



Gestire i dati dei macchinari nei processi della Smart Factory

Convegno FABBRICA FUTURO - Idee e strumenti per l'impresa manifatturiera
Bari, 7 novembre 2019

Anna Maria Crespino

annamaria.crespino@unisalento.it



**UNIVERSITÀ
DEL SALENTO**



“My point [is] that the classification into disciplines is comparatively unimportant, and that we are students not of disciplines but of **problems**”.

K.R. Popper, Conjectures and Refutations, Basic Books, New York, London, p. 67



Digital Engineering For Industry

<p>Factory of the Future</p> <p>Product Lifecycle Management & Digital Twin Virtual and Augmented Reality Knowledge based Engineering/Manufacturing Model Based Enterprise System Engineering Big Data Analytics Machineries' Cyber Security</p>	<p>Tech Farm: Technology for Food and Farming</p> <p>Technology and Methodology for Food Traceability Food label design, virtual label and Human Factor Consumers Behaviours in Sustainable Production DSS for farming, agrifood and marine</p>
<p>Enterprise Architecture</p> <p>Business Process Management Technological Assessment Processes Mining Data Modelling Business Intelligence Change Management</p>	<p>Editable: Smart Building and quarter</p> <p>BIM and Building Lifecycle Management Social Housing Management Fire Safety Engineering Critical Infrastructures management with BIM</p> <p>Symphonia: Creative and Culture Products and Services Lifecycle Management</p> <p>Performing Arts Processes Management Visual and Interactive Innovation for Culture Itinerary, Exhibition and Fashion&Retail Management</p>

Networked Enterprise and Smart Communities (I.DEA Lab.)

<p>Business Model Innovation</p> <p>New business ideas Development Public-Private Ecosystem Establishment</p>	<p>Technology Design and Management</p> <p>Innovative and Immersive Fruition (AR) Social Virtual Communities Culture 4.0 Neuromarketing</p>
<p>Network Modelling and Analysis</p> <p>Semantic, Sentiment and Social Network Analysis Complex networks modelling Spatial, temporal and spatial-temporal analysis Brand Monitoring</p>	

