ارزیابی اقتصادی استفاده از انرژی خورشیدی و انرژی شبکه سراسری برق در سامانه‌های آبیاری تحت فشار در کرج

جواد باغانی[1] و هرمز اسدی

استادیار پژوهش تحقیقات آبیاری و زهکشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
baghani37@gmail.com
استادیار پژوهش تحقیقات اقتصاد کشاورزی ، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
hormoz.asadi3@gmail.com

دریافت: تیر ۱۳۹۹ و پذیرش: مهر ۱۳۹۹

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی امکان استفاده از انرژی خورشید (سیستم‌های فتوولتائیک) در مقایسه با انرژی شبکه سراسری در سه سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ)، بارانی سنترپیوت و بارانی کلاسیک ثابت بود که در سال ۱۳۹۶در استان البرز انجام گرفت. ابتدا دو محصول زراعی غالب در منطقه (گندم و ذرت علوفه‌ای) مشخص شده و نیاز آبی این محصولات در شرایط منطقه تعیین شد. سپس انرژی مورد نیاز برای تامین توان لازم در هر کدام از سامانه‌های آبیاری با استفاده از برق سراسری کشور و برق خورشیدی مشخص شد. پس از آن تعداد پانل‌های خورشیدی مورد نیاز برای تامین این مقدار انرژی و هزینه اولیه برای احداث سیستم خورشیدی و همچنین هزینه‌های لازم برای استفاده از برق شبکه بررسی شد. سپس با بررسی عملکرد محصولات در منطقه و ارزش اقتصادی آن، سودآوری محصولات تولیدی با استفاده از شاخص‌های اقتصاد مهندسی در منطقه تعیین گردید. به منظور تعیین اختلاف میانگین هزینه و درآمد یا سود سامانه‌ها از لحاظ آماری، از آزمون t استفاده شد. بررسی اقتصادی نشان داد در دوره تحلیل، در سیستم برق شبکه سراسری با سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، بارانی سنترپیوت و قطره‌ای (تیپ)، ارزش حال خالص به‌ترتیب ۷۵۳/۷ ، ۷۷۰/۳ و ۱۲۱۲/۲ میلیون ریال و نسبت فایده به هزینه به‌ترتیب ۱/۶۴ ، ۱/۶۷ و ۲/۱ محاسبه شد. در سیستم برق خورشیدی با سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، بارانی سنترپیوت و قطره‌ای (تیپ)، ارزش حال خالص به‌ترتیب ۳۲۲/۶ ، ۷۱۳ و ۹۸۸/۸ میلیون ریال و نسبت فایده به هزینه به‌ترتیب ۱/۲ ، ۱/۵۹ و ۱/۷۳ برآورد گردید. بنابراین، بر اساس شاخص‌های سودآوری، کاربرد سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ) با استفاده از سیستم برق شبکه سراسری به عنوان تیمار برترانتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: برق خورشیدی، سیستم‌های فتوولتائیک، آبیاری قطره‌ای (تیپ)، بارانی سنترپیوت، بارانی کلاسیک ثابت

[1] – آدرس نویسنده مسئول: کرج، بخش تحقیقات آبیاری و زهکشی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

مقدمه

امروزه نیاز بشر به انرژی، پیوسته در حال افزایش و ذخیره منابع انرژی فسیلی پایان‌پذیر، در حال کاهش است. استفاده از سوخت‌های فسیلی با دو چالش اساسی تمام شدنی بودن و آلایندگی آن روبه‌رو است. سرعت سرمایه‌گذاری‌ها در زمینه فناوری‌های نوین و انرژی‌های تجدیدپذیر در بین کشورها بسیار متفاوت است (باغانی، ۱۳۹٦). توسعه فنآوری‌های جدید انرژی خورشیدی یکی از راه حل‌های کلیدی در راستای تحقق تقاضای روزافزون جهانی برای انرژی به‌شمار می‌رود. با این وجود رشد سریع در حوزه فناوریهای خورشیدی با موانع فنی مختلفی از جمله کارآیی پایین سلول‌های خورشیدی، سامانه‌های تعادل کم کارایی[1](BOS) و موانع اقتصادی روبرو است (کبیر و همکاران، ۲۰۱۸). با تحلیلی که سامپیو و گونزالس (۲۰۱۷) بر روی ۱٤۲ مقاله از سال ۱۹۹٦ تا ۲۰۱٦ انجام دادند، نتیجه گرفتند، مطالعات در مورد انرژی فتوولتائیک رو به افزایش است و ممکن است نقش مهمی در رسیدن به تقاضای زیاد انرژی در سراسر جهان داشته باشد؛ اما برای افزایش سهم مشارکت انرژی فتوولتائیک در بازار انرژی‌های تجدیدپذیر، ابتدا نیاز به آگاهی در مورد مزایای آن است و سپس افزایش تحقیق و توسعه فناوری‌های جدید برای اجرای سیاست‌های عمومی، تولید انرژی فتوولتائیک را تشویق می‌کنند.

بر اساس گزارش سازمان خوار و بار جهانی[2] (FAO)، حدود ۲۰ درصد از اراضی زیر کشت آبی جهان، حدود ٤۰ درصد کل مواد غذایی را تولید می‌کنند. براساس همین گزارش، سامانه‌های آبیاری خورشیدی، پتانسیل کاهش ۹۵ درصدی انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحد انرژی مصرف شده برای پمپاژ آب را در مقایسه با گزینه‌های جایگزین شده توسط شبکه‌های برق، دیزل یا فسیلی نشان می‌دهند. ارزیابی بقای اقتصادی سامانه آبیاری خورشیدی نیاز به در نظر گرفتن طیف گسترده‌ای از پارامترها از جمله اندازه و پیکربندی سامانه، ظرفیت ذخیره آب و امکان‌سنجی عمق چاه، دور بودن منطقه و نوع آن دارد و فائو از دولت‌ها خواسته است که برنامه‌های تشویقی خود را به نفع "یارانه سبز" نسبت به آنهایی که از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند، بازبینی کنند.

بر اساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی[3] (IEA) نیز تحقیقات تا سال ۲۰٤۰ و کاملا تا ۲۰۵۰ استفاده از انرژی خورشیدی می‌تواند، سوخت‌های فسیلی نظیر نفت، گاز، زغال سنگ و حتی منابع تجدیدپذیر نظیر باد یا انرژی هسته‌ای را تحت‌الشعاع قرار داده و به عنوان منبع اصلی تولید برق در جهان تبدیل شود. انرژی خورشیدی تا سال ۲۰٤۰، ۱٤ درصد و تا سال ۲۰۵۰ می‌تواند ۱٦ درصد تامین نیروی الکتریسیته را در بین انرژی‌های تجدیدپذیر جهان به خود اختصاص دهد، در حالی که نیروگاه‌های تولید برق حرارتی از انرژی خورشیدی ۱۱ درصد دیگر به این میزان اضافه خواهند کرد که چین با ۲۲۰۰ کیلووات بر ساعت اول است. با استفاده از پنل‌ها و نیروگاه‌های تولید انرژی خورشیدی در صورت محقق شدن آمارهای مذکور، سالانه حدود ٦۰ میلیارد تن از تولید دی‌اکسیدکربن و گازهای گلخانه‌ای کاسته خواهد شد(بای، ۱۳۹٤).

