

**University of Kurdistan**

Dept. of Electrical and Computer Engineering

*Smart/Micro Grid Research Center*

[smgrc.uok.ac.ir](http://smgrc.uok.ac.ir)

## **Technical and economic assessment of hybrid energy systems in sand washing plants (in Persian)**

Hoshyari H, Bevrani H, Ghoraishi A, Bahramara S

Published (to be published) in: National Conf. of Technology, Energy, and Data on Electrical and Computer Eng., Kermanshah, Iran

(Expected) publication date: 2015

### **Citation format for published version:**

Hoshyari H, Bevrani H, Ghoraishi A, Bahramara S (2015) Technical and economic assessment of hybrid energy systems in sand washing plants (in Persian) National Conf. of Technology, Energy, and Data on Electrical and Computer Eng., Kermanshah, Iran.

### **Copyright policies:**

- Download and print one copy of this material for the purpose of private study or research is permitted.
- Permission to further distributing the material for advertising or promotional purposes or use it for any profit-making activity or commercial gain, must be obtained from the main publisher.
- If you believe that this document breaches copyright please contact us at [smgrc@uok.ac.ir](mailto:smgrc@uok.ac.ir) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های مختلط انرژی در کارخانه دانه بندی شن و ماسه

هژیر هوشیاری<sup>۱\*</sup>، حسن بیورانی<sup>۲</sup>، احمد قریشی<sup>۳</sup>، صلاح بهرام آرا<sup>۴</sup>

دانشگاه کردستان<sup>۱</sup>،<sup>۲</sup>دانشگاه تربیت مدرس<sup>۳</sup>

Hazhir.hoshiari@gmail.com<sup>۱</sup>, bevrani@uok.ac.ir<sup>۲</sup>, ahmadghoraishi@gmail.com<sup>۳</sup>, s\_bahramara@yahoo.com<sup>۴</sup>

**چکیده** - در این مقاله ارزیابی فنی و اقتصادی استفاده از سیستم‌های مختلط انرژی برای یک کارخانه صورت گرفته است. برای این هدف، اطلاعات مورد نیاز برای شبیه‌سازی شامل پیش‌بینی بار مصرفی، سرعت باد، تابش خورشید، هزینه‌های پروژه در طول دوره عمر و همچنین قیود فنی مسئله جمع‌آوری شده است. برای شبیه‌سازی سیستم مختلط انرژی در دو حالت متصل به شبکه و مجزا از شبکه از نرم‌افزار HOMER استفاده شده است. در این نرم‌افزار تمامی ورودی‌های مورد نیاز وارد شده و سپس نرم‌افزار براساس شاخص اقتصادی کمترین هزینه خالص حاضر و در نظر گرفتن تمامی قیود فنی از جمله تعادل تولید و مصرف ابتدا طرح‌های امکان‌پذیر را بدست آورده و در نهایت این طرح‌ها براساس کمترین هزینه خالص حاضر مرتب می‌کند. نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی، کارایی بار پیش‌بینی شده و همچنین استفاده از این سیستم مختلط انرژی برای کارخانه دانه‌بندی شن و ماسه در شهرستان مریوان در استان کردستان را نشان می‌دهد.

کلید واژه- سیستم مختلط انرژی، منابع تجدیدپذیر، طراحی بهینه، HOMER

سیستم‌های ترکیبی (هیبرید) شامل چندین منبع تجدیدپذیر و واحدهای ذخیره‌ساز هستند. جهت بررسی و امکان‌سنجی در سیستم مورد مطالعه از نرم‌افزار HOMER استفاده شده است. این نرم‌افزار مشخص می‌کند که منابع تجدیدپذیر مورد استفاده توانایی تامین بار را برای تمامی ساعات سال براساس شکل پیش‌بینی بار را دارند یا خیر [۲]. ارزیابی‌ها نشان داده‌است که سیستم‌های متصل به شبکه ترکیبی، توانایی بسیار بالاتری را در تامین بار نسبت به سیستم‌هایی که از یک منبع تولید کننده استفاده می‌کنند، دارند. براساس سرعت باد و میزان تابش در منطقه، سیستم خورشیدی-بادی با منبع ذخیره ساز انتخاب مناسبی برای ریزشبهه مورد مطالعه باشند.

