

## Energy Management in the Agricultural Sector of Khorasan Razavi Province Using Renewable Energies

Mehdi Karami Moghadam<sup>1\*</sup> , Hadi Afshar<sup>1</sup> , Abolghasem Haghayeghi Moghaddam<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.

### Article Info

#### Article type:

Research Article

#### Article history:

Received 20 March 2026

Revised 12 May 2026

Accepted 10 June 2026

Published online 22 June 2026

#### Keywords:

Renewable Energy  
Solar Energy  
Agricultural Wells  
Energy Management  
Barriers and Solutions

### ABSTRACT

**Objective:** Field investigations in Khorasan Razavi Province revealed that in recent years, energy imbalances and power outages have led to changes in irrigation scheduling, resulting in reduced production of major crops, losses of poultry and aquatic animals, and damage to mechanized irrigation facilities and systems. Therefore, examining feasible methods for renewable energy generation in the agricultural sector, including in Khorasan Razavi Province, is essential. This study investigated renewable energy generation methods, the barriers to implementing renewable power plants, and strategies to overcome these barriers in Khorasan Razavi Province.

**Methods:** Data and statistical information were collected through both library and field approaches. In the library method, published articles, documents, and books were reviewed to identify the types of renewable energy, their applications in the agricultural sector, and the challenges faced by developing and developed countries that have experience in using these energy sources. The statistical population of the study consisted of farmers, experienced experts, and relevant organizations. Finally, based on international experiences, along with the suggestions of stakeholders and experienced experts, practical solutions were proposed to overcome barriers to the implementation of renewable power plants nationwide, including in Khorasan Razavi Province.

**Results:** The findings revealed that 44% of the electricity consumed in Khorasan Razavi Province is attributable to the agricultural sector. Moreover, approximately 40% of the electricity generated from renewable energy sources in the province is used in agriculture, mainly to ensure energy stability for agricultural wells supplying irrigation water. Financial constraints, social issues, the lack of reputable companies for solar panel installation, and insufficient government commitment were identified as major barriers to the adoption of renewable energy in the province.

**Conclusions:** Solutions such as developing a comprehensive and targeted strategy for the expansion of renewable energy, coherent interdepartmental planning among responsible institutions, adopting policies tailored to the conditions of farmers in each county, smartening the electricity systems of agricultural wells, and implementing extension and social activities can help reduce barriers to renewable energy production in the province.

\*Corresponding author, E-mail: [m\\_karami\\_mo@yahoo.com](mailto:m_karami_mo@yahoo.com)

**Cite this article:** Karami Moghadam, Mehdi., Afshar, Hadi., & Haghayeghi Moghaddam, Abolghasem. (2026). Energy Management in the Agricultural Sector of Khorasan Razavi Province Using Renewable Energies. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 5(2), 1-21. <http://doi.org/10.22034/nawee.2025.548249.1170>



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/10.22034/nawee.2025.548249.1170>

Publisher: Gonbad Kavous University.

## **Introduction**

Energy is one of the fundamental parameters for meeting basic human needs, ranging from the food supply chain to various economic activities. These activities encompass all aspects of daily life, from household consumption (lighting, heating/cooling, food preparation, and storage) to agriculture (use of tools and machinery for land preparation, irrigation, planting, fertilization, harvesting, and transportation) and commercial activities (transportation, construction, and industrial operations). In the agricultural sector, energy plays a vital role in addressing challenges related to food production. Many developing countries worldwide are facing increasing demand for clean water, food, and alternative energy resources under conditions of climate change. Due to rapid population growth, economic and technological development, urbanization, and climate change, energy demand is also increasing rapidly. It is projected that global energy demand will increase by 50% by 2035. This rising energy demand will lead to higher electricity prices, which will directly affect the agricultural sector due to its high energy consumption in various operations. Such high food production costs may result in increased food prices, the expansion of poverty and hunger, and threats to food security, particularly in developing countries. On a global scale, energy challenges in agriculture vary depending on the level of development, geographical location, and farming practices. Developing countries typically face more severe energy constraints, including inadequate infrastructure, limited access to modern technologies, and greater reliance on manual labor. In contrast, developed countries face challenges such as optimizing energy consumption, reducing greenhouse gas emissions, and integrating renewable energy solutions.

## **Method**

This study is applied in terms of its objective, descriptive–analytical in terms of data collection method, and qualitative in nature. Data and required statistics were collected through both library and field methods. In the library phase, by reviewing published articles, documents, and books, information on various types of renewable energy, their applications in the agricultural sector, and the challenges faced in both developing and developed countries was obtained. This phase also identified which renewable energy production methods can be applied in different agricultural subsectors. In the field phase, the current status of energy consumption and renewable energy production in Khorasan Razavi Province was examined, and the barriers to the use of clean energy were investigated. Field data were collected through individual interviews. Researchers such as Hahn et al. (2025) have also achieved valuable results in the field of sustainable energy development through interviews with farmers and experts. For conducting the interviews, a structured protocol was developed consisting of two sections. The first section included criteria such as age, occupation, educational level of the interviewees, as well as the time and manner of the interview. Experienced individuals aged between 50 and 62 years with more than 25 years of work experience were selected for farmer interviews, while experts were required to have at least a bachelor's degree. In addition, farmers who were familiar with the implementation of renewable energy power plants in their region were selected for the interviews.

## **Results**

Findings revealed that 44 percent of the electricity consumed in Khorasan Razavi Province is attributable to the agricultural sector. Moreover, approximately 40 percent of the electricity generated from renewable energy sources in the province is utilized in agriculture, primarily to ensure energy stability for agricultural wells supplying irrigation water. Key challenges hindering the adoption of renewable energy in the province include financial constraints, social issue, the lack of reputable companies for solar panel installation, and insufficient government commitment.

## **Conclusions**

Solutions such as developing a strategic document for the expansion of renewable energy, coherent and interdepartmental planning among trustee institutions, adopting policies tailored to the specific conditions of farmers in each county, smartization of agricultural wells, education and extension and social activities can help reduce the barriers to renewable energy production in the province.

## ***Author Contributions***

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

## ***Data Availability Statement***

Data available on request from the authors.

## ***Acknowledgements***

The authors would like to thank anonymous reviewers for their valuable suggestions in manuscript revision.

## ***Ethical Considerations***

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

## ***Funding***

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

## ***Conflict of Interest***

The authors declare no conflict of interest.



## مدیریت انرژی در بخش کشاورزی استان خراسان رضوی با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر

مهدی کرمی مقدم<sup>۱\*</sup>، هادی افشار<sup>۱</sup>، سید ابوالقاسم حقایقی مقدم<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

### اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۲۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱

### کلیدواژه‌ها:

انرژی تجدیدپذیر

انرژی خورشیدی

چاه‌های کشاورزی

مدیریت انرژی

موانع و راهکارها

**هدف:** با بررسی‌های میدانی در استان خراسان رضوی مشخص شد در سالهای اخیر، ناترازی انرژی و قطعی برق منجر به تغییر مدار آبیاری و در نتیجه افت تولید محصولات اساسی، تلفات طیور و آبزیان و خسارت به تاسیسات و سیستم‌های آبیاری مکانیزه شده است. بنابراین بررسی راههای ممکن در تولید این نوع انرژی در بخش کشاورزی کشور از جمله خراسان رضوی ضروری است. در این پژوهش راههای تولید انرژی تجدیدپذیر، موانع پیش روی اجرای نیروگاههای تجدیدپذیر و راهکارهای رفع این موانع در استان خراسان رضوی بررسی شد.

**مواد و روش:** روش تحقیق حاضر، تحلیلی و توصیفی است. نحوه گردآوری اطلاعات و آمار مورد نیاز از طرق روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی بود که در روش کتابخانه‌ای با مراجعه به مقالات، اسناد و کتب منتشر شده، انواع انرژی‌های تجدیدپذیر، کاربرد آنها در بخش کشاورزی و چالشهای پیش رو که کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته، تجربه استفاده از آن را داشته‌اند، مشخص شد. در روش میدانی ضمن بررسی وضع موجود مصرف انرژی و تولید انرژی تجدیدپذیر در استان خراسان رضوی، موانع پیش روی استفاده از این نوع انرژی پاک بررسی شد. جامعه آماری در تحقیق حاضر شامل کشاورزان، کارشناسان خبره و سازمانهای ذیربط بودند. در نهایت با تجربیاتی که در کشورهای دیگر وجود داشت، پیشنهادات دینفعان و کارشناسان خبره در این زمینه، راهکارهایی جهت رفع موانع پیش روی اجرای نیروگاههای تجدیدپذیر در کل کشور از جمله در استان خراسان رضوی ارائه شد.

**نتایج:** بررسی‌ها نشان داد ۴۴ درصد برق مصرفی در استان خراسان رضوی، سهم بخش کشاورزی است. همچنین حدود ۴۰ درصد برق تولیدی از انرژیهای پاک در این استان، در بخش کشاورزی استفاده می‌شود که عمده آن با هدف پایداری انرژی در چاههای کشاورزی جهت تامین آب بکار می‌رود. مسائل مالی، مشکلات اجتماعی، نبود شرکت‌های معتبر جهت اجرای پنل خورشیدی و عدم تعهد دولت از جمله مشکلات استفاده از انرژی تجدیدپذیر در استان خراسان رضوی می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** راهکارهایی نظیر تدوین یک سند جامع و هدفمند برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، برنامه‌ریزی منسجم و بین بخشی بین نهادهای متولی، اتخاذ سیاست متناسب با وضعیت کشاورزان هر شهرستان، هوشمند کردن برق چاه‌های کشاورزی و انجام فعالیتهای ترویجی و اجتماعی می‌تواند موانع تولید این انرژی در استان را کاهش دهد.

\*نویسنده مسئول، E-mail: [m\\_karami\\_mo@yahoo.com](mailto:m_karami_mo@yahoo.com)

**استناد:** کرمی مقدم، م؛ افشار، ه؛ و حقایقی مقدم، س. ۱۴۰۵. عنوان مقاله. مدیریت انرژی در بخش کشاورزی استان خراسان رضوی با استفاده از

انرژی‌های تجدیدپذیر، ۵(۲)، ۲۱-۱. <http://doi.org/10.22034/nawee.2025.548249.1170>



## مقدمه

انرژی یکی از پارامترهای اساسی برای تأمین نیازهای اولیه انسان، از زنجیره تأمین غذا تا انجام فعالیت‌های مختلف اقتصادی است. این فعالیت‌ها شامل تمامی جنبه‌های زندگی روزمره می‌شوند؛ از مصرف خانگی (روشنایی، گرمایش/ سرمایش، آماده‌سازی و نگهداری غذا) گرفته تا کشاورزی (ابزار و ماشین‌آلات مورد استفاده برای آماده‌سازی زمین، آبیاری، کاشت، کوددهی، برداشت و حمل‌ونقل) و فعالیت‌های تجاری (حمل‌ونقل، ساختمان‌سازی و اداره کارخانه‌ها). در بخش کشاورزی، انرژی نقش حیاتی در مقابله با چالش‌های مرتبط با تولید غذا ایفا می‌کند (Majeed et al, 2023). بسیاری از کشورهای در حال توسعه در جهان با افزایش تقاضا برای آب پاک، غذا و منابع انرژی جایگزین، در شرایط تغییرات اقلیمی، مواجه هستند. به دلیل رشد سریع جمعیت، توسعه اقتصادی و فناوری، شهرنشینی و تغییرات آب‌وهوایی، تقاضای انرژی نیز با سرعت زیادی رو به افزایش است. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۵، تقاضای جهانی انرژی ۵۰٪ افزایش یابد (IEA, 2010). این افزایش تقاضای انرژی، منجر به افزایش قیمت برق خواهد شد که به‌طور مستقیم بر بخش کشاورزی، به دلیل مصرف بالای انرژی در فعالیت‌های گوناگون، تأثیر خواهد گذاشت. این هزینه بالا برای تولید غذا، موجب افزایش قیمت مواد غذایی، گسترش فقر و گرسنگی، و تهدید امنیت غذایی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه خواهد شد (Waseem et al, 2022). در مقیاس جهانی، چالش‌های انرژی در کشاورزی بسته به سطح توسعه، موقعیت جغرافیایی و شیوه‌های کشاورزی متفاوت است. کشورهای در حال توسعه معمولاً با محدودیت‌های جدی‌تری در زمینه انرژی روبرو هستند، از جمله زیرساخت‌های ناکافی، دسترسی محدود به فناوری‌های نوین، و وابستگی بیشتر به نیروی کار دستی. در مقابل، کشورهای توسعه‌یافته با چالش‌هایی مانند بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، و ادغام راهکارهای انرژی تجدیدپذیر مواجه‌اند. یکی از راههای جایگزین جهت تأمین انرژی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر یا پاک می‌باشد. بر اساس اهداف توسعه پایدار سازمان ملل در حوزه انرژی، تا سال ۲۰۳۰ باید میزان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر دو برابر شود (Griggs et al, 2013). برای تحقق این هدف، تحقیقات باید بر محور پیوند بین غذا، آب و انرژی متمرکز شده و تأثیر گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر بر این بخش‌ها بررسی گردد.

