



## ارزیابی اقتصادی کاربرد انرژی خورشیدی در بخش کشاورزی استان خوزستان

مریم امانی پور<sup>1</sup>، سحر معتمدی<sup>2\*</sup>، ابراهیم قاسمی ورنامخواستی<sup>3</sup>

1- کارشناسی ارشد، اقتصاد انرژی، گروه اقتصاد و بیمه دریایی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

2- استادیار، اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

3- استادیار، اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

\*خرمشهر، 6419934619، [Motamedi.sahar@gmail.com](mailto:Motamedi.sahar@gmail.com)

### چکیده

هدف از این تحقیق ارزیابی اقتصادی استفاده از انرژی خورشیدی در بخش کشاورزی استان خوزستان است. افزایش سالانه مصرف برق در استان خوزستان به ویژه در بخش کشاورزی و همزمانی پیک بار مصرف با فصول کشت در فصل بهار و تابستان این استان، ضرورت استفاده از انرژی خورشیدی در این بخش را بیان می‌کند. به این منظور هزینه هر کیلووات برق شبکه سراسری با هزینه هر کیلووات برق نیروگاه خورشیدی منفصل از شبکه در چهار شهرک کشاورزی نوترکی ایزه، شهدای اندیمشک، پشمینه زار اندیمشک و زعن شوش واقع در استان خوزستان با رویکرد EUAC و با کمک نرم افزار اکسل مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد هزینه‌ها با فاصله شهرک‌ها به اولین خط انتقال برق و میزان مصرف کلی شهرک رابطه مستقیم دارد. پس از بررسی و مقایسه هزینه‌های برق شبکه و برق نیروگاه خورشیدی منفصل از شبکه در شهرک‌های ذکر شده مشخص شد استفاده از انرژی خورشیدی در شهرک نوترکی ایزه با مصرف روزانه 20 کیلووات برق، صرفه اقتصادی دارد. اما در بقیه شهرک‌ها با مصارف بالای 20 کیلووات استفاده از انرژی خورشیدی صرفه اقتصادی ندارد. این به دلیل هزینه‌های بالای ساخت نیروگاه خورشیدی و تعرفه‌های ناچیز مصرف برق شبکه در بخش کشاورزی است.

**کلید واژه‌ها:** ارزیابی اقتصادی، انرژی خورشیدی، بخش کشاورزی، هزینه یکنواخت سالیانه.

## Economic Evaluation of Using Solar Energy in the Agricultural Sector of Khuzestan Province

Maryam Amanipoor<sup>1</sup>, Sahar Motamedi<sup>2\*</sup>, Ebrahim Ghasemi Varnamkhasti<sup>3</sup>

1- Master of Energy Economics, Department of Economics and Maritime Insurance, Khoramshahr University of Marine Science and Technology, Khoramshahr, Iran 2- Assistant professor, Department of Economics and Maritime Insurance, Khoramshahr University of Marine Science and Technology, Khoramshahr, Iran

3- Assistant professor, Department of Economics and Maritime Insurance, Khoramshahr University of Marine Science and Technology, Khoramshahr, Iran

\*P.O.B. 6419934619 Khoramshahr, Iran, [motamedi.sahar@gmail.com](mailto:motamedi.sahar@gmail.com)

Received: 31 Oct. 2023 Accepted: 26 Feb. 2024

### Abstract

This study aims to economically evaluate the use of solar energy in the agricultural sector of Khuzestan Province, Iran. The necessity of using solar energy in this sector is highlighted by the yearly rise in power consumption in Khuzestan Province, especially in the agricultural sector, and the concurrence of peak consumption with cultivation seasons in spring and summer. Therefore, the EUAC approach was adopted in Excel to evaluate the per-kWh cost of electricity from the national grid and the off-grid solar power plant in four agricultural settlements, *i.e.*, Noturky of Izeh, Shohadaye Andimeshk, Pashminezar of Andimeshk, and Zanshush in Khuzestan Province. According to the results, the costs are directly correlated with the distance of settlements from the nearest power transmission line and their electricity consumption. The analysis and comparison of electricity costs from the grid and the off-grid solar power plant in these settlements showed that solar energy had economic justification in the Noturky settlement of Izeh with the daily electricity consumption of 20 kW. However, due to the high construction costs of solar power plants and the low

rates of grid electricity for the agricultural sector, the use of solar energy is not economically viable in other settlements with electricity consumption over 20 kW.

**Keywords:** Economic Evaluation, Solar Energy, Agricultural Sector, Annual Uniform Cost.

## 1- مقدمه

انرژی برای حیات انسان ضروری است، برای تأمین نیازهای اساسی مختلف انسان از تولید مواد غذایی تا توسعه اقتصادی موردنیاز است [1]. از جمله فعالیت‌های مهمی که به نهاده انرژی نیاز دارند عبارتند از فعالیت‌های کشاورزی (آبیاری، آماده‌سازی زمین و کود دهی، عملیات پرورش دام)، فعالیت‌های خانگی (روشنایی، پردازش و نگهداری غذا، پخت‌وپز)؛ فعالیت‌های تجاری (روشنایی، پردازش)؛ خدمات جمعی و اجتماعی (پمپاژ آب، تبرید در مراکز بهداشتی، روشنایی ساختمان‌های عمومی) [2].

تأمین انرژی در بخش کشاورزی به دلیل فعالیت‌هایی مانند پمپاژ آب برای آبیاری، تبرید، خشک کردن محصولات کشاورزی، فعالیت‌های مربوط به دام و تولید مواد غذایی برای بشر همواره موردتوجه بوده است [3]. در دهه‌های اخیر، تقاضای انرژی به‌ویژه در بخش کشاورزی به گونه‌ی چشمگیری افزایش یافته است. تا زمان ظهور منابع انرژی فسیلی، بسیاری از فعالیت‌های کشاورزی جهان همیشه با دست انجام می‌شده است. انقلاب صنعتی اعتماد انسان به استفاده از سوخت‌های فسیلی را افزایش داد [4]. پس از آن، انقلاب سبز در دهه 1960 باعث استفاده گسترده انرژی در بخش کشاورزی شد. فعالیت‌ها و مکانیسم‌های فعلی کشاورزی که هدف آنها بهینه‌سازی عملکرد است، بشدت به استفاده از انرژی فسیلی وابسته است [5]. نیازهای انرژی در بخش کشاورزی متنوع است و در واقع می‌توان گفت بخش کشاورزی یک اقتصاد اساسی روستایی و یکی از منابع اصلی اقتصادی در بسیاری از کشورها است. بخش عمده‌ای از تولید غذا از بخش روستایی است. آنها در تولید، پردازش و ذخیره‌سازی معیشت محصولات کشاورزی که نیاز به استفاده از انرژی دارند، نقش مهمی دارند [6].

