40

SISTEMI &IMPRESA

Mensile di management e sistemi tecnologici

ORGANIZZATICA: NUOVI PARADIGMI DELL'IT.

DOV'È L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE?

UN PROGRAMMA DI PREVISIONE DELLE VENDITE

UTILIZZO DI BANCHE DATI E MANUTENZIONE BASATA SULL'AFFIDABILITÀ

COMUNICAZIONE AZIENDALE: IL CASO DEL BILINGUISMO

UNA PIANIFICAZIONE INNOVATIVA DELLA PRODUZIONE

IL GLOBAL SERVICE MANAGEMENT.

ESTE

Este srl
Via G. Vasari, 15 - 20135 Milano
Spedizione
in abbonamento postale
Gruppo III - ISSN 0394-929X

Settembre
Anno XXXVIII

7

Una pianificazione innovativa della produzione

Francesco Da Villa - Alberto De Toni (*)

Gli autori, attraverso la descrizione di quattro casi aziendali, presentano in questo articolo alcuni concetti di pianificazione della produzione, tutti innovativi rispetto ai tradizionali modelli economici.

(*) F. Da Villa Dipartimento di Innovazione Meccanica e Gestionale, Università di Padova; A. De Toni Istituto di Economia ed Organizzazione Aziendale, Università di Udine.

I contenuti di questo articolo sono stati oggetto di una relazione presentata al "International Meeting on Production management", Varenna (Italy) — April 2nd-4th 1992.

1. Introduzione

In questa nota gli autori dopo aver delineato l'evoluzione dei modelli di pianificazione della produzione descrivono alcuni concetti di pianificazione della produzione che risultano innovativi rispetto ai modelli di pianificazione esistenti.
Per presentare l'evoluzione dei sistemi di pianificazione della produzione si farà dapprima riferimento ad un modello di pianificazione che si può definire "canonico". Questo aggettivo sottolinea il fatto che si tratta di un modello di pianificazione ampiamente accettato in letteratura e sulla base del quale sono stati sviluppati, a partire dagli anni '70, molti dei pacchetti software per la pianificazione della produzione. Il contesto produttivo a cui si riferisce il modello canonico è quello tipico delle imprese del settore metalmeccanico che realizzano prodotti di montaggio.
Successivamente saranno descritte le evoluzioni che tale modello canonico ha subito grazie alle potenzialità offerte dalle distinte di pianificazione o "planning bill"; parleremo a tale proposito di "modello canonico evoluto". È opportuno ricordare che con il termine distinte di pianificazione si intende "un gruppo artificiale di codici utilizzato per facilitare e migliorare il processo di pianificazione (da cui il termine planning) che risulta articolato nella classica struttura di una distinta base (da cui il termine bill)" (De Toni, Da Villa, 1990).
Mediante la descrizione di quattro casi aziendali, ciascuno rappresentativo di diverse modalità di risposta al mercato, sarà quindi illustrato come una classe delle distinte di pianificazione, le cosiddette distinte per famiglie o "family bill", sia utilizzata da un ampio spettro di tipologie di imprese con modalità differenti rispetto a quanto esplicitato in letteratura. In particolare sarà evidenziato come le family bill consentano di correlare direttamente il piano di lungo periodo con il piano degli acquisti delle materie prime principali, sempre di lungo periodo. Infine i casi aziendali esposti consentiranno di descrivere ulteriori concetti di pianificazione della produzione che esulano da logiche tradizionali e che risultano innovativi rispetto al "modello canonico evoluto" sopra detto. Questi concetti trovano riscontro nelle modalità di pianificazione e si vanno consolidando nella realtà operativa di varie imprese; tra questi citiamo: la correlazione tra piani di lungo periodo e piani degli acquisti, la definizione di piani di produzione a dettaglio crescente, l'uniformità dei tempi di attraversamento, la discrezionalizzazione dei lead time, la definizione dei piani dei fabbisogni dei materiali derivati dai piani delle operazioni terminali.

2. Il modello canonico della pianificazione della produzione

Per presentare il modello canonico di pianificazione della produzione conviene riferirsi a quanto rappresentato in *fig. 1*. In questa figura vengono distinti tre differenti piani che sono (Berry, Vollmann, Whybark, 1979):
- il Production Plan (PP), che è il cosiddetto Piano Aggregato;
- il Master Production Schedule (MPS), ovvero il Piano Principale di Produzione;
- il Final Assembly Schedule (FAS), cioè il Piano delle Operazioni Terminali.

Il PP di *fig. 1* è il piano di lungo termine che ha come oggetto di pianificazione il dato con la maggiore aggregazione: talvolta si tratta del fatturato aziendale, altre volte vengono usate delle grandezze relative a pochissimi macroaggregati che rappresentano l'insieme

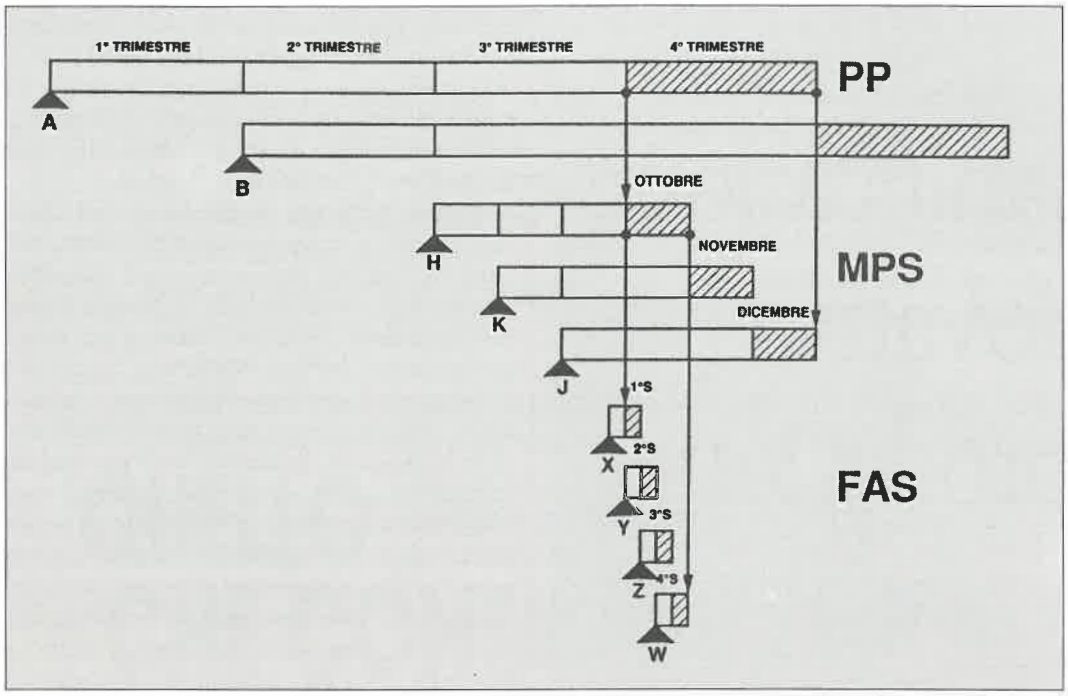


Figura 1 - Relazioni temporali tra PP, MPS, FAS

delle quantità che verranno realizzate nell'arco di tempo considerato dal PP. Queste grandezze sono espresse in lire oppure in quantità fisiche come ad esempio numero di pezzi, tonnellate, ecc.
La base di qualunque elaborazione relativa al PP è rappresentata dalle previsioni commerciali di lungo periodo che hanno per oggetto una misura dell'output aziendale a livello aggregato. In *fig. 1* la cadenza ipotizzata di formulazione delle previsioni e del PP è trimestrale (istanti A e B).
Le decisioni tipiche di un PP comportano un processo di calcolo iterativo per la verifica della compatibilità tra risorse necessarie e disponibili (Rough Cut Capacity Plan). Per il calcolo delle risorse produttive necessarie, il modello canonico della pianificazione della produzione prevede varie metodologie tra cui ricordiamo: overall factors, capacity bills, resource profiles (Vollmann, Berry, Whybark, 1988).
In questa sede riteniamo importante ribadire come le capacity bill non siano, in senso stretto, delle planning bill poiché non prevedono alcun legame del tipo padre-figlio tra codici di livello superiore ed inferiore. Le capacity bill rappresentano semplicemente i fabbisogni di risorse produttive necessarie per realizzare certi macroaggregati.
Per quanto concerne il piano di medio periodo, sono da precisare le seguenti ipotesi che sono sottintese in *fig. 1*:

- l'impostazione dell'MPS avviene mensilmente (vedi istanti H, K, J);
- oggetto dell'MPS sono i sottoassiemi o i prodotti finiti la cui realizzazione è pianificata per i mesi rappresentati con tratteggio (ottobre, novembre e dicembre rispettivamente).

