

3. MANAGEMENTUL PROIECTELOR ÎN FUNCȚIE DE TIMP

3.1 Etapele de bază

Aceste etape provin din modelul PERT-timp și se referă la:

- calculul datelor “*cel mai devreme*” (CMD);
- calculul datelor “*cel mai târziu*” (CMT);
- calculul marjelor activităților;
- stabilirea drumului critic.

Exprimările “*cel mai devreme*” și “*cel mai târziu*” sunt introduse prin convenție și nu au nimic comun cu subînțelesuri atribuite exprimării în limbaj curent.

- *Datele CMD* se obțin prin tratarea rețelei logice a proiectului în raport cu o scară de timp ce are ca origine o dată t_0 și se derulează spre viitor. Întrebarea la care răspund intuitiv acest tip de date este: dacă proiectul începe la momentul t_0 , când se va termina el și care sunt termenele intermediare importante?

- *Datele CMT* se obțin prin tratarea rețelei logice a proiectului în raport cu o scară de timp ce are ca origine o dată t_f și se derulează spre trecut. Întrebarea la care răspund intuitiv acest tip de date este: dacă proiectul se încheie la momentul t_f , când trebuie să înceapă el și care sunt termenele intermediare importante?

- *Marja* fiecărei activități este definită ca diferență între data de început CMT și data de început CMD. Calculul marjelor activităților se realizează cu scopul de a determina activitățile ce alcătuiesc drumul critic pentru rețeaua analizată. Acest calcul impune realizarea unei corespondențe a scărilor de timp utilizate la calcularea datelor CMD, respectiv CMT.

În general, se consideră că, dacă marja unei activități este nulă, activitatea respectivă nu poate să aibă întârziere.

Acest lucru nu este adevărat, cel puțin în maniera de tratare din acest lucrare.

- *Drumul critic* este definit ca ansamblu (și nu ca succesiunea) de activități a căror marjă este nulă. Drumul critic, determinat în acest mod nu este întotdeauna cel mai scurt, pornind de la începutul spre sfârșitul proiectului .

3.2 Calculul datelor CMD și CMT

Calculul datelor CMD și CMT va fi evidențiat pentru rețeaua logică din fig. 3.1, a unui proiect ce cuprinde nouă activități și, totodată, pune în evidență trei dintre tipurile de legături cele mai frecvente. Durata fiecărei activități este exprimată în zile lucrătoare.

În calculul datelor CMD timpul se scurge în sensul său natural și, în consecință, succesiunea stărilor fiecărei activități este următoarea: activitatea nu este începută; începutul activității; activitatea este în curs de desfășurare; sfârșitul activității; activitatea este terminată.

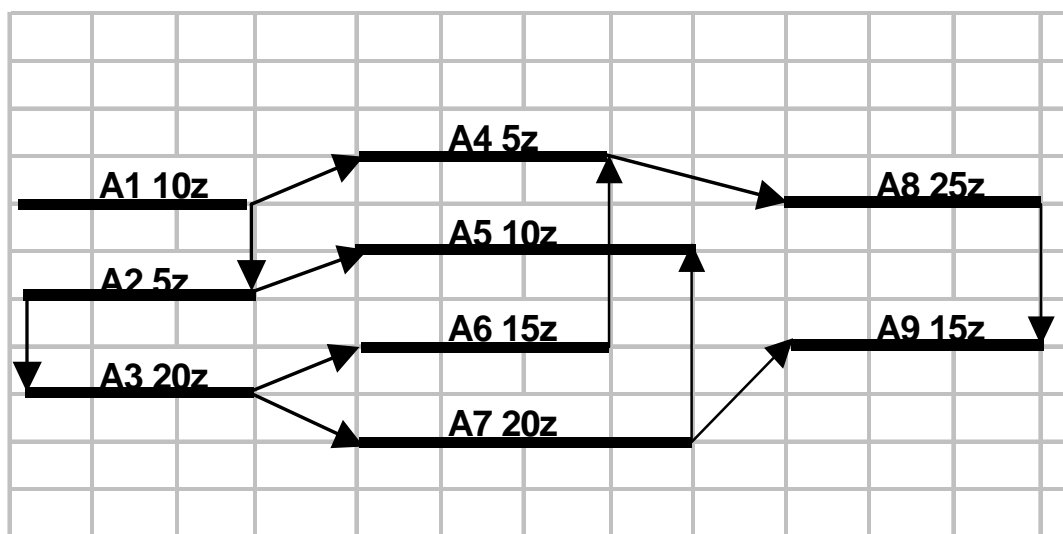


Fig. 3.1

Din analiza rețelei logice se pot face următoarele deducții: activitatea A2 se termină odată cu activitatea A1 sau mai târziu, iar activitatea A3 începe odată cu activitatea A2 sau mai târziu. După cum se poate observa, între cele trei activități există legături de tipul S-S și Î-Î. Alte legături de același tip din rețea sunt între activitățile A6-A4 (S-S); A7-A5 (S-S); A8-A9 (S-S).

