



بررسی مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر در افغانستان

پوهنیار زمان محمدی

دپارتمنت فزیک هسته‌یی و اتومی، پوهنځی فزیک، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان

ایمیل: zamanmohammadi1397@gmail.com

چکیده

افغانستان، به عنوان یک کشور با منابع طبیعی متنوع، می‌تواند از مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر به طور گسترده استفاده کند. در این مقاله مروری-مقایسوی، به بررسی مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر در افغانستان، شامل انرژی‌های خورشیدی، بادی، آبی و بیومس پرداخته شده است. این مقاله به چالش‌هایی؛ مانند نبود زیربنای مناسب، کمبود دانش تخنیکي و نیروی کار متخصص، نیاز به سرمایه‌گذاری دولت و مؤسسات و راهکارهای عملی شامل ساختن زیربنای انرژی تجدیدپذیر، تربیه نیروی انسانی متخصص و سرمایه‌گذاری در بخش انرژی تجدیدپذیر برای اجرای پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر در افغانستان پرداخته و پیشنهاداتی برای استفاده اعظمی از انرژی‌های تجدیدپذیر در افغانستان برای سیاست‌گذاران ارائه داده است. یافته‌های این مقاله نشان داد که استفاده از این منابع می‌تواند در حفاظت محیط‌زیست، کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، منبع انرژی قابل اطمینان، توسعه اقتصادی و اشتغال‌زایی، ارتقای دسترسی به انرژی در مناطق دورافتاده کمک نماید.

اصطلاحات کلیدی: انرژی تجدیدپذیر؛ چالش‌ها؛ کاهش وابستگی؛ محیط‌زیست؛ مزایا

Investigating the Benefits of Renewable Energy in Afghanistan

Zaman Mohammadi

Department of Nuclear and Atomic Physics, Faculty of Physics, Kabul University,
Kabul, Afghanistan

Email: zamanmohammadi1397@gmail.com

Abstract

Afghanistan, as a country with diverse natural resources, can widely benefit from renewable energies. This review-comparative article examines the advantages of renewable energy in Afghanistan, including solar, wind, hydro, and biomass energy. The article addresses challenges such as the lack of proper infrastructure, insufficient technical knowledge and skilled labor, the need for investment by the government and institutions, as well as practical solutions including the development of renewable energy infrastructure, training of specialized human resources, and investment in the renewable energy sector for implementing renewable energy projects in Afghanistan. It also provides recommendations for policymakers to maximize the use of renewable energies in the country. The findings of this article showed that utilizing these resources can contribute to environmental protection, reducing dependence on fossil fuels, providing a reliable energy source, economic development and job creation, and improving energy access in remote areas.

Keywords: Benefits; Challenges; Environment; Reducing dependence; Renewable energy

ارجاع: محمدی، ز. (۱۴۰۴). بررسی مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر در افغانستان. مجله علمی- تحقیقی علوم طبیعی

پوهنتون کابل، ۸(۳)، ۱۳۳-۱۵۱. <https://doi.org/10.62810/jns.v8i2.449>

مقدمه

الحمد لله رب العالمين و الصلوة و السلام على سيد المرسلين و على آله و اصحابه اجمعين.

افغانستان یکی از کشورهای در حال توسعه در جنوب آسیا است که دارای منابع تجدیدپذیر بسیار است. بررسی منابع تجدیدناپذیر در افغانستان از سال ۱۹۸۳ به این طرف مورد بررسی قرار گرفته است؛ ولی در مورد منابع تجدیدپذیر افغانستان کم‌تر مطالعات و تحقیقات صورت گرفته است (Solimankhil et al., 2020). امروزه افغانستان با داشتن منابع غنی طبیعی، به ویژه در زمینه انرژی تجدیدپذیر، پتانسیل زیادی برای توسعه انرژی‌های پاک (انرژی تجدیدپذیر) دارد. این منابع شامل انرژی خورشیدی، بادی، آبی، و بیومس می‌باشند. با توجه به وضعیت کنونی شبکه‌های برق و مشکل کمبود انرژی در بسیاری از مناطق کشور، استفاده از این منابع می‌تواند فرصتی مهم برای حل چالش‌های انرژی در افغانستان فراهم آورد (Qasimi et al., 2022). از طرف دیگر، بحران‌های محیط‌زیستی و تغییرات اقلیمی، ضرورت انتقال به منابع انرژی پایدار و تجدیدپذیر را در سطح جهانی بیش از پیش برجسته کرده است. افغانستان، به عنوان یک کشور در حال توسعه، باید در این مسیر گام بردارد تا نه تنها به حفظ محیط‌زیست کمک کند، بلکه از نظر اقتصادی نیز به استقلال انرژی دست یابد.

اهمیت و ضرورت انجام تحقیق در باره بررسی مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر در افغانستان از آن‌جا ناشی می‌شود که کشور با کمبود شدید انرژی و وابستگی زیاد به سوخت‌های فسیلی روبه‌رو است. استفاده از منابع طبیعی چون خورشید، باد و آب می‌تواند نقشی مهمی در تأمین پایدار انرژی، کاهش آلودگی محیط زیست و رشد اقتصادی ایفا کند. انجام این تحقیق زمینه‌ساز برنامه‌ریزی علمی و توسعه زیرساخت‌های پاک در کشور خواهد بود.

هدف این تحقیق بررسی و تحلیل مزایای استفاده از انرژی تجدیدپذیر در افغانستان است تا نقش آن‌ها در تأمین پایدار انرژی، کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، حفظ محیط زیست و ایجاد فرصت‌های اقتصادی شود. هم‌چنین این تحقیق می‌کوشد اقداماتی برای گسترش بهره‌برداری از منابعی چون انرژی خورشیدی، بادی و آبی در مناطق مختلف کشور ارائه دهد.

در مورد مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر تحقیقات متعددی صورت گرفته است. به طور مثال؛ طیبه خلیج و سپیده کریمی در مقاله‌یی تحت عنوان به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار و تأثیرات آن در معماری پایدار که در سال ۱۳۹۴ به نشر رسیده است، مزایای انرژی‌های تجدید پذیر را به

