

La taratura predittiva e l'intelligenza artificiale

Strumenti per monitorare
l'affidabilità del dato misurato



Cultural
Heritage



Underwater



Service Robotics
for Wellbeing



Smart City
Search & Rescue



Precision
Agriculture



Space

Come si svilupperà questa presentazione



Politecnico
di Torino



PIC4SeR

Chi sono e cosa faccio

Umberto Albertin – Dottorando del Politecnico di Torino

INTELLIGENZA
ARTIFICIALE

MANUTENZIONE
PREDITTIVA

RICONOSCIMENTO
DELLE NOVITA'





PIC4SeR

PIC4SeR

CENTRO
INTERDIPARTIMENTALE

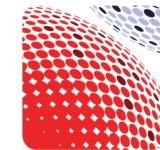
ROBOTICA DI SERVIZIO



PRECISION
AGRICULTURE



SERVICE ROBOTICS
FOR WELLBEING



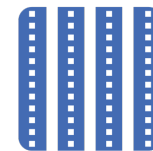
SPACE



UNDERWATER



CULTURAL
HERITAGE



SMART CITY
SEARCH & RESCUE



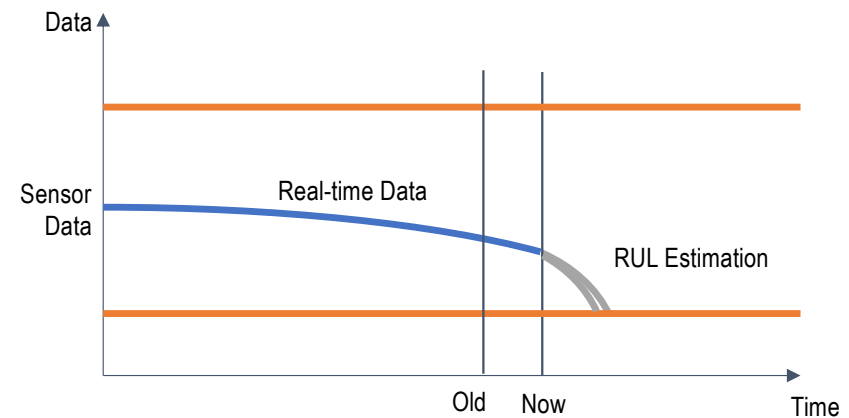
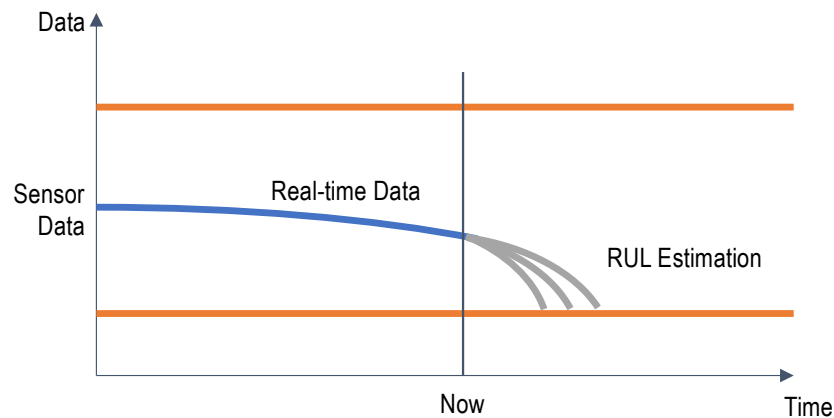
Politecnico
di Torino