Celelalte tipuri de legături din rețea sunt de tipul S-Î (acestea fiind în proporție de peste 50%).

Pentru efectuarea calculelor CMD, activitățile din rețea trebuie plasate pe o scară de timp care are ca origine momentul t_0 și se derulează spre viitor (fig. 4.2). Astfel, la momentul t_0 poate să înceapă activitatea A1. Între activitatea A1 (10 zile) și A2 (5 zile) există legătură de tip S-S, deci activitatea A2 nu poate începe odată cu A1, deoarece nu au aceeași durată

și tipul legăturii impune ca cele două activități să se termine “cel mai devreme” la același moment. De aici rezultă că începutul “*cel mai devreme*” al activității A2 este $t_0 + 5$.

Începutul activității A3 este impus de tipul legăturii (Î-Î) cu activitatea A2. Deci, luând în considerare duratele celor două activități, se poate deduce că momentul de început al activității A3 este $t_0 + 5$.

În concluzie, singura activitate care începe la momentul t_0 este A1. Activitatea A1 durează 10 zile. După 10 zile activitățile A1 și A2 sunt terminate, iar la $t_0 + 25$ este terminată și activitatea A3. Deoarece între activitatea A3 pe de-o parte, și activitățile A6 și A7, pe de altă parte, există legături de tip S-Î, debutul “*cel mai devreme*” al activităților A6 și A7 corespunde momentului $t_0 + 25$. Activitățile A4 și A5 trebuie să respecte atât legăturile cu predecesorii A1 și A2, de tip S-Î, cât și legăturile cu predecesorii A6 și A7, de tip S-S.

Ținând cont de ambele tipuri de legături, începutul “*cel mai devreme*” al activităților A4 și A5 corespunde momentului $t_0 + 35$, iar sfârșitul momentelor $t_0 + 40$, respectiv $t_0 + 45$ (fig. 3.2).

Datorită tipului de legături între A4 - A8 (S-Î) și A8 - A9 (S- S), se poate deduce că momentul de început al activității A8 este $t_0 + 40$, iar al activității A9 este $t_0 + 50$.

Deoarece activitatea A8 durează 25 zile, momentul de sfârșit al proiectului este $t_0 + 65$, acesta fiind și momentul de sfârșit al activității A9.

În calculul datelor CMT timpul se scurge în sens invers celui natural. Deci succesiunea de stări a fiecărei activități este următoarea: activitatea este terminată; sfârșitul activității; activitatea este în curs de desfășurare; începutul activității; activitatea nu este încă începută. Din analiza rețelei logice se observă că activitățile A9 și A8 se termină la momentul t_f , iar activitățile A4, A6, A7 se pot termina “*cel mai târziu*” la debutul activităților A8 și A9. Astfel activitatea A7 începe la momentul $t_f - 15$, iar activitățile A6 și A4 încep la momentul $t_f - 25$.

Activitatea A5, neavând succesori direcți sau indirecți se termină “*cel mai târziu*” la momentul t_f .

Activitatea A3 nu se poate termina decât la începutul activității A6, acesta fiind la momentul $t_f - 40$ și începe cu 20 de zile mai devreme, adică la momentul $t_f - 60$. Momentul de început al activității A2 coincide cu momentul de început al activității A3 ($t_f - 60$), pentru a respecta legătura de tip Î-Î dintre ele. Momentul de sfârșit al activității A1 coincide cu momentul de sfârșit al activității A2, pentru a respecta legătura de tip S-S

dintre ele. Momentul de început al proiectului este $t_f - 65$, care rezultă ținând seama că durata activității A1 este de 10 zile.