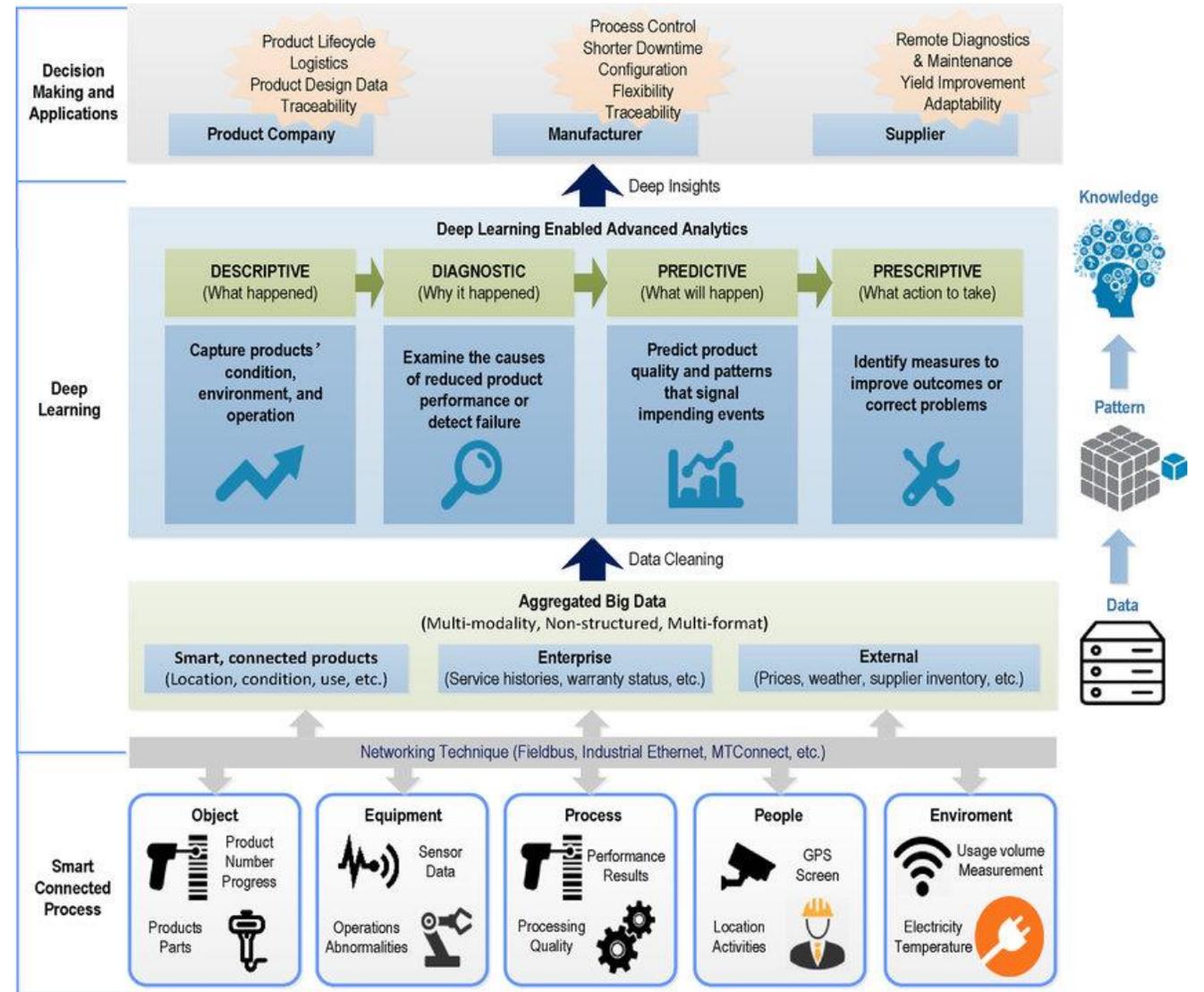
Cyber Physical System

<p>Technologies for environment & food production</p> <p>ICT for Environmental Monitoring and Food Production Decision Support Systems Environmental biomonitoring</p>	<p>Smart Transport</p> <p>Models & technologies for freight & passenger traffic Intelligent Transport Systems Routing modeling & optimization</p>
<p>UAV-based services and operations</p> <p>Virtualization & simulation Decision support systems for VLL operations Sensor fusion & geolocalisation methods Mission planning & trajectories optimization methods</p>	<p>Information Warfare</p> <p>Information Operations and Polarization Debunking</p>
<p>Living environments</p> <p>Telemedicine, teleconsulting, telerehab Weak people monitoring and remote assistance</p>	<p>Cyber security</p> <p>Cyber security for critical infrastructures Legal and policy frameworks Information and data protection technologies Block Chain Applications Penetration tests</p>

Ongoing Researches and Advanced Education Projects

		Bari Matera 5G				

Sfruttare diversi domini di conoscenza e svariate sorgenti di informazione con lo scopo di aumentare l'efficacia e l'efficienza del business, migliorare i propri prodotti e i processi produttivi, adattare i modelli di business al cambiamento digitale



Wang, Jinjiang, et al. "Deep learning for smart manufacturing: Methods and applications." *Journal of Manufacturing Systems* 48 (2018)

Big Data & Analitiche: Il progetto Toreador

Obiettivo: Sviluppo di un'infrastruttura MBDAaaS (Model Big Data Analytics-as-a-Service) in grado di automatizzare e promuovere l'esecuzione di modelli analitici in grado di trasformare i dati in informazioni di valore da utilizzare per migliorare specifici processi aziendali

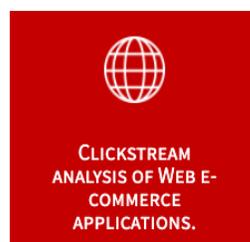
Call: AMD-688797-6 H2020-ICT-2015/H2020-ICT-2015

Partner:          

