



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Gestionale (L-8)

**VANTAGGI E SVANTAGGI DELL'APPLICAZIONE DI APPROCCI DIGITAL
TWIN A MACCHINE UTENSILI**

DIGITAL TWIN APPLICATION FOR MACHINES TOOLS MANAGE

Relatore: Chiar.mo/a

Prof. **Bevilacqua Maurizio**

Correlatore: Chiar.mo/a

Prof. **Mazzuto Giovanni**

Tesi di Laurea di:

Giorgia Mancini

A.A. 2019/2020

INDICE

1. Introduzione	2
2. Intelligenza artificiale ed industry 4.0:	3
2.1. Cenni storici	4
2.2. Vantaggi	6
2.3. Pilastri	8
3. Digital Twin:	13
3.1. Che cos'è un digital twin: significato di gemello digitale	13
3.2. Cenni storici	14
3.3. Situazione attuale	15
3.4. Come funziona il modello di gemello digitale	16
3.5. Architettura	19
3.6. Vantaggi	20
3.7. Alcuni esempi di digital twin	21
4. Modellazione 3D	23
4.1. Vantaggi	23
4.2. Sviluppo modellazione 3d nel mercato	25
4.3. Applicazione al caso concreto di macchine utensili	26
5. Conclusioni	34
6. Bibliografia	35

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni il progresso tecnologico nei settori dell'informatica e delle telecomunicazioni hanno permesso lo sviluppo di un numero sempre maggiore di dispositivi e oggetti, intelligenti e interconnessi, capaci di interfacciarsi e interagire con la realtà circostante tramite l'uso di modelli e copie virtuali.

Questi oggetti connessi e interconnessi, vanno a formare una rete di dispositivi comunemente detta "internet delle cose" o "IoT".

In particolare, i Digital Twin rappresentano lo strumento primario per le organizzazioni che implementano progetti IoT in quanto, un gemello digitale è una replica virtuale di risorse fisiche, potenziali ed effettive (gemello fisico) equivalenti a oggetti, processi, persone, luoghi, infrastrutture, sistemi e dispositivi. Essi vengono utilizzati per vari scopi, in particolare in produzione e per la manutenzione predittiva.

2. INTELLIGENZA ARTIFICIALE E INDUSTRY 4.0

L'industria moderna si evolve e digitalizza, avviandosi verso la quarta rivoluzione industriale.

Le moderne tecnologie e l'internet delle cose, al giorno d'oggi stanno invadendo tutti i settori, e allo stesso modo anche quello del lavoro e della produzione si accingono a diventare sempre più smart. Smart, intelligente e all'avanguardia: il tutto al fine di garantire una sempre maggiore efficienza nella produzione ed efficacia in termini di guadagno.

L'industry 4.0 passa per il concetto di smart factory che si compone di 3 parti:

1. *Smart production*: nuove tecnologie produttive che creano collaborazione tra tutti gli elementi presenti nella produzione ovvero collaborazione tra operatore, macchine e strumenti.
2. *Smart services*: tutte le "infrastrutture informatiche" e tecniche che permettono di integrare i sistemi; ma anche tutte le strutture che permettono, in modo collaborativo, di integrare le aziende (fornitore – cliente) tra loro e con le strutture esterne (strade, hub, gestione dei rifiuti, ecc.).
3. *Smart energy*: tutto questo sempre con un occhio attento ai consumi energetici, creando sistemi più performanti e riducendo gli sprechi di energia.

Siamo perciò immersi nella cosiddetta Quarta Rivoluzione Industriale, un'era di grandi innovazioni. Le tecnologie generano cambiamenti importanti nella società e nell'economia delle imprese e trasformano il modo di produrre. Il concetto di Industria 4.0 rappresenta la connessione tra il mondo fisico e quello virtuale in quanto significa creare un ambiente produttivo dove la capacità di comunicazione tra le macchine apporterà alle linee di produzione funzionalità autodiagnostiche per rilevare errori e correggerli.

2.1 CENNI STORICI

Per parlare dell'industria 4.0 è necessario innanzitutto volgere lo sguardo al passato, e a quelle che sono state le diverse rivoluzioni in campo industriale.

Tutte fanno riferimento all'evoluzione dell'automazione industriale vissuta nei diversi momenti storici, cominciando dalla prima rivoluzione industriale del 18esimo secolo, con protagonista la produzione meccanica che ricorreva a forme di energia quali la forza dell'acqua e del vapore.

Quasi un secolo più tardi prendeva piede la seconda rivoluzione industriale, che si concentrava sulla produzione di massa, possibile grazie all'impiego dell'energia elettrica e di fonti energetiche come il petrolio.

Già dal 1970, per la terza rivoluzione industriale – o Industria 3.0 – più che la fonte energetica, il focus era l'aspetto delle telecomunicazioni. Grazie all'avvento di internet e alla diffusione dei computer, le fabbriche poterono usufruire dei primi sistemi di automazione: la produzione diventa automatica, e fa ricorso all'elettronica e alla telecomunicazione.

Per arrivare all'Industria 4.0 è necessario passare per la cosiddetta "digital transformation": i macchinari delle fabbriche moderne devono essere dotati di sensori e software intelligenti, che consentono loro la raccolta dei dati, ma anche la manutenzione autonoma. Senza dimenticare la possibilità di controllare questi ultimi da remoto.

Le macchine della Smart Factory sono dotate di sensori che riportano costantemente lo stato delle attrezzature, con riferimenti a eventuali necessità di manutenzione, ma anche di rifornimenti: l'indispensabile al corretto funzionamento. I macchinari delle fabbriche intelligenti possono anche accedere alla rete di dati del sistema, per attingere alle informazioni di cui hanno bisogno, e sono in grado di comunicare tra loro.

In questo modo, ad esempio, qualora dovessero verificarsi anomalie o malfunzionamenti all'interno della catena di montaggio, i macchinari stessi sapranno che è necessario fermare la produzione per non creare

ulteriori problematiche, segnalando opportunamente eventuali guasti rilevati.

La telecomunicazione è di fondamentale importanza all'interno della Smart Factory: non solo per la comunicazione intelligente tra diverse apparecchiature, ma anche per l'invio di informazioni agli uffici che analizzeranno la produzione. Inoltre, la connessione nell'Industria 4.0 copre un ruolo fondamentale anche per quanto riguarda la comunicazione con la clientela, oltre che con i fornitori e i centri di ricerca, ma anche con altre fabbriche appartenenti allo stesso gruppo, per il resoconto su giacenze in magazzino o altro.

I modelli vincenti dell'industria manifatturiera sono stati generati sulla base di esperienze concrete e di successo in diversi contesti economici come la produzione di massa (Ford) e la Lean Production (Toyota). Tutti questi modelli nascono dall'industria automobilistica che ha rappresentato negli ultimi cento anni e rappresenta ancora oggi, la sfida più complessa per qualsiasi modello organizzativo e produttivo. L'industria dell'auto è da sempre una industria di grandi volumi, elevati costi del prodotto, grande complessità e varietà.

In poche parole è un'industria con processi, prodotti e supply chain complessi e ad alta variabilità. Di fronte alla crescente introduzione dell'elettronica nei processi produttivi e nei prodotti automobilistici, le grandi imprese dell'auto hanno fatto e sperimentato una ridefinizione complessiva del loro modello di business

2.2 VANTAGGI

I principali aspetti positivi in campo di Industry 4.0:

- ✓ Prodotti personalizzati in funzione del singolo cliente, anticipando le richieste del mercato, grazie alla raccolta di informazioni di campo e a sistemi produttivi flessibili e agili
- ✓ Prodotti di qualità superiore e ottenuti a costi ridotti, grazie alla migliore efficienza delle linee di produzione
- ✓ Nuovi modelli di business che generano servizi a valore aggiunto per gli operatori e per il cliente finale, grazie ad una catena del valore che si rinnova ed ai nuovi sistemi tecnologici che governano i processi fisici di produzione
- ✓ Possibilità di finanziamento all'innovazione, descritte nel Piano Nazionale Industria 4.0

In primo luogo, il grande e ambizioso obiettivo dell'Industria 4.0 è di certo quello di migliorare la produttività dell'azienda, ottimizzando costi e aumentando i profitti della stessa. Tutto questo può essere possibile grazie all'aumento della velocità di produzione, ma soprattutto alla maggiore efficienza ottenuta attraverso l'impiego di sistemi software intelligenti, che si basano sull'analisi di dati raccolti dai sensori dei macchinari; Inoltre lo studio delle informazioni può essere anche di aiuto nella realizzazione di modelli predittivi, che possono soddisfare al meglio la clientela prevedendo trend di mercato, e consentendo di contenere i costi.

Con la capacità delle macchine di effettuare da sé la manutenzione necessaria, si riducono anche gli interventi più pericolosi per gli addetti ai lavori, aumentando in questo modo la sicurezza degli operai nelle fabbriche.

Per prendere parte al grande cambiamento dell'industria moderna, ed entrare nell'ottica del lavoro del futuro, è necessario dotarsi di nuovi sistemi tecnologici all'avanguardia. Infatti, l'Industria 4.0 basa la sua essenza su sistemi di intelligenza artificiale e algoritmi, ma anche sull'Internet of Things, sulla robotica, sulla raccolta di big data, e sul ricorso al cloud.

Si tratta di elementi fondamentali per il funzionamento delle Smart Factory, che richiedono di conseguenza nuove figure professionali in ciascuna branca di specializzazione.

Dunque sviluppatori, analisti del business digitale, ma anche addetti alle simulazioni, ingegneri, ed esperti nella cyber security, ricoprono un ruolo fondamentale nell'organico delle imprese che si affacciano al futuro dell'Industria 4.0.

L'automazione intelligente all'interno delle fabbriche, di conseguenza, non sarà sinonimo di tagli al personale o ingenti perdite di posti di lavoro, ma porterà invece al cambiamento delle mansioni dei lavoratori, che da operai diventano oggi tecnici specializzati.

2.3 I 9 PILASTRI DELL'INDUSTRY 4.0

Boston Consulting Group in un recente articolo ha identificato nove pilastri dell'Industry 4.0:

1. *Big Data and Analytics*: riguarda la raccolta e l'analisi di un grande numero di dati provenienti da diverse fonti a supporto dei processi decisionali;

“Big data è un termine applicato ai data set la cui dimensione o tipo supera la capacità dei database relazionali tradizionali di catturare, gestire ed elaborare i dati con bassa latenza. I big data possiedono una o più delle seguenti caratteristiche: elevato volume, elevata velocità o estrema varietà. L'AI (Artificial Intelligence - Intelligenza Artificiale), la tecnologia mobile, i social media e l'IoT (Internet of Things) stanno portando la complessità dei dati verso nuove forme e fonti di dati. Ad esempio, i big data provengono da sensori, dispositivi, video/audio, reti, file di log, applicazioni transazionali, web e social media — gran parte di essi viene generata in tempo reale e su vastissima scala.

L'analisi dei big data consente agli analisti, ai ricercatori e agli utenti di business di prendere decisioni in modo più accurato e veloce, utilizzando dati precedentemente inaccessibili o inutilizzabili. Le aziende possono utilizzare tecniche di advanced analytics, quali ad esempio analytics di testo, machine learning, predictive analytics, data mining, statistiche ed elaborazione del linguaggio naturale, per ottenere nuovi insight da origini dati precedentemente non sfruttate, in modo indipendente o insieme ai dati aziendali esistenti.” ^[1]

2. *robot autonomi*: la nuova generazione di robot avrà un costo più basso e maggiori capacità rispetto a quelli attualmente in uso; saranno in grado di interagire tra loro e con le persone e di apprendere da queste interazioni;

“La nuova generazione dei robot, essendo quest'ultimi dotati di capacità di adattamento e di apprendimento che implicano un certo grado di imprevedibilità nel loro comportamento, non è sufficiente a coprire i danni che potrebbero essere dagli stessi causati.

È quindi evidente la necessità di redigere norme nuove, efficaci e al passo con i tempi che corrispondano alle innovazioni e agli sviluppi tecnologici introdotti e utilizzati di recente sul mercato.” [2]

3. *simulazioni*: già in uso nei processi di progettazione, l'utilizzo di sistemi simulativi verrà esteso a tutti i processi produttivi. Questi sistemi elaboreranno i dati raccolti in tempo reale in modelli simulativi virtuali al fine di testare e ottimizzare macchine, prodotti e processi e di anticipare problemi prima che questi avvengano nella realtà;

4. *integrazione orizzontale e verticale dei sistemi informativi*: l'integrazione dei dati e dei sistemi lungo tutta la catena del valore farà in modo che tutti i reparti e le funzioni aziendali diventino parte di un unico sistema integrato;

“L'integrazione verticale, riguarda la comunicazione e condivisione di informazioni, all'interno dell'azienda, ma in maniera trasversale rispetto alla sua struttura gerarchica della stessa.

Un sistema può dirsi integrato verticalmente se riesce a coinvolgere più soggetti, a partire dalla base (ad esempio le linee di produzione) fino ai piani alti del management, cioè coloro che hanno responsabilità decisionali e strategiche per l'azienda.

In questa maniera le informazioni attraversano velocemente tutti i soggetti coinvolti, tagliando di molto i tempi morti che solitamente intercorrono tra l'acquisizione dei dati e il momento decisionale: tutti sono allineati in tempi brevi o meglio in tempo reale.

L'integrazione orizzontale attiene a soggetti esterni all'azienda: ad esempio i fornitori o i distributori o altri soggetti ancora.

Azienda, fornitori e distributori sono qui legati da una rete di condivisione di informazioni attinenti ad esempio la manutenzione delle macchine, o la fornitura di materie prime: in tempo reale il fornitore può essere avvisato della necessità di approvvigionamento di una materia prima; oppure un fornitore di macchine potrà comunicare

tutta una serie di informazioni, attraverso il cloud, che permetteranno all'azienda di gestire al meglio la manutenzione, sia attraverso azioni preventive che predittive.

Nei casi più avanzati, l'integrazione orizzontale potrà raggiungere anche il cliente, il quale potrà ordinare il suo prodotto di massa personalizzato, interfacciandosi direttamente con le macchine presenti in linea di produzione.” [3]

5. *Industrial Internet of Things*: si tratta di quell'insieme di tecnologie e sensori che permetteranno agli oggetti in fabbrica, sia device sia prodotti finiti, di comunicare e interagire tra loro e con le persone via rete. In questo modo l'analisi dei dati e il decision making vengono decentralizzati, rendendo possibile delle risposte in real-time;

“L'IoT può avere moltissimi campi di applicazione, praticamente si può collegare qualsiasi tipo di dispositivo e oggetto, tutto può essere intelligente. Smart city, smart home e building, smart mobility, smart manufacturing, smart agriculture, sono solo alcuni esempi smart di come la tecnologia innovativa dell'internet delle cose può applicarsi all'economia. Secondo importanti società di ricerca, si prevede che i dispositivi intelligenti potrebbero arrivare a circa 25 miliardi entro il 2020. Inoltre, secondo l'agenzia Research and Markets, il valore del mercato dell'IoT entro il 2021 potrebbe valere 661 miliardi di dollari. Da questi semplici dati si capisce benissimo la portata economica del fenomeno: l'internet degli oggetti rappresenta una importante opportunità di business per tutte le imprese del settore, imprese che cavalcano l'onda dell'innovazione e che lavorano per rendere questa tecnologia ancora più smart. Insomma, l'internet delle cose rappresenta oggi la frontiera della crescita di domani.” [4]

6. *cybersecurity*: con l'aumento della connettività tra device, aumenterà l'esigenza, anche in fabbrica, di proteggere i sistemi di produzione e la rete informatica da potenziali minacce;

“La Cybersecurity consiste nel difendere computer, server, dispositivi mobili, sistemi elettronici, reti e dati dagli attacchi dannosi. È anche conosciuta come sicurezza informatica o sicurezza delle informazioni elettroniche. La Cybersecurity si applica a vari contesti, dal business al mobile computing, e può essere suddivisa in diverse categorie.

Sicurezza di rete: consiste nella difesa delle reti informatiche dalle azioni di malintenzionati, che si tratti di attacchi mirati o di malware opportunistico.

Sicurezza delle applicazioni: ha lo scopo di proteggere software e dispositivi da eventuali minacce. Un'applicazione compromessa può consentire l'accesso ai dati che dovrebbe proteggere. Una sicurezza efficace inizia dalla fase di progettazione, molto prima della distribuzione di un programma o di un dispositivo.

Sicurezza delle informazioni: protegge l'integrità e la privacy dei dati, sia quelle in archivio che quelle temporanee.

Sicurezza operativa: include processi e decisioni per la gestione e la protezione degli asset di dati. Comprende tutte le autorizzazioni utilizzate dagli utenti per accedere a una rete e le procedure che determinano come e dove possono essere memorizzati o condivisi i dati.

Disaster recovery e business continuity: si tratta di strategie con le quali l'azienda risponde a un incidente di Cybersecurity e a qualsiasi altro evento che provoca una perdita in termini di operazioni o dati. Le policy di disaster recovery indicano le procedure da utilizzare per ripristinare le operazioni e le informazioni dell'azienda, in modo da tornare alla stessa capacità operativa che presentava prima dell'evento. La business continuity è il piano adottato dall'azienda nel tentativo di operare senza determinate risorse.

Formazione degli utenti finali: riguarda uno degli aspetti più importanti della Cybersecurity: le persone. Chiunque non rispetti le procedure di sicurezza rischia di introdurre accidentalmente un virus in un sistema altrimenti sicuro. Insegnare agli utenti a eliminare gli allegati e-mail sospetti, a non inserire unità USB non identificate e ad adottare altri

accorgimenti importanti è essenziale per la sicurezza di qualunque azienda.”^[5]

7. *cloud*: molte aziende già utilizzano applicazioni cloud-based, ma nell’Industry 4.0 ci sarà l’esigenza di una maggiore condivisione di dati riguardanti anche la fabbrica e, di conseguenza, anche le applicazioni per il controllo e la gestione della produzione dovranno essere disponibili in cloud;
8. *additive manufacturing*: la stampa 3D è attualmente utilizzata solo per la creazione di prototipi o per la produzione di specifici componenti. Nell’industry 4.0 queste tecnologie di additive manufacturing verranno utilizzate in modo più ampio per produrre piccoli lotti di prodotti altamente customizzati, ed essendo realizzabili in più centri dislocati sul territorio, permetteranno di ridurre le distanze per il trasporto logistico dei prodotti finiti;
9. *augmented reality*: si tratta di sistemi che, attraverso un dispositivo mobile, come uno smartphone, o dispositivi di visione (per es. Occhiali a proiezione sulla retina), di ascolto (auricolari) e di manipolazione (guanti), aggiungono informazioni multimediali alla realtà già normalmente percepita dall’uomo. In futuro queste tecnologie verranno utilizzate per fornire informazioni in tempo reale utili per migliorare i processi lavorativi e il decision making. ^[6]

3. DIGITAL TWIN

Il concetto di digital twin costituisce l'essenza stessa del paradigma Industria 4.0: consente di svolgere due tipi di attività: una sperimentale (nel caso, soprattutto, di un prodotto) ed una predittiva (nel caso, tipicamente, di un processo).

Si tratta di una vera e propria svolta per tutte le aziende pronte a cogliere questa opportunità: risparmiare sulla creazione di un costoso prototipo fisico, oppure prevedere in anticipo comportamenti inerenti ad un processo.

3.1 Cos'è un digital twin: significato di gemello digitale

Un digital twin, o gemello digitale, è una copia perfetta digitale delle informazioni che descrivono un'entità reale, sia un prodotto, un processo o un sistema.

La prima volta che il termine digital twin è stato utilizzato risale al 2002 quando Michael Grieves, insegnante presso l'Università del Michigan, parlò di un sistema con il quale si potesse replicare tutte le condizioni e le caratteristiche di un prodotto in maniera digitale. Con l'avanzare della tecnologia e con le continue necessità richieste in molti ambiti, questo concetto è stato portato alla vita e sviluppato sempre più.

Una classificazione comune è tra:

- Digital twin di prodotto: riguarda la progettazione efficiente di un prodotto;

- Digital twin di produzione: riguarda la pianificazione della fabbricazione;

- Digital twin di performance: riguarda l'ottimizzazione dei dati.

Il concetto è lo stesso: il gemello digitale viene usato per prevedere/prevenire il comportamento futuro e le prestazioni del prodotto/processo fisico ad un cambio di variabili e per monitorarne in tempo reale lo stato; inoltre, è capace di intervenire

tempestivamente in caso di guasti o ottimizzarne le prestazioni. In fase di progettazione, viene usato per dedurre la migliore configurazione di componenti per struttura e funzionalità in base ai requisiti necessari. I test vengono eseguiti senza “agire” sul prodotto/processo reale, con la possibilità di seguirne “a distanza” tutto il ciclo di vita e risparmiare tempo, energia, risorse.

3.2 Cenni storici

Le prime versioni di gemelli digitali realizzate sono ad opera della NASA che, avendo bisogno di poter lavorare con dispositivi in grado di funzionare correttamente in ambienti difficilmente replicabili sulla Terra, ha realizzato una struttura con la quale era in grado di poter creare un dispositivo in una versione completamente virtuale, sul quale poi effettuare dei test replicando le stesse identiche condizioni che avrebbe dovuto affrontare nello spazio.

Le prime versioni del digital twin quindi si concentravano principalmente sull’aspetto della simulazione. Successivamente si è deciso di collegare questa copia digitale con la versione fisica del prodotto aerospaziale, cercando di mantenere la copia digitale aggiornata il più possibile con i dati del prodotto fisico in modo tale da poter identificare subito la presenza di anomalie o discrepanze rispetto alla previsione della versione digitale in fase di test.

Il digital twin è perciò rappresentabile mediante tre elementi principali: la parte digitale, la parte fisica ed i dati che vengono trasmessi dalla seconda entità alla prima. Questi tre elementi sono rimasti costanti nel tempo.

3.3 Situazione attuale:

I progressi nel campo della simulazione, insieme alle innovazioni tecnologiche introdotte con la Quarta Rivoluzione Industriale, pongono le aziende di fronte ad una svolta importante: non è più necessario realizzare costosi prototipi fisici per testare le performance di un oggetto ma lo si può fare a livello virtuale attraverso l'uso di un digital twin, ormai considerato uno strumento indispensabile in sede di progettazione e innovazione.

Carlo Gomasca, Managing Director di Ansys, analizzando le potenzialità e l'impatto nel mondo dell'Industria 4.0, ha dichiarato che "il Digital Twin rappresenta un approccio realmente rivoluzionario, grazie al quale le aziende possono analizzare e ottimizzare le prestazioni dei prodotti in condizioni operative reali, facendo previsioni affidabili sulle prestazioni future per migliorare operatività e produttività dei prodotti, ridurre i costi e il rischio di tempi di inattività non pianificati. In questo senso, possiamo certamente affermare che il Digital Twin sia una porta verso il futuro, nonché un volano quanto mai concreto per l'innovazione". [7]

3.4 Come funziona il modello di gemello digitale:

Il punto chiave del “gemello digitale” è che si tratta di un modello software dinamico e funzionale il cui comportamento varia a seconda del contesto in cui viene applicato; cioè se siamo in un ambiente di simulazione oppure, se parliamo di un gemello di qualcosa che esiste già, in funzione del comportamento della controparte fisica, reale.

Il digital twin ha avuto ampia applicazione negli ambienti di progettazione avanzata o comunque molto più evoluta seguendo approcci più convenzionali.

I software di progettazione hanno recepito velocemente il concetto di digital twin acquisendo funzioni sempre più evolute per derivare un modello funzionale dalle specifiche tecniche e dai file di CAD. Ma l’approccio del gemello digitale viene usato anche in molti altri campi, dalla simulazione clinica alla gestione delle future Smart City, creando modelli virtuali del “funzionamento” delle città a partire dai dati che le amministrazioni già hanno sulle varie componenti dell’organismo-metropoli.

L’obiettivo principale, a maggior ragione nell’ambiente progettazione, è **arrivare alla parte fisica del processo creativo solo quando il progetto/modello su cui si sta lavorando è (quasi) pienamente in linea con quello che si voleva ottenere.**

Il digital twin in questo senso è la rappresentazione virtuale ed in tempo reale di un dispositivo fisico, a un grande livello di dettaglio grazie all’applicazione di **sensori** che in ogni istante ne comunicano lo stato fisico.

Un digital twin creato in questo modo ha il compito di rappresentare fedelmente lo stato della controparte reale in quel momento, con il vantaggio che su di esso si possono applicare **algoritmi di simulazione** per valutare come il dispositivo fisico reagirebbe variando le condizioni di funzionamento.

Il virtuale ha il grande vantaggio di poter essere ovunque, indipendentemente da dove si trova il suo gemello fisico. Possiamo quindi ad esempio immaginare scenari in cui uno staff tecnico

stabilisce come intervenire al meglio su un dispositivo che sta all'altro capo del pianeta, dove ci sono persone che possono eseguire le loro istruzioni ma non hanno le competenze per escogitare direttamente soluzioni.

La "porta" che collega spazio fisico e spazio virtuale è l'**Internet of Things**: i sensori e i trasduttori posizionati nel prodotto e/o nell'impianto e/o nella linea di produzione che inviano flussi di dati in tempo reale, rielaborati e archiviati grazie al **machine learning**.

Nell'ambito dell'ingegneria di sistema, per la fase di **progettazione 3D**, si utilizzano librerie che generano scenari in un unico modello e parametrizzano i componenti dai fogli dati, così da simulare la configurazione personalizzata richiesta e accelerare il processo di sviluppo.

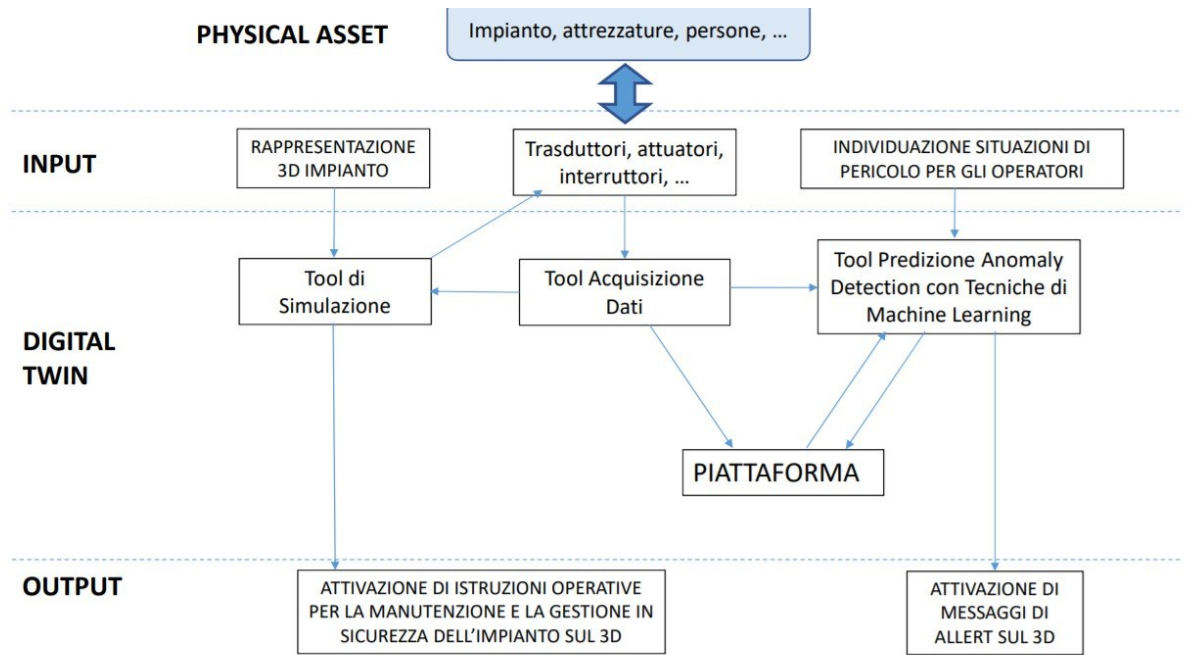
Un'altra azione possibile è l'**analisi modale**: se nell'impianto e/o nella linea di produzione sono presenti utensili da taglio, che subiscono vibrazioni e sollecitazioni meccaniche, attraverso l'analisi automatizzata dei dati dei test si recuperano le frequenze e le modalità di vibrazione "naturali" per capire l'affidabilità dell'utensile stesso e si combinano con l'analisi 3D per vedere quali parti subiscono sollecitazioni effettive e verificare che il design sia compatibile con le condizioni operative richieste.

Un problema comune agli impianti industriali è l'interferenza elettromagnetica dovuta alla compresenza, nella linea di produzione, di macchine elettriche che integrano dispositivi IoT e cavi di alta tensione: un'**analisi elettromagnetica** consente di controllare la distribuzione del campo magnetico all'interno del singolo attuatore, ma anche le prestazioni dinamiche rispetto a diverse configurazioni e, qualora non fossero ottimali, di rimodellare le caratteristiche dell'attuatore grazie alle librerie di materiali del software.

In fase di **manutenzione**, l'operatore può interagire con il digital twin, comunicare la diagnostica e valutare in tempo reale il comportamento della macchina/impianto/linea di produzione, visualizzando anche i documenti e lo storico dei dati relativi a ciò che sta controllando.

La forza del digital twin è poter garantire tutti questi processi insieme, all'occorrenza, e monitorare l'intero ciclo di vita del prodotto o dell'impianto, perché ogni dato ricevuto diventa un "oggetto" esplorabile, confrontabile, tracciabile e utilizzabile per prendere decisioni.

3.5 Architettura di un Digital Twin



Dopo aver illustrato il funzionamento di un gemello digitale, è fondamentale comprendere la sua architettura in senso pratico.

Come illustrato in figura, la struttura fisica necessita di essere riprodotta attraverso modelli di rappresentazione 3D ed è incarico dei progettisti individuare le varie problematiche a cui è sottoposto un impianto (ad esempio situazioni di pericolo per gli operatori). Questi sono i dati in input per la costituzione di un gemello digitale.

I gemelli digitali tramite apposite applicazioni prendono in esame dati, effettuano operazioni di simulazione e generano in output informazioni elaborate. Talvolta, i programmi possono interagire con l'operatore tramite messaggi di alert in caso di specifiche operazioni svolte o fornire istruzioni in ambito di manutenzione o sicurezza.

3.6 Vantaggi del digital twin

Dall'analisi effettuata riguardo il funzionamento di un gemello digitale possono emergere importanti punti di forza di questi modelli:

- migliorano le prestazioni delle risorse;
- svolgono attività di manutenzione preventiva basata sui dati forniti in tempo reale dai sensori;
- apportano ulteriori benefici a livello di filiera;
- potenziano la capacità di ascolto del cliente per gestire l'offerta in base al delinearsi della domanda;
- innescano il circolo virtuoso della produzione basata su una personalizzazione sempre più spinta.

“Oltre a portare vantaggi al processo produttivo, il modello digital twin aiuta a regolamentare i rapporti fra i diversi reparti in un'ottica di condivisione e di collaborazione che consente di immettere sul mercato prodotti altamente funzionali.

Non va dimenticato che un prodotto spesso è un aggregato di varie componenti, normalmente realizzate da aziende diverse. In un'ottica di azienda estesa o di catene aziendali, i digital twin permettono massima trasparenza informativa in fase di progettazione e di realizzazione. Un'azienda sviluppa il suo modello e lo consegna all'altra che lo integrerà nel proprio modello (o lo farà interagire) fino ad arrivare alla azienda che dovrà assemblare tutti i componenti che simulerà questa operazione sui diversi modelli ricevuti.” [8]

3.7 Alcuni esempi di digital twin

I digital twin possono essere potenzialmente applicati a qualsiasi prodotto/impianto industriale.

Fornendo una visione in tempo reale di ciò che sta accadendo con le apparecchiature o altre risorse fisiche, i digital twin risultano strategici nel supportare la produzione, riducendo i problemi di manutenzione e garantendo prodotti ottimizzati. Ma ci sono anche altri ambiti dove le piattaforme di gestione dei gemelli digitali possono portare valore aggiunto.

-Manufacturing: Fameccanica, tra i principali player mondiali dell'industria delle macchine per la produzione di pannolini e assorbenti igienici, si è dotata di una virtual room nella quale può riprodurre, in dimensioni reali e in 3D, i propri macchinari per migliore sviluppo del prodotto ma anche per formare i manutentori.

-Oil & Gas: Chevron, ad esempio, da qui al 2024 prevede di risparmiare milioni di dollari in costi di manutenzione di piattaforme petrolifere e raffinerie.

-Energia rinnovabile: General Electric da alcuni anni ha esteso l'utilizzo dei digital twin ai sistemi eolici risolvendo così anche tutta la fase di manutenzione e controllo post vendita. Quando la turbina viene venduta, viene associata ad un gemello digitale. Il prodotto fisico contiene una varietà di sensori che in tempo quasi reale comunicano con la turbina virtuale, fornendo dati sull'accensione, la velocità di rotazione delle pale, la potenza elettrica istantanea, l'attrito (riscaldamento) dei diversi componenti e così via.

-Sanità: i digital twin possono rivoluzionare sia le operazioni sanitarie che l'assistenza ai pazienti. Avere un gemello digitale di un paziente, con una rappresentazione tridimensionale di organi, ossa, sistema venoso, linfatico e nervoso consente ai chirurghi e agli operatori sanitari di sperimentare le procedure in un ambiente simulato piuttosto che su un paziente reale. I sensori delle dimensioni delle bende possono monitorare i pazienti e produrre modelli digitali che possono essere monitorati dall'Intelligenza Artificiale e utilizzati per migliorare l'assistenza.

-Sport: digital twin sono utilizzati anche per perfezionare le corse automobilistiche di Formula 1. Usare la simulazione può aiutare il guidatore e il team automobilistico a sapere quali regolazioni possono contribuire a migliorare le prestazioni prima di scendere in pista.

-Smart city: esiste persino un gemello digitale di Singapore. Considerando tutte le variabili relative alla gestione di una città, il gemellaggio digitale aiuta gli urbanisti a comprendere come migliorare l'efficienza dei consumi energetici, a gestire il traffico, i servizi pubblici e a identificare nuove applicazioni che possono migliorare la vita dei cittadini.

4. Modellazione 3D

La copia di un gemello digitale può essere fisica, attraverso modelli 3D o virtuale, tramite simulazione ad elementi discreti.

In entrambi i casi, si tratta di una realtà riprodotta digitalmente con lo scopo di simulare un prodotto per verificarne le funzionalità.

Risulta particolarmente interessante lo studio dello sviluppo di sistemi CAD, in quanto progettando i prodotti con i software CAD 3D NX e Solid Edge si ricrea automaticamente in maniera digitale qualcosa che poi verrà realizzato.

Per poter simulare alla perfezione un prodotto bisogna attuare la tecnica del “total modeling” e cioè l'intero prodotto o modulo deve essere disegnato in 3D in modo da poterne valutare ingombri, pesi e caratteristiche fisiche e dinamiche.

4.1 Vantaggi

L'utilizzo dei modelli 3D risulta particolarmente interessante sotto vari aspetti; emergono tra questi 4 vantaggi, come riportato dal sito Bf Solidworks:

1. *Velocità*

“La modellazione 3D permette di costruire virtualmente siti o strutture più veloci dei disegni 2D o dei modellini plastici.

I professionisti devono essere in grado di interpretare correttamente i dati a colpo d'occhio e i modelli 3D lasciano pochi dubbi sulle caratteristiche di un luogo o di una struttura perché forniscono un quadro più preciso.

Tutto questo significa che i progettisti possono completare i progetti in modo più rapido.” [9]

2. Precisione e Controllo

“La scansione laser 3D raccoglie dati accurati sulle condizioni del sito e i professionisti possono utilizzare i set di dati per creare modelli localizzati di spazi reali. Questo significa che gli addetti ai lavori non devono perdere tempo a misurare e riesaminare parti di una struttura o di un sito per sviluppare un modello preciso. La scansione laser 3D elude la possibilità di errori costosi da verificare e accerta che l’ufficio tecnico noti i problemi di progettazione o le debolezze nell’integrità strutturale di un sito prima di versare il calcestruzzo o di costruire una parete.” [10]

3. Visualizzazione dello scenario

“Altro elemento differenziante tra i disegni CAD 2D e quelli CAD 3D è che i progettisti nel secondo caso possono manipolare i modelli in un modo che spesso non è possibile nel primo. I professionisti sono in grado di testare gli scenari what-if con i loro disegni in 3D, supportando la convalida dei loro progetti e identificando eventuali problemi con la qualità del design. Le modellazioni 3D permettono un risparmio di tempo e denaro da parte dell’ufficio tecnico confermando le loro esigenze di progetto. Inoltre, questo tipo di modelli offre un quadro accurato di come è possibile modificare i disegni se necessario. È molto più facile e meno costoso modificare un progetto nella fase di progettazione piuttosto che dopo che una parte del lavoro è già stata completata.” [11]

4. Riduzione dei tempi di attesa

“A causa della precisione e della flessibilità dei modelli 3D, i disegnatori possono trascorrere meno tempo nella fase di progettazione dei loro progetti e più tempo sul completamento effettivo di ogni attività. Utilizzando la modellazione 3D i professionisti sono in grado di identificare qualsiasi problema in anticipo, risparmiando sulla necessità di rielaborare scadenze e orari o di aumentare il budget. I modelli sono essenziali per chi progetta, che non deve accontentarsi dell’utilizzo di disegni 2D tradizionali e dei

rendering dei progetti. La modellazione 3D che utilizza i dati raccolti da scanner laser può dare a questi professionisti i vantaggi necessari per completare i progetti in modo rapido, efficiente e all'interno del budget.” [12]

4.2 Sviluppo della modellazione 3D nel mercato

CATIA e SOLIDWORKS sono i due brand di punta, nella piattaforma 3DExperience

Com'è noto, il cuore dell'offerta della multinazionale francese Dassault Systèmes è la piattaforma 3DEXPERIENCE, che consente a una azienda di svolgere al contempo più attività: progettazione e servizi di modellazione 3D, gestione dei dati, collaborazione sociale, simulazione e indicizzazione dei Big Data in tutte le discipline aziendali, dall'ingegneria alle vendite; ma anche di implementare sistemi per sperimentare virtualmente l'utilizzo di un prodotto nel mondo reale. La piattaforma ha integrato brand preesistenti nello stesso ambiente digitale, tanto che l'utilizzatore non ha più percezione di utilizzare le funzionalità di un marchio o l'altro, poiché utilizza una soluzione di processo. Sono applicazioni che si integrano l'un l'altra nello stesso sistema.

Catia e Solidworks servono espressamente per la progettazione tridimensionale. Sono nati, rispettivamente 30 e 20 anni fa; pertanto sono il primo e il secondo marchio della piattaforma.

Catia è ai vertici del settore Cad (computer aided design) in 3D, ed è uno strumento molto sofisticato, nato per la progettazione in ambito aerospace e automotive.

Solidworks, invece, viene generalmente utilizzato per progettare oggetti di scala inferiore. È più semplice da utilizzare, ed è molto popolare nelle piccole e medie imprese, ma anche tra i maker, nei fablab e negli incubatori. Entrambi i software possono essere ceduti con una licenza “perpetua” o con una temporanea, in linea con un business model, il nostro, molto flessibile.

4.3 Applicazione al caso concreto di macchine utensili

Per quanto riguarda la creazione di un gemello digitale in ambito di macchine utensili, si procede come già illustrato nei precedenti capitoli, alla creazione di un modello tridimensionale che avrà quindi la funzione di simulare il comportamento del nostro prodotto.

Facendo riferimento al trapano a colonna presente nel dipartimento di ingegneria industriale e scienze matematiche presso l'Università Politecnica delle Marche, è interessante analizzare le modalità di costruzione del suo gemello digitale.

Risulta necessario in contesti analoghi, effettuare questo tipo di operazioni, in particolare nel caso di macchine utensili, per molteplici motivi:

- *Simulazione*: simulare il comportamento del macchinario
- *Costi elevati*: prima di investire nella realizzazione/acquisto di un macchinario, prevedere la sua buona riuscita e fare una stima del suo ruolo nell'attività aziendale risulta un efficace punto di forza.
- *Sicurezza*: la sicurezza rappresenta un fattore di responsabilità per l'azienda, che investe in determinati macchinari, e per il progettista. Con un'analisi preventiva del comportamento dell'utensile, oltre che prevedere eventuali rischi, si può gestire l'attività di manutenzione e fare un'analisi di fattibilità (che valuti il reale posizionamento del macchinario all'interno del contesto aziendale).

Possiamo suddividere per fasi, le azioni che portano alla creazione di un modello 3D del macchinario in questione.

1. FASE 1: *Ispezione visiva*

E' necessario per il progettista effettuare una scansione iniziale del macchinario da riprodurre in modo da aver chiare le modalità con cui operare e gli strumenti adatti all'utilizzo.

2. FASE 2: *Misurazioni*

A questo punto il progettista, servendosi dei vari strumenti di cui dispone dovrà effettuare le misurazioni del macchinario per poterlo riprodurre il più fedelmente possibile su software adibiti al disegno tridimensionale.

3. FASE 3: *Disegno*

Si procede alla costruzione dell'utensile per parti.

Il trapano a colonna è stato progettato su software Solid Edge di Siemens, un portafoglio di software per lo sviluppo dei prodotti, che abbraccia le fasi di progettazione, simulazione, produzione, pubblicazioni tecniche, gestione dei dati e molto altro.

Nei primi step di progettazione è buona norma, suddividere idealmente l'utensile in parti, in modo da costruire più pezzi semplici; procedendo con queste modalità si potrà, in una fase finale, creare un assieme che, tramite vincoli forniti dall'applicazione, garantirà la connessione e la mobilità adeguata tra i singoli "pezzi".

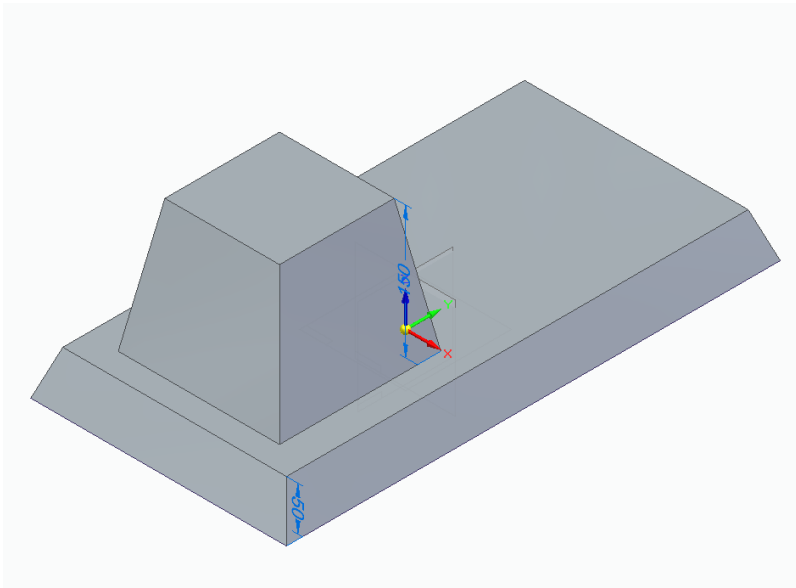


Figura 1

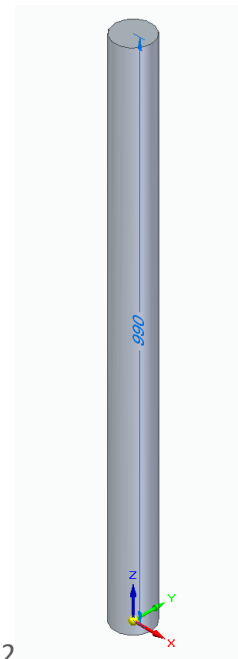


Figura 2

Le figure 1 e 2 illustrano rispettivamente la base del trapano e la colonna del trapano, entrambe coerenti con le misure effettuate.

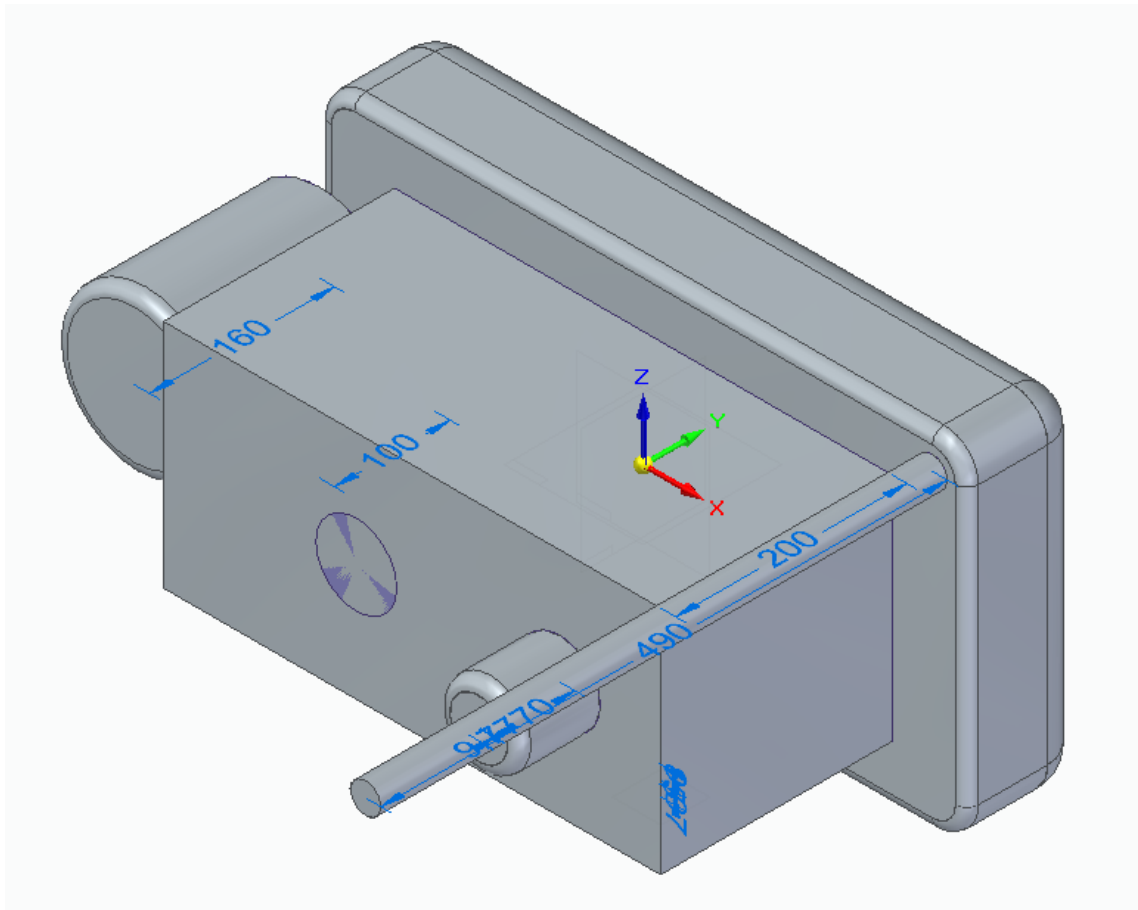


Figura 3

La figura 3 mostra la testa del trapano. A questo livello, il grado di dettaglio del disegno aumenta ed è fondamentale progettare il pezzo tenendo conto delle relazioni necessarie per assemblare in modo corretto i componenti. In particolar modo la testa del trapano risulta più interessante in quanto i singoli pezzi presenti risultano fissi tra loro.

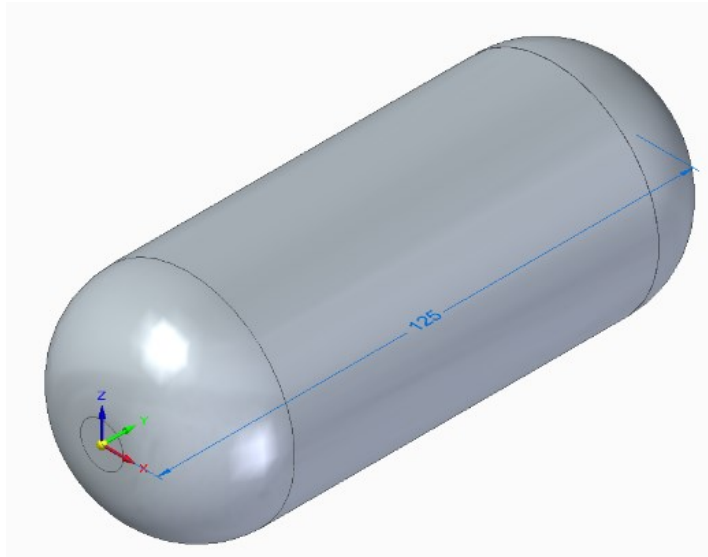


Figura 4

La figura 4 è la rappresentazione del mandrino, un dispositivo meccanico, installato su una macchina utensile, il quale permette di serrare e tenere fermo qualsiasi pezzo in lavorazione nonché di trascinare in rotazione un utensile o pezzo che sia esso una punta da trapanatura o fresatura, un pezzo assialsimmetrico o di altre generiche forme, allo scopo di poter eseguire su/con esso un certo tipo di lavorazione.

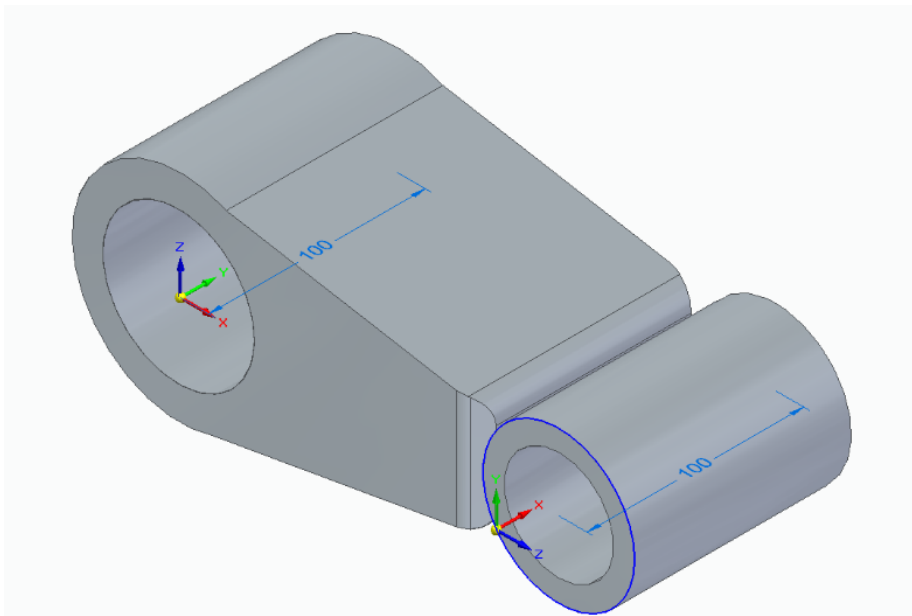


Figura 5

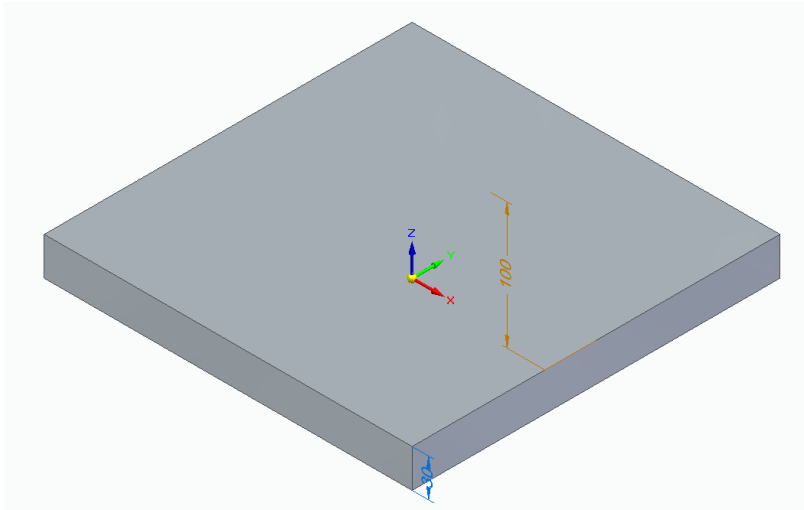


Figura 6

Le figure 5 e 6 illustrano il supporto della tavola e la tavola di lavorazione. Il supporto della tavola sarà vincolata e fissata alla colonna che collega la base del trapano con la testa ed ha l'importante ruolo di supportare la tavola di lavorazione. La tavola di lavorazione è il vero e proprio supporto ai pezzi in lavorazione.

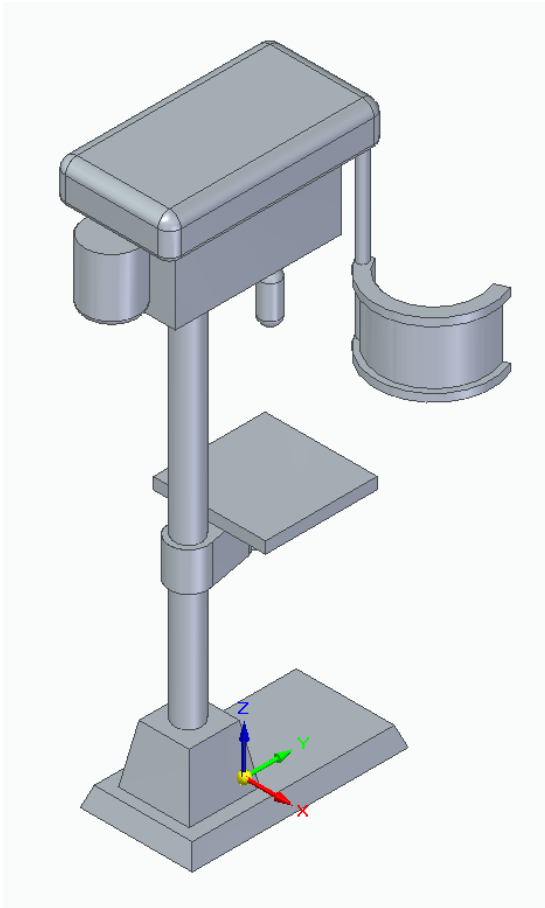
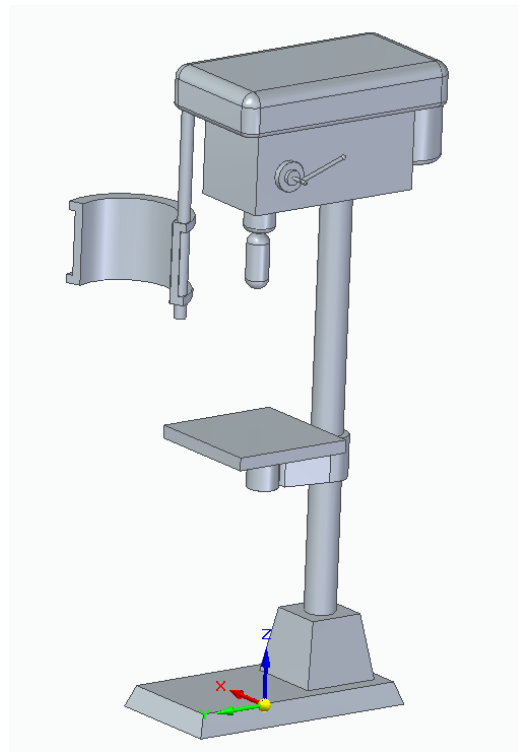


Figura 7

Figura 8



Terminata la progettazione dei pezzi, il software permetterà, tramite apposita funzione, di creare un assieme.

La funzione assieme mi consente di vincolare i pezzi tra loro, in modo da garantire la loro funzionalità.

Le figure 7 e 8 mostrano il modello 3D del trapano a colonna; esso sarà in grado di simulare il vero e proprio comportamento del trapano.

Per quanto riguarda la progettazione del gemello digitale, il modello 3D è il primo passo da effettuare; successivamente si dovrà ricorrere allo sviluppo di un modello matematico, necessario per analizzare i parametri di funzionamento del trapano (resistenza, velocità...), cioè è possibile effettuare un'analisi di scenario: impostando condizioni diverse si può studiare la risposta del sistema.

5. CONCLUSIONI

Si può affermare che ad oggi, stante la scarsa cultura delle imprese verso i benefici dell'Industry 4.0, il Digital Twin di livello 0 è implementabile nella maggior parte delle piccole e medie imprese appartenenti al gruppo delle "Imprese Innovatrici".

Risulta in particolar modo fondamentale la conoscenza dei Digital Twin in ambiti manifatturieri come illustrato nel pratico esempio della modellazione di un trapano a colonna.

E' importante sottolineare nuovamente quanto i miglioramenti al digital twin possono potenziare le sue capacità predittive e portarle molto al di là di quanto si possa ottenere nel processo di progettazione.

Le previsioni del digital twin possono essere utilizzate per determinare la causa di problemi di performance, valutare i risultati di diverse strategie di controllo, definire schemi di manutenzione ottimali, ecc.

Il digital twin può inoltre fornire informazioni sul prodotto o processo che non possono essere misurate con i sensori come la velocità di flusso nei passaggi interni; In sostanza, essi permettono di migliorare prestazioni e affidabilità, riducendo i costi operativi.

L'augurio è quello di continuare ad investire in questo settore ed adoperare la tecnologia in modo efficace ed efficiente, cercando di superare la sfiducia in campo di digitalizzazione.

6. Bibliografia

[1] <https://www.ibm.com/it-it/analytics/hadoop/big-data-analytics>

[2] <https://www.agendadigitale.eu/cultura-digitale/cosa-sono-i-robot-autonomi-intelligenti-le-sfide-normative/>

[3] <https://mynext.it/2018/09/integrazione-verticale-e-orizzontale-dei-sistemi-cosa-significa/>

[4]

https://mestiereimpresa.bnl.it/roller/MI/entry/internet_of_thigs

[5] <https://www.kaspersky.it/resource-center/definitions/what-is-cyber-security>

[6] <https://www.francescoiannello.com/i-9-punti-che-caratterizzano-lindustria-4-0>

[7] <https://www.ilprogettistaindustriale.it/digital-twin-un-volano-per-linnovazione/>

[8] <https://www.digital4.biz/executive/digital-twin-cose-e-come-funziona-il-modello-del-gemello-digitale/>

[9],[10],[11],[12] <https://progettazione3d.valorebf.it/4-benefici-della-modellazione-3d/>