www.dii.unipd.it

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale

Le applicazioni dell'Intelligenza Artificiale negli impianti industriali

Tutor universitario: Prof.ssa Martina Calzavara

Laureando: *Marco Bortolami*

Padova, 11/07/2024

OBIETTIVI E STRUTTURA

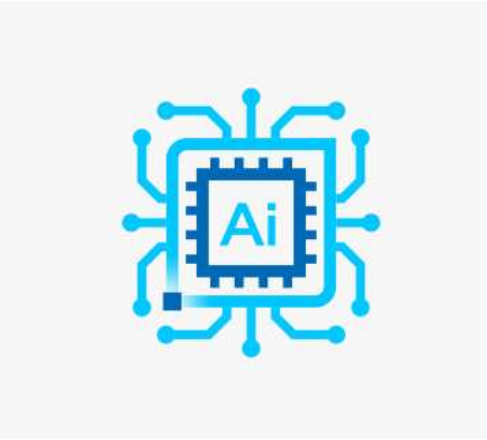
www.dii.unipd.it

Obiettivi

Lo scopo della relazione è quello di illustrare le principali applicazioni dell'Intelligenza Artificiale negli impianti, sia osservando il panorama industriale attuale che attraverso la descrizione di alcuni casi studio. Si descrive l'impatto delle soluzioni IA sui sistemi di produzione, delineando i possibili sviluppi futuri

Struttura

- Fondamenti di IA
- Panorama industriale attuale
- Casi studio di applicazioni di IA
- Impatto su organizzazione, efficienza e sicurezza
- Prospettive e sviluppi tecnologici
- Conclusione

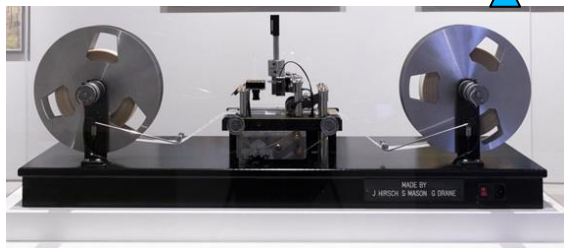


FONDAMENTI DI IA – DEFINIZIONE E STORIA

www.dii.unipd.it

Che cos'è l'IA?
L'IA è lo studio di come costruire o programmare computer per consentire loro di svolgere operazioni che normalmente richiederebbero l'intelligenza umana

1936
Macchina di Turing



1956
Seminario di Dartmouth

1970 - 1975
Primi sistemi intelligenti

1980 - 1985
Sistemi esperti, Reti neurali

1995 - 2005
Nuovi modelli di ML, SVM e RF

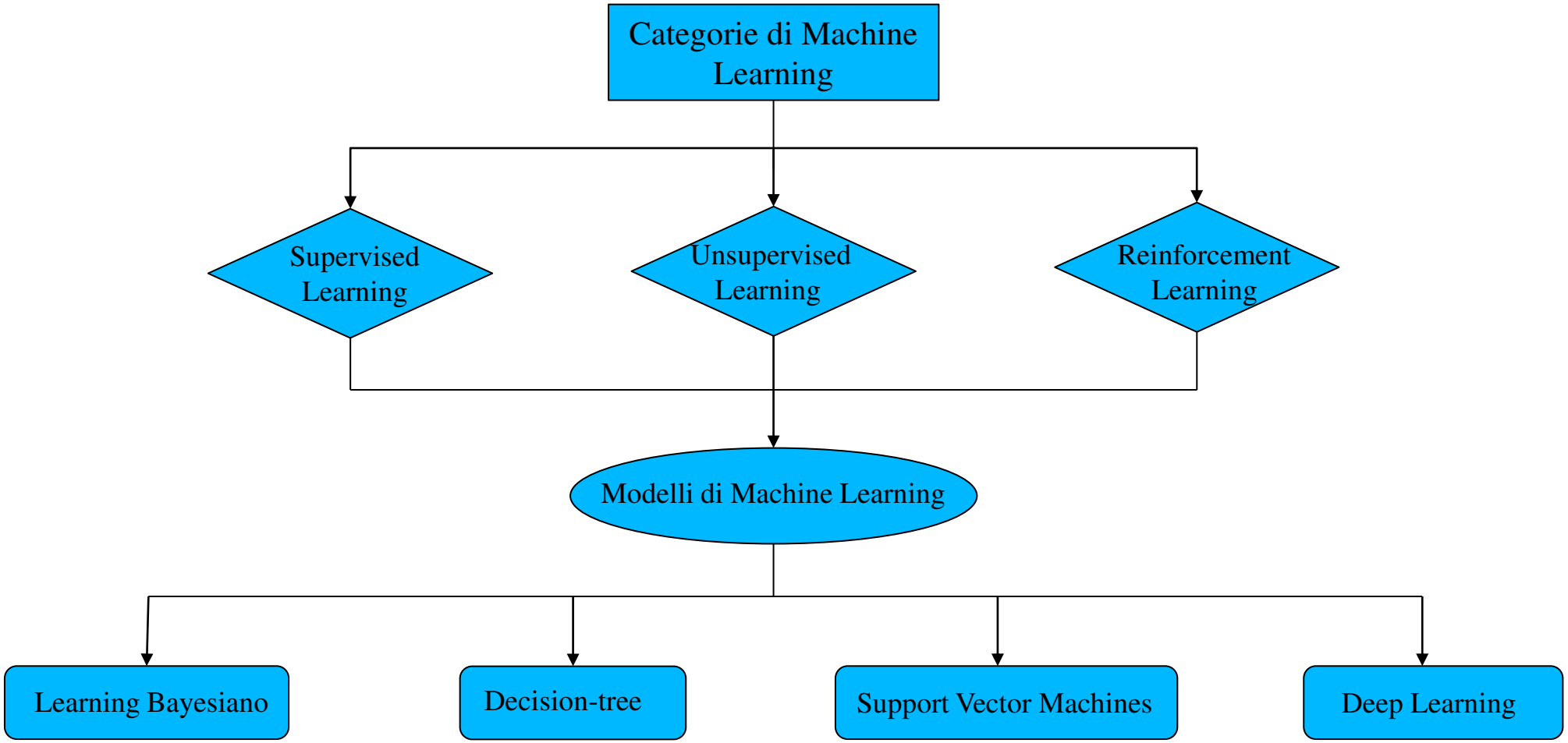
2010 - 2024
Sistemi complessi di IA

[1] Somalvico, M. (1987), [2] D. Copeland, B. J., & Proudfoot, D. (2005), [3] Portinale, L. (2021) [4] Fetzer, J. H. (1990)

FONDAMENTI DI IA – I PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

www.dii.unipd.it

Per capire i **principi di funzionamento** ci si concentra su una disciplina dell'IA, il **Machine Learning**. Il Machine Learning è lo studio degli algoritmi computazionali che permettono ai programmi dei computer di migliorare automaticamente attraverso l'esperienza



[1] Solmavico, M. (1987), [4] Chang, Q., Axel, L., & Metaxas, D. N. (2021), [5] Al'Aref, S. J., et al. (2018) [7] Guerrero, J. M. (2023)

PANORAMICA SUL CONTESTO INDUSTRIALE ATTUALE

www.dii.unipd.it

Il contesto industriale attuale si sviluppa attorno a **sistemi complessi di Intelligenza Artificiale**, dove nuove tecnologie come l'Internet of Things e i sistemi cibernetico- fisici vengono implementate ai sistemi di produzione.

A seconda degli **obbiettivi** e delle **strategie** dell'azienda

I **sistemi di IA** si servono di:
- Infrastrutture
- Dati
- Algoritmi

Portando alla definizione di:
- **Fabbriche intelligenti**
- **Sistemi cibernetico-fisici**
- Operazioni autogestite
- Nuovi sistemi nella distribuzione
- Nuovi sistemi nello sviluppo dei prodotti
- Prodotti iper-adattati alle esigenze dei clienti

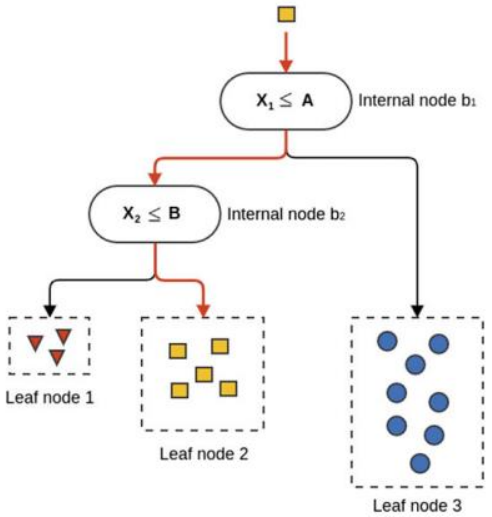
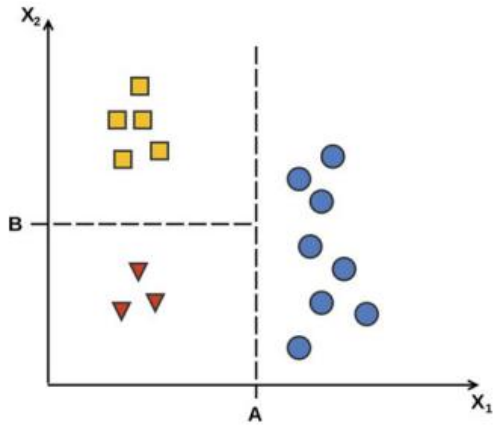
Figura 1: Fabbrica intelligente

Figura 2: Sistema cibernetico-fisico

[9] Peres, R. S., et al. (2020), [10] Lasi, H., et al. (2014), [11] Schwab, K. (2017)

CASO STUDIO 1: IA NEL CONTROLLO QUALITÀ

www.dii.unipd.it

Contesto	Produzione di giunti di trasmissione nella sede della GKN per circa 9,5 milioni di unità all'anno. A seguito di un trattamento di tempra si dimostra necessario prevedere lo spessore indurito dei giunti senza effettuare controlli a campione
Modello	Si costruisce un modello di Random Forest per prevedere lo spessore a partire da alcuni parametri significativi del processo. Si noti la struttura del modello RF:  
Soluzione	Si stima una precisione di previsione del 92%. Si è aumentata l'efficienza, diminuito gli scarti e automatizzato il controllo qualità

[8] Carou, D., Sartal, A., & Davim, J. P. (2022)

CASO STUDIO 1: IA NEL CONTROLLO QUALITÀ

www.dii.unipd.it

Figura 3: Giunto di trasmissione di produzione GKN

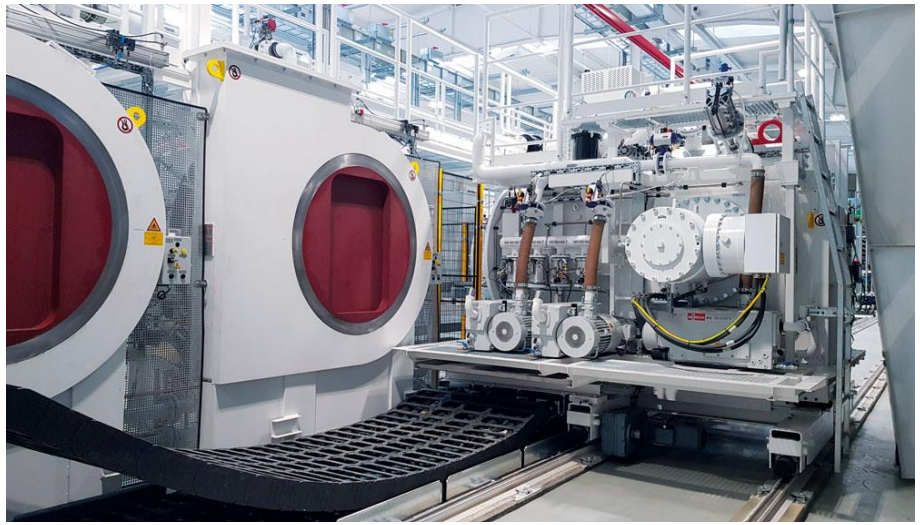


Figura 4: Forno di tempra dei giunti GKN

[8] Carou, D., Sartal, A., & Davim, J. P. (2022)

CASO STUDIO 2: STIMA DELL'OEE DI UN IMPIANTO CON IL ML

www.dii.unipd.it

Contesto	Stimare l'OEE di un impianto di produzione di cavi elettrici in tempo reale
Modello	Per calcolare l'OEE si utilizza $$OEE = A \cdot P \cdot Q$$ Si utilizzano modelli di Support Vector Machines, Random Forest, eXtreme Gradient Boosting e Deep Learning. Per migliorare i modelli si applicano alcune variazioni alla costruzione degli algoritmi quali la Cross Validation e i Genetic Algoritms
Soluzione	Si confrontano i risultati con l'errore medio assoluto

Modelli predittivi	Parametri	
	Errore medio assoluto	Errore medio assoluto %
SVR	6.16	12.12
SVRCV	9.82	19.99
SVRGA	7.05	14.26
RF	9.83	13.59
RFCV	7.39	12.89
XGB	6.43	12.59
XGBCV	7.55	15.37
DL	6.27	11.76

Il Deep Learning si rivela il modello più accurato

[16] Hassani, I. E., Mazgualdi, C. E., & Masrour, T. (2019)

CASO STUDIO 2: STIMA DELL'OEE DI UN IMPIANTO CON IL ML

www.dii.unipd.it

Figura 5: Esempi di cavi di produzione dell'azienda

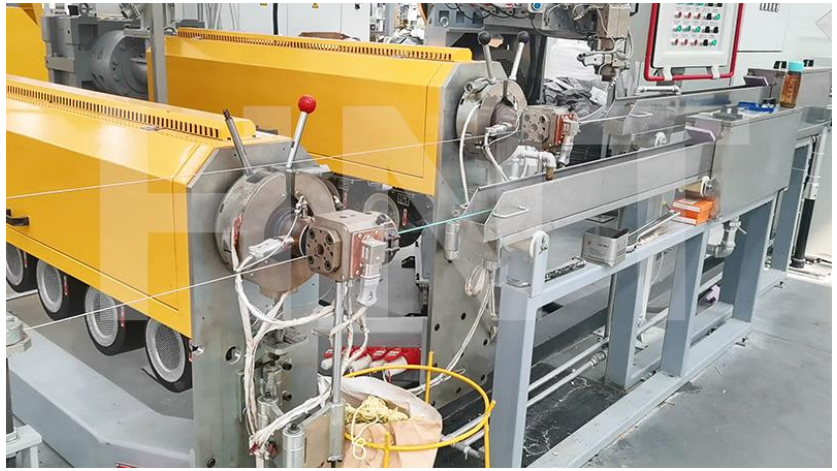


Figura 6: Macchina di produzione di cavi

[16] Hassani, I. E., Mazgualdi, C. E., & Masrour, T. (2019)