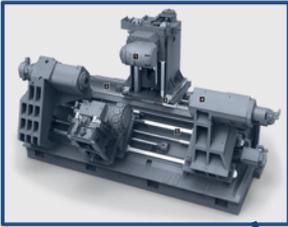
Innovazione:

- ✓ Comunicazione e trasmissione dati attraverso networks industriali automatizzati ed applicazioni IT
- ✓ Sviluppo di un framework metodologico per modellare ed eseguire processi analitici
- ✓ Sviluppo di un catalogo di servizi necessari per eseguire l'intero processo di analisi
- ✓ Sperimentazione di un ambiente clusterizzato capace di gestire diverse tipologie di risorse per migliorare le performance dei servizi analitici

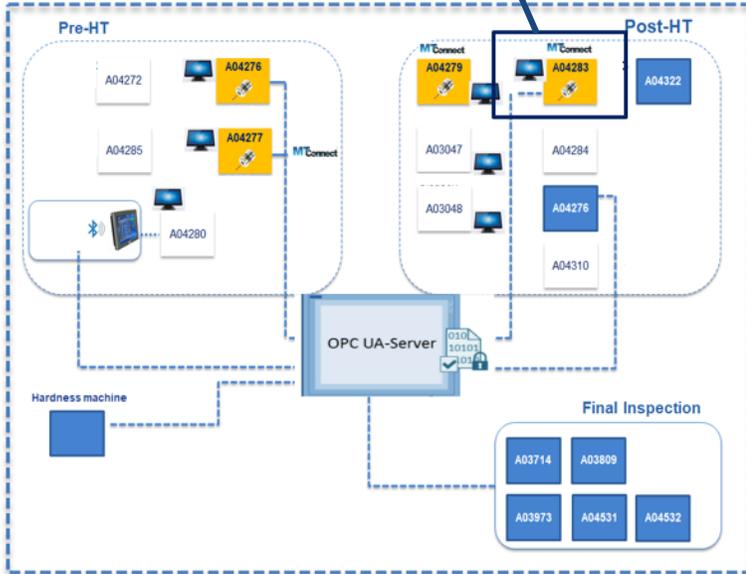
Pilot di Progetto:



Aerospace Products Manufacturing - scenario

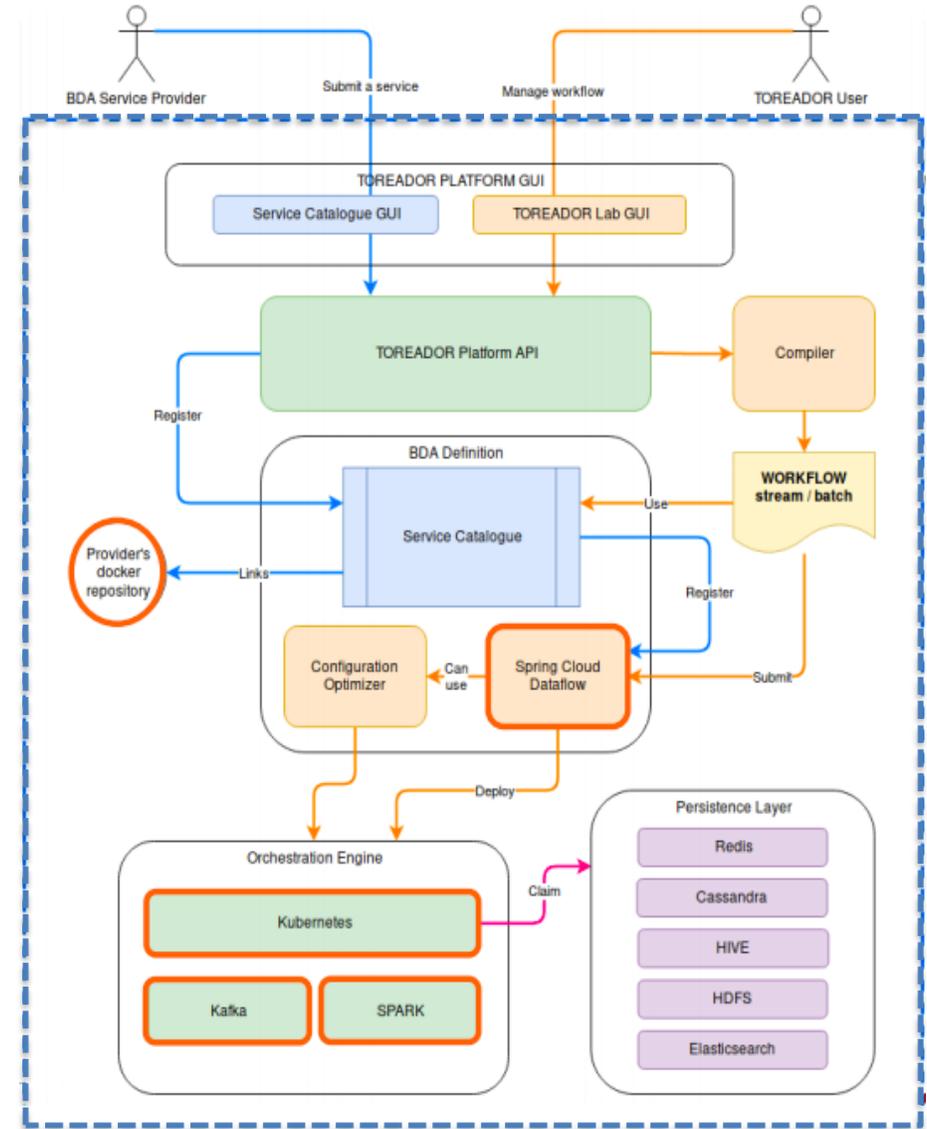
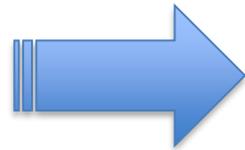