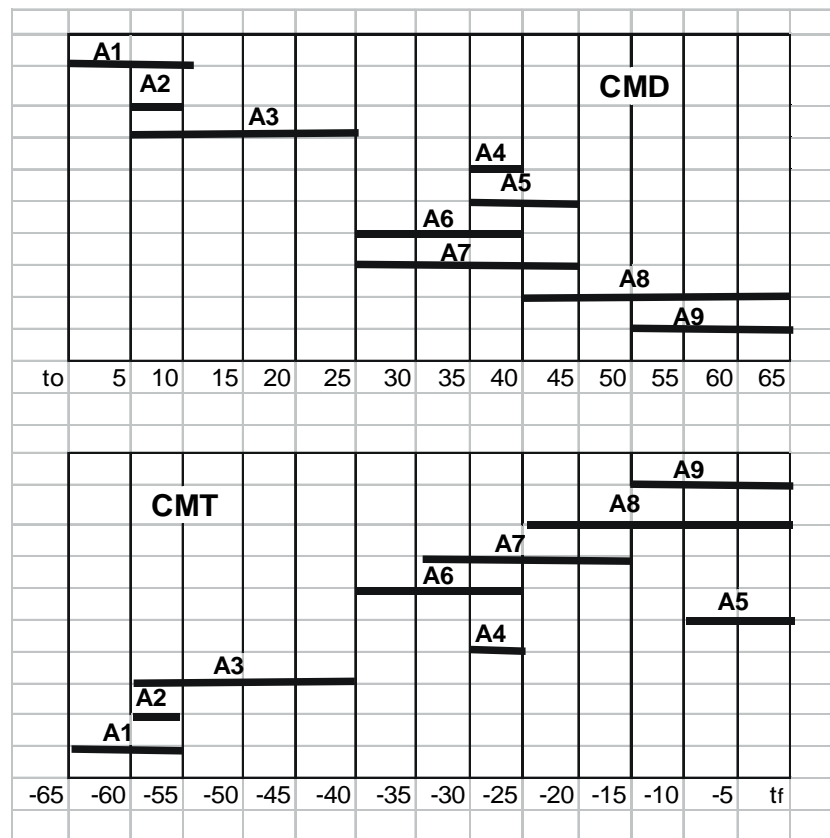


Fig. 3.2

3.3 Calculul marjelor și stabilirea drumului critic

În exemplul analizat anterior, s-a dedus că durata totală a proiectului este de 65 zile, atât pe scara CMD cât și pe scara CMT.

Duratele egale pe cele două scări, CMD și CMT, reprezintă o regulă, fără excepție, în analiza PERT – timp, atunci când activitățile nu au date impuse.

Calculul marjelor se bazează pe punerea în corespondență a scărilor CMD și CMT. Corespondența se face considerând că:

$$t_f = t_0 + 65 \text{ zile.}$$

Această relație ne arată că datele CMT pot fi exprimate în funcție de t_0 , respectiv:

$$t_f - k \text{ zile} = t_0 + (n - k) \text{ zile,}$$

fapt ce permite calculul analitic al marjelor (tab.3.1).

Tabelul 3.1. Calculul analitic al marjelor

Activitate	Date CMD	Date CMT	Marje
A1	$t_0 + 0$	$t_f - 65 = t_0 + 0$	0
A2	$t_0 + 5$	$t_f - 60 = t_0 + 5$	0
A3	$t_0 + 5$	$t_f - 60 = t_0 + 5$	0
A4	$t_0 + 35$	$t_f - 30 = t_0 + 35$	0
A5	$t_0 + 35$	$t_f - 10 = t_0 + 55$	20
A6	$t_0 + 25$	$t_f - 40 = t_0 + 25$	0
A7	$t_0 + 25$	$t_f - 35 = t_0 + 30$	5
A8	$t_0 + 40$	$t_f - 25 = t_0 + 40$	0
A9	$t_0 + 50$	$t_f - 15 = t_0 + 50$	0

Marja fiecărei activități se determină ca diferență dintre data de început CMT și data de început CMD.

Correspondența între punctul de plecare al datelor CMT (t_f) și punctul de sosire al datelor CMD ($t_0 + n$ zile) se numește suprapunerea scărilor CMD și CMT. Această suprapunere permite compararea rapidă a datelor CMD cu datele CMT, precum și calculul marjelor.

Pornind de la definiția marjei, și analizând suprapunerile de scări din fig. 3.2, se poate constata că activitățile A5 și A7 au marje diferite de zero și anume 20 respectiv 5 zile, iar restul activităților au marjă nulă.

