DOR: 20.1001.1.24234931.1402.10.1.10.8
DOI: 10.52547/jrenew.10.1.138

Research Article
Received: 06/16/22
Accepted: 11/08/22

Volume 10, Issue 1, Spring & Summer 2023, p. p. 138-152
Journal of Renewable and New Energy
jrenew.ir
Print ISSN 2423-4931 Online ISSN 2676-2994

Feasibility Study for Poverty Alleviation by Energy Production Through Photovoltaic Panels in Underprivileged Areas of Iran

Arman Nikkhah Dehnavi[1], Hanieh Nourkojouri1, Zahra Sadat Zomorodian[2*]

1-M.Sc. Building Science, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
* P.O.B. 198396941 Tehran, Iran, z_zomorodian@sbu.ac.ir

Received: 16 June 2022 Revised: 9 August 2022 Accepted: 8 November 2022

Abstract

The purpose of this research was to alleviate deprivation in underprivileged rural areas of Iran through energy production through photovoltaic panels. First, the poverty map of the country has been analyzed along with the sunlight gain potential map of Iran. 79 villages with extremely high and high deprivation conditions were identified. To analyze these areas and prioritize them for decision-making in energy sector policy, the areas were categorized into four clusters by the K-means machine learning algorithm. According to the clustering results, the priorities for deprivation elimination through energy production have been identified. Also, the income of each village from two sources was calculated according to the existing tariffs: First, a 5 kW photovoltaic panel for each household and second, a one-megawatt power plant located in the barren lands around the villages. The results indicate that Sistan & Baloochestan Province is the top priority in the application of photovoltaic panels for energy production. For instance, Bampasht village with a deprivation index of 0.540 and energy production of 9.37 MW per year from a solar power plant, has obtained the highest rank among the villages for deprivation alleviation by energy production through photovoltaic panels.

Keywords: deprivation elimination- renewable energy- k-means algorithm- photovoltaic panels

1. Introduction

Due to the increased accessibility, development and Iran's potential in the application of renewable energy sources, photovoltaic panels have gained interest among the stakeholders in the country. According to the literature, Iran receives 1050 hours of sunlight during summer and 500 hours during winter [1] and the annual solar radiation is at least 1800 kWh/m^2 [2]. On the other hand, the installation of photovoltaic panels(PV) is one of the main recommended procedures for poverty reduction in literature [3]. Where the geographical areas possess a high potential for sunlight gain, the application of PV would be beneficial for poverty alleviation and clean energy production. Accordingly, to build up a sustainable framework in this field, two main steps need to be taken. First, identification of the potential areas with high poverty issues; and second, prioritization of the areas for higher efficiency. The first step has been taken in previous studies and the results support the idea of Iran's high potential for the application of PVs in energy production. comprehensive studies have hardly been conducted for the second step making this subject underexploited. Accordingly, this research proposes a method for prioritizing the intended areas to be equipped with PV panels technology and energy production with the initial goal of poverty reduction.

There have been several attempts in literature for the development of renewable energy sources adaptation with the aim of poverty reduction. These projects can be categorized into three main groups: 1) Energy production for underprivileged areas. 2) establish businesses based on energy sales for deprived areas and 3) financial support for the households in deprived areas to be equipped with PV technology.

The projects of PV systems in South Korea, the Rural Network of Renewable Energy in Indonesia and UNDP biomass in Bosnia are examples of the first category [4,5]. SEPAP project in China has been developed for poverty reduction in the second category [6]. Romania has formed a framework based on governmental subsidies for buying PV panels, geothermal energy and wind energy systems for households [7]. Most projects in Iran can be categorized in the third group where the financial support of the government is given to the related businesses. The projects of Barkat Aftab and Jahad Roshanayee are examples of these projects which were supported and planned by the Imam Khomeini Committee and the Program and Budget Organization of Iran. According to the available reports, 1000 houses were equipped with 5 kW photovoltaic panels, and the income of each household in 2019 was reported to be 2.5 million Tomans per month in the Barkat Aftab project.
More than 20000 power plants are planned to be built in the Jahad Rohanayee project[8,9].

In this study, two factors of deprivation index and the potential of studied areas have been considered for the initial prioritization of areas according to the collected data. The villages with the potential to produce more energy and of higher deprivation status

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Check for updates

are in higher priority.

By reviewing the projects carried out in Iran and their reports, there will be a hope for more effective implementation of approaches leading to poverty alleviation through the production and sale of energy using photovoltaic panels. It should be noted that in previous works a research gap is observed when it comes to the development of a framework for prioritizing potential areas.

2. Material and Method

The method used in this research is the use of one of the unsupervised machine learning algorithms called k-means, which categorizes areas with similar characteristics, speeding up the decision-making process about their prioritization. Accordingly, collecting the required data in the first step and application of the algorithm in the second step are the two main steps to achieve the correct prioritization of deprived areas. Therefore, the methodology of this research includes 1) matching the deprivation distribution map and the map of potential for receiving sunlight to find the proper areas 2) determination of the amount of energy production with photovoltaics at any selected points 3) Description of the obtained data 4) Designing the unsupervised machine learning model.

Based on the deprivation distribution map, 79 zones with high and extremely high deprivations were selected with the combined metric of deprivation. The metric categorizes the areas based on a comprehensive rating system which includes economic, cultural and social indicators. To calculate the amount of produced energy through two power plants of 5 kW and 1 MW, some places near residential areas in barren lands were selected. The energy production amount was then calculated with the web-based software of Globalsolaratlas [10].

2.1. Data Description

The obtained data from the previous analyses were drawn in the form of scatter plots with an x-axis of deprivation index and the y-axis of energy generation amount from PV panels in kilowatts to get a better view of the data. Besides, before clustering and in the preprocessing stage, the scales of deprivation index and energy production were standardized by the following equation:

$$\boldsymbol{x}_{\mathbf{new}} = \frac{\boldsymbol{x_i} - \boldsymbol{\mu}}{\boldsymbol{s}} \tag{1}$$

2.2. Clustering Process

The MLA was designed concerning both main factors that were considered in the analyses: poverty factor and energy generation by PV panels. The purpose was the determination of similar areas and prioritise them to implement poverty alleviation policies by application of photovoltaic panels.

Clustering is one of the unsupervised machine learning approaches for classifying multi-dimensional data which can be used to identify hidden patterns in the dataset [11,12]. A cluster is a dataset having a common internal pattern which is different from the others.

K-means is one of the most famous and well-known clustering techniques [13]. The distance of each data from the primary batch centres is found and the data are placed in the primary clusters. This operation is then repeated until there is no change in the members of the clusters created. The formula of the k-means algorithm (eq.2) is calculated by considering the Euclidean distance as follows:

$$J_{K-means} = \sum_{k=1}^{K} \sum_{x_i \in C_k} ||x_i - \mu_k||^2 \tag{2}$$

Where K is equal to the data in the cluster and μ is the average of the related cluster.

One of the ways to find the optimal number of clusters is to use an Elbow diagram. This diagram indicates the sum of the squares of the points' distances from the centre of their categories. To evaluate the clusters made by the k-means algorithm and to confirm their differences statistically, the ANOVA test and its non-parametric equivalent Kruskal-Wallis test can be used. Also, to examine the differences of clusters in groups more accurately, TUKEY POST HOC and DUNNS tests have been applied [14]. For this reason, the normality of the data was first measured by the Chi-square test. The energy production index is normal, but the deprivation index does not follow a normal distribution. Therefore, ANOVA and TUKEY POST HOC tests were used to determine the differences between the clusters in the energy production index, and Croxall-Wallis and Dunn`s tests were used to determine the significant differences in the poverty index.

3. Results and Discussion

3.1. Matching the Maps

The potential of each deprived area in renewable energy production through PV panels along with the poverty index is presented in Figure 1.

Some areas are in complete deprivation, but in terms of energy production potential from photovoltaic panels are among the best areas in the world. Figure 2 is implemented by the yellow-brick library in Python, and the optimal number of 4 clusters is selected for it [15].

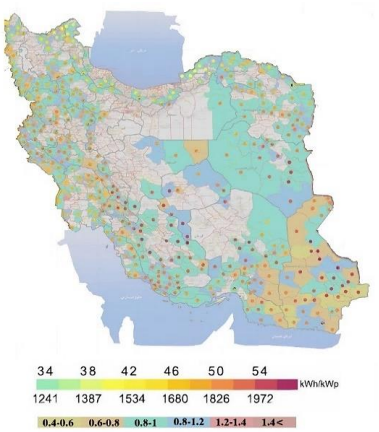


Figure 1. Matching the maps of deprivation and Energy Production Potential

After finding the acceptable amount of clusters using the k-means algorithm, the data are divided into 4 categories based on the amount of deprivation and the amount of energy production from PVs (Figure 2).

Table 1. Studied Villages and the prioritization results

Second Cluster (1st Priority)		
Name of the Village	Poverty Rank	PV panel Priority
Bampasht	3	1
Zaboli-Central	15	2
Korin	6	3
Irandegan	11	4
Hidvaj	4	5
Ahsar	1	6
Southern Lashar	9	7
Sarbaz	7	8
Nosrat Abad	13	9
Parood	8	10
Gafer and Paramun	2	11
Benet	5	12
Lirdaf	14	13
Eastern Zarabad	10	14
Dashtyari	12	15

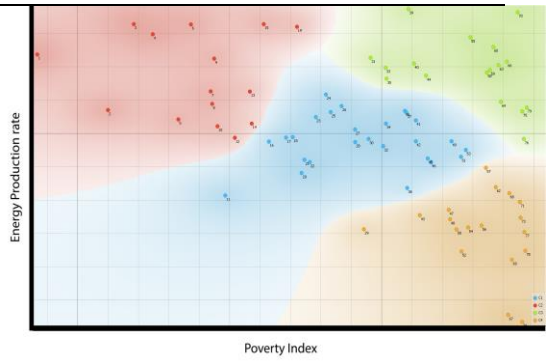


Figure 2. Clustering of the villages by two factors

3.2. Evaluation of clusters by ANOVA and Kruskal-Wallis test

Cluster evaluation is necessary to ensure the independence of clusters from each other to implement specific policies for each cluster and prioritization. According to the Kruskal-Wallis test, the 4 clusters have significant differences in poverty indices. The villages located in at least one of the clusters have different deprivation rates from the villages located in the other clusters (can be more or less) and the difference is statistically significant. The same results are observed in the ANOVA test where the energy production indices are analyzed.

By examining the clusters in pairs using the TUKEY POST HOC test, it is observed that there is a significant difference in all clusters and the PV variable except for two. Therefore, in prioritizing the villages of those two clusters, the amount of energy production can be the same and prioritized based on the deprivation index, which means that any cluster with a higher deprivation rate has a higher priority for installing photovoltaic panels to eliminate deprivation. A summary of the studied areas and their prioritization results are presented in table 1.

The results indicate that Sistan & Baloochestan Province is the top priority in the application of photovoltaic panels for energy production. For instance, Bampasht village with a deprivation index of 0.540 and energy production of 9.37 MW per year from a solar power plant, has obtained the highest rank among the villages for deprivation alleviation by energy production through photovoltaic panels.

Two successful projects of Barakat Aftab and Jihad Roshanai, which have reportedly planned to build 3,000 home solar power plants in deprived areas in the first phase, have been mentioned as successful projects to eliminate deprivation by producing energy from photovoltaic panels in Iran. According to the project reports [8] Qazvin, Ardabil, Zanjan and Khorasan Razavi provinces (with a share of 600 houses in the first phase and 2000 houses in the 2nd) have been considered. While the most deprived province of Iran, Sistan and Baluchestan, has a share of 100 of this sector. According to the findings of this study, the Bampasht section, with a deprivation index of 0.540 and 9.37 MW per year of energy production from a solar power plant, has the highest rank among the villages in terms of deprivation along with energy production potential. The priorities are allocated to almost all areas of Sistan and Baluchestan province.

It can be concluded that it is better to pay special attention to the priorities of each region in the forthcoming projects; because the deprivation alleviation process can be completed faster with full knowledge of the characteristics of each region.