علیرغم مزایای زیاد انرژی‌های تجدیدپذیر، استفاده از آنها مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه با چالشهای زیادی همراه است. برخی محققین مسائل و موانع استفاده از این نوع انرژی را مورد بررسی قرار داده‌اند. Streimikiene و همکاران، (۲۰۲۱) نشان دادند در مناطق روستایی، بعد نهادی، شرایط سیاسی، قانونی، اقتصادی و اجتماعی-فرهنگی برای موفقیت طرح‌های انرژی‌های تجدیدپذیر جامعه بسیار مهم است. افزایش آگاهی در مورد مضرات استفاده از انرژی فسیلی در میان روستاییان، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر پذیرش انرژی‌های تجدیدپذیر دارند. همچنین متغیرهای آسیب‌پذیری، پاداش درونی، خودکارآمدی، کارآمدی پاسخ و هزینه پاسخ درک شده، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر پذیرش و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر دارد (Badsar and Karami, 2021). Ghouchani و همکاران، (۲۰۲۱) سناریوهای ممکن را برای وضعیت آینده انرژی تجدیدپذیر در ایران ارائه دادند. سناریوها شامل برنامه بلند مدت برای استفاده از فناوری، سیاست پایدار و جذب سرمایه‌های خارجی می‌باشد. نتایج آنها نشان داده است برنامه‌ها و پیاده‌سازی سیاست‌ها در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر به میزان تطابق آنها با اهداف ملی، توانایی‌های فنی و اقتصاد کشور بستگی دارد. Rahman و همکاران، (۲۰۲۲) در تحقیقی به کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی را در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته مقایسه کردند. نتایج آنها نشان داد برخلاف کشورهای توسعه یافته، بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی در کشورهای در حال توسعه با چالش‌های فنی و اقتصادی زیادی روبروست. در کشور اکوادور نبود یک سیاست در زمینه انرژی، قوانین کمبود تأمین مالی، یارانه سوخت‌های فسیلی و ریسک بالای سرمایه‌گذاری از مهم‌ترین عوامل کلی بر سر راه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است (Barragan-Escandom et al, 2022). Ekici و Kabir, 2022 (۲۰۲۴) به نقش کشاورزان در تأمین انرژی پایدار پرداختند و بیان کردند که با توجه به نیاز روزافزون انرژی در بخش کشاورزی، کشاورزان به سیاستهایی نیاز دارند که از تاب‌آوری کشاورزی حمایت کند. Scordato و Gulbrandsen, 2024 (۲۰۲۴) نیز اشاره کردند تاب‌آوری با استفاده از انرژی پایدار، حوزه‌ای نوظهور و همچنان جوان و در حال تکامل است. Hahn و همکاران، (۲۰۲۵) در یک مطالعه موردی در سوئد، طی مصاحبه با کشاورزان دریافتند تأمین مالی و

جنبه‌های اقتصادی سرمایه‌گذاری در منابع انرژی تجدیدپذیر امری حیاتی است. در عین حال، حمایت‌های نهادی برای کشاورزان دشوار و پیچیده تلقی می‌شود. کاظمیه و همکاران، (۱۴۰۰) در پژوهشی در زمینه تبیین عامل‌های موثر بر امکان به کارگیری انرژی‌های نو در بخش کشاورزی از دیدگاه کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی شهرستان ارومیه نشان دادند متغیرهای اقتصادی، اجتماعی-فرهنگی، مدیریتی، نوآوری، آموزشی و تحقیقاتی از جمله عوامل مهم در به کارگیری انرژی‌های نو در بخش کشاورزی می‌باشند. نامور و عمانی، (۱۴۰۰) در تحقیقی در این حوزه نشان دادند فقر آموزشی و مدیریتی، ضعف خدمات حمایتی، ناسازگاری با شرایط گلخانه‌ها، نبود پشتیبانی مالی، عدم امکانات فنی و دانش و آگاهی کم مهمترین موانع هستند و موجب عدم استفاده از این انرژی می‌شوند. فاطمی و همکاران، (۱۴۰۱) انواع فناوری‌های مرتبط با صنایع کشاورزی که منبع تامین انرژی آنها از طریق منابع انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد، را مطالعه و بررسی کردند. سواری و رزم آور، (۱۴۰۳) با هدف تدوین راهبردهای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی استان بوشهر، با استفاده از مطالعات تحلیلی نقاط چهارگانه SWOT یعنی قوت، ضعف، فرصت و تهدید را شناسایی و با استفاده از تکنیک AHP اولویت بندی کردند. یافته‌های پژوهشی نشان داد که در ارزیابی معیارها، نقاط قوت، ضعف، تهدید و فرصت اولویت‌های اول تا چهارم را به خود اختصاص دادند که وزن‌های به دست آمده از برآیند این نقاط نشان دهنده غالب بودن فضای مخاطره آمیز بر فضای مفید است. تاشان و همکاران، (۱۴۰۳) تحلیل اقتصادی توسعه و به کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی استان کردستان را انجام دادند. نتایج آنها نشان داد عامل اقتصادی با ۴۲/۸۶ درصد بیشترین تاثیر در توسعه و به کارگیری این نوع انرژی دارد. در نهایت هشت راهکار اقتصادی شامل حمایت‌های مالی، سرمایه‌گذاری در آموزش و ترویج، انتقال یارانه‌های بخش فسیلی به بخش تجدیدپذیر و حذف آن، سیاست‌های اقتصادی تشویقی و قهری، گسترش موسسات مالی و اعتباری تخصصی، تسهیلات به صورت تجهیزات و ایجاد شبکه تجدیدپذیر با مشارکت مالی کشاورزان را ارائه دادند.

استان خراسان رضوی یکی از استانهایی است که قطعی برق در بخش کشاورزی، خسارات زیادی را بر کشاورزان این استان تحمیل می‌کند. طبق بررسی‌های میدانی و آمار اعلام شده، در سال‌های اخیر به دلیل قطعی برق بخش کشاورزی، خسارات جبران‌ناپذیری به کشاورزان استان وارد شده است (سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی، ۱۴۰۳) بنابراین استفاده از منبع جدید تامین انرژی از جمله انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی این استان ضروری می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش از نظر هدف کاربردی، به لحاظ شیوه گردآوری داده‌ها، توصیفی-تحلیلی و از نظر ماهیت در زمره پژوهش‌های کیفی قرار دارد. نحوه گردآوری اطلاعات و آمار مورد نیاز از طرق روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی بود که در روش کتابخانه‌ای با مراجعه به مقالات، اسناد و کتب منتشر شده، انواع انرژی‌های تجدیدپذیر، کاربرد آنها در بخش کشاورزی و چالش‌های پیش رو که کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته، تجربه استفاده از آن را داشته‌اند، بدست آمد. در این قسمت مشخص شد هر کدام از روش‌های تولید انرژی تجدیدپذیر در کدام بخش کشاورزی می‌تواند استفاده شود. در روش میدانی ضمن بررسی وضع موجود مصرف انرژی و تولید انرژی تجدیدپذیر در استان خراسان رضوی، موانع پیش روی استفاده از این نوع انرژی پاک بررسی شد. روش گردآوری داده‌های میدانی بصورت مصاحبه انفرادی بود. محققینی مانند Hahn و همکاران، (۲۰۲۵) نیز با شیوه مصاحبه با کشاورزان و کارشناسان، به نتایج خوبی در زمینه توسعه انرژی پایدار رسیدند. برای انجام مصاحبه، پروتکل‌هایی در نظر گرفته شد که شامل دو بخش بود. در بخش اول معیارهایی نظیر سن، شغل، میزان تحصیلات مصاحبه شونده و زمان و نحوه مصاحبه در نظر گرفته شد. برای مصاحبه از افراد با تجربه در محدوده سنی ۵۰ تا ۶۲ سال و سابقه کاری بالای ۲۵ سال و برای کارشناسان حداقل دارای مدرک لیسانس استفاده شد. همچنین کشاورزان با تجربه‌ای برای مصاحبه انتخاب شدند که از اجرای نیروگاه تجدیدپذیر در محل خود مطلع بودند. در بخش دوم پرسش‌های زیر مدنظر قرار گرفت:

- چه میزان با انرژی‌های تجدیدپذیر آشنا هستید؟
- در تجارب خود، چه عواملی را به ترتیب اولویت مانع اجرای نیروگاه‌های تجدیدپذیر می‌دانید؟
- چه راهکارهایی جهت رفع موانع پیشنهاد می‌دهید؟

در ابتدا این پرسش‌های اصلی مطرح و با توضیحات مصاحبه شونده، جهت رسیدن به جزئیات بیشتر، سوالات جزئی تر مطرح شد. جامعه آماری در تحقیق حاضر شامل کشاورزان شهرستانهایی که بیشترین سهم در اجرای نیروگاههای انرژی تجدیدپذیر داشتند از جمله شهرستان بردسکن، کارشناسان خبره جهاد کشاورزی استان و شهرستانها، شرکت‌های معتبر در زمینه فروش و اجرای نیروگاه تجدیدپذیر در سطح استان، سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی ایران (ساتبا) و شرکت توزیع برق استان بود. انتخاب اولیه افراد بصورت تصادفی بوده و در ادامه از نمونه‌گیری برفی استفاده شد. بر این اساس ابتدا پژوهش با تعداد محدودی از مشارکت‌کنندگان آغاز و در ادامه از هر فرد خواسته شد تا افراد دیگری که از شرایط و معیارهای لازم برای شرکت در پژوهش برخوردار هستند، معرفی کند. در نهایت از ۲۷ فرد انتخابی، ۲۰ نفر حاضر به مصاحبه شدند. در جدول زیر به نحوه توزیع افراد اشاره شده است. برای بدست آوردن فراوانی موانع و راهکارها از نرم‌افزار *Excel* استفاده شد. در انتها با تجربیاتی که در کشورهای دیگر وجود داشت، پیشنهادات ذینفعان و کارشناسان خبره در این زمینه، راهکارهایی جهت رفع موانع پیش روی اجرای نیروگاه‌های تجدیدپذیر در کل کشور از جمله در استان خراسان رضوی ارائه شد.