بخش‌های مزایای محیط‌زیستی، مزایای استراتژیک، مزایای اجتماعی و اقتصادی تقسیم‌بندی نموده است و از انرژی خورشیدی به عنوان انرژی پاک، ارزان، بی‌پایان و قابل استفاده در تمام مناطق کره زمین یادآوری کرده است (خلج و همکاران، ۲۰۱۵). وزارت آب و انرژی افغانستان در گزارش فعالیت و دست آوردهای سال ۱۴۰۱ از پوتانشیل تولید انرژی برقی آبی در افغانستان یادآوری کرده و بیان می‌دارد که افغانستان ظرفیت تولید 23000 میگاوات انرژی برقی را دارد و هم‌چنان از تولید برق توسط بندبرق‌های متعدد افغانستان نام برده است که نه تنها در تولید برق از آن‌ها استفاده می‌شود بلکه در زراعت و آبیاری نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند (وزارت انرژی و آب، ۱۴۰۱). احمد تمیم مهراد در مقاله تحت عنوان ارزیابی پوتانشیل و توسعه انرژی خورشیدی در افغانستان به ارزیابی پوتانشیل انرژی خورشیدی در افغانستان از نظر تخنیکی، اقتصادی و جغرافیایی پرداخته و نشان می‌دهد که تکنالوژی فوتوولتائیک برای تولید برق در کشور مقرون به صرفه است. هم‌چنین به بررسی تشعشع خورشیدی در مناطق مختلف، به ویژه جنوب و غرب افغانستان، توسعه انرژی خورشیدی را به عنوان راهی برای تأمین پایدار انرژی و رشد اقتصادی توصیه می‌کند (Mehrad, 2021). در استراتژی انرژی قابل تجدید برای دهات افغانستان که توسط وزارت احیا و انکشاف دهات در سال 2017 به نشر رسیده است، بر استفاده پایدار از بیومس و تولید بیوگاز از کود حیوانی برای تأمین انرژی پاک تأکید شده است. هدف آن کاهش آلودگی، بهبود سلامت روستاییان و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی می‌باشد (وزارت احیا و انکشاف دهات، ۲۰۱۷).

در زمینه انرژی تجدیدپذیر در افغانستان، تحقیقات پیشین با کمبود دیتاهای جامع و به روز به پوتانشیل بهره‌وری منابعی؛ مانند خورشید، باد و بیومس مواجه بوده اند. هم‌چنین مطالعات محدود اقتصادی و اجتماعی، اطلاعات کافی در باره تأثیرات استفاده از این منابع بر کاهش هزینه‌ها، ایجاد اشتغال و بهبود کیفیت زندگی روستاییان ارائه نکرده اند. هم‌چنین تحقیقات کاربردی که راهکارها و سیاست‌های عملی برای توسعه پایدار انرژی تجدیدپذیر ارائه دهند، بسیار اندک است. این تحقیق با جمع‌آوری دیتاهای محلی، تحلیل اقتصادی و ارائه توصیه‌های سیاستی، تلاش می‌کند این خلاها را پر کرده و مبنای علمی برای توسعه انرژی‌های پاک در کشور فراهم آورد.

روش تحقیق

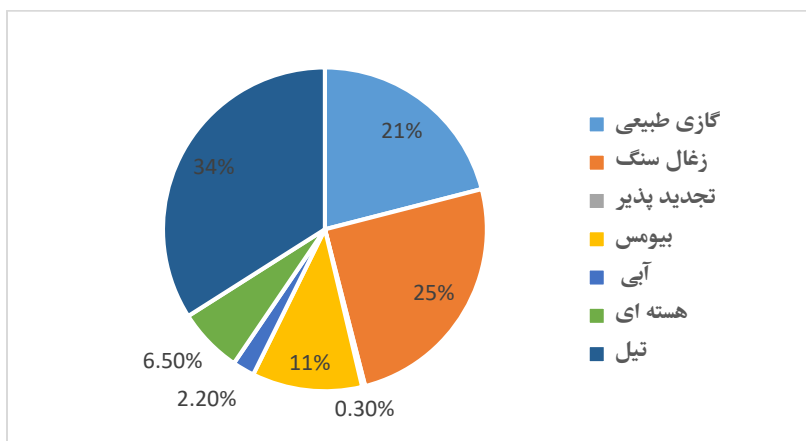
این تحقیق از نوع مروری-مقایسوی می‌باشد؛ برای انجام این تحقیق جستجوی در سایت‌های معتبر انترنی مثل Google Scholar، Scopus، Web of Science، PubMed، Science Direct و Springer Link با استفاده از کلیدواژگان مرتبط با انرژی تجدیدپذیر، چالش‌ها، کاهش وابستگی،

محیط زیست، مزایا و غیره انجام شد. در مرحله نخست، حدود ۱۰۰ مقاله، گزارش و اسناد دولتی منتشر شده بین سال ها ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۴ شناسایی گردید. سپس معیارهای شامل سازی ارتباط مستقیم با انرژی تجدیدپذیر در افغانستان، ارائه دیتاهای تخنیکي یا اقتصادی، تمرکز بر مزایا و پیامدهای محیطی و انتشار در منابع علمی معتبر اعمال شد. معیارهای حذف نیز شامل مطالعات فاقد شواهد تجربی، مقالات تکراری، اسناد غیرعلمی و منابع فاقد اعتبار مشخص بود، بعد از غربالگری دقیق عنوان ها چکیده ها و سپس متن کامل، تعداد محدودی منبع کلیدی که بیشترین ارتباط و کیفیت علمی را داشتند، برای تحلیل نهایی انتخاب گردید. تمام مراحل انتخاب منابع مطابق با اصول تحقیق مروری- مقایسوی انجام شد تا اطمینان حاصل شود نتایج تحقیق جامع، معتبر و قابل استناد باشد.

مبانی نظری و تعریف مفاهیم

انواع منابع انرژی

منابع انرژی به صورت عموم به دو دسته انرژی های تجدیدناپذیر؛ مانند انرژی فسیلی تیل، زغال سنگ، گاز طبیعی و انرژی تجدیدپذیر؛ مانند انرژی خورشیدی، بادی، آبی، بیومس، انرژی های هسته ای و انرژی حرارتی زمین تقسیم بندی می شوند (صفری و همکاران، ۱۴۰۲). انرژی های تجدیدپذیر پایان ناپذیر بوده و مرتباً بازسازی می شوند. منابع تولید این گونه انرژی محدود نیست. منابع انرژی تجدید پذیر منطقه ای می تواند به صورت محلی کنترل شود و برای این کار نیاز به شبکه های سراسری و سیستم های مغلق انتقال انرژی نیاز نیست (فاطمی و همکاران، ۱۴۰۱). از طرف دیگر استفاده منابع انرژی تجدیدناپذیر با کاهش و اتمام آن همراه است. هر یک میگاوات ساعت انرژی که از منابع فسیلی تولید می شود، معادل انرژی ۶۷۵ کیلوگرام CO_2 و ۳ کیلوگرام از انواع آکسیدهای غیرکاربونی و کاربن منواکساید می باشد. حدود ۳۰ نوع ماده مضر ناشی از احتراق سوخت های فسیلی وارد محیط زندگی انسان شده و منجر به بیش از ۳۵ نوع بیماری می شود که بیماری های قلبی، ریوی، نفس تنگ، بیماری های کلیوی، روده ای و آسیب های که بر مغز انسان وارد می شود، از آن جمله هستند. اگرچه اثرات محیط زیستی استفاده از سوخت های فسیلی بر آب های سطحی، آب های زیرزمینی، خاک، هوا، پوشش گیاهی و... زیاد است؛ اما مباحث آلودگی هوا، اثرات گلخانه ای، ذرات و اثر سردکنندگی بستر قابل توجه است (حسن نژاد و همکاران، ۱۳۹۸). چارت ذیل میزان مصرف انواع مختلف انرژی در جهان را نشان می دهد.



