**روش تحقیق**

این پژوهش با رویکردی ترکیبی (کمی و کیفی) طراحی شده است تا نقش نوآوری اجتماعی در گذار انرژی را بررسی کند، با تمرکز بر بهینه‌سازی مصرف انرژی در ایران و الهام‌گیری از تجارب موفق کشورهای پیشرو مانند آلمان و ژاپن. روش تحقیق بر اساس مهارت‌های من در تحلیل داده، یادگیری ماشین و برنامه‌نویسی پایتون طراحی شده و با توجه به مقدمه و سوالات پژوهش (۱- ارتقای مشارکت شهروندان و جوامع محلی در مدیریت مصرف انرژی از طریق نوآوری اجتماعی، ۲- شناسایی ظرفیت‌ها و موانع نهادی، اجتماعی و فرهنگی در ایران، و ۴- چگونگی کمک نوآوری اجتماعی به بهینه‌سازی مصرف انرژی) به‌صورت زیر تدوین شده است:

**۱. تحلیل کمی: مدل‌سازی سری زمانی با ARIMA**

* **هدف**: بررسی روندهای بلندمدت مصرف و تولید انرژی، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و شدت انرژی برای پیش‌بینی الگوهای آینده و ارزیابی پیشرفت گذار انرژی.
* **روش**: استفاده از مدل سری زمانی ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) برای تحلیل داده‌های تاریخی (2000 تا 2023) و پیش‌بینی شاخص‌های کلیدی مانند renewables\_share\_energy (سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در مصرف کل) و energy\_per\_gdp (شدت انرژی) تا سال 2030.
* **ابزارها**: کتابخانه‌های پایتون شامل Pandas برای پردازش داده‌ها، Statsmodels برای مدل‌سازی ARIMA، و Matplotlib/Seaborn برای تجسم داده‌ها.
* **دلیل انتخاب**: مدل ARIMA به دلیل توانایی در تحلیل داده‌های سری زمانی غیرایستا و شناسایی الگوهای روند، فصلی و تغییرات، مناسب است. این تحلیل پایه‌ای برای درک تأثیر بالقوه نوآوری اجتماعی بر مصرف انرژی فراهم می‌کند.
* **فرایند**:
  1. بارگذاری و پیش‌پردازش داده‌ها از فایل "owid-energy-data.csv" با Pandas: مدیریت مقادیر گمشده، تبدیل نوع داده‌ها، و فیلتر کردن ستون‌های مرتبط.
  2. انتخاب شاخص‌های کلیدی: renewables\_share\_energy (سهم انرژی‌های تجدیدپذیر)، energy\_per\_gdp (شدت انرژی)، و fossil\_share\_energy (وابستگی به سوخت‌های فسیلی).
  3. اعمال مدل ARIMA بر داده‌های تاریخی، بهینه‌سازی پارامترهای (p, d, q) با استفاده از معیارهای AIC/BIC.
  4. پیش‌بینی مقادیر برای سال‌های 2024 تا 2030 برای شناسایی شکاف‌ها و فرصت‌های بهینه‌سازی انرژی در ایران.
  5. تجسم روندها و پیش‌بینی‌ها برای برجسته کردن پیشرفت‌ها و چالش‌ها.

**۲. یادگیری ماشین: خوشه‌بندی و مدل‌سازی پیش‌بینی**

* **هدف**: شناسایی الگوهای مصرف انرژی و پذیرش انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورها، گروه‌بندی ایران، آلمان و ژاپن بر اساس پروفایل انرژی، و پیش‌بینی تأثیر نوآوری اجتماعی.
* **روش**:
  + **خوشه‌بندی**: استفاده از الگوریتم K-Means برای گروه‌بندی کشورها بر اساس ویژگی‌هایی مانند renewables\_share\_energy، fossil\_share\_energy، energy\_per\_capita و gdp به‌منظور درک جایگاه ایران نسبت به کشورهای پیشرو.
  + **مدل‌سازی پیش‌بینی**: استفاده از مدل‌های رگرسیون (مانند Random Forest و Gradient Boosting) برای پیش‌بینی renewables\_share\_energy با توجه به متغیرهایی مانند جمعیت، تولید ناخالص داخلی، و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (مثل solar\_consumption و wind\_consumption) به‌عنوان شاخص‌های نیابتی نوآوری اجتماعی.
* **ابزارها**: کتابخانه‌های پایتون شامل Scikit-learn برای یادگیری ماشین، Pandas برای پیش‌پردازش، و Matplotlib/Seaborn برای تجسم نتایج.
* **دلیل انتخاب**: خوشه‌بندی تفاوت‌ها و شباهت‌های استراتژی‌های گذار انرژی را نشان می‌دهد و مدل‌های پیش‌بینی تأثیر عوامل اجتماعی و ساختاری را بر پذیرش انرژی‌های تجدیدپذیر بررسی می‌کنند. این روش به سوالات ۱ و ۴ پاسخ می‌دهد.
* **فرایند**:
  + پیش‌پردازش داده‌ها: پاک‌سازی مقادیر گمشده، نرمال‌سازی ویژگی‌های عددی، و فیلتر کردن داده‌ها برای ایران، آلمان و ژاپن (2000 تا 2023).
  + اعمال خوشه‌بندی K-Means برای گروه‌بندی کشورها، تعیین تعداد بهینه خوشه‌ها با روش Elbow.
  + آموزش مدل Random Forest برای پیش‌بینی renewables\_share\_energy با استفاده از ویژگی‌هایی مانند population، gdp، solar\_consumption، wind\_consumption و hydro\_consumption.
  + ارزیابی عملکرد مدل با معیارهایی مانند R² و خطای میانگین مربعات (MSE).
  + تجسم خوشه‌ها و اهمیت ویژگی‌ها برای شناسایی محرک‌های کلیدی گذار انرژی و تأثیرات بالقوه نوآوری اجتماعی.