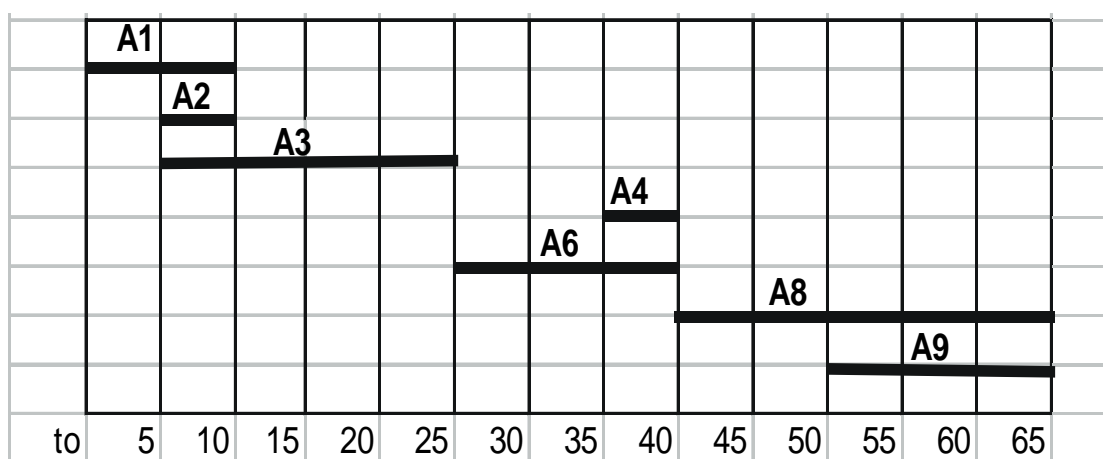


Fig. 3.3

Drumul critic se obține din scara CMD, reținând numai activitățile cu marjă nulă (fig. 3.3).

Se poate observa că drumul critic nu este o simplă înlanțuire de activități critice, care se succed după o regulă strictă sfârșit - început; la diferite momente, mai multe activități se derulează în paralel (fig. 3.3).

3.4 Managementul proiectelor în funcție de timp fără date impuse

În mod obișnuit o activitate critică este interpretată ca având următoarea proprietate: dacă ea se prelungește cu o anumită durată, întreg proiectul se va prelungi cu durata respectivă.

Însă acest punct de vedere este unul particular, deoarece exemplul rețelei logice din fig. 4.1 arată că drumul critic nu este o simplă înșiruire de activități critice, care se succed după o regulă strictă de sfârșit – început; la diferite momente, mai multe activități critice se derulează în paralel.

Pentru a pune în evidență observația anterioară, se consideră, în exemplul precedent că activitatea A9 va dura 20zile, în loc de 15zile.

Calculul datelor CMD, al datelor CMT și suprapunerea celor două scări este reprezentată în fig. 3.4.

Centralizarea datelor CMD, a datelor CMT și a marjelor este dată în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2. Recalcularea analitică a marjelor

Activitate	Date CMD	Date CMT	Marje
A1	$t_0 + 0$	$t_f - 65 = t_0 + 0$	0
A2	$t_0 + 5$	$t_f - 60 = t_0 + 5$	0
A3	$t_0 + 5$	$t_f - 60 = t_0 + 5$	0
A4	$t_0 + 35$	$t_f - 30 = t_0 + 35$	0
A5	$t_0 + 35$	$t_f - 10 = t_0 + 55$	20
A6	$t_0 + 25$	$t_f - 40 = t_0 + 25$	0
A7	$t_0 + 25$	$t_f - 40 = t_0 + 25$	0
A8	$t_0 + 40$	$t_f - 25 = t_0 + 40$	0
A9	$t_0 + 45$	$t_f - 20 = t_0 + 45$	0

Față de exemplul precedent, apar modificări ale marjelor, acestea fiind cauzate de durata activității A9. Cu toate acestea, lungimea drumului critic nu se modifică.

