



Borsa di studio attivata ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021

Titolo del progetto: Stochastic optimization for improved balancing of energy production in a decarbonized environment

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo:

AUTOMATICA, BIOINGEGNERIA E RICERCA OPERATIVA - ABRO

Responsabile scientifico: Laura Palagi

Area per la quale si presenta la richiesta: GREEN

Numero di mensilità da svolgere in azienda: 6

Numero di mensilità da svolgere all'estero: 6 presso Da definire

Azienda: Spindox Labs Srl

Il Dipartimento è disponibile a cofinanziare per un importo pari a euro: 10000

Dipartimento finanziatore: DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA, AUTOMATICA E GESTIONALE - ANTONIO RUBERTI- con delibera del 20/09/2021

Progetto di ricerca:

L'obiettivo della carbon neutrality e la conseguente de-carbonizzazione dei processi produttivi in atto richiede a tutti gli attori coinvolti una capacità sempre maggiore di gestire la complessità indotta dall'abbandono dei combustibili fossili in tutte le filiere produttive e supply chain.

Tra gli esempi di trend in atto, si possono annoverare:

- Ri-organizzazione e ri-localizzazione della produzione in ottica di accorciamento della supply chain, per ridurre le emissioni dovute ai trasporti;
- Potenziamento del trasporto pubblico elettrico, a discapito del trasporto privato su gomma;
- Crescita della produzione energetica da fonti rinnovabili, che generano elevata incertezza nel soddisfacimento del fabbisogno energetico.

Il bilanciamento tra domanda e offerta di energia è un problema complesso che impatta tutti i player del settore: gestori della rete, produttori di energia e utenti finali.

In particolare, i problemi di gestione di reti che comprendono l'uso di fonti di energia alternative, sono inerentemente affetti da alta variabilità che necessita una ottimizzazione sia in fase di progettazione che di gestione di utilizzo della rete.

Infatti, la gestione delle smart grid' ovvero della presenza sul mercato elettrico dei prosumers, consumatori che diventano anche produttori, ha reso la gestione della rete molto più complessa.

In particolare, la gestione della rete richiede decisioni di livello diverso che comprendono il Commitment problem, ovvero le decisioni che riguardano accensione/spegnimento di impianti, sia dispatching problem le decisioni che riguardo i livelli di erogazione e di riserva di energia. Entrambi questi problemi sono affetti da stocasticità dovuta essenzialmente a

1.Stocasticità implicita delle fonti energetiche, causata dal fatto che il livello di insolazione (nel caso di fotovoltaico) e di vento (nel caso dell'eolico) non sono facilmente prevedibili e il processo di utilizzo (accensione/spegnimento) di questi impianti è più complesso di quelli a combustibile fossile.

2.Stocasticità indotta dalla cosiddetta 'smart grid', ovvero dalla presenza di 'prosumers', consumatori/produttori.

La variabilità temporale della richiesta alla rete richiede anche la definizione di soluzioni robuste e in grado di tollerare variazioni entro range prefissati.

Il problema è reso anche più complesso (i) dalla complessa regolazione del mercato dell'energia, che non permette una totale libertà nell'aumento o diminuzione della generazione preventivata e (ii) dagli alti costi fissi di generazione da combustibili fossili, che rappresentano una fonte stabile di energia.

L'approccio proposto da questo progetto mira ad integrare tecniche di data mining e analisi dei dati con la modellazione e soluzione di problemi di ottimizzazione non lineare stocastica. Il problema del bilanciamento tra domanda e offerta di energia può infatti essere formulato come un problema di ottimizzazione non lineare stocastica in cui

la stima delle statistiche di influenza sul processo produttivo può essere modellata utilizzando tecniche di machine learning.

Inoltre si dovrà considerare anche la realizzazione di modelli e algoritmi adatti all'utilizzo real time, e dunque particolarmente veloci, per riadattare il sistema energetico a possibili cambi imprevisti. Il mercato dell'energia ha bisogno di ritardare la produzione con frequenze anche inferiori all'ora.

