

1. LE TECNICHE DI PROGRAMMAZIONE



PLANNING

1.1. PREMESSA

Da sempre l'uomo, consciamente o inconsciamente, ha avvertito la necessità, prima di agire, di prevedere le conseguenze delle proprie azioni ed ha cercato quindi di analizzare il proprio comportamento futuro nel tentativo di valutare l'evoluzione nel tempo dei risultati conseguibili.

Ciò perchè Egli, intuendo la pericolosità del verificarsi di eventi imprevisi, ha sempre temuto la sua impreparazione ad affrontare e risolvere i problemi connessi con situazioni non precedentemente valutate. In questa razionale attività si è servito, e si serve tuttora, delle proprie capacità di immaginare il futuro e di condizionarlo nel suo divenire cercando di avviarne l'evolversi su percorsi precostituiti.

Nell'espressione di questa capacità, si coglie il tentativo di una forma spontanea di programmazione, nel realizzare la quale, l'Uomo utilizza l'esperienza acquisita precedentemente nell'attuare azioni similari.

Allorquando, però, si passa da azioni o attività semplici ad attività composte, come quelle che si riferiscono, per esempio, alla realizzazione di un progetto, aumentando la complessità degli interventi nonché degli strumenti necessari per attuarli e dovendosi tenere in debita considerazione il fattore tempo ed il fattore costo, l'Uomo ha sempre più avvertito l'esigenza di disporre di appropriate metodologie per organizzare in

maniera razionale quelle operazioni di previsioni e di condizionamento del futuro.

Ci si è così appoggiati dapprima a semplici schemi con un elenco di operazioni da svolgere, ordinandole secondo la riconosciuta priorità, per passare successivamente all'uso di piani di intervento formulati tramite i noti diagrammi a barre.

Questo compito di organizzazione di attività future è stato generalmente demandato all'Ingegnere e ciò sostanzialmente per due motivi fondamentali:

- la formazione culturale e scientifica dell'Ingegnere garantisce a quest'ultimo una capacità, quasi intuitiva, di schematizzare, analizzare, prevedere tempi e costi relativi ad attività ancora da compiere;

- gli interventi maggiormente sottoposti a programmazione sono stati quelli riguardanti realizzazioni di opere di ingegneria, le quali vedono l'Ingegnere come protagonista, in termini di Autore del progetto e/o direttore dell'esecuzione, e pertanto nessuno meglio di lui poteva compiere un'operazione così delicata come la programmazione ed il controllo degli interventi stessi.

Al perfezionamento poi degli strumenti operativi che la tecnologia mette a disposizione per la realizzazione di un processo produttivo ha fatto riscontro la necessità e, al tempo stesso, la difficoltà del coordinamento delle diverse fasi nelle quali si articola il processo stesso.

Di fronte ai limiti dei diagrammi a barre o similari si sono allora ricercate e trovate più sofisticate metodologie, approdando così alle tecniche reticolari di programmazione.

Oggi non vi sono più dubbi sulla utilità, anzi sulla necessità, di programmare i nostri interventi ricorrendo a modelli che riescano a simulare una realtà futura con

sufficiente attendibilità; pur tuttavia, ancora nel recente passato ed in certi ambienti, una qualche forma di pigrizia mentale, unita alla presunzione di riuscire comunque a governare le azioni future sulla base soltanto delle proprie capacità di improvvisazione, ha finito con l'inibire, in parte, lo sviluppo e le applicazioni delle attuali tecniche di programmazione.

Un simile atteggiamento tende fortunatamente oggi a scomparire di fronte alla sempre più collaudata e documentata validità delle tecniche reticolari ed alla sempre maggiore preparazione e professionalità dell'operatore cui è affidato il compito di programmazione.

Un valido aiuto alla diffusione di queste tecniche è stato poi offerto dall'avvento e dallo sviluppo dei calcolatori, ed in particolare dei P.C., e di appropriati prodotti software applicativi con i quali oggi, con modesto impegno, è possibile affrontare rapidamente programmi anche molto complessi e studiarli in tutti gli aspetti coinvolti.

Il processo di automatizzazione della redazione e della elaborazione dei piani ha portato però anche a dei risvolti negativi: la disponibilità dello strumento ha creato a volte l'illusione che chiunque potesse proficuamente adoperarlo, conseguendo risultati validi ed attendibili.

Così come per progettare una struttura non basta saper far girare il programma di calcolo (e di questo l'Ingegnere ne è bene consapevole), per programmare un intervento non è sufficiente possedere lo strumento elaborativo (ed oggi in commercio ce ne sono parecchi), inserire dati ed attendere risultati.

Per arrivare alla formulazione di un programma dei lavori, occorre conoscere il progetto, nel suo contenuto, nelle sue finalità, nelle sue possibilità e modalità di esecuzione, analizzarlo fino a scomporlo in attività

elementari, ricercandone le relazioni logiche; occorre ancora dimensionare la struttura operativa ed individuare le risorse necessarie.

Soltanto a questo punto è possibile avviare la fase di input di dati nello strumento elaborativo.

La conoscenza poi delle metodologie risolutive del modello di simulazione risulta poi l'unica fonte per un proficuo dialogo con il programma di calcolo e per una corretta interpretazione e valutazione dei risultati ottenuti.

Per questi motivi è bene che l'atto della programmazione degli interventi resti ancora di competenza dell'Ingegnere, il quale possiede tutte le risorse culturali per un corretto approccio con i sistemi reticolari di programmazione.

Non va inoltre dimenticato che oggi l'attività dell'Ingegnere, in certi settori, è spesso orientata verso ruoli gestionali della produzione; in questi ruoli il ricorso a sistemi di programmazione e controllo si rivela quasi sempre l'unico mezzo per il raggiungimento degli obiettivi prefissati nei limiti di tempo e di costo imposti dall'ambiente economico in cui l'Ingegnere si muove.

La programmazione di un intervento è un'operazione che, pur configurandosi come un processo unitario e complesso, si articola in diversi momenti caratteristici (Fig. 1):

- a. Definizione degli obiettivi;
- b. Configurazione delle premesse di base per il conseguimento degli stessi;
- c. Individuazione ed analisi delle alternative possibili per il raggiungimento degli obiettivi;
- d. Valutazione delle alternative e scelta di quella ritenuta più conveniente in funzione di parametri di confronto ritenuti più qualificanti;

e. Elaborazione di piani e programmi di attuazione;
f. Esplicitazione di budgets generali e/o specifici.
Come si vede da questa articolazione, la programmazione, nel suo significato più ampio, tende parzialmente a confondersi con la progettazione di un intervento.

