inspire

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

Manutenzione predittiva e riconoscimento di stati operativi per impianti elevatori tramite Intelligenza Artificiale

29 ottobre 2026

Carlo Aironi

c.aironi@staff.univpm.it

AI@DII Nuove Frontiere nell'Ingegneria dell'Informazione

Università e impresa



UNIVPM · DII

Ricerca su intelligenza artificiale, elaborazione dei segnali e sistemi intelligenti.



Esse-ti

Recanati (MC); oltre 40 anni di esperienza nei sistemi di comunicazione di emergenza per sistemi elevatori.



Gruppo InnovaLift

Gruppo multinazionale svedese che riunisce più di dieci aziende specializzate nel settore dell'elevazione.

Il percorso di oggi

01

Perché la manutenzione predittiva

Dal guasto subito al guasto anticipato

02

L'intelligenza artificiale al servizio dell'impianto

Imparare dai dati, riconoscere l'anomalia

03

Capire che cosa sta facendo l'ascensore

Stati operativi e traffico di occupanti

04

Il progetto sul campo

Sensori, dati reali, architettura e prospettive

01 · Perché la manutenzione predittiva

Dal guasto subito al guasto anticipato

inspire

Un servizio che si nota solo quando si ferma

≈ 1 milione

ascensori installati in Italia

Cresme per ANIE AssoAscensori, 2024

2 visite / anno

manutenzione ordinaria minima prevista

DPR 162/1999

1 ogni 2 anni

verifica periodica da parte di un organismo abilitato

DPR 162/1999



Tra una visita e l'altra, l'impianto è di fatto «silenzioso»: nessuno sa come sta.

Tre modi di fare manutenzione



Reattiva

Si interviene dopo il guasto

- Fermo imprevisto dell'impianto
- Interventi urgenti e costosi
- Rischi per la sicurezza



Preventiva

Si interviene a calendario

- Sostituzioni spesso premature
- Guasti comunque possibili tra due visite
- Costi non legati all'uso reale



Predittiva (iPdM)

Si interviene quando serve

- Monitoraggio continuo dello stato
- Vita utile dei componenti massimizzata
- Fermi e disagi ridotti al minimo

Ascoltare la macchina



Vibrazioni

accelerazioni e oscillazioni delle parti in movimento



Suoni

rumori prodotti da porte, guide, freni e motori



Parametri elettrici

assorbimento di corrente e tensione degli azionamenti



Temperatura

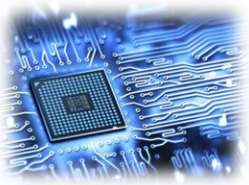
surriscaldamento di motore, azionamenti e parti soggette ad attrito





Velocità, posizione e spostamento

precisione di arresto al piano, regolarità del ciclo di apertura/chiusura porte



Comportamento funzionale

firmware, protocolli e software dei dispositivi

Un'innovazione per gli ascensori

30–50%
riduzione dei tempi di fermo
McKinsey, programmi maturi

8–12%
risparmio sui costi rispetto alla preventiva
U.S. Department of Energy

30–40%
risparmio sui costi rispetto alla reattiva
U.S. Department of Energy

Il nostro approccio

- **Retrofit**
  si installa su impianti esistenti, senza riprogettarli
- **Indipendente dal costruttore**
  funziona su marchi e tecnologie diverse
- **Non invasivo**
  nessun intervento su parti meccaniche o elettriche
- **Infrastruttura già presente**
  sfrutta la connettività dei sistemi di emergenza

