



Politecnico di Torino

Politecnico di Torino

Collegio di Ingegneria Gestionale

Corso di Laurea Magistrale in Gestionale Logistica

Classe LM-31 Tesi di Laurea Magistrale

Analisi e introduzione tecnologia rfid in un sistema di magazzino reale: caso Japs Srl

Relatrice: Arianna Alfieri

Co-relatrice: Erica Pastore

Candidato: Matteo Molino

Anno accademico 2021/2022

INDICE

ABSTRACT.....	3
Capitolo 1 La Simulazione.....	5
1.1 Introduzione alla simulazione.....	5
1.2 Modelli e sistemi.....	7
1.3 La simulazione ad eventi discreti.....	9
1.4 Simulazione di un sistema di magazzino: a single-server queueing system.....	11
Capitolo 2 Software di simulazione.....	20
2.1 Introduzione.....	20
2.2 Metodologia della simulazione.....	24
2.3 Arena.....	28
Capitolo 3 Tecnologia RFID.....	32
3.1 Introduzione.....	32
3.2 Metodi di scansione e strumenti utilizzati.....	34
3.3 Analisi KPI e ottimizzazione: caso Decathlon.....	36
3.4 Rischi relativi all'implementazione.....	39
3.4.1 Rischi per la salute.....	39
3.4.2 Rischi per la privacy.....	39
3.4.3 Rischio di guasti.....	40
3.4.4 Altri rischi.....	40
Capitolo 4 Il caso studio: magazzino di Japs Srl.....	42
4.1 Monitoraggio attività di picking nel magazzino.....	42
4.2 Individuazione ed analisi delle criticità.....	47
4.3 Inizio raccolta dati.....	49
4.4 Studio e creazione del modello rappresentativo del magazzino.....	50
4.4.1 Flow chart.....	50
4.4.2 Assunzioni.....	54
4.4.3 Costruzione del modello step by step.....	54
4.5 Analisi degli input ricavati attraverso metodi statistici (data analysis, modelling and goodness of fit tests).....	55
4.5.1 Test KS Normale.....	62
4.5.2 Test KS Esponenziale.....	63
4.5.3 Test KS Uniforme.....	65
4.5.4 Chi-Square Test For A, B & F.....	66
4.6 Analisi degli output della simulazione dal modello.....	70
Capitolo 5 Introduzione tecnologia RFID nel modello.....	73
5.1 Modello Base.....	73
5.2 Modello RFID 98%, 99% e 100%.....	74
5.3 Outcome simulazione e Test HP sui dati.....	76
5.3.1 Test ipotesi stock per categoria.....	80
Capitolo 6 Analisi costi benefici.....	84
6.1 Costi diretti.....	84
6.2 Costi indiretti.....	86
6.3 KPI e analisi delle performance associate all'investimento.....	87
Capitolo 7 Conclusioni.....	90
Bibliografia.....	92

Indice figure.....	93
Indice tabelle	94

ABSTRACT

L'elaborato rappresenta il frutto dello studio e della teorica introduzione della tecnologia RFID all'interno del magazzino dell'azienda Japs Srl.

L'RFID (Radio Frequency Identification) è una tecnologia che, attraverso la trasmissione a radiofrequenza, identifica in modo univoco ed automatico l'oggetto a cui è applicato un tag. La sua applicazione è estesa a diversi ambiti e si è diffusa a partire dalla grande distribuzione a molteplici settori, anche grazie al fatto che i tag sono alla base del nuovo concetto di Internet of Things (IoT) in cui gli oggetti sono "intelligenti" ed in grado di scambiare o fornire informazioni possedute, raccolte e/o elaborate.

L'analisi viene svolta in due parti fondamentali: una teorica, nella quale viene spiegata la teoria alla base dello studio effettuato, quella della cosiddetta "simulazione dei sistemi" e una seconda parte in cui viene analizzato nel dettaglio lo studio sui dati raccolti, effettuato tramite un software chiamato Arena, e le conclusioni che si traggono dalla simulazione del sistema rappresentato.

L'analisi è stata svolta affiancando l'operatore nelle proprie attività giornaliere, per la completa visualizzazione delle operazioni di picking dei prodotti alimentari finalizzato al soddisfacimento degli ordini di materie prime e semilavorati provenienti dalle altre sedi.

Lo studio si divide in sei capitoli, nei primi due viene trattata la teoria della simulazione, sia generale che lato software, successivamente nel terzo vengono introdotte le funzionalità della tecnologia RFID e come opera.

Nel quarto e quinto capitolo la trattazione entra nel vivo analizzando il sistema reale, prima come raccolta e analisi approfondita dei dati, e poi come sviluppo del modello software e analisi dei risultati della simulazione: input, flow e output.

Nel sesto capitolo vi è la parte di elaborato legata al trade-off costi benefici dell'investimento, in cui si analizzerà la fattibilità economico-finanziaria.

Nell'ultimo capitolo saranno riportati i risultati e le principali considerazioni e conclusioni sul caso in esame.

Capitolo 1 La Simulazione

1.1 Introduzione alla simulazione

Simulare significa creare una replica di un dato sistema operante nella realtà, con tutte le proprie caratteristiche.

L'impianto o il processo di interesse è solitamente chiamato sistema e, per studiarlo scientificamente, dobbiamo spesso formulare una serie di ipotesi sul suo funzionamento. Le ipotesi suddette, che solitamente possono assumere forma di relazioni matematiche e/o logiche, costituiscono un modello al fine della comprensione del comportamento del sistema.

Se le relazioni componenti il modello sono moderatamente semplici, può essere possibile utilizzare modelli matematici (teorie probabilistiche o metodi di calcolo), per ottenere informazioni esatte circa obiettivi dello studio, tale metodo è denominato soluzione analitica. Nella realtà, come verrà mostrato anche nell'elaborato, la maggior parte dei sistemi è troppo complessa per consentire la valutazione analitica di modelli realistici, per i quali è necessario utilizzare la simulazione.

Nel simulare, si utilizza un computer per la valutazione numerica di un modello e si raccolgono dati per stimare le caratteristiche reali desiderate del modello.

Le aree di applicazione della simulazione sono molteplici e diverse: quello che andremo ad analizzare nello specifico riguarderà una piccola Supply chain per una re-ingegnerizzazione di un sistema aziendale. È una delle tecniche di ricerca operativa e di scienza gestionale tra le più utilizzate, come riporta lo studio "A Longitudinal Update"

svolto nei 15 anni tra il 1973 e il 1998 da Lane, Mansour e Harpell.

Le altre due sono la “programmazione matematica” e “la statistica”, che racchiudono molte tecniche individuali di ricerca.

Tuttavia, ci sono stati molti ostacoli relativi all’utilizzo della simulazione: la modellazione di sistemi reali su larga scala è molto complessa e scriverne i relativi programmi per computer per eseguirli può rivelarsi assai complicato. Negli ultimi anni si sono però sviluppati eccellenti prodotti software che forniscono molte delle funzioni necessarie per la programmazione di un modello simulazione. Il secondo problema riguardante la simulazione di sistemi complessi è relativo all’elevata quantità di tempo passato davanti al computer, ma con l’evolversi della tecnologia e il conseguente miglioramento dei processori e delle velocità dei computer, c’è stato un efficientamento sia della velocità di elaborazione sia dei relativi costi.

Purtroppo negli anni gli studi di simulazione sono stati interpretati come meri esercizi di programmazione al computer, il che ha portato alla composizione di studi sulla base di:

- modello euristico;
- programmazione;
- unica esecuzione del programma per ottenere l’output desiderato.

Il timore è relativo quindi alle conclusioni dei suddetti studi, che trascurano la questione di come un modello correttamente

codificato debba essere utilizzato per fare inferenza statistica sul sistema di interesse.

1.2 Modelli e sistemi

Per sistema si intende un insieme di entità, ad esempio persone o macchine, che agiscono e interagiscono insieme per il raggiungimento di un certo fine. Ad esempio, se studiassimo il sistema “banca”, esempi di possibili variabili di stato potrebbero essere il numero di sportellisti occupati, il numero di clienti in coda e l’ora di arrivo di ciascun cliente.

Le tipologie di sistemi sono due: discreti e continui. Un sistema discreto ha come caratteristica la discretizzazione del tempo in istanti, (una banca, un magazzino: ad esempio il numero di clienti in banca cambia quando un cliente arriva o se ne va; istante in cui un pezzo arriva in magazzino e istante in cui il cliente lo compra sono distinti), vengono considerati i momenti in cui vi sono variazioni nel sistema. Nei sistemi continui, invece,

viene monitorata l’evoluzione nel tempo perché ogni secondo può cambiare (es. la traiettoria di una nave o di un aereo, poiché le variabili di stato come la posizione e la velocità possono cambiare continuamente rispetto al tempo).

Sostanzialmente, pochi sistemi sono completamente discreti o continui, ma hanno più che altro un cambiamento predominante di una delle due tipologie.

Durante la vita della maggior parte dei sistemi, si presenta la necessità di studiarli per cercare di capire le relazioni tra i vari componenti o per prevedere le prestazioni in considerazione di cambiamenti futuri.

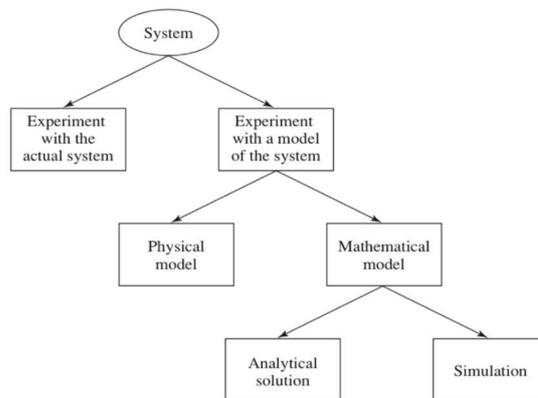


Figura 1.1 Tipi di sistemi sperimentali

Sistema reale o modello del sistema, quale scegliere?

Ovviamente, se vi è la possibilità e la convenienza di modificare il sistema fisicamente e lasciarlo funzionare nelle nuove condizioni, è auspicabile farlo per non avere dubbi sulla validità di ciò che studiamo. Tuttavia, raramente è possibile, poiché spesso questi generi di esperimenti sarebbero o troppo onerosi o comunque dannosi per il funzionamento del sistema. Ad esempio un ristoratore potrebbe pensare di ridurre il personale di sala per risparmiare sui costi, ma provarci potrebbe portare ad un servizio poco efficiente e ad una conseguente customer loss.

Il sistema studiato potrebbe anche non essere ancora esistente, ma studiarne le alternative delle possibili configurazioni ottimali può essere vantaggioso a livello di investimento. Per questi motivi, di solito è necessario costruire un modello che rappresenti al meglio il sistema reale o un surrogato di esso e studiarlo, ma sempre ricordandosi che i risultati saranno delle stime, su cui fare delle considerazioni, e non le risposte o le soluzioni al problema.

Tipologie di modelli: insieme di relazioni logico-matematiche che descrive i componenti del sistema che si vogliono modellizzare e come le parti sono fra loro correlate.

I modelli in base alle considerazioni sul tempo possono essere:

-statici: rappresentano il tempo in un certo istante (simulazione Montecarlo, analisi del rischio, distribuzione time independent);

-dinamici: time dependent, che si evolvono nel tempo.

I modelli in base alla variabilità si dividono in:

-deterministici: non vi è variabilità in output se in input ho sempre gli stessi dati;

-stocastici: il medesimo input può dare output diversi dato che estraggo da una variabile casuale (RIRO: random input random output).

Tutte le suddette caratteristiche aiutano a modellare il sistema nel modo più realistico possibile.

1.3 La simulazione ad eventi discreti

Un sistema a eventi discreti è un sistema in cui i cambiamenti di stato (eventi) avvengono in istanti discreti nel tempo, e gli eventi richiedono un tempo zero per verificarsi. Si presume che non accada nulla (nulla di interesse dello studio) in mezzo a due eventi consecutivi, cioè che non avvenga alcun cambiamento di stato nel sistema tra i due istanti (a differenza dei sistemi continui in cui i cambiamenti di stato avvengono continuamente).

Per aiutare la comprensione, ad esempio, le reti di computer sono solitamente considerate sistemi a eventi discreti. Alcuni degli eventi sono:

- inizio della trasmissione di un pacchetto dati;
- fine della trasmissione di un pacchetto dati;
- scadenza di un timeout di ritrasmissione.

Ciò implica che tra due eventi come l'inizio e la fine della trasmissione di un pacchetto non accada nulla di interessante, in pratica è come se il suo stato continuasse a essere in trasmissione.

Si noti che la definizione di eventi e stati "interessanti" dipende sempre dall'intento e dagli scopi della persona che lo sta modellando. Se l'interesse fosse stato relativo alla trasmissione di singoli bit, avremmo dovuto includere qualcosa come l'inizio della trasmissione di un bit e la fine della trasmissione di un bit tra i nostri eventi.

Il tempo all'interno del modello è spesso chiamato tempo di simulazione, tempo del modello o tempo virtuale, in contrapposizione a tempo reale o tempo della CPU, che si riferiscono al tempo di esecuzione del programma di simulazione e al tempo di CPU consumato.

A causa della natura dinamica dei modelli di simulazione a eventi discreti, è necessario tenere il valore corrente del tempo simulato mentre la simulazione procede, e abbiamo anche bisogno di un meccanismo per far avanzare il tempo simulato da un valore a un altro.

Chiamiamo la variabile in un modello di simulazione che fornisce il valore corrente del tempo simulato, *simulation's clock*.

L'unità di tempo per l'orologio di simulazione non è mai dichiarata esplicitamente quando un modello è scritto in un linguaggio general purpose come il C, e si presume che sia nelle stesse unità di misura dei parametri di ingresso

Storicamente, sono stati suggeriti due approcci principali per l'avanzamento del tempo di simulazione:

- next-event time advance: utilizzato dai principali software di simulazione e dalla maggior parte dei programmatori che utilizzano linguaggi general purpose;
- fixed-increment time advance: caso particolare del primo approccio, si programmano eventi fittizi che si verificano ogni unità di tempo delta-t.

La simulazione a eventi discreti è un approccio dinamico, stocastico e top-down alla modellazione.

1.4 Simulazione di un sistema di magazzino: a single-server queueing system

Per completezza della trattazione, viene riportato un esempio di un sistema di magazzino tratto dalla letteratura, effettuato con Arena Software.

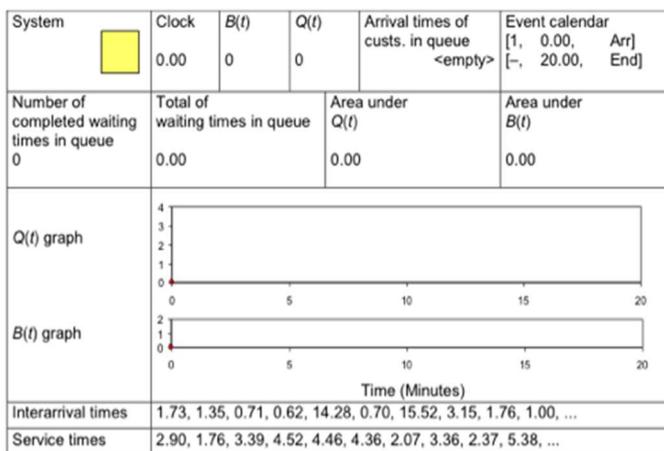


Figura 1.2 Arena clock 0

$t=0$: Inizializzazione. L'ipotesi di modellazione effettuata è che inizialmente il sistema sia vuoto (0 clienti) e il server sia inattivo. La simulazione si conclude al valore $t=20,00$.

Le variabili di stato del modello sono inizializzate per rappresentare questa situazione: Lo stato del server è 0 (è rappresentato con una variabile booleana che vale 0 se è libero e 1 se occupato) e il numero di clienti in coda è 0. C'è un vettore unidimensionale per memorizzare gli orari di arrivo dei clienti.

Questo *array* è inizialmente vuoto e, con il progredire della simulazione, la sua lunghezza aumenterà e si ridurrà.

Il clock della simulazione è settato a 0 e l'elenco degli eventi indica il tempo a cui si verificherà la prossima occorrenza per ciascun tipo di evento. L'ora del primo arrivo è al tempo $t=0$, $0+A_1=0$ ed è indicato con "A" accanto all'elenco degli eventi.

Tuttavia, la simulazione procede in generale guardando l'elenco degli eventi e scegliendo il valore più piccolo per determinare quale sarà l'evento successivo, quindi programmando la partenza successiva fino all'infinito (o a un numero N impostato molto grande nel programma del computer), eliminiamo di fatto

l'evento di partenza dalla considerazione e costringiamo l'evento successivo a essere un arrivo.

Una volta terminata l'inizializzazione, il controllo viene restituito al programma principale, che richiama la routine di temporizzazione per determinare l'evento successivo.

Poiché $0 < N$, la routine del tempo fa avanzare l'orologio fino a questo tempo, quindi passa il controllo al programma

principale con l'informazione che il prossimo evento sarà un arrivo.

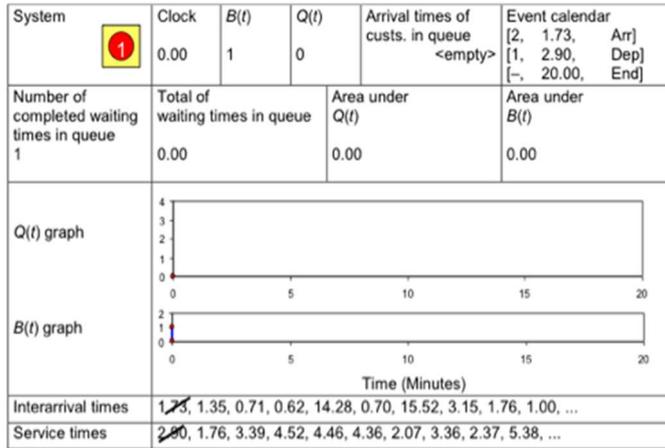


Figura 1.3 Arena clock 0 wip 1

In $t=0$ arriva anche la prima parte, la quale viene subito inserita nel server poichè non occupato ($B(t)=0$) ed inizia immediatamente ad essere lavorata e ha un ritardo in coda pari a $D1=0$ (che conta come ritardo).

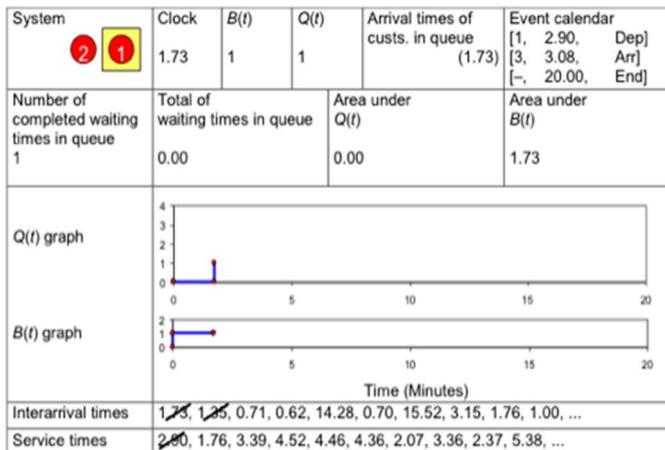


Figura 1.4 Arena clock 1.73

In $t=1.73$ vi è l'arrivo del secondo pezzo. Il programma principale passa il controllo alla routine di arrivo per elaborare l'arrivo della seconda parte.

Poiché la parte è arrivata quando il server è attivo ($B(t)=1$), è la variabile $Q(t)$ a cambiare, aumentando del numero di parti arrivate, in questo caso 1. Il suo orario di arrivo viene memorizzato nella prima posizione dell'*array*.

Il prossimo arrivo sarà $A_2=3.08$, cioè tra 1,35 unità di tempo a partire da ora, al tempo e la prossima partenza (il completamento della lavorazione sulla prima parte) sarà $S_1=2,90$ unità di tempo da ora, cioè a $t=0+2,90=2,90$.

L'area sotto $Q(t)$ viene aggiornata aggiungendo il prodotto del valore precedente (cioè il livello che aveva tra l'ultimo evento e ora) per l'ampiezza dell'intervallo di tempo tra l'ultimo evento e ora. In questo caso $Q(t)=2,90-1,73=1,17$.