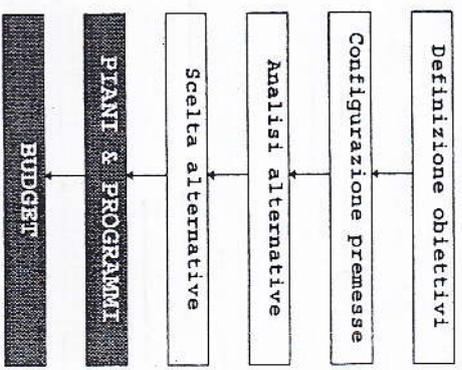


Fig. 1
Momenti caratteristici della programmazione

Le attività di cui ai punti a, b, c, e d costituiscono nel loro insieme l'oggetto dell'impegno di quegli organi decisionali preposti alla configurazione strategica di obiettivi ed alla definizione degli strumenti operativi; in queste fasi programmatiche ci si può avvalere di metodologie gestionali quali la modellazione dell'ambiente futuro allo scopo di predisporre un orizzonte di alternative probabilisticamente definite ove spaziare nel momento sintetico della decisione.

In senso più stretto però con il termine di programmazione si intendono indicare le attività previste al punto e ed f, per cui, e questo è il significato che in questa sede verrà assunto, programmazione è sinonimo di proiezione del futuro nel presente di operazioni, già

elementari, ricercandone le relazioni logiche; occorre ancora dimensionare la struttura operativa ed individuare le risorse necessarie.

Soltanto a questo punto è possibile avviare la fase di input di dati nello strumento elaborativo.

La conoscenza poi delle metodologie risolutive del modello di simulazione risulta poi l'unica fonte per un proficuo dialogo con il programma di calcolo e per una corretta interpretazione e valutazione dei risultati ottenuti.

Per questi motivi è bene che l'atto della programmazione degli interventi resti ancora di competenza dell'Ingegnere, il quale possiede tutte le risorse culturali per un corretto approccio con i sistemi reticolari di programmazione.

Non va inoltre dimenticato che oggi l'attività dell'Ingegnere, in certi settori, è spesso orientata verso ruoli gestionali della produzione; in questi ruoli il ricorso a sistemi di programmazione e controllo si rivela quasi sempre l'unico mezzo per il raggiungimento degli obiettivi prefissati nei limiti di tempo e di costo imposti dall'ambiente economico in cui l'Ingegnere si muove.

La programmazione di un intervento è un'operazione che, pur configurandosi come un processo unitario e complesso, si articola in diversi momenti caratteristici (Fig. 1):

- a. Definizione degli obiettivi;
- b. Configurazione delle premesse di base per il conseguimento degli stessi;
- c. Individuazione ed analisi delle alternative possibili per il raggiungimento degli obiettivi;
- d. Valutazione delle alternative e scelta di quella ritenuta più conveniente in funzione di parametri di confronto ritenuti più qualificanti;

e. Elaborazione di piani e programmi di attuazione;

f. Esplicitazione di budgets generali e/o specifici.

Come si vede da questa articolazione, la programmazione, nel suo significato più ampio, tende parzialmente a confondersi con la progettazione di un intervento.

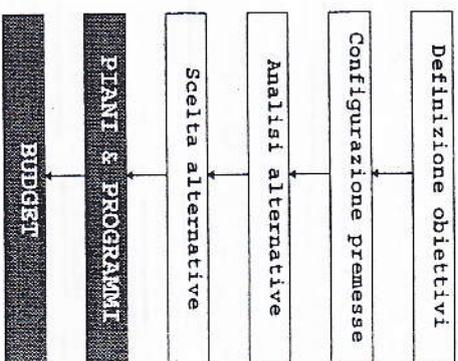


Fig. 1
Momenti caratteristici della programmazione

Le attività di cui ai punti a, b, c, e d costituiscono nel loro insieme l'oggetto dell'impegno di quegli organi decisionali preposti alla configurazione strategica di obiettivi ed alla definizione degli strumenti operativi; in queste fasi programmatiche ci si può avvalere di metodologie gestionali quali la modellazione dell'ambiente futuro allo scopo di predisporre un orizzonte di alternative probabilisticamente definite ove spaziare nel momento sintetico della decisione.

In senso più stretto però con il termine di programmazione si intendono indicare le attività previste al punto e ed f, per cui, e questo è il significato che in questa sede verrà assunto, programmazione è sinonimo di proiezione del futuro nel presente di operazioni, già

decise, quali strumenti o alternative per raggiungere obiettivi anch'essi già prefissati.

E' così che viene infatti da tutti inteso il noto programma dei lavori, qualunque siano le finalità della sua redazione, che ne condizionano la natura, il grado di definizione, la tipologia rappresentativa.

In merito poi alle attività e ed f, si osserva che è frequente l'impiego dei termini piani e programmi (attività e) come sinonimi di budget (attività f); a nostro avviso però le due espressioni dovrebbero essere tenute distinte.

Infatti, mentre i piani e i programmi rappresentano la futura attuazione di decisioni assunte in vista del raggiungimento di determinati obiettivi, i budgets scaturiscono tipicamente dalla traduzione in valori del risultato di piani e programmi.

Ne segue che se i budgets implicano l'esistenza di programmi, la formulazione di questi ultimi è finalizzata all'esplicitazione dei primi.

La redazione di un programma comporta l'individuazione di una sequenza di azioni, temporalmente definite, in modo da soddisfare i vincoli esistenti, tramite le quali gli obiettivi preconfigurati potranno essere raggiunti.

Le previsioni del planning hanno una base certa: i lavori da eseguire.

Ma conoscere il tipo, l'importo dei lavori e l'epoca della loro esecuzione non è sufficiente per definire i termini del problema.

Preliminarmente occorre conoscere quale è il fine della programmazione, ovvero quale soggetto utilizzerà i risultati di tale documento.

In realtà, sono interessati al planning, negli interventi che riguardano costruzioni di Ingegneria Civile, diverse figure.

Il Progettista riconosce nel planning uno strumento di verifica di fattibilità, sotto vincoli operativi, dell'opera concepita e proposta nonché di stima di tempi e costi di esecuzione; per il Direttore dei lavori invece la programmazione rappresenta un efficace mezzo per il controllo in fase di esecuzione.

Particolarmente interessanti alla programmazione sono poi i responsabili della costruzione per le possibilità loro offerte:

- di commisurare le strutture operative alle necessità progettuali;
- di ottimizzare la dislocazione e l'utilizzazione delle risorse;
- di pianificare le scadenze;
- di disporre di un valido mezzo di controllo della produzione.

Lo scopo quindi della redazione di un piano è evidente: costruire un documento che permetta di conoscere:

- la durata complessiva dell'intervento;
- quali lavori andranno eseguiti in ciascun periodo di tempo;
- quali materie prime sono necessarie e a quali scadenze;
- quali attrezzature, macchine, e impianti occorrono e per quanto tempo;
- quale e quanta mano d'opera è necessaria e con quale distribuzione nell'arco temporale della durata dei lavori;
- il flusso dei costi e quello dei ricavi.

Il fine della programmazione ovviamente condizionerà il tipo di risultato da privilegiare e la natura dell'oggetto da programmare.

Le metodologie per la predisposizione dei piani sono diverse ed abbastanza note: comunemente, anche se a volte impropriamente, vanno sotto i seguenti nomi:

- grafico a scalette;
- diagramma di Gantt;
- C P M;
- Perc;
- etc.