## ۲- معرفی مکان مورد مطالعه

مکان مورد مطالعه که برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی اقتصادی ریز شبکه بر روی آن انجام گرفته، یک کارخانه شستشو و دانه‌بندی شن و ماسه واقع در حومه شهرستان مریوان در استان کردستان است. طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع محل مورد مطالعه به شرح زیر است:

Latitude: 35°37'54.22"N  
Longitude: 46° 7'20.92"E  
Altitude: 4344 ft

## ۱- مقدمه

براساس برآورد بانک جهانی و آژانس بین المللی انرژی پیش‌بینی می‌شود کشورهای در حال توسعه به بیش از پنج میلیون مگاوات از ظرفیت تولید انرژی الکتریکی جهان نیاز خواهند داشت. بر این اساس باید ظرفیت فعال انرژی جهان در عرض ۴۰ سال آینده جهت تامین این افزایش نیاز دو برابر شود. منابع تجدیدپذیر این قابلیت را دارند تا نقش قابل توجهی در زمینه تامین انرژی لازم برای روشنایی بار شبکه، ارزیابی منابع طبیعی و مسائل زیست محیطی ایفا کنند [۱]. پتانسیل این انرژی پاک در جهان به دلیل برخی مسائل فنی و اقتصادی و در دسترس نبودن منابع هنوز به صورت بالفعل درنیامده است.

هدف از این مقاله بررسی تولید انرژی از طریق منابع انرژی تجدید پذیر به صورت یک ریزشبهه (سیستم مختلط انرژی) و همچنین تعریف محدودیت‌های رقابتی و مقایسه با منابع سنتی با استفاده شاخص اقتصادی هزینه خالص حاضر است. اختلاف اندازه و مقادیر مختلف اجزا با هم مقایسه شده‌اند. تاثیر میزان در دسترس بودن منابع بر هزینه سیستم نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲-۱) پیش بینی بار

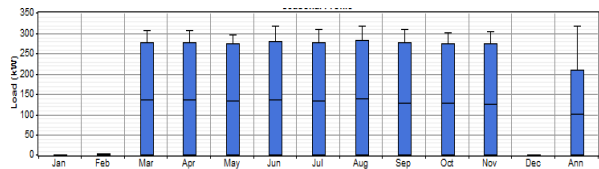
براساس پیش بینی بار انجام شده برای کارخانه مورد مطالعه که برای یک دوره یکساله صورت گرفته، پیک بار مصرفی کارخانه ۲۵۷ کیلووات است. هم چنین کارخانه در ماههای پر بارش سال غیرفعال بوده و مصرف انرژی کارخانه در این ماه ها تقریباً صفر است. عمده بارهای شناسایی شده در کارخانه به شرح جدول ۱ است:

جدول ۱: عمده بارهای شناسایی شده در کارخانه مورد مطالعه

شرح تجهیز	تعداد	توان مصرفی (kW)	مجموع توان مصرفی (kW)
هیدروکن سنگ شکن	۲	۸۰	۱۶۰
ماسه شور	۱	۱۲	۱۲
فک سنگ شکن	۱	۳۰	۳۰
سرنده و ویراتوری	۲	۱۵	۳۰
فیدر و ویراتوری	۱	۱۰	۱۰
نوار نقاله	۳	۹	۲۷
پمپ شناور	۳	۱۰	۳۰
روشنایی و تهویه	۱	۳	۳

هم چنین پیش بینی بار سالانه انجام شده طبق شکل ۱

است:



