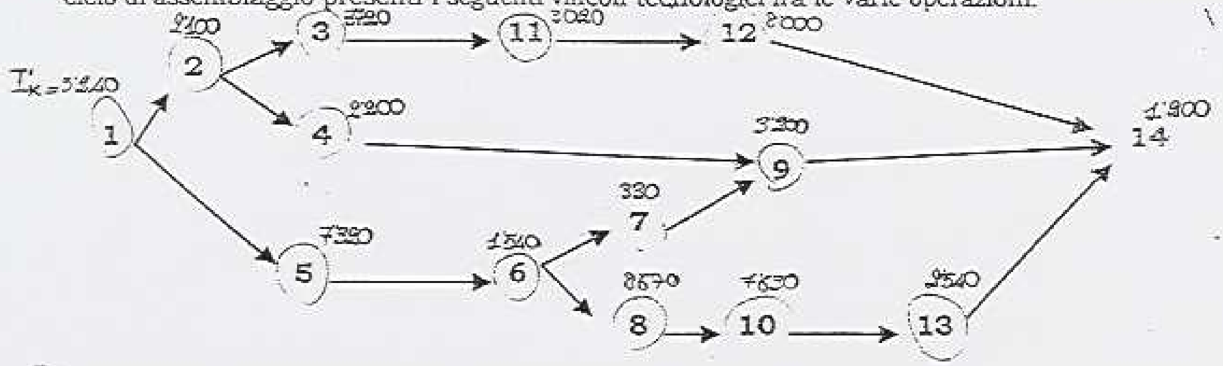
2000

Esame di abilitazione per l'esercizio della professione dell'Ingegnere

Ingegneria Gestionale – Tema impiantistico

Si debba dimensionare una linea di montaggio manuale a cadenza imposta per il prodotto il cui ciclo di assemblaggio presenti i seguenti vincoli tecnologici fra le varie operazioni:



Le operazioni di montaggio siano caratterizzate dai seguenti parametri:

operazione	M_k (min/pezzo)	σ^2_k	I'_k (£/pezzo)
1	4,1	1,0	3240
2	5,2	0,4	2100
3	7,2	1,1	3720
4	2,0	0,5	2200
5	8,3	1,4	7320
6	10,0	1,6	1540
7	6,1	0,3	330
8	4,2	0,9	8670
9	2,2	0,3	3200
10	7,8	2,1	7630
11	3,6	0,8	3020
12	14,7	3,6	8000
13	1,0	0,1	2540
14	6,5	1,7	1200

Ipotizzando un costo orario della manodopera pari a 30.000 £/h, determinare:

1. Il costo della manodopera diretta per ciascuna singola operazione
2. Il costo di completamento fuori linea nel caso di mancata realizzazione di ciascuna singola operazione
3. Una possibile cadenza della linea e motivarne la scelta
4. Il numero ed il corrispondente carico di lavoro delle stazioni per eseguire l'intero processo di montaggio (bilanciamento della linea)
5. Determinare il costo di mancato completamento stimato per ciascuna unità di prodotto
6. Valutare l'effetto della riduzione del tempo medio di lavoro delle operazioni 6,10,11,12 del 20% (a parità di varianza)

Fac: 1 Esprimere un giudizio sul bilanciamento ottenuto fornendo le linee guida per il miglioramento della soluzione proposta.

Fac: 2 Vincolando la produttività annua (220 gg/anno, 16 ore/giorno) a 14000 pezzi/anno, valutare la configurazione di linea corrispondente, il costo di manodopera e il costo di mancato completamento.