Allo stesso modo, l'area sotto $B(t)$ viene aggiornata aggiungendo il prodotto del suo valore precedente (0) per l'ampiezza dell'intervallo di tempo trascorso dall'ultimo evento.

Infine, il tempo dell'ultimo evento viene portato all'ora attuale (1,73) e il controllo passa nuovamente al programma principale. Esso utilizza la routine di temporizzazione, che analizza l'elenco degli eventi alla ricerca del valore più piccolo, e determina che il prossimo evento sarà un altro arrivo all'ora 3,08; aggiorna l'orologio a questo valore e passa di nuovo il controllo al programma principale con l'informazione che il prossimo evento sarà un arrivo.

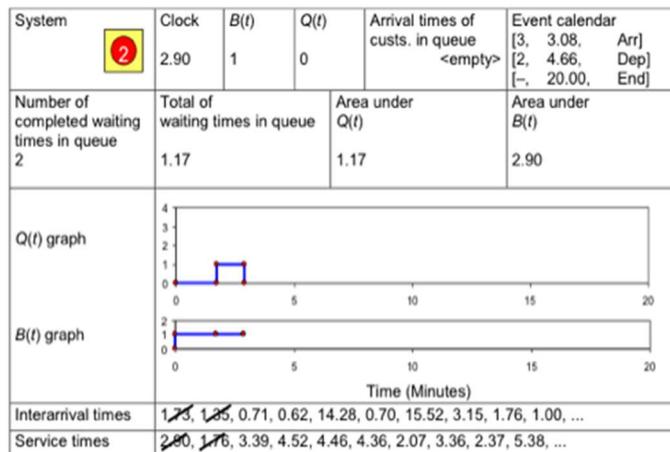


Figura 1.5 Arena clock 2.90

$t=2,90$ Partenza della parte 1: la parte 1 esce dal sistema perché il programma ha la routine delle ripartenze a cui fare fede. La parte 2 entra nella lavorazione e la coda scende a 0 come valore. Il server resta *busy* poiché appena esce una parte ne entra un'altra.

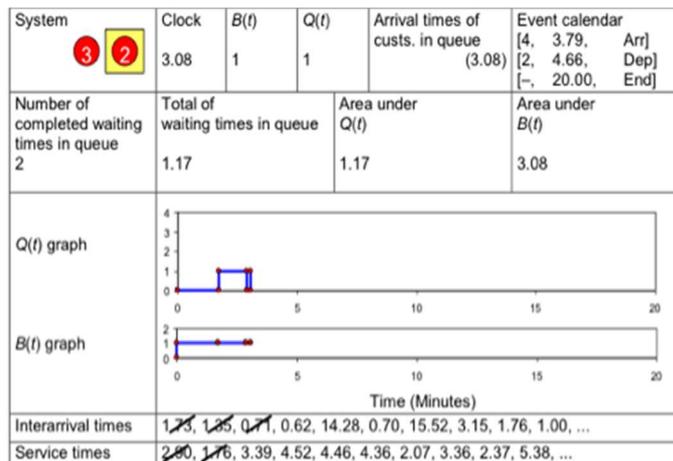


Figura 1.6 Arena clock 3.08

$t=3,08$ Arrivo numero 3. A questo punto si entra nuovamente nella routine di arrivo.

Poichè arriva e trova il server occupato (stato uguale a 1 al suo arrivo), deve mettersi in coda nella posizione uno della coda.

Il suo orario di arrivo viene memorizzato nella prima posizione dell'*array* e la variabile numero in coda sale a 1.

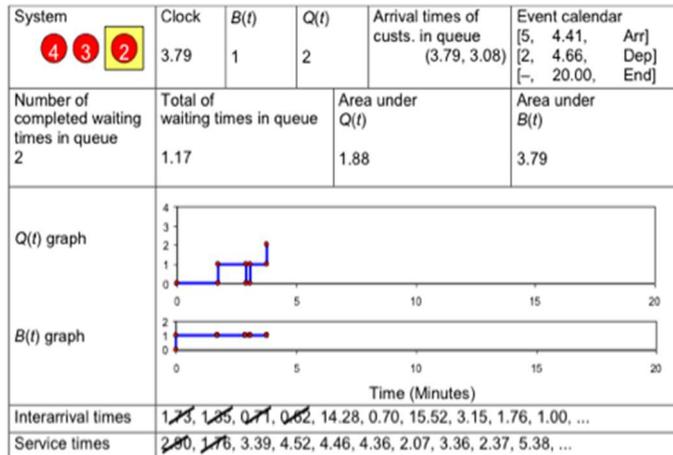


Figura 1.7 Arena clock 3.79

$t=3,79$ Schedule degli arrivi. Il *job* 4 arriva e trova la macchina occupata, si mette in coda nella seconda posizione e attende; il sistema salva nel vettore della coda il suo orario di arrivo e Q(t) sale a 2.

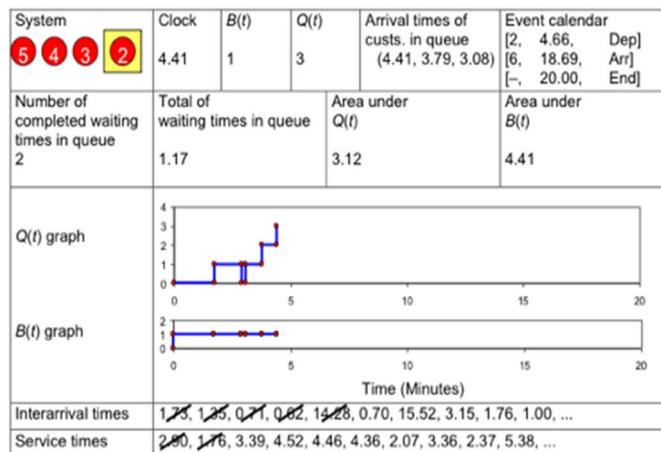


Figura 1.8 Arena clock 4.41

$t=4,41$ Ancora routine degli arrivi. Il *job* 5 entra nel sistema e trovando il server ancora occupato si mette in coda in terza posizione, facendo salire il valore di Q(t) a 3. Il sistema salva l'orario di arrivo del *job* nella posizione 3 dell'*array*. Dal

calendario degli eventi in alto a sinistra, possiamo notare che il prossimo arrivo sarà a 18,69, e che prima di esso si passerà al programma delle partenze.

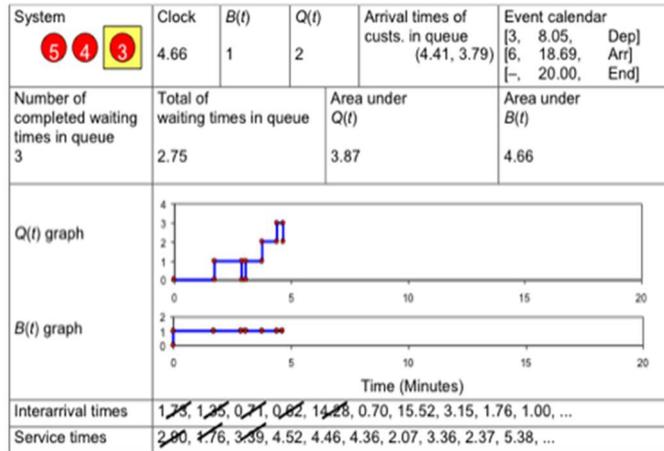


Figura 1.9 Arena clock 4.66

$t=4,66$ Routine delle partenze. Il *job 2* ha concluso la propria lavorazione ed esce dal sistema, la macchina non va *idle* perché la coda ha un valore ≥ 1 , la coda si riduce di una unità e il *job 3* inizia ad essere lavorato. L'orario di uscita dalla coda per il *job 3* viene aggiornato nell'*array* per tenere traccia dei tempi medi di attesa in coda.

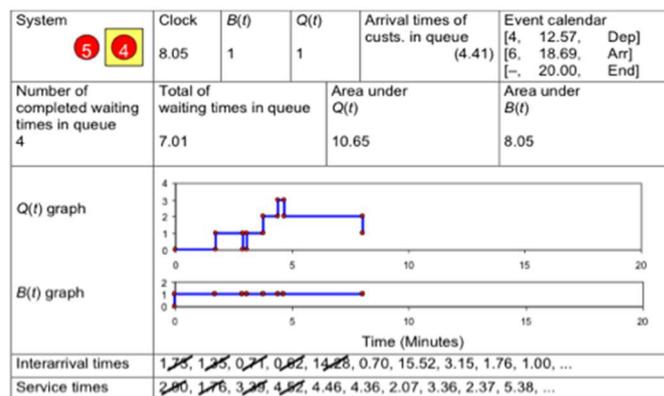


Figura 2.0 Arena clock 8.05

$t=8,05$ Ancora programma delle partenze. Il *job 3* ha concluso la propria lavorazione ed esce dal sistema, la macchina resta

busy perché in coda vi sono sia il *job* 4 che il 5, la coda si riduce di una unità e il *job* 4 inizia ad essere lavorato. L'orario di uscita dalla coda per il *job* 4 viene aggiornato.

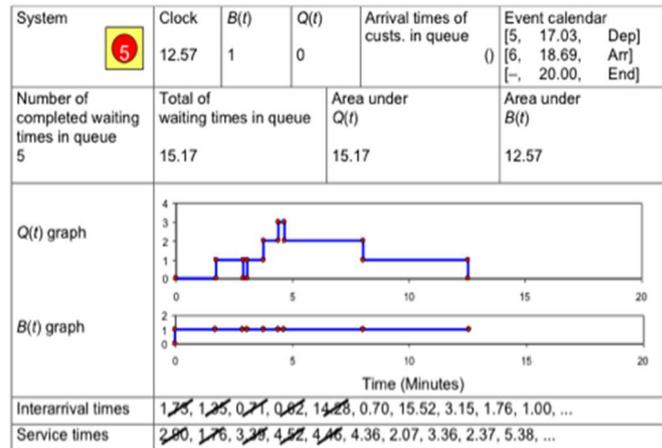


Figura 2.1 Arena clock 12.57

$t=12,57$ Partenza del *job* 4, il quale ha concluso la propria lavorazione ed esce dal sistema, la macchina resta *busy* perché in coda vi è il *job* 5, la coda torna vuota e comincia la lavorazione del *job* 5. Si può notare dal calendario degli eventi che alla prossima uscita, la macchina resterà *idle* fino al momento del successivo arrivo a 18,69, quindi per $18,69-17,03=1,66$.

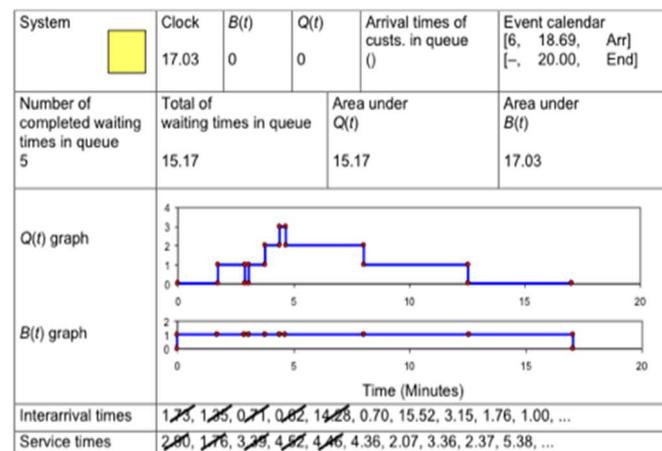


Figura 2.2 Arena clock 17.03

$t=17,03$ Fine lavorazione e uscita dal sistema del *job* 5. La macchina resta *idle*, $B(t)$ torna a 0 fino al prossimo arrivo previsto dallo *scheduling*. Il sistema è tornato vuoto esattamente come nell'inizializzazione.

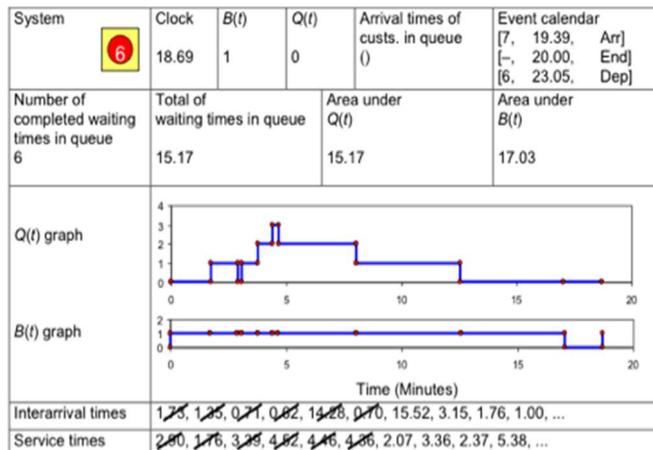


Figura 2.3 Arena clock 18.69

$t=18,69$ Arrivo del *job* 6 nel sistema. Il server, non essendo occupato, può prendere in carico il pezzo e iniziare la lavorazione. La coda resta a 0 e $B(t)$ torna a 1.

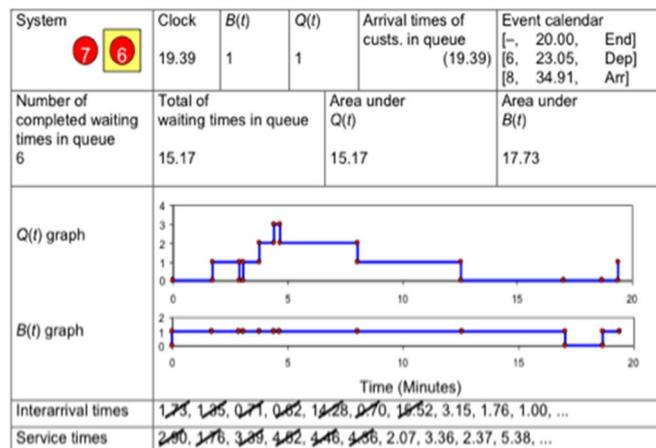


Figura 2.4 Arena clock 19.39

$t=19,39$ Arrivo del *job* 7 nel sistema. La macchina è occupata, quindi il *job* viene messo in coda, $Q(t)$ aumenta a 1. Si nota

dal calendario degli eventi come Le successive partenze e arrivi non verranno considerati nello studio, poiché le impostazioni date al sistema erano la fine della simulazione a $t=20,00$.

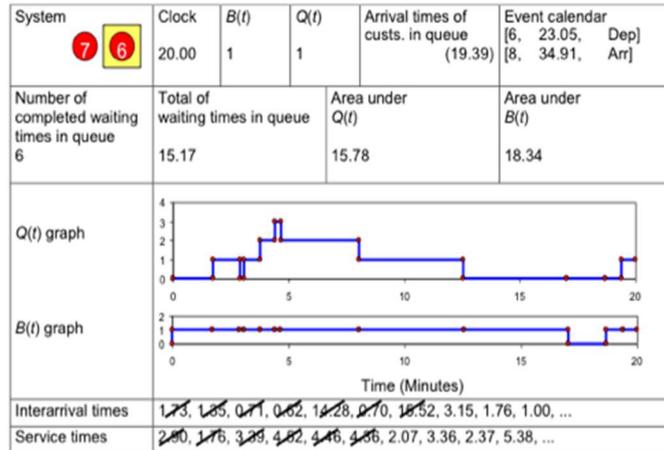


Figura 2.5 Arena clock 20.00

$t=20,00$ Fine della simulazione. Il sistema interrompe il salvataggio dei dati di arrivi e partenze e si passa al calcolo degli output relativi alle statistiche di interesse.

Average waiting time in queue:

$$\frac{\text{Total of times in queue}}{\text{No. of times in queue}} = \frac{15.17}{6} = 2.53 \text{ minutes per part}$$

Time-average number in queue:

$$\frac{\text{Area under } Q(t) \text{ curve}}{\text{Final clock value}} = \frac{15.78}{20} = 0.79 \text{ part}$$

Utilization of drill press:

$$\frac{\text{Area under } B(t) \text{ curve}}{\text{Final clock value}} = \frac{18.34}{20} = 0.92 \text{ (dimensionless)}$$

Figura 2.6 KPI

Capitolo 2 Software di simulazione

2.1 Introduzione

I software di simulazione si basano sul processo di modellazione di un fenomeno reale con un insieme di formule

matematiche. Si tratta di un programma che consente all'utente di osservare un'operazione attraverso la simulazione senza la necessità che venga eseguita nella realtà.

Vengono ampiamente utilizzati per progettare le apparecchiature in modo che il prodotto finale sia il più vicino possibile alle specifiche richieste dal progetto, senza apportare costose modifiche al processo prima di conoscere i benefici ottenuti.

Programmi informatici avanzati possono simulare: comportamento dei sistemi di alimentazione, condizioni meteorologiche, circuiti elettronici, reazioni chimiche, le pompe di calore, sistemi di controllo a retroazione, reazioni atomiche e persino processi biologici assai complessi. In teoria, qualsiasi fenomeno che possa essere ridotto a dati ed equazioni matematiche potrebbe essere simulato al computer. La simulazione dei sistemi reali può comportare difficoltà perché la maggior parte dei fenomeni naturali è soggetta a un numero quasi infinito di variabili.

Oltre all'imitazione dei processi per vedere come si comportano in condizioni diverse, le simulazioni vengono utilizzate anche per testare nuovi approcci e investimenti. L'esperto di simulazione crea una serie di vincoli relazionali causali che rappresentino nel miglior modo possibile il sistema reale, e li codifica sotto forma di programma informatico. Se il programma si comporta come il processo reale, è molto probabile che le relazioni proposte siano corrette.

Per addentrarsi nella simulazione tramite software, è necessario familiarizzare con determinati processi caratteristici:

- Generare numeri casuali, cioè osservazioni da una distribuzione di probabilità $U(0,1)$;
- Generazione di variabili casuali da una distribuzione di probabilità specifica (normale, esponenziale);
- Avanzamento del tempo simulato
- Determinare l'evento successivo dall'elenco degli eventi e passare il controllo al blocco di codice appropriato.
- Aggiunta di record a un elenco o sua cancellazione
- Raccogliere le statistiche di output e riportare i risultati
- Rilevare bug del sistema e correggerli

Classificazione

I software di simulazione si dividono in due grandi categorie:

- *General Purpose* (C#, C++, Java, VisualBasic);
- *Simulation Oriented* (Arena, Witness, Sigma, Simio).

Le differenze sono legate all'utilizzo, ma anche alla complessità che viene richiesta in fase progettuale.

I linguaggi general purpose sono molto flessibili e non vincolati al software, il che tuttavia comporta anche una preparazione elevatissima per la costruzione di modelli relativi a sistemi reali complessi, ma non presenta grosse rigidità. D'altra parte, quelli orientati alla simulazione sono maggiormente guidati nella costruzione del modello, sono più strutturati ma presentano una minore elasticità all'azione dell'analista, perché vincolati a ciò che il software può e non può effettivamente fare.

Nell'esempio riportato nel paragrafo 1.4 si è utilizzato un approccio event-scheduling, dove un sistema viene modellato identificando i suoi eventi caratteristici e scrivendo poi una serie di routine di eventi che forniscono una descrizione dettagliata dei cambiamenti di stato che avvengono al momento di ogni evento. La simulazione si evolve nel tempo eseguendo gli eventi in ordine crescente rispetto al loro tempo di accadimento. Una proprietà fondamentale di una routine di eventi è che non passa tempo simulato durante la sua esecuzione.

Tuttavia la maggior parte dei pacchetti di simulazione contemporanei utilizza l'approccio per processi alla modellazione della simulazione, dove un processo è una sequenza ordinata nel tempo di eventi correlati separati da intervalli di tempo, che descrivono l'intera esperienza di un'entità mentre attraversa un sistema. La figura sottostante mostra il processo corrispondente all'arrivo e al servizio di un'entità presso un singolo server.

