

RISPOSTE DOMANDE PROVE ESAME

1. Spiegare le tecniche del Milk Run e del Mizusumashi per la gestione degli approvvigionamenti esterni e interni

Il milkrun è una tecnica lean per approvvigionamento esterno; il mizusumashi si utilizza per la movimentazione di materiale all'interno dello stabilimento. Il milkrun è il sistema pieno per vuoto e consiste nel mettere a disposizione un unico mezzo di trasporto, che poi passerà da tutti i fornitori, anche più volte al giorno, con lo scopo di saturare il mezzo, minimizzare il numero di viaggi e ridurre le scorte per il cliente. Il mizusumashi è uno strumento che si usa nella gestione logistica interna: è uno shuttle per il trasporto di materiali che ha la caratteristica di avere percorsi fissi e tempi di ciclo standard; il mizusumashi ha delle tappe fisse che corrispondono ai supermarket (flow rack) e consiste nel prelevare i contenitori vuoti e lasciare i contenitori pieni per il refilling. È costituito da vari vagoni quindi ha la possibilità di variare il carico, a differenza di carrelli tradizionali caratterizzati da percorsi non fissi, tempi di movimentazione più lunghi che corrispondono a attese e inefficienze e possono trasportare solo un'unità di carico.

2. Descrivere gli indici di similarità Reusability e Commonality del modello di Galan

RMS. Per creare delle celle di lavoro si usano criteri di similarità sui prodotti. Il modello utilizzato è quello di Galan che consiste nel creare una matrice di similarità in base a quattro caratteristiche: Modularity, Commonality, Reusability e Product Demand. La Commonality indica quali componenti sono condivisi anche da altri prodotti e si misura con l'indice di Jaccard. (FORMULA) Viene calcolata per ogni coppia di prodotti e ci darà una matrice simmetrica di commonality. La Reusability considera la presenza di componenti comuni tra coppie di prodotti ma anche la sequenza di lavoro degli stessi; si misura come il rapporto tra il numero di componenti condivisi dai due prodotti e il numero totale dei componenti del primo prodotto considerato. Quindi FORMULA il risultato sarà una matrice asimmetrica. Per renderla simmetrica si farà la media tra i due valori R_{pq} e R_{qp} . Alla fine del modello si otterranno quattro matrici e per ottenere un'unica matrice di similarità verrà assegnato un peso ad ogni caratteristica in base all'importanza relativa.

3. Spiegare lo strumento del Load Leveling box e indicare dove va inserito nella VSM TO BE

Il LLB è uno strumento che si usa nella vsm per il livellamento della produzione: dopo aver rappresentato nella vsm lo stato as is e aver individuato le criticità, nell'analisi to be il 5 e il 6 step consistono nel livellare il mix e il volume produttivo. La prima cosa da fare è determinare il pitch ovvero la sequenza di produzione dei pezzi per contenitore e creare una tabella prodotti frequenze in cui viene inserita la schedulazione dei cartellini kanban dei relativi prodotti. Il LLB deve essere posto in prossimità del pacemaker ovvero dell'unico processo da schedulare che corrisponde solitamente al processo più a valle in modo tale che il livellamento da valle venga tirato a monte

4. Descrivere gli indici di similarità Reusability e Modularity del modello di Galan

Per creare delle celle di lavoro si usano criteri di similarità sui prodotti. Il modello utilizzato è quello di Galan che consiste nel creare una matrice di similarità in base a quattro caratteristiche: Modularity, Commonality, Reusability e Product Demand. La Reusability considera la presenza di componenti comuni tra coppie di prodotti ma anche la sequenza di lavoro degli stessi; si misura come il rapporto tra il numero di componenti condivisi dai due prodotti e il numero totale dei componenti del primo prodotto considerato. Quindi FORMULA il risultato sarà una matrice asimmetrica. Per renderla simmetrica si farà la media tra i due valori R_{pq} e R_{qp} . Alla fine del modello si otterranno quattro matrici e per ottenere un'unica matrice di similarità verrà assegnato un peso ad ogni caratteristica in base all'importanza relativa. La Modularity è la misura in cui per ogni prodotto vengono usate le stesse componenti da altri prodotti. Viene calcolata per ogni prodotto quindi per ottenere la matrice di similarità di modularity bisogna calcolare per ogni coppia di prodotto indice di similarità $1 - |M_p - M_q|$.

5. Spiegare i 5 principi del Lean Thinking. Esempi di attività a valore aggiunto e non a valore aggiunto.

I 5 principi sono:

- 1) definizione del valore: consiste nell'individuare il valore del prodotto sulla base di quello che il cliente percepisce come tale;
- 2) Individuare il flusso del valore: individuare le attività a valore aggiunto, non a valore aggiunto ma necessarie, quelle non a valore e non necessarie.
- 3) Rendere il flusso continuo: eliminare attese, sprechi, gli scarti, le rilavorazioni...
- 4) Rendere il sistema pull (da push a pull): produzione tirata dal cliente, quindi produrre quando e quanto è necessario (JIT)
- 5) Miglioramento continuo: puntare alla perfezione dei processi, riduzione di spazi, tempi e costi.

Le attività che danno valore aggiunto al prodotto e che quindi non rappresentano uno spreco sono quelle di trasformazione dalla materia prima al prodotto finito (le lavorazioni vere e proprie). Le attività che non danno valore aggiunto al prodotto ma che sono necessarie sono ad esempio il setup che è uno spreco non eliminabile ma riducibile. Le attività non a valore aggiunto e non necessarie sono ad esempio le attese, WIP, magazzini che nell'ottica lean sono sprechi eliminabili.