**Sono stati monitorati 3
torni attraverso 22
sensori collegati in rete**



Manufacturing Cell

**Sono stati sviluppati
diversi servizi per
estrarre, trasmettere
ed analizzare i dati in
streaming**



Toreador Infrastructure

Architettura HW/SW

Un **cluster** composto da 4 nodi (master-slave)

- 16 GB of ram
- 4 cores
- 250 GB local storage
- Network (2 Gbps Bonded Network)

Tecnologie

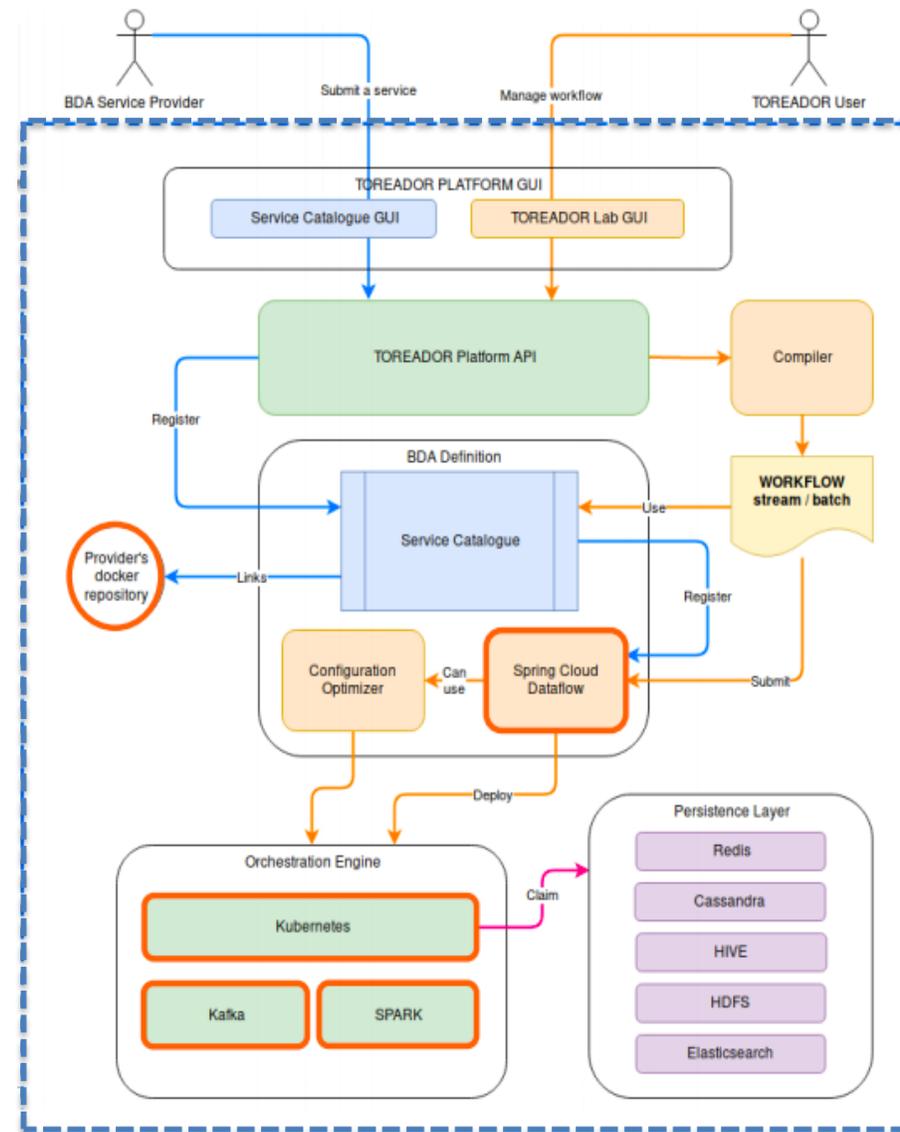
- Cloud platform (AWS)
- Servizi Web RESTful (Swagger)
- Spring boot apps (Spring Cloud Data Flow)
- Orchestration engine (Kubernetes, Kafka, Apache Spark)