از این رو، دستیابی به پایداری در مصرف انرژی در این حوزه از اهمیت بسیاری برخوردار است. به‌کارگیری فن‌آوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در فعالیت‌های کشاورزی، چشم‌اندازهای امیدوارکننده‌ای را در رسیدگی به معاملات و اهرم‌های تعامل بین بهبود آب، انرژی، امنیت غذایی و تغییرات آب و هوایی برای کشاورزی ارائه می‌دهد. نوسانات الگوی تقاضای انرژی همراه با میل به گزینه‌های تأمین ایمن، قابل اعتماد و پایدار از نظر محیط‌زیست، مستلزم آن است که بخش انرژی از طریق به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر دچار تحول شود. در این زمینه، دستور کار "انرژی پایدار برای همه" سازمان ملل، اهمیت دستیابی به انرژی تجدیدپذیر را روشن می‌سازد [7]. استفاده از فن‌آوری‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی، کاهش تغییرات آب و هوایی را به دنبال دارد. انرژی تجدیدپذیر نیرویی است که با استفاده از منابع طبیعی که دائماً ایجاد می‌شوند، تولید می‌شود. انرژی‌های تجدیدپذیر به‌طور بالقوه قادر به ارائه راه‌حل‌های مؤثر و پایدار برای مشکلات مختلف حفاظت در کشاورزی است. انرژی تجدیدپذیر جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی است و می‌تواند برای تولید گرمایش یا برق استفاده شود. این امر به کشاورزی پایدار کمک می‌کند. پایداری کشاورزی مبتنی بر مفهوم افزایش بهره‌وری محصولات زراعی و اطمینان از اقتصاد پایدار ضمن اطمینان از کاهش چشمگیر استفاده از منابع طبیعی و تأثیرات منفی تغییرات آب و هوایی است. پایداری کشاورزی باید

یک مسئولیت اجتماعی مشترک باشد که توسط مقررات و اصول کاملاً پذیرفته شده هدایت شود [8].

انرژی‌های تجدیدپذیر به‌عنوان یک کاربرد فناوری در بخش کشاورزی موضوع جدیدی نیست. داوسکین [9] استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر مانند باد، خورشید و انرژی زمین گرمایی را در کشاورزی مورد مطالعه قرار داد. نتایج نشان داد از آنجا که سرمایه‌گذاری اولیه در این بخش بسیار زیاد است و برای افرادی که در این پروژه‌ها مشارکت دارند خطر مالی بالایی دارد، این موضوع احتمالاً مانع اصلی استفاده گسترده از این منابع انرژی است. امروزه، فن‌آوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر از تکنولوژی‌های مختلفی استفاده می‌کنند که آن‌ها را کارآمدتر و ارزان‌تر می‌کند.

مصرف انرژی تجدیدپذیر در ایران بسیار ناچیز است. ایران با داشتن 9 درصد از ذخایر نفتی جهان و 17 درصد از ذخایر گاز طبیعی، از منابع سوخت فسیلی به‌وفور برخوردار است و این امر موجب کم‌توجهی در پیگیری منابع جایگزین انرژی می‌شود. استان خوزستان با وجود منابع فراوان انرژی فسیلی، از نظر منابع انرژی تجدیدپذیر نیز بسیار غنی است. این منابع انرژی پاک می‌توانند در کاهش وابستگی به انرژی فسیلی، آلودگی محیط‌زیست، کاهش هدر رفت انرژی، تولید انرژی در محل مصرف و افزایش امنیت انرژی بسیار مؤثر باشند. انرژی خورشیدی یکی از مهم‌ترین منابع انرژی تجدیدپذیر در استان خوزستان است و این استان توانایی تبدیل شدن به قطب تولید انرژی خورشیدی در سطح منطقه‌ای و حتی جهان را دارد [10]. قرار گرفتن استان خوزستان در منطقه گرم و خشک کره زمین و تابش مستقیم نور خورشید در بیشتر فصل‌های سال، ظرفیت مناسبی برای استفاده از این انرژی خدادادی فراهم کرده است. میانگین سالانه شدت تابش روزانه آفتاب در استان خوزستان، 5/13 تا 5/41 کیلووات ساعت در مترمربع است. لی [11] در پژوهشی جهت انتخاب مکان مناسب استفاده از سامانه‌ی فتوولتائیک، پتانسیل انرژی خورشید بیشتر از 1/15 مگاوات ساعت بر مترمربع در سال (3/15 کیلووات ساعت بر مترمربع در روز) را مناسب بیان کرده است.

با توجه به مطالب مطرح شده، در این مطالعه به ارزیابی اقتصادی کاربرد انرژی خورشیدی در بخش کشاورزی استان خوزستان که حدود 12 درصد از کل مصرف برق استان را دارد (شرکت توزیع نیروی برق استان خوزستان کارنامه سال 1398)، پرداخته می‌شود.

## 2- پیشینه پژوهش

پژوهش‌های متفاوتی در مورد ارزیابی اقتصادی کاربرد پنل‌های خورشیدی در بخش‌های مختلف انجام شده است که در ادامه به‌صورت مختصر به آن‌ها اشاره می‌شود.

شزان و همکاران [12] در مطالعه‌ای با عنوان تجزیه و تحلیل فنی و اقتصادی یک سیستم انرژی تجدیدپذیر ترکیبی-شبکه هوشمند برای بریزن استرالیا نشان دادند هزینه فعلی خالص (NPC) و انتشار CO<sub>2</sub> می‌تواند در حدود 29.65٪ در سال نسبت به نیروگاه‌های معمولی کاهش یابد. NPC سیستم بهینه‌سازی شده در حدود 33,310.00 دلار آمریکا با

عزیز و همکاران [17] در مطالعه‌ای به تحلیل فنی اقتصادی سیستم‌های PV نصب شده توسط استفاده از استراتژی‌های نوین برای مزرعه‌های کشاورزی پایدار هوشمند در پنجاب پاکستان پرداختند. در این مطالعه داده‌هایی از 93 مزرعه در نوزده منطقه از شهرهای اصلی در قسمت شمالی، مرکزی و جنوبی پنجاب انتخاب شد. نتایج نشان داد نصب PV از نظر تکنولوژیک، اقتصادی و زیست‌محیطی برای همه شهرها امکان‌پذیر است و با نصب پنل‌های خورشیدی می‌توان زندگی سبزتری را تجربه کرد.

حداد و مهربانی [18] در مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی نقش سرمایه‌گذاری در احداث نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) بر توسعه پایدار مطالعه موردی شهرستان بروجرد به ارزیابی فنی و اقتصادی احداث نیروگاه در این شهرستان با استفاده از نرم‌افزار رت اسکرین پرداختند. نتایج نشان داد یک نیروگاه یک مگاواتی با نرخ بازدهی داخلی 1/28 درصد و دوره بازگشت سرمایه 3/4 سال دارای توجیه اقتصادی است و برای تأمین کل برق شهرستان بروجرد به 257 نیروگاه مشابه نیاز است. در این مطالعه پیشنهاد شده است دولت و وزارت نیرو با اعطای اعتبارات و تسهیلات در حمایت از نیروگاه‌های برق خورشیدی انجام دهد.

ابونوری و قلی‌زاده [19] در مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی اقتصادی برق خورشیدی (فتوولتائیک) بر اساس فضای موجود در ساختمان در اقلیم‌های مختلف آب و هوایی ایران به طراحی و ارزیابی اقتصادی نیروگاه‌های خانگی برق خورشیدی در سه اقلیم آب و هوایی تبریز، ساری و سمنان با استفاده از نرم‌افزار کامفار پرداختند. نتایج نشان داد سمنان بیشترین بازده اقتصادی و ساری کم بازده‌ترین است. در تحلیل حساسیت نیز برای افزایش نرخ بازده داخلی، اثر کاهش هزینه‌های ثابت نسبت به افزایش قیمت فروش برق فتوولتائیک محسوس‌تر است. در نتیجه گسترش تولید برق خورشیدی نیازمند حمایت گسترده دارد.