PIC4SeR

La manutenzione predittiva delle macchine e degli strumenti

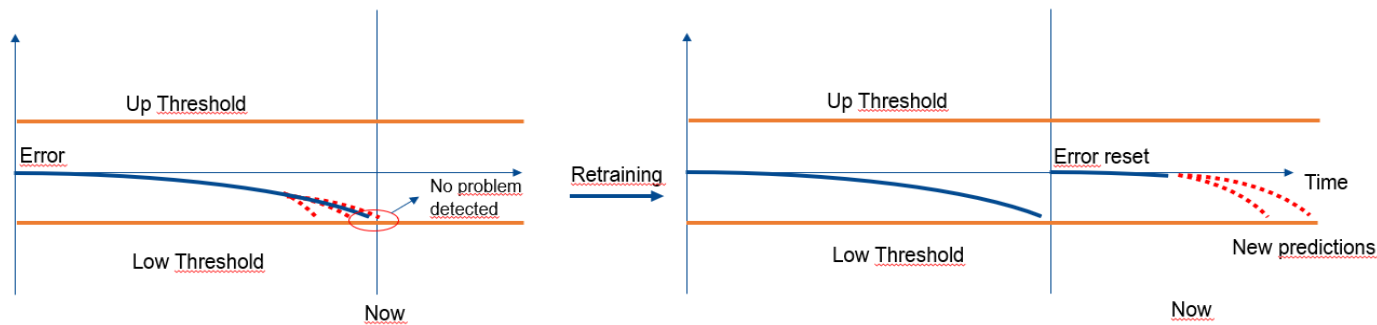
L'obiettivo della manutenzione predittiva è di prevedere la rottura di un componente stimando la vita utile rimanente (RUL) sulla base dei dati raccolti



Il problema in tutto ciò?

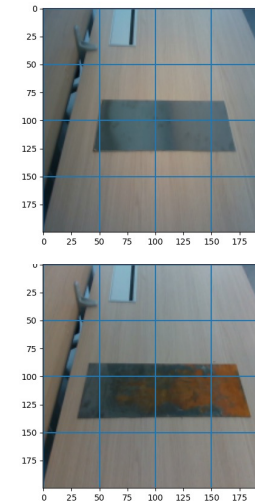
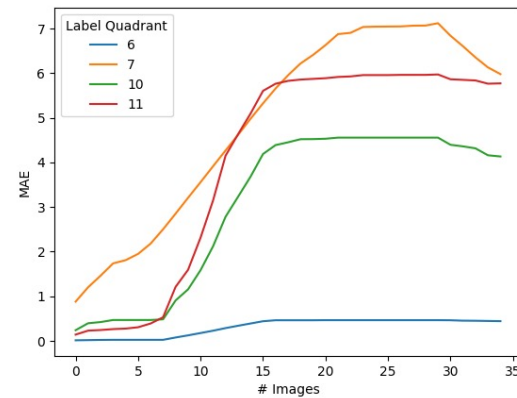
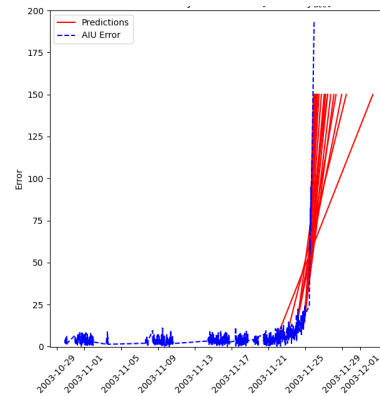
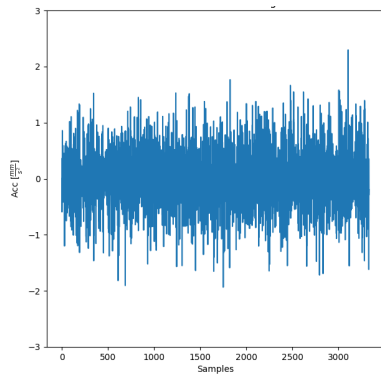
Non sempre si hanno a disposizione dati storici: esempi possono essere una macchina nuova appena realizzata oppure una nuova tipologia di danno mai vista

RICONOSCIMENTO DELLE NOVITA'



A cosa si può applicare la Novelty Detection

I campi di applicazione della Novelty Detection sono numerosi, dalla misurazione e monitoraggio del dato in real-time all'analisi di novità rispetto a immagini che cambiano nel tempo



Se il componente fosse uno strumento di misura?