KOTTAS

1. COSTO MANODOPERA PER OGNI OPERAZIONE
2. COSTO COMPLETAMENTO FUORI LINEA

$L_K = M_K \cdot \frac{C}{60}$ €/pz costo manodopera

$I_K = \Sigma I'_K$ costo di completamento fuori linea di tutte le operazioni (compreso la K-esima) che non p.e ultimato se non lo è stata la K-esima

Operazione	L_K	I_K	Z_K^*
1	2050	54'710	1,78
2	2600	23'440	1,29
3	3'600	15'340	0,75
4	1'000	6'600	1,03
5	4'150	32'430	1,14
6	5'000	25'110	0,85
7	3'050	4'730	-0,37
8	2'100	20'040	1,25
9	1'100	4'400	0,68
10	3'900	11'370	0,40
11	1'800	12'220	1,05
12	7350	9'200	-0,24
13	500	3740	1,11
14	3'250	1'200	—

3. INDIVIDUAZIONE DI UNA POSSIBILE CADENZA DELLA LINEA

La cadenza della linea è determinata dalla operazione + lenta, in questo caso l'operazione 12

$14{,}7$ min/pz $\Rightarrow$ $q = 4{,}08$ pz/ora

$T_c = \frac{1}{q} = 14{,}7$ tempo di ciclo

4. BILANCIAMENTO LINEA

$F(Z_k^*) = 1 - \frac{L_k}{I_k}$ ove Z_k^* valore di soglia per la desiderabilità dell'operazione, valore che cerco all'interno della tabella

$F(Z_1^*) = 1 - \frac{L_1}{I_1} = 0,9625 \longrightarrow Z_1^* = 1,78$

$F(Z_2^*) = 0,8830 \longrightarrow Z_2^* = 1,23$

$F(Z_3^*) = 0,7741 \longrightarrow Z_3^* = 0,75$

$F(Z_4^*) = 0,8484 \longrightarrow Z_4^* = 1,03$

$F(Z_5^*) = 0,8720 \longrightarrow Z_5^* = 1,14$

$F(Z_6^*) = 0,8008 \longrightarrow Z_6^* = 0,84$

$F(Z_7^*) = 0,3551 \longrightarrow Z_7^* = -0,37$

$F(Z_8^*) = 0,8952 \longrightarrow Z_8^* = 1,25$

$F(Z_9^*) = 0,75 \longrightarrow Z_9^* = 0,68$

$F(Z_{10}^*) = 0,6563 \longrightarrow Z_{10}^* = 0,40$

$F(Z_{11}^*) = 0,8527 \longrightarrow Z_{11}^* = 1,15$

$F(Z_{12}^*) = 0,2010 \longrightarrow Z_{12}^* = -0,84$

$F(Z_{13}^*) = 0,8663 \longrightarrow Z_{13}^* = 1,11$

$F(Z_{14}^*) = -1,708 \Longrightarrow$ è impossibile che l'operazione 14 venga completata

$\Downarrow$

$P_{14} = 1$ è la prob. di mancato completamento

Controllo la cond. di desiderabilità: $L_K \geq P_K I_K$

$L_{14} = 3250$; $P_K \cdot I_K = 1 \cdot 1200 = 1200 \Longrightarrow$ l'op. 14 è SEMPRE DESIDERABILE

$\Downarrow$

Mi conviene comunque assegnarla, anche se sono sicuro di non completarla, piuttosto che aprire una nuova stazione, che mi costerebbe L_K

J = generica operazione ∈ alle operazioni (già eseguite sulla stazione) che precedono la K-esima oper. + la K-esima.

STAZIONE 1

Op. eseguite	Disponibili	$Z_k = \frac{T - \sum_J M_J}{\sqrt{\sum_J \sigma_J^2}}$	Z_k^*	Desider.	Sicure	Critiche
—	1	10,6	1,78	1	1	—
1	2	4,56	1,22	2	2	
	5	1,48	1,14	5	—	—
1-2	3	<0	0,75	—	—	—
	4	2,46	1,03	4	—	—
	5	<0	—	—	—	—
1-2-4	3	<0	0,75	—	—	—
	5	<0	1,03	—	—	—

STAZIONE 2

Op. eseguite	Disponibili	Z_k	Z_k^*	Desider.	Sicure	Critiche
—	3	7,15	0,75	3	3	—
	5	5,40	1,03	5	5	—
5	3	<0	0,75	—	—	—
	6	<0	0,85	—	—	—

