

# Managementul Proiectelor

## 1.1 Managementul Proiectelor

Multe din proiectele din viața reală sunt foarte complexe și costisitoare. Realizarea acestora la timp și în cadrul bugetului alocat nu este o sarcină ușoară. În mod tipic anumite activități nu pot începe înainte ca altele să se termine. Iar dacă într-un proiect apar sute de astfel de dependente, problemele de planificare se complică foarte mult, iar managerii au nevoie de metode speciale de analiză.

Câteva din întrebările la care vom încerca să răspundem în continuare sunt:

1. Care este termenul de terminare al proiectului ?
2. Care sunt momentele de început și de terminare ale fiecărei activități ?
3. Care activități sunt critice, în sensul că ele trebuie să se termine exact în termenul planificat, astfel încât să nu fie depășit termenul final de realizare al proiectului ?
4. Cât de mult pot fi întârziate activitățile necritice, astfel încât să nu fie depășit termenul final de realizare al proiectului ?
5. Cum pot fi alocate resursele diverselor activități, astfel încât proiectul să se realizeze rapid și cu costuri minime ?

Metodele P.E.R.T. și C.P.M., acronimele pentru Program Evaluation Review Technique și Critical Path Method, graficele Gant, sunt metode de analiză utilizate pentru managementul proiectelor. Indiferent de metode, primul pas în planificarea proiectelor este definirea activităților și stabilirea relațiilor de precedent dintre acestea. Aceasta este partea cea mai importantă a unui proiect și în mod normal în această etapă ar trebui implicate mai multe persoane, astfel încât să nu fie uitată nici o activitate importantă.

În prezent firma SC Bebicsoft SRL are birouri doar în București, și dorește să deschidă birouri noi în Brașov. În acest scop o parte din personalul din București se va muta la Brașov și se va angaja personal nou. În timp ce economistii trebuie să se ocupe de partea financiară a afacerii, arhitecții trebuie să se ocupe de proiectarea interioarelor.

Anumite părți ale proiectului nu pot începe până altele nu sunt terminate. De exemplu, nu pot fi amenajate birourile dacă acestea nu au fost proiectate, sau nu se poate angaja personal până nu se stabilește personalul necesar. În tabelul 1.1 sunt prezentate activitățile din care este alcătuit proiectul.

Activitatea	Descriere	Activitati precedente	Durata de realizare
A	Selectarea birourilor	-	3
B	Stab planului de org si a celui financiar	-	5
C	Determ personal necesar	B	3
D	Proiectarea interioarelor	A,C	4
E	Amenajarea birourilor	D	8
F	Selectarea personalului care se va muta	C	2
G	Angajarea de personal nou	F	4
H	Mutarea propriu-zisa	F	2
I	Stabilirea rel cu noii parteneri din Brasov	B	5
J	Instruirea personalului	H,E,G	3

**Tabel 1.1 Activitatile proiectului**

Fiecare activitate este plasata intr-un rand separat, iar in coloana “Activitatii precedente” sunt trecute activitatile care trebuie realizate inaintea inceperii activitatii analizate. De exemplu activitatea C nu poate incepe pana nu se termina activitatea B. In coloana “Durata de realizare” este trecut timpul estimat pentru realizarea activitatilor.

## 1.2 Grafice Gant

Una din metodele cele mai populare folosite pentru planificarea proiectelor este utilizarea *graficelor Gant*. Fiecare activitate este desfasurata pe axa verticala. Pe axa orizontala este reprezentat timpul. Activitatile sunt reprezentate prin bare de lungime egala cu timpul de realizare al activitatii. Graficul indica si termenul cel mai devreme de incepere al fiecărei activitati. De exemplu, activitatea C nu poate incepe inainte de sfarsitul saptamanii 5, deoarece activitatea B trebuie sa se termine inainte ca C sa inceapa. Pe masura ce o activitate este realizata, bara asociata este hasurata. Astfel, in orice moment de timp este foarte clar ce activitati au fost realizate la timp si care nu. Graficul din figura 1.1 arata ca in saptamana 13 activitatile D, E, si H sunt in urma planului iar activitatea G este inaintea planului.

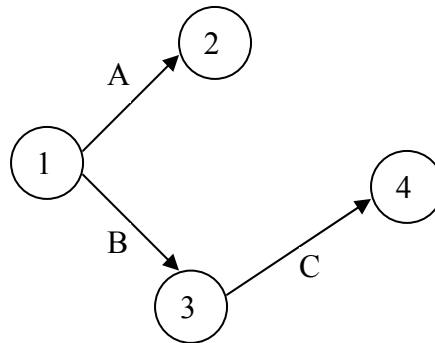
**Figura 1.1 – Graficul Gant**

In contextul graficelor Gant “in plan” inseamna ca activitatea nu a fost finalizata mai tarziu de cel mai devreme de terminare al activitatii. Astfel, in figura 1.1 putem observa ca activitatile D si H ar trebui sa se termine cel mai devreme in sapt 12. Deoarece nu sunt terminate in saptamana 13, ele sunt in urma planului. Din graficele Gant nu se pot stabili predecesorii imediati ai unei activitati. In figura 1.1 poate parea ca F si I sunt activitati precedente ale activitatii G, deoarece G poate incepe in saptamana 10, iar F si I se pot termina atunci. Dar din tabelul 1.1 stim ca doar F este “predecesor imediat” al lui G. O intarziere a activitatii I nu ar afecta momentul de incepere al activitatii G. Astfel informatii sunt importante pentru manager pentru ca ar putea sa stabileasca ce activitati ar putea fi intarziate fara a modifica termenul final de realizare al proiectului. Graficele

