

ROSE: una piattaforma intelligente per la gestione in tempo reale di smart grid

Federico Delfino^a, Vieri Emiliani^b, Giovanni Erucci^b, Paola Girdinio^a, Michela Robba^c, Mansueto Rossi^a

^aUniversità degli Studi di Genova - DITEN, ^bMaps S.p.A., ^cUniversità degli Studi di Genova - DIBRIS

federico.delfino@unige.it, vieri.emiliani@mapsgroup.it, giovanni.erucci@mapsgroup.it,
paola.girdinio@unige.it, michela.robba@unige.it, mansueto.rossi@unige.it

Abstract

Le fonti energetiche rinnovabili rappresentano uno dei fattori abilitanti per indirizzare gli obiettivi previsti dal protocollo di Kyoto. La natura intermittente e la numerosità di tali fonti introduce, però, nuove problematiche ai sistemi di gestione e distribuzione dell'energia.

Interoperabilità, aggregazione di fonti dati eterogenee e modelli predittivi e attuativi sono elementi chiave per realizzare sistemi in grado di gestire questa complessità. ROSE è la nostra proposta, sviluppata e sperimentata sul caso reale della *Smart Polygeneration Microgrid* del Campus Universitario di Savona, per indirizzare questi problemi e rendere più "intelligenti" le *smart grid*.

1 Introduzione

Negli ultimi anni, l'impegno per l'attuazione del protocollo di Kyoto, le linee di programmazione europea ed i sistemi di incentivazione nazionale hanno enormemente incrementato l'impiego di fonti energetiche rinnovabili (FER) e di generazione distribuita (GD), con una previsione di crescita anche per il prossimo futuro.

Lo sviluppo di FER e GD, pur contribuendo alla riduzione di gas serra su scala globale, introduce tuttavia problemi di gestione dell'energia prodotta e immessa in rete, a causa dell'aleatorietà e numerosità che contraddistinguono tali risorse. Per mitigare questi effetti, una soluzione promettente è quella di aggregare risorse rinnovabili e tradizionali, sistemi di accumulo, e carichi (anche flessibili) in micro-reti che si interfacciano con la rete di distribuzione come singole entità.

Utilizzando tecniche di *Machine Learning* è possibile realizzare modelli di previsioni affidabili per risorse rinnovabili [Oneto et al., 2017] e domanda di energia.

Opportuni sistemi di monitoraggio e gestione (*Energy Management Systems*, o EMS) consentono di bilanciare l'aleatorietà di questi fattori, sfruttando sia sistemi di generazioni flessibili (ad es., microturbine cogenerative e sistemi di accumulo elettrico), sia i carichi controllabili (ad es., pompe di calore), anche mediante l'applicazione di tecniche di *Demand Response*.

I profili orari di produzione delle risorse locali aggregate in una micro-rete possono inoltre essere regolati per minimizzare i costi di esercizio e per fornire servizi ancillari alla rete di distribuzione.

Le microreti, per esempio a livello di un distretto o quartiere cittadino, possono essere considerate tra le componenti di una moderna *Smart City* [Bracco et al., 2018]. Un esempio di micro-rete è rappresentato dalla *Smart Polygeneration Microgrid* (SPM) del Campus Universitario di Savona.

2 La Smart grid del Campus di Savona

La SPM [Bracco et al., 2013] è una rete intelligente di distribuzione di energia elettrica e termica, costruita sia per contribuire a soddisfare i consumi del Campus, sia per essere utilizzata come un test bed per ricerche nell'ambito delle *smart grid*.

La micro-rete consta di una rete elettrica trifase di distribuzione dedicata a 400 V, connessa alla rete preesistente del Campus, di un insieme di dispositivi (generatori, sistemi di accumulo, ecc.) e di un sistema di misura, supervisione e controllo che ne permette il monitoraggio e la gestione. Più in particolare, sono connessi alla SPM due generatori fotovoltaici, (80 kWp e 15 kWp), due turbine a gas cogenerative (potenze nominali 65 kW elettrici e 112 kW termici), due chiller ad adsorbimento (potenze nominali: 70 kWfr e 150 kWfr) ed un sistema di accumulo elettrico (141 kWh). Un EMS, integrato nel sistema di supervisione e controllo, calcola il profilo giornaliero di funzionamento ottimale delle sorgenti dispacciabili (le microturbine e l'accumulo elettrico), con l'obiettivo di minimizzare i costi operativi. I profili di funzionamento orario sono calcolati sulla base delle previsioni della potenza prodotta dal fotovoltaico e delle previsioni del carico. In questo senso, la disponibilità di algoritmi di forecasting attendibili risulta di fondamentale importanza per l'affidabilità dei risultati ottenuti dall'EMS.

3 La piattaforma ROSE

La piattaforma ROSE è una verticalizzazione per il settore energetico sviluppata in collaborazione con l'Università di Genova della soluzione *Smart Aggregator* di Maps. I blocchi principali di ROSE sono il sistema di ottimizzazione della pianificazione energetica e il *prediction server*, che implementa i modelli predittivi di consumo e produzione dell'energia. Questi alimentano il motore decisionale di ROSE che, integrando dati di campo, eventi interni (ad es., malfunzionamento di un impianto) ed esterni (ad es., eventi di *Demand Response*) con i *forecast* di consumo e produzione, aggiorna in tempo reale la pianificazione, attuando le necessarie regolazioni sui diversi dispositivi.

3.1 Servizio di ottimizzazione

Uno degli aspetti presenti nell'ambito dei sistemi energetici ed ambientali riguarda la definizione e l'implementazione di modelli matematici utili alla pianificazione e alla gestione di un mix di risorse energetiche che includono energie rinnovabili [Bracco *et al.*, 2015].

