ متر، عمق ۱۰ متر و سطح مقطع ۱۰ هکتار انجام شده است. همچنین فرض شده است که سازه در یک موقعیت با گودی طبیعی مناسب احداث می شود که صرفاً اصلاح هندسی مختصر نیاز دارد.



شکل ۱. نمایی از چاله آبگیر



شکل ۲. اشکال هندسی متنوع برای چاله های آبگیر

#### ۲-۶. تبخیر سطحی

عوامل گوناگونی بر ارزش اقتصادی یک مخزن تاثیر گذار هستند. یکی از عوامل مهم، مقدار تبخیر از سطح مخزن می باشد که می تواند حجم بسیار زیادی از آب ذخیره شده در مخزن را هدر بدهد. این مهم هم اکنون به یک معضل در کشور تبدیل شده است و طبق آمار ارائه شده (باریده و همکاران، ۱۳۸۷) میزان تبخیر سالانه کشور در مخازن بزرگ ذخیره به طور میانگین برابر با (۶/۲)٪ از حجم کل و برابر با (۲۰۱۶/۶) میلیون متر مکعب می باشد که از نظر بهره‌وری اقتصادی اهمیت بسیار زیادی دارد و باید به دنبال راه حل هایی برای کاهش آن باشیم.

کیفیت آب مخزن داشته باشند. بطور کلی سنگهای انحلال پذیر در مسیر حرکت آب باعث پایین آوردن کیفیت آب مخزن می شوند که از جمله می توان به مواردی همچون آرسنیک، گوگرد، رگه های اورانیومی، سرب، ژئیس و نیتراتها اشاره کرد (راهنمای مطالعات کیفیت آب مخازن سدهای بزرگ، ۱۳۹۰).

#### ۲-۴. مدیریت مصرف

مدیریت مصرف از یک مخزن بسته به میزان آب ورودی (دبی ورودی) می باشد. با محاسبه و تحلیل تعداد بارش در سال و میزان مساحت حوضه آبریز مخزن می توان دبی ورودی را در هر دوره یا در سال محاسبه کرد (خیرفام و همکاران، ۱۳۹۲). با در دست داشتن حجم سیلاب جمع آوری شده در یک سال می توان روند مصرف در طول سال را تنظیم کرد که چه میزان آب در روز، هفته یا فصل سال مصرف شود.

#### ۲-۵. شکل هندسی

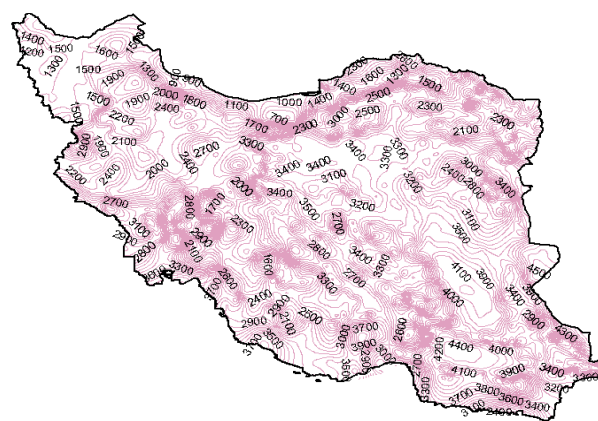
شکل هندسی مخزن بسته به هدف پروژه، حجم ذخیره آب و توپوگرافی منطقه می تواند بسیار متنوع باشد. از نظر سطح مستطیل، بیضوی تا دایره، و از نظر عمق می تواند از کم عمق (بشقابی) تا عمیق (شکل ۱ و ۲) باشد. در بعضی از موارد محل هایی شناسایی می شوند که نیاز به تصحیح هندسی دارند تا عمق آب از یک حد معین کمتر نشود در غیر این صورت سازه آبی وضعیت بهینه خود را از دست می دهد. مثلاً اگر مخزن به حالت صفحه ای (بشقابی) باشد، تبخیر سطحی زیاد کارایی اقتصادی پروژه را تحت الشعاع قرار خواهد داد. از طرفی، اگر سازه بیش از حد عمیق ساخته شود، هزینه ساخت و نیز مصرف انرژی برای پمپاژ آب از عمق، افزایش می یابد. در مجموع با توجه به اینکه کمترین هزینه برای ساخت این سازه ها با بیشترین بازدهی مورد نظر است، باید با بررسی موارد فوق حالت بهینه را معرفی کنیم که بیشترین ذخیره موثر را داشته و از طرفی برداشت از آن با کمترین مصرف انرژی قابل اجرا باشد. در این تحقیق تحلیل اقتصادی و مزیت نسبی برای اجرای یک مخزن ذخیره آب در هر یک از ۳۱ استان

### ۲-۷. قیمت آب

از جمله مهمترین پارامترهای موثر در ارزش گذاری یک مخزن، نرخ خرید و فروش آب در مناطق مختلف است که می تواند ساخت یک مخزن را مقرون به صرفه و یا غیر اقتصادی نماید. در جدول شماره ۱ در ستون یازدهم نرخ آب در استانهای مختلف ارائه شده است (گزارش شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۶). همانطور که در این جدول ملاحظه می شود بالاترین نرخ آب در استان خراسان جنوبی (۴۴۸ تومان برای ۲۵۰ لیتر)، و بعد از آن استان مرکزی و یزد است و پایین ترین نرخها در استانهای گلستان (۵ تومان برای ۲۵۰ لیتر)، کهگیلویه و بویراحمد و همدان است.