در کشور ترکیه، بر اساس برنامه استراتژیک انرژی در سال‌های ۲۰۱٤-۲۰۱۰، یکی از اولویت‌های دولت در این برنامه افزایش سهم منابع انرژی تجدیدپذیر به ۳۰ درصد از کل تولید انرژی سال ۲۰۲۳ بوده است (فرقانی،۱۳۹۲). با توجه به افزایش استفاده از انرژی و همچنین مشکلات ناشی از سوخت‌های فسیلی و محدود بودن این منابع، انرژی پاک خورشیدی به‌عنوان یک نعمت پایان‌ناپذیر می‌تواند جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی باشد (کوهزاد و همکاران، ۱۳۹۲). کلیک (۲۰۰٦) در مطالعه‌ای، جایگاه انرژی خورشیدی در آنکارا (ترکیه) را به لحاظ فنی، اقتصادی و طول عمر، یک سامانه فتوولتائیک متصل به شبکه برق را تحلیل کرد و مهمترین

[1] -balance-of-systems
[2] - Food and Agriculture Organization of the United Nations
[3] -International Energy Agency

نتیجه‌ای که گرفت، این بود که هزینه برق تولیدی توسط سامانه فتوولتائیک خانگی متصل به شبکه (طراحی شده به صورت تئوریکی)، سه تا چهار برابر گران‌تر از برق شبکه است. چرابی و گاستلی (۲۰۱۱)، برای ارزیابی تناسب اراضی مزارع بزرگ در کشور عمان از شاخص چند معیاره مکانی در تلفیق با روش فازی استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که ۰/۵ درصد مجموع اراضی کشور عمان، سطح تناسب بالایی برای نصب تجهیزات فتوولتائیک دارند. دجوردجویک (۲۰۱۱)، مطالعه‌ای را به منظور تجزیه و تحلیل و ارزیابی پتانسیل وضعیت و چشم‌انداز انرژی خورشیدی در کشور جمهوری صربستان انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که این کشور از پتانسیل خوبی برای بهره‌گیری از سامانه‌های انرژی خورشیدی مستقل از شبکه برخوردار است. خمسه و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که سامانه آبیاری قطره‌ای با پمپ خورشیدی با استفاده از قطره‌چکان‌های OLPC برای گسترش باغات در مناطق خشک مناسب است. عملکرد سیستم در مزارع پژوهشی نشان داد که پمپ فتوولتاییک (آرایه خورشیدی[1] Wp ۹۰۰، موتور پمپ مونو بلاک ۸۰۰ وات DC) می‌تواند ۷۰ تا ۱۰۰ کیلوپاسکال فشار و دبی ۳/٤ تا ۳/۸ لیتر در ساعت از هر قطره‌چکان در طول ساعات مختلف روز ایجاد کند. یکنواختی توزیع در زمین یک هکتاری، ۹۲ تا ۹٦ درصد بود.

با توجه به وضعیت موجود صنعت برق کشور و رویکرد شتابان سایر کشورها در بکارگیری انرژی‌های تجدید پذیر به عنوان منبع تولید انرژی الکتریسیته می‌توان اظهار نمود در آینده نزدیک ضمن این که برق بادی نمی‌تواند به تنهایی ۱۰ درصد نیاز برق مصرفی کشور را تامین نماید، تولید انرژی خورشیدی در کشور و ظرفیت‌سازی پیرامون فناوری‌های انرژی خورشیدی صنایع مرتبط با آن امری اجتناب‌ناپذیر خواهد بود (فرقانی،۱۳۹۲). فرجی سبکبار و همکاران (۱۳۹۲) با انجام مطالعه‌ای اعلام کردند که برخی محققین به این نتیجه رسیدند که ایران دارای پتانسیل فوق‌العاده بالایی برای بهره‌گیری از فناوری فتوولتائیک است، به‌گونه‌ای که ۳۱ درصد از خشکی‌های ایران در سه کلاس عالی، بسیار خوب و خوب قرار گرفته‌اند که سه استان یزد، کرمان و خراسان جنوبی به‌ترتیب دارای بهترین پتانسیل برای احداث نیروگاه های فتوولتائیک هستند. همچنین، فاصله از خطوط انتقال برق و دما را به عنوان مهمترین عوامل موثر در پتانسیل‌سنجی اراضی ایران برای احداث مزارع فتوولتائیک معرفی نمودند.

در تحلیلی که توسط خیاطیان یزدی و همکاران (۱۳۹۹) از روند گسترش نیروگاه‌های خورشیدی در ایران انجام شده است، کل دوران توسعه این فناوری از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹٤ به سه دوره تقسیم شده است. در دوره سوم (۹۸-۱۳۹٤)، جهت‌گیری نهادی کشور را به سمت بازار انرژی‌های تجدیدپذیر و خورشیدی دانسته‌اند که تمرکز اصلی وزارت نیرو و سازمان‌های تولیدی و خدماتی بر تولید پنل‌ها و نصب و راه‌اندازی نیروگاه‌های فتوولتائیک در مقیاس کوچک تا بزرگ بوده است. در این سال‌ها نیروگاه‌های ۷ مگاواتی امیرکبیر و خلیج فارس در همدان، ۱۰ مگاواتی جرفویه اصفهان، ۲۰ مگاواتی مکران کرمان به‌ترتیب با سرمایه‌گذاری آلمانی‌ها، یونانی‌ها و سوئیسی‌ها با خرید تضمینی برق تولیدی به‌بهره‌برداری رسیده‌اند.

مطالعه‌ای در آمریکا با هدف ارزیابی استفاده از انرژی های تجدیدپذیر برای تهیه انرژی (بخشی از آن) یک سامانه آبیاری عقربه‌ای[2] برای محصولات زمستانه و تابستانه (ذرت، گندم زمستانه، پنبه و سورگوم) انجام شد. در این پژوهش، ابتدا انرژی مورد نیاز ماهانه و اشعه فتوولتائیک مورد نیاز آن انرژی برای محصولات مورد هدف به‌ترتیب برای منبع باد و خورشید تعیین شد و سپس هزینه و درآمد باد، خورشید و ترکیب آن و راه‌های

[1] - solar array

[2]- Center-pivot irrigation

دیگر استفاده از تجهیزات انرژی تجدیدپذیر نیز مشخص گردید (ویک و آلامز، ۲۰۱۰).

