

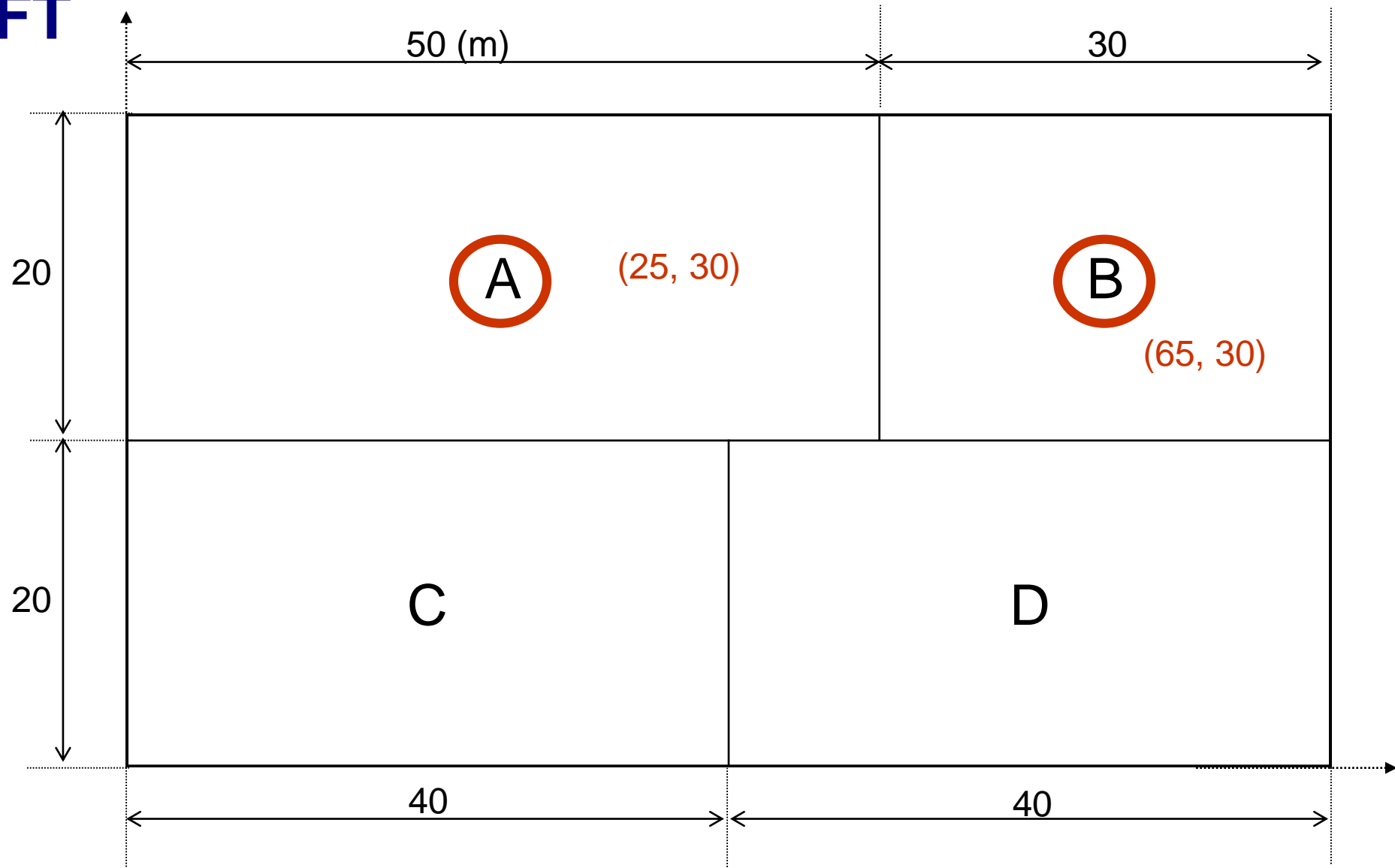


Progettazione del layout di un impianto industriale

Craft

- **CRAFT è un modello euristico (Computerised Relative Allocation of Facilities Technique)**
- **E' basato sulla minimizzazione del costo di movimentazione fra i diversi reparti**
- **Necessita di un layout iniziale**
- **Input**
 - **Layout iniziale**
 - **Analisi dei flussi, i.e. from to chart**
 - **Costi di movimentazione**
 - **Numero di reparti da allocare e vincoli**

CRAFT



CRAFT

From-to table (z = trips/day)

