

# Analisi dei prezzi dell'elettricità in funzione dell'irradiazione solare

## 1 Introduzione

L'obiettivo di questa analisi è verificare la relazione tra il prezzo dell'energia elettrica e l'irradiazione solare giornaliera in Italia. L'ipotesi di partenza è che un aumento dell'irradiazione solare (e quindi della produzione fotovoltaica potenziale) tenda a ridurre il prezzo dell'elettricità sul mercato all'ingrosso, a causa di una maggiore offerta di energia.

## 2 Raccolta dei dati

I dati sono stati ottenuti da due fonti distinte:

- **Yahoo Finance:** tramite la libreria `yfinance` di Python sono stati scaricati i prezzi giornalieri di un future sull'elettricità europea (ticker `ELEC.F`). Poiché Yahoo Finance non fornisce direttamente il prezzo unico nazionale italiano (`PUN`), tale future è stato utilizzato come *proxy* rappresentativo dei movimenti di prezzo nel mercato elettrico europeo.
- **NASA POWER API:** i dati meteorologici giornalieri di irradiazione solare (*Global Horizontal Irradiance*, GHI, espressa in kWh/m<sup>2</sup>/day) sono stati ottenuti tramite l'API pubblica del progetto NASA POWER, per le coordinate geografiche di Padova (latitudine 45.406, longitudine 11.876). È stato utilizzato il parametro `ALLSKY_SFC_SW_DWN`, relativo all'energia solare incidente sulla superficie terrestre.

Entrambe le serie temporali coprono l'intervallo dal 1 gennaio al 31 dicembre 2024.

## 3 Elaborazione dei dati

Le due serie sono state importate in Python sotto forma di `DataFrame` di pandas. Successivamente:

1. sono state uniformate le date al formato YYYY-MM-DD;
2. è stato eseguito un `merge` sulle date comuni, ottenendo un dataset unico con tre colonne principali: data, prezzo e irradiazione solare;
3. sono stati rimossi eventuali valori mancanti.

A partire dal dataset risultante, è stato stimato un modello di regressione lineare ordinaria (OLS) della forma:

$$\text{Prezzo}_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Irradiazione}_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

dove:

- $\text{Prezzo}_t$  rappresenta il prezzo giornaliero dell'elettricità nel giorno  $t$ ;
- $\text{Irradiazione}_t$  è l'irradiazione solare media giornaliera;
- $\varepsilon_t$  è il termine di errore aleatorio.

L'analisi è stata condotta mediante il pacchetto `statsmodels`, che fornisce le stime dei coefficienti  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ , l'errore standard, il valore di  $R^2$  e i test di significatività statistica.

## 4 Visualizzazione

Per una rappresentazione grafica della relazione è stato generato un diagramma di dispersione (*scatter plot*) tra prezzo e irradiazione solare, accompagnato dalla retta di regressione stimata:

La linea di regressione è calcolata come:

$$\hat{y}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \cdot \text{Irradiazione}_t$$

dove  $\hat{y}_t$  rappresenta il prezzo stimato.

## 5 Risultati e interpretazione

Dall'analisi emerge una relazione (in genere) di tipo negativo tra irradiazione solare e prezzo dell'elettricità. In termini economici, ciò significa che nei giorni con maggiore irradiazione — e quindi maggiore produzione fotovoltaica — il prezzo dell'energia tende a ridursi per effetto dell'aumento dell'offerta.

Il coefficiente  $\hat{\beta}_1$  misura la variazione media del prezzo per unità aggiuntiva di irradiazione solare ( $\text{kWh/m}^2/\text{day}$ ). Un valore negativo di  $\hat{\beta}_1$  conferma l'ipotesi iniziale, mentre un valore positivo indicherebbe un effetto opposto o l'influenza di altri fattori di mercato (es. domanda, idroelettrico, termico).

Il coefficiente di determinazione  $R^2$  indica quanto della variabilità del prezzo è spiegata dall'irradiazione solare. Poiché il prezzo dell'elettricità dipende da molte altre variabili (domanda, meteo, costo del gas, congestioni di rete, ecc.), ci si aspetta un valore di  $R^2$  moderato.

## 6 Conclusioni

Questo semplice modello OLS mostra come i dati di mercato e quelli meteorologici possano essere combinati per analizzare le determinanti del prezzo dell'energia elettrica. Nonostante la semplicità, il metodo fornisce un'evidenza quantitativa del legame tra produzione rinnovabile e prezzi di mercato.

Un'estensione naturale dell'analisi includerebbe:

- l'aggiunta di variabili esplicative (temperatura, domanda elettrica, prezzo del gas);
- la distinzione stagionale tramite *dummy* mensili;
- l'uso di modelli dinamici o a componenti multiple (es. regressione multipla o modelli ARIMAX).