

Esercizi e complementi di Ottimizzazione nella Gestione dei Progetti

Marco Pranzo

16 Aprile 2009

1 Organizzazione concerto rock

I promotori di un evento rock devono svolgere le attività (Tabella 1) per organizzare un concerto. Si disegni la rete delle attività (AoN) del progetto e si calcoli il minimo numero di giorni necessari per organizzare un concerto, evidenziando le attività critiche.

Che cosa succede se la tipografia consegnerà i volantini pubblicitari in ritardo, facendo quindi incrementare la durata dell'attività C da 5 a 9 giorni?

1.1 Svolgimento

In Figura 1 è rappresentata la rete AoN che rappresenta il progetto. Si osservi come le attività di inizio non è necessaria, essendo A la *naturale* attività di inizio progetto. Mentre indichiamo con * il nodo fine progetto. Le attività riportate in Tabella 1 non rispettano l'ordinamento topologico, quindi si deve applicare l'algoritmo di ordinamento topologico. L'unica attività senza predecessori è A, dopo la sua rimozione B, E ed F sono le attività senza predecessori. Eliminando B rimangono senza predecessori le attività C, J e H. Eliminando E non si genera nessuna attività senza predecessori. A seguito della rimozione di F, l'attività I rimane senza predecessori. Eliminando C, J e H non si

Descrizione	Indice	Predecessori	Durata (giorni)
Individuazione del sito	A	Nessuno	3
Assunzione personale	B	A	2
Stampa volantini	C	B	5
Dettagli ultimo minuto	D	G	2
Contatti con agenti di vendita	E	A	3
Affitto apparecchiature	F	A	3
Prove generali	G	H,I	2
Preparazione dei trasporti	H	B	1
Istallazione impianto acustico	I	B,F	4
Pubblicità radio e TV locale	J	B	2

Tabella 1: Dettaglio delle attività

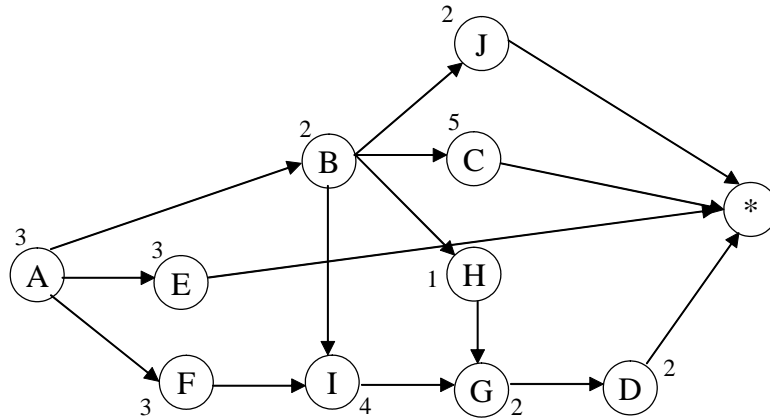


Figura 1: Rete AoN del progetto

Attività	EST	LST	TF
A	0	0	0
B	3	4	1
E	3	11	8
F	3	3	0
C	5	9	4
J	5	12	7
H	5	9	4
I	6	6	0
G	10	10	0
D	12	12	0
*	14	14	0

Tabella 2: Calcolo del cammino critico

causa nessuna attività senza predecessori. La rimozione di I provoca l'attività G senza predecessori. L'algoritmo termina eliminando G, e infine l'attività D. L'ordinamento topologico ottenuto è A,B,E,F,C,J,H,I,G,D.

Individuato un ordinamento topologico si può procedere con il calcolo della durata del progetto e l'individuazione delle attività critiche. Ci limitiamo a calcolare gli EST e LST di ogni attività. I risultati sono mostrati in Tabella 2. Il concerto potrà cominciare non prima di 14 giorni e le attività critiche sono A, F, I, G, D.

Nel caso in cui la stampa dei volantini (attività C) duri 9 giorni invece di 5, allora lo slittamento (total float) dell'attività verrà ridotto a zero. Il concerto potrà comunque cominciare dopo 14 giorni, ma in questo caso vi saranno due cammini critici di uguale durata (A,F,I,G,D) e (A,B,C).

2 Costruzione di una stanza (prima parte)

Ad una ditta edile è stata commissionata la costruzione di una nuova stanza in un edificio esistente. Le attività per portare a termine il progetto sono rappresentate in Tabella

Descrizione	Indice	Predecessori	Durata (giorni)
Scavo delle fondamenta	A	Nessuno	4
Costruzione dei pilastri portanti	B	A	4
Ordine (e consegna) delle finestre	C	Nessuno	11
Costruzione delle mura esterne	D	B	3
Posa dell'impianto elettrico	E	D	4
Posa delle tubature	F	D	3
Montaggio delle grondaie	G	D	4
Posa delle pareti (interno)	H	E,F,G	3
Posa delle finestre	I	B,C	1
Pittura e rifinitura	J	H	2

Tabella 3: Dettaglio delle attività

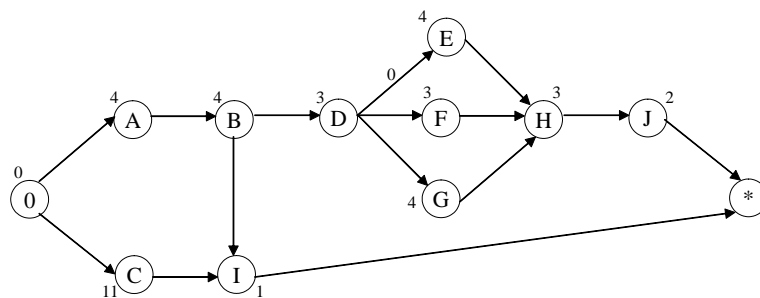


Figura 2: Rete AoN del progetto

3. Sapendo che il committente vuole che i lavori siano terminati entro quindici giorni lavorativi, il proprietario della ditta edile deve sapere quanti giorni saranno necessari per portare a termine il lavoro. Si calcoli la durata del progetto e le sue attività critiche. Inoltre si calcoli per ogni attività il total float, il free float ed il safety float.

2.1 Svolgimento

In Figura 2 è rappresentata la rete AoN che rappresenta il progetto, avendo indicato con 0 il nodo inizio progetto e * il nodo fine progetto. Le attività riportate in Tabella 3 rispettano l'ordinamento topologico, quindi si può procedere con il calcolo della durata del progetto e l'individuazione delle attività critiche. I risultati sono mostrati in Tabella 4.

E' possibile concludere che la ditta edile terminerà la costruzione della stanza non prima di 20 giorni. Le attività critiche saranno A, B, D, E, G, H, J. In particolare le attività critiche saranno disposte su due cammini critici (A,B,D,E,H,J) e (A,B,D,G,H,J) di pari lunghezza.

Attività	EST	LST	TF	FF	SF
0	0	0	0	0	-
A	0	0	0	0	0
B	4	4	0	0	0
C	0	8	8	0	8
D	8	8	0	0	0
E	11	11	0	0	0
F	11	12	1	1	1
G	11	11	0	0	0
H	15	15	0	0	0
I	11	19	8	8	0
J	18	18	0	0	0
*	20	20	0	-	0

Tabella 4: EST, LST, TF, FF e SF

Attività	Costo giornaliero	Massima riduzione (giorni)
A	150	2
B	160	2
C	80	4
D	80	1
E	160	2
F	150	1
G	130	2
H	100	1
I	70	0.5
J	100	1

Tabella 5: Calcolo del cammino critico

3 Costruzione di una stanza (seconda parte)

Il proprietario della ditta edile sa che terminerà la costruzione della stanza dopo 20 giorni lavorativi. Sfortunatamente i lavori devono terminare entro 15 giorni lavorativi, quindi è necessario riuscire a ridurre la durata dei lavori per rispettare le scadenze. Decide quindi di assumere un manovale aggiuntivo. Il proprietario riesce a stimare (Tabella 5) i costi aggiuntivi giornalieri, e la massima riduzione possibile per ogni attività. Per esempio, è possibile ridurre l'attività A da 4 a 3 giorni con un costo aggiuntivo di 150 euro, oppure da 4 di 2 giorni pagando 300 euro. In che modo è possibile rispettare la scadenza minimizzando i costi aggiuntivi? Si rappresenti l'andamento dei costi aggiuntivi alla diminuzione della durata del progetto.

3.1 Svolgimento

In Figura 2 è rappresentata la rete AoN del progetto. Dall'esercizio precedente sappiamo che i due cammini critici sono (A,B,D,E,H,J) e (A,B,D,G,H,J). L'attività con costo

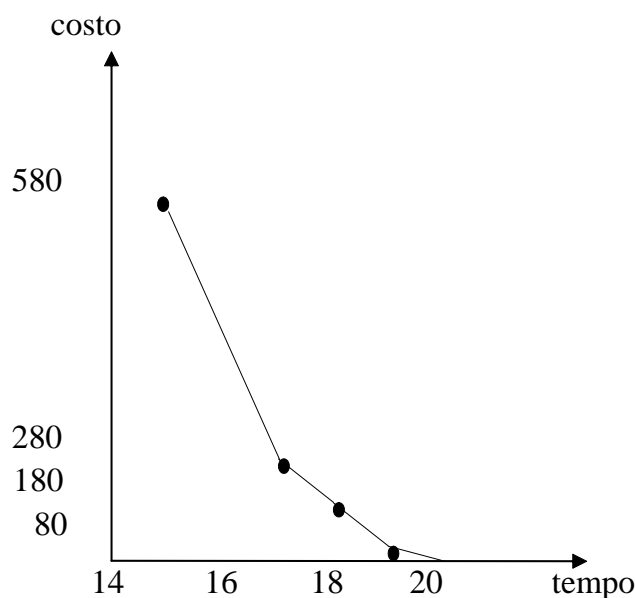


Figura 3: Andamento dei costi aggiuntivi

giornaliero minore che giace sul cammino critico è D. D può essere ridotta al più di un giorno con una spesa aggiuntiva di 80. Dopo la riduzione di D la durata del progetto sarà pari a 19 giorni. Dopo di che le due attività più economiche da ridurre sono H e J (entrambe con costo 100). Selezioniamo prima l'attività H riducendo la durata del progetto di 1 giorno (costo aggiuntivo $180 = 80 + 100$, durata 18), e poi J (costo aggiuntivo $280 = 180 + 100$, durata 17). Si osservi come l'ordine della scelta di H o J sia indifferente al fine sia della riduzione complessiva del progetto sia dell'aumento dei costi. A questo punto l'attività critica con costo minore risulta essere G. Ma l'attività G è in parallelo sul cammino critico con l'attività E, quindi volendo ridurre G e la durata del progetto bisogna anche ridurre E dello stesso quantitativo, e quindi incorrere in un aumento dei costi (290 di costo giornaliero di riduzione). Per queste motivazioni risulta più economico ridurre prima A (costo marginale 150, massima riduzione 2 giorni lavorativi). Riducendo A si ha un incremento di costo di 300 per la riduzione di 2 giorni lavorativi. Il progetto durerà 15 giorni lavorativi (rispettando la data di consegna) con un costo aggiuntivo di 580. L'andamento dei costi aggiuntivi al diminuire della durata del progetto è mostrato in Figura 3.

