

بررسی فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی توسعه سیستم‌های آبیاری خورشیدی در بخش کشاورزی استان فارس

حامد جانعلی‌زاده^۱، حسین یوسفی^{۲*}، یونس نوراللهی^۲، محمدحسین جهانگیر^۳

۱. دانشجوی دکتری گروه انرژی‌های نو و محیط زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

۲. دانشیار گروه انرژی‌های نو و محیط زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

۳. استادیار گروه انرژی‌های نو و محیط زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۰۹/۳۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۸/۰۱/۳۰)

چکیده

استان فارس با رتبه نخست مصرف آب و تولیدات کشاورزی در کشور، بیشترین میزان تولید آلاینده در بخش کشاورزی به واسطه پمپاژ آب را دارد. بنابراین، در قالب شش سناریو راه‌کار استفاده از پمپ‌های خورشیدی و یا جایگزینی پمپ‌های دیزل با پمپ‌های الکتریکی متصل به شبکه، میزان تغییرات تولید دی‌اکسید کربن بررسی شد. در سناریوی نخست، روند فعلی؛ در سناریوی دوم، پوشش ۵۰ درصد پمپ‌های دیزلی با برق شبکه و در سناریوی سوم، حالت ۲۵ درصد برق شبکه و ۲۵ درصد استفاده از پنل‌ها بررسی شد. با بررسی قیمت حامل‌های انرژی در ایران و مقایسه آن با ترکیه، سه سناریوی دوم بررسی شد. در سناریوی نخست و چهارم، میزان مصرف انرژی پمپاژ آب طی سال در استان فارس، ۱۳/۵ تراوات ساعت و در چهار سناریوی دیگر، ۱۰/۵ تراوات ساعت است. میزان آلاینده‌گی در سناریوی نخست تا سوم به ترتیب، ۴۴۵۵، ۴۰۹۸ و ۳۷۱۲ تن دی‌اکسید کربن بوده است. در سناریوی چهارم تا ششم همین ترتیب تکرار شده است. مقایسه پمپ‌های الکتریکی متصل به شبکه با پمپ‌های دیزل به دلیل بازدهی بیشتر، کاهش آلاینده‌گی به میزان ۸ درصد و هزینه اقتصادی به میزان ۲۶/۷ درصد را به دنبال دارد. استفاده از برق خورشیدی به رغم آلاینده‌گی کمتر به میزان ۱۶/۶ درصد، هزینه بیشتری را به میزان ۷۴/۴ درصد به دنبال دارد. توجیه اقتصادی استفاده از برق شبکه در قیاس با استفاده از سوخت دیزل شدت بیشتری یافت، اما از نظر اقتصادی برق خورشیدی اختلاف کمتری را با استفاده از برق شبکه نشان داد.

کلیدواژه‌گان: آبیاری خورشیدی، استان فارس، چاه‌های کشاورزی، محاسبات اقتصادی، محاسبات دی‌اکسید کربن تولیدی.

مقدمه

تولید دی‌اکسید کربن به عنوان یکی از عوامل مؤثر در تغییر اقلیم شناخته می‌شود. از تأثیرات تغییر اقلیم می‌توان به تغییر الگوهای آب و هوایی شامل زمان و طول فصل‌ها، میزان و چگونگی بارش، میزان جذب نور خورشید به زمین و الگوهای وزش باد اشاره کرد [۱]. ایران با تولید ۶۷۱ میلیون تن دی‌اکسید کربن در سال، رتبه نهم تولید در جهان را دارد. گزارش‌های آماری نشان‌دهنده افزایش تولید در ایران به صورت سالانه است. در مقایسه دی‌اکسید کربن تولیدی ایران در سال ۲۰۱۷ با سال ۲۰۰۵ و ۱۹۹۰ به ترتیب رشد ۴۴ و ۲۲۶ درصدی مشاهده می‌شود [۲]. تأثیرات ناشی از تغییر اقلیم شرایط مدیریت را از حالت پایدار به سمت مواجهه با بحران سوق می‌دهد. در ایران اثر این پدیده را می‌توان افزایش سطح آب دریا در سواحل، افزایش دمای هوا در شهرهای جنوبی و مهاجرت ناشی از آن، رخداد باران‌های موسمی، از بین رفتن پوشش گیاهی و پدیده گرد و غبار دانست [۳].

در بررسی میزان تولید دی‌اکسید کربن پنل‌های فوتوولتاییک، کیم و همکارانش (۲۰۱۴) با بررسی چرخه عمر پنل‌های تک کریستال و چندکریستال سیلیکونی به میزان آلاینده‌گی هر پنل با در نظر گرفتن مکانیزم تنظیم زاویه و تعادل پنل پرداختند. آنها همچنین، میزان انرژی الکتریکی تولیدی در دو پنل با در نظر گرفتن چرخه عمر و آلاینده‌گی را مقایسه کردند. در بررسی دو نسبت مشارکت تولید انرژی با برق شبکه کره، در هر دو حالت پنل چندکریستال آلاینده‌گی کمتری را نشان دادند [۴]. هو و همکارانش (۲۰۱۶) با بررسی استفاده از پنل‌های فوتوولتاییک در نیروگاه‌های متمرکز بزرگ و واحدهای پراکنده کوچک و جدای از شبکه و با بررسی پنل‌ها و تمامی تجهیزات جانبی، به ترتیب میزان ۶۰/۱ و ۶۵/۲ گرم دی‌اکسید کربن بر کیلووات ساعت را در نیروگاه‌های بزرگ برای پنل‌های تک کریستال و چندکریستال محاسبه کردند. این میزان در واحدهای کوچک پراکنده، به ترتیب ۸۱ و ۸۷/۳ گرم به دست آمد. همچنین، هو با بررسی میزان آلاینده‌گی سایر سوخت‌ها، انرژی‌های نو و تجدیدپذیر را مقایسه کرده است [۵].

لو و همکارانش (۲۰۱۸) با بررسی سه گونه پنل خورشیدی با ترکیب مواد مختلف در لایه‌ها، میزان تولید

آلاینده در هر گونه را بررسی کردند. در پژوهش یادشده میزان تولید آلاینده دی‌اکسید کربن از ۲۰/۹ تا ۳۰/۲ گرم با توجه به گونه استفاده شده متغیر بود. انواع گونه‌های بررسی شده در مقیاس پنل‌های چندکریستال قرار دارند و محل نصب بر پشت‌بام است [۶].

در پژوهش حاضر با تمرکز بر استان فارس به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب و تولیدکننده محصولات کشاورزی، به ارائه راه‌کارهای کاهش دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی پرداخته شده است. راه‌کارهای ارائه شده شامل جایگزینی پمپ‌های دیزلی با پمپ‌های الکتریکی و استفاده از پنل‌های خورشیدی مستقل از شبکه است. با بررسی آمار ارائه شده توسط شرکت توانیر، سازمان بهره‌وری مصرف انرژی، شرکت مدیریت منابع آب ایران و وزارت جهاد کشاورزی، ابتدا میزان مصرف و کیفیت برداشت آب بررسی شده است. در ادامه تعداد، میزان مصرف برق و شرایط چاه‌های موجود در استان، همچنین تعداد چاه‌های مصرف‌کننده سوخت دیزل بررسی شده است.

در بررسی فنی سیستم آبیاری خورشیدی، بازدهی عمومی پنل و پمپ با توجه به پژوهش‌های انجام شده در نواحی مختلف ایران، بررسی شده است. بررسی اقتصادی بر مبنای قیمت همپتراز شده و تعیین قیمت برق خورشیدی در استان فارس با توجه به مختصات، شرایط جغرافیایی و میزان تابش خورشیدی انجام شده است.