### ۳. تحلیل ارزش آبی یک مخزن

در جدول ۱ برای هر استان بارش سالیانه دراز مدت، میانگین سالیانه رطوبت، میانگین سالیانه دما، میانگین سالیانه تبخیر (Ep)، و نرخ آب کشاورزی از منابع مختلف جمع آوری و ارائه شده است. بر اساس رابطه ۱، در هر یک از استانها حجم تبخیر سالیانه از سطح یک مخزن مفروض با حجم ۱.۱ میلیون مترمکعب و آب قابل استحصال (حجم مفید) یک میلیون متر مکعب، با طول ۵۰۰ متر، عرض ۲۰۰ متر، عمق ۱۱ متر و سطح مقطع ۱۰ هکتار محاسبه شده است. همچنین مقدار تبخیر از مخزن بر حسب درصد محاسبه شده است. ارزش آبی موثر پس از کسر مقدار تبخیر، برای یک مخزن پُر، بر اساس تعرفه آب تحویلی از سدها و سایر منابع در هر استان (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۶). محاسبه شد. همچنین IRR (نرخ بازگشت سرمایه Invest Return Rate) معادل ارزش آبی موثر یک مخزن پُر تقسیم بر هزینه ساخت مخزن (۶۰ میلیون تومان برای همه استانها) تعریف و محاسبه شد. نکته قابل توجه اینکه نرخ آب و نیز هزینه ساخت بر اساس نرخهای رایج در سال ۱۳۹۶ و صرفاً برای اصلاح هندسی مختصر در یک موقعیت با گودی طبیعی مناسب در



شکل ۳. خطوط هم تبخیری (Ep) ایران با فاصله ۱۰۰

میلیمتر (برگرفته از باریده و همکاران، ۱۳۸۷)

مساحت مخزن که در معرض هوا و نور خورشید است از عوامل مهم در تبخیر می باشد. برای یک مخزن با حجم مشخص، هرچه قدر سطح مقطعی که در معرض هوا است بیشتر باشد میزان تبخیر سطحی بیشتر خواهد بود. بنابر این هرچه عمق یک مخزن بیشتر باشد نسبت به حالت بشقابی میزان تبخیر کمتر خواهد بود.

البته میزان تبخیر در سطح یک مخزن به عوامل دیگری همچون شرایط جوی از جمله شدت و میزان باد، میزان تابش نور خورشید و رطوبت هوا در منطقه هم بستگی دارد. حتی می توان با روش های نوین میزان انرژی دریافتی از خورشید را در سطح مخزن پایین آورد. یکی از این روشها استفاده از توپ های شناور (افخمی و همکاران، ۱۳۹۶) می باشد که باعث پایین آوردن دما در سطح آب می شود. مقدار سالانه تبخیر سطحی در یک مخزن از رابطه (۱) محاسبه می شود:

$$V_E = K \cdot E_p \cdot A \cdot (10^5) \quad (1)$$

که در رابطه فوق  $V_E$  حجم تبخیر سالانه بر حسب میلیون متر مکعب،  $E_p$  ارتفاع تبخیر سالانه از طشت بر حسب میلیمتر،  $A$  سطح دریاچه بر حسب هکتار، و  $K$  ضریب طشت تبخیر می باشد (باریده و همکاران، ۱۳۸۷). اطلاعات و داده های مربوط به  $E_p$  برای استانهای مختلف کشور از شکل ۳ استخراج شده است که میزان تبخیر سالانه در کشور بر حسب میلی متر می باشد (باریده و همکاران، ۱۳۸۷).

استان با بالاترین مزیت نسبی برای احداث چاله های آبیگیر یعنی خراسان جنوبی، مرکزی، یزد، سمنان و اصفهان از نظر موقعیت جغرافیایی در همسایگی یکدیگر و در زون مرکزی ایران قرار دارند که از نظر اقلیمی و کمبود آب کاملا شناخته شده است و به نوعی نتایج بدست آمده در این تحقیق را تایید می کند.