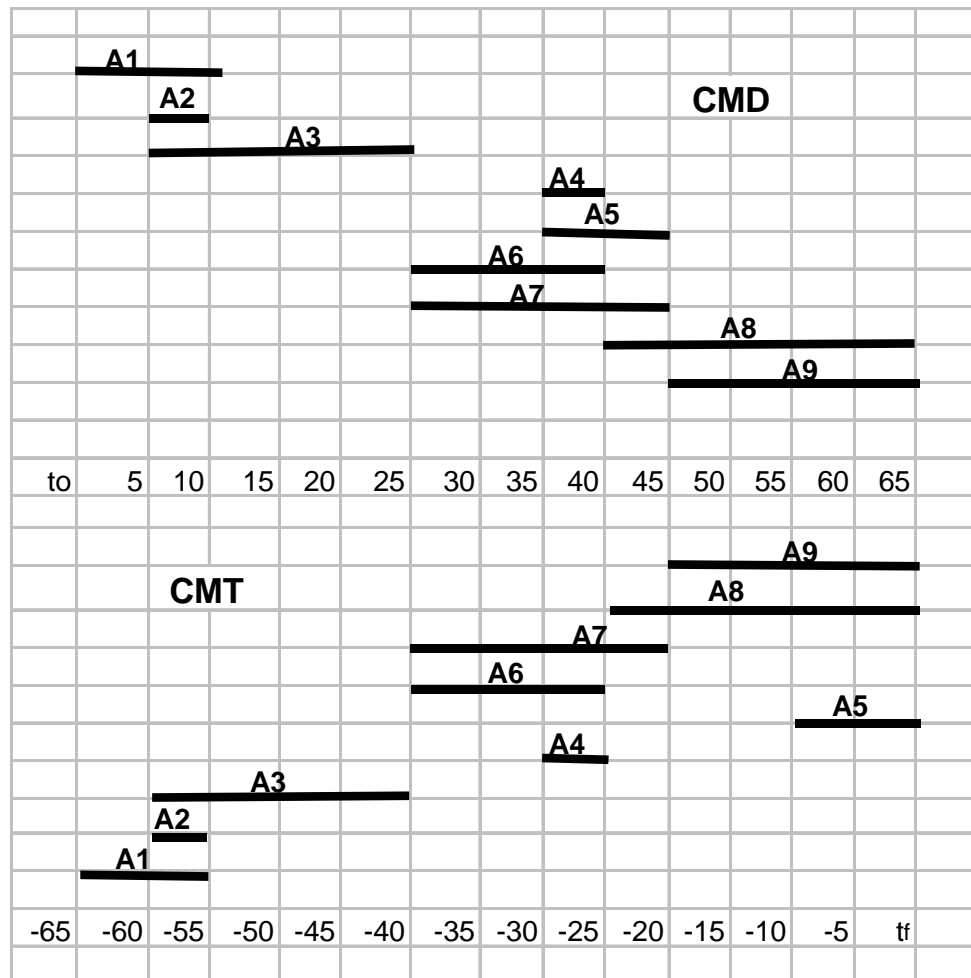


Fig. 3.4

În cazul în care rețeaua logică conține cel puțin o legătură de alt tip decât S-Î, numai un calcul complet PERT-timp permite determinarea impactului pe care îl are asupra proiectului modificarea duratei unei activități critice.

De exemplu, începerea în avans a activității A9, cu cinci zile, nu are nici un impact asupra duratei proiectului. În schimb, prelungirea datei de sfârșit a acestei activități, cu n zile, conduce la prelungirea proiectului cu n zile.

Pornind de la aceste observații, s-ar părea că prezintă interes introducerea unor noțiuni noi precum: început critic, durată critică și sfârșit critic al unei activități. Caracterul distinct al acestor noțiuni prezintă desigur interes pentru rețelele logice care conțin și alte legături decât cele de tip S-Î.

Cu toate acestea, datorită faptului că legăturile de tip S-Î sunt preponderente, introducerea noțiunilor menționate nu prezintă,

deocamdată, un interes major pentru managementul proiectelor în funcție de timp. Totodată, se menționează faptul că majoritatea soft-urilor implementate pe calculatoarele numerice, pentru managementul proiectelor, nu operează cu aceste concepte.

De astfel, analizând cu atenție rețeaua logică din fig. 4.1, se pot depista și alte activități critice a căror majorare de durată nu modifică durata totală a proiectului. Astfel, oricare dintre activitățile A1 sau A2 pot fi prelungite în intervalul $t_0 + 10$ până la $t_0 + 25$, fără ca această majorare de durată să poată influența durata inițială de realizare a proiectului.

În schimb, există activități critice, precum A3, A7 și A8, a căror prelungire de durată determină prelungirea duratei totale a proiectului. Pentru a face distincție între cele două categorii de activități, se stabilește următoarea convenție: activitățile critice a căror modificare de durată, în anumite limite, nu determină, implicit, modificarea duratei de ansamblu a proiectului, vor fi denumite *activități pseudocritice*; activitățile la care orice modificare de durată conduce, implicit, la modificarea duratei de ansamblu a proiectului, vor fi denumite *activități critice propriu-zise* (sau *activități critice fundamentale*).

3.5 Tratarea datelor impuse

Până aici s-a presupus că asupra activităților din proiect nu acționează nici un fel de restricții. În realitate astfel de restricții sunt destul de frecvente. Ele pot avea cauze multiple, dar două dintre acestea sunt preponderente: clauzele contractuale și indisponibilitatea temporară a unor resurse.

Întrucât restricțiile ce intervin în managementul proiectelor în funcție de timp sunt de natură temporală, aceste restricții sunt cunoscute sub denumirea generală de “*date impuse*”

Algoritmii utilizați pe diferite calculatoare efectuează analiza acestor date după tehnici care variază foarte mult .

În această lucrare, se prezintă o tehnică relativ simplă și des utilizată, în jurul căreia se pot dezvolta numeroase variante.

În cadrul acestei tehnici se consideră patru tipuri de date impuse, care se pot exprima după cum urmează:

- *NU POATE ÎNCEPE ÎNAINTE DE*. De exemplu, activitatea T nu poate începe înainte de 1 septembrie, întrucât această activitate constă în

efectuarea unui tratament termic într-un cuptor care până la data respectivă, se află în reparație.