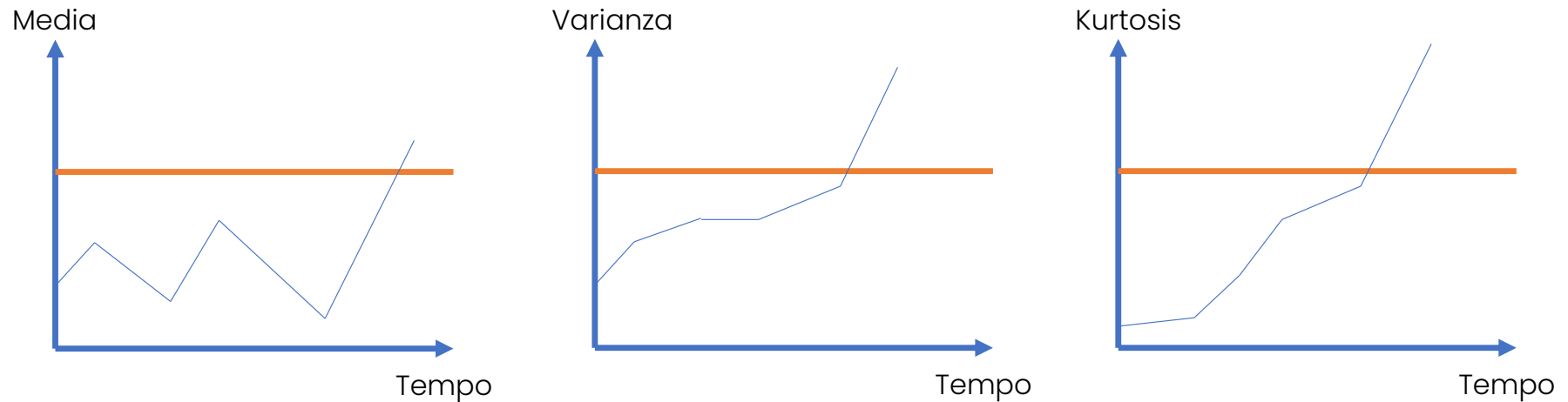
Riconoscere il decadimento sull'affidabilità del dato quando uno strumento inizia a stararsi sarebbe estremamente utile per non commettere errori sistematici durante le misurazioni

TARATURA
PREDITTIVA

RITARATURA
AUTOMATICA

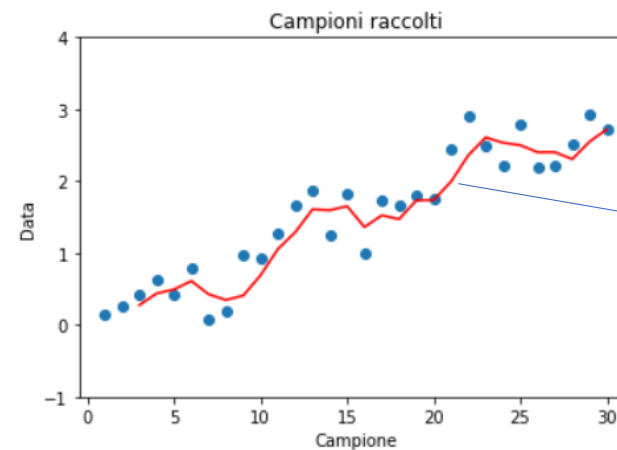
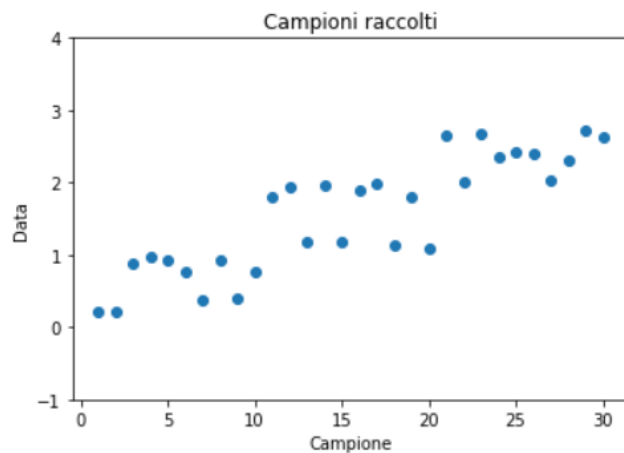
Metodi ed algoritmi - Statistica