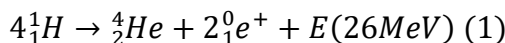
شکل ۱: میزان مصرف انرژی موجود در جهان (حسن نژاد و همکاران، ۱۳۹۸)

همان‌گونه که در شکل (۱) نشان داده شده ۸۸٪ مصرف انرژی جهان بر پایه منابع تجدیدناپذیر استوار است. این امر می‌تواند در آینده نه چندان دور جهان را با بحران انرژی مواجه سازد. کشورهای جهان در حدود ۴۰ سال پیش؛ پس از افزایش قیمت تیل، تصمیم گرفتند تا وابستگی خود را به محصولات فسیلی کم کرده و جانشینی برای آن انتخاب کنند. پس از آن سرمایه‌گذاری زیادی بر روی انرژی‌های تجدیدپذیر در بعد تحقیقاتی و عملیاتی انجام دادند. اکثر کشورهای صنعتی و در حال توسعه، کاربرد روش‌های به‌ترسازی مصرف انرژی را در دستور کار خود قرار داده‌اند. امروزه جوامع بشری در حال گذر از وابستگی به سوخت‌های فسیلی به سوی استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر می‌باشد (فاطمی و همکاران، ۱۴۰۱).

انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در افغانستان

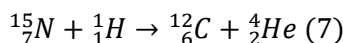
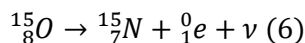
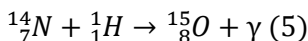
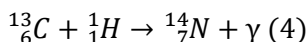
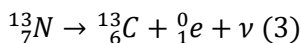
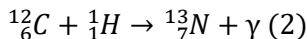
انرژی خورشیدی. انرژی خورشید عظیم‌ترین منبع انرژی در جهان است. این انرژی پاک، ارزان و بی‌پایان بوده و در تمام مناطق کره زمین قابل استفاده می‌باشد. محدودیت منابع فسیلی و پیامدهای حاصل از تغییرات محیط زیستی و آب و هوای جهانی، فرصت‌های مناسبی را برای رقابت انرژی خورشیدی با انرژی‌های فسیلی خصوصاً در کشورهای با پوتانشیل بالای تشعشع (منجمله افغانستان) ایجاد نموده است. سیستم‌های انرژی خورشیدی، تکنالوژی‌های جدیدی هستند که برای تأمین حرارت، آب‌گرم، برق و حتی سردساختن منازل مسکونی، مراکز تجاری و صنعتی به کار می‌روند (خلج و همکاران، ۲۰۱۵). بخش عمده انرژی خورشیدی که از خورشید به زمین و دیگر سیارات می‌رسد از طریق تعاملات هم‌جوشی هسته‌ای تأمین می‌شود (کرین، ۱۳۷۳). این انرژی به اندازه‌ی

است که هم خورشید را داغ نگه می‌دارد و هم انرژی لازم را برای سیارات منظومه شمسی و آن جمله سیاره زمین فراهم می‌کند (امینی، ۱۳۹۲). یکی از تعاملات هم‌جوشی عبارت از ترکیب چهار هایدروجن و به وجود آوردن یک هلیوم می‌باشد که انرژی فوق العاده زیادی تولید خواهد شد. شکل خلاصه شده این تعامل قرار ذیل اند.



در حدود ۹۹٪ کتله خورشید را هایدروجن و هلیوم تشکیل داده است که سهم هایدروجن دو برابر سهم هلیوم است. یعنی در خورشید ذخایر هایدروجن کافی وجود دارد که می‌تواند انرژی خورشید را برای میلیون‌ها سال آینده تأمین کند (کرین، ۱۳۷۳).

در دهه ی ۱۹۳۰ فزیکدانان آلمانی و امریکایی، جدا از یکدیگر دریافتند که انرژی خورشید و دیگر ستارگان از تعاملات هسته ای، به وجود می‌آید، دو نوع دوران را برای مصرف ۴ اتم هایدروجن به یک اتم هلیوم (4_2He) پیشنهاد گردیده است، یکی دوران هایدروجن- هایدروجن، دیگر دوران کاربن، نایتروجن و آکسیجن (CNO) است. دوران اولی در درجه‌های حرارت زیادی در حدود $15 \times 10^6 K$ هسته مرکزی صورت می‌گیرد و در درجه‌های حرارت بالا CNO اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که نتیجه‌ی کلی یکی است. دوران CNO وابسته به موجودیت کاربن در یک ستاره دارد و این ستاره از آفتاب سنگین‌تر و داغ‌تر است (امینی، ۱۳۹۲). دوران CNO را می‌توانیم به این شکل بنویسیم.



در طول دوران CNO ، ۴ اتم هایدروجن به 4_2He تبدیل می‌شود، کاربن صرفاً با نایتروجن و آکسیجن واسطه‌ها هستند (گرینوود، ۱۳۸۵).

از مهم‌ترین کاربردهای انرژی خورشیدی می‌توان به سیستم‌های فتوویولوژیک، سیستم‌های فوتوکیمیاوی، سیستم‌های فوتوولتائیک (تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی برقی که مهم‌ترین کاربرد انرژی خورشیدی محسوب می‌شود) و سیستم‌های حرارتی و برودتی شامل سیستم‌های تهیه آب گرم، گرم‌ساختن و سرد‌ساختن ساختمان‌ها، تهیه آب شرب، سیستم انتقال و پمپاژ، سیستم‌های تولید فضای سبز (گلخانه‌ها) و اجاق‌های خورشید، سیستم‌های سردسازی و خشک‌کن خورشیدی اشاره کرد (معینی و همکاران، ۱۳۸۹). چون کشور افغانستان یکی از کشورهای با تشعشع خورشیدی بسیار بالا در منطقه است. این ویژگی باعث شده که انرژی خورشیدی یکی از بهترین گزینه‌ها برای تأمین انرژی در افغانستان باشد. با نصب پنل‌های خورشیدی در مناطق مختلف کشور، می‌توان به راحتی برق تولید کرد و به ویژه در نواحی دورافتاده که دسترسی به شبکه‌های برق سخت است، از این انرژی بهره‌برداری کرد (وزارت انرژی و آب، ۱۴۰۱). سیستم فوتوولتائیک یک سیستم دیزاین شده برای عرضه انرژی قابل استفاده توسط آفتاب با استفاده از تکنالوژی فوتوولتائیک است. افغانستان دارای ۳۰۰ روز آفتابی در سال است، بنابر معلومات NREL ایالات متحده و محاسبات وزارت انرژی و آب افغانستان، دارای پتانسیل نظری آفتابی معادل ۲۲۲۰۰۰ میگاوات است (وزارت احیا و انکشاف دهات، ۲۰۱۷). در افغانستان برای اولین بار در ولایت بامیان سال ۲۰۰۵، از انرژی خورشیدی برای تأمین برق مناطق اطراف مرکز ولایت بامیان استفاده شد. امروزه هم انرژی نوری خورشیدی و هم انرژی حرارتی خورشیدی در افغانستان در دسترس قرار دارد که نقش حیاتی در تأمین انرژی مردم افغانستان بازی می‌کند. از انرژی نوری خورشیدی در تأمین برق و از انرژی حرارتی خورشیدی در دیگ‌های خورشیدی، خشک‌کن‌های خورشیدی و آبگرم‌کن‌های خورشیدی به شکل وسیع در کشور استفاده می‌شود و روزبه‌روز در حال افزایش است (Mehrad, 2021).