همیدات و همکاران (۲۰۰۳) معتقدند در ترکیب آبیاری و انرژی خورشیدی، یک سامانه فتوولتاییک کوچک می‌تواند برای تامین انرژی پمپ آبی در آبیاری مقیاس کوچک استفاده شود. در آزمایش لوئی (۲۰۰۵) در یک سامانه آبیاری خورشیدی اتوماتیک در یک شیب کشت شده در جزیره لانتائو[1]، نتایج مثبت این سامانه را نشان داد. نوشتار حاضر برگرفته از مطالعه‌ای است که به منظور، بررسی امکان استفاده از انرژی خورشیدی (سامانه‌های فتوولتائیک) در مقایسه با انرژی شبکه سراسری در سه سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ)، بارانی عقربه‌ای و بارانی کلاسیک ثابت در کرج انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی امکان استفاده از سامانه انرژی خورشیدی (فتوولتاییک) پژوهشی در سامانه‌های مختلف آبیاری تحت فشار (بارانی عقربه‌ای، بارانی کلاسیک ثابت و قطره‌ای (تیپ) در سال ۱۳۹۶ در شهرستان کرج به اجرا درآمد. مزرعه تحقیقاتی هدف در کرج دارای موقعیت طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۹۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۷۹ دقیقه شمالی، ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا (اندازه‌گیری شده) و بر اساس اطلاعات سایت اداره کل هواشناسی استان البرز (www.alborz-met.ir)، میانگین بارش سالیانه شهر کرج ۲۴۷/۳ میلی‌متر و میانگین سالانه جمع ساعات آفتابی ۲۸۹۹ ساعت بوده است.

در سامانه عقربه‌ای، مساحت کل زیر پوشش دستگاه ۲۵ هکتار و الگوی کشت زیر دستگاه شامل ۱۲/۵ هکتار ذرت و ۱۲/۵ هکتار گندم بود. در سامانه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت نیز در مساحت ۲۵ هکتار بود. در سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ) نیز در مساحت ۱۲/۵ هکتار روی گیاه ذرت علوفه‌ای و ۱۲/۵ هکتار روی گیاه گندم در نظر گرفته شد. در هر سه سامانه آبیاری برای محاسبه آب مصرفی محصولات از نرم‌افزار Net wat استفاده شد (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۷). مقدار تبخیر و تعرق واقعی با توجه به سطح سایه‌انداز از رابطه زیر محاسبه شد (بی نام، ۱۳۸۷ ;باغانی، ۱۳۹۶).

$$Td = \left[ETc \times 0.1\left(Ps^{0.5}\right) - \mathrm{Re} \right] \quad (۱)$$

که در آن:

Td : مقدار نیاز آبی یا تعرق روزانه در آبیاری میکرو که فقط بخشی از زمین آبیاری می‌شود (دوره‌ای که نیاز آبی به حداکثر خود می‌رسد) (سهرابی و پایدار، ۱۳۸٤)

ETc: تبخیر و تعرق گیاه

Ps : میزان سطح سایه‌انداز

Re : بارش مؤثر

نیاز ناخالص آب مورد نیاز گیاهان با اعمال راندمان پتانسیل معادل ۹۰، ۷۰ و ۹۰ درصد به‌ترتیب برای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، بارانی کلاسیک ثابت رایزر متحرک و عقربه‌ای و در نظر گرفتن ضریب آبشویی محاسبه شد (بی‌نام، ۱۳۸۷ ;باغانی، ۱۳۹۶).

نیاز به آبشویی نیز براساس نوع محصول، دوره کاشت، سامانه آبیاری، شوری آب آبیاری و شوری قابل تحمل گیاه تعیین می‌شود که برای سامانه آبیاری قطره‌ای و بارانی به‌ترتیب از روابط ۲ و ۳ وبرای تعیین ناخالص آب آبیاری از رابطه ٤ استفاده شده است (رابطه ٤)، (آیرز و وستکات، ۱۹۹٤)

$$LR = [EC_{iw}/(2EC_{emax})] \quad (۲)$$

$$LR = [EC_{iw}/(5EC_{emin} - EC_{iw})] \quad (۳)$$

$$d_g = \frac{Td}{(1 - LR)\,Ea/\,100} \quad (٤)$$

که در آن:

LR : ضریب آبشویی برای دوره کاشت

Ec_{iw}: شوری آب آبیاری

Ec_{emin}: شوری آستانه تحمل گیاه

Ec_{emax}: حداکثر شوری قابل تحمل گیاه

d_g : مقدار نیاز ناخالص گیاه

[1] - Lantau

Td : مقدار نیاز آبی یا تعرّق روزانه در آبیاری میکرو که فقط بخشی از زمین آبیاری می‌شود (دوره‌ای که نیاز آبی به حداکثر خود می‌رسد) (سهرابی و پایدار، ۱۳۸٤).

در بررسی اقتصادی پروژه، کلیه هزینه‌های سرمایه‌گذاری‌های ثابت و همچنین هزینه‌های جاری در دو سامانه استفاده از برق شبکه با فاصله یک کیلومتر از شبکه سراسری و همچنین برق تامین شده از انرژی خورشیدی بر اساس قیمت‌های سال مطالعه در بازار برآورد شده و نهایتا تحلیل اقتصادی صورت گرفت. هزینه‌های جاری شامل هزینه‌های ثابت و متغیر تولیدی بود. منظور از هزینه‌های متغیر تولیدی، هزینه‌هایی است که با تغییر مقدار تولید، تغییر می‌کند و مستقیما به تولید بستگی دارد. منظور از هزینه‌های ثابت تولیدی، هزینه‌هایی است که با تغییر مقدار تولید، تغییر نمی‌کند و مستقیما به تولید بستگی ندارد. در این بررسی، هزینه‌های سرمایه‌ای شامل هزینه ایجاد سامانه آبیاری، تأسیسات الکتریکی، هزینه‌های جاری از جمله هزینه‌های ثابت تولیدی شامل هزینه استهلاک اقلام سرمایه‌ای و هزینه نگهداری و سرویس سامانه آبیاری و سامانه برق می‌باشند. هزینه‌های متغیر تولیدی شامل هزینه‌های برق مصرفی، نوار آبیاری قطره‌ای، هزینه کاشت تا برداشت محصولات است. برای برآورد درآمدها، تعیین میزان تولید محصول اصلی و فرعی، تعیین میزان فروش و تعیین قیمت محصول اصلی و فرعی لازم است. در این بخش پس از محاسبه هزینه و درآمدهای ایجاد شده در تیمارهای مختلف، از فرمول های اقتصاد مهندسی از جمله شاخص سودآوری ارزش کنونی خالص (NPV)[1] و نسبت فایده به هزینه (B/C)[2] استفاده شد تا اطمینان حاصل شود که انجام کدام گزینه اقتصادی است. در بررسی حاضر برای هر یک از تیمارها به عنوان فعالیتی مستقل، دوره تحلیل سرمایه گذاری پنج ساله در نظر گرفته شد و سپس با نرخ تنزیل مناسب (بهره سپرده بلند مدت ۱۸ درصد) به ارزش کنونی تبدیل گردید. شاخص نسبت فایده به هزینه، همان نسبت ارزش حال منافع به ارزش حال هزینه‌ها در هر یک از گزینه‌ها است. به این مفهوم که یک ریال سرمایه‌گذاری چند ریال منافع به همراه دارد. این نسبت را با واحد (بزرگتر، کوچکتر و یا مساوی واحد) می‌سنجند (سلطانی، ۱۳۸٦).

