

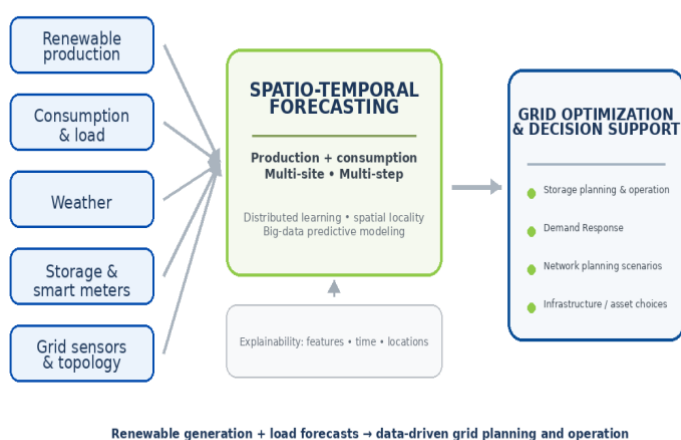


RISE

Infrastruttura Strategica della Ricerca
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI ALDO MORO

Servizio integrato di forecasting energetico e ottimizzazione intelligente delle reti elettriche

ENERGY & GRID DATA



Per informazioni rivolgersi
al responsabile scientifico:

Prof. Michelangelo Ceci
michelangelo.ceci@uniba.it

Gruppo di ricerca KDDE

Polo Scientifico Tecnologico

Dipartimento di Informatica

Via Orabona 4, 70125 (BA)

Architettura concettuale del servizio energetico integrato

ENG: Building on the MIUR STARTUP Vi-POC (Virtual Power Operation Center) and PON ComESto (Community Energy Storage) projects, the University of Bari proposes an integrated service for forecasting renewable generation and electricity consumption and for using these forecasts to support the planning and optimization of electrical grids. Vi-POC combined heterogeneous data from distributed renewable plants and weather services with day-ahead production forecasting, while ComESto addressed distributed storage, producibility and load forecasting, Demand Response and AI/ML-based network planning.

The service integrates time series from renewable plants, smart meters, storage systems, and grid sensors with meteorological and contextual variables. It can generate multi-site, multi-step forecasts at plant, user/community or network-node level. Methodological components include local spatio-temporal modeling for geo-referenced renewable assets [D'Aversa et al., 2025], distributed density-based multi-target regression for large datasets [Corizzo et al., 2019], and multi-aspect forecasting methods that exploit spatio-temporal autocorrelation and tensor-based representations [Corizzo et al., 2021].

The forecasting layer can be configured for both generation and load/consumption profiles, adapting horizon and granularity to operational or planning needs. By modeling relationships among

geographically distributed assets, it captures dependencies that are lost when plants, meters or grid nodes are treated independently. A dedicated explainability module can analyze the contribution of features, time steps and locations to spatio-temporal predictions [Altieri et al., 2025], supporting model validation and operator decision-making.

Forecasts can feed a decision-support and optimization layer for improving electrical infrastructures. Depending on the use case, the service can support scenario analysis and optimized planning of distributed storage and grid assets, coordinated management of renewable generation and loads, and comparison of network configurations under different production and consumption conditions. The goal is to improve the use of existing infrastructure and facilitate the integration of non-programmable renewable generation.

The service can include data assessment, model design and training, and explainability analysis. Potential beneficiaries include distribution system operators, renewable-energy producers, aggregators and energy communities, industrial and public energy users, and technology providers. The objective is to transform heterogeneous energy data into actionable forecasts and planning scenarios for more efficient and data-driven electrical grids.

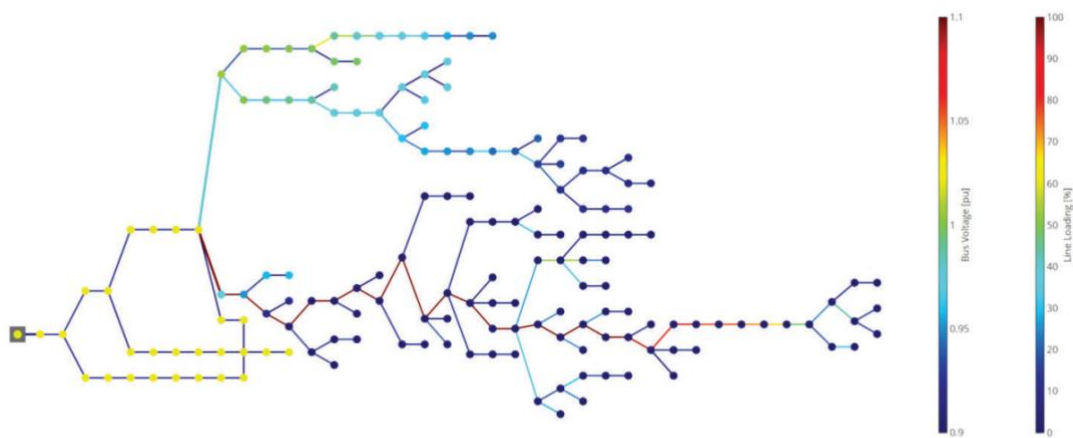
ITA: A partire dalle competenze e dai prototipi sviluppati nei progetti MIUR STARTUP Vi-POC (Virtual Power Operation Center) e PON ComESto (Community Energy Storage: Gestione Aggregata di Sistemi d'Accumulo dell'Energia in Power Cloud), l'Università di Bari propone un servizio integrato per il forecasting della produzione da fonti rinnovabili e dei consumi elettrici e per l'impiego di tali previsioni a supporto della pianificazione e dell'ottimizzazione delle infrastrutture di rete. Vi-POC ha affrontato la raccolta, memorizzazione e analisi di dati eterogenei provenienti da impianti rinnovabili geograficamente distribuiti e da servizi meteorologici, insieme alla previsione della produzione a un giorno; ComESto ha esteso questa prospettiva ai sistemi di accumulo distribuito, ai modelli previsionali di producibilità e di carico, e a strumenti di supporto alla pianificazione di rete basati su Intelligenza Artificiale e Machine Learning.