شکل ۲: پنل‌های خورشیدی برای تولید برق از خورشید (خسروی و همکاران، ۱۳۹۶)

و به طور خلاصه مزایای انرژی خورشیدی عبارت اند از:

۱. تولید برق بدون مصرف سوخت؛
۲. عدم احتیاج به آب زیاد؛
۳. عدم آلودگی محیط زیست؛
۴. امکان تأمین شبکه های کوچک و ناحیه یی؛
۵. استهلاک کم و عمر زیاد؛
۶. عدم احتیاج به متخصص (احمدپور، ۱۳۹۷).

انرژی بادی. باد یکی دیگر از منابع تجدیدپذیر انرژی است که از حرارت خورشید بدست می آید. هوایی که در نزدیک سطح زمین قرار دارد را حرارت خورشید گرم می کند، هوای گرم به دلیل سبک بودن بالا می رود و هوای سرد و سنگین جای هوای گرم را در پایین می گیرد. باد عامل مهمی برای تبادل حرارت، رطوبت و انتقال ذرات از نقطه یی به نقطه دیگر است که این امر از لحاظ اقلیمی در فراهم آوردن آسایش انسان، چه از لحاظ حرارتی و چه از لحاظ راحتی رفتاری، در محیط بیرون و داخل ساختمان نقش مهمی دارد (خلج و همکاران، ۲۰۱۵). انرژی بادی بخش از ترکیب انرژی آینده است که شامل انرژی خورشیدی، قوه آب، بیومس و انرژی حرارتی زمین است. استراتژی انجمن جهانی انرژی باد بر این مبنا است که حد اقل ۱۰ فیصد از انرژی جهان را از انرژی باد تأمین کند. اولین توربین های بادی برای تولید برق در اوایل قرن بیستم تولید شدند و تکنالوژی آن ها تا دهه ۱۹۷۰ گام به گام ادامه یافت. در اواخر دهه ۱۹۹۰، انرژی باد به عنوان یکی از منابع پایدار مهم، دوباره پدیدار شد. در طول آخرین ده قرن بیستم، توان جهانی استفاده از انرژی باد در هر سال تقریباً دوبرابر شده است و در قرن بیست یکم استفاده از انرژی باد در بعضی کشورهای جهان به سرعت در حال افزایش است (معینی و همکاران، ۱۳۸۹). افغانستان از لحاظ جغرافیایی شرایط مناسبی برای تولید انرژی بادی دارد. مناطق مرکزی، شمالی و غربی کشور، به دلیل وجود بادهای مداوم، پوتانشیل بالایی برای نصب توربین های بادی دارند. استفاده از انرژی بادی می تواند به تأمین برق در مناطق دورافتاده کمک کرده و فشار بر روی منابع انرژی فسیلی را کاهش دهد. افغانستان دارای توانایی تولید برق ۶۷ هزار میگاووات از توربین های بادی است. به عنوان مثال، ولایت فراه افغانستان دارای توانایی تولید ۱۸۰۰۰ میگاووات، ولایت هرات، ۱۲۰۰۰ میگاووات، نیمروز ۱۰۰۰۰ میگاووات و هلمند ۱۸۰۰۰ میگاووات است. پیشرفت تکنالوژیکی در تکنالوژی انرژی باد باعث افزایش صددرصدی ظرفیت توربین های بادی از ۵۰

کیلووات به بیش از ۵ میگاوات در ۲۰ سال و کاهش مصارف در حدود ۵۰ فیصد شده است (وزارت احیا و انکشاف دهات، ۲۰۱۷).



شکل ۳: توربین‌های بادی برای تولید انرژی از باد (خسروی و همکاران، ۱۳۹۶)

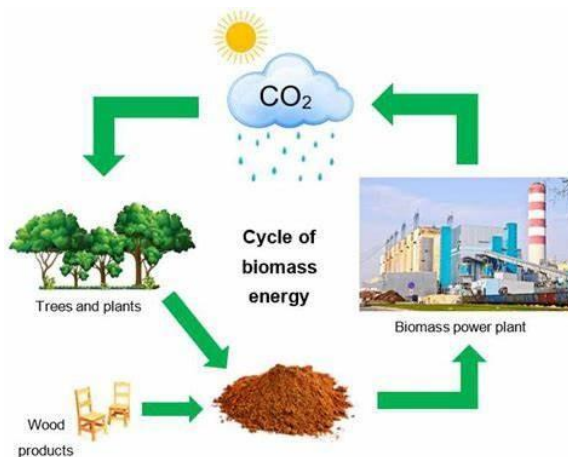
انرژی آبی. آب دریاها، دریاچه‌ها دائماً در جریان می‌باشد. امواج ایجاد شده، جزر و مد، آب ذخیره شده در مخازن سدها و آب جاری رودخانه‌ها قادر به تولید انرژی هستند. یکی از راه‌های دستیابی به انرژی‌های پاک توسعه منابع آبی از پدیده جزر و مد و همچنین استفاده از انرژی امواج در جهت تولید برق می‌باشد (خلج و همکاران، ۲۰۱۵). انرژی آبی یک منبع انرژی پاک تجدیدپذیر است و با توجه به مسائل اقتصادی و محیط‌زیستی از مزایای انرژی آبی، اکثر کشورهای به توسعه آن اولویت می‌دهند (Mohtasham, 2015). با وجود دریاها و منابع آبی متعددی که در افغانستان وجود دارد، استفاده از انرژی آبی به ویژه در مناطقی که فاصله زیادی از شبکه‌های برق دارند، می‌تواند بسیار مؤثر باشد. این نوع انرژی نه تنها برق تولید می‌کند، بلکه می‌تواند در زراعت و آبیاری نیز کاربرد داشته باشد. پوتانشیل انرژی برقی افغانستان ۲۳۰۰۰ میگاوات تخمین زده شده است و بندبرق‌های آبی متعددی در سراسر کشور نصب شده است (وزارت احیا و انکشاف دهات، ۲۰۱۷). که می‌توان از بندبرق نغلو (۱۰۰ میگاوات)، بند برق شاه و عروس (۱،۲ میگاوات)، بندبرق سروبی (۲۲،۸ میگاوات)، بندبرق کجکی (۵۲،۵ میگاوات)، بندبرق سلما (۴۲ میگاوات)، بندبرق چک وردک (۳،۳ میگاوات)، بندبرق کمال خان (۹ میگاوات)، بندبرق بخش آباد (۲۷ میگاوات)، بندبرق پاشدان (۲ میگاوات)، بندبرق سوختوگ (۷۰۰ کیلووات) و غیره نام گرفت (وزارت انرژی و آب، ۱۴۰۱).