Swagger
Supported by SMARTBEAR

kubernetes

APACHE
Spark



Toreador Infrastructure

Obiettivo

Utilizzare il modello TOREADOR per definire ed eseguire un processo analitico sullo streaming di dati generati da sensori e macchinari ed identificare gruppi di operazioni associate a potenziali guasti

Gli steps del processo analitico:

- Acquisizione dei dati dei macchinari in Real-time: Timestamp, path execution, spindle speed in RPM (rotation per minute), spindle torque in N·m (Newton·meter), power consumptions along the axes (X,Y,Z), motor torque and motor rpm along the three axes
- Utilizzo di dati storici per la costruzione del modello di training
- Applicazione dell'algoritmo Random Forest per classificare i valori che rappresentano comportamenti anomali
- Storicizzazione e visualizzazione dei risultati di analisi ottenuti

I blocchi del framework metodologico:

1. **Modello dichiarativo:** seleziona i requisiti del processo analitico
2. **Modello procedurale:** seleziona i servizi e compone il processo analitico
3. **Modello esecutivo:** esegue e monitora il processo analitico

Selezione dei Requisiti

Representation

- **Data source model type**
 - Semi-structured
 - Column Oriented model
 - text/csv format
 - Continuous data type
- **Data storage model type**
 - Structured
 - Column Oriented
 - text/csv data type
- **Data source property**
 - Data Stream management
- **Data storage property**
 - Data base management

Preparation

- **Knowledge base elicitation**
 - Data selection
 - Data normalization

Analytics

- **Analytics aim**
 - Anomaly detection task
 - Predictive model
 - Supervised learning approach
 - Time window execution model