4. Conclusions

Investment challenges in general (not just for disadvantaged areas) and the willingness of investors and business owners should be analyzed for such subjects of study. Since reliance on government plans can be completely overshadowed by budget cuts and decisions by top stakeholders, the need to study the feasibility of mechanisms such as cooperatives and participatory investments should be considered.

Issues such as the low growth rate of the renewable energy industry in Iran, economic problems, the lack of governmental facilitating mechanisms, the high initial cost of operating solar power plants, lack of familiarity with their mechanism and low education and knowledge about the use of renewable energy, and the lack of sufficient experience in this field due to the cheapness and prevalence of fossil fuels are of the obstacles in the general use of PV panels [8]. In addition to the above, failure to improve the existing infrastructures for businesses operating in this field (due to unstable economic conditions) to facilitate the process of using renewable energy leads to long-term returns of investments (over 6 years), which is not satisfying.

For further research, indicators that can be effective in prioritizing deprived areas may include socio-cultural ones (acceptance of the use of renewable systems in indigenous peoples, population and unemployment rate), political issues (government operational policies), Security (theft statistics in different areas and its impacts), geographies (how to access deprived areas and impassability of routes), infrastructure (existence of the electricity network to sell electricity from renewable sources to the electricity network).

5. References

[1] G. Najafi, B. Ghobadian, R. Mamat, T. Yusaf, W. Azmi, Solar energy in Iran: Current state and outlook, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 49, pp. 931–942, 2015. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.056

[2] S. Gorjian, B. Ghobadian, Solar Thermal Power Plants: Progress and Prospects in Iran, *Energy Procedia*, Vol. 75, pp. 533–539, 2015. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.447

[3] H. Zhang, K. Wu, Y. Qiu, G. Chan, S. Wang, D. Zhou, X. Ren, Solar photovoltaic interventions have reduced rural poverty in China, *Nature Communications*, Vol. 11, No. 1, 2020. https://doi.org/10.1038/s41467-020-15826-4

[4] J. Lee, M. M. Shepley, Benefits of solar photovoltaic systems for low-income families in social housing of Korea: Renewable energy applications as solutions to energy poverty, *Journal of Building Engineering*, Vol. 28, pp. 101016, 2020. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101016

[5] H. Wirawan, Y. M. Gultom, The effects of renewable energy-based village grid electrification on poverty reduction in remote areas: The case of Indonesia, *Energy for Sustainable Development*, Vol. 62, pp. 186–194, 2020.

[6] H. Zhang, K. Wu, Y. Qiu, G. Chan, S. Wang, D. Zhou, X. Ren, Solar photovoltaic interventions have reduced rural poverty in China, *Nature Communications*, Vol. 11, No. 1, 2020. https://doi.org/10.1038/s41467-020-15826-4

[7] A. Biernat-Jarka, P. Trębska, S. Jarka, The Role of Renewable Energy Sources in Alleviating Energy Poverty in Households in Poland, *Energies*, Vol. 14, No. 10, pp. 2957, 2021. https://doi.org/10.3390/en14102957

[8] *Aftab Project Report*, Accessed 15 Aug 2017; (in Persian) https://www.iribnews.ir/fa/news/1764501/

[9] *Jahad Roshanayee Plan*, Accessed 14 March 2021; (in Persian) http://rahsunco.com/loan

[10] *Global Solar Atlas*, Accessed 10 March 2021; https://globalsolaratlas.info/map?c=11.609193,8.4375,3

[11] A. K. Jain, M. N. Murty, P. J. Flynn, Data clustering, *ACM Computing Surveys*, Vol 31, No. 3, pp. 264–323, 1999. https://doi.org/10.1145/331499.331504

[12] G. Hamerly, C. Elkan, Alternatives to the k-means algorithm that find better clusterings, *Proceedings of the Eleventh International Conference on Information and Knowledge Management(CIKM)*, Virginia, USA, pp. 600-607, 2002. https://doi.org/10.1145/584792.584890

[13] A. W. F. Edwards, L. L Cavalli-Sforza, A Method for Cluster Analysis, Biometrics, Vol. 21, No. 2, pp. 362-340, 1965. https://doi.org/10.2307/2528096

[14] A. Dinno, Nonparametric Pairwise Multiple Comparisons in Independent Groups using Dunn's Test, *The Stata Journal: Promoting Communications on Statistics and Stata*, Vol. 15, No. 1, pp. 292–300, 2015. https://doi.org/10.1177/1536867x1501500117

[15] *Elbow Method-Yellowbrick v1.4 documentation*, Accessed 10 March 2019; https://www.scikit-yb.org/en/latest/api/cluster/elbow.html

سال دهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۲، ص ص ۱۳۸- ۱۵۲
فصل‌نامه علمی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو
jrenew.ir
مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۰۱/۰۳/۲۶
تاریخ پذیرش: ۰۱/۰۸/۱۷

امکان سنجی محرومیت زدایی توسط تولید انرژی با پنل‌های فتوولتاییک در مناطق محروم ایران

آرمان نیکخواه دهنوی[۱]، هانیه نورکجوری[۱]، زهراسادات زمردیان[۲*]

۱- کارشناس ارشد، معماری و انرژی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲- استادیار، معماری و انرژی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
* تهران، ۱۹۸۳۹۶۹۴۱، z_zomorodian@sbu.ac.ir

چکیده

هدف این پژوهش بررسی امکان محرومیت‌زدایی به کمک تولید انرژی توسط پنل‌های فتولتاییک در محروم‌ترین روستاهای ایران است. در مرحله‌ی اول نقشه‌ی محرومیت و نقشه‌ی پتانسیل مناطق مختلف ایران از نظر میزان دریافت نور خورشید و نصب پنل‌های فتوولتاییک بررسی شد. ۷۹ روستا با محرومیت بسیار زیاد و محرومیت زیاد شناسایی شدند. اکثر این مناطق در بخش جنوبی و جنوب شرقی واقع شده بودند که با توجه به تحقیقات گذشته و نقشه‌ی پتانسیل نصب فتولتاییک از دریافت تابش خوبی برخوردار بودند. بنابراین برای شناسایی دقیق‌تر این مناطق و اولویت‌بندی آن‌ها برای سیاست‌گذاری در بخش انرژی، مناطق گفته شده توسط الگوریتم بدون نظارت یادگیری ماشین کی-میانگین به چهار دسته تقسیم شدند و خصوصیات هر دسته از نظر میزان فقر و تولید انرژی محاسبه شد. طبق نتیجه‌ی خوشه‌بندی انجام شده، الویت‌ها و بهترین مناطق برای محرومیت‌زدایی با تولید انرژی و ایجاد کسب وکارهای مبتنی بر آن شناسایی شدند. همچنین درآمد هر روستا در دو حالت با استفاده از پنل‌های فتولتاییک ۵ کیلووات برای هر خانوار (نصب بر روی بام) و ایجاد نیروگاه یک مگاواتی(که در زمین‌های بایر اطراف روستا ها مکان‌یابی شدند) با توجه به تعرفه‌های موجود محاسبه شد. با توجه به نتایج بدست آمده، اغلب روستاهای استان سیستان و بلوچستان در اولویت تولید انرژی با پنل‌های فتوولتاییک هستند. به عنوان مثال بخش بمپشت، با شاخص محرومیت ۰.۵۴۰ و با تولید انرژی۹.۳۷ مگاوات در سال از یک نیروگاه خورشیدی، بالاترین رتبه را بین روستاها جهت محرومیت‌زدایی توسط تولید انرژی از طریق پنل‌های فتولتائیک کسب کرده است.

کلیدواژگان: محرومیت زدایی،انرژی تجدید پذیر، فتولتاییک، الگوریتم کی-میانگین

Feasibility Study for Poverty Alleviation by Energy Production with Photovoltaic Panels in Underprivileged Areas of Iran

Arman Nikkhah Dehnavi[1], Hanieh Nourkojouri[1], Zahra Sadat Zomorodian[2*]

1-M.Sc. Building Science, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
* P.O.B. 198396941 Tehran, Iran, z_zomorodian@sbu.ac.ir

Received: 16 June 2022 Accepted: 8 November 2022

Abstract

The purpose of this research was to alleviate deprivation in underprivileged rural areas of Iran by energy production through photovoltaic panels. First, the poverty map of the country has been analyzed along with the sunlight gain potential map of Iran. 79 villages with extremely high and high deprivation conditions were identified. In order to analyze these areas and prioritize them for decision-making in energy sector policy, the areas were categorized into four clusters by the K-means machine learning algorithm. According to the clustering results, the priorities for deprivation elimination through energy production have been identified. Also, the income of each village from two sources was calculated according to the existing tariffs: First, a 5 kW photovoltaic panel for each household and second, a one megawatt power plant located in the barren lands around the villages. The results indicate that Sistan and Baloochestan Province is the top priority in application of photovoltaic panels for energy production. For instance, Bampasht village with a deprivation index of 0.540 and energy production of 9.37 MW per year from a solar power plant, has obtained the highest rank among the villages for deprivation alleviation by energy production through photovoltaic panels.

Keywords: deprivation alleviation- renewable energy- k-means algorithm- photovoltaic panels

مالکیت معنوی این مقاله تحت گواهی بین المللی تخصیص ۴ کریتیو کامنز محفوظ است

۱- مقدمه

با توجه به گسترش دسترسی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، پیشرفت روزافزون این صنعت و پتانسیل ایران در بخش استفاده از پنل‌های فتوولتائیک جهت استفاده از انرژی الکتریسیته‌ی حاصل از آن‌ها، موقعیت مناسبی برای استفاده از این پتانسیل پدید آمده است. طبق تحقیقات انجام شده درباره پتانسیل ایران در بهره‌گیری انرژی‌های تجدیدپذیر، این کشور با ۱۰۵۰ ساعت آفتاب در طول تابستان و ۵۰۰ ساعت در طول زمستان [۱] و تابش سالانه حداقل ۱۸۰۰ کیلوات ساعت بر متر مربع [۲] و تفاوت کم بین بیشترین تابش و کمترین تابش در سطح افقی می‌تواند مکان مناسبی برای تولید برق از طریق خورشید باشد [۳]. از سوی دیگر نصب پنل‌های فتوولتاییک و استفاده از انرژی تولیدی به عنوان یکی از ۱۰ راهکاری که در کاهش فقر موثر است، معرفی شده است [۴].

در برخی مناطق ایران که دارای پتانسیل دریافت تابش بالا هستند، می‌توان با استفاده از پنل‌های خورشیدی فتوولتاییک به تسریع فرآیند فقرزدایی و تولید انرژی کمک کرد. بنابراین برای ایجاد یک سازوکار پایدار و هدفمند در این زمینه نیاز به طی نمودن دو مرحله‌ی مهم وجود دارد. مرحله‌ی اول شامل شناسایی مناطق با پتانسیل بالا و محرومیت زیاد و مرحله‌ی دوم شامل اولویت‌بندی صحیح آن‌ها برای کسب بازده بیشتر است. می‌توان گفت که تحقیقات جامع و مورد نیاز در خصوص مرحله‌ی اول که پتانسیل ایران را در بحث تولید انرژی توسط پنل‌های فتولتاییک مورد ارزیابی قرار می‌دهد، در سال‌های گذشته به طور کامل انجام شده است و اتفاق نظر بر وجود پتانسیل در اکثر مناطق ایران (نه صرفا مناطق محروم) برای تولید انرژی از طریق پنل‌های فتولتاییک است؛ اما در مرحله‌ی دوم هنوز مطالعات و تحقیقات مدون و جامعی (با وجود انجام چند پروژه در زمینه ی محرومیت زدایی توسط تولید انرژی) صورت نگرفته است. بنابراین این پژوهش با نگاه به تحقیقات و پروژه‌های انجام شده پیرامون پتانسیل کلی ایران در تولید انرژی از پنل‌های فتوولتاییک و محرومیت زدایی به کمک آن ها (به وسیله‌ی داده‌های جمع‌آوری شده از روستاهای با محرومیت بسیار زیاد و محرومیت زیاد)، پتانسیل مناطق محروم ایران در بخش تولید انرژی توسط پنل های فتوولتائیک را بررسی می‌کند، و روشی برای اولویت‌بندی مناطق مورد نظر برای مجهز شدن به پنل‌های فتولتاییک و تولید انرژی با هدف محرومیت‌زدایی ارائه می‌دهد.