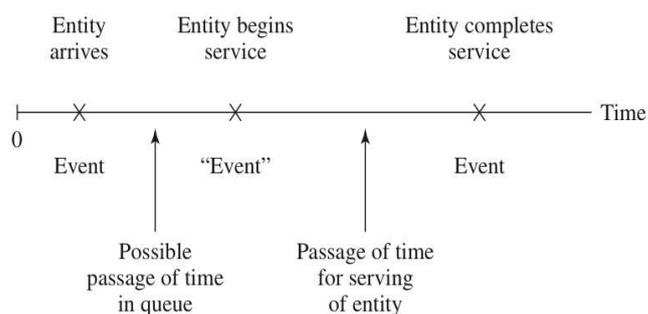


Figura 2.7 Process routine

Un sistema o un modello di simulazione può avere diversi tipi di processi. Per ciascuno di essi esiste una *routine* di processo che descrive l'intera storia della sua entità di processo mentre si muove attraverso il processo corrispondente.

Una routine di processo contiene esplicitamente il passaggio del tempo simulato e generalmente ha più punti di ingresso. Per illustrare in modo più sintetico la natura dell'approccio per processi, viene riportato un grafico per un prototipo di routine di processo del cliente nel caso di un sistema di code a un solo server. Tale routine descrive l'intera esperienza di un cliente che avanza nel sistema.

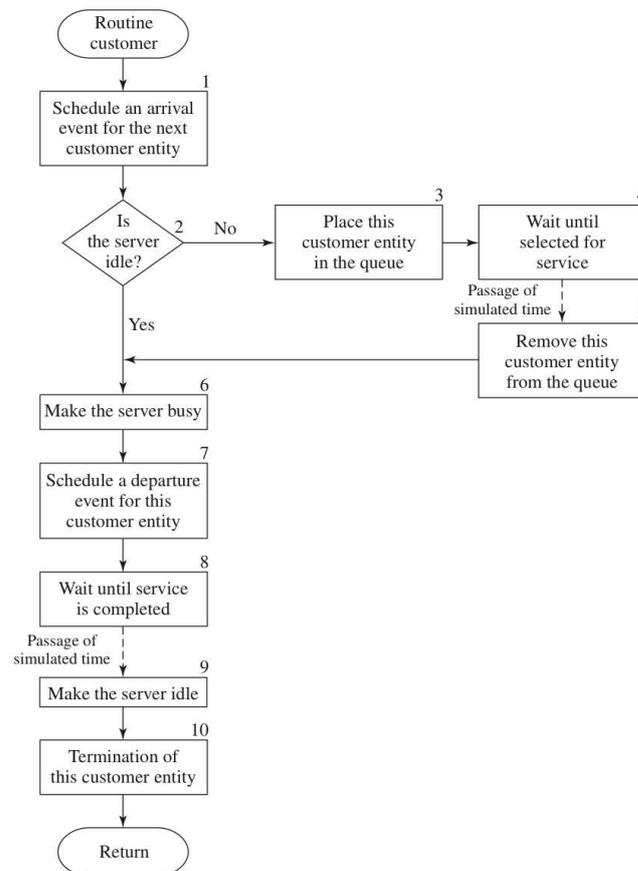


Figura 2.8 Flow chart routine

2.2 Metodologia della simulazione

Risulta ormai chiara una domanda: ma come si fa effettivamente a effettuare uno studio attraverso la simulazione.

La risposta viene fornita dalla Winter Simulation Conference del 1999 dagli studiosi dell'università di Georgia, con il direttore Jerry Banks il quale spiega gli steps da effettuare per la riuscita di uno studio di simulazione.

1. Formulazione del problema. Ogni studio di simulazione inizia con una dichiarazione del problema.

Se è fornita da coloro che hanno il problema (cliente),

l'analista di simulazione deve prestare la massima attenzione per assicurarsi che il problema sia compreso chiaramente.

Se la dichiarazione del problema viene preparata dall'analista di simulazione, è importante che il cliente capisca e sia d'accordo con tale formulazione. È consigliabile che l'analista di simulazione prepari una serie di ipotesi da confrontare e concordare con il committente.

2. Definizione degli obiettivi e del piano generale del progetto.

Gli obiettivi indicano le domande a cui lo studio di simulazione deve rispondere.

Il piano di progetto deve includere una dichiarazione dei vari scenari che verranno studiati. I piani per lo studio devono essere indicati in funzione del tempo necessario, risorse che verranno utilizzate, i requisiti hardware e software, le fasi dell'indagine, i risultati ottenuti in ogni fase, il costo dello studio e le eventuali procedure di fatturazione.

3. Modello concettuale. Il sistema del mondo reale oggetto dell'indagine viene astratto da un modello concettuale, una serie di relazioni matematiche e logiche riguardanti i componenti e la struttura del sistema. È ottimale iniziare la modellazione in modo semplice e man mano che cresce

aggiungere i dettagli desiderati. Si possono utilizzare modellazioni ERG o più semplicemente dei flow chart del modello.

4. Raccolta dei dati. Poco dopo l'accettazione della proposta, si deve presentare al cliente un programma di studio che parta da alcune tipologie di dati analizzati dall'azienda in passato. Nel migliore dei casi, il cliente ha già raccolto il tipo di dati necessari nel formato richiesto, e può inviare questi dati all'analista di simulazione. Tuttavia, nella maggior parte dei casi, il formato non è quello richiesto, sono relativi a un tempo troppo lontano, le modalità di raccolta dati sono discutibili, ecc. e quindi i dati potrebbero essere "difettosi". Questo comporta in certi casi la necessità di una raccolta sul campo dei dati necessari, che l'analista in prima persona deve svolgere, o chi per esso.

5. Traduzione del modello. Il modello concettuale costruito nella fase 3 viene codificato in una forma riconoscibile al software, un modello operativo.

6. Verifica. La verifica riguarda il modello operativo. Se funziona correttamente, il modello è verificato. È altamente consigliabile che la verifica avvenga come un processo continuo, e non solamente al completamento dell'intero modello, poiché apportare modifiche ad un modello complesso e già costruito può risultare particolarmente critico.

7. Convalida. La convalida è la determinazione che il modello concettuale sia una rappresentazione accurata del sistema reale.

Bisogna chiedersi se il modello può essere sostituito al sistema reale ai fini della sperimentazione.

Se esiste un sistema “base” rappresentante il mondo reale, il modo ideale per validare il modello è confrontare il suo output con quello del modello. Purtroppo, non sempre esiste.

8. DOE: Design of experiment. Per ogni scenario che deve essere da simulare, è necessario prendere decisioni in merito alla durata della simulazione, il numero di esecuzioni (dette anche repliche) e la modalità di inizializzazione.

9. Run e analisi. Le prove (dette Run) di simulazione e la loro successiva analisi, vengono utilizzati per stimare misure di performance per gli scenari simulati.

10. Altre run. In base all'analisi delle prove completate l'analista di simulazione determina se siano necessarie altre prove e se sia necessario aggiungere degli scenari in cui simulare.

11. Documentazione e rapporti. La documentazione è necessaria per numerose ragioni. Se il modello di simulazione verrà riutilizzato dagli stessi analisti o da altri analisti, può essere necessario capire come funziona il modello di simulazione. Ciò consentirà al cliente di avere fiducia nel modello di simulazione, in modo che possa prendere decisioni basate sull'analisi. Inoltre, se il modello deve essere modificato, ciò può essere notevolmente facilitato da un'adeguata documentazione.

Il risultato di tutte le analisi deve essere riportato in modo chiaro e conciso.

In questo modo il cliente potrà rivedere la formulazione finale, le alternative prese in considerazione, i criteri con cui

sono stati confrontati i sistemi alternativi, i risultati degli esperimenti e le eventuali raccomandazioni dell'analista.

12. Implementazione. Il rapporto preparato nella fase 11 rappresenta informazioni aggiuntive che il cliente utilizza per prendere una decisione. Se il cliente è stato coinvolto per tutto il periodo di studio e l'analista di simulazione ha seguito tutti i passaggi rigorosamente, allora le probabilità di successo dell'implementazione aumentano.

2.3 Arena

Arena è un software di simulazione e automazione a eventi discreti sviluppato da Systems Modeling e acquisito da Rockwell Automation nel 2000. Utilizza il processore e il linguaggio di simulazione SIMAN.

In Arena, l'utente costruisce un modello di simulazione posizionando moduli (scatole di forme diverse) che rappresentano processi o vincoli logici. Le linee di collegamento vengono utilizzate per unire questi moduli e per specificare il flusso delle entità. Mentre i moduli hanno azioni specifiche relative alle entità, al flusso e alla tempistica, la rappresentazione precisa di ogni modulo ed entità rispetto agli oggetti reali è scelta dall'analista di simulazione. I dati statistici, come il tempo di ciclo e i livelli di WIP (work in process), possono essere registrati e resi disponibili come report.

Per chiarezza espositiva, dato che è un software, viene riportato un esempio tratto dagli studi sulla simulazione dei sistemi gestionali, effettuato dall'Ingegnere Pastore.

L'obiettivo è costruire un modello di questo sistema produttivo. Si parte dal modello concettuale presentato in figura, e si definisce come opera il sistema: arriva il *job*, entra nel buffer, e se la macchina è libera inizia la lavorazione, tuttavia il buffer è limitato, e quindi se non vi è posto in un buffer, la macchina prima di quel buffer dovrà aspettare che si liberi un posto perché possa lavorare un altro *job*.

Quando in una catena produttiva vi sono dei buffer sono due i tipici problemi che si verificano:

- *Blocking*: la macchina prima di un buffer a capacità limitata va in stato bloccato, non potendo effettuare l'operazione di release;
- *Starvation*: la macchina è libera e potrebbe lavorare ma, dato che i *job* sono bloccati da un'altra parte del sistema, resta *idle*.

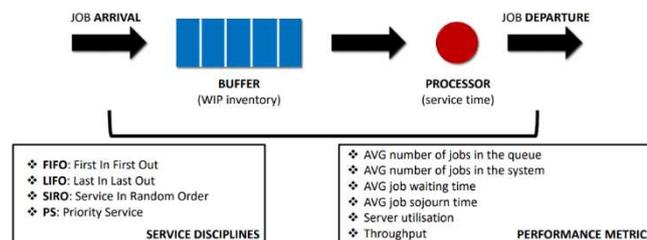


Figura 2.9 Process flow 1

CASE 1. Jobs that exceed capacity are LOST

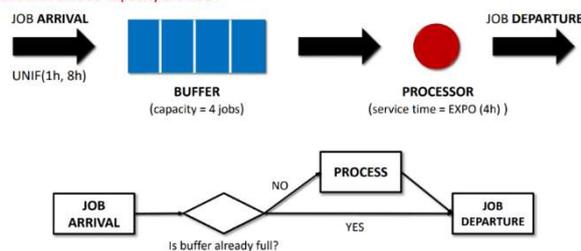


Figura 3.0 Process flow 2

CASE 2. Jobs that exceed capacity block previous workstation



1. The filling workstation always has material in front of it, so that it **never starves**.
2. The buffer space between workstations can hold **at most five units**.
3. A workstation gets **blocked** if there is no space in the immediate downstream buffer (manufacturing blocking).

Figura 3.1 Process flow total

FILLER: needs adjustment after every 250 departures from the workstation.
 The **uptimes** are EXPO(50h)
 The **downtimes** are UNIF(1.5h, 3h)
 The **adjustment time** is UNIF(10mins, 25mins)

PACKER:
 The **uptimes** are EXPO(25h)
 The **downtimes** are TRIA(75mins, 90mins, 120mins)

Figura 3.2 Flow specification

Il modello è stato modellato con una soluzione vettoriale, ma presenta molteplici alternative.

Il *job* entra nel sistema e deve passare su ogni macchina, per costruire il modello è stato utilizzato un modulo di *decide* (rombo giallo) e uno di *hold* (ottagono giallo), che permettono al sistema di svolgere un ciclo per il quale il *job* rientra nel processo di lavorazione per passare su ogni macchina grazie ad un artificio vettoriale, e riconosce quando uscire dal sistema perché quando l’attributo “indice di processo” collegato al *job* arriva a 5, significa che non deve rientrare nel ciclo, ma deve effettuare il release presso l’ultima macchina.

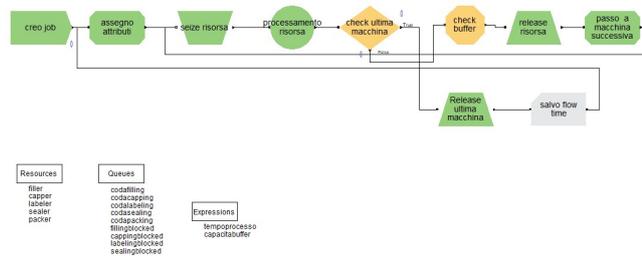


Figura 3.3 Arena Model

I moduli che si possono utilizzare su Arena sono moltissimi e di varia natura, per brevità della trattazione, si enunciano esclusivamente le categorie a cui fanno riferimento:

- Data definition: riporta l'elenco completo di attributi, variabili, code e risorse utilizzate nel modello;
- Discrete Processing: riporta tutti i moduli relativi al flusso delle entità nel modello;
- Decisions: moduli di decisione, che permettono ad un'entità di decidere il percorso da effettuare in base alle condizioni inserite;
- Grouping: moduli che permettono di duplicare e accoppiare le entità;
- Input Output: moduli relativi alle statistiche che si vogliono calcolare;
- Animation: permettono di avere un'immagine degli andamenti degli input output;
- Material Handling: moduli specifici per alcune tipologie di modelli (porti, tratte di camion).

2.4 Vantaggi e svantaggi della simulazione

In chiusura del capitolo sulla metodologia, una breve spiegazione del perché proprio questa metodologia si sia scelta e non un'altra.

Inizialmente, per uno studio del genere si è preferito analizzare prima dei dati empirici e poi ipotizzare il funzionamento del sistema generante gli stessi. Al contrario, dovendo ricavare i dati per un periodo di due anni al posto di simularli, il lavoro avrebbe assunto proporzioni

mastodontiche e oltretutto, data la frequenza e la ripetitività del compito, un ulteriore rischio sarebbe stata il diminuire dell'interesse e dell'impegno da parte sia dell'operatore nell'avere una specie di "controllore" appresso che dell'analista per raccogliere i dati.

Inoltre, non è per nulla scontato che su un orizzonte talmente lungo vi potessero essere dei cambiamenti al sistema in modo tale che non fosse più analizzabile nelle condizioni di partenza, un nuovo operatore ad esempio.

Come ultima motivazione viene portato il costo in termini temporali dell'analista, che avrebbe comportato un quantitativo di tempo indefinito per raccogliere i dati necessari allo studio, nonché la necessità di investire nella tecnologia senza essere certi dei miglioramenti effettivi del sistema.

Per tutti questi motivi e per i vantaggi evidenti della simulazione con un software, si è scelta questo metodo per l'analisi del sistema, per quanto comunque non avrà mai la capacità di dare una risposta definitiva al 100% lavorando su un sistema simulato e non reale.

Capitolo 3 Tecnologia RFID

3.1 Introduzione

L'RFID è una tecnologia di riconoscimento e validazione e/o memorizzazione automatica di informazioni a distanza.

Si serve di particolari etichette elettroniche che vengono inserite all'interno del prodotto e che permettono di memorizzare dati e informazioni sullo stesso, attraverso

apparati fissi o portatili denominati reader, che leggono i dati presenti negli RFID e poi li registrano in modo automatico nella loro memoria.

L'RFID interviene a monte della filiera del dato, acquisendolo con peculiarità tecniche e prestazionali uniche, così da diventare il primo collaboratore dell'infrastruttura IoT, la scintilla per l'interconnessione di persone, oggetti, servizi e processi.

Identificare, quindi attribuire un'identità elettronica univoca al prodotto e autenticarlo, tracciare il suo ciclo di vita, seguendolo nelle sue fasi di produzione, distribuzione e consumo, raccogliere ed intrecciare dati lungo questo percorso (Big Data), generati dai molteplici attori coinvolti in un processo dinamico e consapevole di co-creazione di valore tramite l'informazione: tutto ciò porta alla creazione della cosiddetta RFID Value Chain. Perché tale tecnologia agisce anche a valle della catena, rendendo ai clienti più semplice la possibilità di avere informazioni sul prodotto che hanno acquistato.



Figura 3.4 Tag Rfid

La storia della RFID è cambiata molto negli ultimi anni grazie alla tracciabilità a livello di singolo prodotto e non solamente di pallet. All'inizio dell'implementazione della RFID nella catena di fornitura e nel commercio al dettaglio, solamente i pallet venivano etichettati, i quali fornivano informazioni esclusivamente sulle attività di transito; all'arrivo al negozio, non vi era più traccia dopo che il pallet veniva scaricato. Per questo motivo, per un lungo periodo di tempo, i rivenditori e i fornitori hanno smesso di dare molta importanza a questa tecnologia, nonostante negli anni '90 ci fosse un grande interesse relativo ad essa. Se vi è la tracciabilità a livello di singolo prodotto, quest'ultimo può essere seguito dalla fase di produzione, attraverso il trasporto e il cross-docking fino al negozio, fino al momento in cui viene acquistato da un cliente. In alcuni casi, la tecnologia RFID è stata utilizzata anche dopo la vendita, per la sostituzione o la garanzia.

3.2 Metodi di scansione e strumenti utilizzati

Ciascuna etichetta è composta da un trasponder (formato da un piccolo chip di silicio contornato da un'antenna tipicamente realizzata in rame) che si caratterizza per essere la parte identificativa della stessa in quanto allo specifico prodotto viene assegnato un determinato impulso radiofonico. Questo fa sì che si abbiano per ogni genere di etichetta, a seconda del suo scopo, impulsi differenti che consentono di offrire una lettura a distanza diversa. La lettura, infatti, non deve necessariamente avvenire attraverso il contatto tra i diversi tag e il lettore, in quanto quest'ultimo è caratterizzato

da una particolare antenna che, nel momento in cui viene attivata, genera un impulso elettromagnetico che permette alle etichette di attivarsi. In questo modo, a seconda della potenza del segnale, il lettore riceverà gli impulsi e capterà la tipologia di merce e tutte le informazioni ad essa connesse, memorizzandole in un apposito programma. Gli elementi caratterizzanti questa tecnologia e sopracitati sono mostrati, per maggior chiarezza espositiva, nella figura sottostante.

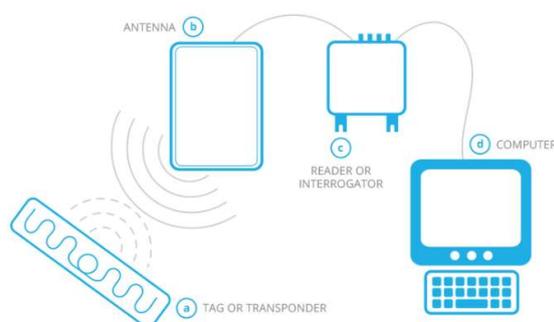


Figura 3.5 Rfid Flow process

Occorre poi precisare che è necessario calibrare in maniera opportuna le diverse etichette e il lettore in modo tale che la lettura e lo scambio di informazioni tra di esse non sia influenzato in maniera negativa da eventuali interferenze radio magnetiche.

Un ulteriore strumento utilizzato è rappresentato dalle stampanti RFID che inseriscono, oltre a quelle essenziali già presenti nel chip, informazioni aggiuntive di prodotto nel tag. Occorre poi precisare che i sistemi di identificazione a radiofrequenza ricevono continuamente dati dai tag RFID; dati che non avrebbero alcun senso se non venissero elaborati. Infatti, i tag RFID vengono rilevati e trasmessi centinaia o migliaia di volte quando si trovano nell'area di copertura

dell'antenna di un reader, creando così una mole di dati ridondante. Viene previsto per questa necessità anche un Middleware RFID. Si tratta di un software che fornisce funzionalità di monitoraggio e connettività di tutte le risorse RFID e che in sostanza traduce le informazioni al gestionale aziendale. Considerando che, in un impianto RFID possiamo avere anche più di un reader e che ad ogni reader possono essere collegate varie antenne, il middleware è in grado di discriminare da quale reader e antenna arriva il dato e presentarlo nella forma corretta.