در ردیف آخر از جدول ۱، استان گلستان با رتبه ۳۱ پایین ترین مزیت نسبی را دارد و بازگشت سرمایه در این استان ۳.۳ محاسبه شده است (یعنی اینکه اگر مخزن ۳.۳ بار در سال پُر شود هزینه ساخت را پوشش می دهد) که علت آن پایین بودن نسبی نرخ آب در این استان است. کلیه داده ها و محاسبات انجام شده در جدول ۱. بصورت ترسیمی در شکل های ۴ و ۵ مقایسه شده اند. در ستون چهارم از جدول ۱ مقدار بارش سالیانه برای همه استانها نسبت به استان یزد (کم بارش ترین) بصورت یک عدد نسبی محاسبه شده است. نکته جالب توجه اینست که استانی مثل گلستان که متوسط بارش سالیانه آن ۴.۳ برابر یزد (با حداقل بارش در کشور) و ۳.۵ برابر استان خراسان جنوبی است، احتمال اینکه در یک سال چاله آبیگیر ۳.۳ بار پر شود کاملا وجود دارد. بنابر این طی مدت یک سال، هزینه ساخت مخزن در استان گلستان با پایین ترین نرخ آب در کشور نیز تامین خواهد شد. بعبارت دیگر اگر در استانهای کم باران، نرخ نسبتا بالای آب هزینه ساخت مخزن را جبران می کند، در استانهای پُرباران که نرخ آب پایین است، چندین بار پر شدن مخزن در طی یکسال هزینه ها را جبران می کند. همچنین در برخی استانها مثل سیستان و بلوچستان، کرمان و جنوب استان فارس در تابستان بارندگی های ناشی از فعالیت مانسون هندی رخ می دهد و در اوج مصرف آب امکان آبیگری گود وجود دارد که یک مزیت ویژه برای این مناطق محسوب می شود. اگر از این زاویه به موضوع نگاه شود ساخت مخزن در همه استانها، اگر مشکل عدم دسترسی به آب را برای یک طرح اقتصادی حل کند، مقرون به صرفه تلقی می شود. البته از نظر اقلیمی در استانهای پر باران احیانا

نظر گرفته شده است. بنابر این با توجه به تعریف نرخ بازگشت سرمایه (درآمد سالیانه تقسیم بر هزینه)، افزایش نرخ ساخت و ساز (مثلا از ۶۰ میلیون تومان به ۶۰۰ میلیون تومان) اگر چه زمان بازگشت سرمایه را طولانی تر می کند ولی مزیت نسبی در استانهای مختلف را تغییر نمی دهد زیرا نرخ ساخت و ساز برای همه استانها یکسان فرض می شود. البته تغییر نرخ آب یا میزان تبخیر، مزیت نسبی در استانها را تغییر می دهد. همچنین تغییر حجم مخزن (مثلا از ۱ میلیون متر مکعب، به صد هزار متر مکعب) تغییری در مزیت نسبی استانها ایجاد نمی کند زیرا حجم مخزن در استانهای مختلف یکسان در نظر گرفته شده است. ولی تغییر ابعاد هندسی مخزن از حالت عمیق به حالت کم عمق و بشقابی تاثیر قابل توجهی در اقتصادی بودن طرح دارد. بر این اساس، استان خراسان جنوبی با بازگشت سرمایه ۰.۴۲ با صرفه ترین استان برای احداث این گونه سازه ها است زیرا اگر یک مخزن فقط یکبار آنهم با حدود ۴۲٪ ظرفیت آب ذخیره کند هزینه ساخت آن را پوشش می دهد و اگر هزینه ساخت ده برابر شود و به ۶۰۰ میلیون تومان افزایش یابد، بازگشت سرمایه با ۴.۲ بار پُر شدن، هزینه ساخت آن را پوشش می دهد. بنابر این از نظر مزیت نسبی رتبه ۱ به آن تعلق می گیرد (در جدول ۱ ردیف اول) و بعد از آن استانهای مرکزی و یزد هستند. علت این مزیت نسبی بالا بودن نرخ آب در این استانها است (بالا بودن نرخ آب هم طبیعتا به دلیل کمبود آب و ارزش محصولات کشاورزی در آن منطقه است). این نکته بخوبی اولویت برنامه ریزی برای احداث این گونه سازه ها در این استانها (نسبت به سایر استانها) را مشخص می کند. البته در این محاسبات ارزش اقتصادی زمین احیا شده بعنوان درآمد در نظر گرفته نشده است. اگر این نکته هم در محاسبات نظر گرفته شود بازگشت سرمایه بسیار بهتری ملاحظه خواهد شد. یا به عبارت دیگر انجام هزینه های بیشتر برای احداث این گونه سازه ها همچنان بازگشت سرمایه منطقی خواهد داشت. نکته بسیار قابل توجه این است که در نقشه استانهای کشور شکل ۴ پنج



درصد است که نسبت به سایر استانها بالاست. اهمیت این موضوع از نظر مدیریت کلان در این است که الویت بندی منطقه ای برای طرح های مربوط به کاهش تبخیر سالیانه در کشور می بایست بر اساس دمای متوسط سالیانه باشد و رطوبت نسبی هوا تاثیر قابل توجهی در این مورد ندارد. از طرفی با توجه به اینکه دمای هوا در روز و شب بسیار متفاوت است، بیشترین مقدار تبخیر در روز (خصوصا در ساعات میانی روز) انجام می شود. بنابر این برای طرح های کاهش تبخیر این نکات می تواند مورد استفاده قرار گیرد. نکته آخر اینکه همه این تحلیلها صرفا جنبه نسبی و مقایسه ای دارد و در عمل ممکن است نکات قابل توجه دیگری نیز برای تصمیم گیری نهایی موثر باشد. با توجه به این توضیحات برای تعیین ارزش آبی واقعی و موثر باید مقدار تبخیر از مقدار آب ذخیره شده کم شود. از جمله نکات مهم که از مقایسه نسبی نمودارها در شکل های ۵ و ۶ بدست می آید این است که تعرفه آب در استانهای مختلف با مقدار بارش تطابق چندانی ندارد. بعبارت دیگر نرخ آب در برخی استان های کم آب و پر تبخیر مثل کرمان (بارش سالیانه ۱۰۶.۹ میلیمتر و دمای ۱۷.۲ درجه سلسیوس)، و خراسان رضوی (بارش سالیانه ۱۳۷ میلیمتر و دمای ۱۷.۲ درجه سلسیوس) نسبتا ارزان است و باعث شده که مزیت نسبی این استانها برای طراحی چاله های آبیگیر رتبه جذاب و تشویق کننده نباشد (کرمان رتبه ۲۷ و خراسان رضوی رتبه ۲۱ در بین ۳۱ استان).