L'obiettivo è quello di individuare ed implementare soluzioni di controllo per una gestione intelligente di reti con presenza di risorse di generazione distribuita e di accumulo, tramite l'utilizzo di logiche di calcolo in grado di prevedere generazione e consumo di energia elettrica e termica, di ottimizzare il funzionamento degli impianti di produzione e delle utenze in maniera tale da ridurre i costi di esercizio e di garantire il rispetto dei vincoli tecnici.

Nel caso specifico di ROSE, è possibile gestire i flussi di potenza attiva e reattiva, anche in seguito a richieste e riferimenti dati dal gestore della rete di distribuzione. È inoltre possibile diminuire la domanda di potenza elettrica attraverso la modulazione del sistema di accumulo e lo spegnimento di pompe di calore e altri consumi elettrici.

3.2 I modelli predittivi di ROSE

Evoluzione dei consumi e produzione delle fonti rinnovabili sono problematiche riconducibili alla famiglia delle previsioni di serie temporali. Considerando per semplicità il caso univariato, il problema può essere formalizzato come la previsione dei prossimi H valori $\{y_{t+h} \mid h = 0, \dots, H - 1\}$ a partire da K valori precedenti $\{y_{t-k} \mid k = 1, \dots, K\}$.

Le reti neurali, e in particolare le reti neurali ricorrenti (RNN), si sono mostrate particolarmente adatte a modellare problematiche di questo tipo. Ad esempio, in [Marino *et al.*, 2016], due diverse architetture basate su un particolare tipo di RNN, detto Long Short Term Memory (LSTM) sono utilizzate per prevedere i consumi di una utenza residenziale, utilizzando un dataset pubblico¹ messo a disposizione da University of California, Irvine (UCI).

L'architettura di rete utilizzata per i modelli predittivi di ROSE è di tipo *stacked LSTM*. Nel nostro caso, due strati LSTM, seguiti da un *fully connected layer*.

Per l'addestramento, abbiamo scelto una strategia di tipo *multiple-output* [Taieb *et al.*, 2012], in cui la rete viene addestrata a prevedere simultaneamente un'intera sequenza di valori. Nello specifico:

$$Y_t = \{y_{t+h} \mid h = 0, \dots, H - 1\} = F(\{y_{t-k} \mid k = 1, \dots, K\})$$

Una importante innovazione introdotta nella strategia di addestramento è come modelliamo i dati in ingresso. Comunemente, nel caso univariato, questi sono presentati alla rete come una sequenza di singoli valori. Nel nostro caso, i dati in ingresso si riferiscono alle misurazioni orarie della settimana precedente. Strutturando queste come matrici di dimensione ad es. 7×24 , abbiamo notato un significativo miglioramento delle previsioni, oltre che una maggiore velocità di apprendimento.

Con questo approccio, il modello ROSE ha migliorato le performance rispetto all'attuale EMS della SPM, riducendo il MAE (*Mean Absolute Error*) delle predizioni a 24 ore di oltre il 60%.

La validità del modello proposto è confermata anche dalle simulazioni fatte sul dataset utilizzato da [Marino, 2016]. Rispetto ai risultati riportati nell'articolo, l'RMSE (*Root Mean Squared Error*) del modello ROSE risulta comparabile.

4 Conclusioni e sviluppi futuri

ROSE è un caso concreto di applicazione delle tecniche di intelligenza artificiale per risolvere le problematiche di gestione di una *smart grid*. Il primo prototipo di ROSE è stato presentato dal Comune di Genova nell'ambito del Global City Team Challenge 2017 come iniziativa di importanza strategica per l'implementazione del concetto di *Smart City*.

Un progetto di integrazione di ROSE in un sistema di Demand Response è in corso, grazie a una collaborazione con Enel S.p.A. e le Università di Genova e Siviglia.

I prossimi sviluppi riguarderanno l'applicazione di tecniche di Reinforcement Learning per l'ottimizzazione della pianificazione energetica delle *smart grid*.

Riferimenti bibliografici

- [Bracco *et al.*, 2013] S. Bracco, F. Delfino, F. Pampararo, M. Robba and M. Rossi. The University of Genoa smart polygeneration microgrid test-bed facility: The overall system, the technologies and the research challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18:442-459, 2013.
- [Bracco *et al.*, 2015] S. Bracco, F. Delfino, F. Pampararo, M. Robba and M. Rossi. A dynamic optimization-based architecture for polygeneration microgrids with tri-generation, renewables, storage systems and electrical vehicles. *Energy Conversion and Management*, 96:511-520, 2015.
- [Bracco *et al.*, 2018] S. Bracco, F. Delfino, P. Laiolo, and A. Morini. Planning & Open-Air Demonstrating Smart City Sustainable Districts. *Sustainability*, 10:1-14, 2018.
- [Marino *et al.*, 2016]. D. L. Marino, K. Amarasinghe, and M. Manic. Building Energy Load Forecasting Using Deep Neural Networks. In *IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 7046-51, 2016.
- [Oneto *et al.*, 2018] L. Oneto, F. Laureri, M. Robba, F. Delfino, and D. Anguita. Data-Driven Photovoltaic Power Production Nowcasting and Forecasting for Polygeneration Microgrids. *IEEE Systems Journal* 12(3):2842-53, 2018.
- [Taieb *et al.*, 2012] S. B. Taieb, G. Bontempi, A. F. Atiya, and A. Sorjamaa. A Review and Comparison of Strategies for Multi-Step Ahead Time Series Forecasting Based on the NN5 Forecasting Competition. *Expert Systems With Applications* 39(8):7067-83, 2012.

¹ <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/individual+household+electric+power+consumption>