Il più noto e contemporaneamente il più semplice da utilizzare è il Diagramma di Gantt, anche se in merito occorre precisare che esso in realtà non è un metodo di programmazione, ma soltanto di rappresentazione, peraltro parziale, di risultati; il criterio seguito per l'elaborazione del piano resta nella mente di chi lo ha concepito.

Altri sistemi invece, come quelli reticolari, consentono di definire una ben precisa metodologia da adottare per la costruzione del piano e di rappresentarne tutti i presupposti ed i risultati, divenendo così sicuramente intellegibili a chiunque e non soltanto a chi ha eseguito l'atto di programmazione.

Peraltro, un modo per rappresentare alcuni risultati conseguibili con i sistemi reticolari di programmazione è proprio il ricorso al diagramma di Gantt, inteso quindi esclusivamente come metodo di rappresentazione e non di elaborazione.

Poiché i sistemi reticolari si presentano all'attualità come gli strumenti più validi ed efficaci per una corretta programmazione, saranno essi oggetto principale del nostro interesse.

Per quanto riguarda i budgets, le definizioni comunemente adottate per tale termine, pur differenziandosi in alcuni aspetti, concordano sul fatto che essi debbano essere intesi come documenti amministrativi, di elaborazione a volte complessa, atti a mostrare gli andamenti economici futuri della gestione dell'intervento.

Come già anticipato, la formulazione del budget si basa sui risultati del planning, senza il quale ovviamente non ha possibilità di essere. Risulta evidente che quanto più attendibile è la prospezione del futuro contemplata dal planning, tanto più attendibili saranno i risultati contenuti nella elaborazione dei conseguenti budgets.

Si osserva che, alcuni sistemi di redazione di planning sono già sistemi di formulazione di budgets, anche se parziali, e ciò per la stretta consequenzialità delle due operazioni, le quali forse, da un punto di vista strettamente concettuale, andrebbero riguardate come due aspetti di un unico processo: la programmazione.

Sino ad ora si è parlato del budget nel suo complesso; esso in realtà si configura come un insieme di documenti specifici, la cui articolazione e i contenuti sono variabili in funzione della finalità perseguita e della posizione rivestita dall'utilizzatore nella gestione dell'intervento.

Prima di affrontare il tema dei sistemi di programmazione reticolare è bene soffermarsi un attimo su quello che è attualmente l'utilizzazione dei plannings nei nostri lavori nel campo dell'Ingegneria Civile.

Le strutture operative che provvedono alla esecuzione delle opere generalmente adottano sistemi di programmazione, più o meno sofisticati, onde conseguire quei vantaggi di cui si è prima accennato; per esse la tipologia del piano, il contenuto e la forma sono essenzialmente condizionati dallo scopo dell'utilizzazione dello stesso, scopo che può essere sintetizzato nella ricerca di una organizzazione di minimo costo e di un sistema di gestione e controllo tecnico-economico della produzione.

Chiaramente questi programmi non possono servire per la gestione dell'intervento da parte della Direzione dei lavori, perché, per tale figura, il fine e l'oggetto stesso del programma è diverso.

Sarebbe auspicabile che tutte le opere da realizzare per conto dello Stato o di altri Enti Pubblici fossero corredate, sin dall'inizio, di un programma dei lavori redatto al fine del controllo dell'andamento degli stessi da parte del rappresentante del Comitato.

La tendenza oggi è quella di richiedere la formulazione di programmi in sede progettuale, anche con significato di verifica di fattibilità dell'opera concepita, quando l'importo dei lavori supera certe soglie che ne giustificano l'adozione.

A volte un programma dei lavori per la Direzione è richiesto all'esecutore direttamente nel Capitolato Speciale d'Appalto.

Ci si augura che si possa presto arrivare ad una più definita regolamentazione al riguardo, tramite, ad esempio, la formulazione di norme di redazione di programmazione dei lavori da adottare in sede progettuale ed esecutiva.

In ultimo è bene sottolineare che quell'elaborato sull'andamento dei lavori, un tempo previsto per legge, al fine di definire alcuni parametri relativi alla revisione prezzi (quando era contemplata), ed impropriamente chiamato Programma dei lavori, non ha, sia nel contenuto che nella finalità, alcuna pretesa, formale e/o sostanziale, di essere un vero programma lavori.

Nei campo della scienza, dell'industria, dell'economia, della politica difficilmente oggi un intervento impegnativo, in termini di risorse coinvolte, sfugge ad un'accurata e consapevole programmazione e, laddove ciò dovesse ancora avvenire, consentendo una realizzazione improntata alla improvvisazione, il raggiungimento degli obiettivi prefissati, nei termini e nei modi desiderati, non può che essere solo frutto del caso.

1.2. SISTEMI DI PROGRAMMAZIONE

I primi tentativi di impostare metodologie di programmazione si basarono sugli studi di organizzazione del lavoro di F.W. TAYLOR e di H.L. GANTT apparsi all'inizio del secolo XX; essi avevano per finalità la suddivisione di un progetto in attività elementari e la rappresentazione di queste mediante diagrammi a barre o segmenti di lunghezza proporzionale alla durata delle attività.

Tali diagrammi contribuirono molto a creare la consapevolezza della necessità e della utilità di una programmazione ed ancora oggi costituiscono una eccellente rappresentazione grafica delle attività e del loro evolversi nel tempo.

Questa rappresentazione risulta inoltre molto chiara e soprattutto immediatamente accessibile a tutti. Ciò nondimeno questi diagrammi presentano prevalentemente i seguenti limiti:

- non evidenziano in maniera immediata le interdipendenze fra attività;

- non si prestano a variazioni delle primitive previsioni, rese necessarie da aggiornamenti dei piani.

Restano comunque validi strumenti di rappresentazione di risultati di programmazione, comunque conseguiti.

Modernamente invece sono state introdotte le tecniche reticolari che attualmente si presentano come il migliore strumento direzionale utilizzabile per definire, integrare e correlare tutto ciò che deve essere fatto per il raggiungimento di un determinato obiettivo.

Queste tecniche si basano fondamentalmente sulla costruzione di un modello, il reticolo, che rappresenta le

diverse fasi lavorative e ne evidenzia le logiche interdipendenze.

I sistemi di programmazione reticolare (SPR) sono generalmente, anche se impropriamente, conosciuti sotto la dizione PERT, mentre tale nome indica in effetti una particolare tecnica, fra le tante, e forse non la più applicata nel campo delle costruzioni civili.

L'equivoco ha origine nella circostanza che i vari S.P.R. si basano sullo stesso concetto di rappresentazione mediante grafi.

Il primo Sistema di Programmazione Reticolare, denominato P.E.R.T.¹, fu sviluppato nel 1958 per l'Ufficio Progetti Speciali della Marina degli Stati Uniti con lo scopo di programmare, valutare e controllare il complesso progetto che riguardava il concepimento e la costruzione dei sottomarini atomici armati con i missili Polaris.

La nuova tecnica si poneva come il conseguente sviluppo del Metodo Gantt il quale non si prestava a situazioni complesse.