4 Baseline dei costi

Dato il progetto in Tabella 6, si tracci l'andamento della spesa in corrispondenza degli Earliest Start Schedule e Latest Start Schedule supponendo che il costo di ogni attività venga sostenuto linearmente durante il suo svolgimento.

Attività	Durata	Predecessore	Costo
1	0	-	0
2	7	1	70
3	6	1	120
4	3	2	60
5	4	3,4	40
6	4	5,2	20
7	0	6	0

Tabella 6: Dati progetto

Attività	EST	LST
1	0	0
2	0	0
3	0	4
4	7	7
5	10	10
6	14	14
7	18	18

Tabella 7: Earliest and Latest Start Time

4.1 Svolgimento

Per prima cosa si devono calcolare l'ESS e il LSS (Tabella 7). Dopo di che la curva degli andamenti dei costi sostenuti durante lo svolgimento del progetto sar quella mostrata in Figura 4, dove l'area nera rappresenta i possibili andamenti dei costi a seconda dello schedule effettivamente realizzato. La curva si ottiene considerando l'intervallo di esecuzione di ogni attività in uno schedule, e incrementando i costi linearmente durante quel periodo. Nel caso in cui più attività siano in svolgimento parallelo allora la pendenza della baseline dei costi è ottenuta dalla somma dei costi delle attività in svolgimento.

5 Baseline dei costi

Dato il progetto in Tabella 8, si tracci l'andamento della spesa in corrispondenza degli Earliest Start Schedule e Latest Start Schedule. Nella colonna "Tipo" viene specificata per ogni attività come viene effettuato il suo pagamento: "I" sta per iniziale, tutto il costo viene sostenuto all'inizio della attività, "F" sta per pagamento finale, mentre "L" sta per pagamento lineare durante lo svolgimento della attività. Nel caso in cui siano disponibili non più di 10 unità monetarie fino all'istante 5, è possibile portare a termine il progetto nel minimo tempo di completamento?

5.1 Svolgimento

Per prima cosa si devono calcolare l'ESS e il LSS (Tabella 9). Dopo di che la curva degli andamenti dei costi sostenuti durante lo svolgimento del progetto sar quella mostrata in

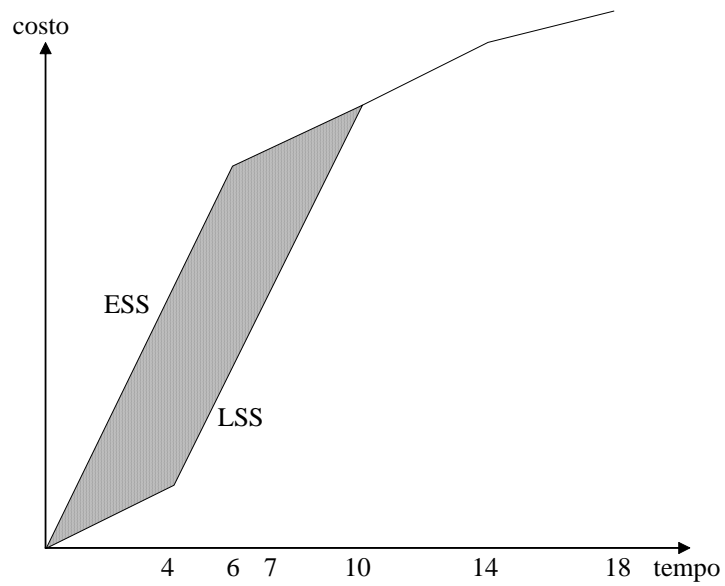


Figura 4: Possibili andamenti dei costi

Attività	Durata	Predecessore	Costo	Tipo
1	0	-	-	-
2	4	1	2	I
3	3	1	1	F
4	2	3	6	L
5	5	2,4	3	I
6	5	3	5	I
7	0	5,6	-	-

Tabella 8: Dati progetto

Attività	EST	LST
1	0	0
2	0	1
3	0	0
4	3	3
5	5	5
6	3	5
7	10	10

Tabella 9: Earliest and Latest Start Time

Figura 5.

Nel caso in cui siano disponibili solo 10 unità monetarie fino all'istante 5 il progetto può ancora terminare in tempo visto che esistono schedule ammissibili, cioè che rimangono fuori dalla regione di inammissibilità (area compresa tra l'andamento ESS e LSS in Figura 4).

6 Rete Activity On Arcs

A partire dalla rete AoN in Figura 6 si rappresenti lo stesso progetto utilizzando una rete AoA.

6.1 Svolgimento

Introducendo un arco per ogni attività del progetto e collegandoli per mezzo di archi fittizi in modo da rispettare le precedenze si ottiene una rete AoA non minimale. La fase di compattazione degli archi fittizi superflui porta alla eliminazione di quasi tutti gli archi fittizi. Ne rimangono 4 che sono necessari per evitare la presenza di archi multipli. La rete Activity on Arcs del progetto equivalente alla rete AoN è rappresentata in Figura 7. Si osservi come la rappresentazione AoA risulti in questo caso leggermente più compatta con 12 archi (di cui 4 fittizi) e 9 nodi contro i 15 archi e 8 nodi richiesti dalla rappresentazione AoN.

7 Relazione tra Total Float e Free/Safety Float

E' possibile dimostrare che se una attività è critica (total float nullo) allora sia il free float e sia il safety float sono nulli, ovvero $TF_i = 0$ implica sia $SF_i = 0$ che $FF_i = 0$. Quando il total float di una attività è nullo ($TF_i = 0$) allora vale $LST_i = EST_i$, e ricordando che $LST_i = \max\{LFT_k | i < k\}$ ne consegue che esiste almeno una attività j per cui vale $LST_i = LFT_j$. Per definizione il safety float può essere scritto come $SF_i = LST_i - \max LFT_k$, ma si può riscrivere come $SF_i = LST_i - LFT_j = LST_i - LST_i = 0$. Analogamente un ragionamento simmetrico può essere ripetuto per il free float FF_i .

Dimostriamo ora che invece non vale il contrario. Ovvero che una attività può avere contemporaneamente $SF = FF = 0$ pur senza essere critica $TF = 0$. Basta considerare

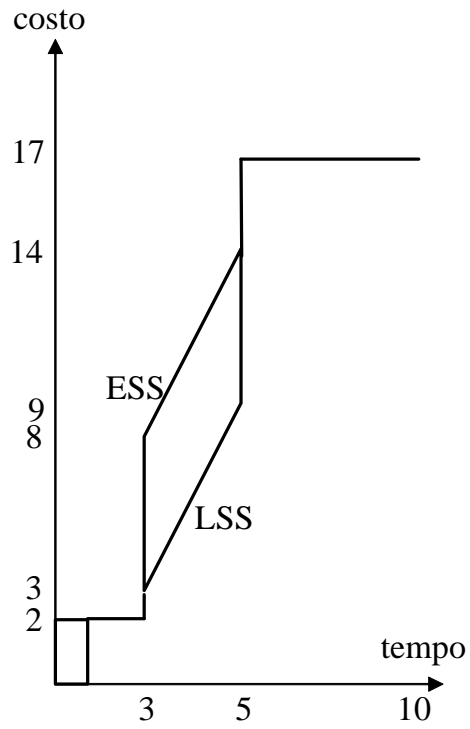


Figura 5: Possibili andamenti dei costi e regione non ammissibile

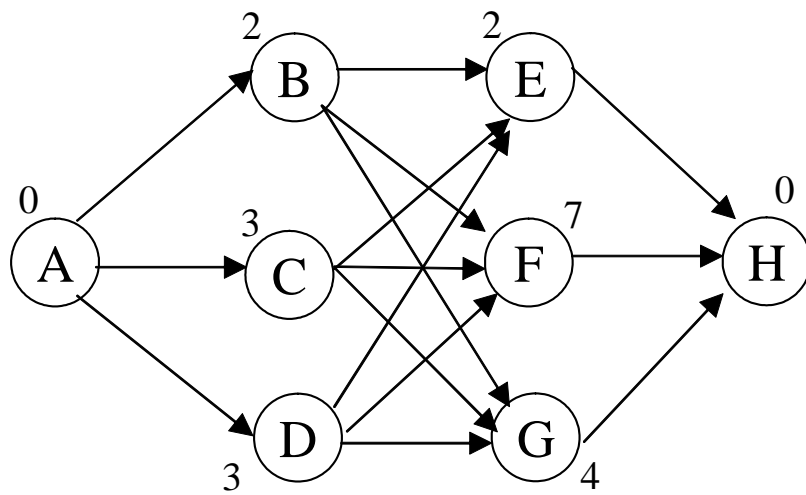


Figura 6: Rete AoN del progetto

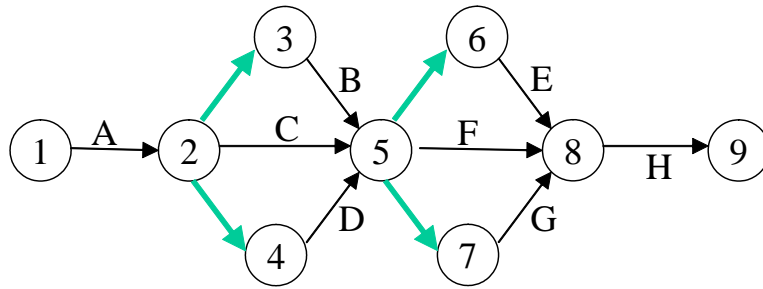


Figura 7: Rete AoA del progetto

Attività	durata	predecessori
1	0	-
2	1	1
3	1	2
4	1	3
5	10	1
6	0	4,5

Tabella 10: Dati progetto

il seguente esempio (Tabella 10).

7.1 Svolgimento

Il risultato è mostrato in Tabella 11. Si osservi come l'attività 3 non sia critica $TF_3 = 7$ nonostante abbia safety e free float pari a zero ($SF_3 = FF_3 = 0$).