Il progetto sarà composto dalle seguenti macro-fasi:

1. Revisione della letteratura e dei principali approcci esistenti, sia sul mercato italiano che su quello estero;
2. Raccolta di un data set rappresentativo del problema oggetto di studio (sia open source che potenzialmente da player del settore);
3. Analisi esplorativa dei dati di consumo e delle potenziali variabili di influenza;
4. Sviluppo di algoritmi di data mining e time series forecasting per la previsione del consumo di elettricità;
5. Modellazione del problema di ottimizzazione nonlineare deterministico, ovvero assumendo inizialmente per semplificazione che la previsione sia del consumo che della produzione siano noti, escludendo così la stocasticità;
6. Sviluppo di un algoritmo per risolvere il problema di ottimizzazione deterministico, da usarsi come benchmark;
7. Modellazione del problema di ottimizzazione non lineare stocastica;
8. Definizione dell'approccio risolutivo e/o delle semplificazioni al modello necessarie alla soluzione del problema;
9. Sviluppo di un algoritmo di ottimizzazione per risolvere il problema stocastico (eventualmente utilizzando approcci di decomposizione);
10. Applicazione dell'approccio ai data set disponibili, test numerici e confronto con il benchmark;
11. Re-work ed evoluzione del modello e dell'approccio al fine di rispettare i vincoli di qualità della soluzione e di tempo di calcolo.

Titolo del progetto (inglese): Stochastic optimization for improved balancing of energy production in a decarbonized environment

Progetto di ricerca (inglese):

The goal of carbon neutrality and the consequent de-carbonisation of production processes requires all the players involved to have an ever-increasing capacity to manage the complexity induced by the progressive abandoning of fossil fuels in all production and supply chains.

Examples of ongoing trends include:

- Re-organisation and re-localisation of production with a view to shortening the supply chain, to reduce transport emissions;
- Expansion of electric public transport at the expense of private road transport;
- Growth of energy production from renewable sources, which generate high uncertainty in meeting energy needs.

Balancing energy supply and demand is a complex problem that affects all players in the sector: grid operators, energy producers and end users.

In particular, the problems of managing grids that include the use of alternative energy sources are inherently affected by high variability that requires optimisation in both the design and management phases of grid use.

In fact, the management of smart grids, i.e. the presence on the electricity market of prosumers, consumers who also become producers, has made grid management much more complex.

In particular, grid management requires decisions at different levels, including the 'commitment problem', i.e. decisions concerning the switching on/off of plants, and the 'dispatching problem', i.e. decisions concerning the levels of energy supply and reserve. Both these problems are affected by stochasticity due essentially to

1. Implicit stochasticity of energy sources, caused by the fact that the level of insolation (in the case of photovoltaics) and wind (in the case of wind) are not easily predictable and the process of using (switching on/off) these plants is more complex than those using fossil fuels.

2. Stochasticity induced by the so-called 'smart grid', i.e. the presence of 'prosumers'

The time variability of demand to the grid also requires the definition of robust solutions that can tolerate variations within set ranges.

The problem is also made more complex by (i) the complex regulation of the energy market, which does not allow total freedom in increasing or decreasing the budgeted generation and (ii) the high fixed costs of generation from fossil fuels, which represent a stable source of energy.

The approach proposed by this project aims to integrate data mining and data analysis techniques with the modelling and solution of stochastic non-linear optimisation problems. The problem of balancing energy supply and demand can in fact be formulated as a stochastic non-linear optimisation problem in which the estimation of the influence statistics on the production process can be modelled using machine learning techniques.

In addition, consideration must also be given to the creation of models and algorithms suitable for real time use, and therefore particularly fast, to readjust the energy system to possible unforeseen changes. The energy market needs to recalibrate production at frequencies of even less than an hour.

The project will consist of the following macro-phases:

1. Review of the literature and of the main existing approaches, both on the Italian and foreign markets;
2. Collection of a representative data set of the problem under study (both open source and potentially from players in the sector);
3. Exploratory analysis of the consumption data and of the potential influencing variables;
4. Development of data mining and time series forecasting algorithms for electricity consumption;
5. Modelling of the nonlinear deterministic optimization problem, i.e. initially assuming for simplicity that the prediction of both consumption and production are known, thus excluding stochasticity;
6. Development of an algorithm to solve the deterministic optimisation problem, to be used as a benchmark;
7. Modelling of the stochastic non-linear optimization problem;
8. Definition of the solving approach and/or model simplifications needed to solve the problem;
9. Development of an optimization algorithm to solve the stochastic problem (possibly using decomposition approaches);
10. Application of the approach to the available data sets, numerical testing and comparison with the benchmark;
11. Re-work and development of the model and of the approach in order to respect the constraints of solution quality and computation time.