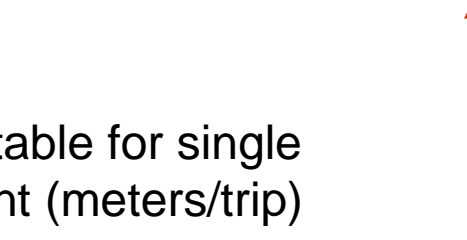
	A	B	C	D
A		2	4	4
B	1		1	3
C	2	1		2
D	4	1	0	

From-to table for single movement (meters/trip)

	A	B	C	D
A		40	25	55
B	40		65	25
C	25	65		40
D	55	25	40	

Centroid-based distances

$$d_{AB} = |x_A - x_B| + |y_A - y_B| = |25 - 65| = 40$$



CRAFT

From-to table for movement costs (€/meter)

	A	B	C	D
A		1	1	1
B	1		1	1
C	1	1		1
D	1	1	1	

1 €/metro

From-to table for the total costs (€)

	A	B	C	D	Tot
A		80	100	220	400
B	40		65	75	180
C	50	65		80	195
D	220	25	0		245
Tot	310	170	165	375	1020

Craft

- Dato un layout iniziale, CRAFT calcola la distanza TOTALE percorsa.
- CRAFT cerca di migliorare il layout, facendo degli scambi a due a due fra i reparti:
 - Fra tutti gli scambi che risultano vantaggiosi (risparmio di distanza totale percorsa), viene selezionato lo scambio migliore (quello con il quale si risparmia di più).
 - Mentre vengono calcolati scambi e nuove distanze, non viene calcolato il risparmio reale, in quanto, ad ogni passaggio, il risparmio viene valutato considerando i vecchi centroidi (i centroidi dei reparti si scambiano, ma non si modificano). Questa assunzione fa sì che il calcolo del risparmio sia in realtà solo approssimato.
- Gli scambi possono essere fatti solo fra reparti con la stessa area o che sono inizialmente affiancati (almeno un lato in comune).

CRAFT

- Let's change A with B
 - New distances

<i>d</i>	A	B	C	D
A		40	65	25
B	40		25	55
C	65	25		40
D	25	55	40	

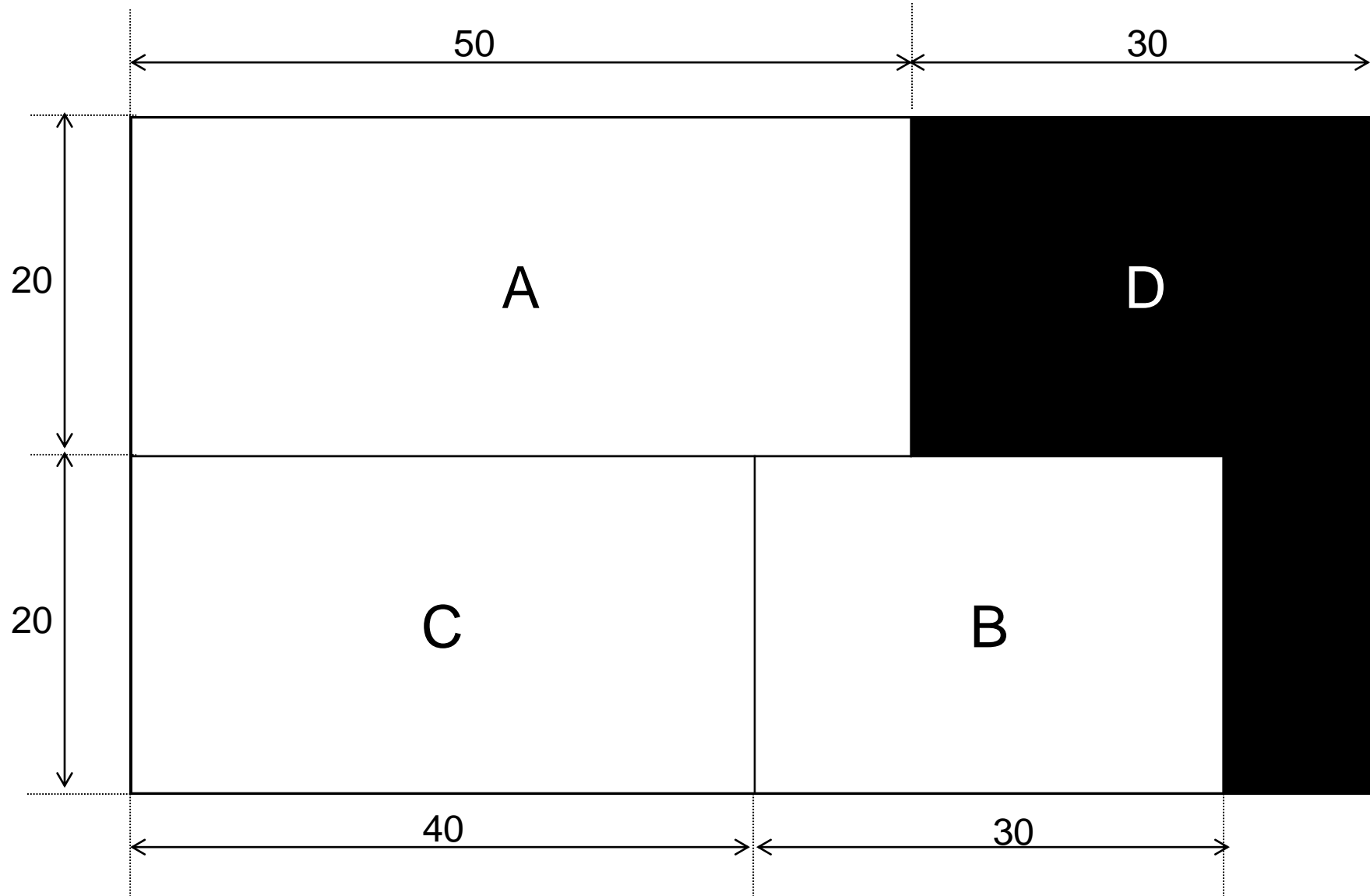
New total cost (€)