زاهدی و همکاران [20] ارزیابی اقتصادی برای بهره‌گیری از نیروگاه فتوولتائیک در کارخانه کویر تابر شهر بیرجند را بررسی کردند. در این مطالعه یک نیروگاه 10 مگاواتی توسط نرم‌افزار رت اسکرین طراحی شد. نتایج نشان داد ریسک زمان بازگشت سرمایه طرح برابر با 3/7 سال و زمان بازگشت آورده سرمایه‌گذار 4/8 سال و میزان ریسک پروژه 10 درصد است. همچنین تراز مثبت ارزش فعلی پروژه مثبت بوده و پروژه از نظر مالی کاملاً توجیه‌پذیر است.

### 3- روش اجرای پژوهش

در این مطالعه از روش تحلیلی توصیفی و ارزیابی استفاده شده است. جامعه آماری در این تحقیق شامل چهار شهرک کشاورزی در شمال استان خوزستان که دارای پتانسیل بالا برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر هستند. اطلاعات و آمار دقیق مقدار برق مصرفی این شهرک‌ها از جهاد کشاورزی استان خوزستان استخراج شده است. برای برآورد هزینه زیر بخش‌ها از داده‌های سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر (ساتبا)، آخرین تعرفه‌های برق‌رسانی به بخش کشاورزی استان خوزستان از وزارت نیرو، شرکت‌های طراحی و ساخت نیروگاه‌های خورشیدی، شرکت‌های فروش تجهیزات نیروگاه خورشیدی و همچنین بانک‌های اطلاعاتی مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر و گفتگو با کارشناسان استفاده شده است. کلیه هزینه‌های ساخت نیروگاه خورشیدی و برق‌رسانی از شبکه سراسری برای مصارف برق این چهار شهرک کشاورزی

هزینه انرژی (COE) حدود 0.209 دلار / کیلووات ساعت آمریکا است. این سیستم ترکیبی آنالیز شده برای شرایط مشابه هواشناسی و محیطی قابل استفاده خواهد بود. علاوه بر این، هزینه بالای سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر باعث عدم اجرای آن در بسیاری از کشورها شده است. از این‌رو، برای کاهش هزینه و انرژی اضافی تولیدشده و همچنین به حداکثر رساندن منافع موجود، انتخاب اندازه مناسب سیستم بسیار حیاتی است. سیستم انرژی تجدیدپذیر ترکیبی خورشیدی-بادی-دیزلی از نظر قابلیت اطمینان و مقرون به صرفه بودن در مقایسه با سایر منابع انرژی سنتی، عملی‌ترین و سازگارترین با محیط‌زیست است.

اوکونکو و همکاران [13] در مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی اقتصادی سیستم‌های الکتریکی هیبرید خورشیدی برای برق‌رسانی روستایی در نیجریه پرداختند. در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار هومر طراحی و ارزیابی اقتصادی برای سیستم‌های مختلف انجام شد. نتایج نشان داد سیستم‌هایی بر اساس انرژی خورشیدی علاوه بر تولید انرژی بالاتر هزینه سرمایه‌ای و هزینه جایگزینی پایین‌تری نسبت به سیستم‌های متصل به شبکه دارند. در نتیجه سیستم‌های خورشیدی گزینه اقتصادی‌تر و بهتری برای تقاضای برق روستایی هستند.

تهامی پورزند و پیرعباسی [14] به ارزیابی مالی و اقتصادی استفاده از برق فتوولتائیک برای تأمین برق کشتی‌های تجاری در ایران با استفاده از تکنیک هزینه فایده پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد از دیدگاه بخش خصوصی برای هر درصد هزینه 26 صدم درصد سود به دست خواهد آمد و دوره بازگشت 18 سال است. بنابراین جایگزینی برق خورشیدی مقرون به صرفه نیست. نتایج نسبت هزینه - فایده اجتماعی نشان داد این تکنولوژی از نظر اقتصادی با توجه به کاهش آلودگی مفید است. علاوه بر این نتایج تحلیل حساسیت نشان داد اگر نرخ تنزیل کمتر از پنج درصد باشد یا متوسط قیمت سالانه سوخت‌های فسیلی 40 درصد افزایش یابد، این پروژه از دیدگاه بخش خصوصی هم مقرون به صرفه خواهد بود.

فرانکو و همکاران [15] در مطالعه‌ای به بررسی اقتصادی و محیط زیستی کاربرد انرژی خورشیدی فتوولتائیک در فرایندهای صنعتی در کشور برزیل پرداختند. در این مطالعه صنعت انتخاب شده برای نصب سیستم فتوولتائیک محوطه پارکینگ با ابعاد 187653 مترمربع است. بر اساس محاسبات اقتصادی ارزش فعلی خالص مثبت، نرخ بازگشت داخلی سرمایه 14/52٪ برای هر سال و زمان بازگشت سرمایه 132 ماه بود. همچنین میزان دی‌اکسید کربن انتشار نیافته در اتمسفر به اندازه کاشت 25381 درخت است. پپراه و همکاران [16] در مطالعه‌ای به ارزیابی اقتصادی تولید برق خورشیدی در غنا پرداختند. نتایج نشان داد چندین عامل تکنولوژیک شامل میزان انرژی خورشیدی قابل استحصال از سیستم PV، نسبت خود مصرفی و کارایی کلی سیستم بر تصمیم‌گیری در مورد استفاده از برق خورشیدی در پشت بام مؤثر هستند. از دیدگاه سرمایه‌گذار مهم‌ترین مسئله توجیه اقتصادی است. مهم‌ترین شاخص‌های اقتصادی برای تصمیم‌گیری در مورد کاربرد انرژی خورشیدی خالص ارزش فعلی، بازگشت نرخ بهره، شاخص سودآوری و نرخ تنزیل. همچنین نتایج نشان دادند بهترین گزینه برای سرمایه‌گذاری در بخش مسکونی و تجاری فروشندگان با شبکه یکپارچه و بدون ذخیره‌سازی است.

اقتصادی انتخاب و اجرا می‌شوند، تاکنون نرخ یا نرخ‌های تنزیل خاصی از جانب هیچ موسسه یا سازمانی برای ارزیابی طرح‌ها اعلام نشده است [22]. نرخ تورم و بهره به خصوص در سال‌های اخیر با نوسانات زیادی روبه‌رو شده است. در تحقیق حاضر به علت عدم وجود یک نرخ تنزیل واحد در ارزیابی پروژه‌ها تصمیم گرفته شد که پروژه‌های مذکور با تورم 18 درصد و نرخ بهره 24 درصد که میانگین تورم و بهره سال‌های گذشته است محاسبه شوند. در این تحقیق به‌طور نمونه میزان مصرف انرژی چهار شهرک کشاورزی در استان خوزستان بررسی می‌شوند. اطلاعات کامل این چهار شهرک کشاورزی در جدول 1 قرار گرفته است.