Al nome P.E.R.T. si giunse dopo non poche discussioni: si parlò di P.E.S.T., P.E.A.R., P.E.P., P.E.T.; si finì col preferire la dizione PERT perché aveva un suono simpatico, orecchiabile e richiamava le doti di estro e tempismo (Pert in inglese significa sfacciato, sveglia).

Il Pert, anche se all'inizio ebbe, come tutte le novità, numerosi denigratori, si rivelò efficacissimo e per mezzo di esso si poterono collegare, in maniera soddisfacente non solo per la parte operativa, ma anche per la parte di ricerca ancora da compiere, il lavoro di 250 impresari, di 9.000 subappaltatori e le numerose agenzie

¹"Program Evaluation and Review Technique", cioè Tecnica di Elaborazione, Valutazione e Controllo dei Programmi.

governative che parteciparono a quel progetto. Si è valutato che l'uso del P.E.R.T. abbia portato a risparmi di durata e di costo del 20% circa.

Il metodo P.E.R.T. venne tenuto segreto fino al 1960; a partire dal 1957 veniva inoltre sviluppato dalla Compagnia Du Pont de Nemours (U.S.A.) il cosiddetto C.P.M.²

Il metodo C.P.M. fu sperimentato nella programmazione della ristrutturazione di una fabbrica di prodotti chimici ed allora si stimò una riduzione sul tempo di esecuzione dei lavori del 37% circa.

La differenza sostanziale fra i due metodi citati riguarda la determinazione della durata delle singole attività che compongono il progetto: nel P.E.R.T. la determinazione è di tipo probabilistico, nel C.P.M. è di tipo deterministico.

I risultati ottenuti nelle prime applicazioni costituirono in un certo senso il banco di prova e di taratura di questi sistemi; il riconoscimento dei successi conseguiti rappresentò la base di lancio verso ulteriori affermazioni della programmazione reticolare.

Dopo la divulgazione del metodo PERT altre aree dell'Aviazione e dell'Esercito Americano si avvalsero di tale tecnica e cominciarono a mostrare uno specifico interesse anche Società di consulenza aziendale legate all'industria privata.

I sistemi di programmazione reticolare si diffusero così, rapidamente, sia in America che in Europa, soprattutto per la realizzazione di progetti particolarmente impegnativi.

Sui due sistemi base, PERT e CPM, si svilupparono metodologie diverse, rivolte alla risoluzione di

²"Critical Path Method", cioè Metodo del Cammino Critico.

determinati aspetti dei problemi connessi con l'organizzazione di un intervento.

In alcuni Paesi, l'impiego delle tecniche reticolari come strumento di programmazione e la programmazione stessa sono divenuti obbligatori nei lavori pubblici, e le stesse tecniche sono state normalizzate, codificandone le metodologie d'uso.

Più difficile invece è stata l'affermazione dei S.P.R. in interventi di proporzioni non eccessivamente rilevanti e, soprattutto nel nostro Paese, nel campo delle costruzioni di ingegneria civile. Col tempo però, una sempre maggiore qualificazione a livello gestionale nella conduzione di tali aziende ha permesso, anche in questi settori della produzione, che le tecniche reticolari si diffondessero offrendo così il proprio contributo positivo; in ciò un aiuto decisivo è stato offerto dalla evoluzione subita dai sistemi di elaborazione sotto il profilo di una maggiore disponibilità verso utenze di qualsiasi dimensione.

I sistemi oggi maggiormente impiegati non sono né il Pert né il CPM; si tratta piuttosto di approcci semplificati con i quali, utilizzando sempre gli stessi concetti base del meccanismo strutturale del reticolo, si attribuiscono agli elementi di quest'ultimo valutazioni deterministiche e si orienta la risoluzione verso l'esplicitazione di scadenziari per parametri temporali e economici.

Diventa particolarmente importante quindi ridefinirne i presupposti e gli sviluppi, onde evitare che l'utente sia tentato da una utilizzazione passiva dello strumento di calcolo, che sia cioè lui a governare il programma e non viceversa.

1.3. GENERALITÀ SULLE TECNICHE RETICOLARI

Negli ultimi anni si sono sviluppati diversi S.P.R., tutti basati sulla schematizzazione dell'intervento da programmare mediante un reticolo di simulazione costruito attingendo simbologie e metodologie dalla teoria dei grafi; ciascuno di essi poi adotta algoritmi specifici e finalizzati all'impiego cui è destinata l'operazione.

In generale, i sistemi di programmazione reticolare si dividono:

- a. Per natura (con riferimento alla durata o ai percorsi):
 - 1. Natura deterministica (C.P.M.)
 - 2. Natura probabilistica
 - nelle durate (PERT)
 - nei cammini (GERT)
 - nelle durate e nei cammini (GERT)
- b. Per logica (con riferimento all'entrata o all'uscita dai nodi del reticolo):

- 1. and/and 
- 2. or/and 
- 3. and/or 
- 4. or/or 

La logica specifica le modalità di ingresso e di uscita dai nodi; la logica and specifica che un nodo può attivarsi quando tutti i percorsi che vi convergono sono stati realizzati ovvero, in uscita, che, una volta verificatosi il nodo, tutti i percorsi che da esso si dipartono possono essere attivati.

La logica di tipo or invece prevede che un nodo si attivi quando soltanto uno dei percorsi che vi convergono si è realizzato, ovvero, in uscita, che, una volta

verificatosi un nodo, uno solo dei percorsi che da esso si dipartono può essere attivato.

c. per impiego

1. Pianificazione delle scadenze
2. Pianificazione dei costi
3. Ottimizzazione dei costi
4. Ottimizzazione delle risorse

d. per impostazione del reticolo

1. a risorse illimitate
2. a risorse limitate

e. per rappresentazione grafica del reticolo

1. tipo AA (attività sugli archi)
2. tipo AN (attività sui nodi)

Il tipo di rappresentazione è conseguente al significato che si dà al nodo e all'arco, ma di ciò si parlerà più avanti.

Questa seppur sintetica descrizione di alternative mostra quale flessibilità si può raggiungere con gli SPR; è bene sottolineare però che la logica and, adottata dal PERT e dal CPM, ed il ricorso ad attività particolari, consentono la simulazione dei processi logici coinvolti dalla quasi totalità degli interventi riguardanti l'Ingegneria Civile.

1.4. AFFIDABILITA' DELLA PROGRAMMAZIONE

Programmare significa prospettare un futuro ed il suo evolversi sulla base di una serie di premesse rappresentate dal fine che si vuole raggiungere, dai processi operativi che si intendono utilizzare e dai vincoli dell'intervento.

La definizione di queste premesse si traduce in inputs nel sistema programmatico; qualunque sia quest'ultimo, il grado di attendibilità del risultato ottenibile è essenzialmente condizionato dal grado di attendibilità delle stime operate nella individuazione delle premesse e nel processo di trasformazione di queste nei predetti inputs.

Ad esempio, in un programma per la realizzazione di una strada, occorre stimare le durate delle attività coinvolte, scavi, rapporti etc.; tali durate discendono da rapporti Q/q fra la "Q" produzione complessiva da realizzare (ad esempio il totale dei mc di terra da sbancare), e quella "q" prevista come realizzabile nell'unità di tempo.