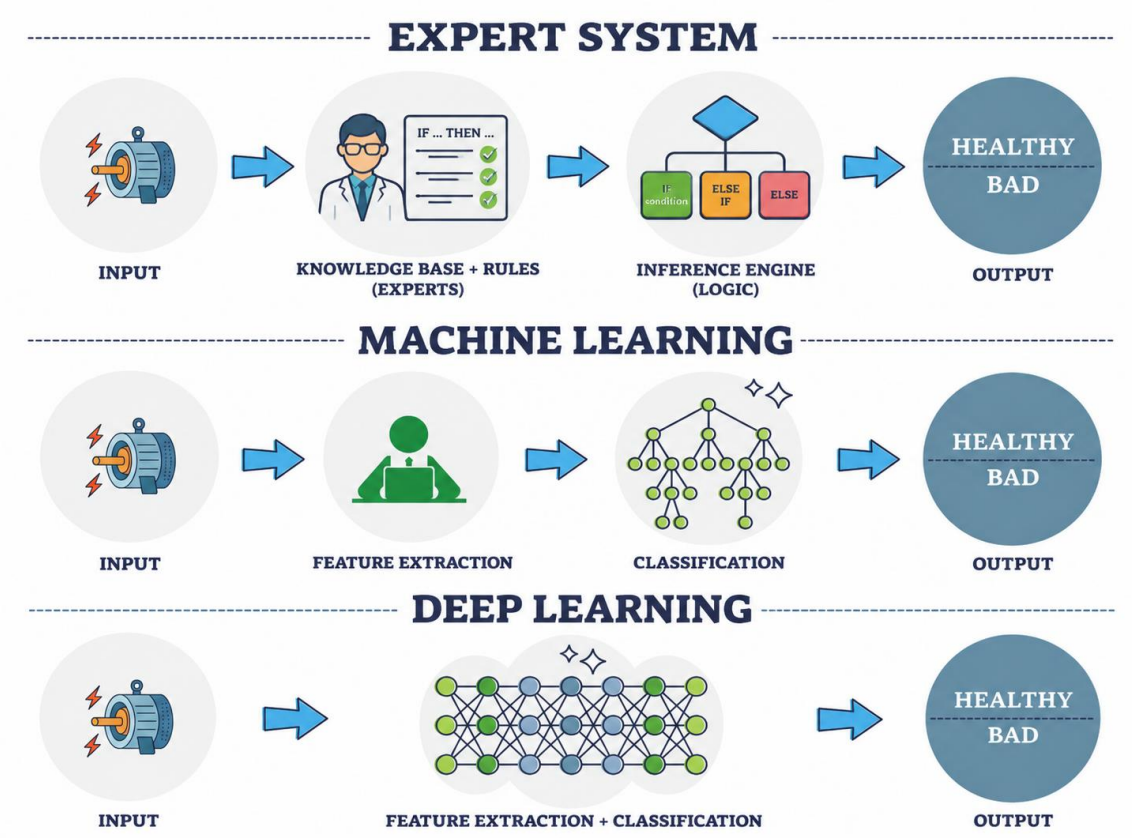
02 · L'IA al servizio dell'impianto

Imparare dai dati, riconoscere l'anomalia

inspire

Un'IA che interpreta il mondo fisico

- **Sistemi esperti**
  Regole scritte a mano da un esperto,
- **Machine learning**
  L'algoritmo impara le regole dagli esempi,
  Dati (features) scelti dall'esperto,
- **Deep learning**
  Reti neurali che apprendono direttamente dai segnali grezzi