شکل ۱: پروفیل بار ماهانه

## ۲-۲) سرعت باد:

بر اساس داده های هواشناسی برگرفته از [۳] میانگین

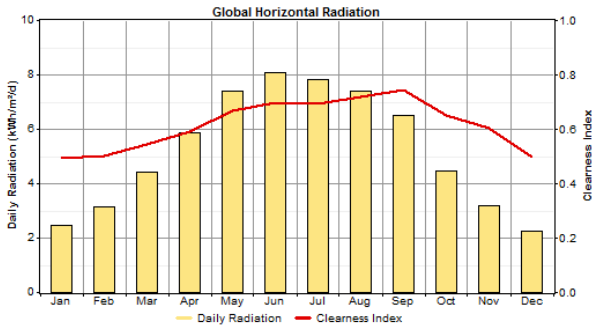
سرعت باد در منطقه بصورت جدول ۲ است:

جدول ۲: میانگین سرعت باد در منطقه

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
Ave WS	6.9	8.5	10.6	9.3	8.4	8.6
Month	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Ave WS	8.8	8.2	6.9	7.2	5.3	5.4

## ۲-۳) میزان تابش:

با وارد کردن مختصات مکان مورد مطالعه و اتصال به سرور HOMER جدول تابش خورشید به صورت شکل ۲ به دست آمد:



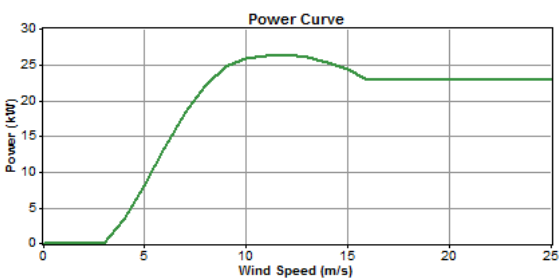
شکل ۲: میانگین تابش ماهانه خورشید

## ۳- هزینه ها و مشخصات تجهیزات:

در این قسمت هزینه تجهیزات موجود در ریزشبهه و مشخصات کلی آنها آمده اند.

## ۳-۱) توربین بادی

با توجه به میانگین سرعت باد و میانگین حداکثر سرعت باد در ۵ سال اخیر برگرفته از [۳] حداکثر سرعت باد در منطقه برابر ۱۲/۷ متر بر ثانیه و میانگین سرعت باد ۲/۱۶ متر بر ثانیه بوده است. بر این اساس توربین PGE 20/25 در نرم افزار انتخاب شده که منحنی توان آن شکل ۳ است.



شکل ۳- مشخصه توان بر حسب سرعت باد

قیمت توربین بادی به ازای هر کیلووات برابر ۴۴۰۰ دلار است [۴] و همچنین هزینه نگهداری ۵ درصد هزینه اولیه تجهیز است [۵].

## ۳-۲) سیستم فتوولتاییک (PV):

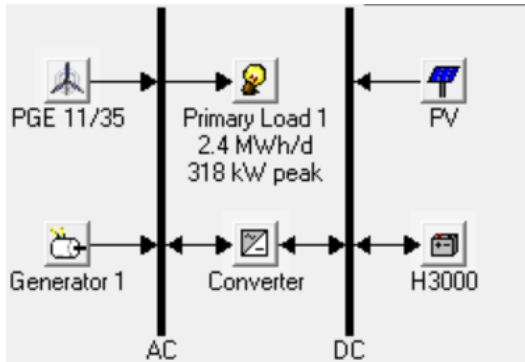
براساس آنچه در [۵] آمده است هزینه هر کیلووات تجهیزات سلول خورشیدی برابر ۳۰۰۰ دلار است و هزینه نگهداری آن صفر در نظر گرفته شده است.

