

PIERANGELO CIGNOLI

**I MODELLI INTEGRATI DI PIANIFICAZIONE NELLE
APPLICAZIONI MICROECONOMICHE**

SOMMARIO: I. *Introduzione.* — 1. Lo schema metodologico. — 2. Definizione e caratteristiche: a) Perché modelli tipo «Corporate planning»; b) Gli obiettivi; c) Tipiche modalità di indagine; d) Il processo di pianificazione e l'uso dei modelli globali aziendali; e) Le fasi di pianificazione ed i vari tipi di modelli. — II. *Le equazioni ed i problemi ad esse connessi.* — 3. Le variabili. — 4. Le equazioni. — 5. Tipi di soluzione: la soluzione analitica. 6. Soluzioni numeriche: f) Ottimizzazione; g) Soluzione per «target»; h) Simulazione. — 7. Tipi di equazioni. — 8. Nota sulla simulazione stocastica. — III. *Alcuni collegamenti con la teoria dei sistemi dinamici.* — IV. *Bibliografia.*

I

Pur avendo caratteristiche di metodo e contenuti molto simili a quelli della Ricerca Operativa, i modelli globali di pianificazione aziendale hanno avuto, in questa ultima decina di anni, vicende del tutto diverse.

I primi, i modelli ottimizzanti, hanno suscitato, a partire da metà degli anni cinquanta, entusiastiche aspettative sulla scorta di innumerevoli successi iniziali, ma la loro popolarità è andata via via scemando. Ciò è da mettere in relazione ai problemi sempre più complessi con i quali sono venuti, non sempre con successo, a confronto ed alla difficoltà di strumenti matematici troppo sofisticati che ha presumibilmente allontanato i più importanti utenti cioè i responsabili delle applicazioni aziendali ed industriali. Il loro merito, a parte i problemi ai quali hanno dato o daranno una brillante soluzione, è di aver introdotto, in molti campi, la mentalità dell'approccio scientifico che, anche nel settore dell'economia aziendale, sta dando abbondanti frutti.

I secondi, i modelli di pianificazione, quelli che in letteratura anglosassone sono detti Corporate Simulation and Planning Models, hanno invece avuto un inizio in sordina, es-

sendo inizialmente costituiti da programmi di utilità, tra loro scoordinati e tenuti assieme dalla mano manageriale. Essi erano legati all'uso del calcolatore elettronico più da ragioni di spazio di memoria che dalla capacità di calcolo, ma il loro progresso, dovuto alla riconosciuta utilità, è stato inarrestabile, portandoli ad applicazioni sempre più complesse. Tale evoluzione non è stata supportata da una base scientifica consolidata, ma è stata dovuta, soprattutto, alle singole applicazioni promosse in sede aziendale, per effettive esigenze emergenti dalla necessità di sempre più urgenti ed adeguate risposte alle mutevolezze dell'ambiente. Essa è stata altresì favorita dallo sviluppo delle potenzialità e versatilità dei mezzi di elaborazione dei dati. Questa genesi empirica non deve tuttavia trarre in inganno: questi modelli sono delle raffinate applicazioni delle più avanzate tecniche statistico-matematiche; ciò che manca è invece, data l'importanza assunta, un quadro generale di riferimento cioè una unità scientifica d'approccio. Solo in questi ultimi anni gli ambienti scientifici hanno cominciato ad interessarsene come di un fenomeno autonomo e con caratteristiche tipiche, ma, almeno fino a questo momento, non si sono visti tentativi di studio che lo aggrediscano nella sua globalità. Vi sono infatti alcune indagini statistiche ⁽¹⁾ per classificazione di utenti ed applicazioni e molti articoli che illustrano applicazioni pratiche. Solo il Rosenkranz ⁽²⁾ sembra superare, col suo lavoro uscito nel 1979, l'antologia dei casi notevoli, con un manuale di grandissimo interesse per gli studiosi. Il presente lavoro vuole solamente, sulla base dell'esame di molte esperienze vissute o analizzate

(1) Si veda ad esempio: GERSHEFSKI G. W., *Corporate Models, the state of the art*, in *Management Science*, Vol. 16, n. 6, 1970; GRINIER G. W., WOOLLER J., *Corporate Models to day*, The institute of Chartered accountants, London 1975; NAYLOR T. H., SCHAULAND H., *A survey of users of corporate planning models*, in *Management Science*, Vol. 22, n. 9, 1976.

(2) ROSENKRANZ F., *An introduction to corporate modeling*, Duke University press, 1979.

in letteratura, dare un piccolo contributo d'ordine alle ancor confuse idee su questi temi e suggerire alcuni spunti che possono divenire interessanti campi di indagine.

1. - Un'utile impostazione concettuale per trattare i problemi globali d'azienda e quindi anche quelli relativi alla sua pianificazione è di studiarla dal punto di vista dell'analisi dei sistemi. È indubbio che l'azienda possa essere vista come sistema ⁽³⁾ in quanto insieme organizzato di parti, ciascuna con una propria funzione, interrelate ed interagenti secondo una ben definita unitarietà di intenti. Si possono cioè individuare, nel corpo aziendale, una molteplicità di centri decisionali, con ben precise specificazioni ed operanti secondo finalità particolari, tutti però concorrenti all'insieme delle finalità generali aziendali. Tali « centri », operando secondo specifici criteri nel conseguimento dei loro fini particolari, si adeguano, nell'ambito delle discrezionalità di scelta loro concesse, agli stimoli derivanti nei contatti di « interfaccia » con le altre unità. Questi contatti, normalmente si parla di flussi, hanno diversa natura quali ad esempio quelli finanziari, di materie prime, di manodopera, ecc., ma, tra tutti questi, quelli che costituiscono il vero tessuto connettivo sono le interrelazioni di tipo informativo. Tale flusso è parte del circuito informazione-decisione-azione che è più comunemente chiamato gestione d'impresa: l'informazione derivata dai rapporti interaziendali e tra l'azienda e l'esterno è la base per le decisioni e le conseguenti azioni.

L'attività decisionale persegue, almeno in linea teorica, gli obiettivi espliciti dell'azienda in funzione delle informa-

(3) Si veda: ARALDI R., *L'analisi dei sistemi*, Etas libri, Milano 1976; Bozzola G. B., *Il sistema aziendale*, Etas Kompas, Milano 1962; Churchman C. W., *Introduzione all'analisi per sistemi*, Etas Kompas, Milano 1971; Forrester J. W., *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1961; Saraceno P., *L'analisi dei sistemi nella condotta delle imprese*, in *Notizie IRI*, 1961.

zioni sui comportamenti delle parti componenti e dell'ambiente esterno. Questo, sia esso il mercato o qualche altro fattore estraneo all'azienda, ma di interesse per essa, non è, in pratica, controllabile dai centri decisionali aziendali, i quali, tramite l'informazione, devono agire operando sui comportamenti interni, ma di conseguenza alle osservazioni ed agli stimoli della realtà esterna. La mutevolezza dell'ambiente, quella che i cibernetici chiamano disturbo, impone continue scelte manageriali per permettere, in base alle risorse disponibili, il conseguimento degli obiettivi o addirittura il loro riaggiustamento.

Secondo questo quadro, l'azienda si presenta come un sistema dinamico aperto, soggetto alla influenza dei fattori esterni e, per questi, modificante continuamente i propri schemi operativi e decisionali.

Come già accennato, gli obiettivi globali sono raggiungibili con il concorso dei comportamenti delle strutture componenti e si rende quindi necessario identificare un insieme coordinato di atti decisionali relativi al loro ottenimento, cioè anche a livello di sottosistema componente, e quindi di insieme di sottoobiettivi, è necessario che vengano attuate scelte tra alternative diverse. L'individuazione di obiettivi limitati, ma concorrenti a quelli generali, permette la definizione delle parti di rilievo nel loro conseguimento e quindi anche la struttura aziendale.

Saraceno ⁽⁴⁾ osserva che « l'analisi dei sistemi, intesa come momento di analisi della struttura aziendale, tenderà ad identificare gli obiettivi parziali, i centri di decisione ed i responsabili dei centri medesimi. In guisa che, tramite tale struttura sia possibile perseguire, da parte del soggetto economico, il fine aziendale attraverso un massimo di connessione tra i compiti dei centri cui spetterà di prendere determi-

(4) SARACENO P., *op. cit.*

nati ordini di decisioni nonché tra gli obiettivi che dovranno, poi, essere via via indicati a detti centri ».

L'analisi dei sistemi diventa allora, in virtù della esplicita imposizione dei fini d'azienda e della conseguente individuazione dei meccanismi strutturali e decisionali relativi al loro conseguimento, un indispensabile strumento di pianificazione delle moderne imprese.