Il paradosso del guasto raro

Classificazione tradizionale

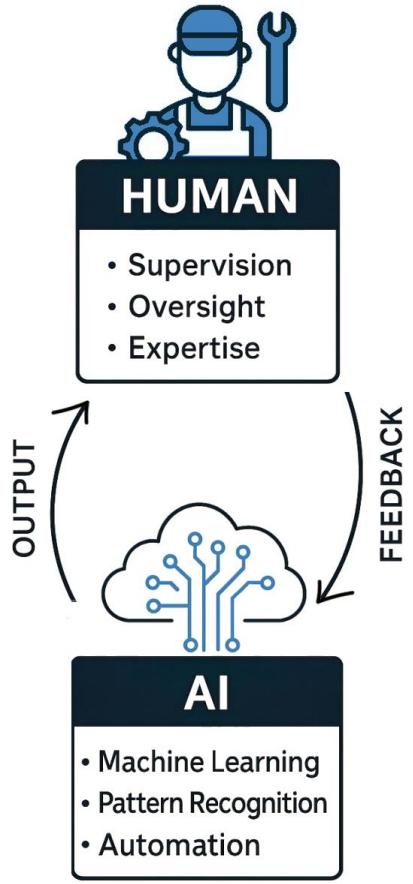
Impara dagli esempi di guasto

- ✕ Richiede molti esempi etichettati di ogni guasto
- ✕ I guasti reali sono rari e difficili da raccogliere
- ✕ Riconosce solo i guasti già visti

Anomaly detection

Impara il comportamento "normale"

- ✓ Non richiede esempi di guasto
- ✓ Segnala ogni deviazione dalla normalità
- ✓ Il tecnico scarta o conferma e qualifica l'anomalia



«apprendimento incrementale guidato dal feedback dell'esperto»

03 · Capire che cosa sta facendo l'ascensore

Stati operativi e traffico di occupanti

inspire

Activity Detection



Lo smartwatch riconosce

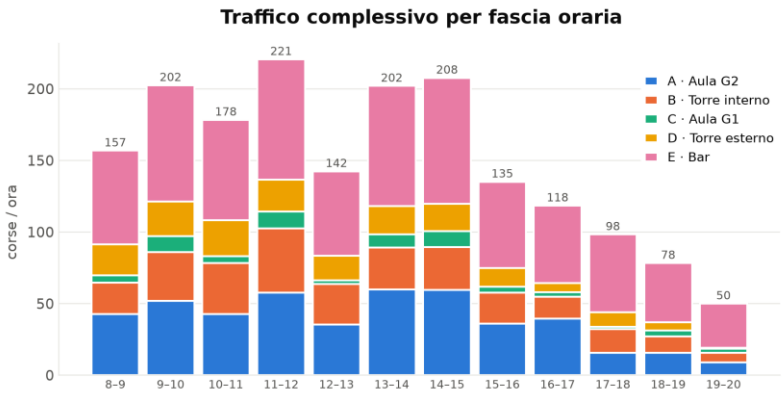
Camminata | Corsa | Scale | Caduta

Lo stesso principio, applicato all'ascensore

L'ascensore attraversa stati operativi

Fermo al piano | **Porte in apertura / chiusura** | **Partenza**

Corsa in salita / discesa | **Arresto**



Ogni stato lascia una traccia caratteristica nei segnali dei sensori

Chi c'è in cabina? Stima del traffico di occupanti

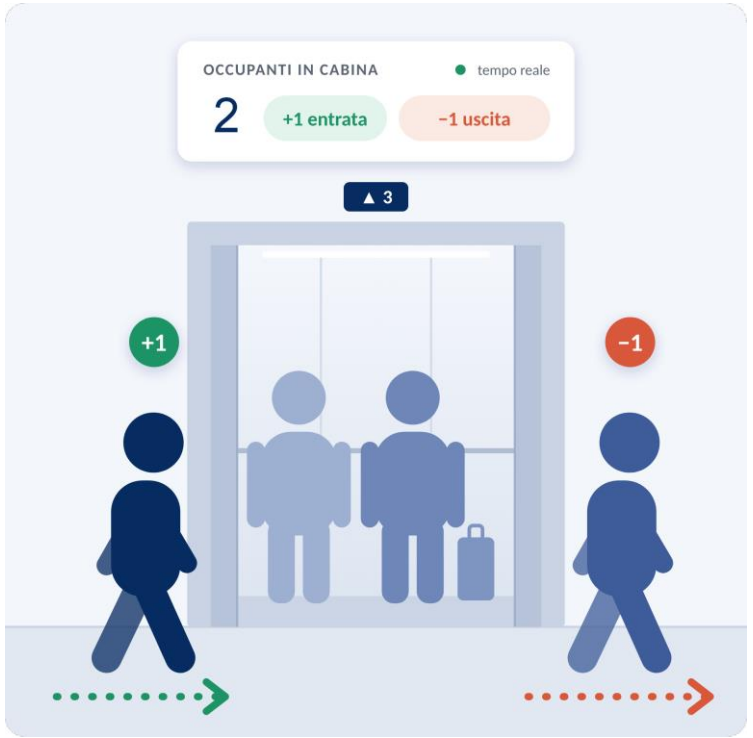
Entrate
persone che salgono a ogni fermata