### ۳-۳- دیزل ژنراتور:

در طراحی سیستم‌های شامل منابع تجدیدپذیر جهت تامین بار در اوج مصرف و زمانهایی که تولید پایین است یک سیستم پشتیبان شامل دیزل ژنراتور در نظر گرفته می‌شود. براساس آنچه که در [۶] آمده است قیمت دیزل ژنراتور به ازای هر کیلووات ۳۰۲ دلار و هزینه نگهداری سالانه برابر ۲۶۳ دلار به ازای هر کیلووات است.

### ۴- مطالعات عددی:

دیاگرام در نظر گرفته شده برای سیستم در نرم افزار طبق شکل ۴ است:



شکل ۴- شماتیک ریز شبکه

### ۴-۳- مبدل DC/AC/DC

هزینه اولیه مبدل، هزینه نگهداری و جایگزینی به ترتیب ۷۰۰، ۱۰۰ و ۵۵۰ دلار به ازای هر کیلووات است [۷].

### ۴-۳- باتری:

هزینه اولیه، جایگزینی و نگهداری سالانه که برای هر واحد باتری مورد استفاده در این مطالعه در نظر گرفته شده به ترتیب برابر ۲۱۷۰، ۲۰۰۰ و ۱۰۰ دلار است [۷].

### ۴-۱- نتایج شبیه‌سازی:

در این قسمت ۳ حالت خاص را بررسی خواهیم کرد که عبارتند از:

- ریز شبکه وابسته به دیزل ژنراتور (حالت شماره I)
- ترکیب دیزل ژنراتور و منابع تجدیدپذیر (حالت شماره II)
- حالت متصل به شبکه (حالت شماره III)

در حالت اول ریز شبکه به صورت ایزوله فعالیت می‌کند و قسمت عمده بار توسط دیزل ژنراتور تامین می‌شود. باید هزینه نگهداری سالانه بالا و هزینه سوخت بالا و میزان آلاینده‌گی شدید این حالت را در نظر داشت. در حالت دوم میزان تزریق انرژی‌های تجدیدپذیر ۳۰ درصد در نظر گرفته شده‌اند. در سومین حالت کارکرد ریز شبکه متصل به سیستم قدرت اصلی را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

### ۴-۱-۱- حالت I (ریز شبکه وابسته به دیزل

ژنراتور):

در این حالت دیزل ژنراتور ۹۸ درصد و سیستم خورشیدی ۲ درصد بار را تامین می‌کند.

### ۳-۵- نرخ تورم سالانه:

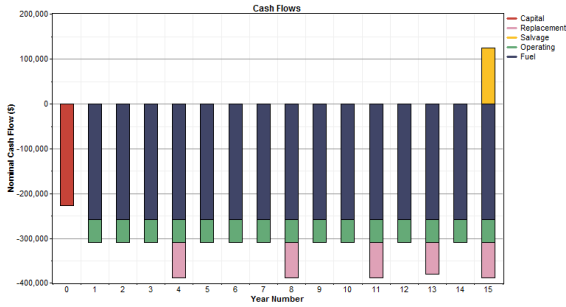
بر اساس آمارهای بانک مرکزی نرخ تورم منتهی به اسفند ماه ۹۳ برابر ۱۵/۶ درصد بوده است [۸].

### ۳-۶- فضای جستجو:

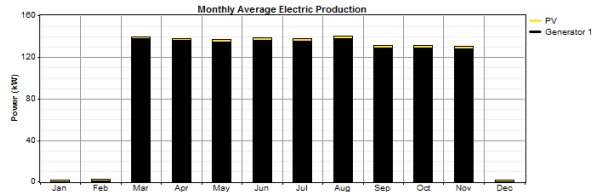
جهت یافتن ترکیب مناسب و ساختار سیستم از نظر تعداد و ظرفیت تجهیزات در نرم افزار، فضای جستجو جهت تعریف جایگشت‌های کافی طبق جدول ۳ وارد شده است:

جدول ۳- فضای جستجو

تجهیز	فضای جستجو	طول عمر
سلول خورشیدی	۵،۱۰،۲۰،۳۰،۴۰،۵۰،۱۰۰،۲۰۰ کیلووات	۲۰
توربین بادی	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸ عدد توربین	۱۵
دیزل ژنراتور	۵۰،۱۰۰،۱۵۰،۲۰۰،۳۰۰،۴۰۰،۵۰۰،۱۰۰۰ کیلووات	۸
مبدل	۵،۱۰،۲۰،۳۰،۴۰،۵۰،۱۰۰ کیلووات	۱۵
باتری	۵،۱۰،۲۰،۳۰،۴۰،۵۰،۱۰۰ عدد	۱۰۱۹۶ کیلووات ساعت



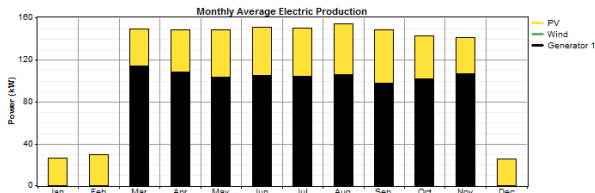
شکل ۸: پخش هزینه‌ها براساس نوع هزینه I



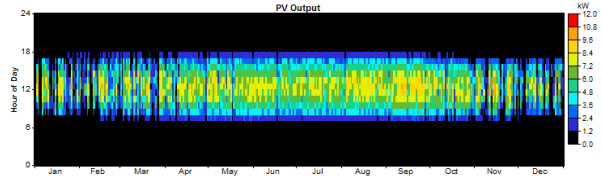
شکل ۵: میزان تولید ماهانه دیزل ژنراتور و سیستم خورشیدی I

## ۴-۱-۲- حالت II (ریزشبکه با ۳۰ درصد تزریق منابع تجدیدپذیر):

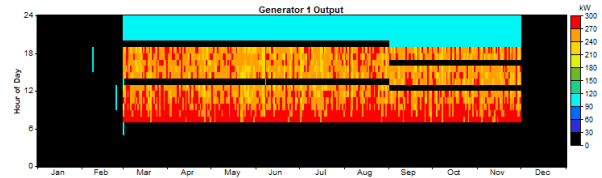
در قیود نرم افزار میزان تزریق منابع تجدید پذیر را برابر ۳۰ درصد قرار می‌دهیم. خروجی‌های این حالت به شرح زیر است:



شکل ۹: میزان تولید ماهانه دیزل ژنراتور و PV و توربین بادی II



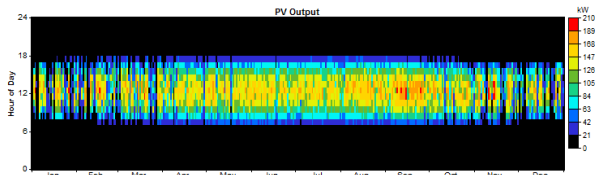
شکل ۶: میزان تولید ماهانه PV حالت I



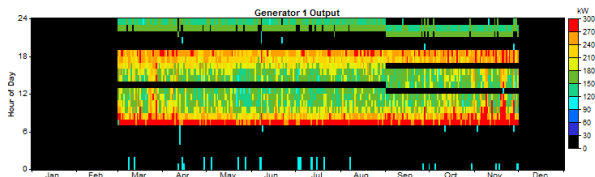
شکل ۷: میزان تولید ماهانه ژنراتور حالت I

## جدول ۴: خلاصه هزینه‌های مربوط به حالت I

Component	capital	Replacement	O & M	Salvage	Total
PV	30000	0	0	-717	29283
DG	90600	103815	2419	-8368	1687022
Battery	86840	11810	11695	-6969	103376
Converter	35000	0	29273	0	64273
other	0	0	255354	0	255354
system	242440	115625	298704	-16054	2139271