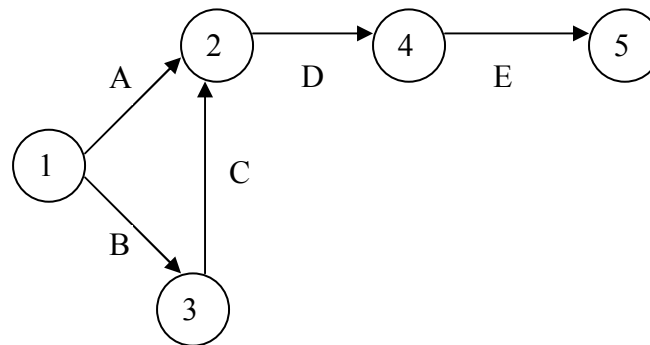
Gant nu pot fi folosite pentru astfel de analize, in acest caz fiind recomandat metoda de reprezentare a proiectului printr-un graf.

### 1.3 Reprezentarea proiectelor prin grafuri

Fiecare activitate este reprezentata in graf printr-un arc. Inceputul si sfasitul fiecarei activitati sunt indicate printr-un cerc numit nod. Pe masura ce se construiește graful nodurile se pot renumera, dar trebuie pastrate corect relatiile de precedenta între activitati. Fiecare activitate trebuie sa inceapa in nodul in care activitatea precedenta se termina. De exemplu, in Figura 1.2, activitatea C incepe in nodul 3, deoarece activitatea precedenta B se termina aici.



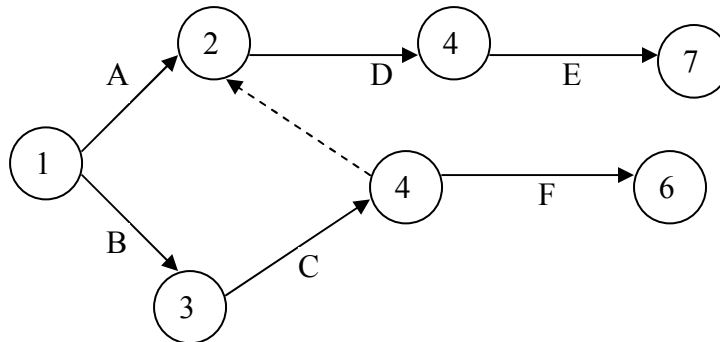
**Figura 1.2 – Graful pentru activitățile de la A la C**



**Figura 1.3 – Graful parțial**

Complicațiile apar în momentul în care încercăm să adăugăm activitatea D în graf. Dacă A și C sunt activități precedente pentru D și cum vrem ca în graf activitatea D să apară o singură dată, trebuie să combinăm nodurile 2 și 4 din Figura 1.3 într-unul singur. Acest lucru este arătat în Figura 1.4. Nodul 2 (sau foste renumerate nodurile) reprezintă evenimentul în care activitățile A și C au fost renumerate. Activitatea E, care are ca activitate precedentă doar pe D poate fi adăugată fără dificultate. Când încercăm să adăugăm activitatea F apar din nou probleme. Cum F are activitate precedentă pe C ar trebui ca activitatea F să înceapă în nodul 3. Dar acest lucru ar însemna că activitatea F are ca activitate precedentă și pe A ceea ce este incorect.

Aceasta dilema poate fi rezolvata prin introducerea unei activitati fictive, reprezentata prin linie punctata in Figura 1.4. Aceasta activitate nu necesita nici timp nici resurse.

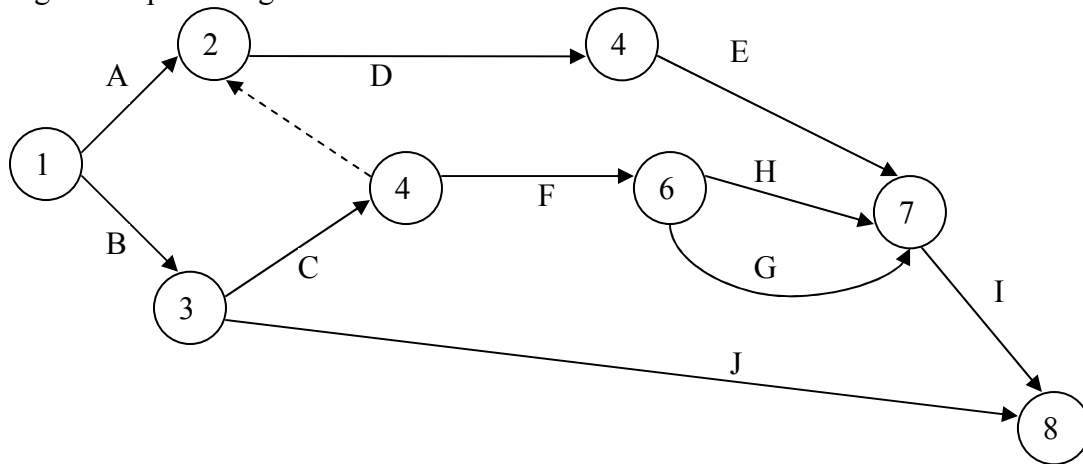


**Figura 1.4 – Introducerea unei activitati fictive**

Atfel, Figura 1.4 arata ca activitatea D poate incepe dupa ce si A si C s-au terminat. Similar, F poate incepe dupa ce activitatea C s-a terminat.

