LOGISTICA Management

EDIZIONI RITMAN

30

IL SERVIZIO ▪ L'APPROVVIGIONAMENTO ▪ LA PRODUZIONE ▪ LA DISTRIBUZIONE

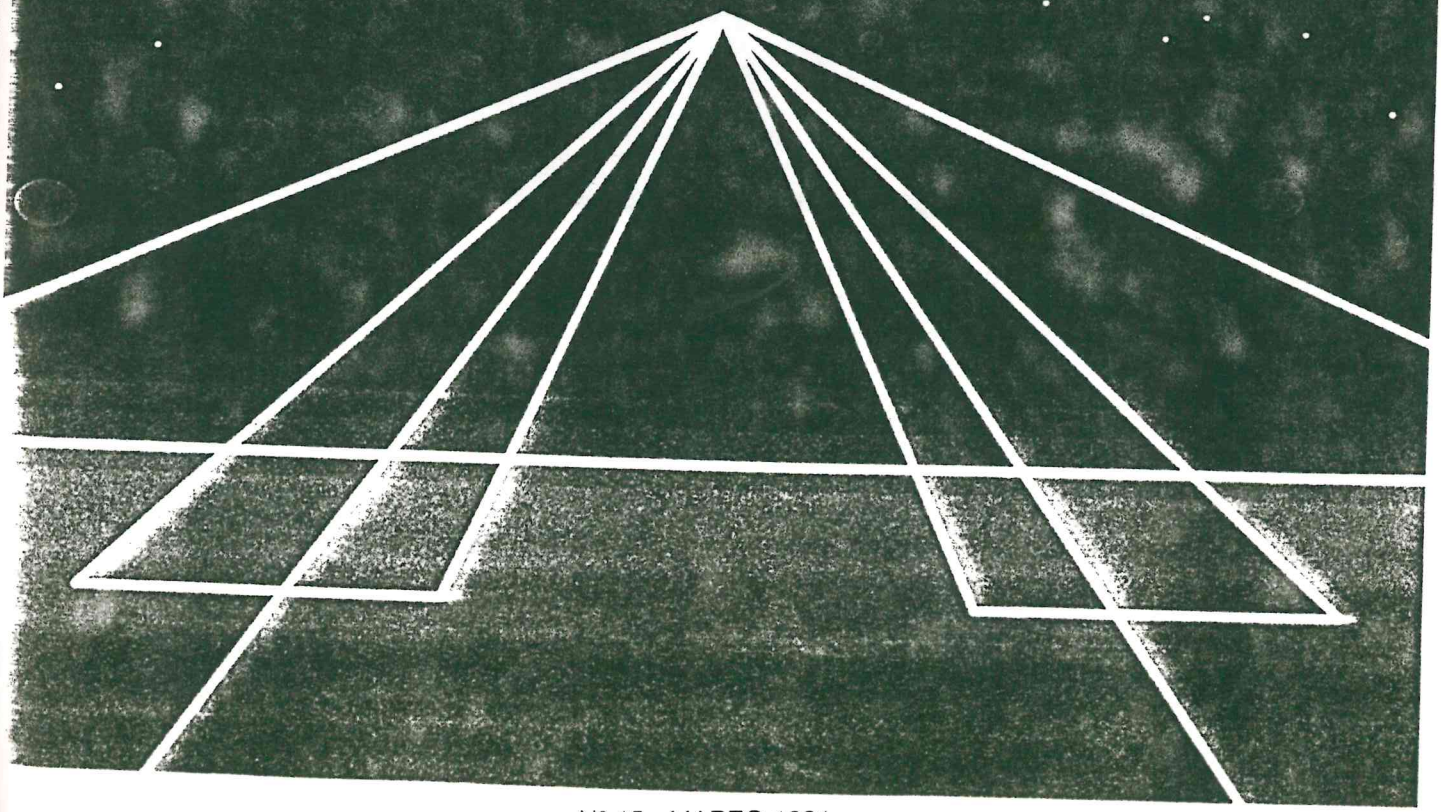
LOGISTICA E STRATEGIA '92

TRASFORMAZIONI ECONOMICHE IN EUROPA

PARTNERSHIP LOGISTICA TRA INDUSTRIA E DISTRIBUZIONE

BASTA CON IL RITUALE DEI MODELLI?

UN MODELLO DI SIMULAZIONE DEGLI ORARI DI LAVORO

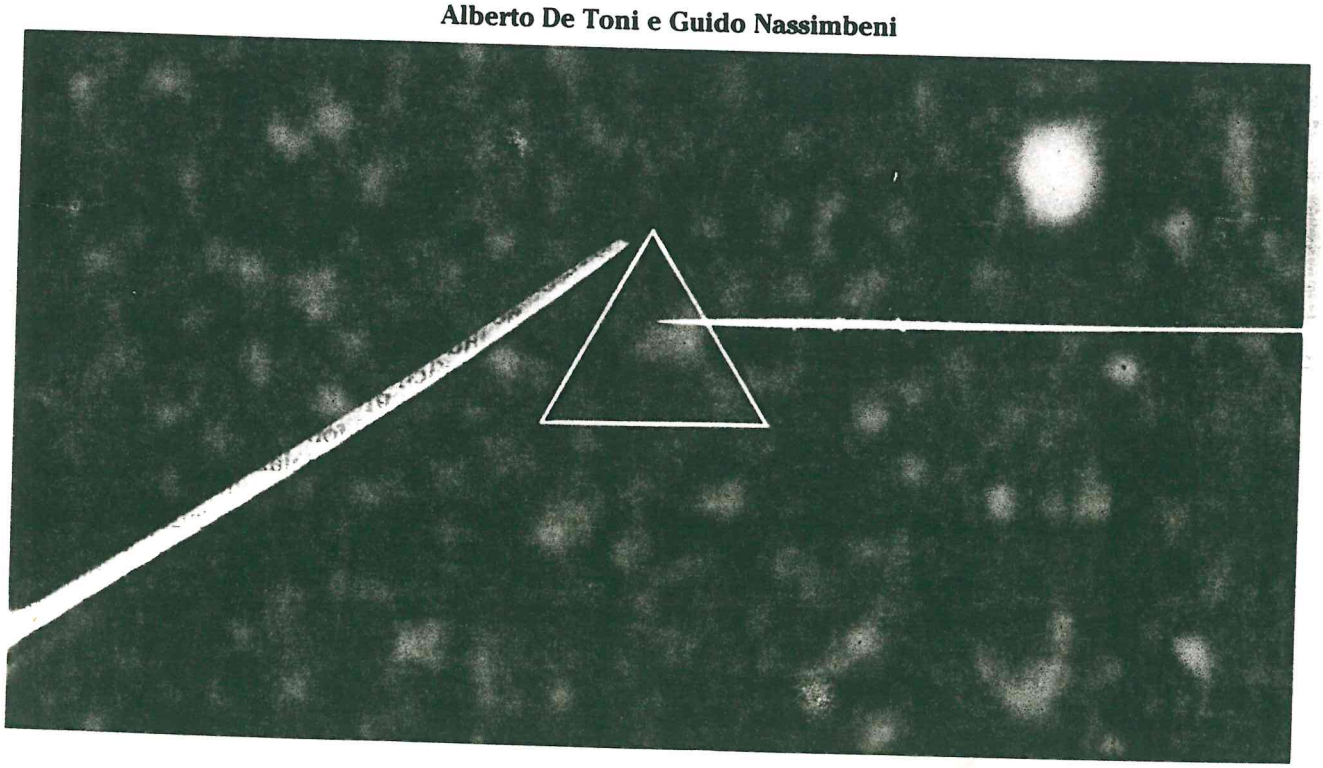


N° 15 - MARZO 1991

Sistemi di controllo degli avanzamenti di produzione

Gli autori presentano una struttura articolata su varie attività che costituisce un riferimento generalizzato per i sistemi di Shop Floor Control.

Alberto De Toni e Guido Nassimbeni



1 – Introduzione

Oggetto della presente nota sono i cosiddetti sistemi di "Shop Floor Control" (SFC), cioè i sistemi preposti al controllo esecutivo dei piani di produzione. In lingua italiana il termine è stato tradotto con "Controllo Avanzamenti", traduzione che per certi aspetti risulta inadeguata nell'indicare la molteplicità di funzioni svolte da un sistema di questo tipo.

Per Shop Floor Control si intende in generale l'insieme di attività richieste per eseguire gli ordini rilasciati dal sistema di pianificazione in modo conforme alle direttive impartite dal sistema di pianificazione stesso (Melnyck et altri, 1985). Più sinteticamente l'obiettivo essenziale di un sistema di Shop Floor Control consiste nel realizzare il piano di produzione lavorando il componente "giusto" al momento "giusto" (Vollmann et altri, 1988).

Attualmente la maggior parte delle imprese è in grado di sviluppare validi piani di produzione i quali però vengono spesso realizzati parzialmente o in modo poco efficiente per una serie di problemi che sorgono in fase esecutiva (Miller, 1986). I motivi che sono alla base dell'esistenza di problemi non risolti nelle fasi finali operative sono a nostro avviso due:

Alberto De Toni, Università di Udine
Guido Nassimbeni, Università di Udine

– Gli studi e le soluzioni applicative relative a questo ambito si sono sviluppate in ritardo rispetto ad altri campi dell'Operations Management.