راه های جایگزین دیگری نیز برای تامین آب وجود دارد. ضمنا ارزش زمین در مناطق پرباران قابل توجه است و می بایست در محاسبات مربوط به هزینه احداث چاله آبیگیر در نظر گرفته شود چرا که ممکن است نهایتا ارزش زمین در منطقه بیشتر از ارزش آب استحصال شده باشد. در مجموع برای اجرا و بهره برداری بهینه از این سازه ها در یک نقطه خاص، محاسبات و ملاحظات مربوط به همان مکان باید در نظر گرفته شود. نکته دیگری که از همبستگی نسبی نمودارهای دما و تبخیر در شکل های ۵ و ۶ بدست می آید این است که رابطه ای مستقیم بین دما و تبخیر در استان های کشور وجود دارد بطوری که در مناطق گرمتر، تبخیر آب بالاتری هم ثبت شده است و بالعکس. همچنین از یک استان به استان دیگر، رابطه ای معکوس بین رطوبت هوا و تبخیر آب وجود دارد. هرچه رطوبت بیشتر درصد تبخیر کمتر، و هرچه رطوبت کمتر، درصد تبخیر بیشتر می شود. نکته بسیار جالب و قابل تذکر این است که عامل مهم و موثر در میزان تبخیر، دما در هر منطقه است و تاثیر دما در تبخیر نسبت به رطوبت اولویت دارد به این صورت که در مناطقی که رطوبت و دما هر دو بالا باشد، درصد تبخیر نیز بالا می رود زیرا عامل دما تاثیر بیشتری نسبت به رطوبت دارد. بعنوان مثال در استان هرمزگان با دمای ۲۷.۸ درجه سلسیوس با وجود اینکه درصد رطوبت بالاست (۶۳.۴۵)، میزان تبخیر ۲۰.۱۳ درصد است که نسبت به سایر استانها بالا است. همینطور استان بوشهر با دمای ۲۶.۵ و درصد رطوبت ۶۶.۰۵، میزان تبخیر ۲۱.۷۸





شکل ۴. در نقشه استانهای کشور مناطق دارای مزیت نسبی (هاشور خورده) در ایران مرکزی یعنی مناطق کویری و حواشی آن واقع شد