جدول 1 اطلاعات چهار شهرک کشاورزی استان خوزستان

نام شهرک کشاورزی	مساحت (هکتار)	فاصله از شهر (کیلومتر)	مصرف برق (کیلووات) بر ساعت	محصولات تولید (تن)	میزان
نو ترکی ایده	16/88	20	20	گلخانه‌ای	2440
پشمینه زار اندیشک	31/03	20	30	گلخانه‌ای	8000
زغن شوش شیلاتی	55	30	110	گلخانه‌ای	9800
شهدای اندیشک	3/03	14	30	ماهی سردابی	2500

منبع: جهاد کشاورزی استان خوزستان

### 3-1- محاسبه اقتصادی هزینه گسترش شبکه برق به چهار شهرک کشاورزی در استان خوزستان

اثر گسترش شبکه توزیع برق و سطوح مصرف در مناطق مختلف بر روی هزینه برق‌رسانی شهرک‌ها بسته به موقعیت و شرایط شهرک‌ها متفاوت است. بر این اساس نرخ تمام شده تولید و انتقال هر کیلووات ساعت و قیمت تمام شده نصب و راه‌اندازی هر کیلومتر شبکه انتقال و توزیع برق به مصارف کشاورزی (نرخ محاسبه مصارف کشاورزی با مصارف صنعتی و خانگی متفاوت است) از شبکه سراسری، از طرف وزارت نیرو نیز به شرح جدول 2 گزارش شده است:

جدول 2 هزینه‌های برق‌رسانی بخش کشاورزی

بهای انرژی (ریال/kwh) مصارف کشاورزی	1222 ریال
هزینه انتقال و توزیع هر کیلومتر مسافت از شبکه سراسری تا شهرک‌ها	340,000,00 ریال
در مناطق با شرایط	

مربوط به سال 1400 هجری شمسی است. میانگین نرخ تورم و بهره سال‌های گذشته مبنای محاسبات اقتصادی در نظر گرفته شده است. سپس هزینه‌ها بر مبنای مصرف برق خورشیدی و برق شبکه ارزیابی و در انتها نیز به مقایسه اقتصادی استفاده از این دو طرح در بخش کشاورزی پرداخته شده است.

بر اساس این روش قیمت تولید یک کیلووات ساعت برق از طریق گسترش شبکه برق و انرژی خورشیدی محاسبه می‌شود. برای این کار ابتدا کلیه هزینه‌های سیستم برآورد شده و هزینه‌های سرمایه‌ای و هزینه‌های جاری (شامل هزینه‌های نگهداری، عملیاتی و بهره‌برداری) تفکیک می‌شوند. نرخ بهره واقعی نیز بر اساس نرخ بهره و نرخ تورم با استفاده از فرمول (1) محاسبه می‌شود [21]. سپس ارزش فعلی هزینه‌های جاری در طول عمر اقتصادی پروژه با استفاده از فرمول (2) محاسبه شده و با هزینه‌های سرمایه‌ای پروژه جمع می‌شود. در انتها نیز با استفاده از فرمول (3) کل هزینه‌ها را سالیانه کرده و از فرمول (4) هزینه یک کیلووات ساعت برق تولیدی با استفاده از روش هزینه یکنواخت سالیانه محاسبه می‌شود.

$$i_r = \frac{i - f}{1 + f} \quad (1)$$

$$P = A \frac{(1 + i_r)^n - 1}{i_r(1 + i_r)^n} \quad (2)$$

$$EUAC = P \frac{i_r(1 + i_r)^n}{(1 + i_r)^n - 1} \quad (3)$$

$$C(U) = \frac{EUAC}{E} \quad (4)$$

$i$ : نرخ بهره؛  $f$ : نرخ تورم؛  $i_r$ : نرخ بهره واقعی؛  $C_1$ : هزینه‌های سرمایه‌گذاری؛  $A$  یا  $C(O\&M)$ : هزینه‌های جاری؛  $P$  یا  $PV[C(O\&M)]$ : ارزش فعلی هزینه‌های پروژه؛  $EUAC$ : هزینه یکنواخت سالیانه؛  $C(U)$ : هزینه تولید هر کیلووات ساعت؛  $n$ : طول عمر پروژه؛  $E$ : کیلووات ساعت برق تولیدی سالانه.

فرمول (5) عامل بازبافت سرمایه، سرمایه  $P$  را با توجه به نرخ بهره  $i$  در مدت  $n$  دوره به پرداخت‌های مساوی یکنواخت توزیع می‌کند.

$$\frac{A}{P} = \frac{i_r(1 + i_r)^n}{(1 + i_r)^n - 1} \quad (5)$$

فرمول (6) ارزش فعلی سری یکنواخت (مقدار ارزش فعلی یک سری یکنواخت درآمد یا هزینه مساوی  $A$ ) که در پایان هر دوره اتفاق می‌افتد را با نرخ بهره  $i$  تعیین می‌کند.

$$\frac{P}{A} = \frac{(1 + i_r)^n - 1}{i_r(1 + i_r)^n} \quad (6)$$

در کشورهای درحال توسعه تعیین یک نرخ تنزیل بسیار مشکل است. در این کشورها به دلیل تثبیت نرخ‌های بهره از یک سو و ناکارایی بازارهای سرمایه از سوی دیگر، نرخ بهره بانکی ضرورتاً هزینه فرصت سرمایه را نشان نمی‌دهد [22]. در اغلب کشورهای در حال توسعه در ارزیابی طرح‌ها فرض می‌شود که نرخ تنزیل بین 8 تا 15 درصد برحسب واحدهای حقیقی است [23]. در ایران با توجه به اینکه اکثر طرح‌ها بدون انجام ارزیابی دقیق

حال کل هزینه‌های سرمایه‌ای پروژه (هزینه یکنواخت شده) از مجموع  $c11$  و  $c2$  و  $c3$  محاسبه می‌شود:

$$C1 = 165,563,833 + 2,380,000,000 + 168,370,000 \quad (13)$$

$$= 2,713,933,833 \text{ ریال}$$

هزینه‌های پرسنلی، تعمیر و نگهداری سالانه شبکه معادل 5 درصد هزینه‌های سرمایه‌ای برآورد می‌شود:

$$C(O\&M) = 5\% \times 2,713,933,833 = 135,696,691 \text{ ریال} \quad (14)$$

روش‌های گوناگونی برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی صنایع وجود دارد که بر اساس آن‌ها می‌توان هزینه‌های غیرمستقیم آلودگی و تخریب طبیعت را محاسبه کرد. به علت محدودیت اطلاعات در انجام بررسی‌های دقیق به پیشنهاد بانک جهانی، معادل 15 درصد هزینه‌های جاری به‌عنوان هزینه غیرمستقیم آلودگی محیط‌زیست در نظر گرفته می‌شود [24]. بنابراین مجموع هزینه‌های جاری تأمین برق شهرک‌های مذکور از شبکه با احتساب هزینه‌های زیست محیطی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$C(ENV.) = 135,696,691 + 15\%(135,696,691) \quad (15)$$

$$= 156,051,195 \text{ ریال}$$

حال با استفاده از فرمول (6) ارزش فعلی مجموع هزینه‌های جاری در طول مدت پروژه محاسبه می‌شود:

$$C2 = 156,051,195 \times 373/12 = 1,930,844,271 \text{ ریال} \quad (16)$$

لازم به ذکر است هزینه‌های جاری هر ساله و طی عمر پروژه انجام می‌گیرند و ارزش فعلی آن‌ها به‌منظور مقایسه محاسبه می‌شود تا بررسی شود جریان هزینه 20 ساله، در زمان حال چقدر ارزش دارد. ارزش فعلی کل هزینه‌های سرمایه‌ای و جاری تأمین برق شهرک مذکور برابر است با:

$$P = C1 + C2 = 2,713,933,833 + 1,930,844,271 \quad (17)$$

$$= 4,644,778,105 \text{ ریال}$$

در اینجا P ارزش حال کل هزینه‌های سرمایه‌ای و جاری در طول عمر پروژه است. محاسبه هزینه سالیانه با استفاده از فرمول (3) به‌صورت زیر است:

$$EUAC = 4,644,778,105 \times 0.0808/0 = 375,391,835 \text{ ریال} \quad (18)$$

EUAC نشان می‌دهد در طی 20 سال عمر پروژه باید هر سال معادل مبلغ 375,391,835 ریال سرمایه‌گذاری انجام شود.