3.3 Analisi KPI e ottimizzazione: caso Decathlon

I Kpi (Key performance Indicator) dell'RFID, confermati dai progetti in produzione ormai noti e condivisi, sono i seguenti:

- riduzione degli stock tra il 60 e l'80%
- accuratezza dell'inventario tra il 98 e il 99,9%
- dimezzamento dei tempi di spedizione (-50%)
- controllo dei colli più veloce (+90%)
- riduzione dei costi di inventario tra il 30 e il 50%,
- aumento delle vendite pari a un 18% grazie alla riduzione dell'out of stock

Determinate riduzioni di tali parametri, generano un impatto molto forte sulle catene logistiche che movimentano alti volumi e per prodotti con scadenze o obsolescenze tecnologiche brevi: si pensi infatti che tale tecnologia è stata principalmente sviluppata per la gestione dei magazzini nella GDO.

Un'indagine del 2004 condotta da due professori di Harvard ha dimostrato che ben il 31% degli acquirenti che non hanno trovato il prodotto che cercavano si recherà in un altro negozio per acquistarlo. Corsten e Gruen (2004) hanno studiato i dati di oltre 71.000 consumatori in 29 paesi per capire come i clienti reagiscono agli stockout.

Quando non riescono a trovare il prodotto che cercano, in base alla categoria di prodotto, gli acquirenti effettuano diverse scelte:

- dal 7% al 21% dei consumatori continuerà a fare acquisti ma non comprerà un sostituto dell'articolo desiderato in negozio;
- dal 21% al 43% si recherà in un altro negozio per acquistare l'articolo.

Come si evince dallo studio, i rischi che si corrono ad avere degli stockout, impattano molto sulle vendite; effettuando un'analisi accurata, come quella svolta in questa trattazione, è possibile determinare i costi benefici dell'investimento nella tecnologia.

Ad esempio Decathlon è stato uno dei primi exploiters della tecnologia a radiofrequenze.

Il colosso francese è un rivenditore di attrezzature sportive e abbigliamento, presente in 21 paesi e con ben 884 negozi in tutto il mondo. Il suo fatturato nel 2014 è stato di 8,2 miliardi di euro, coprendo non meno di 20 marche e quasi la totalità degli sport che il cliente desidera praticare (Decathlon, 2015). Decathlon ha già implementato la tecnologia RFID, a partire dal 2011, in tutti i 262 negozi in Francia e ha fatto lo stesso negli altri Paesi in cui è presente.

La necessità di decathlon era sia a monte che a valle della filiera logistica.

La movimentazione di così alti volumi richiedeva una gestione precisa e puntuale di cosa ci fosse in stock e cosa invece no. Infatti negli ultimi anni vi è stata la possibilità di richiedere un prodotto non presente in quel dato punto vendita, che arrivasse da un altro che ne avesse disponibilità. D'altra parte, la velocità del flusso della clientela nel punto vendita è sempre stata alla base di una buona immagine e gestione aziendale, tanto da introdurre delle casse automatiche con reader RFID, che permettessero ai clienti un acquisto rapido ed efficiente. Ultimo dei molteplici vantaggi riguarda la gestione dei resi e il rischio di furti o contraffazioni, le quali vengono rispettivamente semplificati e diminuiti.



Figura 3.6 Decathlon Rfid box

3.4 Rischi relativi all'implementazione

Sotto vengono riportati i rischi dell'introduzione della tecnologia in svariati ambiti, alcuni in generale e altri attinenti al caso preso in esame con tutte le problematiche che potrebbero presentarsi all'ipotetica introduzione.

3.4.1 Rischi per la salute

L'International Agency for Research on Cancer (IARC) ha classificato i campi elettromagnetici a radiofrequenza (alla base del funzionamento della tecnologia RFID) come "possibilmente cancerogeni per gli esseri umani. È quindi necessario evitare esposizioni indebite, per durata e potenza, di esseri umani ai campi elettromagnetici. Analizzando opportunamente i parametri necessari al funzionamento (frequenza del segnale, ampiezza/potenza, durata dell'esposizione) è però possibile realizzare applicazioni RFID senza problemi per la salute.

3.4.2 Rischi per la privacy

Il ciclo di vita dei Tag supera spesso quello degli oggetti a cui il Tag è associato. Ciò significa che è teoricamente possibile continuare ad interrogare gli oggetti a cui i Tag sono associati, acquisendo informazioni relative a quali oggetti venga applicato e da dove essi provengano. In un mercato competitivo come la ristorazione, la diffusione di informazioni sulla provenienza e qualità del prodotto rischia di compromettere le strategie e le possibilità di crescita di un business.

3.4.3 Rischio di guasti

In caso di crescente dipendenza dei processi dalla tecnologia RFID sussiste un maggior rischio di guasto di un sistema. I guasti possono essere determinati da fattori tecnici o provocati da attacchi di hacker o interferenze fisiche mirate sul sistema. Data la maggior complessità e le interazioni della tecnologia RFID rispetto ai sistemi d'identificazione convenzionali (come il codice a barre), le possibilità di disturbi sono più variate, il che comporta anche più rischi associati.

Un guasto potrebbe avvenire anche per motivi relativi alla conservazione dei prodotti a cui il tag è applicato, ad esempio le temperature di esercizio sotto i -20° potrebbero dare problemi se non si utilizza un tag adatto, o anche le pareti di determinati freezer potrebbero deviare o compromettere le frequenze radio necessarie alla lettura.

3.4.4 Altri rischi

Per completezza vengono riportati altri rischi:

- mancata ripartizione dei costi sull'intera catena di distribuzione (produzione, trasporto, commercio);
- limiti fisici dei sistemi reali (scarsa distanza operativa, possibilità di fallimenti nelle operazioni di lettura, incompleta applicabilità su tutte le merci, bassa velocità di lettura-scrittura);
- scarsa flessibilità per la progettazione delle antenne con conseguenti limiti su forma, dimensioni e contenitori dei Tag;
- difficoltà ad ottenere fiducia dalle aziende (alti costi del software applicativo, alto costo dei Tag, che viene percepito come il maggior fattore ostativo perché si somma al prezzo

finale delle merci, limitata integrazione dei processi di “tagging” in alcuni dei processi aziendali, immaturità tecnica dei sistemi “middleware”, che devono processare dati e istruzioni, dovuta allo sviluppo tecnologico limitato e alla introduzione in un campo in cui è stato poco utilizzato negli ultimi anni).

Capitolo 4 Il caso studio: magazzino di Japs Srl

Lo studio è stato affrontato con i seguenti passi:

1. Monitoraggio attività di picking nel magazzino
 2. Individuazione ed analisi delle criticità
 3. Inizio raccolta dati per confermare ipotesi
 4. Studio e creazione del modello rappresentativo del magazzino
 5. Analisi degli input ricavati dai dati raccolti attraverso metodi statistici
 6. Immissione dei dati nel modello di simulazione
 7. Analisi degli output della simulazione
 8. Conclusioni relative allo studio e alla proposta di introduzione
- Ognuna di queste fasi verrà affrontata con la massima precisione e sarà esplicitata nei minimi dettagli.

4.1 Monitoraggio attività di picking nel magazzino

All'interno della propria sede sita in Corso Dante a Torino, l'azienda di ristorazione Japs Srl possiede un magazzino di prodotti finiti, semilavorati e materie prime della propria attività di vendita.

Il magazzino è diviso in 8 aree specifiche, denominate con delle lettere che indicano la suddivisione nelle diverse tipologie e temperature a cui vengono conservate. Nella figura sottostante viene riportata una pianta del magazzino con vista dall'alto.

Piano interrato

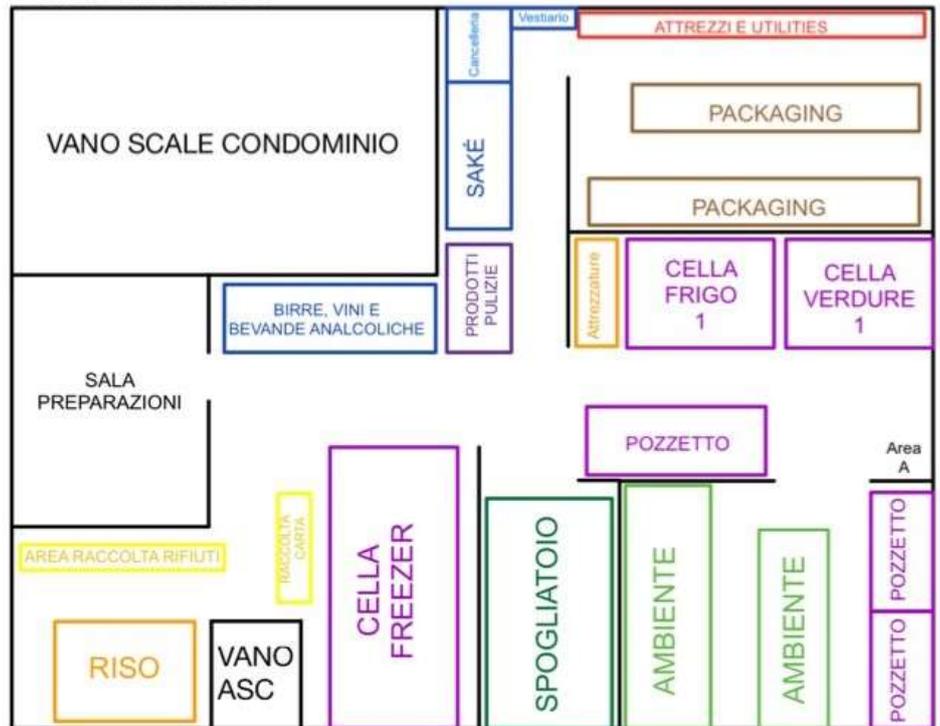


Figura 3.7 Japs Warehouse View

Aree:

- A (ambiente): qui si trovano tutti quei prodotti che possono essere tenuti a temperatura ambiente (prodotti a base di grano, soia, prodotti in scatola);
- B (freezer): tutti quei prodotti congelati che devono mantenere temperature dell'ordine di -18° alle quali sono state abbattute (salmone, gambero, ricciola, ecc.); ci sono quattro freezer, il più grande è la cella principale a -18° dove si trova la maggior parte della materia prima congelata, gli altri tre pozzetti sono a ben più basse temperature di esercizio, fra i -40 e -50 , per permettere al meglio la conservazione di alimenti delicati come il gambero rosso e il tonno rosso;
- C (frigo): prodotti da frigo (salmone affumicato, philadelphia, brodi, ecc.);

- D (cella verdure): frigo relativo alla conservazione di frutta e verdura;
- F (bevande): scaffali su cui poggiano le birre, i vini, i sakè e le capsule di caffè;
- G (pulizie): zona dei detersivi e del materiale relativo alla pulizia (detersivi, sacchi neri);
- I (packaging): parte di magazzino adibita allo stoccaggio dei materiali utilizzati per le attività di asporto e delivery dei ristoranti;
- O (utilities/cancelleria): prodotti utilizzati nelle varie attività d'ufficio (penne, matite, pennarelli);
- P (pasti): a questa categoria appartengono tutti quegli alimenti, situati in posizioni diverse, acquistati per i pasti del personale; tuttavia questi prodotti sono sia nell'ambiente, che nei freezer che nei frigoriferi, per questo motivo hanno una categoria a parte (non viene considerata un'area specifica). I rifornimenti monitorati avvengono due volte a settimana verso le tre sedi: in Corso De Gasperi, il lunedì e il venerdì mattina; in Corso Moncalieri e Via Carlo Alberto il martedì mattina e il venerdì pomeriggio;

Gli ordini vengono effettuati attraverso un gestionale chiamato Katoo. Vengono compilati e spediti dal responsabile di ogni sede e sono diversi sia nelle quantità che per alcune tipologie di prodotto venduto. Ad esempio il ristorante in Via Carlo Alberto non ha la possibilità di preparare caldi all'infuori dei ravioli, e quindi non avrà ordini relativi alla preparazione della tempura.

Nelle figure sottostanti si riporta un esempio di ordine tipo per ogni sede, i quali presentano i codici prodotto (part number) e permette di inserire la quantità richiesta da un foglio excel.



Fornitore Japs De Gasperi
 Codice ordine 42RYHXX1
 Numero account
 Nome azienda Japs| (De Gasperi)
 Indirizzo di consegna Corso De Gasperi, 8Torino 10129 Torino
 Partita IVA
 Ragione Sociale
 Indirizzo Fiscale
 Data di consegna 09/05/2022

Nome	Codice ordine	Quantità	Unità di misura	IVA
[A. ambiente] sala arare		6,00	conf	
[A. ambiente] alga nori 10 conf		1,00	box	
[A. ambiente] alga wakame		4,00	conf	
[A. ambiente] dashi		2,00	units	
[A. ambiente] farina		10,00	conf	
[A. ambiente] farina tempura		1,00	box	
[A. ambiente] katsuobushi (nuvole tonnetto)		2,00	conf	
[A. ambiente] maionese		2,00	conf	1
[A. ambiente] olio di oliva 1 lt		1,00	pz	
[A. ambiente] olio di semi 5 lt		1,00	pz	
[A. ambiente] olio di sesamo latta		2,00	pz	
[A. ambiente] pankò		4,00	sv	
[A. ambiente] riso crudo		2,00	sacco	
[A. ambiente] sale		5,00	conf	

Figura 3.8 Ord Japs DG 1

[A. ambiente] udon		2,00	box	
[A. ambiente] wasabi in polvere		2,00	conf	
[A. ambiente] zucchero		10,00	boxes	
[B. freezer] capasanta		1,00	conf	
[B. freezer] ebi - gambero x nigiri ca. 50 pz		8,00	sv	
[B. freezer] gambero coda 2 kg		6,00	conf	
[B. freezer] gambero rosso		4,00	conf	
[B. freezer] goma wakame		4,00	conf	2
[B. freezer] gyoza verdure 30 pz		5,00	conf	
[B. freezer] ricciola 2/3 kg		3,00	conf	2
[B. freezer] salmone ca. 1 kg		25,00	pz	
[B. freezer] tonno filetto pinnaglie TONNO FRESCO		2,00	pz	
[B. freezer] unagi filetto 227 gr		2,00	conf	
[C. frigo] chutney di cipolla rossa 300 gr		3,00	conf	
[C. frigo] kinoko cbt 100 gr		10,00	sv	
[C. frigo] marmellata di habanero 500 gr		2,00	conf	
[C. frigo] philadelphia 1,5 kg		2,00	conf	1
[C. frigo] pollo cbt 1 porz		30,00	sv	
[C. frigo] salmone cbt 1 porz		20,00	sv	2
[C. frigo] salsa gyoza 200 ml		7,00	conf	3
[C. frigo] salsa ponzu 200 ml		5,00	conf	
[C. frigo] salsa teriyaki 1 lt		2,00	sv	
[D. ortofrutta] avocado	MATURI GRAZIE	45,00	pz	
[D. ortofrutta] shiso foglia		8,00	conf	0
[D. ortofrutta] tsukemono: takuan taro		2,00	conf	
[F. bevande] Johnny Gambato Baricchi		3,00	bott	
[G. pulizie sala] detergente disinf. flacone (D10 o DEO GERM)		3,00	pz	
[G. pulizie sala] disinfettante speed oxy		2,00	pz	1
[G. pulizie sala] gel mani		4,00	pz	2
[G. pulizie] detersivo piatti a mano (LESTO)		2,00	pz	
[G. pulizie] guanti nitrile M		2,00	box	
[G. pulizie] rotolo di carta per pulizie x 2		2,00	conf	

Figura 3.9 Ord Japs DG 2

[G. pulizie] spirale inox x padelle		5,00	pz	
[G. pulizie] spugna accoppiata gialla/verde		5,00	pz	
[G. pulizie] spugna ballerina (solo per cappa)		3,00	pz	
[I. asporto] contenitore eco ROLL base x 280		1,00	box	
[I. asporto] contenitore eco ROLL coperchio x 260		1,00	box	
[O. cancelleria] bloc notes e comande a mano		1,00	pz	
[O. cancelleria] pennarello		2,00	pz	
[O. cancelleria] punti pinzatrice grande		1,00	conf	
[P. pasti] C. lonza		2,00	kg	
[P. pasti] C. pollo crudo		2,00	kg	
[P. pasti] C. salsiccia		2,00	kg	
[P. prep] A. foglia bambù		6,00	conf	
[P. prep] I. rotolo di carta alimenti airtaid x 2		2,00	conf	

Figura 4.0 Ord Japs DG 3



Fornitore Japs De Gasperi
Codice ordine W66YM6UR
Numero account
Nome azienda Japs! (Moncalleri)
Indirizzo di consegna Corso Moncalleri, 47 4710133 Torino
Partita IVA
Ragione Sociale
Indirizzo Fiscale
Data di consegna 10/05/2022

Nome	Codice ordine	Quantità	Unità di misura	IVA
[A. ambiente] olio di oliva 1 lt		2,00	pz	
[A. ambiente] olio di semi 5 lt		5,00	Pz	
[A. ambiente] polvere di gambero rosso		1,00	conf	0
[A. ambiente] polvere olive capperi		1,00	conf	
[A. ambiente] riso crudo		2,00	sacco	
[A. ambiente] tofu		4,00	unità	0
[A. ambiente] tonno all'olio		2,00	latt	
[A. ambiente] uova		10,00	pz	0
[B. freezer] capasanta		1,00	conf	
[B. freezer] ebi - gambero x nigiri ca. 50 pz		4,00	sv	
[B. freezer] edamame		15,00	unità	30K
[B. freezer] gambero coda 2 kg		2,00	conf	
[B. freezer] gambero rosso		4,00	conf	
[B. freezer] goma wakame		5,00	conf	

Figura 4.1 Ord Japs MO

[B. freezer] gyoza gambero 20 pz		6,00	conf	
[B. freezer] gyoza pollo 30 pz		3,00	conf	
[B. freezer] gyoza verdure 30 pz		3,00	conf	
[B. freezer] pane ficini		15,00	conf	5
[B. freezer] polpo		2,00	sv	
[B. freezer] ricciola 2/3 kg		4,00	conf	7
[B. freezer] salmone ca. 1 kg		20,00	pz	
[B. freezer] tonno filetto pinnagie TONNO FRESCO		2,00	Tonno Fresco	
[B. freezer] tonno rosso tra 0,5 e 0,9 kg		4,00	pz	
[B. freezer] unagi filetto 227 gr		3,00	conf	
[B. freezer] wagyu hamburger (MO)		15,00	pz	
[C. frigo] chutney di cipolla rossa 300 gr		2,00	conf	
[C. frigo] kinoko cbt 100 gr		10,00	sv	
[C. frigo] marmellata di habanero 500 gr		1,00	conf	
[C. frigo] pollo cbt 1 porz		5,00	sv	
[C. frigo] salmone affumicato ca. 1 kg		1,00	conf	
[C. frigo] salmone cbt 1 porz		5,00	sv	
[C. frigo] salsa gyoza 200 ml		4,00	conf	
[C. frigo] salsa ponzu 200 ml		2,00	conf	
[C. frigo] wagyu sottovuoto (MO)		4,00	kg	
[D. ortofrutta] carota		1,00	Confezione	
[D. ortofrutta] cetriolo		3,00	pz	
[D. ortofrutta] cipolla		1,00	kg	
[D. ortofrutta] germogli ravanello		4,00	pz	2
[D. ortofrutta] insalata testa		6,00	pz	
[D. ortofrutta] limone		6,00	pz	
[D. ortofrutta] mango		2,00	pz	
[D. ortofrutta] mela		2,00	pz	
[D. ortofrutta] patate		1,00	sacco	
[D. ortofrutta] rapanelli		1,00	mazzo	0
[D. ortofrutta] shiso foglia		4,00	conf	0
[D. ortofrutta] tsukemono: takuan taro		1,00	conf	

Figura 4.2 Ord Japs MO 2

[F. bevande] birra Asahi fusto 16L		1,00	pz	
[F. bevande] Champetre Cazottes		1,00	bott	
[F. bevande] Ciliogliolo San Ferdinando		2,00	bott	
[F. bevande] Johnny Gambato Baricchi		1,00	bott	
[F. bevande] umeshu CHOYA 72cl (per offfire)		1,00	bott	
[F. bevande] umeshu KIKUISAMI 72cl		1,00	bott	
[F. bevande] yuzu KODAKARA 72cl		1,00	bott	0
[F. caffè] capsula caffè x 50		2,00	conf	
[F. cocktails] Aperol		1,00	bott	0
[G. pulizie] detergente pavimenti (DEGRASS)		1,00	pz	
[G. pulizie] detersivo piatti a mano (LESTO)		1,00	pz	
[I. asporto sala] bacchette japs x 100		3,00	conf	
[I. asporto] bicchiere take away per GYOZA x 48		5,00	conf +COPERCHIO	
[I. asporto] contenitore eco MIX coperchio x 150		1,00	box	
[I. asporto] salsiera asporto coperchio x 50		5,00	conf	
[P. pasti] C. burro		1,00	conf	