Uscite
persone che scendono al piano di arrivo

Presenza
numero di occupanti in cabina in ogni istante

Carichi
carrelli, valigie, sedie a rotelle, materiali

Stima in tempo reale, solo da segnali inerziali



Il valore dell'informazione sugli occupanti

1

Emergenza e soccorso
sapere quante persone sono bloccate e a quale piano, per dare priorità agli interventi

2

Manutenzione sull'uso reale
i cicli di carico effettivi determinano l'usura di funi, freni e motore

3

Gestione dei flussi
ore di punta, affollamento, ottimizzazione di gruppi di ascensori ed energia

4

Uso improprio
rilevare sovraccarichi ripetuti e trasporto di materiali non consentito

5

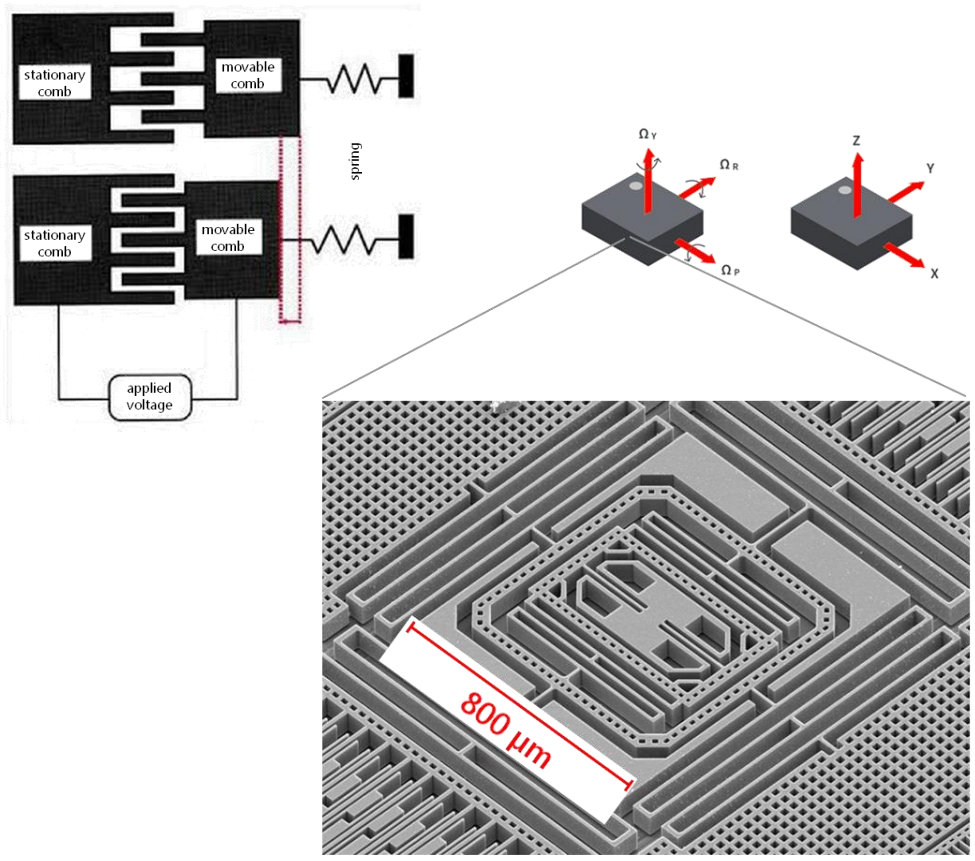
Privacy by design
nessuna telecamera: si conta senza vedere e senza identificare