با توجه به مدل ریاضی ارزش حال خالص، اگر ارزش حال خالص کاربرد سامانه‌ای مثبت باشد اجرای آن سامانه اقتصادی خواهد بود (رابطه ۵).

$$NPV_t = PV(B)_t - PV(TVC)_t \qquad (۵)$$

که در آن:

NPV_t : ارزش حال خالص تیمار در دوره مطالعه t

$PV(B)_t$: ارزش حال منافع سرمایه‌گذاری در تیمار در دوره مطالعه t

$PV(TVC)_t$ ارزش حال هزینه‌های سرمایه‌گذاری در تیمار در دوره مطالعه t

با توجه به مدل ریاضی تحلیل فایده به هزینه (B/C)، اگر این نسبت بزرگتر از واحد باشد نشان دهنده آن است که ارزش حال ناخالص برنامه بیشتر از ارزش حال هزینه‌های برنامه می‌باشد؛ بنابراین، اجرای برنامه اقتصادی خواهد بود (رابطه ٦).

$$B/C = PV(B)_t / PV(TVC)_t \qquad (٦)$$

پس از طراحی سامانه‌های آبیاری بارنی عقربه‌ای و کلاسیک ثابت و سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ) برای اراضی به مساحت ۲۵ هکتار، لوازم و تجهیزات مورد نیاز برای هر کدام از آنها برآورد شد. بدیهی است پمپ‌های مورد نیاز هر کدام از سامانه‌ها بر اساس فشار و دبی لازم برای سامانه، تعیین شد که مشخصات فنی الکتروپمپ‌های انتخابی در جدول ۱ آورده شده است. لازم به توضیح است که طراحی هر کدام از سامانه‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای روند خاص و طولانی دارد که به اختصار مراحل انجام آن عبارت است از: برآورد تبخیر و تعرق گیاه، باران موثر در فصل رشد، محاسبه مقدار ناخالص آب مورد نیاز با در نظر گرفتن نسبت آبشویی و راندمان سامانه آبیاری، تعیین هیدرومدول طرح، قطعه‌بندی و برنامه‌ریزی آبیاری، تعیین حداکثر ظرفیت سامانه، محاسبات هیدرولیک جریان

1 - Net Present Value
2 - Benefit Cost Ratio

در کل شبکه، تعیین قطر لوله‌ها در نقاط مختلف زمین، محاسبات افت فشار در کل شبکه و اجزاء ایستگاه کنترل مرکزی، تعیین فشار و دبی و نهایتا قدرت و انرژی لازم برای پمپاژ، انتخاب اجزاء سامانه کنترل مرکزی و پمپ مناسب بر اساس موجودی بازار، برآورد لوازم مورد نیاز، برآورد هزینه‌های لوازم، تجهیزات و اجرای طرح.

جدول ۱- مشخصات الکتروپمپ‌های انتخابی در سامانه‌های مختلف آبیاری

مشخصات الکتروپمپ	بارانی عقربه‌ای	بارانی کلاسیک ثابت	قطره‌ای (تیپ)
مدل پمپ	۴۰۰- ۱۰۰	۴۰۰- ۱۰۰	۳۱۵- ۱۰۰
محدوده دبی (مترمکعب در ساعت)	۱۶۰- ۱۲۰	۱۶۰- ۱۲۰	۱۲۰- ۹۰
محدوده فشار (متر)	۲۵- ۳۹/۵	۵۰- ۵۴/۵	۲۷/۷- ۳۰
قطر پروانه (میلی‌متر)	۳۴۰	۴۰۰	۳۰۰
قدرت مصرفی (کیلووات)	۲۲	۴۵	۱۸/۵
قدرت مصرفی (اسب بخار)	۳۰	۶۱	۲۵
جریان مصرفی (آمپر)	۴۴	۸۵/۵	۳۶/۵
راندمان (درصد)	۶۸	۷۳	۷۴

در این تحقیق، به منظور تعیین اختلاف معنی داری بین میانگین هزینه و درآمد یا سود سامانه‌ها از لحاظ آماری از آزمون t استفاده شده است (رابطه ۷). لازم به توضیح است که برآورد هزینه کلیه لوازم و تجهیزات سامانه فتوولتائیک بر اساس قیمت روز گرفته شده از شرکت‌های وارد کننده، تولید کننده و گاها قیمت‌های ارزی بوده است.

Diff = mean (درآمد)- mean (هزینه)

H_0 : diff = 0

فرضیه ۱ : بین میانگین هزینه و درآمد اختلاف معنی‌داری وجود دارد

فرضیه ۲ : بین میانگین هزینه و درآمد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد

H_1 : diff >=< 0

(۷)

نتایج و بحث

آب آبیاری زراعت‌های گندم- ذرت

برای برنامه‌ریزی آبیاری در هر سه سامانه‌آبیاری، حداکثر زمان کار ایستگاه پمپاژ در زمان حداکثر مصرف نیاز آبی گیاه ذرت، معادل ۲۰ ساعت در نظر گرفته شد. نکته قابل توجه این است که برق شبکه سراسری در چهار ساعت از شبانه روز به عنوان زمان پرباری شناخته شده و بهای انرزی مصرفی گرانتر محاسبه می‌شود که تعدادی از کشاورزان (بنا به توصیه وزارت نیرو) در این ساعات، کل سامانه پمپاژ آب از چاه و سامانه تحت فشار را خاموش می‌کنند. به این علت در هر شبانه روز برای کل سامانه‌ها چهار ساعت خاموشی در نظر گرفته شد. زمانی که قرار باشد سامانه چهار ساعت در هر شبانه روز در زمان حداکثر نیاز آبی گیاه خاموش باشد، به اجبار ظرفیت سامانه نسبت به زمانی که در تمام شبانه روز سامانه در حال کار است، افزایش می‌یابد. طبق جدول ۲، در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (تیپ)، بارانی عقربه‌ای و بارانی کلاسیک ثابت آب مصرفی گندم به‌ترتیب ٤٠٩٠ ، ٤٣٦٦ و ٥٣٠١ و آب مصرفی ذرت به‌ترتیب ٨٢٩٧ ، ٩٧٨٠ و ١١٤٥٨مترمکعب در هکتار مشخص شد.

جدول ۲- آب مورد نیاز آبیاری هر هکتار زراعت‌های گندم و ذرت در سامانه‌های مختلف آبیاری در دوره کاشت

ردیف	سامانه آبیاری	آب مصرفی گندم			آب مصرفی ذرت		
		میزان مصرف (مترمکعب در هکتار)	صرفه‌جویی نسبت به سامانه کلاسیک		میزان مصرف (مترمکعب در هکتار)	صرفه‌جویی نسبت به سامانه کلاسیک*	
			(مترمکعب در هکتار)	(درصد)		(مترمکعب در هکتار)	(درصد)
۱	قطره‌ای (تیپ)	۴۰۹۰	۱۲۱۲	۲۸	۸۲۹۷	۳۱۶۱	۲۳
۲	بارانی عقربه‌ای	۴۳۶۶	۹۳۹	۱۵	۹۷۸۰	۱۶۷۷	۱۸
۳	بارانی کلاسیک ثابت	۵۳۰۱	۰	۰	۱۱۴۵۸	۰	۰

* چون میزان مصرف آب سامانه آبیاری کلاسیک بیشتر از سامانه‌های دیگر بود، این عامل مبنای سنجش سایر سامانه‌ها با سامانه کلاسیک قرار گرفت

دبی و فشار در سامانه‌های آبیاری

با در نظرگرفتن فشار لازم برای آبپاش‌های اسپریر سامانه عقربه‌ای و ضربه‌ای کلاسیک ثابت و هم چنین قطره‌چکان‌ها و با احتساب افت فشار در لوله‌ها در طول مزرعه، جدول ۳ تنظیم شد. با توجه به نتایج محاسبات مذکور و همچنین حدود چهار کیلووات انرژی الکتریکی لازم برای موتور محرک چرخ‌ها و برج‌های عقربه‌ای قدرت مورد نیاز هر سامانه آبیاری بارانی عقربه‌ای، بارانی کلاسیک ثابت و قطره‌ای (تیپ) به‌ترتیب معادل ۲۲، ٤٥ و ۱۸/۵ کیلووات انرژی الکتریکی محاسبه شد.