La concettualizzazione della realtà aziendale in un sistema di parti componenti, inquadrata in uno schema di flussi informativo-decisionali, costituisce il modello dell'impresa. Tale modello, normalmente formalizzato in termini di equazioni matematiche e relazioni logiche, per comodità d'uso, può essere usato come succedaneo dell'azienda. Esso ne è una fotografia « sui generis » in quanto rappresenta, in modo sintetico, le parti di importanza, centri decisionali e reti di informazione, ma diventa anche un film quando permette la descrizione, in termini dinamici, cioè al trascorrere del tempo, delle conseguenze di determinati o ipotetici accadimenti esterni e delle conseguenti azioni di controllo.

Il modello del sistema aziendale diviene dunque uno strumento di programmazione formale; esso è utilizzabile a fini normativi come selezionatore di alternative quando studia le conseguenze di differenti linee l'azione per determinarne le più opportune; è altresì sfruttabile come sondatore di alternative quando lo scopo del suo uso sia solamente conoscitivo.

La rappresentazione schematica dell'azienda risponde alla esigenza di evidenziare, al di là della complessa struttura formale, il processo di conseguimento degli obiettivi cioè i meccanismi del circuito osservazione-decisione-azione. La bontà dell'azione manageriale è infatti funzione dei metodi di raccolta, elaborazione e trasmissione delle informazioni e di come queste influiscano sul processo decisionale.

Il modello, al quale si giunge dopo un processo di analisi

sistemica, costituisce un notevole progresso nel campo degli strumenti di pianificazione formale in quanto si sostituisce a tecniche empiriche di proiezione delle volontà manageriali e supera l'approccio accattivante ma molto limitativo delle schematizzazioni tipo minimax o albero delle decisioni. Esso, al contrario, offre la possibilità di una strategia unificante sull'intero ed esplicito campo delle attività aziendali, dotate ciascuna delle proprie caratteristiche individuali, ma integrate da un'unica volontà direzionale.

Questo formidabile strumento di programmazione deve tuttavia rispondere a due requisiti sostanziali; innanzitutto il modello deve essere utilizzato senza pregiudizi in quanto è inutile disporre di uno strumento di cui non ci si fida. Ciò significa la necessità di una corretta analisi preliminare specie nei riguardi di obiettivi e strutture e di una adeguata convalida del modello. In secondo luogo l'uso di tale strumento così sofisticato deve essere proprio ed intelligente sia nella individuazione ed utilizzazione di corretti input che nelle cadenze della elaborazione che, infine, nella corretta interpretazione dei responsi.

2. - Anche se ciascun autore di questo filone di studi dà una propria definizione di modello globale di pianificazione d'impresa, non esiste un sostanziale disaccordo tra di esse. L'oggetto è in ogni caso l'impresa o un gruppo di aziende o un'unica divisione, caratterizzate da notevoli articolazioni nella struttura e da complesse relazioni col mondo esterno, tali da richiedere la definizione di precise linee di azione e di opportuni interventi di controllo. La struttura aziendale viene sempre vista, da questi autori, come composta dai tre sottosistemi FINANZA, PRODUZIONE e MARKETING tra loro collegati da una rete di interrelazioni. Tali sub-sistemi, caratterizzati ciascuno dalle proprie tipiche problematiche e modalità di gestione, sono oggetto di descrizioni in modelli tipo

« management science ». Solo i modelli globali di pianificazione completano queste descrizioni con una analisi organica delle mutue interrelazioni allo scopo di favorire la gestione integrata dell'intero sistema. Il nesso unificante è il sistema informativo tra i vari sottosistemi e la quantificazione è normalmente resa omogenea usando grandezze finanziarie e contabili.

Una seconda caratteristica comune alle varie definizioni è che le teorie economiche non danno una caratterizzazione ai modelli in quanto questi, per la natura della tecnica di simulazione, possono inglobare altrettanto bene le teoria classica che le teorie manageriali moderne.

Le unità di misura finanziaria impediscono inoltre la definizione di un quarto sottosistema, quello del PERSONALE, la cui caratteristica è, analogamente a quello finanziario, di essere in un certo senso sovrapposto a tutti gli altri ⁽⁵⁾.

In questa sede ci si riferirà all'ampia definizione di Rosenkranz e Pellegrini ⁽⁶⁾: « un modello simulativo di pianificazione sarà inteso come una descrizione ed una spiegazione di una impresa nella sua interezza, nel suo sviluppo ed attività nel tempo e nelle svariate localizzazioni. La descrizione è ottenuta tramite la specificazione, la stima e la soluzione di equazioni che riproducono il comportamento di una impresa nelle aree funzionali della finanza, produzione e marketing come pure nelle differenti unità organizzative. Tale modello è basato su informazioni qualitative e quantitative come pure soggettive ed oggettive sull'impresa. I dati, le relazioni ed i metodi usati con un modello di questo tipo sono immagazzinati e programmati per un calcolatore elettronico. Sebbene

(5) Solo su FORRESTER, *op. cit.*, e BONINI C. P., *Simulation of information and decision systems in the firm*, Markhan Publications, Chicago, 1967, il sottosistema personale è preso esplicitamente in considerazione. Si tratta però di lavori molto vecchi in questo campo.

(6) ROSENKRANZ, *op. cit.* p. 4.

un modello « Corporate » in larga misura ubbidisca a propositi descrittivi ed esplicativi, l'obiettivo principale alla base della sua costruzione è normativo: il modello dovrebbe generalmente indicare le aree chiave dell'attività di impresa controllabili dal management in modo da garantire o incrementare ulteriori attività nel futuro ».

In nota vengono riportate più sintetiche definizioni di vari altri autori che però, come detto, non si discostano dalle linee generali di questa appena data (7). Da un punto di vista pratico, però, questa unità di concetti si disperde in discordanti modalità di compilazione dei modelli e di intenti di indagine. Nei successivi sottoparagrafi verrà tentata una sintetica generalizzazione per quanti riguarda la ragione del loro uso, gli obiettivi, le modalità di indagine, le influenze sull'organizzazione ed infine il collegamento tra fasi della pianificazione e tipi di modello.

a) Almeno tre sono le ragioni contingenti che hanno favorito la nascita e l'affermazione di modelli di questo tipo. In primo luogo la necessità di fornire agli organismi di pianificazione formale, introdotta nelle grandi aziende modernamente organizzate da solo una ventina d'anni, una grande massa di informazioni, sia qualitative che quantitative, in modo tempestivo e selettivo. Ciò dava luogo, agli inizi, ad una

(7) DA NAYLOR T. H., *Simulation models corporate planning*, Praeger, 1979: « Un modello « corporate » è un'astrazione delle complesse interrelazioni tra le attività aziendali di marketing, finanza e produzione, usualmente espresse come un insieme di equazioni alle differenze lineari o non e da relazioni logiche. L'essenza di un tale modello è che le funzioni di finanza, marketing e produzione sono espresse come un sistema integrato ».

Da GERSHEFSKI G. W., *What's happening in the world of corporate models*, Interfaces 1.9.1971: « ... le relazioni rappresentano, in dettaglio, le operazioni fisiche dell'impresa, le pratiche contabili e finanziarie adottate e le risposte in investimenti in aree chiave ».

Da GRINIER e WOLLER, *op. cit.* « ... un insieme di espressioni collegate che rappresentano le operazioni chiave dell'impresa e comprendono poco più delle relazioni contabili collegate in maniera diretta ».

frenetica attività di rilevazione ed elaborazioni manuali dei dati che toglieva spazio e risorse alla fase della loro interpretazione. Le prime applicazioni di modelli furono infatti del tipo « report oriented » per alleviare il lavoro di elaborazione manuale.

In secondo luogo, in strettissima connessione con la prima ragione, vi è l'introduzione in azienda dei computer la cui funzione è sostanzialmente quella di rilevare, elaborare e trasmettere i dati in quantità, velocità e precisione assolutamente impensabili per le capacità umane. L'evoluzione di queste macchine in termini di linguaggio, ormai alla portata anche dei non esperti, e la disponibilità di « periferiche » anche sui tavoli dei manager permette, tramite i modelli su di esse montati, una visione aggiornata e totale dell'intero sistema. Il modello e lo strumento di calcolo costituiscono allora un laboratorio con il quale condurre esperimenti simulando l'attività aziendale sotto le condizioni reali nelle quali si trova in quel preciso istante e sotto le ipotesi di intervento da parte del decisore.

La terza e forse principale ragione è che l'ambiente è, in questi ultimi decenni, turbolento cioè caratterizzato da frequenti ed imprevisti disturbi. Ciò comporta da una parte l'esigenza di una pronta e veritiera informazione e dall'altro una tempestiva ed adeguata risposta agli eventuali disturbi, qualità che, allo stato attuale delle conoscenze, solo modelli di questo tipo hanno.

Con l'uso di un simulatore è possibile riprodurre sviluppi alternativi dell'ambiente dell'impresa e sondare, ad esempio, i loro effetti sul processo produttivo e le relative contro-misure manageriali. Le simulazioni non producono soluzioni ai problemi di fondo, ma possono dare un apprezzamento del rischio ed indicare i fattori chiave.