	A	B	C	D	Tot
A		80	260	100	440
B	40		25	165	230
C	130	25		80	235
D	100	55	0		155
Tot	270	160	285	345	1060

CRAFT

Possible exchanges in the initial layout	New total layout cost
A with B	1.060
A with C	955
A with D	1.095
B with C	This is not possible, since B is not next to C in the original layout
B with D	945
C with D	1.040

CRAFT



Craft

- Qualche volta, uno scambio può risultare in una forma un po' strana per il reparto.
- E' un algoritmo che cerca un layout migliore rispetto a un layout già esistente, non è una procedura costruttiva.
- Il risparmio atteso potrebbe non essere ottenuto dopo lo scambio fra due reparti (a causa del calcolo dei centroidi attuali, che viene effettuato solo a posteriori).

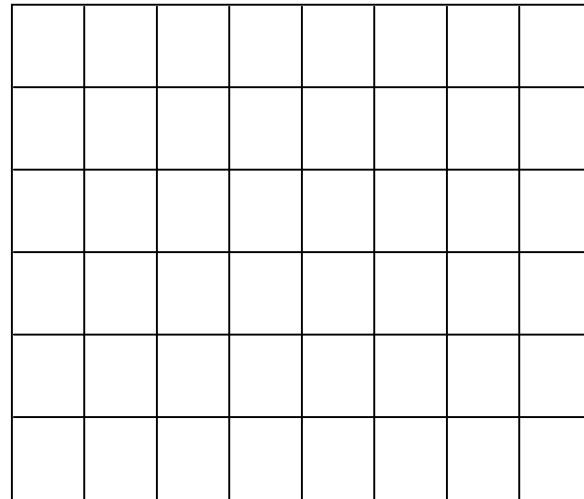
Aldep - Automated Layout Design Program

- **ALDEP è una procedura per costruire un layout**
 - **ALDEP non necessita dunque di un layout iniziale, ma ne costruisce uno da zero.**
 - **Dati:**
 - **Dimensione della struttura**
 - **Numero e dimensione dei reparti**
 - **Activity relationship chart**
 - **Una larghezza di reparto, con cui «spazzare» l'area**
- ALDEP definisce un layout**

Aldep - Automated Layout Design Program

- La dimensione della struttura e la dimensione dei reparti è data in termini di blocchi.
- L'algoritmo può essere spiegato con un esempio: partiamo da una struttura di 8 blocchi orizzontali × 6 blocchi verticali totali (8x6=48 blocchi).
- I dipartimenti (con i rispettivi blocchi) sono :

<input type="checkbox"/> Produzione	14 blocchi
<input type="checkbox"/> Uffici	10
<input type="checkbox"/> Magazzino	8
<input type="checkbox"/> Dock area	8
<input type="checkbox"/> Spogliatoio	4
<input type="checkbox"/> Servizi	4