Questo ritardo lo si può constatare sia dalla letteratura, che su questi temi è più carente di contributi rispetto ad altri, sia dalla ridotta offerta di prodotti informatici di supporto.

Il più recente sviluppo di studi, ricerche ed applicazioni avanzate deriva dalla crescente necessità di integrare le attività di progettazione e pianificazione con quelle di produzione, necessità tanto maggiore quanto più elevati sono i livelli di automazione delle attività di fabbrica.

– La complessità e la dinamicità delle attività operative, rendono l'ambito considerato estremamente vario e mutevole.

Esse sono dovute da un lato ad uno sviluppo tecnologico sempre più rapido e dall'altro all'adozione di sofisticate tecniche gestionali.

Si pensi, ad esempio, a quali implicazioni sullo Shop Floor Control comportano strumenti e metodologie quali: i sistemi CAD e CAM (Golovin, 1986), i sistemi flessibili di produzione, i magazzini automatici, i sistemi automatici di movimentazione, i robot, i sistemi automatici di identificazione quali "bar coding/scanning systems" (Parker, 1986), i sistemi informatici di pianificazione della produzione, la Group Technology (Burbidge, 1979), l'approccio Just-In-Time (Hall, 1983) ecc.

La carenza di studi organici sullo Shop Floor Control e le pressanti esigenze di focalizzazione dei problemi inerenti quest'area rendono l'analisi di tali temi particolarmente interessante ed attuale. In questa nota gli autori si propongono di:

– collocare le attività di Shop Floor Control all'interno di uno schema generale di sistema informatizzato di gestione della produzione;

– fornire una definizione sufficientemente generale del sistema di Shop Floor Control evidenziandone lo spettro di attività;

– presentare una struttura articolata su varie attività che possa costituire un riferimento generalizzato per i sistemi di Shop Floor Control;

– evidenziare le criticità delle attività di Shop Floor Control in relazione a diverse realtà produttive;

– individuare le principali variabili caratteristiche dello Shop Floor Control in diversi contesti produttivi.

2 – Collocazione dello Shop Floor Control all'interno di una architettura di Manufacturing Planning and Control System

Il sistema di SFC è generalmente parte di un sistema informativo più ampio di gestione della produzione ("Manufacturing Planning and Control System" – MPCS), rispetto al quale è possibile individuarne la collocazione ed i collegamenti con gli altri moduli del sistema complessivo.

In figura 1 è rappresentata l'articolazione di un classico MPCS in cui vengono evidenziati rispettivamente:

– cinque livelli di pianificazione della produzione (indicati con Pn):

P1) Piano Aggregato di Produzione (Production Plan);

P2) Piano Principale di Produzione (Master Production Schedule);

P3) Piano Principale di Produzione Autorizzato (Authorized Master Production Schedule)

P4 batch) Schedulazione batch degli ordini di produzione (fase di schedulazione della Capacity Requirements Planning);

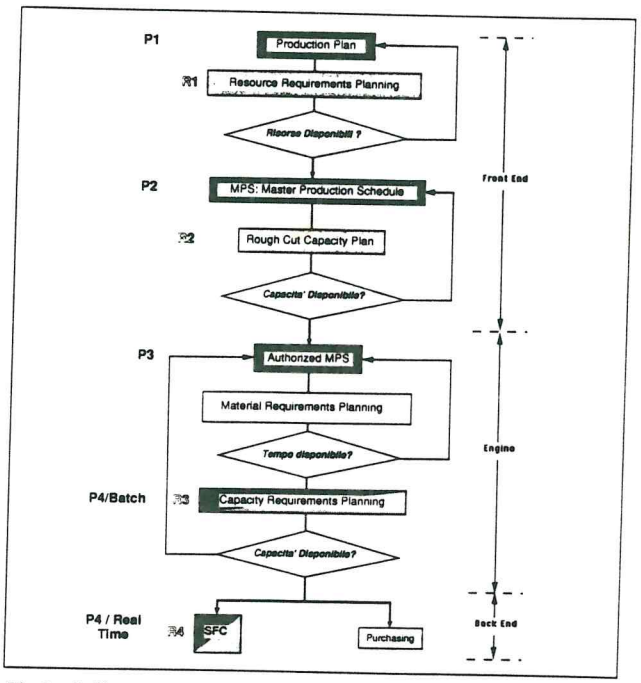


Fig.1 - Collocazione dello SFC all'interno di un sitema MPCS.

P4 real time) Assegnazione Dettagliata delle priorità con rischedulazione in tempo reale degli ordini di produzione (fase di Dispatching nello Shop Floor Control).

– quattro livelli di pianificazione delle risorse (indicati con Rn):

R1) Pianificazione Aggregata del Fabbisogno di Risorse (Resource Requirements Planning);

R2) Pianificazione Aggregata del Fabbisogno di Capacità Produttiva (Rough Cut Capacity Plan);

R3) Pianificazione del Fabbisogno di Capacità Produttiva (Capacity Requirements Planning);

R4) Assegnazione Dettagliata delle risorse produttive ai vari ordini di produzione (fase compresa nello Shop Floor Control).

Il Production Plan - PP, o Piano Aggregato di Produzione, è definito in modalità iterativa sulla base delle indicazioni fornite dalla cosiddetta Resource Requirements Planning - RRP (Pianificazione del Fabbisogno di Risorse). L'orizzonte temporale di questa fase di pianificazione è il lungo periodo (da 1 fino a 5 e più anni) ed interessa tutte le risorse aziendali: capacità produttiva, disponibilità finanziaria, capacità di stoccaggio ecc. (APICS, 1979). E' in questa sede, che sono valutate, tra le altre, le risorse che saranno necessarie nella fase esecutiva, cioè le risorse dello stabilimento o shop floor.

Il passo successivo consiste nella formulazione iterativa del Piano Principale di Produzione (Master Production Schedule - MPS) il quale si configura inizialmente come un piano ipotetico. Esso viene ridefinito in funzione delle elaborazioni prodotte dalla Pianificazione aggregata dei fabbisogni di capacità (Rough Cut Capacity Plan - RCCP), fino alla formulazione definitiva. La fase di pianificazione aggregata interessa solitamente un orizzonte temporale di medio periodo (fino ad un anno) e riguarda il fabbisogno di capacità, calcolata a partire da dati aggregati di prodotti finiti o rappresentativi di famiglia. L'elaborazione è condotta mediante ordini "trial" (di "tentativo") di modo che l'attività di analisi iterativa non comporti alcun impatto sui piani effettivi di produzione. L'insieme delle attività svolte fino a questo punto, e cioè PP, RRP, MPS e RCCP, costituisce la fase cosiddetta di "Front End" del MPCS.

L'autorizzazione dell'ultima versione del MPS è denominata Authorized Master Production Schedule o Piano Principale di Produzione Autorizzato. Esso è costituito da ordini autorizzati, cioè ordini che possono essere lanciati in produzione.

Le attività successive di Material Requirements Planning - MRP (Pianificazione dei Fabbisogni di Materiali) e di Capacity Requirements Planning - CRP (Pianificazione dei Fabbisogni di Capacità) determinano in dettaglio rispettivamente i fabbisogni di componenti/materie prime e di capacità produttiva (Wassweiller, 1986a). La CRP, a valle del processo di esplosione dei fabbisogni (MRP), consente la schedulazione batch di tutte le operazioni previste dal ciclo di produzione a partire dalla data massima prevista di fine lavorazione (logica di schedulazione al più tardi) o dalla data minima di inizio (logica di schedulazione al più presto); successivamente viene calcolato il cosiddetto carico macchine ovvero l'impegno di capacità. L'orizzonte temporale è in genere dell'ordine di settimane-mesi. Le attività di Authorized MPS, MRP e CRP costituiscono la fase cosiddetta di "Engine" del MPCS. La terza ed ultima fase cosiddetta di "Back End" comprende le attività di Shop Floor Control e di Purchasing (acquisti).

L'obiettivo dello Shop Floor Control è quello di realizzare il piano principale di produzione (Vollmann et altri, 1988). Le attività di pianificazione svolte nei livelli precedenti (PP, MPS, Authorized MPS, Schedulazione batch della CRP) hanno generato un piano di produzione fattibile con le risorse di stabilimento disponibili (manodopera, capacità, materiali). Allo SFC compete il quinto ed ultimo livello di pianificazione di capacità: il cosiddetto Dispatching, o assegnazione delle priorità. In questa fase il sistema determina la sequenza degli ordini da lavorare, cioè la lista delle priorità nel caso che più ordini entrino in competizione tra loro nell'utilizzo delle risorse (come è tipico nella produzione a lotti). La lista ha in genere scadenza giornaliera, da cui il termine di pianificazione di brevissimo periodo, e si basa su regole di priorità (priority rules) predefinite.

Lo SFC consente quindi di associare al MPS autorizzato un piano dettagliato di utilizzo della capacità produttiva nel brevissimo periodo, tenendo conto anche di quegli elementi (scarti, rilavorazioni, guasti ecc.) la cui analisi non è possibile in precedenza (Covaro, Oresman, 1973).