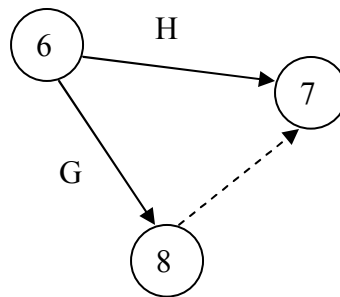
Putem generaliza modul in care introducem o activitate fictiva in modul urmatoare : Presupunem ca vrem sa adaugam o activitate A, in nodul de start N, dar nu toate activitatile care se termina in nodul N sunt activitati precedente ale acestei activitati. Pentru aceasta se creeaza un nou nod M, cu o activitate fictiva de la nodul M la nodul N. Toate activitatile care se termina in N si sunt predecesoare ale activitatii A se vor termina in nodul M. Acum activitatea A poate incepe in nodul M.

Figura 1.5 prezinta graful asociat Tabelului 1.1

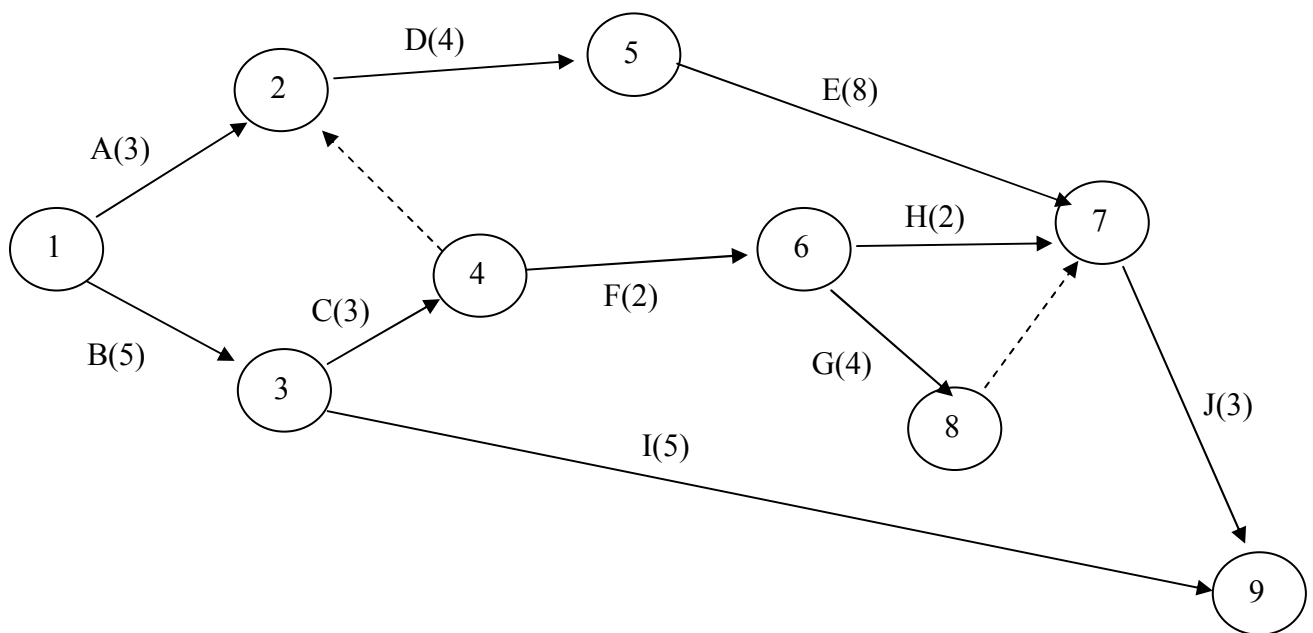


**Figura 1.5 – Graful de retea**

Fiecare activitate este identificata printr-un nod de start si unul de terminare. In graful din Figura 1.5 s-ar putea face confuzia ca G si H reprezinta aceeasi activitate. Pentru a evita confuzia se introduce o noua activitate fictiva (Figura 1.6)



**Figura 1.6 – Activitate fictiva introdusa fortat**



**Figura 1.7 – Graful final**

Din Tabelul 1.1 se poate calcula (adunand duratele de realizare ale activitatilor) ca timpul total de realizare al proiectului este de 39 de saptamani. Termenul acesta poate fi mai mic deoarece unele activitati se pot desfasura simultan, de exemplu activitatile A si B. Pentru a afla termenul minim de realizare al proiectului trebuie sa calculam *Drumul Critic*. Un drum intr-un draf este o succesiune de activitati de la nodul initial (1) la nodul final (9). De exemepu B-I necesita 10 saptamani pentru a fi realizata, secventa B-C-D-E-J 23 de saptamani. Intr-un graf pot fi identificate mai multe drumuri de la nodul initial la cel final, cu durate diferite. Se pune problema determinarii celui mai lung drum de la nodul initial la cel final. Acest drum numit drum critic va determina timpul de realizare al proiectului, deoarece nici un alt drum nu este mai lung. Daca activitatile de pe drumul critic sunt intarziate, intregul proiect va fi intarziat.