6. Spiegare l'indice di similarità di Gupta e Seiffodini e indicare i vantaggi rispetto agli indici general purpose

L'indice di similarità di Gupta – Seiffodini è un problem oriented, che considera, a differenza dei general purpose, anche i tempi, i volumi e i cicli di lavoro, quindi ha il vantaggio di essere più completo. Nel calcolo dell'indice definiamo alcuni parametri:

- $X_k \rightarrow 1$ se la parte k è lavorata dalle macchine i e j (0 altrimenti)
- $T_{kij} \rightarrow$ rappresenta il rapporto tra il minimo e il massimo tempo di lavorazione della parte k sulla macchina i e j nella fase o
- N_{ki} e $N_{kj} \rightarrow$ sono rispettivamente il numero di volte in cui la parte k visita la macchina i e la macchina j
- $Z_{ko} \rightarrow$ se la parte k è lavorata in sequenza dalla macchina i e j nella fase o
- $n_{kj} \rightarrow$ numero di volte in cui le macchine i e j sono presenti in sequenza nel ciclo di k
- $m_k \rightarrow$ il volume produttivo di k
- $y_k \rightarrow 1$ se la parte k è lavorata o da i o da j (0 altrimenti)

quindi Gupta – Seiffodini si calcola come \rightarrow

7. Spiegare i parametri di prestazione delle aree inter-operazionale nell'analisi dei flussi: il Saturation Index e il Flow Index (anche path index). Analisi critica di questi indici e scelte conseguenti sulla politica di movimentazione.

L'obiettivo dell'analisi dei flussi è capire se le aree sono state adeguatamente dimensionate e quale rotazione di merce richiedono, possiamo avere due casi: aree sovradimensionate, che corrispondono a spreco di spazio, e aree sottodimensionate che corrispondono a maggiore complessità gestionale. A questo scopo vengono definiti degli indici:

- saturation index che valuta la rotazione del materiale in quell'area e si misura come rapporto tra l'area richiesta da tutti i prodotti nella zona i (A_i) e area disponibile nella zona i esima per lo stoccaggio. L'area richiesta per tutti i prodotti nella zona i si misura come sommatoria dell'area richiesta dal singolo prodotto k su quell'area. Il SI può essere: molto maggiore di 1, in questo caso avremo un'area richiesta maggiore di quella disponibile, quindi maggiori congestioni dovuti al sottodimensionamento; molto minore di 1, ovvero l'area disponibile è maggiore di quella richiesta dunque abbiamo uno spreco di spazio, quindi bisogna riprogettare l'area; per l'ottica Lean l'idea

sarebbe avere $SI = 1$, ovvero l'area richiesta è uguale all'area disponibile, a cui corrisponde la rotazione della merce una volta al giorno.

- Flow index (indice di flusso) valuta la densità del flusso dell'area: si misura come la media della sommatoria dei flussi in entrata e i flussi in uscita di tutti i prodotti, su quell'area, diviso l'area disponibile. Se il FI è molto alto avremo una densità di flusso sull'area molto elevata, dunque avremo problemi di congestioni, se invece il FI è molto basso, la densità del flusso è molto bassa e non si avranno problemi gestionali nell'area considerata.

Nell'indice di flusso ha senso considerare tutte le volte che un'udc passa nell'area considerata, anche se in fasi diverse, mentre per il SI non consideriamo questo passaggio perché l'ipotesi è che la stessa udc non si possa trovare contemporaneamente nella stessa area.

8. Spiegare il significato di λ nei modelli di gestione integrata delle scorte e dimostrare perché $1 \leq \lambda \leq P/D$.

Nei modelli JELS, il parametro lambda rappresenta l'andamento crescente delle spedizioni intermedie, dunque ogni spedizione segue una progressione geometrica secondo la legge: $q_i = q \cdot \lambda^{(i-1)}$. Questo parametro è compreso tra $1 \leq \lambda \leq P/D$ (dove P è il tasso di produzione del vendor e D è il tasso di consumo del buyer). Per i diversi modelli lambda assume valori diversi, ma compresi nell'intervallo considerato; in particolare:

1. Nel modello Goyale: lambda è dato da P/D
2. Nel modello LU: $\lambda = 1$
3. Nel modello Hill (generale): si dimostra che lambda è compreso tra 1 e P/D (estremi esclusi).

In base alle ipotesi iniziali dei modelli JELS, possiamo dimostrare che:

- Lambda non può essere minore di 1 perché altrimenti avremo spedizioni decrescenti
- Lambda non può essere maggiore di P/D perché altrimenti avremo uno stock out dei prodotti nel buyer.

9. Il world class manufacturing e il Toyota Production System: caratteristiche e strumenti.

Il WCM è una filosofia di produzione che integra alle logiche della produzione snella (lean manufacturing), gli aspetti legati alla manutenzione, alla qualità, alla sicurezza, in relazione all'aspetto economico del cost deployment. Quindi punta alla realizzazione di progetti kaizen, i cui obiettivi sono zero difetti, zero guasti, zero incidenti e zero scorte con lo scopo di ridurre i costi di stabilimento. In particolare, gli obiettivi sono 4: sulla produzione, il focus è su zero sprechi, attraverso il TIE; sulla qualità il focus è su zero difetti, quindi migliorare la qualità (TQC), sulla manutenzione il focus è su zero fermi macchina e quindi TPM e infine sulla logistica l'obiettivo è di migliorare il livello di servizio e non avere scorte (JIT). La metafora del WCM è un tempio in cui alla base abbiamo gli items manageriali, per la gestione delle risorse umane, e le colonne rappresentano gli items tecnici (10) che si concentrano in particolar modo sulla sicurezza, riduzione costi, miglioramento continuo, manutenzione e qualità, ambiente e sulla formazione del personale. Per ogni azienda si individuano generalmente 7 steps ad hoc che vengono schematizzati in obiettivi, strumenti utilizzati e KPI in radar chart. Gli strumenti più utilizzati nel WCM sono 5T, 5S e 3M.