STAZIONE 3

Op. eseguite	Disponibili	Z_k	Z_k^*	Desider.	Sicure	Critiche
—	3	7,15	0,75	3	3	—
	6	3,71	0,85	6	6	
6	3	<0	0,75	—	—	—
	7	<0	0,85	—	—	—
	8	0,5	1,25	—	—	—

STAZIONE 4

Op. eseguite	Disponibili	Z_k	Z_k^*	Desider.	Sicure	Critiche
—	3	7,15	0,75	3	3	—
	7	15,7	0,85	7	7	—
	8	11,06	1,25	8	8	—
8	3	2,33	0,75	3	—	—
	7	4,01	0,25	7	—	—
	10	1,55	0,40	8	—	—

Op. eseguite	Op. disponibili	Z_k	$\bar{Z}_k$	Desider.	Sicure	Critiche
8 – 7	3	<0	0,75	—	—	—
	9	1,38	0,62	9	—	—
	10	<0	0,40			
8 – 7 – 9	3	<0	0,75	—	—	—
	10	<0	0,40	—	—	—

STAZIONE 5

—	3	7,15	0,75	3	3	—
	10	4,76	0,40	10	10	
3	10	<0	0,40	—	—	—
	11	2,82	1,05	11	11	—
3 – 11	10	<0	0,40	—	—	—
	12	<0	–0,84	—	—	—

STAZIONE 6

—	10	4,76	0,40	10	10	—
	12	0	–0,84	12	—	—
10	12	–3,26	–0,84	12	—	—
	13	3,97	1,11	13	13	—
10 – 13	12	–3,65	–0,84	12	—	—

STAZIONE 7

—	12	0	–0,84	12	—	—
12						

NOTA che la stazione 7 è satura con l'operazione 12, dato che $T_{12} = T_c$

Per le considerazioni fatte sull'operazione 14, mi conviene comunque assegnarla alla stazione 7, malgrado questa sia satura.

Infatti, il costo di completamento fuori linea ($P_{14} \cdot I_{14}$) è comunque minore del costo che avrei sprecato per l'operazione 14 con nuova stazione (L_n).

In pratica assegno l'operazione 14 alla stazione 7, sapendo che tale operazione sarà sempre completata fuori linea.

4A. RIORDINO DELLE OPERAZIONI ASSEGNATE ALLE STAZIONI IN ORDINE DI I_k DECRESCENTE

Stazione	1	2	3	4	5	6	7
Operazioni	1 2 4	5	6	8 7 9	3 11	10 13	12 14

5. COSTO DI MANCATO COMPLETAMENTO PER OGNI UNITÀ DI PRODOTTO

$\sum_k P_k I_k \cong 6309{,}3$ €/pz. $F(z_k)$ $P_k = 1 - F(z_k)$

Op.	z_k	P_k	I_k	$P_k I_k$
1	10,6	≃0	54710	≃0
2	4,56	≃0	23440	≃0
3	7,15	≃0	15340	≃0
4	2,46	0,0069	6600	45,8
5	5,40	≃0	32430	≃0
6	3,71	≃0	25110	≃0
7	4,01	≃0	4730	≃0
8	11,05	≃0	20040	≃0
9	1,38	0,08379	4400	368,7
10	4,76	≃0	11370	≃0
11	2,82	0,00776	12220	94,8
12	0	0,5	9200	4600
13	3,97	≃0	3740	≃0
14				1200

6. EFFETTO DELLA RIDUZIONE DEL 20% SUL μ_k di 6, 10, 11, 12

Op	μ_k	σ_k^2	I_k	L_k	I_k	z_k^*
1	4,1	1,0	3240	2050	54710	1,78
2	5,2	0,4	2100	2600	23440	1,23
3	7,2	1,1	3720	3600	15940	0,75
4	2,0	0,5	2200	1000	6600	1,03
5	8,3	1,4	7320	4150	32430	1,14
6	8,0	4,6	1540	4000	25110	1
7	6,1	0,3	330	3050	4730	-0,37
8	4,2	0,9	8670	2100	20040	1,25
9	2,2	0,3	3200	1100	4400	0,68
10	6,2	2,1	7630	3100	11370	0,61
11	2,9	0,7	3020	1450	12220	1,12
12	11,8	3,6	8000	5900	9200	-0,35
13	1,0	0,1	2540	500	3740	1,11
14	6,5	1,7	1200	3250	1200	

Considero come CADENZA DELLA LINEA $q = 4$ pz/ora $\Rightarrow$ 0,067 pz/min.