جدول ۳- دبی و فشار لازم در سامانه‌های مختلف آبیاری

سامانه آبیاری	سامانه برق شبکه		سامانه برق خورشیدی	
	فشار در خروجی پمپ (متر)	دبی پمپ (لیتر درثانیه)	فشار در خروجی پمپ (متر)	دبی پمپ (لیتر درثانیه)
بارانی عقربه‌ای	۲۹/۵	۱۹/۸	۲۹/۵	۳۴/۴
بارانی کلاسیک ثابت	۵۰	۲۲/۷	۵۰	۳۹/۴
قطره‌ای (تیپ)	۲۵	۱۷	۲۵	۲۹/۶

هزینه سامانه‌ها

هزینه گزینه‌ها در سامانه برق شبکه سراسری با سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، بارانی عقربه‌ای و قطره‌ای (تیپ)، به‌ترتیب ۳۰۰ ، ۲٦۳/۸ و ۲۹٦/۵ میلیون ریال و هزینه گزینه‌ها در سامانه برق خورشیدی با سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، بارانی عقربه‌ای و قطره‌ای (تیپ) به‌ترتیب ٦۳۹/۷ ، ٤۲۷/٤ و ٤۷۲/۱ میلیون ریال محاسبه شد (جدول ٤). همان‌طوری که در قبل نیز اشاره شد، هزینه کلیه لوازم و تجهیزات سامانه فتوولتائیک (هزینه سرمایه‌ای) بر اساس قیمت روز گرفته شده از شرکت‌های وارد کننده، تولید کننده و گاها قیمت‌های ارزی بوده است. هزینه‌های برق مصرفی نیز از شرکت برق منطقه‌ای گرفته شده است. بر اساس جدول ۵، در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف میانگین بین هزینه و درآمد سامانه‌ها که همان سود می‌باشد با توجه به آماره محاسباتی t از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد؛ بنابراین فرضیه H_0 (بین میانگین هزینه و درآمد اختلاف معنی‌داری وجود دارد) و فرضیه H_0 (بین میانگین هزینه و درآمد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد) پذیرفته می‌شود. (رابطه ۷).

جدول ۴- هزینه‌های سرمایه‌ای و جاری سامانه‌ها در الگوی کشت گندم-ذرت در هکتار در سال مطالعه (واحد: هزارریال) (باغانی، ۱۳۹۶)

سامانه آبیاری	هزینه‌های سرمایه‌ای			هزینه‌های جاری					
				هزینه‌های ثابت تولیدی			هزینه‌های متغیر تولیدی		
	سامانه آبیاری	تاسیسات الکتریکی	جمع	استهلاک سرمایه	هزینه نگهداری و سرویس سامانه‌ها	جمع	برق مصرفی	نوار آبیاری قطره‌ای	هزینه‌های تولید	جمع
سامانه برق شبکه با سامانه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت	۱۲۲۵۲۱	۳۸۰۸۰	۱۶۰۶۰۱	۵۳۵۳/۴	۵۰۰۰۰	۵۵۳۵۳/۴	۹۶۴/۷	۰	۸۳۱۰۶/۳	۸۴۰۷۱
سامانه برق شبکه با سامانه آبیاری بارانی عقربه‌ای	۱۱۰۱۳۴	۳۵۲۵۶	۱۴۵۳۹۰	۴۸۴۶/۳	۳۰۰۰۰	۳۴۸۴۶/۳	۴۷۱/۶	۰	۸۳۱۰۶/۳	۸۳۵۷۷/۹
سامانه برق شبکه با سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ)	۱۲۹۲۹۲	۳۵۲۵۶	۱۶۴۵۴۸/۵	۵۴۸۵	۳۰۰۰۰	۳۵۴۸۵	۳۹۶/۶	۱۳۰۰۰	۸۳۱۰۶/۳	۹۶۵۰۲/۹
سامانه برق خورشیدی با سامانه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت	۱۶۸۱۰۸	۳۲۲۱۹۲	۴۹۰۲۹۹/۶	۱۶۳۴۳/۳	۵۰۰۰۰	۶۶۳۴۳/۳	۰	۰	۸۳۱۰۶/۳	۸۳۱۰۶/۳
سامانه برق خورشیدی با سامانه آبیاری بارانی عقربه‌ای	۱۴۳۵۳۰	۱۶۰۶۴۰	۳۰۴۱۷۰	۱۰۱۳۹	۳۰۰۰۰	۴۰۱۳۹	۰	۰	۸۳۱۰۶/۳	۸۳۱۰۶/۳
سامانه برق خورشیدی با سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ)	۱۹۷۳۵۶	۱۳۷۵۰۴	۳۳۴۸۶۰/۳	۱۱۱۶۲	۳۰۰۰۰	۴۱۱۶۲	۰	۱۳۰۰۰	۸۳۱۰۶/۳	۹۶۱۰۶/۳

جدول ۵- بررسی معنی‌داری هزینه و درآمد (سود) سامانه‌ها از لحاظ آماری

شاخص ها	میانگین	خطای استاندارد (S.E.D)
درآمد	۲۸۸/۳۷	۱۲/۰۶
هزینه	۲۷۰/۱۲	۲۹/۳
اختلاف	۱۸/۲۵	۳۱/۶۸
	$t= 0.5835$	$H_0 : diff = 0$
	$H_1 : diff > 0$	$H_1 : diff < 0$,
	$Pr(T> t)= 0.2918$	$Pr(T<t)= 0.7082$,