La stima di Q è insita nel progetto e negli elaborati che lo compongono; la q dipende dalle risorse che si prevede di utilizzare e dalla produttività stimata per ciascuna unità operativa.

La bontà di queste stime è influenzata dal grado di precisione delle previsioni progettuali, dell'attenzione posta nell'analisi di queste, dalla competenza ed esperienza di chi compie tali analisi o comunque da chi le condiziona con le proprie decisioni.

Un altro elemento fondamentale nella definizione dell'attendibilità di una programmazione è la adattabilità e l'adattamento del modello scelto per rappresentare i

vincoli fra le varie operazioni da compiere e la successione nella attuazione di tale attività.

Un modello poco adattabile al fenomeno produttivo che si vuole preventivamente studiare o adattato in maniera non corretta porta inevitabilmente ad un risultato scarsamente probante.

Gli S.P.R. si avvalgono di un modello rappresentativo che, tenuto conto soprattutto delle molteplici possibilità di impostazione e di risoluzione, si presta abbastanza bene nelle operazioni di programmazione; d'altra parte al di fuori di tali sistemi non vi sono alternative (i diagrammi di Gantt sono, in ultima analisi, soltanto un metodo di rappresentazione e non un modello).

Si può quindi affermare che le tecniche reticolari, fermo restando il condizionamento delle stime di base, sono oggi lo strumento più attendibile di cui si possa disporre per la programmazione.

A conclusione di queste considerazioni, è opportuno rilevare che spesso è stato travisato il concetto di utilità di una programmazione confondendolo con una sterile interpretazione del concetto di attendibilità.

Uno dei motivi che fino ad ora, in alcune circostanze, ha contribuito ad inibire la fiducia degli operatori nelle tecniche reticolari risiede proprio nella convinzione che la validità del modello assunto a rappresentare il processo produttivo sia intimamente legato soltanto alla coincidenza fra tempi previsti e tempi reali rilevabili a consuntivo.

Ovvia conseguenza di un tal modo di intendere è l'atteggiamento negativo assunto verso questi sistemi non appena, iniziati i lavori, cominciano a verificarsi quelle inevitabili discordanze fra preventivo e consuntivo, circostanze queste che fanno erroneamente ritenere fallita l'efficacia del programma ed inducono tutt'al più ad un

ritorno ad un tradizionale diagramma a barre, a volte improvvisato e sicuramente meno impegnativo in fase redazionale.

Si dimentica così che i sistemi di programmazione reticolare hanno molto da offrire in fase esecutiva, e che costituiscono supporto di procedure di aggiornamento il cui fine è l'esplicitazione di quel tessuto informativo da prendere a base di decisioni e scelte che riguardano le attività future.

L'aggiornamento infatti va concepito non come un'arida registrazione di eventi verificatisi o il riconoscimento di difformità fra preventivo e consuntivo fine a se stesso, bensì come un mezzo per individuare tutti quegli interventi idonei a correggere, laddove necessario, l'organizzazione del lavoro affinché eventuali ritardi non compromettano il completamento, nei tempi e nei modi stabiliti, dall'intervento.

2. I DIAGRAMMI DI GANTT



2.1. GENERALITA'

Nell'ambito delle attività produttive è sempre stata avvertita l'esigenza di organizzare gli interventi e per ottenere questo risultato si è ricorsi ai sistemi più vari, anche e soprattutto dal punto di vista grafico.

La necessità dell'organizzazione è tanto più sentita quanto maggiore è la complessità ed il numero delle attività coinvolte e, dall'altra parte, quanto più forte è tale necessità tanto più difficile ed arduo è il compito di chi è chiamato a dare contenuto ad un atto programmatico.

L'organizzazione può essere definita a livello di piano e a livello di programma; il piano (pianificazione dei lavori) deriva dalla scomposizione del progetto in attività elementari, dalla individuazione delle relazioni logiche fra queste e consiste in una rappresentazione di attività e legami. Il programma scaturisce da un piano valutato, sui cui elementi, cioè, sono depositate alcune valutazioni; la più importante è la durata di ciascuna attività.

Così, il programma può definirsi come la risoluzione di un piano valutato; se le valutazioni sono, come detto prima, le durate delle attività, si procede alla risoluzione temporale, che fornisce le date di inizio e fine di ciascuna operazione. Laddove le valutazioni sono i costi o le risorse, si ottengono programmi finanziari o di richiesta di risorse, e così via.

I primi tentativi di razionalizzare i processi di programmazione hanno portato ai cosiddetti diagrammi a barre, i quali più che metodi di programmazione sono metodi di rappresentazione del risultato finale.

La logica che sta dietro tale risultato resta nella mente di chi ha redatto il diagramma e non viene trasmesso agli altri. Ciò porta a conseguenze negative quali:

- in caso di sostituzione del responsabile della produzione, il nuovo addetto si trova a dover realizzare un programma di cui non conosce la logica e che può quindi mettere in atto soltanto passivamente ed acriticamente;

- dovendo procedere a revisioni ed aggiornamenti del programma, la indisponibilità delle premesse che hanno dato vita al programma stesso può condurre ad adottare provvedimenti incauti, e spesso dannosi al fine del successo dell'operazione.

A questi enormi difetti dei diagrammi a barre si accompagna un grande pregio, rappresentato dalla immediata intelligibilità del programma: è per questo motivo che, in definitiva, i vari SPR, dopo aver risolto, attraverso le opportune metodologie, gli inconvenienti lamentati, ritornano ai diagrammi a barre come strumento di rappresentazione del risultato della programmazione, lasciandolo però intimamente vincolato alla logica del modello adottato per simulare l'intervento.

Di rappresentazioni del tipo dei diagrammi a barre ne esistono diversi, quali ad esempio, fra i più noti:

- grafici a scalette;
- diagrammi a segmenti;
- diagrammi a barre propriamente detti, o diagrammi di Gantt.

2.2. GRAFICI A SCALETTE

Sono grafici nei quali vengono riportate le singole attività che compongono l'intervento con la loro dislocazione temporale, utilizzando una scala dei tempi definita in ascisse.

Pertanto, la redazione di tale grafici presuppone che già siano state compiute le seguenti fasi:

- esame dell'intervento;
- scomposizione dello stesso in attività elementari;
- ricerca delle relazioni logiche fra le stesse;
- definizione delle date di inizio e fine di ciascuna attività, tenuto conto delle relative durate e delle precedenti relazioni logiche.

Si approfitta poi della scala delle ordinate per rappresentare una ulteriore valutazione delle attività, costi, risorse, ricavi etc..

Ad esempio, si immagini di aver scomposto il progetto in 6 attività e di aver individuato i seguenti parametri:

Attività	Inizio	Durata	Fine	Ricavi (€)	Ricavi (%)
1	0	6	6	200	20
2	4	5	9	100	10
3	6	11	17	200	20
4	9	11	20	100	10
5	17	5	22	300	30
6	18	5	23	1000	100

La Fig. 2 rappresenta ciascuna delle sei attività, attraverso un rettangolo che ha altezza pari al ricavo percentuale e base pari alla durata, riportato a partire dalla data di inizio.

