N° 39
GIUGNO/LUGLIO 1993

LOGISTICA Management

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

CONVEGNO AILOG
COSTI, TEMPO, QUALITA'

APPLICAZIONE
DI UNO SMISTATORE
AUTOMATICO
NEL SETTORE
ABBIGLIAMENTO

SERVIZI LOGISTICI
A VALORE
AGGIUNTO

IL CALCOLO
CENTRALIZZATO
DEI FABBISOGNI

SPED. IN ABB. POSTALE GR. III/70 - LIRE11.900 - EDIZIONI RITMAN S.r.l. - VIA SETTEMBRINI, 35 - 20124 MILANO - ISSN 1120-3587

LOGISTICA Management

Numero 39
Giugno/Luglio 1993

SOMMARIO

EDITORIALE

Dall'auto ai surgelati, modelli organizzativi per la logistica — *di Massimo Merlino* **7**

SERVIZI

Ambiente
Una strategia per il turismo in Italia: apporti e costi per l'ambiente — *di Giulio Aguiari* **21**

Integrazione
La quinta leva del marketing mix — *di T. Le Pera, P. Bianchi* **25**

Magazzino
Applicazione di uno smistatore automatico nel settore abbigliamento — *di Gaetano De Marchi* **31**

Servizi
Servizi logistici a valore aggiunto — **35**

Osservatorio
Parliamo con onestà — *di Alessandro Falchero* **40**

SAGGI

Gestione produzione
Il calcolo centralizzato dei fabbisogni — *di Luigi Redaelli* **42**

Qualità
Qualità ed approvvigionamenti: evoluzione, rivoluzione o semplice rivisitazione — *di Claudio Zuccolotto* **47**

Produzione
Sistemi misti di produzione: Il caso BTicino — *di R. Bagnoli, A Miaocchi, D. Nutini, E. Olivi* **54**

Intelligenza artificiale
Sistemi esperti: un modello decisionale per il lancio degli ordini nelle imprese "Make-to-order" — *di A. De Toni, G. Nassimbeni, S. Tonchia* **62**

Picking
Impiego dell'indice "COI" e della politica "traversal" nella gestione delle operazioni di picking — *di F. Canon, G. Marchet* **68**

RUBRICHE

Pianeta produzione — *di Giancarlo Alesina* **11**

Approvvigionamenti — *di Giuliano Marcenaro* **78**

Risorse umane — *di Giovanni Biscontini* **80**

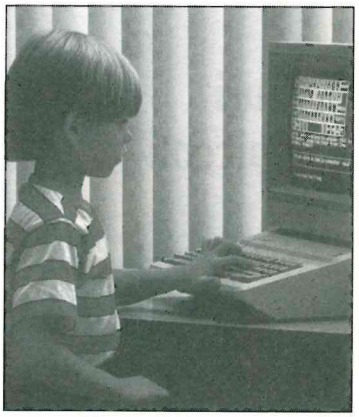
Distribuzione fisica — *di Giovanbattista Marini* **82**

