Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

The European Commission support for the production of this publication does not constitute endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein

Operations planning

Loading

Short-term Planning - Tasks

Planning Horizon: *week, day, workshift*

- **Allocating** jobs, equipment, and personnel to workcenters or other specified locations. Short-run capacity planning
- **Scheduling.** Determining the sequence of order performance (that is, establishing job priorities)
- **Dispatching** of jobs. Initiating performance of the scheduled work
- **Shop-floor control** (or production activity control) involving:
  a. **Reviewing** the status and **controlling** the progress of jobs as they are being worked on
  b. **Expediting** late and critical jobs

Short-term Planning - Objectives

- **meet due dates**
- **maximize machine or labour utilization**
- **minimize work-in-process inventory**
- minimize overtime work
- minimize setup time or cost
- minimize lead time
- …

It is unlikely, and often undesirable, to simultaneously satisfy all of these objectives (Chase)

Short-term Planning

Workcenter: is an area in a business in which productive resources are organized and work is completed

- May be a single machine, a group of machines, or an area where a particular type of work is done

Job shop: to assign jobs to workcenters

Flow shop: to define the sequences of jobs

Work Centers (or Machine) Loading

PROBLEM:
THE ASSIGNMENT OF JOBS TO PROCESSING CENTERS

1. assess the **amount of each resource** needed in each **time interval of the scheduling horizon** to meet the production set by the **master production schedule**
2. for each product, the corresponding **needs for production factors** derive from the work cycle and the bill of materials, thus comparing the necessary production requirements and the **available resources**

Work Centers Loading

- **Capacità Lavorativa** (del centro di lavoro): l'ammontare di tutte le risorse disponibili presso ciascun centro di lavoro
- **Capacità Residua** = [Capacità Lavorativa - Capacità Impegnata]

  Via via che gli ordini pervengono alla produzione, si provvede ad attribuire un'aliquota di CR a ciascun ordine
- Strumenti e tecniche
  - **Loading chart** (tabella di carico)

    Viene aggiornata quando le commesse sono ultimate ovvero nuovi ordini sono emessi. In ogni istante di tempo si ha a disposizione un quadro completo della capacità residua di ogni risorsa
  - **Programmazione matematica (es. a numeri interi-lineare)**

Loading Chart

	Codice centro di lavoro			
[h/settimana]	**01**	**02**	**03**	**04**
Capacità teorica	80	80	40	80
Indisponibilità guasti	1.5	2.3	1.0	0.7
Manutenzione progr.	2.5	3.7	2.0	1.3
Capacità effettiva	**76.0**	**74.0**	**37.0**	**78.0**

Codice operazione	**Fabbisogno** [ore-macchina]			
740	20.0	-	-	10.0
642	-	20.0	10.0	-
87 A	15.0	-	20.0	-
22 A 3	-	10.0	-	15.0
821	35.0	-	7.0	-
741	-	10.0	-	30.0
Fabbisogno totale	**70.0**	**40.0**	**37.0**	**55.0**
Capacità residua	**6.0**	**34.0**	**0.0**	**23.0**

Case 1 – Linear Programming

Si deve realizzare un **lotto A** di 5000 pezzi di un prodotto che può essere lavorato indifferentemente su 3 macchinari aventi lo stesso ritmo produttivo (pezzi prodotti nell'unità di tempo) e capacità produttiva limitata

Macchina	Costo setup [€]	Costo variabile [€/pz]	Capacità produttiva [pz]
i	cs_i	cv_i	cp_i
A	100	3	1800
B	70	12	2000
C	90	6	4000

Ipotizzando che il costo di setup della macchina *i* venga sopportato soltanto se la macchina deve essere attrezzata per la produzione di A, determinare **come conviene ripartire la produzione del lotto**

Problem definition

We can use <u>linear integer programming</u> models
assign 1 job to n work centers (1/n)

Incognite del problema

A	B	C
X_1	X_2	X_3

X_i unità realizzate dall'i-esima macchina

A	B	C
Y_1	Y_2	Y_3

Y_i = ***1*** se il setup viene effettuato sull'i-esima macchina
= ***0*** se il setup non viene effettuato sull'i-esima macchina