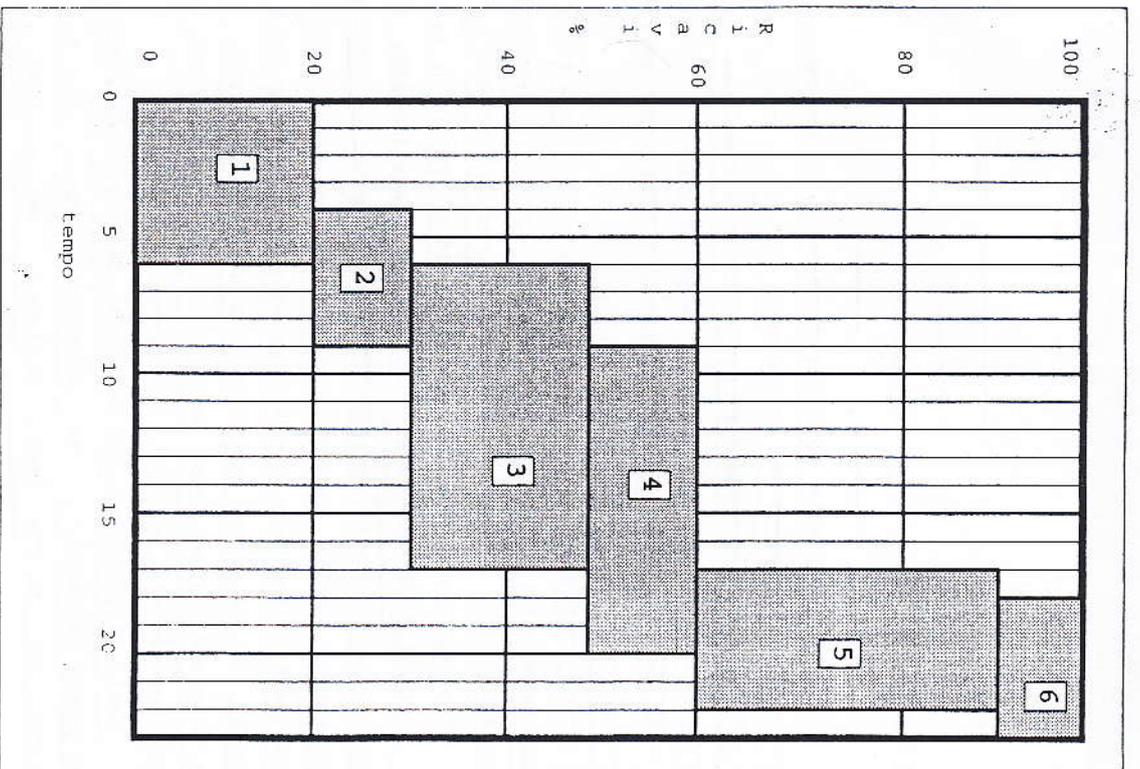


Fig. 2 Diagramma a scalette

2.3. DIAGRAMMI A SEGMENTI

Rappresentano il primo passo verso i diagrammi a barre; fermo restando che presuppongono esaurite tutte le fasi preliminari cui si è accennato al precedente punto 2.2., i diagrammi prospettano la dislocazione temporale delle attività utilizzando una scala dei tempi calibrata in ascisse e riportata in alto nel grafico.

Al posto di un asse di ordinate, si inserisce una colonna nella quale sono elencate le varie attività, per modo che ciascuna di esse caratterizza una riga; e su tale riga viene contrassegnata, attraverso un segmento, la posizione temporale dello svolgimento dell'attività stessa. Ritornando all'esempio precedente, la Fig. 3 illustra il risultato ottenibile.

La semplicità della rappresentazione si traduce nella immediatezza della interpretazione, ma anche, e soprattutto, nella limitatezza delle informazioni fornite.

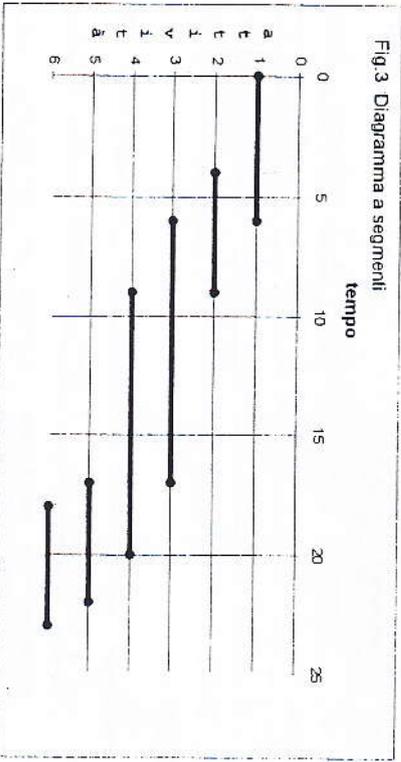
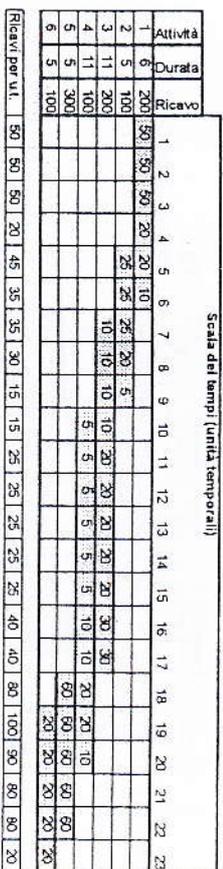


Fig. 3 Diagramma a segmenti

2.4. DIAGRAMMI A BARRE

Sono l'evoluzione dei precedenti, ed infatti ne ricalcano l'impostazione, sostituendo però ai segmenti delle barre di una certa altezza.

Fig. 4 Diagramma di Gantt



Questo accorgimento, che può sembrare di poco rilievo, si rivela invece utile perché consente di depositare entro le barre, ed in corrispondenza di ciascuna unità temporale, alcune informazioni quantitative, quali costi, ricavi, risorse etc..