Tra i metodi più semplici ed immediati rientrano le elaborazioni statistiche che rivestono uno dei più esplorati e comuni metodi per monitorare l'affidabilità del dato



Alcuni metodi statistici - Media mobile

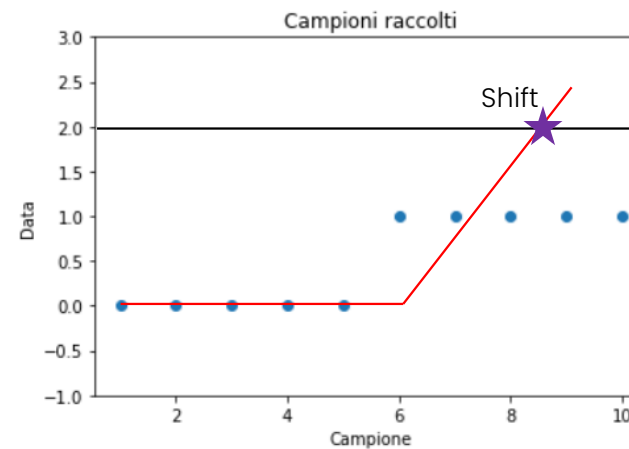
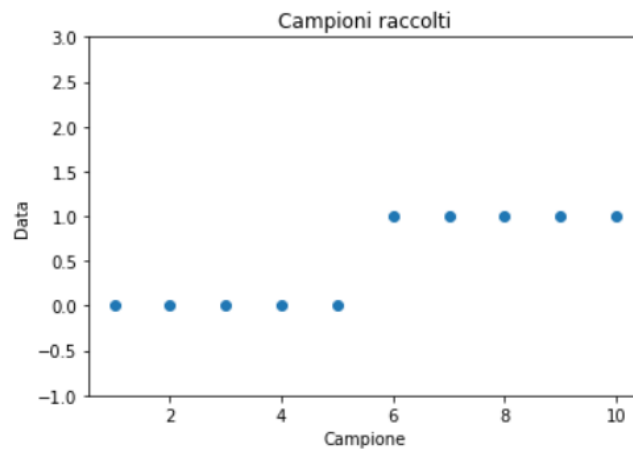
La **media mobile** è una caratteristica che molto spesso viene usata per monitorare il cambiamento sulla misurazione di un dato. In funzione della reattività che si vuole si possono prendere più o meno campioni per valutare come lo strumento sta deviando rispetto al suo stato normale



Derivata crescente nel tempo

Alcuni metodi statistici - Somma accumulata

Un altro metodo che spesso viene usato in metrologia consiste nel monitoraggio della **somma accumulata** nelle misurazioni effettuate normalizzate sulla base della popolazione. È in grado di monitorare shift nei dati.





Metodi statistici – Pro/Contro

Pro

- Framework molto semplice
- Facilmente implementabile su dispositivi poco potenti come microcontrollori
- Basso costo
- Con poche ore di sviluppo si può avere un novelty detector di prima approssimazione

Contro

- Impreciso
- Si trascurano molte caratteristiche, soprattutto se i dati sono distribuiti nel tempo
- Semplifica molto il segnale raccolto. Un singolo valore è proprio rappresentativo sull'andamento?