Attività	EST	LST	TF	SF	FF
1	0	0	0	0	0
2	0	7	7	7	0
3	1	8	7	0	0
4	2	9	7	0	7
5	0	0	0	0	0
6	10	10	0	0	0

Tabella 11: Calcolo dei float

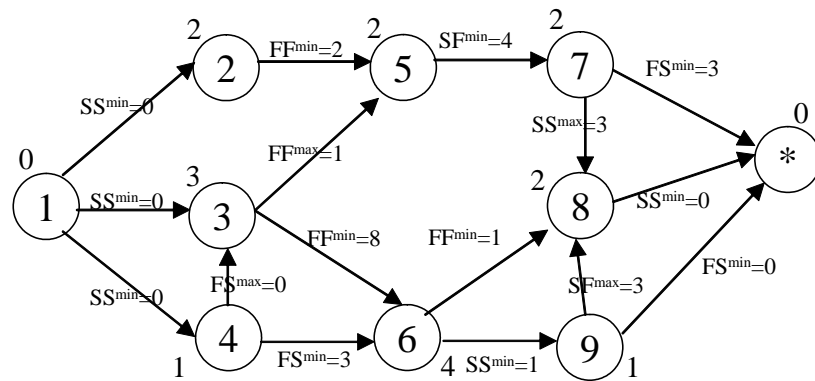


Figura 8: Grafo delle precedenze

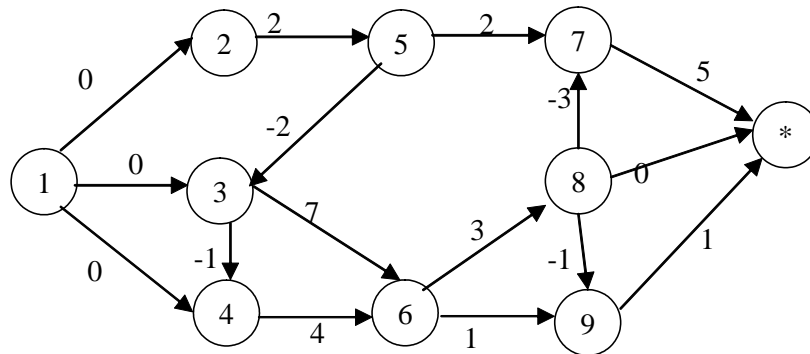


Figura 9: Grafo dei vincoli

8 Relazioni di precedenze generalizzate ed Earliest Start Schedule

Dato il progetto in Figura 8 rappresentato come grafo delle precedenze, effettuare la trasformazione in un grafo dei vincoli, e calcolare ESS (Earliest Start Schedule), applicando l'algoritmo di Ford-Bellman. Si discuta che cosa succede se la durata della attività 3 viene ridotta di una unità.

8.1 Svolgimento

Ricordando le regole di trasformazione delle precedenze generalizzate è possibile ottenere il grafo dei vincoli, come mostrato in Figura 9.

Considerando che la rete così ottenuta potrebbe presentare cicli (sia di peso positivo sia negativo), per calcolare l'Earliest Start Schedule applichiamo l'algoritmo di Ford-Bellman.

Nodo	Iter0	Iter1	Iter2	Iter3
1	0	0	0	0
2	$-\infty$	0	0	0
3	$-\infty$	0	0	0
4	$-\infty$	0	0	0
5	$-\infty$	2	2	2
6	$-\infty$	7	7	7
7	$-\infty$	7	7	7
8	$-\infty$	10	10	10
9	$-\infty$	9	9	9
10	$-\infty$	10	12	12

Tabella 12: Esecuzione dell'algoritmo di Ford-Bellman

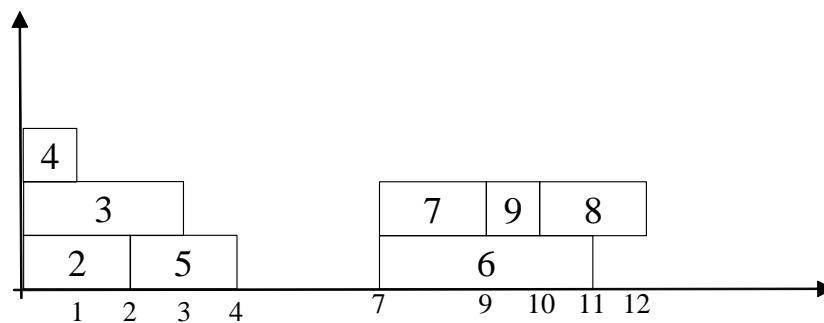


Figura 10: Diagramma di Gantt dell'Earliest Start Schedule

Scegliamo il seguente ordinamento degli archi (1,2), (1,3), (1,4), (2,5), (3,6), (3,4), (4,6), (5,3), (5,7), (6,8), (6,9), (7,10), (8,7), (8,9), (8,10), (9,10). Alla terza iterazione l'algoritmo di Ford-Bellman termina (Tabella 12), restituendo il vettore degli istanti di inizio delle operazioni. Gli archi attraversati dal cammino critico sono (1,3), (3,6), (6,8), (8,7) e (7,10). In Figura 10 viene mostrato il diagramma di Gantt dell'ESS.

Riducendo l'attività 3 di una unità il costo degli archi (5,3) e (3,6) diventa rispettivamente -1 e 6. Il cammino critico non viene modificato, anche se viene ridotto di uno così come lo start time delle attività 6, 7, 8, 9 e 10 diminuisce di uno. Il makespan ora è pari a 11.

9 Relazioni di precedenza generalizzate e Latest Start Schedule

Dato il progetto in Figura 11 rappresentato come grafo delle precedenze, effettuare la trasformazione in un grafo dei vincoli, e calcolare LSS (Latest Start Schedule) fissando la deadline a 12. Indicare il cammino critico.

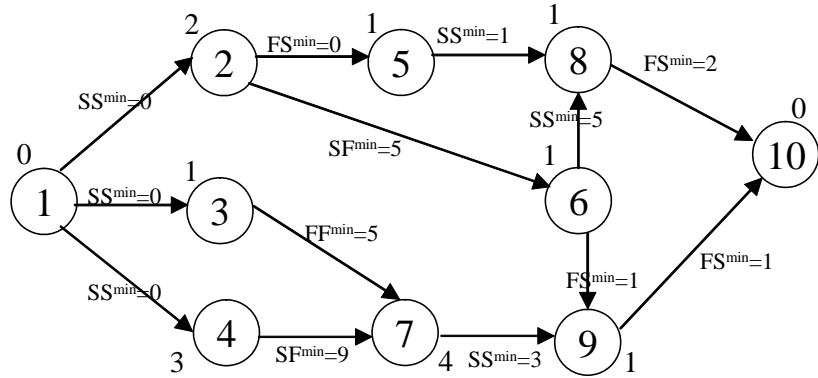


Figura 11: Grafo delle precedenze

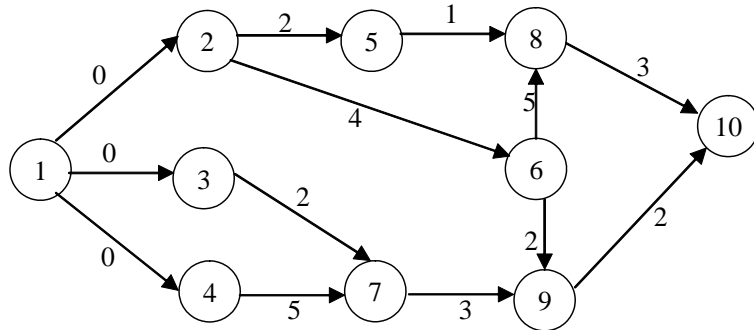


Figura 12: Grafo dei vincoli

9.1 Svolgimento

Il grafo dei vincoli è mostrato in Figura 11.

Il massimo istante di inizio è definito come l'ultimo istante utile in cui è possibile iniziare una attività senza violare il vincolo di deadline. In altre parole è pari al valore della deadline d a cui bisogna sottrarre la lunghezza del cammino più lungo sul grafo dei vincoli dal nodo i al nodo n . Quindi, per calcolare il Latest Start Schedule utilizzando l'algoritmo Ford-Bellman è necessario modificare leggermente l'algoritmo (in maniera analoga a come è stato fatto per il calcolo del LST nel caso di grafi aciclici).

Per prima cosa osserviamo che per il calcolo degli LST_i deve necessariamente essere fornita una deadline d del progetto. Nel caso in cui questa deadline non fosse fornita si può procedere calcolando prima i minimi istanti di inizio (e la durata del progetto ovvero C_{max} , e poi porre la deadline iniziale pari al makespan ($d = C_{max}$). In particolare le modifiche riguardano la fase di inizializzazione degli start time che vanno posti a $s_n = d$

Nodo	Iter0	Iter1	Iter2
1	$+\infty$	0	0
2	$+\infty$	0	0
3	$+\infty$	5	5
4	$+\infty$	2	2
5	$+\infty$	8	8
6	$+\infty$	4	4
7	$+\infty$	7	7
8	$+\infty$	9	9
9	$+\infty$	10	10
10	12	12	12

Tabella 13: Esecuzione dell'algoritmo di Ford-Bellman

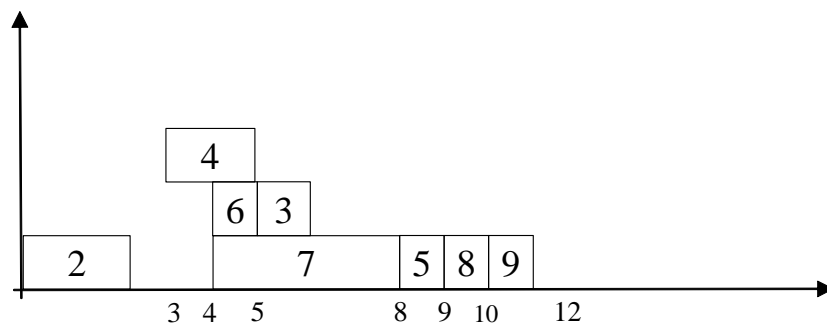


Figura 13: Diagramma di Gantt dell'Latest Start Schedule

e $s_i = +\infty$ (nella versione originale erano posti a $s_1 = 0$ e $s_i = -\infty$). L'altra modifica riguarda il controllo di ammissibilità che viene effettuato nella valutazione di ogni arco:

if $e_k = (i, j)$ è tale che $s_j < s_i + l_{ij}$

$$s_j = s_i + l_{ij}$$

che diviene:

if $e_k = (i, j)$ è tale che $s_i > s_j - l_{ij}$

$$s_i = s_j - l_{ij}$$

Si noti, come, l'algoritmo ora percorrerà gli archi in maniera inversa cercando di abbassare il valore del massimo istante di inizio delle attività.