04 · Il progetto sul campo

Sensori, dati reali, architettura e prospettive

inspire

Il sensore: un'unità inerziale a sei assi



MEMS – Micro Electro-Mechanical System

IMU – Inertial Measurement Unit

6

assi di misura:
3 accelerometrici e 3 giroscopici

1.666

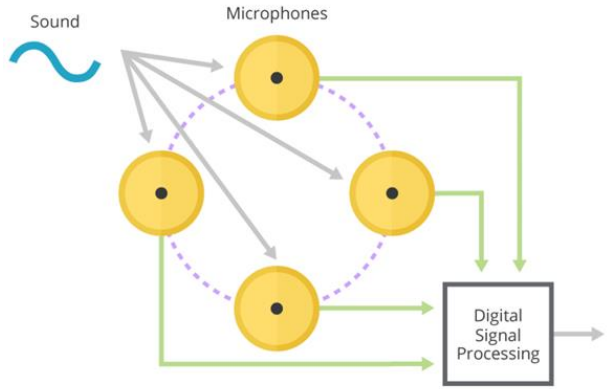
campioni al secondo per ciascun asse

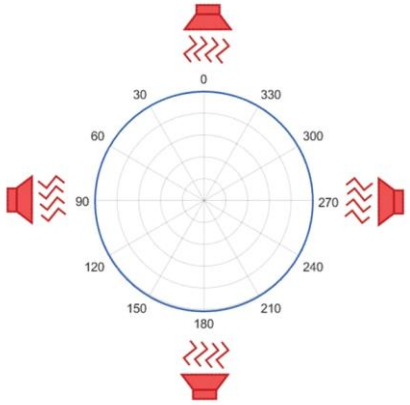
	Accelerometro	**Giroscopio**
Range di misura	±4 g	±500 °/s
Sensibilità	0,122 mg/LSB	17,50 mdps/LSB
Errore di offset a riposo	±10 mg	±1 °/s
Densità di rumore	60 µg/√Hz	5 mdps/√Hz

Microfoni: da dove arriva il suono

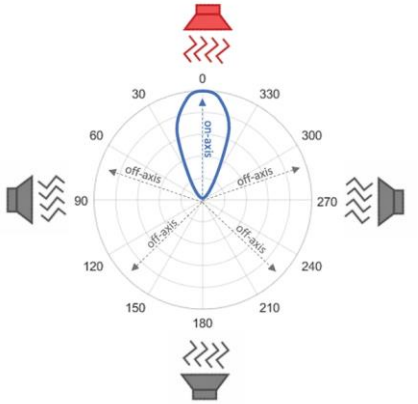
- **Più microfoni sincronizzati**
  disposti in posizioni note sul box di acquisizione
- **Direzione di arrivo (DOA)**
  stima da dove proviene ciascun suono
- **Filtraggio spaziale (*beamforming*)**
  porte sinistra/destra, organi di movimentazione, freni
- **Diagnosi contestualizzata**
  stesso rumore, significato diverso a seconda della provenienza







Omnidirectional pattern



Beamforming

Una soluzione progettata per il retrofit



- Box compatto installato sul tetto della cabina
- Intervento breve, senza fermi prolungati
- Nessuna modifica al quadro di manovra o alla meccanica
- Indipendente da marca, età e tecnologia dell'impianto
- Espandibile: vibrazioni dedicate, corrente e tensione del motore