Metodi ed algoritmi – Intelligenza artificiale

L'intelligenza artificiale è ormai una tecnologia che si è consolidata nelle applicazioni più diverse che siano di ricerca o aziendali. Il **principale vantaggio** dell'intelligenza artificiale è che, se gestita bene, permette di riprodurre fedelmente ciò che l'essere umano farebbe in determinate condizioni.

ANOMALY
DETECTION

NOVELTY
DETECTION

STIMA DELLA VITA
RIMANENTE

RICONOSCIMENTO
DATI NON AFFIDABILI



Politecnico
di Torino

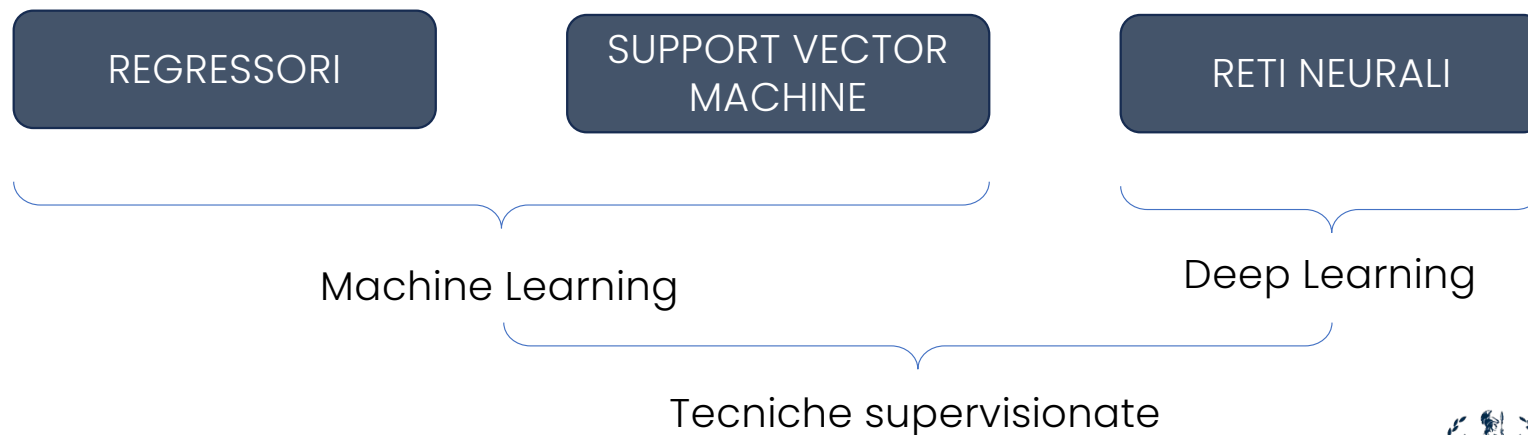


PIC4SeR

Metodi ed algoritmi – Intelligenza artificiale

Anomaly Detection

Nel caso dell'Anomaly Detection, vengono utilizzati algoritmi di classificazione per individuare qual è il difetto specifico riscontrato sulla base dei dati raccolti. Richiede l'esistenza di dati dell'anomalia specifica così da farla riconoscere al framework.



Metodi ed algoritmi – Intelligenza artificiale

Novelty Detection

Nel caso di dati mancanti, così come variazioni non conosciute del dato, vengono identificate come **novità** rispetto allo stato normale. Questo campo è attualmente molto studiato dalla comunità scientifica nell'ottica di aumentare la robustezza del framework **riducendo i falsi positivi**.