Aldep - Automated Layout Design Program

A: absolutely necessary

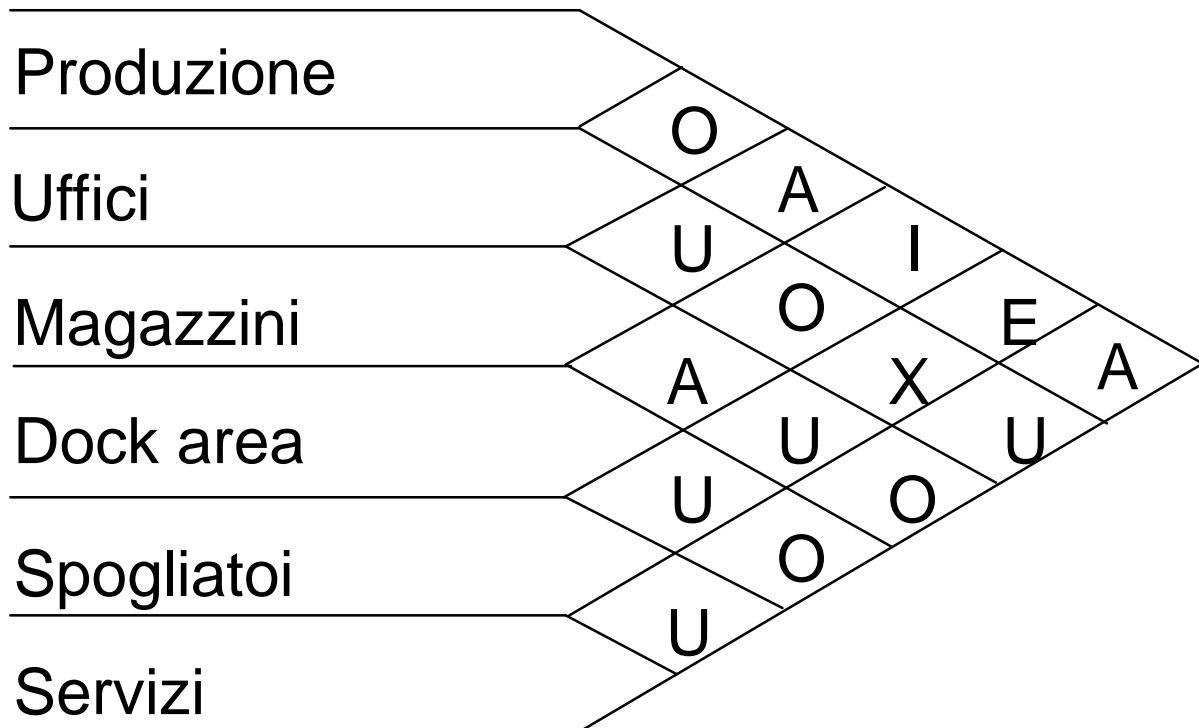
E: especially important

I: important

O: ordinarily important

U: unimportant

X: undesirable



Aldep - Automated Layout Design Program

L'algoritmo ALDEP comincia ad allocare partendo dall'angolo sinistro in alto. Il primo reparto è scelto random. Cominciando con un reparto diverso, il risultato finale sarà diverso.

- ❑ Cominciamo ad esempio con il dock rooms (D). A partire dall'angolo in alto a sinistra devono essere allocati 8 blocchi.
- ❑ La larghezza dell'area «spazzata» dal reparto è definito in numero di blocchi. Data una larghezza di 2 blocchi, allora l'area totale sarà $2 \times 4 = 8$ blocchi (quindi lunga 4 blocchi).

D	D						
D	D						
D	D						
D	D						

ALDEP

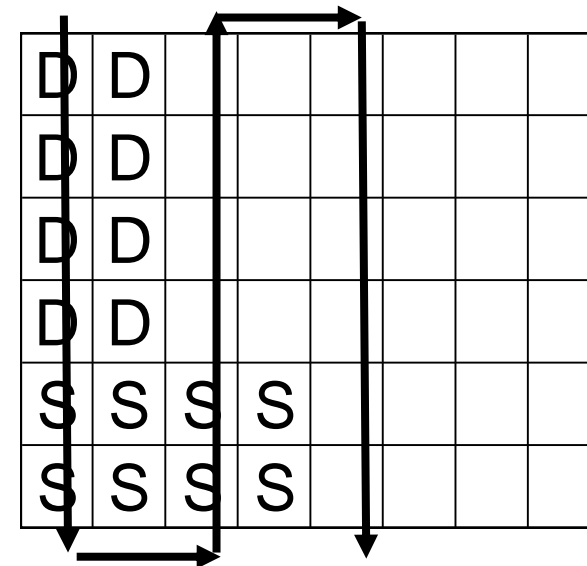
- Per scegliere il reparto successivo, si guarda il reparto che ha il proximity rating più alto con il reparto già allocato. Nell'esempio, il magazzino (S) ha il proximity rating più alto con il dock area (livello A).
- Il magazzino viene allocato e 8 altri blocchi devono essere occupati.
- Ci sono $2 \times 2 = 4$ blocchi sotto l'area del dock. (D). Dopo aver posizionato 4 blocchi, e aver occupato tutta l'area della prima "colonna", si continua a riempire selezionando altre 2 colonne (=larghezza) e muovendosi curvando verso l'alto.