Letture — **84**

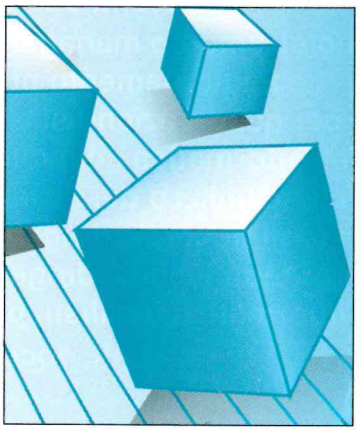
Informazioni aziendali — **85**

Copertina: Per gentile concessione della Fiat Carrelli Elevatori

Pianeta produzione ***11***

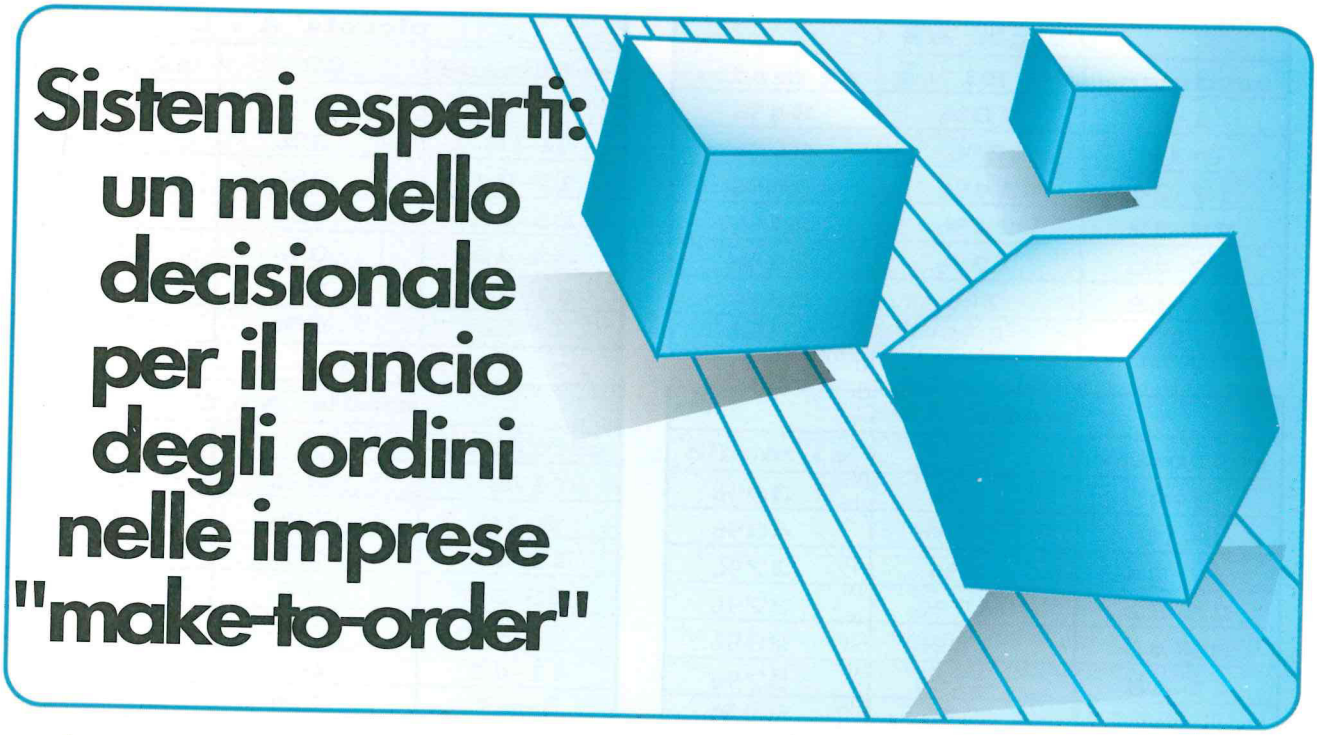


Ambiente ***27***



Intelligenza artificiale ***62***

Sistemi esperti: un modello decisionale per il lancio degli ordini nelle imprese "make-to-order"



Modello logico di un sistema esperto per la schedulazione a capacità finita in contesti produttivi operanti a lotti, con verifica simultanea della disponibilità di materiali e capacità produttiva

A. De Toni, G. Nassimbeni, S. Tonchia

1 Introduzione

In un precedente articolo gli autori hanno delineato i motivi che inducono all'adozione della tecnologia dei Sistemi Esperti (SE) per la soluzione del complesso problema delle decisioni di lancio degli ordini in contesti produttivi "make-to-order" (MTO) operanti a lotti; sono state inoltre presentate le caratteristiche e le funzioni richieste ad un sistema esperto di effettiva utilità nella risoluzione di tali problematiche.

