

مقایسه اقتصادی شیرین کردن آب خلیج فارس با استفاده از انرژی‌های نو و فسیلی

زین‌العابدین صادقی*

حمیدرضا حرّی**

مهلا صافی نتاج***

چکیده

به منظور پاسخگویی به تقاضای در حال رشد آب و کاهش رشد شکاف بین عرضه و تقاضای آب فرایندهای نمک‌زدایی می‌تواند یکی از گزینه‌های مؤثر باشد. نمک‌زدایی آب دریا یکی از فناوری‌های اصلی تولید آب در سراسر جهان است. پژوهش حاضر با هدف بررسی امکان‌سنجی اقتصادی شیرین‌کردن آب خلیج فارس از منظر انرژی‌های نو و فسیلی در سال ۱۳۹۲ صورت گرفته و برای این منظور از مدل هزینه چرخه عمر استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که استفاده از سوخت دیزل یا به عبارت دیگر سوخت‌های فسیلی در مقایسه با انرژی خورشیدی، برای فرآیند آب‌شیرین‌کن اقتصادی نمی‌باشد. ارزش فعلی خالص در سناریوی با وام با نرخ تنزیل خصوصی انرژی خورشیدی برابر با ۴۷۷۶/۳۱ میلیون ریال و دارای توجیه‌پذیری اقتصادی است و در سوخت دیزلی برابر با ۲۹۷۰/۶۴- میلیون ریال می‌باشد و فاقد توجیه‌پذیری اقتصادی است. حساسیت طرح آب شیرین‌کن سوخت‌های فسیلی نسبت به قیمت فروش آب شیرین در حد کمی می‌باشد و این نتیجه در استفاده از انرژی خورشیدی با روندی افزایشی رو به رو است ولی حساسیت طرح آب شیرین‌کن انرژی‌های نو نسبت به قیمت فروش آب شیرین در حد زیادی می‌باشد زیرا میزان تغییرات بسیار بالا بوده است. همچنین نتایج بیانگر آن است که هزینه متوسط که در دو حالت انرژی خورشیدی و دیزلی برای قیمت آب

* استادیار گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان - نویسنده مسئول Email: Abed_sadeghi@yahoo.com

** استادیار گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان Email: horryhr@yahoo.com

*** دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی دانشگاه شهید باهنر کرمان Email: mahla.safinataj@gmail.com

۱۴۴ فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، سال اول، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۵

شیرین به دست آمده، در حالت انرژی خورشیدی به مراتب کم تر بوده است.

طبقه بندی JEL: R10, A19

واژه های کلیدی: امکان سنجی اقتصادی، نمک زدایی، خلیج فارس، انرژی خورشیدی، مدل چرخه عمر.

مقدمه

کاهش بارندگی، خشکسالی‌های پیاپی به خصوص در سالیان اخیر، رشد جمعیت، شهرنشینی، صنعتی‌شدن جنوب کشور، شیوه‌های نادرست و نامناسب آبیاری، کاهش منابع آبی معمول به خصوص کاهش منابع آب زیرزمینی کم‌عمق که باعث افزایش عمق چاه‌ها برای رسیدن به آب شده و این مسأله به نوبه خود سبب کاهش آب و افت کیفیت آن شده است. شیوه‌های مدیریت ضعیف در حفظ منابع آبی محدود و موجود و افزایش تقاضا برای آب در تمامی بخش‌ها از یک سو و کاهش عرضه آب از منابع محدود و موجود از سوی دیگر سبب ایجاد مشکلات فراوانی برای کشور به خصوص مناطق خشک و کم‌آب کشور شده است. به منظور پاسخگویی به تقاضای در حال رشد و کاهش رشد شکاف بین عرضه و تقاضای آب فرایندهای نمک‌زدایی می‌تواند یکی از گزینه‌های مؤثر باشد. نمک‌زدایی آب دریا یکی از فناوری‌های اصلی تولید آب در سراسر جهان است. یکی از مراکز فعالیت شدید آب‌شیرین‌کن‌ها خلیج فارس می‌باشد و کشورهای شورای همکاری خلیج فارس از این فرایند به عنوان منبع اصلی برای تأمین آب شیرین برای بخش داخلی خود استفاده می‌کنند (داوود، ۲۰۱۲).

شکل ذیل ظرفیت آب‌شیرین‌کن‌ها را در منطقه نشان می‌دهد که بیشتر این کارخانه‌ها با نیروگاه ترکیبی تولید همزمان آب و برق را انجام می‌دهند. در حال حاضر بیش از کارخانه موجود و هر ساله در حال افزایش می‌باشد. ظرفیت کل آب شیرین کن ۵۰۰۰ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد، که به معنی کمی کم‌تر از نصف (۴۵٪) تولید در سراسر جهان است. تولیدکنندگان اصلی در منطقه خلیج فارس: امارات متحده عربی (۳۵٪) از ظرفیت نمک زدایی در سراسر جهان، عربستان سعودی (۳۴٪) که ۱۴٪ را می‌توان به منطقه‌ای از خلیج فارس و ۲۰٪ از دریای سرخ نسبت داد، کویت (۱۴٪)، قطر (۸٪)، بحرین (۵٪) و عمان (۴٪) می‌باشد. انتظار می‌رود ظرفیت کل حدود ۱۸۰۰ میلیون مترمکعب در سال تا سال ۲۰۱۳ افزایش یابد. همچنین ظرفیت کل آب شیرین‌کن در کشورهای شورای همکاری خلیج فارس از ۳۰۰۰ میلیون مترمکعب برای هر سال، در سال ۲۰۰۰ به حدود ۵۰۰۰ میلیون مترمکعب برای هر سال تا سال ۲۰۱۲ و حدود ۹۰۰۰ میلیون مترمکعب برای هر سال تا سال ۲۰۳۰ برسد. (داوود، ۲۰۱۲)

بسیاری از اثرات بالقوه زیست محیطی فرآیند نمک زدایی در کشورهای شورای همکاری خلیج فارس شبیه به هر صنعت دیگری است. با این حال اثرات مشخص آب شیرین کن مانند برخورد و افزودن حباب از ارگانسیم دریایی، انتشارگازهای گلخانه‌ای به علت تقاضای انرژی قابل توجه از سوخت‌های فسیلی، و تخلیه آب شور به محیط زیست دریایی اما اقدامات کاهش‌ی نیز برای مقابله با این مسائل صورت گرفته مثل ایجاد نیروگاه‌های نمک زدایی ترکیبی خورشیدی، توسعه کارآمد انرژی سیستم‌های آب شیرین کن کوچک، جایگزین‌های ابتکاری و نوآورانه انرژی نیروگاه‌های آب شیرین کن (داوود، ۲۰۱۲).

با توجه به حجم عظیم فعالیت‌های نمک‌زدایی در منطقه خلیج فارس توسط کشورهای عربی منطقه شایسته است که کشور ایران نیز با توجه به مشکلات فراوان کمبود آب شیرین در این زمینه اقدامات ویژه‌ای انجام دهد. از جمله طرح‌های در حال بررسی در ایران و در منطقه خلیج فارس برای نمک‌زدایی انتقال آب برای ۱۶ استان و جمعیتی بالغ بر ۴۶ میلیون نفر می‌باشد. بنابراین هدف اصلی این تحقیق بررسی امکان‌سنجی اقتصادی استفاده از انرژی‌های نو و فسیلی برای شیرین کردن آب دریای خلیج فارس است.