D	D						
D	D						
D	D						
D	D						
S	S	S	S				
S	S	S	S				

ALDEP

- L'allocazione parte dall'angolo in alto a destra e si muove con una larghezza di 2 blocchi predefinita.
- Una volta raggiunta la parete opposta, l'allocazione continua selezionando la stessa larghezza (2 blocchi) e muovendosi verso l'alto.

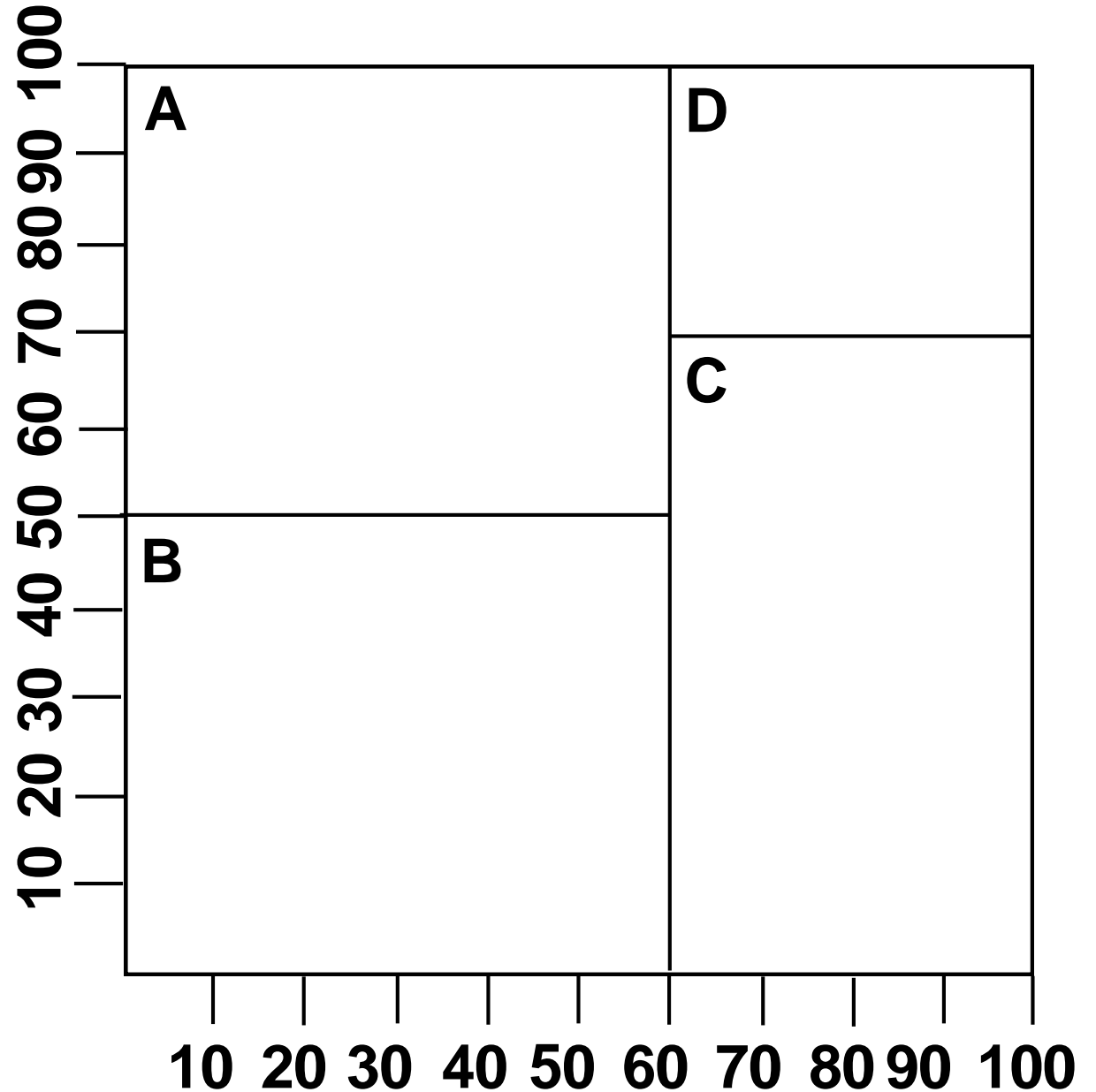
- Si prosegue con un andamento a zig-zag.
- Una volta completata la seconda colonna, l'allocazione continua, selezionando i 2 blocchi (larghezza) successivi sulla destra e muovendosi verso il basso.