MAHALANOBIS
DISTANCE

ISOLATION FOREST

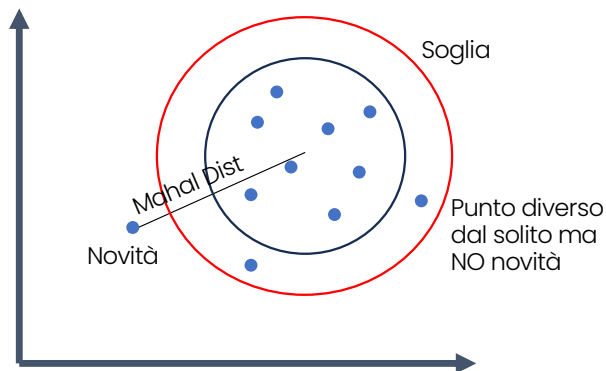
RETI NEURALI

Tecniche non supervisionate



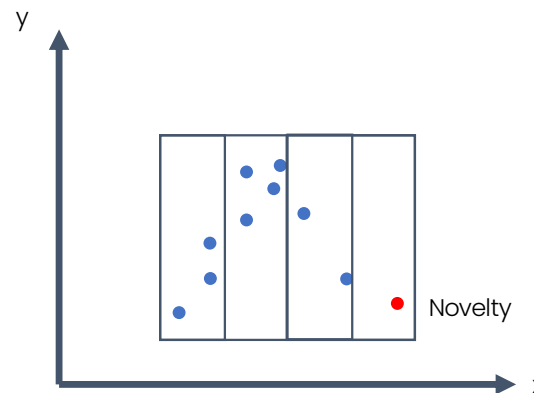
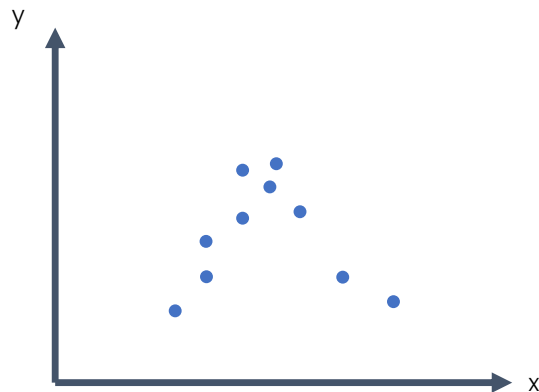
Alcuni metodi basati sull'IA – Mahalanobis Distance

Basa il suo funzionamento sulla **distanza** tra un centro di massa denso delle misurazioni effettuate rispetto al dato raccolto. Se tale dato si posiziona vicino al centro di massa, questo è considerato normale. Viceversa, se si posiziona lontano, è considerato anomalo.



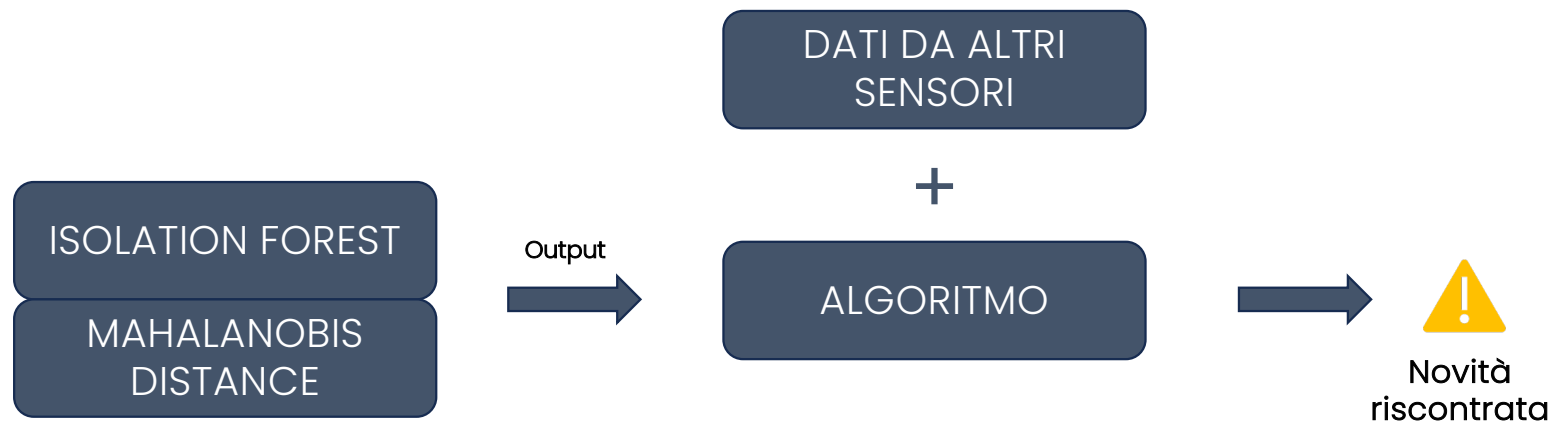
Alcuni metodi basati sull'IA – Isolation Forest