Come si dirà più oltre, un modello di programmazione d'azienda non contiene solo fattori economici, ma tutto ciò

che per esso è ritenuto di rilievo, quindi anche fattori umani ed anzi esso, nelle modalità del suo uso, rivela quello che è lo stile direzionale, evidenzia le preferenze manageriali e la natura soggettiva delle stime che ne derivano.

b) I modelli globali di pianificazione aziendale differiscono da quelli tradizionali, appartenenti alla « management science », in quanto non perseguono l'ottimizzazione di una esplicita funzione obiettivo.

Questi secondi possono, al più, descrivere il comportamento di imprese cosiddette ottimizzanti, quelle cioè che ricercano la massima efficienza ⁽⁸⁾, ma che sono in numero di gran lunga inferiore sia a quelle che perseguono un insieme solo soddisfacente di obiettivi ⁽⁹⁾ che a quelle adattative ⁽¹⁰⁾, che hanno come scopo la sopravvivenza, adeguandosi alla turbolenza dell'ambiente esterno.

I moderni autori ⁽¹¹⁾ di economia ed organizzazione aziendale e quelli ⁽¹²⁾ delle prime applicazioni dei modelli globali hanno messo in evidenza che, in genere, al di là degli obiettivi dichiarati e delle vocazioni tipiche, l'impresa si muove sotto le spinte di gruppi contrapposti, ciascuno con proprie mete, tra loro in contrasto e che comunque tali obiettivi sono molteplici, di varia natura e non sempre quantificabili. Evitando di entrare in questioni così spinose e comunque ampiamente trattate in letteratura, occorre sottolineare che i modelli di pianificazione aziendale sono flessibili anche sotto questo punto di vista e quindi sono adattabili sia alla filosofia aziendale

⁽⁸⁾ Si veda: BAUMOL W. J., *Business behaviour, values and growth*, McMillan, 1953.

⁽⁹⁾ Si veda: CYERT R. M., MARCH J. G., *A behavioural theory of the firm*, Prentice Hall, 1963.

⁽¹⁰⁾ Si veda: ACKOFF R. L., *A concept of Corporate Planning*, John Wiley, 1970.

⁽¹¹⁾ CYERT e MARCH ad esempio, *op. cit.*

⁽¹²⁾ FORRESTER e BONINI ad esempio, *op. cit.*

(ottimizzante, soddisfacente adattativa) che alla natura di particolari obiettivi.

Riguardo al modello è il caso di osservare che i suoi obiettivi, espliciti o impliciti, sono influenzati da coloro che ne propongono l'introduzione in azienda e che ne coordinano la sua costruzione.

È infine evidente che il modello può diventare anche un sondatore di obiettivi, nel senso che la sperimentazione su di esso può condurre alla loro definizione, al loro bilanciamento ed al loro coordinamento.

c) Premesso che la struttura di un modello è influenzata dalle modalità di indagine e che è possibile che un modello costruito per una certa finalità conoscitiva non possa essere utilizzato per nessuna altra, si elencano, qui di seguito, tre distinti tipi di utilizzo, esaustivi dell'intera gamma di possibili speculazioni:

- a) nessuna scelta decisionale (what is)
- b) cosa succede se (what if)
- c) cosa occorre fare per (what to do to)

In dattaglio: nessuna scelta decisionale significa che il modello non ingloba variabili decisionali, ma descrive semplicemente il comportamento delle variabili endogene in relazione a quelle ambientali. È il caso, ad esempio della valutazione delle tasse in funzione dell'utile lordo o della determinazione dei prezzi in funzione dei costi delle materie prime. Oppure ancora quando vengono messe in relazione solo variabili esogene come ad esempio il consolidamento di due o più bilanci. A rigore, se è la mancanza di variabili manageriali il criterio distintivo di questo tipo di indagine, rientrano in esso anche i modelli ottimizzanti: in essi infatti è l'algoritmo a indicare le strategie da adottare e non viene lasciato alcuno

spazio di discrezionalità al decisore che deve solo applicare le indicazioni del modello.

« Cosa succede se » significa che il modello è costruito per rispondere a quesiti del tipo « cosa accade delle variabili di comportamento se vengono prese certe decisioni o se l'ambiente agisce in un certo modo ». Di norma, data la scarsa percorribilità della soluzione analitica, le elaborazioni vengono condotte per via numerica. Per il problema più avanti ricordato della sovra o sottodeterminazione sono possibili casi di nessuna o infinite soluzioni. Rosenkranz ⁽¹³⁾ osserva che questo però non è tanto un problema matematico, ma di politica di gestione del modello che deve essere risolto a monte della sua utilizzazione.

Tramite l'elaborazione del modello è possibile condurre dei test sulle politiche alternative anche riguardo al numero di variabili decisionali e quindi di tarare, anche da questo punto di vista, la giusta dose di variabili di controllo.

Ancora il Rosenkranz nota che il tipo di di investigazione « what if », per la sua flessibilità, è il più adatto a trattare situazioni di impresa reale ove si possono supporre caratteristiche di adattabilità rispetto agli obiettivi ed alle situazioni ambientali.

« Cosa fare per » è un approccio più limitato del precedente nella ricerca di soluzioni fattibili per il fatto che un certo numero di obiettivi viene prefissato. L'indagine allora risponde sostanzialmente al quesito: « cosa fare per ottenere quel determinato risultato ». Anche in questo caso i problemi di sovra o sottodeterminazione devono essere preventivamente risolti in sede di politica di gestione del modello.

È interessante osservare che, a parte il caso di coincidenza del numero di variabili di controllo e di comportamento, questo tipo di indagine sconfinava in quello del tipo « what

(13) ROSENKRANZ, p. 38 *op. cit.*

if » quando impone, per i gradi di libertà rimasti, delle ipotesi di lavoro sulle variabili cui assegnare un valore arbitrario ⁽¹⁴⁾.

Qualunque sia il tipo di indagine da effettuare, oltre alle usuali tecniche di convalida del modello, programmi di sperimentazione e di analisi dei dati, è necessario sondare l'insieme delle risposte ottenute dalla elaborazione per approfondire la conoscenza del campo del quale tali risposte fanno parte.

L'analisi del rischio, ovvero la ponderazione di tutti i possibili risultati con le rispettive frequenze o probabilità, è utilissima quando siano previste variabili casuali all'interno del modello. Si tratta purtroppo, allo stato attuale degli strumenti di calcolo, di una via poco seguita dato l'enorme numero di elaborazioni che essa comporta rispetto ad un modello di natura deterministica. È facile infatti dimostrare che la convergenza è molto lenta ⁽¹⁵⁾. Per modelli deterministici o modelli stocastici, resi deterministici per ragioni di costo, è possibile la cosiddetta analisi di sensitività. Con ciò si intende lo studio delle variabili endogene in un opportuno intorno dei loro valori di interesse per determinarne possibili comportamenti caratteristici quale, ad esempio, la stabilità. Oppure, in parallelo, viene sondato l'intero insieme delle possibili soluzioni predisponendo, al posto delle variabili casuali esogene, tre possibili scenari dell'ambiente basati su assunzioni pessimistiche, ottimistiche e più probabili.

d) La pianificazione, intesa come determinazione delle strategie d'impresa e come proiezione del futuro assetto aziendale, non ha una base teorica generale, ma deve fare riferi-

⁽¹⁴⁾ Si veda più avanti per le questioni matematiche.

⁽¹⁵⁾ L'errore standard delle osservazioni campionarie è σ/\sqrt{n} essendo n la numerosità e quindi, agli effetti del dimezzamento dell'errore, occorre un numero quadruplo di elaborazioni.

mento ad una filosofia pragmatica e ad un corpo di tecniche utili ai suoi scopi. Il processo di pianificazione risente dunque dell'evoluzione sia della « tecnologia » che del soggetto al quale si applica. La tecnologia è costituita dalle tecniche di modellizzazione e di trattamento dei dati e dai supporti di calcolo, il soggetto è l'azienda con i suoi svariati tipi di organizzazione. Sono questi due fattori estremamente correlati ed è spesso impossibile scindere cause ed effetti. L'evoluzione delle capacità di calcolo ha indubbiamente influito in maniera determinante sullo sviluppo delle organizzazioni e contemporaneamente ha influito sulla modellistica applicata ad esse. I modelli hanno recepito a loro volta le variazioni delle strutture organizzative nel tentativo di descriverle, ma nel contempo, diventando parte di queste stesse strutture, hanno contribuito a modificarle. La breve storia del processo di pianificazione supportato da modelli conferma queste osservazioni. Si possono infatti derivare, dalle esperienze osservate, tre filosofie di approccio pianificativo :

- a) bottom up
- b) top down
- c) di informatica distribuita.