روش بررسی چرخه عمر برای تعیین میزان دی‌اکسید کربن منتشرشده از پنل‌ها طی چرخه تولید تا بازیافت در مقالات مختلف مطالعه شده است. با انجام مطالعه‌ای مشابه برای تحلیل زیست‌محیطی سوخت دیزل و برق شبکه، میزان دی‌اکسید کربن تولیدی برای هر سه بسته انرژی انجام شده است.

در نهایت، با مقایسه قیمت حامل‌های انرژی در ایران و کشورهای همسایه، سه سناریو دوباره با استفاده از قیمت حامل‌های انرژی در ترکیه تکرار شده‌اند. نتایج در شش سناریوی موجود، میزان تأثیر قیمت حامل‌های انرژی بر روند توسعه هر یک از سه راه‌کار را نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر برای نخستین بار محاسبات به همراه جزئیات در به‌کارگیری انرژی خورشیدی در پمپ‌های آب کشاورزی استان فارس انجام شده است. دلیل توجه به

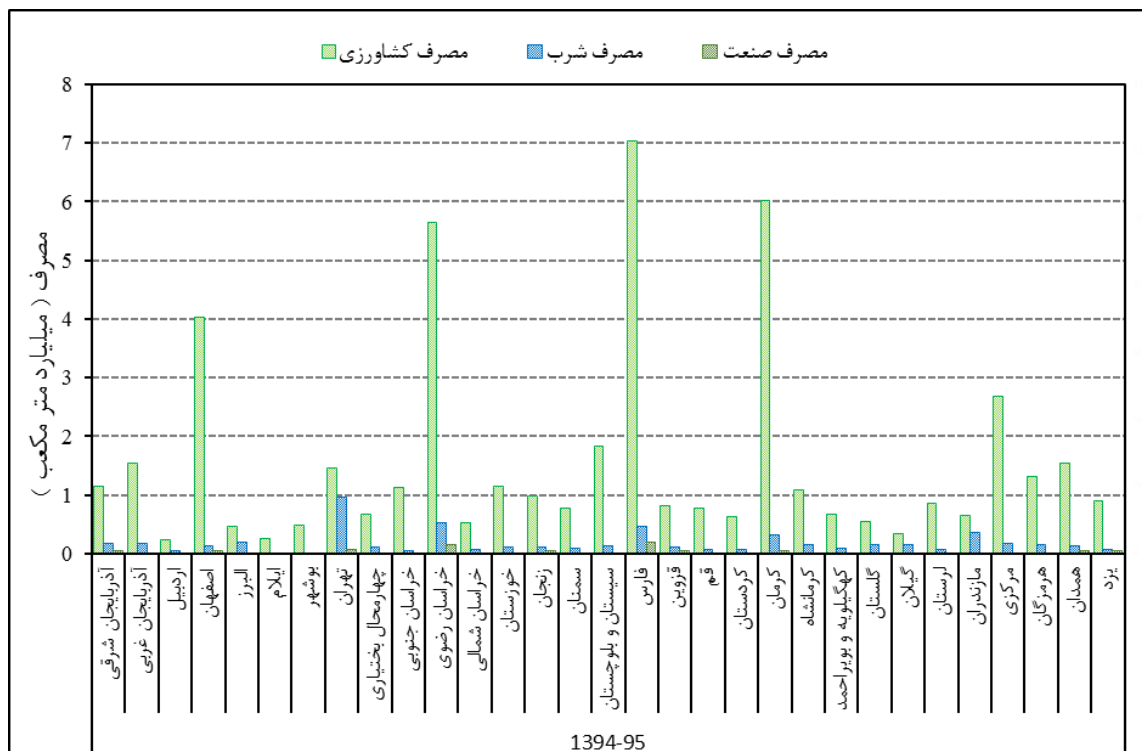
استان فارس، میزان درخور توجه تولیدات کشاورزی در مقایسه با سایر استان‌های کشور است. به علاوه، مقایسه قیمت انرژی مصرفی برای بررسی میزان تأثیر تعرفه‌ها نتایج درخور توجهی را به دنبال داشته است.

مواد

معرفی منطقه مطالعاتی

استان فارس با مساحت ۱۲۲۶۰۸ کیلومتر مربع، جمعیت ۴/۸۵ میلیون نفر و شهر مرکزی شیراز با مختصات ۲۹/۵۹ درجه شمالی و ۵۲/۵۸ درجه شرقی سومین جامعه آماری جمعیت در کشور را دارد [۷]. در شکل ۲ حوضه آبخیز و حدود جغرافیایی استان فارس نشان داده شده است [۹]. از نظر میزان تولید محصولات کشاورزی، با تولید ۶/۵ میلیون تن محصولات زراعی با ۷/۹ درصد از کل محصولات زراعی رتبه دوم و با تولید ۳ میلیون تن و ۱۴/۷ درصد از کل تولید محصولات باغبانی رتبه نخست را دارد [۷ و ۸]. این میزان تولید محصولات کشاورزی، رتبه نخست میزان مصرف آب کشاورزی و مجموع مصرف آب را با ۷ و ۷/۶ میلیارد مترمکعب در سال، مطابق شکل ۱ به استان فارس اختصاص داده است [۹].

در بررسی اطلاعات آماری موجود در فرایند برداشت آب از مخازن زیرزمینی کشور، دو مرجع آماری توسط شرکت مدیریت منابع آب ایران و یک مرجع آماری توسط شرکت توانیر بررسی شده‌اند. مراجع آماری شرکت مدیریت منابع شامل آمارگیری سراسری دور دوم از ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲ و آمار سالانه ۱۳۹۵ در بررسی چاه‌های مشاهده‌ای و منابع آب زیرزمینی است. در آمارگیری سراسری، تعداد تمامی چاه‌ها، پمپ‌ها، دبی با تجهیزات بدون تجهیزات پمپ‌ها، لوله‌های انتقال آب، نوع کاربری چاه، نوع الکتروپمپ و سایر جزئیات هر یک از چاه‌های آب مشخص است. در پایش سالانه سطح منابع زیرزمینی و چاه‌های مشاهده‌ای، تعداد حلقه چاه عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه، قنات، میزان برداشت و مصرف آب در حیطه کشاورزی و شرب و صنعت گفته شده است. در آمار گزارش شده توسط شرکت توانیر، میانگین دیماندر برای چاه‌های برق‌دار، متوسط ساعت کارکرد در سال هر پمپ در سال و میزان مصرف برق چاه‌ها آمده است. در ادامه، با بررسی موردی هر یک از این سه مرجع به استخراج اطلاعات مورد نیاز پرداخته می‌شود.



شکل ۱. میزان برداشت آب از منابع زیرزمینی در هر استان در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ [۹]



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی و حوضه‌های آبخیز استان فارس

آمارگیری سراسری دور دوم

در بررسی آمار چاه‌های موجود در فارس، بر مبنای آمارگیری دور دوم شرکت مدیریت منابع آب ایران طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۲، تعداد چاه‌های موجود در فارس ۸۴۷۲۴ حلقه گزارش شده است که در ۰ نشان داده شده‌اند. از این تعداد، ۵۳۲۲۵ حلقه با محرکه فسیلی و ۳۱۴۹۹ حلقه با محرکه الکتریکی گزارش شده است که این تعداد با گزارش بررسی منابع آب زیرزمینی تطابق دارد. از این تعداد، ۶۱۸۳۰ مورد دارای دبی بیشتر از ۰/۵ لیتر بر ثانیه بوده‌اند و باقی دبی درخور توجهی نداشته‌اند [۱۰].