Fissando la deadline a 12 si può scegliere, ad esempio, come ordinamento degli archi $(8,10)$, $(9,10)$, $(6,9)$, $(7,9)$, $(4,7)$, $(3,7)$, $(1,4)$, $(1,3)$, $(6,8)$, $(5,8)$, $(2,6)$, $(2,5)$, $(1,2)$. Alla seconda iterazione l'algoritmo di Ford-Bellman si arresta ottenendo gli LST di tutte le attività (Tabella 13). Il cammino critico attraversa gli archi $(1,2)$, $(2,6)$, $(6,8)$ e $(8,10)$. In Figura 13 viene mostrato il diagramma di Gantt dell'Latest Start Schedule.

Attività	Predecessori	Durata	Risorse
1	-	0	0
2	1	3	2
3	1	2	2
4	1	4	4
5	2	3	2
6	2	2	1
7	6,5	5	1
8	6	3	3
9	3,4,7,8	0	0

Tabella 14: Dati progetto

Attività	EST	LST
1	0	0
2	0	0
3	0	9
4	0	7
5	3	3
6	3	4
7	6	6
8	5	8
9	11	11

Tabella 15: Calcolo dell'EST e LST

10 RCPSP (Greedy seriale)

A partire dal progetto di Tabella 14, in cui sono disponibili $a = 4$ unità di risorsa, si applichi l'euristica greedy seriale ordinando le attività in ordine LST non decrescente.

10.1 Svolgimento

Per prima cosa bisogna individuare l'ordinamento σ delle attività. Per calcolare l'ordinamento LST non decrescente, essendo l'ordinamento dei nodi già un ordinamento topologico, si può applicare l'algoritmo per il calcolo delle EST (Tabella 15 colonna 1) e una volta nota la durata del progetto si procede al calcolo dei LST (colonna 2 di Tabella 15).

L'ordinamento risulta essere $\sigma = (1, 2, 5, 6, 7, 4, 8, 3, 9)$.

1. Attività 1. Istante di inizio 0, durata 0, risorse richieste 0.
2. Attività 2. Istante di inizio 0, durata 3, risorse richieste 2.
3. Attività 5. Istante di inizio 3, durata 3, risorse richieste 2. L'attività 5 inizia dopo il termine della attività 2 che la precede.
4. Attività 6. Istante di inizio 3, durata 2, risorse richieste 1. Anche l'attività 6 può iniziare all'istante 2.

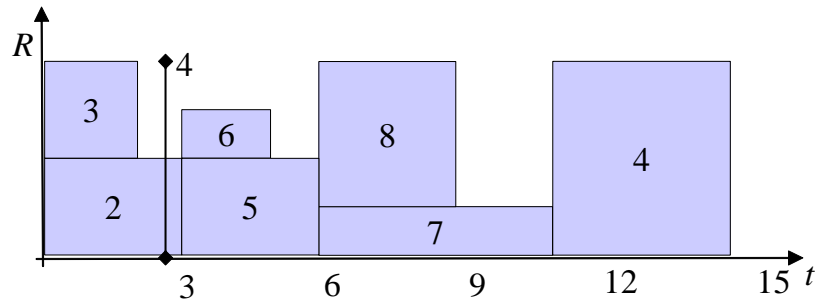


Figura 14: Diagramma di Gantt (finale) della greedy seriale

5. Attività 7. Istante di inizio 6, durata 5, risorse richieste 1. Questa attività inizia al termine delle attività 5 e 6 che la precedono.
6. Attività 4. Istante di inizio 11, durata 4, risorse richieste 4. Questa attività potrebbe cominciare all'istante 0 (non avendo predecessori diretti), ma il suo inizio deve essere ritardato fino all'istante 11 perché richiede ben 4 risorse e quindi non può essere eseguita in parallelo con nessuna altra attività.
7. Attività 8. Istante di inizio 6, durata 3, risorse richieste 3. Questa attività potrebbe iniziare dopo l'attività 6, ma deve essere ritardata di una unità per avere risorse disponibili.
8. Attività 3. Istante di inizio 0, durata 2, risorse richieste 2. Questa attività inizia all'istante 0.

Il diagramma di Gantt così ottenuto è mostrato in Figura 14.

11 RCPSP (Greedy parallela)

A partire dal progetto dell'esercizio precedente (Tabella 14 in cui sono disponibili $a = 4$ unità di risorsa, si applichi l'euristica greedy parallela a partire dall'ordinamento $\sigma = (1, 2, 5, 6, 7, 4, 8, 3, 9)$ (ordinamento LST non decrecenti).

11.1 Svolgimento

- $t = 0$, $W_1 = \{1, 2, 3, 4\}$, ordinamento $\sigma' = (1, 2, 4, 3)$. Vengono eseguite le attività 1, 2 e 3.
- $t = 2$, $W_2 = \{4\}$. L'attività 4 non viene eseguita essendo disponibili solo 3 risorse.
- $t = 3$, $W_3 = \{4, 5, 6\}$, ordinamento $\sigma' = (5, 6, 4)$. Vengono eseguite le attività 5 e 6.
- $t = 5$, $W_4 = \{4, 8\}$, ordinamento $\sigma' = (8, 4)$. Non viene eseguita né l'attività 8 e né attività 4.

Attività	Istante di inizio
1	0
2	0
3	0
4	11
5	3
6	3
7	6
8	6
9	15

Tabella 16: Start time ottenuti dalla greedy parallela

Attività	Predecessori	Durata	Risorse
1	-	0	0
2	1	5	4
3	1	2	1
4	1	4	4
5	2	5	3
6	3	3	2
9	4,5,6	0	0

Tabella 17: Dati progetto

- $t = 6$, $W_5 = \{4, 7, 8\}$, ordinamento $\sigma' = (7, 8, 4)$. Vengono eseguite l'attività 7 e la 8.
- $t = 9$, $W_6 = \{4\}$. L'attività 4 non viene eseguita essendo disponibili solo 3 risorse.
- $t = 11$, $W_7 = \{4\}$. L'attività 4 viene eseguita essendo (finalmente) disponibili tutte e 4 le risorse necessarie per il suo svolgimento.
- $t = 15$, $W_8 = \{9\}$.

Il diagramma di Gantt così ottenuto è identico a quello in Figura 14, ed in Tabella 16 vengono mostrati gli istanti di inizio di tutte le operazioni.

12 RCPSP (Greedy seriale)

A partire dal progetto di Tabella 17 si applichi l'euristica greedy seriale ordinando le attività in ordine LST non decrescente. Partendo da $a = 10$ si determini il massimo valore di a tale che la durata del progetto non ecceda le 10 unità.

12.1 Svolgimento

Per prima cosa bisogna individuare l'ordinamento σ delle attività. Per calcolare l'ordinamento LST non decrescente, essendo l'ordinamento dei nodi già un ordinamento topologico, si

Attività	EST	LST
1	0	0
2	0	0
3	0	5
4	0	6
5	5	5
6	2	7
7	10	10

Tabella 18: Calcolo dell'EST e LST

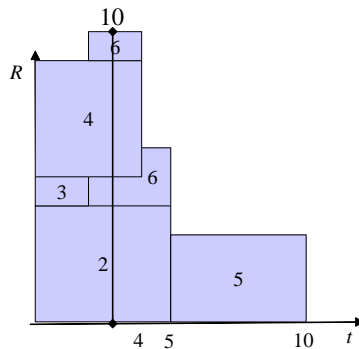


Figura 15: Diagramma di Gantt ($a = 10$) della greedy seriale

può applicare l'algoritmo per il calcolo delle EST (Tabella 18 colonna 1) e una volta nota la durata del progetto si procede al calcolo dei LST (colonna 2 di Tabella 18).

L'ordinamento risulta essere $\sigma = (1, 2, 3, 5, 4, 6, 7)$.

Calcolando il diagramma di Gantt (Figura 15) associato agli Earliest Start Times (trascurando il vincolo sulle risorse) si può osservare come se il numero massimo di risorse a utilizzate sia pari a 10 in corrispondenza dello svolgimento contemporaneo delle attività 2,4 e 6. La durata del progetto è pari a 10.

Ponendo $a = 9$ si ottiene il seguente diagramma di Gantt (Figura 16) in cui si è ritardato l'inizio della attività 6 al termine della attività 4. Il progetto ha ancora una

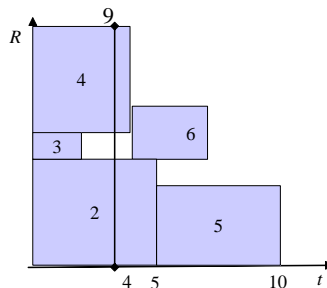


Figura 16: Diagramma di Gantt ($a = 9$) della greedy seriale

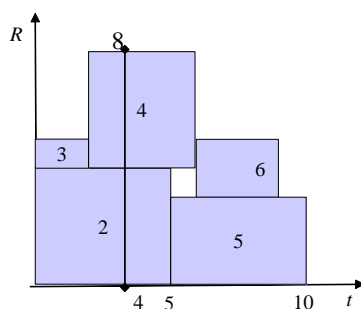


Figura 17: Diagramma di Gantt ($a = 8$) della greedy seriale

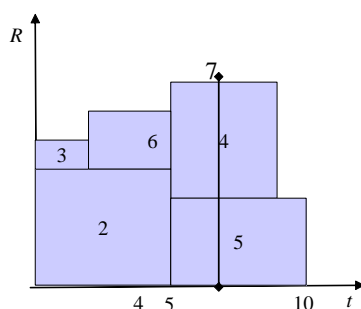


Figura 18: Diagramma di Gantt ($a = 7$) della greedy seriale

durata pari a 10.

Ponendo $a = 8$ l'attività 4 deve attendere il termine dell'attività 3, mentre l'attività 6 potrà iniziare non appena 4 è finita. Il progetto dura ancora 10 (Figura 17).

Se le risorse disponibili sono $a = 7$ il progetto dura ancora 10 (Figura 18). Infatti l'attività 4 inizia solo al termine di 2, mentre l'attività 6 può iniziare addirittura al termine del suo diretto predecessore, l'attività 3.

Con $a = 6$ l'attività 4 può iniziare solo al termine dell'attività 5 provocando un incremento della durata del progetto di 4 (Figura 19).

13 Microsoft Project

Il Professor Agnetis vuole scrivere delle dispense per il corso di Gestione Progetti. Decide quindi di pianificare il progetto Dispense. La fase di preparazione individua le seguenti attività che devono essere svolte (Tabella 19).