CASO STUDIO 3: MODELLO DI OTTIMIZZAZIONE DI RISORSE

www.dii.unipd.it

Contesto	L'azienda BorgWarner produce dei componenti che devono essere sottomessi a un trattamento superficiale termochimico legato alla quantità di idrogeno presente nell'ambiente
Modello	L'idrogeno serve a evitare la formazione di ruggine all'interno della fornace, fenomeno che risulta strettamente legato al punto di rugiada dell'aria: per ottimizzare la quantità immessa si programma un algoritmo basato sulle Random Forest che a seconda di alcuni parametri significativi del processo calcoli e controlli dinamicamente il flusso necessario
Soluzione	Per valutare l'influenza che ogni parametro esercita sulla formazione di ruggine si calcola il parametro %IncMSE, basato sulla deviazione dell'errore quadratico medio commesso dal modello **Variabile di processo** — **%IncMSE** **Umidità a livello del terreno** — 40.16 **Temperatura a livello terra** — 19.33 **Volume di idrogeno** — 16.34 **Temperatura stadio 1 forno** — 12.23 **Temperatura stadio 10 forno** — 12.05 La quantità di idrogeno dimostra essere partecipe del 20% del processo di formazione di ruggine. Si è risparmiato il 13 % del consumo annuale di idrogeno

[8] Carou, D., Sartal, A., & Davim, J. P. (2022)

CASO STUDIO 3: MODELLO DI OTTIMIZZAZIONE DI RISORSE

www.dii.unipd.it

Figura 7: Reparto di produzione della BorgWarner

Figura 8: Componente in uso nei motori BorgWarner

[8] Carou, D., Sartal, A., & Davim, J. P. (2022)

IMPATTO SU ORGANIZZAZIONE, EFFICIENZA E SICUREZZA

www.dii.unipd.it

L'**impatto** delle applicazioni AI si osserva principalmente in processi di:

- ⇨ Assistenza in compiti di routine
- ⇨ Pianificazione della produzione
- ⇨ Sicurezza e prevenzione
- ⇨ Knowledge Management
- ⇨ Controllo qualità
- ⇨ Ottimizzazione dei processi
- ⇨ Monitoraggio della supply chain

[18] Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2022), [19] Bonada, F., Echeverria, L., Domingo, X., & Anzaldi, G. (2020)

PROSPETTIVE E SVILUPPI TECNOLOGICI

www.dii.unipd.it

Gli **sviluppi futuri** dell'IA

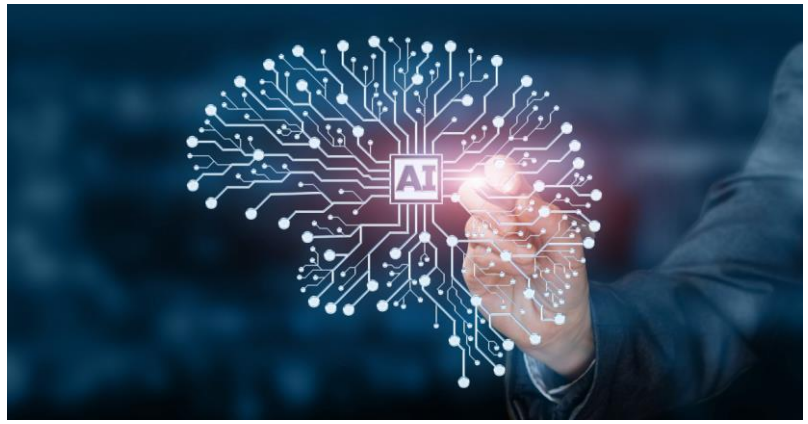
- Completa **automatizzazione** dei processi produttivi
- Ricerca di **soluzioni sostenibili** ed ecologiche
- Aumento degli **investimenti** in progetti di IA
- Stretta **collaborazione** tra robot e macchina
- **Beni** e servizi **iper-personalizzati**

[28] Adel, A. (2022)

CONCLUSIONI

www.dii.unipd.it

- I casi studio analizzati dimostrano l'**effetto positivo** delle applicazioni di IA, impattando su tutta la **catena di produzione**, in generale ottimizzando i processi
- Le applicazioni maggiori sono su: **efficienza operazionale**, pianificazione della produzione, controllo qualità e sicurezza e prevenzione
- Si prospetta un **futuro** dominato da **tecnologie intelligenti**, dove l'IA si diffonde in tutti i settori del mercato industriale
- L'IA giocherà un **ruolo** importante nella vita di tutti i giorni, creando una **società più connessa** e intelligente



[20] Li, J., Ma, S., Qu, Y., & Wang, J. (2023)