Evitando di addentrarsi in inutili approfondimenti si può tuttavia tentare una sintesi che evidenzia l'evoluzione delle strutture organizzative in funzione di una sempre più presente partecipazione dei vari livelli decisionali alla compilazione dei piani di azienda e del loro contemporaneo coinvolgimento nei processi di controllo e del concomitante sviluppo della modellistica aziendale.

L'approccio « bottom up » è relativo ad una struttura organizzativa tradizionale legata al concetto di gerarchia ed il modello che si adegua a questa filosofia risente, in maniera esplicita, del flusso informativo base-vertice. I centri operativi

devono cioè formulare i loro specifici piani, evidentemente a breve, che devono periodicamente essere inviati all'alta direzione. Gli obiettivi di questi piani sono prevalentemente espressi con unità fisiche ed il compito del management è quello di renderli omogenei tra di loro e di tramutarli in criteri di gestione finanziaria e di strategie di investimento. Il modello di supporto a questo modo di pianificare è sostanzialmente « report oriented » cioè basato su periodiche sintesi contabili. Sono evidenti le disparità di obiettivi tra base e vertice e la rigidità delle procedure che non permette tempestivi interventi correttivi.

Il « top down » risponde ad una filosofia del tutto opposta che coinvolge, a tutti i livelli, responsabilità di pianificazione e controllo su direttive d'azione formulate dal management. La struttura informativa è un ciclo costituito da una serie di fasi che, partendo dai piani direzionali, basati sulla individuazione di opportune strategie, passano agli organi intermedi, le divisioni, per esempio, che sviluppano precisi obiettivi in termini redditività e successivamente alle unità operative che, in base agli input, compilano dei programmi a breve. Il circuito si chiude con l'invio di tali elaborazioni al vertice che le aggrega e ripropone un'ulteriore tornata di consultazioni. La struttura organizzativa è di tipo funzionale-divisionale. I modelli che descrivono tali comportamenti sono naturalmente molto più evoluti dei precedenti in quanto a flessibilità, organi ai quali sono rivolti, possibilità elaborative e capacità di controllo. La loro filosofia è « decision oriented » quindi permettono di formulare piani alternativi in base ai quali prendere le decisioni. Ciò è naturalmente dovuto ai due fattori concomitanti dell'evoluzione della filosofia di pianificazione ed al contemporaneo e correlato progresso nella « computer science ».

La riprova di questo fatto sta nel terzo tipo di approccio, quello relativo all'informatica distribuita, nel quale il proces-

so di decentramento di responsabilità, iniziato dal « top down », è stato perfezionato delegando alle varie unità solo le parti loro spettanti di responsabilità di pianificazione e quindi di informazione. Il supporto modellistico è indubbiamente molto sofisticato in quanto, oltre ad adattarsi a tale filosofia di continui scambi vertice-centri periferici, deve continuamente aggiornare le informazioni che permettono ai detti centri di prendere le opportune azioni correttive. La filosofia del processo di pianificazione è quindi di tipo adattativo per rispondere in modo adeguato ai cambiamenti d'ambiente. La struttura organizzativa invece si conforma a matrice in quanto coinvolge lo staff di pianificazione che individua gli obiettivi, gli stadi intermedi che approntano le linee d'azione e gli organismi di controllo delle unità operative responsabili del loro ottenimento.

e) Con riferimento al processo di pianificazione di una azienda modernamente organizzata è possibile elencare le attività di un corpo organico di procedure di programmazione tramite modelli di simulazione. Si possono individuare tre livelli di responsabilità, in gerarchia decrescente, in ciascuno dei quali vengono eseguite delle elaborazioni sulle indicazioni programmatiche dei livelli immediatamente superiori. Il processo è di tipo retroazionato all'interno di ogni livello, per l'individuazione delle possibili strategie connesse agli obiettivi, e nel contempo un anello di feedback interessa il livello gerarchicamente superiore responsabile del coordinamento e consolidamento dei propri obiettivi.

La rappresentazione grafica evidenzia i vari livelli e schematizza il processo di retroazione di taratura degli obiettivi.

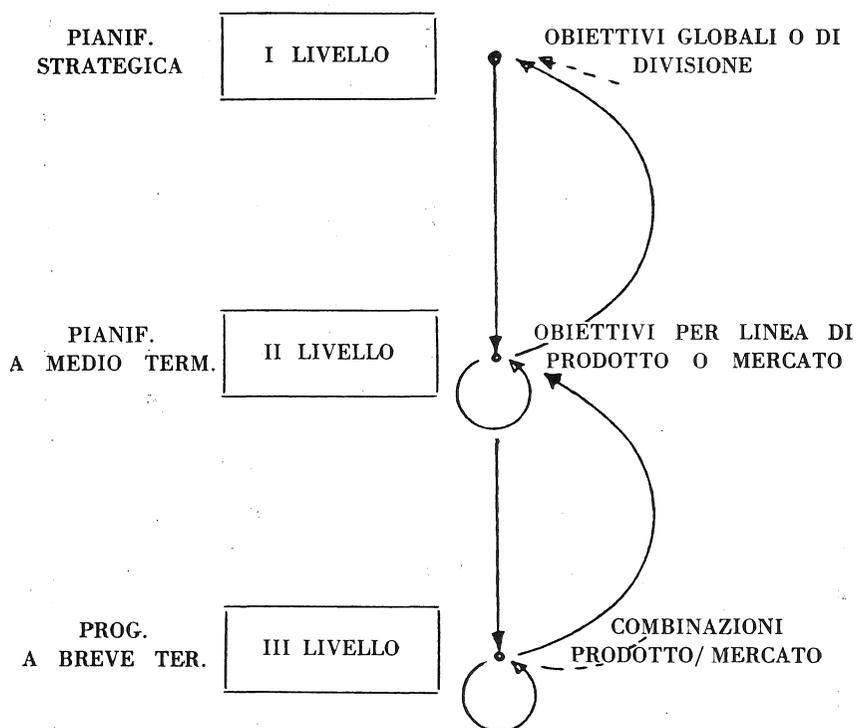


Fig. 1

N. B. La linea tratteggiata indica un eventuale anello di retroazione di supervisione diretta dell'alta direzione anche sui piani operativi

Le tavole seguenti riportano, con maggior dettaglio le fasi di questo schema.

I LIVELLO - PIANIFICAZIONE STRATEGICA

ATTIVITA'

1. *Analisi dell'ambiente*: descrizione qualitativa e quantitativa di possibili scenari
2. *Formulazione di obiettivi*: obiettivi economici in termini qualitativi
3. *Ripartizione e bilanciamento degli obiettivi*
4. *Formulazione delle strategie*: strategie finanziarie, di investimenti, diversificazione ed espansione di capacità.
5. *Analisi degli scostamenti*: congruenze tra obiettivi di 4 ed indicazioni strategiche di piano
6. *Messa a punto delle strategie*: decisione dell'insieme di strategie congruenti
7. *Misure, retroazione e controllo*: taratura finale di strategie ed obiettivi.

MODELLI

1. Analisi di database e « What is »
2. Modelli econometrici e analisi di database.
3. Modelli econometrici tipo input/output, analisi « What is » « What if », Analisi « What to do » per il livello inferiore
4. Obiettivi imposti al livello inferiore, analisi di database e soprattutto analisi delle redditività, del rischio e sensitività.
5. Uso dei modelli del livello inferiore per analisi « What if » e « What to do »
6. Modelli di analisi degli investimenti, « What if » e « What to do »
7. Analisi tipo « What is » e confronti con elaborazioni su modelli a medio.

II LIVELLO - PIANIFICAZIONE A MEDIO TERMINE

1. *Fissazione degli obiettivi*: decomposizione degli obiettivi di marketing, di produzione e finanziari del livello superiore con criteri di redditività
1. Analisi « What if » con modelli a medio da parte del livello superiore
2. *Preparazione dei piani*: formalizzazione di piani per ciascuna unità organizzativa in termini finanziari e fisici.
2. Valutazioni su database e analisi « What if » e « What to do » su indicazioni delle unità
3. *Integrazione e consolidamento*: stesura di un piano operativo organico a livello aziendale con concorso di input dalle unità operative.
3. Modelli ad « hoc », modelli macroeconomici, di marketing. Modelli di « management science »
4. *Analisi di congruenza*: analisi degli scostamenti e congruenza tra piani ed obiettivi. Congruenza con strategie finanziarie e risorse.
4. Modelli finanziari a medio termine e di budget degli investimenti
5. *Messa a punto delle strategie, misure, controllo e retroazione*: a livello di unità organizzative
5. Analisi « What is » da parte di una alta gerarchia. Analisi « What if » e « What do do » anche da livelli operativi su modelli a medio. Analisi di database.