بررسی چاه‌ها و دیماند متوسط

در آمارگیری شرکت توانیر، تعداد چاه‌های برق‌دار شده استان فارس و شهرستان شیراز به صورت مجزا بررسی شده است. معیار بررسی در این آمارگیری تعداد کنتورها و متوسط دیماند بوده است. مطابق ۰، تعداد چاه‌ها با مقدار حدودی دو هزار حلقه در سال مجهز به کنتور برق شده‌اند. عمق چاه‌ها، مشخصات پمپ‌ها و محل مصرف در این آمارگیری گفته نشده است [۱۱].

میزان سرمایه‌گذاری در ایجاد زیرساخت انتقال برق

بر مبنای آمار برق روستایی شرکت توانیر، در سال ۱۳۹۶، ۶۰۴۳۲۹ میلیون ریال هزینه صرف شده برای ایجاد زیرساخت‌های انتقال برق به روستاهای کشور بوده است. به طور متوسط برای هر روستا در کشور، ۱۲۸۵ میلیون ریال سرمایه صرف شده است. این سرمایه‌گذاری در استان فارس

بررسی منابع آب زیرزمینی و چاه‌های مشاهده‌ای

از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵، میزان برداشت آب در استان فارس از چاه‌های کم‌عمق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنات‌ها به سمت برداشت بیشتر از چاه‌های عمیق تغییر کرده است. به گونه‌ای که میزان برداشت از چاه‌های عمیق از ۵/۲ میلیارد مترمکعب آب در سال به بیش از چهار میلیارد مترمکعب افزایش یافته است. در حالی که میزان برداشت از چاه‌های نیمه‌عمیق به‌رغم افزایش تعداد چاه‌ها از ۴۵ هزار به ۵۱ هزار چاه، از ۴/۵ میلیارد مترمکعب به ۲/۵ میلیارد مترمکعب کاهش یافته است. به همین نسبت، با بررسی چشمه‌ها و قنات‌ها، کاهش میزان برداشت مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده برداشت از منابع عمیق‌تر زیرزمینی آب است [۹].

در بررسی موارد مصرف، مشاهده می‌شود که با کاهش برداشت آب کشاورزی، افزایش برداشت آب صنعت و میزان تقریباً ثابت مصرف آب شرب کل مصرف استان از ۹/۵ میلیارد مترمکعب در سال به ۷/۷ میلیارد مترمکعب کاهش یافته است که از این مقدار حدود ۷ میلیارد مترمکعب مصرف آب کشاورزی است.

اما با تمرکز بر آمار ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵، افزایش تعداد مجموع چاه‌ها از ۷۱۸۱۰ حلقه و میزان تخلیه ۶۲۹۱/۳۱ میلیون مترمکعب در سال به ۸۳۰۱۳ حلقه چاه و ۶۵۵۰/۸۷ میلیون مترمکعب مشاهده می‌شود. استان فارس در حوضه‌های آبخیز درجه ۲ بختگان مهارلو، کویر ابرقو و سیرجان، باتلاق گاوخونی، کل و مهران و ساحلی، مند، حله، جراحی زهره و کارون قرار دارد [۹].

۲۸۷۱۲ میلیون ریال بوده است که در مجموع برای ۲۸ کیلومتر شبکه فشار ضعیف و ۳۵ دستگاه ترانسفورماتور با روستا و ۲۹۶ خانوار صرف شده است. سرمایه صرف شده برای ایجاد ۵۹/۷ کیلومتر شبکه فشار متوسط، ۱۲/۶

جدول ۱. میزان برداشت از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های استان فارس [۹]

سال آمار	چاه نیمه عمیق		چاه عمیق		چشمه		قنات		تخلیه کل		مصرف		مصرف کل
	تعداد	تخلیه (میلیون متر مکعب)	تعداد	تخلیه (میلیون متر مکعب)	تعداد	تخلیه (میلیون متر مکعب)	تعداد	تخلیه (میلیون متر مکعب)	کشاورزی (میلیون متر مکعب)	شرب (میلیون متر مکعب)	صنعت	(میلیون متر مکعب)	
۱۳۸۹-۱۳۹۰	۴۸۴۳۲	۲۸۹۴	۲۳۳۷۸	۳۳۹۷	۲۷۶۶	۱۹۷۷	۱۵۰۴	۹۱۶	۹۱۸۵	۶۹۹۲	۴۷۷	۳۸	۷۵۰۷
۱۳۹۰-۱۳۹۱	۵۳۲۰۵	۲۴۸۲	۳۱۰۲۰	۴۰۵۶	۲۲۳۳	۱۰۳۸	۱۷۵۴	۴۰۲	۷۹۷۹	۸۲۴۸	۴۵۶	۲۰۱	۸۹۰۵
۱۳۹۱-۱۳۹۲	۵۳۲۹۷	۲۴۸۸	۳۱۲۹۰	۴۰۶۳	۲۲۳۳	۱۰۳۸	۱۷۵۴	۴۰۲	۷۹۹۱	۸۲۵۸	۴۵۸	۲۰۱	۸۹۱۸
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۵۳۲۸۷	۲۴۸۸	۳۱۳۲۰	۴۰۶۳	۲۲۳۳	۱۰۳۸	۱۷۵۴	۴۰۲	۷۹۹۱	۸۲۶۲	۴۵۸	۲۰۳	۸۹۲۳
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۵۲۵۹۵	۲۴۸۸	۳۱۲۷۲	۴۰۶۳	۲۲۳۳	۱۰۳۸	۱۷۵۴	۴۰۲	۷۹۹۱	۸۲۶۴	۴۵۹	۲۰۳	۸۹۲۶
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۵۱۷۴۰	۲۴۸۸	۳۱۲۷۳	۴۰۶۳	۲۲۳۳	۱۰۳۸	۱۷۵۴	۴۰۱	۷۹۹۰	۷۰۲۹	۴۵۹	۲۰۳	۷۶۹۱

جدول ۲. میزان مصرف برق در چاه‌های استان فارس [۱۱]

سال آمارگیری	تعداد حلقه چاه برق دار شده			متوسط دیمانند (کیلووات)			مصرف کل برق کشاورزی استان فارس (میلیون کیلووات ساعت)		میانگین ساعت کارکرد در سال
	شهرستان شیراز	سایر شهرستان‌های استان فارس	مجموع استان فارس	شهرستان شیراز	سایر شهرستان‌های استان فارس	مجموع استان فارس	شهرستان شیراز	سایر شهرستان‌های استان فارس	
۱۳۹۰	۱۱۶۲۴	۱۷۳۶۰	۲۸۹۸۴	۳۵	۳۵	۳۵	۹۰۰	۲۲۲۴	۳۱۷۸
۱۳۹۱	۱۲۳۳۴	۱۸۵۸۵	۳۰۹۱۹	۳۴	۳۴	۳۴	۹۵۵	۲۴۸۸	۳۲۵۶
۱۳۹۲	۱۳۰۱۴	۱۹۷۸۷	۳۲۸۰۱	۳۴	۳۴	۳۴	۱۰۷۲	۲۳۴۶	۲۹۳۵
۱۳۹۳	۱۳۸۱۴	۲۰۷۷۴	۳۴۵۸۸	۳۴	۳۴	۳۴	۱۱۹۱	۲۵۹۸	۳۲۲۲
۱۳۹۴	۱۴۸۳۲	۲۱۴۸۲	۳۶۳۱۴	۳۴	۳۴	۳۴	۱۳۰۹	۲۴۵۷	۲۹۸۴
۱۳۹۵	۱۵۸۶۴	۲۲۲۶۳	۳۸۱۲۷	۳۴	۳۴	۳۴	۱۴۴۷	۲۵۷۷	۲۹۷۳

