

**Borse di dottorato di ricerca finanziate da Regione Lombardia nell'ambito dell'Accordo di collaborazione con ENEA/Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo sostenibile (DGR n. 7792 del 17/01/2018 e 5321 del 4/10/2021).**

## **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BERGAMO**

Dottorato in: Ingegneria e scienze applicate.

**Mubashir Ali:** Sviluppo di soluzioni basate sul paradigma dei microservizi per il mondo Big data e loro utilizzo per smart cities.

### **Abstract**

Le applicazioni dei Big Data (BD) alle smart city sono quasi illimitate. Big Data Analytics (BDA) è una delle tecnologie recenti che ha un enorme potenziale per migliorare i servizi di smart city trasformando le informazioni sulla città in city intelligence. Man mano che la crescente digitalizzazione si integra nella nostra vita quotidiana, enormi quantità di dati eterogenei raccolti ogni giorno possono essere fruttuosamente utilizzate in diversi domini applicativi come trasporti, sanità, gestione dell'energia, monitoraggio ambientale, ecc. La gestione energetica dell'illuminazione pubblica è uno dei problemi critici per i city manager. È un dominio con un numero enorme di consumatori di energia, in particolare edifici pubblici (come istituti governativi, sanitari e scolastici) e strade. Un'altra preoccupazione importante è che la domanda di energia dovrebbe aumentare nel prossimo futuro a causa dei cambiamenti climatici, della crescita della popolazione e dell'uso inefficiente dell'energia.

Sebbene le soluzioni tecnologiche BD rendano possibile la raccolta e la disponibilità di grandi quantità di dati, questi necessitano anche di nuovi paradigmi per dati e modelli di grandi dimensioni che vadano oltre l'elaborazione, l'archiviazione e l'accesso rapido ai record.

Tuttavia, la transizione da BD a dati intelligenti che forniscono approfondimenti e informazioni non è semplice e ovvia da raggiungere. Maggiore è la quantità di dati e più sono eterogenei, più complessa sarà la loro elaborazione. Sono emerse nuove sfide legate alla qualità, all'elaborazione e alla visualizzazione durante la gestione e l'elaborazione dei dati con nuove grandezze dimensionali, complessità, eterogeneità. Alla luce di queste sfide, in questa tesi, progettiamo e realizziamo un'architettura software Smart Data-centrica per l'analisi dei dati di consumo energetico nel contesto dell'illuminazione pubblica stradale. Nonostante il crescente numero di iniziative di smart city che adottano BDA, queste tecnologie non sono state sfruttate abbastanza in questo settore. La Smart City Platform (SCP) proposta è sviluppata in collaborazione con l'agenzia nazionale di ricerca italiana ENEA (Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Economia Sostenibile) nell'ambito del progetto (Public Energy Living Lab) PELL; in breve: il PELL SCP. Sfruttando le tecnologie BD, abbiamo progettato e prototipato diversi tipi di servizi di analisi come parte del PELL SCP; questi includono: indicatori chiave di prestazione (KPI) per misurare e monitorare il consumo di energia elettrica degli impianti di illuminazione pubblica stradale che rilevano anomalie dai dati di consumo energetico e previsione del consumo di energia dei lampioni.

La valutazione viene eseguita attraverso una vasta serie di esperimenti su set di dati reali sul consumo energetico dell'illuminazione stradale, che sono stati raccolti e gestiti attraverso il PELL SCP. I risultati sull'efficacia e le prestazioni del framework analitico proposto hanno mostrato che il PELL SCP arricchito con tali servizi analitici può far fronte in modo promettente ai problemi di elaborazione, analisi e scalabilità di tale BD.

### **Pubblicazioni**

- Mubashir Ali. Big Data and Machine Intelligence in Software Platforms for Smart Cities. In Doctoral Symposium at the 14th European Conference on Software Architecture (ECSA 2020), L'Aquila, Italy. Communications in Computer and Information Science, vol 1269. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-59155-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-59155-7_2)
- M. Ali, P. Scandurra, F. Moretti, L. Blaso, M. Leccisi and F. Leccese, "From Big Data to Smart Data-centric Software Architectures for City Analytics: the case of the PELL Smart City Platform," 2021

IEEE International Conference on Smart Data Services (SMDS), Chicago, IL, USA, 2021, pp. 95-104, doi: 10.1109/SMDS53860.2021.00023.

- M. Ali, P. Scandurra, F. Moretti and L. Blaso, "Architecting a big data-driven software architecture for smart street lighting," 2023 IEEE 20th International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C), L'Aquila, Italy, 2023, pp. 1-10, doi: 10.1109/ICSA-C57050.2023.00019.
- Mubashir Ali, Patrizia Scandurra, Fabio Moretti. Anomaly Detection in Public Street Lighting using Clustering Algorithms. Journal submission under review
- Mubashir Ali, Patrizia Scandurra, Fabio Moretti. Self-Adaptation and Machine Intelligence in Software Platforms for Smart Cities: a Systematic Literature Review. Journal submission under review

### **Convegni**

Eventi di disseminazione dei risultati scientifici:

- Workshop ENEA tenuto al Kilometro Rosso in Bergamo dal 30 novembre al 2 dicembre 2022 dal titolo "Percorsi di Transizione per Città e Territori - Urban Transition Pathway" organizzato da ENEA Divisione Smart Energy (TERIN-SEN).