جدول ۱: توزیع افراد مصاحبه شده در این پژوهش

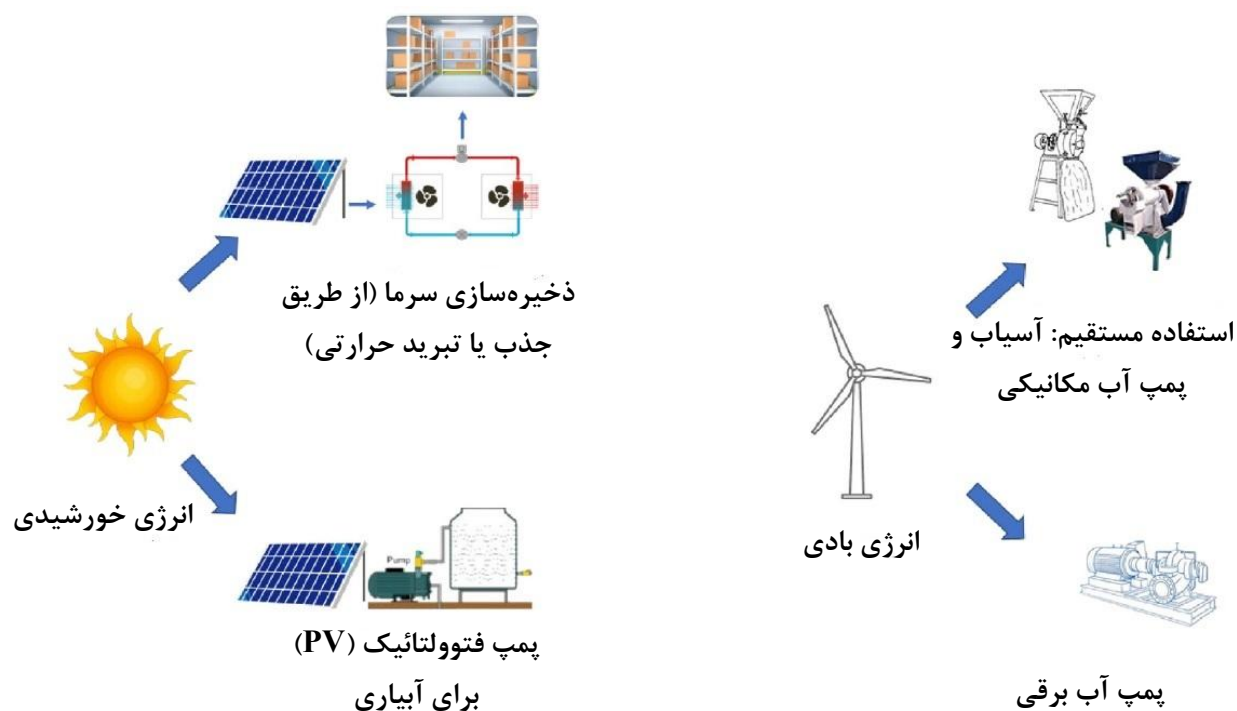
| ردیف  | مصاحبه شونده                    | تعداد |
|-------|---------------------------------|-------|
| ۱     | کارشناسان خبره جهاد کشاورزی     | ۷     |
| ۲     | کشاورزان مطلع                   | ۷     |
| ۳     | کارشناسان شرکت‌های معتبر اجرایی | ۳     |
| ۴     | کارشناسان ساتبا                 | ۲     |
| ۵     | کارشناس شرکت توزیع برق استان    | ۱     |
| مجموع |                                 | ۲۰    |

## نتایج و بحث

با مطالعه تجربیات استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته در جهان، روشهای تولید این انرژی و کاربرد آن در بخش کشاورزی بررسی شد. همچنین موانع استفاده از این انرژی در استان خراسان رضوی و راه‌حلهای رفع آنها ارائه گردید.

### روشهای تولید و کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی

مزارع کشاورزی آینده باید از لحاظ تأمین انرژی خودکفا باشند تا بتوانند با هزینه‌های بالای انرژی و گرمایش جهانی مقابله کنند. این خودکفایی را می‌توان از طریق استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و بازیافت مؤثر مواد مغذی (کودها) محقق ساخت.



الف



ب

شکل ۱- الف) موارد استفاده از الف) انرژی خورشیدی و بادی، ب) انرژی آبی و زیست توده

نیازهای انرژی در کشاورزی شامل فعالیتهایی نظیر کوددهی، آبیاری و استفاده از ابزار و ماشین آلات برای آماده سازی زمین، کاشت، برداشت و حمل و نقل محصولات است. انرژی در کشاورزی می تواند به صورت مستقیم یا غیرمستقیم مصرف شود (Schnepf, 2004). امروزه منابع انرژی تجدیدپذیر به طور گسترده ای در بخش های مختلف برای پاسخگویی به نیازهای انرژی، مورد استفاده قرار می گیرند. در بخش کشاورزی نیز انرژی های تجدیدپذیر می توانند برای پمپاژ آب آبیاری، خشک کردن محصولات

غذایی جهت افزایش ماندگاری آن‌ها، و بسیاری از کاربردهای دیگر مورد استفاده قرار گیرند (شکل ۱). در بخش‌های بعدی، به بررسی راه‌های تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و کاربرد آن در کشاورزی که بر اساس مطالعات در سایر کشورها بدست آمده، پرداخته می‌شود.

### الف) انرژی خورشیدی

خورشید اصلی‌ترین منبع انرژی مورد استفاده بشر در زمین است. انرژی خورشیدی به‌صورت مستقیم از تابش خورشید قابل بهره‌برداری است. انرژی‌های تجدیدپذیر گاهی با نام‌هایی نظیر "انرژی سبز"، "انرژی پایدار"، یا "انرژی جایگزین" نیز شناخته می‌شوند.

برای مقایسه، در حالی که یک نیروگاه هسته‌ای می‌تواند در یک سال با مصرف تنها ۰/۱۳ کیلوگرم سوخت هسته‌ای، ۱۰۰۰ مگاوات برق تولید کند، سطح خورشید در هر ثانیه تقریباً ۴ میلیون تن سوخت خورشیدی را به انرژی تبدیل می‌کند. میانگین انرژی تابشی دریافتی توسط هر متر مربع از سطح زمین حدود ۱۳۶۶ وات است (Lindsey, 2009)، هرچند این مقدار بر اساس عرض جغرافیایی می‌تواند متفاوت باشد (Cocks, 2009). در میان منابع تجدیدپذیر مختلف، انرژی خورشیدی جایگاه ویژه‌ای دارد چرا که در سراسر جهان به‌وفور در دسترس است. فعالیت‌های فعلی کشاورزی خود نیز یکی از منابع اصلی تولید گازهای گلخانه‌ای (GHG) هستند. بهره‌گیری از انرژی خورشیدی می‌تواند موجب کاهش انتشار این گازها شود و بنابراین کشورهای در حال توسعه نیز به استفاده از این منبع علاقه‌مند شده‌اند. برای بهره‌برداری از انرژی خورشیدی، دو روش اصلی وجود دارد:

۱. سیستم‌های گرمایش خورشیدی

۲. سیستم‌های فتوولتائیک (PV)

در سیستم‌های PV، پرتوهای خورشیدی با استفاده از نیمه‌رساناها مستقیماً به برق تبدیل می‌شوند. البته راندمان این فناوری هنوز جای پیشرفت دارد. کاربردهای انرژی خورشیدی در کشاورزی شامل موارد زیر است:

#### - سامانه پمپاژ مبتنی بر انرژی فتوولتائیک (PV)

پمپ خورشیدی به‌عنوان گزینه‌ای کارآمد برای استخراج آب آبیاری از رودخانه‌ها، کانال‌ها و برکه‌ها در نظر گرفته می‌شود (Parmar et al, 2021). در کشورهای در حال توسعه، که بخش بزرگی از جمعیت به کشاورزی اشتغال دارند، هزینه بالای برق مانع از رواج استفاده از سیستم‌های پمپاژ متداول شده است. در این شرایط، سامانه‌های پمپاژ خورشیدی مبتنی بر فناوری فتوولتائیک می‌توانند در مناطق دارای زیرساخت ضعیف و دسترسی محدود به فناوری‌های پیشرفته مورد استفاده قرار گیرند (Patil and Gawande, 2016).

#### - ماشین‌های سم‌پاشی و کاشت مبتنی بر انرژی خورشیدی

ماشین‌های سم‌پاشی آفت‌کش که با انرژی خورشیدی کار می‌کنند، برای مزارع کوچک طراحی شده‌اند تا بهره‌وری محصول را افزایش دهند. این ماشین‌ها به دلیل طراحی فشرده و ابعاد کوچک، به راحتی قابل حمل و جابه‌جایی هستند. آن‌ها همچنین به باتری‌های قابل شارژ و پنل‌های خورشیدی فتوولتائیک (PV) مجهز شده‌اند. ماشین‌هایی که برای بذرپاشی و کاشت طراحی شده‌اند، نیز می‌توانند برای کشاورزان خرد و در مناطقی که ماشین‌آلات مرسوم کشاورزی به‌سختی قابل استفاده هستند، بسیار سودمند باشند. از این‌رو، استفاده از ماشین‌های اتوماتیک خورشیدی برای سم‌پاشی و کاشت، امکان رهایی کشاورزان خرد از وابستگی به ماشین‌آلات سنگین و گران‌قیمت کشاورزی را فراهم می‌سازد (Naween, 2009).

#### - خشک کردن با کمک انرژی خورشیدی

یکی از پرکاربردترین روش‌های بهره‌گیری از انرژی خورشیدی در کشاورزی، افزایش ارزش محصولات از طریق سامانه‌های خشک‌کن خورشیدی است. خشک‌کن‌های خورشیدی در اشکال، اندازه‌ها و آرایش‌های مختلفی طراحی و ساخته می‌شوند. انواع متنوعی از خشک‌کن‌ها برای خشک کردن محصولات مختلفی مانند هویج، غلات، قارچ و سیب‌زمینی وجود دارد. برای نمونه، خشک‌کن تونلی خورشیدی توسط Kalogirou (۲۰۰۴) طراحی شد که برای خشک کردن فلفل قرمز و برنج مورد استفاده قرار می‌گیرد. Saxena و همکاران، (۲۰۱۱) نیز در کشور بنگلادش به بهینه‌سازی این خشک‌کن تونلی با هدف خشک کردن فلفل

پرداختند. همچنین خشک‌کن‌های خورشیدی خاصی برای خشک کردن محصولاتی مانند نارگیل نیز طراحی شده‌اند (Scheffler et al, 2006).

#### - نانوائی خورشیدی

فرآیند پخت یکی از پرمصرف‌ترین فرآیندهای انرژی‌بر در صنعت غذا است و به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، این چالش شدیدتر نیز احساس می‌شود. در مقیاس صنعتی، مقادیر زیادی از انرژی حرارتی برای گرمایش در فرآیندهای پخت و پز مورد استفاده قرار می‌گیرد. پخت غذا، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، بخش قابل توجهی از مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهد (Pohekar et al, 2005). در میان فرآیندهای مختلف پخت و پز، فرآیند نانوائی بیشترین میزان مصرف انرژی را دارد. استفاده از هیزم و سوخت‌های فسیلی برای پخت، منجر به تخریب جنگل‌ها و آلودگی زیست‌محیطی می‌شود. بنابراین، توسعه فناوری‌های دوستدار محیط‌زیست در صنایع غذایی، به‌منظور مقابله با بحران انرژی، ضرورت دارد. انرژی حرارتی خورشیدی به عنوان جایگزینی برای منابع پرهزینه انرژی اولیه معرفی شده و در تأمین انرژی مورد نیاز صنایع نانوائی بسیار مؤثر شناخته شده است. برای مثال، یک اجاق جعبه‌ای خورشیدی که توسط Saxena و همکاران، (۲۰۱۱) توسعه یافت، زمان پخت را تا ۲۰ دقیقه کاهش داد و توان پخت آن را تا ۷۹/۸۰ وات افزایش داد.