جدول ۳. تخمین تعداد چاه‌های استان فارس

تعداد کل چاه‌ها با هر دبی موجود	تعداد چاه‌های الکتریکی (دهنه)					
	برق شبکه			ژنراتور		
شرب ۲۹۵	۲۷۴۵۰			۳۳۰۳۱		
	دارای اشتراک	کنترل نامشخص و غیر اختصاصی	۱۱۷۹۸	۷۲۱	بنزینی	۳۲
صنعت ۲۲۶	کشاورزی	شرب	صنعت	کشاورزی	شرب	صنعت
۱۱۲۷۷	۸۳۶	۶۶۱	۱۳۷۰۰	۷۱۱	۰	۰
کشاورزی	شرب	صنعت	کشاورزی	شرب	صنعت	کشاورزی
۳۲۹۰۲	۱۲۰۶	۹۴۶	۵۹۰۶۵	۳۲	۵۵	۴۲
کشاورزی	شرب	صنعت	کشاورزی	شرب	صنعت	کشاورزی
۸۴۷۲۴	۱۲۰۶	۹۴۶	۵۹۰۶۵	۳۲	۵۵	۴۲

تحلیل‌های ریاضی

محاسبه انرژی مورد نیاز در پمپاژ

با توجه به متفاوت بودن منابع آماری استفاده‌شده، دبی، هد، میانگین ساعت کارکرد در سال و بازدهی برای هر سیستم الکتروپمپ مورد نیاز است. میزان مصرف انرژی پمپ به شرح زیر است (رابطه ۱).

$$energy(KWh) = \frac{Vg\Delta h}{3.6 \times 10^6 \varepsilon} \quad (1)$$

در رابطه یادشده، V سرعت پمپاژ سیال با واحد متر بر ثانیه، g میزان شتاب گرانش با واحد مترمربع بر مجذور ثانیه، Δh اختلاف هد محل نصب پمپ تا نقطه آبیاری و ε بازدهی پمپ است. با استفاده از این رابطه و در نظر گرفتن دبی و دو برابر ارتفاع چاه گزارش‌شده در آمارگیری سراسری دور دوم، به‌علاوه بازدهی ۴۰ درصد برای پمپ‌های الکتریکی، میزان انرژی استفاده‌شده میزان ۳۲۳۶ میلیون کیلووات ساعت بوده است که این میزان برای ۲۷۴۵۰ دهنه چاه گزارش شده، با ۳۲۲۴ میلیون کیلووات ساعت برای ۲۸۹۸۴ حلقه چاه گزارش‌شده توسط شرکت توانیر مطابقت دارد. بنابراین، متوسط دیمانده یادشده توسط شرکت توانیر ارجاع می‌شود.

محاسبات هزینه

برای محاسبه هزینه برق مصرفی پمپاژ با استفاده از پنل‌های خورشیدی، تحقیقات متعددی در نواحی جنوبی ایران انجام شده است. برای محاسبه قیمت همپرازشده برق موارد مهم شامل قیمت مدول خورشیدی، قیمت اینورتر، هزینه سالانه تعمیر و نگهداری، تورم میانگین سالانه، زیرسازی و عملیات عمرانی، میانگین بازدهی اینورتر، عمر پروژه، افزایش قیمت خرید سالانه الکتریسیته و قیمت خرید برق در سال نخست هستند. قیمت همپرازشده برق به صورت رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$\text{هزینه تعمیر و نگهداری چرخه عمر} / \text{انرژی تولیدی طول چرخه عمر} = \text{قیمت همپراز شده برق} \quad (2)$$

در بررسی مقالات مختلف، میزان قیمت همپرازشده

تمام‌شده برای برق خورشیدی مطابق جدول ۴ به دست آمد. قیمت همپرازشده برای شهرهای مختلف ایران در مقالات اخیر بررسی شده است. با توجه به مقالات ارائه‌شده، از ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸ کاهش قیمت همپرازشده برق تولیدی خورشیدی مشهود است. نتایج یادشده در گزارش آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر نیز مؤید همین موضوع است [۱۳]. همچنین، در مقالات شبیه‌سازی در قیاس با نتایج بررسی سایت‌های آزمایشگاهی، مقدار هزینه کمتری برآورد شده است. بنابراین با توجه به نتایج موجود، قیمت همپرازشده ۰/۱ دلار به ازای تولید هر کیلووات ساعت برق خورشیدی تخمین زده می‌شود.

میانگین قیمت تعرفه برق شبکه کشاورزی ۲۱۵ ریال به ازای هر کیلووات ساعت [۱۴] و تعرفه فروش سوخت دیزل سه هزار ریال به ازای هر لیتر است. این مبلغ با در نظر گرفتن یارانه سوخت است، اما وزارت نیرو مبلغ واقعی و بدون یارانه را بر مبنای محاسبات خرده‌فروشی سال ۱۳۹۰، ۱۲۱۸/۷ ریال اعلام کرده است [۱۵]. با توجه به ارزش حرارتی ۱۰/۸ کیلووات ساعت برای هر لیتر سوخت دیزل، هزینه هر کیلووات ساعت سوخت دیزل، ۲۷۷/۸ ریال برآورد می‌شود. مبلغ اعلام‌شده تا کنون برقرار است و با در نظر گرفتن نرخ دلار به ریال ۴۲ هزار در مقاله حاضر، محاسبات انجام می‌پذیرد.

مقایسه هزینه انرژی در ایران در قیاس با کشورهای همجوار

با توجه به یارانه زیاد سوخت در ایران، در بررسی قیمت سوخت دیزل و برق شبکه در ایران با بررسی قیمت انرژی در کشورهای عراق، ترکیه، عربستان و کویت با توجه به تفاوت‌های وضعیت اقتصادی و سیاست‌گذاری انرژی در هر یک از کشورها، قیمت‌ها مقایسه می‌شوند [۲۴]. آمارهای یادشده مربوط به ۱۵ آوریل ۲۰۱۹ هستند، البته نسبت دلار به ریال با نرخ ۴۲ هزار ریال در این آمار در نظر گرفته شده است. با توجه به جدول ۵، ترکیه بیشترین میزان قیمت و ایران کمترین میزان قیمت را دارد.