Objective Function: *Total batch production cost*

Problem statement

$$\text{Min } CT = \sum_{i=1}^{3}(cv_i X_i + cs_i Y_i)$$ ***Objective Function***

Constraints

$$\sum_{i=1}^{3} X_i = D$$ *Production C., D = 5000 [u]*

$$X_i \le cp_i \ , \ i = 1,2,3$$ *Capacity C.*

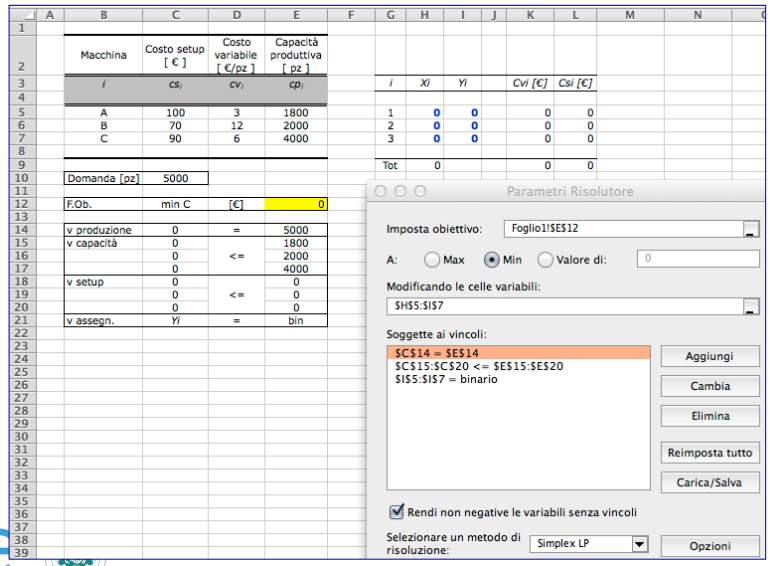
$$X_i \le D \cdot Y_i \ , \ i = 1,2,3$$ *Setup C.*

Solution

i	Xi	Yi
1	**1800**	**1**
2	**0**	**0**
3	**3200**	**1**

F.Ob.	min C	[€]	**24790**

Solution - SOLVER MS Excel®



Case 2

Si devono pianificare **4 ordini di produzione**. Ciascuno di essi può essere realizzato da ognuno dei 4 centri di lavoro disponibili

Determinare l'assegnazione a cui corrisponde il *minimo tempo di produzione complessivo*

	Centri di lavoro			
Job	1	2	3	4
A	9	4	5	9
B	5	1	3	6
C	6	5	4	5
D	8	4	3	9

* t_{ij} *Tempi di produzione [ore]*

Problem definition

Si ricorre ai modelli di assegnazione

Problema di Programmazione Lineare (matrice dei trasporti)

n "fonti" di domanda e n impieghi (n/n)

Job	Centri di lavoro 1	2	3	4
A	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
B	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}
C	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}
D	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{44}

X_{ij} ***1*** *se l'i-esimo job è assegnato al j-esimo centro di lavoro*
0 *se l'i-esimo job non è assegnato al j-esimo centro di lavoro*

Objective Function: *Sum of the job completion (execution) time*

Problem statement

$$\text{Min } T = \sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4}\left(t_{ij}X_{ij}\right)$$ ***Objective Function***

Constraints

$$\sum_{j=1}^{4} X_{ij} = 1 \;,\; i = 1,\dots,4$$ *A single job can be assigned to only one work center*