In questa nota gli autori propongono un modello decisionale implementabile in diverse realtà produttive MTO dove la necessità di lavorare a lotti nel rispetto delle date di consegna critica. Il modello ha condotto all'allestimento di un prototipo di SE, realizzato con lo strumento ("shell") GoldWorksII ed in corso di sperimentazione, che intende replicare l'"expertise" posseduta da un responsabile ai lanci oggettivandone il patrimonio di conoscenze ed esperienze.

La prototipizzazione di un simile SE richiede, al fine dell'implementazione della base di conoscenza, la stesura di un modello di funzionamento che:

1. riproduca verosimilmente i processi logici che tipicamente si innescano in corrispondenza delle decisioni in oggetto;
2. si presti ad essere adattato con facilità alle diverse realtà aziendali;
3. sfrutti appieno le potenzialità offerte da questi nuovi sistemi, in particolare la simulazione e la valutazione delle situazioni.

Gli autori propongono un modello che si avvale di regole euristiche per il governo delle priorità, per il coordinamento dei centri, per l'aggregazione degli ordini e per il contenimento del capitale circolante.

La presente nota si articola nel seguente modo:

- descrizione del contesto produttivo;
- presentazione del modello decisionale proposto (cioè il complesso delle regole costitutive);
- descrizione del meccanismo di rischedulazione dinamica;
- applicazione del modello.

A. De Toni, G. Nassimbeni, S. Tonchia
Istituto di Economia ed Organizzazione Aziendale
Università di Udine

2 Il contesto produttivo

Il contesto di applicabilità del modello proposto prevede molte delle situazioni tipiche della produzione a lotti:
reparti o centri di lavoro attraversati in sequenza con dimensioni ottimali dei lotti di lavorazione diverse tra reparto e reparto;
reparti o centri finali di assemblaggio, anch'essi funzionanti a lotti.
In questi contesti produttivi, l'obiettivo prioritario di gestione quello di assicurare un flusso sufficientemente costante in uscita, rispondendo in tempo e nel giusto mix alle richieste dei clienti e nel contempo contenendo la frequenza dei set-up (e quindi assecondando esigenze di efficienza produttiva). Si pensi, per esempio, ai reparti di tintoria e di taglio nell'industria tessile.
La dimensione ottimale dei lotti e i tempi di attrezzaggio e lavorazione variano tra i reparti produttivi: questa variabilità determina asincronismo nell'avanzamento degli ordini. La stima della data di evasione degli ordini (già lanciati o da lanciare) pertanto si complica.
Il contesto produttivo sperimentale (fig. 1) consta di 9 reparti di lavorazione, disposti su tre linee (X, Y e Z), e di 2 reparti finali di assemblaggio (in tratteggio); fra i reparti sono interposti magazzini-polmoni di disaccoppiamento, necessari proprio per fronteggiare l'asincronismo nell'avanzamento degli ordini, e fra ciascun magazzino ed il reparto successivo esiste una coda (battente o "backlog") di lavori, necessaria per saturare costantemente la capacità del reparto stesso.
Si assume che nei vari reparti, costituiti da uno o più centri di lavoro (macchine), venga lavorato un solo lotto per volta.

Gli ordini di lavorazione in coda presso ciascun reparto presentano priorità diverse, dovute alla loro diversa posizione nella coda. Tali lavori corrispondono ad ordini già lanciati in produzione e generalmente hanno priorità di lavorazione sugli ordini ancora da lanciare, per cui la decisione di lancio non modifica la schedulazione dei lavori già in attesa nelle code presso ciascun reparto. Il modello proposto stato sviluppato in modo che si possa o meno ammettere la rischedulazione dinamica degli ordini, compresi quelli già lanciati in produzione: questo consente di venire incontro ad eventuali esigenze d'intervento sulla programmazione produttiva di breve termine, a seguito di ordini urgenti.
Il processo produttivo simulato può venire così sintetizzato. Tre centri di monte accolgono altrettante materie prime e danno inizio alle attività di trasformazione. Il processo prosegue nei centri successivi disposti lungo le tre linee produttive (secondo coefficienti d'impiego resi noti al sistema); i componenti in output vengono poi assemblati nei reparti finali di assemblaggio (si assemblano dapprima i componenti in uscita dalle linee X e Y, poi il sottoassieme così composto viene unito al componente proveniente dalla linea Z).
Ciascun reparto caratterizzato da tre parametri di funzionamento:
- entità del "lotto minimo" ;
- tempo di attrezzaggio (set-up);
- tempo unitario di lavorazione.