گردش نقدی و سودآوری

در بررسی اقتصادی برای بررسی بازدهی سامانه ها در الگوی کشت گندم- ذرت در دوره تحلیل، ابتدا جدول گردش نقدی سامانه‌ها که شامل ارزش کنونی درآمد و هزینه و ارزش کنونی خالص سامانه‌ها می‌باشد، تنظیم گردید و سپس شاخص سودآوری نسبت فایده به هزینه محاسبه شد. برای محاسبه ارزش ناخالص محصولات از قیمت‌های تضمینی وزارت جهاد کشاورزی و قیمت فروش محصولات روستایی مرکز آمار در سال‌های مطالعه استفاده شد به طوری که در سال مطالعه قیمت هر کیلو گندم و ذرت علوفه‌ای به ترتیب ۱۳۰۰۰ و ۱۷۰۰ ریال در نظر گرفته شد. در منطقه هدف، عملکرد گندم آبی (رقم پیشتاز) در سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، بارانی عقربه‌ای و قطره‌ای (تیپ) به‌ترتیب ۷/۵ ، ۷/۵ و ۹ تن و برای ذرت علوفه‌ای به ترتیب ۹۰ ، ۹۰ و ۱۱۰ تن در هکتار در نظر گرفته شد. در جدول نقدی ٦ که مربوط به گزینه‌های مختلف سامانه برق شبکه می‌باشد، در سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، بارانی عقربه‌ای و قطره‌ای (تیپ) با استفاده از سامانه برق شبکه، ارزش حال درآمدها به‌ترتیب ۱/۹۳ ، ۱/۹۳ و ۲/۳۳ میلیارد ریال و ارزش حال هزینه‌ها به‌ترتیب ۱/۱۷ ، ۱/۱٦ و ۱/۱۲ میلیارد ریال محاسبه شد. در جدول نقدی ۷ که مربوط به گزینه‌های مختلف سامانه برق خورشیدی می باشد، در سامانه برق خورشیدی با سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، بارانی عقربه‌ای و قطره‌ای (تیپ)، ارزش حال درآمدها به‌ترتیب ۱/۹۳ ، ۱/۹۳ و ۲/۳۳ میلیارد ریال و ارزش حال هزینه‌ها به‌ترتیب ۱/٦ ، ۱/۲۱ و ۱/۳۵ میلیارد ریال محاسبه شد. طبق جدول ۸، در سامانه برق شبکه با سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، بارانی عقربه‌ای و قطره‌ای (تیپ)، ارزش حال خالص به‌ترتیب

۷۵۳/۷ ، ۷۷۰/۳ و ۱۲۱۲/۲ میلیارد ریال و نسبت فایده به هزینه به‌ترتیب ۱/٦٤ ، ۱/٦۷ و ۲/۱ محاسبه شد. در سامانه برق خورشیدی با سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، بارانی عقربه‌ای و قطره‌ای (تیپ)، ارزش حال خالص به‌ترتیب ۳۲۲/٦ ، ۷۱۳ و ۹۸۸/۸ میلیارد ریال و نسبت فایده به هزینه به‌ترتیب ۱/۲ ، ۱/۵۹ و ۱/۷۳ محاسبه شد. با توجه به نتایج، ارزش کنونی خالص و نسبت فایده به هزینه سامانه برق شبکه با سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ) بیشتر از سایر سامانه‌ها بوده است. نسبت فایده به هزینه این سامانه نشان می‌دهد، به ازای هر یک ریال سرمایه‌گذاری در این سامانه ۲/۱ ریال نصیب تولیدکننده خواهد شد؛ بنابراین این سامانه به عنوان سامانه در اولویت اول توصیه می‌شود و گزینه انتخابی در اولویت دوم، سامانه برق خورشیدی با سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ) است.

جدول ۶- جدول گردش نقدی سامانه‌های مختلف آبیاری با انرژی برق شبکه در الگوی کشت گندم-ذرت در هکتار (واحد: هزارریال)

سامانه ابیاری	سال	ارزش کنونی هزینه سرمایه‌ای	ارزش کنونی هزینه جاری	ارزش کنونی درآمد	ارزش کنونی خالص
بارانی کلاسیک ثابت	اول	۸۰۳۰۰	۱۳۹۴۲۴/۳	۲۶۹۲۵۰	۴۹۵۲۵/۳
	دوم	۹۴۷۵۴/۵	۱۶۴۵۲۱	۳۱۷۷۱۵	۵۸۴۳۹/۹
	سوم		۱۹۴۱۳۴/۴	۳۷۴۹۰۳/۷	۱۸۰۷۶۹/۳
	چهارم	–	۲۲۹۰۷۸/۶	۴۴۲۳۸۶/۴	۲۱۳۳۰۷/۸
	پنجم	–	۲۷۰۳۱۲/۷	۵۲۲۰۱۵/۹	۲۵۱۷۰۳/۲
	جمع	۱۷۵۰۵۴/۵	۹۹۷۴۷۱	۱۹۲۶۲۷۱	+۷۵۳۷۴۵/۵
بارانی عقربه‌ای	اول	۷۲۶۹۵	۱۳۹۴۲۴/۳	۲۶۹۲۵۰	۵۷۱۳۰/۷
	دوم	۸۵۷۸۰	۱۶۴۵۲۱	۳۱۷۷۱۵	۶۷۴۱۴
	سوم	–	۱۹۴۱۳۴/۴	۳۷۴۹۰۳/۷	۱۸۰۷۶۹/۳
	چهارم	–	۲۲۹۰۷۸/۶	۴۴۲۳۸۶/۴	۲۱۳۳۰۷/۸
	پنجم	–	۲۷۰۳۱۲/۷	۵۲۲۰۱۵/۹	۲۵۱۷۰۳/۲
	جمع	۱۵۸۴۷۵	۹۹۷۴۷۱	۱۹۲۶۲۷۱	+۷۷۰۳۲۵
قطره‌ای (تیپ)	اول	۸۲۲۷۴/۲	۱۳۱۹۸۷/۸	۳۲۶۵۰۰	۱۱۲۲۳۸
	دوم	۹۷۰۸۳/۶	۱۵۵۷۴۵/۶	۳۸۵۲۷۰	۱۳۲۴۴۰/۸
	سوم	–	۱۸۳۷۷۹/۸	۴۵۴۶۱۸/۶	۲۷۰۸۳۸/۸
	چهارم	–	۲۱۶۸۶۰/۲	۵۳۶۴۵۰	۳۱۹۵۸۹/۸
	پنجم	–	۲۵۵۸۹۵	۶۳۳۰۱۱	۳۷۷۱۱۵/۹
	جمع	۱۷۹۳۵۷/۸	۹۴۴۲۶۸/۴	۲۳۳۵۸۴۹/۶	+۱۲۱۲۲۲۳/۴

جدول ۷- جدول گردش نقدی سامانه‌های مختلف آبیاری با انرژی خورشیدی در الگوی کشت گندم-ذرت در هکتار، (واحد: هزارریال)