شکل ۴: بند برق نغلو بزرگ‌ترین بند برق افغانستان با تولید برق در حدود ۱۰۰ میگاوات (وزارت انرژی و آب، ۱۴۰۱)

انرژی بیومس. هر ارگانیزم زنده‌یی که انرژی خورشید را جذب نموده و در خود به صورت ذخیره نگه دارد، بیومس نامیده می‌شود. یکی از مناسب‌ترین منابع انرژی تجدیدپذیر بیومس می‌باشد که علاوه بر خاصیت تجدیدپذیر بودن به محیط زیست آسیب نمی‌رساند. این انرژی یکی از بهترین و پراستفاده‌ترین انواع انرژی‌های است که از گذشته دور نیز مورد توجه بشر قرار داشته است. منابع انرژی‌های بیومس می‌توانند به شکل اصلی انرژی؛ مانند برق و یا حامل‌های انرژی چون سوخت‌های گازی و مایع، نیازهای بخش‌های مختلف در جامعه بشری را تأمین کنند که این موضوع وجه تمایز مباحث انرژی بیومس و نسبت سایر انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد (احمدپور، ۱۳۹۷). سکتور انرژی افغانستان به مقدار زیادی وابسته به بیومس (هیزم، زغال چوب، بقایای محصول و کود حیوانی) است و بخش عمده مصرف انرژی روستایی از منابع بیومس تأمین می‌شود. انرژی بیومس می‌تواند در پروسه‌های مختلف تبدیلات برای تولید انرژی حرارت، بخار و سوخت استفاده شود. تولید بیوگاز از کود حیوانی و یا تولید برق از زیاله‌های شهری، امیدوارکننده‌ترین تکنالوژی پایدار بیومس است. منابع انرژی بیومس موجود برای تقویت توسعه پایدار مناطق روستایی و ایجاد درآمد برای مردم محلی استفاده می‌شود (وزارت احیا و انکشاف دهات، ۲۰۱۷). برای اینکه بتوانیم استفاده اعظمی از انرژی‌های بیومس داشته باشیم، باید یک برنامه متمرکز برای توزیع دستگاه‌های انرژی حرارتی، اجاق‌های

آشپزخانه، تندور و بخاری‌های متمرکز برای خانواده‌ها، مؤسسات تجارتي، مکاتب، شفاخانه‌ها و غیره با تأدیه یک قیمت نازل و متعاقباً نصب آن باید عملی گردد (Mohtasham, 2015).



شکل ۵: دوران یا سیکل انرژی بیومس (Mohtasham, 2015)

یافته‌ها

مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر در افغانستان

حفظ و ادامه شرایط فعلی زندگی در جامعه بشری و خصوصاً افغانستان در آینده بدون توجه به عرضه انرژی به قیمت مناسب امکان‌پذیر نیست. اثرات محیط‌زیستی وابسته به هر تولید انرژی در نرخ فعلی به سمت شرایط غیرقابل قبول پیش می‌رود و اثرات زیانبار محیط‌زیستی به شکل وسیعی در حال گسترش هستند. استفاده از سوخت‌های فسیلی همچون زغال‌سنگ، تیل و گاز، حجم قابل ملاحظه از اکساید‌های کاربن و گازهای آلاینده دیگر را وارد محیط‌زیست می‌کند که باعث ایجاد اثرات زیانباری؛ مانند باران‌های اسیدی، گرم‌شدن جهانی و... می‌شود. انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان یک منبع انرژی پاک و عاری از هرگونه آلودگی محیط‌زیستی می‌توانند نقش مهمی در کاهش انتشار گازهای آلاینده همچون کاربن‌دای اکساید و دیگر گازهای گلخانه‌یی بازی می‌کنند (روح الامینی، ۱۳۹۷).

۱. حفاظت از محیط زیست. محیط زیست تمام جنبه‌های حیات بشر را به نوعی در بر می‌گیرد و حکم منطق و عقل سلیم بر مبنای حفاظت و حراست از جنبه‌های مثبت و ارزشمند آن است. به ویژه آن‌جا که به حیات موجودات زنده، خصوصاً انسان مربوط می‌شود، مقوله محیط‌زیست موجب استفاده

و سوء استفاده‌های بی‌شماری خصوصاً از زمان صنعتی شدن جوامع به این سو شده است. امروزه بخش اعظم انرژی در جهان به وسیله‌ی سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود. این سوخت‌ها دارای انواع آلاینده‌های سمی و خطرناک هستند که از طریق مختلف به محیط زیست و در نهایت به زنجیره غذایی انسان وارد می‌شوند. گرچه اثرات محیط‌زیستی استفاده از سوخت‌های فسیلی بر آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، خاک هوا و پوشش گیاهی بی‌شمار است؛ اما بحث آلودگی هوا، اثرات گلخانه‌یی و ذرات و سردکنندگی آن‌ها بیشتر مورد توجه است (حقیقی و همکاران، ۱۳۹۷). استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند به کاهش آلودگی هوا و تغییرات اقلیمی کمک کند. سوخت‌های فسیلی عامل اصلی تولید گازهای گلخانه‌یی و آلودگی محیط زیست هستند. به جای استفاده از این منابع می‌توان از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر برای تأمین نیازهای انرژی استفاده کرد (Holechek et al., 2022).

۲. کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی. استفاده از منابع مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر؛ مانند انرژی خورشیدی، بادی، بیومس، آبی و غیره به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی کمک ارزنده‌یی می‌نماید (فاطمی و همکاران، ۱۴۰۱). افغانستان مانند بسیاری از کشورهای در حال توسعه، به واردات سوخت‌های فسیلی برای تأمین انرژی نیاز دارد، این وابستگی نه تنها هزینه‌های اقتصادی زیادی به دنبال دارد بلکه باعث ناپایداری در تأمین انرژی مورد نیاز کشور می‌گردد. بر اساس گزارش‌های وزارت انرژی و آب حدود ۲۵٪ انرژی مورد نیاز کشور در کشور تأمین شده و حدود ۷۵٪ انرژی مورد نیاز کشور از کشورهای ایران، تاجکستان، ازبکستان و ترکمنستان وارد می‌شود. اگر از منابع انرژی تجدیدپذیر کشور به شکل درست استفاده شود می‌تواند مشکلات کمبود انرژی را در کشور حل کرده و به استقلال انرژی در کشور کمک کنند (وزارت انرژی و آب، ۱۴۰۱).