جدول ۴. پژوهش‌های انجام شده در بررسی قیمت همپراز شده برق خورشیدی

مشخصات سایت مطالعه	سال انتشار	مرجع	منطقه مطالعه شده	قیمت همپراز شده (دلار بر کیلووات ساعت)
در شهرهای جنوبی کشور، برای ظرفیت‌های ۱، ۵ و ۱۰ کیلووات بررسی شده است. برای این ظرفیت‌ها به ترتیب، ۷، ۵/۵ و ۴/۵ سنت بر کیلووات ساعت در حالت کارکرد بهینه با استفاده از باتری برآورد شده است.	۲۰۱۸	[۱۶]	ایران، ۱۵ شهر مختلف	۰/۰۷-۰/۰۴
استراتژی‌های خاص تعیین تعرفه خرید را با توجه به ظرفیت نیروگاه‌ها اعمال کرده و نتایج اقتصادی هر استراتژی را بررسی کرده است. سایت‌ها دارای باتری و با ظرفیت ۵ کیلووات محاسبه شده‌اند.	۲۰۱۸	[۱۷]	ایران، ۱۲ شهر مختلف	۰/۰۶-۰/۰۴
با توجه به موقعیت و شرایط کارکرد، سه شهر با هم مقایسه شده‌اند، در کوپلینگ خورشیدی با توربین باد و ژنراتور در تهران مقادیر در شهرهای مختلف از ۰/۲ تا ۰/۶ متغیر است.	۲۰۱۸	[۱۸]	ایران، سه منطقه کیش، تهران و بینالود	۰/۶-۰/۲
بررسی سیستم به همراه باتری در شهر برج العرب، کوپلینگ با توربین باد و ژنراتور، ترکیب خورشیدی و دیزل، دیزل و باد، هر سه با هم و دیزل به تنهایی به ترتیب ۲۵، ۲، ۰/۱۹ و ۰/۲۹ دلار بر کیلووات ساعت	۲۰۱۶	[۱۹]	مصر	۰/۲
مدول ۵ کیلووات به همراه باتری، شبیه‌سازی برای یافتن بهترین سایت سایت موجود در اصفهان، دارای ظرفیت ۲ کیلووات، سلول فوتولتاییک و توربین باد	۲۰۱۶	[۲۰]	ایران، تهران	۰/۷۸
چهار سایت، ۷۵ تا ۱۱۹ کیلووات ظرفیت، دارای باتری، یافتن پتانسیل سایت ایده‌آل، حداقل قیمت تمام شده در مرودشت	۲۰۱۶	[۲۲]	ایران، اصفهان	۰/۵۵
محاسبات با در نظر گرفتن باتری، یافتن پتانسیل سایت ایده‌آل، اغلب نیروگاه‌ها، ۴ کیلووات	۲۰۱۶	[۲۳]	مروودشت، معلمان، قدمگاه، نیکویه	۰/۹۲-۰/۶۳
میانگین تمامی پروژه‌ها به صورت آماری	۲۰۱۷	[۱۳]	اهواز	۰/۲۳
			خاورمیانه	۰/۳-۰/۱

جدول ۵. قیمت سوخت و انرژی در کشورهای همسایه ایران [۲۴]

کشور	قیمت سوخت دیزل (دلار بر لیتر)	قیمت برق شبکه (دلار بر کیلووات ساعت)
عربستان	۰/۱۳	۰/۰۵
امارات متحده عربی	۰/۶۸	۰/۰۸
ایران	۰/۰۷	۰/۰۳
ترکیه	۱/۲۲	۰/۰۹
کویت	۰/۳۸	۰/۰۳

محاسبات میزان انتشار دی‌اکسید کربن

این محاسبات بر مبنای میزان دی‌اکسید کربن ایجاد شده در فرایند تولید از ابتدای برداشت مواد خام مورد نیاز تا اسقاط هر مجموعه انجام می‌شود. در مقاله حاضر، سوخت دیزل، برق شبکه ایران و برق خورشیدی مورد توجه و بررسی قرار می‌گیرند. در تولید پنل‌های فوتولتاییک، اینورترها، سیستم‌های کنترلی و سایر تجهیزات نیاز به برآورد استفاده از مواد خام، نیروی انسانی و انرژی وجود دارد. این چرخه در بخش ساخت و راه‌اندازی تجهیز با زیرساز و انتقال تجهیزات انجام می‌شود. در ادامه، با

صرف نیروی انسانی و استفاده از قطعات یدکی، فرایند تعمیر و نگهداری طی می‌شود. در پایان عمر سیستم نیز مشابه گام‌های قبل، نیاز به صرف مواد خام و انرژی است که به تولید آلاینده‌ها منجر می‌شود. در محاسبات چرخه عمر، میزان آلاینده تولیدی با تجزیه فرایند و در نظر گرفتن میزان ورودی و خروجی قابل محاسبه است. پنل‌های خورشیدی در انواع مختلفی در جهان تولید می‌شوند، تقسیم‌بندی میان پنل‌های خورشیدی بر مبنای نوع مواد استفاده شده آلی و یا معدنی، و شیوه ساخت است. در شیوه ساخت، پنل‌ها یا به صورت چندلایه و ساندویچی از

بررسی میزان دی‌اکسید کربن تولیدی برق شبکه نیاز به بررسی موارد مشابهی از نیروگاه‌ها با نیروگاه‌های ایران است. نیروگاه‌های ایران عموماً از نوع سیکل گازی هستند و از تعداد کمتری سیکل بخار و یا برق‌آبی استفاده می‌شود. میزان سوخت مصرفی نیز عموماً گاز است. بر مبنای گزارش شرکت توانیر در سال ۱۳۹۵، مصرف سوخت دیزل، نفت و گاز در نیروگاه‌های دولتی کشور به ترتیب ۱۱۹۹ میلیون لیتر، ۳۲۶۹ میلیون لیتر و ۲۶۷۴۳ میلیون مترمکعب و در بخش خصوصی، به ترتیب ۳۶۴۲ میلیون لیتر، ۴۱۷ میلیون لیتر و ۴۲۶۳۹ میلیون مترمکعب است [۱۴]. که درصد مصرف هر یک از سوخت‌ها بر میزان دی‌اکسید کربن تولیدی مؤثر است. به علاوه نوع نیروگاه، عمر کارکرد و تکنولوژی‌های به کار گرفته‌شده در آن در میزان دی‌اکسید کربن تولیدی شایان توجه است. بر مبنای بررسی رجائی‌فر و همکارانش، با توجه به داده‌های آماری ۱۳۹۴ وزارت نیرو، میزان دی‌اکسید کربن و سایر آلاینده‌ها برای تولید برق در استان فارس دارای نیروگاه سیکل ترکیبی و دیزل ژنراتور با تولید ناخالص ۲۰ مگاوات ساعت انرژی در سال در جدول ۷ آمده‌اند [۲۹].

مواد معدنی بر مبنای دو قطب مثبت و منفی و یک نیمه‌رسانا در میان، جلوگیری‌کننده از بازتاب نور ورودی و لایه‌های محافظ است. در حالی که این مواد در پنل‌های دیگر جای خود را به مواد آلی مانند کلروفیل برای تشکیل رنگدانه می‌دهند. از طرف دیگر، فناوری ساخت نیز می‌تواند عامل تقسیم‌بندی پنل‌ها به حالت چندلایه و لایه نازک باشد. عموماً در ایران پنل‌های چندلایه با فناوری تک‌کریستال و چندکریستال استفاده می‌شوند. بنابراین، در بررسی میزان دی‌اکسید کربن تولیدی، به مقالات زیر توجه شده است (جدول ۶). با توجه به تغییرات تکنولوژی طی زمان و در مناطق مختلف، میزان دی‌اکسید کربن تولیدی در بعضی تحقیقات در جدول ۶ آمده است.

با توجه به میزان تابش در استان فارس به میزان ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال و با در نظر گرفتن عمر ۳۰ سال برای مدول عدد ۶۰ گرم دی‌اکسید کربن بر کیلووات ساعت کارکرد پنل در نظر گرفته می‌شود. در مورد پنل، نوع مواد استفاده‌شده در ساخت، فناوری ساخت و طول عمر مورد توجه است که میزان دی‌اکسید کربن تولیدی در حالت بدبینانه‌ای در نظر گرفته می‌شود. اما در

جدول ۶. پژوهش‌های انجام‌شده در محاسبه میزان دی‌اکسید کربن تولیدی در چرخه عمر سامانه‌های خورشیدی