Processing

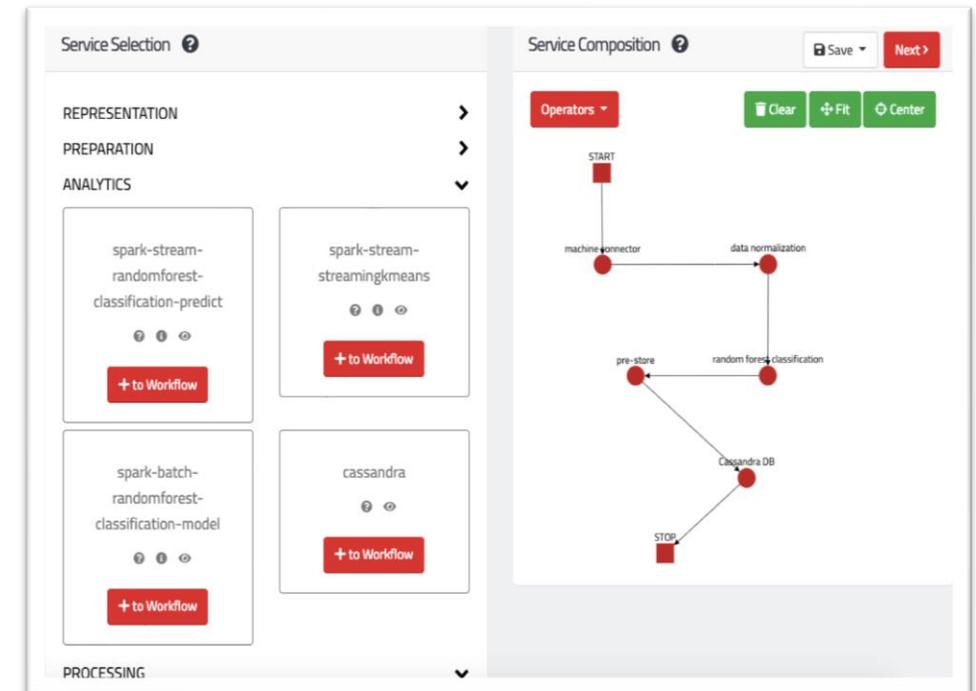
- **Mode**
 - Near Real-time analysis goal
 - Medium process performance

Display & Reporting

- **Data model**
 - D2 dimensionality
 - Data Cardinality low
- **Operativity**
 - Overview as type of interaction
 - Technician user
 - Cluster/categorize goal

1 - Modello Dichiarativo

Composizione del workflow di Servizi



Streaming dei dati estratti dalla cella produttiva

3 – Esecuzione e Monitoraggio

```
{ "value":131872885511541517, "timeInMillis":1542814951154, "milliSeconds":13187288551154, "utcCalendar":1542814951154, "localCalendar":1542814951154 }
{"sensor1":0.016, "sensor2":-4.4618, "timestamp":
{"value":131872885521592279, "timeInMillis":1542814952159, "milliSeconds":13187288552159, "utcCalendar":1542814952159, "localCalendar":1542814952159 }
{"sensor1":0.016, "sensor2":-4.4618, "timestamp":
{"value":131872885531562701, "timeInMillis":1542814953156, "milliSeconds":13187288553156, "utcCalendar":1542814953156, "localCalendar":1542814953156 }
{"sensor1":0.016, "sensor2":-4.4618, "timestamp":
{"value":131872885541803343, "timeInMillis":1542814954180, "milliSeconds":13187288554180, "utcCalendar":1542814954180, "localCalendar":1542814954180 }
{"sensor1":0.016, "sensor2":-4.4618, "timestamp":
{"value":131872885551693849, "timeInMillis":1542814955169, "milliSeconds":13187288555169, "utcCalendar":1542814955169, "localCalendar":1542814955169 }
{"sensor1":0.016, "sensor2":-4.4618, "timestamp":
{"value":131872885561654324, "timeInMillis":1542814956165, "milliSeconds":13187288556165, "utcCalendar":1542814956165, "localCalendar":1542814956165 }
{"sensor1":0.016, "sensor2":-4.4618, "timestamp":
{"value":131872885571965014, "timeInMillis":1542814957196, "milliSeconds":13187288557196, "utcCalendar":1542814957196, "localCalendar":1542814957196 }
{"sensor1":0.016, "sensor2":-4.4618, "timestamp":
{"value":131872885581625541, "timeInMillis":1542814958162, "milliSeconds":13187288558162, "utcCalendar":1542814958162, "localCalendar":1542814958162 }
{"sensor1":0.016, "sensor2":-4.4618, "timestamp":
{"value":131872885591626123, "timeInMillis":1542814959162, "milliSeconds":13187288559162, "utcCalendar":1542814959162, "localCalendar":1542814959162 }
{"sensor1":0.016, "sensor2":-4.4618, "timestamp":
```