Din aceasta cauza activitatile care se gasesc pe drumul critic se numesc *Activitati Critice*. Activitatile critice trebuie realizate “la termen”.

Problema se rezolva in modul urmator :

1. Se calculeaza pentru fiecare activitate cel mai devreme termen de incepere si cel mai devreme termen de terminare.

Vom nota cu :

$DI$  = cel mai devreme termen pentru inceperea unei activitati

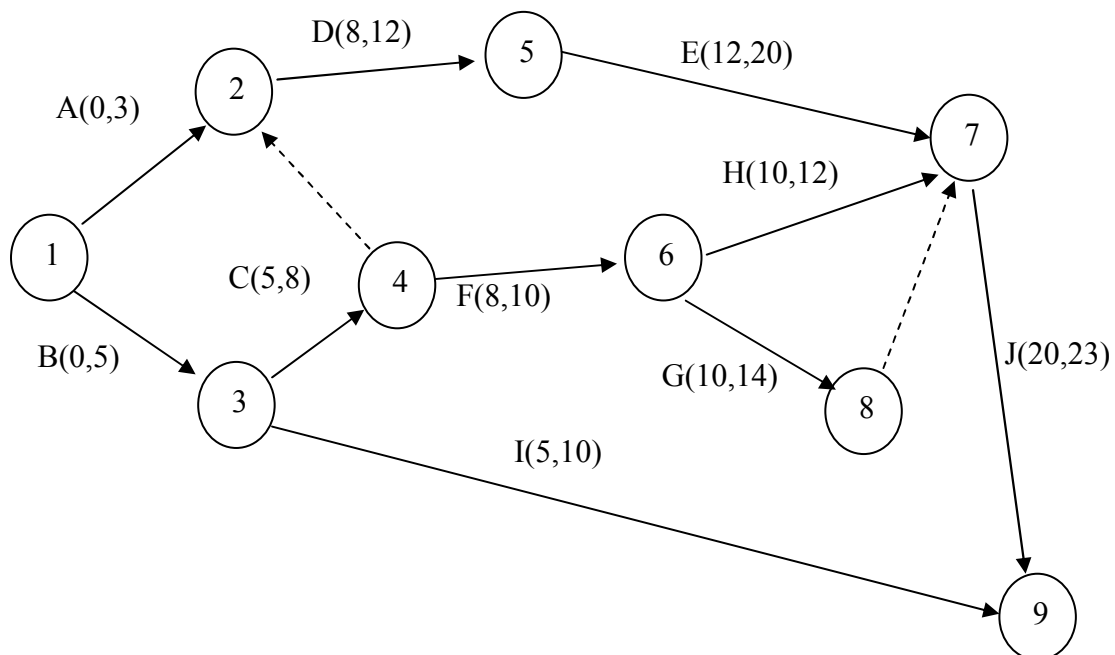
$DT$  = cel mai devreme termen pentru terminarea unei activitati

$t$  = durata estimata a activitatii.

Pentru o activitate, relatia dintre aceste marimi este:  $DT=DI+t$ .

Termenul  $DI$  pentru o activitate care pleaca dintr-un nod este cel mai mare  $DT$  al activitatilor care se termina in acel nod.

Pentru fiecare activitate din retea se calculeaza  $DI$  si  $DT$ . Rezultatul este prezentat in Figura 1.8.



**Figura 1.8 – Termenele  $DI$  si  $DT$**

Deci, cel mai devreme termen de terminare al proiectului este de 23 saptamani.

2. Se calculeaza cel mai tarziu termen de incepere si terminare a activitatii. Pentru a identifica activitatile acritice si intervalele de timp cu care activitatile necritice pot fi intarziate fara a afecta termenul de finalizare al proiectului, se parcurge graful inapoi de la nodul final la nodul initial. Ideea este ca odata ce se cunoaste termenul de finalizare al proiectului (23 saptamani), pornind de la aceasta valoare putem calcula cel mai tarziu termen la care se poate termina o activitate fara a intarzia intregul proiect. Evaluarea incepe de la nodul final spre nodul final.