شکل ۱۰: میزان تولید ماهانه سیستم خورشیدی II



شکل ۱۱: میزان تولید ماهانه ژنراتور II

## جدول ۶: خلاصه هزینه‌های مربوط به حالت II

Component	capital	Replacement	O & M	Salvage	Total
PV	600000	0	0	-14338	585662
WT	62500	0	32161	0	94661
DG	90600	80729	2059	-4635	1374661
Battery	130260	56170	17542	-10026	193946
Converter	70000	0	58474	0	128474
other	0	0	204701	0	204701
system	953360	136899	314936	-28998	2582104

جدول میزان آلاینده‌گی به شرح زیر است که میزان آلاینده‌گی در حالت I قابل ملاحظه است:

## جدول ۵: میزان آلاینده‌گی حالت I

pollutant	Emissions
Co2	843582
Co	2082
Unburned Hydrocarbons	231
Particulate matter	157
Sulfur dioxide	1694
Nitrogen oxides	18580

جدول ۸: جزئیات مبادله برق با شبکه در ماه های سال III

Month	Energy Purchased	Energy Sold	Net Purchased	Peak Demand	Energy Charge	Demand Charge
Jan	528	229	300	1	30	443
Feb	767	55	711	3	71	640
Mar	100518	53	100465	307	10522	54616
Apr	96258	55	96203	306	10080	55624
May	98361	61	98300	296	10034	53692
Jun	96590	62	96528	316	10116	56829
Jul	99041	66	98975	307	10368	55541
Aug	101230	73	101157	317	10590	56789
Sep	91229	98	91131	306	9806	55478
Oct	93784	70	93714	298	10080	53998
Nov	90197	54	90144	305	9704	54970
Dec	527	206	321	1	32	446
Annual	869030	1082	867949	317	91703	499066

به دلیل غیرفعال بودن کارخانه در ماه های دسامبر و ژانویه میزان انرژی فروخته به شبکه نسبت به سایر ماه ها بالا است.

جدول ۹: خلاصه هزینه های طرح مربوط به حالت III

Component	capital	Replacement	O & M	Salvage	Total
PV	15000	0	0	-358	14642
Grid	5000	0	3460292	0	3465292
Converter	3500	0	2924	0	646424273
other	0	0	288361	0	288361
system	23500	0	3751576	-358	3774718

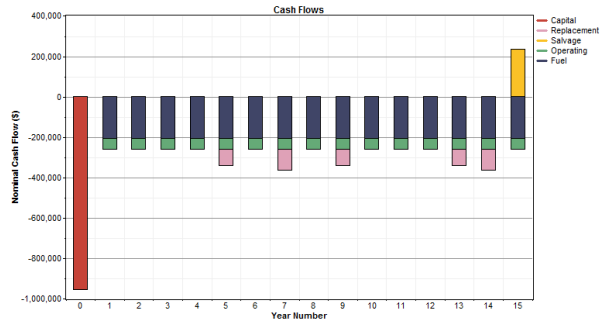
با توجه به جدول ۹، در این حالت هزینه اولیه پایین و هزینه نگهداری سالانه بالا است.

جدول ۱۰: میزان آلودگی حالت III

pollutant	Emissions
Co2	548543
Co	433974
Unburned Hydrocarbons	0
Particulate matter	0
Sulfur dioxide	2378
Nitrogen oxides	1163

جدول ۷: میزان آلودگی حالت II

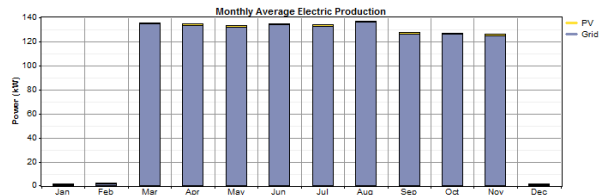
pollutant	Emissions
Co2	678841
Co	1676
Unburned Hydrocarbons	186
Particulate matter	126
Sulfur dioxide	1363
Nitrogen oxides	14952