حال با استفاده از فرمول (4) هزینه واحد انرژی استخراج می‌شود:

$$C(U) = \frac{EUAC}{E} = \frac{375,391,835}{10950} = 34,282 \text{ ریال} \quad (19)$$

نتایج محاسبه هزینه گسترش شبکه برق برای چهار شهرک کشاورزی با سطوح مختلف مصرف و با فواصل متفاوت به‌منظور مقایسه بهتر، در جدول 3

متعارف

هزینه عمومی برقراری انشعاب برق در بخش کشاورزی  
استان خوزستان

168,370,000 ریال

منبع: وزارت نیرو، شرکت توانیر ([www.amar.tavanir.org.ir](http://www.amar.tavanir.org.ir))

بر اساس استانداردهای کاربردی وزارت نیرو، با احتساب 20 سال عمر مفید برای شبکه و در نظر گرفتن شهرک نمونه‌ای (شهرک شیلاتی شهدای اندیمشک) با مصرف 30 کیلووات ساعت در شبانه‌روز که در فاصله 7 کیلومتری شبکه سراسری قرار دارد (به دلیل نبود اطلاعات دقیق از فاصله شهرک تا شبکه سراسری برق، نصف فاصله شهرک تا شهر اندیمشک به‌عنوان فاصله تا شبکه سراسری در نظر گرفته شده است) و با توجه به هزینه‌های برق‌رسانی بخش کشاورزی مطابق جدول (2) در شرایط متعارف و با نرخ تورم 18 درصد و بهره 24 درصد، هزینه‌های برق‌رسانی به شهرک شیلاتی شهدای اندیمشک به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

هزینه مصرف برق از شبکه سراسری در مدت یک سال شمسی از رابطه (7) بدست می‌آید:

$$C1 = 1222 \times 30 \times 365 = 13,380,900 \text{ ریال} \quad (7)$$

هزینه انتقال و توزیع هر کیلومتر مسافت از شبکه سراسری تا روستا از رابطه (8) به دست می‌آید:

$$C2 = 7 \times 3400,000,00 = 2,380,000,000 \text{ ریال} \quad (8)$$

هزینه نصب ایستگاه هوایی و ترانسفورماتور از رابطه (9) به دست می‌آید:

$$C3 = 168,370,000 \text{ ریال} \quad (9)$$

جمع سه هزینه  $c1$  و  $c2$  و  $c3$  به‌عنوان هزینه‌های سرمایه‌ای لحاظ می‌شود، البته باید گفت که  $c2$  و  $c3$  در ابتدای کار هزینه می‌شوند اما  $c1$  یعنی هزینه مصرف برق در طول مدت زمان بهره‌برداری پروژه هزینه می‌شود. بنابراین باید ارزش فعلی این جریان هزینه‌ای محاسبه شود.

برای این منظور ابتدا با استفاده از فرمول (1) نرخ بهره واقعی محاسبه می‌شود:

$$i_r = \frac{i-f}{1+f} = 0/0508 \quad (10)$$

سپس ضریب تبدیل هزینه‌ها به ارزش فعلی محاسبه می‌شود:

$$\frac{P}{A} = \frac{(1+i_r)^n - 1}{i_r(1+i_r)^n} = 12/373 \quad (11)$$

در انتها نیز ارزش فعلی هزینه تولید و انتقال برق سراسری به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$C11 = 13380900 \times 373/12 = 165563833 \text{ ریال} \quad (12)$$

درصد ارزش فعلی هزینه های جاری با استفاده از فرمول (2) برابر خواهد شد با:

$$PV[C(O\&M)] = 135,000,000 \times 373/12 = 1,670,374,751 \text{ ریال} \quad (21)$$

بنابراین مجموع ارزش فعلی کل هزینه ها برابر خواهد شد با:

$$P = 4,500,000,000 + 1,670,374,751 = 6,170,374,751 \text{ ریال} \quad (22)$$

حال با استفاده از فرمول 3 ارزش فعلی کل هزینه ها را سالیانه می کنیم:

$$EUAC = 6,170,374,751 \times 0.0808/0 = 498,690,842 \text{ ریال} \quad (23)$$

با استفاده از فرمول (4) هزینه واحد انرژی (یک کیلووات) برق تولیدی از سیستم فتوولتائیک برای شهرک نوترکی ایذه به دست می آید:

$$C(U) = \frac{498,690,842}{7300} = 68313 \text{ ریال} \quad (24)$$

در جدول 4 نتایج محاسبات هزینه هر واحد انرژی سیستم فتوولتائیک برای چهار شهرک کشاورزی به صورت خلاصه نشان داده شده است.

جدول 4 هزینه هر واحد انرژی سیستم فتوولتائیک c(u)		
C(u)	هزینه کلی نیروگاه (ریال)	نام شهرک
68313	4,500,000,000	نوترکی ایذه
66795	7,200,000,000	پشمینه زار اندیمشک
66795	7,200,000,000	شهدای اندیمشک
56169	20,350,000,000	زغن شوش

منبع: یافته های تحقیق

### 3-3- تحلیل نموداری قیمت های استخراجی گسترش شبکه برق و فتوولتائیک

هزینه هر واحد انرژی در یک شهرک بستگی به کل مصرف شهرک دارد. در مورد سیستم فتوولتائیک عامل دیگر، میزان تابش خورشیدی است. همچنین تکنولوژی هرچه بیشتر (راندمان دستگاه و قطعات مربوط به سیستم) موجب کمتر شدن هزینه ها خواهد شد.

در مورد گسترش شبکه برق به شهرک ها، هزینه هر واحد انرژی بستگی زیادی به فاصله شهرک ها تا نزدیک ترین خط انتقال یا پست دارد، هرچه فاصله بیشتر باشد هزینه واحد انرژی افزایش خواهد یافت. پارامتر مهم دیگر مصرف شهرک ها می باشد، هرچه مصرف انرژی شهرک ها بیشتر باشد هزینه

ارائه شده است. هزینه های علامت گذاری شده در جدول، مبنای مقایسه هزینه های برق شبکه و برق خورشیدی است.

جدول 3 هزینه گسترش شبکه برق در شهرک های مورد بررسی (ریال بر کیلووات ساعت)

فاصله از شبکه	سطوح مصرف برق 4 شهرک کشاورزی (کیلووات ساعت)			
	نوترکی ایذه	شهدای اندیمشک	پشمینه زار	زغن شوش
5 کیلومتری	37493	25692	25692	8528
7 کیلومتری	50377	34282	34282	10870
10 کیلومتری	69704	47166	47166	14384
15 کیلومتری	101916	68641	68641	20241
20 کیلومتری	134127	90115	90115	26098

منبع: یافته های تحقیق

### 3-2- محاسبه اقتصادی سیستم فتوولتائیک

به کارگیری سیستم های فتوولتائیک جهت تولید برق در کشور به ویژه در مناطق دورافتاده و شهرک ها کشاورزی خارج از شهر، مستلزم آن است که این سیستم ها از نظر اقتصادی و فنی مورد بررسی قرار گیرند. همان طور که می دانیم هزینه احداث نیروگاه خورشیدی در ظرفیت های مختلف، متفاوت است و طبیعتاً هزینه ساخت نیروگاه خورشیدی با ظرفیت 20 کیلووات از نیروگاهی با ظرفیت 5 کیلووات متفاوت و بیشتر خواهد بود. در ادامه هزینه ساخت نیروگاه خورشیدی برای چهار شهرک کشاورزی با ظرفیت های متفاوت به کمک مهندسان شرکت ها تولید و نصب سیستم های خورشیدی بررسی می شوند.