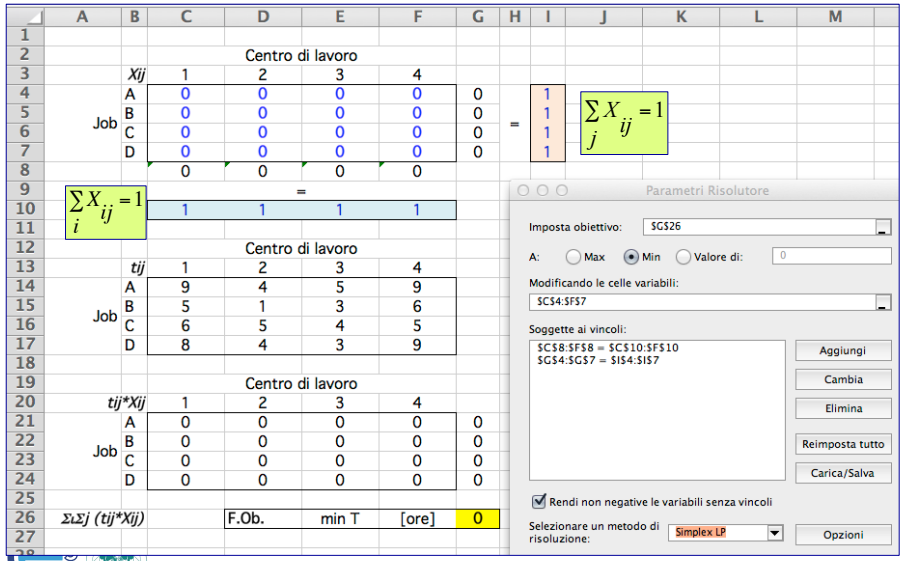
$$\sum_{i=1}^{4} X_{ij} = 1 \;,\; j = 1,\dots,4$$ *Each work center can process only one job*

Solution

Job	Centri di lavoro 1	2	3	4
A	0	**1**	0	0
B	**1**	0	0	0
C	0	0	0	**1**
D	0	0	**1**	0

F.Ob.	min T	[ore]	17

Solution - SOLVER MS Excel



Case 3

Sulla base dei dati forniti in tabella, **ripartire gli ordini (lotti) di produzione fra i centri di lavoro**

PROD.	Dim. lotti [unità]	Dom. [unità]	Prezzo vend. [$/unità]	CENTRO DI LAVORO 1 Tasso prod. [unità/ora]	1 Costo var. prod. [$/unità]	2 Tasso prod. [unità/ora]	2 Costo var. prod. [$/unità]	3 Tasso prod. [unità/ora]	3 Costo var. prod. [$/unità]
1	40	520	10	40	8	36	5	28	4
2	20	320	20	10	16	9	12	7	10
3	45	900	5	90	3	81	4	63	3
4	60	480	12	60	9	54	10	42	11
Tempo disponibile [ore]				24		20		30	

Problem definition

Si ricorre alla programmazione lineare a numeri interi
n* lavorazioni per *m* macchine *(n/m)

prodotti \ Centri di lavoro	1	2	3
1	X_{11}	X_{12}	X_{13}
2	X_{21}	X_{22}	X_{23}
3	X_{31}	X_{32}	X_{33}
4	X_{41}	X_{42}	X_{43}

X_{ij}

*numero **lotti** dell'i-esimo prodotto assegnati al j-esimo centro di lavoro (incognite del problema)*

Objective Function: Total Profit

Problem statement

$$\text{Max } U = \sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{3}\left(u_{ij}X_{ij}\right)$$

Objective Function

Constraints

$$\sum_{j=1}^{3} X_{ij} = d_i \ , \ i = 1,\dots,4$$

Production C.
(demand must be satisfied)

$$\sum_{i=1}^{4}\left(t_{ij}X_{ij}\right) \le t_j \ , \ j = 1,\dots,3$$

Capacity C.

Solution

prodotti \ Centri di lavoro	1	2	3
1	***0***	***0***	***13***
2	***3***	***9***	***4***
3	***20***	***0***	***0***
4	***8***	***0***	***0***

F.Ob. Max U [$] 8840

Solution

Coefficienti delle incognite nella funzione obiettivo:

		CENTRO DI LAVORO 1		CENTRO DI LAVORO 2		CENTRO DI LAVORO 3	
	Ricavo [$/lotto]	Costo prod. [$/lotto]	Utile [$/lotto]	Costo prod. [$/lotto]	Utile [$/lotto]	Costo prod. [$/lotto]	Utile [$/lotto]
1	400	320	***80***	200	***200***	160	***240***
2	400	320	***80***	240	***160***	200	***200***
3	225	135	***90***	180	***45***	135	***90***
4	720	540	***180***	600	***120***	660	***60***

prodotti \ Centri di lavoro	1	2	3
1	80	200	240
2	80	160	200
3	90	45	90
4	180	120	60

Utili unitari - u_{ij}

Solution

Coefficienti nei vincoli del problema:

PROD.	Dim. lotti [unità]	Dom. [unità]	Prezzo vend. [$/unità]	CENTRO DI LAVORO 1 Tasso prod. [unità/ora]	CENTRO DI LAVORO 1 Costo var. prod. [$/unità]	CENTRO DI LAVORO 2 Tasso prod. [unità/ora]	CENTRO DI LAVORO 2 Costo var. prod. [$/unità]	CENTRO DI LAVORO 3 Tasso prod. [unità/ora]	CENTRO DI LAVORO 3 Costo var. prod. [$/unità]
1	40	520	10	40	8	36	5	28	4
2	20	320	20	10	16	9	12	7	10
3	45	900	5	90	3	81	4	63	3
4	60	480	12	60	9	54	10	42	11
Tempo disponibile [ore]				24		20		30	

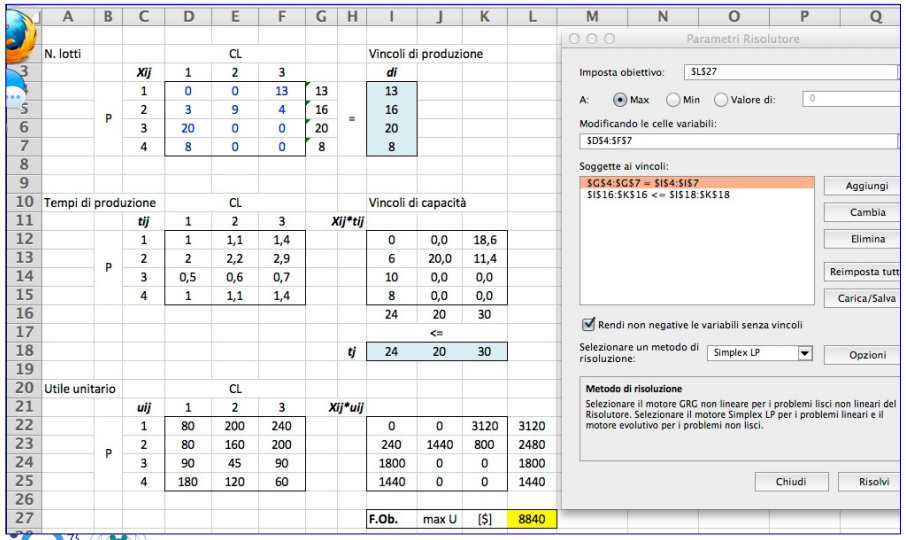
Domanda - d_i

	Domanda [lotti]
1	13
2	16
3	20
4	8

Capacità produttiva installata - t_{ij}

	CENTRO DI LAVORO 1 Tempo prod. [ore/lotto]	CENTRO DI LAVORO 2 Tempo prod. [ore/lotto]	CENTRO DI LAVORO 3 Tempo prod. [ore/lotto]
1	1	1,1	1,4
2	2	2,2	2,9
3	0,5	0,6	0,7
4	1	1,1	1,4
Tempo disp. [ore]	24	20	30

Solution – SOLVER MS Excel



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
2	N. lotti				CL				Vincoli di produzione			
3			*Xij*	1	2	3			*di*			
4			1	0	0	13	13		13			
5		P	2	3	9	4	16	=	16			
6			3	20	0	0	20		20			
7			4	8	0	0	8		8			
8												
9												
10	Tempi di produzione				CL				Vincoli di capacità			
11			*tij*	1	2	3		*Xij*tij*				
12			1	1	1,1	1,4			0	0,0	18,6	
13		P	2	2	2,2	2,9			6	20,0	11,4	
14			3	0,5	0,6	0,7			10	0,0	0,0	
15			4	1	1,1	1,4			8	0,0	0,0	
16									24	20	30	
17										<=		
18								*tj*	24	20	30	
19												
20	Utile unitario				CL							
21			*uij*	1	2	3		*Xij*uij*				
22			1	80	200	240			0	0	3120	3120
23		P	2	80	160	200			240	1440	800	2480
24			3	90	45	90			1800	0	0	1800
25			4	180	120	60			1440	0	0	1440
26												
27									F.Ob.	max U	[$]	8840

Summary

- Goals and tasks of Short-term Planning
- How work-centers loading works
- Load Chart and Assignment Models of Linear Programming

- References:
  Ch. 22 Jacobs, Chase