Le quantità di prodotti finiti definite a livello MPS devono rappresentare naturalmente un carico compatibile con la disponibilità di capacità produttiva che è stata pianificata in sede di PP. Per l'impostazione dell'MPS è stato ipotizzato, in *figura 1*, un lead time cumulato dei prodotti finiti pari a tre mesi. Durante questo tempo devono essere realizzate le diverse attività di acquisto/fabbricazione dei componenti e di montaggio dei sottoassiemi.
Le attività ora menzionate che possiamo definire operazioni "di monte" vengono, nel modello canonico, pianificate a partire dall'MPS tramite la procedura MRP che utilizza la BOM (Bill of Material o Distinta Base) dei codici oggetto dell'MPS.
Le operazioni "di valle" o terminali (che, nel modello canonico, riguardano di solito i montaggi) vengono programmate, nel rispetto di quanto pianificato in sede di MPS, tramite il Piano delle Operazioni Terminali o FAS che, in *fig. 1* è ipotizzato settimanale (istanti di decisione X, Y, Z, W). Il FAS, che ha per oggetto i prodotti finiti, viene definito in generale sulla base della conoscenza degli effettivi ordini dei clienti; questi ordini infatti da un lato determinano le configurazioni finali dei prodotti che devono essere consegnati e, dall'altro, tramite la data di consegna prevista, orientano la più opportuna schedulazione nell'ambito del FAS.

3. Il modello canonico evoluto di pianificazione della produzione

L'utilizzazione delle potenzialità offerte dalle planning bill ha consentito di far evolvere in modo significativo il modello canonico della pianificazione brevemente descritto nel paragrafo precedente.
L'evoluzione riguarda due aspetti: la possibilità di correlare piani di lungo e medio periodo e quella di articolare l'MPS su due livelli. Il risultato finale è una più efficace programmazione delle attività produttive. Per chiarezza espositiva i due aspetti verranno trattati separatamente.

3.1.Correlazione tra piani di lungo periodo (PP) e di medio periodo (MPS) tramite family bill

Tramite l'utilizzazione di un particolare tipo di planning bill e cioè le family bill risulta possibile, nel modello canonico evoluto, porre in relazione il PP con l'MPS dal punto di vista della congruenza tra le quantità pianificate sul lungo periodo di macroaggregati (fatturato o famiglie di prodotti) con le quantità pianificate sul medio periodo in termini di prodotti finiti.
La famiglia può essere definita come un gruppo di prodotti finiti le cui similitudini in termini progettuali o produttivi ne facilitano la previsione di vendita e la pianificazione aggregata (APICS Dictionary, 1987).
Le family bill consentono appunto di legare nella tipica relazione padre-figlio le famiglie di prodotti con i prodotti finiti (Gessner,1986).
Le famiglie di prodotto possono a loro volta essere raggruppate, tramite altre family bill, in insiemi superiori come i mercati di vendita od altro, fino ad insistere su un unico codice padre coincidente normalmente con il fatturato d'impresa.
I vantaggi dell'uso delle family bill sono:

- la possibilità di formulare previsioni di vendita su basi aggregate con i noti effetti di maggiore attendibilità, per poi arrivare alla definizione di previsioni di vendita dei singoli prodotti finiti mediante l'uso di coefficienti d'uso anche detti di "popolarità";
- la verifica della congruenza di diverse previsioni di vendita espresse a diversi livelli aziendali in termini di fatturato, famiglie e prodotti finiti; questa verifica di congruenza è ottenibile tramite metodi quali il "pyramid forecasting"; il metodo consente di coordinare le stime formulate mediante processi iterativi di aggregazione e disaggregazione delle previsioni (Newberry, Bhame, 1981);
- la possibilità di aggregare i dati effettivi delle vendite confrontandoli con le previsioni per poter distinguere fenomeni di varianza legati al volume e al mix.

Un uso particolare delle family bill può essere considerato ciò che in letteratura va sotto il nome di super-duper bill o distinta inganno (Vollmann, Berry, Whybark, 1988).
L'inganno consiste nel creare un legame padre-figlio tra un prodotto (definito a domanda trainante) ed un altro (definito a domanda trainata), la cui richiesta è proporzionale a quella del primo. Il coefficiente d'uso padre-figlio rappresenta una stima migliore della domanda rispetto ad una previsione diretta.
Si noti come nel modello canonico di pianificazione non è previsto alcun legame formale in termini di quantità programmate tra PP e MPS. In questo senso le family bill — che consentono una correlazione quantitativa tra piani di lungo e medio periodo — rappresentano un effettivo miglioramento delle modalità di pianificazione.

3.2. MPS a due livelli (MPS0 e MPS1) tramite altre planning bill

L'utilizzo combinato di altri tipi di planning bill, quali ad esempio modular bill, common parts bill, kit bill e super bill, consente di impostare l'MPS su due livelli.
Questa articolazione dell'MPS su due livelli rappresenta una seconda significativa evoluzione del modello canonico di pianificazione della produzione.
La distinta modulare o modular bill è una distinta di pianificazione organizzata in moduli od opzioni alla cui costruzione si giunge mediante un processo di modularizzazione. [1] Gli obiettivi ed il processo di modularizzazione, che consiste nella ristrutturazione delle distinte base dei prodotti finiti, sono ampiamente trattati da Orlicky (1975).
La modular bill, anche nota come option bill (Volkens, 1985), viene utilizzata in aziende dove il prodotto ha molte caratteristiche opzionali come ad esempio nel settore automobilistico.
Il numero elevatissimo di configurazioni finali del prodotto finito impedisce la formulazione di piani di produzione aventi per oggetto i prodotti stessi.

(1) Il tema delle modular bill è uno dei più trattati in letteratura; per altri approfondimenti si vedano Eisenbach (1986), Erhorn (1985), Nelson (1985), Rittenmeyer (1985) e Schwendinger (1986).