Vom nota cu :

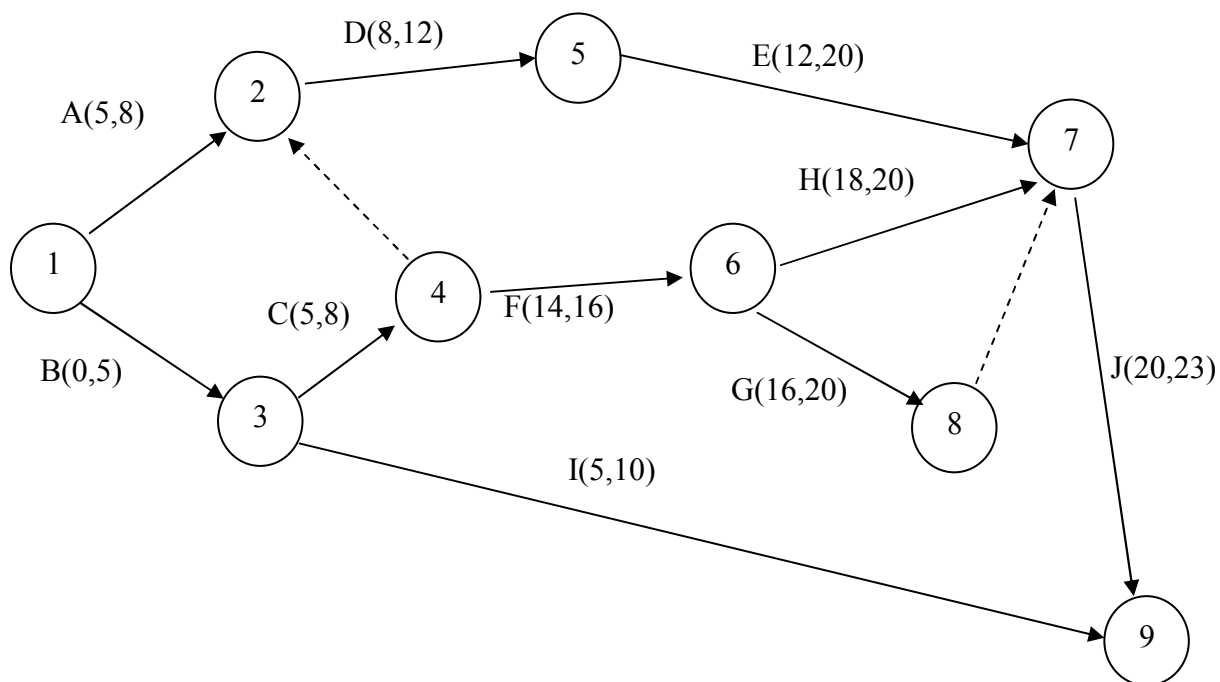
$TI$  = cel mai tarziu termen de incepere al unei activitati

$TT$  = cel mai tarziu termen de terminare al unei activitati

Relatia dintre aceste 2 marimi este:  $TI=TT-t$

Termenul  $TT$  pentru o activitate care se termina intr-un nod este cel mai mic  $TI$  al activitatilor care pleaca din acel nod.

Rezultatete sunt prezentate in Figura 1.9



**Figura 1.9 – Calcularea  $TI=TT-t$**

3. Determinarea rezervei de timp asociata fiecarei activitati.  
*Rezerva de timp* este timpul cu care o activitate fara a afecta termenul de finalizare al proiectului. Rezerva de timp ( $RT$ ) se calculeaza cu formula  $RT=TI-DI=TT-DT$   
 De exemplu, pentru activitatea G, rezerva de timp este:  
 $RT_G=TI_G-DI_G=16-10=6$  sau  
 $RT_G=TT_G-DT_G=20-14=6$   
 Aceasta inseamna ca activitatea G poate intarzia cu 6 saptamani dupa cel mai devreme termen de incepere a activitatii fara a intarzia proiectul.  
 Pentru activitatea C  
 $RT_C=TI_C-DI_C=5-5=0$   
 Deci activitatea C nu are rezerve de timp si trebuie sa inceapa in saptamana 5. Cum aceasta activitate nu poate fi intarziata fara a afecta intregul proiect, inseamna ca aceasta activitate este o activitate critica.  
 Activitatile care au rezerva de timp 0 sunt activitati critice.

## 1.4 Rezolvarea cu Excel

Rezolvarea problemelor de managementul proiectelor cu Excel se face folosind abordarea bazata pe grafuri. Foaia de calcul care contine acest model este prezentata in Figura 1.10.

Datele si formulele introduse sunt cele rezultate prin dezvoltarea grafului atasat proiectului. De exemplu, deoarece cel mai tarziu termen de terminare a activitatii F este cea mai mica valoare dintre cele mai tarzii termene de incepere a activitatilor G si H, formula din celula G7=MIN(F8,F9). Deoarece cel mai devreme termen de incepere al activitatii D este cea mai mare valoare din cele mai devreme termene de terminare ale activitatilor A si C, formula din D5=MAX(E2,E4). In coloana de activitate critica este trecut cuvantul DA pentru activitatile care au abaterea zero.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Activitatea	Descriere	Durata	DI	D T	TI	T T	ABATERE	CRITICA
2	A	Selectarea birourilor	3	0	3	5	8	5	nu
3	B	Stab planului de org si a celui financiar	5	0	5	0	5	0	<b>da</b>
4	C	Determ personal necesar	3	5	8	5	8	0	<b>da</b>
5	D	Proiectarea interioarelor	4	8	12	8	2	0	<b>da</b>
6	E	Amenajarea birourilor	8	2	20	2	0	0	<b>da</b>
7	F	Selectarea personalului care se va muta	2	8	10	4	6	6	nu
8	G	Angajarea de personal nou	4	0	14	6	0	6	nu
9	H	Mutarea propruiu-zisa	2	0	12	8	0	8	nu
10	I	Stabilirea rel cu noii parteneri din Brasov	5	5	10	8	3	13	nu
11	J	Instruirea personalului	3	0	23	0	3	0	<b>da</b>
12		LUNGIMEA MAXIMA A PROIECTULUI			23				