جدول ۱. اطلاعات مربوط به ارزش آبی و مزیت نسبی چاله های آبگیر در استانهای کشور

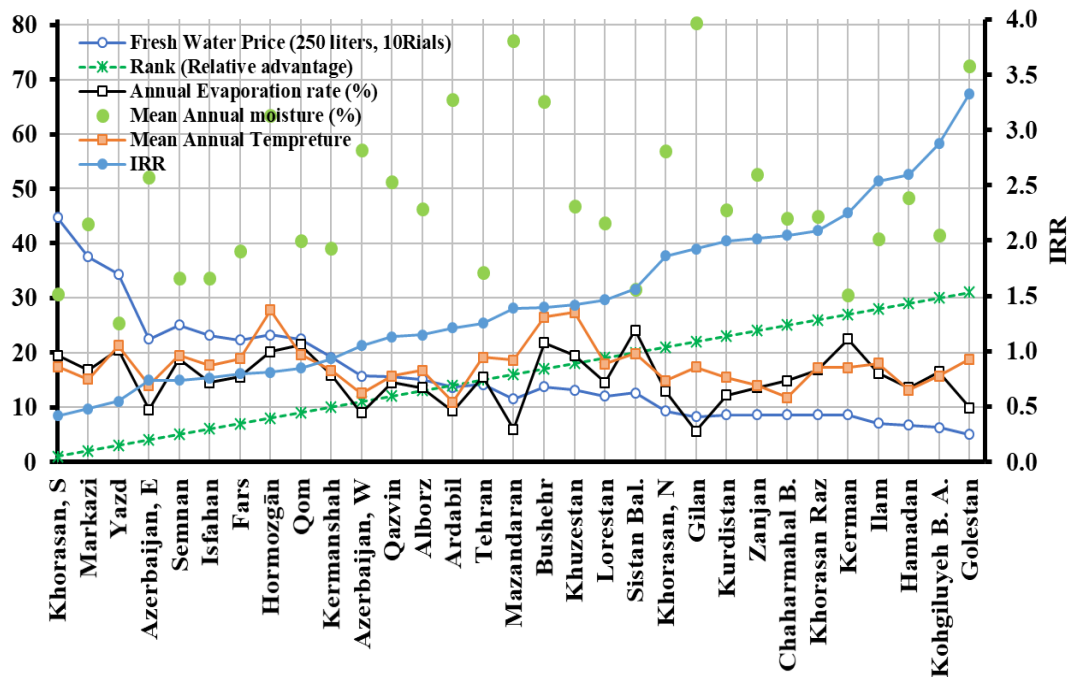
Rank	Province	Annual Precipitation (mm)	Relative Annual Precipitation*	Mean Annual moisture (%)	Mean Annual Temperature (°c)	Ep (mm) surface	Evaporation height from surface (m3)	Annual Evaporation volume*2 (%)	Annual Evaporation Rate*3 (%)	IRR	(10 Rials) Freshwater Price (250 liters)	(107 Rials) <i>Stagnant</i>
1	Khorasan, South	92.2	1.2	30.75	17.4	2950	194,700	19.5	0.42	44.8	144.1	
2	Markazi	218.2	2.9	43.55	15.1	2550	168,300	16.8	0.48	37.5	124.8	
3	Yazd	75.1	1.0	25.45	21.3	3100	204,600	20.5	0.55	34.4	109.4	
4	Azerbaijan, East	170.6	2.3	52.05	14	1450	95,700	9.6	0.74	22.5	81.4	
5	Semnan	79.9	1.1	33.65	19.5	2850	188,100	18.8	0.74	25.0	81.2	
6	Isfahan	119.5	1.6	33.65	17.7	2200	145,200	14.5	0.76	23.2	79.2	
7	Fars	275.4	3.7	38.65	18.9	2350	155,100	15.5	0.80	22.3	75.2	
8	Hormozgān	158.6	2.1	63.45	27.8	3050	201,300	20.1	0.81	23.3	74.3	
9	Qom	115	1.5	40.45	19.6	3250	214,500	21.5	0.85	22.5	70.7	
10	Kermanshah	398.7	5.3	39.1	16.7	2400	158,400	15.8	0.93	19.2	64.5	
11	Azerbaijan, West	232.3	3.1	57.05	12.5	1350	89,100	8.9	1.05	15.7	57.1	
12	Qazvin	219.8	2.9	51.3	15.7	2200	145,200	14.5	1.13	15.5	53.0	
13	Alborz	285.3	3.8	46.35	16.7	2050	135,300	13.5	1.15	15.1	52.3	
14	Ardabil	193.8	2.6	66.35	10.9	1400	92,400	9.2	1.21	13.7	49.6	
15	Tehran	195.1	2.6	34.7	19.1	2350	155,100	15.5	1.25	14.2	47.9	
16	Mazandaran	416.4	5.5	77.1	18.6	900	59,400	5.9	1.39	11.5	43.2	
17	Bushehr	227	3.0	66.05	26.5	3300	217,800	21.8	1.39	13.8	43.0	
18	Khuzestan	315.1	4.2	46.75	27.3	2950	194,700	19.5	1.42	13.1	42.3	
19	Lorestan	439	5.8	43.7	17.9	2200	145,200	14.5	1.46	12.0	41.0	
20	Sistan and Baluchestan	85.1	1.1	31.6	19.8	3650	240,900	24.1	1.56	12.7	38.4	
21	Khorasan, North	169	2.3	56.85	14.8	1950	128,700	12.9	1.86	9.3	32.2	
22	Gilan	646.2	8.6	80.3	17.3	850	56,100	5.6	1.93	8.3	31.1	
23	Kurdistan	318.6	4.2	46.05	15.4	1850	122,100	12.2	2.00	8.6	30.0	
24	Zanjan	202.7	2.7	52.65	14	2050	135,300	13.5	2.02	8.6	29.7	
25	Chahar Mahal & Bakhtiari	544	7.2	44.55	11.8	2250	148,500	14.9	2.05	8.6	29.3	
26	Khorasan, Razavi	137	1.8	44.9	17.2	2550	168,300	16.8	2.09	8.6	28.7	
27	Kerman	106.9	1.4	30.6	17.2	3400	224,400	22.4	2.25	8.6	26.7	
28	Ilam	345.3	4.6	40.85	18	2450	161,700	16.2	2.54	7.1	23.6	
29	Hamadan	225.6	3.0	48.4	13.1	2050	135,300	13.5	2.60	6.7	23.1	
30	Kohgiluyeh & Boyer Ahmad	563	7.5	41.45	15.7	2500	165,000	16.5	2.87	6.3	20.9	
31	Golestan	324.6	4.3	72.45	18.8	1500	99,000	9.9	3.33	5.0	18.0	