Lo stato di attività di ciascun reparto, contenuto in un "frame" della base di conoscenza del SE, viene così descritto:
- tipo di lavorazione in corso;
- numero di unità in corso di produzione;
- numero di unità prodotte in "push", ovvero unità non

Fig. 1 - Il contesto produttivo esaminato.

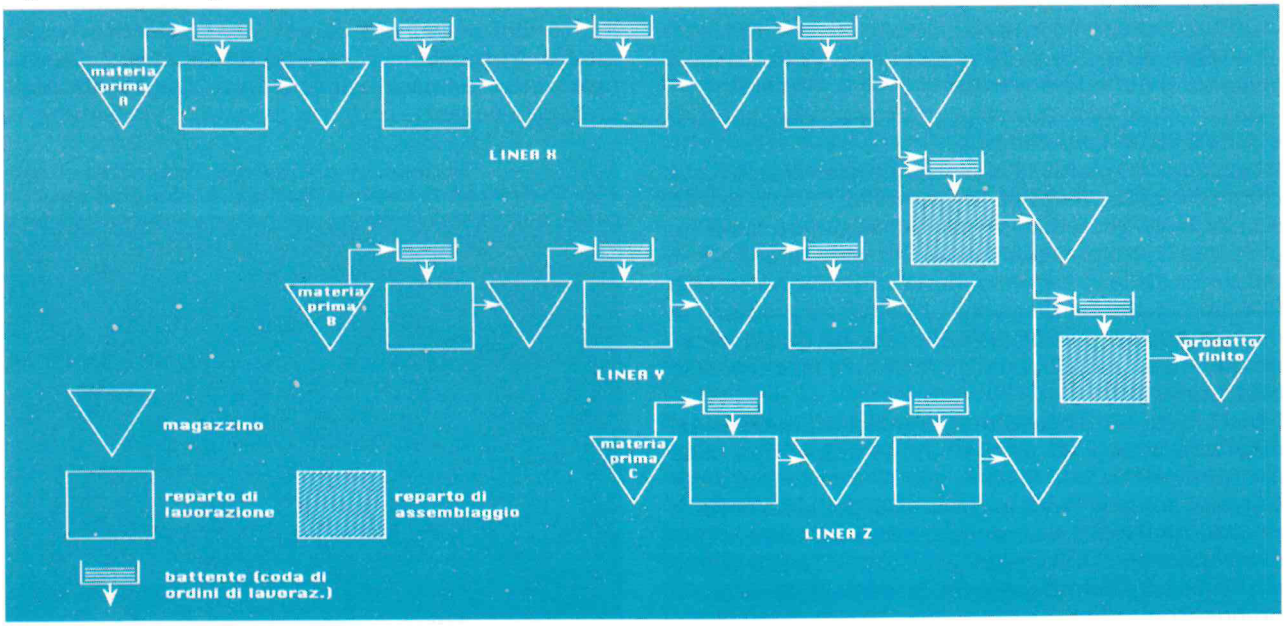
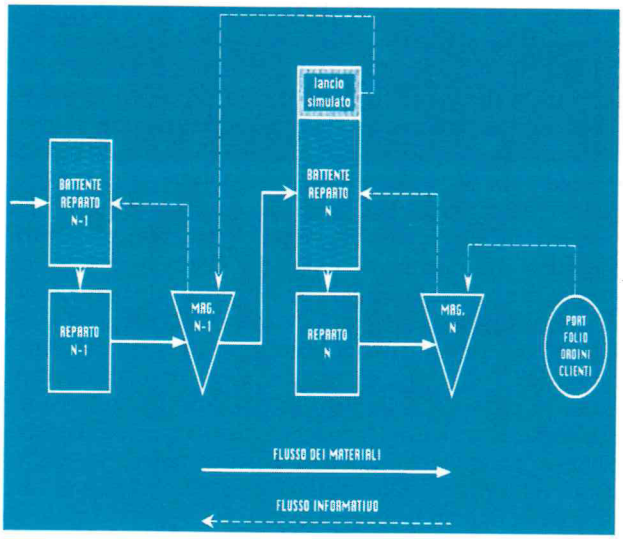