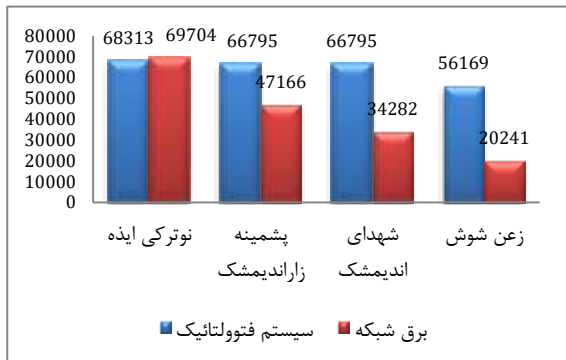
هزینه های یک نیروگاه خورشیدی به دو دسته اصلی قابل تقسیم هستند. اول هزینه خرید تجهیزات مانند پنل خورشیدی، استراکچر، کابل، اینورتر، باتری. دوم هزینه های نصب و اتصال و نگهداری. بیشترین میزان هزینه برای ساخت یک نیروگاه خورشیدی مربوط به خرید تجهیزات است و به ترتیب بعد از آن هزینه های نصب و راه اندازی و هزینه های نگهداری و تعمیرات است. هزینه خرید تجهیزات نیروگاه خورشیدی با توجه به کیفیت نوع برند می تواند پایین یا بالاتر باشد. عمر دستگاه ها حدود 25 سال است.

در این قسمت پس از بررسی فراوان و گفتگو با کارشناسان شرکت های طراحی و نصب نیروگاه های خورشیدی برای چهار شهرک کشاورزی در استان خوزستان با میانگین تابش 5/13 تا 5/41 کیلووات ساعت در مترمربع، هزینه کلی نیروگاه خورشیدی آفگرید برای شهرک نوترکی ایذه که روزانه حدود 20 کیلووات مصرف برق دارد، 4,500,000,000 ریال برآورد شده است. بر اساس اظهار نظر کارشناسان شرکت های نصب کننده سیستم فتوولتائیک، 3 درصد هزینه های سرمایه ای به عنوان هزینه های عملیاتی و جاری سالانه یک سیستم فتوولتائیک برآورد می شود:

$$C(O\&M) = 3\% \times 4,500,000,000 = 135,000,000 \text{ ریال} \quad (20)$$

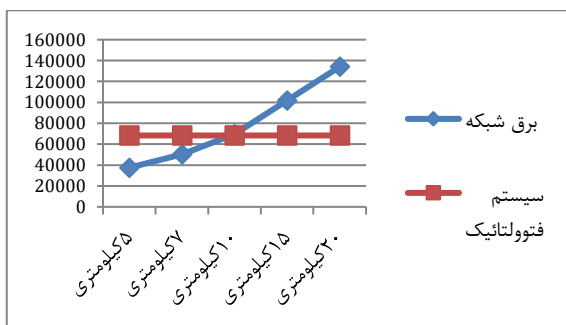
با در نظر گرفتن 20 سال عمر مفید برای پروژه و در نظر گرفتن شهرک نمونه با مصرف 20 کیلووات ساعت و نرخ بهره 24 درصد و نرخ تورم 18

مفهوم نیست که هرچه بیشتر مصرف شود (اسراف و تلف کردن رخ دهد) توجه پذیری بیشتر می‌شود، بلکه هرچه استفاده‌کنندگان بیشتری، از برق استفاده نمایند موجب سرشکن شدن هزینه‌ها شده و درواقع منفعت اجتماعی آن بیشتر شده و رفاه ناشی از آن برای افراد بیشتری افزایش می‌یابد.



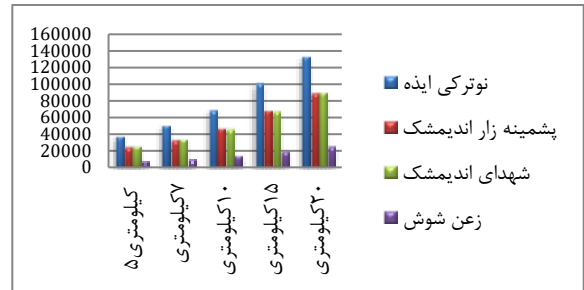
نمودار 3 مقایسه هزینه هر واحد انرژی برق شبکه و سیستم فتوالتائیک

در نمودار (3) قیمت هر واحد انرژی برق شبکه و سیستم فتوالتائیک برای چهار شهرک مورد بررسی، باهم مقایسه شدند. همان‌گونه که در نمودار مشخص است هزینه هر واحد انرژی سیستم فتوالتائیک برای شهرک نوترکی ایده کمتر از هزینه هر واحد انرژی برق شبکه است. اما برای شهرک‌های پشمینه زار و شهدای اندیمشک همچنین زعن شوش هزینه هر واحد انرژی سیستم فتوالتائیک با اختلاف زیاد بیشتر از هزینه هر واحد انرژی برق شبکه است. ملاحظه می‌شود که هرچه ظرفیت مصرف برق شهرک موردنظر بیشتر باشد این اختلاف قیمت هم بیشتر می‌شود. در این نمودار مبنای اصلی مقایسه برق شبکه با سیستم خورشیدی نصف فاصله شهرک‌ها تا شهر است. همان‌طور که قبلاً توضیح داده شد به علت نبود اطلاع دقیق از فاصله شهرک‌ها تا اولین خط انتقال با پست، نصف فاصله شهرک تا شهر به‌عنوان مبنای اصلی محاسبات و مقایسه در نمودار (3) در نظر گرفته شده است. به دلیل مقایسه و ارزیابی بهتر در نمودارهای زیر هزینه برق‌رسانی در فواصل 5 تا 20 کیلومتری (مورد 5) با هزینه هر واحد انرژی سیستم فتوالتائیک نیروگاه 20، 30 و 110 کیلوواتی مقایسه شده است.

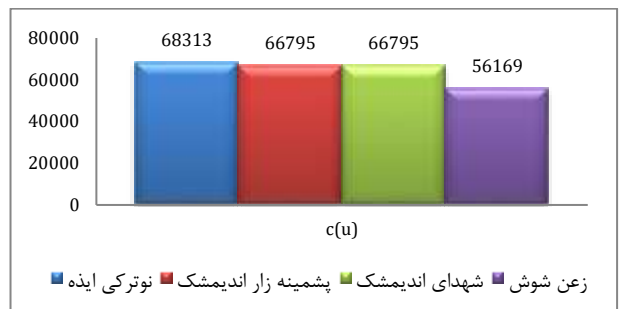


نمودار 4 مقایسه  $c(u)$  سیستم فتوالتائیک و برق شبکه در فواصل مختلف برای مصارف 20 کیلوواتی

واحد انرژی گسترش شبکه برق کاهش می‌یابد. به منظور مقایسه نتایج حاصل از برآورد هزینه کیلووات برق تولیدی از طریق گسترش شبکه سراسری و سیستم فتوالتائیک برای شهرک‌های کشاورزی استان خوزستان، هزینه کیلووات برق تولیدی از سیستم فتوالتائیک و هزینه کیلووات برق تولیدی از گسترش شبکه برای فواصل 5 تا 20 کیلومتر، در نمودارهای زیر رسم شده است:



نمودار 1 هزینه گسترش شبکه برق در شهرک‌های مورد بررسی برحسب فاصله کیلومتری



نمودار 2 هزینه سیستم فتوالتائیک در شهرک‌های مورد بررسی برحسب توان تولیدی نیروگاه

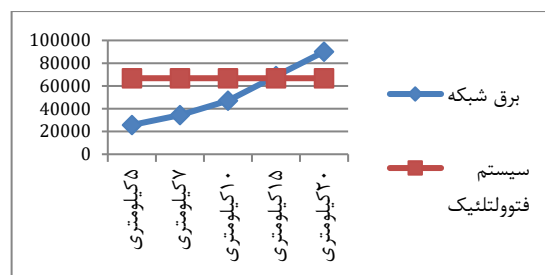
دلیل نمایش نمودارها به این صورت این است که هم روند افزایش قیمت را هنگامی که فاصله از شبکه بیشتر شده بررسی کرده و هم روند کاهش قیمت را زمانی که ظرفیت انتقالی (کیلووات) برای شهرک‌ها یا بخش کشاورزی بیشتر می‌شود، مورد بررسی و تحلیل قرار داده شود. ذکر این نکته بسیار ضروری است که شهرک‌های نمونه با مصرف و فاصله مشخص از شبکه مبنای محاسبات می‌باشند که در بالا ذکر شد. اما به دلیل مقایسه و ارزیابی بهتر با سیستم فتوالتائیک انرژی خورشیدی فواصل 5 تا 20 کیلومتری علاوه بر فاصله مشخص شهرک‌ها مورد محاسبه قرار گرفته است.

در نمودار 1 همان‌طور که مشاهده می‌شود در فاصله 5 کیلومتری شبکه قیمت‌ها بسیار پائین‌تر از فواصل دور می‌باشد. درواقع هرچه فاصله شبکه برق از شهرک‌ها بیشتر باشد قیمت‌ها به شکل فزاینده‌ای افزایش خواهد یافت که این به خاطر هزینه انتقال و تجهیزات موردنیاز برای انتقال می‌باشد. در نمودار (2) مشاهده می‌شود که هرچه ظرفیت برق مورد استفاده در شهرک‌ها یا بخش کشاورزی موردنظر بیشتر می‌شود، هزینه برق‌رسانی از طریق سیستم فتوالتائیک نیز کاهش می‌یابد. درواقع هرچه شهرک بزرگ‌تر باشد و مصرف برق بیشتر باشد هزینه برق‌رسانی نیز پائین تر خواهد بود. این رابطه معکوس به دلیل سرشکن شدن بیشتر هزینه‌های برق‌رسانی می‌باشد. البته این بدان

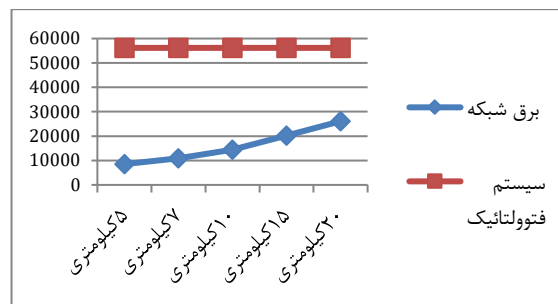
اگر در فاصله بیشتر از 15 کیلومتر با اولین خط انتقال باشند، در آن صورت استفاده از برق خورشیدی در این دو شهرک به صرفه خواهد بود. اما در شهرک زعن شوش با مصرف 110 کیلووات برق استفاده از نیروگاه خورشیدی صرفه اقتصادی ندارد. هزینه‌ها در شهرک زعن شوش با وجود مصرف برق بیشتر نسبت به بقیه شهرک‌ها کمتر شده است. همان‌طور که قبلاً اشاره شد این اتفاق به دلیل سرشکن شدن هزینه‌ها رخ داده است. علاوه بر نرخ بالای تورم و بهره که هزینه استفاده از نیروگاه خورشیدی را بسیار زیاد می‌کند، فاصله شهرک‌ها تا شبکه سراسری برق دومین علت رد فرضیه برای شهرک‌های پشمینه زار، شهدای اندیمشک و زعن شوش است. در واقع هر چه فاصله شهرک از شبکه سراسری برق بیشتر باشد هزینه انتقال برق بیشتر می‌شود و استفاده از نیروگاه خورشیدی به صرفه‌تر خواهد بود. در واقع پایین بودن تعرفه برق کشاورزی نسبت به هزینه‌های برق خورشیدی در نیروگاه‌های منفصل از شبکه، علت اصلی مقرون به صرفه نبودن این نوع از نیروگاه‌ها است. استان خوزستان پتانسیل خوبی در استفاده از برق خورشیدی دارد. از آنجا که عمده شغل مردم در این استان از شاخه‌های مختلف کشاورزی اعم از ماهیگیری و پرورش دام است می‌توان از شرایط اقلیمی منطقه و امکانات موجود، اقتصادی‌ترین روش جهت برق‌رسانی به این بخش‌ها را انتخاب نمود. با توجه به پایین بودن تعرفه‌های برق در کشور ایران نسبت به سایر کشورهای توسعه‌یافته و از طرفی بالا بودن هزینه اولیه انرژی خورشیدی به‌ویژه نیروگاه‌های منفصل از شبکه، استفاده از ابزارهای اقتصادی مثل اعطای وام کم‌بهره و بلندمدت، سیاست‌های تشویقی و حتی یارانه‌های دولتی برای گسترش استفاده از انرژی خورشیدی ضروری است. کاربرد وسیع انرژی خورشیدی به‌خصوص در مناطق روستایی و بخش کشاورزی علاوه بر رفع نیاز برق این مناطق موجب نزدیک شدن سرانه مصرف برق کشور به استانداردهای جهانی خواهد شد.

#### 5- منابع

- [1] S. O. Oyedepo, On energy for sustainable development in Nigeria, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, No. 5, pp. 2583-2598, 2012, doi: 10.1016/j.rser.2012.02.010.
- [2] O. M. Babatunde, I. H. Denwigwe, O. S. Adedjoja, D. E. Babatunde, and S. L. Gbadamosi, Harnessing Renewable Energy for Sustainable Agricultural Applications, *International Journal of Energy Economics and Policy*, Vol. 9, No. 5, pp. 308-315, 2019, doi: 10.32479/ijeeep.7775.
- [3] S. O. Oyedepo, Energy in perspective of sustainable development in Nigeria, *Sustainable Energy*, Vol. 1, No. 2, pp. 14-25, 2013, doi: 10.12691/rse-1-2-2.
- [4] M. Giampietro and S. Ulgiati, Integrated Assessment of Large-Scale Biofuel Production, *Critical Reviews in Plant Sciences*, Vol. 24, No. 5-6, pp. 365-384, 2005, doi: 10.1080/07352680500316300.
- [5] T. B. Johansson, A. P. Patwardhan, N. Nakićenović, and L. Gomez-Echeverri, *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future*. Cambridge University Press, 2012.
- [6] V. Shinde and S. Wandre, Solar photovoltaic water pumping system for irrigation: A review, *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 10, No. 22, pp. 2267-2273, 2015, doi: 10.5897/AJAR2015.9879.