Una soluzione al problema è la definizione di piani di produzione in unità corrispondenti ad opzioni o moduli costituiti da insiemi di componenti pianificabili come gruppi.
Le distinte modulari legano quindi le opzioni ai componenti.
Il modulo che raggruppa i componenti comuni, indipendentemente dalla configurazione finale del prodotto, è definito come distinta parti comuni o common parts bill (APICS Dictionary, 1987).
La kit bill è invece una distinta di pianificazione utilizzata tipicamente da aziende i cui prodotti a livello 1 della distinta base presentano un elevato numero di codici di basso valore (dadi, bulloni, fermagli ecc.), impiegati per il montaggio degli assiemi di livello superiore (Orlicky, Plossl, Wight, 1972).
La kit bill, rappresentabile graficamente come un sacco porta oggetti, costituisce più in generale un insieme logico di codici che risulta opportuno pianificare come gruppo, anche se in fase di costruzione del prodotto gli articoli vengono impiegati secondo precise sequenze produttive.
Il codice assegnato al kit diventa così oggetto di pianificazione al pari dei codici assegnati ai moduli ottenuti da un processo di modularizzazione (2).
Le modalità d'utilizzo in pianificazione di modular bill e kit bill sono analoghe. La differenza concettuale tra queste due planning bill risiede nel loro processo di genesi: rispettivamente una modularizzazione ed un raggruppamento di comodo; quest'ultimo può essere definito per contrapposizione "kittizzazione". Ad esempio in un'azienda dove si costruiscono prodotti senza caratteristiche opzionali, può essere conveniente identificare un kit rappresentativo dei codici comuni (common parts bill) e tanti kit quanti i prodotti considerati, ciascuno rappresentativo dei codici specifici di prodotto (voci di produzione o di acquisto). Le logiche di individuazione dei gruppi di comodo o kit per la pianificazione possono ovviamente essere tra loro molto diverse in funzione delle varie realtà aziendali.
In letteratura comunque modular bill e kit bill sono spesso usate con il medesimo significato (Ramalingam, 1983): legame di un codice artificiale (modulo o kit) ad altri codici fisici (componenti).
La super bill infine è definita come "una distinta di pianificazione, collocata al massimo livello nella struttura del prodotto, che lega insieme modular bill e common parts bill" (APICS Dictionary, 1987). I coefficienti di utilizzo dei moduli e parti comuni rappresentano la percentuale prevista di domanda. Le quantità pianificate di super bill generano dei fabbisogni di moduli e parti comuni che possono essere a loro volta oggetto di pianificazione.
In altre parole la super bill rappresenta la struttura del prodotto "medio" di una certa linea di prodotti realizzata in azienda. Ad esempio una autovettura media di una casa automobilistica può essere così costituita: 2,6 porte, 4,3 cilindri, 0,1 condizionatori d'aria ecc.
La super bill individua quindi come componenti tutte le possibili opzioni con cui può essere disponibile un particolare prodotto, indicandone le percentuali medie di domanda. In questo modo la super bill consente di esprimere le previsioni di vendita delle singole opzioni in termini percentuali e definire i volumi complessivi di produzione in termini di unità medie di prodotto. Per l'uso dei coefficienti percentuali la super bill è anche definita come distinta percentuale o percentage bill (Mather, 1982).
La definizione del Piano Principale di Produzione mediante l'uso di planning bill realizza ciò che viene definito un piano principale di produzione a due livelli (two-level Master Production Schedule).
L'MPS di livello 0 (MPS0) e di livello 1 (MPS1) si differenziano dall'MPS canonico in quanto gli oggetti della pianificazione sono codici artificiali anziché fisici: prodotti medi anziché prodotti finiti e/o sottoassiemi nell'MPS0 e moduli e/o kit nell'MPS1.
L'MPS di livello 1 è in generale formulato congruentemente con quello di livello 0 sulla base delle indicazioni che ne derivano, ma può anche seguire logiche proprie; citiamo direttamente dal Dizionario APICS (1987): "l'MPS sulla super bill genera dei fabbisogni di moduli o kit che possono essere a loro volta pianificati".
È possibile in teoria rinunciare alla creazione della super bill e far diventare oggetto di piano principale di produzione direttamente modular o kit bill. Questo realizza ciò che può essere definito un piano principale di produzione ad un livello o single-level Master Production Schedule (Chopra, 1985). Esso ha come oggetti elementi artificiali (moduli o kit) e si differenzia dal corrispondente two-level MPS che è caratterizzato da 2 livelli di pianificazione, ciascuno avente per oggetti codici artificiali (rispettivamente prodotti medi e moduli o kit).
L'MPS a due livelli ha la proprietà di con-

(2) Per un maggior approfondimento sulle modalità applicative della kit bill si veda Smolik (1983) pag. 156-159 e Wight (1984) pag. 65-68.

	Modello canonico	Modello canonico evoluto
Production Plan (PP)	Finalizzato alla verifica di capacità produttiva	Finalizzato anche alla pianificazione dei codici di alto livello (correlazione tra PP e MPS tramite family bill)
Master Production Schedule (MPS)	Su un livello	Su due livelli (MPS0 e MPS1) tramite uso di super, modular e kit bill (Two-Level MPS)
Material Requirement Planning (MRP)	Innescato dall'MPS tramite esplosione di bill of material	Innescato dall'MPS1 tramite esplosione di modular e kit bill

Tabella 1 - Confronto tra modello canonico di pianificazione della produzione e modello canonico evoluto

sentire ai responsabili della pianificazione una più facile modifica dei piani di produzione ed evasione degli ordini clienti, nel rispetto dei vincoli sia di volume produttivo totale che di mix (Valentine, 1985).

3.3 Modello canonico versus modello canonico evoluto

In estrema sintesi, il modello canonico evoluto di pianificazione della produzione sopra descritto consente di:
— correlare le quantità pianificate a livello PP e MPS tramite l'utilizzo di family bill che legano famiglie di prodotti a prodotti finiti o prodotti medi;
— definire l'MPS su due livelli tramite l'uso di super, modular, common parts e kit bill: l'MPS0 sui prodotti medi e l'MPS1 sui moduli o kit.
Queste caratteristiche sono decisamente importanti in quanto qualificano il PP come un piano dei codici di alto livello. Nel modello canonico tradizionale il PP era finalizzato, come sopra accennato, alla sola verifica della capacità produttiva, mentre nel modello evoluto, con l'introduzione delle planning bill, il PP è finalizzato anche alla pianificazione dei codici di alto livello, pianificazione intesa come verifica di congruenza tra quantità programmate sul lungo e sul medio periodo.
Si noti inoltre come nel modello canonico la procedura MRP sia innescata dall'MPS mediante l'esplosione di BOM di prodotti finiti o di sottoassiemi, mentre nel modello canonico evoluto l'MRP è innescato dall'MPS1 tramite l'esplosione di modular bill e kit bill.
Quanto appena detto viene riportato schematicamente nella *tabella 1*.

4. Correlazione tra piani di lungo periodo (PP) e piani degli Acquisti (PA) tramite family bill: i casi aziendali

Nel presente paragrafo verranno presentati alcuni casi aziendali con l'obiettivo di descrivere un utilizzo delle family bill diverso da quanto previsto dal modello canonico evoluto.
Nei casi che andremo a descrivere infatti le family bill non legano le famiglie di prodotto ai prodotti finiti o ai prodotti medi, bensì legano direttamente le famiglie di prodotto alle materie prime caratterizzate da lunghi tempi di approvvigionamento o comunque critiche. L'obiettivo è quello di garantire l'esecuzione dei programmi produttivi nei tempi desiderati.
È importante far notare come, rispetto al modello canonico evoluto, l'uso di family bill collegate direttamente alle materie prime comporti un ulteriore livello di pianificazione rappresentato da un Piano degli Acquisti (PA) sul lungo periodo delle materie prime, autonomo anche se derivato dal PP.
La presenza di un Piano degli Acquisti e la correlazione tra PP e PA (normalmente la correlazione esiste solo tra PP e MPS) rappresentano concetti innovativi rispetto a quanto previsto dal modello canonico evoluto.
Nella descrizione delle modalità applicative di questi due concetti innovativi faremo riferimento a 4 casi aziendali selezionati tra quelli di un più vasto campione che ha formato l'oggetto di una specifica ricerca empirica svolta su questo tema. Le quattro imprese sono rappresentative delle prime tre delle cinque categorie individuate dalla nota classificazione delle imprese rispetto al modo di rispondere alla domanda:
- aziende con prodotti di catalogo costruiti su previsione, dette anche Make To Stock (MTS);
- aziende con prodotti di catalogo assemblati su ordine, dette anche Assemble To Order (ATO);
- aziende con prodotti di catalogo costruiti su ordine, dette anche Make To Order (MTO);
- aziende con prodotti di catalogo costruiti su ordine sulla base di materie prime acquisite su ordine, dette anche Purchase To Order (PTO);
- aziende con prodotti costruiti su commessa, dette anche Engineer To Order (ETO).

