

BILANCIAMENTO DI UNA LINEA DI MONTAGGIO MANUALE

UN MODELLO DI PROGRAMMAZIONE LINEARE

Modello di Programmazione Lineare;
bilanciamento in base alla priorità
delle operazioni; minimizzazione del
costo totale atteso; algoritmo di
Kottas-Lau.

⇒ Simbologia:

- $i =$ indice dell'operazione $(i = 1, \dots, N);$
- $k =$ indice della stazione $(k = 1, \dots, K);$
- $TC =$ tempo di ciclo della linea;
- $t_i =$ tempo medio di esecuzione dell'operazione $i;$
- $c_{ik} =$ coefficiente di costo tale che $N \cdot c_{ik} \leq c_{i,k+1}$ $(k = 1, \dots, K-1);$

UN MODELLO DI PROGRAMMAZIONE LINEARE

⇒ Simbologia (segue):

- $IP =$ insieme delle coppie di operazioni legate da
vincoli di precedenza ($IP = \{(u, v) : u \text{ precede } v\};$)
- $ZD =$ insieme delle coppie di operazioni che non
possono essere eseguite nella stessa stazione;
- $ZS =$ insieme delle coppie di operazioni che devono
essere eseguite nella stessa stazione;
- $x_{ik} = 1,$ se l'operazione i è assegnata alla stazione $k;$
0, altrimenti.

⇒ Funzione Obiettivo:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K c_{ik} \cdot x_{ik} = \min$$

UN MODELLO DI PROGRAMMAZIONE LINEARE

UN MODELLO DI PROGRAMMAZIONE LINEARE

⇒ Vincoli:

$$\sum_{i=1}^N t_i \cdot x_{ik} \leq TC \quad k = 1, \dots, K$$

$$\sum_{k=1}^K x_{ik} = 1 \quad i = 1, \dots, N$$

$$x_{vh} \leq \sum_{j=1}^h x_{uj} \quad h = 1, \dots, K \quad (u, v) \in IP$$

$$x_{uk} + x_{vk} \leq 1 \quad k = 1, \dots, K \quad (u, v) \in ZD$$

⇒ È possibile anche considerare operazioni che devono essere eseguite nella stessa stazione, aggiungendo i seguenti vincoli (il modello perde tuttavia la linearità):

$$\sum_{k=1}^K x_{uk} \cdot x_{vk} = 1$$

$$(u, v) \in ZS$$

BILANCIAMENTO IN BASE ALLA PRIORITÀ DELLE OPERAZIONI

⇒ 1) Calcolo delle priorità delle operazioni.

$$PW_i = t_i + \sum_{r \in Si} t_r$$

dove:

- PW_i = priorità dell'operazione i ;
- t_i = tempo di esecuzione dell'operazione i ;
- Si = insieme delle operazioni che richiedono, direttamente o indirettamente, la precedente esecuzione dell'operazione i .

BILANCIAMENTO IN BASE ALLA PRIORITÀ DELLE OPERAZIONI

⇒ 2) Ordinare le operazioni in ordine decrescente di PW_i .

⇒ 3) Assegnare le operazioni, nell'ordine definito al passo 2, alla prima stazione possibile, nel rispetto del tempo di ciclo e dei vincoli di precedenza fra le operazioni.

MINIMIZZAZIONE DEL COSTO TOTALE ATTESO

MINIMIZZAZIONE DEL COSTO TOTALE ATTESO

⇒ Ipotesi

- il sottosistema incompleto continua a viaggiare lungo la linea;
- vi è un solo operatore per stazione;
- l'eventuale operazione incompleta presso una stazione è l'ultima ad essa assegnata.

⇒ Il costo totale atteso è dato da:

$$CTA = TC * n * OC + p * OC * TAC$$

dove:

- TC = tempo di ciclo;
- n = numero di stazioni della linea;
- OC = costo per unità di tempo di una stazione;
- p = coefficiente di maggiorazione;
- TAC = tempo di completamento richiesto fuori linea.

MINIMIZZAZIONE DEL COSTO TOTALE ATTESO

ALGORITMO DI KOTTAS-LAU: IPOTESI

⇒ Risulta

$$TAC = \sum_{j=1}^n \left\{ (1-g_j) \cdot \left(t_i + \sum_{k \in S_i} t_k \right) \right\}$$

Dove:

- g_j = probabilità che l'operatore nella stazione j completi i propri compiti entro il tempo di ciclo;
- t_i = tempo di esecuzione dell'operazione i incompleta;
- S_i = insieme delle operazioni che richiedono, direttamente o indirettamente, la precedente esecuzione dell'operazione i .

⇒ Il tempo di ciclo e le precedenze tra un'operazione e l'altra costituiscono i soli vincoli nell'assegnazione dei compiti.

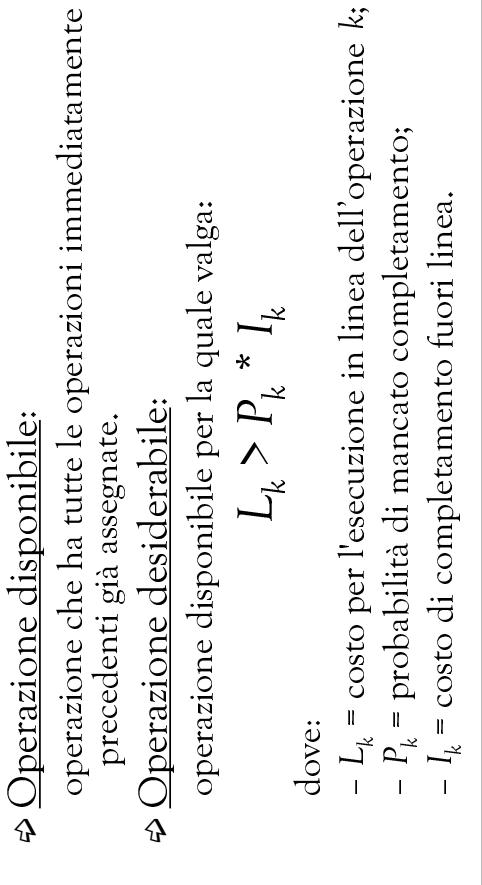
⇒ Ciascun operatore della linea viene retribuito senza tenere conto dell'eventuale differenza tra la sua mansione e quella degli altri operatori.

⇒ Il tempo per completare ciascuna operazione si distribuisce secondo una curva probabilistica normale;

ALGORITMO DI KOTTAS-LAU: IPOTESI

- ⇒ Il tempo di ciascuna operazione è indipendente dal tempo di ogni altra operazione e dall'ordine con cui le varie operazioni vanno a saturare il contenuto di lavoro di ciascuna stazione.
- ⇒ Ogni volta che un'operazione risulta incompleta il sottoinsieme continua a viaggiare lungo la linea e vengono completeate tutte le operazioni successive che è possibile completare.

ALGORITMO DI KOTTAS-LAU: DEFINIZIONI



ALGORITMO DI KOTTAS-LAU: DEFINIZIONI

- ⇒ Operazione critica: operazione disponibile per la quale risulti:
$$L_k \leq P_k * I_k$$

anche in una stazione vuota.

- ⇒ Operazione sicura: operazione desiderabile per la quale risulti:
$$P_k < 0,005$$

ALGORITMO DI KOTTAS-LAU: PROCEDURA