- 5S → ordina, organizza, pulisci, standardizza e mantieni; si riferisce alla singola postazione di lavoro, questo strumento consente di avere zone di lavoro efficienti che si ordina e si migliora da solo, pulite, sicure e garantisce il coinvolgimento e la comunicazione del personale.
- 5T → percorsi st, posizione st, indicazioni st, quantità st e colori st; si riferisce alla zona intorno alle aree di produzione e l'obiettivo è quello di renderle chiare attraverso segnali orizzontali, verticali e colorare gli strumenti e gli oggetti utilizzati all'interno dell'area produttiva.
- 3M → muri, mura, muda. Hanno l'obiettivo di standardizzare, limitare lo sforzo e generare meno sprechi e irregolarità. I muri rappresentano i movimenti che generano fatica per l'operatore: tutto ciò che cade al di fuori della strike zone è considerato un muro. Lo sono anche attività che obbligano l'operatore ad assumere posizioni innaturali. Evitare i muri porta ad un maggiore sicurezza, ma anche maggiore efficacia e efficienza. I MURA sono le operazioni irregolari, ovvero

che non sono standardizzate che riguardano variazioni nella domanda, fluttuazioni nella produzione che quindi non consentono di avere un flusso continuo e che rendono la produzione non efficiente, generando scorte e attese. Comportano la creazione di sovraccarichi (muri) e sottocarichi (muda). I MUDA sono gli sprechi, quindi, risorse al di sopra della quantità richiesta o attività che non danno valore aggiunto al prodotto e non necessarie.

I tre principi devono essere integrati fra loro, quindi si devono evitare sprechi, sovraccarichi e irregolarità

Il TPS è il sistema di produzione lean introdotto da Toyota (1950) e riguarda una serie di funzioni aziendali dalla produzione, alla progettazione del prodotto, fino alla logistica, alla sicurezza, qualità manutenzione e ambiente. Gli strumenti utilizzati dal TPS sono:

- 5s
- Kanban
- Jit
- KAIZEN
- Poka yoke
- Heijunka
- Jodoka
- TPM
- TT
- CM

Il TPS utilizza un sistema di produzione U shaped che consente di produrre i pezzi in maniera più flessibile, minimizzando il numero di operatori in linea. È possibile valutare attraverso KPI un TPS, considerando il throughput time e il tempo ciclo, tasso di prod, giacenze wip (o tasso di produzione).

10. Vantaggi della modalità di gestione PULL rispetto a PUSH. Spiegare gli steps per la costruzione della Value Stream Mapping TO BE

La gestione PULL consiste in un metodo di produzione: la logica è che l'ultimo processo a valle della produzione, ovvero la spedizione al cliente, tira la produzione a monte, dunque questo approccio permette di produrre le quantità necessarie nel momento necessario, cioè solo quando c'è un effettivo ordine da parte del cliente; nell'ottica pull i vantaggi che ne derivano sono l'eliminazione/riduzione del magazzino, una maggiore efficienza e il flusso continuo di materiale, dunque vengono eliminati i cosiddetti MUDA, ovvero gli sprechi che consistono in movimentazioni inutili, attese, WIP e scorte in magazzino. La gestione PUSH invece viene fatta al contrario: attraverso MRP si determina la domanda dei prodotti e quindi la produzione avviene da monte a valle, lo svantaggio è che se abbiamo picchi o valli della domanda questo sistema produttivo non sarà in grado di rispondere alla variabilità, inoltre comporta costi di immobilizzo del capitale dovuti alle giacenze in magazzino e quindi inefficienze dell'intero processo produttivo. Gli step principali per costruire la VSM partendo da una situazione AS IS sono 5:

1. Calcolare il TT (ritmo produttivo) $\rightarrow TT = \text{tempo disponibile}/\text{domanda}$; bisogna fare in modo che tutti i processi abbiano lo stesso ritmo produttivo e quindi il C/T $\rightarrow TT$
2. Creare un flusso continuo: bisogna cercare il più possibile di mettere insieme processi in modo tale da creare un flusso continuo nella produzione, le condizioni affinché si possa creare un flusso produttivo sono $\rightarrow C/T$ simili tra i processi, $C/O = 0$, $UT\% = 100\%$, zero scarti
3. Inserire dei pull system \rightarrow dove non è possibile realizzare un flusso continuo bisogna inserire dei pull systems quali supermarket o fifo lane: il supermarket viene inserito sempre tra due processi produttivi e viene gestito tramite cartellini kanban, se non ci sono le condizioni per inserire un supermarket (prodotti costosi, alto tasso di obsolescenza e/o personalizzazione, presenza di subfornitori), viene inserita una fifo lane, ovvero una gestione tramite logica First In First Out, in cui è il processo a valle che manda l'ordine di produzione, mentre il processo a monte produce solo se c'è un ordine di produzione a valle e fin quando la fifo lane non ha raggiunto ancora la capacità massima

4. Determinare il pacemaker: determinare l'unico processo che deve essere schedato, che deve corrispondere al processo più a valle oppure all'ultimo processo prima della fifo lane
5. Livellare la produzione in mix
6. Livellare la produzione in volume

Attraverso la load leveling box è possibile livellare il mix e il volume di produzione del numero di pezzi per contenitore, calcolando il pitch, ovvero la frequenza di produzione. Il load leveling box deve essere inserito in prossimità del pacemaker, quindi più a valle possibile in modo tale che il livellamento si rifletta a monte della produzione.