میزان دی‌اکسید کربن تولیدی (گرم بر کیلووات ساعت)	منطقه مطالعه‌شده	مرجع	سال انتشار	میزان تابش (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)	نوع نصب	بازدهی مدول (درصد)	طول عمر پروژه (سال)	نوع سلول
۶۷-۳۱	ژاپن	[۲۵]	۲۰۱۱	۱۷۲۵	سطح زمین	۱۴/۳	۳۰	مونوکریستال
۶۴/۲	امریکا	[۲۶]	۲۰۱۲	۱۸۰۰	سطح زمین	۲۰	۳۰	مونوکریستال
۴۱/۸	کره	[۴]	۲۰۱۴	۱۶۰۰	سطح زمین	۱۶	۳۰	مونوکریستال
۶۵/۲	چین	[۵]	۲۰۱۶	۱۳۰۰	سطح زمین	۱۷	۲۵	مونوکریستال
۳۱/۸	اروپا	[۲۷]	۲۰۱۴	۱۷۰۰	سقف	۱۳/۲	۳۰	مولتی‌کریستال
۳۱/۵	کره	[۴]	۲۰۱۴	۱۳۱۰	سطح زمین	۱۴/۹	۳۰	مولتی‌کریستال
۵۰/۹	چین	[۲۸]	۲۰۱۶	۱۲۶۳	سطح زمین	۱۶	۲۵	مولتی‌کریستال
۶۰/۱۳	چین	[۵]	۲۰۱۷	۱۶۰۰	سطح زمین	۱۷/۵	۲۵	مولتی‌کریستال
۳۰/۲-۲۰/۹	سنگاپور	[۶]	۲۰۱۸	۱۵۸۰	سقف	۱۶/۷-۱۵/۹	۳۰	مولتی‌کریستال

جدول ۷. میزان آلاینده تولیدی برق شبکه در ایران [۲۹]

آلاینده تولیدی (گرم بر کیلووات ساعت)	میزان تولید ناخالص (مگاوات ساعت)	مصرف دیزل ژنراتور (میلیون لیتر / مترمکعب در سال)	مصرف در توربین گاز و سیکل ترکیبی (میلیون لیتر / مترمکعب در سال)	مصرف در توربین بخار (میلیون لیتر / مترمکعب در سال)
CO ₂	۲۰	۲/۱۴	۸۳۰	۰
CO	۴		۴۴۵۰	۰
NO _x	۱/۷			۰
SO _x	۰/۳			۰

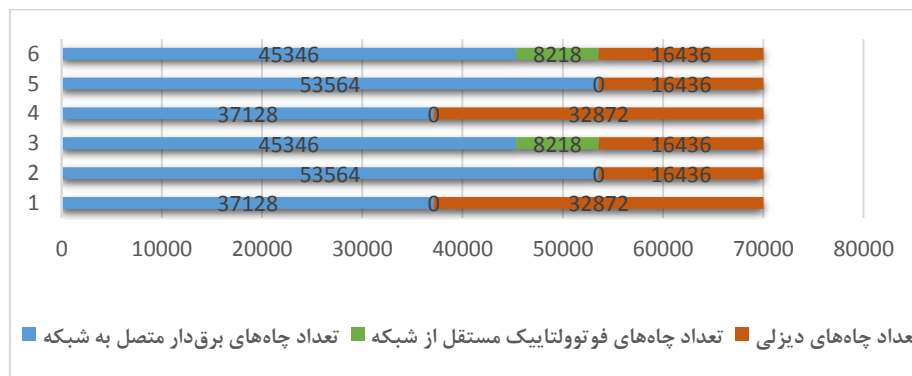
میزان تأثیر قیمت با استفاده از قیمت‌های حامل انرژی در ترکیه بررسی شده است.

با توجه به در دسترس بودن دیماند متوسط و متوسط ساعت کارکرد در سال میزان هزینه تمام‌شده و دی‌اکسید کربن تولیدی در هر حالت محاسبه می‌شود (جدول ۸). در جدول ۸ میزان مصرف انرژی، هزینه و آلایندگی به ترتیب به واحد گیگاوات ساعت، میلیون ریال و تن دی‌اکسید کربن بیان شده است. میزان انرژی مصرفی در سناریوی اول تا سوم به ترتیب ۱۳/۵۴، ۱۰/۵۷ و ۱۰/۵۷ تراوات ساعت طی سال است. این کاهش ۲۲ درصدی میزان انرژی مصرفی (۲/۹۷ تراوات ساعت طی سال) به کاهش میزان تولید دی‌اکسید کربن نیز منجر شده است. این کاهش به میزان ۸ درصد (۳۵۷ تن در سال) در قیاس میان سناریوی اول و دوم و ۱۶/۶ درصد (۷۴۳ تن در سال) در قیاس بین سناریوی اول و سوم است. میزان انرژی مورد نیاز و دی‌اکسید کربن حاصل از تولید به ترتیب در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. میزان هزینه انرژی الکتریکی در سناریوهای اول تا سوم، به ترتیب ۳/۵۱، ۲/۵۷ و ۶/۱۲ هزار میلیارد ریال است. که در شکل ۶ ارائه شده است. این هزینه در سناریوی دوم در مقایسه با سناریوی نخست ۲۶/۷ درصد (۹۴۰ میلیارد ریال) کاهش و در مقایسه سناریوی اول و سوم، ۷۴/۴ درصد (۲/۶۱ هزار میلیارد ریال) افزایش را نشان می‌دهد. اما همین مقایسه در میان سناریوهای چهارم تا ششم با روند مشابه تغییرات در مصرف انرژی و تولید آلایندگی دی‌اکسید کربن و مبنای قیمت کشور ترکیه، کاهش ۴۵ و ۳۸/۴ درصدی قیمت از سناریوی چهارم به پنجم و چهارم به ششم را به ترتیب نشان می‌دهد.

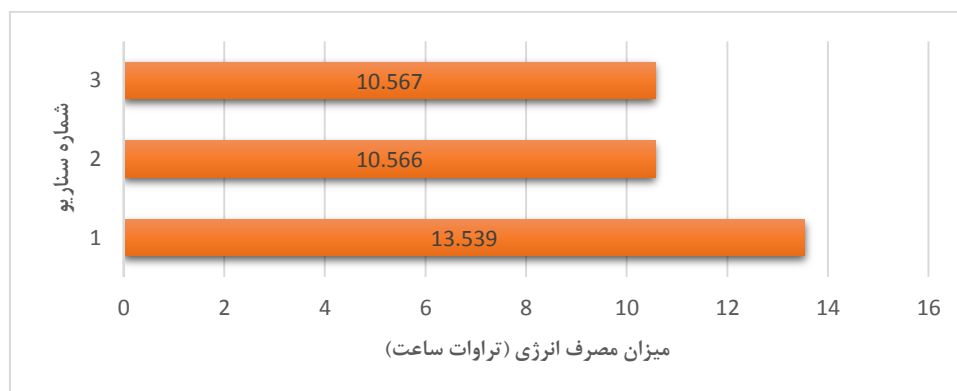
دی‌اکسید کربن تولیدی در مصرف سوخت دیزل، به میزان ۲/۷۶ کیلوگرم دی‌اکسید کربن به ازای مصرف هر لیتر سوخت دیزل تولید می‌شود [۳۰]. با در نظر گرفتن ارزش حرارتی ۱۰/۸ کیلووات ساعت برای هر لیتر سوخت دیزل، میزان آلایندگی سوخت دیزل ۰/۲۶ کیلوگرم دی‌اکسید کربن بر کیلووات ساعت برآورد می‌شود.