- **NU SE POATE TERMINA ÎNAINTE DE.** De exemplu, activitatea T nu se poate termina înainte de 15 septembrie, pentru că această activitate constă în menținerea în funcție a unui echipament vechi care va fi înlocuit cu altul nou la data menționată.
- **NU POATE ÎNCEPE DUPĂ.** De exemplu, activitatea T nu poate începe după 1 octombrie, pentru că această activitate constă în deschiderea festivă a unui nou an universitar care, prin hotărârea senatului universității, a fost stabilită la acea dată.
- **NU SE POATE TERMINA DUPĂ.** De exemplu, activitatea T nu se poate termina după 10 octombrie, pentru că data menționată este data limită de livrare a unui utilaj către client.

Aceste patru tipuri de date impuse fac parte din două categorii distincte (fig. 3.5): NU ÎNAINTE (nu poate începe înainte de și nu se poate termina înainte de), NU DUPĂ (nu poate începe după și nu se poate termina după).

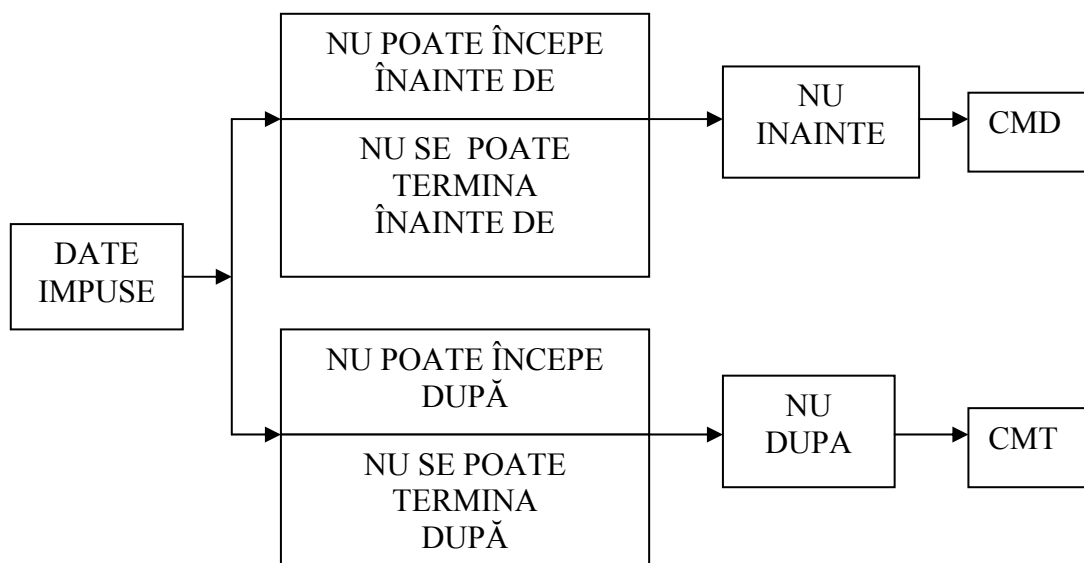


Fig. 3.5

Regula de bază pentru analiză este următoarea: datele impuse din categoria NU ÎNAINTE sunt luate în considerare în calculul *CMD* și ignorate în calculul *CMT*; datele impuse din categoria NU DUPĂ sunt luate în considerare în calculul *CMT* și ignorate în calculul *CMD*.

Cele patru tipuri de date impuse existente în teorie nu au aceeași frecvență în practică. Datele impuse de tipul NU SE POATE TERMINA

DUPĂ (date țintă) și cele de tipul NU POATE ÎNCEPE ÎNAINTE DE (puncte de intrare) sunt cele mai întâlnite.

Ca urmare, o simplificare curentă constă în adoptarea următoarei reguli de bază: *datele impuse de început sunt luate în considerare în calculul CMD și ignorate în calculul CMT, iar datele impuse de sfârșit sunt luate în considerare în calculul CMT și ignorate în calculul CMD.*

3.6 Managementul în funcție de timp cu date impuse

Se reia exemplul din fig. 3.1, adăugând următoarele date impuse pentru activitățile A7 și A9: A7 nu poate începe înainte de $t_0 + 40$, A9 nu se poate termina după $t_0 + 70$.

- **Calculul datelor CMD și CMT.** Data impusă activității A7 este de tipul NU POATE ÎNCEPE ÎNAINTE DE. Ca urmare, ea trebuie luată în considerare în calculul CMD și ignorată în calculul CMT.