7. Si deve produrre secondo una logica EPED – produrre every part every day, produzione di tutti i prodotti pari alla q.tà giornaliera. Ogni prodotto deve uscire ogni giorno

11. Descrivere il modello di duplicazione delle risorse nel Cellular manufacturing

L'obiettivo è quello di presentare un approccio basato su un modello di programmazione lineare intera, utile a valutare l'opportunità di duplicare delle risorse produttive all'interno di un sistema di produzione organizzato in celle di lavoro e/o assemblaggio. bisogna quindi trovare un trade off tra costo di duplicazione e il costo dei flussi. Dopo aver costruito la matrice di similarità e aver applicato l'algoritmo per la formazione di celle di lavoro e quindi aver ottenuto la matrice di incidenza a parti – macchine, bisogna costruire il dendrogramma e individuare il valore di taglio, quindi alla fine di questo ultimo step otteniamo il numero di cluster; il modello della duplicazione delle risorse ha come input la matrice di incidenza e da qui bisogna appunto valutare l'opportunità di replicare tipi di macchine in cluster differenti con lo scopo di diminuire i flussi intercellulari. Il modello:

- ➔ Indici: parti ($i = 1, \dots, M$), macchine ($k, k=1, \dots, P$), cluster ($j, j=1, \dots, C$), fasi ($o=1, \dots, O$)
- ➔ Parametri:

- $Vik^o \rightarrow 1$ se la parte i viene lavorata dalla macchina k nella fase o (0 altrimenti)
- $Ckj \rightarrow 1$ se la macchina k appartiene alla cella j (0 altrimenti)
- $Mi \rightarrow$ volume produttivo della parte i (pz/anno)
- $Ki \rightarrow$ capacità del mezzo (pz/anno)
- $Zi \rightarrow (mi/ki) \rightarrow$ viaggi richiesti per la parte k (viaggi/anno)
- Euro per un viaggio da j a $j1$
- Euro $k \rightarrow$ costo di duplicazione della macchina

- ➔ Variabili:

$Rkj \rightarrow 1$ se la macchina k viene duplicata nella cella j (0 altrimenti)

$Fijj1^o \rightarrow 1$ se la parte i si sposta dalla cella j alla cella $j1$ nella fase o (0 altrimenti)

- ➔ FO: $\min Ctot \rightarrow$ costo totale di duplicazione + costo totale dei flussi
- ➔ Vincoli \rightarrow

- $Rkj \leq 1 - Ckj \rightarrow$ non può essere duplicata una stessa macchina nello stesso cluster
- $\sum_j Fijj1^o$ (su j e $j1$) = 1 \rightarrow una stessa parte passa da una cella ad un'altra, non può passare contemporaneamente a due celle.
- $\sum_j \text{flussi tot da } j \text{ a } j1 = \sum_j \text{flussi totali da } j \text{ a } j2 \rightarrow$ il flusso in uscita deve essere uguale a quello in entrata nella fase successiva
- $Fijj1^o \leq \sum_k \text{ di } Vik^o * (Ckj + Rkj) \rightarrow$ partenze impossibili, non può partire un flusso da una cella in cui non è presente la macchina o non è stata duplicata
- $Fijj1 \leq \sum_k \text{ di } Vik^{(o+1)} * (Ckj1 + Rkj1) \rightarrow$ arrivi impossibili, non può arrivare un flusso da una cella in cui non è presente/duplicata la macchina

12. Analisi dei Flussi: spiegare gli Input e gli Output dal punto di vista del veicolo

L'analisi dei flussi ci permette di avere informazioni riguardo: tempi, distanze, flussi e costi. Quindi si individuano due tipi di funzioni obiettivo: una basata sui costi e una sul tempo. Nello specifico gli input dal punto di vista del veicolo sono: tempo di carico, tempo di scarico, tempo di trasporto, velocità, accelerazione, decelerazione, capacità di carico, disponibilità, costo unitario di movimentazione. I KPI dal punto di vista del veicolo sono: il tempo di movimentazione (FORMULA), la distanza (FORMULA), la percentuale di utilizzo e i costi. C'è una distinzione tra viaggi carichi (che riguardano l'effettiva movimentazione della merce) e viaggi scarichi (che servono per il ribilanciamento).

13. Spiegare gli indicatori di performance dell'analisi dei flussi dal punto di vista del prodotto

L'analisi dei flussi ci permette di avere informazioni riguardo: tempi, distanze, flussi e costi. Quindi si individuano due tipi di funzioni obiettivo: una basata sui costi e una sul tempo. Nello specifico gli input dal punto di vista del prodotto sono: layout + FCP, cicli di lavoro, lottizzazione e politica di produzione (domanda giornaliera). I KPI dal punto di vista del prodotto riguardano il tempo di percorrenza, le distanze di movimentazione, i flussi e i costi.

14. Spiegare i 3 metodi di inserimento in sequenza delle macchine/cluster per la costruzione del layout.

Per la definizione del layout gli input necessari sono: le risorse, di cui va definita l'area necessaria, che comprende ingombro macchina, spazio di lavoro e manutenzione dell'operatore, corridoi, aree di deposito materiale, e WIP ovvero le aree di stoccaggio interoperazionale di input/output del materiale; i flussi tra persone quindi i viaggi al giorno, per fare ciò bisogna definire i FCP (flow control point), che si trovano in corrispondenza delle aree, possiamo fissare FCP = macchina, in questo caso avremo sia flussi intra che intercellulari, oppure FCP = cella, in questo caso avremo solo flussi intercellulari. Per costruire il layout dobbiamo determinare la sequenza di macchine o celle da inserire; usiamo i metodi basati sui flussi:

- Metodo del massimo flusso puntuale → data una from to chart, individuamo il flusso massimo tra tutti i flussi e inserisco la prima macchina e poi la seconda della coppia caratterizzata da questo flusso, la terza macchina da inserire deve essere quella con flusso maggiore rispetto alle macchine già inserite, vado avanti fin quando non finiscono le macchine e ottengo la sequenza.
- Metodo del massimo flusso totale → in questo caso a partire dalla from to chart, sommo i flussi in ingresso e i flussi in uscita di tutte le macchine e inserisco la macchina con il valore maggiore della somma tra questi due flussi, le macchine inserite successivamente sono quelle che hanno come somma dei flussi in ingresso e uscita rispetto alla macchina già inserita il valore maggiore, e così via fin quando non otteniamo la sequenza finale
- Metodo del rapporto pesato → per ogni macchina o cella viene calcolato un f_i , che corrisponde al rapporto tra la somma dei flussi delle macchine da inserire e la somma dei flussi delle macchine già inserite di cui bisogna prendere il valore minore, la prima macchina da inserire viene scelta in modo random o con gli altri metodi.