L'esclusione di imprese della classi PTO ed

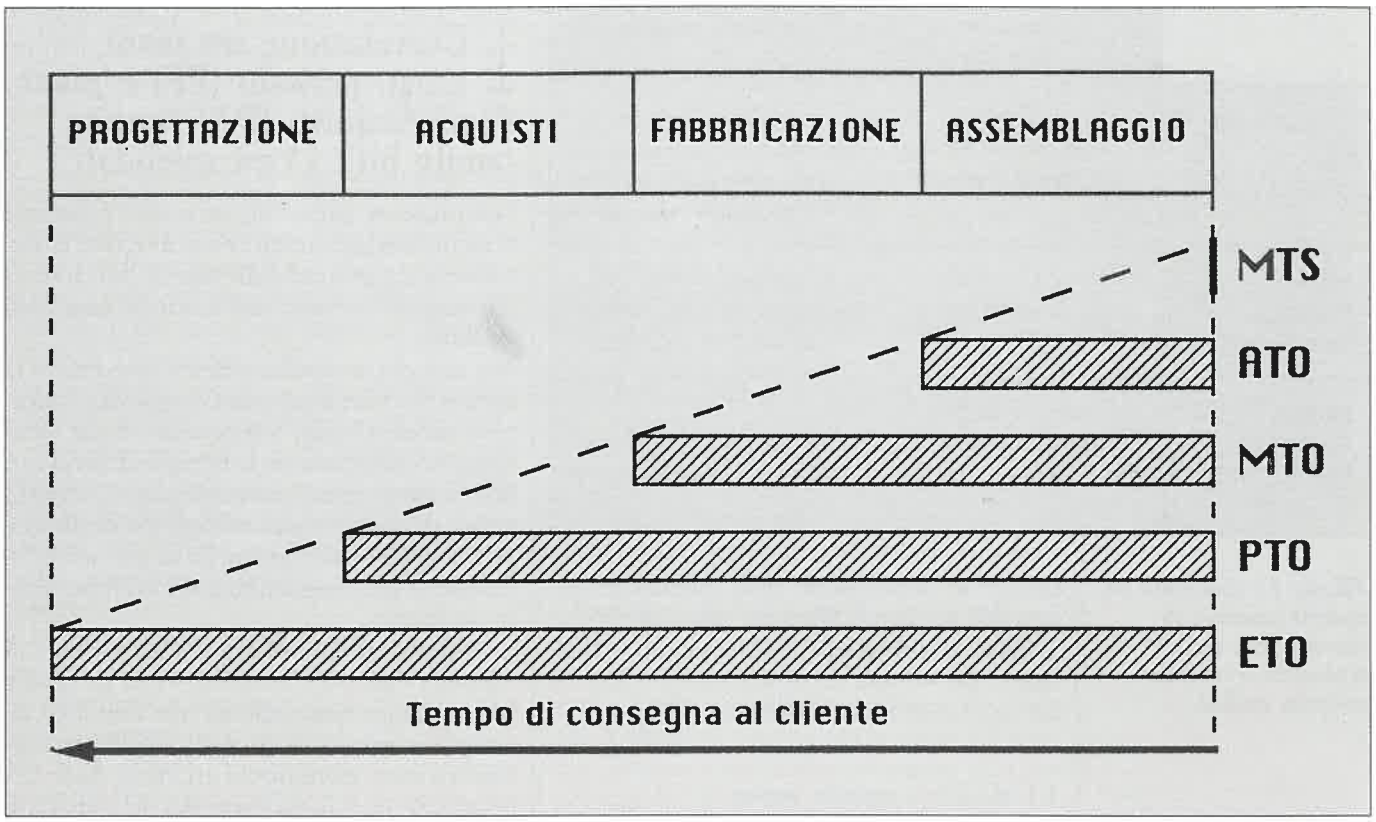


Figura 2 - Classificazione delle aziende rispetto al modo di rispondere alla domanda

ETO si giustifica dal momento che in queste imprese l'approvvigionamento delle materie prime è realizzato dopo l'acquisizione degli ordini del cliente e pertanto l'utilità di impiegare le family bill per acquistare in anticipo le materie prime critiche principali viene meno.
Le relazioni tra i tempi di consegna al cliente ed i tempi di esecuzione delle attività di progettazione, acquisto, fabbricazione ed assemblaggio nelle cinque classi sopra menzionate sono evidenziati in *figura 2*.
Ad esempio, nelle aziende MTS, caratterizzate da un tempo di consegna al cliente pari a zero, tutte le attività operative sono realizzate in base a previsioni delle vendite. All'estremo opposto, le aziende ETO operano completamente a seguito di ordini di clienti, a partire dalla progettazione. Situazioni intermedie caratterizzano le aziende ATO, MTO e PTO. Si noti la diagonale tracciata in figura che separa le attività realizzate a seguito di ordini (sotto la diagonale) da quelle realizzate in base a previsioni.
Le quattro imprese che verranno analizzate qui di seguito appartengono rispettivamente alle categorie MTS, ATO, MTO, MTO/PTO. L'ultima impresa, associabile sia alla classe MTO che ETO, è stata scelta in quanto appartenente alla categoria MTO, ma con caratteristiche diverse rispetto all'impresa MTO selezionata. Ulteriori caratteristiche delle modalità di pianificazione seguite nelle quattro imprese saranno specificate nel paragrafo successivo.

4.1. L'impresa MTS-Minuterie metalliche

L'azienda opera in un mercato molto polverizzato — costituito dai negozi di ferramenta — tramite un catalogo comprendente alcune migliaia di codici. Per l'azienda è critico il problema della affidabilità delle previsioni commerciali che stanno alla base dell'impostazione dei piani produttivi. L'uso delle planning bill è stato introdotto proprio per superare questo tipo di criticità in un ambiente di pianificazione che ben si adatta al modello rappresentato in *fig. 1*.
Il processo di pianificazione prevedeva, in precedenza, che i responsabili commerciali predisponessero — con cadenza annuale (attorno ai mesi di settembre/ottobre, in sede di budget) e con una proiezione estesa a tutto l'anno successivo — le previsioni di vendita mese per mese e codice per codice (che, come detto più sopra, erano alcune migliaia).
Si deve sottolineare il fatto che, data la struttura delle previsioni commerciali testé descritta (che comprendeva una revisione verso metà anno: mese di maggio/giugno) gli oggetti del PP (Piano Aggregato di Produzione — Piano di Lungo Termine) e quelli del MPS (Piano Principale di Produzione —

Piano di Medio Termine) coincidevano tra loro e con quelli del FAS (Piano delle Operazioni Terminali — Piano di Breve Termine).
Dati i problemi di pianificazione della produzione che erano generati dalla scarsa attendibilità di questo tipo di previsioni, sono stati avviati studi per verificare la convenienza dell'uso delle planning bill.
Da tale studio sono emerse le conclusioni di seguito riportate:
• È risultato opportuno dedicare risorse alla costruzione delle family bill "insistenti" sulle materie prime principali. Si è quindi stabilito che le previsioni commerciali necessarie per il PP debbano riguardare il fatturato relativo ad alcune famiglie di prodotti e non le quantità di singoli codici di prodotto finito. Si è inoltre stabilito che tali previsioni debbano essere sviluppate con cadenza trimestrale, con una proiezione in avanti di quattro trimestri e con contenuti previsionali relativi a trimestri e non a mesi. Risulta evidente l'entità della semplificazione del processo previsionale di lungo termine, oltre che quella del miglioramento della attendibilità delle previsioni che stanno alla base degli acquisti delle materie prime principali (acciaio).
• Si è concluso che l'idea di costruire delle super bill per l'impostazione dell'MPS è da abbandonare dato che i componenti comuni (certi particolari in plastica) o non esistono o rappresentano solo una piccola o piccolissima frazione del costo totale del prodotto (si tratta di prodotti ottenuti con macchine automatiche ad alta velocità; si è nel caso, infatti, di un'azienda in cui sono praticamente assenti le operazioni di montaggio).