\* With respect to driest province, Yazd

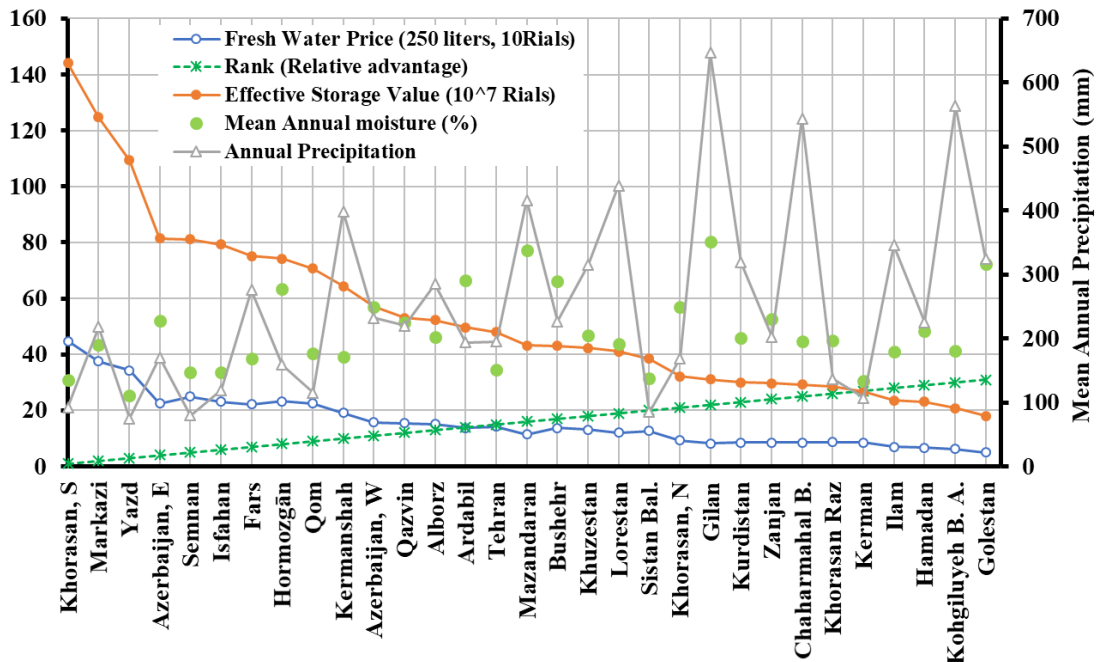
\*2  $V(E_p) = (k \cdot E_p) (A/10^5)$

\*3  $(V(E_p)/V)100$

\*4 The value of water for a full reservoir considering local evaporation

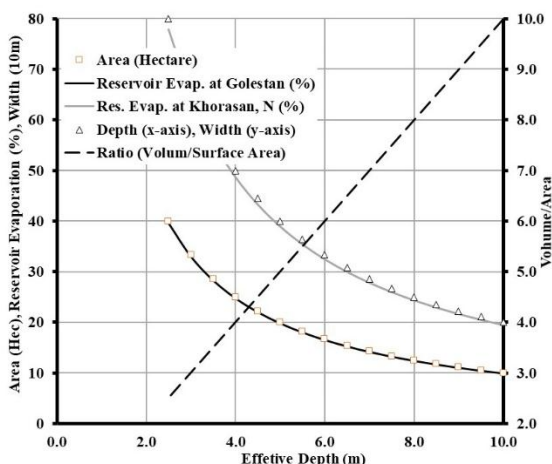


شکل ۵. مقایسه استانها براساس IRR (محور y، سمت راست)، رتبه مزیت نسبی، نرخ آب، تبخیر و میانگین سالیانه دما (محور x، سمت چپ)



شکل ۶. مقایسه استانها براساس بارش سالیانه (محور y، سمت راست)، مزیت نسبی، نرخ آب، ارزش آبی موثر (برای یک مخزن مفروض) و درصد رطوبت (محور x، سمت چپ)

به مقدار رسوب حمل شده، طرح رسوبگیر می‌تواند تغییر پیدا کند.



شکل ۷. تحلیل حساسیت نسبت به تغییرات مساحت برای یک مخزن با حجم یک میلیون متر مکعب.

#### ۴. نتیجه گیری

از جمله مهمترین پارامترهای موثر در ارزش گذاری یک مخزن، نرخ آب در منطقه است که می‌تواند ساخت یک مخزن را مقرون به صرفه و یا غیر اقتصادی کند. همچنین حجم مخزن، مقدار بارش سالیانه، دما و متوسط تبخیر سالیانه از جمله پارامترهای مهم و تاثیر گذار هستند. تحلیل اقتصادی بازگشت سرمایه بر اساس تعداد دفعات استفاده از مخزن (تعداد دفعات پُر شدن مخزن) نشان می‌دهد استان خراسان جنوبی دارای بالاترین مزیت نسبی برای ساخت این نوع مخازن است و بعد از آن استان‌های مرکزی و یزد هستند. در این استانها نرخ آب نیز بالاترین، نسبت به سایر استانها است و از نظر موقعیت جغرافیایی در یک امتداد و در زون مرکزی و بسیار خشک ایران واقع شده اند که به نوعی نتایج این تحقیق را تایید می‌کند.