Data impusă activității A9 este de tipul NU SE POATE TERMINA DUPĂ. Ca urmare, ea trebuie luată în considerare în calculul CMT și ignorată în calculul CMD. Calculul CMD este identic cu cel prezentat la punctul 4.2, până la data $t_0 + 25$, la care se sfârșește A3 (fig. 3.6)

Datorită datei impuse, activitatea A7 nu mai poate debuta la momentul $t_0 + 25$ ci la momentul $t_0 + 40$. Activitatea A9, succesor direct al activității A7, va suferi un decalaj de aceeași mărime (15 zile).

Întrucât celelalte activități nu sunt influențate de data impusă lui A7, sfârșitul proiectului corespunde sfârșitului activității A9, respectiv $t_0 + 75$ zile (fig. 3.6).

Restricția care trebuie luată în considerare la calculul CMT este data impusă activității A9 (nu se poate termina după $t_0 + 70$). Cum această dată este exprimată în funcție de t_0 , calculul CMT (efectuat în funcție de t_f), se derulează ca și cum n-ar exista nici o restricție (fig. 3.6)

Se poate constata că durata totală a proiectului este de 75 zile în cazul calculului CMD și de 65 zile în cazul calculului CMT. Această diferență de durate nu poate să apară decât în prezența datelor impuse.

La punerea în corespondență a scărilor CMD și CMT, condiția de dată impusă activității A9 face ca scara de timp a datelor CMT să gliseze spre trecut.

Această glisare este necesară pentru a satisface restricția impusă activității A9, și anume, data de sfârșit CMT pentru activitatea A9 trebuie

să fie mai mică sau egală cu $t_0 + 70$. Corespondența de scări este ilustrată în fig. 3.6.

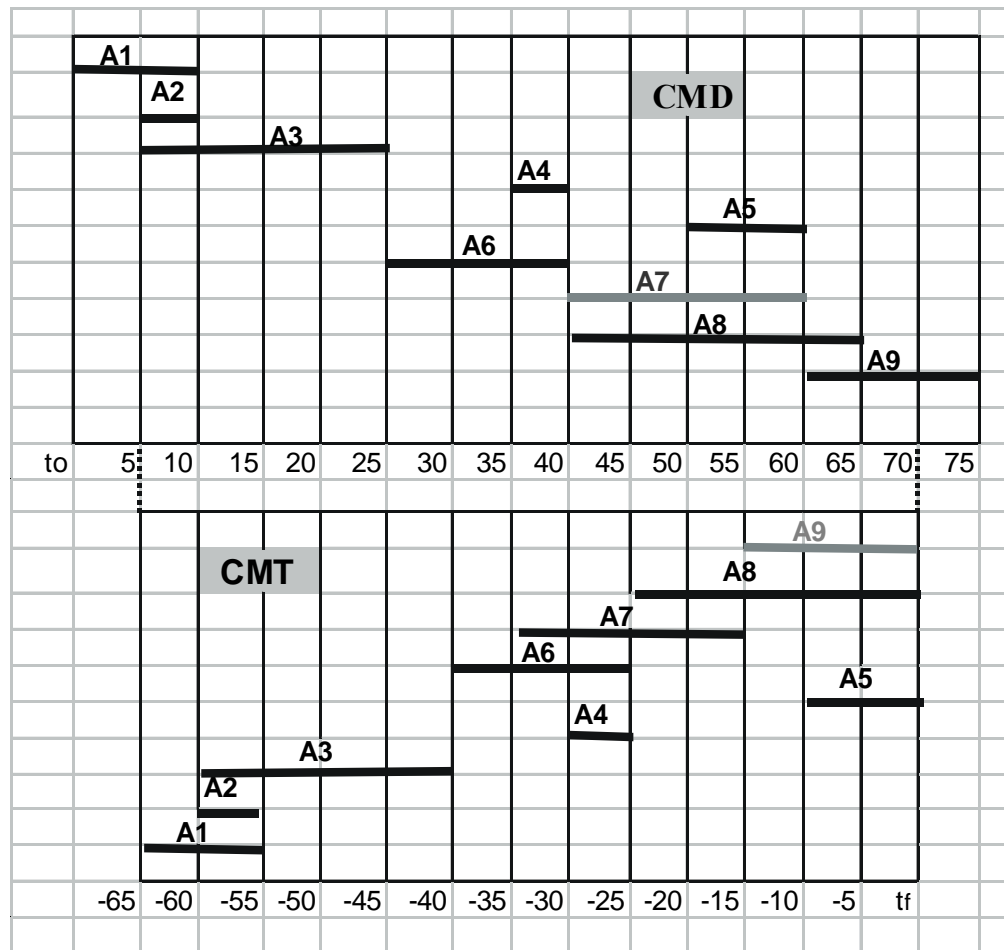


Fig. 3.6

- **Calculul marjelor și stabilirea drumului critic.**

În mod formal, relația de legătură între datele t_0 și t_f se stabilește în felul următor: prin convenție, data t_f corespunde punctului de sosire al datelor CMD (în cazul studiat, $t_0 + 75$).