**Figura 1.10 – Foaia de calcul Excel**

Formulele utilizate in foaia de calcul sunt :

Celula	Formula	Se copiaza in
D4	=MAX(E3)	-
D5	=MAX(E2,E4)	-
D6	=MAX(E5)	-
D7	=MAX(E4)	-
D8	=MAX(E7)	-
D9	=MAX(E7)	-
D10	=MAX(E3)	-
D11	=MAX(E6,E8,E9)	-
E2	=D2+C2	E3:E11
F2	=G2-C2	F3:F11
G2	=MIN(F5)	-
G3	=MIN(F4,F10)	-
G4	=MIN(F5,F7)	-
G5	=MIN(F6)	-
G6	=MIN(F11)	-
G7	=MIN(F8,F9)	-
G8	=MIN(F11)	-
G9	=MIN(F11)	-
G10	=E13	-
G11	=E13	-
H2	=F2-D2	H3:H11
I2	=IF(H2=0,"DA","NU")	I3:I11
E13	MAX(E2:E11)	-

## 1.5 Reprezentarea grafica a graficelor Gant in Excel

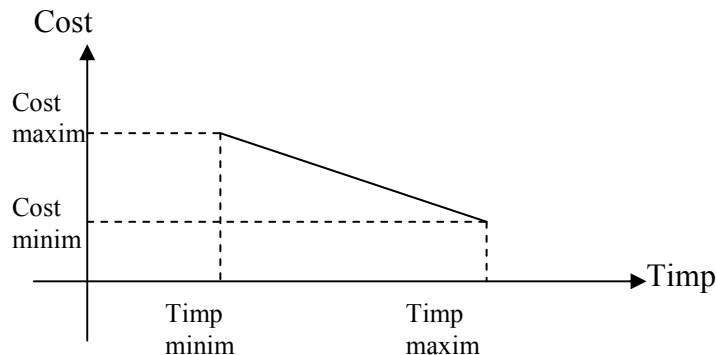
In graficul Gant activitatile sunt afisate pe axa verticala, iar pe axa orizontala reprezentam timpul. Graficul indica cel mai devreme termen de incepere al fiecarei activitati si durata activitatii. Vom ilustra modul de construire al graficelor Gant pentru exemplul din Figura 1.10.

1. Se selecteaza datele care vor fi reprezentate in grafic : activitatile (A1:A11), durata activitatilor (C1:C11) si cel mai devreme termen de incepere a activitatilor (D1:D11)
2. Se creeaza un grafic de tip Staked Bar.
3. Se selecteaza seria DI. Se apasa butonul din dreapta al mouse-ului si se selecteaza comanda *Format Series*. Se selecteaza butonul *Series Order* si se stabileste pentru afisarea seriilor ordinea DI, Durata. Se selecteaza butonul *Patterns*, si in sectiunile *Border* si *Area* se selecteaza optiunile *None*. Deci barele atasate termenelor de incepere ale activitatilor vor fi transparente, iar barele care reprezinta durata activitatilor vor aparea in prelungirea lor. Se selecteaza seria Durata, se apasa right-click pe mouse si se selecteaza comanda *Format Series*. Se selecteaza butonul *Data Labels*, optiunea *Show Value*. Astfel in dreptul fiecarei bare va fi afisata durata activitatii. Se selecteaza axa Y, se apasa right-click si se selecteaza comanda *Format Axis*. Se selecteaza butonul *Scale*, optiunile *Categories in Reverse Order* si *Value (Y)-axis cross at maximum category*. Astfel activitatile vor fi afisate incepand din partea de sus a axei Y.

## 1.6 Modelul de analiza a drumului critic/cost

Pentru reducerea timpului de realizare a unui proiect, analistul poate incerca reducerea duratei in care se efectueaza a unei activitati de pe drumul critic, prin alocarea de resurse suplimentare. De exemplu, o activitate care dureaza in mod normal 8 saptamani daca se lucreaza 8 ore/zi, poate fi terminata mai repede daca se lucreaza peste program sau daca se maresta numarul de muncitori. Acest lucru, bineinteles, se realizeaza cu pretul unor costuri crescute. Problema care se pune este : “Ce activitati ar trebui urgentate astfel incat reducerea termenului final de realizare al proiectului sa se faca cu costuri minime ?”.

Acest model presupune ca, costul e o functie lineara de timp, descrescatoare, deoarece orice efort de urgentare este insotit de cresterea cheltuielilor (Figura 1.11)



**Figura 1.11 – Functia Cost-Durata**

Pentru fiecare activitate se cunosc urmatoarele date :

**Timpul normal** – timpul maxim de realizare al activitatii

**Costul normal** – costul necesar pentru realizarea activitatii in timpul normal de lucru

**Timpul minim** – timpul minim in care se poate realiza activitatea

**Costul maxim** – costul necesar pentru realizarea lucrarii in timpul minim

Pentru prezentarea metodei vom folosi urmatorul exemplu :

Un proiect, cu graful asociat prezentat in Figura 1.13 este alcatuit din 5 activitati.