#### - تقطیر خورشیدی برای استخراج روغن

سامانه تقطیر خورشیدی با استفاده مؤثر از تابش حرارتی خورشید، فرآیندی کم‌مصرف و بهینه از نظر انرژی را ارائه می‌دهد. در کشورهایی مانند پاکستان، هزینه تولید روغن با سیستم‌های تقطیر مرسوم بسیار بالا است، زیرا قیمت گاز طبیعی برای تولید حرارت بسیار گران است. در مقابل، سامانه تقطیر خورشیدی، روشی کم‌هزینه، سازگار، و انرژی‌بهینه است (Bachheti et al, 2011). یک سامانه تقطیر خورشیدی توسط Hossain و همکاران، (۲۰۰۵) طراحی شد تا برای فرآوری گیاهان دارویی و معطر مورد استفاده قرار گیرد. در این تحقیق، روغن‌های اسانسی از گونه‌های اکالیپتوس با استفاده از دو روش تقطیر خورشیدی و مرسوم استخراج شدند. نتایج نشان دادند که مقدار و کیفیت روغن استخراج‌شده با هر دو روش مشابه است، در حالی که سیستم خورشیدی از نظر مصرف انرژی و هزینه، به‌مراتب به‌صرفه‌تر می‌باشد.

#### - سرمایش و سردخانه با کمک انرژی خورشیدی

خشک کردن و سرمایش به‌عنوان روش‌های اصلی نگهداری محصولات فسادپذیر به کار می‌روند (Lantitsou and Panagiotakis, 2014; Zhao and Zhang, 2014; Salamon et al, 2021). با این که سرمایش یکی از مؤثرترین روش‌های نگهداری است، سیستم‌های سردخانه‌ای مرسوم نیازمند مصرف بالای انرژی هستند و به همین دلیل، در بین کشاورزان به‌صورت گسترده مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. همچنین، سردخانه‌ها در همه مناطق در دسترس نیستند (Degirmencioglu et al, 2019). این مسئله باعث شده کشاورزان خرد سود کمی از فروش محصولات فسادپذیر کسب کنند. در این شرایط، استفاده از سردخانه‌های خورشیدی در مزرعه می‌تواند ضایعات را کاهش داده و هزینه‌های عملیاتی را نیز کم کند (Zhang et al, 2018). سامانه‌های سرمایش و تهویه مبتنی بر انرژی خورشیدی، قادر به صرفه‌جویی ۴۰ تا ۵۰ درصدی در مصرف انرژی هستند (Diaconu et al, 2011). در کشورهای در حال توسعه مانند پاکستان، ضایعات پس از برداشت بسیار بالا است. با توجه به دسترسی ضعیف به برق سراسری در روستاها، استفاده از انرژی خورشیدی برای نگهداری و فرآوری محصولات فسادپذیر، به‌ویژه در مناطق گرم و خشک، بسیار مؤثر و قابل اجراست (Ghafoor et al, 2016).

#### - گرمایش گلخانه با استفاده از انرژی خورشیدی

به‌طور معمول، گلخانه‌ها از نور خورشید برای تأمین نیاز نوری گیاهان جهت فتوسنتز استفاده می‌کنند، اما از این منبع برای گرمایش محیط گلخانه بهره نمی‌برند. در فصل زمستان، برای حفظ دمای مطلوب رشد گیاهان، از سوخت‌های فسیلی مانند نفت و گاز استفاده می‌شود. در مقابل، گلخانه‌های خورشیدی (Solar-based Greenhouses – SGHs) به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که از پتانسیل کامل انرژی خورشیدی هم برای روشنایی و هم برای گرمایش بهره‌برداری کنند. در این نوع گلخانه‌ها، حتی آثار منفی نور خورشید بیش از حد در روزهای گرم تابستانی نیز با طراحی مناسب کاهش می‌یابد.

## - تراکتورهای خورشیدی

Munir and Hensel, تراکتورها برای انجام عملیات‌های کشاورزی مانند کاشت، آماده‌سازی زمین و برداشت به کار می‌روند ( در این میان، تراکتورهای خورشیدی به‌عنوان گزینه‌ای قابل اتکا مطرح شده‌اند که می‌توانند در روز با ماژول‌های 2010 توسعه تراکتورهای خورشیدی در حال حاضر در مراحل و در شب با استفاده از باتری‌های شارژی فعالیت کنند (PV) خورشیدی (Godfray et al, 2010) ابتدایی قرار دارد، اما چشم‌انداز بسیار روشنی در آینده کشاورزی برای آن‌ها متصور است )

## - تولید کود با انرژی خورشیدی

در کشاورزی مدرن، استفاده از کود برای افزایش عملکرد محصولات به امری ضروری تبدیل شده است. آمونیاک، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مواد شیمیایی، نقشی کلیدی در تولید کودهای شیمیایی ایفا می‌کند. فرآیند هابر-بوش برای تولید آمونیاک انرژی‌بر است و سالانه حدود ۲/۵ اگرا ژول انرژی مصرف می‌کند. برای کاهش وابستگی انرژی این واحدها، استفاده از انرژی خورشیدی به‌عنوان یک گزینه پایدار مطرح شده است. در این فناوری، تبدیل نیتروژن اتمسفری به ترکیبات نیتروژنه با استفاده از انرژی خورشیدی انجام می‌شود که مستقیماً به‌عنوان کود خورشیدی در کشاورزی قابل استفاده است.

## - ربات‌های کشاورزی با انرژی خورشیدی

ربات‌های خورشیدی در کشاورزی، پتانسیل بسیار زیادی برای اتوماسیون عملیاتی مانند کاشت، وجین، آماده‌سازی زمین، سم‌پاشی و برداشت محصولات در گلخانه‌ها و مزارع روباز دارند (Samuel and Beera, 2013). این ربات‌ها اغلب با موتورهای الکتریکی و باتری‌های قابل شارژ کار می‌کنند و ترکیب آن‌ها با پنل‌های خورشیدی (PV) راه‌حلی منطقی برای تامین انرژی محسوب می‌شود (Olosunde et al, 2009).

## ب) انرژی بادی

انرژی بادی با انرژی خورشیدی متفاوت است، چراکه به‌صورت ۲۴ ساعته در دسترس است. فناوری‌های مبتنی بر انرژی بادی می‌توانند هم برای تولید انرژی الکتریکی و هم انرژی مکانیکی مورد استفاده قرار گیرند. فناوری‌های متمرکز بر انرژی بادی، سریع‌ترین رشد را در میان فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر دارند و حتی از انرژی‌های زیستی نیز پیشی گرفته‌اند. با توجه به سرمایه‌گذاری اولیه بالا در حوزه انرژی بادی، سیاست‌گذاران و سرمایه‌گذاران به دنبال یافتن راهکارهایی برای کاهش شکاف هزینه-فایده هستند (Hanif et al, 2019). انتخاب مکان مناسب برای نصب توربین‌های بادی یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت اقتصادی پروژه است (Amjad et al, 2018). این انتخاب پیچیده بوده و به عوامل متعددی مانند پتانسیل باد، زیرساخت‌های انرژی و حمل‌ونقل، دسترسی به منابع محلی و فعالیت‌های اقتصادی منطقه بستگی دارد. در کشورهای توسعه‌یافته، بهبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل می‌تواند تولید کشاورزی و انرژی را افزایش دهد (Aji boye and Adamopoulos, 2011; Afolayan, 2009).

از آنجا که انرژی بادی نیاز به سوخت یا گازوئیل ندارد، به‌عنوان یک انرژی پاک و دوست‌دار محیط‌زیست شناخته می‌شود و منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی صوتی می‌گردد (Zhang et al, 2018). همچنین هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری سیستم‌ها کاهش می‌یابد و نیاز به واردات سوخت فسیلی کم می‌شود (Diaconu et al, 2011). توان مورد نیاز مزرعه‌ها از ۴۰۰ وات تا ۴۰ کیلووات متغیر است که می‌توان با توربین‌های بادی کوچک آن را تأمین کرد (Ghafoor et al, 2016). استفاده از سیستم‌های بادی در بخشی از زمین کشاورزی، امکان تولید برق را برای کشاورزان فراهم می‌کند و استفاده از سیستم نترینگ (Net Metering) نیز می‌تواند به سوددهی آن‌ها کمک کند (Sheikh, 2010).

## ج) انرژی زیست‌توده

در میان انواع منابع انرژی تجدیدپذیر، به دلیل تنوع منشأ و در دسترس بودن فناوری‌های تبدیل برای تولید محصولات انرژی‌پایه، انرژی زیست‌توده (Biomass) به‌عنوان گزینه‌ای با پتانسیل بالا مورد توجه قرار گرفته است (Adkins and Sescu, 2018; Vick and Almas, 2010). زیست‌توده شامل انواع گیاهان تولیدشده از طریق فتوسنتز و محصولات جانبی آن‌ها است (Armstrong et al, 2014). زیست‌انرژی (Bioenergy) بخشی حیاتی از اقتصاد انرژی جهانی به‌شمار می‌رود، به‌طوری‌که حدود

۹/۵ درصد از کل انرژی اولیه و نزدیک به ۷۰ درصد از مصرف انرژی تجدیدپذیر را به خود اختصاص داده است (Baidya Roy and Traiteur, 2010). این نوع انرژی نه تنها در مصارف خانگی مانند گرمایش و پخت و پز کاربرد دارد، بلکه توسط صنایع کوچک مانند کوره های آجرپزی و زغال سازی نیز مورد استفاده قرار می گیرد. زیست انرژی منبعی کلیدی برای تأمین نیازهای حرارتی، الکتریکی و سوختی در بخش کشاورزی-غذایی و فراتر از آن است (Harris et al, 2014; Sanz Rodrigo et al, 2017). محصولات جانبی زیست توده در بخش کشاورزی-غذایی می توانند به عنوان منبع انرژی برای فرآوری، ذخیره سازی و پخت و پز مورد استفاده قرار گیرند (Xia et al, 2016).