۳. منبع انرژی قابل اطمینان. منابع انرژی تجدیدپذیر به عنوان منابع بومی- محلی در تأمین انرژی مورد نیاز جوامع، کمتر تحت تأثیر شرایط سیاسی، اجتماعی و اقتصادی منطقه‌یی و بین‌المللی قرار می‌گیرند. لذا توجه به تأمین انرژی از این منابع می‌تواند به افزایش امنیت ملی کشور کمک شایانی کند. در شرایط بحرانی در جهان به دلیل جنگ و درگیری‌های سیاسی، حامل‌های عمده انرژی فعلی؛ مانند سوخت‌های فسیلی به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند که افزایش قیمت آن‌ها جوامع مختلفی به خصوص افغانستان را در دنیا متأثر می‌سازد. در صورتی که اگر اکثریت کشورها بخش اعظم انرژی خود را از منابع تجدیدپذیر تأمین کنند، در چنین شرایطی تحت تأثیر قرار نمی‌گیرند که تأمین‌کننده‌ی اهداف توسعه پایدار کشورها خواهد بود (روح الامینی، ۱۳۹۷).

۴. **توسعه اقتصادی و اشتغال‌زایی.** منابع انرژی‌های تجدیدپذیر معمولاً در مناطق دور دست و کمتر توسعه‌یافته قرار دارند که به طور عمومی درگیر نرخ بالای بیکاری هستند (Mehrad, 2021). اجرای پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر می‌تواند به توسعه اقتصادی در مناطق مختلف کشور کمک کند. این پروژه‌ها به دلیل نیاز به نیروی کار برای نصب و نگهداری تجهیزات، می‌توانند باعث ایجاد اشتغال در سطوح مختلف شوند. علاوه بر این، با تولید برق ارزان و پایدار، می‌توان به توسعه صنایع کوچک و متوسط در کشور کمک کرد (احمدپور، ۱۳۹۷). تعداد شغل‌های ایجاد شده در هر میگاوات برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر تقریباً ۲ برابر شغل‌های ایجاد شده توسط نیروگاه‌های متعارف است؛ لذا با توسعه نیروگاه‌های انرژی تجدیدپذیر میزان شغل بیشتری را می‌توان در قابل سرمایه‌گذاری معین ایجاد کرد (روح‌الامینی، ۱۳۹۷).

۵. **ارتقای دسترسی به انرژی در مناطق دورافتاده.** یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های افغانستان، کمبود دسترسی به انرژی در مناطق روستایی و دورافتاده است (وزارت انرژی و آب، ۱۴۰۱). عمدتاً به دلیل مصارف بلند برای انتقال و توزیع انرژی به مناطقی که مصرف کم، شهرک‌های پراکنده و زمین‌های جغرافیایی صعب‌العبور دارند. با این وجود، این مناطق روستایی اغلب دارای منابع طبیعی فراوانی هستند که توانایی تولید انرژی کافی در سطح محلی را دارند تا نیازهای جوامع روستایی را تأمین کنند. استفاده از انرژی از طریق هایدرو، بندهای کوچک آبی، آفتابی، بیومس، باد و دیگر تکنالوژی‌های انرژی قابل تجدید، هم در داخل کشور و هم خارج از افغانستان کارا ثابت شده و نتیجه داده است. از این رو یک راه حل مناسب برای برق‌رسانی مناطق روستایی دانسته می‌شود (وزارت احیا و انکشاف دهات، ۲۰۱۷). به این ترتیب، توسعه این منابع می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی مردم و افزایش دسترسی به آموزش، صحت و سایر خدمات اساسی کمک کند (Sovacool, 2012).

چالش‌ها و راهکارهای اجرای

۱. **نبود زیربنای مناسب.** در حالی که جهان با سرعت شگفت‌آوری به سوی بهرگیری از انرژی‌های تجدیدپذیر به ویژه انرژی خورشید برای تولید برق به پیش می‌رود؛ اما افغانستان با داشتن ۳۰۰ روز آفتابی در سال و امکان تولید صدها هزار مگاوات برق از انرژی خورشید، همواره با کمبود برق روبرو بوده و بیش‌تر به برق وارداتی از کشورهای همسایه وابسته هستند (وزارت انرژی و آب، ۱۳۹۱). یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در افغانستان، نبود زیربنای مناسب است.

برای رفع این مشکل، نیاز به سرمایه‌گذاری‌های دولتی و خصوصی در زیربنای و ارتقای شبکه‌های برق وجود دارد (تهامی پور و همکاران، ۱۳۹۵).

۲. کمبود دانش تکنیکی و نیروی کار متخصص. افغانستان با کمبود دانش تکنیکی و نیروی کار متخصص در نصب تجهیزات انرژی تجدیدپذیر مواجه است. این کمبودها مانع توسعه و ترویج استفاده از منابع انرژی پایدار در کشور می‌شود (وزارت انرژی و آب، ۱۴۰۱). در افغانستان تنها حدود ۴۰٪ خانواده‌ها به برق دسترسی دارند و سکتور برق با چالش‌هایی؛ مانند دسترسی محدود به انرژی، به‌ویژه در مناطق روستایی و وابستگی زیاد به برق وارداتی مواجه است. برای رفع این مشکلات، تربیت نیروی انسانی ماهر در زمینه نصب و نگهداری تجهیزات انرژی تجدیدپذیر ضروری است. همچنین، ایجاد برنامه‌های آموزشی و سرمایه‌گذاری در توسعه مهارت‌های تکنیکی می‌تواند به بهبود وضعیت انرژی و کاهش وابستگی به منابع خارجی کمک کند. با توجه به این نیازها، همکاری میان نهادهای آموزشی و سکتورهای انرژی برای توسعه برنامه‌های آموزشی و تربیت نیروی کار متخصص اهمیت دارد (Seetharaman et al., 2019).

۳. نیاز به سرمایه‌گذاری دولت و مؤسسات. افغانستان با داشتن سالانه ۳۰۰ روز آفتابی و مناطق بادخیز و آبی، ظرفیت بالایی برای تولید انرژی تجدیدپذیر دارد. با این حال حدود ۸۰ فیصد برق مورد نیاز کشور و بیشتر از ۷۵ فیصد انرژی مورد نیاز کشور از کشورهای همسایه تأمین می‌شود (وزارت انرژی و آب، ۱۴۰۱). سرمایه‌گذاری در بخش منابع انرژی تجدیدپذیر می‌تواند وابستگی به واردات انرژی را کاهش داده و دسترسی به انرژی پایدار را افزایش دهد. حکومت افغانستان باید از سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی برای توسعه پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر دعوت به همکاری نماید. با توجه به منابع غنی طبیعی، سرمایه‌گذاری در این بخش می‌تواند به توسعه اقتصادی و بهبود زیربنای انرژی کشور کمک ارزنده‌یی نماید (تقوا و همکاران، ۱۳۹۲).

اقداماتی برای استفاده اعظمی از انرژی‌های تجدیدپذیر در افغانستان

برای استفاده اعظمی از انرژی‌های تجدیدپذیر در افغانستان می‌توان اقدامات ذیل را انجام داد:

۱. سرمایه‌گذاری در زیربنای. دولت و بخش خصوصی باید در توسعه نیروگاه‌های خورشیدی، بادی و آبی کوچک سرمایه‌گذاری کنند تا ظرفیت تولید برق داخلی افزایش یابد (Shoaib et al., 2016).