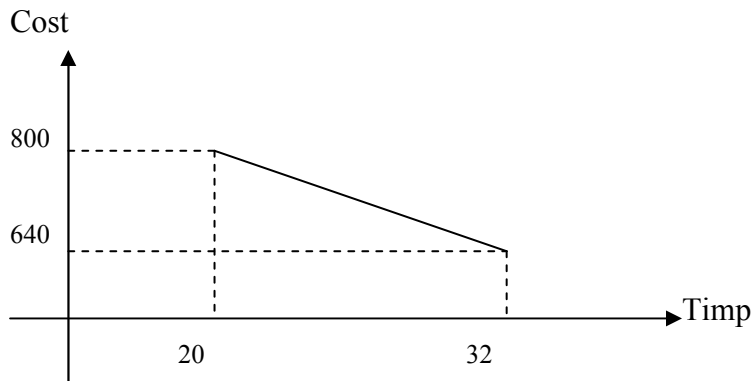
Pentru fiecare activitate se cunosc timpul normal, timpul minim, costul normal si costul maxim (prezentate in tabelul 1.2)

Activitate	Tp normal	Cost norm	Tp minim	Cost maxim	Costul urgentarilor
A	32	640	20	800	13,3
B	40	480	30	720	24,0
C	50	1.000	30	1.200	10,0
D	24	288	15	360	8,0
E	120	4.800	70	5.600	16,0
Total		7.208			

**Tabelul 1.2 – Activitatile proiectului**

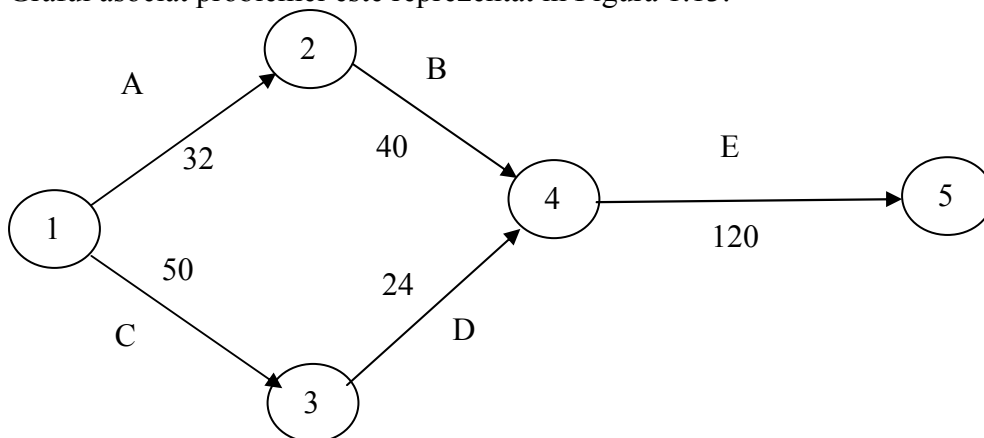
In ultima coloana din tabel s-a calculat pentru fiecare activitate costul urgentarii pe ora, egal cu  $(\text{Costul maxim} - \text{Costul normal}) / (\text{Timpul normal} - \text{Timpul minim})$ .

Figura 1.12 ilustreaza functia cost-durata pentru activitatea A



**Figura 1.12 – Functia cost-durata pentru activitatea A**

Graful asociat problemei este reprezentat in Figura 1.13.



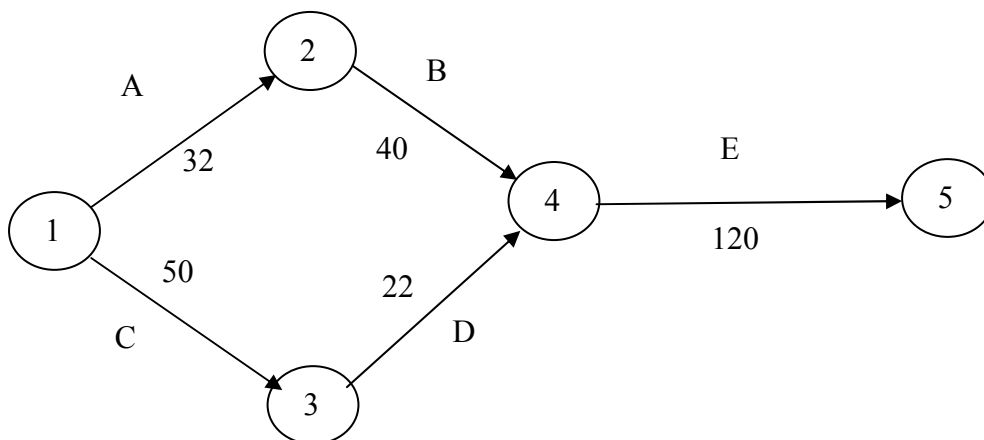
**Figura 1.13 – Graful asociat problemei**

Utilizand duratele normale pentru fiecare activitate, cel mai devreme termen pentru finalizarea proiectului este 194 de ore (pe drumul critic C-D-E).