4.2. L'impresa ATO-Materiale elettrico

Anche questa azienda opera in un mercato molto polverizzato costituito da negozi di materiale elettrico. Il catalogo prodotti comprende migliaia di codici. L'impresa costruisce, tra l'altro, apparecchiature di comando tipo interruttori domestici e di segnalazione per edifici civili.
Le modalità di formulazione delle previsioni di vendita e dei piani produttivi erano nella sostanza simili a quelle dell'impresa descritta precedentemente prima dell'introduzione delle planning bill. Le criticità delle previsioni commerciali hanno spinto anche in questo caso a verificare l'applicabilità di questi strumenti.
Lo studio ha portato alle seguenti decisioni:
• costruzione di family bill che legano il PP al PA delle materie prime principali (rame);
• costruzione di super bill da utilizzare in sede di impostazione dell'MPS; i prodotti di questa azienda, infatti, comportano una serie di operazioni di montaggio riguardanti componenti che presentano comunanze; si tratta di componenti che sono presenti nella distinta base di vari codici di prodotto finito; i prodotti medi diventano l'oggetto dell'MPS0 da cui si fa derivare l'MPS1 relativo ai cosiddetti kit mediante super bill.

4.3. L'impresa MTO-Tessile e l'impresa MTO/PTO-Abbigliamento

L'uso delle planning bill in queste aziende è stato introdotto per migliorare il processo di pianificazione che è caratterizzato dall'assenza di un MPS e dalla presenza di FAS aventi segmenti temporali di pianificazione molto maggiori di quelli rappresentati nel modello di *fig. 1*. L'assenza dell'MPS è giustificata dal fatto che non vengono impostati normali piani di medio periodo basati su previsioni di vendita di singoli codici di prodotto finito; il controllo di tutto il processo, a valle degli acquisti, avviene tramite FAS.
Si tratta, in sostanza di un modello di pianificazione la cui struttura ed i tempi in gioco differiscono sostanzialmente da quelli presentati nel modello canonico di *fig. 1*.
Le planning bill che vengono utilizzate sono le family bill "insistenti" sulle materie prime principali. Il loro uso consente, con una cadenza pressoché semestrale, di impostare il relativo Piano degli Acquisti (lane grezze nell'azienda tessile e tessuti nell'azienda di abbigliamento) a partire dal PP del semestre oggetto di pianificazione (semestre della stagione primavera/estate e semestre della stagione autunno/inverno).

5. Un quadro sinottico dell'uso delle planning bill nelle imprese esaminate

In *fig. 3* viene riprodotto un quadro che fornisce una visione d'insieme dell'uso di vari tipi di planning bill nelle quattro aziende che sono state esaminate. Il quadro di *fig. 3* è organizzato secondo la già precisata struttura gerarchica della pianificazione (lungo, medio, breve termine; PP, MPS0, MPS1, FAS). A questi quattro piani sono stati aggiunti altri due piani che sono:

Piani \ Imprese	MTS-Minuterie metalliche	ATO-Materiale elettrico	MTO-Tessile	MTO/PTO-Abbigliamento
PP	Fatturato periodico per famiglia	Fatturato periodico per famiglia	Fatturato periodico	Fatturato periodico per famiglia
	Family Bill insistenti sulle materie prime principali			
PA	Acciaio	Rame	Lana	Tessuto
MPS (MPS 0, MPS 1)	Prodotti finiti	Prodotti medi Super bill Kit		
	Bill of material	Kit bill		
MRP	Codici di acquisto e produzione (da MPS)	Codici di acquisto e produzione (da MPS1)		Codici di acquisto e produzione (da FAS)
				Bill of material
FAS	Prodotti finiti (sul breve periodo e su previsione)	Prodotti finiti (sul breve periodo e su ordine)	Prodotti finiti a dettaglio crescente (sul lungo periodo e su previsione/ordine)	Prodotti finiti (sul lungo periodo e su ordine)

Figura 3 - Quadro sinottico delle applicazioni delle planning bill nei casi considerati

• il Piano degli Acquisti (PA) relativo alle materie prime principali;
• il Piano del Fabbisogno dei Materiali (indicato con il ben noto acronimo MRP).

Ciascuna casella del quadro di *fig. 3* contiene l'oggetto della pianificazione corrispondente.

Come indicato in *fig. 3*, l'oggetto della pianificazione di lungo termine è il fatturato suddiviso per famiglie di prodotti in tre aziende su quattro. L'impresa MTO-Tessile ha, viceversa, ritenuto opportuno riferirsi ad un unico dato cioè al fatturato del semestre oggetto di pianificazione. Da un punto di vista temporale, si tratta, come già detto, di fatturati trimestrali nel caso delle prime due aziende e semestrali per le altre due.

A partire dal PP, così come è stato or ora specificato, in ciascuna delle aziende considerate è stata predisposta una procedura che comporta l'uso delle family bill "insistenti" sulle materie prime principali. Si tratta di strutture che legano, con la logica del legame padre-figlio, la domanda trainante (costituita dal fatturato per famiglia) con la domanda trainata di materie prime principali la cui richiesta è proporzionale a quella trainante.

L'utilizzazione di questo tipo di planning bill consente di far derivare dal PP il Piano degli Acquisti delle materie prime principali che sono, come indicato in *fig. 3*, l'acciaio, il rame, la lana e il tessuto.

Si noti che dal PP al PA non si arriva tramite una derivazione automatica, visto che il PA viene definito in via autonoma anche alla luce di specifiche strategie d'acquisto.

Il piano principale di produzione, cioè l'MPS nella sua formulazione classica, è presente nel quadro di *fig. 3* solo con riferimento alla impresa MTS-Minuterie metalliche. Nel caso di quest'azienda, a partire dal MPS, vengono emessi in modo automatico via MRP gli ordini di acquisto e di produzione (relativi questi ultimi alle lavorazioni "di testa").

Nel caso dell'impresa ATO-Materiale elettrico il piano principale di produzione viene impostato con la logica del "two-level MPS" che comporta la presenza di un MPS0 relativo ai cosiddetti "prodotti medi" e di un MPS1 relativo ai kit figli dei prodotti medi tramite le super bill. S'è già detto infatti che in quest'azienda la forte presenza di comunanze della componentistica ha consentito la costruzione dei legami logici tra prodotti medi e kit. La procedura MRP risulta attivata tramite kit bill anziché tramite le classiche BOM.

Per quanto riguarda le ultime due imprese - quella MTO-Tessile e quella MTO/PTO - Abbigliamento nel quadro di *fig. 3* viene evidenziato il fatto che non vengono definiti piani di medio periodo basati su previ-