Il metodo del rapporto pesato funziona bene se abbiamo una from to con flussi bilanciati e omogenei, il metodo del massimo flusso totale funziona nel caso di matrici from to poco bilanciate, mentre il metodo del massimo flusso puntuale funziona bene nel caso di costruzione di isole di lavoro.

15. Indicare le formule di giacenze medie e massime nei modelli di gestione integrata delle scorte

$Lu: Gb\ media = \frac{q}{2}$ $Gsist\ media = q * \frac{D}{P} + \frac{qn}{2} * \left(\frac{P-D}{P}\right)$ $Gv\ media = q * \frac{D}{P} + \frac{qn}{2} * \left(\frac{P-D}{P}\right) - \frac{q}{2}$ $Gb\ max = q$ $Gv, Gsist\ max$ dipendono dal grafico

$$\text{Hill e Goyal: } G_b \text{ media} = \frac{q}{2} * \frac{\lambda^{n+1}}{\lambda+1} \quad G_{sist} \text{ media} = q * \frac{D}{P} + \frac{q}{2} * \frac{\lambda^n - 1}{\lambda - 1} * \frac{P-D}{P} \quad G_v \text{ media} = q * \frac{D}{P} + \frac{q}{2} * \frac{\lambda^n - 1}{\lambda - 1} * \frac{P-D}{P} - \frac{q}{2} * \frac{\lambda^{n+1}}{\lambda+1} \quad \text{per Goyal } G_b \text{ max} = G_v \text{ max} = G_{sist} \text{ max} = q_n$$

16. Descrivere quando e perchè viene utilizzato il modello di Galan e descriverne gli steps esecutivi.

Il modello di Galan si usa per la definizione di famiglie di prodotti da lavorare su RMS (sistemi di produzione riconfigurabili). L'approccio utilizzato nel modello di Galan si differenzia da quello utilizzato nel clustering gerarchico perché in quest'ultimo il punto di partenza sono le macchine, che vengono raggruppate insieme secondo determinati indici di similarità e poi, di conseguenza, si trovano le famiglie di prodotto. Il modello di Galan ha come dati di input i cicli di lavoro dei prodotti e la distinta base, ovvero il numero di componenti utilizzati in ogni prodotto. Bisogna sempre creare la matrice di similarità, in questo caso parti - parti, e per farlo vengono definite 4 caratteristiche:

- ➔ **Modularity:** la misura in cui il prodotto finito è composto da moduli utilizzati anche da altri prodotti. Viene calcolato per ciascun prodotto come il rapporto tra il numero di componenti del prodotto considerato che vengono usati anche da altri prodotti, e il numero totale di componenti utilizzati dal prodotto considerato. Per calcolare il valore di similarità viene calcolato $|Spq - 1 - |Mp - Mq|$, per ogni coppia di prodotti; il risultato finale è la matrice di similarità simmetrica della modularity. In generale se Mp è simile ad Mq il valore Spq sarà alto (e viceversa)
- ➔ **Commonality:** la misura in cui i componenti utilizzati per un prodotto sono utilizzati anche da altri prodotti, si calcola con l'indice di jaccard $(a/a+b+c)$, come risultato avremo la matrice di similarità simmetrica della commonality.
- ➔ **Reusability:** prende in considerazione sia i componenti condivisi dai prodotti sia le sequenze di lavoro, si calcola come il rapporto tra il numero di componenti di p usate anche da q e il numero di componenti di p; otteniamo una matrice asimmetrica, per renderla simmetrica si calcola la media dei valori ottenuti tra ciascuna coppia di prodotti.
- ➔ **Product Demand:** si calcola la similarità tra prodotti in base alla loro domanda, la formula è: $|dp - dq| / d_{max} - d_{min}$.

per ottenere la matrice di similarità unica viene assegnato un peso per ogni caratteristica, in base all'importanza che si associa alla caratteristica stessa; quindi si ottiene un unico valore che verrà inserito nella matrice di similarità da cui poi si potrà applicare l'algoritmo di clustering.

17. Descrivere la funzione di costo del modello di gestione integrata delle scorte del Consignment Stock

$$C_{tot} = (A1 + nA2) * \frac{D}{qn} + h1 * \frac{qD}{2P} + \frac{h2}{2} * [nq - (n-1)q \frac{D}{P}]$$

$A1 * (D/qn)$ rappresenta il costo di setup del vendor

$A2 * D/q$ rappresenta il costo di spedizione del buyer

Il secondo membro rappresenta il costo di giacenza del vendor dato dal costo unitario di stock out del vendor per la giacenza media del vendor

L'ultimo membro rappresenta il costo di giacenza del buyer dato dal costo unitario di stock a casa del buyer per la giacenza media del buyer