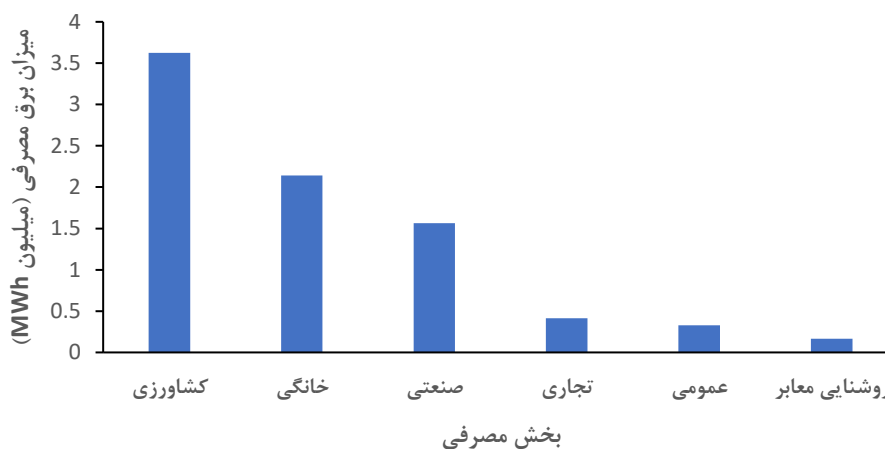
#### د) انرژی زمین گرمایی

انرژی زمین گرمایی، منبعی تجدیدپذیر، بومی، دوستدار محیط زیست و فاقد کربن است که در لایه های درونی زمین ذخیره شده است (Tang et al, 2017; Zhou et al, 2012). این انرژی معمولاً از فعالیت های آتشفشانی و زمین ساختی زیر سطح زمین ناشی می شود. گرمای مورد استفاده در فرایندهای زمین گرمایی عمدتاً در سنگ های اعماق زمین ذخیره شده یا در مخازن آب گرم زمین گرمایی با دمای بالا قرار دارد (Xia and Zhou, 2017). بسیاری از پژوهشگران اتفاق نظر دارند که انرژی زمین گرمایی یک منبع تجدیدپذیر انرژی است (Rajewski et al, 2014). با این حال باید توجه داشت که نرخ استخراج گرما از مخازن زمین گرمایی معمولاً سریع تر از نرخ بازگشت آن است و این موضوع به نوع کاربرد، مقیاس زمانی زمین شناسی و روش های تزریق مجدد گرما بستگی دارد (Rajewski et al, 2016; Zerrahn, 2017). پیش بینی ها حاکی از آن است که تا سال ۲۰۵۰، انرژی زمین گرمایی حدود ۳٪ از برق جهانی و ۵٪ از گرمایش جهانی را تأمین خواهد کرد و بیش از ۱ میلیارد تن دی اکسید کربن را در این سال از چرخه خارج خواهد نمود. برای تحقق این هدف، باید اقدامات منسجم در زمینه های اجتماعی، اقتصادی، مدیریتی، زیست محیطی و سیاسی انجام گیرد. در بخش کشاورزی، انرژی زمین گرمایی می تواند برای کنترل دمای مورد نیاز رشد مطلوب گیاهان در گلخانه ها و حتی در فضای باز مورد استفاده قرار گیرد.

#### وضعیت مصرف انرژی و خسارت های ناشی از ناترازی انرژی در خراسان رضوی

شکل ۲ میزان برق مصرفی سال در استان خراسان رضوی را نشان می دهد. بر اساس آخرین اطلاعات، مقدار کل برق مصرفی سال در استان خراسان رضوی، ۸/۲۳۴ میلیون مگاوات ساعت است که با توجه به شکل ۱، بیشترین سهم یعنی ۳/۶۲۷ میلیون مگاوات ساعت (۴۴ درصد)، مربوط به بخش کشاورزی است. این نشان می دهد، تأمین انرژی در بخش کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار است.

میزان برق مصرفی استان



شکل ۲- میزان برق مصرفی استان خراسان رضوی در بخش های مختلف (میلیون MWh)

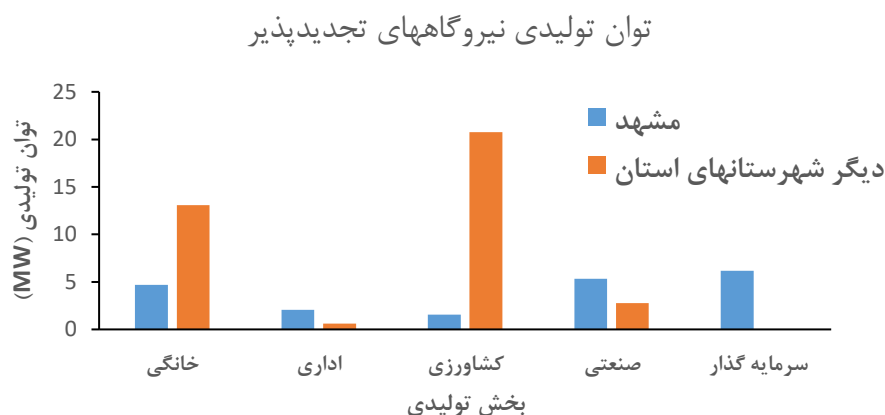
در سالهای اخیر به دلیل ناترازی انرژی در کشور، بخشهای مختلف از جمله کشاورزی با قطعی برق مواجه بوده است. بر اساس مصوبه هیئت وزیران شماره ۱۳۹۲۶۱/ت/۵۹۹۰۷ ه از سال ۱۳۹۹ هر ساله از تاریخ ۱۵ خرداد تا ۱۵ شهریور، برق بخش کشاورزی به مدت ۵ ساعت از ساعت ۱۲ تا ۱۷ قطع می گردد که بعضاً این زمان تا ۷ ساعت نیز افزایش داشته است. طبق تحقیقات میدانی در شهرستانهای مختلف استان خراسان رضوی و اخذ اطلاعات از کشاورزان و دامداران، این قطعی برق موجب تغییر مدار آبیاری و در نتیجه افت تولید محصولات اساسی، تلفات طیور و آبزیان و خسارت به تاسیسات و سیستم های آبیاری مکانیزه در این استان شده است. طبق آمار اعلام شده، طبق گزارش سازمان جهاد کشاورزی استان، تا آذر ۱۴۰۳، خسارت ناشی از ناترازی انرژی و قطعی برق چاه های کشاورزی، حدود ۳۵ همت بوده است (سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی، ۱۴۰۳).

### راهکار وزارت نیرو در بخش کشاورزی

وزارت نیرو با در نظر گرفتن چالش های پیش روی کشاورزان، راهکاری نوآورانه را به اجرا گذاشته است. طبق مصوبه شماره ۱۴۰۳/۱۲۴۱۵/۲۰/۱۰۰ به کشاورزانی که حداقل ۸۰ درصد از نیاز انرژی خود را از طریق نیروگاه های تجدیدپذیر تأمین کنند، اجازه می دهد تا از برنامه خاموشی های ساعات اوج بار تابستانی مستثنی شوند؛ این اقدام وزارت نیرو هدف چندگانه ای را دنبال می کند. نخست آنکه با تشویق کشاورزان به احداث نیروگاه های تجدیدپذیر، به توسعه این منابع انرژی پاک کمک می کند. همچنین، این معافیت از خاموشی، امنیت و پایداری تولید محصولات کشاورزی را افزایش خواهد داد، زیرا کشاورزان دیگر نگران قطع برق و اختلال در فعالیت آبیاری زمین های زراعی خود نخواهند بود. از سوی دیگر، این مصوبه در کنار کاهش فشار بر شبکه برق سراسری، به دلیل خرید برق تجدیدپذیر از کشاورزان و صاحبان چاه های کشاورزی، نوعی درآمدزایی جانبی برای آنها به شمار می رود.

### وضعیت تولید انرژی تجدیدپذیر در استان خراسان رضوی

شکل ۳ وضعیت فعلی توان تولیدی نیروگاه های تجدیدپذیر استان خراسان رضوی در بخش های مختلف، به تفکیک در شهرستان مشهد و دیگر شهرستان های استان را نشان می دهد (شرکت توزیع نیروی برق استان خراسان رضوی).



شکل ۳- توان تولیدی نیروگاه های تجدیدپذیر استان خراسان رضوی در بخش های مختلف (MW)

مقدار فعلی کل توان تولیدی نیروگاه های تجدیدپذیر در شهرستان مشهد ۱۹/۸۱ مگاوات است که با توجه به شکل ۴، نیروگاه های ایجاد شده توسط سرمایه گذار و در بخش صنعتی به ترتیب با ۶/۱۶ و ۵/۳۴ مگاوات توان تولیدی، بیشترین سهم و بخش کشاورزی با ۱/۵۷ مگاوات یعنی حدود ۸ درصد، کمترین سهم در تولید انرژی تجدیدپذیر داشته اند. وجود شهرک های صنعتی متعدد در این شهرستان و خسارت قابل توجه به تولید در این بخش، می تواند دلیل این مسئله باشد. در سوی دیگر،

مقدار کل توان تولیدی نیروگاههای تجدیدپذیر در دیگر شهرستانهای استان، ۳۷/۲۱ مگاوات است که بخش کشاورزی با ۲۰/۷۶ مگاوات یعنی حدود ۵۶ درصد، بیشترین سهم را در تولید این انرژی دارد. این نشان می‌دهد در شهرستانهای استان (بجز مشهد)، نیاز به تولید انرژی تجدیدپذیر در بخش کشاورزی بیشتر احساس شده است. در هر حال از کل ۵۷/۰۲ مگاوات توان تولیدی نیروگاههای تجدیدپذیر استان (تاکنون)، حدود ۴۰ درصد آن در بخش کشاورزی تولید می‌شود.

با بررسی‌های انجام شده مشخص شد، تقریباً تمامی نیروگاههای تجدیدپذیر در استان، از نوع خورشیدی است. ضمن اینکه از نیروگاه خورشیدی در بخش کشاورزی بیشتر به صورت غیرمستقیم برای تامین برق چاههای کشاورزی استفاده می‌شود. استفاده غیرمستقیم به این معنی است که برق تولیدی از پنل‌های خورشیدی مستقیماً برای تامین برق پمپ‌های چاه‌های کشاورزی استفاده نمی‌شود، بلکه برق تولیدی، توسط دولت از کشاورز خریداری و به شبکه سراسری وارد می‌شود و در صورتی که مقدار برق تولیدی به اندازه ۸۰ درصد برق مصرفی چاه کشاورزی باشد، دولت این تعهد را می‌دهد که این چاه را از خاموشی معاف کند.

طبق هدف‌گذاری سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی ایران (ساتبا)، تا افق ۱۴۰۶، ۳۰۰۰ مگاوات انرژی تجدیدپذیر باید در استان خراسان رضوی تولید شود. با توجه به توان تولیدی حال حاضر ۵۷/۰۲ مگاوات انرژی تجدیدپذیر در استان، راه طولانی تا رسیدن به هدف‌گذاری افق ۱۴۰۶ باقی است. لذا رفع موانع تولید این نوع انرژی در استان ضروری می‌باشد. در بخش‌های قبل روشهای مختلف تولید انرژی تجدیدپذیر و همچنین کاربردهای مختلف استفاده از انرژی خورشیدی بیان شد. این در حالی است که در استان خراسان رضوی، تمام نیروگاههای تجدیدپذیر تقریباً از نوع خورشیدی هستند و از نیروگاه خورشیدی در بخش کشاورزی بیشتر در قسمت چاههای کشاورزی استفاده شده است. بنابراین بررسی پتانسیل‌های هر شهرستان و استفاده از دیگر نیروگاههای تجدیدپذیر و همچنین کاربرد انرژی خورشیدی در دیگر بخشهای کشاورزی، می‌تواند سرعت بیشتر تولید این انرژی را فراهم کند.

#### مشکلات پیش روی ایجاد نیروگاههای تجدیدپذیر در استان خراسان رضوی

در مرحله اول فرایند تحلیل داده‌ها، واحدهای مفهومی شامل کلمات و جملات مرتبط با عوامل موثر بر بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی استان خراسان رضوی از متن مصاحبه‌های انجام شده استخراج شد (جدول ۲).