Figura 4.3 Ord Japs MO 3



Fornitore Japs Carlo Alberto
Codice ordine VCVZ70
Numero account
Nome azienda JapsI (Carlo Alberto)
Indirizzo di consegna Via Carlo Alberto, 27Torino 10123 Torino
Partita IVA
Ragione Sociale
Indirizzo Fiscale

Data di consegna 19/07/2022

Nome	Codice ordine	Quantità	Unità di misura
[A. ambiente sala] arare		0	5,00 conf
[A. ambiente] alga wakame			3,00 conf
[A. ambiente] condimento riso (CA)			1,00 barile
[A. ambiente] erba cipollina liofilizzata			1,00 conf
[A. ambiente] maionese			1,00 conf
[A. ambiente] riso crudo			1,00 sacco
[A. ambiente] salsa hot chilli			1,00 bott
[B. dessert] gelato yuzu e cocco 1 kg			1,00 conf
[B. dessert] marotto 12 pz			1,00 conf
[B. dessert] mochi cream mandorla 6 pz			1,00 conf
[B. dessert] mochi kurogoma (nero) 4 pz			2,00 conf
[B. dessert] mochi shiro (bianco) 4 pz			2,00 conf

Figura 4.4 Ord Japs CA 1

[B. dessert] mochi yomogi (verde) 4 pz			2,00 conf
[B. freezer] gambero rosso			2,00 conf
[B. freezer] ricciola 2/3 kg		2	3,00 conf
[B. freezer] salmone ca. 1 kg			15,00 pz
[B. freezer] tonno filetto pinnagialla ca. 0,5 kg			3,00 pz
[B. freezer] tonno rosso tra 0,5 e 0,9 kg			5,00 pz
[C. frigo] marmellata di habanero 500 gr			1,00 conf
[C. frigo] salmone affumicato ca. 1 kg		0	1,00 conf
[C. frigo] salsa gyoza 200 ml			2,00 conf
[C. frigo] salsa teriyaki 1 lt			1,00 sv
[D. ortofrutta] aglio testa			2,00 pz
[D. ortofrutta] arancia			3,00 pz
[D. ortofrutta] cetriolo			4,00 pz
[D. ortofrutta] insalata testa			2,00 pz
[D. ortofrutta] mango		0	1,00 pz
[D. ortofrutta] mela			1,00 pz
[D. ortofrutta] rapanelli		0	1,00 mazzo
[D. ortofrutta] shiso foglia		0	2,00 conf
[D. ortofrutta] valeriana			2,00 conf
[D. ortofrutta] zucchini			4,00 pz
[F. bevande] Franciacorta Brut Solouva			1,00 box
[F. bevande] sake DENSHO 72cl			1,00 bott
[F. bevande] umeshu CHOYA 72cl (per offrire)			1,00 bott
[F. bevande] Wanderfuse Guayusa 33cl			4,00 latt
[F. caffè] capsula caffè x 50			1,00 conf
[F. cocktails] acqua tonica 6 bott			2,00 conf
[G. pulizie sala] disinfettante speed oxy			2,00 pz
[G. pulizie sala] sapone liquido per clienti/personale			1,00 pz
[G. pulizie] sacco nero immondizia grande 20 pz			1,00 conf
[I. asporto] bicchiere take away per GYOZA x 48			1,00 conf
[I. asporto] ciotola SOUP + coperchio x 50			2,00 conf
[I. asporto] contenitore eco ROLL coperchio x 260			1,00 box

Figura 4.5 Ord Japs CA 2

[O. monete] banconote 5 €			10,00 pz
[P. prep] A. foglia bambù			3,00 conf

Figura 4.6 Ord Japs CA 3

4.2 Individuazione ed analisi delle criticità

Durante i mesi di febbraio e marzo è stato fondamentale affiancare l'operatore logistico nella sua attività per non avere dubbi sulla metodologia con cui l'operatore con esperienza

svolge la mansione. Questo ha portato al formarsi della funzione obiettivo dello studio, e il tutto è partito dalla domanda: tale lavoro è svolto nel miglior modo, nel minor tempo e con il massimo risultato possibile? Analizzando gli output del lavoro, cioè le problematiche relative agli stockout causati dalle dimenticanze sia dell'operatore che dei responsabili, si è giunti alla conclusione che il sistema non operasse con l'efficienza desiderata, cosa che in un ambito come quello della ristorazione, non è compatibile con gli obiettivi di service level auspicabili.

L'ipotesi formulata consiste nell'introduzione della tecnologia a radiofrequenze sui singoli prodotti a magazzino, che porterebbe ad un'ottimizzazione della gestione dei flussi in uscita e della schedulazione della preparazione dei semilavorati (perché se mancano, il sistema lo comunica con un bisogno, e se una delle sedi non ha quel prodotto, la sede centrale lo sa e la può approvvigionare di conseguenza), ma soprattutto un monitoraggio costante del magazzino in una logica di IoT e di ottimizzazione delle giacenze.

L'idea alla base di tale teoria si è sviluppata a partire dall'esperienza accumulata durante la gestione delle problematiche legate al magazzino: la gestione dei semilavorati e delle materie prime a scadenze brevi, che corrono il rischio di non essere più disponibili per la vendita; le materie prime con deperibilità alta di classe A nel Pareto, che quindi presentano un costo medio ma associato ad una rotazione assai frequente. Finché la materia prima non ha un costo impattante, la necessità di avere un monitoraggio accurato sembrava esclusivamente un efficientamento

pressoché ininfluenza sul risparmio costi a detta del titolare. Tuttavia, con la crisi sul mercato delle materie prime e l'aumento esponenziale dei costi di alcuni prodotti, è sembrato attinente uno studio volto a migliorare la gestione e prevenzione degli stockout, che ha un customer impact molto forte in termini di share.

4.3 Inizio raccolta dati

I dati necessari allo studio sono ricavati con il monitoraggio dei tempi di picking relativi ad ogni materiale degli ordini, ad eccezione del settore ortofrutticolo, escluso dal controllo per eccessiva difficoltà relativa al singolo ortaggio. Non essendo un prodotto core (C nell'analisi di Pareto), si è tuttavia ipotizzata, se il progetto avesse buon esito e l'implementazione avvenisse, una modalità di picking tramite un box con un'etichetta RFID stampata al momento della creazione dell'ordine con la lista dei prodotti contenuti (quindi non un tag a singolo prodotto, ma più simile a un "pallet"). La raccolta dei dati è avvenuta tramite un timer controllato manualmente dall'analista, e appuntandosi su un foglio elettronico i tempi associati al relativo prodotto. Sono stati considerati esclusivamente i tempi di picking, non quelli relativi al carico/scarico del furgone, considerati indipendenti dall'introduzione della tecnologia.

I vari tempi, utilizzati per effettuare i controlli durante il processo, si stima verranno completamente risparmiati grazie alla transizione all'IoT. I KPI relativi a tale risparmio non possono essere abbinati alla GDO, ma dai dati raccolti si stima possa essere relativo a circa il 30% del tempo

risparmiato per ogni processo di carico (data l'ingente quantità di prodotti analizzati, i tempi di controllo durante i processi ammontavano all'incirca a 10-15 minuti in media su processi di durata media tra i 45 e i 65 minuti).

4.4 Studio e creazione del modello rappresentativo del magazzino

Si giunge al momento più tecnico della trattazione: la costruzione del modello di simulazione. Gli step descritti nel capitolo 2 sono stati condotti e si è giunti al modello riportato in figura.

Il modello sul software di Arena viene sviluppato nella seguente modalità:

- Flow chart per avere un quadro chiaro sul processo;
- Assunzioni effettuate per definirlo;
- Costruzione su Arena del modello step by step;
- Run del modello per verificarne la correttezza.

4.4.1 Flow chart

Si parte dal modello concettuale, costruito per un'analisi accurata del flusso di processo.

L'operatore si posiziona nel punto centrale rispetto alle macroaree del magazzino, ossia nel corridoio in mezzo all'area ambiente (A) e l'area bevande (F). Con il foglio, stampato precedentemente, relativo all'ordine, inizia a verificare la correttezza dei dati soprastanti: luogo di consegna e data di consegna.

Dopo la verifica, inizia il prelievo dei prodotti dalla categoria ambiente, che vengono raggruppati davanti al pozzetto freezer 1.

Il picking avviene nella seguente modalità: prima evidenzia la voce relativa al prodotto, successivamente lo preleva, e quando lo va a depositare scrive il quantitativo accanto, se differisce dalla quantità richiesta nell'ordine. Se vi è uno stockout, viene inserito 0.

Il processo segue in ordine alfabetico per le aree, quindi finito il prelievo dalla zona A, vi è il setup per la zona freezer con box per il mantenimento termico, poiché i prodotti congelati hanno bisogno del mantenimento della catena del freddo. Il box viene collocato all'ingresso della cella freezer, in modo da avere la comodità per inserire i prodotti e per far sì che la porta della cella non si chiuda dietro l'operatore. È importante indicare che, data la quantità richiesta nella categoria B, è necessario avere a disposizione almeno 3 o 4 box gelo, soprattutto perché il carico va effettuato manualmente, e avere box che superino un certo peso, potrebbe portare a degli infortuni dell'operatore o comunque ad una scorretta posizione nell'alzare e abbassare i box. Tuttavia il prelievo non avviene unicamente nella cella freezer 1, poiché alcuni prodotti specifici vengono tenuti, per motivi di conservazione qualitativi, nei pozzetti a gradazione minore presenti nelle altre aree.

Completata la categoria B, si prosegue alla categoria C, relativa ai prodotti refrigerati, nella cella frigo 1. Il processo avviene anche in questo caso utilizzando 1 o 2 box per il mantenimento termico, fondamentale per conservare durante

il viaggio verso gli altri locali la catena del fresco, per prodotti ad alta deperibilità, come ad esempio il filetto di tonno fresco. Successivamente si passa all'ortofrutta, categoria D, situata nella cella frigo 2 e occasionalmente nell'area ambiente per necessità di maturazione dei prodotti come l'avocado o il mango. Il prelievo avviene attraverso l'utilizzo di un sacco nero grande (90x120 cm) per il contenimento della frutta e verdura. Il sacco viene inserito, durante i periodi più caldi, in un box termico per far sì che i prodotti non si guastino a causa delle alte temperature.

Si passa alla categoria F, le bevande alcoliche e non alcoliche. Il prelievo avviene nella stessa modalità della categoria ambiente, la differenza sta nella collocazione dei prodotti, che si trovano davanti la cella freezer e nel corridoio per l'area I. Dalle bevande si va alla categoria G: i prodotti per la pulizia. Si trovano dietro il pozzetto dove l'operatore raggruppa la merce e contiene tutti quei prodotti utilizzati per pulire i vari locali (detergenti, sacchi neri, spugne, ecc).

L'area I sopra citata è l'ultima del processo, relativa ai prodotti per il business delle consegne a domicilio, dove si trovano i materiali per il packaging e per le preparazioni degli ordini da asporto. Adiacente a quest'ultima, vi è la zona O, della cancelleria. Queste due aree sono spesso abbinate per la vicina posizione.

Infine vi è la categoria P relativa ai pasti del personale, la quale è situata in parte nella cella frigo 1 ed in parte nella zona ambiente. Se il prodotto prelevato è da frigo/freezer, viene inserito in uno dei box refrigerati delle categorie B e C, facendo attenzione a quale sia di un tipo o dell'altro.

Prima del carico finale nel furgone, vi è la preparazione delle scatole da carico per la zona ambiente, bevande e packaging: vengono utilizzate scatole di scarto ricavate dalle materie prime ricevute, che saranno poi caricate nel furgone per ultime.

Il carico avviene dando priorità ai box da frigo e da freezer, che nei periodi più caldi vengono lasciati in attesa dentro le celle frigo e freezer.

Concluse le operazioni di carico, l'operatore parte dal magazzino verso il locale di destinazione, e una volta arrivato, controlla lo stato delle materie prime deperibili e le inserisce nei freezer e frighi del ristorante. Le restanti, verranno organizzate dai responsabili della sede in un secondo momento.

Il carico viene concluso e l'operatore torna alla sede.

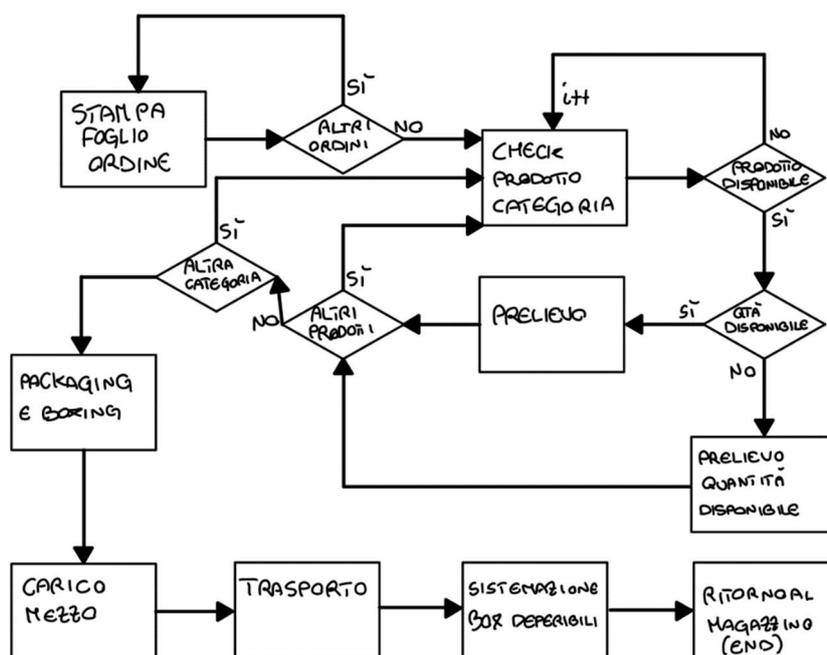


Figura 4.7 Flow chart Picking

4.4.2 Assunzioni

Le assunzioni effettuate sono:

- Tempi di setup trascurabili: poiché è stato considerato che i tempi ci sarebbero comunque anche con l'introduzione della tecnologia;
- Perdite tempo per cause esterne: anche in questo caso vi sarebbero comunque, perchè non sono tempi previsionabili;
- Guasti: non sono stati previsti guasti dell'operatore, come malattia o altre cause, per le quali si dovrebbe sostituire l'operatore con un operatore diverso;
- Raggruppamento prodotti per categoria: ogni prodotto viene raggruppato nelle proprie macrocategorie (A, B, C, ecc).

4.4.3 Costruzione del modello step by step

Date la assunzioni effettuate, si è costruito il modello a partire da una semplice linea di produzione vettoriale. Le categorie utilizzate sono le medesime del paragrafo sopra riportato.

Il modello è composto da due linee principali:

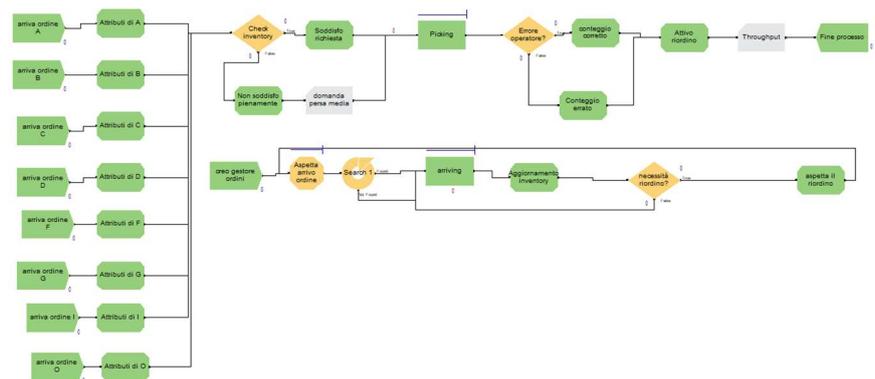


Figura 4.8 Arena model Japs Picking

-linea del picking: otto moduli di *create* che generano un ordine per ogni categoria ogni tre giorni, gli *assign* successivi

definiscono l'attributo categoria e la domanda espressa come la normale determinata dai test sui dati raccolti; il *decide* "Check inventory" determina per ogni categoria se vi sia lo stock a magazzino necessario per il soddisfacimento dell'ordine: se non è presente la quantità richiesta, avviene una consegna parziale; il *process* rappresenta il picking effettuato dall'operatore e il *decide* successivo l'errore che egli può commettere durante il processo; alla fine della linea viene mandata la richiesta al gestore per attivare il riordino attraverso un *assign*.

-linea del refilling: il create genera il gestore che si occupa del riordino, ed entra nel ciclo infinito nel quale aspetta la richiesta per attivare il riordino; il ciclo così costruito verifica per ogni categoria se vi sia o no il riordino richiesto (nel modello così gestito è sempre presente, per verosimiglianza con il modello reale), e ordina al fornitore, aggiornando l'inventario dopo ogni ordine; il gestore resta in attesa in un hold della richiesta di riordino.

4.5 Analisi degli input ricavati attraverso metodi statistici (data analysis, modelling and goodness of fit tests)

L'analisi dei dati ricavati dal processo di picking è stata effettuata a partire dal metodo statistico dei Momenti, per stimare i parametri della distribuzione ipotizzata.

Successivamente si sono utilizzati i test di Kolmogorov Smirnov e del Chi-Quadro per andare a determinare la bontà del fitting dei dati raccolti, ossia quanto la distribuzione teorica trovata con il metodo dei momenti si adatti bene alla

distribuzione empirica dei dati raccolti. Si è deciso di utilizzare il test del Chi Quadro solamente per supporto della decisione, anche se sconsigliato poiché utilizzato a partire da dati ricavati con il metodo dei momenti.

L'analisi viene effettuata attraverso Microsoft Excel, in modo da semplificare le operazioni di calcolo sulle medie e le varianze dei tempi dei prodotti.

I dati raccolti si riferiscono al periodo tra fine marzo e luglio 2022, rappresentano un pull di dati di un periodo a domanda stagionale alta per i prodotti freschi, infatti presenta forti sbilanciamenti sulle quantità di prodotto da freezer e frigo. Sotto riportato vi è la raccolta dati di un singolo carico per dare una visibilità più ampia del lavoro svolto.

La quantità indicata ha come unità di misura i pezzi (pz) e il tempo è espresso in secondi.