18. Descrivere l'indici di similarità di problem oriented per il Cellular Manufacturing

Gli input per definire la similarità tra macchine e la definizione di celle di lavoro sono la matrice di incidenza parti - macchine e i cicli di lavoro. Vengono calcolati i valori di similarità che possono essere raggruppati in due macrocategorie: general purpose e problem oriented, come risultato otteniamo una matrice di similarità macchine x macchine che sarà l'input per l'applicazione dell'algoritmo di clustering. Gli indici di similarità problem oriented considerano i tempi, i volumi e le sequenze di lavoro, quindi

hanno il vantaggio rispetto agli indici general purpose, che si concentrano solo sulla matrice di incidenza, di tenere in considerazione anche i cicli di lavoro. In particolare l'indice di Gupta-Seiffodini prende in considerazione il numero di macchine m (i e j) e n prodotti ($k=1,..,n$) che devono essere lavorati sulle m macchine:

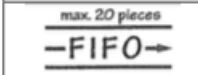
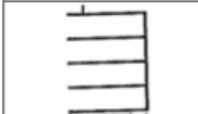
- $X_k \rightarrow 1$ se la parte k è lavorata da i e j (0 altrimenti)
- $T_k^{ij} \rightarrow$ è calcolato come il rapporto tra il minimo e il massimo tra i tempi di processamento di k sulla macchina i e sulla macchina j durante la fase o
- $Z_{ko} \rightarrow 1$ se la parte presenta le due macchine i e j in sequenza nel ciclo di lavoro (0 altrimenti)
- $N_k \rightarrow$ numero di volte in cui le macchine i e j sono in sequenza nel ciclo di k
- $M_k \rightarrow$ volume produttivo di k
- $Y_k \rightarrow$ se la parte k è lavorata o da i o da j

$S_{ij} \rightarrow$

19.



TEMA A4

Indicare il nome, la descrizione e spiegare l'utilizzo dei seguenti simboli utilizzati nella costruzione della VSM:

Simbolo	Nome	Descrizione e utilizzo
	FIFO LANE	È un pull system che viene inserito tra due processi quando non può essere inserito un supermarket ovvero quando abbiamo prodotti troppo costosi ad alta obsolescenza e personalizzazione, sub fornitori. È caratterizzata da capacità massima e il processo più a monte produce solo se arriva un ordine di produzione dal processo a valle e fin quando la fifo lane ha spazio
	SUPERMARKET	Sistema pull che viene inserito tra due processi quando non è possibile creare un flusso continuo. Viene gestito tramite cartellini kanban: dal processo a valle avviene un ordine di prelievo al supermarket e dal supermarket viene un ordine di produzione al processo produttivo.

TEMA A3

Indicare il nome, la descrizione e spiegare l'impiego dei seguenti simboli utilizzati nella costruzione della VSM:

Simbolo	Nome	Descrizione e utilizzo
	FRECCIA ZEBRATA	Flusso interno dei materiali: presenza di materiale che viene spinto all'interno del processo produttivo alla fase successiva in modo push, da monte a valle
	MAGAZZINO	Relativa alle giacenze: in corrispondenza devo inserire numero di pezzi o numero di giorni corrispondenti. I giorni rappresentano il tempo di copertura dei pezzi contati. Serve per quantificare le scorte inter-operazionali tra due processi o le scorte di materie prime o quelle di prodotti finiti.

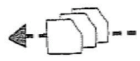
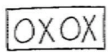
TEMA B4

Indicare le formule dei seguenti parametri:

INDICE	
PD (Problem Density)	= 1 tot/ tutte le caselle della matrice
ID (Inside Cells Density)	= 1 A/ elementi A
OD (Outside Density)	= 1 B/ elementi B
EE (Exception Elements)	= 1 tot in B
RE (Ratio of Exceptions)	= 1 in B/ 1 in A+B
REC (Ratio of Non zero Elements)	= 1 in A + B/ elementi di A
GE (Grouping Efficiency)	= q*ID + (1-q)*(1-OD)
GE con QI	= q * ID + (1-q)*(1-ICW/PW)

TEMA A3

Indicare il nome, la descrizione e spiegare l'impiego dei seguenti simboli utilizzati nella costruzione della VSM:

Simbolo	Nome	Descrizione e utilizzo
	Kanban batch	Il kanban batch si utilizza per la gestione degli ordini di produzione per lotti di produzione, il suo funzionamento è uguale a quello dei kanban ordine di produzione: l'ordine arriva dal processo a valle al processo a monte. È un metodo pull per la gestione delle informazioni sui materiali.
	Load leveling box	Il load leveling box è uno strumento utilizzato per il livellamento della produzione e si inserisce sempre in prossimità dell'unico processo schedato (pacemaker): bisogna individuare il pitch, ovvero la frequenza di produzione del numero di contenitori (tt x num pezzi a contenitore), poi si disegna la LLB inserendo per ogni frequenza il numero di contenitori per ogni prodotto.

-Indicare le formule per il calcolo dei seguenti parametri nei modelli JELS e CS:

	LU	GOYAL	CS
Q	nq	$\sum_{i=1}^n q * \left(\frac{P}{D}\right)^{i-1}$	nq
G media vendor	$q * \frac{D}{P} + \frac{qn}{2} * \left(\frac{P-D}{P}\right) - \frac{q}{2}$	$q * \frac{D}{P} + \frac{q}{2} * \frac{\lambda^n - 1}{\lambda - 1} * \frac{P-D}{P} - \frac{q}{2} * \frac{\lambda^n + 1}{\lambda + 1}$	$\frac{qD}{2P}$
G media buyer	$\frac{q}{2}$	$\frac{q}{2} * \frac{\lambda^n + 1}{\lambda + 1}$	$\frac{1}{2} [nq - (n-1)q \frac{D}{P}]$
G max vendor	Dipende dal grafico	q_n	q
G max buyer	q	q_n	$nq - (n-1)q \frac{D}{P}$
T produzione Q	$\frac{Q}{P}$	$\frac{Q}{P}$	$\frac{Q}{P}$
T consumo Q	$\frac{Q}{D}$	$\frac{Q}{D}$	$\frac{Q}{D}$