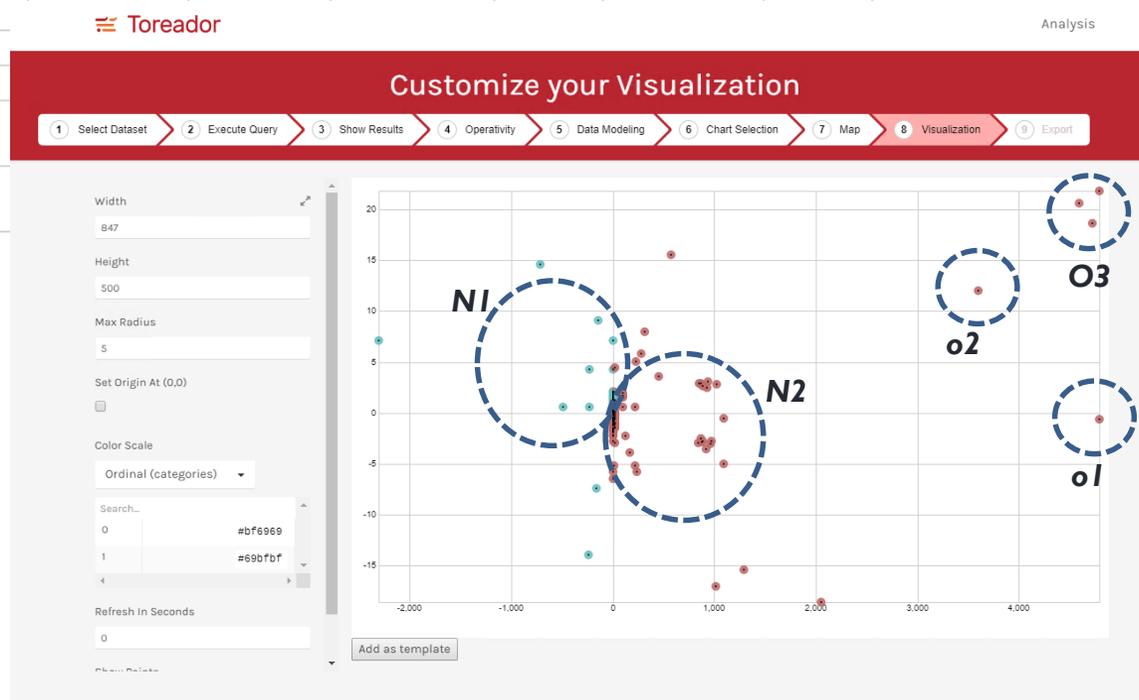
Archiviazione dei risultati dell'algoritmo Random Forest

category	c4_motor_rpm	c4_spindle_speed	path1_toolid	x1_motor_power	x1_motor_rpm	x1_motor_torque	x1_pos_act	y1_motor_power
2	0	0	352	-0.083	-0.4873	-5.2156	86.05183	0
3	116.2201	116.837	352	-0.083	-0.6196	-5.5431	87.16607	0
2	-0.025	0	23	-8.898	0.0277	-4.6293	113.56017	0.061
2	111.6747	112.1306	352	-0.083	-0.6196	-5.8881	90.36328	0
2	0	0	352	-0.083	0.0072	-4.9402	1010.04618	0
2	114.4552	114.677	352	14.504	-0.734	-5.6134	88.86998	0.061
3	0	0	23	0.002	0.042	-5.0876	439.9	0
3	0	0	23	-0.019	0.051	-4.8168	300	0
2	115.9215	115.335	352	14.504	-0.6992	-5.4047	88.26931	0.061
2	111.4663	112.6456	352	-0.083	-0.819	-5.6899	90.36328	0
3	114.2853	114.0261	352	-0.083	-0.7671	-5.5431	89.30885	0
2	113.5522	114.0976	352	14.504	-0.734	-5.821	89.66418	0.061
3	0	0	23	-0.083	0.0089	-4.1495	419.1535	0
2	116.4705	117.0373	352	14.504	0.0465	-5.0446	86.94418	0.061
2	115.7838	116.6153	352	-0.083	-0.4873	-5.5446	87.33302	0
2	118.424	117.7883	352	14.504	-0.1082	-4.054	85.83571	0.061
3	114.2853	114.0261	352	-0.083	-0.7671	-5.5431	89.30885	0
2	115.1374	115.2062	352	-0.083	-0.7269	-5.4541	88.09065	0
2	116.6412	117.681	352	-0.083	-0.5785	-5.2342	86.19953	0
2	-0.025	0	23	-8.898	0.0277	-4.881	113.56017	0.061
2	117.816	117.0802	352	14.504	-0.0554	-5.0446	86.94418	0.061
2	-0.025	0	23	-8.898	-0.0599	-3.8554	100.13162	0
2	118.0226	118.0744	352	14.504	0.7036	-3.4026	86.27837	0.061
2	113.7811	113.368	352	14.504	-0.6992	-5.4571	89.90444	0.061