جدول ۲- عوامل موثر بر بکارگیری انرژی تجدیدپذیر

| مقوله    | کدهای محوری        | فراوانی | سهم از کل (درصد) |
|----------|--------------------|---------|------------------|
| عوامل    | عوامل اقتصادی      | ۱۸      | ۲۸/۶             |
| موثر بر  | نحوه ارائه تسهیلات | ۱۳      | ۲۰/۶             |
| بکارگیری | زیرساخت‌ها         | ۱۲      | ۱۹               |
|          | عوامل اجتماعی      | ۱۰      | ۱۵/۹             |
|          | سیاست‌های حکومتی   | ۷       | ۱۱/۱             |
|          | عوامل فنی          | ۳       | ۴/۸              |

همانطور که در جدول ۲ مشخص است خروجی تحلیل داده‌ها در این بخش شامل ۶ کد محوری شامل عامل اقتصادی با ۱۸ نشانه، عامل ارائه تسهیلات با ۱۳ نشانه، زیرساخت‌ها با ۱۲ نشانه، عوامل اجتماعی با ۱۰ نشانه، سیاست‌های حکومتی با ۷ نشانه و عوامل فنی با ۳ نشانه است. عوامل اقتصادی، نحوه ارائه تسهیلات و زیرساخت‌های موجود به ترتیب با ۲۸/۶، ۲۰/۶ و ۱۹ درصد از کل، بیشترین تاثیر در بکارگیری انرژی تجدیدپذیر در استان دارند. در ذیل بصورت ریز به این عوامل و موانع پیش روی اجرای نیروگاههای تجدیدپذیر پرداخته می‌شود:

- هزینه سرمایه‌گذاری اولیه: در حال حاضر (مرداد ماه سال ۱۴۰۴) هزینه تولید هر کیلووات انرژی خورشیدی، ۳۰ تا ۳۵ میلیون تومان می‌باشد (ساتبا). با در نظر گرفتن متوسط توان مصرفی ۱۰۰ کیلووات برای هر چاه کشاورزی، در صورتی که قرار

باشد ۸۰ درصد برق مصرفی چاه توسط نیروگاه خورشیدی تولید شود، هزینه اجرای آن در حال حاضر بین ۲۴۰۰۰۰۰۰۰ تا ۲۸۰۰۰۰۰۰۰ تومان می‌باشد (ساتبا). با تحقیقات انجام شده مشخص شد این میزان سرمایه‌گذاری اولیه به جز برای کشاورزان پسته‌کار در شهرستانهایی مانند بردسکن که از درآمد بالایی برخوردارند، برای سایر کشاورزان بسیار مشکل است. Streimikiene و همکاران، (۲۰۲۱) نیز بیان کردند شرایط اقتصادی برای موفقیت طرح‌های انرژی تجدیدپذیر بسیار مهم است. همچنین Barragan-Escandom و همکاران، (۲۰۲۲) نشان دادند ریسک سرمایه‌گذاری از مهمترین عوامل بر سر راه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است.

- **مشکلات اجتماعی:** در اراضی خرد مالک معمولاً چندین کشاورز در بهره‌برداری از یک چاه شراکت دارند. تحقیقات میدانی نشان داد در مواردی اختلاف نظر کشاورزان بر سر اصل سرمایه‌گذاری روی نیروگاه‌های خورشیدی، مانع اجرای آن شده است. کاظمیه و همکاران، (۱۴۰۰) نیز شرایط اجتماعی و فرهنگی را عامل مهم در پیروزی یا شکست طرح‌های استفاده از انرژی پاک می‌دانند.

- **وجود ارگانهای متعدد جهت اعطای تسهیلات:** اخیراً ارگانهای متعددی جهت اجرای نیروگاه خورشیدی، تسهیلاتی اعطاء می‌کنند. بررسی‌ها نشان داد برخی از این ارگانها پس از اجرای این نیروگاه‌ها به تعهدات خود بصورت کامل عمل نکرده و علاوه بر کشاورز، شرکت پیمانکار مجری را نیز جهت دریافت حق الزحمه خود دچار مشکل کرده‌اند. مشاهده چنین عملکردی از سوی این ارگانها باعث شده دیگر کشاورزان آن منطقه تمایلی برای سرمایه‌گذاری در این بخش نداشته باشند.

- **نبود یک روال مشخص برای اعطای تسهیلات وام:** روال اعطای وام به صورت تدریجی و متناسب با پیشرفت کار توسط بانکهای مختلف، متفاوت است. این مسئله سردرگمی کشاورزان را برای استفاده از این تسهیلات به دنبال داشته است.

- **وجود برندهای نامعتبر پنل‌های خورشیدی در بازار:** برندهای مختلفی از پنل‌های خورشیدی در بازار موجود می‌باشند که عمده آنها ساخت کشور چین می‌باشند. در برخی شهرستانها گزارش شده پنل‌های خورشیدی نامعتبر و تقلبی توسط شرکت‌های پیمانکار اجرا شده که دارای راندمان بسیار پایینی بوده و نارضایتی کشاورزان را به دنبال داشته است. نسل فعلی پنل‌های خورشیدی موجود در بازار ایران دارای راندمان حدود ۲۳ درصد می‌باشند.

- **وجود شرکت‌های پیمانکار نامعتبر:** سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری ایران (ساتبا)، شرکت‌های پیمانکار معتبر در زمینه اجرای نیروگاه‌های خورشیدی را معرفی کرده است. با این وجود افراد زیادی در استان با گذراندن دوره‌های کوتاه مدت فنی و حرفه‌ای، اقدام به تاسیس شرکت و اجرای نیروگاه خورشیدی کرده‌اند که مهارت لازم در این زمینه را دارا نیستند. اجرای ناصحیح این نیروگاه‌ها توسط این گونه شرکت‌ها در برخی شهرستانها، باعث تخریب آنها توسط نیروی باد و در نهایت نارضایتی بهره‌بردار و شکست طرح شده است.

- **عدم هماهنگی و برنامه‌ریزی منسجم بین نهادهای متولی:** با بررسی و گفتگو با مسئولین نهادهای جهاد کشاورزی، ساتبا و شرکت توزیع برق استان مشخص شد هماهنگی لازم و برنامه‌ریزی منظمی جهت اجرای نیروگاه‌های تجدیدپذیر در استان وجود ندارد. این ناهماهنگی منجر به ارائه برنامه و سیاستهایی خواهد شد که ممکن است مطابق با اهداف ملی و توانایی‌های فنی و اقتصادی کشور نباشد (Ghouchani et al, 2021).

- **بی اعتمادی به دولت:** طبق مصوبه وزارت نیرو، در صورتی که کشاورزان ۸۰ درصد برق مصرفی خود را از نیروگاه‌های تجدیدپذیر تامین کنند، از قطعی برق در تابستان معاف خواهند بود. موارد متعددی از سوی کشاورزان گزارش شده است که دولت به تعهد خود عمل نکرده و برق چاه‌های کشاورزی که مالکین آنها اقدام به اجرای نیروگاه خورشیدی کرده‌اند نیز مشمول قطعی برق شده است. این مسئله باعث از بین رفتن حس اعتماد بهره‌برداران نسبت به دولت و تردید دیگر کشاورزان جهت استفاده از این نوع انرژی شده است.

- **عدم وجود شبکه سراسری برق در محدوده برخی از اراضی کشاورزی:** در اطراف برخی از اراضی کشاورزی، شبکه برق سراسری وجود ندارد. این در حالیست که صدور مجوز اجرای نیروگاه خورشیدی توسط ساتبا، مشروط به وجود شبکه برق

سراسری در محدوده اراضی و یا چاه کشاورزی می‌باشد. در غیر اینصورت، کشاورز جهت اجرای نیروگاه خورشیدی، احتیاج به خرید باتری جهت ذخیره انرژی دارد که هزینه آن نسبتاً بالاست.

- **کمبود فضا جهت اجرا:** برای تولید هر کیلووات انرژی خورشیدی، زمینی به مساحت ۱۵ متر مربع لازم است (هر مگاوات، ۱/۵ هکتار). در برخی موارد علیرغم اینکه کشاورز نسبت به اجرای نیروگاه خورشیدی تمایل دارد، ولی به علت کمبود فضا جهت اجرا در اطراف زمین کشاورزی، از اجرای آن منصرف شده است. یکی دیگر از مشکلات کمبود زمین، اختلاف کشاورزان مشاع در یک چاه کشاورزی جهت تخصیص قسمتی از زمینهای زراعی خود برای اجرای نیروگاه خورشیدی می‌باشد.

### ارائه راهکار

با توجه به مشکلات حوزه انرژی در استان به ویژه در بخش کشاورزی، کارشناسان و خبرگان موضوعی، راهکارهایی برای توسعه و بکارگیری انرژی تجدیدپذیر در بخش کشاورزی ارائه کردند. مفاهیم و جملاتی که در مصاحبه‌ها بیان شد در قالب ۹۳ نشانه استخراج شد. در مرحله بعد بر اساس اشتراکات، نشانه‌ها در قالب ۱۰ کد محوری باز طبقه‌بندی شدند که بصورت جدول ۳ می‌باشد.

جدول ۳- راهکارهای رفع موانع بکارگیری انرژی تجدیدپذیر

| مقوله     | کدهای محوری                                              | فراوانی | سهم از کل (درصد) |
|-----------|----------------------------------------------------------|---------|------------------|
| راهکارهای | حمایت‌های مالی                                           | ۱۹      | ۲۰/۴             |
| رفع موانع | اتخاذ سیاست‌گذاری متناسب با وضعیت کشاورز                 | ۱۵      | ۱۶/۱             |
| بکارگیری  | سرمایه‌گذاری در آموزش و ترویج                            | ۱۴      | ۱۵               |
|           | انجام فعالیتهای فرهنگی                                   | ۱۳      | ۱۴               |
|           | ایجاد انسجام نهادهای متولی                               | ۱۰      | ۱۰/۸             |
|           | هوشمندسازی برق بخش کشاورزی                               | ۹       | ۹/۷              |
|           | سیاست‌های اقتصادی تشویقی و قهری                          | ۵       | ۵/۴              |
|           | ساماندهی موسسات مالی و اعتباری                           | ۵       | ۵/۴              |
|           | حذف یارانه‌های سوخت فسیلی و انتقال آن به انرژی تجدیدپذیر | ۲       | ۲/۱              |
|           | مشارکت مالی کشاورزان در ایجاد نیروگاه                    | ۱       | ۱/۱              |

همانطور که در جدول ۳ مشخص است، کارشناسان و خبرگان مطلع عوامل حمایت‌های مالی، در نظر گرفتن وضعیت معیشت کشاورزان و اتخاذ سیاست متناسب با آن، سرمایه‌گذاری در آموزش و ترویج و انجام فعالیتهای فرهنگی به ترتیب با ۲۰/۴، ۱۶/۱، ۱۵ و ۱۴ درصد را موثرترین راهکارهای رفع موانع پیش روی ایجاد نیروگاههای تجدیدپذیر می‌دانند. در بخش چاههای کشاورزی استان تقریباً تمامی چاه‌ها به برق سراسری متصل شده‌اند و دیگر از سوخت فسیلی استفاده نمی‌شود، با این وجود کارشناسان معتقدند در بخش‌های دیگر کشاورزی و صنعت، یکی از موانع توسعه انرژی پاک، ارزان بودن سوخت فسیلی و استفاده از یارانه در این قسمت است. لذا حذف این یارانه‌ها و انتقال آن به بخش انرژی تجدیدپذیر می‌تواند یکی از راهکارها باشد. با بررسی موانع پیش روی اجرای نیروگاه‌های تجدیدپذیر در شهرستان‌های استان خراسان رضوی و جمع‌آوری نظرات و پیشنهادات کارشناسان خبره در این زمینه، راهکارهای زیر جهت کاهش مشکلات اجرای این نیروگاه‌ها پیشنهاد می‌شود:

- **اتخاذ سیاست‌گذاری متناسب با وضعیت کشاورزان هر شهرستان:** همانطور که قبلاً گفته شد کشاورزان برخی شهرستانها مانند بردسکن، درآمد بالایی از محصول پسته دارند و مشکلی بابت سرمایه‌گذاری اولیه ندارند. این در حالی است که هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای کشاورزانی که درآمد بالایی ندارند، دشوار است. لذا پیشنهاد می‌شود برای ترغیب کشاورزان هر شهرستان، سیاستی متناسب با وضعیت معیشتی کشاورزان آن شهرستان اتخاذ شود. به عنوان مثال می‌توان برای کشاورزان کم درآمد، تسهیلات بلند مدت با سود پایین اعطا کرد و یا اینکه سرمایه‌گذاری اولیه بین دولت و بهره‌بردار بصورت مشارکتی باشد (تاشان و همکاران، ۱۴۰۳).