تحلیل داده ها از استانهای مختلف همچنین نشان داد که رابطه‌ای مستقیم بین دما و تبخیر در استان‌های کشور وجود دارد بطوری که در مناطق گرم‌تر، تبخیر آب بالاتری هم ثبت شده است و بالعکس. همچنین از یک استان به استان دیگر

#### ۳-۱. تحلیل حساسیت تغییرات مساحت مخزن

بر اساس رابطه ۱ مساحتی از مخزن که در معرض هوا و نور خورشید است، پارامتر اصلی و تعیین کننده برای تبخیر است. اگر مخزن به نحوی طراحی شود که نسبت سطح به حجم زیاد شود، تبخیر آب از سطح مخزن به حدی زیاد می‌شود که طرح غیر اقتصادی می‌شود. برای مخزن مفروض با حجم ۱.۱ و حجم مفید ۱ میلیون متر مکعب (مساحت ۲۰۰\*۵۰۰، عمق ۱۱ متر و عمق مفید ۱۰ متر)، در استان خراسان جنوبی مقدار تبخیر ۱۹.۵ و برای استان گلستان ۹.۹ درصد است (جدول ۱). در شکل ۷ روند تغییرات درصد تبخیر نسبت به تغییرات مساحت و عمق این مخزن با فرض ثابت ماندن حجم مفید (یک میلیون متر مکعب) ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که اگر در استان خراسان جنوبی (با میانگین تبخیر سالیانه ۲۹۵۰ میلیمتر) عمق مفید مخزن از ۱۰ متر به ۲ متر و ضلع کوچکتر از ۲۰۰ متر به ۴۰۰ متر افزایش یابد در اینصورت مساحت ۴ برابر و تبخیر نیز تقریباً ۴ برابر شده و به ۷۷.۹ درصد می‌رسد که در اینصورت مشخصاً طرح غیر اقتصادی خواهد بود. اگر این مخزن در استان گلستان (با میانگین تبخیر سالیانه ۱۵۰۰ میلیمتر) باشد نسبت تغییرات باز به همین ترتیب خواهد بود یعنی تبخیر ۴ برابر می‌شود ولی مقدار آن از ۹.۹ به ۳۹.۶ می‌رسد که اگر آستانه غیر اقتصادی بودن را ۵۰٪ تبخیر در نظر بگیریم، ممکن است هنوز هم اقتصادی باشد. بنابر این در مجموع می‌توان گفت در مناطق با تبخیر سالیانه کمتر (بدلیل فاصله بیشتر تا آستانه ۵۰٪)، حساسیت کمتری نسبت عمق وجود دارد. در اینجا یک نکته قابل توجه اینست که رسوبات ورودی به مخزن باعث پُر شدن مخزن و کاهش عمر مفید آن می‌شود به نحوی که یک مخزن عمیق در طی زمان به یک مخزن بشقابی و کم عمق تبدیل می‌شود. برای محاسبه دقیقتر در واقع کاهش عمق مخزن بعد از هر بار آنگیری نیز باید در نظر گرفته شود. از طرفی برای کاهش مقدار رسوبات داخل مخزن روش‌های گوناگونی وجود دارد که یکی از این روش‌ها احداث رسوبگیر در مسیر کانال ورودی مخزن است و بسته

انسان هستند ولی ویژگیهای مهندسی مخزن از جمله هندسه مخزن شامل حجم، عمق آب، و مساحتی از مخزن که در معرض هوا و نور خورشید قرار می‌گیرد تا حدودی قابل تعدیل و کنترل هستند و می‌توانند در بهره‌وری اقتصادی یک مخزن ذخیره آب تاثیر قابل توجهی داشته باشند. طبق موارد گفته شده فوق، مکان‌یابی، طراحی و ساخت یک مخزن ملزم به حفظ شرایط خاصی است تا یک مخزن قابل استفاده و یا به صرفه باشد.

رابطه‌ای معکوس بین رطوبت هوا و تبخیر آب وجود دارد به نحوی که هرچه رطوبت بیشتر، درصد تبخیر کمتر، و هرچه رطوبت کمتر، درصد تبخیر بیشتر می‌شود. تحلیل داده‌ها نشان داد که عامل مهم و موثر در میزان تبخیر، دما در هر منطقه است و تاثیر دما در تبخیر بر رطوبت اولویت دارد به این صورت که در مناطقی که رطوبت و دما هر دو بالا است، درصد تبخیر نیز بالا می‌رود زیرا عامل دما تاثیر بیشتری نسبت به رطوبت دارد. مثال خوب در این مورد استانهای هرمزگان و بوشهر است. اگر چه تقریباً تمام موارد فوق خارج از اراده