Dopo l'immissione delle attività, con relative durate e relazioni di precedenza, si ottiene il seguente diagramma di Gantt (Figura 20) che evidenzia anche le attività coinvolte nel cammino critico, si noti come le varie attività non siano assegnate a nessuna risorsa.

A questo punto bisogna inserire le risorse che verranno utilizzate nel progetto Dispense. Per ora il professore si limita ad inserire solamente se stesso (come risorsa uomo), con

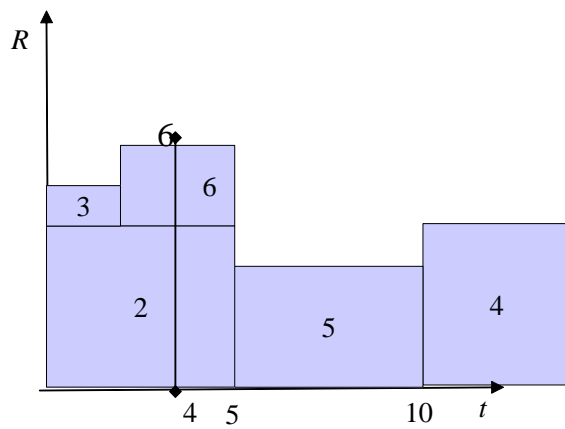


Figura 19: Diagramma di Gantt ($a = 6$) della greedy seriale

Attività	Descrizione	Durata (giorni)
A	Scelta degli argomenti del corso	2
B	Scrittura del primo Capitolo	4
C	Scrittura del secondo Capitolo	6
D	Correzione del primo Capitolo	4
E	Correzione del secondo Capitolo	3
F	Revisione e dettagli finali	4

Tabella 19: Elenco attività

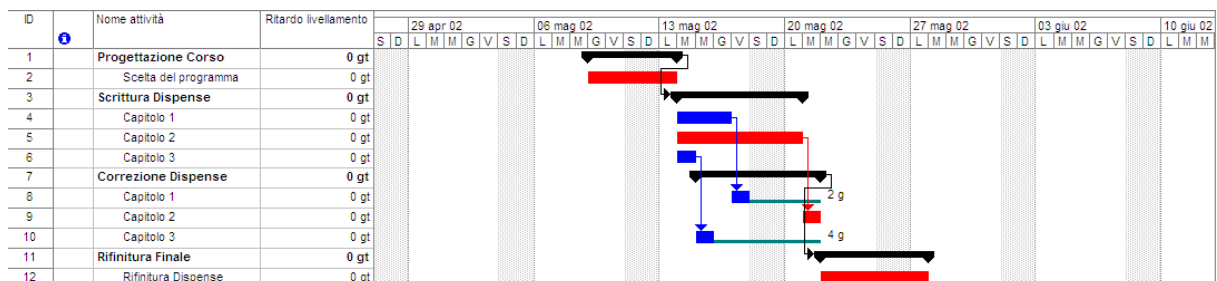


Figura 20: Diagramma di Gantt con cammino critico (1)

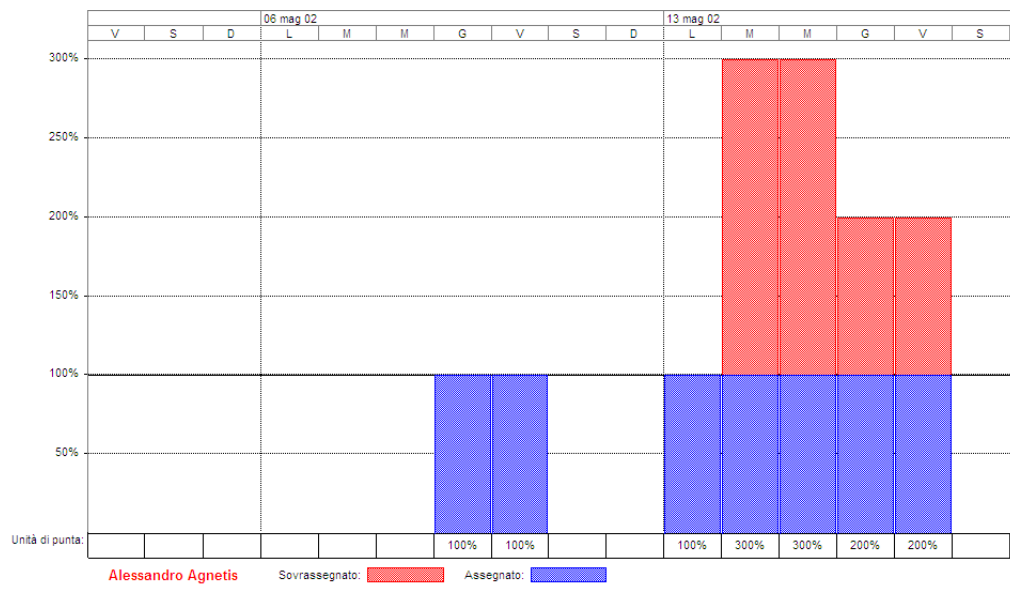


Figura 22: Assegnamento Risorse (1)

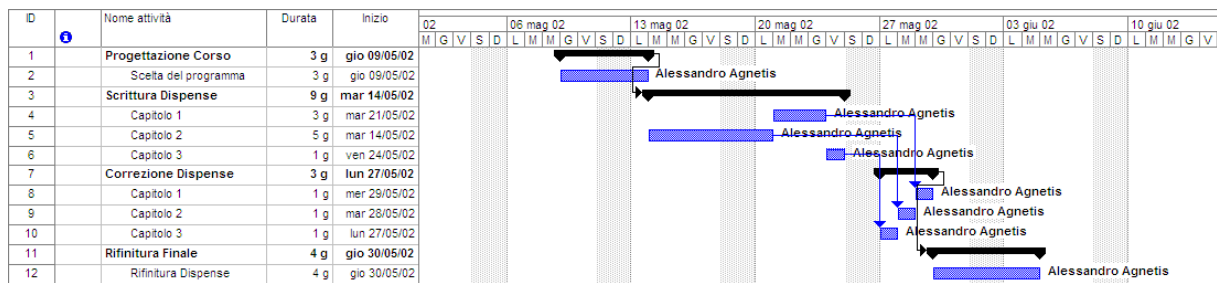


Figura 23: Diagramma di Gantt (3)

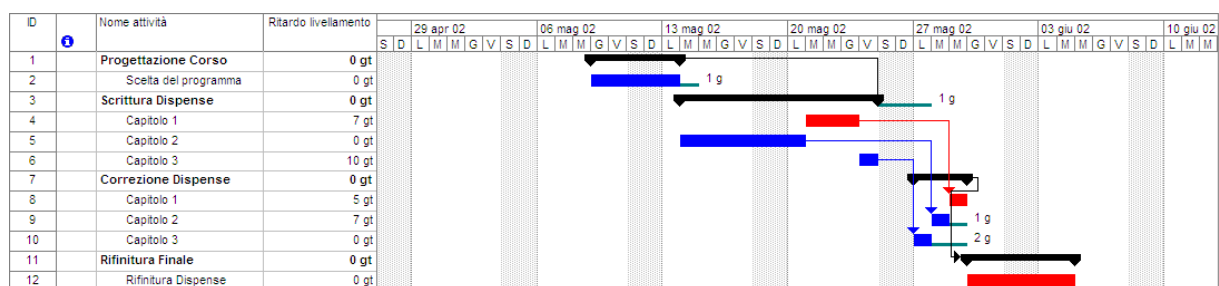


Figura 24: Diagramma di Gantt con cammino critico (2)

ID	Nome attività	Lavoro	Dettagli	13 mag 02														20 mag 0
				G	V	S	D	L	M	M	G	V	S	D	L			
1	Progettazione Corso	24 h	Lavoro	16h	8h													
2	Scelta del programma	24 h	Lavoro	16h	8h													
	Alessandro Agnei	12 h	Lavoro	8h	4h													
	Marco Pranzo	12 h	Lavoro	8h	4h													
3	Scrittura Dispense	72 h	Lavoro	13h				16h	16h	15h	8h	4h						
4	Capitolo 1	24 h	Lavoro	9h				8h	7h									
	Marco Pranzo	24 h	Lavoro	9h				8h	7h									
5	Capitolo 2	40 h	Lavoro	4h				8h	8h	8h	8h	4h						
	Alessandro Agnei	40 h	Lavoro	4h				8h	8h	8h	8h	4h						
6	Capitolo 3	8 h	Lavoro					1h	7h									
	Marco Pranzo	8 h	Lavoro					1h	7h									
7	Correzione Dispense	24 h	Lavoro						1h	7h	8h						8h	
8	Capitolo 1	8 h	Lavoro								4h						4h	
	Alessandro Agnei	8 h	Lavoro								4h						4h	
9	Capitolo 2	8 h	Lavoro								4h						4h	
	Marco Pranzo	8 h	Lavoro								4h						4h	
10	Capitolo 3	8 h	Lavoro							1h	7h						4h	
	Marco Pranzo	8 h	Lavoro							1h	7h						4h	
11	Rifinitura Finale	32 h	Lavoro														8h	
12	Rifinitura Dispense	32 h	Lavoro														8h	
	Alessandro Agnei	16 h	Lavoro														4h	
	Marco Pranzo	16 h	Lavoro														4h	

Figura 29: Diagramma di uso delle risorse

pratica di un progetto. Questa caratteristica (oltre alla facilità d'uso ed il costo non eccessivo) lo rende uno strumento utile ed utilizzato da Project Managers, anche se non è uno strumento di ottimizzazione.

14 Appello Marzo 2005

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle attività in Tabella 14

- Si rappresenti il progetto come AoN.
- Si calcoli la durata del progetto.
- Quali attività devono essere ridotte e di quanto per poter ridurre la durata del progetto di 4 unità? Si tracci la curva con l'andamento costo-tempo.

Attività	Durata	Predecessore	Massima riduzione	Costo unitario
A	20	B	2	30
B	15	-	2	20
C	11	A	1	5
D	8	A	4	10

15 Appello Marzo 2005

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle attività in Tabella 15. Dove il costo rappresenta il costo da sostenere per svolgere l'attività, mentre il tipo rappresenta la tipologia di costo che può essere lineare durante lo svolgimento della attività (Lineare), da sostenere tutta all'inizio della attività (Inizio), oppure tutta al termine della attività (Fine).