Tipo prodotto	Categoria	Quantità	Tempo	Media
		01-apr		
alga nori	A	1	11,88	16,56340909
arare mix	A	5	59,59	10,089
cipolla in agrodolce	A			28,255
dashi no moto	A	2	29,76	22,74681818
erba cipollina	A			13,175
farina tempura	A	1	19,13	15,43292857
foglia bambù	A			18,68352381
ginger gari	A	2	50,42	20,71222222
goma wakame	A	1	23,78	9,554375
guanti sushi	A			8,900857143
Latte	A	2	46,24	13,72166667
alga wakame	A	3	53,17	18,20444444
mandorle scaglie	A			17,34738095
Miele	A	1	14,56	24,615
Miso	A			17,26958333
olio di semi	A	1	45,87	51,67884615
olio oliva 1 lt	A			14,3225
Pellicola	A			12,6747619

Pinoli	A			20,66527778
Riso	A	2	47,64	28,21388889
salsa chili	A			16,92916667
sesamo kuro	A	3	33,46	12,68083333
sesamo shiro	A	3	30,71	11,69
soia box gf	A			19,51714286
soia box rosse	A			22,34428571
soia box verdi	A			16,68714286
soia buste box	A			13,64
soia verde 20 kg	A			35,475
Tabasco	A	2	16,18	12,56240741
tè sencha sfuso	A			19,01052083
tonno bito	A			16,47857143
topping caramello	A			5,546
topping cioccolato	A			5,17
Udon	A	2	42,97	22,99884615
Uova	A	1	36,46	23,59898611
Vermicelli	A			6,312777778
wasabi powder	A			15,36045455
Zucchero	A			5,27215

Tabella 1.0 Categoria A

bao (conf)	B			15,86769231
Capasanta	B	1	17,12	16,97166667
cheesecake tè verde box	B			18,62
cheesecake yuzu box	B			15,96428571
dischi gyoza	B			2,94005
Ebi	B	8	111,32	6,461214286
Edamame	B			4,183017857
edamame box	B	12	28,97	2,722916667
gambero coda	B			11,73811111
gambero coda box	B	6	27,99	5,417142857
gambero rosso	B	3	25,84	11,01171875
gelato cocco yuzu	B			18,28571429
gelato tè verde	B			17,01166667
Goma wakame	B			15,86769231
gyoza gambero	B	4	32,85	5,262245238
gyoza gambero box	B			3,075333333
gyoza pollo	B	5	47,35	6,061683333
gyoza pollo box	B			3,224857143
gyoza verdure	B			5,557574074
gyoza verdure box	B			3,107428571
Ikura	B	1	11,59	12,63907407
kizami wasabi	B			15,9
Marotto	B			14,33291667
mochi cream caramello	B			12,83259259
mochi cream tè verde	B			11,56708333
mochi kurogoma	B			9,591111111
mochi shiro	B			8,532857143
mochi tè verde	B			1,319338095
mochi triplo ciocc	B			1,371004762
mochi yomogi	B			9,291944444
Polpo	B	4	12,68	4,162833333
Ricciola	B	5	42,92	9,644987654
Salmone	B	41	153,8	6,765874794
salmone furikake	B	7	21,34	4,196910714
shime saba	B	6	28,07	7,369787879
tonno rosso	B	4	39,84	8,600288889
Unagi	B	4	40,86	11,75121429

Tabella 1.1 Categoria B

Chutney	C	2	21,3	8,124074074
Habanero	C	2	10,74	7,379722222
Phila	C			12,317
pollo cbt	C	4	13,21	2,955794968
Ponzu	C	2	13,52	5,416484848
salmone affumicato	C	2	17,43	9,0235
salmone cbt	C	5	27,09	2,713351667
salsa gyoza	C	2	7,1	6,98460989
salsa teriyaki	C			7,9296875

Salsiccia	C	4	39,15	10,50541667
Tonno	C	2	38,85	13,11027083
verd cbt	C			3,126948413
Vinagrette	C			6,998125
Avocado	D	12	30,3	1,664490741
germogli misto	D			7,236666667
limoni foglia	D			4,4695
Mango	D			10,45729167
Ortofrutta	D	15	112,43	8,02024773
shiso leaves	D			6,253125
Valeriana	D			5,105

Tabella 1.2 Categoria C e D

asahi (box)	F			3,726592593
baladin(box)	F	6	21,79	11,935
birra hitachino ipa	F	3	20,87	7,732309524
birra hitachino red	F			8,225
birra hitachino white	F	3	23,65	8,698888889
Caffè	F			4,871125
Champetre	F			7,860714286
Choya	F			22,805
Ciliegiolo	F			13,26333333
coca cola	F			2,408154762
coca cola zero	F	4	16,54	3,139861111
Densho	F			14,05583333
Edo	F			17,38833333
fusto asahi	F			17,17333333
Greenie	F			8,513770833
Guayusa	F			8,362
Hyashibori	F			17,31916667
Kirin	F	4	23,43	5,7914
kodakara ginger	F			18,24857143
kodakara yuzu	F			21,68
Masumi	F			17,78
Miranda	F			13,32583333
Nama	F			6,558958333
origo ginis	F			9,664166667
Prosecco	F			16,96066667
Solouva	F	6	43,68	5,537777778
tè chai	F			6,162166667
Umeshu	F			20,5225
carta igienica	G			6,512322917
carta mani	G			27,075
det lavabicchieri	G			25,2425
det lavastoviglie	G			17,6375
det lesto	G			22,8725
forni e grill	G	3	27,35	7,86952381

gel mani	G			9,236
quick dry	G			14,078
rotolo carta pulizie	G	1	30,45	28,90083333
sacchi neri	G			6,61
speed degrass	G	1	11,32	12,45125
speed deo germ	G	2	23,93	11,285
speed oxy	G			13,33416667
spirale inox	G			4,936738095
bacchette	I			13,50632275
box donburi	I	2	33,78	18,95166667
cannucce	I			12,05666667
contenitori per salse	I	3	56,13	13,6608
eco roll base	I			16,7
eco roll coperchio	I			18,054
sacchetti asporto	I			1,565533333
sacchetti party	I			1,939030769
stuzzicadenti	I			22,766
tovaglioli	I	4	34,2	8,14015625
pennarelli	O			5,163958333
rotolo cassa	O			13,736
rotolo pos	O			15,298

Tabella 1.3 Categoria F, G, I e O

Per studiare i dati viene utilizzato il metodo dei momenti, per la determinazione dei parametri necessari per definire le distribuzioni ipotizzate.

Il metodo utilizza la funzione generatrice per definire i momenti di ordine da 1 a N, e ne definisce tanti quante sono le variabili di una determinata distribuzione. Ad esempio la distribuzione normale ha due momenti, il valore atteso della media e della varianza, quindi andremo a calcolare il momento di ordine 1 e quello di ordine 2.

Si sono studiate la distribuzione esponenziale, uniforme e normale.

Categoria	a(uni)	b(uni)	Lambda	Media	Varianza
A	2,462062	32,49060986	13,66511	17,48	75,14280599
B	0,271899	17,69449388	5,597972	8,98	25,29556752
C	1,866681	12,99254716	5,789261	7,43	10,31540729
D	1,671166	10,67349701	4,548922	6,17	6,753496417
F	1,132398	21,70406295	8,007963	11,42	35,26611545
G	1,251028	28,46916317	11,02994	14,86	61,73557572
I	1,145891	24,32214418	5,815735	12,73	44,76155887
O	3,683134	19,11550466	9,041065	11,40	19,84650476

Tabella 1.4 Parametri distribuzioni

In colonna A e B sono riportati i due estremi della distribuzione uniforme ricavata dai dati. La colonna Lambda riguarda il valore atteso della distribuzione esponenziale. Dopo aver ricavato le soluzioni, è necessario andare a verificare tramite il test statistico di Kolmogorov Smirnov, detto comunemente KS, la bontà del fitting di tale distribuzione.

Ricordiamo che si utilizzerà anche il test del Chi quadro, certamente più conosciuto, tuttavia i risultati potrebbero essere fallaci dato che si è effettuato precedentemente il metodo dei momenti per la stima della distribuzione, e i due a livello teorico non sono molto compatibili, il rischio che si incorre è nell'accettare un'ipotesi nulla quando essa invece non è il test di Kolmogorov Smirnov confronta la funzione della distribuzione cumulata con la controparte teorica. La nota positiva è che tale test è migliore quando si utilizzano dati reali e non stimati, quindi il caso in esame risulta particolarmente compatibile. Viene effettuato per ogni categoria e confronta la funzione di ripartizione teorica e quella empirica.

4.5.1 Test KS Normale

F(x) norm A	F teorica A	D+	D-
0,055501099	0,27504826	0,219547161	0,055501099
0,130879939	0,347286179	0,216406239	-0,144168321
0,132870112	0,386523717	0,253653605	-0,214416066
0,138307928	0,390805131	0,252497203	-0,248215789
0,154332114	0,421636964	0,26730485	-0,236473017
0,217102479	0,443982993	0,226880515	-0,204534486
0,235017943	0,449843797	0,214825854	-0,20896505
0,250261504	0,453739427	0,203477923	-0,199582293
0,298864745	0,45734091	0,158476165	-0,154874681
0,327036285	0,458130549	0,131094264	-0,130304625
0,330741758	0,461542256	0,130800498	-0,127388791
0,330942472	0,462440955	0,131498483	-0,130599783
0,347437459	0,466701849	0,11926439	-0,115003496
0,363227988	0,474110734	0,110882746	-0,103473861
0,366026308	0,475833568	0,10980726	-0,108084426
0,386824523	0,47951037	0,092685846	-0,089009044
0,423498364	0,483790801	0,060292436	-0,056012005
0,426088003	0,488958951	0,062870948	-0,057702797
0,463750943	0,492183404	0,028432461	-0,025208008
0,466825674	0,492281437	0,025455763	-0,02535773
0,471313598	0,498724295	0,027410697	-0,020967839
0,480102014	0,500279409	0,020177395	-0,018622281
0,492478698	0,501615341	0,009136642	-0,007800711
0,49530867	0,502966996	0,007658326	-0,006306671
0,526469427	0,503305719	-0,023163709	0,023502431
0,543829434	0,512105617	-0,031723817	0,040523715
0,555632716	0,512239667	-0,043393048	0,043527099
0,57381901	0,51347515	-0,06034386	0,061579342
0,614400326	0,531374901	-0,083025424	0,100925175
0,61603645	0,532988771	-0,083047679	0,084661549
0,671449354	0,535089168	-0,136360185	0,138460582
0,684609047	0,535193995	-0,149415051	0,149519878
0,692732118	0,535620115	-0,157112003	0,157538123
0,711693072	0,545162272	-0,166530799	0,176072957
0,742473567	0,545406403	-0,197067164	0,197311295
0,836254608	0,545973022	-0,290281585	0,290848205
0,837178942	0,565410724	-0,271768219	0,29120592
0,949636247	0,595728418	-0,353907829	0,384225523
0,999092672	0,599099812	-0,39999286	0,403364254

Tabella 1.5 KS Cat A Normale

La tabella riporta i dati raccolti nella colonna F(x) Norm e i dati della F teorica. La colonna D è calcolata come Il test di

Kolmogorov Smirnov per la distribuzione normale non è passato, o meglio lo è solo per alcune categorie, quelle con meno osservazioni, dato che la D teorica è inversamente proporzionale al numero di osservazioni.

Categoria	D+	D-	N	alfa 0,05	alfa 0,01	Esito
A	0,399993	0,403364	39	0,21273	0,22518	Rejected
B	0,394259	0,395313	39	0,21273	0,22518	Rejected
C	0,340726	0,37703	13	0,36143	0,43247	Accepted
D	0,39333	0,449541	7	0,48342	0,57581	Accepted
F	0,358225	0,383996	28	0,24993	0,29971	Rejected
G	0,368654	0,401821	14	0,3489	0,41762	Accepted
I	0,304166	0,304887	10	0,40925	0,48893	Accepted
O	0,32437	0,378714	3	0,7076	0,829	Accepted

Tabella 1.6 Test KS normale

Le categorie A, B e F sono rigettate, viene effettuato un secondo test, il test del Chi Quadro.

4.5.2 Test KS Esponenziale

Riportato di seguito il test di Kolmogorov-Smirnov per la categoria A, il test viene effettuato su tutte le otto categorie ma non si riportano le molteplici tabelle riguardanti i calcoli nell'elaborato.

A expo	A teorica	D+	D-
0,232352	0	-0,232351691	0,232351691
0,319688	0,105963844	-0,213724196	0,31968804
0,383462	0,10763129	-0,275830483	0,277497929
0,383896	0,109351989	-0,274544115	0,276264814
0,426016	0,114860369	-0,311155534	0,316663913
0,439572	0,115832769	-0,323739383	0,324711784
0,447977	0,126544482	-0,321432112	0,332143825
0,451599	0,128928634	-0,322670089	0,32505424
0,457502	0,136651304	-0,320850479	0,32857315
0,483025	0,142333982	-0,34069087	0,346373547
0,483799	0,15350216	-0,330296928	0,341465106
0,503494	0,155241936	-0,348251771	0,349991547

0,512672	0,158842214	-0,353829874	0,357430153
0,518765	0,160705534	-0,358059065	0,359922385
0,527939	0,166566536	-0,361372277	0,367233279
0,545125	0,187018605	-0,358106596	0,378558665
0,546737	0,197806099	-0,348930434	0,359717928
0,553891	0,200699352	-0,35319213	0,356085383
0,559084	0,219996182	-0,339087535	0,358384365
0,561773	0,2272751	-0,334497661	0,341776579
0,56363	0,235048806	-0,328581374	0,336355079
0,587472	0,239137112	-0,348334901	0,352423207
0,589192	0,243369084	-0,345822775	0,350054747
0,614842	0,266971415	-0,347870177	0,371472509
0,630601	0,283441407	-0,347159613	0,363629604
0,632797	0,315855595	-0,316941454	0,349355643
0,645554	0,356484945	-0,289069194	0,329698543
0,659595	0,386171364	-0,273423533	0,303109952
0,659771	0,397166971	-0,262603597	0,273599204
0,663035	0,462669094	-0,200366379	0,265868502
0,689309	0,495029506	-0,194279625	0,226640036
0,741912	0,574320728	-0,16759159	0,246882812
0,76075	0,650468631	-0,110281283	0,186429186
0,7846	0,679783772	-0,104815959	0,1341311
0,885213	0,7450048	-0,140207845	0,205428873
0,914902	0,818797157	-0,096105291	0,169897648
0,925125	0,858032616	-0,067092871	0,10632833
0,928863	0,897461567	-0,031401874	0,070830825

Tabella 1.7 KS Cat A Esponenziale

La distribuzione teorica dell'esponenziale si nota già essere molto diversa dai dati raccolti.

Il test è infatti passato solo per alcune categorie, ma in modo meno evidente rispetto alla normale, non ha un *good fitting*.

Categoria	D+	D-	N	alfa 0,05	alfa 0,01	Esito
A	0,361372	0,378558665	39	0,21273	0,22518	Rejected
B	0,339367	0,351343589	39	0,21273	0,22518	Rejected
C	0,34893	0,380315157	13	0,36143	0,43247	Accepted
D	0,361625	0,472301857	7	0,48342	0,57581	Accepted
F	0,334738	0,366660477	28	0,24993	0,29971	Rejected
G	0,315915	0,382484569	14	0,3489	0,41762	Accepted
I	0,375857	0,487508977	10	0,40925	0,48893	Accepted*
O	0,290983	0,446224846	3	0,7076	0,829	Accepted

Tabella 1.8 Test KS Esponenziale

4.5.3 Test KS Uniforme

In ultima analisi si effettua il test sulla distribuzione uniforme discreta.

A uni	A F(x) teorica	D+	D-
0,090179	0,026316	-0,06386299	0,090178779
0,093581	0,027027	-0,066553515	0,067264752
0,1027	0,027778	-0,074922419	0,07567317
0,128235	0,028571	-0,099663729	0,10045738
0,214422	0,029412	-0,18501069	0,185851027
0,236186	0,030303	-0,205882644	0,206773909
0,25399	0,03125	-0,222739565	0,223686535
0,307305	0,032258	-0,275047433	0,276055497
0,336358	0,033333	-0,303024765	0,304100034
0,3401	0,034483	-0,305616929	0,306766354
0,340302	0,035714	-0,30458759	0,305819118
0,356758	0,037037	-0,319721402	0,321044153
0,372244	0,038462	-0,333782165	0,335206666
0,374963	0,04	-0,334963337	0,336501799
0,394972	0,041667	-0,353305408	0,354972075
0,429538	0,043478	-0,386059407	0,387871001
0,431951	0,045455	-0,386496626	0,388472911
0,466773	0,047619	-0,41915375	0,421318252
0,469598	0,05	-0,419598032	0,421978984
0,473719	0,052632	-0,42108699	0,423718569
0,481778	0,055556	-0,426222805	0,429146781
0,493115	0,058824	-0,434291265	0,437559239
0,495706	0,0625	-0,433205583	0,436882054
0,524247	0,066667	-0,45758054	0,461747207
0,540201	0,071429	-0,468772766	0,47353467
0,551091	0,076923	-0,474167798	0,479662304
0,567962	0,083333	-0,484628888	0,491039145
0,606197	0,090909	-0,515287911	0,522863669
0,60776	0,1	-0,507760329	0,516851238
0,662111	0,111111	-0,550999615	0,562110726
0,675516	0,125	-0,550515719	0,564404608
0,683909	0,142857	-0,541051522	0,558908665
0,703894	0,166667	-0,537227646	0,561037169
0,737729	0,2	-0,537729245	0,571062578
0,857578	0,25	-0,607578161	0,657578161
0,858947	0,333333	-0,525613895	0,608947229
1,099385	0,5	-0,599385098	0,766051765
1,639	1	-0,638999813	1,138999813

Tabella 1.9 KS Cat A Uniforme

Vengono riportati i dati relativi alla categoria A, dalla tabella sottostante è evidente che fra le tre distribuzione è quella che presenta il peggior *fitting* con i dati raccolti.

Categoria	D+	D-	N	alfa 0,05	alfa 0,01	Esito
A	0,639	1,138999813	39	0,21273	0,22518	Rejected
B	0,75229	0,77014756	39	0,21273	0,22518	Rejected
C	0,443122	0,605948051	13	0,36143	0,43247	Rejected
D	0,284895	0,475983404	7	0,48342	0,57581	Accepted
F	0,65831	0,692563571	28	0,24993	0,29971	Rejected
G	0,548118	0,63145172	14	0,3489	0,41762	Rejected
I	0,421123	0,47954454	10	0,40925	0,48893	Accepted*
O	0,24737	0,318080901	3	0,7076	0,829	Accepted

Tabella 2.0 Test KS Uniforme

4.5.4 Chi-Square Test For A, B & F

Dato che la distribuzione Normale rigetta le tre categorie con più osservazioni, si prova ad utilizzare il Chi Square test che ha migliori risultati per quanto riguarda N elevati.

Range	Num OssxCI	Classi teoriche
(1-4,6)=1	10	7,6
(4,6-8,2)=2	7	7,6
(8,2-11,8)=3	11	7,6
(11,8-15,4)=4	3	7,6
(15,4-19)=5	7	7,6
	Frequenza relativa	TEST CHI QUADRO
	0,263157895	5,157894737
	0,184210526	GdL
	0,289473684	2
	0,078947368	Chi Quadro teorico
	0,184210526	4,605
CATEGORIA A		Rejected

Tabella 2.1 Test CS Cat A 1

Range	Num OssxCI	Oss teoriche
(5-9)=1	5	7,6
(9-14)=2	9	7,6
(14-19)=3	11	7,6
(19-24)=4	8	7,6
(24-∞)=5	5	7,6
	Frequenza relativa	TEST CHI QUADRO
	0,131578947	3,578947368
	0,236842105	GdL
	0,289473684	2
	0,210526316	Chi Quadro teorico
	0,131578947	4,605
CATEGORIA A		Accepted

Tabella 2.2 Test CS Cat A 2

Range	Num OssxCI	Classi teoriche
(1,3-4,2)=1	7	7,6
(4,2-7,8)=2	10	7,6
(7,8-11,4)=3	8	7,6
(11,4-15)=4	6	7,6
(15-18,62)=5	7	7,6
	Frequenza relativa	TEST CHI QUADRO
	0,184210526	1,210526316
	0,263157895	GdL
	0,210526316	2
	0,157894737	Chi Quadro teorico
	0,184210526	4,605
CATEGORIA B		Accepted

Tabella 2.3 Test CS Cat B 1

Range	Num OssxCI	Classi teoriche
(1-4,6)=1	10	7,6
(4,6-8,2)=2	7	7,6
(8,2-11,8)=3	11	7,6
(11,8-15,4)=4	3	7,6
(15,4-19)=5	7	7,6
	Frequenza relativa	TEST CHI QUADRO
	0,263157895	5,157894737
	0,184210526	GdL
	0,289473684	2
	0,078947368	Chi Quadro teorico
	0,184210526	4,605
CATEGORIA B		Rejected

Tabella 2.4 Test CS Cat B 2

Range	Num OssxCI	Classi teoriche
(2,4-6,48)=1	7	5,6
(6,48-10,56)=2	8	5,6
(10,56-14,64)=3	4	5,6
(14,64-18,72)=4	6	5,6
(18,72-22,8)=5	3	5,6
	Frequenza relativa	TEST CHI QUADRO
	0,25	3,071428571
	0,285714286	GdL
	0,142857143	2
	0,214285714	Chi Quadro teorico
	0,107142857	4,605
CATEGORIA F		Accepted

Tabella 2.5 Test CS Cat C 1

Range	Num OssxCI	Classi teoriche
(2,4-5,6)=1	5	5,6
(5,6-8)=2	5	5,6
(8-11,6)=3	5	5,6
(11,6-17,4)=4	8	5,6
(17-22,8)=5	5	5,6
	Frequenza relativa	TEST CHI QUADRO
	0,178571429	1,285714286
	0,178571429	GdL
	0,178571429	2
	0,285714286	Chi Quadro teorico
	0,178571429	4,605
CATEGORIA F		Accepted

Tabella 2.6 Test CS Cat C 2 67

Il test è passato per tutte e tre le categorie, con un alfa del 10%, quindi per non passare all'utilizzo di una distribuzione empirica, si sceglie di utilizzare la distribuzione normale, che fitta in modo accettabile i dati raccolti, e passerebbe verosimilmente entrambi i test se non vi fossero outlier. Tuttavia, come accennato in precedenza nell'elaborato, il Test del Chi-Quadro potrebbe dare risultati non corretti o comunque errati se si utilizza il metodo dei momenti per la stima dei parametri. Dato ciò, è sembrato conveniente cercare una conferma ulteriore attraverso un Software statistico chiamato "Stata".