Use Case Anomaly detection - Risultati

Sono stati monitorati 22 sensori per macchina e 5203 operazioni macchina al giorno per un totale di 1GB di dati analizzati al giorno

category	c4_motor_rpm	c4_spindle_speed	c4_motor_load	x1_motor_power	x1_motor_rpm	x1_motor_torque	x1_pos_act	y1_motor_power
0	0	0	0	-0.013	-0.0295	-4.6032	177.01882	0
1	1123.4602	1130.4545	0	-0.004	0.8789	-3.1324	-43.04564	-0.001
1	0	0	0	-0.013	0.0107	-4.5986	177.01882	0
1	0.0036	0	0	4.782	0.025	-4.7462	908.48603	0.061
1	0	0	0	-0.013	-0.0295	-4.7078	177.01882	0
1	0	0	0	-0.013	-0.0349	-4.6032	177.01882	0
1	0	0	0						
1	0	0	0						
.....						
0	0	0	0						
0	-0.0063	0	0						



Sono state osservate due Normal Region NI, N2
I punti o1, o2, o3 sono potenziali anomalie generate per diverse ragioni: guasti o usura degli utensili, difetti dei componenti della macchina, attività pericolose.

Sperimentando il modello TOREADOR e le sue soluzioni analitiche all'interno del pilota «Aerospace Products Manufacturing», è stato possibile affrontare diverse sfide di business

- L'approccio MBDAaaS si è rivelato un ottimo supporto per fornire modelli analitici auto configuranti
- Consapevolezza dell'importanza di analizzare il volume dei dati associati alla macchina CNC e ai suoi sensori al fine di monitorare l'intero processo produttivo
 - ✓ È stato configurato un connettore per estrarre e trasmettere dati tra i macchinari e i sistemi analitici
 - ✓ Il numero dei sensori monitorati è passato da 6 a 22 fornendo una migliore conoscenza del processo produttivo indagato
- Maggiore conoscenza e competenza sul cloud computing grazie all'esperienza per configurare l'istanza della piattaforma Treador in AWS

- Piattaforma per **Big Data Industrial Analytics** capace di proporre un modello innovativo che sfrutti il coordinamento tra analytics su nodi edge e quello su cloud sperimentando
 - ✓ Un modello per la manutenzione predittiva di macchine utensili
 - ✓ Un Digital Twin di processo per individuare anomalie nei prelievi di materiali indiretti
 - ✓ Un modello di manutenzione prescrittiva per intercettare guasti e indirizzare efficacemente le risorse eliminando attività di manutenzione non necessarie
 - ✓ Un modello *quality control* per valutare la qualità del processo di lavorazione evitando gli scarti di produzione
- Framework per **Dark Data** con funzioni di Intelligence e processi automatizzati in grado di identificare, raccogliere e modellare potenziali dati presenti nel sistema ma sconosciuti alle operazioni di Business Intelligence

Grazie per l'attenzione!

annamaria.crespino@unisalento.it

www.core-lab.it