- Si rappresenti il progetto come AoN.
- Si stabilisca la durata minima del progetto ed il total float di tutte le attività
- Si tracci l'andamento dei costi durante lo svolgimento del progetto in relazione all'ESS e il LSS.

Attività	Predecessore	Durata	Costo	Tipo
1	-	-	0	-
2	1	5	10	I
3	1	3	15	L
4	2	5	10	F
5	1	2	20	L
6	5	3	10	I
7	3,4 -	-	0	-

16 Appello Marzo 2005

Dato il progetto nella Tabella 16, si utilizzi la greedy seriale per calcolare lo schedule associato alla permutazione {1, 2, 4, 3, 5, 6} sapendo che la disponibilità di risorse è 7.

Attività	Predecessore	Durata	Risorse
1	-	3	4
2	1	2	3
3	2	4	5
4	1	3	2
5	2	5	1
6	3,4,5	1	1

17 Appello 4 Aprile 2005

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle attività in Tabella 17.

- Si rappresenti il progetto come AoN.
- Si calcoli la durata del progetto.
- Si tracci la curva con l'andamento costo-tempo all'aumentare della riduzione della durata del progetto.

Attività	Durata	Predecessore	Massima riduzione	Costo unitario
A	3	-	2	5
B	4	-	2	10
C	5	-	2	7
D	6	A,B,C	3	15
E	2	D	1	4

18 Appello 4 Aprile 2005

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle attività in Tabella 19.

- Si rappresenti il progetto come AoN.
- Si stabilisca la durata minima del progetto ed il Total Float di tutte le attività
- Si calcoli di quanto può essere ritardata l'attività 4 senza che si modifichi il minimo istante di inizio dei suoi successori?

Attività	Predecessore	Durata
1	-	-
2	1	6
3	2	9
4	2	3
5	3,4	2
6	3,4,5	-

19 Appello 4 Aprile 2005

Dato il progetto in Tabella 19, si utilizzi la greedy parallela per calcolare lo schedule associato alla permutazione $\{1, 4, 5, 3, 2, 6\}$ sapendo che la disponibilità di risorse è 4.

Attività	Predecessore	Durata	Risorse
1	-	3	4
2	-	4	2
3	-	3	3
4	1	6	1
5	4	2	2
6	-	5	2

20 Appello 18 Aprile 2005

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle attività in Tabella 20.

- Si rappresenti il progetto come AoN.
- Si calcoli la durata del progetto.
- Si tracci la curva con l'andamento costo-tempo all'aumentare della riduzione della durata del progetto.

Attività	Durata	Predecessore	Massima riduzione	Costo unitario
A	9	-	5	5
B	4	A,C	2	8
C	6	-	1	5
D	2	B	0	-
E	3	B	2	4

21 Appello 18 Aprile 2005

Si consideri il seguente progetto rappresentato come rete di precedenze generalizzate caratterizzato dalle attività mostrate in Tabella 21 e dalle seguenti relazioni di precedenza generalizzate: $FS_{1,2}^{min}(5)$, $FS_{1,3}^{min}(5)$, $SS_{2,4}^{min}(4)$, $FF_{2,5}^{max}(5)$, $FS_{3,5}^{min}(3)$, $SS_{4,6}^{max}(3)$, $SS_{4,7}^{min}(2)$, $SS_{5,6}^{min}(2)$, $FS_{6,8}^{min}(4)$, $FS_{7,8}^{min}(3)$.

- Si rappresenti il progetto come rete dei vincoli.
- Si calcoli l'Earliest Start Schedule.

Attività	Durata
1	0
2	3
3	4
4	2
5	3
6	5
7	2
8	0

22 Appello 18 Aprile 2005

Dato il progetto nella Tabella 22, si utilizzi la greedy seriale per calcolare lo schedule associato alla regola LST sapendo che la disponibilità di risorse è 4.

Attività	Predecessore	Durata	Risorse
1	-	5	2
2	-	2	1
3	1	6	3
4	1	4	3
5	2	3	2

Attività	Durata	Predecessore	Massima riduzione	Costo unitario
A	4	E	2	15
B	2	E	1	10
C	0	F,D	0	-
D	6	A,B	4	4
E	5	-	3	16
F	2	A	1	6

23 Appello 24 Marzo 2006

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle seguenti attività

- Si rappresenti il progetto come AoN.
- Si calcoli la durata del progetto.
- Si tracci la curva con l'andamento costo-tempo all'aumentare della riduzione della durata del progetto.

24 Appello 24 Marzo 2006

Si consideri il progetto caratterizzato dalle seguenti attività

Attività	Durata
1	-
2	5
3	3
4	2
5	-

Con le seguenti relazioni di precedenza generalizzate:

- Si rappresenti il progetto come Constraint Digraph.
- Si stabilisca la durata minima del progetto
- Si calcoli il Total Float di tutte le attività

Predecessore	Successore	Tipo
1	2	$FS^{\min}(5)$
1	3	$FS^{\min}(3)$
2	3	$SF^{\min}(0)$
2	3	$SF^{\max}(0)$
2	4	$SS^{\min}(4)$
3	4	$FF^{\max}(0)$
3	5	$FS^{\min}(2)$
4	5	$FS^{\min}(6)$

25 Appello 24 Marzo 2006

Dato il progetto nella seguente tabella, si utilizzi la greedy parallela e la greedy seriale per calcolare lo schedule associato alla permutazione $\{1, 2, 3, 5, 4, 7, 6, 8, 9\}$ sapendo che la disponibilità di risorse è 6.

Attività	Predecessore	Durata	Risorse
1	-	-	-
2	1	2	1
3	1	5	3
4	1	1	2
5	2	3	2
6	2	5	1
7	3	3	3
8	4	6	2
9	3, ..., 8	-	-

26 Appello 31 Marzo 2006

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle attività in Tabella 26, dove il *costo* rappresenta il costo da sostenere per svolgere l'attività, mentre il *tipo* rappresenta la tipologia di costo, che può essere lineare durante lo svolgimento dell'attività (L), da sostenere tutto all'inizio della attività (I), oppure tutto al termine dell'attività (F).

Attività	Durata	Predecessore	Costo	Tipo
A	1	C,E,F	5	I
B	2	D	2	L
C	4	D	1	F
D	2	-	4	I
E	4	D	4	L
F	4	B	1	I

- Si rappresenti il progetto come AoN.

- Si calcoli la durata del progetto.
- Si tracci l'andamento dei costi durante lo svolgimento del progetto in relazione all'ESS e il LSS.

27 Appello 31 Marzo 2006

Si consideri il progetto caratterizzato dalle seguenti attività

Attività	Durata
1	-
2	4
3	2
4	4
5	-

Con le seguenti relazioni di precedenza generalizzate:

Predecessore	Successore	Tipo
1	2	$FS^{\min}(2)$
1	3	$FS^{\min}(2)$
2	3	$SS^{\min}(4)$
2	3	$SS^{\max}(4)$
3	5	$FS^{\min}(2)$
4	5	$FS^{\min}(0)$
4	5	$FS^{\max}(2)$

- Si rappresenti il progetto come Constraint Digraph.
- Si stabilisca la durata minima del progetto
- Si calcoli il Total Float di tutte le attività

28 Appello 31 Marzo 2006

Dato il progetto nella seguente tabella, si utilizzino le euristiche greedy seriale e greedy parallela per calcolare lo schedule associato alla permutazione $\sigma = \{1, 3, 2, 5, 4, 6\}$, supponendo che la quantità di risorsa disponibile sia pari a 5, 7 e 9.

29 Appello 19 Aprile 2006

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle seguenti attività:

- Si rappresenti il progetto come AoN.

Attività	Predecessore	Durata	Q.tà di risorsa
1	-	-	-
2	1	4	5
3	1	2	4
4	2	1	1
5	3	4	2
6	4,5	-	-

Attività	Durata	Predecessore	Costo unitario	Massima riduzione
A	4	-	10	2
B	2	A	-	0
C	5	A	5	3
D	6	-	7	4
E	2	D	14	1
F	4	E	1	2
G	3	B,C,F	-	0

- Si calcoli la durata del progetto.
- Si tracci l'andamento dei costi in funzione della riduzione della durata del progetto.

30 Appello 19 Aprile 2006

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle seguenti attività:

Attività	Durata	Predecessore
A	5	-
B	2	A
C	4	B
D	1	C
E	6	B
F	3	C
G	3	D,E,F

- Si rappresenti il progetto come AoN.
- Si stabilisca la durata minima del progetto ed il Total Float di tutte le attività.
- Si calcoli di quanto può essere ritardata l'attività D senza che si modifichi il minimo istante di inizio dei suoi successori.

31 Appello 19 Aprile 2006

Si consideri il progetto caratterizzato dalle seguenti attività:

Attività	Durata
1	-
2	3
3	2
4	4
5	-

Sapendo che la fine dell'attività 1 precede l'inizio delle attività 2 e 3, mentre l'inizio dell'attività 2 precede l'inizio dell'attività 4 di almeno 2 istanti di tempo. Inoltre, la fine dell'attività 2 e la fine dell'attività 3 deve avvenire in contemporanea, mentre l'inizio dell'attività 5 può accadere solo dopo la fine dell'attività 3 e 4.

- Si rappresenti il progetto come Constraint Digraph.
- Si stabilisca la durata minima del progetto
- Si calcoli il Total Float di tutte le attività

32 Appello 19 Aprile 2006

Dato il progetto nella seguente tabella:

Attività	Predecessore	Durata	Q.tà di risorsa
1	-	-	-
2	1	4	5
3	2	2	2
4	1	1	1
5	4	4	1
6	3,5	3	5
7	6	-	-

- Si utilizzi l'euristica greedy seriale per calcolare lo schedule associato alla permutazione $\sigma = \{1, 4, 2, 3, 5, 6, 7\}$, supponendo che la quantità di risorsa disponibile sia pari a 5, 7 e 9.
- Si tracci l'andamento della durata del progetto alla diminuzione delle risorse disponibili.

33 Appello 20 Luglio 2006

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle seguenti attività

- Si rappresenti il progetto come AoN.

Attività	Durata	Predecessore	Durata minima	Costo unitario
A	3	D	2	5
B	3	E	2	10
C	3	F	2	7
D	1	-	1	-
E	4	D	4	-
F	2	E	1	13
G	6	F	1	5

- Si calcoli la durata del progetto.
- Si tracci la curva con l'andamento costo-tempo all'aumentare della riduzione della durata del progetto.