sioni di vendita di singoli codici di prodotto finito - le caselle relative al piano principale di produzione (MPS) sono infatti barrate - mentre il controllo di tutto il processo, a valle degli acquisti, avviene tramite FAS a partire da ordini di clienti (impresa MTO/PTO-Abbigliamento), oppure a partire da una miscela di previsioni e di ordini (impresa MTO-Tessile), come sarà precisato poco più avanti.
Per quanto concerne il Piano delle Operazioni Terminali (FAS), sia nell'impresa MTS-Minuterie metalliche che in quella ATO-Materiale elettrico è presente una logica di pianificazione riconducibile al modello di *fig. 1*.
Si tratta, infatti, in entrambi i casi di un piano di breve termine esteso a qualche settimana. Esiste invece una differenza tra le due aziende per quanto concerne la base su cui viene impostato il FAS. Nell'impresa MTS-Minuterie metalliche il FAS viene definito in termini di bilanciamento tra previsioni di vendita di breve periodo ed entità delle giacenze di prodotti finiti disponibili per la consegna ai clienti in corrispondenza dell'istante di definizione del FAS. Invece nell'impresa ATO-Materiale elettrico il FAS viene impostato strettamente sulla base degli ordini dei clienti che definiscono la desiderata configurazione dei prodotti finiti.
Nelle altre due imprese il FAS viene definito in funzione, da un lato, della materia prima principale resa disponibile tramite il già descritto Piano degli Acquisti, e, dall'altro, in funzione degli ordini dei clienti. Si tratta di FAS definiti sul "medio termine" in quanto il lead time totale di costruzione dei prodotti si sviluppa, per entrambe le aziende, nell'arco di 6 — 8 settimane. Il FAS, quindi riguarda segmenti temporali di pianificazione maggiori rispetto ai lead time che sono in gioco nei modelli canonici. È questo il motivo per cui, nel quadro di *fig. 3*, si parla di FAS sul medio termine sia per l'impresa MTO-Tessile che per quella di MTO/PTO-Abbigliamento.
Nel caso di quest'ultima impresa - dove il taglio del tessuto (che definisce in modo completo il prodotto che alla fine sarà ottenuto) è la prima delle operazioni del ciclo di fabbricazione dei prodotti - il FAS viene definito avendo un riferimento stretto con gli ordini effettivamente acquisiti.
Viceversa, nel caso dell'azienda tessile, il FAS viene definito con la logica del "dettaglio crescente". In questo caso infatti si è in presenza di un flusso continuo che parte dalle lavorazioni di testa le quali consumano la materia prima principale che sono comuni a molti (e/o a tutti i) differenti prodotti finiti. Il flusso quindi viene pilotato (o deviato) in funzione, da un lato, delle quantità rese disponibili dalle lavorazioni di testa e, dall'altro, in funzione degli ordini dei clienti che via via vengono acquisiti. Per questo motivo, nel quadro di *fig. 3*, si parla, in corrispondenza del FAS dell'azienda tessile, di oggetti "a dettaglio crescente".
Per completare il commento del quadro di *fig. 3* rimane ancora da precisare che, nel caso dell'impresa MTO/PTO - Abbigliamento, l'acquisizione dei tessuti avviene nel rispetto del già descritto Piano degli Acquisti solo per quanto riguarda una certa porzione delle quantità da acquistare (si tratta delle quantità che utilizzando il gergo delle aziende di questo settore vengono acquistate "al buio" cioè su previsione).
La rimanente parte dei tessuti viene acquistata una volta acquisiti gli ordini dalla clientela. Per questa seconda parte degli acquisti relativi ai tessuti, nonché per gli acquisti dei materiali accessori (fodere, cerniere lampo, bottoni ecc.), viene utilizzata la procedura MRP a partire da quanto pianificato in sede di FAS (di medio termine).

6. Concetti di pianificazione innovativi rispetto al modello canonico evoluto

Nei due paragrafi precedenti si sono descritte le modalità applicative delle distinte di pianificazione nei quattro casi aziendali esaminati con l'obiettivo dichiarato di evidenziare l'utilizzo innovativo delle family bill rispetto al modello canonico evoluto.
In questo paragrafo, oltre a tale concetto, verranno ripresi e generalizzati altri concetti di pianificazione della produzione innovativi rispetto al modello canonico evoluto ed emersi durante l'indagine empirica.
I concetti innovativi che andremo a descrivere in relazione al modello canonico evoluto sono stati anticipati schematicamente in *tabella 2*.

6.1. Correlazione tra piani di lungo periodo (PP) e piani degli Acquisti (PA) tramite family bill che insistono sulle materie prime principali

In tutte e quattro le aziende considerate è stata verificata la presenza di family bill che insistono sulle materie prime principali an-

ziché sui prodotti finiti o medi.
Questo tipo di family bill correlano il PP definito in termini di fatturato per famiglia con il Piano degli Acquisti di materie prime particolarmente critiche e/o strategiche.
L'uso di family bill che legano le famiglie direttamente alle materie prime significa dal punto di vista concettuale due fatti innovativi rispetto al modello canonico evoluto: un ulteriore livello di pianificazione costituito dal Piano degli Acquisti e la sua correlazione al PP.
Inoltre, in due casi su quattro (impresa MTS-Minuterie metalliche e MTO/PTO-Abbigliamento), è stato verificato come le family bill supportino oltre al processo di pianificazione dei materiali, tipico di tutte le planning bill, anche il processo di pianificazione della capacità produttiva essendo utilizzate come capacity bill. Le family bill supportano in generale il processo di pianificazione della capacità produttiva secondo le seguenti modalità: ai prodotti finiti o medi sono associati i cosiddetti "cicli rappresentativi" che indicano i fabbisogni di risorse produttive (ore manodopera, ore macchina, carico dei subfornitori, metri quadri di superficie occupata, impegno finanziario ecc) necessari per ottenere un prodotto finito o medio.
Il ciclo rappresentativo viene utilizzato nella pianificazione aggregata dei fabbisogni di capacità, anche nota come Rough Cut Capacity Plan (RCCP), per stimare la fattibilità o meno dei piani di lungo periodo, mediante il confronto tra fabbisogni e disponibilità.
Le family bill legando il fatturato alle famiglie e quindi le famiglie ai prodotti finiti o medi, consentono la disaggregazione del PP nell'MPS naturale input della RCCP.
Nei due casi citati invece i cicli rappresentativi sono definiti direttamente per le famiglie consentendo la pianificazione di massima del fabbisogno di capacità produttiva dei laboratori esterni direttamente a livello del PP senza alcuna disaggregazione nell'MPS.

6.2. Piani a dettaglio crescente, uniformità dei tempi di attraversamento e discrezionalizzazione dei lead time

Nel caso dell'impresa MTO-Tessile è stata rilevata l'applicazione del cosiddetto "FAS a dettaglio crescente".
Al concetto di FAS a dettaglio crescente è associato un altro concetto innovativo: l'uniformità dei tempi di attraversamento.

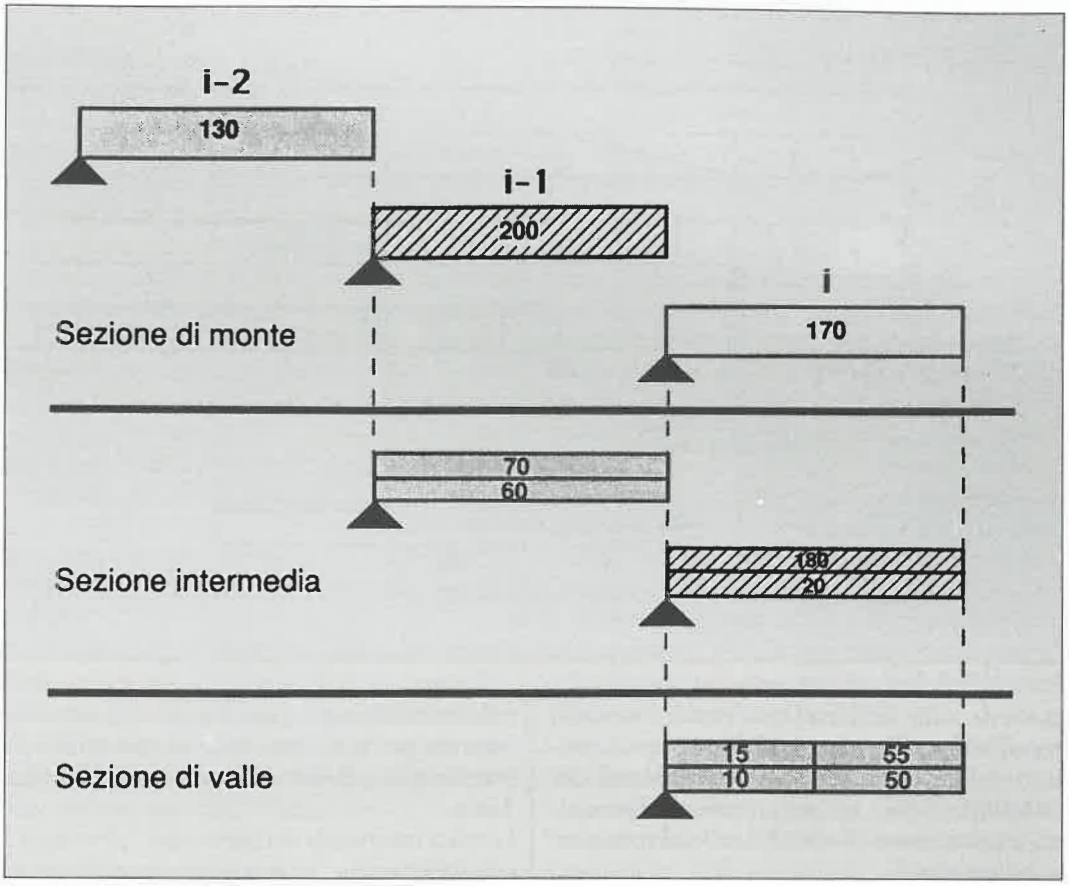
	Modello canonico evoluto	Concetti di pianificazione innovativi
Piano degli Acquisti (PA)	Non presente	Presente
Production Plan (PP)	Correlato all' MPSI tramite family bill che legano le famiglie ai prodotti medi	Correlato al PA tramite family bill che legano le famiglie alle materie prime principali
Oggetto dei piani (MPS e FAS)	Oggetti definiti (Prodotti Finiti o Sottoassiemi)	Oggetti a dettaglio crescente
Tempi di attraversamento	Non uniformati	Uniformati
Lead time	Non discrezionalizzati	Discrezionalizzati
Orizzonte del FAS	Breve periodo	Medio periodo
MRP	Innescato dall'MPSI	Innescato dal FAS