Rezultă: $t_f \leq t_0 + 75$.

Condiția de dată impusă activității A9 se traduce prin relația: $t_f \leq t_0 + 70$.

Sistemul de inecuații: $t_f \leq t_0 + 75$; $t_f \leq t_0 + 70$, conduce la soluția unică: $t_f \leq t_0 + 70$

Ultima relație permite exprimarea datelor CMT în funcție de t_0 . Astfel marjele tuturor activităților se calculează în funcție de t_0 , fiind date în tabelul 3.3.

Activitățile A7 și A9 au, fiecare, marja negativă (-5zile), iar celelalte activități au marje pozitive.

În prezența marjelor negative, definirea drumului critic se bazează pe următoarea convenție: *drumul critic este constituit din ansamblul activităților ale căror marje sunt nule și/sau negative.*

Tabelul 3.3. Calculul analitic al marjelor în prezența datelor impuse

Activitate	Date CMD	Date CMT	Marje
A1	$t_0 + 0$	$t_f - 65 = t_0 + 5$	5
A2	$t_0 + 5$	$t_f - 60 = t_0 + 10$	5
A3	$t_0 + 5$	$t_f - 60 = t_0 + 10$	5
A4	$t_0 + 35$	$t_f - 30 = t_0 + 40$	5
A5	$t_0 + 50$	$t_f - 10 = t_0 + 60$	10
A6	$t_0 + 25$	$t_f - 40 = t_0 + 30$	5
A7	$t_0 + 40$	$t_f - 35 = t_0 + 35$	-5
A8	$t_0 + 40$	$t_f - 25 = t_0 + 45$	5
A9	$t_0 + 60$	$t_f - 15 = t_0 + 55$	-5

Ținând cont de această convenție, în cazul de față, drumul critic este format numai din activitățile A7 și A9. Drumul critic nu acoperă întreaga durată a proiectului, fiind cuprins între $t_0 + 40$ și $t_0 + 75$.

Faptul că drumul critic nu leagă în mod continuu, începutul și sfârșitul proiectului se produce numai în cazul datelor impuse și poate fi adevărat numai pentru modelele PERT-timp.

Cu prilejul stabilirii unui program de derulare a proiectelor, calculul PERT- timp reprezintă numai o primă etapă și permite descoperirea unor eventuale marje negative. Existența acestora arată că există incompatibilități între datele impuse. Eliminarea acestor incompatibilități trebuie efectuată în acest stadiu, înainte de a trece la alocarea resurselor pentru proiect.

3.7 Verificarea cunoștințelor

1) Care sunt etapele de bază ale managementului proiectelor în funcție de timp?

2) Cum se obțin datele CMD și CMT?

3) Cum se definește marja unei activități?

4) Cum se definește drumul critic?

5) Cum se definesc activitățile critice fundamentale?

6) Cum se definesc activitățile pseudocritice?

7) Ce se înțelege prin dată impusă?

8) Care sunt cauzele principale ale datelor impuse?

9) Câte tipuri și câte categorii de date impuse pot fi întâlnite în managementul proiectelor .

10) Dați câte un exemplu din fiecare tip de dată impusă.

11) Ce particularități prezintă categoria de date impuse „NU ÎNAINTE”?

12) Ce particularități prezintă categoria de date impuse „NU DUPĂ”?

13) Fie proiectul formalizat prin rețeaua logică din fig. 2.19. Se cere: efectuarea calculelor CMD și CMT; calculul marjelor și stabilirea drumului critic. Să se pună în evidență activitățile critice fundamentale, precum și cele pseudocritice.

14) Referitor la rețeaua logică din fig. 2.19 se iau în considerare următoarele date impuse: activitatea F nu poate începe înainte de $t_0 + 50$ zile; activitatea J nu se poate termina după $t_0 + 70$ zile. În prezența celor două date impuse se cere: efectuarea calculelor CMD și CMT; calculul marjelor și stabilirea drumului critic. Ce concluzie se poate trage pe baza valorilor marjelor activităților F și J?

15) Fie proiectul reprezentat prin rețeaua logică din fig. 2.20. Se cere: efectuarea calculelor CMD și CMT. Ce concluzie rezultă din analiza calculelor CMD și CMT? Ce soluție s-ar putea aplica pentru a putea efectua calculele CMD și CMT, fără a modifica durata proiectului. În cazul în care s-a găsit această soluție se cere: efectuarea calculelor CMD și CMT; calculul marjelor și stabilirea drumului critic.