۲- مطالعات موردی

توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش فقر در مناطق محروم به عنوان دغدغه‌ای جدی و عمومی در سراسر جهان شناخته می شود. بنابراین، تحقیقات فراوانی در زمینه استفاده از سلول‌های خورشیدی و تاثیر آن در کاهش فقر انجام شده است. پروژه‌هایی که با هدف تولید انرژی برای مناطق محروم و کمک به اقتصاد آن مناطق توسط تولید و فروش انرژی فعالیت می‌کنند، در این بخش دسته‌بندی می‌شوند. این پروژه‌ها در۳ دسته‌ی ۱- تولید انرژی برای مناطقی محروم از انرژی ۲- تولید انرژی و ایجاد کسب و کارهای مبتنی بر فروش آن برای مناطق محروم و ۳-تسهیلات مالی به خانواده‌های ساکن در مناطق محروم جهت تجهیز شدن به پنل‌های فتولتاییک و تولید انرژی، تقسیم‌بندی می‌شوند. مطالعات فراوانی در زمینه تولید انرژی برای مناطق محروم از انرژی، صورت گرفته است (جدول ۱-پ). از پروژه‌هایی که در دسته اول قرار می‌گیرند می‌توان به پروژه‌ی سیستم‌های فتوولتاییک خورشیدی کره جنوبی [۵]، پروژه شبکه روستایی مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر در اندونزی [۶]، بیومس[1] UNDP در بوسنی هرزگوین و همچنین پروژه‌ی بیومس مجارستان اشاره کرد. در پروژه شهر سئول کره جنوبی با هدف کاهش فقر انرژی، از سیستم‌های فتوولتاییک خورشیدی در آپارتمان‌های اجاره‌ای عمومی خانوارهای کم درآمد استفاده شده است [۵]. در پروژه اندونزی به دلیل عدم برق‌رسانی به مناطق دورافتاده به بررسی تاثیر شبکه روستایی مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته شده است که این تحقیق نشان می‌دهد بهره‌گیری از این فناوری نقش بسیار مهمی در حل مشکل فقر انرژی و همچنین کاهش فقر در مناطق دورافتاده اندونزی که به شبکه برق‌رسانی دسترسی ندارند، ایفا می‌کند [۶].

پروژه‌ی بیومس UNDP در بوسنی هرزگوین با هدف کم کردن تولید کربن‌دی‌اکسید و بهبود کیفیت زندگی از طریق تولید و استفاده از سوخت بیومس چوب برای مناطق جنگ زده و مناطقی که دسترسی به سوخت ندارند تعریف شد. همچنین پروژه‌ی بیومس مجارستان با هدف کمک به خانواده‌های فقیر روستایی برای تولید سوخت با کیفیت بهتر و قیمت کمتر برای فصول سرد و تامین انرژی مناطق محروم انجام شده است. این دو پروژه در دسته اول قرار می‌گیرند. لازم به ذکر است که رویکرد اجرایی پروژه‌ی بوسنی هرزگوین بالا به پایین و رویکرد پروژه‌ی مجارستان پایین به بالا است [۷].

در سال ۲۰۱۴، چین اجرای برنامه استراتژیک کاهش محرومیت با سلول‌های خورشیدی یا PPAP[2] را آغاز کرد که جهت فقرزدایی پایدار و بدون آلودگی در مناطق روستایی چین مورد استفاده قرار گرفت. این برنامه نه تنها منبع درآمدی جدید بدون آلودگی را برای خانوارهای محروم فراهم می کند، بلکه پذیرش انرژی پاک را برای بهبود محیط زیست ترویج می‌کند [۸]. این برنامه تاکنون در چهار سطح خانوار[3]، روستایی[4]، روستایی اشتراکی[5] و متمرکز[6] شکل گرفته است.

PPAP در سطح خانوار که می‌تواند در دسته بندی فوق در دسته ۱ و ۲ قرار گیرد، به شکل فتوولتائیک‌های خورشیدی توزیع شده[7] یا DSPV است که می‌توانند به سادگی در پشت بام‌های خصوصی یا در حیاط‌ها نصب شوند. مالکان می‌توانند برق تولید شده را مستقیماً مصرف کنند و برق اضافی را به شبکه برق بفروشند تا شرایط زندگی خود را بهبود ببخشند. سایر سه حالت به شکل فتوولتاییک خورشیدی بزرگ مقیاس[8] یا LSPV هستند و مطابق پروژه‌های دسته ۲، تمام الکتریسیته تولید شده به شبکه بازگردانده می‌شود. در سطح روستایی اشتراکی PPAP[9]، حق مالکیت متعلق به دولت‌های محلی است و درآمدهای ایجاد شده ابتدا بین خانوارهای محروم مربوطه توزیع می‌شود و مازاد درآمد، توسط دولت‌های محلی برای استفاده در آینده ذخیره می شود [۹].

پروژه‌ی SEPAP در چین با هدف کاهش فقر انجام شده است می‌تواند در دسته بندی دوم پروژه های فعال در بخش محرومیت زدایی در بخش انرژی قرار گیرد. در این پروژه دولت در نظر دارد که تا سال ۲۰۲۰ مقدار ۱۰ گیگاوات انرژی حاصل از نیروگاه‌های خورشیدی را برای ۲ میلیون نفر از شهروندان مناطق محروم با هدف کاهش فقر و درآمدزایی تولید و بهره‌برداری

1. Biomass UNDP
2. Photovoltaic Poverty Alleviation Project
3. Household level
4. Village level
5. Jointly-village level
6. Centralized level
7. Distributed solar photovoltaics
8. Large-scale solar photovoltaics
9. PV-based Poverty Reduction Program

کند. این برنامه با هدف افزایش درآمد افراد محروم و از کارافتادگان در ۳۵۰۰۰۰ روستا اجرا می‌شود و برای یک خانواده‌ی ۵ نفری، افزایش درآمدی تا ۱۰ درصد پیش‌بینی شده است [۱۰].

رومانی راه حلی متشکل از یارانه‌های دولتی برای خرید سیستم‌های پنل خورشیدی، انرژی زمین گرمایی و همچنین انرژی باد برای خانوارها اتخاذ کرده است. این مثال، نشان دهنده حمایت از سرمایه‌گذاری از محل بودجه عمومی است، که از یک سو به عنوان اقداماتی برای کاهش فقر انرژی و از سوی دیگر کاهش آلودگی تلقی می‌شود و نمونه‌ای از دسته سوم پروژه‌های کاهش فقر است [۱۱].

اکثر پروژهای انجام شده در ایران می‌توانند در دسته بندی سوم قرارگیرند. کسب وکارها و مصوبات دولتی در این بخش بیشتر در جهت اهداء تسهیلات و کمک هزینه برنامه‌ریزی شده‌اند. به عنوان نمونه‌های انجام شده در ایران در این بخش، می‌توان به طرح برکت آفتاب در سال ۲۰۱۴ با هدف مجهز کردن خانه‌های افراد محروم و تحت پوشش کمیته امداد امام خمینی اشاره کرد. در این پروژه اهداء وام از طریق بانک‌های مورد تایید وزارت نیرو و بازپرداخت آن در طی ۴ سال با بهره‌ی کم در نظر گرفته شده بود. در این طرح طبق گزارش‌های موجود، ۱۰۰۰ خانه به پنل‌های فتوولتاییک ۵ کیلوواتی مجهز شده‌اند و درآمد هر خانوار در سال ۲۰۱۹ تا ماهانه ۲.۵ میلیون تومان گزارش شده است. طرح جهاد روشنایی نیز یکی از طرح‌هایی است که با الهام از طرح برکت آفتاب اجرایی شده است. این پروژه با هدف احداث ۱۰۰ هزار نیروگاه کوچک خورشیدی با کمک مجلس شورای اسلامی و کمیته امداد امام خمینی و سازمان برنامه و بودجه برنامه‌ریزی شد که به دلیل مشکلات اقتصادی توافق نامه‌ای برای ۲۰ هزار نیروگاه بین سازمان‌های گفته شده امضا شده است. این طرح در استان‌های خراسان رضوی، اصفهان، اردبیل و همدان در حال اجراست [۱۳،۱۲]. از طرفی طرحی تشویقی برای به کارگیری مولدهای فتولتاییک توسط شرکت برق ایران در دست اجراست. این طرح با نام طرح برق امید در تلاش است که با اعطاء وام برای نیروگاه ۶۰۰ کیلوواتی، فرهنگ استفاده از پنل های فتولتاییک را گسترش دهد و مشترکین را تشویق به تولید و مصرف انرژی های تجدیدپذیر کند. از طرفی اهدای تخفیف‌های تا ۱۰۰ درصد به مشترکین با مصرف کم، این طرح را به طرحی جدی تر در جهت فرهنگ سازی در بخش انرژی تبدیل کرده است [۱۴]. از دیگر پروژه‌ها می‌توان به تعاونی انرژی‌های تجدیدپذیر پیشگامان اشاره کرد که مقید به اجرای مسئولیت‌های اجتماعی و منفعت جمعی است. این تعاونی در بخش انرژی با اهداف استقلال انرژی در بخش خانگی (تامین چرخه‌ی انرژی پیوسته و پایدار) و راه اندازی سیستم‌های پایش هوشمند انرژی در سیستم‌های تولیدی از منابع تجدیدپذیر تاسیس شده است و در سال اول با هدف‌گذاری تجهیز ۱۰۰۰ خانه و ۱۰۰۰۰ خانه در سه سال بعدی می‌باشد. این تعاونی در سال ۲۰۱۷ طرح بام به بام [۱۵] را اجرا کرد که در آن بخشی از هزینه تجهیز بام یک خانه با پنل‌های فتوولتاییک توسط مالک خانه پرداخت شده و ماهانه مبلغی به عنوان سود از طرف تعاونی توسط مالک دریافت می‌شد. علاوه بر این شرکت‌کنندگان در این طرح می‌توانستند بخشی از سهام را با پرداخت اولیه‌ی خود و نه هزینه‌ی اضافه خریداری کنند که این طرح را بیش از پیش سودآور می‌کرد. البته این طرح برای تمامی مناطق در نظر گرفته شده بود و صرفا برای مناطق محروم نبود.

با بررسی پروژه‌های انجام شده در ایران و بررسی گزارش‌های نهایی آن‌ها می‌توان به اجرایی شدن بیشتر و موثرتر پروژه‌ها مبتنی بر فقرزدایی به کمک تولید و فروش انرژی با استفاده از پنل‌های فتوولتائیک امیدوار بود ولی باید به این موضوع توجه داشت که وجود سازوکاری صحیح در جهت اولویت‌بندی مناطق دارای پتانسیل در گزارش‌های پروژه‌های انجام شده در هاله‌ای از ابهام است.

۳- روش شناسی

در این پژوهش با توجه به داده‌های جمع آوری شده دو فاکتور شاخص محرومیت و میزان پتانسیل در نصب پنل‌های فتولتاییک برای اولویت‌بندی اولیه مناطق در نظر گرفته شده‌اند؛ به نحوی که روستاهایی که پتانسیل تولید انرژی بیشتر و محرومیت بیشتری دارند در اولویت‌های بالاتر قرار گیرند. روش به‌کارگرفته شده در این پژوهش استفاده از یکی از الگوریتم‌های یادگیری ماشین بدون نظارت به نام کی-میانگین[1] است که کمک می‌کند مناطقی که دارای ویژگی شبیه به هم هستند در یک خوشه قرارگرفته و فرآیند تصمیم گیری در مورد اولویت‌بندی آن‌ها را سرعت بخشد. این الگوریتم با دید کامل به دو ویژگی اصلی گفته شده می‌تواند دید مناسبی نسبت به مناطق محروم و تصمیم‌گیری در مورد اولویت آن‌ها به ما بدهد؛ بنابراین جمع آوری داده‌های مورد نیاز در قدم اول و به کارگیری الگوریتم در قدم دوم دو اقدام اصلی جهت رسیدن به اولویت بندی درست مناطق محروم است. از این رو روش این تحقیق شامل ۴ مرحله است که شامل ۱) تطابق نقشه محرومیت و نقشه‌ی پتانسیل نصب پنل‌های فتولتاییک برای پیدا کردن نقاط محروم با پتانسیل بالا ۲) تعیین میزان تولید انرژی با پنل‌های فتوولتاییک در نقاط انتخاب شده ۳) توصیف داده‌های به دست آمده و ۴) طراحی مدل یادگیری ماشین نظارت نشده، است.