III LIVELLO - PIANIFICAZIONE A BREVE TERMINE

1. *Fissazione degli obiettivi*: scomposizione di obiettivi di medio in termini di vendite, costi, ricavi marginali
 1. Analisi « What if » su modelli a breve e budget delle singole unità operative
2. *Piani operativi*, piani a breve orientati a quantità fisiche e finanziarie
 2. « What if » e « What to do » da parte delle unità operative
3. *Integrazione, consolidamento e ratifica*: piano operativo aziendale a breve
 3. Modelli di programmazione della produzione e « Marketing mix ». Valutazioni su database
4. *Messa a punto, misura e controllo*: aggiustamenti delle attività in essere.
 4. Modelli « What is » dal livello superiore.
Modelli « What is » e di pianificazione della produzione da parte delle unità operative.

Elaborazione da: ROSENKRANZ, F. *op. cit.*

II

3. - Nella sua forma più generale un modello di pianificazione integrata d'impresa può essere descritto da una sistema di equazioni del tipo :

$$f_{it}(Y_t, Y_{t-j}, Z_t, K_t, U_t) = 0 \quad [1] \quad \begin{matrix} t = 1, m \\ i = 1, n \end{matrix}$$

ove le variabili hanno la natura di vettori con le seguenti caratteristiche :

Y_t è il vettore delle variabili endogene il cui valore è determinato dall'interazione delle altre variabili interne ed esterne al sistema e sono anche dette variabili di comportamento.

Y_{t-j} è il vettore delle variabili ritardate, cioè quelle endogene il cui valore assunto in tempi trascorsi ha influenza sul comportamento attuale e sono anche dette variabili di retroazione.

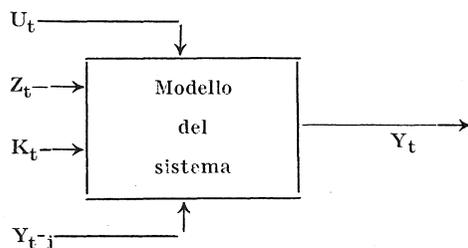
Z_t è il vettore delle variabili decisionali, relative cioè alla discrezionalità direzionale, hanno natura di variabili esogene e sono dette anche variabili di controllo per sottolineare il loro carattere manageriale.

K_t è il vettore delle variabili relative all'ambiente, cioè le tipiche esogene contro le quali si misurano le variabili decisionali allo scopo di conseguire valori opportuni dei comportamenti.

U_t è il vettore delle variabili casuali, quelle cioè che tengono conto delle fluttuazioni che quasi sempre si verificano per effetto di fattori imprevedibili dovuti o alla

misura dei parametri o a veri e propri disturbi; sono normalmente date sotto forma di distribuzioni di frequenza e sono considerabili esogene.

In termini di esemplificazione grafica il modello può essere visto come un operatore che tramuta le variabili di input o esogene in variabili di output o endogene.



4. - L'indice t nella [1] sta ad indicare che il modello descrive l'evoluzione nel tempo delle variabili di stato ⁽¹⁶⁾ sotto l'influenza combinata, secondo gli opportuni meccanismi di informazione-decisione, delle variabili di controllo ed esogene. Si tratta quindi in genere di un sistema di equazioni alle differenze del primo ordine in quanto ad esso è sempre possibile ricondurre sistemi di ordine più elevato. Potrebbe anche essere un sistema di equazioni differenziali ⁽¹⁷⁾ come talvolta si trova in letteratura, ma quello alle differenze sembra meglio adeguarsi alla descrizione della prassi delle scadenze contabili aziendali. La variabile tempo è normalmente data in modo implicito nel senso che viene misurata solo al verificarsi di eventi di importanza per il modello, ma non mancano casi ove essa è data in forma di variabili esogene e quindi esplicita ⁽¹⁸⁾.

(16) Concetto più ampio di comportamento e che sarà chiarito in seguito. Per ora basti il significato intuitivo.

(17) Come l'Industrial Dynamics del FORRESTER.

(18) Ad esempio per i modelli non autonomi la variabile tempo è una esogena descritta da una equazione alle differenze

Per comodità di trattazione normalmente al sistema [1] viene data la forma di sistema di equazioni lineari alle differenze a coefficienti costanti:

$$A Y_t + \sum_{j=1}^p A_j Y_{t-j} + BZ_t + CK_t + D = U_t \quad [2] \quad t = 1, m$$

ove Y_t è un vettore di dimensione $[nx1]$ e rispettivamente

$$Y_{t-j} \equiv [nx1], \quad Z_t \equiv [kx1], \quad K_t \equiv [hx1], \quad D \text{ e } U_t \equiv [rx1].$$

I coefficienti, opportunamente identificati, hanno dunque dimensioni rispettive:

$$A \text{ e } A_j \equiv [rxn], \quad B \equiv [rxk], \quad C \equiv [rxh].$$

Nella rappresentazione [2] mancano sia le disequazioni che le relazioni logiche che presumibilmente sono invece presenti in molti atti e procedure di scelta manageriale. Non si tratta tuttavia di una manchevolezza in quanto le disequazioni sono trasformabili in equazione con l'aggiunta di variabili « slack » o di vincoli di non negatività o introducendo qualche non linearità. Le relazioni logiche d'altra parte possono essere introdotte tramite variabili binarie.

5. - Facendo, per comodità, riferimento alla [2], le possibili soluzioni sono sostanzialmente due: per via analitica o numerica. Certamente la prima è la più elegante e, quando possibile, efficiente in quanto permette il calcolo immediato dei comportamenti, dati i valori delle variabili di controllo, delle rimanenti esogene e per dati valori iniziali \hat{Y}_{t-j} di quelle ritardate

$$Y_t = -A^{-1} \left(\sum_{j=1}^p A_j \hat{Y}_{t-j} + BZ_t + CK_t + D - U_t \right) \quad [3] \quad t = 1, m$$

La condizione necessaria per la soluzione è che A sia una matrice quadrata $n \times n$ non singolare, naturalmente per un

sistema di equazioni lineari a coefficienti costanti. La soluzione analitica contiene tutto l'insieme di informazioni utili a interpretare la « legge » di dipendenza delle variabili di comportamento da quelle decisionali, dalle altre esogene e le sue proprietà quali, ad esempio, la stabilità. È purtroppo un modo ideale o se si vuole poco praticabile di soluzione in quanto modelli del tipo « corporate planning » sono composti da centinaia di equazioni, spesso non lineari e quasi mai si conformano alle condizioni necessarie alla soluzione.

6. - È possibile classificare le soluzioni della [2] per via numerica secondo tre diverse modalità d'approccio: ottimizzazione, soluzione per « target » e simulazione.

f) Viene fissata, da parte dei decisori, una funzione obiettivo da massimizzare o minimizzare. In via generale sono possibili tre vie: a) massimizzare il valore dell'output in funzione delle risorse utilizzabili, b) minimizzare i costi di input per un dato risultato programmato, c) massimizzare la differenza tra ricavi di output e costi di input.

La funzione obiettivo è caratterizzata dagli stessi argomenti della [1],

$$\pi = \pi (Y_t, Y_{t-j}, Z_t, K_t, U_t) \quad [4]$$

ed il sistema [1] rappresenta le equazioni di vincolo.

Il problema si risolve identificando gli opportuni valori di Y_t e Z_t che, sotto il vincolo della [1] e per dati valori di Y_{t-j} , K_t , Z_t , massimizzano la funzione obiettivo. Questa impostazione è in completo accordo con la teoria classica ficroeconomica ⁽¹⁹⁾ che concettualizza i processi di trasformazione

⁽¹⁹⁾ Ciò significa che il modello si conforma ai postulati di tale teoria. Si veda ad esempio: BAUMOL W. J., *Economic Theory and Operations Analysis*, Prentice Hall, 1961 e DE NEUFVILLE R., STAFFORD J. H., *Systems Analysis for Engineers and Managers*, McGraw Hill, 1971.

tramite la funzione di produzione, presuppone comportamenti razionali e perfette conoscenze di mercati e tecnologie. Nel caso specifico di modelli aziendali la funzione di produzione è data da:

$$f(Y, Z) = 0 \quad [5]$$

essendo Y il vettore dei prodotti e Z quello dei fattori produttivi, entrambi, per ragioni fisiche, non negativi. Chiamata $R(Y)$ la funzione dei ricavi e $C(Z)$ quella dei costi, la funzione da ottimizzare sarà:

$$\pi = R(Y) - C(Z) \quad [6]$$

È facile vedere la coincidenza di [5] con [1] e di [6] con [4].