### منابع

- باریده، م.، الیاسی، غ.، ۱۳۸۷. برآورد میزان تبخیر از دریاچه سد های کشور با استفاده از طشت تبخیر، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، تبریز. یزدانی، م.، شیرانی، ک.، چاوشی، س.، ۱۳۸۴. تغذیه مصنوعی سفره های آب زیرزمینی با استفاده از سدهای ذخیره ای شنی، کنفرانس بین المللی قنات، کرمان.
- نسیمی، ع.، زارع، م.، ۱۳۹۴. مکان یابی حوضچه های تغذیه مصنوعی آب های زیرزمینی در حوضه آبخیز بوشکان بر اساس تحلیل سلسله مراتبی. فصلنامه دانش آب و خاک. سال ۲۵، شماره ۱، ۱۲۵-۱۴۱.
- حبیبی، ع.، حسام، م.، قربانی، خ.، مفتاح هلقی، م.، ۱۳۹۱. تغذیه مصنوعی اب های زیر زمینی، سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، ساری.
- نجفوند در یكوندی، م.، اسلامی، ح.، ۱۳۹۶. مقایسه روش های تجربی برآورد تبخیر از سطح آزاد اب (مطالعه موردی: سد تنظیمی دز)، فصلنامه علمی تخصصی مهندسی آب. دوره ۴، شماره ۲، ۶۵-۷۳.
- چوپانی، س.، حسین پور، ا.، ۱۳۹۳. چاه های نزو سیستم سنتی تغذیه اب ها زیرزمینی در استان هرمزگان، سومین همایش بین المللی سامانه های سطوح آبگیر باران، بیرجند.
- صلواتی، پ.، فاخری فرد، ا.، اسدی، ا.، اسدی، س.، ۱۳۹۶. تحلیل فرایند بارش-رواناب به منظور طراحی مخازن جمع آوری آب های سطحی برای توسعه فضای- سبز شهری (مطالعه موردی: شهر تبریز)، علوم و مهندسی آبیاری، جلد ۴۰، شماره ۲، ۱۰۳-۱۱۷.
- علی خاصی حبیب آبادی، ع.، ۱۳۸۹. مکان یابی مناطق مستعد برای جمع آوری باران در استان تهران با استفاده از GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
- تاج بخش، م.، خدشناس، س. ر.، ۱۳۸۶. بهره گیری از روش های نوین کنترل سیلاب شهری برای استفاده بهینه در منابع آب، کنفرانس ملی توسعه منابع آب، زاهدان.
- شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۶. اطلاعات و آمار ایستگاه های تبخیر سنجی وزارت نیرو. گزارش شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۶. تعرفه آب تحویلی از سدهای کشور.
- افخمی، ح.، ملکی نژاد، ح.، اسماعیلزاده، ع.، ۱۳۹۶. تاثیر توپ های شناور بر کاهش میزان تبخیر از منابع آبی روباز (مطالعه موردی: سد رسوبگیر معدن مس سرچشمه)، خشکبوم، دوره ۸، شماره ۱، ۵۹-۷۳
- عرب زاده، ب.، رهبر، ر.، ۱۳۹۰. استخر های ذخیره ای آب (آب بندان)، همایش بین المللی دانش سنتی مدیریت منابع آب، یزد، مرکز بین المللی قنات و سازه های تاریخی آبی.

- بخشی پور، ر.، ۱۳۹۵. بررسی وضعیت فعلی سل ها در استان گیلان، پنجمین همایش سامانه های سطوح آبیگر باران.
- شفیعی، ن.، پاکیزه، م.، رضوی سرآسیا، ع.، ۱۳۹۲. مطالعه و بررسی ذخیره سازی گاز طبیعی در مخازن زیرزمینی ایران و سایر کشورهای جهان، مهندسی شیمی ایران، دوره ۱۲، شماره ۶۷، ۶۶ - ۵۶.
- زهتابیان، غ.، رحیم زاده، ق.، ۱۳۸۹. بررسی تاثیر پخش سیلاب بر نفوذپذیری خاک، مطالعه موردی دشت موسیان، استان ایلام، فصل نامه جغرافیای طبیعی، دوره ۳، شماره ۹، ۱ - ۱۴.
- بهراملو، ر.، موسوی فضل، ح.، عباسی، ن.، ۱۳۹۵. کاهش تلفات آب در استخرهای ذخیره با پوشش های ژئوممبران، نشریه مدیریت آب در کشاورزی، دوره ۳، شماره ۱، ۴۹ - ۵۸.
- راهنمای مطالعات کیفیت آب مخازن سدهای بزرگ، ۱۳۹۰. وزارت نیرو دفتر مهندسی و معیار های فنی آب و آبفا.
- خیرفام، ح.، مصطفی زاده، ر.، صادقی، ح.، ۱۳۹۲. تخمین دبی روزانه با استفاده از مدل IHACRES در برخی از حوزه های آبخیز استان گلستان، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، دوره ۴، شماره ۷، ۱۱۴ - ۱۲۷.
- جوزقی، ع.، شمسایی، ا.، ۱۳۹۵. مکان یابی مخازن ذخیره آب با استفاده از GIS و روش تصمیم گیری چند معیاره TOPSIS، مطالعه موردی جنوب استان سیستان و بلوچستان، فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۵، شماره ۱۰۰، ۵ - ۱۵.
- چکشی، ب.، طباطبایی یزدی، ج.، ۱۳۹۱. استحصال باران شیوه ای جهت استفاده از دانش بومی به منظور تامین آب در مناطق خشک، همایش ملی سامانه های آبیگر باران.
- عامری، ع.، ۱۳۹۴. کاربرد سطوح آبیگر باران در ایجاد سامانه های زراعت- جنگل (Agro-forestry) در منطقه دشتیاری چابهار (بهبود کشت دیم و جایگاه روش های استحصال)، همایش ملی سامانه های سطوح آبیگر باران، دوره ۲.
- نچارسلیمه، م.، بریمانی، ف.، ۱۳۸۶. اثرات سیستم های آب و هوایی موسمی در کشاورزی بلوچستان، جغرافیا و توسعه، دوره ۵، شماره ۹، ۲۵ - ۳۸.
- وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۸. دفتر مطالعات پایه منابع آب گزارش بارندگی تجمعی روزانه به تفکیک استان.