۲. ایجاد سیاست‌های حمایتی. ارائه تسهیلات مالی و معافیت‌های مالیاتی برای سرمایه‌گذاران در این بخش می‌تواند انگیزه بیشتری برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر ایجاد کند.
۳. افزایش ظرفیت و ذخیره‌سازی انرژی. توسعه بطری‌های ذخیره انرژی و سیستم‌های مدرن شبکه برق کمک می‌کند تا انرژی تولیدشده در زمان‌های اوج مصرف در دسترس باشد (اکبری و همکاران، ۱۳۹۶).
۴. گسترش پروژه‌های انرژی خورشیدی خانگی. تشویق مردم به نصب پنل‌های خورشیدی در خانه‌ها، مکاتب، پوهنتون‌ها و مراکز تجاری باعث کاهش وابستگی به برق وارداتی می‌شود.
۵. بهره‌گیری از منابع بادی در مناطق مناسب. مناطق بادخیز؛ مانند هرات، فراه، هلمند و بادغیس ظرفیت بالایی برای احداث توربین‌های بادی دارند که می‌توانند سهم مهمی در تأمین برق کشور داشته باشند (وزارت انرژی و آب، ۱۴۰۱).
۶. تشویق همکاری‌های بین‌المللی. جلب حمایت سازمان‌های بین‌المللی و کشورهای همسایه برای سرمایه‌گذاری و انتقال تکنولوژی‌های نوین در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر ضروری است.
۷. افزایش آگاهی عمومی. راه‌اندازی برنامه‌های آموزشی و اطلاع‌رسانی برای مردم و شرکت‌ها می‌تواند استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را تقویت کند.
۸. یک‌پارچه‌سازی انرژی تجدیدپذیر با شبکه ملی (برشنا). به‌ترساختن و توسعه شبکه برق برای ادغام بهتر انرژی خورشیدی و بادی با منابع سنتی به توزیع پایدار انرژی کمک خواهد کرد (موسوی و همکاران، ۱۴۰۱).

بحث و مناقشه

یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که افغانستان با داشتن منابع گسترده انرژی خورشیدی، بادی، آبی و بیومس، ظرفیت بالایی برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. میزان تشعشع خورشید در جنوب و غرب کشور در سطحی قرار دارد که می‌تواند به‌عنوان منبع پایدار تولید برق مورد استفاده قرار گیرد (وزارت احیا و انکشاف دهات، ۲۰۱۷؛ Mehrad, 2021).

با این حال، محدودیت‌های تکنیکی و نبود زیرساخت‌های مناسب از موانع اصلی توسعه انرژی‌های پاک محسوب می‌شوند (وزارت انرژی و آب، ۱۴۰۱؛ Shoaib & Ariaratnam, 2016). اگرچه افغانستان از نظر ظرفیت بالقوه در سطح منطقه وضعیت مناسبی دارد، بهره‌وری عملیاتی هنوز پایین است (Solimankhil et al., 2020). انرژی بادی در هرات و نیمروز و انرژی آبی در بدخشان و نورستان

مزیت رقابتی دارند و استفاده هدفمند از آن‌ها می‌تواند به توسعه متوازن مناطق و کاهش شکاف انرژی میان شهر و دهات کمک کند (تهامی پور و همکاران، ۱۳۹۵).

توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر همچنین فرصت‌های شغلی مستقیم و غیرمستقیم ایجاد کرده و مهارت نیروی انسانی را ارتقا می‌دهد (Shoab & Ariaratnam, 2016؛ صفری، ۱۴۰۲). با وجود مزایا، نبود سیاست‌گذاری منسجم، کمبود بودجه و ضعف انتقال تکنالوژی از چالش‌های مهم است که نیازمند تدوین استراتژی ملی، حمایت مالی و همکاری‌های بین‌المللی است (Sovacool, 2012). در مجموع، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر نه تنها یک ضرورت محیط‌زیستی، بلکه گامی کلیدی در جهت خودکفایی، ثبات اقتصادی و توسعه پایدار افغانستان است و پایه علمی محکمی برای سیاست‌گذاری و سرمایه‌گذاری هوشمند فراهم می‌آورد (احمدپور، ۱۳۹۷؛ حسن‌نژاد و ناجی، ۱۳۹۸؛ Mehrad, 2021).

نتیجه‌گیری

یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که توسعه و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در افغانستان نه تنها یک نیاز فوری برای پاسخ‌گویی به بحران انرژی و کاهش وابستگی به منابع فسیلی است، بلکه می‌تواند به عنوان یک راهبرد کلیدی در جهت دستیابی به توسعه پایدار و خودکفایی اقتصادی مورد توجه قرار گیرد. بررسی دیتاها و تحلیل ظرفیت‌های طبیعی کشور آشکار ساخت که افغانستان از نظر منابع خورشیدی، بادی، آبی و بیومس در موقعیتی ممتاز قرار دارد و بهره‌برداری اصولی از این منابع می‌تواند زمینه‌ساز رشد متوازن و عدالت انرژی در سطح ملی گردد.

این تحقیق با برجسته‌سازی نقش انرژی‌های پاک در ارتقای امنیت انرژی، اشتغال‌زایی و حفاظت از محیط‌زیست، بر اهمیت گذار از نظام انرژی سنتی به نظام مبتنی بر تکنالوژی‌های تجدیدپذیر تأکید می‌کند. در واقع، نتایج این مطالعه درک علمی موجود از پوتانشیل انرژی در افغانستان را گسترش داده و نشان می‌دهد که سیاست‌گذاری هدفمند، آموزش تخصصی و سرمایه‌گذاری هوشمندانه می‌تواند به تحقق تحول ساختاری در بخش انرژی کشور منجر شود.

از دیدگاه کاربردی، یافته‌ها می‌توانند راهنمای تصمیم‌گیرندگان و نهادهای مرتبط در طراحی برنامه‌های توسعه‌یی، اصلاح ساختارهای انرژی و جلب همکاری‌های بین‌المللی باشند. ایجاد مراکز تحقیقاتی در زمینه انرژی‌های پاک، حمایت از نوآوری‌های بومی و توسعه نیروهای تخنیکی محلی از جمله گام‌های ضروری برای تحقق نتایج این پژوهش به صورت عملی است.

در نهایت، این تحقیق مسیر تازه‌یی برای مطالعات آینده در حوزه انرژی افغانستان می‌گشاید. پیشنهاد می‌شود تحقیقات بعدی با تمرکز بر ارزیابی اقتصادی پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر، بررسی مدل‌های مشارکت بخش خصوصی و تحلیل اثرات اجتماعی این طرح‌ها ادامه یابد. با تداوم چنین مطالعاتی، می‌توان دانش ملی در زمینه انرژی‌های پاک را گسترش داد و افغانستان را به سوی آینده‌ی پایدار، سبز و مستقل از سوخت‌های فسیلی هدایت کرد.