Tabella 2 - Concetti di pianificazione innovativi rispetto al modello canonico evoluto

Infatti l'applicazione del concetto di FAS a dettaglio crescente presuppone di riferirsi a sezioni del processo produttivo (ad esempio sezioni di monte, intermedia e di valle) e a corrispondenti archi temporali prefissati in modo rigoroso.
È infatti necessario pianificare contemporaneamente per il periodo i-esimo (*cfr. fig. 4*):
- l'output relativamente alla sezione di monte del processo produttivo;
- le attività della sezione intermedia suddividendo l'output globale ottenuto dalla sezione di monte nel periodo (i-1)-esimo tra le differenti possibilità di prodotti intermedi;
- le attività della sezione di valle, suddividendo l'output ottenuto dalla sezione intermedia nel periodo (i-1)-esimo (in termini di prodotti intermedi) che deriva dall'output ottenuto dalla sezione di monte nel periodo (i-2)-esimo.

Come è possibile notare da *fig. 4* anche graficamente, con riferimento al medesimo intervallo temporale i-esimo, i piani per le diverse sezioni vengono definiti relativamente ad oggetti con grado di dettaglio crescente da cui il termine FAS a "dettaglio crescente".
Le condizioni affinché possa funzionare un siffatto sistema di pianificazione della produzione sono:
- prevedere dei "check-point" in corrispondenza dei passaggi dalla sezione di monte a quella intermedia e da questa a quella di valle; questi check-point consentono la verifica della effettiva realizzazione di quanto pianificato;
- riferirsi a periodi di pianificazione rigoro-

Figura 4 - FAS a dettaglio crescente e uniformità dei lead time



samente costanti ed uguali per ciascuna sezione; si tratta, in pratica di "uniformare" i tempi di attraversamento delle diverse sezioni collocando in modo appropriato i "check-point" nel rispetto dei contesto tecnologico ed eventualmente assegnando alle varie sezioni eventuali allungamenti dei loro tempi di attraversamento naturali allo scopo, appunto, di potersi riferire a periodi di pianificazione costanti e uguali per ciascuna sezione.

In *fig. 4* i check-point che individuano le sezioni di monte, intermedia e di valle sono stati posti in modo tale che i tempi di attraversamento delle tre sezioni siano uniformati e pari ad un periodo.

Il concetto del FAS a dettaglio crescente è della medesima natura di quello di MPS a dettaglio crescente. Con riferimento ad un medesimo intervallo temporale, la formulazione dell'MPS avviene in tempi successivi con grado di dettaglio crescente, come descritto ad esempio da Shingo (1982) nel caso della Toyota. L'obiettivo è rendere il piano di produzione il più possibile flessibile ritardando al massimo le decisioni che definiscono le configurazioni finali dei prodotti. Il piano rappresenta quindi uno schema flessibile in base al quale si decide l'approvvigionamento dei materiali e la produzione di componentistica.

Anche in questo caso al concetto di MPS a dettaglio crescente è associato un altro concetto innovativo: la "discrezionalizzazione dei lead time" (De Toni, Panizzolo, 1991; forthcoming), lead time intesi come tempi di approvvigionamento di codici di acquisto e tempi di produzione dei codici di realizzazione interna.

I lead time dei codici che devono essere utilizzati in corrispondenza del periodo oggetto di piano sono posti pari a multipli del periodo di pianificazione; si può parlare in questo caso di un processo di discrezionalizzazione dei lead time.

Il concetto appena esposto è esemplificato in *fig. 5*, che presuppone la realizzazione di prodotti con lead time cumulato pari a quattro periodi; con riferimento all'intervallo temporale i+3:

- nell'istante A viene definito il numero di prodotti finiti da produrre nel periodo i+3; in base a queste decisioni vengono emessi gli ordini di acquisto e produzione di codici con lead time pari a 3 periodi;
- nell'istante B vengono definiti i modelli e le rispettive quantità da produrre nel periodo i+3; in base a queste decisioni vengono emessi gli ordini di acquisto e produ-