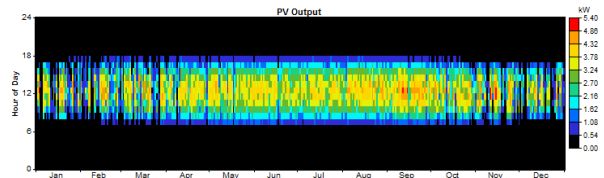
شکل ۱۲: پخش هزینه ها بر اساس نوع هزینه II

#### ۴-۱-۳- حالت III (متصل به شبکه):

ریزنشبهه در این حالت به صورت متصل به شبکه فعالیت می کند و داده های ورودی مربوط به خرید و فروش انرژی و نرخ دیماند داده شده و ساعات اوج بار و میان بار و کم باری بر اساس [ ۹ ] به نرم افزار داده شده است. بار در این حالت فقط توسط شبکه و PV تامین می شود (شبکه: ۹۹ درصد و PV: ۱ درصد). خروجی های مربوط به این حالت در شکل ۱۳ آمده است:



شکل ۱۳: میزان تولید ماهانه PV و خرید از شبکه III



شکل ۱۴: میزان تولید ماهانه سیستم خورشیدی III

### طرح شماره III:

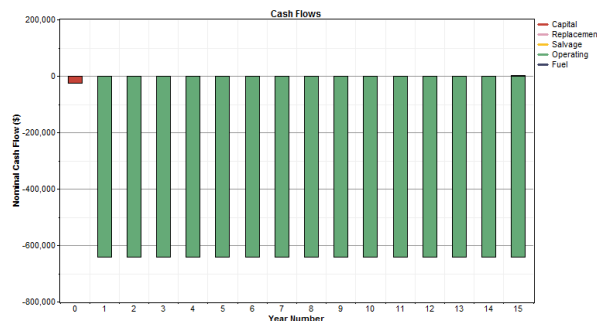
هزینه اولیه بسیار کم، هزینه نگهداری سالانه بالا، بالاترین هزینه نهایی، درصد پایین تزریق انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید بالای کربن مونو اکسید و کربن دی اکسید.

در این مطالعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در طراحی ریزشبه در دو حالت ایزوله و متصل به شبکه مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف از مطالعه به کارگیری ترکیبی از منابع تجدیدپذیر و سایر منابع با رعایت قیود زیست محیطی در اقتصادی‌ترین حالت است. انتخاب نوع منابع یافتن ظرفیت بهینه هر کدام از منابع، استراتژی بهره‌برداری از ریزشبه ترکیبی در این مطالعه بررسی شده است.

ارزیابی‌ها نشان داد که ریزشبه متصل به سیستم دارای منابع تجدیدپذیر دارای قابلیت حدود ۱۰۰ درصد است. براساس نتایج به دست آمده، استفاده از منابع تجدیدپذیر در حالت متصل به شبکه مبادله انرژی با شبکه راه حل بسیار مناسبی جهت طراحی و برنامه ریزی ریزشبه است. با توجه به راهکارهای اتخاذ شده در جهان، نرخ نفوذ انرژی‌های تجدیدپذیر ۱۱ تا ۲۵ درصد متفاوت است [۱۰].

### ۶-مراجع

- [1] Painuly JP. Barriers to renewable energy penetration; a framework for analysis. *Renewable Energy* 2001; 24:73 e 89A. Author 1 and B. Author 2, "Title of the conference paper," *Proc. Int. Conf. on Power System Reliability*. Singapore, pp. 100-105, 1999.
- [2] HOMER Publications, NREL (National Renewable Energy Laboratory) available at: <https://analysis.nrel.gov/homer/includes/downloads/HOMERPublications.pdf>.
- [3] <http://www.weatheronline.co.uk/weather>
- [4] Türkay, Belgin Emre, and Ali Yasin Telli. "Economic analysis of standalone and grid connected hybrid energy systems." *Renewable Energy* 36.7 (2011): 1931-1943.
- [5] Alphen K, Sark GJH, Hekkert M. Renewable energy technologies in Maldives-determining the potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Oct
- [6] Karakoulidis, K., et al. "Techno-economic analysis of a stand-alone hybrid photovoltaic-diesel-battery-fuel cell power system." *Renewable Energy* 36.8 (2011): 2238-2244.
- [7] Sen, Rohit, and Subhes C. Bhattacharyya. "Off-grid electricity generation with renewable energy technologies in India: an application of HOMER." *Renewable Energy* 62 (2014): 388-398.
- [8] <http://www.cbi.ir/datedlist/10807.aspx>
- [9] <http://bahave.bargh.tavanir.org.ir/>
- [10] Shaahid SM, Elhadidy MA. Technical and economic assessment of grid independent hybrid photovoltaic e diesel battery power systems for commercial loads in desert environments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2007; 11:1794 e810.



شکل ۱۵: پخش هزینه‌ها بر اساس نوع هزینه III

توزیع هزینه‌ها در شکل ۱۵ به خوبی قابل مشاهده است.

### ۵- نتیجه گیری:

ابتدا پارامترهای مهم اقتصادی و زیست محیطی هر سه حالت را در جدول زیر جمع بندی می‌کنیم:

جدول ۱۱: پارامترهای اقتصادی و زیست محیطی سه حالت I, II و III

حالت	I	II	III
هزینه اولیه	۲۲۷۴۴۰	۹۵۳۳۶۰	۲۳۵۰۰
هزینه نگهداری سالانه	۲۲۷۶۰۱	۲۲۸۵۴۳	۶۴۱۵۲۲
نرخ خالص نهایی	۲۱۴۳۰۴۶	۲۵۸۲۱۰۳	۳۷۷۴۷۱۸
درصد تزریق انرژی‌های نو	۱۰٪	۳۳٪	۱٪
میزان مصرف سوخت	۳۱۳۴۲۲	۲۵۷۷۸۸	۰
میزان تولیدی CO <sub>2</sub>	۸۴۳۵۸۲	۶۷۸۸۴۱	۵۴۸۵۴۳
میزان تولیدی CO	۲۰۸۲	۱۶۷۶	۴۳۳۹۷۴

با توجه به داده‌های جدول ۱۱، ویژگی هر کدام از طرح‌ها را می‌توان به شرح زیر توصیف کرد:

### طرح شماره I:

نرخ خالص نهایی کم، مصرف سوخت فسیلی و تولید CO<sub>2</sub> بالا و هزینه اولیه متوسط نسبت به دو طرح دیگر.

### طرح شماره II:

هزینه اولیه بالا، هزینه نگهداری سالانه نسبتاً کم، درصد بالای تزریق انرژی‌های تجدیدپذیر و آلاینده‌گی کم نسبت به دو حالت دیگر.





فناوری انرژی دائمی

کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر

**National Conference of Technology, Energy & Data on  
Electrical & Computer Engineering**

کنفرانسی نه ته وه بیه فنه ناوه ری ه ی ز و ده پتا به روانگه نه ندانزیاری کار با و کومپیوتر

**گواهی ارائه مقاله در کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر  
کرمانشاه - نهم و دهم خردادماه ۱۳۹۴**

عنوان مقاله

ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های مختلط انرژی در کارخانه دانه بندی شن و ماسه

نویسندگان

هژیر هوشیاری، حسن بیورانی، احمد قریشی، صلاح بهرام آرا

گواهی می شود مقاله فوق مورد پذیرش کمیته علمی کنفرانس جهت ارائه شفاهی و چاپ در مجموعه مقالات کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر قرار گرفت.

دکتر پیمان یانفانی  
دبیر علمی کنفرانس



دکتر فریلا خسروی  
دبیر کنفرانس



موسسه پژوهش علمی  
کاربری - علمی  
صنعت آب و برق