سپاسگزاری

در این جا شایسته است مراتب سپاس و قدردانی خویش را از معاونت تحقیقات و نوآوری، آمریت مجله علمی-تحقیقی علوم طبیعی پوهنتون کابل، مرورگران مقاله و سایر افرادی که با ارائه پیشنهادها، راهنمایی‌ها و حمایت‌های علمی خود در ارتقای کیفیت این مقاله نقش مؤثری ایفا کرده‌اند، ابراز نمایم.

تضاد منافع

این مقاله توسط یک نویسنده تهیه شده است و هیچ‌گونه تضاد منافع در پروسه انجام تحقیق، تحلیل دیتاها یا نگارش نتایج وجود ندارد. نویسنده تأکید می‌نماید که هیچ وابستگی مالی، سازمانی یا شخصی که بتواند بر محتوای علمی این اثر تأثیر گذارد، مطرح نیست.

منابع

- احمدپور، ا. (۱۳۹۷). معرفی انواع انرژی های تجدید پذیر و بررسی مزایای استفاده از آن. شرکت پتروشیمی بندر امام، ۵-۳. [لینک](#).
- امینی، م. (۱۳۹۲). استروئومی. کابل: نامی.
- تقوا، ل. و عباس پور، م. (۹۲). جایگاه انرژی های تجدیدپذیر جهت نیل به توسعه پایدار با محوریت اقتصاد سبز در جمهوری اسلامی ایران. پنجمین کنفرانس انرژیهای تجدیدپذیر، پاك و کارآمد (ص. ۱۱-۳). تهران: پوهنتون آزاد اسلامی [لینک](#).
- تهامی پور، م. عابدی، س. کریمی بابا احمدی، ر. و ابراهمی زاده، م. (۱۳۹۵). بررسی تأثیر انرژیهای تجدیدپذیر بر سرانه رشد اقتصادی واقعی ایران. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۲۰-۲۴. [لینک](#).
- وزارت انرژی و آب. (۱۳۹۱). استراتژی انکشاف ملی افغانستان (داره منابع آب). کابل، افغانستان.
- وزارت انرژی و آب. (۱۴۰۱). گزارش فعالیتها و دست آوردهای وزارت آب و انرژی. کابل، افغانستان.
- وزارت احیا و انکشاف دهات. (۲۰۱۷). استراتژی انرژی قابل تجدید برای دهات افغانستان. کابل، افغانستان.
- حسن نژاد، ف. & ناجی، ل. (۱۳۹۸). سلول های خورشیدی گامی بزرگی در جهت بهره‌گیری از انرژی های تجدید پذیر. شیمی سبز و فناوری های پایدار. [لینک](#).
- حقیقی، ع. & باباپور، ع. (۱۳۹۷). استفاده از انرژی های تجدید پذیر راهی موثر جهت کاهش آلودگی محیط زیست. فصلنامه علمی-ترویجی انرژی های تجدید پذیر و نو، ۱-۲. [لینک](#).
- خسروی، ح. & رهبانی، م. (۱۳۹۶). معماری انرژی های تجدیدپذیر. نشریه علمی فرهنگی، اجتماعی تاغ، ۷-۸.
- خلج، ط. & کریمی، س. (۲۰۱۵). به کارگیری انرژی های تجدید پذیر و توسعه پایدار و تاثیرات آن در معماری پایدار. پژوهش های نوین در عمران، معماری و شهرسازی، ۴. [لینک](#).
- سیدعلی، پ. طبقی اکبری، ل. & سرفراز محمديار، م. (۱۳۹۶). مدیریت جامع انرژی های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در بخش های سه گانه اقتصادی. چهارمین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی (ص. ۵-۹). تبریز: پوهنتون آزاد اسلامی [لینک](#).
- صفری، م. و صفری، غ. (۱۴۰۲). جنبه های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی استفاده از سوخت های زیستی. ص. ۲. [لینک](#).
- فاطمی، س. بابا پور، ع. نوروزی سارمی، د. حیدر زاده، ر. و شریفی، س. (۱۴۰۱). نگاهی نو به کاربردهای انرژی تجدید پذیر در صنایع کشاورزی. فصل نامه علمی انرژی های تجدیدپذیر و نو، ۳۰. [لینک](#).
- کرین، ک. ا. (۱۳۷۳). آشنایی با فیزیک هسته ای. (ن. میرفخرایی، و م. مدرس، مترجم) تهران: مرکز نشر دانشگاهی.

- گرینوود، ک. (۱۳۸۵). *مبانی فیزیک هسته‌ای*. (ف. رحیمی، و ح. رضازاده، مترجم) مشهد: پوهنتون فردوسی مشهد.
- معینی، س. و دهقان منشادی، م. (۱۳۸۹). انرژی‌های تجدیدپذیر و جایگاه آن‌ها در تأمین انرژی. *پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی*، ۶. [لینک](#).
- موسوی، م. خوشکلام خسروشاهی، م. & احمدی، ر. (۱۴۰۱). امکان‌پذیری تأمین مالی پروژه‌های مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر از طریق مشارکت عمومی- خصوصی در اقتصاد ایران. *فصلنامه دانشگاه الزهراء*، ۶-۲۴. [لینک](#).
- روح‌الامینی، س. (۱۳۹۷). انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران وضعیت فعلی و آینده. *فصلنامه علمی جامعه‌شناسی سیاسی ایران*، ۸-۱۱. [لینک](#).
- Qasimi, A. Isazade, V. & Toomanian, A. (2022). A REVIEW OF SUSTAINABLE AND RENEWABLE SOURCES OF ENERGY FOR AFGHANISTAN. *Journal Renewable Energy & Mechanics (REM)*, 3-4. <https://doi.org/10.25299/rem.2022.vol5.no02.10226>.
- Shoaib, A. & Ariaratnam, S. (2016). A Study of Socioeconomic Impacts of Renewable Energy Projects in Afghanistan. *ScienceDirect*, 3-8. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.129>.
- Holechek, J. Geli, H. & Sawalhah, M. (2022). A Global Assessment: Can Renewable Energy Replace Fossil Fuels by 2050? *Sustainability*, 7-11. <https://doi.org/10.3390/su14084792>
- Mehrad, A. (2021). Assessment of solar energy potential and development in Afghanistan. *ICREN*, 5. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123900012>
- Mohtasham, J. (2015). Review Article-Renewable Energies. *International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES15* (p. 3). Istanbul: , Istanbul Technical University. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.774>
- Seetharaman, Moorthy, K. Patwa, N. & Gupta, Y. (2019). Breaking barriers in deployment of renewable energy. *Heliyon*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01166>
- Solimankhil, A. Anwarzai, M. & Sabory, N. (2020). Renewable energy potential for sustainable development in Afghanistan. *SUSTAINABLE ENERGY REVOLUTION*, 1-5. <http://doi.org/10.37357/1068/jser.1.1.02>.
- Sovacool, B. (2012). Expanding renewable energy access with pro-poor public private partnerships in the developing world. *Energy Strategy Reviews*, 3-4. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2012.11.003>