ادبیات موضوع

مطالعات داخلی

مهدوی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای به بررسی اثر انجماد غیرمستقیم برای نمک‌زدایی از آب‌های شور و لب‌شور پرداختند. یافته‌های حاصل از بررسی نشان می‌دهد که با استفاده از دوبار فرایند انجماد می‌توان از آب‌های که TDS^1 مواد جامد محلول در آب کمتر از 1900 mg/l به آب آشامیدنی دست یافت. گرچه با یک بار فرایند انجماد آب شرب حاصل نشده اما خود این عمل باعث کاهش TDS تا ۵۸ درصد می‌شود که خود می‌تواند به عنوان یک روش پیش‌تصفیه برای دیگر

1. Total Dissolved Solids (TDS)

مقایسه اقتصادی شیرین کردن آب... ۱۴۷

سیستم‌ها مثل اسمز معکوس^۱ RO باشد. قزلباش و همکاران (۱۳۹۲) به ارزیابی اقتصادی انرژی برق خورشیدی و برق فسیلی در یک واحد خانگی در مشهد و با استفاده از نرم‌افزار کامفار پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از سیستم PV در حال حاضر به طور کامل قابل رقابت با نیروگاه فسیلی نبوده ولی در کاهش هزینه‌های پرداختی مصرف‌کننده مناسب می‌باشد. با گذشت زمان و پیشرفت فناوری و از طرف دیگر گران‌تر شدن سوخت‌های فسیلی، تنها استفاده از منابع تجدیدپذیر توجیه اقتصادی دارد. مهدی زاده (۱۳۹۳) به ارزیابی اقتصادی و زیست محیطی تولید انرژی از فاضلاب شهر کرمان پرداخت و با استفاده معیار هزینه چرخه عمر به این نتیجه رسید که از بین سناریوهای تولید انرژی از بیوگاز بررسی شده، سناریوی فروش برق تولیدی به لحاظ اقتصادی توجیه‌پذیر بوده و از بین سناریوهای جمعیتی، سناریوی جمعیتی ۱۰۰ درصد به جهت تولید بیشتر و صرفه نسبت به مقیاس کاراتر بوده است. رهنما (۱۳۹۴) به بررسی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در آب شیرین‌کن‌ها و بررسی اقتصادی آنها در راستای توسعه پایدار پرداخته است. در این تحقیق به ارائه اصول کار انواع عمده آب-شیرین‌کن‌ها، بررسی اقتصادی آنها از بعد هزینه آب شیرین تولید شده با استفاده از انواع انرژی‌های تجدیدناپذیر و تجدیدپذیر انجام شده است. نتایج حاکی از آن است که استفاده از منابع و انرژی‌های تجدیدپذیر در آب شیرین‌کن‌ها در سال‌های اخیر شروع شده و با وجود اینکه هزینه‌های تولید آب در این روش در بعضی موارد بسیار بالاتر از سایر روش‌های معمول است اما به دلیل عدم وجود اثرات منفی روی محیط زیست بشر، کاهش هزینه تکنولوژی‌های مورد استفاده در انرژی‌های تجدیدپذیر در سال‌های اخیر و مهم‌تر از همه نقش انرژی‌های تجدیدپذیر در توسعه پایدار، استفاده از این روش‌ها همچنان روبه گسترش می‌باشد.

مطالعات خارجی

تیان و همکاران^۲ (۲۰۰۴) در مطالعه‌ای به آنالیزمقدماتی اقتصادی برای یک سیستم نمک‌زدایی هسته‌ای با استفاده از یک راکتور مخزنی عمیق زیرزمینی و در واحد

1. Reverse Osmosis (RO)

2. Tian & At.Al

نمک‌زدایی چند تاثیر MED^۱ و با نرم‌افزار DEEP در چین پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که راکتور^۲ DPR دارای قابلیت ایمنی بالایی است و نمک‌زدایی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد برای بخار در نظر گرفته شده است که نتایج خوبی حاصل شده و حاکی از تجاری بودن نمک‌زدایی هسته‌ای به عنوان راه‌حل نهایی برای کمبود آب‌شیرین در مناطق با کمبود آب می‌باشد. فورست می‌یر و همکاران^۳ (۲۰۰۷) به مطالعه امکان‌سنجی در آب‌شیرین‌کن‌های بادی با دو روش اسمز معکوس و فشرده سازی مکانیکی بخار پرداختند و نتایج حاصل نشان می‌دهد که آب‌شیرین‌کن بادی می‌تواند با دیگر سیستم‌های آب‌شیرین‌کن برای تامین آب‌شیرین و سالم به طور موثر و سازگار با محیط زیست رقابت کند. هزینه‌های تولید آب‌شیرین با استفاده از انرژی بادی به خصوص در مناطقی با منابع خوب انرژی بادی با سیستم‌های نمک‌زدایی معمولی رقابت می‌کند. هلال و همکاران^۴ (۲۰۰۸) یک مطالعه فنی اقتصادی به منظور امکان‌سنجی اقتصادی از سه طرح جایگزین واحد نمک‌زدایی PV-RO برای مناطق دورافتاده ابوظبی داشت، نتایج نشان می‌دهد که طرح جایگزین تماما خورشیدی بدون انرژی کمکی رقابتی است البته می‌توان هزینه‌های این طرح را با ایجاد مشوق‌هایی برای استفاده از پانل‌های خورشیدی مثل کاهش بهره سرمایه، معافیت از مالیات و کاهش هزینه زمین، کاهش داد. آل کاراق اوپلی و همکاران^۵ (۲۰۱۰) در ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های نمک‌زدایی با محور فتوولتائیک، برق موردنیاز، هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌ای و هزینه‌های تولید آب‌شیرین سیستم‌های PV-RO و PV-ED را ارزیابی کردند. نتایج نشان‌دهنده آن است که در حال حاضر سیستم‌های آب‌شیرین‌کن pv با مقیاس کوچک در مناطق دورافتاده بدون دسترسی به شبکه برق که در آن کمبود آب یک مشکل عمده است و تابش بالایی دارند مناسب است اما در مقیاس بزرگ مشکل فنی مثل هزینه‌های سرمایه‌گذاری بالا وجود دارد و نیاز به R&D قوی برای نصب و راه‌اندازی سیستم‌ها می‌باشد. بویچاوی و همکاران^۶ (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای تحت عنوان

1. Multi Effect Distillation
2. Deep-Pool Reactor
3. Forst Meier & At.Al
4. Helal & At.Al
5. Al-Karaghoul & At.Al
6. Electrolysis
7. Bouaichaoui & At.Al

جنبه‌های ایمنی - اقتصادی در نمک‌زدایی هسته‌ای به ارزیابی اقتصادی راکتور هسته‌ای و سیستم‌های نمک‌زدایی در الجزایر می‌پردازد. به نظر می‌رسد که آب‌شیرین‌کن مبتنی بر سوخت راکتور هسته‌ای راه‌حل بسیار رقابتی نسبت به سیستم‌های مبتنی بر انرژی فسیلی است. بنابراین آب‌شیرین‌کن هسته‌ای می‌تواند یک راه حل جایگزین در مناطق ساحلی باشد و نیازهای خانگی، صنعتی و گاهی اوقات نیازهای آب کشاورزی این مناطق را تأمین کند. داک و همکاران^۱ (۲۰۱۳) در مطالعه خود به آنالیز اقتصادی و مقایسه فناوری‌های مختلف آب‌شیرین‌کن پرداختند. هزینه طرح آب‌شیرین‌کن با در نظر گرفتن قیمت کربن افزایش می‌یابد در این صورت RO دارای کم‌ترین هزینه و از نظر اقتصادی بهترین فن‌آوری است. زمانی که انرژی حرارتی وجود دارد MD^۲ کم‌ترین هزینه مواد و نیاز کم‌تری به برق دارد و همچنین هنگام تغذیه با بخار MSF گران‌ترین، MD و MED مشابه یکدیگر و RO از لحاظ اقتصادی مناسب‌ترین می‌باشد. الهزمی^۳ (۲۰۱۴) به امکان‌سنجی اقتصادی و حرارتی فناوری نمک‌زدایی MSF در ترکیب با یک خنک‌کننده می‌پردازد. بررسی‌ها نشان دهنده آن است که نصب کولر و یک محفظه مختلط هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی کارخانه را افزایش می‌دهد. خنک‌کننده در MSF یک تکنیک امیدوارکننده و امکان‌پذیر است و میزان تولید آب شیرین را از کارخانه‌ها افزایش می‌دهد. گوان و همکاران^۴ (۲۰۱۵) در مطالعه‌ی خود به بررسی امکان‌سنجی سیستم بادی دیزلی برای یک جزیره که شامل یک جزء سیستم نمک‌زدایی و دو واحد نمک‌زدایی اسمز معکوس RO و فشرده‌سازی مکانیکی بخار MVC^۵ نیز هست، پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که این کار برای نصب ۲۳ توربین بادی ۷.۵ کیلوواتی در جزیره و واحد نمک‌زدایی در زمستان قادر به عرضه همه آب آشامیدنی جزیره با این توربین‌های بادی اقتصادی می‌باشد و همچنین توربین‌های بادی بزرگ‌تر و واحدهای MVC هزینه کم‌تری در هر واحد ظرفیت دارند و می‌تواند اقتصادی بودن طرح را افزایش دهد. علاوه بر این نمک‌زدایی و ذخیره‌سازی آب در جزیره بزرگ‌تر با

1. Duke And At.Al
2. Membrane Distillation
3. Alhazmy
4. Gowan & At.Al
5. Mechanical Vapor Compression

جمعیت سالانه با ثبات‌تر، اقتصادی‌تر خواهد بود. گرجیان و قبادیان^۱ (۲۰۱۵) در مقاله‌ای با عنوان نمک‌زدایی خورشیدی راه‌حلی پایدار برای بحران آب در ایران با بررسی موقعیت جغرافیایی ایران، وضعیت فعلی و چالش‌های کمبود آب و همچنین بررسی انرژی‌های نو در ایران به این نتیجه رسیدند که استفاده از انرژی خورشیدی مناسب‌ترین فن‌آوری برای رهبری بخش اقتصادی ایران به سمت ثبات باشد به دلیل اینکه کشور از فراوانی تابش خورشیدی برخوردار است و در نتیجه آن به تازگی شروع به استفاده از انرژی خورشیدی کرده است. برای تغییر به سمت مقرون به صرفه‌ترین و سودمندترین پروژه‌های خورشیدی، شناسایی اولویت‌های موقعیت و محل از نظر دریافت تابش خورشیدی یک موضوع بسیار حیاتی برای انرژی است که باید در نظر گرفته شود.