- Descrivere la funzione di costo del modello di gestione integrata delle scorte di Hill e spiegare il range in cui varia λ e perché

$$C_{tot} = (A1 + nA2) \frac{D}{q} * \frac{\lambda - 1}{\lambda^n - 1} + h1 \left[\frac{qD}{P} + \frac{q}{2} * \frac{\lambda^n - 1}{\lambda - 1} * \left(\frac{P-D}{P}\right) - \frac{q}{2} * \frac{\lambda^n + 1}{\lambda + 1} \right] + h2 * \frac{q}{2} * \frac{\lambda^n + 1}{\lambda + 1}$$

$A1*(D/q)*\frac{\lambda-1}{\lambda^{n-1}}$ rappresenta il costo di setup del vendor

$nA2*(D/q)*\frac{\lambda-1}{\lambda^{n-1}}$ rappresenta il costo di emissione ordine del buyer

il secondo membro rappresenta il costo di giacenza del vendor dato dal costo unitario di giacenza per la giacenza media del vendor.

Mentre l'ultimo membro rappresenta il costo di giacenza del buyer dato dal costo unitario di giacenza per la giacenza media del buyer

Nel modello Hill (generale): si dimostra che λ è compreso tra 1 e P/D (estremi esclusi).

In base alle ipotesi iniziali dei modelli JELS, possiamo dimostrare che:

- λ non può essere minore di 1 perché altrimenti avremo spedizioni decrescenti
- λ non può essere maggiore di P/D perché altrimenti si genererebbero degli stock out dei prodotti nel buyer, dato che se $\lambda > P/D$ il tempo di produzione della quantità q_i sarebbe maggiore del tempo di consumo della quantità $q_i - 1$
- $T_{p2} \leq T_{c1}$ allora $\frac{q_2}{P} \leq \frac{q_1}{D}$ $\frac{\lambda q_1}{P} \leq \frac{q_1}{D}$ $\lambda \leq \frac{P}{D}$

- Descrivere gli indici di performance della clusterizzazione.

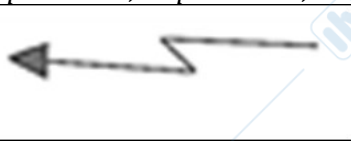
1. $PD = \frac{1 \text{ in } A+B}{\text{elementi in } A+B}$ analizza la densità del problema senza considerare i flussi intercellulari e la saturazione delle celle. Permette di capire se il problema consente o meno di arrivare ad una buona soluzione. Se PD molto alto significa che si hanno molti 1.
2. $ID = \frac{1 \text{ in } A}{\text{elementi in } A}$ analizza la densità dei blocchi lungo la diagonale, ovvero delle celle. Quindi rappresenta la saturazione delle celle. Obj tendere a uno, ovvero che le celle sono sature
3. $OD = \frac{1 \text{ in } B}{\text{elementi in } B}$ analizza la densità all'esterno dei blocchi della diagonale. Tale valore deve essere minimizzato cioè tendere a 0
4. $EE = 1 \text{ in } B$ indica il numero di 1 esterni alla diagonale, ovvero il numero di flussi intercellulari
5. $REC = \frac{1 \text{ in } A+B}{\text{elementi in } A+B}$ indica la capacità delle celle di lavorare tutte le operazioni del problema. Obj: tende a 1. Se REC molto alto la capacità produttiva delle macchine non può rispondere alla richiesta di produzione, le celle sono pressochè sature e non si può evitare di avere flussi intercellulari. Se REC basso allora si ha buona possibilità di ottimizzare la saturazione delle celle e la clusterizzazione evitando flussi intercellulari.

6. $RE = \frac{1 \text{ in } B}{1 \text{ in } A+B}$ indica il numero di operazioni che vengono svolte all'esterno delle celle rispetto al numero totale di operazioni necessarie. Se $RE=0$ allora tutti gli 1 sono sulla diagonale (ideale). RE deve essere minimizzato.
7. $GE = q*ID + (1-q)*(1-OD)$ indice che considera sia la saturazione delle celle (primo membro) e i flussi intercellulari (secondo membro)
8. $GE(QI) = q*ID + (1-q)*QI$ in cui $QI = 1 - (ICW/PW)$ tale indice considera anche volumi e tempi di lavorazione. ICW rappresenta il carico di lavoro causato dai flussi intercellulari, PW rappresenta il carico di lavoro dell'intero sistema.

- Indicare il nome, la descrizione e spiegare l'impiego dei seguenti simboli utilizzati nella costruzione della VSM: data box, freccia informazioni elettronica ed)

C/T = 45 sec.
C/O = 30 min
3 Shifts
2% Scrap

il data box è un rettangolo in cui vengono inserite tutte le informazioni utili relative ad un determinato processo o attore, ad esempio per un processo inserirò tempo di setup, tempo di ciclo, disponibilità, turni di lavoro ecc.



rappresenta un flusso di informazioni elettronico, ad esempio tramite e-mail

- Spiegare i termini di costo del modello di Lu per la gestione delle scorte e le giacenze medie dei diversi attori.

$$C_{tot} = (A1 + nA2) \frac{D}{qn} + h1 \left[q * \frac{D}{P} + \frac{q}{2} * n * \left(\frac{P-D}{P} \right) - \frac{q}{2} \right] + h2 * \frac{q}{2}$$

$A1 * D / (qn)$ indica il costo totale di setup per il vendor

$A2 * (D/q)$ indica il costo totale di emissione ordini per il buyer

Il secondo membro indica il costo di giacenza del vendor dato dal costo unitario $h1$ per la giacenza media del vendor = $q * \frac{D}{P} + \frac{q}{2} * n * \left(\frac{P-D}{P} \right) - \frac{q}{2}$

l'ultimo membro indica il costo di giacenza del buyer dato dal costo unitario $h2$ per la giacenza media del buyer = $q/2$