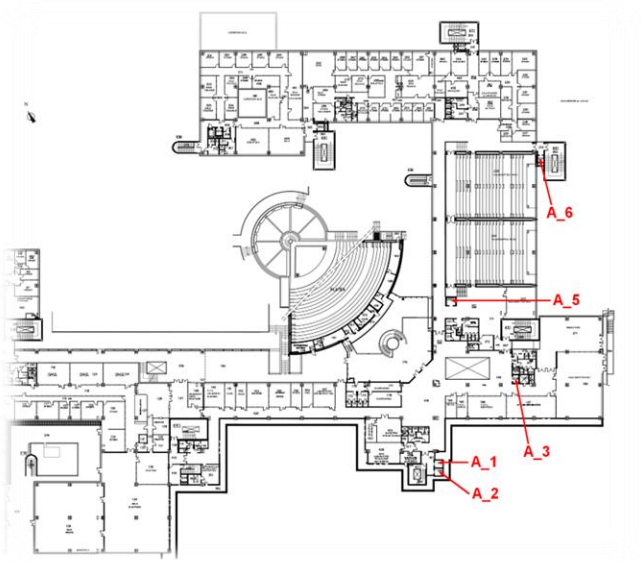
La campagna sperimentale al Polo Montedago

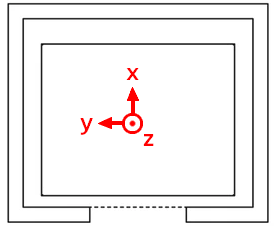
5
impianti monitorati

22
giorni di acquisizione

260+
ore di registrazione

8-20
fascia oraria monitorata







Dal segnale grezzo al dato etichettato

1

Acquisizione
segnali grezzi a 1.666 campioni/s

2

Condizionamento
filtraggio e riduzione a circa 100 campioni/s

3

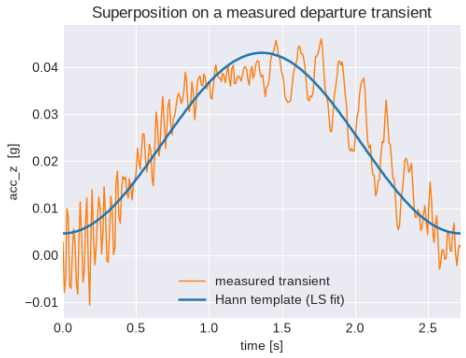
Riconoscimento
ricerca della forma tipica di partenza e arresto

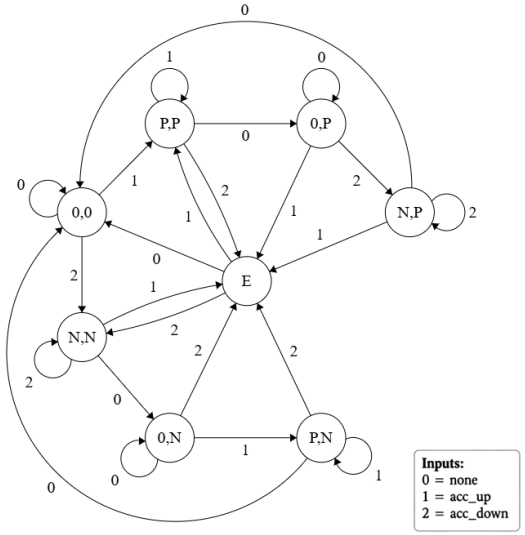
4

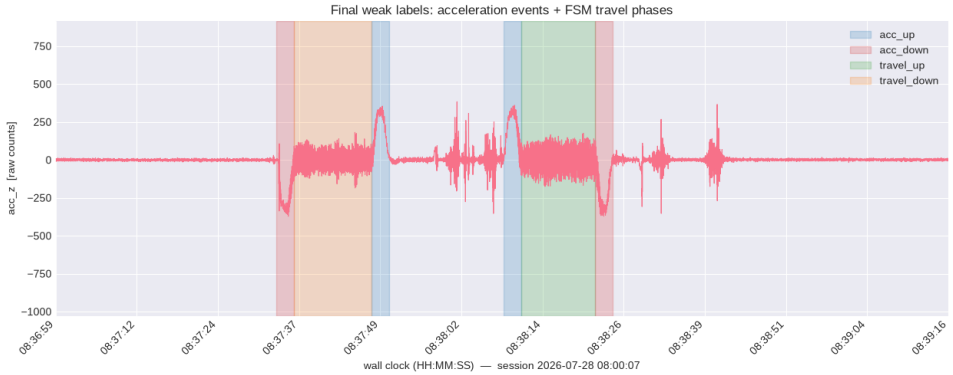
Logica di stato (FSM)
ricostruzione del ciclo completo di ogni corsa