$T_c = 15$ min./pz

$L_K = \mu_K \cdot \frac{C}{60} = \_\_$

ove $C = 30000$ £/ora

$F(z_K^*) = 1 - \frac{L_K}{I_K}$

$F(z_1^*) = 0,9625 \longrightarrow z_1^* = 1,78$

$F(z_2^*) = 0,8890 \longrightarrow z_2^* = 1,23$

$F(z_3^*) = 0,7741 \longrightarrow z_3^* = 0,75$

$F(z_4^*) = 0,8484 \longrightarrow z_4^* = 1,03$

$F(z_5^*) = 0,8720 \longrightarrow z_5^* = 1,14$

$F(z_6^*) = 0,8407 \longrightarrow z_6^* = 1$

$F(z_7^*) = 0,3551 \longrightarrow z_7^* = -0,37$

$F(z_8^*) = 0,8952 \longrightarrow z_8^* = 1,25$

$F(z_9^*) = 0,75 \longrightarrow z_9^* = 0,68$

$F(z_{10}^*) = 0,7273 \longrightarrow z_{10}^* = 0,61$

$F(z_{11}^*) = 0,8813 \longrightarrow z_{11}^* = 1,18$

$F(z_{12}^*) = 0,3586 \longrightarrow z_{12}^* = -0,36$

$F(z_{13}^*) = 0,8663 \longrightarrow z_{13}^* = 1,11$

$F(z_{14}^*) = -1,708 \Longrightarrow$ è impossibile che l'operazione 14 venga completata

$\Downarrow$

prob. di mancato completamento $P_{14} = 1$

Controllo la cond. di desiderabilità: $L_k \geq P_k I_k$

$L_{14} = 3250$; $P_{14} \cdot I_{14} = 1200 \Longrightarrow$ L'operazione 14 è sempre desiderabile $\Longrightarrow$

$\Longrightarrow$ mi conviene comunque eseguirla, piuttosto che aprire una nuova stazione, che comunque mi costerebbe L_{14}

J = generica operazione ∈ alle operazioni (già eseguite alla stazione) che precedono la k-esima, + la k-esima

STAZIONE 1

Operazioni eseguite	Disponibili	$z_k = \frac{T_c - \sum_J t_J}{\sqrt{\sum_J \sigma_J^2}}$	z_k^*	Desiderabili	Sicure	Critiche
–	1	10,9	1,78	1	1	–
1	2	4,07	1,23	2	2	–
	5	1,08	1,14	–	–	5
1 – 2	3	<0	0,75			
	4	2,62	1,03	4	4	
	5	<0	1,14			
1 – 2 – 4	4	<0				
	5	<0				

STAZIONE 2

Operazioni eseguite	Disponibili	z_k	z_k^*	Desiderabili	Sicure	Critiche
–	3	7,4	0,75	3	3	–
	5	5,66	1,14	5	5	–
5	3	<0	0,75	–	–	3
	6	<0				

STAZIONE 3

Operazioni eseguite	Disponibili	z_k	z_k^*	Desiderabili	Sicure	Critiche
–	3	7,4	0,75	3	3	–
	6	5,5	1	6	6	
6	3	<0	0,75	–	–	3
	7	0,65	-0,37	7	–	–
	8	1,84	1,25	8	–	–
6 – 7	3	<0				
	8	<0				
	9	<0				

STAZIONE (4)

Op. Eseguite	Op Disponibili	$z_k = \frac{T_c - \sum_j M_j}{\sqrt{\sum_j \sigma_j^2}}$	z_k^*	Desiderabili	Sicure	Critiche
–	3	7,4	0,75	3	3	–
	8	11,38	1,25	8	8	–
	9	23,36	0,68	9	9	–
8	3	2,54	0,75	3	–	–
	9	7,85	0,68	9	9	–
	10		0,61			