34 Appello 20 Luglio 2006

Si consideri il progetto caratterizzato dalle seguenti attività

Attività	Durata
1	-
2	1
3	6
4	2
5	4
6	-

Con le seguenti relazioni di precedenza generalizzate:

Predecessore	Successore	Tipo
1	2	$FS^{\min}(0)$
1	3	$FS^{\min}(0)$
2	4	$SS^{\min}(2)$
3	5	$FF^{\min}(0)$
4	5	$SS^{\max}(4)$
4	6	$FS^{\min}(1)$
5	6	$FS^{\min}(1)$

- Si rappresenti il progetto come Constraint Digraph.
- Si stabilisca la durata minima del progetto
- Si calcoli il Total Float di tutte le attività

35 Appello 20 Luglio 2006

Dato il progetto nella seguente tabella, si utilizzino le euristiche greedy seriale e greedy parallela per calcolare lo schedule associato alla permutazione $\sigma = \{1, 3, 2, 5, 6, 4, 7\}$, supponendo che la quantità di risorsa disponibile sia pari a 11, 7 e 6.

Attività	Predecessore	Durata	Q.tà di risorsa
1	-	-	-
2	1	5	2
3	1	3	3
4	1	3	2
5	1	1	6
6	2	4	3
6	3,4,5,6	-	-

36 Appello 11 Aprile 2007

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle attività in Tabella 20.

Attività	Durata	Predecessore
A	1	F,G
B	4	E
C	2	B
D	4	E
E	1	-
F	3	D,B
G	5	C

Tabella 20: Dati progetto

- Si rappresenti il progetto come AoN.
- Si trasformi la rete AoN in una rete AoA minimale.
- Si calcoli il Total Float, Safety Float e Free Float per ogni attività.
- Si rappresenti nel diagramma di Gantt il Latest Start Schedule.

37 Appello 11 Aprile 2007

Dato il progetto descritto in Tabella 21 si calcoli di quanto si può ridurre la durata del progetto sapendo che tutte le attività presentano un trade-off durate/costi lineare.

Attività	Predecessore	u_i	l_i	c_i
1	-	-	-	-
2	1	5	2	8
3	2	4	2	2
4	3	6	2	10
5	1	7	3	4
6	5	3	3	1
7	4,6	-	-	-

Tabella 21: Dati progetto

38 Appello 11 Aprile 2007

Si consideri il progetto caratterizzato dalle seguenti attività

Attività	Durata
1	-
2	3
3	4
4	5
5	2
6	-

Con le seguenti relazioni di precedenza generalizzate:

Predecessore	Successore	Tipo
1	2	$FS^{\min}(0)$
1	3	$FS^{\min}(1)$
2	5	$SS^{\min}(-1)$
3	4	$FS^{\max}(0)$
3	5	$SS^{\min}(2)$
4	6	$FS^{\min}(1)$
5	4	$FF^{\min}(4)$
5	6	$FS^{\min}(1)$

- Si rappresenti il progetto come Constraint Digraph.
- Si stabilisca il latest start schedule sapendo che la deadline T del progetto è pari a 9.

39 Appello 11 Aprile 2007

Dato il progetto nella seguente tabella, si calcolino i lower bound LB_0 , LB_r e $LB_{\bar{r}}$ supponendo che la quantità di risorsa disponibile sia pari a 5, 7 e 9. Si discuta la soluzione trovata.

Attività	Predecessore	Durata	Q.tà di risorsa
1	-	-	-
2	1	3	5
3	2	2	3
4	3	6	1
5	1	3	2
6	5	2	5
7	4,6	-	-

40 Appello 21 Marzo 2007

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle attività in Tabella 22.

Attività	Durata	Predecessore
A	4	E
B	5	A
C	2	D
D	5	A
E	8	-
F	3	B,C
G	7	-

Tabella 22: Dati progetto

- Si rappresenti il progetto come AoN.
- Si trasformi la rete AoN in una rete AoA minimale.
- Si calcoli la durata minima del progetto
- Si calcoli il cammino critico.

41 Appello 21 Marzo 2007

Si consideri il progetto caratterizzato dalle seguenti attività

Attività	Durata
1	-
2	3
3	1
4	6
5	2
6	-

Con le seguenti relazioni di precedenza generalizzate:

Predecessore	Successore	Tipo
1	2	$FS^{\min}(2)$
1	3	$FS^{\min}(0)$
1	4	$SS^{\min}(4)$
2	5	$SS^{\min}(4)$
3	5	$SF^{\min}(2)$
4	5	$FF^{\min}(0)$
5	2	$SS^{\max}(4)$
5	6	$FS^{\min}(0)$

- Si rappresenti il progetto come Constraint Digraph.
- Si stabilisca la durata minima del progetto

42 Appello 21 Marzo 2007

Dato il progetto nella seguente tabella, e supponendo che la quantità di risorsa disponibile sia pari a 7, si esegua l'algoritmo di branch and bound limitato al nodo radice. Si calcolino i lower bound LB_0 , LB_r e $LB_{\bar{r}}$. Per il calcolo dell'upper bound si utilizzi l'euristica greedy seriale (con ordinamento EST) e la greedy parallela con ordinamento RD ($r_i \cdot d_i$) decrescente. Si discuta la soluzione trovata.

Attività	Predecessore	Durata	Q.tà di risorsa
1	-	-	-
2	1	4	5
3	1	2	2
4	2	1	1
5	3	4	4
6	1	3	4
7	4,5,6	-	-

43 Appello 4 Luglio 2007

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle attività in Tabella 23.

- Si rappresenti il progetto come AoN.
- Si calcoli la durata minima del progetto
- Si calcoli il Total Float, Safety Float e Free Float per ogni attività.
- Si rappresenti nel diagramma di Gantt l'Earliest Start Schedule.

Attività	Durata	Predecessore
A	2	D
B	4	C
C	2	-
D	5	-
E	2	G
F	1	-
G	6	F

Tabella 23: Dati progetto

44 Appello 4 Luglio 2007

Dato il progetto descritto in Tabella 24 si calcoli di quanto si può ridurre la durata del progetto sapendo che tutte le attività presentano un trade-off durate/costi lineare.

Attività	u_i	l_i	Predecessore	c_i
1	2	1	3	6
2	2	1	1	-
3	4	2	-	4
4	4	3	-	1
5	5	1	6	2
6	4	2	-	4
7	2	1	-	6

Tabella 24: Dati progetto

45 Appello 4 Luglio 2007

Si consideri il progetto caratterizzato dalle seguenti attività

Attività	Durata
1	-
2	4
3	8
4	2
5	5
6	-

Con le seguenti relazioni di precedenza generalizzate:

- Si rappresenti il progetto come Constraint Digraph.
- Si stabilisca la durata minima del progetto

Predecessore	Successore	Tipo
1	2	$FS^{\min}(0)$
1	3	$FS^{\min}(2)$
1	4	$FS^{\min}(2)$
2	5	$FS^{\min}(3)$
2	5	$FS^{\max}(3)$
3	5	$SS^{\min}(0)$
4	6	$FS^{\min}(0)$
5	6	$FS^{\min}(1)$

46 Appello 4 Luglio 2007

Dato il progetto nella seguente tabella, e supponendo che la quantità di risorsa disponibile sia pari a 8, si esegua l'algoritmo di branch and bound limitato al nodo radice. Si calcolino i lower bound LB_0 , LB_r e $LB_{\bar{r}}$. Per il calcolo dell'upper bound si utilizzi l'euristica greedy seriale e parallela entrambe con ordinamento EST crescente. Si discuta la soluzione trovata.

Attività	Predecessore	Durata	Q.tà di risorsa
1	-	-	-
2	1	3	2
3	1	2	4
4	1	3	1
5	2,3	5	2
6	4	2	3
7	5,6	-	-

47 Appello 26 Marzo 2007

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle attività in Tabella 25.

Attività	Durata	Predecessore
A	6	D
B	1	C
C	4	-
D	2	-
E	6	G
F	2	-
G	4	F

Tabella 25: Dati progetto

- Si rappresenti il progetto come AoN.

- Si calcoli la durata minima del progetto
- Si calcoli il Total Float, Safety Float e Free Float per ogni attività.
- Si rappresenti nel diagramma di Gantt il Latest Start Schedule.

48 Appello 26 Marzo 2007

Dato il progetto descritto in Tabella 26 si calcoli di quanto si può ridurre la durata del progetto sapendo che tutte le attività presentano un trade-off durate/costi lineare.

Attività	u_i	l_i	Predecessore	c_i
1	6	4	3	8
2	1	1	1	-
3	4	1	-	5
4	4	1	-	2
5	5	2	6	1
6	6	2	-	5
7	10	1	-	10

Tabella 26: Dati progetto

49 Appello 26 Marzo 2007

Si consideri il progetto caratterizzato dalle seguenti attività

Attività	Durata
1	-
2	4
3	8
4	2
5	5
6	-

Con le seguenti relazioni di precedenza generalizzate:

- Si rappresenti il progetto come Constraint Digraph.
- Si stabilisca la durata minima del progetto

50 Appello 26 Marzo 2007

Dato il progetto nella seguente tabella, e supponendo che la quantità di risorsa disponibile sia pari a 5, si esegua l'algoritmo di branch and bound limitato al nodo radice. Si calcolino

Predecessore	Successore	Tipo
1	2	$FS^{\min}(0)$
1	3	$FS^{\min}(0)$
1	4	$FS^{\min}(4)$
2	5	$FS^{\min}(4)$
2	5	$FS^{\max}(4)$
3	5	$SS^{\min}(0)$
4	6	$FS^{\min}(2)$
5	6	$FS^{\min}(3)$

i lower bound LB_0 , LB_r e $LB_{\bar{r}}$. Per il calcolo dell'upper bound si utilizzi l'euristica greedy seriale (con ordinamento EST crescente) e la greedy parallela con ordinamento LST decrescente. Si discuta la soluzione trovata.

Attività	Predecessore	Durata	Q.tà di risorsa
1	-	-	-
2	1	4	4
3	1	5	3
4	1	2	2
5	2,3	6	1
6	4	1	4
7	5,6	-	-

51 Appello 21 Marzo 2007

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle attività in Tabella 27.

Attività	Durata	Predecessore
A	4	C
B	9	-
C	5	-
D	2	G
E	3	A,B,D
F	4	B
G	1	-

Tabella 27: Dati progetto

- Si rappresenti il progetto come AoN.
- Si trasformi la rete AoN in una rete AoA.
- Si calcoli la durata minima del progetto
- Si calcoli il cammino critico.