La concordanza con la teoria economica non è però una sufficiente garanzia di bontà del metodo ottimizzante rispetto agli altri. In esso infatti vengono schematizzate e semplificate delle assunzioni sul comportamento di impresa non più accettate quali la massimizzazione del profitto come fine dell'impresa e la già menzionata perfetta conoscenza. Questa impostazione infatti non può dare risposte a quesiti del tipo: « come trattare l'incertezza e come essa influenzi il processo decisionale », « come la struttura influenza il comportamento d'azienda », « quali sono i fattori influenzanti il tasso di crescita aziendale », « come l'impresa interagisce col mondo esterno ».

g) Questo secondo tipo di soluzione numerica, riferito al funzionamento descritto dalla [2], non prevede nessun tipo di funzione obiettivo da ottimizzare, ma impone alle variabili di comportamento \hat{Y}_t di assumere dei valori prefissati \hat{Y}_t . Questi valori, i target o sottoobiettivi, sono i valori di programma ed allora la [2] sarà risolta per la Z_t , le politiche direzionali, dati al solito i valori delle rimanenti variabili:

$$Z_t = -B^{-1} (A \hat{Y}_t + \sum_{j=1}^p A_j Y_{t-j} + CK_t + D - U_t) \quad [7] \quad t = 1, m$$

In questo caso la soluzione è l'indicazione al management di come comportarsi per ottenere i risultati di programma. Questa impostazione detta di analisi di sistemi ⁽²⁰⁾ vede il sistema globale aziendale come un insieme coordinato di sottosistemi, ciascuno con dati targets, e l'elaborazione del modello ha lo scopo di individuare le strategie per ottenerli. I problemi di soluzione nascono dalla eventuale disparità tra il numero delle variabili decisionali e quelle obiettivo. Infatti se:

$$k < n \quad (a)$$

cioè se il numero delle variabili manageriali è inferiore agli obiettivi, ciò significa che le incognite sono meno delle equazioni (problema sovradeterminato) e quindi una soluzione è impossibile tranne casi particolari.

Se invece

$$k > n \quad (b)$$

cioè il problema è sottodeterminato, sono possibili infinite soluzioni.

In entrambi i casi, per aver risultati matematici utili, si rende necessario ridefinire il sistema aumentando, nel caso (a), il numero delle variabili decisionali o riducendo quello dei targets. Ciò è possibile solo da un punto di vista teorico in quanto, nei casi pratici, le variabili, di qualsiasi natura, introdotte nel modello hanno una ben precisa funzione e difficilmente se ne può variare il numero senza intaccarne il significato.

In particolare pare senza senso aumentare le variabili

(20) CHURCHMAN, *op. cit.*

decisionali e, d'altra parte, la riduzione dei target può fare perdere caratteristiche sostanziali al modello.

Nel secondo caso, invece, ove $k > n$ è possibile assegnare $k-n$ valori arbitrari e risolvere la [2] per le rimanenti h variabili decisionali.

Qualche autore ⁽²¹⁾ osserva che, accanto al problema del bilanciamento delle variabili, di natura prettamente matematica, vi è un problema di natura psicologica dovuto alla resistenza dei responsabili dei centri decisionali a rendere espliciti, in termini numerici, i programmi.

Per queste ragioni l'uso di uno strumento di questo tipo non sembra normativo ma conoscitivo: è infatti possibile condurre esperimenti su vari insiemi di sottoobiettivi alternativi per preconstituire un bagaglio di strategie relative a situazioni prefigurate e che si possono verificare anche nella realtà.

h) A differenza dei due casi precedenti, per la simulazione non è necessario assumere una funzione obiettivo o fissare dei target. La soluzione di un modello di simulazione consiste nel risolvere il sistema [2] nelle variabili Y_t in funzione delle rimanenti, per istanti consecutivi, in modo da seguirne il comportamento al passare del tempo:

$$Y_t = -A^{-1} \left(\sum_{j=1}^p A_j Y_{t-j} + BZ_t + CK_t + D - U_t \right) \quad [8] \quad t = 1, m$$

Le variabili ritardate, man mano che sono generate, manifestano la loro influenza, al trascorrere del tempo simulato, e naturalmente le Y_t sono funzione delle variabili esogene (decisionali, ambientali e casuali). Per questa caratteristica di soluzione, il modello di simulazione non è vincolato a rigidi schemi matematici e può contenere, in modo esplicito, proposizioni logiche, non linearità o disequazioni che non ne-

(21) NAYLOR, *op. cit.*, p. 16.

cessitano di particolari artifici come negli altri casi. Esso costituisce un tipico strumento manageriale in quanto permette di valutare la traiettoria delle conseguenze di strategie decisionali alternative e quindi di fare confronti non su un unico risultato, ma sull'insieme dei comportamenti delle variabili di interesse su un intervallo di tempo.

L'uso appropriato di un simulatore è di tipo sperimentale, data la non generalità di ogni singola elaborazione che è da considerare come una osservazione campionaria e quindi la sua tipica funzione è di sostituire il vero sistema aziendale, in un quadro di « test » di natura conoscitiva e decisionale su di esso.

È già stato osservato che la bontà di questa tecnica deriva dalla completa libertà di formulazione e quindi dalla indipendenza da rigide teorie che permette di tenere in esplicito conto le singole tipiche caratteristiche che ogni azienda presenta. Per quanto riguarda gli *obiettivi* non è necessario, se si vuole, adeguarsi al postulato del comportamento razionale dell'imprenditore dato che è non la massimizzazione del profitto, ma un profitto soddisfacente, la meta di molte imprese. Il modello di simulazione evidenzia solo quelle variabili di comportamento che il management dichiara di importanza nell'insieme di tutte le rimanenti variabili e regole decisionali. In questo modo evita di trattare esplicitamente le preferenze manageriali che, anzi, si rendono esplicite solo nelle politiche di gestione degli esperimenti di simulazione.

Riguardo all'*informazione*, è possibile inserire nel modello simulativo la reale struttura del sistema informativo, con gli inevitabili ritardi e le distorsioni, anzi è possibile « testare » la bontà di tale sistema utilizzando, a tale scopo, il simulatore e verificare la possibilità di introduzione di più efficienti schemi.

Il postulato della *certezza* è eliminato introducendo le variabili stocastiche che danno ragione della influenza degli

imprevedibili disturbi esterni, delle inesatte rilevazioni o delle inefficienze del sistema informativo.

Al di là dei postulati della teoria classica, il fattore di importanza vitale nel comportamento dell'impresa è l'organizzazione; questa ha modi di influenza diversa, dipendentemente dai suoi schemi e comprende i processi di apprendimento e le motivazioni. Tutti questi fattori sono facilmente inglobabili nel modello di simulazione.

A complemento del rapido quadro della realtà aziendale rimane da menzionare la possibilità di tenere, in esplicito conto, i reali rapporti dell'azienda col mondo esterno, sia esso il mercato, il più ampio contesto socio-economico o l'insieme delle istituzioni. Con questi enti l'impresa viene in continua interazione e pare quindi giusto che in una completa descrizione di essa, se opportuno, essi compaiano.

7. - Analogamente ai modelli macroeconomici ⁽²²⁾ si possono classificare, nei modelli di programmazione aziendale, quattro tipi diversi di equazioni:

- a. relazioni di comportamento
- b. identità
- c. relazioni tecnologiche o istituzionali
- d. relazioni di equilibrio o di contorno.

Le prime esplicitano ipotesi di comportamento dell'impresa, del suo ambiente o di entrambe come l'equazione prezzo-domanda.

In esse compaiono variabili decisionali e variabili causali.

Le seconde sono costituite da relazioni di tipo definitorio quale è ad esempio l'identità

$$\text{PROFITTI} = \text{RICAVI} - \text{COSTI}$$

(22) Si veda TIMBERGEN J., *On the theory of economic policy*, North Holland, Amsterdam, 1955.

A questa categoria appartengono soprattutto le relazioni di natura contabile o finanziaria che costituiscono spesso il corpo di un modello di pianificazione aziendale.

Alle terze appartengono le equazioni dei processi di trasformazione siano essi fisici:

$$\text{PRODOTTO FINITO} = \text{FATTORE DI RESA} \times \text{MATERIA PRIMA}$$

che di natura contabile o finanziaria:

$$\text{UTILE NETTO} = (1 - \text{TASSE}) \times \text{UTILE LORDO}$$

Evidentemente i coefficienti di conversione sono inseriti nel modello come costanti o come parametri. Questo secondo esempio rappresenta una equazione istituzionale quando, all'interno del modello, sia prevista la legge di conversione di utile lordo in netto, dipendentemente dall'intera gamma delle aliquote applicabili.

Le ultime infine limitano i valori delle variabili nel tempo o nelle possibili entità; tipiche sono le relazioni di non negatività.

8. - Da un punto di vista di principio, non c'è differenza tra la soluzione numerica applicata ad un modello deterministico e quella di un modello stocastico. Nel primo caso tuttavia il valore risultante delle variabili di comportamento è da considerarsi certo, nel secondo, invece, esso è uno dei tanti possibili risultati. Le variabili stocastiche infatti hanno la natura di disturbo applicato a qualcuna delle esogene e quindi queste si manifestano, in una soluzione particolare, come uno dei possibili valori di una data distribuzione di frequenza. Il risultato, cioè il valore delle variabili di comportamento, potrà dunque essere diverso in due successive simulazioni ove tutto sia mantenuto costante tranne che il valore di anche una sola di tali variabili casuali. Una sola elaborazione

è dunque da considerarsi come una singola osservazione campionaria facente parte di un ampio quadro di programmi di esperimenti col modello.