۳-۱- تطابق اطلس محرومیت و نقشه ی پتانسبل نصب پنل های فتولتاییک

اطلس محرومیت ایران [۱۶] نقشه‌ای با سطح بندی محرومیت روستاهای ایران است که آن‌ها را به ۶ بخش (محرومیت بسیار زیاد-محرومیت زیاد-محرومیت متوسط-محرومیت کم-محرومیت خیلی کم-کمترین میزان محرومیت) تقسیم می‌کند. با تطابق این نقشه با نقشه‌ی پتانسیل مناطق ایران برای نصب پنل های فتوولتاییک و تولید انرژی می‌توان به صورت شهودی پتانسیل این مناطق را در تولید انرژی سنجید.

۳-۲- تعیین میزان تولید انرژی با فتوولتاییک در نقاط انتخاب شده

همانطور که گفته شد با توجه به اطلس محرومیت تعداد ۷۹ بخش با محرومیت بسیار زیاد و محرومیت زیاد انتخاب شدند. این مناطق در اطلس محرومیت با شاخص ترکیبی محرومیت شناسایی شده‌اند. منظور از این شاخص امتیاز ترکیبی از محرومیت بخش‌های اقتصادی-فرهنگی-اجتماعی منطقه است که توسط سازمان‌های مربوطه محاسبه شده است. هدف این پژوهش بررسی مناطق با محرومیت بسیار زیاد و زیاد است. تعداد ۱۰ بخش از این ۷۹ بخش مناطق بسیار محروم با شاخص ۰.۴-۰.۶ که ۱.۸ درصد از بخش های محروم کشور را در بر می‌گیرد و تعداد ۶۹ عدد از آن‌ها مناطق با محرومیت زیاد با شاخص ۰.۶-۰.۸ بودند که ۱۲.۲ درصد از کل مناطق بررسی شده را در بر می‌گیرد. سپس با استفاده از گوگل مپ [۱۷] موقعیت هرکدام از آن‌ها شناسایی شد و مراکز این بخش‌ها یا یکی از روستاهای آن‌ها مکان‌یابی شدند. برای دست‌یابی به میزان تولید انرژی از یک نیروگاه ۵ کیلوواتی و یک مگاواتی مکان‌هایی انتخاب شد که نزدیک به مناطق مسکونی باشند(چراکه نیروگاه‌های ۵ کیلوواتی خانگی هستند) و همچنین در

1. K-Means

زمین‌های بایر آن مناطق قرار گرفته باشد (برای احداث نیروگاه های بزرگ یک مگاواتی). سپس مختصات این محل‌ها در نرم افزار تحت وب گلوبال سولارتیس[1] [۱۸] وارد شد و میزان تولید انرژی از هر یک از نیروگاه‌ها برای هر مختصات سنجیده شد. جدول ۱-پ در پیوست نشان‌دهنده‌ی داده‌های استخراج شده از این روند هستند.

۳-۳- توصیف داده‌ها

داده‌های به‌دست آمده از مرحله‌ی قبل به صورت نمودار پراکندگی با محور x (شاخص محرومیت) و محورy (میزان تولید برق از پنل‌های فتولتاییک کیلووات) برای بدست آوردن دید بهتر نسبت به داده‌ها نشان داده شده‌اند. همچنین، قبل از اجرای خوشه بندی و در مرحله‌ی پیش پردازش به دلیل اینکه مقیاس شاخص محرومیت و تولید انرژی یکسان نبود و برای یکسان کردن بزرگی آن ها، داده‌ها در هر ستون به صورت استاندارد درآمدند. رابطه ۱ نشانگر نحوه استاندارد کردن است. که در آن X داده‌ایام و به ترتیب μ میانگین و S انحراف از معیار می‌باشد.

$$x_{\text{new}} = \frac{x_i - \mu}{s} \qquad (۱)$$

۳-۴- طراحی مدل یادگیری ماشین نظارت نشده برای دسته‌بندی و اولویت‌بندی مناطق

به دلیل وجود دو فاکتور شاخص فقر و شاخص میزان تولید انرژی توسط سلول‌های فتوولتاییک در این پژوهش راهکاری انتخاب شد که با توجه به هر دو عامل، ویژگی‌های پنهان مناطق موجود شناسایی شود. در واقع هدف، شناسایی مناطق مشابه و اولویت‌بندی برای اجرای سیاست‌های مربوط به فقرزدایی توسط پنل‌های فتوولتاییک بود.

۳-۴-۱- خوشه بندی

خوشه‌بندی یکی از رویکردهای یادگیری ماشین بدون ناظر و برای دسته‌بندی (به کمک یکی از معیارهای شباهت مثل فاصله‌ی اقلیسی) داده‌هایی است که بیش از یک بعد دارند. از کاربردهای آن می‌توان به شناسایی الگوهای پنهان در داده‌ها استفاده کرد [۱۹،۲۰]. در واقع منظور از خوشه مجموعه‌ای است که یک الگوی مشابه درونی داشته باشد و با سایر الگوها متفاوت باشد [۲۱]. در خوشه‌بندی، داده‌های هر خوشه می‌تواند با مرکز خوشه معرفی شوند و ویژگی‌های مرکز خوشه به آن‌ها تعمیم پیدا می‌کند [۲۲]. شروطی که برای خوشه‌بندی لازم است اجرا شود شامل ۳ مورد است: ۱-اجتماع خوشه‌ها باید برابر با مجموعه‌ی اصلی شود. ۲-هر خوشه باید حداقل یک عضو داشته باشد. ۳-هر داده باید فقط و فقط به یک خوشه تعلق داشته باشد (در کلاستریک هارد) البته در بعضی از منابع به این نکته اشاره شده است که حداقل تعداد قابل قبول داده در هر خوشه باید ۴ عدد باشد که آن خوشه معنادار باشد [۲۳]. روش‌های خوشه‌بندی به دو دسته‌ی سلسله مراتبی و پارتیشن‌بندی تقسیم می‌شوند [۲۴]. در خوشه‌بندی سلسله مراتبی احتیاجی نیست که تعداد خوشه‌ها مشخص باشد؛ چرا که در این روش تعداد خوشه‌ها از یک تا تعداد نمونه قابل تغییر است و مقدار مشخصی برای تعداد بهینه‌ی خوشه‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. در روش افرازی[2]، داده‌ها در تعداد دسته‌های مشخص و معلومی دسته بندی می‌شوند. در واقع در این روش الگوریتم‌ها در تلاشند تا با بهره‌گیری از حداقل کردن معیارهایی مثل میانگین مربعات خطا و با کمک بهینه‌سازی خوشه‌بندی را انجام دهند [۲۵]. الگوریتم‌های کی-میانگین و کی-موید[3] از این نوع هستند.

۳-۴-۲- خوشه‌بندی کی-میانگین

خوشه‌بندی کی-میانگین یکی از معروف‌ترین و شناخته‌شده‌ترین روش‌های خوشه‌بندی است [۲۶]. در این الگوریتم در ابتدا فاصله‌ی هر داده از مراکز دسته‌ی اولیه پیدا می‌شود و داده‌ها در خوشه‌های اولیه قرار می‌گیرند. سپس این عمل آن‌قدر تکرار می‌شود که تغییری در اعضای خوشه‌های ساخته شده ایجاد نشود. فرمول الگوریتم کی-میانگین با درنظرگرفتن فاصله‌ی اقلیدسی مطابق با رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$J_{K-means} = \sum_{k=1}^{K} \sum_{x_i \in C_k} ||x_i - \mu_k||^2 \qquad (۲)$$

در این رابطه k داده موجود در خوشه و μ میانگین خوشه‌ی مربوط است.برای پیدا کردن تعداد بهینه‌ی خوشه ها یکی از روش‌ها استفاده از نمودار آرنجی[4] است. در واقع این نمودار میزان مجموع مجذور فاصله‌های نقاط از مرکز دسته‌هایشان را نشان می‌دهد. اگر این مقدار کم شود به معنی این است هر خوشه به سمت همگرایی بیشتر می‌رود. زمانی که خوشه‌ها کمتر از میزان قابل قبول باشد، شیب نمودار نزولی و با سرعت بیشتری کاهش می‌یابد و زمانی که میزان خوشه‌ها از تعداد قابل قبول بیشتر باشد، این نمودار همچنان نزولی است ولی با شیب کمتری کاهش می‌یابد [۲۷].

۳-۴-۳- ارزیابی خوشه‌ها

برای اینکه خوشه‌های ساخته شده توسط الگوریتم کی-میانگین ارزیابی شوند و تفاوت آن ها از هم به صورت آماری تایید شود، می‌توان از آزمون آنووا[5] و معادل ناپارامتری آن کروسکال والیس[6] برای مقایسه‌ی خوشه ها و تایید تفاوت معنی‌دار بین آن‌ها استفاده کرد. این آزمون‌ها جهت بررسی تفاوت‌های گروه‌های مختلف آماری در یک موضوع خاص استفاده می‌شوند و به کمک شاخص پی[7] می‌توان از معناداری گروه‌های مختلف اطمینان حاصل کرد. نتیجه‌ی شاخص پی در این آزمون حتی اگر یکی از گروه‌ها با سایر گروه‌ها تفاوت معنی داری داشته باشد، زیر ۰.۰۵ خواهد شد؛ بنابراین برای اینکه به صورت دقیق‌تر تفاوت خوشه‌ها را در گروه‌ها بررسی کنیم از آزمون‌های توکی پست هاک[8] و دانز[9] استفاده شده است [۲۸]. به همین دلیل ابتدا نرمالیتی داده‌ها توسط آزمون کای دو اسکور سنجیده شد. شاخص تولید انرژی نرمال است ولی شاخص محرومیت از یک توزیع نرمال پیروی نمی‌کند. بنابراین برای تعیین تفاوت خوشه‌ها در شاخص تولید انرژی از آزمون آنووا و توکی پست هاک و برای تعیین تفاوت معنی‌دار در شاخص فقر از آزمون کروسکال والیس و دانز استفاده شده است.

۴- یافته‌ها

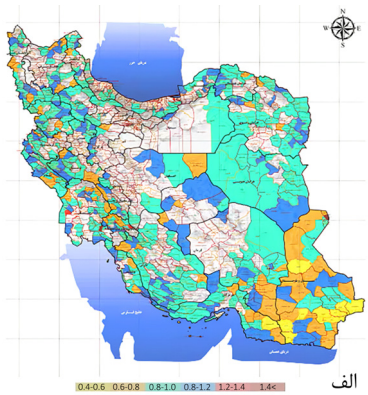
۴-۱- تطابق اطلس محرومیت و نقشه ی پتانسیل مناطق ایران در بحث فتولتاییک

با بررسی نقشه‌ی جی آی اس[10] [۲۹] ایران طی سال‌های ۱۹۹۹-۲۰۱۵ می‌توان پتانسیل بالای کشور در بخش تولید انرژی برق از طریق پنل‌های

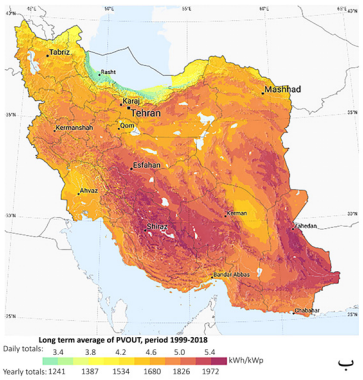
1. GlobalSolartis
2. partitional
3. K-Moid
4. Elbow
5. ANOVA
6. Kruskal Wallis
7. P-value
8. Tukey POST HUC
9. DUNN'S
1. GIS

فتوولتاییک را دریافت. مناطق جنوبی ایران بیشترین پتانسیل برای سرمایه‌گذاری در بحث پنل‌های فتوولتاییک و مناطق شمالی مناطقی نسبتا خوب برای این امر هستند [۳۰].

همانطور که در شکل ۱-الف مشخص است در برخی از نقاط سیستان بالاترین حد دریافت تابش آفتاب اتفاق می‌افتد همچنین در تحقیقات مختلف هم از جمله [۳۱]، مشخص شد که استان‌های فارس و سیستان بلوچستان از نظر شاخص‌های فنی و تابش آفتاب و ویژگی‌های جغرافیایی و اقتصادی منطقه‌ی مناسبی برای نصب پنل‌های فتوولتاییک هستند. همچنین مطابق اطلس مناطق محروم ایران که در سال ۱۳۹۱ تدوین شده است، شکل ۱-ب بیشتر مناطق جنوب شرقی ایران و بخش‌های جنوبی آن دارای محرومیت زیاد و قابل توجهی هستند. مناطق زرد با بیشترین محرومیت (با شاخص ۰.۴-۰.۶) ۱.۸ درصد، مناطق نارنجی (با شاخص ۰.۶-۰.۸) ۱۲.۲ درصد، مناطق سبز (با شاخص ۰.۸-۱)۶۳.۱ درصد، مناطق آبی (با شاخص ۱-۱.۲) ۲۱.۶ درصد، مناطق قرمز (با شاخص۱.۲-۱.۴) ۰.۷ درصد و مناطق زرشکی با کمترین محرومیت با شاخص (۱.۴<) ۰.۵ درصد از مناطق را به خود اختصاص داده اند [۱۶]. اکثر مناطق محروم همانطور که از شکل ۱ پیداست متوجه بخش جنوب شرقی است و این مناطق شامل بخش زیادی از استان سیستان و بلوچستان است.



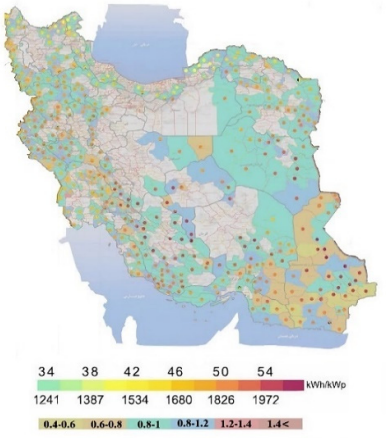
الف



ب

شکل ۱ الف) نقشه‌ی پتانسیل مناطق مختلف ایران در تولید انرژی از پنل های فتوولتاییک ب) نقشه ی محرومیت مناطق مختلف ایران

در شکل ۲ که حاصل برآیند دو نقشه‌ی پیشین است، می‌توان پتانسیل هر یک از مناطق محروم را در بحث تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از طریق پنل‌های فتوولتاییک مشاهده کرد. با یک نگاه اجمالی به حاصل ترکیب این دو نقشه می‌توان مناطقی را یافت که در محرومیت کامل به سر می‌برند ولی از نظر پتانسیل تولید انرژی از پنل‌های فتوولتاییک جزو مناطق بسیار جذاب برای تولید انرژی توسط پنل‌های خورشیدی در دنیا هستند. درواقع با رتبه بندی این مناطق با توجه به پتانسیل میزان دریافت تابش و میزان محرومیت آن منطقه، اولویت آن مشخص می‌شود.

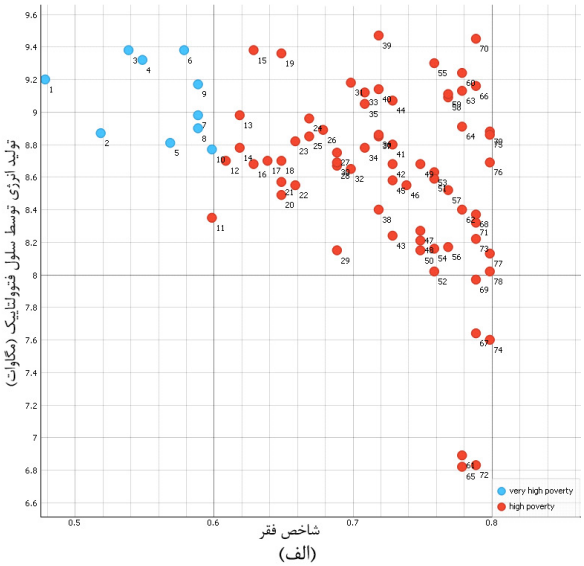


شکل ۲ تطابق اطلس محرومیت و نقشه‌ی پتانسیل تولید انرژی به کمک پنل‌های فتوولتاییک

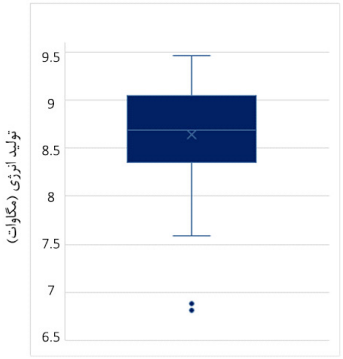
۴-۲- توصیف داده ها تولید انرژی و میزان محرومیت

بعد از شناسایی مناطق و پتانسیل آن‌ها برای تولید انرژی از پنل‌های خورشیدی می‌توان به پتانسیل مناطق محروم ایران در این بخش پی برد. در شکل (۳-الف) محور x شاخص میزان محرومیت و محورy میزان تولید انرژی توسط پنل‌های فتوولتاییک توسط آن منطقه است. هرچه به سمت بالا و چپ این نمودار میرویم میزان محرومیت و پتانسیل تولید انرژی بیشتر میشود. می‌توان دریافت که تمامی مناطق با محرومیت بسیار زیاد در این بخش قرار گرفته اند(نقطه های ابی رنگ). همچنین درآمد یک خانوار از یک نیروگاه ۵۰ متری ۵ کیلو واتی در محروم ترین بخش ایران طبق محاسبات و تعرفه ی فروش برق ارائه شده توسط اداره‌ی برق ایران به میزان هر کیلووات ۱۴۵۶۰ ریال به میزان۱۳۳,۷۷۷,۲۸۰.۰۰ می‌باشد. یعنی ماهانه چیزی ببیش از یک میلیون تومان. با توجه به اینکه یارانه ی یک خانوار طبق گزارش سازمان هدفمند سازی یارانه ها [۳۲] خانواده های یک نفره ۵۵ هزار تومان، خانواده های دو نفره ۱۰۳ هزار تومان، خانواده های سه نفره ۱۳۸ هزار تومان، خانواده های چهار نفره ۱۷۲ هزار تومان و خانواده های پنج نفره و بیشتر ۲۰۵ هزار تومان است در واقع ۶ برابر میزان یارانه دریافتی می‌توان به یک خانواده ی ۴ نفره کمک کرد. علاوه بر میزان تولید قابل توجه ۹.۱ مگاوات در سال که باتوجه به آمار ارائه شده سرانه‌ی انرژی هر نفر در سال حدود ۲۸۴۹.۹۴ کیلووات ساعت در ایران است و این به معنی تولید برق برای ۳ نفر به طور متوسط توسط یک خانه و در یک سال است. با بررسی نمودارهای جعبه ای متوجه وجود برخی داده‌های پرت در تولید انرژی(شکل ۳-ب) وشاخص محرومیت (شکل ۳-ج) می‌شویم.

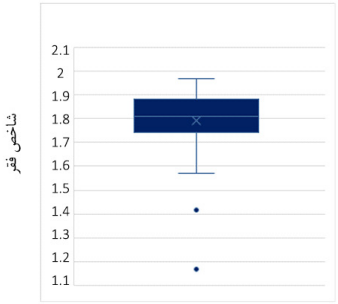
این داده‌ها مربوط به روستاهای گرمادوز، دهستان ،آبش احمد و منجوان است. این داده ها از تحلیل‌های آتی حذف شدند تا بر نتایج خوشه بندی تاثیر نگذارند.



(الف)



(ب)

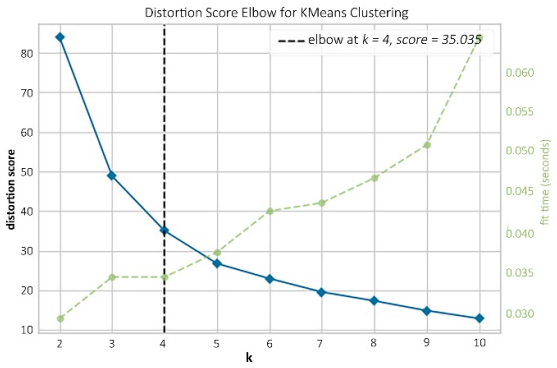


(ج)

شکل ۳ الف) توصیف ارتباط داده‌های میزان محرومیت و پتانسیل تولید انرژی
ب) توزیع داده‌ها در تولید انرژی
ج)توزیع داده‌ها در شاخص فقر

۴-۳- پیدا کردن تعداد بهینه ی خوشه

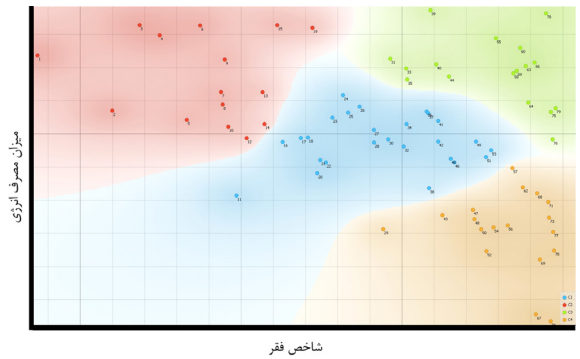
نمودار آرنجی شکل ۴ توسط کتابخانه‌ی یلوبریک[1] در پایتون پیاده‌سازی شده و تعداد بهینه‌ی ۴ خوشه برای آن انتخاب شده است. منظور از امتیاز[2] در این نمودار همان مجموع مجذور هر نقطه از مرکز دسته‌ی قرار گرفته در آن است [۳۳].



شکل ۴ تعداد بهینه ی خوشه ها با استفاده از نمودار آرنجی

۴-۴- اجرای الگوریتم خوشه‌بندی کی-میانگین

بعد از یافتن مقدار قابل قبول خوشه‌ها به کمک الگوریتم کی-میانگین می‌توان دسته‌بندی روستاها را بر اساس میزان محرومیت و میزان تولید برق از پنل‌های فتوولتاییک در شکل ۵ مشاهده کرد. همانطور که در شکل ۵ مشخص است، داده‌ها به ۴ دسته بر اساس میزان محرومیت و میزان تولید انرژی از پنل‌های فتولتاییک تقسیم شده‌اند. سیاست‌گذاری‌ها و اولویت‌هایی که در بخش‌های بعدی برای روستاها در نظر گرفته می‌شود، تماما بر اساس خوشه‌بندی انجام گرفته توسط الگوریتم بدون نظارت یادگیری ماشین کی-میانگین در این قسمت است.



شکل ۵ خوشه بندی روستاهای مورد نظر توسط دو شاخص تولید انرژی و محرومیت

۴-۵- ارزیابی خوشه ها توسط آزمون آنالیز واریانس و کروسکال والیس

ارزیابی خوشه‌ها برای اطمینان از استقلال خوشه‌ها از هم برای اجرای سیاست‌های مخصوص هر خوشه و اولویت‌بندی لازم و ضروری است. بنابراین در این بخش نتایج حاصل از ارزیابی خوشه‌ها و ارزیابی استقلال آن‌ها از هم بررسی شده است.

۴-۵-۱- ارزیابی خوشه ها توسط آزمون کروسکال والیس و دانز در شاخص فقر

با توجه به آزمون کروسکال والیس در جدول ۱ این ۴ خوشه در شاخص فقر تفاوت معنی داری از هم دارند. جدول ۲ نشان می‌دهد که روستاهای قرار گرفته در حداقل یکی از خوشه‌ها از روستاهای قرار گرفته در سایر خوشه‌ها میزان محرومیت متفاوتی دارد که می‌تواند بیشتر یا کمتر باشد و این تفاوت

1. Yellow Brick
2. Score

از نظر آماری معنی‌دار است (sig<۰.۰۵). در جدول ۱ نتایج آزمون کرکسال والیس برای ۴ خوشه در نرم افزار SPSS گزارش شده است.

جدول ۱ رتبه بندی توسط آزمون کروسکال والیس

خوشه	تعداد	رتبه میانگین
۱.۰۰	۲۶	۳۱.۲۳
۲.۰۰	۱۵	۸.۵۳
۳.۰۰	۱۷	۵۴.۸۲
۴.۰۰	۱۸	۵۸.۵۶
جمع کل	۷۶	

جدول ۲ معنی داری کروسکال والیس

نتیجه آزمون ویلکاکسون	شاخص محرومیت
خی-۲	۵۴.۵۷۴
درجه آزادی	۳
معنی‌داری (sig)	۰۰۰.

نکته‌ی مهم در خوشه‌بندی این روستاها اطمینان از تفاوت تمامی خوشه‌ها با یکدیگر برای تصمیم‌گیری خاص برای هر خوشه است. در آزمون کروسکال والیس حتی اگر یکی از خوشه‌ها با سایر آن‌ها تفاوت معنی‌داری داشته باشد این آزمون معنی‌دار می‌شود. بنابراین باتوجه به نتایج آزمون دانز میتوان از تفاوت دو به دوی خوشه‌ها از یکدیگر اطمینان حاصل کرد. با بررسی دو به دو خوشه‌ها به کمک آزمون دانز می‌توان دریافت که در تمامی خوشه‌ها به جز خوشه های ۳و۴ در متغیر فقر تفاوت معنی‌داری وجود دارد. این به این معناست که روستاهایی که در خوشه‌های ۳ و ۴ قرار گرفته‌اند، در میزان محرومیت در یک سطح قرار دارند و تفاوتی از نظر محرومیت با یکدیگر ندارند بنابراین شاخصی که در میزان اولویت بندی این دو خوشه نسبت به هم مهم تلقی می‌شود، میزان پتانسیل تولید انرژی از پنل‌های فتوولتاییک است. در نتیجه در مورد روستاهای خوشه‌های ۳ و۴، روستاهای خوشه‌ای که میزان پتانسیل تولید انرژی بیشتری داشته باشد در اولویت بالاتری قرار می‌گیرد. جدول ۳ نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار دو به دو بین خوشه‌های ساخته شده است.

جدول ۳ آزمون دانز برای بررسی تفاوت معنی دار دو به دوی خوشه‌ها

خوشه A- خوشه B	آماره آزمون	انحراف معیار	معنی‌داری
۱_۲	۲۲.۶۹۷	۷.۱۶	۰.۰۰۲
۳_۲	-۴۶.۲۹	۷.۸۲	۰
۴_۲	-۵۰.۰۲۲	۷.۷۲	۰
۳_۱	-۲۳.۵۹	۶.۸۸	۰.۰۰۱
۴_۱	-۲۷.۳۲۵	۶.۷۷	۰
۴_۳	-۳.۷۳	۷.۴۶	۰.۶۱۷

۴-۵-۲- ارزیابی خوشه‌ها توسط آزمون آنالیز واریانس و آزمون تعقیبی آنالیز واریانس (توکی) در شاخص تولید انرژی

با توجه به آزمون آنالیز واریانس در جدول ۴، این ۴ خوشه در شاخص تولید انرژی تفاوت معنی‌داری از هم دارند؛ به این معنی که حداقل یکی از خوشه ها در بحث تولید انرژی از پنل‌های فتولتاییک از سایر خوشه‌ها متفاوت است و این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار است (sig<۰.۰۵). در جدول ۴ نتایج آزمون برای ۴ خوشه در نرم افزار SPSS گزارش شده است. برای اثبات مستقل بودن خوشه‌ها و تفاوت داشتن آن‌ها با یکدیگر در بحث تولید انرژی از پنل‌های فتوولتاییک، تفاوت آن‌ها دو به دو توسط آزمون توکی پست هاک سنجیده شد.

جدول ۴ معنی داری آنالیز واریانس

آزمون آنالیز واریانس	مجموع مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات /درجه آرادی	آماره آزمون فیشر	معنی‌داری (sig)
بین گروه‌ها	۱۰.۴۱۷	۳	۳.۴۷۲	۸۱.۴۸۳	۰۰۰.
درون گروه‌ها	۳.۰۶۸	۷۲	۰.۰۴۳		
کل	۱۳.۴۸۶	۷۵			

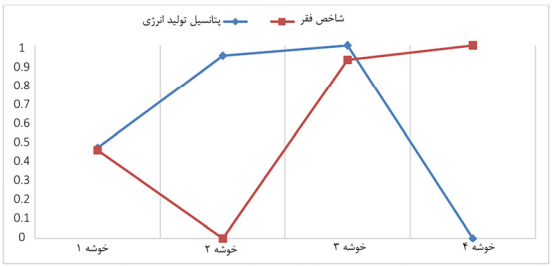
با بررسی دو به دو خوشه‌ها به کمک آزمون توکی پست هاک می‌توان دریافت که در تمامی خوشه‌ها و در متغیر PV تفاوت معنی‌داری وجود دارد به جز خوشه‌های ۲ و ۳. بنابراین در اولویت‌بندی روستاهای خوشه‌های ۲ و ۳ می‌توان میزان تولید انرژی را یکسان در نظر گرفت و اولویت‌بندی را بر اساس شاخص محرومیت انجام داد؛ به این معنی که در میان خوشه های ۲ و ۳ هر خوشه‌ای که میزان محرومیت بالاتر داشت دارای اولویت بالاتر برای نصب پنل‌های فتولتاییک جهت محرومیت زدایی است. جداول زیر نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار دو به دو بین خوشه‌های ساخته شده است.

جدول ۵ آزمون تو کی برای بررسی تفاوت بین دو به دو خوشه ها

خوشه ا	خوشه ل	میانگین اختلاف ا و ل	انحراف معیار	معنی‌داری
۱.۰۰	۲.۰۰	*-.۳۸۳۴۵	۰.۰۶۶۹۳	۰.۰۰۰
	۳.۰۰	*-.۴۲۷۸۹	۰.۰۶۴۳۹	۰.۰۰۰
	۴.۰۰	*۰.۵۳۹۷۴	۰.۰۶۳۳۰	۰.۰۰۰
۲.۰۰	۱.۰۰	*۰.۳۸۳۴۵	۰.۰۶۶۹۳	۰.۰۰۰
	۳.۰۰	-۰.۰۴۴۴۴	۰.۰۷۳۱۳	۰.۹۲۹
	۴.۰۰	*۰.۹۲۳۱۹	۰.۰۷۲۱۷	۰.۰۰۰
۳.۰۰	۱.۰۰	*۰.۴۲۷۹۸	۰.۰۶۴۳۹	۰.۰۰۰
	۲.۰۰	۰.۰۴۴۴۴	۰.۰۷۳۱۳	۰.۹۲۹
	۴.۰۰	*۰.۹۶۷۶۲	۰۶۹۸۲.	۰.۰۰۰
۴.۰۰	۱.۰۰	*-۰.۵۳۹۷۴	۰.۰۶۳۳۰	۰.۰۰۰
	۲.۰۰	*-۰.۹۲۳۱۹	۰.۰۷۲۱۷	۰.۰۰۰
	۳.۰۰	*-۰.۹۶۷۶۲	۰.۰۶۹۸۲	۰.۰۰۰

۴-۶- اولویت‌بندی روستاها

در انتها با توجه به خوشه‌بندی انجام شده توسط الگوریتم کی-میانگین و وضعیت هر خوشه در دو شاخص فقر و تولید انرژی، می‌توان به هر خوشه یک اولویت برای نصب پنل‌های فتوولتاییک برای تولید انرژی و ایجاد درآمد برای خانوارها اختصاص داد. در شکل ۶ میانگین هر خوشه در هر دو شاخص در بازه‌ی ۰ تا ۱ برای آسان‌تر شدن تحلیل قرار گرفته است.



شکل ۶ میانگین مشخصات هر خوشه در هر شاخص به صورت استاندارد شده

همانطور که گفته شد با توجه به آزمون انجام شده دانز و توکی پست هاک در بخش قبلی می‌توان با دید بازتری اولویت بندی را بین این دسته از روستاها انجام داد. برای مثال در خوشه‌ی ۳ میزان تولید انرژی بیشتری از خوشه‌ی ۲ وجود دارد؛ اما به طور کلی و طبق آماره‌ی آزمون، این دو بخش تفاوت معنی‌داری در رابطه با تولید انرژی ندارند. با این حال در رابطه با فقر این امر مشهود است که روستاهای خوشه‌ی ۲ فقیرتر هستند. بنابراین اولویت اول می‌تواند با مناطق روستاهای ۲ باشد. میانگین تولید انرژی در این بخش ۹.۰۵۴ مگاوات در سال برای یک نیروگاه ۵ کیلوواتی با انحراف معیار ۰.۲۵ مگاوات است.

در اولویت بعدی خوشه‌ی شماره‌ی ۳ قرار می‌گیرد که میزان تولید انرژی قابل توجهی نسبت به ۳ خوشه‌ی دیگر دارد و با اینکه روستاهای این خوشه میزان فقر کمتری نسبت به خوشه‌ی ۱ دارند اما پتانسیل تولید انرژی و درآمد زایی آن‌ها نسبت به خوشه‌ی ۱ قابل توجه است. میانگین تولید انرژی این خوشه از یک نیروگاه ۵ کیلوواتی، سالیانه ۹.۰۹۹ مگاوات با انحراف معیار۰.۲ مگاوات است. در اولویت بعدی همانگونه که پیداست خوشه‌ی ۱ با میانگین تولید انرژی سالیانه ۸.۶۷ مگاوات و انحراف معیار ۰.۱۴ قرار می‌گیرد. خوشه‌ی نهایی خوشه‌ی ۴ با میانگین تولید برق ۸.۱۳ مگاوات و انحراف معیار ۰.۲۳۵ است. در جدول ۶ میانگین و انحراف معیار هر خوشه قابل مشاهده است.

جدول ۶ مشخصات خوشه‌ها

	خوشه	N	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
	PV_5	۲۶	۸.۳۴	۸.۹۵	۸.۶۷۱۳	۰.۱۴۹۱۸
۱	POVERTY	۲۶	۰.۶	۰.۷۶	۰.۶۹۱۲	۰.۰۴۲۲۲
	PV_1mg	۲۶	۱.۷۵	۱.۸۷	۱.۸۰۵۵	۰.۰۳۲۲۷
	PV_5	۱۵	۸.۶۹	۹.۳۷	۹.۰۵۴۸	۰.۲۵۷۵۴
۲	POVERTY	۱۵	۰.۴۸	۰.۶۵	۰.۵۸۱۹	۰.۰۴۴
	PV_1mg	۱۵	۱.۸۱	۱.۹۶	۱.۸۸۶۹	۰.۰۵۳۶۲
	PV_5	۱۷	۸.۶۸	۹.۴۶	۹.۰۹۹۲	۰.۲۰۰۵۸
۳	POVERTY	۱۷	۰.۷	۰.۸	۰.۷۵۹۳	۰.۰۳۶۰۸
	PV_1mg	۱۷	۱.۸	۱.۹۷	۱.۸۹۲۶	۰.۰۴۱۶۱
	PV_5	۱۸	۷.۵۹	۸.۵۱	۸.۱۳۱۶	۰.۲۳۵۱۱
۴	POVERTY	۱۸	۰.۶۹	۰.۸	۰.۷۶۹۴	۰.۰۲۸۵۲
	PV_1mg	۱۸	۱.۱۷	۱.۷۷	۱.۶۵۸۴	۰.۱۳۳۳۹

۴-۶-۱- جدول اسامی روستاها و اولویت هریک از آن ها در بحث محرومیت‌زدایی به کمک پنل‌های فتولتاییک

جدول ۷ ترتیب اولویت مجهز کردن روستاها به فتوولتاییک را نشان می‌دهد. اولویت هر روستا در هر خوشه وابسته به میزان تولید انرژی بیشتر از پنل‌های فتوولتاییک است؛ بنابراین در هر خوشه، داده‌ها بر اساس میزان تولید انرژی از زیاد به کم دسته‌بندی شدند.

جدول ۷ الف تا د اولویت‌بندی نهایی روستاها بر اساس دو شاخص محرومیت و توانایی تولید انرژی

الف) خوشه‌ی دوم (اولویت اول)

نام روستا	رتبه‌ی محرومیت	اولویت نصب پنل فوتوولتاییک
بم پشت	۳	۱
زابلی-مرکزی	۱۵	۲
کورین	۶	۳
ایرندگان	۱۱	۴
هیدوج	۴	۵
آشار	۱	۶
لاشار جنوبی	۹	۷
سرباز/سرباز	۷	۸
نصرت آباد	۱۳	۹
پارود	۸	۱۰
گافر و پارامون	۲	۱۱
بنت	۵	۱۲
لیردف	۱۴	۱۳
زرآباد شرقی	۱۰	۱۴
دشتیاری	۱۲	۱۵

ب) خوشه‌ی سوم(اولویت دوم)

نام روستا	رتبه‌ی محرومیت	اولویت نصب پنل فوتوولتاییک
نوک آباد	۳۹	۱۶
هفت خان(دشمن زیاری)	۷۰	۱۷
سیب سوران مرکزی	۵۵	۱۸
مارگون	۶۰	۱۹
جالق	۳۱	۲۰
دهدز	۶۶	۲۱
دیشموک/دهستان بهمنی سرحدی شرقی	۴۰	۲۲
کوهرنگ	۶۳	۲۳
بزمان	۳۳	۲۴
رستاق	۵۹	۲۵
شهرسرخون(مرکز میانکوه)	۵۸	۲۶
میرجاوه	۴۴	۲۷
سرباز/مرکزی	۳۵	۲۸
دهستان هروز(حور)	۶۴	۲۹
ارم	۷۹	۳۰
احمدی	۷۵	۳۱
پشت اب	۷۶	۳۲

ج) خوشه‌ی اول (اولویت سوم)		
نام روستا	رتبه‌ی محرومیت	اولویت نصب پنل فوتوولتاییک
فنوج	۲۴	۳۳
قصرقند	۲۶	۳۴
نیکشهر/مرکزی	۳۶	۳۵
بشاگرد/مرکزی	۲۵	۳۶
ماهورمیلاتی	۳۷	۳۷
گوهران	۲۳	۳۸
لوداب	۴۱	۳۹
بهمئی گرمسیری	۳۴	۴۰
دلگان/مرکزی	۲۷	۴۱
جلگه چاه هاشم	۱۸	۴۲
چاه داد خدا	۱۷	۴۳
قرقری	۳۰	۴۴
ریگان	۴۲	۴۵
جبالبارزجنوبی/مردهک	۴۹	۴۶
پلان	۱۶	۴۷
پیشین	۲۸	۴۸
بشارت/ذلقی پیشکوه	۳۲	۴۹
دهستان ماهیدشت(کلیائی)	۵۳	۵۰
رودبار مرکزی	۵۱	۵۱
صحنه/کاکاوند	۴۵	۵۲
جازموریان	۲۱	۵۳
بازفت	۲۲	۵۴
نگین کویر	۴۶	۵۵
اندیکا/مرکزی	۲۰	۵۶
زرزوماهور	۳۸	۵۷
چلو	۱۱	۵۸

د) خوشه‌ی چهارم (اولویت چهارم)		
نام روستا	رتبه‌ی محرومیت	اولویت نصب پنل
دهستان سندرک	۵۷	۵۹
رازقان(خرقان)	۶۲	۶۰
قلعه خواجو(آبژدان)	۶۸	۶۱
کاغذ کنان	۷۱	۶۲
چاویرماق جنوب شرقی	۴۷	۶۳
سوسن	۴۳	۶۴
باجگیران	۷۳	۶۵
خاومیراباد	۴۸	۶۶
دهستان بیگم قلعه(خلیفان)	۵۶	۶۷
دشت زهاب(کلاشی)	۵۴	۶۸
حتی	۲۹	۶۹
کتبان/دهستان چهریق/کوهسار	۵۰	۷۰
دهستان ذولفقار/حسن سالاران/سرشیو	۷۷	۷۱
دهستان برالدوست/صومای برادوست	۷۸	۷۲
دهستان سرخه(فتح المبین)	۵۲	۷۳
قوشخانه	۶۹	۷۴
ارشق غربی(مرادلو)	۶۷	۷۵
آواجیق (دشتک)	۷۴	۷۶

۵- بحث

این مطالعه به اولویت‌بندی اجرای طرح‌های محرومیت‌زدایی در روستاها با استفاده از انرژی خورشیدی و سلول‌های فوتوولتاییک با توجه به شاخص فقر و پتانسیل تولید انرژی خورشیدی پرداخته است. برنامه‌ای که شهرستان‌های فقیرتر و دارای تابش خورشیدی بیشتر را هدف قرار می‌دهد، به طور بالقوه می‌تواند سهم بی‌سابقه‌ای در کاهش فقر داشته باشد. در ادامه پژوهش حاضر را در دو حیطه اهمیت اولویت‌بندی در طرح‌های آتی و چالش‌های سرمایه‌گذاری و ایجاد کسب و کار در این بخش در کشور مورد بحث قرار گرفته است.

دو طرح موفق برکت آفتاب و جهاد روشنایی که طبق گزارش‌های مرحله‌ی اول ملزم به اجرای ۳۰۰۰ نیروگاه خورشیدی خانگی در مناطق محروم بوده‌اند، از پروژههای موفق محرومیت زدایی توسط تولید انرژی از پنل‌های فتولتاییک در ایران هستند. در مرحله‌ی اول اجرای این طرح، استان‌های قزوین، اردبیل و زنجان و خراسان رضوی (با سهم ۶۰۰ خانه در مرحله‌ی اول و ۲۰۰۰ خانه در مرحله‌ی بعدی) مورد توجه قرار گرفته‌اند [۱۲]، در حالی که محروم ترین استان ایران یعنی سیستان و بلوچستان، سهمی ۱۰۰ عددی از این بخش را داراست. بنابراین نمی‌توان بدون در نظر گرفتن اولویت‌بندی مناسب، فرآیند محرومیت‌زدایی را تسریع کرد. برای مثال مطابق یافته‌های این پژوهش، بخش بمپشت با شاخص محرومیت ۰.۵۴۰ و با تولید انرژی۹.۳۷ مگاوات در سال از یک نیروگاه خورشیدی، بالاترین رتبه را بین روستاها جهت محرومیت زدایی توسط تولید انرژی از طریق پنل‌های فتولتاییک کسب کرده است. بمپشت یکی از بخش‌های با محرومیت بسیار زیاد استان سیستان و بلوچستان است و اولویت‌های اول تماما به بخش‌های این استان اختصاص می‌یابد. برخلاف پتانسیل بالای این استان، در پروژه‌های انجام شده و در حال انجام توجه عمده به سمت روستاهای محروم سایر استان‌ها بوده است، در حالی که اکثر روستاهای این استان هم از نظر محرومیت و هم از نظر پتانسیل نصب پنل‌های فتولتاییک در اولویت بالایی قرار دارند. بنابراین بهتر است در طرح‌های پیش رو توجه ویژه‌ای به بحث اولویت‌های هر منطقه شود چرا که فرآیند محرومیت‌زدایی از این طریق می‌تواند با اشراف کامل به خصوصیات هر منطقه سریع‌تر به سرانجام برسد. تفاوت جدول اولویت‌بندی این تحقیق با اولویت‌بندی تحقیق [۳۴] (که صرفا مناطق استان سیستان و بلوچستان را در نظر گرفته است)، به کارگیری و وزن‌دهی به شاخص محرومیت است.

۵-۱- چالش‌های سرمایه‌گذاری و ایجاد کسب و کار در این بخش در ایران

مشخص شدن میزان پتانسیل مناطق محروم در بخش تولید انرژی به وسیله پنل‌های فتولتاییک به عنوان قدم اول، حائز اهمیت و پیش‌فرض قدم‌های بعدی است. مرحله‌ی بعد اولویت‌بندی درست مناطق است که پیش نیاز مرحله‌ی آخر یعنی سرمایه گذاری است. بنابراین می‌بایست چالش‌های سرمایه‌گذاری به طور کلی (نه فقط برای مناطق محروم) و میزان تمایل سرمایه‌گذاران و صاحبان کسب و کارهای مربوط بررسی شود. چراکه اتکا به طرح‌های دولتی می‌تواند با قطع بودجه‌ها و تصمیمات مدیران بالایی به کلی تحت الشعاع قرار گیرد. بنابراین نیاز و مطالعه به امکان‌سنجی سازوکارهایی مانند تعاونی‌ها و سرمایه‌گذاری‌های مشارکتی و به طور کلی نحوه‌ی اجرای پایین به بالا باید مورد بررسی قرار گیرد. در سال ۲۰۲۱ فروش برق حاصل از پنل‌های فتوولتائیک در ایران بنا به مصوبه ساتبا [۳۵]، به ازای هر کیلووات ساعت ۱۴۵۶۰ ریال برای نیروگاه‌های ۲۰ کیلووات و کمتر است. ضریب

تعدیل ناشی از نرخ تورم و ارز و همچنین استفاده از تجهیزات ساخت داخل درآمد حاصل از این روش را می‌تواند بیشتر کند. با این وجود موضوعاتی از قبیل رشد کم صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران، مشکلات اقتصادی و نبود سازوکارهای تسهیل کننده دولتی به میزان کافی، هزینه اولیه زیاد راه اندازی نیروگاه‌ها خورشیدی، عدم آشنایی با سازوکار آن‌ها و آموزش و آگاهی کم در زمینه‌ی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و همچنین نبود تجربه کافی در این زمینه به دلیل ارزانی و رواج استفاده از سوخت‌های فسیلی [۳۶]، از موانع موجود در استفاده عموم از پنل‌های فتولتائیک است. علاوه بر موارد فوق، عدم اصلاح زیر ساخت‌های موجود برای کسب وکارهای فعال در این زمینه (به دلیل شرایط اقتصادی ناپایدار)، برای تسهیل فرآیند استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر منجر به بازگشت سرمایه طولانی (6 ساله) می‌شود. در نتیجه هنوز توجیه اقتصادی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای کسب و کارهای این حیطه واضح نیست و این افزایش زمان بازگشت سرمایه میتواند به کسب و کارهای این حوزه نیز لطمه وارد کند [۳۷]. بنابراین در قدم اول فرهنگ سازی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و حمایت از کسب و کارهای فعال در این زمینه و تعاونی‌های موجود می‌تواند بار اجرایی پروژه‌های بزرگی مانند جهاد روشنایی را از دوش دولت برداشته و فرآیند آن را تسریع کند.

از اثرات بارز سرمایه‌گذاری در این حیطه می‌توان به اشتغال‌زایی و جلوگیری از مهاجرت روستاییان، به‌خصوص در بخش تعمیر و نگهداری و فروش قطعات، اشاره کرد. این موضوع می‌تواند علاوه بر جنبه‌ی ایجاد شغل، به فراگیری یک تخصص در میان افراد محروم‌ترین مناطق کشور کمک کند. همچنین در مقیاس‌های بزرگ‌تر با استفاده از پتانسیل ایجاد گلخانه در زیر سازه پنل‌های فتوولتاییک به درآمد و ایجاد شغل بیشتری می‌توان دست یافت.

۶- جمع‌بندی

فقر یکی از عوامل اصلی معضلات اجتماعی در همه‌ی کشورهاست. ساختارهای اقتصادی ناکارآمد و بی‌توجهی دولت‌ها بعضا باعث شده که گسترش فقر به سرعت اتفاق بیافتد و یافتن راهکاری برای جلوگیری از آن بیش از پیش دشوار شود. بهره‌گیری از سازوکارهای مستقل یا وابسته به دولت ها با تکیه بر استفاده از پتانسیل‌های موجود و آگاهی از مشکلات می‌تواند بسیار کارساز واقع شود.

