

# TECNICHE DI MACHINE LEARNING PER IL MONITORAGGIO E LA GESTIONE ENERGETICA NELLE RETI ELETTRICHE

*B. Cannas, A. Fanni, M. Pasella, F. Pisano*

Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica, Università di Cagliari

Via Marengo 2, 09123 Cagliari

La crescente complessità delle reti elettriche moderne, dovuta all'integrazione su larga scala di risorse energetiche distribuite (DERs) come impianti fotovoltaici, turbine eoliche e sistemi di accumulo, ha trasformato il tradizionale paradigma di flusso di potenza unidirezionale, dalle centrali di produzione agli utenti finali, in un modello bidirezionale. Questo cambiamento ha dato origine ai cosiddetti *prosumers*, utenti in grado non solo di consumare, ma anche di immettere energia nella rete, e alle cosiddette *comunità energetiche rinnovabili*, associazioni tra cittadini, imprese, enti pubblici o altri attori che si uniscono per produrre, condividere e consumare energia da fonti rinnovabili, principalmente a livello locale. Tale evoluzione introduce nuove sfide per il monitoraggio, il controllo e la gestione energetica nelle reti elettriche. A questo proposito, lo studio si è concentrato sull'applicazione di metodologie di Machine Learning (ML) in diversi contesti, come, ad esempio, le reti di distribuzione, difficilmente osservabili in tempo reale a causa del numero limitato di strumenti di misura. Per sopperire alla carenza di misure dirette, si ricorre di frequente alla stima dello stato (DSSE – Distribution System State Estimation), che consente di ricostruire in tempo reale le condizioni della rete elettrica, stimando parametri come moduli di tensione e angoli di fase ai nodi desiderati, mediante l'integrazione di misure reali e misure sintetiche, dette anche Pseudo-Misure (PM). Le PM possono essere create a partire da dati storici, previsioni statistiche o modelli di ML. Tuttavia, una delle principali sfide resta la generazione di PM altamente affidabili, capaci di garantire equilibrio tra accuratezza, robustezza ed efficienza computazionale. In questo contesto, i modelli di ML rappresentano un approccio promettente grazie alla capacità di gestire grandi quantità di dati e di modellare relazioni complesse e non lineari. Per tale motivo, è stato implementato un algoritmo di ML per la previsione della potenza attiva, utilizzando dati di consumo reali di edifici situati nel campus del Forschungszentrum Jülich (Germania). I risultati ottenuti [1] hanno dimostrato che i modelli neurali implementati forniscono previsioni della potenza attiva più accurate rispetto a indicatori come la media, o a metodi "naïve". Le prossime fasi del lavoro prevedono lo sviluppo di modelli di ML in grado di prevedere sia potenze attive che reattive in una rete elettrica, nonché la valutazione dell'impatto delle PM generate sulle prestazioni degli algoritmi di stima dello stato.

Nell'ambito delle comunità energetiche rinnovabili, il progresso tecnologico richiede sempre di più dispositivi e sistemi con prestazioni elevate, lunga durata, alta affidabilità e strategie di gestione intelligente dell'energia. Poiché la gestione ottima dell'energia rappresenta un problema multiobiettivo, le strategie di controllo avanzate devono basarsi sullo stato istantaneo di molti indicatori. L'intelligenza artificiale può essere il miglior candidato per accelerare i calcoli, acquisire relazioni complesse per migliorare l'accuratezza delle previsioni e prendere decisioni ottimizzate basate su informazioni complete sullo stato del sistema. Tuttavia, nello sviluppo dei sistemi di gestione dell'energia (EMS) sono ancora necessari modelli e algoritmi di intelligenza artificiale affidabili, in grado di apprendere con precisione caratteristiche ambientali complesse e di prendere rapidamente decisioni ottimizzate in base allo stato di ciascuna unità, soprattutto nell'ottimizzazione su larga scala.

Con lo scopo di sviluppare strategie di gestione più affidabili, che prendano rapidamente decisioni anche sulla previsione della domanda e produzione futura, si è quindi affrontato il problema della predizione dell'energia prodotta da fonti di energia rinnovabile, in particolare da pannelli fotovoltaici. A questo scopo si è lavorato sull'addestramento di un modello Long-Short Term Memory (LSTM) in grado di prevedere la produzione di energia dei prosumer, in base ai loro profili è stato addestrato su dati reali e simulati (costruiti con modelli di letteratura a partire da dati meteorologici reali), il modello risulta abbastanza robusto per la predizione dell'energia fino a un orizzonte temporale di due ore. Gli sviluppi futuri consisteranno nell'estensione dell'orizzonte temporale di predizione e nell'utilizzo di suddette predizioni per una gestione energetica più efficiente.

[1] Pasella, M., Benigni, A., Cannas, B., Carta, D., Muscas, C., & Pisano, F. (2024, September). On the Quality of Pseudo-Measurements for Distribution System State Estimation. In *2024 IEEE 14th International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS)* (pp. 1-6). IEEE.