La sperimentazione ha normalmente lo scopo di conoscere, con una certa attendibilità, la distribuzione di questi comportamenti. Se, ad esempio, ciò che si vuole è il valore atteso di una variabile di comportamento Y_t , supposta unica per semplicità di trattazione, considerata la media aritmetica di n osservazioni campionarie ottenute nelle identiche condizioni sperimentali:

$$\bar{y}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_{it}$$

è possibile identificare, ad un certo livello di fiducia $(1-\alpha)$ il corrispondente intervallo di fiducia (23)

$$| \bar{y}_t \pm Z_{\alpha/2} S/\sqrt{n} |$$

essendo $Z_{\alpha/2}$ il percentile della distribuzione normale standard che lascia una coda di probabilità percentuale $\alpha/2$ ed S lo scarto campionario

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_{it} - \bar{y}_t)^2.$$

Se si considera la lunghezza dell'intervallo di confidenza:

$$e = 2 Z_{\alpha/2} S/\sqrt{n}$$

come l'errore ammissibile, con quel dato livello di fiducia, è evidente che, per diminuire tale errore, il numero delle osservazioni aumenterà in ragione del quadrato. Se ad esem-

(23) Ciò vale naturalmente per campioni di adeguata numerosità che normalmente si possono ottenere dalle repliche delle simulazioni stocastiche; altrimenti valgono le considerazioni per piccoli campioni.

pio si vuole dimezzare questo errore il numero n quadruplicherà e se si vuole portare al venti per cento, tale numero aumenterà di un fattore moltiplicativo venticinque ⁽²⁴⁾.

Queste osservazioni comportano che, stante la complessità dei modelli, il gran numero di variabili esogene ed il gioco delle correlazioni, non sia ancora compatibile con la capacità di calcolo e con i prezzi di essa, portare avanti, nel campo dei modelli globali, simulazioni di tipo stocastico. In pratica, come accennato, si conduce l'analisi di sensitività sulle classiche ipotesi: « best, pessimistic and ottimistic ».

III

Può essere utile inquadrare lo studio dei modelli di programmazione d'azienda nell'ambito della Teoria dei Sistemi. Tale disciplina, applicata inizialmente a problemi di regolazione e controllo di natura ingegneristica, si è dimostrata successivamente un potente strumento di studio e di analisi e controllo della dinamica di sistemi macroeconomici e potrebbe ben utilizzabile nel campo della microeconomia, specie ove l'interesse è rivolto alla programmazione e quindi al controllo.

Un modello di pianificazione, nella sua rappresentazione più astratta e generale possibile è dato dalla seguente equazione:

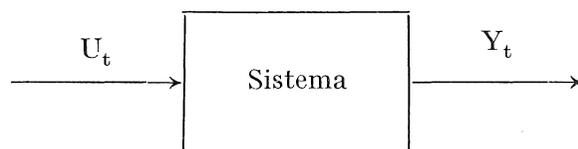
$$Y_t = f(Y_{t-j}, Z_t, K_t) \quad [9]$$

ove le variabili, intese come vettori, hanno un indice che rivela la loro dipendenza dal tempo. Y_t è il vettore delle variabili di comportamento o endogene, cioè l'insieme dei risultati programmati d'azienda; Y_{t-j} è il vettore dei comportamenti

(24) Si veda GILMAN H. J., *A brief survey of stopping rules in Montecarlo simulations*. II Conference on application of simulation, 1968.

trascorsi che influenzano i comportamenti attuali; Z_t è il vettore delle variabili di controllo, cioè l'insieme delle politiche manageriali ed infine K_t è il vettore relativo all'ambiente cioè alle variabili esogene che influenzano il sistema, ma non ne sono controllabili. Per comodità di trattazione si considererà un unico vettore U_t di variabili di input che comprende le Z_t e K_t .

La rappresentazione grafica della figura seguente evidenzia il rapporto causa/effetto tra variabili manageriali e di comportamento, ma non il meccanismo di correlazione tra di esse.

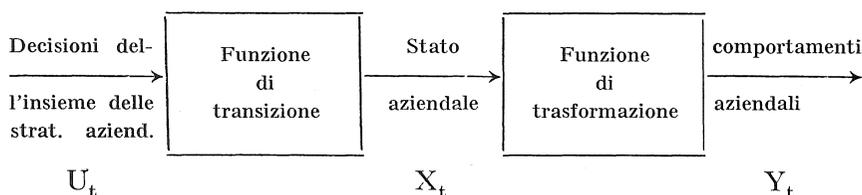


È evidente infatti che l'output aziendale ad un dato istante non può essere, in genere, determinato dalle decisioni in quello stesso istante, ma da tutta la storia subita dal sistema a partire da un certo tempo di riferimento. Si rende dunque necessario introdurre, accanto a quelle già descritte, un altro tipo di variabile, X_t , che dia conto della evoluzione, nel tempo, di quelle grandezze intrinseche all'azienda che permettono, a seguito di date azioni decisionali, di determinare univocamente i comportamenti. X_t è il vettore delle variabili di stato e sinteticamente contiene la storia aziendale fino all'istante attuale e permette dunque la conoscenza dell'uscita del sistema, a quello stesso istante, in seguito alla contemporanea azione sull'ingresso. Quindi per uno stesso sistema, a stati iniziali diversi, corrisponderanno, in genere, uscite diverse, pur applicando identiche variabili di controllo. Inoltre il valore di X_t , assunto ad un certo tempo t_0 congiuntamente alla sequenza di decisioni manageriali applicate dallo stesso tempo t_0 fino al tempo t_1 , permetterà il calcolo dello stato e

quindi dell'uscita fino a t_1 e di tutte le situazioni intermedie.

I concetti esposti in chiave di modelli e variabili di natura aziendale derivano dalla definizione assiomatica di sistema dinamico ⁽²³⁾.

Alla luce di tale definizione la rappresentazione grafica del sistema diventa la seguente



ove si evidenzia la non dipendenza dell'insieme delle variabili di output da quelle di input. La rappresentazione formale è dunque :

$$\begin{aligned} X_t &= f(X_{t_0}, U_t, (t - t_0)) \\ Y_t &= g(X_t, t) \end{aligned} \quad [10]$$

che mostra come le variabili di comportamento non coincidano necessariamente con quelle di stato ⁽²⁶⁾. « L'argomento

⁽²⁵⁾ Si veda ad esempio: RINALDI S., *Teoria dei sistemi*, CLUP, Milano, 1973 e MARRO G., *Fondamenti di teoria dei sistemi*, Patron, Bologna 1976, che danno di sistema dinamico questa definizione:

1) Sia dato un insieme T dei tempi; 2) Un insieme di ingressi U; 3) Un insieme di funzione di ingresso U_t ; 4) Un insieme di stati X; 5) Un insieme delle uscite Y; 6) Una funzione L tale che, assegnato un istante t, un istante $t_0 \leq t$ ed uno stato iniziale X (t_0) ed una funzione di ingresso u(.), definisca l'uscita all'istante t:

$$y(t) = y(t, t_0, x(t_0), u(.))$$

che risponde alle seguenti proprietà:

a) $y(t, t_0, x(t_0), u(.))$ è definita per $t \geq t_0$ ma non necessariamente per valori inferiori
b) la dipendenza di L da u (.) () è limitata all'intervallo (t_0, t) .

⁽²⁶⁾ Le variabili di comportamento potrebbero essere risultati di bilancio, indici finanziari, livelli produttivi ecc..

tempo » delle [10] risponde ai requisiti del principio di causalità e sta a significare che lo stato ad un certo istante dipende dalla funzione di ingresso applicata, a partire dal tempo t_0 , fino a quell'istante (escluso l'estremo destro dell'intervallo).

La mancanza di adatti strumenti matematici ha limitato la trattazione ai sistemi lineari o linearizzabili che normalmente si presentano come sistemi di equazioni differenziali del primo ordine

$$\begin{aligned}\dot{\hat{x}}(t) &= A(t) \hat{x}(t) + B(t) u(t) \\ \dot{\hat{y}}(t) &= C(t) \hat{x}(t) + D(t) u(t)\end{aligned}\quad [11]$$

o sistemi di equazioni alle differenze

$$\begin{aligned}x_{t+1} &= A(t) x_t + B(t) U_t \\ y_t &= C(t) x_t + D(t) U_t\end{aligned}\quad [12]$$

Considerando, per comodità di trattazione, i coefficienti invarianti rispetto al tempo e ponendo rispettivamente $C = I$, matrice identità, e $D = O$ il sistema si modifica nel seguente

$$\begin{aligned}x_{t+1} &= Ax_t + BU_t \\ y_t &= x_t\end{aligned}\quad [13]$$

Esso descrive cioè un sistema nel quale le variabili di comportamento coincidono con le variabili di uscita. Questa è la rappresentazione più adottata nei modelli di programmazione aziendale sia perché i fatti economico-finanziari con-

Le variabili di stato potrebbero essere il numero e la qualità degli impiegati, la struttura organizzativa, il sistema informativo, ecc..