Le attività di Front End e di Engine, che potremmo sinteticamente denominare come fasi di pianificazione, producono così l'input del sistema di SFC, il quale a sua volta restituisce in output informazioni riguardanti l'avanzamento della produzione, l'utilizzo di capacità, eventuali ritardi o problemi in sede esecutiva. E' dall'integrazione efficiente tra pianificazione ed esecuzione che dipende la corretta realizzazione dei piani previsti.

In figura 2 viene schematizzata la sequenza delle quattro fasi di pianificazione e il loro decrescente orizzonte temporale.

3 – Spettro di attività, gradi di complessità informatica e definizione di un sistema di SFC

Definire il campo di attività e i confini di un sistema di SFC è problema di non facile soluzione, dal momento che il sistema assume configurazione e connotati diversi a seconda dell'ambito produttivo, della complessità del sistema informativo e delle politiche di gestione dell'impresa (Groover, 1980).

La figura 3, tratta da una ricerca svolta presso imprese americane (Melnyk et altri, 1985), evidenzia tre diversi spettri delle attività svolte da un sistema di SFC. In alcune imprese lo SFC è dedito ad una singola attività prevalente, come il dispatching o il reporting. In altre, il sistema comprende anche attività come la raccolta dati, il monitoring e limitate azioni correttive. In altre ancora lo spettro delle funzioni esercitate dal sistema di SFC è ben più ampio, e spazia dalla pianificazione di brevissimo periodo alle attività di raccolta dati/feedback. In questo caso lo SFC viene utilizzato come strumento di vero e proprio governo della produzione in fase esecutiva.

La numerosità e l'importanza delle funzioni svolte dipende inoltre dal grado di complessità informatica del sistema. A questo riguardo una classificazione, schematica ma significativa, dei sistemi di SFC ne annovera 5 (figura 4).

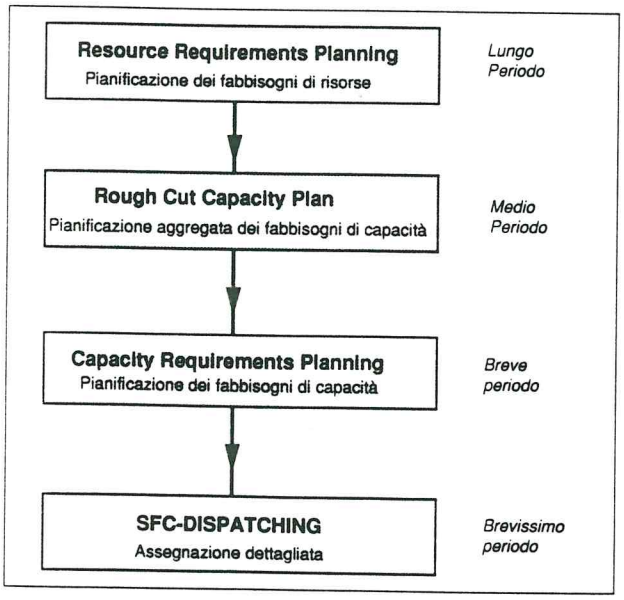


Fig. 2 - Livelli di pianificazione delle risorse e loro orizzonte temporale.

1) Sistemi di Raccolta Dati (data collection systems). Il loro principale obiettivo è quello di raccogliere dati relativi ad un determinato periodo temporale, come un giorno o un turno lavorativo, per ricavare reports consuntivi e resoconti periodici sul carico evaso e sulle risorse utilizzate (Perreault, 1983). Questi strumenti non sono molto di più che "scorekeepers" ("segnapunti"), cioè strumenti di rilevazione periodica dei risultati dello stabilimento. Un "data collection system" non è d'ausilio nella risoluzione tempestiva dei problemi che possono insorgere in fase esecutiva, in quanto i dati rilevati sono confrontati soltanto a posteriori. Vantaggi di uno SFC di questo tipo sono l'implementazione relativamente semplice e breve e la facilità di gestione operativa. Questi sistemi di data collection sono efficaci nei contesti produttivi dove le esigenze sono prettamente di rilevazione (Corbet, 1985).

2) Sistemi di Tracking. Sono in grado di fornire immediate informazioni su quanto succede nello stabilimento: avanzamento degli ordini, stato delle risorse, giacenze dei materiali ecc. Queste informazioni, disponibili real-time, permettono una conoscenza perfettamente aggiornata delle attività produttive e sono quindi di grande ausilio nell'organizzare e controllare la produzione efficacemente (Willoughby, 1984). Eventuali azioni correttive possono essere innescate con tempestività. I più avanzati sistemi di tracking consentono di conoscere l'esatta posizione di ciascun ordine, il suo stato di avanzamento, i tempi impiegati per ciascuna operazione presso ogni centro attraversato, gli operatori coinvolti nel processo. Consentono quindi di valutare l'efficenza di ogni centro di lavoro, risalire alla storia di produzione degli ordini, individuare con precisione eventuali inefficienze o "colli di bottiglia" nello stabilimento. Lo svantaggio di un sistema di tracking risiede sostanzialmente nella maggiore complessità dell'hardware e del software richiesti, con gli elevati costi e tempi di implementazione che questo comporta.

3) Sistemi di Monitoraggio (monitoring systems) [confronto standard-consuntivo]. Sono sistemi di tracking in cui i dati non vengono solo rilevati, ma vengono anche confrontati con dei valori di riferimento. Informazioni relative a ordini, manodopera e capacità vengono in questo modo comparate con dei parametri standard, e – nel caso che il confronto metta in luce degli scostamenti che superino dei limiti di tolleranza prefissati – vengono fornite informazioni (avvertimenti, messaggi di allarme o di errore) ed eseguite automaticamente delle azioni di correzione. I vantaggi conseguibili da questo tipo di

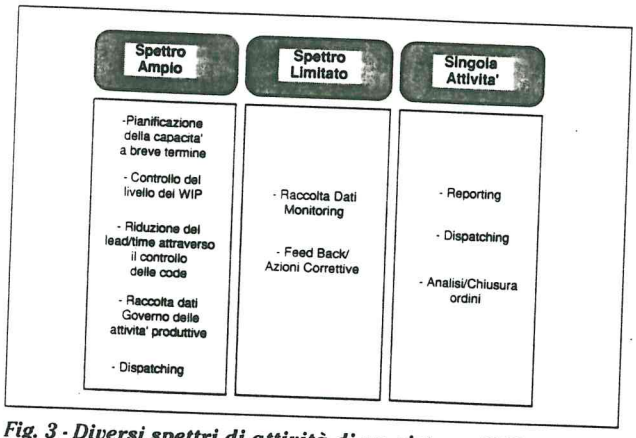


Fig. 3 - Diversi spettri di attività di un sistema SFC.

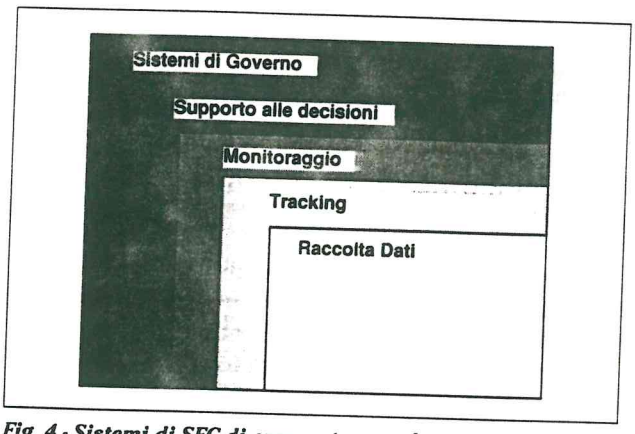


Fig. 4 - Sistemi di SFC di crescente complessità.

sistema sono evidenti, mentre il suo svantaggio principale risiede nell'elevato costo.

4) Sistemi di Supporto alle Decisioni (guidance systems). Lo scopo di questi sistemi non è solo la raccolta, il confronto e la distribuzione di informazioni, ma anche la valutazione e la elaborazione di possibili soluzioni a fronte dei problemi che insorgono nello stabilimento. Domande a cui un sistema di supporto alle decisioni è in grado di rispondere sono ad esempio: quali sono gli ordini in attesa presso un centro di lavoro? Quali cicli alternativi è possibile prevedere per un dato ordine? Un "guidance system", dunque, è un sistema che, oltre a svolgere le normali funzioni di uno SFC, è di supporto nelle decisioni, perché presenta al decisore un quadro completo delle azioni che è possibile intraprendere all'insorgere di un problema. Gli svantaggi di un sistema di supporto alle decisioni risiedono, oltre che nel costo elevato, anche nei prolungati tempi di installazione e di sviluppo e nella possibile riduzione delle responsabilità che competono comunque alle risorse umane.

5) Sistemi di Governo (control systems). Sono i sistemi più evoluti; governano le attività di produzione di un'impresa completamente automatizzata. Robot, sistemi automatici di gestione e movimentazione dei materiali, macchine a controllo numerico sono collegate tra loro dal sistema, che riduce così al minimo la necessità di intervento umano. Sistemi di questo tipo, noti anche come "supervisori", richiedono investimenti iniziali molto elevati, ma riducono considerevolmente i tempi e i costi unitari di produzione.