سامانه‌های آبیاری	سال	ارزش کنونی هزینه سرمایه‌ای	ارزش کنونی هزینه جاری	ارزش کنونی درآمد	ارزش کنونی خالص
بارانی کلاسیک ثابت	اول	۲۴۵۱۴۹/۸	۱۴۹۴۴۹/۶	۲۶۹۲۵۰	-۱۲۵۳۴۹/۴
	دوم	۲۸۹۲۷۶/۷	۱۷۶۳۵۰/۵	۳۱۷۷۱۵	-۱۴۷۹۱۲/۳
	سوم	-	۲۰۸۰۹۳/۶	۳۷۴۹۰۳/۷	۱۶۶۸۱۰
	چهارم	-	۲۴۵۵۵۰/۵	۴۴۲۳۸۶/۴	۱۹۶۸۳۵/۹
	پنجم	-	۲۸۹۷۴۹/۵	۵۲۲۰۱۵/۹	۲۳۲۲۶۶/۴
	جمع	۵۳۴۴۲۶/۵	۱۰۶۹۱۹۳/۷	۱۹۲۶۲۷۱	+۳۲۲۶۵۰/۸
بارانی عقربه‌ای	اول	۱۵۲۰۸۵	۱۲۳۲۴۵/۳	۲۶۹۲۵۰	-۶۰۸۰/۳
	دوم	۱۷۹۴۶۰/۴	۱۴۵۴۲۹/۴	۳۱۷۷۱۵	-۷۱۷۴/۸
	سوم	-	۱۷۱۶۰۶/۷	۳۷۴۹۰۳/۷	۲۰۳۲۹۷
	چهارم	-	۲۰۲۴۹۵/۹	۴۴۲۳۸۶/۴	۲۳۹۸۹۰/۴
	پنجم	-	۲۳۸۹۴۵/۲	۵۲۲۰۱۵/۹	۲۸۳۰۷۰/۷
	جمع	۳۳۱۵۴۵/۴	۸۸۱۷۲۲/۵	۱۹۲۶۲۷۱	+۷۱۳۰۰۳
قطره‌ای (تیپ)	اول	۱۶۷۴۳۰/۱	۱۳۷۲۶۸/۳	۳۲۶۵۰۰	۲۱۸۰۱/۶
	دوم	۱۹۷۵۶۷/۶	۱۶۱۹۷۶/۶	۳۸۵۲۷۰	۲۵۷۲۵/۹
	سوم	-	۱۹۱۱۳۲/۳	۴۵۴۶۱۸/۶	۲۶۳۴۸۶/۲
	چهارم	-	۲۲۵۵۳۶/۲	۵۳۶۴۵۰	۳۱۰۹۱۳/۸
	پنجم	-	۲۶۶۱۳۲/۷	۶۳۳۰۱۱	۳۶۶۸۷۸/۲
	جمع	۳۶۴۹۹۷/۷	۹۸۲۰۴۶/۱	۲۳۳۵۸۴۹/۶	۹۸۸۸۰۵/۸

جدول ۸- سودآوری سامانه‌های آبیاری با انرژی‌های مختلف در الگوی کشت گندم-ذرت

سامانه‌ها	ارزش کنونی خالص (هزارریال)	نسبت فایده به هزینه
سامانه برق شبکه با سامانه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت	+۷۵۳۷۴۵/۵	۱/۶۴
سامانه برق شبکه با سامانه آبیاری بارانی عقربه‌ای	+۷۷۰۳۲۵	۱/۶۷
سامانه برق شبکه با سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ)	+۱۲۱۲۲۲۳/۴	۲/۱
سامانه برق خورشیدی با سامانه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت	+۳۲۲۶۵۰/۸	۱/۲
سامانه برق خورشیدی با سامانه آبیاری بارانی عقربه‌ای	+۷۱۳۰۰۳	۱/۵۹
سامانه برق خورشیدی با سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ)	۹۸۸۸۰۵/۸	۱/۷۳

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

طبق نتایج بدست آمده، در سامانه برق شبکه با سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، بارانی عقربه‌ای و قطره‌ای (تیپ)، ارزش حال خالص به‌ترتیب ۷۵۳/۷، ۷۷۰/۳ و ۱۲۱۲/۲ میلیارد ریال و نسبت فایده به هزینه به‌ترتیب ۱/٦٤، ۱/٦۷ و ۲/۱ محاسبه شد. در سامانه برق خورشیدی با سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، بارانی عقربه‌ای و قطره‌ای (تیپ)، ارزش حال خالص به‌ترتیب ۳۲۲/٦، ۷۱۳ و ۹۸۸/۸ میلیارد ریال و نسبت فایده به هزینه به‌ترتیب ۱/۲، ۱/۵۹ و ۱/۷۳ برآورد گردید. با توجه به نتایج، ارزش کنونی خالص و نسبت فایده به هزینه سامانه برق شبکه سراسری با سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ) بیشتر از سایر سامانه‌ها بوده است. نسبت فایده به هزینه این سامانه نشان می‌دهد، به ازای هر یک ریال سرمایه‌گذاری در این سامانه ۲/۱ ریال نصیب تولیدکننده خواهد شد؛ اما نکته قابل تامل دیگر اینکه برق خورشیدی تولید شده توسط بخش خصوصی یا کشاورزان در مقیاس حدود ۳۰ کیووات ساعت، بر اساس قیمتهای سال انجام پژوهش، با قیمت هر کیلووات ۷۵۰۰ ریال از تولید کننده توسط وزارت نیرو خریداری می‌شود (سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق، ساتبا). در حالی که بهای هرکیلووات برق مصرفی شبکه در شرایط پرباری از ٤۰۰ ریال تجاوز نمی‌کند. تفاوت بهای برق فروشی به شبکه و برق خریداری شده از شبکه با یارانه دولتی توسط کشاورز به اندازه‌ای است که حتی در صورتی‌که فاصله مزرعه از شبکه ۱۰۰۰ متر هم باشد، رغبتی به اینکار وجود ندارد، مگر در شرایطی که اصلا امکان استفاده از برق شبکه وجود نداشته باشد. به عبارتی انرژی تولیدی توسط سلول‌های فتوولتائیک با هزینه آزاد به شبکه برق سراسری فروخته شود و انرژی مورد نیاز الکتروپمپ با استفاده از یارانه‌های دولتی از شرکت برق خریداری شود؛ بنابراین این سامانه به عنوان سامانه در اولویت اول توصیه می‌شود. برخی مزایای تکنولوژی فئوولتائیک نسبت به روش فعلی تولید برق شامل مواردی همچون، مهمترین منبع قابل تجدید و منبعی بی‌خطر و سالم‌ترین نوع برای تولید انرژی، دارای ضریب ایمنی بالا و عمر زیاد، عدم نیاز به سوخت و در نتیجه عدم ایجاد آلودگی ناشی از سوخت-های فسیلی و هسته‌ای بویژه عدم ایجاد آلودگی زیست محیطی و صوتی، عدم ایجاد تشعشع و ضایعات ذکر می-شود. البته از معایب مهم این منبع انرژی، قیمت بالای سلول‌هایی فئوولتائیک و عدم آشنایی همگان با این تکنولوژی می‌باشد. در همین راستا، با این وجود همیدات و همکاران (۲۰۰۳) معتقدند در ترکیب آبیاری و انرژی خورشیدی، یک سامانه فتوولتاییک کوچک می‌تواند برای تامین انرژی پمپ آبی در آبیاری مقیاس کوچک استفاده شود. گرچه نتایج مطالعه کوهزاد و همکاران، (۱۳۹۲) مانند نتایج مطالعه حاضر انرژی خورشیدی را نعمتی پایان‌ناپذیر دانستند ولی کلیک (۲۰۰٦) نتیجه گرفت که

هزینه برق تولیدی توسط سامانه فتوولتائیک خانگی متصل به شبکه (طراحی شده به صورت تئوریکی)، سه تا چهار برابر گران‌تر از برق شبکه در ترکیه است. لذا در شرایط فعلی کشور و با توجه به هزینه‌های لوازم و تجهیزات برق خورشیدی و یارانه‌های دولتی، استفاده از برق شبکه سراسری برای تامین انرژی مورد نیاز سامانه‌های تحت فشار مقرون به صرفه‌تر است.

فهرست منابع

۱. باغانی، ج. ۱۳۹٦. امکان‌سنجی استفاده از انرژی‌های نو در سامانه آبیاری تحت فشار. گزارش نهایی مصوب موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۹٤ صفحه.