CRAFT - esercizio


- E' un buon layout?
- Può essere migliorato?



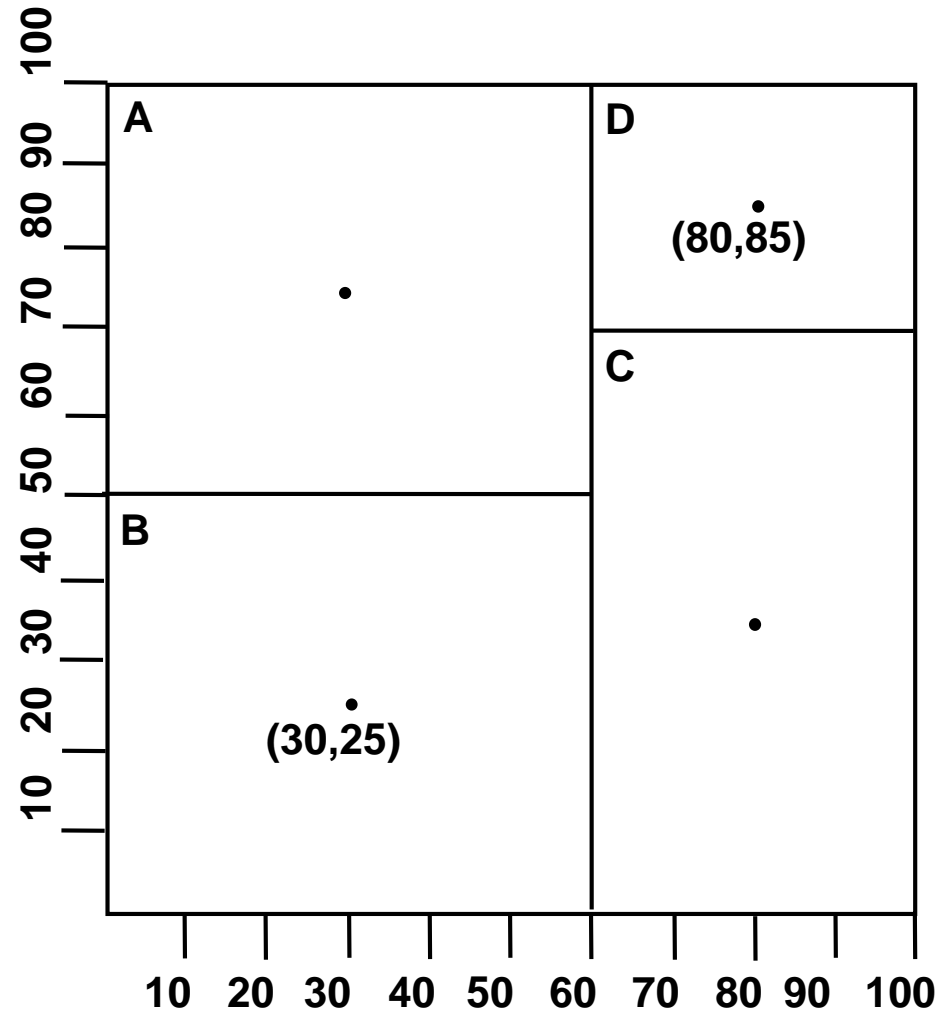
■ Distanza fra due reparti

- Calcolare la distanza fra due reparti adiacenti (separati solo da una linea).
- Le persone devono camminare per spostarsi da un reparto all'altro, anche se questi sono adiacenti.
- Una stima del percorso da fare può essere ottenuta calcolando la distanza fra i due centroidi dei reparti in considerazione.
- Il centroide di un rettangolo è l'intersezione delle diagonali.
- Per le proprietà geometriche del rettangolo, il centroide è il punto che divide la diagonale in due segmenti congruenti. Così, presi gli estremi della diagonale, (x_1, y_1) (x_2, y_2)

$$\left(\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2} \right)$$

- 
- **La distanza fra due reparti è calcolata come la distanza fra i loro centroidi.**
 - **Le persone camminano su percorsi per lo più rettilinei (corridoi). La distanza euclidea non è pertanto rappresentativa della distanza reale di cammino. La distanza rettilinea è un'approssimazione migliore.**
 - **Per cui la distanza fra due reparti (A,B) = distanza rettilinea fra i due centroidi di A e B.**

- Centroide di A =?
- Centroide di C =?
- Distanza (A,C) =?