Questa sintetica classificazione mette in risalto, pur nella sua schematicità, la molteplicità di aspetti e di configurazioni dei sistemi di SFC. La varietà di funzioni è ben sintetizzata dalla seguente osservazione tratta dall'APICS Training Aid (1979): «non esistono probabilmente due sistemi di SFC identici tra loro».

Risulta evidente allora la difficoltà di definire con rigore l'insieme delle attività svolte dal sistema di SFC, ma anche l'utilità concettuale di una definizione che aiuti a comprendere ed inquadrare questo ambito della produzione. La definizione che riteniamo più completa, tra quelle esaminate, è la seguente (Melnyk et altri, 1985):

Uno Shop Floor Control è un gruppo di attività direttamente responsabili del processo di gestione e trasformazione degli ordini pianificati in un set di output. Governa la pianificazione dettagliata e l'esecuzione nel brevissimo periodo, realizza le attività di monitoraggio del flusso di ordini dal momento in cui questi vengono rilasciati dal sistema di pianificazione fino al momento in cui vengono completati. Lo SFC è responsabile dell'allocazione dettagliata e definitiva di manodopera, capacità, strumentazione e materiali relativi ai vari ordini. Raccoglie dati in corrispondenza delle attività che hanno luogo presso lo stabilimento riguardanti l'avanzamento dei vari ordini e lo stato delle risorse, e fornisce queste informazioni al sistema di pianificazione. In conclusione, al sistema di SFC spetta il compito di assicurare che gli ordini rilasciati allo stabilimento vengano completati secondo le previste modalità di tempo e di costo.

Gli elementi distintivi di questa definizione sono i seguenti:

– lo SFC è complementare al sistema di pianificazione. Quest'ultimo determina gli obiettivi dello SFC e rende disponibile le risorse necessarie (Orlicky, 1975);

– lo SFC si articola in alcune attività fondamentali che assumono caratteristiche diverse a seconda dell'impresa e dell'ambiente produttivo considerato.

Queste attività, che verranno trattate nel seguito, sono:

1) Verifica e rilascio degli ordini (Order review/ release);
2) Assegnazione dettagliata (Detailed assignment);
3) Raccolta dati/ monitoraggio (Data collection/ monitoring);
4) Feedback/ azioni correttive (Feedback/ corrective actions);
5) Analisi/ Chiusura Ordini (Order disposition).

4 – Struttura e attività di un sistema di SFC

La figura 5 riporta la strutturazione per attività di un sistema di SFC. La struttura rappresentata costituisce semplicemente un modello di riferimento e un sussidio nell'esposizione delle funzioni svolte dal sistema. Nella realtà i singoli sistemi di SFC si possono discostare più o meno sensibilmente da questo schema generale, ma certamente ne presentano alcuni elementi. A monte dello SFC la figura evidenzia le fasi di pianificazione, dalle quali deriva il piano autorizzato di produzione relativo ad un determinato periodo temporale (Authorized Master Production Schedule). Lo SFC realizza l'esecuzione del piano attraverso le cinque attività fondamentali di seguito descritte.

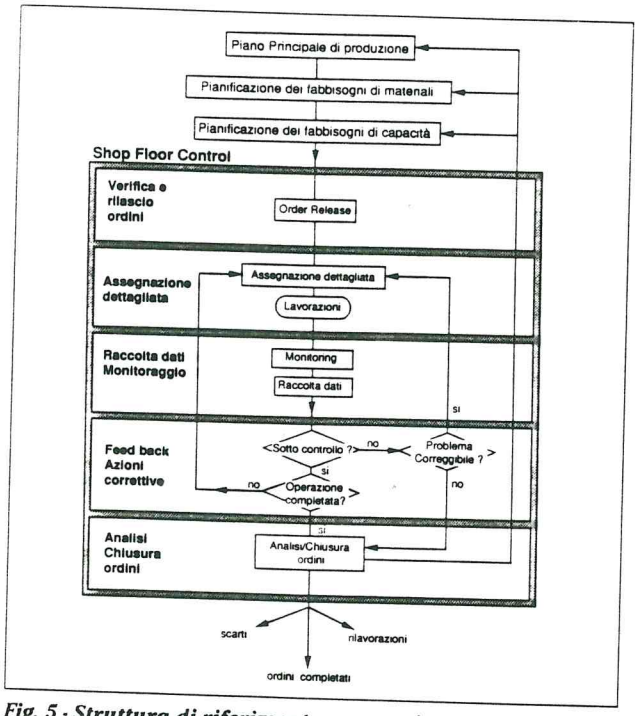


Fig. 5 - Struttura di riferimento per un sistema di Shop Floor Control articolata per attività.

4.1 – Verifica e rilascio degli ordini

Di quest'attività fanno parte le operazioni che fungono da esame preventivo di fattibilità e di completezza dei dati degli ordini che compongono il piano di produzione (Bartolomew, 1986). In questa fase, il sistema verifica che gli ordini abbiano effettive possibilità di completamento nei tempi previsti. Le quattro operazioni principali, di seguito descritte, sono:

1) Documentazione sull'ordine;
2) Controllo materiali;
3) Valutazione della capacità produttiva;
4) Livellamento del carico.

Documentazione sull'ordine

Il sistema di pianificazione trasmette allo SFC un ordine, che può essere interpretato come un'autorizzazione a produrre determinate quantità di un dato componente. Lo SFC, a questo punto, identifica l'ordine con un codice (order identification), che normalmente coincide con quello utilizzato dal sistema di pianificazione dei materiali, ma può essere anche diverso a fronte di varie esigenze. In questo caso l'attribuzione del codice può essere automatica o manuale. Il numero di codice accompagnerà sempre l'ordine attraverso lo shop floor, consentirà di rintracciare in ogni momento l'ordine e di interrogare il Data Base per ricavare informazioni ad esso concernenti. Fanno parte della documentazione relativa all'ordine le seguenti informazioni:

a) cicli di lavorazione (routings): l'insieme delle operazioni richieste per il completamento dell'ordine;
b) tempi standard di lavorazione (time standards): tempi di impegno di capacità produttiva presso le risorse attraversate. Queste informazioni sono importanti per attività come il "dispatching" (attribuzione delle priorità) e il monitoring;
c) richieste di materiali (material requirements):

le materie prime o i componenti richiesti dall'ordine lungo il corso delle lavorazioni;

d) richieste di strumentazioni (tooling requirements): gli ordini possono richiedere utensili ed attrezzature particolari. Queste richieste e i dati relativi allo stadio di avanzamento in cui si rendono necessari questi strumenti, vanno collegati all'ordine e resi disponibili al momento opportuno;

e) altre informazioni: ad esempio date di completamento delle operazioni, trattamenti speciali, canoni di reporting.

Controllo materiali (material checking)

Consiste nel controllo delle giacenze dei componenti e delle materie prime richieste dall'ordine, affinché siano disponibili in quantità sufficiente al momento opportuno. Se questo controllo viene svolto con efficacia, lo SFC è in grado di mantenere un basso livello di WIP. Infatti, nel caso in cui il sistema possa gestire accuratamente e con precisione le scorte, l'ordine si vedrà attribuiti i materiali e i componenti di cui necessita nelle quantità strettamente sufficienti e nella giusta collocazione temporale. Nel caso, invece, non sia possibile controllare nel dettaglio richiesto la sequenza produttiva dell'ordine e i materiali necessari, devono essere aumentate le giacenze per evitare interruzioni delle lavorazioni dovute all'imprevista mancanza di materiali o componenti.

Valutazione della capacità produttiva

Per spiegare questa operazione, realizzata dal sistema in sede di verifica/rilascio ordini, è necessaria una breve premessa che riguarda l'attività di pianificazione dei fabbisogni di capacità (CRP), già introdotta precedentemente.

Essa non è parte del sistema di SFC, ma ne rappresenta un'indispensabile attività a monte. L'attività di pianificazione di capacità determina l'entità e la tempificazione di impiego delle risorse. Ha inizio nel momento in cui un ordine, generato dal processo di pianificazione dei materiali (MRP), entra nell'orizzonte temporale di pianificazione di capacità, entra cioè in quell'intervallo di tempo in cui si rendono necessarie delle verifiche sulla capacità per poter realizzare i piani previsti. L'ordine viene allora "schedulato". Questo significa che per ogni operazione necessaria al suo completamento vengono determinate le date di inizio e fine lavorazione (Foxen, 1973).

Il processo di pianificazione dei fabbisogni di capacità delinea quindi i profili di carico dei vari centri. I profili di carico possono essere calcolati presupponendo capacità infinita, cioè presupponendo un possibilità di impiego delle risorse teoricamente illimitata, oppure capacità finita, quando invece si tiene conto della reale possibilità di utilizzo delle risorse.

Un volta disegnati, i profili di carico vanno comparati con i profili di capacità (questo solo nel caricamento a capacità infinita), per consentire un'effettiva fattibilità del piano. Inizia così la fase di confronto tra la capacità richiesta dagli ordini e la capacità disponibile.

Se questa fase evidenzia squilibri, la successiva fase di "livellamento del carico" cerca di appianarli attraverso due classi di azioni di bilanciamento: azioni sulla capacità o azioni sul carico. Azioni sulla capacità possono essere ad esempio variazioni nell'orario di lavoro o lavorazione presso terzi. Possibili azioni sul carico sono ad esempio (APICS, 1979):

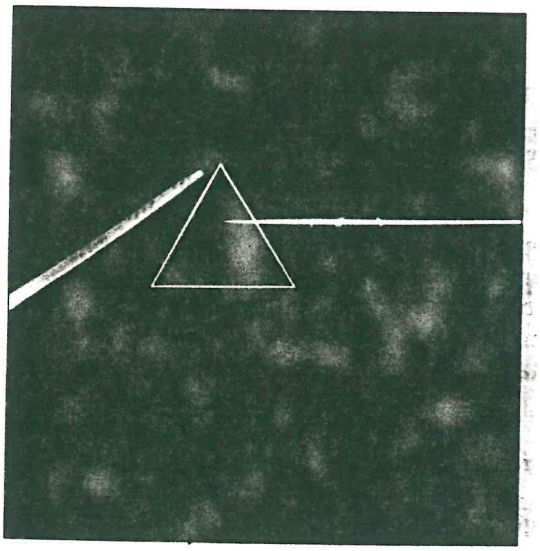
a) adozione di cicli alternativi: determinate operazioni che conducono alla realizzazione di un ordine vengono sostituite da altre su differenti centri di lavoro;

b) modifica delle date di ricezione degli ordini: le date pianificate di inizio e fine operazione vengono spostate rigidamente;

c) modifica della quantità: la dimensione dell'ordine viene cambiata.

Le attività di pianificazione dei fabbisogni di capacità e di livellamento del carico hanno lo scopo di redigere un piano di produzione effettivamente realizzabile. Oggetto delle loro elaborazioni sono stati, fino a questo punto, gli ordini "pianificati" ("planned"), ordini cioè che non sono stati ancora lanciati in produzione ("open"), ma che si accingono ad esserlo. L'output che deriva da queste elaborazioni è un piano di capacità che si presenta fattibile, ma che è stato redatto con ordini ancora "teorici", cioè pianificati.

Successivamente ciascun ordine viene aperto o rilasciato, cioè mandato in esecuzione. Siamo entrati allora nella fase esecutiva, e il controllo passa allo Shop Floor Control. Il sistema, a questo punto, richiede un'ulteriore, anche se meno elaborata, analisi di fattibilità su ciascun ordine (Putnam, 1973). Ora infatti lo stato degli ordini non è più "planned" bensì "open": la disponibilità di capacità e il carico ordini possono avere subito impreviste modifiche nel pur breve intervallo di tempo che intercorre tra il mo-



mento della schedulazione dell'ordine (CRP) e quello del suo rilascio.

La fase di valutazione di capacità produttiva prevista all'interno dello SFC realizza il confronto tra la capacità richiesta dall'ordine rilasciato e la capacità disponibile (Griffin, 1973). Ripete dunque l'analisi già effettuata in precedenza dalla CRP, ma elaborandola ora su un ordine "open", cioè esecutivo, sul brevissimo periodo e in tempo reale a fronte della effettiva realtà operativa. Viene quindi formulato, in base al confronto sopra detto, un giudizio di fattibilità sull'ordine. Se la capacità risulta temporaneamente insufficiente, segue l'operazione di livellamento del carico.

Livellamento del carico

Questa fase mira ad evitare sovraccarichi per ciascun centro di lavoro che avrebbero, come conseguenza, l'allungamento delle code e l'incremento dei lead time.

Il livellamento del carico (load leveling), a fronte di un ordine che richiede una capacità superiore a quella disponibile, distribuisce nel tempo il carico sul centro, appianando eventuali "picchi" o "valli" del suo profilo.

E' importante rilevare come anche in questo caso il carico sia costituito non più da ordini pianificati, bensì da ordini rilasciati o aperti.

Durante questa fase il sistema pone l'ordine in uno stato di attesa finché non siano concluse le operazioni di livellamento.

4.2 – Assegnazione dettagliata

Sono incluse in quest'attività tutte le operazioni responsabili della destinazione delle risorse dello stabilimento ai diversi ordini in concorrenza tra loro nell'utilizzo delle stesse. Queste risorse sono materiali, manodopera, strumentazioni e macchine operatrici.

La procedura di assegnazione, che conduce alla formulazione della cosiddetta "dispatch list" (lista di priorità - pianificazione di brevissimo periodo), definisce per ciascuna delle risorse coinvolte i seguenti dati:

- l'impegno di risorsa destinata ad un ordine per ogni operazione che lo interessa, espresso in un'unità di misura appropriata (ad esempio ore di lavoro);
- la tempificazione di impiego della risorsa, cioè la specificazione di quando e per quanto tempo viene impiegata;
- la macchina operatrice tra quelle disponibili presso il centro, nel caso che un determinato tipo di risorsa disponga di più unità operative.

La procedura di assegnazione determina quindi la sequenza di lavorazione presso ciascun centro, cioè la sequenza con cui i diversi ordini verranno lavorati (Searl, 1986). In questa fase, detta anche controllo delle priorità, si utilizzano le cosiddette "priority rules", cioè regole di priorità, che utilizzano dei criteri codificati per calcolare l'ordine delle lavorazioni. Tra esse troviamo, ad esempio, il rapporto critico (Wassweiller 1973, Harris, 1985), il metodo F.I.F.O., il "tempo di slack" (Putnam et altri, 1973), il metodo "earliest due date " o "data di consegna più vicina".

La scelta della regola di priorità è un problema molto delicato e dipende da situazioni e fattori che variano nei diversi ambienti produttivi: il layout, la capacità produttiva e i criteri di servizio ai clienti sono soltanto alcuni degli elementi che influenzano la scelta della regola di priorità ottimale per un dato ambiente.

La "dispatch list", normalmente frutto di un processo elaborativo computerizzato, viene distribuita ai responsabili dei vari centri, e riporta la lista degli ordini produttivi che attendono in coda presso un centro, elencati secondo la sequenza con cui devono essere lavorati. Di norma viene prodotta giornalmente.

In certi sistemi, la fase di assegnazione dettagliata gestisce anche la "scheduled maintenance" o manutenzione preventiva, volta ad assicurare l'efficiente funzionamento delle macchine e a migliorare la loro produttività e affidabilità.

La manutenzione preventiva rende temporaneamente indisponibili di volta in volta alcune macchine dei centri; per questo il sistema tratta l'impegno manutentivo della macchina al pari di un ordine di produzione in competizione con gli altri.

4.3 – Raccolta dati / monitoraggio

Lungo tutte le fasi principali di esecuzione di un ordine, il sistema di SFC raccoglie dati e fornisce informazioni riguardanti:

– lo stato di avanzamento dell'ordine;
– l'operazione presso cui è in transito l'ordine e la risorsa impiegata;
– eventuali ritardi.

Alcuni sistemi più evoluti sono in grado di delineare, attraverso un sofisticata attività di raccolta dati, la storia particolareggiata dell'ordine, contenente tutti i centri di lavoro attraversati, le operazioni subite, gli operatori coinvolti, i tempi in cui si sono verificati questi eventi, la genealogia dell'ordine (eventuali suddivisioni degli ordini), (Willoughby, 1984).

Certi sistemi prevedono inoltre non solo un sistema di raccolta dati relativi agli ordini, ma anche alle risorse e rilevano informazioni come (Ridenoure, 1982): stato delle risorse, eventi subiti, livello di calibratura delle macchine.

L'efficacia di un sistema di SFC dipende in modo determinante dalla tempestività, attendibilità e completezza con cui le informazioni vengono raccolte e indirizzate agli organi opportuni.

L'attività di tracking, cioè l'insieme di operazioni di raccolta dati che permettono di seguire passo passo l'evoluzione di prodotti e processi, ha assunto crescente importanza nei più moderni sistemi di SFC.

Essa conduce al "reporting", cioè alla trasmissione, via carta o terminale, dei dati raccolti e degli eventi registrati (Shipper, 1986). I punti di raccolta dati vanno collocati lungo le principali fasi di produzione. Avremo, ad esempio, rilevazioni di:

– "operation start" (inizio operazione): viene registrato l'inizio di un operazione relativa ad un ordine;
– "move reporting" (reporting di movimentazione): vengono registrati i movimenti da un'operazione ad un'altra all'interno del medesimo centro operativo e i trasferimenti da un centro ad un altro;
– "scrap and rework reporting" (registrazione di scarti e rilavorazioni): i codici di eccezione di un ordine lungo le fasi di trasformazione si riferiscono in generale a tre stati: "rework" (rilavorazione), "salvage" (lavorazione sospesa e materiale ricuperabile), "scrap" (lavorazione sospesa e materiale a scarto). Rilevando dati inerenti a questi stati, lo SFC è in grado di fornire informazioni sull'avanzamento dell'ordine e sul tipo ed entità delle eccezioni;
– "operation completion" (completamento di un'operazione): viene registrato il completamento di un'operazione,
– "inventory receipt reporting" (reporting sui prelievi di codici di magazzino): vengono registrati i prelievi di materiali, affinché l'inventario sia sempre aggiornato;
– altri tipi di rilevazioni determinati dalle esigenze informative dell'impresa.

La struttura del sistema di raccolta e di presentazione dei dati è articolata secondo il metodo di rilevazione che si intende utilizzare:

– Metodo di rilevazione "operation-by-operation", cioè i punti di raccolta dati sono localizzati in corrispondenza di ciascuna operazione. In questo modo è possibile seguire passo dopo passo il processo di trasformazione dei materiali. Questo metodo può essere usato là dove le esigenze di tracking sono determinanti, quando è predisposto un adeguato sistema informatico e i volumi produttivi non sono eccessivi.
– Metodo di rilevazione "checkpoint operations". I punti di rilevazione sono localizzati in corrispondenza delle fasi più critiche e degli eventi più significativi del processo di trasformazione. E' una scelta obbligata quando i volumi produttivi sono troppo elevati per poter registrare tutte le operazioni.
– Metodo di presentazione "delay reporting", cioè riporto dei ritardi. E' una logica basata sull'evidenza delle eccezioni, e dunque la presentazione dei dati avviene solo nel caso di scostamento dalle condizioni standard. Eccezioni possono essere: ritardi nel completamento degli ordini, presenza di rilavorazioni e scarti ecc.
– Registrazione e presentazione delle sole operazioni di apertura e chiusura dell'ordine. Questa scelta viene operata in ambienti produttivi in cui il flusso scorre veloce e i lead time sono troppo brevi per rilevazioni e presentazioni intermedie.

Questi diversi approcci non si escludono tra loro. Un sistema di Data Collection/Monitoring può utilizzare, ad esempio, sia una logica di rilevazione "operation by operation", sia prevedere, all'insorgere di scostamenti dalle prestazioni previste, comunicazioni del tipo "delay reporting". Quando le performance effettive vengono confrontate con quelle attese, quando cioè i dati non vengono solo rilevati, ma anche comparati con quelli previsti, si parla più propriamente di "monitoring".

4.4 – Feedback / azioni correttive

E' questa la fase in cui le informazioni raccolte innescano eventuali azioni correttive a fronte di problemi insorti in fase esecutiva. Nel caso in cui il processo di trasformazione non avvenga secondo le modalità previste e alcuni ordini presentano ritardi o anticipi rispetto a quanto pianificato, le azioni di intervento possibili sono di due tipi:

1) Azioni di breve termine sulla capacità produttiva. Sono modifiche sulla capacità, denominate "capacity adjustments", nel breve o brevissimo termine, il cui intento è quello di risolvere, se possibile, il problema a livello di stabilimento. Queste azioni possono essere:

- aumento o diminuzione dell'orario di lavoro, con ricorso quindi a straordinari, all'aggiunta di turni lavorativi ecc.;
- uso della "safety capacity", cioè della capacità produttiva di sicurezza;
- uso di cicli alternativi;
- suddivisione dei lotti ("lot splitting");
- ricorso a terzisti.

Queste azioni conducono a variazioni, rispetto al piano, nell'utilizzo di capacità produttiva e si realizzano nel brevissimo termine. In certi casi, tuttavia, non è possibile risolvere il problema in sede di fabbrica, cosicché si rendono necessarie delle azioni più drastiche.

2) Feedback. Quando il sistema di SFC è incapace di risolvere il problema al proprio interno, comunica la situazione al sistema di pianificazione dove saranno predisposte le necessarie modifiche al piano di produzione.

Di grande importanza nel controllo delle attività dei singoli centri di lavoro, e quindi nel controllo della corretta evoluzione delle attività di produzione, è lo strumento denominato "Input/Output Control". Questo strumento consiste in un resoconto periodico sul flusso produttivo entrante e uscente dai centri di lavoro e permette l'analisi e il confronto tra l'input/output pianificato e l'input/output effettivo. L'I/O Control evidenzia eventuali scostamenti, rileva la presenza e la dimensione delle code in ingresso, individua possibili problemi e ritardi insorti presso i centri (Wight, 1973). In definitiva è uno strumento che permette una valutazione tempestiva sul funzionamento dei centri e un opportuno rilascio degli ordini. Le applicazioni di I/O Control, rese possibili dallo svolgimento delle fasi di raccolta dati e monitoraggio, si esplicano quindi in azioni correttive del flusso in ingresso degli ordini.

4.5 – Analisi / Chiusura Ordini (Order Disposition)

E' l'ultima attività del sistema. Ne fanno parte le operazioni che trasferiscono all'esterno dello SFC la responsabilità di gestione dell'ordine. L'ordine è infatti a questo punto completato, oppure ha generato degli scarti. In entrambi i casi il compito dello SFC è terminato. Solo in caso di rilavorazioni il sistema continuerà a gestire la parte di materiale dell'ordine che dovrà sostenere ulteriori lavorazioni, a meno che non si renda necessario per esso una ripianificazione.

Lo SFC consente la "chiusura" dell'ordine completato, cioè la cancellazione dall'elenco degli ordini attivi e circolanti all'interno dello stabilimento. Permette la conservazione di alcuni dati ad esso relativi e utili per l'eventuale fase di valutazione sulle performance dello stabilimento. Questi dati, che continuano a comporre la documentazione dell'ordine, sono ad esempio:

- le ore di manodopera impiegate;
- le ore-macchina impiegate;
- i materiali utilizzati;
- il tempo di set-up impiegato;
- il tipo di strumentazioni usate;
- la data di completamento dell'ordine;
- le quantità di scarti e di rilavorazioni.

Queste informazioni vengono rese disponibili e costituiscono la base per l'analisi e la pianificazione dei costi, per la pianificazione di capacità a medio e lungo termine, per la modifica e l'aggiornamento di determinati parametri (tempi standard) a livello di stabilimento.

La figura 5 riporta la collocazione delle attività sopra descritte all'interno del sistema SFC – benché i confini tra le attività spesso non siano così chiaramente definiti – ed individua il percorso sequenziale seguito dall'ordine durante la sua esecuzione.

L'ordine, trasmesso allo SFC dal sistema di pianificazione, viene sottoposto inizialmente all'attività di VERIFICA E RILASCIO ORDINI. Entra poi nella fase di ASSEGNAZIONE DETTAGLIATA, in cui si vede attribuire a breve scadenza le risorse necessarie al suo completamento.

Iniziano quindi le lavorazioni vere e proprie presso i vari centri di lavoro interessati, e durante questa fase esecutiva hanno luogo le attività di RACCOLTA DATI e MONITORING finalizzate ad ottenere un normale completamento dell'ordine. All'insorgere di

eventuali problemi (si entra nella fase di FEEDBACK/AZIONI CORRETTIVE), viene valutata la possibilità di azioni correttive sulla capacità o di modifiche sul normale percorso produttivo dell'ordine.

Se queste azioni sono possibili in sede esecutiva, si ritorna alla fase di "assegnazione dettagliata", altrimenti il feedback nel sistema di pianificazione (attività di "valutazione/feedback") consentirà le necessarie modifiche sul piano. Segue poi, in corrispondenza al completamento dell'ordine, la fase di "analisi/chiusura".

5 – Criticità delle attività di SFC in diversi contesti produttivi

Le cinque principali classi di attività in cui è stato suddiviso l'ambito di intervento di un sistema di SFC assumono diversi connotati a seconda del contesto produttivo dell'impresa. Nella descrizione di queste diverse caratteristiche delle attività di SFC, verrà utilizzata la classificazione dei sistemi produttivi rispetto al modo di realizzare il volume produttivo, che prevede le seguenti tre classi (Da Villa, 1987):

- produzione a flusso;
- produzione a lotti;
- produzione a prodotto singolo.

In figura 6 sono evidenziate le attività di SFC svolte all'interno e all'esterno del sistema, le attività chiave e le attività svolte simultaneamente in relazione ai tre contesti sopra citati.

Produzione a flusso

Questa tipologia produttiva è detta anche "continua" o "ripetitiva" a seconda che si riferisca a produzioni per processo o per parti. E' caratterizzata dalla ripetitività delle operazioni e dalla continuità del flusso entrante/uscente. Vi vengono realizzati prodotti molto standardizzati in alti volumi. La flessibilità è limitata dal fatto che la capacità produttiva e le strumentazioni sono dedicate alla produzione di particolari tipi di prodotto. I cicli produttivi sono normalmente fissi, i tempi di lavorazione ridotti, le code nulle o contenute (come nel caso delle linee senza cadenza prefissata).

Il sistema di SFC in questo contesto viene organizzato in modo tale da controllare il flusso ininterrotto dei materiali in lavorazione. Le attività di rilascio ordini e di assegnazione dettagliata generalmente hanno luogo nello stesso tempo. Dal momento che la sequenza delle operazioni produttive sugli ordini non varia di molto (cicli fissi), non esistono solitamente regole di priorità, ma viene lavorato l'ordine che per primo è stato rilasciato alla linea. La sequenza di lavorazione non viene dunque decisa dallo SFC, ma dal sistema di pianificazione stesso. Molta importanza assume invece la manutenzione preventiva, dal momento che guasti o inefficienze lungo la linea comportano l'interruzione completa del flusso produttivo.

Le attività di raccolta dati/monitoraggio, feedback e analisi/chiusura ordini sono anch'esse strettamente collegate tra loro. La raccolta dati/monitoraggio fornisce dati completi e tempestivi non solo sull'avanzamento degli ordini lungo la linea, ma anche sulle risorse impiegate, dal momento che gli alti volumi e i bassi tempi di attraversamento impongono uno efficace controllo sulla produttività delle stesse. La stretta connessione di questa attività con quella di feedback deriva dalla necessità, in questi ambiti produttivi, di identificare tempestivamente i problemi e attuare pronte azioni correttive. Il basso lead time, inoltre, impone un immediata chiusura dell'ordine una volta che questo è stato completato.

Produzione a lotti

E' caratterizzata dalla variabilità nel tipo dei prodotti finiti, nella quantità di produzione e nei cicli di produzione. Altre caratteristiche sono:

- macchine non più dedicate a una specifica produzione, ma configurate per impieghi più ampi ("general purpose machines") e disposte in centri di lavoro;
- la maggior parte del lead time (fino a punte del 90-95%) è spesa in tempi di attesa in coda;
- il carico è difficilmente prevedibile dal momento che dipende dal mix di prodotti finiti variabile nel tempo.

In questo contesto produttivo, le cinque fondamentali attività di SFC assumono una fisionomia più precisa rispetto al caso precedente. La verifica e rilascio ordini svolge l'importante ruolo di caricamento dei centri. Nell'ambito dell'attività di "assegnazione dettagliata", l'attribuzione delle priorità è la funzione chiave, poiché numerosi possono essere i lotti in concorrenza nell'utilizzo delle risorse. La raccolta dati/monitoring è separata dal feedback rispetto al caso precedente.

Produzione a prodotto singolo

E' caratterizzata dalla realizzazione di un numero molto limitato di unità (spesso una sola) realizzate su commessa, che richiedono un numero elevato di input e di risorse produttive. E' il caso, ad esempio, di un progetto di una costruzione civile o di un impianto industriale. Le caratteristiche del prodotto finale non sono completamente conosciute al momento dell'assegnazione della commessa, ma evolvono durante la sua progettazione e realizzazione. In questo contesto, il compito principale del sistema di SFC è quello di collegare la realtà esecutiva del progetto alle aree aziendali (vendite, progettazione, controllo costi ecc.) che interagiscono con esso. Le attività di verifica e rilascio ordini e di assegnazione dettagliata, quando presenti, assumono scarsa importanza. Sono infatti le attività di pianificazione a determinare quando l'ordine verrà rilasciato e quando le risorse verranno rese disponibili per il progetto. Prevalente in fase esecutiva è il ruolo delle restanti attività: raccolta dati - monitoring e feedback. Esse consentono il controllo sul corretto svolgimento del progetto, sui tempi e sulle modalità di realizzazione, comunicando tempestivamente informazioni opportune alle aree aziendali coinvolte.

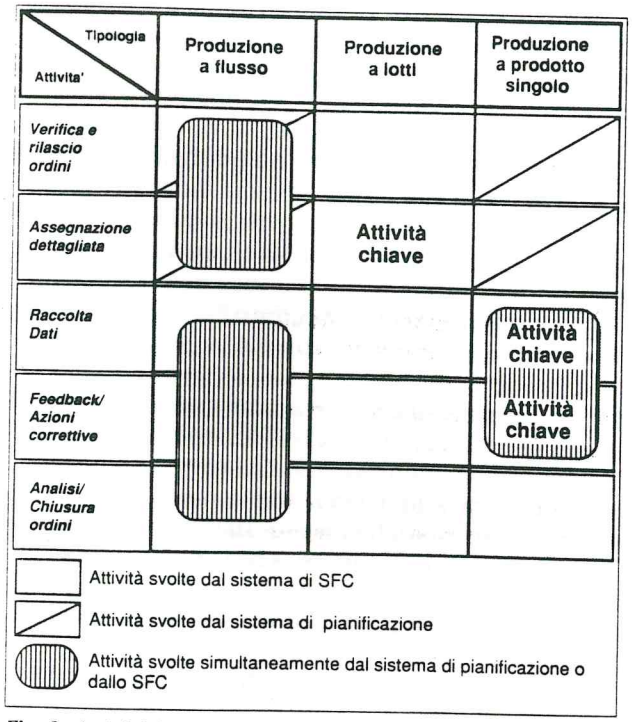


Fig. 6 - Attività interne ed esterne al sistema di SFC, attività svolte simultaneamente e attività chiamate nei tre contesti produttivi.

6 – Variabili caratteristiche dello SFC nei diversi contesti produttivi

I sistemi di SFC si diversificano nei vari ambiti produttivi per quattro caratteristiche fondamentali (figura 7):

- livello di dettaglio delle informazioni;
- ampiezza decisionale;
- orizzonte temporale;
- livello di incertezza.

Livello di dettaglio delle informazioni

Questa caratteristica fa riferimento al livello di completezza e di specificità delle informazioni richieste dal sistema di SFC.

In un contesto produttivo a lotti, ad esempio, il livello di dettaglio delle informazioni utilizzate dallo SFC è elevato. Il sistema ha infatti necessità di conoscere dati molto particolareggiati relativi a ordini, date, distinte base, cicli ecc. Se i prodotti vengono poi configurati su specifiche del cliente, la mole di dati è ancora maggiore.

Nel caso di produzione a flusso, invece, il livello di dettaglio si riduce considerevolmente: è il sistema di pianificazione a gestire la maggior parte delle informazioni sulla base dei cicli standard e delle distinte base. Lo SFC, cui spetta il compito di rendere esecutivi i piani di produzione, non necessita allora di informazioni molto approfondite, dal momento che i cicli di lavorazione sono quasi fissi, i materiali seguono percorsi abbastanza rigidi e la varietà dei prodotti finiti è solitamente contenuta.

Nel caso di produzione a prodotto singolo, il livello di dettaglio delle informazioni elaborate dallo SFC è elevatissimo. Il numero limitato di unità prodotte, la mancanza di ripetitività delle operazioni, la discontinuità assoluta del flusso produttivo, la stretta interdipendenza tra diverse aree aziendali rendono lo scambio informativo in questo tipo di produzione complesso e articolato.

Ampiezza decisionale

Questa variabile fa riferimento alla discrezionalità decisionale dello SFC, cioè alla sua autonomia nel contesto del sistema globale di gestione della produzione.

Nel caso di produzione a flusso, l'ampiezza decisionale dello SFC è limitata: una volta che a livello di

sistema di pianificazione sono stati formulati i piani di produzione – in questo contesto particolarmente precisi e chiaramente definiti – a livello di SFC non resta che eseguirli, con scarse possibilità di intervento o modifica. Non viene inoltre richiesto al sistema di SFC un grosso sforzo elaborativo; la ripetitività delle operazioni riduce la necessità di azioni correttive e di decisioni in fase esecutiva.

All'estremo opposto troviamo la produzione a prodotto singolo, dove l'incertezza e variabilità della configurazione finale del prodotto finito sono massime, così che l'ampiezza decisionale conferita allo SFC è elevata. Tra questi due estremi, con ampiezza decisionale intermedia, si colloca la produzione a lotti.

Orizzonte temporale delle decisioni

L'orizzonte temporale delle decisioni, ovvero l'intervallo di tempo consentito ai responsabili in fase esecutiva nel prendere una decisione, è direttamente proporzionale all'entità dell'impatto sul contesto produttivo. In genere, tanto più tempo ha il decisore a propria disposizione, tanto più importanti sono le conseguenze della sua scelta.

In un contesto produttivo a prodotto singolo, il management dello SFC deve prendere delle decisioni frequenti e a breve termine. L'intervallo di tempo a disposizione per la scelta è ridotto, quindi l'orizzonte temporale è breve e l'impatto di ciascuna decisione è contenuto.

Nel caso di produzione a flusso, viceversa, le decisioni richiedono un respiro temporale ben superiore. Decisioni tipiche sono: la definizione dei tassi produttivi e relativi accordi quadro con i fornitori di componenti, la definizione delle modalità di attrezzaggio linea ecc. Queste scelte esigono orizzonti temporali molto ampi, vengono prese spesso a monte dello SFC e hanno conseguenze vitali per l'intera impresa.

La "produzione a lotti" si colloca in una posizione intermedia. A livello SFC si prendono infatti in questo caso sia decisioni a breve termine (ad esempio: qual'è in questo momento la macchina o il centro di lavoro più appropriato per una data lavorazione?), sia a medio termine (ad esempio: come configurare l'assetto produttivo dei reparti per far fronte a variazioni improvvise nella domanda di prodotti finiti?).

Livello di incertezza

Questa variabile fa riferimento alle condizioni di imprevedibilità e alle situazioni di eccezione che si possono instaurare in fase esecutiva. Il livello di incertezza in cui opera lo SFC è direttamente correlato all'efficienza e all'ampiezza decisionale dello SFC stesso. Quest'ultima è inversamente proporzionale a quella del sistema di pianificazione: tanto più esteso è l'ambito di intervento di quest'ultimo, tanto minori sono le situazioni gestite dallo SFC.

Nel caso di produzione a prodotto singolo, data l'estrema variabilità del prodotto e del suo processo di realizzazione, lo SFC deve affrontare grossi margini di incertezza. Nel caso di produzione a flusso, invece, prodotti e processi sono fortemente standardizzati e quindi il livello di incertezza dello SFC è minore. A livello intermedio si colloca la produzione a lotti.

La figura 7 riassume sinteticamente il diverso peso di queste quattro caratteristiche nei tre contesti produttivi considerati. Le caratteristiche esaminate (livello di dettaglio delle informazioni, ampiezza decisionale, orizzonte temporale, livello di incertezza) sono soltanto alcune delle variabili che differenziano tra loro i sistemi di SFC. Dalla breve analisi della loro variabilità ci si rende conto di quanto diversi possano essere i sistemi che controllano la produzione in fase esecutiva, e di come lo SFC possa assumere connotati differenti a seconda del contesto produttivo in cui opera. La difficoltà di dare una definizione coerente e di costruire un quadro di riferimento per un sistema di SFC è infatti connessa con il problema generale e non ancora del tutto risolto di definizione di uno schema interpretativo attraverso cui inquadrare realtà produttive tra loro molto diverse.

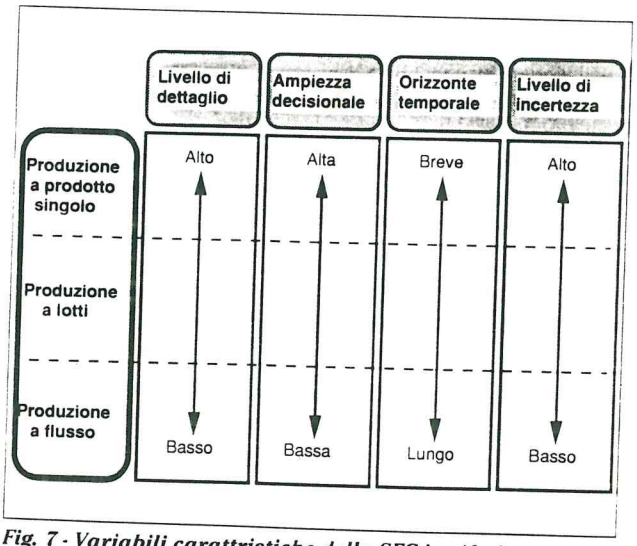


Fig. 7 - Variabili carattristiche dello SFC in riferimento ai tre fondamentali contesti produttivi.

7 – Conclusioni

In questa nota gli autori hanno cercato di proporre un quadro concettuale di riferimento entro cui collocare le attività di Shop Floor Control. Dopo aver dato una definizione generale di SFC sono state descritte più in dettaglio le principali attività svolte dal sistema.

Sono state quindi discusse, con riferimento alle classiche tipologie produttive a flusso, a lotti e a prodotto singolo, importanza e modalità esecutive di queste attività, individuando operazioni svolte in sequenza e operazioni realizzate simultaneamente.

Infine sono state sottolineate quattro variabili caratteristiche dei sistemi SFC e loro criticità in relazione alle tre diverse classi di sistemi produttivi sopra dette.

Data la difficoltà del campo di indagine (legata alla differenziazione dei sistemi operativi), l'individuazione dello schema concettuale dello SFC con evidenza delle criticità delle variabili connesse, risulta significativa se si considera l'esigenza di disporre di chiavi interpretative per governare gli interventi di razionalizzazione e di automazione dell'area produttiva.

■

Bibliografia

AIGI – Associazione Italiana per la Gestione Industriale. *Glossario dei termini di produzione*. 1985

APICS. *Dictionary*, a cura di T.F. Wallace, J.R. Dougherty, Sixth Edition, 1987;

APICS. *Shop Floor Control*, APICS Training Aid, 1979.

Bartholomew G., «Controlling Work Orders on the Shop Floor», *Production Activity Control Reprints*, APICS 1986.

Berger A.W., «Rotational Inventories Gaining Control of the Shop Floor», *Operations Scheduling Seminar Proceedings*, APICS 1979.

Burbidge J.L., *Group Technology*, Mechanical Engineering Publications Ltd., London, 1979.

Cagney J., «Interfacing to the Shop Floor», *Aerospace and Defense Seminar Proceedings*, APICS, September 1985.

Corbet J.T., «Local Area Networks and Shop Floor Data Collection», *P&IM Review*, n.13, December 1985.

Covaro F.S., Oresman S.B., «On-Time Deliveries Start with Centralized Dispatching», *Shop Floor Control Reprints*, APICS 1973.

Da Villa F., *Introduzione ai sistemi produttivi*, Edizioni Progetto, Padova 1987.

Eismann H.W., «Material Control using Line of Balance», *Shop Floor Control Reprints*, APICS 1973.

Foxen R.W., «Scheduling and Loading», *Shop Floor Control Reprints*, APICS 1973.

Froelich W., «On-Line Computerized SFC – A Practical Solution», *Production Activity Control Reprints*, APICS 1986.

Garwood R.D., «Delivery as Promised», *Shop Floor Control Reprints*, APICS 1973.

Gips J., «Hidden Hurdles in the Path of Shop Floor Control», *Production Activity Control Reprints*, APICS 1986.

Golovin J.J., «Beyond MRP: The Coming Revolution on Shop Floor is CAM», *APICS 29th Annual International Conference Proceedings*, 1986.

Griffin K.R., «Job Shop Scheduling», *Shop Floor Control Reprints*, APICS 1973.

Groover M.P., *Automation, Production Systems, and Computer-Aided Manufacturing*, Prentice-Hall 1980.

Hall R.W., *Zero Inventories*, Irwin 1983.

Hanson S., «The Standard Cost Accounting Interface», *Production Activity Control Reprints*, APICS 1986.

Harris D.E., «Relative Critical Ratio: Recognizing Differences in Intrinsic Importance and Priority Between Jobs», *Production and Inventory Management*, First Quarter 1985.

Harty J.D., «Controlling Production Capacity», *Shop Floor Control Reprints*, APICS 1973.

Melnyck S.A., Caerter P.L., Dilts D.M., Lyth D.M., *Shop Floor Control*, Irwin 1985.

Miller G.J., «Shop Floor Control: The Unfulfilled Promise», *APICS 29th Annual International Conference Proceedings* ,1986.

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

Parker B., «Bar Coding: It's for Shop Floor Reporting Too», *Prodution Activity Control Reprints*, APICS 1986.

Pendelton W., «Shop Floor Control for Productivity and Profit», *Production Activity Control Reprints*, APICS 1986.

Perrault A., «The Bottom Line of Shop Floor Control Begin with a Good Data Collection System», *Bar Coding Reprints*, APICS 1983.

Plossl G., Wight O., «Designing and Implementing a Material Requirements Planning System», *Shop Floor Control Reprints*, APICS 1973.

Proud J.F., «Loading and Unloading the Shop Floor in Discrete and Repetitive Environments», *Zero Inventory Philosophy and Practices Seminar Proceedings*, APICS, October 1984.

Putnam A.O., «Scheduling Lot Production», *Shop Floor Control Reprints*, APICS 1973.

Putnam A.O., Everdell R., Dorman G.H., Cronan R.R., Lindgren L.H., «Updating Critical Ratio and Slacktime Priority Scheduling Rules», *Shop Floor Control Reprints*, APICS 1973.

Ridenoure W.S., «Machine Monitoring–The next step in Shop Floor Control», *Planning and Control Seminar Proceeding*, APICS 1982.

Searl H.E., «Operations Sequencing: A Key to Shop floor Control», *APICS 29th Annual International Conference Proceedings*, 1986.

Shipper J., «Achieving Accuracy in Shop Floor Production Reporting», *Production Activity Control Reprints*, APICS 1986.

Stephens J.J., «Accounting and Production Control», *Shop Floor Control Reprints*, APICS 1973.

Stiles E.M., «Controlling a Job Shop with EDP Techniques – A Case Study», *Shop Floor Control Reprints*, APICS 1973.

Thomas G., «Shop Floor Communications Migration Through Intelligent Terminals», *Fall Seminar Proceedings*, APICS 1986.

Vollmann T.E., Berry W.L., Whybark D.C., *Manufacturing Planning and Control Systems*, Irwin 1988.

Wassweiler W.R., «Material Requirements Planning – The Key to Critical Ratio Effectiveness», *Shop Floor Control Reprints*, APICS. 1973.

Wassweiler W.R., «The Impact of MRP on Shop Floor Control», *Material Requirements Planning Reprints*, APICS 1986a.

Wassweiler W.R., «Fundamentals on Shop Floor Control», *Production Activity Control Reprints*, APICS 1986b.

Willoughby B.R., «Automatic Real Time Tracking and Control in the Manufacturing Plant», *Synergy Conference Proceedings*, APICS 1984.

Wight O., «Input/Output Control: A Real Handle on Lead Time», *Shop Floor Control Reprints*, APICS 1973.

1 Si vedano gli schemi proposti da Orlicky (1975) pag. 251, Vollman et altri (1988) pag. 16, APICS (1979) pag. V4. Il grafico di fig. 1 è una rielaborazione degli schemi delle fonti citate.