5

Dataset etichettato
migliaia di corse pronte per l'addestramento







Un'app per la "verità" sul campo

Per ogni corsa vengono registrati

- Impianto
- Piano di partenza e di arrivo
- Istante di partenza e di arrivo
- Occupanti alla partenza
- Persone salite e scese



I metodi di intelligenza artificiale

Activity detection

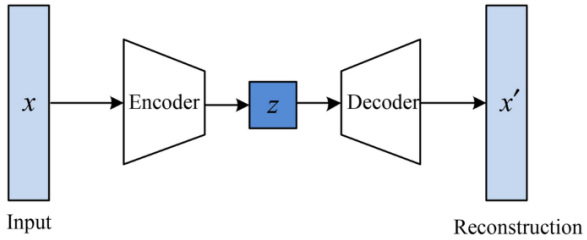
Deep learning per la segmentazione fine del segnale

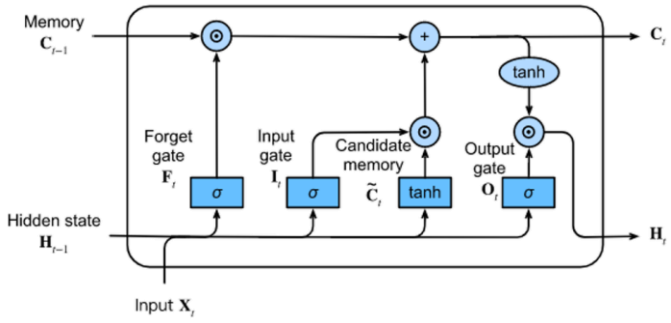
- **Autoencoder convoluzionali**
  Comprime e ricostruisce il segnale grezzo per estrarre una rappresentazione latente
- **Reti ricorrenti (RNN/LSTM)**
  assegna uno stato a ogni istante: porte, partenza, corsa a regime, frenata, arresto

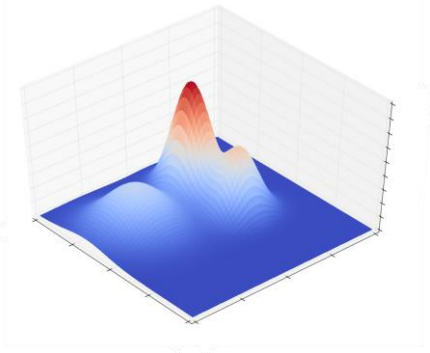
Anomaly detection

Clustering non supervisionato delle singole corse

- **HMM-GMM**
  modella la distribuzione delle features vibrazionali calcolate su finestre temporali
- **KMeans, HDBSCAN**
  raggruppa per densità le attività simili e isola quelle che non appartengono ad alcun gruppo







Ogni ascensore è diverso

Domain Adaptation

Fase 1 · Conoscenza generale
Addestramento su molti impianti diversi

- Dati dalla campagna sperimentale e dalle torri di collaudo dei costruttori
- Impara ciò che accomuna tutti gli impianti

Fase 2 · Conoscenza locale
Adattamento al singolo impianto

- Calibrazione rapida: pochi minuti e poche corse
- Apprendimento progressivo del comportamento abituale

Obiettivo: installare, calibrare in pochi minuti e lasciare che il sistema impari da solo.

Grazie per l'attenzione

Carlo Aironi

c.aironi@staff.univpm.it

AI@DII Nuove Frontiere nell'Ingegneria dell'Informazione

inspire

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE