



# **Università Politecnica delle Marche**

**Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Gestionale**

---

**Lo strumento AnyLogic per il supporto alle decisioni in  
sistemi complessi**

**The AnyLogic tool for decision support in complex systems**

Relatore:

Correlatore:

Laureando: **Umberto Gerardo Quiese**

**Anno Accademico 2022/2023**



## Sommario

<b>1</b>	<b><i>L'Industria 4.0</i></b> .....	<b>3</b>
1.1	<i>IOT</i> .....	6
1.2	<i>L'intelligenza Artificiale</i> .....	7
1.3	<i>La Robotica</i> .....	10
1.4	<i>Il Cloud Computing</i> .....	13
1.5	<i>La Cybersecurity</i> .....	17
1.6	<i>Big Data Analytics</i> .....	20
1.7	<i>Additive manufacturing</i> .....	23
1.8	<i>Man-Machine Interface</i> .....	25
<b>2</b>	<b><i>Introduzione alla filiera produttiva</i></b> .....	<b>27</b>
<b>3</b>	<b><i>Introduzione alla simulazione</i></b> .....	<b>29</b>
3.1	<i>Ottimizzazione e creazione dei processi produttivi</i> .....	34
<b>4</b>	<b><i>Il software di simulazione AnyLogic</i></b> .....	<b>36</b>
<b>5</b>	<b><i>Composizione e ciclo di produzione delle scarpe</i></b> .....	<b>42</b>
5.1	<i>Progettazione</i> .....	51
5.2	<i>Sviluppo dei prototipi</i> .....	53
5.3	<i>Taglio dei materiali</i> .....	54
5.4	<i>Assemblaggio</i> .....	55
5.5	<i>Montaggio della suola</i> .....	56
5.6	<i>Rifinitura</i> .....	57
5.7	<i>Controllo di qualità</i> .....	58
5.8	<i>Confezionamento e distribuzione</i> .....	59
5.9	<i>Marketing e vendite</i> .....	60
<b>6</b>	<b><i>Creazione di un modello di produzione di calzature</i></b> .....	<b>62</b>



## ***1 L'Industria 4.0***

L'industria 4.0 è un concetto che sta rivoluzionando il mondo della produzione industriale. Si tratta di un insieme di tecnologie avanzate, tra cui l'Internet of Things (IoT), l'intelligenza artificiale, la robotica, il cloud computing e la realtà aumentata, che stanno trasformando il modo in cui le aziende producono beni e servizi.

Il termine "industria 4.0" ha avuto origine in Europa, in particolare in Germania, dove è stato introdotto nel 2011 dal professor Henning Kagermann, ex CEO di SAP. Kagermann, insieme a Wolfgang Wahlster e Wolf-Dieter Lukas, ha presentato il concetto di industria 4.0 alla Fiera di Hannover come parte del progetto Zukunftsprojekt Industrie 4.0, che mirava a modernizzare il sistema produttivo tedesco. Il progetto ha suscitato grande interesse a livello internazionale, portando alla creazione di programmi di finanziamento per le imprese che investono in queste tecnologie. L'obiettivo principale di industria 4.0 è quello di creare una "*quarta rivoluzione industriale*", in cui l'utilizzo delle nuove tecnologie digitali permette di migliorare l'efficienza dei processi produttivi e aumentare la flessibilità delle fabbriche. Le tecnologie utilizzate nell'industria 4.0 permettono di creare "fabbriche intelligenti" in cui le macchine sono connesse tra loro e con il mondo esterno, scambiando informazioni e lavorando in modo coordinato.

Alcuni dei pilastri fondamentali dell'industria 4.0, sono i seguenti:

1. *L'IoT*, ad esempio, consente alle macchine di comunicare tra di loro e con i sistemi informatici aziendali, fornendo informazioni in tempo reale sulla produzione e sulle condizioni operative.
2. *L'intelligenza artificiale*, invece, consente alle macchine di apprendere dalle esperienze passate e di migliorare le prestazioni in modo autonomo. Ciò significa che le macchine possono effettuare

- diagnosi e manutenzione preventiva, evitando problemi futuri e riducendo i tempi di inattività.
3. *La robotica* permette di automatizzare i processi produttivi, riducendo i costi di produzione e aumentando la qualità dei prodotti. Le macchine possono essere programmate per eseguire compiti ripetitivi e pericolosi, liberando il personale umano per svolgere compiti più creativi e di valore aggiunto.
  4. *Il cloud computing* consente di gestire grandi quantità di dati prodotti dalle macchine e di analizzarli per estrarre informazioni utili. Ciò consente di effettuare analisi predittive sulla produzione, sulla manutenzione e sulla qualità dei prodotti, consentendo di prendere decisioni informate e di migliorare continuamente i processi produttivi.
  5. *La cybersecurity* con l'aumento della connettività tra i dispositivi, è diventato necessario proteggere i sistemi di produzione della fabbrica e la rete IT da potenziali minacce. Gli attacchi informatici possono essere di vario tipo, come phishing, malware, ransomware e attacchi DDoS, ma con una corretta strategia di cybersecurity e la formazione dei propri utenti, si può ridurre il rischio di essere vittime di un attacco informatico. Spesso questo aspetto viene sottovalutato, ma è importante tenerlo in considerazione fin dall'inizio, per una corretta protezione dei dati personali.
  6. *Big Data Analytics*: l'analisi di grandi quantità di dati generati da sistemi IoT e da altre fonti, per ottenere informazioni utili per la pianificazione della produzione, la manutenzione preventiva, la gestione della qualità, e altri processi aziendali.
  7. *Additive Manufacturing*: l'utilizzo di stampanti 3D per la produzione di componenti personalizzati e di alta precisione, riducendo i costi e i tempi di produzione.
  8. *Man-Machine Interface*: l'interazione tra l'uomo e la macchina, con l'utilizzo di dispositivi di interfaccia uomo-macchina (HMI) come touch screen, occhiali intelligenti, e altri dispositivi.

9. *Simulazione*: la simulazione digitale di processi di produzione e prodotti, permettendo la valutazione delle prestazioni e la riduzione dei costi e dei tempi di sviluppo.

L'industria 4.0 rappresenta una grande opportunità per le imprese che vogliono rimanere competitive sul mercato globale. Tuttavia, la trasformazione digitale richiede un cambio di mentalità e di cultura aziendale, così come la formazione e lo sviluppo di nuove competenze. Le aziende devono investire nella formazione del personale, al fine di garantire che i propri dipendenti possano utilizzare al meglio le nuove tecnologie e lavorare in modo più efficiente e collaborativo.

Oltretutto, l'industria 4.0 ha un impatto significativo sulle catene di fornitura, in quanto le tecnologie digitali consentono di migliorare la comunicazione e la collaborazione tra le aziende le quali possono utilizzare i dati generati dalle macchine per ottimizzare i processi di approvvigionamento e di gestione delle scorte, riducendo i costi e migliorando l'efficienza. L'industria 4.0 sta anche creando nuove opportunità di business, ad esempio nel campo dei servizi connessi ai prodotti industriali. Le aziende possono offrire servizi di manutenzione e riparazione, di monitoraggio remoto e di analisi dei dati, generando nuove fonti di reddito.

Tuttavia, l'implementazione dell'industria 4.0 può comportare anche alcuni rischi. Ad esempio, l'automatizzazione dei processi produttivi può portare alla perdita di posti di lavoro, soprattutto in alcune attività ripetitive e meno qualificate. Inoltre, l'interconnessione delle macchine e dei sistemi informatici rende le aziende più vulnerabili agli attacchi informatici, richiedendo un'attenzione particolare alla sicurezza informatica. Per affrontare questi rischi, è importante che le imprese e i governi adottino politiche di inclusione sociale, di formazione continua e di sicurezza informatica. Fondamentale è la collaborazione delle aziende con i propri

dipendenti e con gli stakeholder per definire politiche sostenibili e responsabili, che garantiscano la creazione di valore a lungo termine.

Inoltre, l'industria 4.0 rappresenta anche una grande opportunità per l'innovazione sociale e ambientale. Ad esempio, le tecnologie digitali possono essere utilizzate per migliorare la sostenibilità dei processi produttivi, riducendo l'impatto ambientale e promuovendo un'economia circolare. Inoltre, l'automatizzazione dei processi produttivi può portare a una maggiore sicurezza sul lavoro, riducendo il rischio di incidenti e di malattie professionali.

In sintesi, l'industria 4.0 rappresenta una grande sfida per le imprese, ma anche un'importante opportunità per la crescita e l'innovazione. Per sfruttare al meglio tutto ciò, le imprese devono adottare una visione a lungo termine, investire in tecnologie avanzate, formare e sviluppare il personale e collaborare con gli altri attori del sistema produttivo. In questo modo, l'industria 4.0 può diventare un motore di sviluppo sostenibile, capace di creare valore per le imprese, per i lavoratori e per la società nel suo insieme. (1)

## ***1.1 IOT***

Dato il numero crescente di dispositivi connessi, circa 17 miliardi con una stima di accrescimento fino a 70 miliardi nei prossimi 3 anni, ha reso sempre più indispensabile la presenza di “oggetti smart connessi” e non più “muti”; quindi, è sempre più necessario utilizzare strumenti interconnessi e simulazioni di processo.

Un vantaggio cruciale dell'IOT è quello di poter trasferire informazioni in tempo reale dai centri di lavoro ai centri di gestione questo permette un controllo costante dell'operato di questi sistemi e quindi di poter risolvere in maniera istantanea tali problemi.

La simulazione, in particolare attraverso l'utilizzo dei *digital twin*, è un'importante tecnologia che permette di testare nuove idee e tecnologie in

un ambiente virtuale, riducendo i costi e i rischi associati alla sperimentazione in campo reale. Inoltre, consente la formazione e l'addestramento degli operatori e dei tecnici, migliorando l'efficienza del processo di formazione e aumentando la sicurezza sul lavoro.

L'Internet of Things (IoT) industriale se utilizzato nel modo corretto è capace di generare valore dalle informazioni fornite dagli oggetti connessi.

Lo scopo dei sistemi simulativi combinati con l'IOT, è quello di riprodurre tutte le fasi di un processo produttivo e quindi rilevarne i dati di particolare importanza per poi utilizzarli per ridurre tutti gli sprechi relativi alle operazioni svolte dall'azienda e a migliorare alcuni già presenti e per lo sviluppo di nuovi più efficaci e redditizi.

Un esempio può essere la limitazione di scarti, sfridi e giacenze di magazzino troppo elevate oppure per la manutenzione preventiva e la gestione della qualità. Questa tecnica viene chiamata **big data analytics**.

Inoltre, tali strumenti possono essere sfruttati per lo sviluppo di nuove generazioni di prodotti, tra cui dispositivi come apparecchiature mediche, tecnologia wearable, auto connesse o turbine industriali.

In conclusione, l'integrazione tra l'Internet of Things e la simulazione offre alle aziende un vantaggio competitivo sul mercato globale sempre più connesso e smart. L'utilizzo dei digital twin e dei simulatori consente di ridurre i costi, aumentare l'efficienza e migliorare la sicurezza sul lavoro, guidando l'innovazione e migliorando le prestazioni dei prodotti e dei processi industriali. (5)(6)

## ***1.2 L'intelligenza Artificiale***

L'intelligenza artificiale è uno strumento che ci permette di creare hardware e software "intelligenti". Questo termine sta a significare che molte di queste macchine hanno percezioni visive e sensoriali oltre che capacità di calcolo che permettono alla macchina di prendere delle decisioni in base alla situazione in cui è sottoposta. In altre parole, molte

delle decisioni che in passato potevano essere prese soltanto da esseri umani perché dotati di razionalità, adesso possono essere svolte da delle macchine.

Essa vede la sua nascita nel 1956 in un convegno che trattava nuove tecnologie. In questo importantissimo convegno vennero presentate le prime intelligenze artificiali capaci di effettuare dei ragionamenti su complessi quesiti matematici. Uno dei più importanti è stato il *programma Logic Theorist*, sviluppato da Allen Newell e Herbert Simon, esso era capace di dimostrare alcuni teoremi matematici. Gli anni successivi a questo convegno hanno portato ad un grosso interesse da parte di molte aziende ed enti che hanno deciso di investire molto su queste nuove tecnologie, una delle prime fu l'IBM. Successivamente si crearono molti altri software capaci di fare calcoli matematici molto complessi. Negli anni Sessanta si inventò il primo linguaggio di programmazione legato all'intelligenza artificiale, nello stesso periodo, si notarono, le prime difficoltà di sviluppo legate al fatto che queste intelligenze artificiali non riuscivano ad avere l'intuito che un essere umano aveva. Queste problematiche vennero successivamente risolte poiché si rese necessario lo sviluppo di nuove tecnologie che possano essere applicate non solo in campo matematico ma anche in quello della vita comune. Un grosso impulso allo sviluppo delle intelligenze artificiali fu dato non solo dal campo informatico ma anche da quello biologico infatti nel 1969, alcuni studenti, del Institute of Technology realizzarono un programma, denominato *DENDRAL*, che era capace di costruire una molecola semplice a partire dalle informazioni ottenute dallo spettrometro di massa. Un ulteriore sviluppo si ebbe negli anni 80 con la creazione di un algoritmo che permetteva l'apprendimento per reti neurali, i cui studi riguardavano non solo i campi informatici e matematici ma anche campi di tipo cognitivo e psicologico. Un esempio di quanto queste tecnologie siano avanzate può essere quello delle sfide a scacchi tra Deep Blue, e il campione di scacchi allora in carica Garry Kasparov. Lo stesso campione, ammise che all'inizio battere l'intelligenza artificiale era molto semplice ma con il passare del

tempo essa imparava e apprendeva nuove tecniche rendendole quasi degli algoritmi, era arrivato ad un punto che l'intelligenza artificiale aveva raggiunto un livello di creatività tale che superava anche le capacità del campione stesso. Con il passare del tempo e con l'evolversi delle tecnologie lo sviluppo dell'intelligenza artificiale ha portato alla creazione di strumenti capaci di captare degli stimoli esterni e studiare dei dati in input per poi prendere delle decisioni autonome. Successivamente si crearono dell'intelligenze capaci di imparare dai propri errori e quindi fare esperienza nel tempo e migliorare il proprio comportamento in modo da avere un a capacità decisionale molto simile a quella dell'uomo. Tutto questo grazie al machine learning. Quindi una macchina può imparare a risolvere dei problemi senza mai essere stata programmata per quel particolare compito. Esistono in genere tre tipologie di “apprendimento”, che variano in base all' approccio che si ha con la macchina:

- Apprendimento supervisionato, alla macchina vengono forniti degli esempi da seguire e in base a tali la macchina deve comprendere in ragionamento generale e il collegamento che c'è tra input e output e successivamente imparare a svolgere il proprio compito.
- Apprendimento non supervisionato, in questo caso, alla macchina non viene fornito alcun tipo di informazione riguardante l'output, ma soltanto l'input; quindi, la macchina è obbligata a tentare fare degli errori e imparare da essi.
- Infine, è possibile istruire le macchine tramite un apprendimento per rinforzo, le macchine lavoreranno in un ambiente dinamico dove i dati in input sono variabili e ponendo alla macchina un obiettivo; quindi, la macchina dovrà svolgere il suo compito senza o con una quantità di dati molto limitata.

L'intelligenza artificiale ha molti campi di applicazione, tra cui i sistemi di sicurezza e di assistenza vocale, esse infatti utilizzano delle tecnologie tipiche delle intelligenze artificiali, ma anche nel campo automobilistico, un esempio può essere quello della guida assistita, il pilota automatico o tutti i sistemi automatici di regolamento della velocità nel traffico. Ma in

molti altri campi come la robotica, medicina, l'automazione e dei videogiochi. In conclusione, è possibile dire che l'intelligenza artificiale rappresenta una realtà odierna ed è applicabile a molti casi della vita quotidiana, ci sono ancora molte scoperte e miglioramenti da fare ma è possibile immaginare che un giorno la macchina possa sostituire del tutto l'uomo. (6)

### ***1.3 La Robotica***

La robotica è una branca dell'ingegneria meccatronica che è strettamente legata all'automazione e alle intelligenze artificiali. Essa racchiude molti altri campi di studio tra cui biologia, fisiologia, psicologia, elettronica, fisica, informatica, matematica e meccanica. Lo scopo della robotica è quello di creare dei sistemi che possano sostituire del tutto o in parte l'uomo.

Il termine "robot" è stato coniato da Karel Čapek nel 1920 nel suo romanzo "Rossum's Universal Robots" (R.U.R.), ma l'idea di una macchina in grado di svolgere compiti tipici degli esseri viventi era già stata utilizzata in altre opere letterarie e filosofiche. Nell'Europa centrale e orientale, il termine "robot" era già in uso nelle lingue slave, mentre in Inghilterra e America del Nord la parola "robot" era stata utilizzata in opere letterarie degli anni '800 e '900. Anche Aristotele aveva introdotto il concetto di automi per utilizzare organismi artificiali per compiti pesanti, con l'obiettivo di liberare l'uomo dalla schiavitù. Nel Medioevo, gli automi erano presenti soprattutto nella cultura orientale, come l'orologio meccanico di Su Song e i musicisti robotici di Al-Jazari. Il primo robot umanoide, l'Automa Cavaliere, fu documentato nel Codice Atlantico di Leonardo da Vinci, sebbene non sia chiaro se Leonardo abbia mai tentato di fabbricarlo. Nel XVIII secolo, Jacques de Vauban fabbricò un androide che suonava il flauto e Pierre Jaquet-Droz creò The Scribe, un robot antropomorfo ispirato a un bambino di tre anni. In sintesi, il concetto di robot ha radici antiche, ma

Karel Čapek è stato importante per l'introduzione e la popolarizzazione del termine "robot" e per descrivere quello che sono questi esseri artificiali.

Nel corso del Novecento, ci fu un grosso sviluppo dei robot, partendo dalle prime applicazioni industriali e diventando gradualmente un fenomeno di massa. Alcuni esempi possono essere il robot Eric che è stato presentato all'inaugurazione di una mostra presso la Society of Model Engineers di Londra nel 1954 e la prima implementazione nelle linee di montaggio di General Motors. Negli ultimi anni sono stati sviluppati robot per uso commerciale e domestico, come aspirapolveri e rover spaziali, nonché robot avanzati come Canadarm2 e quelli della Boston Dynamics, derivanti da ricerche militari. Al giorno d'oggi i robot sono presenti in molti settori e le loro applicazioni sono molteplici.

Esistono essenzialmente due tipologie di robot: non autonomi e autonomi. I robot non autonomi sono gestiti da dei software che li istruiscono e aiutano ad effettuare le operazioni oppure possono essere controllati direttamente dall'uomo tramite sistemi di controllo remoto, come ad esempio i robot industriali che operano sulle linee di montaggio, o i droni controllabili a distanza utilizzati per ispezionare luoghi pericolosi o per disinnescare minacce letali per l'uomo. Al contrario, i robot autonomi sono in grado di percepire e successivamente studiare l'ambiente attraverso appositi sensori e di prendere decisioni funzionali alla situazione in cui si trovano ad operare. Invece di agire in modo deterministico, il software di un robot autonomo permette alla macchina di auto-apprendere, utilizzando i dati rilevati dai suoi sensori, in modo da regolare il suo comportamento in modo più preciso ed efficace.

In generale, si possono distinguere tre generazioni di robot, in base al loro livello di autonomia e alla loro capacità di comprendere l'ambiente in cui sono sistemati. Nella prima generazione rientrano solo macchine non autonome che riescono ad effettuare solo operazioni prestabilite; la seconda generazione include robot autonomi che possono rilevare i dati dall'ambiente e trovare delle soluzioni a dei problemi grazie all'aiuto di

sistemi di apprendimento automatico; la terza generazione comprende robot autonomi dotati di intelligenza artificiale.

I robot sono costituiti da diverse componenti che lavorano insieme per garantire la loro funzionalità:

1. La struttura meccanica è il cuore del robot e comprende tutti gli elementi che consentono al robot di eseguire le operazioni, ovvero bracci, nodi, motori, sistemi pneumatici e altre componenti che permettono al robot di compiere operazioni da una postazione fissa.
2. La struttura sensoriale è composta da sensori che permettono al robot di percepire il mondo che lo circonda. Questi sensori possono includere sensori propriocettivi, sensori esteroceettivi e altri tipi di sensori che permettono al robot di rilevare dati dal contesto ambientale.
3. La struttura di controllo è responsabile dell'attivazione del robot e della sua guida. Essa presenta un sistema di attuatori e algoritmi di controllo che permettono al robot di eseguire le operazioni previste.
4. La struttura di potenza fornisce energia al robot e garantisce la sua funzionalità, consta di sistemi di alimentazione e raffreddamento e può includere anche sistemi di riserva per garantire la continuazione dell'operazione in caso di guasti o malfunzionamenti degli altri componenti.

In sintesi, i componenti dei robot sono essenziali per la loro funzionalità e lavorano in sinergia per garantire la massima precisione e affidabilità nell'esecuzione delle operazioni. I dati di libertà della robotica sono una serie di valori che descrivono il grado di libertà di un robot rispetto ai suoi movimenti. Questi valori sono utilizzati per descrivere il sistema di movimento del robot e vengono utilizzati per garantire che il robot possa eseguire le operazioni previste in modo sicuro e preciso.

Ci sono diversi tipi di dati di libertà utilizzati nella robotica, tra cui la Rotazione around a single axis (RAA), la Rotazione around two axes (RAT), la Translational Motion (TM) e Position and Orientation (PO). Questi tipi di dati di libertà vengono sfruttati per definire il sistema di

movimento del robot e vengono utilizzati per garantire che il robot possa eseguire le operazioni previste in modo sicuro e preciso.

La RAA descrive la rotazione del robot attorno ad un asse singolo, mentre la RAT descrive la rotazione attorno ad un asse doppio. La TM descrive il movimento traslatorio del robot, mentre la PO descrive la posizione e l'orientamento del robot nello spazio.

Utilizzare i dati di libertà nella robotica è importante per garantire la sicurezza e la precisione delle operazioni del robot. Ad esempio, se un robot è programmato per eseguire una certa operazione, utilizzando i dati di libertà si può garantire che il robot può eseguire l'operazione in modo sicuro e preciso, evitando eventuali colpi o danni.

In sintesi, i dati di libertà della robotica sono una serie di valori che descrivono il grado di libertà di un robot rispetto ai suoi movimenti.

I robot possono essere classificati in diverse tipologie in base al loro aspetto e alla loro funzione:

- Robot umanoidi: robot progettati per assomigliare all'uomo e per imitare le sue movenze e le sue funzioni. Questi robot sono utilizzati in molte attività, come la ricerca e lo sviluppo, l'educazione e l'intrattenimento.
- Robot androidi: robot progettati per assomigliare all'essere umano, ma non hanno un corpo meccanico; essi sono applicati nella produzione di massa, la manutenzione e l'assemblaggio.
- Robot antropomorfi: sistemi robotici che simulano le movenze dell'uomo, in particolare dei suoi arti. Sono progettati per spostarsi negli ambienti fisici e per percepire il mondo intorno a loro. I robot antropomorfi più celebri sono i bracci robotici, inizialmente usati nelle fabbriche e ad oggi utilizzati anche nel quotidiano. (7)

#### ***1.4 Il Cloud Computing***

Il cloud computing è un modello di fornitura di servizi informatici in cui le risorse di calcolo, lo storage e le funzionalità di rete vengono fornite

attraverso Internet, in modo da poter essere utilizzate on-demand. Ciò significa che gli utenti possono accedere alle risorse senza doverle acquistare, configurare o gestire in proprio. Il cloud computing consente di utilizzare una vasta gamma di servizi, tra cui applicazioni, server fisici e virtuali, storage di dati, strumenti di sviluppo, funzionalità di rete e altro ancora, tutti ospitati in un data center remoto gestito da un provider di servizi cloud. Il costo di queste risorse viene fatturato in base all'utilizzo oppure viene definito un abbonamento mensile. Il cloud computing aiuta a ridurre i costi, aumentare l'efficienza, migliorare la flessibilità, offrire soluzioni più semplici e innovative, migliorare la sicurezza e la conformità, ridurre i tempi di sviluppo e migliorare l'esperienza utente.

Ci sono molti vantaggi legati a questa tecnologia, ma ecco tre dei principali:

1. **Risparmio di costi:** uno dei principali vantaggi del cloud computing in quanto con esso le aziende non devono più investire in hardware, software e infrastrutture di supporto, poiché tutto è fornito dal provider di servizi cloud. Ciò significa che queste possono ridurre i costi di investimento e concentrarsi su attività più importanti.
2. **Il cloud computing può migliorare l'agilità e il tempo di valore dell'organizzazione** attraverso una rapida implementazione di applicazioni enterprise, riduzione dei tempi di attesa per la risposta dell'IT, potenziamento delle capacità degli utenti e riduzione dei tempi di configurazione dell'hardware e installazione del software. Questo consente di ridurre i tempi di implementazione e aumentare l'efficienza dell'organizzazione.
3. **Flessibilità e scalabilità:** il cloud computing consente alle aziende di scalare le loro attività in base alle esigenze, senza dover preoccuparsi di raggiunti limiti di capacità. Questo significa che le aziende possono aumentare o diminuire il loro utilizzo di risorse in modo rapido e semplice, senza dover interrompere le loro attività.

Inoltre, con il cloud computing, le aziende possono accedere ai loro dati e alle loro applicazioni da qualsiasi luogo e a qualsiasi ora, utilizzando solo

un computer connesso a Internet. Ciò significa lavorare in modo più flessibile e remoto, senza dover essere legati a un luogo fisico.

In sintesi, il cloud computing offre molte opportunità alle imprese, tra cui il risparmio di costi, la scalabilità e il miglioramento dell'agilità e del *time to value*. Questi vantaggi possono aiutare le aziende a diventare più efficienti, più flessibili e più competitive.

Il Cloud computing è una tecnologia che consente di utilizzare risorse informatiche attraverso Internet, come se fossero presenti sul proprio computer. Tale tecnologia include anche la possibilità di utilizzare il cloud, ovvero una forma di infrastruttura IT virtualizzata, come server, software del sistema operativo, rete e altre infrastrutture che vengono astratte tramite software speciali, in modo da poter essere raccolte in pool e divise indipendentemente dai confini hardware fisici. La virtualizzazione consente ai provider del cloud di utilizzare al massimo le risorse dei propri data center. Questo modello di distribuzione del cloud è stato adottato da molte imprese per la loro infrastruttura on-premise in modo da poter realizzare il massimo utilizzo e risparmi sui costi rispetto alle infrastrutture IT tradizionali. Il 92% delle organizzazioni utilizza già il cloud e molte di loro pensano di migliorare e ampliare quelle già presenti.

Esistono vari modelli di servizi cloud computing, ma generalmente i più utilizzati sono i seguenti:

- Il SaaS (Software as a Service) è un modello di fornitura di software in cui il software viene garantito come servizio via Internet, anziché come prodotto da acquistare e installare localmente. Questo tipo di software è eseguito su server remoti, consentendo agli utenti di accedervi da qualsiasi dispositivo connesso a Internet. Il SaaS ha vantaggi come la riduzione dei costi di acquisizione del software, riduzione del *time to value*, maggiore flessibilità e la possibilità di avere upgrade automatici e protezione dalla perdita di dati. Tuttavia, ci sono anche dei rischi come la perdita di controllo sul software e la dipendenza dal provider del servizio.

- Il PaaS (Platform as a Service) è un modello di fornitura di servizi cloud in cui il provider offre un'infrastruttura di sviluppo, esecuzione e gestione di applicazioni, in modo che gli utenti possano concentrarsi sullo sviluppo e sulla personalizzazione delle loro applicazioni, senza preoccuparsi della gestione dell'infrastruttura stessa. Il PaaS fornisce una piattaforma unificata per lo sviluppo, l'esecuzione e la gestione delle applicazioni, che può essere utilizzata da sviluppatori, IT e amministratori. Il PaaS è sfruttato per creare, testare e lanciare applicazioni web e mobile in modo rapido e semplice. Il PaaS offre anche funzionalità come la scalabilità automatica, la gestione delle risorse, la sicurezza e la gestione delle versioni, consentendo agli utenti di sviluppare, testare e lanciare le loro applicazioni in modo più efficiente e sicuro.
- Il IaaS (Infrastructure as a Service) è un modello di servizio cloud in cui il provider fornisce una piattaforma per l'esecuzione di applicazioni e la gestione dell'infrastruttura, come server, storage e rete. Gli utenti possono utilizzare queste risorse in modo dinamico e flessibile, in modo da poter soddisfare le esigenze cambianti delle loro applicazioni. Tali risorse di infrastruttura, come servizi, possono essere usate anche senza acquistarle. Ciò significa che gli utenti possono utilizzare queste risorse solo quando ne hanno bisogno, in base alle esigenze del loro business. Il IaaS è spesso impiegato per creare e gestire ambienti di sviluppo, test e produzione, consentendo agli utenti di eseguire le loro applicazioni in modo efficiente e affidabile. Inoltre, il IaaS consente di ridurre i costi di infrastruttura, poiché gli utenti pagano solo ciò che utilizzano, e i tempi di implementazione, in quanto le risorse sono disponibili immediatamente.

Per concludere è possibile dividere i vari cloud in diverse tipologie in base allo scopo che gli utenti hanno:

- *Public cloud*: la piattaforma cloud è gestita dal provider ed è aperta a più utenti. Questo tipo di cloud è adatto per aziende che richiedono

soluzioni di archiviazione ed elaborazione a basso costo e con una certa flessibilità.

- *Private cloud*: la piattaforma cloud è gestita dal provider ed è destinata a un singolo utente o a un gruppo di utenti specifici. Questo tipo di cloud è adatto per aziende che richiedono maggiore sicurezza e controllo sui dati.
- *Hybrid cloud*: combina elementi di public cloud e private cloud. È particolarmente conforme ad aziende che richiedono una combinazione di flessibilità e sicurezza.
- *Multi-cloud*: utilizza più di una piattaforma cloud gestita da diversi provider; preferito da aziende che richiedono soluzioni di disaster recovery e maggiore disponibilità dei servizi. (8)

In sintesi, le diverse tipologie di cloud computing sono progettate per soddisfare le esigenze specifiche delle aziende in termini di costi, sicurezza, flessibilità e collaborazione. (8)

### **1.5 La Cybersecurity**

La cybersecurity è l'insieme di tecniche, strumenti e politiche adottate per proteggere i sistemi informatici, le reti di computer e i dati digitali da accessi non autorizzati, attacchi informatici e malware. La cybersecurity si concentra sull'identificazione, la valutazione, l'ottimizzazione e la gestione dei rischi associati alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, al fine di garantire la disponibilità, l'integrità e la sicurezza delle informazioni. Essa è applicabile a vari campi tra cui:

- La sicurezza di rete - processo di difesa delle reti informatiche contro gli attacchi informatici da parte di malware.
- La sicurezza delle applicazioni - proteggere i software da possibili attacchi mirati all'appropriazione dei dati privati presenti nelle applicazioni e nei software.
- La sicurezza delle informazioni - protezione dell'integrità e della privacy dei dati, sia quelli archiviati che quelli temporanei.

- La sicurezza operativa - processi necessari per la protezione degli asset di dati, comprese le autorizzazioni per accedere alla rete e metodi e “luoghi” dove possono essere memorizzati i dati.
- La disaster recovery e il business continuity - azioni fatte dall'azienda per risolvere problemi causati da eventi di cybersecurity che causano la perdita di dati. Insieme alle policy di disaster, sono dei metodi o delle procedure per recuperare le operazioni e le informazioni dell'azienda persi in precedenza.
- La formazione degli utenti finali - uno degli aspetti più importanti della cybersecurity, con l'obiettivo di educare gli utenti sui rischi e su come proteggere i dati.

Attraverso la cybersecurity è possibile difendersi da possibili attacchi informatici che possono intaccare i nostri dispositivi e sottrarci dati allo scopo di essere rivenduti o utilizzati per fini peggiori. Conoscere i diversi tipi di attacco ci permette di sapere come e quando difenderci da essi. Alcune delle tipologie di attacchi informatici più utilizzati sono:

- Il cybercrime: forma di crimine che si verifica attraverso l'uso di tecnologie digitali, come la crittografia. I cybercriminali utilizzano questa tecnologia per commettere atti illegali, come furto di identità, truffe online, cyberstalking, hacking, phishing e altri reati informatici. Il cybercrime può avere conseguenze gravi sulla vita privata e sul patrimonio degli individui e delle imprese, e può anche avere implicazioni per la sicurezza nazionale. Per prevenire il cybercrime, è importante utilizzare le tecnologie di sicurezza, come software antivirus e password robuste, e mantenere costanti gli aggiornamenti del software.
- I cyberattacchi: attacchi informatici condotti da individui o gruppi con l'intento di danneggiare, compromettere o usurpare il controllo di sistemi, reti o dati. Questi attacchi possono essere eseguiti per motivi economici, politici, ideologici o di altro tipo e possono avere come bersaglio aziende, governi, organizzazioni non profit, individui o qualsiasi altra entità che utilizza la tecnologia dell'informazione.

- Il cyberterrorismo: forma di terrorismo che sfrutta la tecnologia dell'informazione e della comunicazione per attaccare obiettivi economici, politici, sociali o di altro tipo. Questo tipo di attacco può avere come bersaglio aziende, governi, organizzazioni non profit, individui o qualsiasi altra entità che utilizza sistemi informatici allo scopo di creare nelle comunità panico e paura.

Oltre a tutte queste tipologie di crimini digitali, esistono molti strumenti utilizzati per raggiungere questi scopi; generalmente quelli maggiormente utilizzati sono i malware.

I malware sono software malvagi che vengono utilizzati per compromettere il funzionamento di un computer o di una rete. Questi programmi possono essere progettati per eseguire azioni dannose, come la cancellazione dei file, l'accesso non autorizzato a dati sensibili o l'attacco ad altri computer. I malware possono essere trasmessi attraverso e-mail, siti web malevoli, programmi di sharing file e altri mezzi, e possono essere difficili da rilevare fino a quando non è troppo tardi. Alcuni di essi sono virus, trojan, spyware, ransomware, adware e le botnet, ognuno dei quali con un preciso scopo e compito. In conclusione, per cercare di tenere sempre i dispositivi e i dati a nostra disposizione esistono dei metodi efficaci che ci permettono di difenderci da tali attacchi. Una delle principali soluzioni di protezione è l'utilizzo di un software antivirus aggiornato, che può rilevare e rimuovere i malware prima che possano causare danni. È anche importante mantenere il software antivirus sempre aggiornato e configurarlo per eseguire regolari scan del sistema.

Inoltre, è fondamentale utilizzare password robuste e diverse per accedere ai propri account online e proteggere i dati sensibili. È anche importante aggiornare costantemente il sistema operativo e gli altri software, poiché questi possono contenere patch di sicurezza che risolvono vulnerabilità noti.

Infine, bisogna essere cauti nell'apertura di e-mail sospette o di allegati da siti web non attendibili e non installare software da siti web malevoli.

Utilizzare una rete Wi-Fi sicura e crittografata quando si naviga su Internet rappresenta un altro aspetto molto rilevante e da non sottovalutare.

Seguendo queste semplici “best practice” di sicurezza, è possibile proteggere il proprio computer e i propri dati dai vari tipi di attacchi informatici. (9)

### ***1.6 Big Data Analytics***

La tecnica dei big data analytics è un modello per lo studio di grosse quantità di dati, necessario per capire il comportamento della clientela e le preferenze di mercato per prendere decisioni migliori in base alla situazione in cui siamo posti. I dati dei Big Data Analytics sono caratterizzati da tre proprietà principali: volume, velocità e varietà. Il volume dei dati si riferisce alla quantità enorme di informazioni che vengono generate e raccolte dalle fonti di big data. Questo volume di dati può essere così grande che è difficile da gestire con i tradizionali metodi di elaborazione dei dati. La velocità dei dati si riferisce alla velocità questi vengono generati e raccolti. I sistemi di big data devono essere in grado di elaborare i dati in tempo reale per poterli utilizzare in modo utile. La varietà dei dati, invece, si riferisce alla diversità dei dati in termini di tipi di dati, fonti di dati e formati di dati. I sistemi di big data devono essere in grado di gestire una grande varietà di dati in modo da poter essere utilizzati in modo efficace. Inoltre, la veridicità dei dati è un'altra importante caratteristica dei dati dei Big Data Analytics. I dati devono essere precisi e affidabili per poter essere utilizzati in modo utile per prendere decisioni aziendali. Ci sono tecniche per garantire la veridicità dei dati, come la validazione e la verifica della provenienza di questi.

L'evoluzione dei sistemi di business intelligence (BI) è stata fortemente influenzata dall'aumento dei dati strutturati e unstructured data, anche noti come big data. Questi dati sono diventati una fonte preziosa di informazioni per le aziende e hanno ampliato le opportunità di scoprire intuizioni preziose in tutto il business. Tuttavia, l'aumento del volume, della

varietà e della velocità dei dati ha anche presentato nuove sfide nell'acquisizione, memorizzazione e accesso alle informazioni e, nella nuova era della big data analytics, tale incremento ha comportato una crescita delle sfide della BI. Questo ha comportato nuove richieste significative sull'archiviazione dei dati e sui software di analisi, all'origine di nuove sfide per le aziende. Tuttavia, l'implementazione di big data analytics ha generato anche un vantaggio competitivo. Affinché si realizzi ciò, le aziende devono investire in big data analytics per aumentare la loro capacità di raccogliere e archiviare grandi quantità di dati, ma anche per trasformare quei dati in insight per il business. In questo modo, le aziende possono utilizzare i dati per prendere decisioni più informate e per migliorare l'efficienza operativa, la relazione con i clienti e la generazione di nuove opportunità di business. Il big data analytics offre numerosi vantaggi al business, tra cui:

- *Olistica del business*: la capacità di analizzare i dati in modo da comprendere meglio i comportamenti dei clienti, le tendenze del mercato e per avere una visione migliore e più ricca del complesso aziendale, consentendo di prendere decisioni informate e strategiche.
- *Time-to-action* più veloce: grazie alla possibilità di analizzare i dati in tempo reale, le aziende possono reagire rapidamente alle situazioni cambianti, adattando le loro strategie in base alle esigenze dei clienti e alle tendenze del mercato, riuscendo a prevedere le situazioni in cui l'azienda si potrebbe trovare.
- *Visibilità nell'ignoto*: il big data analytics permette di scoprire nuove opportunità e minacce che altrimenti sarebbero rimaste ignote, consentendo di prepararsi alle eventuali sfide del mercato.
- *Data Discovery*: permette agli utenti di cercare tra i dati e avere possibili risposte senza una modellazione dei dati specifica; ciò permette di prendere più velocemente delle decisioni.

Il processo di analisi dei big data (big data analytics) è un percorso complesso che comprende diversi passi. Ecco un elenco dei principali step che caratterizzano il processo:

1. **Acquisizione dei dati:** il primo passo. Questa fase comprende la selezione delle fonti di dati, la raccolta e la loro conservazione in un formato accessibile.
2. **Comprendere i dati:** questa fase comprende la visualizzazione, l'elaborazione e l'analisi dei dati per identificare le relazioni tra essi e le tendenze.
3. **Modellamento dei dati:** questo step comprende la creazione di modelli matematici e statistici per rappresentare i dati e le loro relazioni.
4. **Previsione:** ovvero l'utilizzo di modelli per prevedere il futuro, ad esempio per prevedere il comportamento dei clienti o le tendenze del mercato.
5. **Decisioni:** il quinto passo consiste nella presa di decisioni informate e strategiche attraverso l'utilizzo dei risultati offerti dalle analisi e dalle previsioni.
6. **Azione:** l'implementazione delle decisioni prese e l'esecuzione di azioni per raggiungere gli obiettivi prefissati.
7. **Monitorare:** analisi continua dei dati per monitorare gli sviluppi e adattare le strategie in base alle esigenze del business.

Il processo di big data analytics è, quindi, un percorso complesso che comprende diversi passi, che vanno dalla selezione delle fonti di dati alla prise di decisioni e all'azione. In conclusione, il big data analytics è una tecnologia che consente alle aziende di prendere decisioni più informate e strategiche, di reagire rapidamente alla variabilità del mercato e di essere più competitivi. (10)

## 1.7 *Additive manufacturing*

L'additive manufacturing, o manifattura additiva, è un processo industriale che utilizza diverse tecnologie per fabbricare componenti, semilavorati o prodotti finiti attraverso la sovrapposizione di strati di materiale. Mentre la manifattura tradizionale è detta sottrattiva, poiché ricava l'oggetto procedendo per sottrazione dal pieno, l'additive manufacturing procede per addizione, ovvero il materiale viene aggiunto strato su strato, dal perimetro esterno a quello interno con i vari ripieni. Anche nota come stampa 3D, questa tecnica consente di produrre oggetti a partire da un file di progettazione digitale, che viene a sua volta "stampato" in tre dimensioni. Tale tipologia di stampa fu utilizzata nella prototipazione rapida già negli anni '80, ma solo recentemente si è avuta una maggiore diffusione della tecnologia in quanto le macchine sono diventate più a buon mercato, in grado di produrre oggetti più grandi e con una maggiore gamma di materiali/filamenti. Attualmente, questa tecnica viene utilizzata nella prototipazione rapida per ridurre i costi di progettazione grazie alle modifiche sul file digitale. Ad esempio, è sfruttata per la produzione di componenti per l'aeronautica e per ottenere piccole serie altamente personalizzate. Inoltre, può essere utilizzata per "immagazzinare" file, per compensare un'eventuale crisi dovuta a mancanza di componenti per la produzione in linea e per reingegnerizzare pezzi aumentando, così, la produttività degli impianti. Per tali motivi l'additive manufacturing ha notevoli applicazioni a partire dall'industria automobilistica sino all'edilizia o addirittura in medicina, essendo un ottimo sostituto dello stampaggio a iniezione. Alla base della realizzazione di un prodotto frutto dell'utilizzo di tale processo vi è la creazione di un modello 3D tramite un software CAD (Computer Aided Design). Questo software utilizza blocchi di mesh, poligoni con facce triangolari o quadrangolari al fine di creare un prototipo virtuale dell'oggetto. Attraverso la modellazione dei volumi, non considerando le superfici, ne deriva il disegno ottenuto intersecando i differenti blocchi. Il file CAD progettato viene quindi inviato alla stampante 3D, che lo decodifica e lo divide in livelli, creando il percorso che la macchina dovrà seguire durante la produzione.

La stampa avviene utilizzando diverse tecnologie additive:

- FDM (Fused Deposition Modeling): la modellazione a deposizione fusa utilizza filamenti di materiale plastico come Pla, Abs Nylon, Pet, Peek, che vengono raccolti in bobine e collegati ad uno o più

estrusori, ugelli o punte riscaldate che fluidificano i filamenti e si muovono secondo le coordinate del software. Gli estrusori si spostano livello per livello creando il perimetro esterno, l'interno e i dettagli previsti, come predefinito dal file. Esistono diversi meccanismi per posizionare gli estrusori: gantry, core XY, polare, delta, sono solo alcuni. Una volta che l'ultimo livello è stato completato, la stampante viene spenta e l'oggetto viene lasciato raffreddare. Quando è sufficientemente freddo, il prodotto è estratto, pronto per essere utilizzato.

- SLA (Stereolithography): la stereolitografia è una tecnologia di stampa 3D più costosa in cui il file viene stampato utilizzando un raggio laser o una sorgente luminosa. Nella stereolitografia laser, la stampa avviene attraverso una piastra forata inserita in una vasca riempita di resina liquida. Un raggio laser viene proiettato e modulato per ricostruire l'immagine del primo livello della sezione dell'oggetto, e la piastra si abbassa per ogni successiva scansione. Al termine, l'oggetto stampato viene inserito in un forno a luce ultravioletta. Nella stereolitografia DLP (Digital Light Processing), invece del raggio laser, ci si avvale di una sorgente luminosa proiettata a distanza minima dalla resina per una maggiore risoluzione. A contatto con la luce, il polimero indurisce strato su strato. Infine, nella stereolitografia LCD (Liquid Crystal Display), si utilizzano schermi a cristalli liquidi retroilluminati da sorgenti ultraviolette.
- SLS (Selective Laser Sintering): la sinterizzazione laser è una tecnologia utilizzata per la creazione di oggetti solidi a partire da polveri. Il processo utilizza un laser per sinterizzare (solidificare) strati di polveri, creando progressivamente l'oggetto desiderato. Al termine del processo, il pezzo è liberato dalla polvere in eccesso e posto in forno per ulteriori trattamenti, se necessario.
- Microfabbricazione 3D della fotopolimerizzazione a due fotoni: preferita soprattutto se gli oggetti da realizzare hanno dimensioni

inferiori ai 100 nm. In questo processo, un laser concentrato punta e si sposta su un blocco di gel, dove inizia la solidificazione. Il gel in eccesso è poi rimosso, ottenendo così l'oggetto finale desiderato.

L'additive manufacturing è particolarmente efficace per la produzione di piccole serie ad alta personalizzazione, poiché permette di ridurre il consumo di materiali, realizzando componenti con peso ridotto, ottimizzati al dettaglio secondo le indicazioni inserite nel file progettuale. Inoltre, produce in una sola fase, abbattendo, così, i costi della prototipazione e riducendo quasi a zero quelli di progettazione delle varianti permettendo di sperimentare materiali diversi da quelli già in uso. Il processo consente, inoltre, di realizzare pezzi con meno parti e più funzioni integrate, multicomponente. Ciò comporta assemblaggi più semplici, riduzione di processi ed impiego minore di risorse umane e ambientali. Inoltre, l'additive manufacturing può essere sfruttato per processi di riparazione delle componenti, estendendo il ciclo vitale del prodotto (o dell'impianto), riducendo l'impatto ambientale. In aggiunta, la stragrande maggioranza dei polimeri utilizzati può essere riciclata, nel caso dei filamenti, o riutilizzata, nel caso delle polveri. (11)

### **1.8 *Man-Machine Interface***

Il Man-Machine Interface (MMI) è il punto di interazione tra l'essere umano e la macchina. Si tratta di un sistema o di un'interfaccia utente che consente all'utente di comunicare con il computer o con un sistema automatizzato. L'MMI può essere rappresentato da dispositivi di input come tastiere, mouse, touch screen, microfoni vocali, sensori biometrici, dispositivi di output come display, schermi, auricolari, ecc. L'MMI è importante per la comodità e l'efficienza dell'interazione tra l'essere umano e la macchina. Una buona progettazione dell'MMI può migliorare l'usabilità di un sistema e aumentare la sua adozione. In sintesi, le interfacce uomo-macchina non funzionano senza un sistema informatico distribuito chiamato SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), che

raccoglie gli input forniti dall'utente tramite le HMI e trasforma i dati in informazioni utili. Le HMI sono la parte visibile del sistema SCADA, consentono all'utente di interagire con lo stesso e di attuare azioni per farlo funzionare. Il sistema SCADA lavora su due fronti, esterno e interno, ed è essenziale in un impianto industriale complesso e di grandi dimensioni. Esistono diversi tipi di interazioni con le macchine, alcune delle quali, se ben progettate, possono migliorare l'efficienza del lavoro e l'esperienza d'uso del sistema.

L'interazione con le macchine tramite interfacce testuali, o più specificamente riga di comando, è un modo comune per comunicare con i computer ed utilizzare i loro comandi e funzionalità. Questo tipo di interazione è spesso utilizzato da esperti e utenti avanzati, poiché consente di eseguire attività complesse e avanzate in modo più efficiente e veloce rispetto ad altre modalità di interazione. La riga di comando è un'interfaccia utente che permette di comandare direttamente la macchina. Ci sono molti comandi e opzioni diverse che possono essere utilizzati, a seconda del sistema operativo e dei programmi installati sul computer.

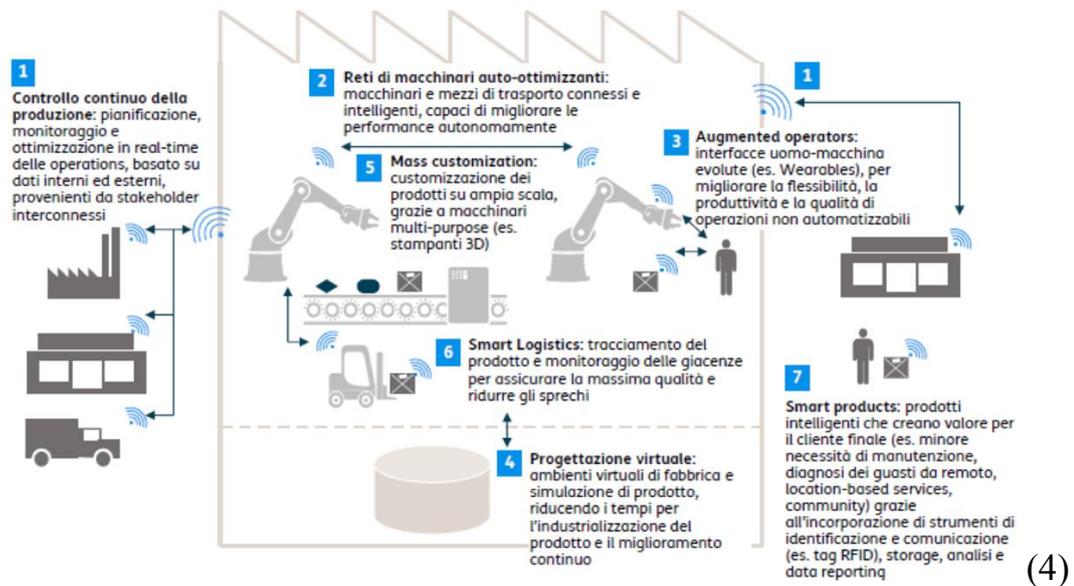
L'interazione con le macchine tramite interfacce grafiche è un aspetto importante della user experience design. L'utente deve essere in grado di interagire con il sistema in modo intuitivo e semplice attraverso l'uso di elementi visivi come icone, pulsanti e finestre.

Il sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) è un sistema di controllo generale per fabbriche e impianti che utilizza componenti HMI (Human Machine Interface) integrati per funzionare efficacemente. L'HMI normalmente è collegata a un controller a logica programmabile (PLC) per ricevere, visualizzare i dati e trasmettere comandi all'utente. Gli HMI di base consentono all'operatore di controllare parametri tipici come la temperatura, i conteggi di produzione e/o materiale, lo stato delle macchine. Un esempio di utilizzo di un'HMI è quello degli impianti di trattamento delle acque reflue, che necessitano di

una serie di fasi complesse per la depurazione dell'acqua. L'HMI integrato nel sistema SCADA permette all'operatore di monitorare in tempo reale il livello dell'acqua, il pH, la pompa, il livello di solidi disciolti e la presenza di sostanze chimiche specifiche. Grazie all'utilizzo dell'interfaccia uomo-macchina, l'operatore può attivare o disattivare la pompa dell'acqua e ricevere messaggi di allarme in caso di valori critici. Alcune HMI di ultima generazione sono dotate di funzionalità multimediali per l'invio di avvisi tramite SMS, e-mail e video integrati dei processi in fabbrica. Inoltre, HMI più sofisticate consentono il controllo remoto di più macchine e operazioni in diversi siti. In sintesi, l'utilizzo di interfacce uomo-macchina di livello avanzato con funzionalità come la visualizzazione di dashboard con KPI e la capacità di monitorare le macchine a distanza semplifica i processi e le operazioni in fabbrica, consente l'accesso immediato ai dati chiave in tempo reale e contribuisce alla riduzione della complessità dell'ambiente di produzione. Queste interfacce, inoltre, permettono una rapida risposta ai cambiamenti o alle difficoltà, migliorando l'efficienza e riducendo i costi e gli sprechi. In futuro, le HMI a livello macchina o periferico diventeranno sempre più potenti e potranno eseguire calcoli in tempo reale. (11)

## ***2 Introduzione alla filiera produttiva***

Prima di passare alla spiegazione di una simulazione di produzione è importante sapere come un processo produttivo avviene all'interno di una filiera, un esempio è il seguente:



Come è possibile vedere, all'interno di un determinato processo produttivo ci sono varie fasi:

- *Acquisizione dei fattori produttivi*, in questa fase tutte le risorse necessarie per la produzione vengono acquisite dall'azienda le quali verranno utilizzate per la produzione di nuovi beni (es. risorse primarie, energia elettrica, manodopera, informazioni, mezzi di trasporto ecc.).
- *Trasformazione delle risorse acquisite*, in questa fase tutte le risorse vengono utilizzate per la produzione dei prodotti finiti.
- *Immagazzinamento*, in questo caso ci sono due possibilità. La prima è quella di immagazzinare i prodotti finiti senza dare conto alla richiesta dei clienti, questa possibilità prende il nome di “*Make to stock*”. Un'ulteriore possibilità è quella di vendere un prodotto direttamente al cliente su sua richiesta; questa opportunità è anche chiamata “*Make to order*”.
- Infine, la *vendita dei prodotti finiti*; in questa fase si possono valutare i risultati finali derivanti dal lavoro dell'azienda, anche grazie ad eventuali feedback dei clienti, oppure dal volume di vendita del prodotto. Infatti, se esso è maggiore o uguale alle stime fatte dagli

uffici di alta direzione e ricerca-sviluppo allora ne deriva che la produzione di quel determinato bene è stata profittevole.

È possibile notare, che tutte queste fasi sono connesse le une con le altre tramite dispositivi elettronici che permettono di lavorare in concomitanza. Questo è dovuto alle recenti scoperte nel campo dell'IOT. Un ulteriore vantaggio che le aziende negli ultimi anni hanno potuto sfruttare è quello delle *simulazioni e progettazioni industriali*, le quali hanno offerto la possibilità di analizzare ampiamente quelle che possono essere i vantaggi e i rischi di produzione. (2)

### ***3 Introduzione alla simulazione***

La sempre maggiore complessità dei prodotti e dei processi di produzione presenta a tutte le industrie del mondo delle sfide di ottimizzazione del "time-to-market" e delle risorse. I team di ingegneri della produzione dovrebbero far sì che i lanci di nuovi prodotti avvengano senza alcun problema e che vengano rispettati gli obiettivi di costo, qualità e data di inizio produzione. Per affrontare queste sfide, i principali produttori sfruttano la loro conoscenza organizzativa e la disponibilità di modelli 3D di prodotti e simulazioni per convalidare virtualmente i loro processi di produzione in anticipo.

Grazie alla nuova tecnologia in evoluzione possono essere effettuati in maniera efficiente e quasi automatica migliaia di esperimenti di validazione.

Utilizzando le *tecniche di simulazione* è possibile, infatti, ottenere informazioni (qualitative o quantitative) sui fenomeni osservabili in un periodo di tempo relativamente breve, necessario per l'elaborazione di un modello che si avvicinerà più o meno alla realtà.

Il modello in questione ha molti vantaggi, come:

- *Riproducibilità del modello stesso*, in quanto scoperto sperimentalmente e direttamente controllabile di volta in volta con l'avanzamento della ricerca.
- *Riproducibilità di situazioni* che non possono essere vissute immediatamente.
- *Rappresentazione* di sistemi complessi che tengono conto dell'incertezza.
- *Facilità di estrazione di informazioni* dai dati e costruzione di scenari *what-if*, poiché, come accennato in precedenza, i parametri possono essere direttamente modificati in base allo scenario.

Nonostante ciò, però, esso fornisce solo indicazioni piuttosto che risposte esatte sul comportamento del sistema. In alcuni casi, l'output potrebbe essere troppo complesso o richiedere troppo tempo di calcolo per essere trovato.

Pertanto, non solo il modello è difficile da applicare a situazioni reali, ma è improbabile che il risultato stesso venga utilizzato poiché non fornisce la situazione reale.

La simulazione è comunemente definita "*esperimento virtuale*", poiché si propone di osservare eventuali differenze qualitative nel comportamento di un sistema in corrispondenza della variazione di alcuni parametri, proprio come un esperimento reale. Tuttavia, è importante sottolineare che ciò che viene osservato non è un sistema fisico reale, ma una sua copia virtuale.

Essa è una tecnica molto diffusa e versatile, in grado di essere applicata in molti contesti diversi e di contribuire allo sviluppo di sistemi di elaborazione sempre più sofisticati. Inoltre, gli attuali modelli di simulazione richiedono costi di gestione notevolmente bassi grazie all'aumento della potenza dei calcolatori. Anche il costo computazionale non è troppo elevato, nonostante i risultati ottenuti siano ricchi di dettagli. La simulazione risulta particolarmente utile in attività sperimentali in cui è necessario simulare ogni evento. Ciò consente di studiare fenomeni che non possono essere verificati direttamente nel mondo reale. Tuttavia, è

importante tenere presente che i risultati della simulazione potrebbero presentare divergenze rispetto a quelli effettivi.

Per simulare il comportamento del sistema reale, si utilizzano distribuzioni di probabilità che permettono di generare in modo casuale, ma verosimile, gli eventi del nuovo sistema. Applicando le distribuzioni statistiche, è possibile studiare le operazioni necessarie per validare il modello e riprodurre le proprietà che emergevano nel sistema reale.

La costruzione di un modello di simulazione richiede la scelta di un equilibrio tra la sua complessità, necessaria per rappresentare al meglio il sistema in esame, e la sua semplicità, per permettere una facile comprensione e applicazione.

I principali elementi che costituiscono un modello di simulazione sono:

- *Le variabili di stato*, ovvero l'insieme di variabili che descrivono lo stato del sistema in ogni istante di tempo simulato. Queste variabili possono essere di tipo *discreto*, che cambiano immediatamente in corrispondenza di precisi istanti di tempo finiti, o di tipo *continuo*, che variano in modo continuo rispetto al tempo. La scelta del modello da utilizzare non dipende necessariamente dalla tipologia di sistema, poiché è possibile costruire un modello discreto per un sistema continuo e viceversa, a seconda dell'obiettivo dello studio.
- *Gli eventi*, ovvero qualsiasi accadimento istantaneo che fa cambiare il valore di almeno una delle variabili di stato. Gli eventi possono essere *endogeni*, se riguardano le variabili interne al modello, o *esogeni*, se relativi a variabili esterne.
- *Le entità*, ovvero i singoli elementi del sistema. Le entità possono essere *statiche*, ovvero in uno stato di quiete (come, ad esempio, le entità che fanno parte di una coda e non possono accedere al passaggio successivo in quanto le macchine sono occupate), o *dinamiche*, ovvero che fluiscono all'interno del sistema. Le entità sono gli oggetti che vengono trattati nel sistema, sono temporanee e seguono un ciclo in cui entrano nel sistema, determinano e/o

reagiscono a delle trasformazioni, eventi ed infine escono. Esse possono essere caratterizzate da attributi che forniscono un valore di un dato assegnato all'entità stessa. Queste proprietà sono permanenti e definiscono una sorta di "*status*" dell'ente o della macchina in analisi. Inoltre, le entità possono essere raggruppate in classi, ovvero insiemi di entità dello stesso tipo. Un ulteriore raggruppamento può essere effettuato attraverso delle caratteristiche comuni, le quali possono essere ad esempio la forma dell'oggetto oppure a seconda del processo di fabbricazione.

- In virtù del fatto che i sistemi complessi sono soggetti a molteplici fattori che ne influenzano il comportamento, la simulazione rappresenta uno strumento essenziale per l'analisi e la valutazione delle loro dinamiche. Nel processo di simulazione, uno dei concetti chiave è quello relativo alle *risorse*, elementi del sistema che consentono di fornire un servizio alle entità che transitano al loro interno. Tuttavia, se una risorsa non è disponibile, l'entità che ne ha bisogno può essere costretta a dover attendere in una coda o a intraprendere un'azione alternativa.
- *Le attività*, invece, rappresentano un'altra importante componente del sistema che può avere una durata nota a priori o essere influenzata da fattori aleatori. Inoltre, un'attività può essere in ritardo se un'entità deve aspettare in coda prima di accedere ad una determinata risorsa o ad un particolare processo.

I modelli di simulazione possono essere classificati in base a diversi criteri, come la *continuità o la discretizzazione* delle variabili e la *staticità o la dinamicità* del sistema. In particolare, il modello di simulazione a eventi discreti rappresenta una metodologia dinamica e stocastica, che prevede l'evoluzione del sistema in base agli eventi che si verificano in momenti discreti del tempo.

La simulazione a eventi discreti rappresenta un approccio molto utile per esplorare e valutare il comportamento di sistemi complessi, consentendo

di analizzare l'effetto di variazioni nei processi e nei parametri del sistema. Inoltre, il modello probabilistico consente di catturare la natura aleatoria di molti fenomeni reali, generando risultati che riflettono la variabilità del sistema reale e consentendo di valutare l'incertezza delle previsioni.

### Esempio

Il paradigma di un sistema a coda con una sola risorsa rappresenta un esempio indicativo di uno dei molteplici e articolati casi di studio dell'ingegneria dei sistemi. In tale sistema, le risorse, anche dette server, costituiscono elementi vitali del sistema stesso, poiché forniscono servizi alle entità che fluiscono all'interno di esso. Nel momento in cui un'entità richiede l'uso di una o più unità di risorse, se tale risorsa non è disponibile, essa viene costretta ad attivare una serie di meccanismi di attesa, come l'inserimento in una coda o la scelta di un'alternativa. D'altra parte, se la risorsa è disponibile, l'entità usufruisce della risorsa per il tempo necessario, fino al termine del processo. Una volta che la risorsa viene rilasciata, essa può essere utilizzata da altre entità che fluiscono nel sistema.

Nel sistema a coda con una sola risorsa, il flusso delle entità viene regolato da un meccanismo di coda, in cui le entità che richiedono l'uso della risorsa sono messe in attesa del loro turno. In questo contesto, è fondamentale definire una serie di indicatori, tra cui la variabile  $Q(t)$ , che rappresenta il numero di clienti presenti nella coda al tempo  $t$ . Tale variabile non viene incrementata quando un cliente entra nel sistema, ma solo se, al suo ingresso, la risorsa è occupata e il cliente deve rispettare la fila di attesa.

Il sistema a coda con una sola risorsa rappresenta un caso semplice ma fondamentale per l'ingegneria dei sistemi, in cui la simulazione viene eseguita fino all'ingresso dell'ultimo cliente, che determina la fine dell'esecuzione. Tale meccanismo può essere utilizzato come base per lo

sviluppo di modelli più complessi, in cui sono presenti più risorse e più code, e in cui il flusso delle entità è regolato da politiche di priorità più sofisticate. (3)

### ***3.1 Ottimizzazione e creazione dei processi produttivi***

L'ottimizzazione di un processo produttivo esistente o la progettazione di uno nuovo comporta investimenti tecnologici, costi operativi-organizzativi e di formazione delle risorse umane. Dimostrare la fattibilità tecnica e quantificare il ritorno economico dell'investimento non è facile in contesti caratterizzati da variabilità dei tempi di lavorazione, imprevedibilità degli eventi, condivisione di risorse umane e tecnologiche. La simulazione dinamica della produzione industriale, invece, consente di prevederne il funzionamento e di evidenziare preventivamente eventuali problemi, attraverso la creazione di un modello matematico del processo da analizzare. Questo non è un problema banale, poiché tali sistemi sono caratterizzati da elevata complessità, numerose interrelazioni tra i diversi processi, indisponibilità e stocasticità dei parametri del sistema. La simulazione, consentendo l'analisi della realtà con un elevato livello di dettaglio e padroneggiando la complessità del sistema, genera un gran numero di informazioni utili.

Per creare un modello di simulazione utile e funzionante è opportuno procedere con una serie di passi:

1. *Definizione degli obiettivi*, a medio-lungo termine e le eventuali carenze.
2. *Stesura di un modello concettuale*; il punto di partenza è la conoscenza delle distribuzioni di probabilità delle variabili di interesse, le quali vengono utilizzate per generare gli scenari entro i quali il sistema lavora. Il tempo rappresenta una variabile

fondamentale per ogni sistema, ma la sua definizione può variare a seconda del contesto. Ad esempio, in un sistema a coda, il tempo può essere rappresentato dai tempi di inter-arrivo (cioè il tempo che intercorre tra un evento e il successivo) o dai tempi di servizio (cioè il tempo necessario per usufruire di una risorsa). Nel caso di sistema di gestione delle scorte, il tempo viene misurato in funzione della richiesta dei prodotti e del periodo che passa tra il momento in cui si riceve la merce e l'ordine. Una volta definito il tempo, si procede all'identificazione delle variabili di stato del sistema e dei valori che possono assumere, nonché dei possibili eventi che possono influenzare lo stato del sistema. A questo punto, si crea un modello matematico che simula il comportamento del sistema nel tempo, generando gli eventi in modo randomico. Il processo di simulazione consente di valutare l'impatto delle diverse variabili sul sistema e di testare differenti strategie di azione, senza dover intervenire direttamente sul sistema reale. La simulazione può quindi essere utilizzata per ottimizzare il funzionamento di un sistema esistente o per progettare uno nuovo.

3. *Validazione del modello concettuale.*
4. *Analisi dei dati in ingresso*, si effettuano degli studi riguardanti i dati in ingresso del modello che poi verranno inseriti in un software.
5. *Scelta di un particolare software*; possono essere utilizzati diversi software o linguaggi di programmazione, tra cui *Arena* e *Anylogic*.
6. *Calibrazione e valutazione*, in questa fase si esamina la validità dei dati forniti dal modello.

7. *Definizione di un piano degli esperimenti*, serie di esperimenti di simulazione in base ai vincoli inseriti.

8. *Analisi dei dati in uscita*.

Una volta costruito il modello, bisogna tradurlo in un programma su calcolatore. Per problemi di piccole dimensioni è possibile usare strumenti informatici di uso comune come gli spreadsheet (*Excel* e simili) dotati di funzioni “*what-if*”, ma nella maggior parte dei casi è necessario ricorrere a strumenti più potenti.

Generalmente esistono dei linguaggi di programmazione che permettono di effettuare delle simulazioni molto precise, tra cui SIMSCRIPT, MODSIM e GPSS, ma è preferibile utilizzare piattaforme di modellazione poiché prevedono applicazioni di tipo iterativo per la simulazione di eventi discreti. I primi software utilizzati risalgono alla fine degli anni 70 ma i primi esperimenti su tale campo risalgono agli anni 50, alcuni esempi di questa tipologia di software possono essere, Simul8, Arena Simulation, Simio, AnyLogic, Witness, Micro Saint Sharp e ANSYS. Inoltre, questi strumenti sono molto utili perché permettono la sperimentazione, l'analisi, la visualizzazione 2D e 3D e il confronto di scenari alternativi per correlare rapidamente le informazioni e trasformarle facilmente in decisioni. (3)(5)

#### ***4 Il software di simulazione AnyLogic***

La crescente importanza dei processi paralleli nella prima metà degli anni '90 spinse il gruppo di ricerca del Network di Computer Distribuiti (DCN) della Technical University di San Pietroburgo a sviluppare un software di analisi della correttezza dei programmi paralleli e distribuiti. Questo strumento, chiamato COVERS (CONcurrent VERification and Simulation), consentiva la modellazione grafica delle strutture e dei comportamenti dei sistemi. Il successo di COVERS ispirò il DCN laboratory a fondare una nuova impresa nel 1998 con lo scopo di sviluppare un software di simulazione di nuova generazione. Questo nuovo software si concentrò

sull'applicazione di metodi quantitativi di simulazione, analisi delle performance, comportamento dei sistemi stocastici e ottimizzazione. Il software, distribuito nel 2000, era uno dei prodotti di simulazione più avanzati della sua epoca, con un approccio di programmazione ad oggetti, elementi di standard UML, l'uso di Java e una moderna interfaccia grafica. Questo importantissimo strumento, sviluppato dal gruppo di ricerca del Network di Computer Distribuiti (DCN) della Technical University di San Pietroburgo, prese il nome di AnyLogic.

Esso è in grado di supportare i tre principali paradigmi di simulazione:

1. dinamica dei sistemi
2. simulazione ad eventi discreti
3. agent-based modeling

consentendo qualunque combinazione di questi approcci all'interno di un singolo modello. La prima versione di AnyLogic fu chiamata AnyLogic 4. AnyLogic 5, distribuito nel 2003, era orientato alla simulazione di processi di business nei seguenti campi: marketing e concorrenza, salute, produzione, catena di distribuzione, logistica, vendita al dettaglio, processi di business, scienze sociali e dinamiche degli ecosistemi, difesa, project e asset management, infrastrutture IT, dinamica delle folle e simulazione del traffico, aeronautica e fotovoltaico. La ultima versione, AnyLogic 7, è stata lanciata nel 2014 ed è basata sull'ambiente di sviluppo integrato di Eclipse. AnyLogic 7 è compatibile con ambienti Windows, Mac OS e Linux e viene utilizzato in una vasta gamma di campi, tra cui la simulazione di processi di business, la logistica, la catena di distribuzione, la vendita al dettaglio e la difesa.

AnyLogic è un software di simulazione multimodale sviluppato da AnyLogic Company. Permette di creare modelli di simulazione di sistemi complessi in modo interattivo ed efficiente, utilizzando una vasta gamma di tecniche di modellazione.

Il software è stato progettato per essere accessibile a un pubblico ampio, dalle esperte alle persone che non hanno una conoscenza tecnica avanzata.

Grazie alla sua interfaccia intuitiva e facile da usare, AnyLogic consente di creare modelli di simulazione in modo rapido ed efficiente, senza la necessità di conoscere alcun linguaggio di programmazione.

AnyLogic supporta una vasta gamma di modelli di sistemi, tra cui sistemi di produzione, logistici, sanitari, finanziari e molti altri. Il software consente di simulare i flussi di materie prime, di produzione, di distribuzione e di riciclo, nonché di esaminare le risorse necessarie per soddisfare le esigenze dei clienti.

Inoltre, AnyLogic consente di analizzare i flussi di informazione tra i diversi componenti del sistema e di esaminare le comunicazioni e la collaborazione tra i diversi attori coinvolti.

In sintesi, AnyLogic è un software di simulazione multimodale versatile e potente, adatto a una vasta gamma di applicazioni e a un pubblico ampio. Grazie alla sua interfaccia intuitiva e facile da usare, consente di creare modelli di simulazione in modo rapido ed efficiente, senza la necessità di conoscere alcun linguaggio di programmazione.

AnyLogic offre una serie di funzionalità avanzate per l'analisi dei dati, tra cui la possibilità di visualizzare i risultati delle simulazioni in modo interattivo e di esportarli in diversi formati. In questo modo, è possibile utilizzare i risultati delle simulazioni per prendere decisioni informate e per identificare le opportunità di miglioramento del sistema.

Il software supporta anche la personalizzazione dei modelli, consentendo agli utenti di aggiungere o rimuovere componenti, di modificare le proprietà dei componenti o di apportare altre modifiche per personalizzare il modello in base alle esigenze specifiche.

Inoltre, AnyLogic consente di creare modelli di simulazione in modo scalabile, consentendo a più utenti di lavorare su un modello simultaneamente e di condividere i risultati delle simulazioni.

In conclusione, AnyLogic è un software di simulazione multimodale versatile e potente, adatto a una vasta gamma di applicazioni e a un pubblico ampio. Grazie alla sua interfaccia intuitiva e facile da usare, consente di creare modelli di simulazione in modo rapido ed efficiente,

senza la necessità di conoscere alcun linguaggio di programmazione. Inoltre, offre funzionalità avanzate per l'analisi dei dati e permette la personalizzazione dei modelli e la creazione di modelli scalabili.

AnyLogic permette di creare modelli basati su tre paradigmi di simulazione: discrete event, dinamica dei sistemi ed agent-based. Questi tre approcci sono utilizzati per rappresentare i processi e i sistemi in modo matematico e sono stati utilizzati in molte aree di studio, tra cui l'ingegneria, la economia e la scienza dei dati.

Il discreto event, noto anche come approccio di simulazione processo-centrico, è uno dei due approcci tradizionali alla simulazione e si basa sull'elaborazione di eventi discreti. Questo approccio è stato utilizzato per rappresentare processi a flusso continuo, come i processi di produzione industriale, ed è stato insegnato tradizionalmente a studenti di ingegneria e ricerca operativa.

La simulazione dinamica dei sistemi, invece, è molto affine ai processi continui e si concentra sull'elaborazione di flussi aggregati di materia ed energia. Questo approccio è stato utilizzato per rappresentare sistemi naturali e tecnologici complessi, come gli ecosistemi e le reti di trasmissione dell'energia, ed è stato insegnato a studenti di scienze naturali e ingegneria.

L'approccio agent-based, infine, è l'ultimo nato e si concentra su agenti che possono rappresentare oggetti di diversa natura e scala, a livelli di astrazione diversi. Questo approccio è stato utilizzato per rappresentare sistemi complessi e interdipendenti, come le società e i mercati finanziari, ed è stato utilizzato in ambito accademico e applicato per affrontare problemi di ottimizzazione di diversi business globali.

AnyLogic permette all'utente di combinare insieme, nello stesso modello, questi tre approcci secondo l'esigenza, senza nessuna gerarchia da rispettare. Ad esempio, è possibile creare un modello di una società di spedizioni dove i corrieri sono modellati.

I principali elementi del linguaggio di programmazione AnyLogic sono i seguenti:

- Diagrammi Stock e flussi: questi elementi sono utilizzati per creare modelli di sistemi dinamici, in particolare quelli basati sulla tecnologia di sistema. I diagrammi stock rappresentano le risorse disponibili nel sistema, mentre i flussi rappresentano le trasformazioni di queste risorse.
- Statecharts: questi elementi sono utilizzati per creare modelli di agenti, in particolare quelli basati sull'argomento. I statecharts rappresentano il comportamento di un agente all'interno del sistema, e sono utilizzati per definire le transizioni tra gli stati dell'agente.
- Action charts: questi elementi sono utilizzati per creare algoritmi, in particolare quelli utilizzati nei modelli di eventi discreti. Le action charts rappresentano le azioni che possono essere eseguite all'interno del sistema, e sono utilizzate per definire i comportamenti delle unità del sistema.
- Process flowcharts: questi elementi rappresentano i "mattoncini" di base utilizzati per definire un processo nella modellazione degli eventi discreti. Sono utilizzati per rappresentare le risorse e le attività coinvolte in un processo, e sono spesso utilizzati per creare modelli di processi produttivi.

Inoltre, il linguaggio di simulazione di AnyLogic include altri elementi utilizzati per creare modelli più complessi, tra cui:

- Elementi base di modellizzazione: come variabili, equazioni, parametri e eventi, utilizzati per creare modelli matematici e grafici.
- Elementi grafici: come linee, linee spezzate e ovali, utilizzati per rappresentare le relazioni tra le risorse e le attività in un processo.
- Elementi per l'analisi dei risultati: come dataset, istogrammi e grafici, utilizzati per analizzare i risultati.

AnyLogic supporta diversi linguaggi di modellazione per la creazione di modelli di sistemi. Questi linguaggi includono il Process Modeling Language (PML), il Flowchart, il Statechart e il RailModel. Il software è

stato sviluppato per supportare la creazione di modelli di sistemi in diversi ambiti, tra cui la produzione, la catena di fornitura, la logistica e la sanità.

La Process Modeling Library (PML) è stata creata per supportare la modellazione di sistemi basati su processi. Questa libreria include una vasta gamma di oggetti e processi che possono essere utilizzati per creare modelli di sistemi reali in termini di entità (transazioni, consumatori, prodotti, oggetti, veicoli, etc.), processi (le sequenze di operazioni tipicamente coinvolgono code, attese, utilizzo di risorse) e risorse. I processi sono specificati nella forma di flowchart. Questa libreria è particolarmente utile per creare modelli di sistemi complessi in cui è necessario tenere traccia di molte entità e processi diversi.

La Pedestrian Library, invece, è dedicata a simulare il flusso di persone in ambienti "fisici". Questa libreria consente di creare modelli di luoghi ad alta frequentazione, come le stazioni della metropolitana o le strade, e di raccogliere statistiche sulla densità di persone in diverse aree. È possibile stimare un livello di servizio accettabile in base al carico di persone presenti in un'area, stimare i tempi di percorrenza o di permanenza e individuare problemi di flusso, come l'effetto di aggiungere ostacoli lungo un percorso. La Pedestrian Library fornisce un'interfaccia di alto livello in stile flowchart che risulta molto semplice e veloce nella creazione dei modelli di folla.

La Rail Library supporta la simulazione e la visualizzazione di tutte le operazioni ferroviarie di ogni complessità e scala. I modelli ferroviari possono essere combinati con modelli discreti o ad agenti in relazione a: carico/scarico, allocazione di risorse, manutenzione, processi di business, e altre attività connesse al trasporto ferroviario. La Rail Library consente di simulare e visualizzare in modo preciso il comportamento dei treni e di altri veicoli ferroviari in diversi contesti.

In aggiunta alle librerie standard, AnyLogic permette agli utenti di sviluppare e distribuire le loro proprie librerie. Ciò significa che gli utenti possono creare le librerie personalizzate per soddisfare le loro esigenze

specifiche e utilizzare il software per modellare sistemi in modo più efficiente.

In generale, AnyLogic è un software di simulazione molto potente e versatile che può essere utilizzato in molti campi diversi. Grazie alla sua vasta gamma di librerie e strumenti di analisi, gli utenti possono utilizzare il software per creare modelli sempre più complessi e precisi di sistemi reali. L'interfaccia utente amichevole e facile da usare permette agli utenti di creare modelli in modo rapido e semplice, senza necessità di conoscere l'interfaccia di codice. Inoltre, la capacità di eseguire analisi dettagliate e visualizzazioni dei risultati in modo intuitivo e agevole rende AnyLogic un'alternativa ideale per la gestione e la risoluzione di problemi complessi in molti campi.

(13)(14)

## ***5 Composizione e ciclo di produzione delle scarpe***

Per comprendere a pieno il ciclo di produzione della scarpa è fondamentale sapere di quali componenti e materiali si compone la scarpa; perciò, è possibile suddividere essa in diversi componenti che lavorano insieme per fornire supporto, protezione e comfort al piede. Questi componenti possono includere:

- La suola è un componente fondamentale della scarpa. È la parte che va a contatto con il terreno e ha l'obiettivo di fornire un buon supporto e comfort al piede durante l'attività fisica. La suola è solitamente realizzata in materiali come il cuoio, la gomma o il PU (poliuretano). La forma e il design della suola possono variare in base al tipo di scarpa e al suo utilizzo. Le soles per le scarpe da corsa, ad esempio, sono spesso realizzate in materiale morbido per fornire un maggiore comfort durante la corsa. Al contrario, le soles per le scarpe da hiking o da montagna sono spesso più dure per garantire maggior stabilità e supporto su terreni accidentati. Inoltre, la qualità della suola è anche importante per la durata della scarpa.

Una suola di bassa qualità potrebbe tenere meno del tempo e causare danni al piede. Per questo motivo, è importante scegliere una scarpa con una suola di alta qualità e adatta alle proprie esigenze.

- Il tacco è un componente fondamentale della scarpa. Si tratta di un elemento che va a sorreggere la parte superiore del piede e a fornire un buon supporto durante l'attività fisica. Il tacco è solitamente realizzato in materiali come il cuoio, la pelle, il PVC o il PU (poliuretano). Il tacco è anche importante per la protezione del piede. È responsabile di cushioning il colpo del piede in caso di impatti o cadute, e di evitare che il piede si lesioni o si ustioni su superfici contorte o scivolose. Il tacco può anche avere diverse forme e dimensioni in base al tipo di scarpa. Ad esempio, i tacchi delle scarpe da corsa sono solitamente meno pronunciati per garantire un maggiore comfort e flessibilità, mentre i tacchi delle scarpe da mountain bike o da hiking sono più pronunciati per garantire un maggiore supporto e stabilità.

Inoltre, la qualità del tacco è importante per la durata della scarpa.

- La calzatura; Si tratta di quella parte della scarpa che va a contatto direttamente con il piede. La calzatura è solitamente realizzata in materiali come il cuoio, la pelle, il PVC o il PU (poliuretano). Il design e la forma della calzatura possono variare in base al tipo di scarpa e al suo utilizzo. Le calzature per le scarpe da corsa, ad esempio, sono spesso più leggere e strutturate per fornire un maggiore comfort e flessibilità durante la corsa. La qualità della calzatura è importante per la durata della scarpa e per la protezione del piede. Una calzatura di bassa qualità potrebbe causare danni al piede o essere meno durevole rispetto ad una calzatura di alta qualità. Infine, la calzatura è anche un elemento estetico e di moda della scarpa. Esistono molti modelli e colori di calzature disponibili, permettendo agli acquirenti

di scegliere la scarpa che soddisfa le loro esigenze sia dal punto di vista pratico che estetico.

- La punta è un componente fondamentale della scarpa. Si tratta di quella parte della scarpa che va a contatto con il terreno durante l'attività fisica. La punta è solitamente realizzata in materiali come il cuoio, la gomma o il PU (poliuretano). Il design e la forma della punta possono variare in base al tipo di scarpa e al suo utilizzo. Le punte per le scarpe da corsa, ad esempio, sono spesso più dure e leggermente curve per garantire un maggiore supporto e stabilità durante la corsa. Al contrario, le punte per le scarpe da hiking o da montagna sono spesso più morbide e a forma di punta di lancia per garantire maggior trazione su terreni accidentati. Inoltre, la qualità della punta è importante per la durata della scarpa e per la stabilità durante l'attività fisica. Una punta di bassa qualità potrebbe causare danni al piede o essere meno durevole rispetto ad una punta di alta qualità. Infine, la punta è anche un elemento estetico della scarpa.
- La chiusura è un componente fondamentale della scarpa. Si tratta di quella parte della scarpa che serve a fissare il piede all'interno della scarpa e a garantire un buon supporto durante l'attività fisica. Le chiusure possono essere realizzate in diversi materiali, tra cui la plastica, il metallo o il tessuto. Il design e la forma della chiusura possono variare in base al tipo di scarpa e al suo utilizzo. Le chiusure per le scarpe da corsa, ad esempio, sono spesso più leggere e semplici per garantire un maggiore comfort durante la corsa. Inoltre, la qualità della chiusura è importante per la durata della scarpa e per la sicurezza durante l'attività fisica. Una chiusura di bassa qualità potrebbe causare danni al piede o diventare meno efficace nel tempo, mentre una chiusura di alta qualità garantisce una maggiore sicurezza e durata. La chiusura è anch'esso un elemento estetico della scarpa come quasi tutti i componenti visibili e non visibili.

Questi sono solo alcuni dei componenti comuni presenti in una scarpa. Ci possono essere anche altri componenti a seconda del tipo di scarpa e del suo utilizzo specifico. L'utilizzo di questi componenti appropriati e la loro qualità possono influire sulla durata, il comfort e l'adeguamento della scarpa al piede. (15)

I materiali utilizzati per la produzione di scarpe sono vari e ognuno di esso ha un determinato scopo che sia estetico, di comodità o comfort. I materiali che generalmente vengono utilizzati di più nella produzione di scarpe, possono essere i seguenti:

1. La pelle e i tessuti. La pelle solitamente è di origine animale ed essa è molto varia. L'animale di provenienza fa aumentare o diminuire la qualità di esso. I tessuti utilizzati per la produzione delle scarpe possono essere di diversi tipi, come cotone, lana, poliestere, poliuretano e altri materiali sintetici. La qualità dei tessuti dipende dalla loro resistenza, elasticità, morbidezza e colore. I tessuti di cotone sono molto comuni per la produzione di scarpe, poiché sono leggeri, resistenti e durevoli, ma anche i tessuti sintetici possono essere molto utili per la produzione di scarpe sportive o da lavoro. In generale, la scelta del materiale dipende dalle esigenze del cliente e dal budget disponibile. Le scarpe di alta qualità generalmente costano molto di più rispetto alle scarpe di qualità inferiore, perché come già analizzato il materiale all'interno determina la comodità e la bellezza della scarpa.
2. La gomma è un materiale comune utilizzato per la produzione di scarpe sportive e da hiking. Essa fornisce un supporto e un isolamento contro gli stimoli, e può essere utilizzata per creare scarpe a vista o per coprire parti delle scarpe.  
La gomma utilizzata per la produzione di scarpe viene prodotta da una miscela di materiali, come la gomma naturale, la gomma artificiali e il silicone. La gomma naturale è il tipo

di gomma più comune utilizzato per la produzione di scarpe, poiché è più morbida e duttile rispetto alla gomma artificiale, e può essere utilizzata per creare un'ampia gamma di stili di scarpe. La gomma artificiale è un materiale più duro e rigido rispetto alla gomma naturale, e viene utilizzato per creare scarpe sportive, come scarpe da trekking o scarpe da corsa. La gomma artificiale è più durevole e resistente rispetto alla gomma naturale, e può essere utilizzata per creare scarpe più leggere e leggermente più comode da indossare. Il silicone è un materiale utilizzato per produrre una gomma più morbida e elastica rispetto a quella naturale o artificiale. La gomma viene comunemente utilizzata per creare la base delle scarpe, ma può anche essere utilizzata per creare inserti o decorazioni sulle scarpe. La gomma può essere cucita o fissata sul tessuto o sul cuoio per creare una scarpa completa.

3. La plastica è un materiale comune utilizzato per la produzione di scarpe da donna e da beach. Le scarpe in plastica sono leggere e comode da indossare, ma possono essere meno durevoli rispetto ad altri materiali.

La plastica utilizzata per la produzione di scarpe può essere di diversi tipi, come il polietilene di alta densità (HDPE) o il polietilene di bassa densità (LDPE). Il polietilene HDPE è più duro e resistente rispetto al LDPE e viene utilizzato per creare scarpe più durevole e resistenti, mentre il polietilene LDPE è più morbido ed elastico e viene utilizzato per creare scarpe più comode e leggeri da indossare. La plastica viene utilizzata per creare la totalità delle scarpe, compreso il tacco, la suola e la parte superiore della scarpa. Le scarpe in plastica sono spesso utilizzate come alternativa alle scarpe in tessuto o in cuoio per la loro leggerezza e comodità. Tuttavia, le scarpe in plastica possono essere meno durevoli rispetto ad altre. Il cuoio è un

materiale durevole e resistente utilizzato per la produzione di scarpe di alta qualità.

4. Il cuoio può essere utilizzato per creare scarpe da uomo, da donna e da bambino, e può essere decorato con diverse tecniche, come la cucitura a mano o la pittura.

Il cuoio viene utilizzato per la produzione di scarpe per la sua durezza, resistenza e durata. Esso è un materiale naturale, quindi è biodegradabile e può essere utilizzato per creare scarpe in modo sostenibile. Il processo di produzione del cuoio è complesso e richiede una notevole abilità e competenza da parte dei produttori. Il cuoio viene prima tannato, ovvero trattato per renderlo più morbido e duttile, e poi modellato per creare la forma desiderata. Il cuoio modellato può essere poi cucito o fissato sul tessuto o sul supporto per creare una scarpa completa. Il cuoio è un materiale molto versatile e può essere utilizzato per creare scarpe in diversi stili e design, come ad esempio scarpe da uomo eleganti e sofisticate o scarpe da donna colorate e accattivanti. Il cuoio è anche un materiale molto resistente e durevole; quindi, può essere utilizzato per creare scarpe che possono durare per molti anni. In generale, le scarpe in cuoio sono considerate un'opzione di alta qualità e di lunga durata, ed è un materiale molto popolare per la produzione di scarpe di alta gamma.

5. Il metallo può essere utilizzato come materiale decorativo per la produzione di scarpe, ma non come principale materiale di produzione delle scarpe. Il metallo può essere utilizzato per creare motivi o disegni decorativi sulle scarpe, come ad esempio strisce o pizzi in metallo.

Questo tipo di scarpe in metallo è spesso utilizzato per creare un effetto elegante e sofisticato, e può essere utilizzato per creare scarpe da uomo o da donna. Le scarpe in metallo possono essere utilizzate per creare un effetto d'effetto luce,

poiché il metallo riflette la luce e crea un effetto di brillantezza. Il metallo può essere utilizzato in diversi colori e può essere modellato in diverse forme e dimensioni per creare unghie in stile diverso. Le scarpe in metallo possono essere utilizzate per creare unghie in stile sportivo o da cocktail, a seconda del design e del tono desiderato. Il metallo può essere lavorato in diversi modi per creare scarpe decorative, come ad esempio la saldatura o la fissagli. Il metallo può essere anche intrecciato o modellato per creare motivi decorativi. Il metallo è un materiale molto resistente e durevole, quindi le scarpe in metallo possono essere utilizzate per creare unghie durevoli e resistenti. Tuttavia, il metallo può essere meno comodo da indossare rispetto ad altri materiali e può essere più costoso rispetto ad altre scarpe. In generale, le scarpe in metallo sono un'opzione per chi cerca un'alternativa alle scarpe in tessuto o in cuoio per la loro protezione e resistenza.

6. Il nylon è un materiale sintetico utilizzato per la produzione di scarpe da uomo, da donna e da bambino. Il nylon è un materiale durevole e resistente, e può essere utilizzato per creare scarpe sportive o da lavoro. Il nylon è un materiale sintetico che è stato creato nel 1930, ed è diventato molto popolare per la produzione di scarpe a partire dagli anni '60. Il nylon è un materiale molto resistente e durevole, e può essere utilizzato per creare scarpe che possono durare per molti anni. Il nylon è anche un materiale molto versatile e può essere utilizzato per creare scarpe in diversi stili e design. Le scarpe in nylon possono essere utilizzate per creare un effetto sportivo o da campeggiare, a seconda del design e del tono desiderato. Il nylon è un materiale molto leggero e può essere utilizzato per creare scarpe leggere e comode da indossare. Inoltre, il nylon è un materiale molto resistente all'acqua e può essere utilizzato per creare scarpe impermeabili. Il nylon può

essere utilizzato per creare scarpe in diverse colorazioni e forme. Le scarpe in nylon possono essere utilizzate per creare unghie in stile sportivo o da cocktail, a seconda del design e del tono desiderato. Il nylon è un materiale molto resistente e durevole, ma può essere meno comodo da indossare rispetto ad altri materiali e può essere più difficile da mantenere. In generale, le scarpe in nylon sono un'opzione per chi cerca un'alternativa alle scarpe in tessuto o in cuoio per la loro resistenza e leggerezza. (15)

Le fasi di produzione di un paio di scarpe sono molteplici ma possono essere riassunte nelle seguenti fasi:

1. Progettazione: La fase di progettazione è il punto di partenza del processo di produzione delle calzature. I designer creano schizzi e disegni delle scarpe, prendendo in considerazione fattori come il comfort, lo stile, i materiali e le tendenze di moda. Utilizzano software di progettazione assistita dal computer (CAD) per creare modelli tridimensionali delle scarpe e definire le specifiche tecniche.
2. Sviluppo dei prototipi: Una volta che i disegni sono pronti, vengono realizzati i prototipi delle scarpe. Questa fase coinvolge la trasformazione dei modelli CAD in prototipi fisici utilizzando materiali come la pelle, la gomma e i tessuti. I prototipi vengono testati per valutare il comfort, la vestibilità e la funzionalità, apportando eventuali modifiche al design in base ai risultati.
3. Taglio dei materiali: Dopo l'approvazione dei prototipi, viene eseguita la fase di taglio dei materiali. Le parti superiori, le soles e altri componenti vengono tagliati

utilizzando macchine specializzate o attrezzi manuali. I materiali possono includere pelle, tessuti, gomma, plastica e altri materiali sintetici.

4. **Assemblaggio:** Una volta che i materiali sono stati tagliati, inizia la fase di assemblaggio. Le diverse parti delle scarpe vengono cucite, incollate o fuse insieme utilizzando tecniche specifiche. Le cuciture possono essere fatte a mano o con macchine da cucire specializzate. Durante questa fase vengono anche applicati i dettagli, come i lacci e le fibbie. Durante l'assemblaggio, vengono anche eseguite altre operazioni come l'aggiunta di rinforzi interni, l'inserimento di solette e la preparazione dei componenti per la fase successiva.
5. **Montaggio della suola:** La suola è un componente chiave delle calzature. Può essere realizzata in vari modi, tra cui iniezione di gomma, stampaggio o cucitura. La suola viene montata sulla parte inferiore delle scarpe utilizzando adesivi o metodi di fissaggio meccanici.
6. **Rifinitura:** Una volta completato il montaggio della suola, le scarpe passano alla fase di rifinitura. In questa fase, vengono eliminate eventuali imperfezioni, viene eseguita la pulizia finale e vengono applicati trattamenti estetici, come la colorazione, la lucidatura o l'applicazione di vernici protettive.
7. **Controllo di qualità:** Prima di essere confezionate e distribuite, le scarpe vengono sottoposte a un rigoroso controllo di qualità. Vengono esaminate per garantire che soddisfino gli standard stabiliti per quanto riguarda la qualità dei materiali, la vestibilità, Controllo di qualità (continua): Le scarpe vengono sottoposte a una

serie di controlli per garantire la qualità del prodotto finale. Questi controlli possono includere ispezioni visive, test di resistenza, verifiche della vestibilità e misurazioni accurate. Solo le scarpe che superano i criteri di controllo di qualità vengono approvate per la distribuzione.

8. Confezionamento e distribuzione: Una volta superato il controllo di qualità, le scarpe vengono confezionate in scatole o sacchetti protettivi. Vengono etichettate con informazioni come il modello, la taglia e il codice a barre. Successivamente, le scarpe vengono distribuite ai punti vendita o alle destinazioni finali attraverso canali di distribuzione appropriati.
9. Marketing e vendita: Una volta che le scarpe sono disponibili nei punti vendita, le attività di marketing e vendita entrano in gioco. Le aziende promuovono le calzature attraverso campagne pubblicitarie, promozioni, sfilate di moda e canali di vendita online. I clienti possono quindi acquistare le calzature desiderate.

È importante sottolineare che il processo di produzione delle calzature può variare leggermente a seconda dell'azienda e del tipo di calzatura. Tuttavia, questa descrizione fornisce una visione generale delle principali fasi coinvolte nel processo di produzione delle calzature. (15)

## **5.1 Progettazione**

La fase di progettazione nella produzione di scarpe svolge un ruolo fondamentale nel definire l'aspetto, la funzionalità e la qualità del prodotto finale. Durante questa fase, i designer lavorano per tradurre concetti creativi in modelli tecnici e specifiche che saranno utilizzati per la produzione delle scarpe. Ecco una descrizione più dettagliata della fase di progettazione nella produzione di scarpe:

1. **Concept Development:** La fase di progettazione inizia con lo sviluppo dei concetti. I designer cercano ispirazione da fonti come tendenze di moda, arte, cultura e stili di vita per creare un'idea unica per le scarpe. Questo processo coinvolge la ricerca di materiali, forme, colori e dettagli che definiranno l'estetica delle scarpe.
2. **Schizzi e Rendering:** Una volta che i concetti sono stati definiti, i designer creano schizzi a mano o utilizzano software di disegno per visualizzare il design delle scarpe. Questi schizzi rappresentano diverse prospettive e dettagli delle scarpe, inclusi il lato, la parte superiore, la suola e i dettagli decorativi. I rendering digitali possono essere utilizzati per ottenere una visione più realistica delle scarpe.
3. **Progettazione tecnica:** Una volta che il design generale delle scarpe è stato definito, i designer passano alla fase di progettazione tecnica. Durante questa fase, vengono creati modelli tridimensionali dettagliati utilizzando software di progettazione assistita dal computer (CAD). Questi modelli comprendono specifiche tecniche come misure precise, tolleranze, curvature e dettagli costruttivi.
4. **Material Selection:** Durante la fase di progettazione, i designer scelgono i materiali che saranno utilizzati per la produzione delle scarpe. Questa selezione dipende dall'estetica desiderata, dalla funzionalità richiesta e dalle considerazioni di durabilità. I materiali comuni includono pelle, tessuti, gomma, plastica e materiali sintetici.
5. **Prototipazione:** Una volta che il design è stato finalizzato, vengono realizzati prototipi fisici delle scarpe. Questi prototipi possono essere realizzati a mano o utilizzando tecnologie come la stampa 3D. I prototipi consentono ai designer di valutare il comfort, la vestibilità e l'aspetto delle scarpe, apportando eventuali modifiche o miglioramenti necessari.

La fase di progettazione nella produzione di scarpe richiede una combinazione di creatività, conoscenza tecnica e comprensione delle esigenze dei consumatori. È un processo iterativo che coinvolge la collaborazione tra designer, ingegneri e team di sviluppo del prodotto per

raggiungere il design finale che soddisfi i criteri di estetica, funzionalità e producibilità. (15)

## **5.2 Sviluppo dei prototipi**

La fase di sviluppo dei prototipi è un passaggio cruciale nella produzione di scarpe. Durante questa fase, vengono realizzati i primi esemplari fisici delle scarpe per valutarne l'aspetto, la vestibilità e la funzionalità.

Una volta completata la fase di progettazione delle scarpe, si passa allo sviluppo dei prototipi. Questo coinvolge la trasformazione dei disegni e dei modelli tecnici in modelli fisici realizzati con materiali appositi. I prototipi consentono ai designer, agli ingegneri e ad altre figure chiave coinvolte nel processo di produzione di valutare l'effettiva realizzazione delle scarpe.

Durante lo sviluppo dei prototipi, vengono utilizzate varie tecniche e strumenti. A seconda delle esigenze, i prototipi possono essere realizzati a mano o con l'aiuto di tecnologie avanzate come la stampa 3D. Questi metodi consentono di ottenere una rappresentazione fisica delle scarpe in modo rapido ed efficiente.

Una volta realizzati i prototipi, vengono esaminati e valutati attentamente. Vengono considerati fattori come il comfort, la vestibilità, la resistenza e l'estetica. Se necessario, vengono apportate modifiche e miglioramenti al design originale per soddisfare le esigenze e le aspettative degli utenti finali.

La fase di sviluppo dei prototipi è un processo iterativo. Ogni iterazione dei prototipi consente di raffinare e perfezionare il design delle scarpe. Gli input e i feedback provenienti da test e valutazioni vengono utilizzati per apportare le modifiche necessarie al fine di raggiungere il risultato desiderato.

Una volta che i prototipi finali sono stati approvati e considerati soddisfacenti in termini di aspetto, funzionalità e qualità, si procede alla produzione in serie delle scarpe. Attraverso prototipi fisici, i designer e gli esperti possono valutare la vestibilità e l'efficacia delle scarpe, apportando eventuali modifiche per garantire che il prodotto finale soddisfi le

aspettative dei consumatori. Questa fase aiuta a ridurre i rischi e a migliorare la qualità del prodotto finale.

In conclusione, la fase di sviluppo dei prototipi nella produzione di scarpe è un momento cruciale per valutare e migliorare il design delle scarpe. (15)

### **5.3 Taglio dei materiali**

La seconda fase della produzione di scarpe è la fase di taglio dei materiali. Questa fase è cruciale per ottenere le parti necessarie per assemblare le scarpe. Ecco una breve descrizione di questa fase:

Una volta che il design delle scarpe è stato finalizzato, si passa al taglio dei materiali. I materiali selezionati, come pelle, tessuti o altri materiali sintetici, vengono posizionati su un tavolo di taglio. Utilizzando modelli o tracciando direttamente sul materiale, i tagliatori professionisti tagliano le parti della scarpa secondo le misure specifiche.

I tagliatori devono avere una grande precisione e abilità nel posizionare i modelli e tagliare i materiali in modo uniforme. Devono considerare fattori come la direzione del filo, per garantire che le parti tagliate abbiano la massima resistenza e durabilità. Inoltre, devono essere attenti ai dettagli, evitando eventuali difetti o imperfezioni che potrebbero influire sulla qualità del prodotto finale.

Una volta che le parti della scarpa sono state tagliate, vengono solitamente identificate con etichette o segni per semplificare l'assemblaggio successivo. Queste parti tagliate sono poi pronte per passare alla fase successiva del processo di produzione.

La fase di taglio dei materiali richiede l'uso di attrezzature e strumenti specializzati, come coltelli da taglio, taglierine o macchine per il taglio automatico. È fondamentale che i tagliatori siano esperti nel loro lavoro e seguano scrupolosamente le specifiche del design e le misure stabilite.

In conclusione, la fase di taglio dei materiali nella produzione di scarpe è una fase critica per ottenere le parti necessarie per assemblare le scarpe. Richiede precisione, abilità e attenzione ai dettagli da parte dei tagliatori per assicurarsi che i materiali siano tagliati in modo accurato e di alta

qualità, preparando così le basi per le fasi successive del processo di produzione delle scarpe. (15)

#### **5.4 Assemblaggio**

La fase di assemblaggio è un passaggio cruciale nel processo di produzione delle scarpe. Durante questa fase, le diverse parti tagliate e preparate vengono unite per creare le scarpe complete. Ecco una breve descrizione di questa fase:

Una volta che le parti delle scarpe sono state tagliate e preparate, inizia la fase di assemblaggio. Gli operatori specializzati, noti come montatori o operatori di linea, sono responsabili di mettere insieme le diverse parti per creare le scarpe complete.

La sequenza di assemblaggio può variare a seconda del tipo di scarpa e del metodo di produzione utilizzato. In genere, le parti superiori, come tomaie, linguette e fodere, vengono unite tra loro mediante cucitura o l'uso di adesivi speciali. Questo richiede precisione e attenzione ai dettagli per garantire che le cuciture siano solide e durevoli.

Successivamente, le soles vengono attaccate alla parte inferiore della scarpa. Questo può essere fatto attraverso l'applicazione di adesivi o tramite processi di fusione o iniezione. Le soles svolgono un ruolo fondamentale nella stabilità, trazione e comfort delle scarpe.

Durante l'assemblaggio, possono essere aggiunti anche dettagli come lacci, fibbie, cerniere o altri elementi decorativi. Questi dettagli vengono posizionati e fissati accuratamente per completare l'aspetto finale delle scarpe.

Durante tutto il processo di assemblaggio, vengono seguite rigorose procedure di controllo di qualità. Gli operatori controllano costantemente la qualità delle scarpe in costruzione, verificando la corretta posizione delle parti, l'assenza di difetti e la conformità alle specifiche stabilite.

La fase di assemblaggio richiede l'utilizzo di strumenti specializzati come macchine per cucire, presse o attrezzature di fissaggio. È fondamentale che

gli operatori abbiano competenze e conoscenze specifiche per garantire un assemblaggio accurato e di alta qualità delle scarpe.

## **5.5 Montaggio della suola**

La quinta fase del processo di creazione delle scarpe è la fase di montaggio della suola. Durante questa fase, le soles vengono unite alle parti superiori per completare la struttura della scarpa. Ecco una breve descrizione di questa fase:

Una volta che le parti superiori delle scarpe sono state preparate e assemblate, è il momento di montare le soles. Le soles svolgono un ruolo fondamentale nella stabilità, trazione e comfort delle scarpe. Esistono diverse tecniche utilizzate per il montaggio delle soles, a seconda del tipo di scarpa e del metodo di produzione.

Uno dei metodi comuni è l'uso di adesivi speciali. Le soles e le parti inferiori delle scarpe vengono accuratamente preparate per assicurare una buona adesione. L'adesivo viene applicato sia sulla parte inferiore delle soles che sulla superficie delle scarpe, e le due parti vengono poi pressate insieme per formare una connessione solida.

In alcuni casi, viene utilizzata anche la fusione o l'iniezione. Questo metodo prevede il riscaldamento della suola o delle parti inferiori delle scarpe e l'utilizzo di pressione per unire le due parti. La fusione o l'iniezione crea una connessione più resistente e duratura.

Durante il montaggio della suola, è fondamentale mantenere l'allineamento corretto e l'equilibrio delle scarpe. Gli operatori esperti si assicurano che le soles siano posizionate in modo preciso e uniforme, evitando deviazioni o disallineamenti che potrebbero influire sulla vestibilità o sull'aspetto delle scarpe.

Dopo il montaggio delle soles, vengono effettuati controlli di qualità per verificare che la connessione tra le soles e le parti superiori sia corretta e solida. Vengono esaminati anche dettagli come l'aspetto, la simmetria e la qualità delle soles stesse.

La fase di montaggio della suola è un passaggio fondamentale nel processo di creazione delle scarpe. Le soles forniscono stabilità, trazione e comfort, e il loro corretto montaggio è essenziale per garantire la qualità e la funzionalità delle scarpe. Attraverso l'utilizzo di adesivi o tecniche di fusione/iniezione, le soles vengono unite alle parti superiori, e vengono effettuati controlli di qualità per garantire un risultato finale di alta qualità.

## **5.6 Rifinitura**

Nella seguente fase vengono effettuate le operazioni finali per perfezionare l'aspetto e la qualità delle scarpe. Una volta che le soles sono state montate correttamente e le scarpe hanno preso forma, inizia la fase di rifinitura. Questa fase comprende una serie di operazioni volte a migliorare l'aspetto e la qualità delle scarpe. Un'operazione comune nella fase di rifinitura è la rimozione di eventuali sbavature o imperfezioni. Gli operatori utilizzano strumenti specializzati per levigare e pulire le superfici delle scarpe, garantendo che siano lisce e prive di difetti visibili.

Inoltre, durante questa fase, vengono effettuate operazioni di cucitura finale. Gli operatori eseguono cuciture di precisione per fissare eventuali dettagli come etichette, linguette o altri elementi decorativi. Queste cuciture aggiuntive contribuiscono all'aspetto finale delle scarpe e ne migliorano la resistenza. La fase di rifinitura comprende anche l'applicazione di trattamenti protettivi o decorativi. Ad esempio, vengono applicati prodotti per impermeabilizzare le scarpe e proteggerle dagli agenti atmosferici. Inoltre, possono essere applicati coloranti o rivestimenti per migliorare l'aspetto estetico delle scarpe. Durante tutto il processo di rifinitura, vengono effettuati controlli di qualità rigorosi e le scarpe vengono esaminate attentamente per verificare che soddisfino i requisiti di qualità stabiliti. Gli operatori controllano l'aspetto, la simmetria, la consistenza e altri dettagli per assicurarsi che le scarpe siano di alta qualità e pronte per la distribuzione.

Durante questa fase, vengono effettuate anche operazioni di: levigatura, cucitura e applicazione di trattamenti protettivi per perfezionare l'aspetto e

la qualità delle scarpe. Tutti i controlli elencati garantiscono che le scarpe soddisfino gli standard stabiliti e che siano pronte per essere commercializzate e indossate dai consumatori. (15)

## **5.7 Controllo di qualità**

La fase di controllo finale nella produzione di scarpe è un momento cruciale per garantire che ogni paio di scarpe soddisfi gli standard di qualità richiesti prima di essere distribuito ai clienti. Durante questa fase, vengono effettuati controlli accurati e approfonditi per individuare eventuali difetti o imperfezioni che potrebbero essere presenti. Ecco una breve descrizione di questa fase:

Il controllo finale è un'attività svolta da operatori specializzati che hanno una vasta esperienza nel riconoscimento dei difetti e nel valutare la qualità delle scarpe. Questi esperti esaminano attentamente ciascun paio di scarpe per individuare eventuali imperfezioni visibili o problemi di fabbricazione.

Durante il controllo finale, vengono prese in considerazione diverse caratteristiche delle scarpe, come l'aspetto estetico, la simmetria, la coerenza delle cuciture, l'integrità dei materiali utilizzati e la precisione dei dettagli. L'obiettivo principale è garantire che ogni paio di scarpe abbia un aspetto impeccabile e soddisfi gli standard di qualità richiesti.

Gli operatori utilizzano strumenti e dispositivi specializzati, come lenti di ingrandimento, lampade di ispezione e strumenti di misurazione, per esaminare attentamente le scarpe sotto diverse angolazioni e in diverse condizioni di luce. Questo permette loro di individuare eventuali difetti nascosti o sottolineare problemi di qualità che potrebbero non essere immediatamente evidenti.

Durante il controllo finale, viene prestata attenzione anche a dettagli come la vestibilità e il comfort delle scarpe. Gli operatori potrebbero indossare le scarpe per valutare la loro vestibilità e verificare che siano confortevoli da indossare.

Se durante il controllo finale vengono individuati difetti o problemi di qualità, le scarpe vengono segnalate per ulteriori azioni correttive. Ciò

potrebbe includere il ritorno alle fasi precedenti del processo di produzione per apportare le necessarie correzioni o, in casi estremi, scartare completamente il paio di scarpe.

L'obiettivo principale della fase di controllo finale è garantire che ogni paio di scarpe che lascia la fabbrica sia di alta qualità e risponda alle aspettative dei clienti. Questo controllo rigoroso aiuta a mantenere l'immagine del marchio e la fiducia dei consumatori nel prodotto.

In conclusione, la fase di controllo finale nella produzione di scarpe è un passaggio fondamentale per garantire che ogni paio di scarpe soddisfi gli standard di qualità richiesti. Attraverso l'esperienza degli operatori e l'utilizzo di strumenti specializzati, vengono individuati e corretti eventuali difetti o problemi di qualità. Ciò contribuisce a fornire ai clienti scarpe di alta qualità e a mantenere l'eccellenza del prodotto finale. (15)

## **5.8 Confezionamento e distribuzione**

Durante questa fase, le scarpe vengono immagazzinate in modo adeguato e preparate per essere distribuite ai rivenditori o ai clienti finali.

Una volta che le scarpe hanno superato il controllo finale e sono state confezionate correttamente, passano alla fase di stoccaggio. In questa fase, le scarpe vengono immagazzinate in modo sicuro e organizzato all'interno di magazzini o depositi.

Gli ambienti di stoccaggio devono essere adeguatamente controllati per preservare la qualità e l'integrità delle scarpe. Ciò include la regolazione della temperatura, dell'umidità e di altri fattori ambientali che potrebbero influenzare le caratteristiche delle scarpe, come la pelle, i materiali sintetici o le componenti delicate.

Durante lo stoccaggio, le scarpe vengono etichettate e catalogate in modo da facilitarne l'identificazione e il recupero successivo. Questo sistema di organizzazione aiuta a garantire una gestione efficiente degli stock e una rapida localizzazione delle scarpe richieste.

Successivamente, le scarpe sono pronte per la distribuzione. Questa fase coinvolge il coordinamento dei trasporti e la gestione della catena di

distribuzione per assicurarsi che le scarpe raggiungano i punti vendita o i clienti finali nel modo più rapido ed efficiente possibile.

Durante il processo di distribuzione, vengono seguite le procedure di tracciabilità e monitoraggio per tenere traccia del percorso delle scarpe dalla fabbrica al destinatario finale. Ciò aiuta a garantire che le scarpe siano consegnate correttamente e che le informazioni sulla spedizione siano disponibili in caso di necessità.

Inoltre, la gestione dell'inventario è un elemento chiave della fase di stoccaggio e distribuzione. Vengono utilizzati sistemi di gestione dell'inventario per monitorare le quantità di scarpe disponibili, riordinare le scorte quando necessario e prevenire situazioni di sovrapproduzione o scorte insufficienti.

Infine, la fase di stoccaggio e distribuzione si conclude con la consegna delle scarpe ai rivenditori o ai clienti finali. Durante questo processo, viene data attenzione all'imballaggio sicuro e alla corretta gestione delle consegne per garantire che le scarpe arrivino in condizioni ottimali. (15)

## **5.9 Marketing e vendite**

La fase di marketing e vendita delle scarpe è un processo cruciale per il successo del prodotto. Questa fase comprende tutte le attività necessarie per promuovere e vendere le scarpe ai consumatori.

In primo luogo, il processo di marketing delle scarpe inizia con la creazione di una strategia di marketing. Ci sono diverse strategie di marketing che possono essere utilizzate per promuovere le scarpe, tra cui la pubblicità, il marketing di contenuti, il promozionismo e il marketing diretto ai consumatori. La strategia di marketing delle scarpe deve essere progettata in modo da raggiungere il pubblico di riferimento e aumentare la consapevolezza del prodotto.

Una volta che la strategia di marketing è stata definita, vengono pianificate le attività di vendita delle scarpe. Ci sono diverse attività di vendita che possono essere pianificate, tra cui la definizione del prezzo, la determinazione del canale di distribuzione e la pianificazione della

produzione. La vendita delle scarpe può avvenire attraverso diversi canali tra cui i negozi di abbigliamento, i cataloghi per corrispondenza, le vendite dirette ai consumatori e le vendite online.

Una volta che le scarpe sono state prodotte e promosse, è importante monitorare il successo delle attività di vendita. Ciò può essere fatto attraverso la raccolta di dati sui consumatori, la valutazione delle prestazioni delle attività di marketing e la revisione delle strategie di vendita. In base ai risultati ottenuti, può essere necessario apportare modifiche alle strategie di marketing e vendita per migliorare i risultati.

La pianificazione e la gestione efficaci di queste attività possono contribuire in modo significativo al successo del prodotto.

Una volta compreso il fabbisogno del mercato e definita la strategia di marketing, la fase successiva è quella di vendita delle scarpe. Qui il prodotto deve essere presentato in modo efficace ai potenziali clienti, in modo da convincerli a comprarlo. Ci sono diverse tecniche di vendita che possono essere utilizzate, come la vendita diretta, la vendita per corrispondenza, la vendita in negozio e la vendita online.

La vendita diretta può essere effettuata in diversi modi, come la vendita in standalone, i points of sale o i kiosk. In questo modo, il venditore può avere un contatto diretto con il cliente e rispondere alle sue domande. Inoltre, può essere possibile ottenere consigli e feedback da parte dei clienti, che possono essere utilizzati per migliorare il prodotto o la strategia di marketing.

La vendita per corrispondenza può essere effettuata attraverso la pubblicità su riviste o siti web, o attraverso la distribuzione di cataloghi. In questo modo, il cliente può acquistare il prodotto senza dover uscire di casa, e il venditore può raggiungere un pubblico più ampio.

La vendita in negozio può essere effettuata attraverso la distribuzione del prodotto in negozi di abbigliamento o di calzature. In questo modo, il cliente può vedere e provare il prodotto in modo diretto, e il venditore può avere una maggiore visibilità sul mercato.

Infine, la vendita online è diventata sempre più popolare negli ultimi anni, grazie al boom del e-commerce. In questo modo, il cliente può acquistare il prodotto dalla comodità della propria casa, e il venditore può raggiungere un pubblico globale.

In ogni caso, la vendita delle scarpe deve essere effettuata in modo efficace e professionale, in modo da garantire la soddisfazione del cliente e il successo del prodotto.

La vendita online è un'altra strategia molto popolare per vendere le scarpe. In questo caso, le scarpe possono essere vendute attraverso un sito web o una piattaforma di e-commerce. La vendita online consente ai clienti di acquistare le scarpe senza dover uscire di casa, il che è particolarmente utile per i clienti che vivono in zone lontane o che hanno lavori molto impegnativi. Inoltre, la vendita online consente ai produttori di raggiungere un pubblico globale.

La vendita attraverso intermediari come grossisti o rivenditori può essere una strategia efficace per raggiungere un pubblico più ampio. In questo caso, i produttori possono vendere le scarpe a intermediari che le riprodurranno e le terranno in magazzino, pronti per la vendita.

In altre parole, questa è la fase più importante della produzione delle scarpe perché permette all'azienda di ottenere i ricavi programmati, evitare che ci siano prodotti in stock alla fine del periodo e ottenere degli ottimi feedback.

(15)

## ***6 Creazione di un modello di produzione di calzature***

Per la creazione di un modello di produzione di calzature è importante seguire dei passaggi chiave utili per il funzionamento del modello stesso:

Il primo passo nella creazione di un modello di produzione di calzature su AnyLogic è la definizione degli obiettivi del modello. Questo passo cruciale aiuterà a comprendere chiaramente cosa desideri ottenere e a stabilire una direzione chiara per il progetto che si vuole realizzare.

Ecco alcuni possibili obiettivi che si potrebbero considerare durante la creazione del modello di produzione di calzature su AnyLogic:

1. Ottimizzazione della capacità produttiva: Cercare di massimizzare l'efficienza della linea di produzione, garantendo che gli impianti siano utilizzati al massimo delle loro capacità. Potresti voler identificare eventuali colli di bottiglia nel processo di produzione e trovare modi per migliorare la produttività complessiva.
2. Riduzione dei tempi di attesa: Questo potrebbe implicare la riduzione dei tempi di cambio tra diversi tipi di calzature, l'ottimizzazione delle sequenze di produzione o l'implementazione di strategie di pianificazione più efficienti, grazie all'eliminazione dei colli di bottiglia.
3. Valutazione delle strategie di pianificazione: Puoi utilizzare il modello per testare e valutare diverse strategie di pianificazione della produzione. Ad esempio, si potrebbe voler confrontare l'efficacia di diverse politiche di programmazione della produzione, come il just-in-time (JIT) o il manufacturing resource planning (MRP), al fine di identificare la strategia ottimale per la tua produzione di calzature.
4. Minimizzazione dei costi: E' importante cercare di ridurre i costi complessivi di produzione, ad esempio ottimizzando l'utilizzo delle risorse, riducendo gli sprechi o identificando aree in cui è possibile ridurre i costi operativi.
5. Miglioramento della soddisfazione del cliente: Si può considerare la soddisfazione del cliente come obiettivo primario. È possibile ridurre i tempi di consegna, migliorare la qualità del prodotto o garantire una maggiore flessibilità nel soddisfare le richieste dei clienti.

Una volta che hai stabilito gli obiettivi del modello, puoi procedere con la creazione del modello stesso, utilizzando gli strumenti e le funzionalità offerti da AnyLogic per modellare il flusso di produzione, le risorse coinvolte e le varie politiche di pianificazione.

Il secondo passo è l'identificazione degli agenti è un passo cruciale nella progettazione della struttura del modello di produzione di scarpe su AnyLogic. Durante l'identificazione degli agenti, è importante considerare attentamente le diverse entità che compongono il processo di produzione di calzature. Ecco alcuni esempi di agenti che potresti prendere in considerazione:

1. **Macchine:** Le macchine sono un agente chiave nel processo di produzione di calzature. Possono rappresentare le diverse fasi del processo, come taglio, cucitura o assemblaggio. È possibile definire le caratteristiche delle macchine, come i tempi di ciclo, i tempi di cambio, la capacità produttiva e i tempi di guasto.
2. **Operatori:** Gli operatori sono gli addetti alle macchine o alle stazioni di lavoro e svolgono attività specifiche nel processo di produzione di scarpe. Possono influire sulla velocità di lavoro, sulle competenze tecniche e sulle pause. È possibile definire il numero di operatori disponibili, la loro efficienza e il tempo di lavoro.
3. **Stazioni di lavoro:** Le stazioni di lavoro rappresentano i luoghi fisici in cui avvengono le diverse fasi della produzione di scarpe. Possono essere collegati alle macchine e agli operatori. È possibile definire la capacità delle stazioni di lavoro, la disponibilità delle risorse e il flusso di produzione tra le stazioni.
4. **Magazzino:** Il magazzino rappresenta lo spazio in cui vengono conservati i materiali, le componenti o le scarpe finite. Può influire sulla gestione delle scorte, sul riordino dei materiali e sulla disponibilità dei prodotti finiti.
5. **Ordini di produzione:** Gli ordini di produzione rappresentano le richieste dei clienti per determinate quantità e tipi di scarpe. Possono influire sul flusso di produzione, sulla priorità degli ordini e sulla pianificazione della produzione.

Durante l'identificazione degli agenti, è importante considerare anche le relazioni e le interazioni tra di loro. Ad esempio, le macchine possono essere collegate agli operatori, che a loro volta possono essere assegnati a

diverse stazioni di lavoro. Le scarpe possono essere spostate tra le stazioni di lavoro o dal magazzino. Queste relazioni e interazioni definiranno il flusso del processo di produzione di scarpe nel modello.

Un'accurata identificazione degli agenti ti permetterà di modellare in modo più preciso il sistema di produzione di scarpe e di valutare l'impatto delle diverse variabili sul rendimento complessivo.

Una volta identificati gli agenti chiave durante la fase di progettazione del modello di produzione di scarpe su AnyLogic, è necessario creare questi agenti utilizzando l'interfaccia di AnyLogic. Questo passo permetterà di definire gli attributi e i comportamenti specifici per ciascun agente, consentendo loro di interagire all'interno del modello di simulazione.

Ecco alcuni passaggi da seguire per creare gli agenti nel modello su AnyLogic:

1. Aprire il modello in AnyLogic e l'area di progettazione.
2. Utilizzare gli strumenti e le funzionalità offerti da AnyLogic per creare gli agenti che hai definito. Ad esempio, è possibile trascinare e rilasciare elementi come "Process Modeling Library" o "Material Handling Library" dalla barra degli strumenti di AnyLogic per creare gli agenti desiderati.
3. Per ogni agente, si possono definire gli attributi specifici. Ad esempio, per l'agente "Macchina", è possibile creare attributi come "capacità di produzione" per indicare quante unità di scarpe può produrre in un determinato periodo di tempo, o "velocità di funzionamento" per specificare la velocità di lavoro della macchina.
4. Definizione dei comportamenti degli agenti. Si possono utilizzare dei blocchi di logica o algoritmi per definire come gli agenti interagiscono tra loro e come eseguono le loro attività. Ad esempio, è possibile creare una logica che determini quando una macchina inizia una nuova produzione, quando si verifica un guasto o come vengono gestiti i tempi di cambio tra i tipi di scarpe.
5. Configurare gli eventi che influenzano gli agenti. Utilizza l'interfaccia di AnyLogic per creare eventi che attivino determinate

azioni o modifiche di stato negli agenti. Ad esempio, si può creare un evento che rappresenti l'arrivo di nuovi ordini di produzione e definire le azioni che devono essere eseguite quando si verificano tali eventi.

6. Assicurarsi di considerare le relazioni e le interazioni tra gli agenti durante la creazione è molto importante. Ad esempio, è possibile stabilire legami tra le macchine e gli operatori che le gestiscono o definire come le scarpe vengono trasferite tra le diverse stazioni di lavoro.
7. Verificare e validare i risultati. Dopo la creazione degli agenti nel modello, è importante controllare gli attributi e i comportamenti siano stati definiti correttamente. Effettuare dei test e simulazioni per verificare che gli agenti interagiscano nel modo desiderato e che i risultati siano coerenti con le aspettative.

Una volta creati gli agenti nel modello di produzione di scarpe su AnyLogic, è il momento di configurare i blocchi di processo per modellare le diverse fasi del processo produttivo. I blocchi di processo consentono di rappresentare le attività e le operazioni specifiche che avvengono durante la produzione delle scarpe, consentendo di definire tempi di processo, input e output per ciascun blocco.

Ecco i passaggi da seguire per configurare i blocchi di processo nel modello su AnyLogic:

1. Aprire il modello in AnyLogic.
2. È possibile trascinare e rilasciare i blocchi di processo dalla libreria "Process Modeling Library" di AnyLogic nell'area di progettazione. Questa libreria contiene una varietà di blocchi predefiniti che puoi utilizzare per modellare le diverse fasi del processo produttivo delle scarpe.
3. Subito dopo si può configurare il flusso di lavoro desiderato collegando i blocchi di processo in modo appropriato. Ad esempio, è possibile collegare un blocco di processo "Taglio" a un blocco di processo "Cucitura" e successivamente a un blocco di processo

"Assemblaggio" per rappresentare la sequenza delle operazioni nel processo di produzione di calzature.

4. Configurare i tempi di processo per ciascun blocco di processo. Si può specificare la durata di ciascuna fase del processo, tenendo conto dei tempi di lavorazione, dei tempi di setup o dei tempi di attesa. È possibile, inoltre, impostare questi tempi di processo come costanti o come variabili dipendenti da altre condizioni o parametri.
5. Definire gli input e gli output di ogni blocco di processo. Ad esempio, è possibile specificare che il blocco di processo "Taglio" richiede una determinata quantità di materiale come input e produce un certo numero di componenti di scarpe come output. C'è la possibilità di configurare gli input e gli output come flussi di risorse o come variabili dipendenti dalle caratteristiche degli agenti.
6. Configurare altre proprietà dei blocchi di processo, come il numero di risorse o di operatori richiesti per ciascun blocco. Ad esempio, si può specificare che il blocco di processo "Assemblaggio" richiede due operatori per eseguire le attività richieste.
7. Verificare e validare i risultati. Assicurati di controllare che i blocchi di processo siano stati configurati correttamente e che il flusso di lavoro e i tempi di processo riflettano le aspettative. Eseguire test e simulazioni per verificare che il sistema si comporti come previsto e che gli output siano coerenti con i dati di input.

Configurare i blocchi di processo nel modello su AnyLogic richiede un'attenta analisi delle diverse fasi del processo di produzione delle scarpe e una comprensione dei tempi di processo e degli input/output di ciascun blocco.

Nel processo di produzione delle scarpe, è comune che si verifichino accumuli di lavoro in diverse fasi. Per gestire efficacemente queste situazioni, è importante aggiungere code nel modello su AnyLogic. Le code ti consentono di gestire l'accumulo di materiali o prodotti in attesa di essere elaborati o trasferiti alle fasi successive.

I passaggi che seguono illustrano un ipotetico modo per gestire le code:

1. Identificare le aree del processo di produzione delle scarpe in cui si verificano gli accumuli di lavoro. Ad esempio, si può avere una coda per i materiali in attesa di essere utilizzati in una determinata fase o una coda per le scarpe finite in attesa di essere assemblate o spedite.
2. Trascinare e rilasciare l'elemento "Queue" dalla libreria di AnyLogic nell' area di progettazione. Questo elemento rappresenta una coda nel modello.
3. Posizionare le code in posizioni appropriate all'interno del flusso di lavoro del processo di produzione delle scarpe. Puoi collegare le code ai blocchi di processo corrispondenti o posizzionarle tra due blocchi per gestire l'accumulo di lavoro tra di essi.
4. Configura le regole di gestione delle code. Puoi specificare se le code devono seguire una politica FIFO (First In First Out), in cui gli elementi in attesa più a lungo vengono elaborati per primi, o una politica di priorità basata su determinati criteri. Ad esempio, si può definire priorità per gli ordini urgenti o assegnare priorità in base alla tipologia di scarpe.
5. Configurare le caratteristiche delle code, come la capacità massima e il comportamento in caso di raggiungimento della capacità massima. È possibile impostare limiti sulla capacità delle code per evitare accumuli e situazioni di sovraccarico. Si può anche definire come gestire gli elementi che non possono essere accodati a causa del raggiungimento della capacità massima.
6. Collegare le code agli agenti corrispondenti nel modello. Ad esempio, si possono collegare una coda ai blocchi di processo che richiedono i materiali in attesa o alle stazioni di lavoro che devono elaborare le scarpe in arrivo.
7. Verificare e validare i risultati. Assicurarsi che le code siano state configurate correttamente e che le regole di gestione delle code riflettano le aspettative. Eseguire test e simulazioni per verificare che gli accumuli di lavoro vengano gestiti in modo efficace e che le code

influenzino il flusso di lavoro e le prestazioni complessive del sistema.

Gestire le code nel modello su AnyLogic consente di modellare realisticamente l'accumulo di lavoro nel processo di produzione delle scarpe e di valutare l'efficacia delle strategie di gestione delle code.

Nel processo di produzione di scarpe, è essenziale assegnare le risorse necessarie a ciascuna fase del processo. Ciò include l'assegnazione di macchine specifiche ai blocchi di processo corrispondenti e l'assegnazione di operatori con le competenze adeguate. Inoltre, è necessario configurare i tempi di lavoro delle risorse e stabilire la loro disponibilità all'interno del sistema.

Alcuni passaggi possono essere:

1. Identificare le risorse necessarie per ciascuna fase del processo di produzione di scarpe. Queste risorse possono includere macchine specifiche, operatori con competenze particolari o altre risorse materiali o umane.
2. Utilizzare gli elementi forniti da AnyLogic per rappresentare le risorse nel modello. Ad esempio, si può utilizzare l'elemento "Resource Pool" per modellare un gruppo di operatori o l'elemento "Service" per rappresentare una macchina o una stazione di lavoro.
3. Assegnare le risorse ai blocchi di processo corrispondenti. Collegare le risorse necessarie a ciascun blocco di processo per indicare quale risorsa è richiesta per eseguire l'attività associata a quel blocco. Ad esempio, collega una macchina specifica al blocco di processo "Assemblaggio" o assegna un operatore qualificato al blocco di processo "Cucitura".
4. Configurare i tempi di lavoro delle risorse. Specifica la velocità di funzionamento delle macchine o la produttività degli operatori. Puoi definire il tempo necessario per completare un'unità di lavoro o un set di attività. Questi tempi di lavoro possono essere fissi o variabili, a seconda delle caratteristiche specifiche del processo di produzione di scarpe.

5. Stabilire la disponibilità delle risorse nel tempo. Configura gli orari di lavoro e le pause per gli operatori, così come i periodi di manutenzione per le macchine. Queste informazioni influenzeranno la capacità delle risorse di eseguire il lavoro in determinati momenti e contribuiranno a modellare realisticamente il sistema di produzione di scarpe.
6. Gestire le competenze degli operatori. Se hai operatori con competenze diverse o specializzazioni specifiche, assegnare le risorse in modo appropriato in base alle loro abilità è molto importante. Ciò può influenzare il flusso di lavoro e la capacità di eseguire determinate attività all'interno del processo di produzione delle scarpe.
7. Verificare e validare i risultati. Assicurati che le risorse siano state assegnate correttamente e che i tempi di lavoro e la disponibilità delle risorse riflettano le aspettative. Eseguire test e simulazioni per verificare che le risorse siano utilizzate in modo efficiente e che il flusso di lavoro sia coerente con le configurazioni.

Gli eventi giocano un ruolo importante nella modellazione del sistema di produzione di scarpe su AnyLogic. Per configurare gli eventi nel modello, segui questi passaggi su AnyLogic:

1. Identificare gli eventi rilevanti per il sistema di produzione di scarpe. Questi possono includere gli arrivi di nuovi ordini, le manutenzioni delle macchine, le pause degli operatori o altri eventi significativi per il processo.
2. Utilizzare gli elementi di evento forniti da AnyLogic per rappresentare gli eventi nel modello. Ad esempio, puoi utilizzare l'elemento "Source" per modellare l'arrivo di nuovi ordini o l'elemento "Delay" per rappresentare una pausa programmata.
3. Configurare le tempistiche degli eventi. Specifica quando e con quale frequenza gli eventi si verificano nel sistema. Ad esempio, puoi programmare l'arrivo di nuovi ordini in base a un determinato

intervallo di tempo o stabilire gli intervalli di manutenzione periodica per le macchine.

4. Stabilire le logiche degli eventi. Definire le condizioni che scatenano gli eventi nel modello. Ad esempio, è possibile impostare una condizione in cui un nuovo ordine arriva quando il numero di scarpe in magazzino scende al di sotto di una certa soglia.
5. Collegare gli eventi ai blocchi di processo o alle risorse corrispondenti. Ad esempio, collegare l'evento di arrivo di un nuovo ordine al blocco di processo "Taglio" per avviare la produzione di scarpe quando è disponibile un nuovo ordine.
6. Verificare e validare i risultati. Assicurarsi che gli eventi siano stati configurati correttamente e che le tempistiche e le logiche degli eventi riflettano le aspettative. Eseguire test e simulazioni per verificare che gli eventi influenzino il flusso di lavoro e le prestazioni del sistema come previsto.

Configurare gli eventi nel modello su AnyLogic ti permette di modellare situazioni dinamiche e impreviste nel sistema di produzione di scarpe. Utilizza le funzionalità offerte da AnyLogic per configurare gli eventi in modo accurato e valutare l'impatto che possono avere sul flusso di lavoro e le prestazioni complessive del sistema.

Dopo aver completato la configurazione del modello di produzione di scarpe su AnyLogic, è il momento di eseguire la simulazione per valutare il funzionamento. La simulazione permette di osservare e analizzare i risultati ottenuti, come i tempi di produzione, i tempi di attesa e l'utilizzo delle risorse, al fine di valutare l'efficienza e l'efficacia del sistema di produzione. I possibili passaggi sono:

1. Verificare che tutti gli elementi del modello siano configurati correttamente, inclusi gli agenti, i blocchi di processo, le code, le risorse e gli eventi. Assicurarsi è molto importante perché ci permette di sapere se le connessioni tra di loro siano corrette e riflettano il flusso di lavoro desiderato nel sistema di produzione di scarpe.

2. Configurare i parametri di simulazione. Determinare la durata totale della simulazione e imposti eventuali condizioni iniziali o variabili di input necessarie per il modello. Ad esempio, è possibile definire il numero di ordini iniziali o le condizioni di partenza del sistema.
3. Avviare la simulazione. Utilizzare le funzionalità di esecuzione di AnyLogic per avviare la simulazione del modello. Monitorare l'avanzamento della simulazione e osserva i risultati che vengono generati.
4. Osservare i risultati della simulazione. Durante l'esecuzione della simulazione, analizzare i dati generati per valutare il funzionamento del sistema di produzione di scarpe. Osservare i tempi di produzione delle scarpe, i tempi di attesa nelle code, l'utilizzo delle risorse e altri indicatori di prestazione rilevanti per il processo.
5. Valutare le prestazioni e identificare gli eventuali problemi o aree di miglioramento. Analizzare i risultati della simulazione per identificare eventuali inefficienze, ritardi o sovraccarichi nel sistema di produzione.
6. Apportare modifiche e ottimizzare il modello. Sulla base delle osservazioni e delle analisi effettuate durante la simulazione, apportare eventuali modifiche al modello per correggere i problemi identificati o migliorare le prestazioni. Questo potrebbe includere regolazioni dei tempi di processo, delle capacità delle risorse o delle regole di gestione delle code.
7. Ripetere la simulazione e valutare gli effetti delle modifiche apportate. Esegui nuovamente la simulazione dopo aver apportato le modifiche al modello per valutare l'impatto delle modifiche e verificare se i risultati si sono migliorati.
8. Continuare a raffinare e migliorare il modello. La simulazione è un processo iterativo, quindi puoi continuare a raffinare e migliorare il modello sulla base dei risultati ottenuti e delle analisi.

La guida scritta si basa su esperienze e ricerche personali che riguardano la produzione di un modello di scarpe; quindi, esso non può essere adattato a qualsiasi situazione.

In conclusione, lo strumento AnyLogic ci permette di simulare un determinato processo produttivo, il che si può rivelare molto utile in contesti quali l'azienda o più nello specifico particolari reparti produttivi, il che ci permette di pianificare la produzione e ottenere risultati migliori.

- (1) <https://www.lantek.com/it/blog/i-9-pilastri-dellindustria-40>
- (1) <https://www.economyup.it/innovazione/cos-e-l-industria-40-e-perche-e-importante-saperla-affrontare/>
- (2) lezioni di impianti
- (3) <https://morethesis.unimore.it/theses/available/etd-06152022-135711/>  
<https://www.officeautomation.soiel.it/iot-e-simulazione-dei-processi-industriali/>
- (4) [http://www.lavorosi.it/fileadmin/user\\_upload/PRASSI\\_2019/inapp-quale-futuro-per-il-lavoro-impatto-robotica-lovergine.pdf](http://www.lavorosi.it/fileadmin/user_upload/PRASSI_2019/inapp-quale-futuro-per-il-lavoro-impatto-robotica-lovergine.pdf)
- (5) <https://www.officeautomation.soiel.it/iot-e-simulazione-dei-processi-industriali>
- (6) <https://www.intelligenzaartificiale.it>
- (7) <https://tech4future.info/robotica-cos-come-funziona-applicazioni/>
- (8) <https://www.ibm.com/it-it/topics/cloud-computing>
- (9) <https://www.kaspersky.it/resource-center/definitions/what-is-cyber-security>
- (10) <https://www.tibco.com/it/reference-center/what-is-big-data-analytics>
- (11) <https://www.industry4business.it/industria-4-0/additive-manufacturing-cos-e-come-usare-la-produzione-additiva-per-la-sostenibilita/>
- (12) <https://www.exorint.com/it/blog/cosè-un-interfaccia-hmi-uomo-macchina-human-machine-interface>
- (13) <https://www.AnyLogic.com/>
- (14) <https://it.wikipedia.org/wiki/AnyLogic>
- (15) <http://www.sabbatiniconsulting.com/DOCUMENTAZIONE/DOC1/11%20Comparto%20Metalmeccanico/Artigiani/Calzaturiero%20-%20ISPESL.pdf>
- (16) [https://www.youtube.com/results?search\\_query=come+utilizzare+anylogic+pagine](https://www.youtube.com/results?search_query=come+utilizzare+anylogic+pagine)