52 Appello 21 Marzo 2007

Si consideri il progetto caratterizzato dalle seguenti attività (Tabella ??) e con le relazioni di precedenza generalizzate in Tabella 29:

Attività	Durata
1	-
2	7
3	5
4	8
5	10
6	-

Tabella 28: Lista attività

Con le seguenti relazioni di precedenza generalizzate:

Predecessore	Successore	Tipo
1	2	$FS^{\min}(0)$
1	5	$FS^{\min}(1)$
2	3	$SS^{\min}(6)$
2	4	$SS^{\min}(4)$
3	6	$FS^{\min}(2)$
4	2	$SS^{\max}(4)$
4	6	$FS^{\min}(0)$
5	6	$FS^{\min}(0)$

Tabella 29: Relazioni di precedenza generalizzate

- Si rappresenti il progetto come Constraint Digraph.
- Si stabilisca la durata minima del progetto

53 Appello 21 Marzo 2007

Dato il progetto nella seguente tabella, e supponendo che la quantità di risorsa disponibile sia pari a 6, si esegua l'algoritmo di branch and bound limitato al nodo radice. Si calcolino i lower bound LB_0 , LB_r e $LB_{\bar{r}}$. Per il calcolo dell'upper bound si utilizzi l'euristica greedy seriale (con ordinamento EST) e la greedy parallela con ordinamento RD ($r_i \cdot d_i$) decrescente. Si discuta la soluzione trovata.

54 Appello 1 Aprile 2008

Si consideri il seguente progetto caratterizzato dalle attività in Tabella 30.

Attività	Predecessore	Durata	Q.tà di risorsa
1	-	-	-
2	1	2	2
3	1	6	1
4	2	2	3
5	3	6	2
6	1	2	4
7	4,5,6	-	-

Attività	Durata	Predecessore
A	2	D
B	6	-
C	4	-
D	2	-
E	1	B,C
F	3	B

Tabella 30: Dati progetto

- Si rappresenti il progetto come rete AoN e come rete AoA.
- Si calcoli il Total Float, Safety Float e Free Float per ogni attività e si evidenzi il cammino critico.
- Si rappresenti il diagramma di Gantt del Latest Start Schedule.

55 Appello 1 Aprile 2008

Si consideri il progetto caratterizzato dalle seguenti attività (Tabella 31) e con le relazioni di precedenza generalizzate in Tabella 32:

Attività	Durata
1	-
2	4
3	2
4	1
5	3
6	2
7	-

Tabella 31: Lista delle attività

- Si rappresenti il progetto come Constraint Digraph.
- Si stabilisca la durata minima del progetto evidenziandone il cammino critico.

Predecessore	Successore	Tipo
1	2	$FS^{\min}(0)$
1	4	$FS^{\min}(1)$
1	5	$SS^{\min}(2)$
2	3	$FF^{\min}(5)$
3	6	$FS^{\min}(3)$
4	6	$SS^{\min}(0)$
4	6	$SS^{\max}(2)$
5	6	$FS^{\min}(0)$
6	7	$FS^{\min}(1)$

Tabella 32: Relazioni di precedenza generalizzate

56 Appello 1 Aprile 2008

Dato il progetto in Tabella 33, e sapendo che la quantità di risorsa disponibile è 8, si esegua l'algoritmo di branch and bound limitato al nodo radice.

- Si calcolino i lower bound LB_0 e $LB_{\bar{r}}$
- Per il calcolo dell'upper bound si utilizzino le euristiche greedy seriale e parallela entrambe con ordinamento topologico rompendo le parità secondo la regola LPT
- Si discuta la soluzione trovata.

Attività	Predecessore	Durata	Q.tà di risorsa
1	-	-	-
2	1	2	3
3	2	4	2
4	1	1	6
5	1	5	2
6	1	3	3
7	3,4,5,6	-	-

Tabella 33: RCPS

57 Appello 1 Aprile 2008

Dato il progetto descritto in Tabella 34 si calcoli di quanto si può ridurre la durata del progetto e a che costo aggiuntivo sapendo che tutte le attività presentano un trade-off durate/costi lineare.

58 Appello 1 Aprile 2008

Si consideri il progetto caratterizzato dalle seguenti attività (Tabella 35) e dalle relazioni di precedenza generalizzate di Tabella 36.

Attività	u_i	l_i	Predecessore	c_i
1	-	-	-	-
2	2	1	1	4
3	5	2	2	2
4	10	4	1	8
5	3	2	1	1
6	6	3	5	6
7	-	-	3,4,6	-

Tabella 34: Dati progetto

Attività	Durata
1	-
2	2
3	5
4	3
5	2
6	-

Tabella 35: Lista delle attività

- Si rappresenti il progetto come Constraint Digraph.
- Si stabilisca la durata minima del progetto evidenziandone il cammino critico.

59 Appello 1 Aprile 2008

Dato il progetto in Tabella 37, e sapendo che la quantità di risorsa disponibile è 6, si esegua l'algoritmo di branch and bound limitato al nodo radice.

- Si calcolino i lower bound LB_0 e $LB_{\bar{r}}$
- Per il calcolo dell'upper bound si utilizzino le euristiche greedy seriale e parallela entrambe con ordinamento topologico rompendo le parità secondo la regola *SPT*
- Si discuta la soluzione trovata.

60 Appello 19 marzo 2009

Dato il progetto descritto in Tabella 38 si calcoli di quanto si può ridurre la durata del progetto e a che costo aggiuntivo sapendo che tutte le attività presentano un trade-off durate/costi lineare.

Predecessore	Successore	Tipo
1	2	$FS^{\min}(1)$
1	3	$FS^{\min}(0)$
1	5	$SS^{\min}(0)$
2	4	$FF^{\min}(1)$
3	4	$SS^{\min}(4)$
3	4	$SS^{\max}(4)$
4	2	$SF^{\max}(0)$
4	6	$SS^{\min}(0)$
5	6	$FS^{\min}(0)$

Tabella 36: Relazioni di precedenza generalizzate

Attività	Predecessore	Durata	Q.tà di risorsa
1	-	-	-
2	1	6	3
3	2	1	2
4	3	2	3
5	1	4	2
6	1	1	5
7	4,5,6	-	-

Tabella 37: RCPS

61 Appello 19 marzo 2009

Si consideri il progetto caratterizzato dalle seguenti attività (Tabella 39), con le relazioni di precedenza generalizzate in Tabella 40:

- Si rappresenti il progetto come Constraint Digraph.
- Si stabilisca la durata minima del progetto applicando l'algoritmo di Ford-Bellman.

62 Appello 19 marzo 2009

Dato il progetto in Tabella 41, e sapendo che la quantità di risorsa disponibile è 4, si esegua l'algoritmo di branch and bound limitato al nodo radice.

- Si calcolino i lower bound LB_0 e $LB_{\bar{r}}$
- Per il calcolo dell'upper bound si utilizzino le euristiche greedy seriale e parallela entrambe con ordinamento topologico rompendo le parità secondo la regola LPT
- Si discuta la soluzione trovata.

Attività	l_i	u_i	Predecessore	c_i
A	1	5	D	20
B	3	8	D	40
C	1	3	B	10
D	-	-	-	-
E	-	-	G,E,C	-
F	2	6	B	10
G	1	5	A	20

Tabella 38: Dati progetto

Attività	Durata
1	-
2	2
3	3
4	1
5	5
6	-

Tabella 39: Lista delle attività

63 Appello 19 marzo 2009

Dato il progetto descritto in Tabella 42 si calcoli di quanto si può ridurre la durata del progetto e a che costo aggiuntivo sapendo che tutte le attività presentano un trade-off durate/costi lineare.

64 Appello 16 aprile 2009

Dato il progetto descritto in Tabella 43.

- Si rappresenti il progetto come rete AoA minimale.
- si calcoli di quanto si può ridurre la durata del progetto e a che costo aggiuntivo sapendo che tutte le attività presentano un trade-off durate/costi lineare.

65 Appello 16 aprile 2009

Si consideri il progetto caratterizzato dalle seguenti attività (Tabella 44), con le relazioni di precedenza generalizzate in Tabella 45:

- Si rappresenti il progetto come Constraint Digraph.
- Si stabilisca l'Earliest Start Schedule applicando l'algoritmo di Ford-Bellman.
- Si evidenzi il cammino critico nel Constraint Digraph.

Predecessore	Successore	Tipo
1	2	$FS^{\min}(0)$
1	4	$FS^{\min}(1)$
2	3	$FF^{\min}(2)$
3	5	$FF^{\max}(0)$
3	6	$FS^{\min}(3)$
4	3	$SS^{\min}(2)$
4	5	$SS^{\min}(2)$
5	4	$FS^{\min}(0)$
5	6	$FS^{\min}(0)$

Tabella 40: Relazioni di precedenza generalizzate

Attività	Predecessore	Durata	Q.tà di risorsa
1	-	-	-
2	1	2	3
3	1	4	2
4	2	2	1
5	2	5	1
6	3	2	2
7	3	3	4
8	4,5,6,7	-	-

Tabella 41: RCPS

66 Appello 16 aprile 2009

Dato il progetto in Tabella 46, con una quantità di risorsa disponibile è pari a 12.

- Si calcolino i lower bound LB_0 e $LB_{\bar{r}}$.
- Si utilizzi la greedy parallela con ordinamento topologico rompendo le parità dando la priorità alle attività con minor numero di archi uscenti.

Attività	l_i	u_i	Predecessore	c_i
A	2	6	D	2
B	3	5	D	4
C	4	12	D	1
D	-	-	-	-
E	2	6	B	5
F	-	-	G,E,C	-
G	1	8	A	2

Tabella 42: Dati progetto

Attività	u_i	l_i	Predecessore	c_i
1	-	-	-	-
2	10	2	1	1
3	6	1	2	5
4	7	2	1	4
5	4	1	1	2
6	8	2	4,5	1
7	-	-	3,6	-

Tabella 43: Dati progetto

Attività	Durata
1	-
2	4
3	2
4	3
5	1
6	-

Tabella 44: Lista attività

Predecessore	Successore	Tipo
1	2	$FS^{\min}(4)$
1	3	$FS^{\min}(0)$
1	4	$FS^{\min}(2)$
2	6	$FS^{\min}(1)$
3	4	$SS^{\min}(0)$
3	5	$SS^{\min}(0)$
4	5	$FF^{\min}(4)$
4	6	$FS^{\min}(0)$
5	4	$FF^{\max}(4)$
5	6	$FS^{\min}(0)$

Tabella 45: Relazioni di precedenza generalizzate

Attività	Predecessore	Durata	Q.tà di risorsa
1	-	-	-
2	1	1	6
3	1	3	6
4	2	5	8
5	2,3	4	4
6	3	6	2
7	4,6	2	8
8	5,7	-	-

Tabella 46: RCPS