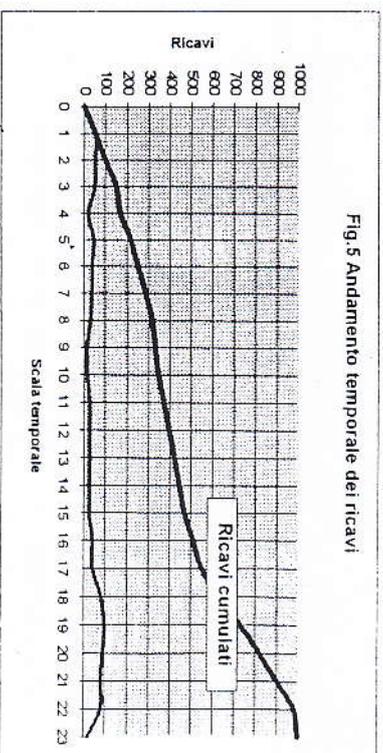
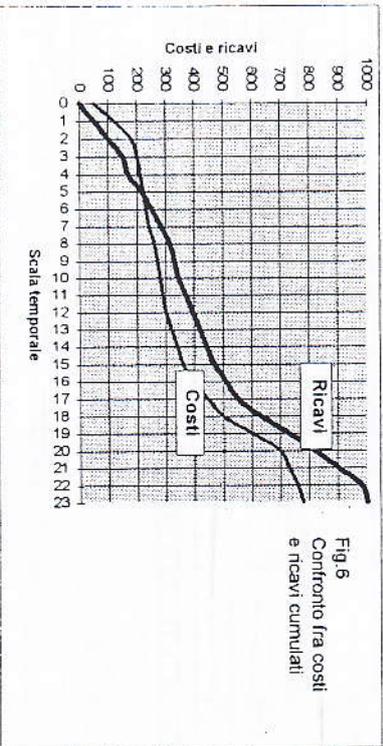


Fig. 5 Andamento temporale dei ricavi

Così la distribuzione di tali informazioni resta caratterizzata per attività e per unità temporale.

Se le valutazioni attribuite sono ad esempio costi e ricavi, Fig. 5, dal diagramma possono ottenersi gli elementi per la redazione di grafici Costi-Ricavi (Fig. 6); se invece si lavora con le risorse, lo strumento adottato si presta per la costruzione dei diagrammi di carico, di cui si dirà più avanti.



3. LE BASI DEI SISTEMI RETICOLARI



3.1. I RETICOLI COME GRAFI ORIENTATI E CONNESSI

I modelli di simulazione impiegati per la rappresentazione di un intervento, pur essendo diversi, utilizzano, tutti, le basi della teoria dei grafi, per arrivare alla definizione di un reticolo di simulazione inteso come grafo finito, orientato, connesso con o senza circuiti.

Senza troppo addentrarsi in tale campo, si ricorda che un grafo $G(X, V)$ consiste in un insieme A di elementi α_i e di un insieme \mathcal{C} di corrispondenza fra coppie (α_h, α_k) di tali elementi non necessariamente distinti.

Un grafo si dice orientato quando le coppie $(\alpha_h, \alpha_k) \in \mathcal{C}$ devono intendersi ordinate.

Gli elementi dell'insieme A possono essere rappresentati geometricamente da punti nel piano, prendendo così il nome di vertici o nodi del grafo; ai nostri fini ci limiteremo a considerare i grafi aventi un numero finito di vertici.

Inoltre se due punti α_h e α_k sono tali che la coppia (α_h, α_k) è contenuta in \mathcal{C} , i corrispondenti punti del piano sono collegati da una linea continua ed orientata, da α_h verso α_k , chiamata arco del grafo.

Ad esempio si consideri il grafo $G(A, C)$ definito dai due insiemi

$$A = \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$$

$$C = (\alpha_1, \alpha_2), (\alpha_1, \alpha_3), (\alpha_2, \alpha_3), (\alpha_2, \alpha_2)$$

In accordo con quanto prima detto, la rappresentazione grafica assume la forma indicata in Fig. 7.

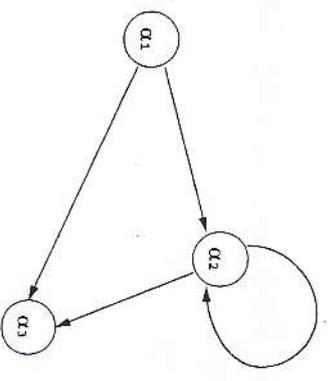


Fig. 7 Grafo $G(A, C)$

Si chiama cammino (o percorso o itinerario) una sequenza di archi di un grafo G tale che il vertice terminale di ciascun arco coincide con il vertice iniziale dell'arco successivo; un circuito è un cammino nel quale il vertice iniziale coincide con il vertice finale.

Un grafo è connesso se ciascuna coppia di nodi distinti è unita da almeno un cammino.

Un grafo è valutato se sono depositate sull'insieme dei suoi nodi e/o degli archi alcune informazioni quantitative, dette valutazioni; i nostri reticoli saranno grafi valutati.

Ci occuperemo essenzialmente di reticoli tipo P.E.R.T. e C.P.M., che sono grafi senza circuiti (un reticolo con circuiti è ad esempio utilizzato dal Gert), la cui logica interpretativa è quella che abbiamo indicato come and/and.

3.2. IL MODELLO DI SIMULAZIONE SECONDO LA LOGICA AND/AND

3.2.1. Concetti generali

Il modello di simulazione adottato dalle tecniche reticolari per rappresentare un intervento si basa su due concetti fondamentali:

attività: insieme di operazioni elementari svolte al fine di contribuire ad un avanzamento di un processo produttivo più complesso; un'attività richiede generalmente, per il suo completamento, un certo tempo e l'impiego di risorse, quali mano d'opera, materiali, attrezzature, impiego di mezzi o più genericamente di capitali;

evento: circostanza determinata da una serie di condizioni (completamento di alcune attività) e vincolante per altre (inizio di altre attività).

Un'attività inizia, viene svolta, termina; un evento si verifica. Il ricorso a questi due concetti per la costruzione del modello discende dalle seguenti considerazioni:

- qualsiasi intervento, per quanto complesso possa essere, è decomponibile in fasi o attività, proprio perchè esso non è altro che la risultante di una serie di operazioni parziali organicamente svolte e finalizzate al raggiungimento di un determinato obiettivo e cioè il completamento dell'intervento; attraverso una analisi dell'intervento stesso è possibile riconoscere le attività componenti; ciascuna attività, come precedentemente definita, per essere iniziata richiede che si verifichino quelle circostanze che ne rappresentano condizioni necessarie e sufficienti per l'inizio stesso;

- il completamento di ciascuna attività contribuisce a creare analoghe condizioni per l'inizio di altre attività.

Ne segue che un intervento è decomponibile in attività elementari, caratterizzate ciascuna da un evento iniziale ed uno finale. Il modello da adottare per rappresentare l'intervento deve essere in grado di simulare non soltanto le singole attività ma anche e soprattutto i legami di dipendenza che fra queste logicamente intercorrono. Infatti un'attività A, rispetto ad un'altra generica B, è legata con almeno uno dei tre seguenti vincoli:

- A non può iniziare se non è stata prima completata B;
- A deve essere completata prima che possa iniziare B;
- A può essere svolta contemporaneamente a B.

Nella rappresentazione di un intervento nel suo complesso (eventi, attività) si ricorre, come detto, alla struttura dei grafi: a seconda del significato attribuito ad archi e nodi di questi ultimi si individuano sostanzialmente due diverse metodologie nella attuazione della trasformazione intervento-modello e conseguentemente nella esplicitazione degli algoritmi risolutivi: rappresentazione R(AA) (Attività sugli archi) e rappresentazione R(AN) (Attività sui nodi). Tali metodologie, apparentemente molto diverse nella forma e nei contenuti, risultano invece fra loro corrispondenti ed è sempre possibile il passaggio dall'una all'altra nel trattamento di un intervento.