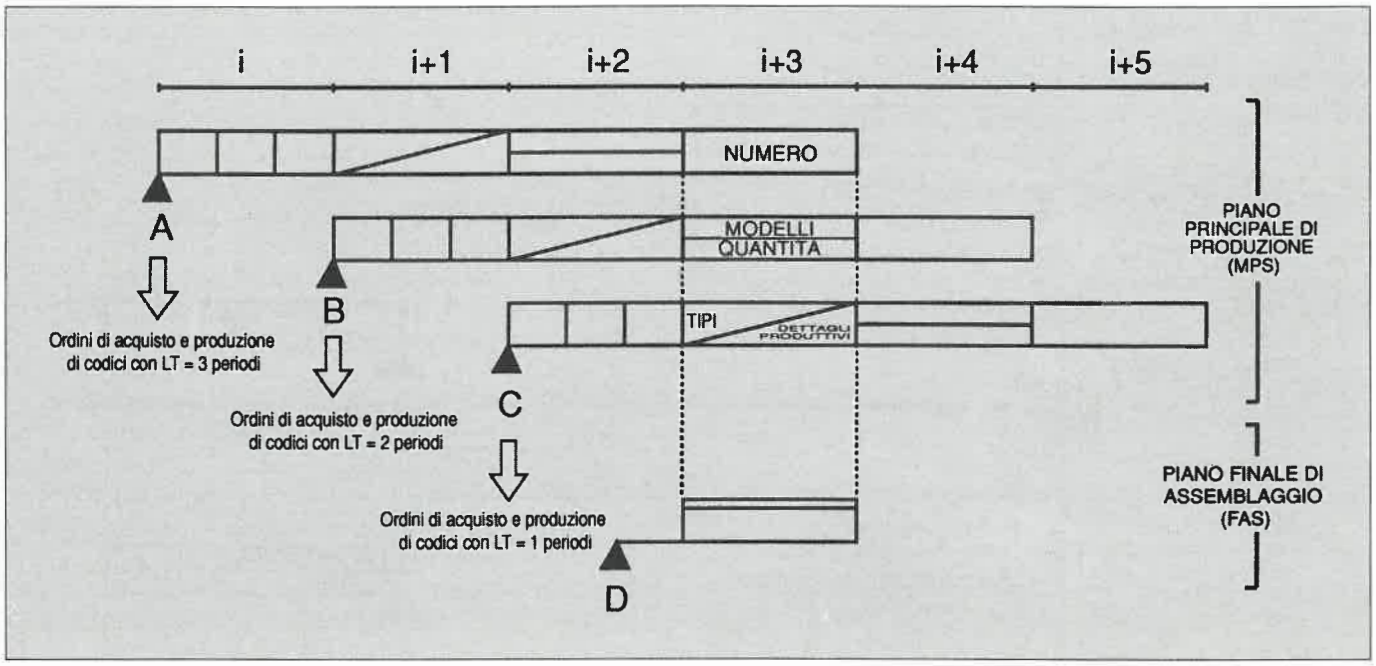


Figura 5 - MPS a dettaglio crescente e discrezionalizzazione dei lead time

zione di codici con lead time pari a 2 periodi;
• nell'istante C vengono definiti i tipi di prodotti ed altri dettagli produttivi; da tali decisioni derivano gli ordini emessi di acquisto e produzione di codici con lead time pari a 1 periodo.
Nell'istante D (a metà del periodo i+2) viene quindi definito il FAS in termini di configurazioni finali dei prodotti. Piani a dettaglio crescente (sia MPS che FAS), tempi di attraversamento uniformati e discrezionalizzazione dei lead time sono concetti assenti nei modelli canonici di pianificazione della produzione.

6.3. FAS di medio periodo che innesca l'MRP

Con riferimento alle imprese MTO-Tessile e MTO/PTO-Abbigliamento è stato precedentemente illustrato come vengano formulati dei FAS di medio anziché di breve periodo. La differenza rispetto ai modelli canonici dal punto di vista dell'orizzonte temporale si spiega considerando che non esistono piani di medio periodo. Il FAS guida tutta la produzione e, nel caso dell'impresa MTO/PTO-Abbigliamento, innesca la stessa procedura MRP. Un FAS di medio periodo che innesca l'MRP rappresenta un ulteriore fatto innovativo rispetto ai modelli canonici. Nel caso specifico MTO/PTO-Abbigliamento si è rilevata la presenza di BOM piatte o monolivello con conseguente degrado dell'MRP a semplice calcolo dei fabbisogni.
La riduzione dell'MRP ad un semplice calcolo dei fabbisogni è sempre più diffuso nelle imprese per la ricerca sempre più spinta di produzioni a flusso nello spirito del Just In Time.
I codici intermedi vengono resi "phantom" e i piani produttivi si trasformano automaticamente in ordini di acquisto di materie prime. In sostanza siamo lontani da un uso canonico della procedura MRP con distinte multilivello, calcolo datato dei fabbisogni lordi, nettificazione, emissione di ordini con diverse politiche d'ordine per tutti i codici dei vari livelli della distinta.
In contesti JIT inoltre la scarico dei materiali da magazzino non avviene mediante liste di prelievo, ma automaticamente in "backflashing" al momento del versamento dei prodotti finali. Però nel caso MTO/PTO-Abbigliamento e in generale nei casi di FAS di medio periodo con innesco dell'MRP, il backflashing non risulta praticabile in quanto l'intervallo di tempo tra l'effettivo prelievo fisico e la registrazione contabile è troppo ampio.

7. Conclusioni

Nel presente lavoro gli autori hanno dapprima presentato il modello canonico di pianificazione della produzione.
Si è fatto quindi riferimento alle evoluzioni del modello canonico realizzate a seguito dello sfruttamento delle potenzialità offerte dalle planning bill. Si è descritto il cosiddetto "modello canonico evoluto" evidenziando i seguenti aspetti:

• la correlazione tra PP e MPS tramite family bill;
• l'articolazione su due livelli dell'MPS e la correlazione tra MPS0 e MPS1 grazie a super, modular, common parts e kit bill;
• l'esplosione dell'MRP a partire da modular, common parts e kit bill.

Sono stati successivamente presentati quattro casi di aziende, appartenenti a differenti categorie dello spettro rappresentativo delle diverse modalità di risposta al mercato. La rilevazione empirica delle modalità di pianificazione ha consentito di formalizzare alcuni concetti di pianificazione della produzione innovativi rispetto ai modelli canonici presentati:
• correlazione tra piani di lungo periodo e piani degli acquisti tramite l'uso di family bill che insistono sulle materie prime principali;
• formulazione di piani di produzione a dettaglio crescente con tempi di attraversamento uniformati e lead time discrezionalizzati;
• definizione di piani delle operazioni terminali di medio anziché di breve periodo con attivazione dell'MRP;

In conclusione l'apporto che gli autori hanno inteso fornire con questa nota è stato quello di dare formalizzazione al processo di evoluzione dei modelli di pianificazione della produzione evidenziando il ruolo assunto dalle planning bill in tale processo evolutivo.

Riferimenti bibliografici

APICS, *Dictionary*, prepared by T.F. Wallace, J.R. Dougherty, Sixth Edition, 1987.

Berry W.L., T.E. Vollmann, D.C. Whybark, *Master Production Scheduling: Principles and Practice*, APICS, 1979.

Chopra V., "Multilevel Master Scheduling: a tool for planning excellence", APICS, *28th Annual International Conference Proceedings*, Toronto, October 21-25, 1985.

De Toni A., Da Villa F., "Contesti applicativi delle distinte di pianificazione: risultati di una ricerca", *Logistica Management*, n. 12, Dicembre 1990.

De Toni A., Panizzolo R., "Operation Management Techniques in Intermittent and Repetitive Manufacturing: a Conceptual Framework", *International Journal of Operations & Production Management* (forthcoming).

De Toni A., Panizzolo R., "Sistemi di gestione della produzione ripetitiva", *Logistica management*, n. 20/21, Agosto/Settembre 1991.

Eisenbach R., "BOM structuring to plan for refurbished service parts", APICS, *Fall Seminar Proceedings*, 1986.

Erhon C.R., "Multiple configuration bills of material", APICS, *28th Annual International Conference Proceedings*, Toronto, October 21-25, 1985.

Gessner R.A., *Master Production Schedule Planning*, John Wiley & Sons, Inc., 1986.

Mather H., *Bills of Materials, Recipes and Formulation*, Wright Publishing Company, 1982.

Nelson M., "The master production schedule: tool or weapon", APICS, *28th Annual International Conference Proceedings*, Toronto, October 21-25, 1985.

Newberry T.L., C.D. Bhame, "How management should use and interact with sales forecasts", *Inventories and Production Magazine*, July-August, 1981.

Orlicky J., *Material Requirements Planning*, McGraw-Hill, New York, 1975.

Orlicky J., Plossl G.W., O.W. Wight, "Structuring the bill of material for MRP", *Production and Inventory Management*, Volume 13, No.4, Fourth Quarter, 1972.

Ramalingam P., "Bill of material: a valuable management tool", *Industrial Management*, Volume 25, No. 1, January/February, 1983.

Rittenmeyer J.F., "Modular bills: now is the time", *Manufacturing Systems*, Volume 3, No. 10, October, 1985.

Schwendinger J.R., "Modular planning bills: they explode to the bottom line", APICS, *Material Requirements Planning Reprints*, 1986.

Shingo S., *Study of Toyota Production System From Industrial Engineering Viewpoint*, Japan Management Association, 1982.

Smolik D.P., *Material requirements of manufacturing*, Van Nostrand Reinhold Company, 1983.

Valentine I. A., "Using planning bills of material: a case study", *First World Congress of Production and Inventory Control*, Vienna, May 27-29, 1985.

Volkens B., "Planning bills for master production scheduling", APICS, *28th Annual International Conference Proceedings, Toronto*, October 21-25, 1985.

Vollmann T.E., W.L. Berry, D.C. Whybark, *Manufacturing planning and Control System, Irwin*, Second Edition, 1988.

Wight W., *Production and inventory management in the computer age*, Van Nostrand Reinhold Company, 1984.