**۳. تحلیل تطبیقی: رویکرد مطالعه موردی**

* **هدف**: مقایسه استراتژی‌های گذار انرژی در ایران، آلمان و ژاپن برای شناسایی ظرفیت‌ها، موانع نهادی، اجتماعی و فرهنگی، و استخراج درس‌هایی برای ایران.
* **روش**: تحلیل تطبیقی موردی (case-oriented comparative analysis) با تمرکز بر چارچوب‌های سیاستی، ابتکارات نوآوری اجتماعی (مانند تعاونی‌های انرژی)، و موانع غلبه‌شده در آلمان و ژاپن.
* **منابع داده**: ترکیب داده‌های کمی از دیتاست (مانند renewables\_share\_energy، fossil\_share\_energy) با اطلاعات کیفی از گزارش‌های بین‌المللی (IEA، IRENA، Energiewende) و ادبیات علمی.
* **دلیل انتخاب**: این روش به سوال ۲ پاسخ می‌دهد و با مقایسه نظام‌مند، موانع و ظرفیت‌های ایران را در کنار موفقیت‌های کشورهای پیشرو روشن می‌کند.
* **فرایند**:
  1. فیلتر کردن دیتاست برای ایران، آلمان و ژاپن (2000 تا 2023)، تمرکز بر شاخص‌هایی مانند renewables\_consumption، solar\_share\_energy و wind\_share\_energy.
  2. تحلیل روندها با Pandas و تجسم با Matplotlib برای مقایسه پذیرش انرژی‌های تجدیدپذیر و شدت انرژی.
  3. تکمیل تحلیل با داده‌های کیفی از تعاونی‌های انرژی آلمان و ابتکارات اجتماعی ژاپن پس از فوکوشیما.
  4. شناسایی ظرفیت‌ها (مانند منابع تجدیدپذیر ایران) و موانع (مانند شکاف‌های سیاستی، مقاومت فرهنگی) برای پیشنهاد استراتژی‌های نوآوری اجتماعی.

**۴. تحلیل کیفی: بررسی نقش نوآوری اجتماعی**

* **هدف**: بررسی چگونگی تسهیل گذار انرژی توسط نوآوری اجتماعی، با تمرکز بر مشارکت جوامع، تغییر رفتار و غلبه بر موانع در ایران.
* **روش**: مرور کیفی مطالعات موردی، گزارش‌های سیاستی و ادبیات علمی برای ارزیابی تأثیر نوآوری اجتماعی.
* **منابع داده**: اسناد سیاستی (مانند Energiewende آلمان)، مقالات علمی (مانند Hewitt و همکاران، 2019)، و نمونه‌های تعاونی‌های انرژی و برنامه‌های مشارکتی.
* **دلیل انتخاب**: این روش به سوالات ۱ و ۴ پاسخ می‌دهد و راهکارهای اجتماعی برای افزایش مشارکت و بهینه‌سازی مصرف انرژی در ایران را روشن می‌کند.
* **فرایند**:
  1. مرور ادبیات و گزارش‌ها برای شناسایی نمونه‌های موفق نوآوری اجتماعی (مانند تعاونی‌های انرژی آلمان، برنامه‌های آموزشی ژاپن پس از فوکوشیما).
  2. تحلیل چگونگی رفع موانع (مانند مقاومت سیاستی، کمبود آگاهی) و تقویت مشارکت توسط این ابتکارات.
  3. ارائه پیشنهادهای متناسب با بستر ایران با توجه به عوامل فرهنگی، اجتماعی و نهادی.

**۵. داده‌ها و ابزارها**

* **دیتاست**: فایل "owid-energy-data.csv" شامل داده‌های مصرف، تولید و شاخص‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورها و سال‌های مختلف.
* **ابزارهای پایتون**:
  + **Pandas**: برای بارگذاری، پاک‌سازی و پیش‌پردازش داده‌ها.
  + **Statsmodels**: برای مدل‌سازی سری زمانی ARIMA.
  + **Scikit-learn**: برای خوشه‌بندی (K-Means) و مدل‌سازی پیش‌بینی (Random Forest، Gradient Boosting).
  + **Matplotlib/Seaborn**: برای تجسم روندها، خوشه‌ها و خروجی‌های مدل.
* **پیش‌پردازش**: مدیریت مقادیر گمشده با درون‌یابی یا حذف، تبدیل داده‌های رشته‌ای به عددی، و فیلتر کردن داده‌ها برای کشورهای موردنظر (ایران، آلمان، ژاپن) و بازه 2000 تا 2023.

**۶. یکپارچه‌سازی و تلفیق**

* **روش**: ترکیب خروجی‌های کمی (روندها، پیش‌بینی‌ها، خوشه‌ها) با یافته‌های کیفی برای پاسخ به سوالات پژوهش.
* **تمرکز**: پیوند نتایج با نقش نوآوری اجتماعی در افزایش مشارکت (سوال ۱)، شناسایی ظرفیت‌ها و موانع ایران (سوال ۲)، و بهینه‌سازی مصرف انرژی (سوال ۴).
* **نتیجه**: ارائه توصیه‌های کاربردی برای سیاست‌گذاران ایرانی جهت شکل‌دهی به نظام انرژی کارآمد، تاب‌آور و مسئولانه با تکیه بر نوآوری اجتماعی.