

Questo articolo completa la trattazione sull'applicazione dell'intelligenza artificiale (IA) nell'asportazione di truciolo iniziata con l'articolo "L'intelligenza artificiale nel machining" pubblicato nel numero di maggio 2024 di *Macchine Utensili*.

Mentre il primo articolo aveva lo scopo di porre le basi storiche e tecniche dell'intelligenza artificiale in senso lato, questo articolo riporta alcuni esempi di applicazione dell'IA nel machining, senza la pretesa di essere esaustivo, ma con l'intento di mostrare al lettore alcuni prodotti già presenti nel mercato e pronti all'utilizzo. Non vengono trattate le piattaforme come Xometry, Fictiv, Weerg, ecc., che hanno funzioni di intelligenza artificiale per l'istant quoting, ma le applicano all'interno del servizio offerto ai loro clienti.

Uso di ChatGPT per programmare in G-code

ChatGPT può creare programmi in una varietà di linguaggi, incluso il G-code. Ma i suoi programmi sono di buona qualità? La rivista *Modern Machine Shop* riporta nel numero di gennaio 2024 un'intervista a Mike Wearne, un creatore di contenuti educativi presso CAMInstructor, specializzato in libri, video e programmi didattici online che coprono la programmazione CNC mediante Mastercam e SolidWorks (1).

Finora Wearne ha prodotto due video sull'uso di ChatGPT per la programmazione del G-code. Il primo riguardava GPT-3, cioè l'ultima versione



Questo articolo riporta alcuni esempi di applicazione dell'IA nel machining

Massimiliano Annoni

E se volessimo usare l'intelligenza artificiale in officina?



disponibile al pubblico al momento dell'uscita del video. Si testavano le capacità di programmazione del G-code di GPT-3 dando compiti semplici come la foratura di quattro fori equispaziati a un pollice di distanza. Una volta fornito il programma da ChatGPT, Wearne usò il software CIMCO Edit per mostrare visivamente i risultati e verificare eventuali problemi.

Il suo giudizio è il seguente: "Se usiamo un programma di base e lo confrontiamo con qualcuno che sta imparando il G-code, direi che non è male. Darei un voto tra il C e il B, dove il massimo è A. La struttura complessiva era lì - ha inserito i codici giusti nei posti giusti, come G20 e

G21, per passare tra le unità metriche e imperiali, e G90 per il posizionamento assoluto nella parte superiore del programma. Se sei nuovo alla programmazione del codice G, quelle sono di solito le cose difficili da ricordare e da mettere nel posto giusto", osserva. Tuttavia, mancavano alcuni elementi, come i cambi utensile e le velocità di rotazione del mandrino.

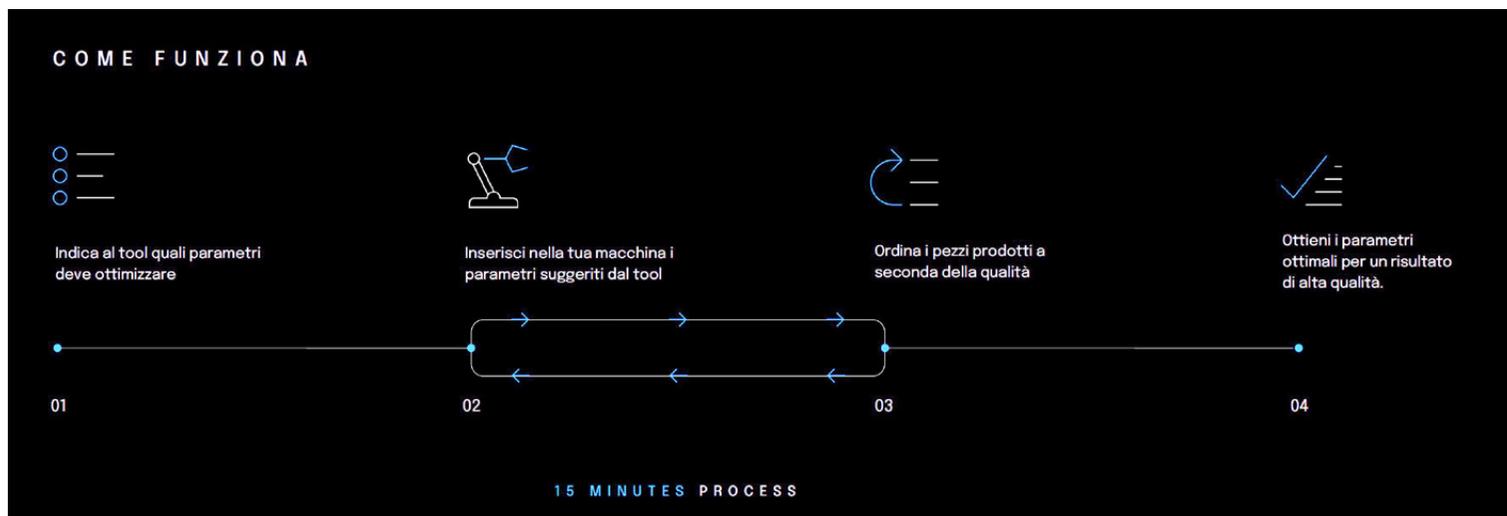
GPT-3 aveva infatti dei limiti. In particolare, poteva autocorreggersi, ma solo fino a un certo punto.

Wearne dice che se si chiede a ChatGPT di correggere un problema in un programma, apporterà modifiche. Ma se si avvia una nuova chat

o si chiede un programma completamente nuovo, si parte da zero.

Tuttavia, pensa che il maggior ostacolo per GPT-3 fosse quante informazioni gli utenti dovessero fornire per ottenere un buon programma e quanto fosse difficile per gli utenti inserire queste informazioni. "Ad esempio, se vuoi fare dei fori, devi dirgli dove sono i fori, che dimensioni hanno i fori, che utensile stai usando, che materiale stai tagliando e che tipo di macchina stai utilizzando. Tutto questo è ancora molto difficile da inserire in un'interfaccia di chat come ChatGPT".

Tuttavia, la tecnologia dell'IA si evolve rapida-

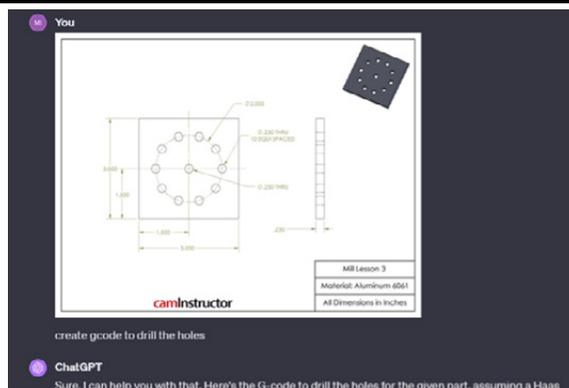


mente e Wearne ha successivamente pubblicato un nuovo video che analizza le capacità di programmazione di GPT-4. Al momento, GPT-3.5 è l'ultima versione disponibile gratuitamente, mentre GPT-4 (e da poco GPT-4o) è disponibile al pubblico tramite abbonamento. GPT-4 consente agli utenti di inviare immagini, inclusi disegni tecnici, risolvendo uno dei problemi principali di Wearne con GPT-3. "Descrivere il tuo pezzo attraverso il testo non era davvero fattibile", afferma. "Caricare un'immagine o un disegno tecnico avvicina molto di più questa tecnologia all'essere utile."

Gli utenti di GPT-4 possono caricare una varietà di tipi di file (inclusi immagini e PDF) nell'interfaccia e da lì, dice Wearne, il chatbot può capire cosa è stato caricato. L'utente deve solo dirgli cosa fare con l'immagine. Ad esempio, se carichi un file di una parte con quattro fori, puoi dire a ChatGPT di scrivere un programma per fare i fori. Wearne dice che al momento funziona per parti e forme semplici. "Oltre a questo, non è fattibile", aggiunge. "Almeno, non ancora."

Wearne ha anche notato un miglioramento significativo nel codice G che ChatGPT produce. "È come se GPT-4 possa pensare di più alle sue risposte e GPT-3.5 semplicemente restituisca qualunque cosa si presenti il più velocemente possibile", spiega. Con il suo aggiornamento più recente, Wearne dice che può programmare parti semplici quasi perfettamente. Mentre GPT-3 riceveva un voto tra B e C per il suo codice, "Per le parti semplici, GPT-4 ottiene una A", dice.

Secondo Wearne, il prossimo passo che



Sopra: Artificially offre un tool software basato su algoritmi di intelligenza artificiale che gestisce i parametri in modo automatico. A lato: disegno fornito a ChatGPT per ricavare il G-code automaticamente

ChatGPT deve compiere nella programmazione del codice G è il movimento dell'utensile durante la lavorazione. Aggiunge che, da solo, questo potrebbe essere troppo complesso per ChatGPT da gestire. "Non sono sicuro che sarebbe in grado di produrre qualcosa come un'operazione di fresatura dinamica su una tasca grande", osserva. "La quantità di codice che dovrebbe generare probabilmente sarebbe al di là della sua portata."

Ma integrare ChatGPT con software di programmazione CAM come Mastercam potrebbe fornire le risorse necessarie per generare percorsi utensile complessi.

Wearne crede che ChatGPT sia particolarmente utile nella creazione di macro, che sono un modo per memorizzare una serie di comandi in un programma e ripeterli. "Sorprensamente, GPT-4 è abbastanza bravo con i codici di errore", aggiunge. Invece di cercare su Google il codice di errore e cercare la risposta su un sito web o un forum, dice che puoi dare a ChatGPT il tipo di macchina e il codice di errore e ti dirà quale sia il codice di errore e come risolverlo.

GPT-4 consente anche agli utenti di creare e addestrare i propri GPT. Wearne ha utilizzato questa funzionalità per creare un chatbot personalizzato addestrato su un manuale di programmazione di una fresatrice CNC Haas.

Complessivamente, secondo Wearne, "GPT-4 è uno strumento che le officine possono utilizzare ora", e non solo per la programmazione. Questo è solo l'inizio per l'IA nella lavorazione, crede. "Sarà estremamente interessante vedere dove si troverà tra un anno", dice. "Immagino che la maggior parte utilizzerà qualche forma di IA nei prossimi anni, che sia GPT o qualcosa integrato nei sistemi CAD/CAM esistenti. E intendo un'IA reale, non un semplice algoritmo etichettato come IA."

CloudNC

L'azienda CloudNC (2) è nata nel 2015 con lo scopo di aumentare l'efficienza e compensare lo skill gap tra i lavoratori che vanno in pensione, che hanno più esperienza, e quelli nuovi appena entrati in azienda, che hanno più familiarità con gli strumenti e i software attuali. I

N95760M01
(TOOL - 5 DIA. OFF. - 4 LEN.
(Center drill - .500 holes - A0)
N9520M6
N9525T5
N9530G0G90A0. \$5000M3
N9535G54X-4.8Y-2.
N9540G43H4Z1.M8
N9550G98G81Z-2.77R-2.42F100.
N9560X0.Y-2.
N9570X4.8753Y-2.
N9580Y2.
N9590X0.Y2.
N9600X-4.8Y2.
N9610X0.Y0.Z-2.02R-1
N9620G80
N9630M5
N9640G49G91G28Z0.M9
N9650G28X0.Y0.A0.
N9660M01
(TOOL - 5 DIA. OFF. - 5 LEN.
(Drill - .500 holes - A0)
N9670M6
N9675T6
N9680G0G90A0. \$5000M3
N9685G54X-4.8Y-2.
N9690G43H5Z1.M8
N9700G98G81Z-3.3R-2.42F60.
N9710X0.Y-2.
N9720X4.8753Y-2.
N9730Y2.
N9740X0.Y2.

LEADING THE FUTURE OF MANUFACTURING

Innovazione continua da oltre 35 anni

SIMULAZIONE



OTTIMIZZAZIONE

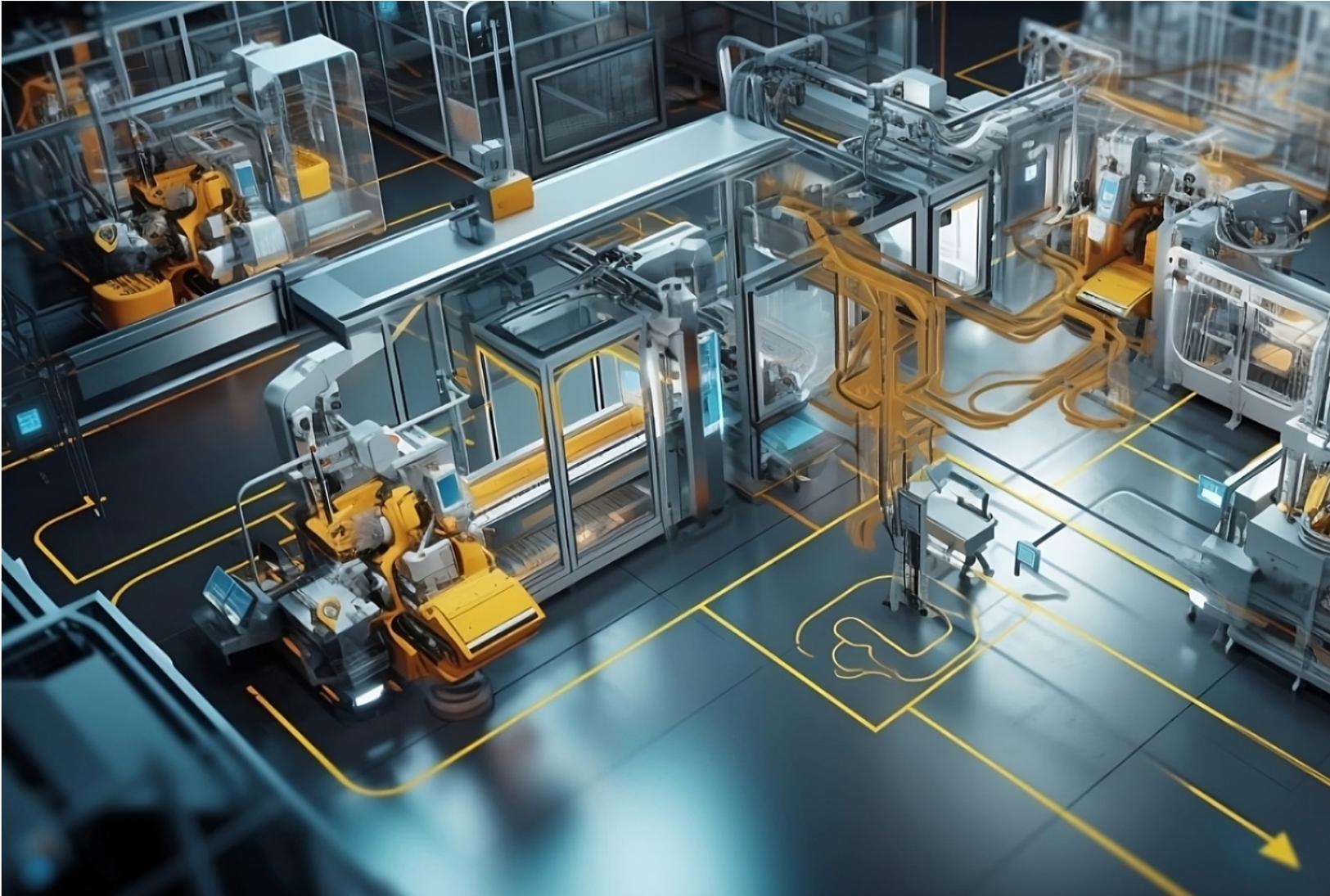


POST-
PROCESSING



CONNETTIVITA'
MACCHINE





problemi nelle lavorazioni di precisione al giorno d'oggi vengono da geometrie più complesse nei pezzi, tolleranze più precise, qualità più elevata e controlli frequenti.

La soluzione proposta da CloudNC è il CAM Assist, che permette di ridurre il tempo necessario ad ottenere la strategia più adeguata a ogni pezzo in pochi secondi, in quanto utilizza l'IA e una libreria virtuale in cui sono contenute possibili strategie e impostazioni per la macchina. CAM Assist supera alcune limitazioni del feature-based machining (FBM). In particolare, è molto più flessibile e l'IA viene applicata sull'intero pezzo e non sulla singola feature. Con CAM Assist è possibile ridurre l'impatto del fattore umano e automatizzare il processo per renderlo alla portata di tutti.

Alcuni problemi da risolvere sono stati l'infinito numero di soluzioni da analizzare e considerare

la fisica del problema: per il primo, sarebbe richiesta una potenza di calcolo infinita, quindi è stato necessario ridurre la dimensione del problema scartando immediatamente tutte le soluzioni che prevedevano qualcosa di impossibile o troppo complesso, mentre per il secondo problema, è impossibile prendere in considerazione la fisica accurata di ogni operazione, quindi vengono automaticamente adottate le soluzioni più comuni per i problemi come vibrazioni, usura, ecc.

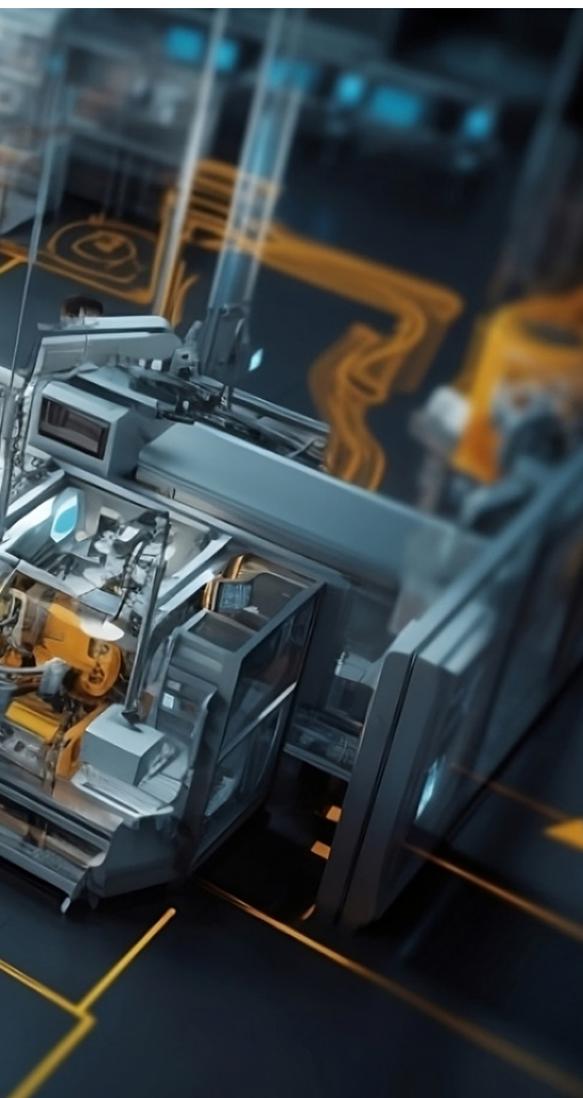
Quando l'operatore sceglie di utilizzare CloudNC, può accedere a una libreria per selezionare il materiale su cui lavorare e la macchina, che non può essere personalizzata ma bisogna scegliere l'opzione più simile a quella a disposizione dell'utente.

È anche possibile selezionare dei parametri per simulare il mondo reale (come il fissaggio del

pezzo). A questo punto si ottengono la strategia e l'utensile (la libreria che contiene gli utensili può essere ampiamente personalizzata). L'operatore a questo punto può scegliere di effettuare delle modifiche alla strategia suggerita prima di eseguirla.

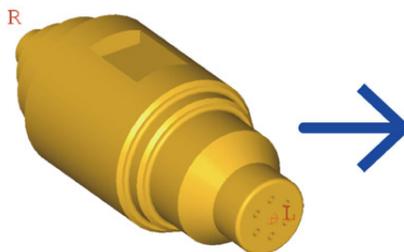
CloudNC possiede uno stabilimento di produzione a Chelmsford (UK) che viene utilizzato per produrre pezzi per diversi settori. All'inizio questo stabilimento era nato "soltanto" per il training dell'IA utilizzata da CAM Assist, quindi come laboratorio e, in quanto tale, non era in grado di produrre conto terzi.

Per questo è stato necessario riconvertirlo. Inoltre, essendo un laboratorio, le condizioni in cui si lavorava erano quasi perfette, il che lo poneva lontano dall'utente medio che utilizza soltanto il software e produce nel proprio stabilimento. Il grande vantaggio di questo stabilimento

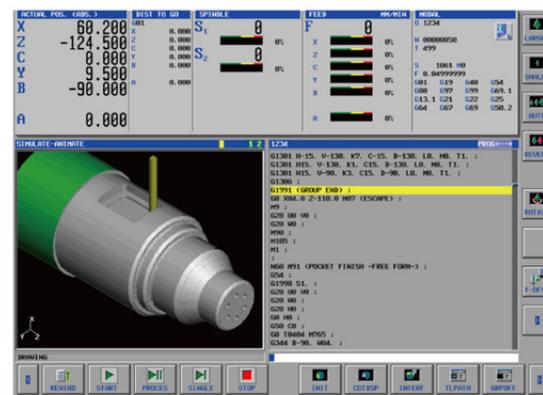


oggi è la comunicazione diretta tra gli operatori macchina che vi lavorano e gli sviluppatori, che consente di migliorare il software. Dato che lo stabilimento viene utilizzato per produrre e non solo testare, più problemi possono essere identificati.

Questo caso è interessante in quanto i fondatori dell'azienda avevano pensato di iniziare con il software, per poi decidere di avviare una vera e propria produzione all'avanguardia nel machining per poter testare e sviluppare il software in un ambiente rilevante. Ciò testimonia l'intricata difficoltà nell'operare nel settore del machining avanzato. Un'altra decisione rilevante che traspare dall'esperienza di CloudNC è che i fondatori hanno deciso di non sviluppare un nuovo CAM ma di appoggiarsi a CAM esistenti. E' infatti poco realistico pensare di produrre un proprio software per compiere funzioni, come la



Nakamura Tome ha sviluppato un software di supporto alla programmazione, 3D Smart Pro AI, per generare automaticamente il programma CNC analizzando la forma del pezzo dal modello CAD 3D



generazione del percorso utensile, già egregiamente svolte da software disponibili sul mercato (3,4).

Artificialy

Artificialy è nata in Svizzera nel 2020 da un team iniziale di scienziati e ingegneri esperti di intelligenza artificiale con più di 30 anni di esperienza in applicazioni industriali dell'informatica avanzata.

Un tool software basato su algoritmi di intelligenza artificiale gestisce i parametri in modo automatico. Il numero di tentativi e i potenziali errori sono ridotti drasticamente e l'operatore si può concentrare solo sull'indicare le prove di migliore qualità.

L'azienda afferma che il tempo di configurazione della macchina viene ridotto fino al 80%, il tempo di lavorazione fino al 20% e la qualità della produzione risulta migliorata fino al 20%. Il software si adatta a qualunque marca o modello di macchina e può essere utilizzato on board o via web.

Tutte le configurazioni ottenute precedentemente sono archiviate sul server e il software le richiama con funzioni di ricerca.

Di questo caso è interessante notare come il sistema sviluppato abbia giustamente necessità dell'intervento umano per valutare la bontà del risultato e etichettare i dati (5).

Mazatrol SmoothAi

Mazak ha sviluppato il sistema di controllo MAZATROL Smooth Ai, in cui l'IA viene applicata in tre modi: creazione automatica del codice in MAZATROL partendo dai modelli 3D (riduzione

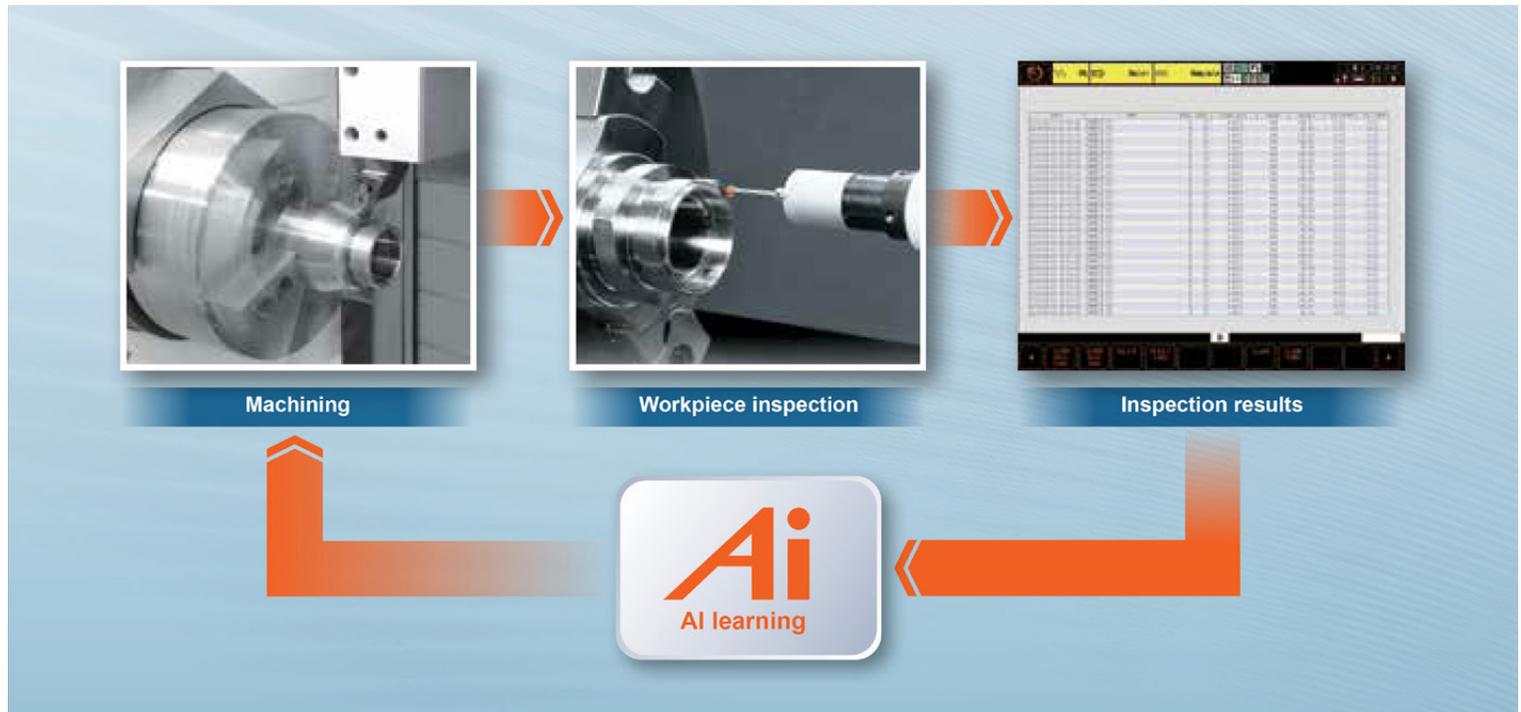
del tempo per scrivere il codice), controllo del mandrino e modifica dei parametri per controllare le vibrazioni (aumento della produttività e miglioramento delle superfici ottenute) e controllo della temperatura di processo (processo più stabile e migliore qualità). Grazie all'apprendimento automatico, che utilizza l'esperienza di lavorazione appresa dai programmi creati dall'utente, i processi di lavorazione ottimali vengono determinati automaticamente. Man mano che vengono accumulati i risultati delle ispezioni effettuate sui pezzi lavorati, gli algoritmi di apprendimento automatico, etichettando i dati (6), ottimizzano l'accuratezza della compensazione termica per la massima prestazione di lavorazione possibile.

Nakamura-Tome Precision Industry Co.

L'azienda giapponese ha sviluppato un software di supporto alla programmazione, 3D Smart Pro AI, per generare automaticamente il programma CNC analizzando la forma del pezzo dal modello CAD 3D. L'intelligenza artificiale viene utilizzata per consentire agli operatori macchina di programmare facilmente, rapidamente e correttamente.

Siemens NX

L'intelligenza artificiale e il machine learning applicati nel software di Siemens utilizzano il riconoscimento delle forme per identificare rapidamente i componenti geometricamente simili, mentre l'assistente a comando vocale di NX permette all'utente di invocare comandi, navigare nei menu multilivello e nelle operazioni,



Sistema di controllo MAZATROL
Smooth Ai sviluppato da Mazak (7)

nonché insegnare al sistema parole o frasi per eseguire compiti comuni.

E' sufficiente chiedere a NX "Abbiamo già fatto qualcosa di simile?" e il software esegue una ricerca di forme utilizzando la tecnologia Geolus di Siemens.

L'assistenza all'editing delle operazioni sfrutta l'IA nel processo di modifica.

La prima volta che si modifica un'operazione, viene mostrato un avviso che indica che non è disponibile alcuna previsione dei parametri. Una volta modificato un parametro e fatto clic su "OK", verrà visualizzato un nuovo nodo di previsione la prossima volta che si modifica l'operazione. Il sistema inizierà a imparare e i parametri visualizzati all'interno del nodo di previsione cambieranno di conseguenza, suggerendo i parametri più probabili utilizzati in base all'input. La creazione di operazioni in NX CAM assistita da IA offre un punto di partenza per ogni setup e cambia dinamicamente in base al comportamento dell'utente.

Non appena si iniziano a creare operazioni, i tipi di operazioni visualizzate nella barra dei menu cambiano di conseguenza, suggerendo la suc-

cessiva operazione più probabile in base all'input dell'utente. Le informazioni vengono salvate e aggiornate per ogni utente.

Conclusioni

Questa breve panoramica di alcuni prodotti già presenti nel mercato del machining dimostra come l'intelligenza artificiale sia già presente e disponibile all'uso da parte delle aziende manifatturiere, come prodotto a sé stante oppure come sviluppo di prodotti esistenti. Il suggerimento che chi scrive si sente di dare è di provare queste applicazioni o chiedere informazioni sulle stesse non appena possibile. Alcune

aziende, infatti, le stanno già utilizzando, migliorando la loro competitività. Proprio nell'ultimo workshop PoliMill "Si può realizzare un pezzo complesso al primo colpo!", svoltosi lo scorso 17 maggio, si è tenuta una interessante tavola rotonda a cui hanno partecipato tutte le aziende presenti. Sollecitati sui temi dell'intelligenza artificiale, è emerso come alcune aziende stiano già usando software di preventivazione basati su IA (8). Ovviamente la strada da percorrere è lunga, ma la velocità con cui viene percorsa continua a aumentare. Eventi come workshop e corsi PoliMill (9) possono aiutare per stare al passo.

Riferimenti bibliografici

- 1) "Can ChatGPT Create Usable G-Code Programs?", Julia Hider, Modern Machine Shop, gennaio 2024, Gardner Business Media, Inc., <https://www.mmsonline.com/articles/can-chatgpt-create-usable-g-code-programs>
- 2) <https://www.cloudnc.com/about-us>
- 3) <https://www.cloudnc.com/blog/why-does-cloudnc-have-a-factory>
- 4) <https://www.cloudnc.com/blog/the-story-of-cloudnc-the-beginning>
- 5) <https://www.artificialy.com>
- 6) "L'intelligenza artificiale nel machining", Massimiliano Annoni, Macchine Utensili, maggio 2024, Tecniche Nuove
- 7) <https://www.mazakeu.it/smooth-ai/>
- 8) <https://www.imnoo.com/en/>