در این تحقیق و در گام اول، اولویت‌بندی مناطق ایران در محرومیت‌زدایی با بررسی پتانسیل تولید انرژی‌های پاک در مناطق با محرومیت بسیار زیاد و محرومیت زیاد از طریق پنل‌های فتوولتائیکی بررسی شد تا امکان سرمایه گذاری توسط شرکت‌های تعاونی انرژی‌های تجدیدپذیر ۷۶روستا توسط الگوریتم یادگیری در آینده بررسی شود. با اولویت‌بندی ماشین مشخص شد که کدام روستاها از طریق سرمایه‌گذاری در بخش پنل‌های فتولتاییک چه به صورت ۵ کیلووات و چه به صورت نیروگاه‌های یک مگاواتی می‌توانند به درآمدزایی مناسبی در طول سال برسند. روستاهایی با بالاترین میزان محرومیت از بیشترین میزان دریافت سالانه‌ی تابش و تولید انرژی خورشیدی برخوردار بودند که می‌توان گفت شاید کلید حل مشکل محرومیت آن مناطق به راه افتادن کسب‌وکارهای مبتنی بر تولید انرژی است.

ایجاد شغل در این روستاها و جلوگیری از مهاجرت روستاییان به شهر با رونق گرفتن اقتصاد روستاها امری بدیهی است که می‌تواند به کاهش رشد جمعیت شهرها و مشکلات پیرامون ترک روستاها منجر شود. بنابراین علاوه بر معضلات اجتماعی، یکی از اهداف اصلی رونق یافتن کسب و کار هاست که می‌توان آن را به وضوح در این سازوکار مشاهده کرد. در تحقیقات آینده می‌توان دو زمینه «بررسی سایر انرژی های تجدیدپذیر و نقش آنها در کاهش فقر» و «درنظر گرفتن سایر شاخص‌ها علاوه بر شاخص‌های فقر و پتانسیل برخورداری از پنل های فتوولتاییک بر اساس تابش دریافتی» را در ادامه تحقیق حاضر درنظر گرفت. از شاخص‌هایی که ممکن است در اولویت‌بندی مناطق محروم تاثیرگذار باشند و نیاز به مطالعات بیشتر دارند، می‌توان به شاخص‌های فرهنگی-اجتماعی، سیاسی، امنیتی، جغرافیایی و زیرساخت‌ها اشاره کرد. همچنین پیشنهاد می‌شود چالش‌های مربوط به تفاوت هزینه‌های اجرایی و تامین و نگهداری این سیستم‌ها به تفکیک مناطق و استان‌های مختلف مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

۷- پیوست

مشخصات پروژه‌های مشابه انجام شده در جدول ۱-پ ارائه شده است.

جدول ۱-پ مطالعات مشابه انجام شده

نام پروژه	کشور	شرح پروژه	آیا صرفا به تامین انرژی مناطق محروم پرداخته است؟	آیا صرفا برای ساکنین مناطق محروم درآمد زایی کرده است؟	نوع پروژه ۱) دولتی، ۲)خصوصی۳) هردو	آیا به اقتصاد خانواده و بهبود کیفیت زندگی کمک کرده است؟
Real Pearl Foundation	مجارستان	کمک به خانواده‌ی فقیر برای تولید سوخت با کیفیت و ارزان.	بله	بله	۲	بله
UNDP Biomass	بوسنی و هرزگوین	استفاده از بیومس به عنوان سوخت.	خیر	بله	۱	بله
SEPAP	چین	نصب پنل‌های فتوولتاییک در مناطق محروم چین.	بله	بله	۱	بله
بام به بام	ایران	نصب پنل‌های فتوولتاییک بر روی بام‌های خانه‌ها و دادن سهام به مالکان.	خیر	خیر	۲	بله
RVGs	اندونزی	اثرات برق‌رسانی شبکه روستایی با انرژی‌های تجدیدپذیر بر کاهش فقر.	خیر	بله	۱	بله
PPAP	چین	ارزیابی عملکرد اقتصادی PPAP در چهار سطح خانوار،روستا، مشترک روستایی و PPAP متمرکز.	خیر	بله	۱	بله
سیاست یارانه دولتی	رومانی	نقش منابع انرژی تجدیدپذیر در کاهش فقر انرژی در خانوارها.	خیر	خیر	۲	بله
فقرزدایی کره	کره جنوبی	استفاده از سیستم های فتوولتائیک.	بله	بله	۱	خیر

۸- مراجع

[1] G. Najafi, B. Ghobadian, R. Mamat, T. Yusaf, W. Azmi, Solar energy in Iran: Current state and outlook, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 49, pp. 931–942, 2015. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.056

[2] S. Gorjian, B. Ghobadian, Solar Thermal Power Plants: Progress and Prospects in Iran, *Energy Procedia*, Vol. 75, pp. 533–539, 2015. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.447

[3] P. Alamdari, O. Nematollahi, A. A. Alemrajabi, Solar energy potentials in Iran: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 21, pp. 778–788, 2013. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.052

[4] H. Zhang, K. Wu, Y. Qiu, G. Chan, S. Wang, D. Zhou, X. Ren, Solar photovoltaic interventions have reduced rural poverty in China, *Nature Communications*, Vol. 11, No. 1, 2020. https://doi.org/10.1038/s41467-020-15826-4

[5] J. Lee, M. M. Shepley, Benefits of solar photovoltaic systems for low-income families in social housing of Korea: Renewable energy applications as solutions to energy poverty, *Journal of Building Engineering*, Vol. 28, pp. 101016, 2020. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101016

[6] H. Wirawan, Y. M. Gultom, The effects of renewable energy-based village grid electrification on poverty reduction in remote areas: The case of Indonesia, *Energy for Sustainable Development*, Vol. 62, pp. 186–194, 2020.

[7] I. Mikkonen, L. Gynther, K. Matschoss, G. Koukoufikis, I. Murauskaite-Bull, A. Uihlein, *Social innovations for the energy transition*, pp. 50-60, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020. https://doi.org/10.2760/555111

[8] Z. Wang, J. Li, J. Liu, C. Shuai, Is the photovoltaic poverty alleviation project the best way for the poor to escape poverty? A DEA and GRA analysis of different projects in rural China, *Energy Policy*, Vol. 137, pp. 111105, 2020. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111105

[9] B. Bai, S. Xiong, X. Ma, Y. Tian, Effectiveness evaluation of photovoltaic poverty alleviation project in China: From a capital perspective, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 284, pp. 124684, 2020. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124684

[10] H. Zhang, K. Wu, Y. Qiu, G. Chan, S. Wang, D. Zhou, X. Ren, Solar photovoltaic interventions have reduced rural poverty in China, *Nature Communications*, Vol. 11, No. 1, 2020. https://doi.org/10.1038/s41467-020-15826-4

[11] A. Biernat-Jarka, P. Trębska, S. Jarka, The Role of Renewable Energy Sources in Alleviating Energy Poverty in Households in Poland, *Energies*, Vol. 14, No. 10, pp. 2957, 2021. https://doi.org/10.3390/en14102957

[12] *Aftab Project Report*, Accessed 15 Aug 2017; (in Persian) https://www.iribnews.ir/fa/news/1764501/

[13] *Jahad Roshanayee Plan*, Accessed 14 March 2021; (in Persian) http://rahsunco.com/loan

[14] *Bargh Omid*, Accessed 8 December 2020; (in Persian) http://bargh-omid.ir/home-36/handmade-shoes-2/

[15] *Pishgaman Solar Energy*, Accessed 1 Jan 2018; (in Persian) http://solarpishgaman.ir/about-us/

[16] *Atlas of Underprivileged areas of Iran*, Accessed 2018; (in Persian) http://barakatfoundation.com/fa/p/844735C6-F739-4B63-AC6F-7952110AB508

[17] *Google Map Website*, https://www.google.com/maps

[18] *Global Solar Atlas*, Accessed 10 March 2021; https://globalsolaratlas.info/map?c=11.609193,8.4375,3

[19] A. K. Jain, M. N. Murty, P. J. Flynn, Data clustering, *ACM Computing Surveys*, Vol 31, No. 3, pp. 264–323, 1999. https://doi.org/10.1145/331499.331504

[20] G. Hamerly, C. Elkan, Alternatives to the k-means algorithm that find better clusterings, *Proceedings of the Eleventh International Conference on Information and Knowledge Management(CIKM),* Virginia, USA, pp. 600-607, 2002. https://doi.org/10.1145/584792.584890

[21] B. Everitt, Cluster analysis, *Quality and Quantity*, Vol. 14, No. 1, pp. 75–100, 1980. https://doi.org/10.1007/bf00154794

[22] V. Paul Breşfelean, M. Breşfelean, N. Ghişoiu, C. Comes, Data Mining Clustering Techniques In Academia, *Proceedings of the Ninth International Conference on Enterprise Information Systems,* Funchal, Madeira, Portugal, pp. 407-410, 2007. https://doi.org/10.5220/0002370404070410

[23] E, Bayazidi, B, Oladi, *Questionnare data analysis with the help of IBM SPSS 25*, pp. 100-112, Tehran: Mehregan Ghalam, 2014. (in Persian)

[24] M. G. Omran, A. P. Engelbrecht, A. Salman, An overview of clustering methods, *Intelligent Data Analysis*, Vol. 11, No. 6, pp. 583–605, 2007. https://doi.org/10.3233/ida-2007-11602

[25] Omran, M. G., Engelbrecht, A. P., & Salman, A. An overview of clustering methods. *Intelligent Data Analysis*, 11(6), 583–605, 2007b. https://doi.org/10.3233/ida-2007-11602

[26] A. W. F. Edwards, L. L Cavalli-Sforza, A Method for Cluster Analysis, *Biometrics*, Vol. 21, No. 2, pp. 362-340, 1965. https://doi.org/10.2307/2528096

[27] C. Yuan, H. Yang, Research on K-Value Selection Method of K-Means Clustering Algorithm, *J*, Vol 2, No. 2, pp. 226–235, 2019. https://doi.org/10.3390/j2020016

[28] A. Dinno, Nonparametric Pairwise Multiple Comparisons in Independent Groups using Dunn's Test, *The Stata Journal: Promoting Communications on Statistics and Stata*, Vol. 15, No. 1, pp. 292–300, 2015. https://doi.org/10.1177/1536867x1501500117

[29] *Solar resource maps of Iran*, Accessed 10 Jan 2022; https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/iran

[30] K. G . Firouzjah, Assessment of small-scale solar PV systems in Iran: Regions priority, potentials and financial feasibility, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol 94, pp. 267–274, 2018. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.002

[31] M. Azizkhani, A. Vakili, Y. Noorollahi, F. Naseri, Potential survey of photovoltaic power plants using Analytical Hierarchy Process (AHP) method in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 75, pp. 1198–1206, 2017. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.103

[32] *Subsidy Targeting Organization*, Accessed 10 March 2021; https://www.hadafmandi.ir/fa

[33] *Elbow Method-Yellowbrick v1.4 documentation*, Accessed 10 March 2019; https://www.scikit-yb.org/en/latest/api/cluster/elbow.html

[34] M. Rahimi, F. Pazand, A. A. Abdullahi, Potential measurement of solar power plants in Sistan and Baluchestan province using AHP model and fuzzy logic, *Journal of Geography and Development*, Vol. 49, pp. 23–36, 2014. (in Persian)

[35] *Renewable Energy and Energy Efficiency Organization,* Accessed 10 Jan 2022; https://www.satba.gov.ir/fa/guidance/guidance/

[36] Gorjian, S., Zadeh, B. N., Eltrop, L., Shamshiri, R. R., & Amanlou, Y. Solar photovoltaic power generation in Iran: Development, policies, and barriers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 106, pp. 110–123, 2019. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.02.025

[37] *A report on the application of PV cells in households*, Accessed 10 March 2022; (in Persian) https://iransolarmag.com/residential-solar-power-plant-development-challenges-in-iran/