■ **Siano**

□ **Centroide del reparto A = (x_A, y_A)**


□ **Centroide del reparto B = (x_B, y_B)**

■ **La distanza fra i reparti A e B si calcola come, $\text{Dist}(A,B)=$**

$$= |x_A - x_B| + |y_A - y_B|$$

■ **La distanza fra i reparti A e C è la distanza rettilinea fra i loro centroidi, $(30,75)$ e $(80,35)$. $\text{Dist}(A,C)=$**

$$= |x_A - x_C| + |y_A - y_C| = |30 - 80| + |75 - 35| = 90$$

- 
- **Se il numero di viaggi fra due reparti è molto alto, i reparti devono essere messi vicini, in modo da minimizzare la distanza totale percorsa.**
 - **La distanza percorsa fra due reparti A e B = $\text{Dist}(A,B) \times \text{numero di viaggi fra A e B}$.**
 - **La distanza totale percorsa all'interno dell'impianto è ottenuta calcolando la distanza fra ogni coppia di reparti e quindi sommando tutti i risultati ottenuti.**
 - **Dato un layout, CRAFT calcola la distanza totale percorsa.**

CRAFT: Distanza totale percorsa

(a) Tabella di movimentazione
(data)

From \ To	A	B	C	D
A		2	7	4
B	3		5	7
C	6	7		3
D	7	7	3	

(a)

CRAFT: Distanza totale percorsa

- (a) Tabella di movimentazione
(data)
- (b) Distanze (date)

From \ To	A	B	C	D
A		2	7	4
B	3		5	7
C	6	7		3
D	7	7	3	

(a)

From \ To	A	B	C	D
A		50	90	60
B	50		60	110
C	90	60		50
D	60	110	50	

(b)

CRAFT: Distanza totale percorsa

(a) Tabella di movimentazione (data)

(b) Distanze (date)

(c) Calcolo della distanza percorsa fra (A,B)

$$= \text{viaggi}(A,B) \times \text{dist}(A,B)$$

Distanza Totale percorsa

$$= 100+630+240+....$$

$$= 4640$$

From \ To	A	B	C	D
A		2	7	4
B	3		5	7
C	6	7		3
D	7	7	3	


(a)

From \ To	A	B	C	D
A		50	90	60
B	50		60	110
C	90	60		50
D	60	110	50	


(b)

From \ To	A	B	C	D
A		100	630	240
B	150		300	770
C	540	420		150
D	420	770	150	

(c)

- 
- **I risparmi vengono calcolati SOLO per tutti gli scambi possibili.**
 - **Uno scambio fra due reparti è possibile solo se i reparti hanno la stessa area o se sono adiacenti (un lato in comune).**
 - **Coppie scambiabili {A,B}, {A,C}, {A,D}, {B,C}, {C,D}**
 - **Coppia non scambiabile {B,D}**

- **Come esempio, calcoliamo il risparmio che si ottiene scambiando C e D.**
- **Nuovi centroidi:**
 - **A (30,75) invariato**
 - **B (30,25) invariato**
 - **C (80,85) Vecchio centroide del reparto D**
 - **D (80,35) Vecchio centroide del reparto C**
- **Nota bene! Anche se C e D vengono scambiati, si usano i loro centroidi approssimati (C(80,85) e D(80,35)). I veri nuovi centroidi sono C(80,65) e D(80,15).**

- 
- **La prima cosa da fare è ricostruire la matrice delle distanze, una volta scambiati i due reparti.**
 - **Il perchè abbiamo usato dei centroidi solo approssimati, è chiaro ora:**
 - **Se avessimo usato i centroidi esatti, avremmo dovuto ricalcolare la distanza fra tutte le coppie di reparti che coinvolgono C o D.**
 - **Invece, siccome stiamo semplicemente scambiando i centroidi, la nuova matrice delle distanze può essere ottenuta mettendo a posto i vecchi valori (scambio di righe o colonne) sulla matrice precedente.**

- La matrice sulla sinistra è precedente lo scambio. Quella sulla destra successiva.
- Dist (A,B) e Dist (C,D) non è cambiata.
- Nuova dist (A,C) = Prima dist (A,D)
- Nuova dist (A,D) = Prima dist (A,C)
- Nuova dist (B,C) = Prima dist (B,D)
- Nuova dist (B,D) = Prima dist (A,C)

**Scambio
C,D**

From \ To	A	B	C	D
A		50	90 ↔ 60	
B	50		60 ↔ 110	
C	↕ 90	↕ 60		50
D	↕ 60	↕ 110	50	

From \ To	A	B	C	D
A		50	60	90
B	50		110	60
C	60	110		50
D	90	60	50	

(a) Tabella movimentazione materiale (data)