- **تدوین یک سند جامع و هدفمند برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی:** همانطور که قبلاً ذکر شد از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر که کشورهای دیگر تجربه موفق در بهره‌مندی از آن داشته‌اند، در کشور و همچنین استان خراسان رضوی بیشتر از انرژی خورشیدی استفاده شده است. ضمن اینکه از این نوع انرژی تجدیدپذیر به طور غیرمستقیم بیشتر برای تامین انرژی چاههای کشاورزی استفاده شده است. با تدوین یک سند جامع و هدفمند می‌توان پتانسیل هر شهرستان را در استفاده از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر مشخص کرد. همچنین انواع کاربرد این نوع انرژی را در بخش کشاورزی گسترش داد. به عنوان مثال باد محلی دیزباد از جمله بادهای مهم در استان خراسان رضوی است که در قسمتهایی از شهرستانهای نیشابور و مشهد می‌وزد و با توجه به شرایط مناسبی که دارد می‌تواند به عنوان کانون تامین انرژی آینده منطقه مدنظر قرار گیرد. البته باید توجه داشت ارائه برنامه‌ها و پیاده‌سازی سیاستها در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر باید مطابق با اهداف ملی و توانایی‌های فنی و اقتصادی باشد (Ghouchani et al, 2021).

- **برنامه‌ریزی منسجم و بین بخشی بین نهادهای متولی (جهاد کشاورزی، ساتبا، شرکت برق، محیط زیست و ...):** نهادهای جهاد کشاورزی، ساتبا، شرکت توزیع برق و محیط زیست متولیان اجرای نیروگاه‌های تجدیدپذیر هستند. هماهنگی، برنامه‌ریزی منسجم و تعیین شرح وظایف هر کدام از این نهادها می‌تواند سرعت بیشتر اجرای نیروگاه‌های تجدیدپذیر را فراهم کند. پیشنهاد می‌شود با تشکیل کارگروه انرژی تجدیدپذیر در استان متشکل از این نهادها و برگزاری جلسات ماهانه، ضمن پایش نیروگاه‌های در حال اجرا در استان، جهت رفع موانع تصمیمات سازنده اتخاذ کنند.

- **اقدامات ترویجی:** بسیاری از کشاورزان نسبت به مزایا، کاربردها و فناوریهای انرژی نو آگاهی ندارند. همچنین با انجام تحقیقات مشخص شد بازگشت سرمایه در اجرای نیروگاه خورشیدی بین ۳ تا ۳/۵ سال (با در نظر گرفتن تورم بین ۲ تا ۲/۵ سال) است که اکثر بهره‌برداران از آن اطلاع ندارند. لذا پیشنهاد می‌شود بخش ترویج جهاد کشاورزی هر شهرستان نسبت به برگزاری دوره‌های آموزشی در روستا، بهره‌برداران را از مزایای استفاده از این نوع انرژی آگاه سازند. تاشان و همکاران، (۱۴۰۳) نیز سرمایه‌گذاری در آموزش و ترویج را از جمله راهکارهای رفع موانع استفاده از انرژی تجدیدپذیر معرفی کردند.

- **رفع معارض توسط کارشناسان اجتماعی:** در برخی موارد گزارش شده که علیرغم موافقت اکثر بهره‌برداران یک چاه کشاورزی، یک یا چند بهره‌بردار با اجرای نیروگاه خورشیدی مخالفت کرده و مانع اجرای آن می‌شوند. کارشناسان اجتماعی جهاد کشاورزی هر شهرستان می‌توانند با برقراری جلسات گروهی با بهره‌برداران یک چاه، ضمن رفع معارض و بیان مزایای استفاده از این نوع انرژی، زمینه اجرای نیروگاه تجدیدپذیر را فراهم کنند. Karami و Badsar، (۲۰۲۱) نیز نشان دادند آگاهی بهره‌برداران از مزایای انرژی تجدیدپذیر، تاثیر مثبت و معنی‌داری بر پذیرش استفاده از این نوع انرژی دارد.

- **احداث نیروگاه بصورت تجمیعی:** همانطور که قبلاً گفته شد در حال حاضر برای هر چاه کشاورزی، هزینه احداث نیروگاه خورشیدی به ازای تولید هر کیلووات انرژی خورشیدی، معادل ۳۰ تا ۳۵ میلیون تومان است. با بررسیهای میدانی مشخص شد با تجمیع چندین چاه و احداث نیروگاه خورشیدی، هزینه احداث آن ۲۰ تا ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. لذا با انجام اقدامات ترویجی می‌توان کشاورزان هر منطقه را جهت احداث نیروگاه تجمیعی تشویق کرد.

- **معرفی یک نهاد متولی مشخص توسط دولت جهت اعطای تسهیلات:** وجود نهادهای مختلف جهت اعطای تسهیلات وام و همچنین متفاوت بودن روال دریافت وام در این نهادها، باعث سردرگمی کشاورزان استان و بعضاً انصراف آنها از دریافت تسهیلات و اجرای نیروگاه شده است. لذا معرفی یک نهاد مشخص توسط دولت و برقراری یک روال معین برای دریافت تسهیلات، می‌تواند کشاورزان را نسبت به اجرای نیروگاه ترغیب کند. به هر حال حمایت‌های مالی و گسترش موسسات مالی و اعتباری تخصصی می‌تواند راه ورود به استفاده از این نوع انرژی را هموار کند (تاشان و همکاران، ۱۴۰۳).

- **اتخاذ تصمیم سختگیرانه جهت انتخاب پیمانکار:** اجرای نیروگاه خورشیدی توسط پیمانکاران نامعتبر، علاوه بر تحمیل خسارت به بهره‌بردار، باعث دلسردی و انصراف دیگر کشاورزان نسبت به اجرای نیروگاه شده است. لذا پیشنهاد می‌شود، اخذ مجوز اجرای نیروگاه و خرید برق تولیدی توسط دولت از بهره‌بردار، مشروط به انتخاب پیمانکاران مورد تایید ساتبا قرار داده شود.

- هوشمند کردن برق بخش کشاورزی: همانطور که قبلاً گفته شد در مواردی دولت به تعهدات خود مبنی بر معافیت از خاموشی بهره‌بردارانی که از انرژی خورشیدی استفاده می‌کنند، عمل نکرده است که دلسردی و اعتراض بهره‌برداران را به دنبال داشته است. علت این موضوع یکسان بودن محل تامین و توزیع برق چاه‌های مختلف کشاورزی یک محدوده است. با هوشمند کردن برق چاه‌های کشاورزی می‌توان برق هر چاه کشاورزی را بطور مجزا قطع یا وصل نمود.

### نتیجه‌گیری

بسیاری از کشورهای در حال توسعه در جهان به دلیل رشد سریع جمعیت، توسعه اقتصادی و فناوری، شهرنشینی و تغییرات آب‌وهوایی، با افزایش تقاضای انرژی مواجه هستند. این افزایش تقاضای انرژی، منجر به افزایش قیمت برق خواهد شد که به‌طور مستقیم بر بخش کشاورزی، به دلیل مصرف بالای انرژی در فعالیت‌های گوناگون، تأثیر خواهد گذاشت. لذا یافتن یک منبع انرژی جایگزین در بخش کشاورزی ضروری می‌باشد. انرژی‌های تجدیدپذیر یکی از منابع جایگزین تامین انرژی است. بررسی‌ها نشان داد هزینه بالای سرمایه‌گذاری اولیه، مشکلات اجتماعی، وجود شرکت‌های پیمانکار نامعتبر و کم مهارت در استان، وجود پل‌های تقلبی و کم بازده در بازار و حس بی اعتمادی به دولت از جمله عواملی است که کشاورزان استان را نسبت به اجرای نیروگاه تجدیدپذیر دچار تردید کرده است. تدوین یک سند جامع و هدفمند برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی، برنامه‌ریزی منسجم و بین بخشی بین نهادهای متولی، اتخاذ سیاست متناسب با کشاورزان هر شهرستان، اقدامات ترویجی و اجتماعی جهت رفع معارض، الزام به اجرای نیروگاه توسط پیمانکاران معتبر و مورد تایید ساتبا و هوشمند کردن برق چاه‌های کشاورزی می‌تواند موانع و مشکلات استفاده از این نوع انرژی در استان را کاهش و اجرای نیروگاه‌های تجدیدپذیر در استان را سرعت بخشد.

### منابع

- تاشان، یاسین؛ بادسار، محمد؛ قلی‌زاده، حیدر؛ نامداری، مجید و کرمی، امید (۱۴۰۳). تحلیل اقتصادی توسعه و بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی جغرافیای استان کردستان. *پژوهش‌های جغرافیایی/اقتصادی*، ۵(۱۷)، ۸۵-۱۰۰.
- کاظمیه، فاطمه؛ عیدی، اسما؛ و راحلی، حسین (۱۴۰۰). تبیین عامل‌های مؤثر بر امکان بکارگیری انرژی‌های نو در بخش کشاورزی از دیدگاه کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی شهرستان ارومیه. *فصلنامه علوم محیطی*، ۱۹(۲)، ۲۲۵-۲۴۰.
- نامور، یاسمین و عمانی، احمدرضا (۱۴۰۰). استلزامات، موانع و امکان کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در گلخانه‌های گل‌های شاخه‌ای [گل و گیاهان زینتی] استان خوزستان. *نشریه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو*، ۸(۲)، ۱۵۹-۱۷۰.
- سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی ایران، گزارش، ۱۴۰۴. <https://cleanpost.ir>
- سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی، گزارش، ۱۴۰۳. <https://www.isna.ir/news/1403122114427>
- سواری، مسلم و رزم آور، فرشاد (۱۴۰۳). تدوین راهبردهای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی استان بوشهر. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۸(۸۸)، ۸۰-۱۰۴.
- شرکت توزیع نیروی برق خراسان رضوی، گزارش، ۱۴۰۴. <https://kedc.ir>
- فاطمی، سید حسام‌الدین؛ باباپور، عزیز؛ نوروزی سارمی، دانیال؛ حیدرزاده، رضا و شریفی، سید سجاد (۱۴۰۱). نگاهی نو به کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در صنایع کشاورزی. *نشریه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو*، ۹(۱)، ۲۹-۳۹.
- Adamopoulos, T., 2011. Transportation costs, agricultural productivity, and cross-country income differences. *Int. Econ. Rev.* 52 (2), 489-521.
- Adkins, K.A. and Sescu, A., 2018. Analysis of near-surface relative humidity in a wind turbine array boundary layer using an instrumented unmanned aerial system and large-eddy simulation. *Wind Energy*, 21 (11), 1155-1168.
- Ajiboye, A. and Afolayan, O., 2009. The impact of transportation on agricultural production in a developing country: a case of kolanut production in Nigeria. *Int. J. Agric. Econ. Rural Dev*, 2 (2), 49-57.