Qualsiasi intervento I è pertanto rappresentabile con un reticolo R(AA) o con un reticolo R(AN) e viceversa qualsiasi reticolo R(AA) o R(AN) è la rappresentazione di un intervento I.

Se R(AA) ed R(AN) simulano lo stesso intervento I, allora è sempre verificabile la corrispondenza fra R(AA) ed R(AN).

N.B.

"SALTO" DA PAG. 30 A PAG. 39

3.2.3. Reticoli R(AN)

La maggior parte però dei sistemi automatici di calcolo ricorrono all'altro tipo di rappresentazione, la quale offre l'indiscutibile vantaggio di una definizione strutturale del reticolo facilmente traducibile in output grafico.

Secondo tale convenzione, detta anche delle precedenze (Precedence Diagramming Method), gli elementi del grafo vengono utilizzati nella corrispondenza nodo-attività, arco-legame logico fra attività; gli eventi, iniziali e finali, risultano dalla interpretazione del nodo.

La struttura del reticolo si basa sulle seguenti schematizzazioni:

-Attività = nodo, graficamente tradotto in una figura piana chiusa, generalmente un rettangolo;

-Legame Logico = segmento orientato o arco la cui lunghezza e direzione non hanno alcun riferimento con la realtà che si intende rappresentare, mentre il verso indica il senso della precedenza simulata.

I nodi (Fig. 17) vengono contrassegnati con una numerazione che deve obbedire soltanto alla regola $i \neq j$ (non devono esistere due nodi identificati dallo stesso numero e ciò per ovvia necessità di univoca individuazione delle attività).



Fig. 17

Nell'interno del rettangolo possono risiedere altre informazioni, sempre relative all'attività, quali, ad esempio, una sintetica descrizione della stessa, la data di inizio e fine etc.; ciò rende molto più agevole l'intelligibilità del reticolo.

I legami logici fra le attività sono ridotti essenzialmente ad un unico tipo: le Precedenze.

Il vincolo di precedenza, rappresentato dal segmento $i-j$, esprime la condizione che l'attività i deve precedere

la j e cioè deve essere completata affinché la j possa iniziare.

E' automatica l'interpretazione inversa: l'attività j non può iniziare se prima non è completata la i .

Generalizzando tali concetti è possibile esplicitare per la convenzione AN alcune regole interpretative:

1. L'attività iniziale rappresenta l'insieme di quelle operazioni elementari senza la conclusione delle quali non può prendere il via qualsiasi altra attività dell'intervento;

2. L'attività finale rappresenta l'insieme di quelle operazioni elementari il completamento delle quali segna la conclusione dell'intervento;

3. Condizione necessaria e sufficiente affinché possa essere attivato un vincolo di precedenza $i-j$ è che sia completata l'attività i dalla quale il segmento $i-j$ si diparte;

4. Condizione necessaria e sufficiente affinché una generica attività j possa iniziare è che siano rispettati i vincoli rappresentati dagli archi $i-j$ che in j confluiscono, e quindi, per la regola precedente, che siano completate tutte le attività i ad essa attività j collegate da vincoli $i-j$.

In tal modo il reticolo, nel suo complesso, individua non soltanto le attività ma i legami logici fra le stesse.

A chiarimento dei concetti esposti si riportano, nella convenzione R(AN), gli stessi esempi di cui in 3.2.1.

ESEMPIO N.1 INTERPRETAZIONE DI UN RETICOLO.

Il reticolo di Fig. 18 si compone di cinque nodi (1, 2, 3, 4 e 5), rappresentanti altrettante attività, e quattro collegamenti (1-3, 1-5, 2-4, e 3-4).

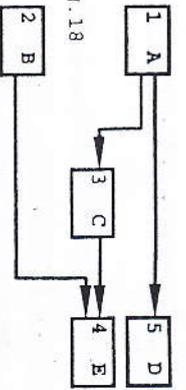
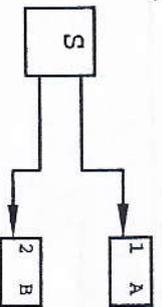


Fig. 18

Le attività iniziali, in questo esempio, sono due, la A e la B (laddove la presenza di più di una attività iniziale dovesse risultare elemento di disturbo in alcune procedure di elaborazione, è sempre possibile anteporre un'attività S (Start), secondo lo schema di Fig. 19 il cui significato è soltanto quello di individuare un inizio dell'intervento che sia univocamente determinato).

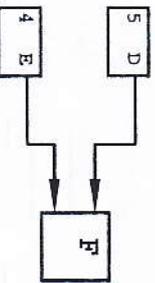
Fig. 19



Il completamento dell'attività A comporta il verificarsi dei vincoli 1-3 e 1-5 e pertanto consentente alle attività C e D rispettivamente di iniziare. Affinché invece possa iniziare l'attività E è necessario il rispetto dei vincoli 2-4 e 3-4 e cioè il completamento delle attività B e C.

L'intervento si conclude con il completamento delle attività D e E, che sono entrambi attività finali (anche in questo caso, laddove necessario, può essere aggiunta una ulteriore attività F, che sia unica come attività finale, Fig. 20).

Fig. 20



ESEMPIO N.2 RAPPRESENTAZIONE DI UN INTERVENTO TRAMITE UN RETICOLO.

Intervento: realizzazione di una fondazione in c.a.

Attività = A Scavo di fondazione;

B Approvvigionamento armature per c.a.;

C Sagomatura armature per c.a.;

D Montaggio casseformi e armature;

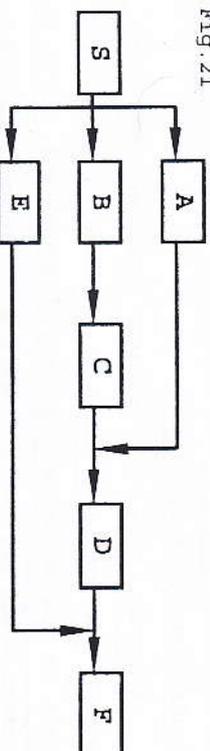
E Ordine per la fornitura cls;

F Getto cls.

L'analisi delle attività porta a riconoscere che fra queste esistono legami di dipendenza logica indicati in

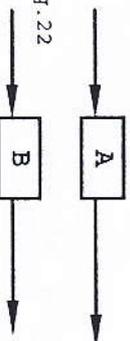
Tab. 2; il modello rappresentativo è indicato in Fig. 21.

Fig. 21



Anche nella rappresentazione R(AN) possono esistere attività di attesa, con lo stesso significato precedentemente illustrato; non hanno motivo di essere invece le attività fittizie.

Fig. 22



~~In caso di due attività come in Fig. 11) non pone~~

~~problemi. Fig. 22) e 23) sono rispettivamente esempi di~~
~~risorse alla duomo e come risulta dalla Fig. 22, 23, 24,~~
~~25, 26 e 27, rappresentabili in casi già detti dalla Fig. 13,~~
~~14, 15 e 16.~~