Pentru a reduce termenul de finalizare al proiectului la 193 de ore o activitate de pe drumul critic trebuie urgentata cu o ora. Cum costul urgentarii pe ora pentru activitatea D este mai mic decat costurile urgentarii pe ora pentru activitatile C si E ( $8 < 10$  si  $8 < 16$ ), se va urgenta activitatea D cu o ora. Astfel proiectul se va termina in 193 de ore, drumul critic fiind C-D-E si costul total  $7208 + 8 = 7216$ .

Daca termenul de finalizare mai trebuie redus cu inca o ora, la 192 ore, aplicand un rationament asemanator se urgenteaza activitatea D cu inca o ora si costul marginal va creste cu 8\$.

Daca termenul de finalizare trebuie redus mai mult, la 191 ore, problema se complica. Situatia este ilustrata in Figura 1.14. Acum exista doua drumuri critice A-B-E si C-D-E, ambele de 192 de ore.



**Figura 1.14 – Graful pentru timpul de finalizare de 191 ore**

Urgentarea uneia dintre activitatile A, B, C, D cu o orava reduce un drum cu o ora, dar drumul critic va ramane tot de 192 ore. Un drum critic de 191 de ore se poate obtine daca se urgenteaza doar activitatea E. Deci exista mai multe grafuri alternative, iar dintre acestea trebuie gasita solutia care are costul minim. Pentru grafuri complexe rezolvarea in acest mod ar fi foarte greoaie. Problema poate fi rezolvata foarte simplu cu ajutorul programarii liniare. Figura 1.15 contine modelul atasat problemei.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Activitate	Tp normal	Cost norm	Tp minim	Cost maxim	Durata urgentarii	Costul urgentarilor		
2	A	32	640	20	800	12	13,3		
3	B	40	480	30	720	10	24,0		
4	C	50	1.000	30	1.200	20	10,0		
5	D	24	288	15	360	9	8,0		
6	E	120	4.800	70	5.600	50	16,0		

7

8	Activitate	Durata urgentarii	Durata activitatii	DI	DT	TI	TT	Abatere	Activitate Critica
9	A	0	32	0	32	2	34	2	NU
10	B	0	40	32	72	34	74	2	NU
11	C	0	50	0	50	0	50	0	DA
12	D	0	24	50	74	50	74	0	DA
13	E	0	120	74	194	74	194	0	DA
14		Termenul final	194						
15		Costul urgentarii	0						

**Figura 1.15 – Foaia de calcul utilizata pentru rezolvarea problemei**

Formulele utilizate in foaia de calcul sunt :

Celula	Formula	Se copiaza in
F2	=B2-D2	F3:F6
G2	=(E2-C2)/(B2-D2)	G3:G6
D9	0	-
D10	=E9	-
D11	0	-
D12	=E11	-
D13	=MAX(E10,E12)	-
E9	=D9+C9	E10:E13
F9	=G9-C9	F10:F13
G9	=F10	-
G10	=F13	-
G11	=F12	-
G12	=F13	-
G13	=E13	-
H9	=F9-D9	H10:H13
I9	=IF(H9=0,"DA","NU")	I10:I13
D14	=E13	-
C15	=SUMPRODUCT(B9:B13,G2:G6)	-

In prima parte a foii de calcul se introduc timpul normal, costul normal, timpul minim si costul maxim de realizare a fiecărei activitati. Pe baza acestor date, se calculeaza in coloana Durata maxima a urgentarii durata maxima cu care poate fi urgentata fiecare activitate (diferenta dintre timpul maxim si timpul minim) iar in coloana urmatoare costul urgentarii pe ora (diferenta dintre costul maxim si costul normal raportat la durata maxima a urgentarii).

Al doilea tabel din foaia de calcul contine variabilele de decizie ale problemei – duratele cu care poate fi urgentata fiecare activitate (in domeniul B9:B13). Initial toate valorile vor avea valoarea 0.

In coloana “Durata activitatii” se calculeaza durata activitatii in cazul in care aceasta va fi urgentata cu valoarea din coloana Durata urgentarii (diferenta dintre Durata normala si durata urgentarii).

In coloanele urmatoare se calculeaza cele mai devreme si cele mai tarzii termene de incepere si terminare al fiecărei activitati, respectand succesiunea activitatilor (la fel ca in exemplul anterior). Apoi, se calculeaza pentru fiecare activitate abaterile si se introduc formulele pentru determinarea activitatilor critice.

Functia obiectiv (celula C15) este minimizarea costului total de urgentare, calculat ca suma produselor dintre duratele cu care se urgenteaza fiecare activitate si costul urgentarii pe unitatea de timp –min(C15).

Restricțiile problemei sunt:

1. Durata în care trebuie realizat proiectul (continut în celula D14). De exemplu dacă proiectul ar trebui terminat în 184 de ore, restricția ar fi  $D14=184$ .
2. Durata cu care poate fi urgentată fiecare activitate nu poate depăși durata maximă de urgentare, iar aceste durate sunt numere pozitive. Deci,  $B9:B13 \geq 0$  și  $B9:B13 \geq F2:F6$ .

Se rezolvă problema cu ajutorul Solver-ului, iar rezultatele obținute arată că pentru ca proiectul să se termine cu costuri minime în 184 de ore, trebuie urgentate lucrurile D cu 2 ore și E cu 8 ore. Costul suplimentar al urgentării ar fi în acest caz de 144\$.