- Amjad, W., Crichton, S.O., Munir, A., Hensel, O. and Sturm, B., 2018. Hyperspectral imaging for the determination of potato slice moisture content and chromaticity during the convective hot air drying process. *Biosyst. Eng.*, 166, 170–183.
- Armstrong, A., Waldron, S., Whitaker, J. and Ostle, N.J., 2014. Wind farm and solar park effects on plant–soil carbon cycling: uncertain impacts of changes in ground-level microclimate. *Global Change Biol.*, 20 (6), 1699–1706.
- Bachheti, R., Joshi, A. and Singh, A., 2011. Oil Content variation and Antimicrobial activity of Eucalyptus leaves oils of three different Species of Dehradun, uttarakhand, india. *Int. J. ChemTech Res.*, 3 (2), 625–628.
- Badsar, M. and Karami, R., 2021. Understanding farmers' response to renewable energy: an application of Protection Motivation Theory. *Journal of Agricultural Science and Technology*, (5)23, 987-1000.
- Baidya Roy, S. and Traiteur, J.J., 2010. Impacts of wind farms on surface air temperatures. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 107 (42), 17899–17904.
- Barragan-Escandon, A., Jara-Nieves, D., Romero-Fajardoc, I., Zalamea-Leónesteban, E. F. and Serrano-Guerrero, X., 2022. Barriers to renewable energy expansion: Ecuador as a case study. *Energy Strategy Reviews*, 43, 100903.
- Cocks, F., 2009. Geothermal Energy: Energy From the Earth Itself, Energy Demand and Climate Change. *Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, KGaA*, Weinheim, Germany, pp. 105–112.
- Degirmencioglu, A., Mohtar, R.H., Daher, B.T., Ozgunaltay-Ertugrul, G. and Ertugrul, O., 2019. Assessing the sustainability of crop production in the Gediz Basin, Turkey: A water, energy, and food nexus approach. *Fresen. Environ. Bull.*, 28 (4), 2511–2522.
- Diaconu, B.M., Varga, S. and Oliveira, A.C., 2011. Numerical simulation of a solar assisted ejector air conditioning system with cold storage. *Energy*, 36 (2), 1280–1291.
- Fatemi, S. H., Babapoor, A., Norozi Sarami, D., Heydarzade, R. and Sharifi, S. S., 2022. A new look at the use of renewable energy in the agricultural industry. *Journal of Renewable and New Energy*, 9(1), pp. 29-39. (in Persian)
- Ghafoor, A., ur Rehman, T., Munir, A., Ahmad, M. and Iqbal, M., 2016. Current status and overview of renewable energy potential in Pakistan for continuous energy sustainability. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 60, 1332–1342.
- Ghouchani, M., Taji, M., Cheheltani, A. S. and Chehr, M. S., 2021. Developing a perspective on the use of renewable energy in Iran. *Technological Forecasting and Social Change*, 172, 121049.
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. and Toulmin, C., 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327 (5967), 812–818.
- Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M.C., Shyamsundar, P., Steffen, W., Glaser, G., Kanie, N. and Noble, I., 2013. Sustainable development goals for people and planet. *Nature*, 495 (7441), 305–307.
- Hahn, C., Lindkvist, E., Magnusson, D. and Johansson, M., 2025. The role of agriculture in a sustainable energy system–The farmers' perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 213, p.115437.
- Hanif, S., Sultan, M., Miyazaki, T. and Koyama, S., 2019. Investigation of energy efficient solid desiccant system for wheat drying. *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, 12 (1), 221–228.
- Harris, R.A., Zhou, L. and Xia, G., 2014. Satellite observations of wind farm impacts on nocturnal land surface temperature in Iowa. *Remote Sens.*, 6 (12), 12234–12246.
- Hossain, M., Woods, J. and Bala, B., 2005. Optimisation of solar tunnel drier for drying of chilli without color loss. *Renew. Energy*, 30 (5), 729–742.
- IEA, O., 2010. OECD and World Bank (2010). Analysis of the Scope of Energy Subsidies and Suggestions for the G-20 Initiative. *IEA, OPEC. In: OECD, WORLD BANK Joint Report*, June.
- Kabir, M. and Ekici, S., 2024. Energy-agriculture nexus: Exploring the future of artificial intelligence applications. *Energy Nexus*, 13, p.100263.
- Kalogirou, S.A., 2004. Solar thermal collectors and applications. *Prog. Energy Combust. Sci.*, 30 (3), 231–295.
- Kazemiyeh, F., Eidi, A. and Raheli, H., 2021. Factors affecting the possibility of using renewable energy in the agricultural sector from the viewpoint of Agricultural Jihad experts in Urmia. *Advanced Environmental Sciences*, 19(2), pp. 225-240. (in Persian)
- Khorasan Razavi Electricity Distribution Company, Report, 2025. <https://kedc.ir/> (in Persian)
- Khorasan Razavi Provincial Agricultural Jihad Organization, Report, 2024. <https://www.isna.ir/news/1403122114427> (in Persian)
- Lantitsou, K.I. and Panagiotakis, G.D., 2017. Thermal analysis of residencies based on solar design principles-a case study in Thessaloniki, Greece. *Fresenius Environ. Bull.*, 26 (2), 1254–1262.
- Lindsey, R., 2009. Climate and earth's energy budget. *In: NASA Earth Observatory*. p. 680.

- Majeed, Y., Khan, M. U., Waseem, M., Zahid, U., Mahmood, F., Majeed, F., Raza, A., 2023. Renewable energy as an alternative source for energy management in agriculture. *Energy Reports*, 10, 344-359.
- Munir, A. and Hensel, O., 2010. On-farm processing of medicinal and aromatic plants by solar distillation system. *Biosyst. Eng.*, 106 (3), 268-277.
- Namvar, Y. and Ommani, A., 2021. Possibility, Barriers and Requirements of Utilization Renewable Energy In the Greenhouses of Branch Flowers (Flowers and Ornamental Plants) of Khuzestan Province. *Journal of Renewable and New Energy*, 8(2), pp. 159-170. (in Persian)
- Naween, K., 2009. International Solar Food Processing Conference. *Sardar Patel Renewable Energy Research Institute*, Vallabh Vidyanagar, India.
- Olosunde, W.A., Igbeka, J. and Olurin, T.O., 2009. Performance evaluation of absorbent materials in evaporative cooling system for the storage of fruits and vegetables. *Int. J. Food Eng.*, 5 (3).
- Parmar, R., Banerjee, C., Tripathi, A.K., 2021. Performance analysis of cost effective portable solar photovoltaic water pumping system. *Curr. Photovol. Res.*, 9 (2), 51-58.
- Patil, R., Gawande, R., 2016. A review on solar tunnel greenhouse drying system. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 56, 196-214.
- Pohekar, S., Kumar, D. and Ramachandran, M., 2005. Dissemination of cooking energy alternatives in India—a review. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 9 (4), 379-393.
- Rahman, M. M., Khan, I., Field, D. L., Techato, K. and Alameh, K. J. R. E., 2022. Powering agriculture: Present status, future potential, and challenges of renewable energy applications, 188, 731-749.
- Rajewski, D.A., Takle, E.S., Lundquist, J.K., Prueger, J.H., Pfeiffer, R.L., Hatfield, J.L., Spoth, K.K. and Doorenbos, R.K., 2014. Changes in fluxes of heat, H<sub>2</sub>O, and CO<sub>2</sub> caused by a large wind farm. *Agric. Forest Meteorol.*, 194, 175-187.
- Rajewski, D.A., Takle, E.S., Prueger, J.H. and Doorenbos, R.K., 2016. Toward understanding the physical link between turbines and microclimate impacts from in situ measurements in a large wind farm. *J. Geophys. Res.: Atmos.*, 121 (22), 13, 392-313, 414.
- Renewable Energy and Electricity Efficiency Organization, Report, 2025. <https://cleanpost.ir/> (in Persian)
- Salamon, I., Kryvtsova, M., Bucko, D. and Tarawneh, A.H., 2021. Chemical characterization and antimicrobial activity of some essential oils after their industrial large-scale distillation. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.*, 2021, 984-988.
- Samuel, D. and Beera, V., 2013. Evaporative cooling system for storage of fruits and vegetables-a review. *J. Food Sci. Technol.*, 50 (3), 429-442.
- Sanz Rodrigo, J., Chávez Arroyo, R.A., Moriarty, P., Churchfield, M., Kosović, B., Réthoré, P.E., Hansen, K.S., Hahmann, A., Mirocha, J.D. and Rife, D., 2017. Mesoscale to microscale wind farm flow modeling and evaluation. *Wiley Interdiscip. Rev. Energy Environ.*, 6 (2), e214.
- Savari, M. and Razmavar, F., 2024. Compilation of renewable energy development strategies in the agricultural sector of Bushehr Province. *Journal of Geography and Planning*, 28(88), pp. 104-80 (in Persian)
- Saxena, A., Pandey, S., Srivastav, G., 2011. A thermodynamic review on solar box type cookers. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 15 (6), 3301-3318.
- Scheffler, W., Bruecke, S. and von Werdenbergstr, G., 2006. Introduction to the revolutionary design of Scheffler reflectors. In: *International Solar Cooker Conference*.
- Schnepf, R.D., 2004. Energy use in agriculture: Background and issues.
- Scordato, L. and Gulbrandsen, M., 2024. Resilience perspectives in sustainability transitions research: A systematic literature review. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 52, p.100887.
- Sheikh, M.A., 2010. Energy and renewable energy scenario of Pakistan. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 14 (1), 354-363.
- Streimikiene, D., Baležentis, T., Volkov, A., Morkūnas, M., Žičkienė, A. and Streimikis, J. J. E., 2021. Barriers and drivers of renewable energy penetration in rural areas, 14(20), 6452.
- Tang, B., Wu, D., Zhao, X., Zhou, T., Zhao, W. and Wei, H., 2017. The observed impacts of wind farms on local vegetation growth in Northern China. *Remote Sens.*, 9 (4), 332.
- Tashan, Y., Badsar, M., Gholizadeh, H., Namdari, M. and Karami, O., 2024. Economic Analysis of Renewable Energy Development and Utilization in the Agricultural Sector of Kurdistan Province. *Economic Geography Research*, 5(17), pp. 85-100. (in Persian)
- Vick, B.D. and Almas, L., 2010. Developing a hybrid solar/wind powered irrigation system for crops in the Great Plains. In: *Proc. ASES Solar 2010 Conf.*
- Waseem, M., Majeed, Y., Nadeem, T., Naqvi, L.H., Khalid, M.A., Shafiq, M., Sajjad, M.M., 2022. Climate change, flood disaster, and food insecurity in Pakistan.
- Xia, G. and Zhou, L., 2017. Detecting wind farm impacts on local vegetation growth in Texas and Illinois using MODIS vegetation greenness measurements. *Remote Sens.*, 9 (7), 698.

- Xia, G., Zhou, L., Freedman, J.M., Roy, S.B., Harris, R.A. and Cervarich, M.C., 2016. A case study of effects of atmospheric boundary layer turbulence, wind speed, and stability on wind farm induced temperature changes using observations from a field campaign. *Clim. Dynam*, 46 (7), 2179–2196.
- Zerrahn, A., 2017. Wind power and externalities. *Ecol. Econom*, 141, 245–260.
- Zhang, H., Zhou, R., Lorente, S. and Ginestet, S., 2018. Thermodynamic design of cold storage-based alternate temperature systems. *Appl. Therm. Eng*, 144, 736–746.
- Zhao, S. and Zhang, D., 2014. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of Eucalyptus leaves oil and comparison with Soxhlet extraction and hydro-distillation methods. *Sep. Purif. Technol*, 133, 443–451.
- Zhou, L., Tian, Y., Baidya Roy, S., Thorncroft, C., Bosart, L.F. and Hu, Y., 2012. Impacts of wind farms on land surface temperature. *Nature Clim. Change*, 2 (7), 539–543.