روش‌شناسی تحقیق

امکان‌سنجی به طور کلی به معنای بررسی و تجزیه و تحلیل شانس موفقیت یک پروژه یا کسب و کار است. به عبارت دیگر، هدف از مطالعات امکان‌سنجی تعیین میزان امکان‌پذیری و اجرایی بودن یک پروژه و ثمربخشی آن می‌باشد (شهابی و همکاران، ۱۳۹۲). لذا در ادامه به تشریح اجزای آن پرداخته می‌شود. برای بدست آوردن خالص ارزش فعلی هر طرح باید منافع و هزینه‌های هر طرح را محاسبه کرد، لذا در ادامه به تشریح اجزای آن پرداخته می‌شود.

ارزش فعلی

ارزش فعلی جریانات ورودی نقدی حاصل از سیستم مقدار پولی است که استفاده‌کننده از سیستم می‌تواند به دلیل عدم استفاده از برق شبکه در طول عمر سیستم پس‌انداز کند، ارزش فعلی این جریانات $PW[CIF(N)]^2$ به صورت رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Talavera, 2007):

1. Gorjian And Ghobadian
2. Present Worth Of The Cash Inflows

$$PW[CF(N)] = P_g \cdot E_{PV} \frac{K_{pg}(1 - K_{pg}^N)}{1 - K_{pg}} \quad (1)$$

که در آن P_g قیمت برق خریداری شده از سیستم، E_{PV} میزان برق تولید شده از سیستم در هر سال، N طول عمر سیستم می باشد. K_{pg} (کاهش تدریجی در هزینه‌های برق) نیز از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$K_{pg} = \frac{(1 + \varepsilon_{pg})}{(1 + d)} \quad (2)$$

که در آن، ε_{pg} نرخ افزایش قیمت برق است (Talavera, 2007). کاهش انتشار دی اکسیدکربن را می‌توان به عنوان یک منفعت در نظر گرفت. ارزش فعلی جریان این منافع در طول سیستم از رابطه (۳) به دست می‌آید:

$$PW(S_{CC}) = S_{CC} * \frac{K_S(1 - K_S^N)}{1 - K_S} \quad (3)$$

که در آن رابطه SCC نشان‌دهنده هزینه اجتماعی سالانه انتشار دی اکسیدکربن به دلیل تولید برق از نیروگاه‌های مختلف به ازای هر خانوار یا واحد تجاری است و K_S برابر است با:

$$K_S = \frac{(1 + \varepsilon_S)}{(1 + d)} \quad (4)$$

K_S کاهش تدریجی در هزینه‌های انتشار دی اکسیدکربن، ε_S نرخ افزایش سالانه SCC می باشد. در نتیجه ارزش فعلی کل منافع طرح $PW(TB)$ عبارت است از مجموع ارزش فعلی جریان‌ات ورودی نقدی و ارزش فعلی منافع حاصل از کاهش دی اکسید کربن برابر است با (Talavera, 2007):

$$PW(TB) = PW(CIF) + PW(S_{CC}) \quad (5)$$

مهم‌ترین و پر کاربردترین روش ارزیابی طرح‌های اقتصادی است. در این روش، جریان‌های نقدی آینده طرح‌ها و ارزش فعلی آن که در طول دوره‌های سرمایه گذاری با نرخ هزینه سرمایه گذاری تنزیل شده‌اند مقایسه می‌شود، فرمول‌های بالا هزینه چرخه

عمر را محاسبه می‌کند.

بنابراین در این تحقیق NPV از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$NPV = PW[CIF(N)] - LCC \quad (6)$$

ارزش فعلی خالص را با NPV نشان می‌دهند و ارزش فعلی این جریان‌ات PW[CIF(N)] و هزینه چرخه عمر را با LCC نشان داده شده است.

مدل هزینه

در مطالعه حاضر جهت تعیین هزینه‌های سرمایه‌ای و هزینه‌ای از الگوی هزینه هلال و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شده است. معادلات مدل به شرح زیر می‌باشد:

$$DCC = [CC_{swip} + CC_{hpp} + CC_{ers} + CC_{prm} + CC_l + CC_{st} + CC_{sd}] \quad (7)$$

DCC^۲ هزینه سرمایه مستقیم، CC^۳_{swip} هزینه سرمایه مصرف آب دریا پیش از تصفیه، CC^۴_{hpp} هزینه سرمایه پمپ‌های فشار بالا، CC^۵_{ers} هزینه سیستم بازیافت انرژی، CC^۶_{prm} هزینه سرمایه اسمز معکوس، CC^۷_{st} هزینه مخزن ذخیره‌سازی آب، CC^۸_l هزینه زمین و CC^۹_{sd} هزینه توسعه سایت است.

ICC هزینه نصب سرمایه، TCC^۱ کل هزینه سرمایه نیز توسط معادلات شماره (۸) و (۹) بدست می‌آید:

$$ICC = DCC + CC_{install} \quad (8)$$

CC^{۱۱}_{install} هزینه نصب و راه اندازی است.

$$TCC = ICC + CC_i \quad (9)$$

CC^{۱۲}_i هزینه سرمایه غیر مستقیم است (احتمالی)، که توسط معادله زیر بدست می‌آید:

-
1. Life Cycle Cost
 2. Direct Capital Cost
 3. Seawater Intake And Pre-Treatment Capital Cost
 4. High Pressure Pumps Capital Cost
 5. Cost Of Energy Recovery System
 6. Permeator Capital Cost
 7. Cost Of Water Storage Tanks
 8. Cost Of Land
 9. Site Development Cost
 10. Total Capital Cost
 11. Installation Cost
 12. Indirect Capital Cost

مقایسه اقتصادی شیرین کردن آب... ۱۵۳

$$cc_i = 0.1. DCC \quad (10)$$

$$AOC = CO_{rp} + CO_s + CO_{ch} + CO_{labor} + CO_{eq} \quad (11)$$

AOC = هزینه عملیات سالانه که در آن CO_e هزینه‌های عملیاتی سالانه انرژی از جمله هزینه انرژی اولیه پانل‌های خورشیدی، بسته به سیستم تأمین انرژی کارخانه RO است. CO_{rp} هزینه‌های عملیاتی جایگزینی، CO_s هزینه‌های عملیاتی قطعات یدکی، CO_{ch} هزینه‌های عملیاتی تصفیه شیمیایی و CO_{labor} هزینه سالانه نیروی کار است.

$$AP = TCC / CRP \quad (12)$$

AP^۶ پرداخت سالانه، TCC هزینه کل سرمایه و CRP^۷ دوره بازیافت سرمایه است. در اینجا دوره بازیافت سرمایه = CRP طول عمر تجهیزات فیزیکی = ۲۰ سال در نظر گرفته می‌شود. حال اگر نرخ تنزیل باشد در این مطالعه دو نوع نرخ تنزیل در نظر گرفته شده است نرخ تنزیل خصوصی که از نرخ بازده اوراق قرضه استفاده می‌شود و نرخ تنزیل اجتماعی پس ارزش آتی سرمایه FV توسط معادله داده شده بدست می‌آید (هلال و همکاران، ۲۰۰۸):

$$FV = AP \cdot \sum_{n=1}^{CRP} (1+i)^n \quad (13)$$

$$cost = \frac{AOC + (FV/CRP)}{Q_{prod} \cdot 365 \cdot f_c} \quad (14)$$

Cost هزینه آب شیرین، AOC هزینه عملیاتی سالانه، Q_{prod} ^۹ تولید روزانه آب و f_c ضریب ظرفیت^{۱۰}، است.

نرخ بازده داخلی^{۱۱} (IRR) نرخ بهره‌ای است که در آن خالص ارزش فعلی صفر می‌باشد. ($NPV = 0$). دوره بازگشت سرمایه^{۱۲} (PP) تعداد سال‌های مورد نیاز برای

-
1. Annual Operating Cost
 2. Energy Operational Cost
 3. Permeator Replacement Operational Cost
 4. Spares Operational Cost
 5. Chemical Treatment Operational Cost
 6. Annual Labor Cost
 7. Payment
 8. Capital Recovery Period
 9. Daily Water Production, M3/d
 10. Capacity Factor
 11. Internal Rate Of Return
 12. Payback Period

۱۵۴ فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، سال اول، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۵

برابر شدن ارزش فعلی جریانات ورودی با ارزش فعلی جریانات خروجی است. در این تحقیق با توجه به مسأله امکان‌سنجی به دلیل استفاده از روش ارزیابی چرخه عمر، داده‌ها و اطلاعات مربوطه جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفته است. داده‌ها و اطلاعات موردنیاز مربوط به سال ۱۳۹۲ و نرم‌افزار مورد استفاده در این مطالعه نرم‌افزار اکسل می‌باشد. برای گردآوری اطلاعات بخش نظری تحقیق از منابع کتابخانه‌ای و اطلاعات مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی استان هرمزگان و بخشی از اطلاعات نیز از سایت‌های انرژی مرتبط استفاده شده است.

برآورد مدل

در محاسبه معیار هزینه چرخه عمر سالانه برای هر یک از تکنولوژی‌های مورد بررسی، هزینه‌ها به دو نوع هزینه شامل هزینه‌های سرمایه‌ای و هزینه‌های عملیاتی تقسیم‌بندی می‌شوند. در مطالعه حاضر جهت تعیین هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی از الگوی هزینه هلال و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شده است.

در این مطالعه دو سناریو وجود دارد و در سناریوی استفاده از انرژی‌های نو فرض می‌شود از انرژی خورشیدی انرژی مورد نیاز سیستم تأمین می‌شود. در سناریو سوخت-های فسیلی از سوخت دیزل (گازوئیل) استفاده می‌شود

جدول ۱. هزینه سرمایه مستقیم (میلیون ریال)

انرژی دیزلی	انرژی خورشیدی	انرژی هزینه (میلیون ریال)
۴۸/۹۷	۹۲/۰۱	هزینه سرمایه مصرف آب دریا پیش از تصفیه
۱۰/۸۶	۲۳/۶۲	هزینه سرمایه پمپ‌های فشار بالا
۸/۰۹	۱۷/۵۹	هزینه سیستم بازیافت انرژی
۵/۵۵	۱۳/۷۵	هزینه سرمایه اسمز معکوس
۵۴	۵۴	هزینه مخزن ذخیره‌سازی آب
۳۷/۵	۳۷/۵	هزینه زمین
۵۴/۴۴	۶/۶۳	هزینه توسعه سایت
۲۱۹/۴۲	۳۰۴/۸۳	هزینه سرمایه مستقیم

منبع: محاسبات تحقیق و (Helal, Al-Malek, & Al-Katheeri, 2008)

مقایسه اقتصادی شیرین کردن آب... ۱۵۵

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود میزان هزینه سرمایه مستقیم در انرژی خورشیدی بیشتر از انرژی دیزلی است. این در حالی است که هزینه زمین و هزینه مخزن ذخیره‌سازی آب برای هر دو انرژی یکسان و سایر هزینه‌های انرژی خورشیدی از انرژی دیزلی بیشتر است.

جدول ۲. هزینه نصب سرمایه (میلیون ریال)

انرژی دیزلی	انرژی خورشیدی	انرژی هزینه (میلیون ریال)
۲۱۹/۴۲	۳۰۴/۸۳	هزینه سرمایه مستقیم
۱۵/۷۰	۲۱/۷۹	هزینه نصب و راه‌اندازی
۲۳۵/۱۳	۳۲۶/۶۳	هزینه نصب سرمایه

منبع: محاسبات تحقیق و (Helal et al., 2008)

در جدول شماره (۲) هزینه نصب سرمایه انرژی خورشیدی از هزینه نصب سرمایه انرژی دیزلی بیشتر است. TCC کل هزینه سرمایه از طریق معادله (۹) محاسبه شده و نتایج نشان‌دهنده این است که کل هزینه سرمایه در انرژی خورشیدی بیش از انرژی دیزلی است که در جدول (۳) قابل مشاهده است:

جدول ۳. کل هزینه سرمایه (میلیون ریال)

انرژی دیزلی	انرژی خورشیدی	انرژی هزینه (میلیون ریال)
۲۳۵/۱۳	۳۲۶/۶۳	هزینه نصب سرمایه
۲۱/۹۴	۳۰/۴۸	هزینه سرمایه غیر مستقیم
۲۵۷/۰۷	۳۵۷/۱۱	کل هزینه سرمایه

منبع: محاسبات تحقیق

CCi هزینه سرمایه غیر مستقیم (احتمالی) است که از طریق معادله (۱۰) به دست آمده و همان‌طور که مشاهده می‌شود هزینه سرمایه غیرمستقیم انرژی دیزلی از انرژی خورشیدی کم‌تر است.

جدول ۴. هزینه سرمایه غیرمستقیم (میلیون ریال)

انرژی	انرژی خورشیدی	انرژی دیزلی
هزینه (میلیون ریال)		
هزینه سرمایه غیرمستقیم	۳۰/۴۸	۲۱/۹۴

منبع: محاسبات تحقیق

هزینه عملیاتی سالانه (AOC) از طریق معادله (۱۱) محاسبه شده و برابر با مجموع هزینه‌های عملیاتی جایگزینی (CO_{pp})، قطعات یدکی (CO_S)، تصفیه شیمیایی (CO_{Ch})، نیروی کار (CO_{labor}) و هزینه‌های عملیاتی سالانه انرژی (CO_e) است. هزینه عملیات سالانه که در آن CO_e هزینه‌های عملیاتی سالانه انرژی از جمله هزینه انرژی اولیه پانل-های خورشیدی، بسته به سیستم تأمین انرژی کارخانه RO است.

جدول ۵. هزینه عملیاتی سالانه (میلیون ریال)

انرژی	انرژی خورشیدی	انرژی دیزلی
هزینه (میلیون ریال)		
هزینه عملیاتی جایگزینی	۵۵/۰۳	۲۲/۲۲
هزینه عملیاتی قطعات یدکی	۱۴/۳۰	۶/۵۰
هزینه عملیاتی تصفیه شیمیایی	۳۰/۶۰	۱۳/۹۱
هزینه سالانه نیروی کار	۵۹/۹۳	۵۹/۹۳
هزینه عملیاتی سالانه انرژی	۰	۳۶۷/۷۲
هزینه عملیاتی سالانه	۱۵۹/۸۸	۴۷۰/۲۹

منبع: محاسبات تحقیق

همان طور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود هزینه عملیاتی سالانه در حالت استفاده از انرژی خورشیدی کم‌تر از انرژی دیزلی شده است و به دلیل صفر بودن هزینه عملیاتی سالانه انرژی خورشیدی در مقایسه با انرژی دیزلی است.

جدول ۶. پرداخت سالانه

انرژی دیزلی	انرژی خورشیدی	انرژی
		هزینه (میلیون ریال)
۲۵۷/۰۷	۳۵۷/۱۱	هزینه کل سرمایه
۲۰	۲۰	دوره بازیافت سرمایه
۱۲/۸۵	۱۷/۸۵	پرداخت سالانه

منبع: محاسبات تحقیق

پرداخت‌های سالانه به دست آمده از طریق معادله (۱۲) بیانگر این موضوع است که پرداخت سالانه برای انرژی خورشیدی با توجه به یکسان بودن دوره بازیافت سرمایه، بیشتر از انرژی دیزلی شده است. در اینجا دوره بازیافت سرمایه CRP (طول عمر تجهیزات فیزیکی) ۲۰ سال در نظر گرفته می‌شود. حال اگر نرخ تنزیل باشد در این مطالعه دو نوع نرخ تنزیل در نظر گرفته شده است نرخ تنزیل خصوصی که از نرخ بازده اوراق قرضه، و نرخ تنزیل اجتماعی استفاده می‌شود.

جدول ۷. ارزش آتی سرمایه (میلیون ریال)

انرژی دیزلی	انرژی خورشیدی	انرژی	
		هزینه (میلیون ریال)	
۱۲/۸۵	۱۷/۸۵	پرداخت سالانه	نرخ تنزیل خصوصی
		دوره بازیافت سرمایه	
		نرخ تنزیل	
		ارزش آتی سرمایه	
۱۲/۸۵	۱۷/۸۵	پرداخت سالانه	نرخ تنزیل اجتماعی
		دوره بازیافت سرمایه	
		نرخ تنزیل	
		ارزش آتی سرمایه	

منبع: محاسبات تحقیق

۱۵۸ فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، سال اول، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۵

همان طور که در جدول (۷) قابل مشاهده است در هر دو نرخ تنزیل خصوصی و اجتماعی ارزش آتی سرمایه در حالت استفاده از انرژی خورشیدی بیشتر از ارزش آتی سرمایه در حالت انرژی دیزلی است.

یکی از اصول اساسی پایداری اقتصادی این است که درآمدها باید هزینه‌ها را پوشش دهند به عبارت دیگر هر طرح تولیدی باید تامین کننده هزینه و سرمایه‌گذاری آتی لازم برای تداوم فعالیت خود باشد و این اصل برای تولید آب شیرین نیز معتبر است. هزینه آب شیرین برای دو نرخ تنزیل با توجه به معادله (۱۳) محاسبه شده است که نتایج در جدول (۸) نشان داده شده است.

جدول ۸. هزینه آب شیرین (ریال)

انرژی دیزلی	انرژی خورشیدی	انرژی	
		هزینه (ریال)	
۴۷۰۲۹۵۳۰۰	۱۵۹۸۸۳۸۰۰	هزینه عملیاتی سالانه	نرخ تنزیل خصوصی
		ارزش آتی سرمایه	
		دوره بازیافت سرمایه	
		تولید روزانه آب	
		ضریب ظرفیت	
		هزینه آب شیرین	
۴۷۰۲۹۵۳۰۰	۱۵۹۸۸۳۸۰۰	هزینه عملیاتی سالانه	نرخ تنزیل اجتماعی
		ارزش آتی سرمایه	
		دوره بازیافت سرمایه	
		تولید روزانه آب	
		ضریب ظرفیت	
		هزینه آب شیرین	

منبع: محاسبات تحقیق

نتایج در جدول (۸) نشان می‌دهد که در هر دو نرخ تنزیل خصوصی و اجتماعی، هزینه

آب شیرین حاصل از انرژی خورشیدی کم‌تر از انرژی دیزلی شده است. برای بررسی دقیق‌تر و ارائه نتایج مطلوب‌تر در اینجا دو سناریوی دیگر برای دو حالت انرژی خورشیدی و دیزلی و در دو نرخ تنزیل خصوصی و اجتماعی را بررسی می‌کنیم که عبارتند از حالت تامین مالی با وام و بدون وام برای سرمایه‌گذاری در طرح آب‌شیرین‌کن است.

ارزش فعلی کل منافع طرح

برای این منظور با استفاده از معادلات ارزش فعلی جریانات نقدی و سپس ارزش فعلی منافع ناشی از کاهش گاز دی اکسیدکربن را محاسبه و در نهایت می‌توان ارزش کل منافع طرح را به دست آورد.

در جدول (۹) ارزش فعلی درآمد ناشی از عدم خرید برق شبکه یا ارزش فعلی جریانات نقدی طرح را نشان می‌دهد که قیمت مورد استفاده برای انرژی‌های خورشیدی ۴۳۷۱ ریال و قیمت گازوئیل ۳۵۰۰ ریال است. در این تحقیق متوسط قیمت خرید انرژی‌های نو توسط دولت در سال ۱۳۹۲ و قیمت بازار آزاد گازوئیل در نظر گرفته شده است.

جدول ۹. ارزش فعلی جریانات نقدی طرح (میلیون ریال)

ارزش فعلی جریانات نقدی طرح (میلیون ریال)	حالت سناریو		
	نرخ تنزیل خصوصی	نرخ تنزیل اجتماعی	
۶۰۳۳/۰۸	انرژی خورشیدی	با وام	
۵۲۵/۱۱	انرژی دیزلی		
۱۳۶۴۸/۷۸	انرژی خورشیدی	بدون وام	
۱۱۸۷/۹۸	انرژی دیزلی		
۶۰۳۳/۰۸	انرژی خورشیدی	نرخ تنزیل خصوصی	
۵۲۵/۱۱	انرژی دیزلی		
۱۳۶۴۸/۷۸	انرژی خورشیدی	نرخ تنزیل اجتماعی	
۱۱۸۷/۹۸	انرژی دیزلی		

منبع: محاسبات تحقیق

همان‌طور که در جدول (۹) مشاهده می‌شود ارزش فعلی جریانات نقدی در حالت

۱۶۰ فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، سال اول، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۵

انرژی خورشیدی نسبت به انرژی دیزلی در هر دو نرخ تنزیل خصوصی و اجتماعی بیشتر شده است. در ادامه به بررسی ارزش فعلی منافع ناشی از کاهش انتشار CO₂ پرداخته می‌شود که نتایج در جدول (۱۰) آمده است.

جدول ۱۰. ارزش فعلی منافع ناشی از کاهش انتشار CO₂ (میلیون ریال)

ارزش فعلی منافع ناشی از کاهش انتشار CO ₂ (میلیون ریال)	حالت سناریو		
	۴۰/۹۰	انرژی خورشیدی	نرخ تنزیل خصوصی
۰	انرژی دیزلی		
۹۲/۵۴	انرژی خورشیدی	نرخ تنزیل اجتماعی	
۰	انرژی دیزلی		
۴۰/۹۰	انرژی خورشیدی	نرخ تنزیل خصوصی	بدون وام
۰	انرژی دیزلی		
۹۲/۵۴	انرژی خورشیدی	نرخ تنزیل اجتماعی	
۰	انرژی دیزلی		

منبع: محاسبات تحقیق

در جدول شماره (۱۰) ارزش فعلی منافع ناشی از کاهش انتشار CO₂ در حالت نرخ تنزیل خصوصی در انرژی خورشیدی کم‌تر از نرخ تنزیل اجتماعی است. بدین ترتیب ارزش فعلی کل منافع سیستم‌های فتوولتائیک از حاصل جمع ارزش فعلی منافع ناشی از کاهش انتشار گاز CO₂ و ارزش فعلی جریان نقدی طرح به دست می‌آید.

جدول ۱۱. ارزش فعلی کل منافع طرح (میلیون ریال)

ارزش فعلی کل منافع (میلیون ریال)	حالت سناریو		
	۶۰۷۳/۹۹	انرژی خورشیدی	نرخ تنزیل خصوصی
۵۲۵/۱۱	انرژی دیزلی		
۱۳۷۴۱/۳۳	انرژی خورشیدی	نرخ تنزیل اجتماعی	
۱۱۸۷/۹۸	انرژی دیزلی		
۶۰۷۳/۹۹	انرژی خورشیدی	نرخ تنزیل خصوصی	بدون وام
۵۲۵/۱۱	انرژی دیزلی		
۱۳۷۴۱/۳۳	انرژی خورشیدی	نرخ تنزیل اجتماعی	
۱۱۸۷/۹۸	انرژی دیزلی		

منبع: محاسبات تحقیق

جدول (۱۱) نشان دهنده این است که ارزش فعلی کل منافع طرح در دو حالت نرخ تنزیل اجتماعی و نرخ تنزیل خصوصی در انرژی خورشیدی بیشتر از انرژی دیزلی محاسبه شده است.

ارزش فعلی خالص (NPV)

در محاسبه شاخص NPV در واقع سرمایه گذاری در طرح با سرمایه گذاری در یک بازار با نرخ سود سالانه i که همان نرخ تنزیل می باشد و به نوعی حداقل نرخ مورد انتظار از سرمایه گذاری است، مقایسه می گردد. بر این اساس در صورتی که رقم محاسبه شده برای این شاخص در یک طرح خاص و براساس نرخ تنزیل تعیین شده، منفی گردد این طرح دارای نرخ سود سالانه کمتر از i است و لذا توجیه پذیر نخواهد بود و در صورتی که این رقم صفر و یا مثبت گردد نشانگر آن است که طرح دارای نرخ بازدهی حداقل معادل نرخ تنزیل (نرخ مورد انتظار از سرمایه گذاری) است. چنانچه مشاهده می گردد تعیین نرخ تنزیل مناسب جهت محاسبه شاخص NPV و تصمیم گیری در خصوص توجیه پذیری طرح براساس آن بسیار حائز اهمیت است.

جدول ۱۲. ارزش فعلی خالص (NPV) (میلیون ریال)

ارزش فعلی خالص (NPV) (میلیون ریال)	حالت سناریو	
۴۷۷۶/۳۰	انرژی خورشیدی	نرخ تنزیل خصوصی
-۲۹۷۰/۶۴	انرژی دیزلی	
۱۰۸۴۷/۸۵	انرژی خورشیدی	نرخ تنزیل اجتماعی
-۶۶۹۰/۰۸	انرژی دیزلی	
۲۲۶۱/۸۰	انرژی خورشیدی	نرخ تنزیل خصوصی
-۴۷۸۰/۷۵	انرژی دیزلی	
۵۱۱۶/۹۲	انرژی خورشیدی	نرخ تنزیل اجتماعی
-۱۰۸۱۵/۶۰	انرژی دیزلی	

منبع: محاسبات تحقیق

همان‌طور که در جدول (۱۲) مشاهده می‌گردد در هر دو نرخ تنزیل بررسی شده، ارزش فعلی خالص انرژی خورشیدی بیشتر از انرژی دیزلی است. به طوری که میزان آن در انرژی خورشیدی مثبت و توجیه‌پذیر می‌باشد. این در حالی است که در انرژی دیزلی این مقدار منفی حاصل شده و فاقد توجیه‌پذیری اقتصادی است. در دو حالت سناریو که مورد بررسی قرار گرفته است در حالتی که با وام می‌باشد میزان ارزش فعلی خالص NPV نسبت به سناریو دوم یعنی بدون وام بیشتر است و توجیه‌پذیری طرح بالا می‌باشد.

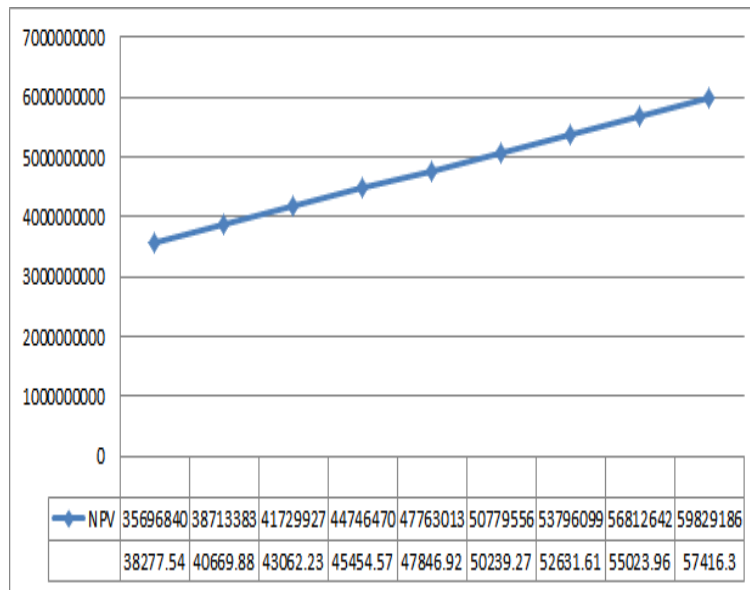
آنالیز حساسیت

با توجه به این که بررسی توجیه‌پذیری طرح‌ها معمولاً در حالت عدم اطمینان انجام می‌شود، تحلیل حساسیت معیار مهمی در بررسی ریسک سرمایه‌گذاری به حساب می‌آید. در واقع تحلیل حساسیت، با تکرار محاسبات مالی از طریق تغییر پارامترهای تأثیرگذار بر نتایج ارزیابی، نتایج به دست آمده با نتایج اولیه مورد مقایسه قرار می‌گیرد. اگر تغییرات ایجاد شده در متغیرها، طرح را از توجیه‌پذیری خارج نسازد، سرمایه‌گذاری با اطمینان بیشتری انجام خواهد شد. در نهایت با توجه به این مطالب می‌توان نمودارهای

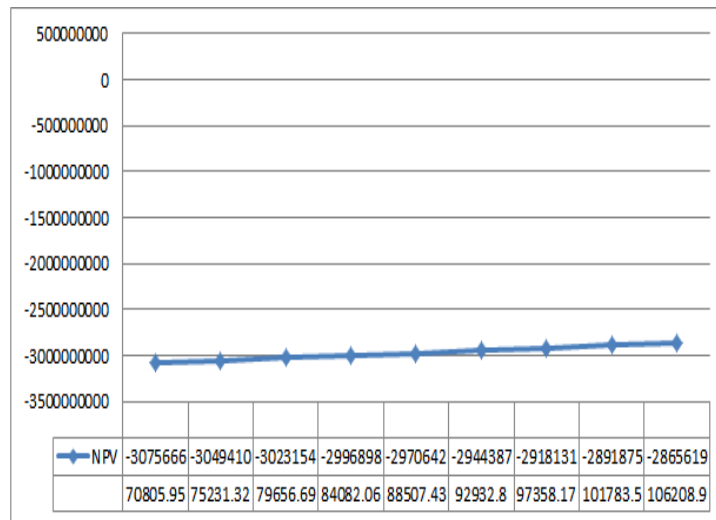
مقایسه اقتصادی شیرین کردن آب... ۱۶۳

تحلیل حساسیت خالص ارزش فعلی نسبت به قیمت آب را برای دو سناریو با توجه به وام و بدون وام و همچنین برای دو حالت انرژی یعنی انرژی خورشیدی و دیزلی محاسبه کرد.

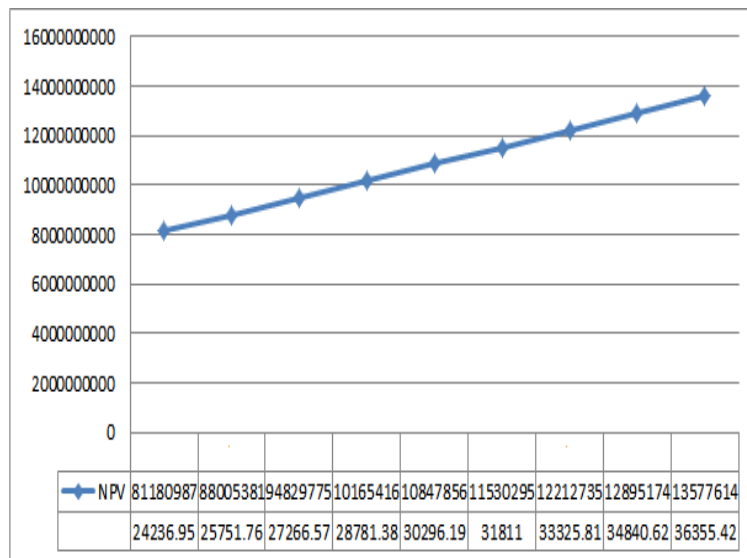
نمودار ۱. تحلیل حساسیت خالص ارزش فعلی نسبت به قیمت آب با استفاده از انرژی خورشیدی (نرخ تنزیل خصوصی با وام)



نمودار ۲. تحلیل حساسیت خالص ارزش فعلی نسبت به قیمت آب با استفاده از انرژی دیزلی (نرخ تنزیل خصوصی با وام)

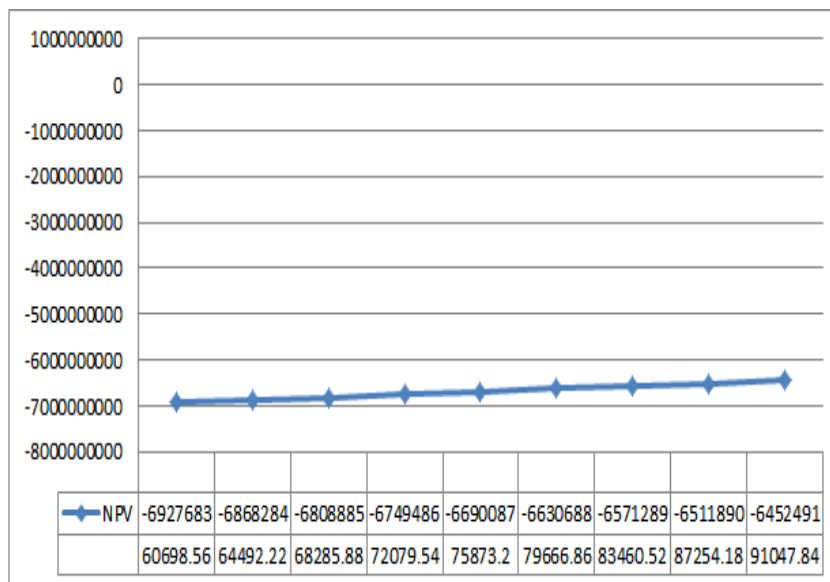


نمودار ۳. تحلیل حساسیت خالص ارزش فعلی نسبت به قیمت آب با استفاده از انرژی خورشیدی (نرخ تنزیل اجتماعی با وام)



مقایسه اقتصادی شیرین کردن آب... ۱۶۵

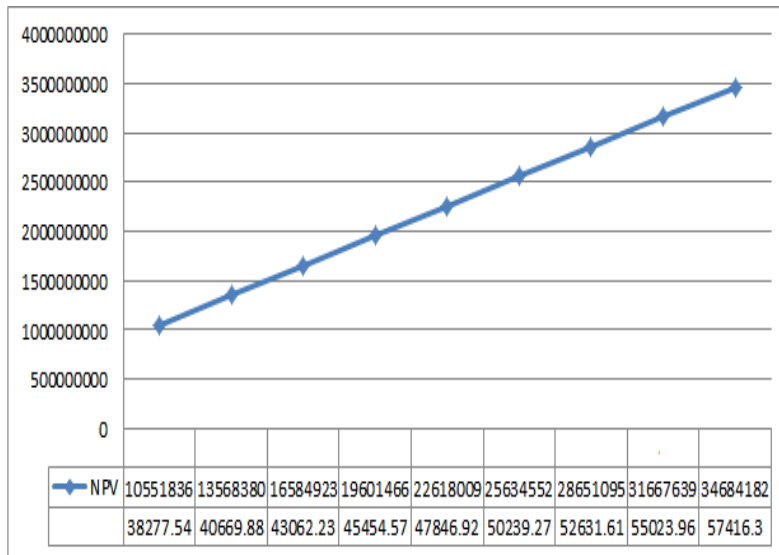
نمودار ۴. تحلیل حساسیت خالص ارزش فعلی نسبت به قیمت آب با استفاده از انرژی دیزلی
(نرخ تنزیل اجتماعی با وام)



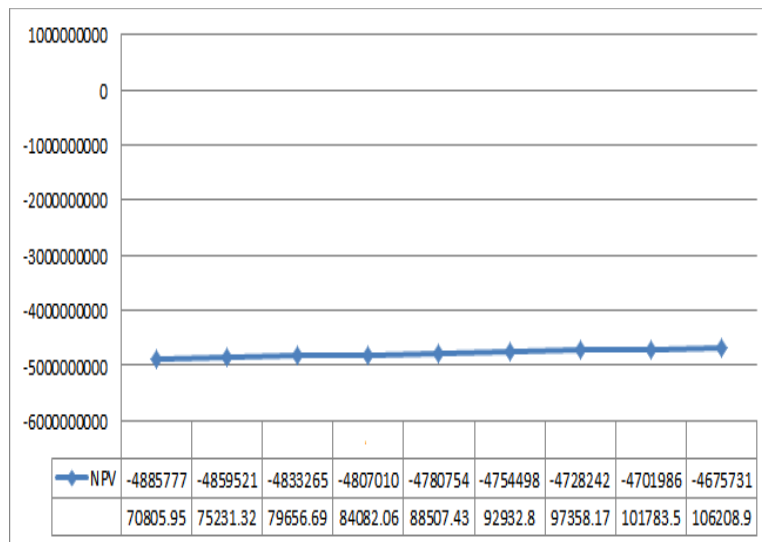
همان‌طور که از نمودارهای (۱) تا (۴) که مربوط به حالت نرخ تنزیل اجتماعی با وام مشخص می‌باشد با افزایش قیمت آب درآمد حاصل افزایش می‌یابد و باعث افزایش منافع طرح می‌شود. همچنین نتایج نشان می‌دهند افزایش قیمت آب موجب افزایش خالص ارزش فعلی می‌شود که این نتیجه در استفاده از انرژی خورشیدی با روندی افزایشی رو به رو است ولی در حالت انرژی دیزلی این روند افزایشی ولی آهسته است.

۱۶۶ فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، سال اول، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۵

نمودار ۵. تحلیل حساسیت خالص ارزش فعلی نسبت به قیمت آب با استفاده از انرژی خورشیدی (نرخ تنزیل خصوصی بدون وام)

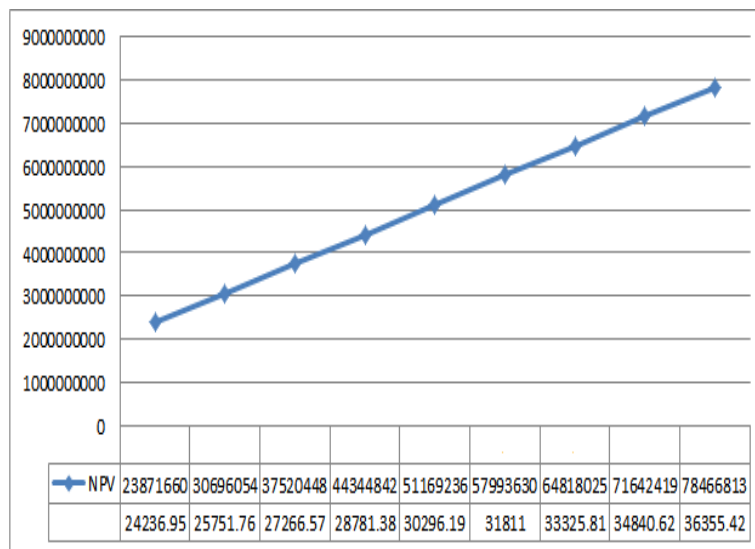


نمودار ۶. تحلیل حساسیت خالص ارزش فعلی نسبت به قیمت آب با استفاده از انرژی دیزلی (نرخ تنزیل خصوصی بدون وام)

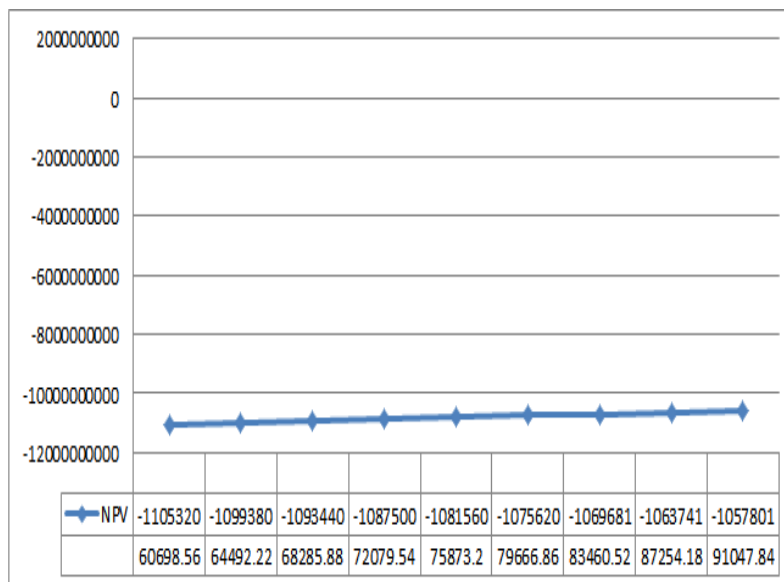


مقایسه اقتصادی شیرین کردن آب... ۱۶۷

نمودار ۷. تحلیل حساسیت خالص ارزش فعلی نسبت به قیمت آب با استفاده از انرژی خورشیدی (نرخ تنزیل اجتماعی بدون وام)



نمودار ۸. تحلیل حساسیت خالص ارزش فعلی نسبت به قیمت آب با استفاده از انرژی دیزلی (نرخ تنزیل اجتماعی بدون وام)



همان‌طور که در ۴ نمودار آخر یعنی نمودارهای (۵) تا (۸) مربوط به حالت سناریو دوم یعنی بدون وام مشخص می‌باشد با افزایش قیمت آب درآمد حاصل افزایش می‌یابد و باعث افزایش منافع طرح می‌شود. همچنین نتایج نشان می‌دهند افزایش قیمت آب موجب افزایش خالص ارزش فعلی می‌شود که این نتیجه در استفاده از انرژی خورشیدی با روندی افزایشی دارد ولی در حالت انرژی دیزلی این روند آهسته است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

این مطالعه به بررسی امکان‌سنجی اقتصادی شیرین‌کردن آب خلیج فارس از منظر انرژی‌های نو و فسیلی در سال ۱۳۹۲ پرداخته است. تولید آب شیرین از آب شور به عنوان یک منبع پایدار تولید آب و همزمان به عنوان راه‌حلی برای مقابله با کمبود آب در جهان است. اکثر کارخانه‌های آب شیرین کن نصب شده در بسیاری از کشورهای مبتلا به مشکل کمبود آب، توسط سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند، با این حال، از آنجا که فرآیندهای نم‌ک‌زدایی به انرژی قابل ملاحظه‌ای نیاز دارند، راه‌اندازی آنها هزینه‌بر و گران خواهد شد و از نظر محیط زیست دارای عوارض خارجی نامطلوبی است. اخیراً استفاده از منابع و انرژی‌های تجدیدپذیر در آب شیرین‌کن‌ها مورد توجه قرار گرفته است و با وجود این که هزینه‌های تولید آب در این روش در بعضی موارد بسیار بالاتر از سایر روش‌های معمول است اما به دلیل عدم وجود اثرات منفی روی محیط زیست، کاهش هزینه تکنولوژی‌های مورد استفاده در انرژی‌های تجدیدپذیر در سال‌های اخیر و مهم‌تر از همه نقش انرژی‌های تجدیدپذیر در توسعه پایدار استفاده از این روش‌ها همچنان رو به گسترش می‌باشد.

نتایج این مطالعه حاکی از آن است که در هر دو نرخ تنزیل خصوصی و اجتماعی، هزینه آب شیرین حاصل از انرژی خورشیدی کم‌تر از انرژی دیزلی شده است. همچنین نتایج نشان‌دهنده این موضوع است که در حالت نرخ تنزیل خصوصی یا به عبارتی نرخ بازده اوراق قرضه، ارزش خالص فعلی در حالت استفاده از انرژی خورشیدی خیلی بیشتر از ارزش خالص فعلی در حالت انرژی دیزلی است و در حالت نرخ تنزیل اجتماعی، ارزش خالص فعلی در حالت استفاده از انرژی خورشیدی بیشتر از ارزش خالص فعلی در حالت انرژی دیزلی است. در مقایسه این دو حالت می‌توان

نتیجه گرفت که در استفاده از انرژی خورشیدی هزینه تولید آب شیرین خیلی کم‌تر از انرژی دیزلی است و بین این دو طرح، استفاده از انرژی خورشیدی اقتصادی‌تر است. در دو سناریوی مورد بررسی حالتی که با وام می‌باشد میزان ارزش فعلی خالص NPV نسبت به سناریوی بدون وام بیشتر است و توجه‌پذیری طرح در انرژی‌های خورشیدی بالا می‌باشد. در نتیجه می‌توان گفت استفاده از انرژی‌های نو برای آب شیرین‌کن از منظر اقتصادی امکان‌پذیر است و برای انرژی‌های دیزلی، توجه‌پذیری طرح بالا نمی‌باشد و در نهایت استفاده از انرژی‌های فسیلی برای آب شیرین‌کن از منظر اقتصادی امکان‌پذیر نیست. همچنین نتایج حاکی از آن است که با افزایش قیمت آب درآمد حاصل افزایش می‌یابد و باعث افزایش منافع طرح می‌شود با این تفاوت که این میزان در حالت انرژی دیزلی روندی افزایشی ولی آهسته دارد و حساسیت طرح آب شیرین‌کن سوخت‌های فسیلی نسبت به قیمت فروش آب شیرین در حد کمی می‌باشد و این نتیجه در استفاده از انرژی خورشیدی با روندی افزایشی رو به رو است و حساسیت طرح آب شیرین‌کن انرژی‌های نو نسبت به قیمت فروش آب شیرین در حد زیادی می‌باشد زیرا میزان تغییرات بسیار بالا بوده است. با توجه به نتایج که هزینه آب شیرین از طریق استفاده از انرژی خورشیدی کم بوده، و استفاده از انرژی خورشیدی نیازمند احداث شبکه برق نیست پیشنهاد می‌شود از این انرژی بیشتر در فرآیند آب شیرین‌کن در مناطق مستعد انرژی خورشیدی استفاده شود.

منابع

- رهنما، م. (۱۳۹۴). استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در آب شیرین کن‌ها و بررسی اقتصادی آنها در راستای توسعه پایدار، پژوهش‌های اقتصادی، سال دوم، شماره ۹، صص ۵۳-۴۵.
- شهابی، ع.، ربانی، ی. و عباس‌نژاد، ط. (۱۳۹۲). توسعه متدولوژی مطالعات امکان‌سنجی صنعتی براساس اصول توسعه پایدار - رویکرد یکپارچه، فصلنامه تحقیقات توسعه اقتصادی، شماره نهم، صص ۱۴۶-۱۱۷.
- قزلباش، ا.، سلیمی‌فر، م.، مهدوی عادل، م.ح.، رجبی مشهدی. (۱۳۹۲). ارزیابی اقتصادی انرژی برق خورشیدی (فتوولتائیک) و برق فسیلی در یک واحد خانگی در شهرستان مشهد، فصلنامه علمی - پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۲، (۸)، صص ۱۳۶-۱۱۵.
- مهدوی، م.، ناصری، س.، محوی، ا.ح.، یونسین، م.، علیمحمدی، م. (۱۳۹۱). شیرین‌سازی آب‌های شور و لب شور دست ساز با استفاده از تکنولوژی انجماد، محیط‌شناسی، ۳۹، (۱)، صص ۱۰-۱.
- مهدی‌زاده، س. (۱۳۹۳). ارزیابی اقتصادی و زیست محیطی تولید انرژی از فاضلاب شهر کرمان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- Alhazmy, M. M. (2014). Economic and thermal feasibility of multi stage flash desalination plant with brine-feed mixing and cooling. *Energy*, 76, 1029-1035.
- Al-Karaghoul, A., Renne, D., & Kazmerski, L. L. (2010). Technical and economic assessment of photovoltaic-driven desalination systems. *Renewable Energy*, 35(2), 323-328.
- Bouaichaoui, Y., Belkaid, A., & Amzert, S. A. (2012). Economic and safety aspects in nuclear seawater desalination. *Procedia Engineering*, 33, 146-154.
- Dawoud, M. A. (2012). Environmental impacts of seawater desalination: Arabian Gulf case study. *International Journal of Environment and Sustainability (IJES)*, 1(3)
- Gorjian, S., & Ghobadian, B. (2015). Solar desalination: A sustainable solution to water crisis in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48, 571-584.
- Helal, A., Al-Malek, S., & Al-Katheeri, E. (2008). Economic feasibility of alternative designs of a PV-RO desalination unit for remote areas in the United Arab Emirates. *Desalination*, 221(1), 1-16 .
- Jiafu Tian., Jun Zhang. & Ping Cheng. (2004). Pre-feasibility study of a deep-pool reactor for seawater desalination. *Desalination*, 166, 243-249.
- Kesieme, U. K., Milne, N., Aral, H., Cheng, C. Y., & Duke, M. (2013). Economic analysis of desalination technologies in the context of carbon

pricing, and opportunities for membrane distillation. *Desalination*, 323, 66-74.

Maedeh, P, Shahabi., Adam McHugh., & Goen Ho. (2015). Environmental and economic assessments of beach well intake versus open intake for seawater reverse osmosis desalination. *Desalination*, 357, 259-266.

Mohamed A, Dawoud., & Mohamed M, Al Mulla. (2012). Environmental Impacts of Seawater Desalination: Arabian Gulf Case Study. *International Journal of Environment and Sustainability* ISSN 1997-9566, 1, (3), 22-37.

Talavera, D. L., Nofuentes, G., Aguilera, J., & Fuentes, M. (2007). Tables for the estimation of the internal rate of return of photovoltaic grid-connected systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 447-466.

Talavera, D. L., Nofuentes, G., Aguilera, J., & Fuentes, M. (2007). Tables for the estimation of the internal rate of return of photovoltaic grid-connected systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 447-466.