- Spiegare i principi del World Class manufacturing e lo strumento delle 3 M

- Il Toyota Production System: principi, strumenti, steps di applicazione in un contesto produttivo

Il sistema di produzione toyota si basa sulla lean production che riguarda una serie di funzioni aziendali:

- Produzione: sistemi di tipo pull
- Progettazione: ingegnerizzazione del prodotto snellita
- Logistica: materiale al posto giusto nel momento giusto
- Sicurezza
- Qualità(TQM)
- Manutenzione: si ha il TPM per eliminare i fermi macchina
- Ambiente: sostenibilità e rispetto delle norme ambientali

I principi su cui si basa il TPS sono quindi:

- Riduzione degli sprechi: qualunque cosa diversa dalla quantità minima necessaria di attrezzature, materiali, addetti..
- Rispetto per le persone: gli ingegneri, ad esempio, erano messi in produzione dove è necessari la capacità di mettere in pratica le proprie competenze.

Gli strumenti utilizzati per applicare i principi della lean production, ovvero per ridurre gli sprechi sono:

- 5S (organizzare, ordinare, pulire, standardizzare, disciplina)
- JIT: fornire i pezzi giusti al momento giusto nella quantità giusta
- Kanban: modalità di eseguire il controllo produzione e gestire gli ordini tramite cartellini
- Kaizen: miglioramento continuo
- Poka yoke: strumento diretto alla prevenzione degli errori e rapida individuazione
- Heijunka: livellamento della produzione, distribuendo il mix produttivo in modo uniforme nel tempo. Il massimo livellamento a cui si dovrebbe tendere è il one piece flow
- Jidoka
- TPM: total productive maintenance, la manutenzione delle macchine deve essere organizzata e schedulata al pari di qualsiasi altra attività
- Takt time(TT): ritmo produttivo alla quale le parti devono essere prodotte per soddisfare la domanda
- Cellular manufacturing: unità di lavoro definite per realizzare una famiglia di prodotti

Gli step da seguire per implementare una lean manufacturing sono:

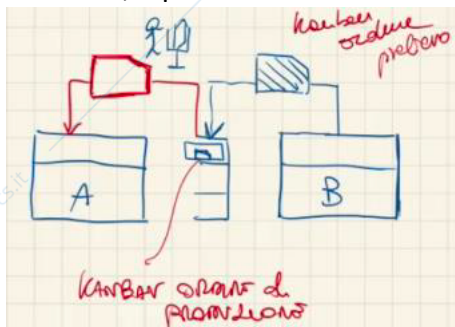
1. Riprogettare i flussi di processo: si lavora sul layout per cercare delle celle di macchine basandosi sul TT, riducendo così la movimentazione e il numero di operatori.
2. Riduzione ed eliminazione del setup

3. TQC: controllo totale della qualità, si devono ridurre gli scarti e i pezzi difettosi.
4. Integrare la manutenzione preventiva: la macchina non si deve fermare per guasti imprevisti. Si deve fare manutenzione regolarmente.
5. Livellare la programmazione: abbandonare la logica dei lotti di produzione e passare a definire una sequenza di produzione in modo tale che escono tutti i prodotti ogni giorno
6. Livellare la produzione dei processi finali
7. Adottare sistemi pull- kanban: si fa partire un ordine solo quando il cliente lo richiede.
8. Ridurre le scorte e il WIP
9. Collaborare con i fornitori: l'obiettivo sarebbe che il fornitore cosegni tutti i giorni, logica milk run
10. Ispezione autonoma di qualità e quantità
11. Migliorare la progettazione del prodotto

- Descrivere e spiegare il supermarket pull system, la FIFO lane (CONWIP), il pacemaker.

Quando non si riescono a mettere tutte le fasi a flusso continuo a causa di setup molto alti e non riducibili con SMED, tempi di lavorazione molto diversi ecc.. allora si introducono dei pull system per controllare la produzione in modo che sia tirata dal cliente. Essi sono:

- **Supermarket:** si tratta di un magazzino interoperazionale di contenitori dotati di kanban (q.tà di kanban deve essere minima). Viene inserito tra due fasi del processo produttivo che non possono essere a flusso continuo. il processo produttivo a valle del supermarket produce solo quando quello a monte consuma, e produce esattamente la quantità prelevata presente nel cartellino.

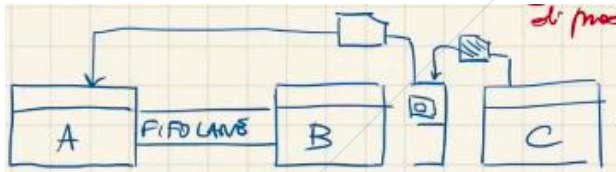


- **Fifo lane:** consiste in un "corridoio" di capacità finita tra due processi che non possono essere a flusso continuo. Si ha massima capacità per evitare l'over production in modo da avere le scorte sotto controllo (CONWIP). Segue una logica fifo, infatti il primo prodotto che esce da A sarà il primo ad essere lavorato da B. Il processo A produce solo quando gli arriva un ordine di produzione dal supermarket a valle del processo B e quando c'è posto nella fifo lane. B invece produce se gli arriva il prodotto dalla fifo lane.

La fifo lane si usa in caso di:

- Prodotti costosi
- Prodotti a rischio obsolescenza
- Prodotti personalizzati

- Il processo B è un subfornitore



Il **pacemaker** invece è l'unico processo schedulato, il quale deve essere il più a valle possibile e può essere seguito solo da flusso continuo o fifo lane (non si può avere supermarket dopo pacemaker). Può essere il supermarket stesso