Basa il suo funzionamento sulla **divisione** dei dati in tanti sottogruppi definiti da features. Questi sottogruppi vengono identificati come **rami** di un nucleo principale. La maggior diversità del dato porta ad **un'impossibilità di scomporlo in rami più piccoli**, rappresentando quindi una novità.



Alcuni metodi basati sull'IA – Data fusion

Per aumentare la robustezza nell'identificazione della novità è possibile utilizzare sia gli output che arrivano dai metodi descritti in precedenza, sia da dati comuni pesati sulla loro importanza.



Alcuni metodi basati sull'IA – Variational Autoencoder

Un metodo che durante questi ultimi anni viene particolarmente studiato dalla comunità scientifica è l'**Autoencoder**. Questo algoritmo tenta di **ricostruire il dato normale** usato durante l'allenamento. Se i dati raccolti sono sensibilmente diversi, **la ricostruzione non sarà efficace**, l'errore sarà alto per cui verrà identificata la **novità**.

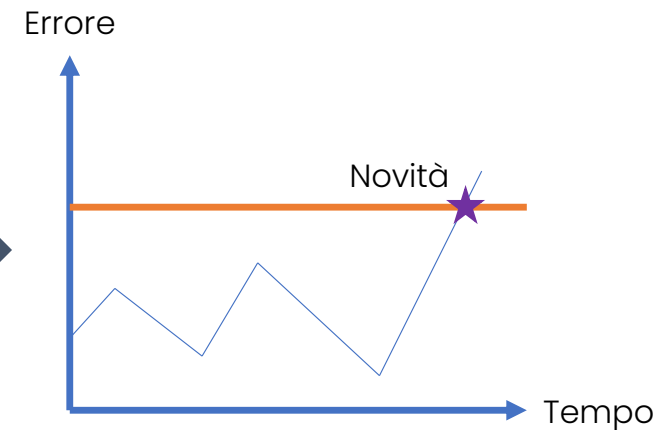
AUTOENCODER



Encoder



Decoder





Alcuni metodi basati sull'IA – Pro/Contro

Pro

- Più preciso
- Più robusto
- Adatto per applicazioni e macchinari che eseguono movimenti ripetibili nel tempo
- Adatto per monitorare starature metrologiche