Può essere conveniente, in molti casi, far coincidere le variabili di stato a quelle di comportamento.

siderati sotto l'aspetto dello stato dell'impresa, ne costituiscono anche il comportamento, sia perché, nel considerare la variabile tempo come discreta, vengono riprodotte le cadenze normali della vita aziendale.

Normalmente in letteratura i modelli di questo tipo hanno una rappresentazione in termini di sistemi di equazioni alle differenze di ordine anche elevato

$$Ay_t + \sum_{j=1}^p A_j Y_{t-j} = \sum_{i=1}^q B U_{t-i} \quad [14]$$

che mettono in rilievo una dipendenza diretta delle variabili di comportamento dalle variabili manageriali senza il tramite delle variabili di stato. È possibile derivare da una conformazione del tipo [12] una del tipo [14], ma è evidente che il bagaglio di informazione contenute nelle variabili di stato consigli una formulazione del tipo [12].

Risulta altresì possibile estendere al caso in esame concetti quali quello di raggiungibilità e di controllabilità. Quest'ultimo in particolare sta a significare la possibilità di trasferire un sistema da uno stato iniziale ed uno stato voluto un certo tempo applicando una opportuna funzione di controllo (controllabilità rispetto allo stato) oppure di ottenere un dato comportamento (controllabilità sull'uscita), stante sempre una data legge di controllo applicata al sistema, a partire da un certo stato iniziale.

Le condizioni di controllabilità ⁽²⁷⁾ rispetto allo stato, nel caso più comune rappresentato dal sistema [13], consistono nell'accertarsi che la matrice composta

$$(B \mid AB \mid A^2B \mid \dots \mid A^{k-1}B)$$

(27) Si vedano: RUBERTI A., *Controllabilità ed osservabilità in Identificazione e Ottimizzazione*, CNR, Roma, 1964; SITZIA B., *Teoria dei sistemi e programmazione economica*, Etas libri, Milano, 1979.

abbia rango uguale al numero n di variabili del vettore di stato.

Nel caso di controllabilità ⁽²⁸⁾ rispetto all'uscita, nel caso generale, per un sistema stazionario, la condizione è che il rango della matrice

$$(CB | CAB | CAB | \dots | CA^{k-1}B | D)$$

sia uguale al numero q delle variabili di comportamento. k è il numero di interventi di controllo consecutivi.

Se p è il numero delle variabili di controllo è possibile dimostrare che condizione necessaria per la controllabilità è

$$k \geq q/p$$

IV

I. Per concetti di analisi dei sistemi estesi all'impresa

ARALDI R., *L'analisi dei sistemi nelle programmazioni e nelle decisioni d'impresa*, Etas libri, Milano, 1974.

BEER S., *L'azienda come sistema cibernetico*, ISEDI, Milano, 1973.

BOULDING K., *General systems theory, the skeleton of science*, Management Science, 1956.

BOZZOLA G. B., *Il sistema aziendale*, Etas compass, Milano, 1975.

CHURCHMAN C. W., *Introduzione all'analisi per sistemi* Etas Kompas, Milano, 1971.

EMERY E., (Editor), *Systems thinking*, Penguin Book, London, 1972.

OPTNER S. L., *System Analysis for business and industrial problem solving*, Prentice Hall, New Jersey, 1965.

SARACENO P., *L'analisi dei sistemi nella condotta delle imprese*, in Notizie IRI, 1961.

SARACENO P., *La produzione industriale*, Libreria Editrice Universitaria, Venezia, 1964.

⁽²⁸⁾ Normalmente si parla di controllabilità in senso debole o forte a seconda che la legge di controllo consideri tutte o solo una delle variabili di ingresso, ma in questa esposizione di principi tali catalogazioni paiono superflue.

THE OPEN UNIVERSITY, *L'analisi dei sistemi, comportamento, regolazione e controllo*, Mondadori, 1979.

VON BERTALANFFY L., *General systems theory: a new approach to unity of science*, in *Human Biology*, 1951.

II. *Per l'analisi dei rapporti modello/impresa*

BOULDEN J. B., *Corporate models: on line real time systems*, su *Harvard Business Review*, July-August, 1970.

GERSHEFSKI G. W., *Building a corporate financial model*, su *Harvard Business Review*, July-August, 1969.

GRINIER P. H. e BATT C. D., *Some tentative findings on corporate financial simulation models*, su *Operations Research Quarterly*, Vol. 25, n. 1.

HAYES, R. H. e NOLAN, R. L., *What kind of corporate modeling functions best*, su *Harvard Business Review*, May-June, 1974.

III. *Per le indagini statistiche su utenti ed applicazioni*

GERSHEFSKI G. W., *Corporate models the state of the art*, su *Management Science* 16, 6, 1970.

GERSHEFSKI, G. W. e WOLLER, F., *Corporate models to day*, The institute of chartered accountants, London, 1975.

NAYLOR, T. H. e JEFFERS, C., *Corporate simulation models: a survey*, su *Simulation*, 1975.

NAYLOR T. H. e SCHAULAND H., *A survey of users of corporate planning models*, su *Management Science*, 22, 9, 1976.

IV. *Per modelli di utilità generale*

AMADUZZI A., *Il modello del sistema dell'impresa...* su *Principi di sistemi di* FORRESTER J. W., Etas Kompas.

BONINI C. P., *Simulation of information and decision systems in the firm*, Markham Publications Co., Chicago, 1967.

FORRESTER J. W., *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge, Mass, 1961.

MOMIGLIANO F., *Economia industriale e teoria dell'impresa*, Il Mulino, Bologna 1975.

V. Per le applicazioni

- BOUAMRENE, M. A. e FLAVELL R., *Airline Corporate Planning — a conceptual framework*, su Long Range Planning — Vol. 13, Feb. 1980.
- CANTORE C., *Pianificazione finanziaria e controllo budgetario*, su Sviluppo e organizzazione, n. 29, maggio-giugno 1975.
- DEGUELDRE, J., *Corporate planning and modelling in a large bank*, su Long Range Planning, Vol. 13, Aug. 1980.
- HAMILTON, W. F. e MOSES, M. A., *computer based corporate planning system*, su Management Science, Vol. 21, 2, 1974.
- HARRISON, F. B. e BAKER A., *The accountant takes to model*, su Operational Research Quarterly, Vol. 25, n. 1.
- KOTLER P., *Corporate Models: better marketing plans*, su Harvard Business Review, July-August 1970.
- MATTESICH R., *Budgeting Models and System Simulation*, su The Accounting Review, Vol. 36, 1961.
- PIREDDU G., *Proposta di un modello dinamico di tipo previsionale... Report interno SNAM*, 1975.
- ROBBINS S. M., e STOBAUGH, R. B., in appendice a: *Money in the multinational enterprise*, Basic Book, New York, 1973.

VI. Antologie, saggi e manuali

- COYLE, R. G., *Management System Dynamics*, John Wiley and Sons, 1979.
- NAYLOR T. H., (Editor), *Simulation models in corporate planning* Praeger, 1979.
- NAYLOR T. H., (Editor), *Computer simulation experiments with models of economic systems*, John Wiley and Sons, 1971.
- ROSENKRANZ F., *An introduction to corporate modeling*, Duke University Press, 1979.
- SCHRIEBER A. N. (Editor), *Corporate simulation models*, School of business, University of Washington, 1970.

VII. *Per i collegamenti tra moderne teorie dell'impresa e modelli di programmazione*

ACKOFF R. L., *A concept of corporate planning* John Wiley and Sons, New York, 1970.

ANTONY R., *Planning and control systems: a framework for analysis*, Harvard Business School, Boston 1965.

BAUMOL W. J., *Business Behaviour, Volumes and Growth*, Mc Millan, New York, 1953.

CYERT R. M., e MARCH, J. G., *A behavioural theory of the firm*, Prentice Hall, 1963.

SIMON H. A., *Theories of decision making in economics and behavioural science*, American Economic Review, XLIX, June 1959.

VIII. *Per la teoria dei sistemi*

MARRO G., *Fondamenti di teoria dei sistemi*, Patron, Bologna, 1976.

RINALDI S., *Teoria dei sistemi*, CLUP, Milano, 1973.

RUBERTI A., *Controllabilità ed osservabilità su Identificazione e ottimizzazione*, Roma 1963.

SITZIA B., *Teoria dei sistemi e programmazione economica*, Etas Libri, Milano, 1979.