۲. بای، ن. ۱۳۹٤. چشم‌انداز انرژی جهان در افق سال‌های ۲۰۳۵ و ۲۰٤۰ در آینده‌نگاری آژانس بین‌المللی انرژی (IEA). ماهنامه عصر کیمیاگری. شماره ٤۲.

۳. بی‌نام. ۱۳۸۸. معیار کارایی و معیاری برای روش‌های آبیاری تحت فشار، قوانین طراحی برای روش‌های آبیاری محلی. شرکت خدمات مهندسی آب و خاک، جلد ٤ چاپ اول، صفحه ۱۷۳.

٤. خمسه، م.، عالی، پ. و رجایی، م. ۱۳۹۲. طراحی و آزمایش پمپ خورشیدی فتوولتاییک برای سیستم آبیاری قطره‌ای. مجموعه مقالات دومین همایش ملی انرژی باد و خورشید، سوم اسفند، تهران.

۵. خیاطیان یزدی، م.ص.، فرتاش، ک. و قربانی، ا. ۱۳۹۹. تحلیلی تطور تاریخی توسعه فناوری سامانه‌های خورشیدی فتوولتائیک در ایران: رویکردی نهادی. مدیریت بهبود، دوره ۱٤، شماره ۱ (پیاپی ٤۷)، صفحه ۳۰-۱.

٦. سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق، ساتبا، http://www.satba.gov.ir/fa/aboutorganization

۷. سلطانی، غ.ر. ۱۳۸۷. اقتصاد مهندسی. انتشارات دانشگاه شیراز، چاپ یازدهم، ۳۲۸ صفحه.

۸. سهرابی، ت. و پایدار، ز. ۱۳۸٤. اصول طراحی سامانه‌های آبیاری. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

۹. علیزاده، ا. و کمالی، غ. ۱۳۸۷. نیاز آبی گیاهان در ایران. انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ دوم، مشهد، صفحه ۲۲۸.

۱۰. فرجی سبکبار، ح.، پاک طینت مهدی آبادی، ه. رحیمی کیان، ا و عشورنژاد، غ. ۱۳۹۲. تناسب سنجی اراضی به منظور احداث مزارع فتوولتاییک به کمک تلفیق سامانه‌های جمع ساده وزنی و استنتاج فازی در ایران.. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. ٤۵(٤): ٤۵-٦۰.

۱۱. فرقانی، ع. ۱۳۹۲. درآمدی بر تدوین نقشه راه نیروگاه خورشیدی در ایران. تهران، پژوهشکده توسعه تکنولوژی جهاد دانشگاهی، گروه پژوهشی مهندسی صنایع.

۱۲. قدمی فیروزآبادی، ع.، چایچی، م. و سیدان، س. م. ۱۳۹٦. اثر سامانه‌های آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب سه ژنوتیپ گندم و ارزیابی اقتصادی آنها در همدان. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۱(۲): ۱٤۹-۱۳۹.

۱۳. کوهزاد، ع.، ایمانی و.، بابکی، ت. و مسعودی، ح. ۱۳۹۲. استفاده از انرژی خورشیدی جهت انتقال آب شرب. شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، چهارم اسفندماه، تهران.

۱٤. نادری، ن.، قدمی فیروزآبادی، ع. و فرومدی، م.ص. ۱۳۹۷. ارزیابی سامانه‌های مختلف آبیاری بارانی در شرایط مزرعه. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۲(۳): ٤۳۹-٤۲۹.

15. Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1994. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper No. 29, FAO

16. Celik, A.N. 2006. Present status of photovoltaic energy in Turkey and life cycle techno-economic analysis of a grid-connected photovoltaic-house. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 10: 370-387.
17. Charabi, Y. and A. Gastli. 2011. PV site suitability analysis using GIS-based spatial fuzzy multi- criteria evaluation, Renewable Energy. 36(9): 2554-2561.
18. Djurdjevic, D.Z. 2011. Perspectives and assessment solar PV power engineering in the Republic of Serbia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(5): 2431-2446.
19. Hamidat, A., Benyoucef, B. and Hartani, T. 2003. Small-scale irrigation with photovoltaic water pumping system in Sahara regions. Renew. Energy. 28, 1081-1096.
20. http://www.alborz-met.ir/
21. http://www.fao.org/news/story/en/item/1114618/icode/
22. Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A.A. and Kim, K.h. 2018. Solar energy: Potential and future prospects. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 82, Part 1, February 2018, Pages 894-900
23. Lui, B.L.S. 2005. Trial Use of Solar Power Automatic Irrigation System. Geo Report No. 194. Geotechnical Engineering Office. Civil Engineering and Development Department. Hong Kong.
24. Moral, F.J., López Rodríguez, F., Cuadros, F. and Ruiz Celma, A. 2009. Computer-assisted sizing of photovoltaic systems for drip irrigation of olive orchards in semi-arid climate. Spanish Journal of Agricultural Research, 7(3): 503-512.
25. Sampaio, P. and González, M. 2017. Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 74, July 2017, Pages 590-601
26. Vick, B.D. and Almas, L.K. 2010. Developing wind and/or solar powered crop irrigation systems for the Great Plains. Applied Engineering in Agriculture, 27(2): 235-245.

Economic Assessment of the Use of Solar Energy and National Electircity Network Energy in Pressurized Irrigation Systems

J. Baghani[1] and H. Asadi

Assistant Professor in Irrigation and Drainage Department, Agricultural Engineering Research Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

baghani37@gmail.com

Assistant Professor in Agricultural Economic researches, Seed and Plant Improvement Institute(SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

hormoz.asadi3@gmail.com

Received: July 2020, and Accepted: September 2020

Abstract

The present research was conducted in 2017 with the aim of investigating the possibility of using solar energy (photovoltaic systems) compared to energy from national network of electricity in three irrigation systems of Tape, Center pivot, and Fixed classical sprinkler irrigation in Alborz province. At first, 2 dominant crops in the region (wheat and maize) were identified and the water requirement of these crops was determined under Karaj conditions. Then, the energy needed to supply the necessary power in each of the irrigation systems using the electricity network and solar power was determined. Afterwards, the number of solar panels needed to supply this amount of energy and the initial cost for the construction of the solar system was examined, as well as the costs of using the electricity network. Then, by evaluating the crops yield performance in the region and its economic value, the profitability of the products was determined in the region. The t-test was used to determine the difference between the mean cost and revenue or profit of the systems statistically. According to the economic results in the analysis period, in network electricity with irrigation systems of Fixed classical sprinkler, Center pivot, and Tape irrigation, net present value was estimated as 753.7, 770.3, and 1212.2 Iraniak million Rials, and benefit cost ratio in these systems was estimated at 1.64, 1.67 and 2.1. In solar system with irrigation systems of Fixed classical sprinkler, Center pivot, and Tape irrigation, net present value was estimated as 322.6 , 713, and 988.8 Iraniak million Rials, and benefit cost ratio in these systems was estimated at 1.2, 1.59, and 1.73. Therefore, based on profitability indices, national power network with drip irrigation system treatment is recommended as the better treatment.

Keywords: Solar electricity, Photovoltaic systems, Tape irrigation, Center pivot, Fixed classical sprinkler

[1]. Corresponding author: Assistant Professor in Irrigation and Drainage Department, Agricultural Engineering Research Institute