Contro

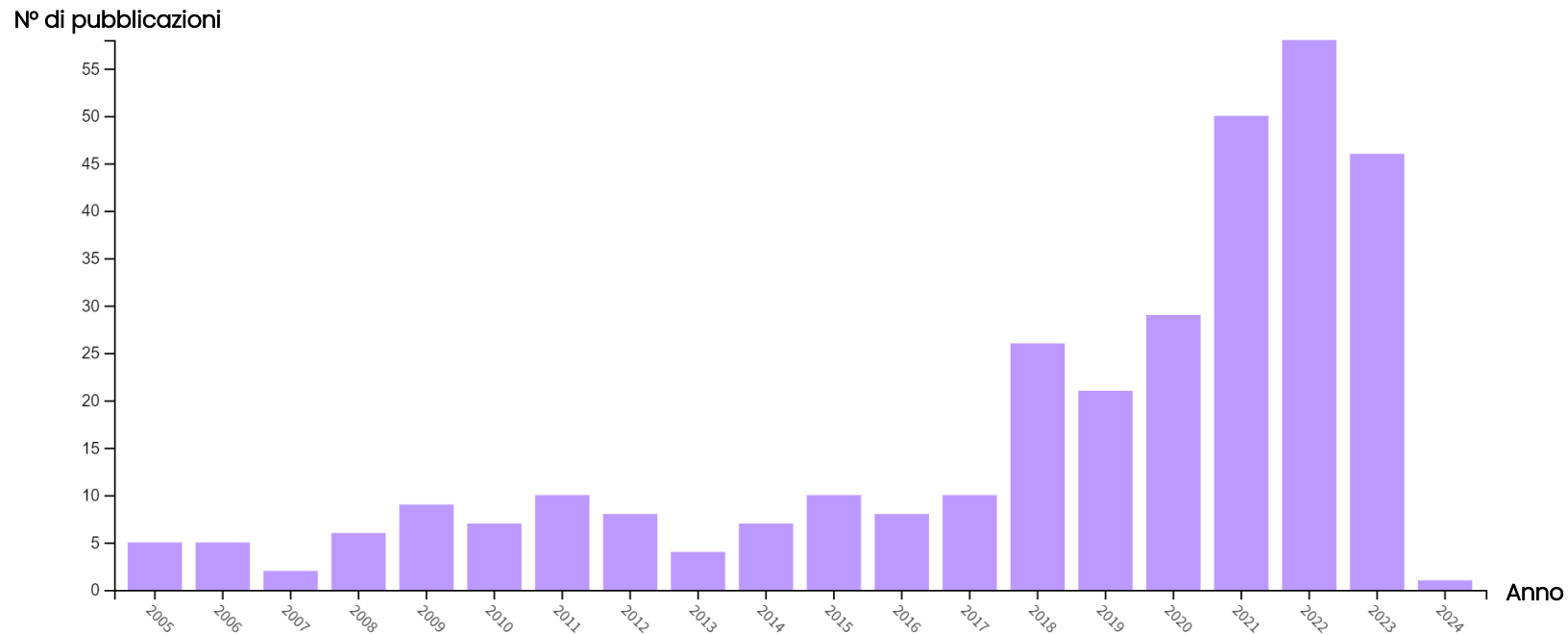
- Più complesso
- Richiede un lavoro maggiore durante la configurazione iniziale del framework
- Più costoso





Una statistica sul come la metrologia sia influenzata dall'IA

L'andamento di come l'IA abbia influenzato la metrologia e di come la comunità scientifica si sia mossa negli anni.



Qualche riferimento bibliografico

- Sarmadi, Hassan, and Abbas Karamodin. "A novel anomaly detection method based on adaptive Mahalanobis-squared distance and one-class kNN rule for structural health monitoring under environmental effects." *Mechanical systems and signal processing* 140 (2020): 106495
- F. T. Liu, K. M. Ting and Z. -H. Zhou, "Isolation Forest," 2008 Eighth IEEE International Conference on Data Mining, Pisa, Italy, 2008, pp. 413-422
- Albertin, U.; Pedone, G.; Brossa, M.; Squillero, G.; Chiaberge, M. "A Real-Time Novelty Recognition Framework Based on Machine Learning for Fault Detection." *Algorithms* 2023, 16, 61
- Del Buono, F.; Calabrese, F.; Baraldi, A.; Paganelli, M.; Guerra, F. "Novelty Detection with Autoencoders for System Health Monitoring in Industrial Environments." *Appl. Sci.* 2022, 12, 4931

Grazie per l'attenzione

PIC4SeR - <https://pic4ser.polito.it/>

umberto.albertin@polito.it



Politecnico
di Torino