Attraverso il test di Shapiro-Wilk, si è andati a testare per le tre categorie suddette la normalità:

Shapiro-Wilk W test for normal data					
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
A	38	0.87689	4.678	3.237	0.00060
. swilk B					
Shapiro-Wilk W test for normal data					
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
B	38	0.94681	2.021	1.476	0.06993
. swilk F					
Shapiro-Wilk W test for normal data					
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
F	28	0.93567	1.943	1.367	0.08577

Figura 4.9 Test Shapiro-Wilk Cat A, B e F

Con un alfa del 10% possiamo accettare che ci sia un buon fit con la distribuzione normale.

4.6 Analisi degli output della simulazione dal modello

Analisi degli output: si utilizza il metodo di Welch per determinare il transitorio della simulazione.

Il modello è stato costruito a partire da un semplice modello parametrico vettoriale, tramite analisi step by step sulle variabili e gli attributi da implementare.

I moduli di create servono a generare gli ordini, hanno un tempo di interarrivo di tre giorni (è stato deciso tale valore per mettere nelle condizioni di simulare la realtà il più precisamente possibile). Sono definiti otto assign iniziali per le categorie di prodotti, dalla A alla O. Successivamente viene inserito un modulo che verifica se lo stock del prodotto richiesto sia disponibile, e se non è disponibile interamente, viene soddisfatto parzialmente. Il process descrive il picking, nel quale l'operatore può essere impreciso, e sbagliare le quantità nell'80% dei casi. Per la prima linea infine vi è l'attivazione del riordino, poiché conseguentemente al prelievo, si assume vi sia un riordino da attivare.

La seconda linea parte dalla creazione di un gestore dei riordini, che aspetta dalla prima linea il segnale, ed attiva il riordino per il prodotto della categoria indicata. Si prosegue con l'arrivo, l'aggiornamento dell'inventario e la ricerca degli altri ordini in arrivo. Se non ve ne sono altri, ritorna ad attendere il segnale dal processo di prelievo. La simulazione sottostante è effettuata con un setting di 2 anni di tempo, con

10 repliche, da cui si andrà a determinare il numero di giorni necessari per eliminare il transitorio.

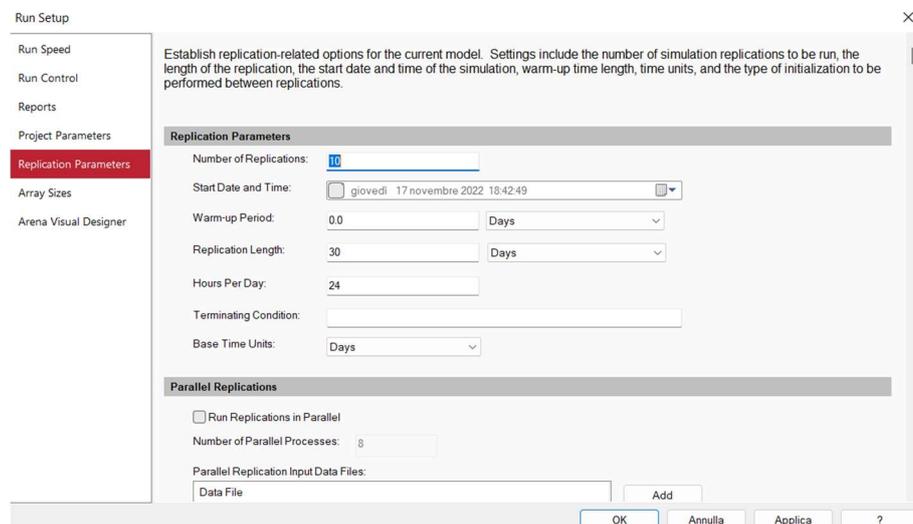


Figura 5.0 Setup Arena

Il metodo di Welch è un metodo soggettivo utilizzato nella simulazione dei sistemi gestionali per determinare le repliche necessarie per eliminare il transitorio relativo ad un modello.

Il transitorio è quel periodo in cui il sistema si sta ancora “adattando” al proprio steady state (stato stazionario), si pensi ad esempio ad un processo di produzione, un sistema che inizia al tempo 0 con una lavorazione, avrà bisogno di tempo prima di raggiungere un andamento stabile durante il proprio funzionamento, oppure ad un processo di fusione, nel quale la temperatura debba essere in un dato range, il punto di stazionarietà verrà raggiunto dopo un certo tempo, ovvero superato il transitorio.

Si precisa che è un metodo soggettivo poiché la scelta dipende molto dai parametri decisi nella fase preliminare ed è responsabilità dell’analista, il quale decide da che replica in poi sia ragionevole attribuire la fine del transitorio. Nella

simulazione con Arena, nella schermata relativa al setup si può impostare il valore del transitorio, espresso nella medesima unità di misura del sistema.

OUTPUT ANALYSIS	WELCH METHOD	Alfa		
c(n)	0,11848023	5%		
c*	2	730 days	W	2
Repliche	Output	Errors	Square Errors	Mobile average
1	0,00038	0,37324	0,1393	0,00038
2	0,658	-0,28438	0,08087	0,371126667
3	0,455	-0,08138	0,00662	0,262103714
4	0,197039072	0,17658	0,03118	0,275833714
5	0,0000995	0,37352	0,13951	0,460233714
6	0,06903	0,30459	0,09277	0,423614858
7	1,58	-1,20638	1,45536	0,484207044
8	0,271905719	0,10171	0,01034	0,485127144
9	0,5	-0,12638	0,01597	Average
10	0,0047	0,36892	0,1361	0,373615429

Tabella 2.7 Welch method

Dal risultato, il numero di repliche necessarie per eliminare il transitorio è di una soltanto, risultato comprensibile data la durata temporale molto estesa (due anni di funzionamento).

30 giorni	n=10
Ymediomedio	Stima varianza
0,37362	0,23423
T di student in alfa e n0-1 GDL	
2,26216	
N	0,29966
Transitorio	1

Tabella 2.8 Welch output

Capitolo 5 Introduzione tecnologia RFID nel modello

Per analizzare l'implementazione proposta si parte dal modello del sistema reale privo della tecnologia e si passa cambiando i parametri alle diverse percentuali di precisione data dal tag RFID che si vuole introdurre.

5.1 Modello Base

Nel modulo di *decide* (rombo giallo) vi è la percentuale con cui l'operatore effettua un errore durante il picking, stimato al 20%, una volta su cinque. Durante il conteggio errato vi è un errore nel conteggio dello stock che viene ipotizzato diminuire per il picking ma è in realtà l'operatore a effettuare un errato prelievo. Infatti lo stock presenta quantità maggiori di quelle riportate, il che impatta sulla gestione e la frequenza dei riordini, nonché sull'effettiva giacenza.

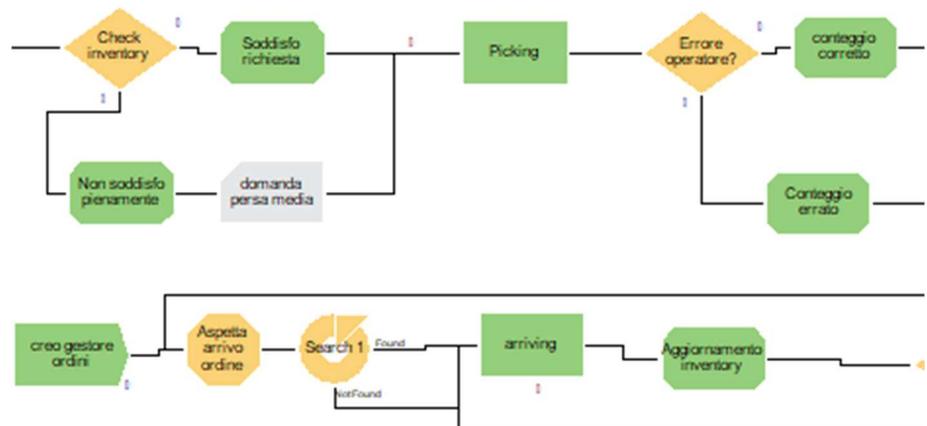


Figura 5.1 Arena model core process

Decide ? X

Name:	Type:
Errore operatore?	2-way by Chance
Percent True (0-100):	
98	%

Figura 5.2 Decide errore operatore

I tempi del processo di picking sono la media e la varianza della distribuzione normale ricavata dai dati reali. Gran parte delle variabili vengono modellizzate come vettori con indice da 1 a 8, uno per ogni categoria differente.

I dati analizzati per le differenti configurazioni sono:

- Throughput: frequenza con cui vengono completati gli ordini;
- Service level: definito come rapporto fra ordini soddisfatti su ordini totali;
- Inventory medio: media degli inventory di ogni categoria;
- Merce smarrita media: media della quantità di merce di cui si perde traccia durante il processo.

5.2 Modello RFID 98%, 99% e 100%

Il cambiamento riguarda la percentuale di volte in cui l'operatore commette errori nel processo, il che si riflette sull'errore a stock sia in termini di qualità che di quantità. Tuttavia una più accurata modellazione a fronte di analisi molto più complesse e tecniche, prevederebbe che variassero

anche i tempi di picking, di carico, scarico e check. Per profondità della trattazione non verranno analizzati gli ulteriori scenari, ma d'altronde, è evidente come una possibile introduzione impatterebbe su molti più parametri di quelli considerati, il che potrebbe far variare i risultati dello studio.

Between	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Throughput	0.3418	0,00	0.3418	0.3418	0.00006765	2.9992
Expression	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
inventorymedio	117.21	12,97	85.8091	142.39	49.1250	208.35
mercesmarrita	5.7743	2,51	2.0609	11.7838	-3	22.3250

Time Persistent

Time Persistent	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
inventory medio 1	156.49	12,86	128.68	177.89	62.0000	282.20
inventory medio 2	153.82	64,38	35.7112	265.65	0.00	681.00
inventory medio 3	63.5575	19,36	32.2014	103.75	0.00	212.00
inventory medio 4	124.32	39,04	46.8153	236.22	0.00	375.00
inventory medio 5	116.72	25,96	52.2749	161.90	5.0000	245.00
inventory medio 6	187.06	16,61	143.12	219.76	65.0000	325.20
inventory medio 7	116.62	45,85	39.8153	220.54	0.00	326.80
inventory medio 8	208.11	6,97	189.54	216.94	77.0000	337.20
utilizzo ris cat 1	0.04982804	0,00	0.04982804	0.04982804	0.00	1.0000
utilizzo ris cat 2	0.06652959	0,00	0.06652959	0.06652959	0.00	1.0000
utilizzo ris cat 3	0.0915	0,00	0.0915	0.0915	0.00	1.0000
utilizzo ris cat 4	0.1138	0,00	0.1138	0.1138	0.00	1.0000
utilizzo ris cat 5	0.1360	0,00	0.1360	0.1360	0.00	1.0000
utilizzo ris cat 6	0.1582	0,00	0.1582	0.1582	0.00	1.0000
utilizzo ris cat 7	0.1804	0,00	0.1804	0.1804	0.00	1.0000
utilizzo ris cat 8	0.2026	0,00	0.2026	0.2026	0.00	1.0000

Figura 5.3 Time persistent arena

Output

Output	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
conteggiogiusto	64.1000	3,12	55.0000	68.0000
conteggiobagliato	15.9000	3,12	12.0000	25.0000
LS	0.8500	0,05	0.7000	0.9750
precisione stock	0.8013	0,04	0.6875	0.8500



Usage

None	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
dompersaprod 2	-47	19,07	-75	0.00	-219	0.00
dompersaprod 3	-46	14,76	-74	0.00	-122	0.00
dompersaprod 4	-65	24,08	-126	0.00	-139	0.00
dompersaprod 7	-15	17,42	-54	0.00	-98	0.00

Figura 5.4 Output & usage arena

5.3 Outcome simulazione e Test HP sui dati

Vengono effettuati i test di ipotesi sulle variabili sopra riportate.

La simulazione avviene con diversi setting, si effettua un confronto tra i valori che avviene tramite un test d'ipotesi sulle differenze tra le medie.

La prima variabile studiata è il throughput, che tuttavia non presenta variazioni fra la configurazione con e senza RFID, ragionevole, poiché l'ordine comunque viene sempre soddisfatto, anche se parzialmente, e non si è analizzata la quantità dell'ordine completato correttamente poiché non è imputabile solo all'operatore come errore ma anche ai problemi di rifornimento.

Differenza TH tra base e 98				
Spooled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
0,0649596	0	1,734063607	1,330390944	0,393442517
	tcalc < t alfa 10%	non possiamo rifiutare l'ipotesi nulla		
Differenza TH tra base e 99				
Spooled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
0,0649596	0	1,734063607	1,330390944	0,393442517
	tcalc < t alfa 10%	non possiamo rifiutare l'ipotesi nulla		
Differenza TH tra base e 100				
Spooled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
0,0649596	0	1,734063607	1,330390944	0,393442517
	tcalc < t alfa 10%	non possiamo rifiutare l'ipotesi nulla		
La differenza tra le medie non è statisticamente significativa				

Tabella 2.9 Test Hp Throughput

Differenza LS tra base e rfid 98				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
0,10225224	0,303171843	1,734063607	1,330390944	0,374858522
	tcalc<t alfa 10%	non possiamo rifiutare l'ipotesi nulla		
Differenza LS tra base e rfid 99				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
0,10225224	0,303171843	1,734063607	1,330390944	0,374858522
	tcalc<t alfa 10%	non possiamo rifiutare l'ipotesi nulla		
Differenza LS tra base e rfid 100				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
0,10225224	0,303171843	1,734063607	1,330390944	0,374858522
	tcalc<t alfa 10%	non possiamo rifiutare l'ipotesi nulla		
La differenza tra le medie non è statisticamente significativa				

Tabella 3.0 Test Hp ServiceLevel

Il livello di servizio è inteso come percentuale di ordini soddisfatti sul totale degli ordini richiesti: il test di ipotesi evidenzia come la differenza fra pre e post introduzione non influenzi significativamente il parametro. La spiegazione più plausibile è data dal fatto che per come è stato costruito il sistema, soddisfare gli ordini è possibile in tutte e quattro le configurazioni, con efficienza leggermente diversa che si rivede nei parametri merce smarrita e domanda persa, ma comunque accettabile.

La differenza sta nello stock creatosi per avere quel dato livello di servizio, che si riflette su ciò che è effettivamente presente in magazzino.

Differenza MS tra base e 98				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
0,1547311	181,8864977	1,734063607	1,330390944	3,8152E-32
	tcalc>t alfa 5%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza MS tra base e 99				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
0,1440214	199,2362482	1,734063607	1,330390944	6,7624E-33
	tcalc>t alfa 5%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza MS tra base e 100				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
0,1335034	216,2754494	1,734063607	1,330390944	1,42313E-33
	tcalc>t alfa 5%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
La differenza tra le medie è statisticamente significativa				

Tabella 3.1 Test Hp Merce smarrita

Differenza DP tra base e rfid 98				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
0,6854676	73,30761924	1,734063607	1,330390944	1,17042E-24
	tcalc>t alfa 5%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza DP tra base e rfid 99				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
0,684502	74,87195152	1,734063607	1,330390944	7,84657E-25
	tcalc>t alfa 5%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza DP tra base e rfid 100				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
0,684502	74,87195152	1,734063607	1,330390944	7,84657E-25
	tcalc>t alfa 5%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
La differenza tra le medie è statisticamente significativa				

Tabella 3.2 Test Hp Domanda persa

I test effettuati sulla merce smarrita e la domanda persa dimostrano come passare dal sistema base a quello con RFID apporti delle modifiche sostanziali di questi due valori. La merce smarrita va a 0 con l'innovazione tecnologica, il che porta una migliore tracciabilità e diminuisce i rischi dello stockout.

La domanda persa invece riguarda il problema delle integrazioni di ordini infrasettimanali a causa degli errori: non solo causano inefficienza, ma impattano sull'utilizzo e costo dell'operatore logistico.

Differenza IM tra base e rfid 98				
Spooled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,196583298	10,27926766	1,734063607	1,330390944	4,40231E-09
	tcalc>t alfa 5%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza IM tra base e rfid 99				
Spooled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,196427691	10,53135103	1,734063607	1,330390944	2,96666E-09
	tcalc>t alfa 5%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza IM tra base e rfid 100				
Spooled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,196375813	10,61539347	1,734063607	1,330390944	2,60481E-09
	tcalc>t alfa 5%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
La differenza tra le medie è statisticamente significativa				

Tabella 3.3 Test Hp Inventory medio

In ultima analisi si effettua il test sull'inventario medio generato dalle varie configurazioni: il test di ipotesi nulla viene quindi rifiutato, ciò significa che la differenza tra le giacenze medie totali durante i due anni è significativa, quantomeno al 5%. Tale risultato pone le basi per uno studio più approfondito sull'inventario medio di ogni categoria, il quale verrà utilizzato come base nel seguente capitolo per l'analisi economico finanziaria.