بررسی سناریوهای مجهز به برق

از ۷۰ هزار حلقه چاه موجود در استان فارس، تعداد ۳۷۱۲۸ حلقه تا سال ۱۳۹۵، برق‌دار شده‌اند. سه سناریو برای تحول در مصرف انرژی چاه‌ها در نظر گرفته شده است. سناریوی نخست: شرایط کنونی ادامه یابد. سناریوی دوم: از چاه‌های دیزلی ۵۰ درصد با اتصال به شبکه برق‌دار شوند. سناریوی سوم: از چاه‌های دیزلی، ۲۵ درصد با اتصال به شبکه و ۲۵ درصد با استفاده از پنل‌های خورشیدی جدا از شبکه برق‌دار شوند. سناریوی چهارم، پنجم و ششم: با تکرار سناریوی اول، دوم و سوم با استفاده از قیمت‌های ارائه سوخت در کشور ترکیه به مقایسه نتایج پرداخته می‌شود. تعداد حلقه چاه در این شش سناریو در ۰ نشان داده شده است. در مجموع، با استفاده از سه سناریوی نخست، تأثیر روند فعلی، استفاده از پنل‌های خورشیدی و گسترش استفاده از برق شبکه در جایگزینی پمپ‌های دیزلی بررسی شده است. به همین دلیل، در سناریوی دوم، پوشش نیمی از چاه‌های دیزلی باقی‌مانده در سطح استان بررسی شده است. در سناریوی سوم ۲۵ درصد از چاه‌های دیزلی متصل به برق شبکه و ۲۵ درصد متصل به پنل فوتوولتاییک در نظر گرفته شده است. میزان استفاده از پنل خورشیدی و یا برق شبکه به نسبت‌های ۵۰ و ۲۵ درصد برای بررسی شدت تأثیر آنهاست. در سناریوهای چهارم تا ششم همین نسبت استفاده تکرار شده است، اما

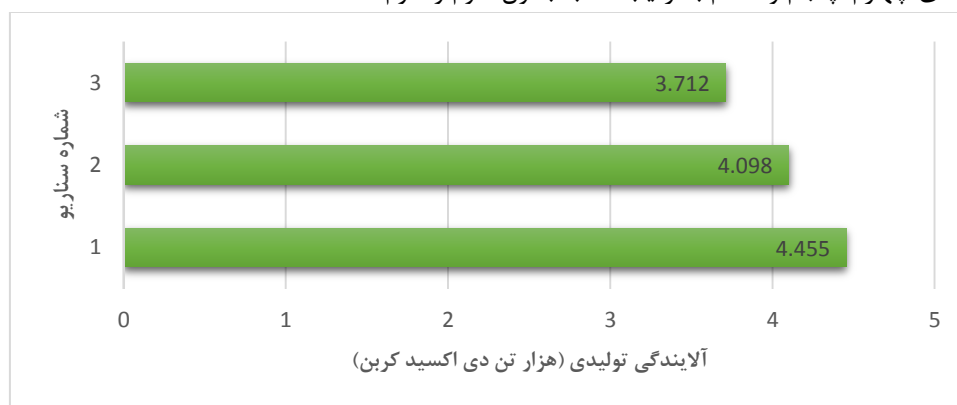


شکل ۳. تعداد چاه‌های دیزلی، متصل به شبکه برق و فوتوولتاییک مستقل از شبکه در هر سناریو



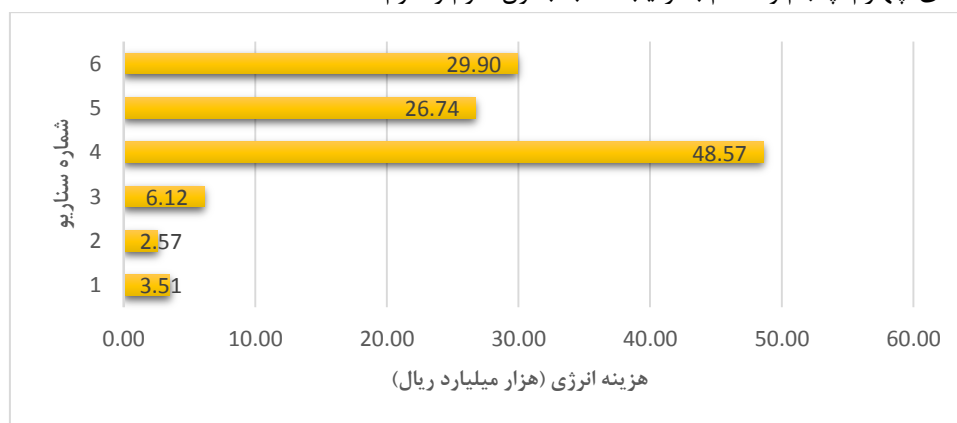
شکل ۴. میزان انرژی مورد نیاز برای پمپاژ آب در سناریوهای مختلف

- سناریوهای چهارم، پنجم و ششم به ترتیب مشابه با اول، دوم و سوم هستند



شکل ۵. میزان دی اکسید کربن تولیدی در سناریوهای مختلف

- سناریوهای چهارم، پنجم و ششم به ترتیب مشابه با اول، دوم و سوم هستند



شکل ۶. هزینه انرژی در هر سناریو

سه سناریوی اول در میزان فروش انرژی الکتریکی شبکه و سوخت فسیلی است. در مقایسه سناریوی اول و سوم، افزایش قیمت (۷۴/۴ درصد) به دلیل استفاده از برق خورشیدی و کاهش تولید دی اکسید کربن (۱۶/۶ درصد)

نتیجه گیری

با بررسی شش سناریوی مطرح شده، سناریوهای اول و دوم شرایط مشابهی را از نظر میزان مصرف انرژی و تولید دی اکسید کربن نشان داده‌اند. تفاوت سه سناریوی دوم و

خارج می‌شود. در این سه سناریو، اولویت اقتصادی در صرف هزینه انرژی، ابتدا با استفاده از پمپ‌های متصل به شبکه برق و سپس استفاده از برق فوتولتاییک است (۱۱/۸ درصد افزایش قیمت). بنابراین، کسب نتیجه صرفه اقتصادی برق شبکه در قیاس با سوخت دیزل و پنل‌های خورشیدی با تعرفه قیمت کشور ترکیه منطقی است. بررسی و استفاده از تعرفه سوخت کشور ترکیه نه به معنای پیشنهاد یک قیمت مناسب بلکه به منظور بررسی و حساسیت‌سنجی تأثیر تعرفه انجام شده است. راه حل بهینه هدایت توسعه مصرف انرژی با تخصیص یارانه به صورت صحیح است. این تخصیص یارانه می‌تواند مشمول تعرفه فروش سوخت و همچنین پنل‌ها و تجهیزات جانبی باشد. به علاوه، در اختصاص تعرفه فروش، میزان تأثیر و نقش بخش‌های مختلف شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان و واسطه‌های فروش مورد توجه است.

امری منطقی است. اما در مقایسه سناریوی اول و دوم، به رغم آلاینده‌تر بودن هر کیلووات ساعت برق شبکه در قیاس با هر کیلووات ساعت سوخت دیزل، بازدهی بیشتر پمپ‌های برقی در قیاس با دیزلی، اثر خود را نشان می‌دهد و با کاهش مصرف انرژی هزینه (۲۶/۷ درصد) و آلاینده‌گی (۸ درصد) کمتری وجود خواهد داشت. مقایسه سناریوی دوم و سوم افزایش شدید هزینه را در مقابل کاهش آلاینده‌گی نشان می‌دهد. اما در اختلاف هزینه، فاکتور اقتصادی مؤثر، یارانه اختصاص یافته به سوخت فسیلی و برق شبکه است. در صورت عدم اختصاص یارانه به سوخت دیزل و انرژی الکتریکی و در صورت اختصاص قیمتی مشابه با کشور ترکیه به انرژی، در سناریوهای چهارم تا ششم، با در نظر گرفتن قیمت سوخت دیزل ۱۷/۴ برابر و قیمت برق شبکه سه برابر قیمت ایران، مشاهده می‌شود که گزینه استفاده از پمپ‌های دیزل از صرفه اقتصادی

جدول ۸. میزان برق مصرفی، هزینه و دی‌اکسید کربن در چاه‌های استان فارس بر مبنای شش سناریوی پیشنهادی

مجموع چاه‌های موجود	تعداد چاه‌ها با موتور پمپ		تعداد چاه‌های برق‌دار		تعداد چاه‌های برق‌دار متصل به شبکه	
	دیزلی	مستقل از شبکه	مستقل از شبکه	متصل به شبکه	مستقل از شبکه	متصل به شبکه
۷۰۰۰	۳۲۸۷۲	۰	۳۷۱۲۸	۰	۳۷۱۲۸	سناریوی اول
۷۰۰۰	۱۶۴۳۶	۰	۵۳۵۶۴	۰	۵۳۵۶۴	سناریوی دوم
۷۰۰۰	۱۶۴۳۶	۸۲۱۸	۴۵۳۴۶	۸۲۱۸	۴۵۳۴۶	سناریوی سوم
۷۰۰۰	۳۲۸۷۲	۰	۳۷۱۲۸	۰	۳۷۱۲۸	سناریوی چهارم
۷۰۰۰	۱۶۴۳۶	۰	۵۳۵۶۴	۰	۵۳۵۶۴	سناریوی پنجم
۷۰۰۰	۱۶۴۳۶	۸۲۱۸	۴۵۳۴۶	۸۲۱۸	۴۵۳۴۶	سناریوی ششم
آلاینده‌گی	هزینه	مصرف انرژی	آلاینده‌گی	هزینه	مصرف انرژی	آلاینده‌گی
۴۳۵۵	۳۵۰۸۰۲۰	۱۳۵۳۹	۲۴۷۲	۲۶۴۳۰۰۰	۹۵۱۱	۰
۴۰۹۸	۳۵۷۰۵۸۷	۱۰۵۶۶	۱۳۳۶	۱۳۲۱۰۷۳	۴۷۵۵	۰
۳۷۱۲	۵۱۳۳۸۲۴	۱۰۵۶۷	۱۳۳۶	۱۳۲۱۰۷۳	۴۷۵۵	۵۳
۴۳۵۵	۳۸۵۶۸۸۶۰	۱۳۵۳۹	۲۴۷۲	۳۵۹۷۰۸۰۰	۹۵۱۱	۰
۴۰۹۸	۳۶۳۳۵۲۱۲	۱۰۵۶۶	۱۳۳۶	۳۳۹۸۶۶۷۰	۴۷۵۵	۰
۳۷۱۲	۳۹۹۰۴۸۰۹	۱۰۵۶۷	۱۳۳۶	۳۳۹۸۶۶۷۰	۴۷۵۵	۵۳

منابع

- [1]. Roshan, G., R. Oji, and S. Attia, Projecting the impact of climate change on design recommendations for residential buildings in Iran. *Building and Environment*, 2019. 155: p. 283-297.
- [2]. Marilena, M., et al., Fossil CO2 emissions of all world countries - 2018 Report. Publications Office of the European Union, 2019.
- [3]. Khavarian-Garmsir, A.R., et al., Climate change and environmental degradation and the drivers of migration in the context of shrinking cities: A case study of Khuzestan province, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 2019. 47: p. 101480.
- [4]. Kim, B.-j., et al., Evaluation of the environmental performance of sc-Si and mc-Si PV systems in Korea. *Solar Energy*, 2014. 99: p. 100-114.
- [5]. Hou, G., et al., Life cycle assessment of grid-connected photovoltaic power generation from crystalline silicon solar modules in China. *Applied Energy*, 2016. 164: p. 882-890.
- [6]. Luo, W., et al., A comparative life-cycle assessment of photovoltaic electricity generation in Singapore by multicrystalline silicon technologies. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2018. 174: p. 157-162.
- [7]. Ministry of Jihad-e-Agriculture, D.o.P.a.E., Information and Communication Technology Center, Agricultural Statistics, Volume 1. 2017.
- [8]. Ministry of Jihad-e-Agriculture, D.o.P.a.E., Information and Communication Technology Center, Agricultural Statistics, Volume 3. 2017.
- [9]. Company, I.W.R.M., The Water Level of Observation Wells. 2017.
- [10]. Company, I.W.R.M., National Census Report of Groundwater Resources (The Second Stage 2009-2013). 2013.
- [11]. Tavanir, Rural Electricity Statistics in Year 2017. Department of Human Resources and Research, 2018.
- [12]. Tavanir, Rural Electricity Statistics in Year 2016. Department of Human Resources and Research, 2017.
- [13]. Agency), I.I.R.E., Renewable Power Generation Costs in 2017. 2017.
- [14]. Tavanir, Statistical Report On 51 Years Of Activities of Iran Electric Power Industry (1967-2017). 2019.
- [15]. I.R.IRAN, M.o.E.o., Energy Balances (1987-2015). Power and Energy Planning Department, 2019.
- [16]. Firouzjah, K.G., Assessment of small-scale solar PV systems in Iran: Regions priority, potentials and financial feasibility. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018. 94: p. 267-274.
- [17]. Bakhshi, R. and J. Sadeh, Economic evaluation of grid-connected photovoltaic systems viability under a new dynamic feed-in tariff scheme: A case study in Iran. *Renewable Energy*, 2018. 119: p. 354-364.
- [18]. Farahi, S. and F. Fazelpour, Techno-economic assessment of employing hybrid power system for residential, public, and commercial buildings in different climatic conditions of Iran. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 2018.
- [19]. Diab, F., et al., An environmentally friendly factory in Egypt based on hybrid photovoltaic/wind/diesel/battery system. *Journal of Cleaner Production*, 2016. 112: p. 3884-3894.
- [20]. Fazelpour, F., N. Soltani, and M.A. Rosen, Economic analysis of standalone hybrid energy systems for application in Tehran, Iran. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2016. 41(19): p. 7732-7743.
- [21]. Haratian, M., et al., A renewable energy solution for stand-alone power generation: A case study of KhshU Site-Iran. *Renewable Energy*, 2018. 125: p. 926-935.
- [22]. Hosseinalizadeh, R., et al., Economic sizing of a hybrid (PV-WT-FC) renewable energy system (HRES) for stand-alone usages by an optimization-simulation model: case study of Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016. 54: p. 139-150.
- [23]. Mostafaeipour, A., M. Qolipour, and K. Mohammadi, Evaluation of installing photovoltaic plants using a hybrid approach for Khuzestan province, Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016. 60: p. 60-74.
- [24]. Prices, G.P., website: www.globalpetrolprices.ir. 2018.
- [25]. Ito, M., et al., A comparative study on life cycle analysis of 20 different PV modules installed at the Hokuto mega-solar plant. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 2011. 19(7): p. 878-886.
- [26]. Fthenakis, V., et al. Life cycle analysis of high-performance monocrystalline silicon photovoltaic systems: energy payback times and net energy production value. in *27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*. 2012.

- [27]. Yue, D., F. You, and S.B. Darling, Domestic and overseas manufacturing scenarios of silicon-based photovoltaics: Life cycle energy and environmental comparative analysis. *Solar Energy*, 2014. 105: p. 669-678.
- [28]. Fu, Y., X. Liu, and Z. Yuan, Life-cycle assessment of multi-crystalline photovoltaic (PV) systems in China. *Journal of Cleaner Production*, 2015. 86: p. 180-190.
- [29]. Rajaeifar, M.A., et al., Electricity generation and GHG emission reduction potentials through different municipal solid waste management technologies: A comparative review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017. 79: p. 414-439.
- [30]. Kazemi, H., et al., Estimation of greenhouse gas (GHG) emission and energy use efficiency (EUE) analysis in rainfed canola production (case study: Golestan province, Iran). *Energy*, 2016. 116: p. 694-700.