From \ To	A	B	C	D
A		2	7	4
B	3		5	7
C	6	7		3
D	7	7	3	

(a)

(a) Tabella movimentazione materiale (data)

From \ To	A	B	C	D
A		2	7	4
B	3		5	7
C	6	7		3
D	7	7	3	

(a)

(b) Distanze (aggiornata)

From \ To	A	B	C	D
A		50	60	90
B	50		110	60
C	60	110		50
D	90	60	50	

(b)

(a) Tabella movimentazione materiale (data)

From \ To	A	B	C	D
A		2	7	4
B	3		5	7
C	6	7		3
D	7	7	3	

(a)

(b) Distanze (aggiornata)

From \ To	A	B	C	D
A		50	60	90
B	50		110	60
C	60	110		50
D	90	60	50	

(b)

(c) Calcolo distanza percorsa fra (A,B)

= viaggi (A,B) × dist (A,B)

Totale distanza percorsa

= 100+420+360+...

= 4480

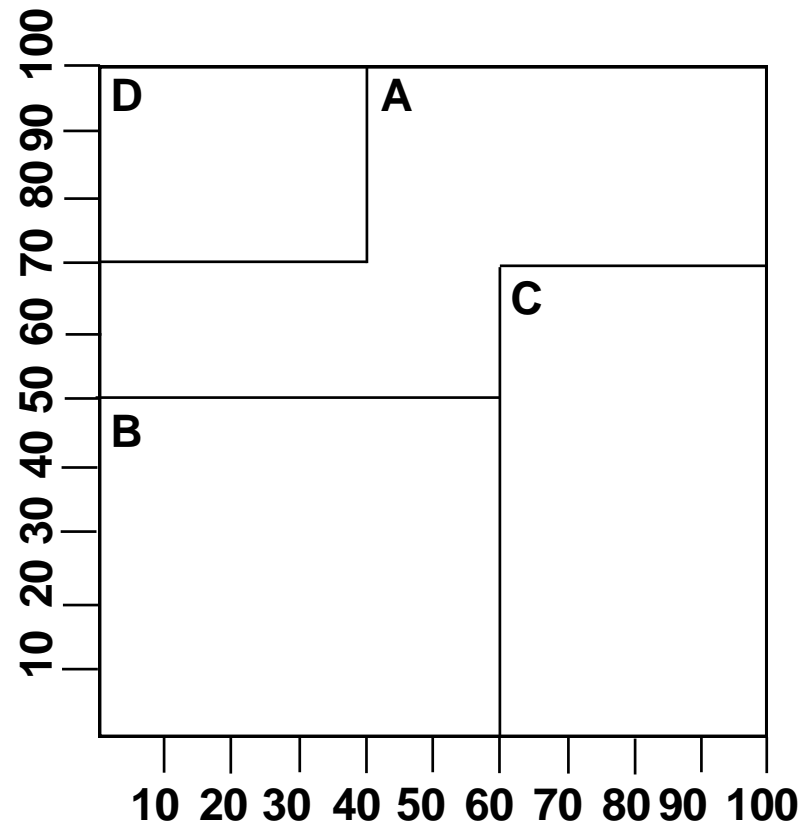
Risparmio

From \ To	A	B	C	D
A		100	420	360
B	150		550	420
C	360	770		150
D	630	420	150	

(c)

■ Per completare l'esercizio

- Calcolare il risparmio per tutti gli scambi possibili. Se non ci sono risparmi, stoppare l'algoritmo.
- Se tutti gli scambi danno dei risparmi (positive), scegliere lo scambio che fa risparmiare maggiormente.
- Una volta scelto lo scambio, scambiare i reparti e calcolare tutti i nuovi centroidi in modo esatto.
- Ripetere i passi dell'algoritmo, fino a che si trova uno scambio vantaggioso.



ALDEP - esercizio

Il layout consiste in 5 reparti, con le seguenti dimensioni (in blocchi) e matrice di relazione. La larghezza specifica è di 2 blocchi

Department	Name	Blocks
A	Receiving	6
B	Milling	4
C	Press	6
D	Drilling	4
E	Assembly	8

	A	B	C	D	E
A		E	O	I	O
B			U	E	I
C				U	U
D					I
E					

A: absolutely necessary
E: especially important
I: important
O: ordinarily important
U: unimportant
X: undesirable

ALDEP - esercizio

Il layout consiste in 5 reparti, con le seguenti dimensioni (in blocchi) e matrice di relazione. La larghezza specifica è di 2 blocchi

Spazio totale disponibile