5.3.1 Test ipotesi stock per categoria

Si riportano i risultati dei test sui dati ricavati dai report delle configurazioni:

Differenza Cat A tra base e 98				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,380655574	15,06530694	1,734063607	1,330390944	6,66051E-12
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza Cat B tra base e 98				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,377307069	1,197989931	1,734063607	1,330390944	0,189836066
	tcalc<t alfa 10%	non possiamo rifiutare l'ipotesi nulla		
Differenza Cat C tra base e 98				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
0,873034859	-20,69676807	1,734063607	1,330390944	2,22841E-14
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza Cat D tra base e 98				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,231508171	11,93658341	1,734063607	1,330390944	3,70185E-10
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		

Tabella 3.4 Test Hp IM Cat A, B, C e D 1

Differenza Cat F tra base e 98				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,193298686	11,52268092	1,734063607	1,330390944	6,69759E-10
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza Cat G tra base e 98				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,51591908	6,068925526	1,734063607	1,330390944	9,98061E-06
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza Cat I tra base e 98				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,190355406	15,45756831	1,734063607	1,330390944	4,23279E-12
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza Cat O tra base e 98				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,598120643	7,72782709	1,734063607	1,330390944	3,63032E-07
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		

Tabella 3.5 Test Hp IM Cat F, G, I e O

Differenza Cat A tra base e 99				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,38061056	15,13822986	1,734063607	1,330390944	6,11754E-12
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza Cat B tra base e 99				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,377307069	1,197989931	1,734063607	1,330390944	0,189836066
	tcalc<t alfa 10%	non possiamo rifiutare l'ipotesi nulla		
Differenza Cat C tra base e 99				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
0,87301692	20,72582969	1,734063607	1,330390944	2,17212E-14
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza Cat D tra base e 99				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,23112986	12,54944787	1,734063607	1,330390944	1,58345E-10
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		

Tabella 3.6 Test Hp IM Cat A, B, C e D 2

Differenza Cat E tra base e 99				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,192882225	12,19734832	1,734063607	1,330390944	2,56873E-10
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza Cat G tra base e 99				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,515837434	6,201192682	1,734063607	1,330390944	7,56506E-06
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza Cat I tra base e 99				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,190067817	15,92346228	1,734063607	1,330390944	2,50205E-12
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza Cat O tra base e 99				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,598120643	7,72782709	1,734063607	1,330390944	3,63032E-07
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		

Tabella 3.7 Test Hp IM Cat F, G, I e O 2

Differenza Cat A tra base e 100				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,38061056	15,13822986	1,734063607	1,330390944	6,11754E-12
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza Cat B tra base e 100				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,377307069	1,197989931	1,734063607	1,330390944	0,189836066
	tcalc<t alfa 10%	non possiamo rifiutare l'ipotesi nulla		
Differenza Cat C tra base e 100				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
0,87301692	20,72582969	1,734063607	1,330390944	2,17212E-14
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza Cat D tra base e 100				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,230852283	12,99912282	1,734063607	1,330390944	8,66918E-11
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		

Tabella 3.8 Test Hp IM Cat A, B, C e D 3

Differenza Cat E tra base e 100				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,192882225	12,19734832	1,734063607	1,330390944	2,56873E-10
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza Cat G tra base e 100				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,515837434	6,201192682	1,734063607	1,330390944	7,56506E-06
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza Cat I tra base e 100				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,189963205	16,09293458	1,734063607	1,330390944	2,07335E-12
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		
Differenza Cat O tra base e 100				
Spoiled	Tcalc	t alfa 5%	t alfa 10%	Pvalue
1,598120643	7,72782709	1,734063607	1,330390944	3,63032E-07
	tcalc<t alfa 10%	possiamo rifiutare l'ipotesi nulla al 5%		

Tabella 3.9 Test Hp IM Cat F, G, I e O 3

Il test tra modello base e qualsiasi dei tre settings mostra come per 7 categorie su 8 sia possibile rigettare l'ipotesi nulla e che dunque la differenza tra pre e post introduzione abbia un impatto significativo al 5% (in realtà anche per la t

(1%)=2,55237963). Questo significa che l'innovazione tecnologica comporta un forte cambiamento e ha un impatto altrettanto forte sul sistema analizzato, tanto da far variare delle giacenze di magazzino in modo significativo.

Da un lato crea false informazioni sullo stock realmente e magazzino, e dall'altro comporta un costo non indifferente generato da azioni errate.

Capitolo 6 Analisi costi benefici

La trattazione si conclude con il capitolo relativo all'analisi economico finanziaria dell'investimento proposto e in un'analisi dei KPI di efficienza migliorati a fronte dell'introduzione tecnologica.

Viene utilizzato il calcolo del VAN(valore attuale netto) per attualizzare i flussi di cassa derivanti dall'investimento e si calcola il ritorno dell'investimento in termini di anni.

6.1 Costi diretti

L'investimento necessario per la realizzazione del presente progetto si compone essenzialmente di due parti: una a carattere fisso e una variabile.

L'impiego di stampo variabile riguarda le etichette RFID che dovranno essere apposte sui semilavorati. Tale tipo di impegno finanziario risulta essere, chiaramente, strettamente legato alla quantità di merce da movimentare. Il costo che si affronta è ascrivibile al costo delle etichette stesse. Ad oggi, le etichette RFID si collocano nella fascia di prezzo tra i 0,05-0,10 € per i tag più semplici, fino ad arrivare a qualche euro per quelli più complessi.

Nel dettaglio dell'investimento, si è scelto di adottare l'etichetta RFID UHF/RAIN UH601 dell'azienda produttrice LAB ID (Figura 4.1) in quanto dotata delle caratteristiche necessarie per l'esecuzione del progetto, inoltre le sue misure ridotte (30x10) non costituiscono disturbo sui semilavorati. Ipotizzando quindi circa 1500 prodotti movimentati contemporaneamente, per sicurezza imponiamo un'acquisto di almeno 2000 etichette, riutilizzabili fino a fine vita. Il totale

complessivo di investimento variabile è quindi di circa 100 euro.

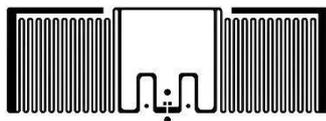


Figura 5.5 Rfid chart

COD: UH601

Categoria: RAIN

Applicazioni: Controllo Produzione, Inventario, Logistica, Mercato grigio, Supply Chain management, Tracciabilità

Settori Merceologici: Cosmetica e Beauty, Fashion / Luxury, Retail

Figura 5.6 Rfid tag label

Più cospicuo è, invece, l'investimento a carattere fisso, ovvero le attrezzature e i servizi ad essi legati.

Si è ipotizzato di dover introdurre inizialmente un solo reader, relativo al caricamento del materiale a magazzino, e un altro relativo alla composizione degli ordini verso gli altri locali.

Il costo per ogni reader consultando una azienda chiamata Partitalia è stato stabilito di circa 2000 euro, inoltre bisogna considerare un costo progettuale per implementare il sistema WMS con l'attuale sistema di gestione o in uno innovativo: per essere più conservativi e non stravolgere il sistema, si è optato per la prima soluzione, ipotizzando un costo di circa 1000 euro con uno di consulenza di 250 euro.

I costi di formazione del personale sono stati stimati di un centinaio di euro (la formazione sarebbe di solo 3 o 4 persone addette alla gestione del magazzino).

Costi diretti	
Reader	4000
Consulenza	250
Progetto	1000
Formazione	100
Totale	5350

Tabella 4.0 Rfid direct cost

6.2 Costi indiretti

I costi indiretti riguardano i benefici ricavati dall'efficiamento della gestione di magazzino e delle scorte, e sarà quindi espresso come delta rispetto ai costi solitamente sostenuti.

Per i calcoli relativi a tale analisi si è ricorsi all'aiuto del responsabile dei costi e della logistica per ipotizzare un costo realistico del mantenimento a stock di ogni categoria di prodotto.

Il costo del lavoro in termini di tempo viene invece assunto come un risparmio del 25%, cioè formando l'operatore con la nuova tecnologia: al posto che impiegarsi 2 ore per effettuare un carico, lo fa in 1 ora e 30 minuti.

Categoria	Costo h	Delta giacenze 98%	Days in due anni (730)	Costo TOT
A	0,15	4,16	3036,8	455,52
B	0,35	0,33	240,9	84,315
C	0,25	3,6138	2638,074	659,5185
D	0,25	2,94	2146,2	536,55
F	0,15	2,75	2007,5	301,125
G	0,15	1,84	1343,2	201,48
I	0,15	3,68	2686,4	402,96
O	0,15	2,47	1803,1	270,465
				2911,9335

Tabella 4.1 Rfid savings

In termini di costo per categoria abbiamo un risparmio complessivo di 2912 euro di merce a stock in due anni.

Costo orario operatore	8 €/h	Numero carichi/wk	Numero carichi 2 Yrs
Costo totale operatore base	6656	4	416
Costo totale operatore rfid	4992	Risparmio	1664

Tabella 4.2 Rfid savings 2

Il risparmio relativo al costo orario dell'operatore nei due anni ammonta a 1664 euro. Dal lato HR tuttavia non si possono aumentare le competenze e le responsabilità di un operatore senza un adeguamento nella paga, e si ipotizza di destinare parte del risparmio per remunerarlo (risparmio netto di circa 1000 euro e 660 remunerazione).

Altra voce importante è sicuramente quella delle merce tracciata, che tuttavia non ha un vero e proprio costo, ma si stima sia intorno al 0,2% per problemi di riordino o di scadenza. Invece la domanda persa comporta problematiche maggiori relative ai rifornimenti delle altre sedi e alle eventualità di avere stockout nei punti vendita, si stima essere più sul 1% come costo.

Il risparmio totale osservando questi due parametri ammonterebbe a $15902,174 * 0,012 = 190$ € circa.

6.3 KPI e analisi delle performance associate all'investimento

I Kpi analizzati riguardano l'efficienza dello stock, la riduzione dei costi di inventario e l'ipotetico aumento delle vendite influenzato dal miglioramento del service level e la diminuzione dello stockout.

A partire dalla riduzione degli stock nei progetti comprendenti la tecnologia, la riduzione si attesterebbe in media del 60%,

poiché avendo una migliore gestione delle scorte, ci si avvicina ad una politica di magazzino che abbraccia il Just in Time e la riduzione delle asimmetrie informative riguardanti lo stock. Il costo attestato a fine anno relativo alle giacenze è di circa 15000 €, dato fornito dalla contabilità aziendale, il che porterebbe ad un risparmio di più della metà della cifra.

I costi relativi ai tempi di spedizione e ai controlli nel carico/scarico non vengono invece analizzati nella trattazione, nonostante, data la movimentazione di alti volumi per un singolo operatore, impatterebbero nell'analisi.

Il costo di inventario è stimato nel capitolo precedente, tuttavia ad esso si aggiunge un costo del lavoro relativo alla necessità di trasformare il magazzino in un magazzino IoT, cioè la specializzazione obbligata dell'operatore e di coloro che si occupano dell'operazione di etichettatura nel magazzino.

L'aumento delle vendite è sicuramente una componente fondamentale per lo studio, ma assai complessa da stimare, poiché è la variabile dipendente da più fattori correlati fra loro (service level, customer satisfaction, stockout, ecc).

È quindi complicato stimare una percentuale oggettiva di aumento delle vendite, ma sicuramente il miglioramento tecnologico proposto influenza positivamente la relazione con gli stakeholder sia a monte che a valle della filiera, e all'interno della supply chain aziendale.

L'investimento complessivo viene stimato rientrare nei primi 3 anni (inserire calcoli VAN).

Si sono ipotizzate tre modalità d'investimento a debito tutte con un margine rispetto all'investimento necessario iniziale

- I=7000, con tasso al 4%

Calcolo Investimento										
I	N anni	Risp/Yrs	i							
7000	10	1750	0,04							
T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VAN	1682,7	1617,97	1556	1496	1438	1383	1330	1279	1230	1182
NPV	-5317	-3699,3	-2144	-648	790,7	2174	3504	4782	6012	7194

Tabella 4.3 Rfid investment 1

Il NPV diventa positivo il quinto anno, ed è quindi lì che si ha il ritorno dell'investimento.

- I=10000, con tasso al 4%

I	N anni	Risp/Yrs	i							
10000	10	1750	0,04							
T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VAN	1682,7	1617,97	1556	1496	1438	1383	1330	1279	1230	1182
NPV	-8317	-6699,3	-5144	-3648	-2209	-826	504	1782	3012	4194

Tabella 4.4 Rfid investment 2

Nel secondo caso abbiamo il ritorno al settimo anno.

- I=10000, con tasso al 6%

I	N anni	Risp/Yrs	i							
10000	10	1750	0,06							
T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VAN	1650,9	1557,49	1469	1386	1308	1234	1164	1098	1036	977
NPV	-8349	-6791,6	-5322	-3936	-2628	-1395	-231	867	1903	2880

Tabella 4.5 Rfid investment 3

Nel terzo vediamo che all'aumentare del tasso il ritorno slitta ancora di un anno e va all'ottavo.

L'investimento in termini economici è sostenibile in base ovviamente al debito richiesto e al tasso applicato, e i ritorni economici avvengono entro la decina di anni.

Capitolo 7 Conclusioni

La tecnologia RFID è largamente utilizzata nella gestione dei magazzini delle aziende operanti nella Grande distribuzione, tuttavia nei settori della ristorazione e nelle supply chain di ridotte dimensioni è ancora in uso il più datato barcode rispetto ai tag.

Per quanto riguarda il caso in esame, la tecnologia porta miglioramenti in molteplici ambiti della gestione, rendendo tale investimento fortemente consigliato data la difficoltà nella gestione dei rifornimenti fra i vari nodi della catena di rifornimento.

Dal punto di vista della responsabilizzazione, l'operatore sarebbe maggiormente specializzato e avrebbe la possibilità di verificare a stock le quantità disponibili e sapere in tempo reale se vi sia la possibilità di un eventuale criticità di approvvigionamento, e quindi essere lui a segnalarlo alla sede con la criticità o al responsabile della logistica qualora non fosse già identificato, il che porterebbe ad un aumento delle responsabilità dell'operatore che verrebbe ricompensato con premi in base al miglioramento dei KPI.

In termini economici è un investimento che, se attuato sull'intera catena logistica, porterebbe costi elevati ma anche un avvicinamento a una azienda 4.0, evolvendosi e migliorando continuamente. Un efficientamento della tracciabilità degli ordini comporterebbe inoltre una trasparenza verso le altre sedi dei dati caricati nel gestionale, e un improving da parte dei gestori dei punti vendita nell'ottimizzazione.

Tuttavia non è semplice convincere un'azienda ad effettuare dei cambiamenti radicali della gestione del magazzino, nonostante i vantaggi che si verificherebbero, a causa anche di limiti nella conoscenza e diffidenza nell'innovazione (Boundary Limits).

La proposta è stata portata al titolare che non è purtroppo convinto della scelta e del trade off costi/benefici che comporterebbe, almeno per il momento data l'incertezza del mercato nel periodo post-pandemico.

In conclusione, si può evidenziare come l'introduzione dei tag a radiofrequenze avrebbe impatto e benefici molto forti sulle gestione della catena logistica aziendale e i risparmi ipotizzati porterebbero un ritorno dell'investimento in poco meno di cinque anni.

Bibliografia

108-Simulation-Modeling-and-Analysis-Averill-M.-Law-Edisi-5-2014

Slides e Nozioni Corso “Simulazione dei sistemi gestionali”

Arena Software

STATA Software

KS Table

Chi Square Table

<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/324138.324142>

<https://computerscience.unicam.it/marcantoni/tesi/Simulazione%20di%20Eventi%20Discreti%20->

[%20Uno%20studio%20dei%20software%20%20OMNeT++%20e%20NS-2.pdf](https://computerscience.unicam.it/marcantoni/tesi/Uno%20studio%20dei%20software%20%20OMNeT++%20e%20NS-2.pdf)

<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/6462.6485>

https://it.wikipedia.org/wiki/Identificazione_a_radiofrequenza

<https://www.rfidglobal.it/tecnologia-rfid/>

https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Flookaside.fbsbx.com%2Flookaside%2Fcrawler%2Fmedia%2F%3Fmedia_id%3D2626070120992875&imgrefurl=https%3A%2F%2Fne-

[np.facebook.com%2Fdecathlon.livorno%2Fposts%2Flenostre-nuove-casse-self-sono-sempre-pi%25C3%25B9-](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fnp.facebook.com%2Fdecathlon.livorno%2Fposts%2Flenostre-nuove-casse-self-sono-sempre-pi%25C3%25B9-)

[veloci-non-occorre-pi%25C3%25B9-scannerizzare-](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fnp.facebook.com%2Fdecathlon.livorno%2Fposts%2Flenostre-nuove-casse-self-sono-sempre-pi%25C3%25B9-)

[%2F2626070220992865%2F&tbnid=VGBKpOSgUkepIM&vet=12ahUKEwiF4LCf3c36AhVPtKQKHx8wA8IQMygFegUIARCaAQ..i&docid=mHwGmam1z7X55M&w=1078&h=144](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fnp.facebook.com%2Fdecathlon.livorno%2Fposts%2Flenostre-nuove-casse-self-sono-sempre-pi%25C3%25B9-)

0&q=decathlon%20casse%20automatiche&ved=2ahUKEwiF
4LCf3c36AhVPtKQKH8wA8IQMygFegUIARCaAQ
[https://it.wikipedia.org/wiki/File:Logo_PoliTo_dal_2021_blu.
png](https://it.wikipedia.org/wiki/File:Logo_PoliTo_dal_2021_blu.png)

Indice figure

Figura 2.1 Tipi di sistemi sperimentali page 7
Figura 1.2 Arena clock 0 page 11
Figura 1.3 Arena clock 0 wip 1 page 12
Figura 1.4 Arena clock 1.73 page 13
Figura 1.5 Arena clock 2.90 page 14
Figura 1.6 Arena clock 3.08 page 15
Figura 1.7 Arena clock 3.79 page 15
Figura 1.8 Arena clock 4.41 page 16
Figura 1.9 Arena clock 4.66 page 16
Figura 2.0 Arena clock 8.05 page 17
Figura 2.1 Arena clock 12.57 page 17
Figura 2.2 Arena clock 17.03 page 18
Figura 2.3 Arena clock 18.69 page 18
Figura 2.4 Arena clock 19.39 page 18
Figura 2.5 Arena clock 20 page 19
Figura 2.6 KPI page 20
Figura 2.7 Process routine page 23
Figura 2.8 Flow chart routine page 24
Figura 2.9 Process flow 1 page 29
Figura 3.0 Process flow 2 page 29
Figura 3.1 Process flow total page 29
Figura 3.2 Flow specification page 29

Figura 3.3 Arena Model	page 30
Figura 3.4 Tag Rfid	page 33
Figura 3.5 Rfid Flow process	page 35
Figura 3.6 Decathlon Rfid box	page 39
Figura 3.7 Japs Warehouse View	page 43
Figura 3.8 Ord Japs DG 1	page 44
Figura 3.9 Ord Japs DG 2	page 44
Figura 4.0 Ord Japs DG 3	page 44
Figura 4.1 Ord Japs MO 1	page 45
Figura 4.2 Ord Japs MO 2	page 45
Figura 4.3 Ord Japs MO 3	page 45
Figura 4.4 Ord Japs CA 1	page 46
Figura 4.5 Ord Japs CA 2	page 46
Figura 4.6 Ord Japs CA 3	page 46
Figura 4.7 Flow chart Picking	page 52
Figura 4.8 Arena model Japs Picking	page 53
Figura 4.9 Test Shapiro-Wilk Cat A, B e F	page 68
Figura 5.0 Setup Arena	page 70
Figura 5.1 Arena model core process	page 72
Figura 5.2 Decide errore operatore	page 72
Figura 5.3 Time persistent arena	page 74
Figura 5.4 Output & usage arena	page 74
Figura 5.5 Rfid chart	page 84
Figura 5.6 Rfid tag label	page 84

Indice tabelle

Tabella 1.0 Categoria A	page 56
Tabella 1.1 Categoria B	page 57

Tabella 1.2	Categoria C e D	page 58
Tabella 1.3	Categoria F, G, I e O	page 59
Tabella 1.4	Parametri distribuzioni	page 60
Tabella 1.5	KS Cat A Normale	page 61
Tabella 1.6	Test KS normale	page 62
Tabella 1.7	KS Cat A Esponenziale	page 63
Tabella 1.8	Test KS Esponenziale	page 63
Tabella 1.9	KS Cat A Uniforme	page 64
Tabella 2.0	Test KS Uniforme	page 65
Tabella 2.1	Test CS Cat A 1	page 65
Tabella 2.2	Test CS Cat A 2	page 66
Tabella 2.3	Test CS Cat B 1	page 66
Tabella 2.4	Test CS Cat B 2	page 67
Tabella 2.5	Test CS Cat C 1	page 67
Tabella 2.6	Test CS Cat C 2	page 67
Tabella 2.7	Welch method	page 71
Tabella 2.8	Welch output	page 71
Tabella 2.9	Test Hp Throughput	page 75
Tabella 3.0	Test Hp ServiceLevel	page 76
Tabella 3.1	Test Hp Merce smarrita	page 77
Tabella 3.2	Test Hp Domanda persa	page 77
Tabella 3.3	Test Hp Inventory medio	page 78
Tabella 3.4	Test Hp IM Cat A, B, C e D 1	page 79
Tabella 3.5	Test Hp IM Cat F, G, I e O 1	page 79
Tabella 3.6	Test Hp IM Cat A, B, C e D 2	page 80
Tabella 3.7	Test Hp IM Cat F, G, I e O 2	page 80
Tabella 3.8	Test Hp IM Cat A, B, C e D 3	page 81
Tabella 3.9	Test Hp IM Cat F, G, I e O 3	page 81
Tabella 4.0	Rfid direct cost	page 85

Tabella 4.1 Rfid savings 2 page 85

Tabella 4.2 Rfid savings 2 page 86

Tabella 4.3 Rfid investment 1 page 88

Tabella 4.4 Rfid investment 2 page 88

Tabella 4.5 Rfid investment 3 page 88