نمودار 5 مقایسه c(u) سیستم فتوولتائیک و برق شبکه در فواصل مختلف برای مصارف 30 کیلوواتی



نمودار 6 مقایسه c(u) سیستم فتوولتائیک و برق شبکه در فواصل مختلف برای مصارف 110 کیلوواتی

در نمودار (4) ملاحظه می‌شود برای مصارف 20 کیلوواتی، اگر فاصله بخش کشاورزی موردنظر تا اولین خط انتقال برق بیشتر از 10 کیلومتر باشد، هزینه هر واحد انرژی سیستم فتوولتائیک کمتر از هزینه هر واحد برق شبکه است و در فواصل کمتر از 10 کیلومتر نتیجه معکوس است. در نمودار (5) که برای مصارف 30 کیلوواتی رسم شده است، ملاحظه می‌شود در فواصل 15 کیلومتری به بعد هزینه هر واحد انرژی سیستم فتوولتائیک کمتر شده است. در نمودار (6) که مختص مصارف 110 کیلوواتی است، در همه فواصل 5 تا 20 کیلومتری هزینه هر واحد انرژی سیستم فتوولتائیک بسیار بیشتر از هزینه هر واحد برق شبکه است.

#### 4- نتیجه‌گیری و بحث

با توجه به لزوم به‌کارگیری استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر در بخش‌های مختلف اقتصادی، در این تحقیق به ارزیابی استفاده از انرژی خورشیدی در بخش کشاورزی به‌عنوان یکی از زیر بخش‌های مهم در اقتصاد ایران پرداخته شده است. نتایج نشان داد استفاده از انرژی خورشیدی برای شهرک نوترکی ایده صرفه اقتصادی دارد. در واقع استفاده از سیستم فتوولتائیک به‌جای گسترش شبکه برق در فواصل 10 کیلومتری به بعد صرفه اقتصادی دارد. برای شهرک پشمینه زار استفاده از نیروگاه خورشیدی در این شهرک صرفه اقتصادی ندارد. در این شهرک در فواصل 15 کیلومتر به بعد استفاده از سیستم فتوولتائیک صرفه اقتصادی دارد. در شهرک شهدای اندیمشک با مصرف 30 کیلووات و فاصله‌ای 7 کیلومتری از شبکه برق، استفاده از سیستم فتوولتائیک صرفه اقتصادی ندارد. در این شهرک در فواصل بیشتر از 15 کیلومتر هزینه هر واحد برق خورشیدی کمتر از هر واحد برق شبکه است. در واقع دو شهرک شهدای اندیمشک و پشمینه زار با مصرف 30 کیلووات برق،

- [24] R. Yazdani Rad, A. Kocheri, and H. Azizi, "Photovoltaic energy systems and their economic competitiveness," presented at the 2nd National Energy Congress, Tehran, Iran, 1999, April 21. [Online]. Available: <https://civilica.com/doc/20066>. (in Persian)
- [7] D. Griggs *et al.*, Sustainable development goals for people and planet, *Nature*, Vol. 495, No. 7441, pp. 305-307, 2013, doi: 10.1038/495305a.
- [8] B. D. McPherson, "Urban agriculture: Design principles for enhancing sustainability," Master, University of Guelph, 2011. [Online]. Available: <https://atrium.lib.uoguelph.ca/server/api/core/bitstreams/fa07c088-5f1d-4fb0-ba45-c5b0fe085f4e/content>
- [9] D. Dvoskin, Economic realities of utilizing renewable energy in agriculture, *Energy in Agriculture*, Vol. 6, No. 4, pp. 283-293, 1988, doi: 10.1016/0167-5826(88)90002-2.
- [10] S. Maleki, M. A. Firuzi, and A. Ahmadi, The role of solar energy in sustainable development in Khuzestan province, Iran, *Journal of Management Science and Technology*, Vol. 1, No. 6, pp. 1-6, 2012. (in Persian)
- [11] D. Li, "Using GIS and remote sensing techniques for solar panel installation site selection," MSc, University of Waterloo, 2013. [Online]. Available: <https://uwspace.uwaterloo.ca/handle/10012/7960>
- [12] S. K. A. Shezan, N. Das, and H. Mahmudul, Techno-economic Analysis of a Smart-grid Hybrid Renewable Energy System for Brisbane of Australia, *Energy Procedia*, Vol. 110, pp. 340-345, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.150.
- [13] P. C. Okonkwo *et al.*, Economic evaluation of hybrid electrical systems for rural electrification: A case study of a rural community in Nigeria, *International Journal of Green Energy*, Vol. 19, No. 10, pp. 1059-1071, 2022, doi: 10.1080/15435075.2021.1979982.
- [14] M. Tahami Pour Zarandi and R. Pirabbasi, Financial and Economic Evaluation of Using Photovoltaic Electricity to Supply Marine Propulsion in the Merchant Ships in Iran, *Iranian Economic Review*, pp. -, 2022, doi: 10.22059/ier.2022.88399. (in Persian)
- [15] A. C. Franco, M. A. da Silva Sa Ravagnani, and L. Silva Franco, Economic and environmental feasibility of photovoltaic solar energy in industrial processes, *Environmental Progress & Sustainable Energy*, Vol. 41, No. 6, p. e13916, 2022, doi: 10.1002/ep.13916.
- [16] F. Peprah, B. Aboagye, M. Amo-Boateng, S. Gyamfi, and E. Effah-Donyina, Economic evaluation of solar PV electricity prosumption in Ghana, *Solar Compass*, Vol. 5, p. 100035, 2023, doi: 10.1016/j.solcom.2023.100035.
- [17] Y. Aziz, A. K. Janjua, M. Hassan, M. Anwar, S. Kanwal, and M. Yousif, Techno-economic analysis of PV systems installed by using innovative strategies for smart sustainable agriculture farms, *Environment, Development and Sustainability*, 2023, doi: 10.1007/s10668-023-02919-5.
- [18] M. Haddad and M. Mehrabi, Evaluating the Role of Investment in Solar (Photovoltaic) Power Plant on Sustainable Development (Case Study: Boroujerd City), *Journal of Renewable and New Energy*, Vol. 8, No. 2, pp. 91-100, 2021, doi: 20.1001.1.24234931.1400.8.2.10.6. (in Persian)
- [19] E. Abounoori and M. Gholizadeh Eratbeni, Economic Evaluation of Solar Electricity (Photovoltaic) Based on the Space Available in the Building in Different Climates of Iran, *Journal of Renewable and New Energy*, Vol. 9, No. 2, pp. 150-157, 2022, doi: 20.1001.1.24234931.1401.9.2.16.9. (in Persian)
- [20] R. Zahedi, S. Gitifar, and A. Ahmadi, Technical-economic feasibility of designing a 10 MW solar power plant of KavirTire Company in Birjand city of South Khorasan province using RET Screen software, *Journal of Renewable and New Energy*, Vol. 10, No. 2, pp. 134-148, 2023. [Online]. Available: [https://www.jrenew.ir/article\\_175499.html?lang=en](https://www.jrenew.ir/article_175499.html?lang=en). (in Persian)
- [21] S. Taheri, *Economic evaluation of plans, First Edition*. Tehran, Iran: Kawire Press, 1995. (in Persian)
- [22] A. Hamdollahi, H. Mohammadi, and M. A. Khatib Semnani, Economic Evaluation of Solar Energy in Iran's Agricultural and Rural Sector, *Journal of Rural Economic Research*, Vol. 2, No. 5, pp. 83-100, 2016. [Online]. Available: [https://ruraleconomics.karaj.iau.ir/article\\_531004.html?lang=en](https://ruraleconomics.karaj.iau.ir/article_531004.html?lang=en). (in Persian)
- [23] M. Koupahi, *Economic analysis of agricultural projects*, Third ed. Tehran, Iran: Tehran University Press, 1996. (in Persian)