Il servizio integra serie temporali provenienti da impianti rinnovabili, smart meter, sistemi di accumulo, e sensori di rete con variabili meteorologiche e di contesto. Può produrre previsioni multi-sito e multi-step a livello di impianto, utente/comunità o nodo di rete. Le componenti metodologiche includono modelli spatio-temporali locali per sensori georeferenziati e impianti rinnovabili [D'Aversa et al., 2025], tecniche distribuite di regressione multi-target basate su clustering density-based per dataset di grandi dimensioni e ad alta dimensionalità [Corizzo et al., 2019], e metodi di forecasting che considerano più aspetti e che sfruttano l'autocorrelazione spatio-temporale e rappresentazioni basate su decomposizioni tensoriali [Corizzo et al., 2021].

Il layer di forecasting può essere configurato sia per i profili di generazione sia per i profili di carico e consumo, adattando l'orizzonte temporale e la granularità dei dati alle esigenze operative o di pianificazione. Modellando le relazioni tra asset distribuiti geograficamente, il servizio può catturare dipendenze che andrebbero perse trattando in modo indipendente impianti, sensori o nodi della rete. Un modulo dedicato di explainability può analizzare il contributo di feature, istanti temporali e localizzazioni alle previsioni spatio-temporali [Altieri et al., 2025], fornendo a operatori ed esperti di dominio evidenze interpretabili per la validazione dei modelli e il supporto alle decisioni.

Le previsioni possono quindi alimentare un layer di supporto decisionale e ottimizzazione delle infrastrutture elettriche. In funzione del caso d'uso, il servizio può supportare analisi di scenario e pianificazione ottimizzata di sistemi di accumulo e asset di rete, gestione coordinata di generazione rinnovabile e carichi, e confronto tra configurazioni di rete in differenti condizioni di produzione e consumo. L'obiettivo è migliorare l'utilizzo delle infrastrutture esistenti, facilitare l'integrazione della generazione rinnovabile non programmabile e supportare una pianificazione più informata dei flussi di potenza e degli investimenti di rete.

Il servizio integrato può comprendere assessment e preparazione dei dati, progettazione e addestramento dei modelli, valutazione delle prestazioni, analisi di explainability, I potenziali beneficiari includono distributori di energia, produttori da fonti rinnovabili, aggregatori e comunità energetiche, utenti energetici industriali e pubblici e fornitori di tecnologie. L'obiettivo è trasformare dati energetici eterogenei in previsioni e scenari di pianificazione utilizzabili per reti elettriche più efficienti, affidabili e data-driven.



Esempio di configurazione di rete in bassa tensione e analisi di carico. In blu, le linee con minor carico, in rosso le linee con maggior carico

References

- 1) A. D'Aversa, G. Pio, M. Ceci. "Modeling spatio-temporal locality in multi-step forecasting of geo-referenced time series." Machine Learning, 114, 231, 2025. doi: 10.1007/s10994-025-06875-1.
- 2) R. Corizzo, G. Pio, M. Ceci, D. Malerba. "DENCAST: distributed density-based clustering for multi-target regression." Journal of Big Data, 6, 43, 2019. doi: 10.1186/s40537-019-0207-2
- 3) R. Corizzo, M. Ceci, H. Fanaee-T, J. Gama. "Multi-aspect renewable energy forecasting." Information Sciences, 546, 701-722, 2021. doi: 10.1016/j.ins.2020.08.003.
- 4) M. Altieri, M. Ceci, R. Corizzo. "An end-to-end explainability framework for spatio-temporal predictive modeling." Machine Learning, 114, 114, 2025. doi: 10.1007/s10994-024-06733-6.