Fig. 2 - Caricamento dei reparti con logica "pull" e simulazione di lancio di un ordine cliente.



prodotte a fronte di fabbisogni (cioè in "pull"), bensì per raggiungere l'entità del lotto minimo (queste unità, proprio perché non fanno riferimento a specifici ordini-clienti, vengono chiamate "unità libere");
- tempo totale richiesto dal lotto in lavorazione;
- tempo necessario per il completamento della lavorazione in corso.

Ciascun deposito intermedio fra i reparti, al pari dei magazzini materie prime e prodotti finiti, viene descritto attraverso:
- i codici dei materiali che vi transitano;
- le quantità presenti, rispettivamente di:

unità già assegnate a specifici ordini;
unità "libere", cioè prodotte "push" ovvero non ancora assegnate ad un ordine.

Il battente di lavoro di ciascun reparto viene descritto, attraverso un "frame", nel seguente modo:
- numero totale dei lavori in coda;
- tempo di lavorazione e di set-up richiesto dal complesso dei lavori in coda;
- unità "libere", con descrizione del tipo, della quantità e della data di disponibilità.

Il computo delle unità già assegnate necessario per il controllo di disponibilità dei materiali, controllo che quindi deve precedere il trasferimento di un lotto presso un reparto. Il computo delle unità "libere" serve invece per l'allocazione di materiali a seguito del lancio di nuovi ordini; le decisioni di lancio in produzione degli ordini del portafoglio determinano quindi il caricamento dei singoli reparti e la data di lancio presso ciascuno di essi.

Il portafoglio-ordini costituito da singole righe d'ordine, con l'indicazione del prodotto finito desiderato, della quantità e della data di consegna. E' interfacciato con un archivio-codici e un archivio-cicli per la raccolta di informazioni relative ai componenti necessari e ai cicli di lavorazione di tali componenti. Il portafoglio-ordini costituisce il punto di partenza del modello decisionale proposto.

3 Il modello decisionale per il lancio degli ordini di produzione mediante un sistema esperto

Il punto di partenza del modello decisionale proposto coincide con il calcolo del tempo di "slack" (differenza fra tempo mancante alla consegna e tempo mancante al completamento), per ogni singola riga d'ordine del portafoglio-ordini-clienti. Questo calcolo viene effettuato considerando tutte le informazioni disponibili sullo stato dei reparti, dei magazzini, delle code e del portafoglio-ordini (ad es.: lavorazioni in corso ed in attesa presso i reparti, disponibilità e livelli dei magazzini, date di scadenza, ecc.). Viene lanciato in produzione l'ordine con "slack" minimo. Il lancio avrà come conseguenza:

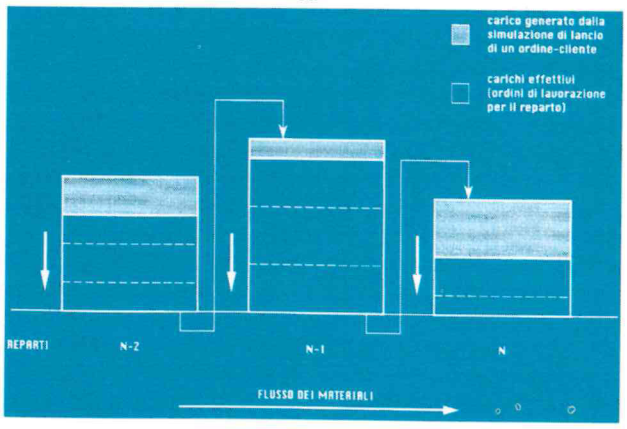
l'impegno di semilavorati "liberi" (disponibili nei depositi intermedi o nel battente di lavoro dei reparti, ma non assegnati ad altri ordini);

la richiesta di materiali lavorati a partire dai reparti di valle del sistema produttivo, secondo una logica "pull";

il conseguente ulteriore caricamento dei reparti di monte a seguito dei fabbisogni di cui sopra, con lavorazioni che vengono inserite prima oppure dopo di quelle di ordini già lanciati, a seconda che si tenga conto o meno di priorità dovute ad una specificata urgenza (trattasi di priorità diverse da quella derivante dalla semplice posizione nella coda, per esempio possono essere dovute ad un cliente particolare).

Nei paragrafi che seguono, per semplicità espositiva, verranno dapprima esaminate le modalità di calcolo dello "slack" supponendo il contesto produttivo costituito da una sola linea comprendente più reparti in sequenza e senza rischedulazione degli ordini già lanciati. Successivamente verrà considerato il caso di più linee, sempre in assenza di rischedulazione. Verrà infine esaminato il problema della rischedulazione degli ordini già lanciati, allorché l'ordine con lo "slack" minimo fra quelli del portafoglio-ordini da lanciare ha uno "slack" inferiore anche a tutti o ad alcuni degli ordini già lanciati.

Fig. 3 - Carichi di lavoro effettivi e di simulazione.



3.1 - Linea di produzione costituita da reparti funzionanti a lotti

Il carico di lavoro dei reparti

Il processo che, in modalità simulativa, conduce al calcolo del tempo di "slack" avviene nel seguente modo. Il passo iniziale consiste nel caricamento simulato dei reparti in conseguenza del lancio di un certo ordine (fig. 2):
- ciascun ordine del portafoglio induce una ricerca nel magazzino prodotti finiti (MAG. N) e successivamente fra le unità "libere" del battente di lavoro, o coda di ordini di lavorazione, del reparto immediatamente precedente (REP. N), allo scopo di soddisfare le richieste in esso contenute;
- qualora da questa ricerca risulti ancora un determinato fabbisogno, si simula il lancio presso il reparto suddetto (REP. N), come "p+1"-esima lavorazione delle "p" già in coda;
- questo lancio deve avvenire secondo la logica del "lotto minimo" e dev'essere calcolato il tempo d'impegno del reparto dato dal tempo unitario per l'entità del lotto (maggiore o uguale del lotto minimo) più eventualmente il tempo di cambio di attrezzaggio;
- l'avvenuta simulazione di lancio su questo reparto (REP. N) determina la ricerca dei materiali da lavorare nel magazzino a monte del reparto stesso (MAG. N-1) ed eventualmente fra le unità "libere" del battente del reparto immediatamente precedente (REP. N-1);
- si continua con questa logica procedendo lungo il sistema produttivo da valle a monte (fino ai magazzini delle materie prime), pervenendo alla simulazione dell'impegno di materiali e della definizione dei carichi sui reparti relativi all'eventuale lancio di quell'ordine.

In fig. 2 il battente di lavoro di un reparto rappresentato da un'area proporzionale alla somma delle ore di lavoro richieste dagli ordini di lavorazione in coda presso quel reparto.
La situazione che si ottiene alla fine di questo processo illustrata in fig. 3 (ipotizzando per semplicità una linea di produzione costituita da tre reparti, N=3): ogni

Fig. 5 - Utilizzo di "carichi supplementari" nella schedulazione dei lotti di lavorazione.

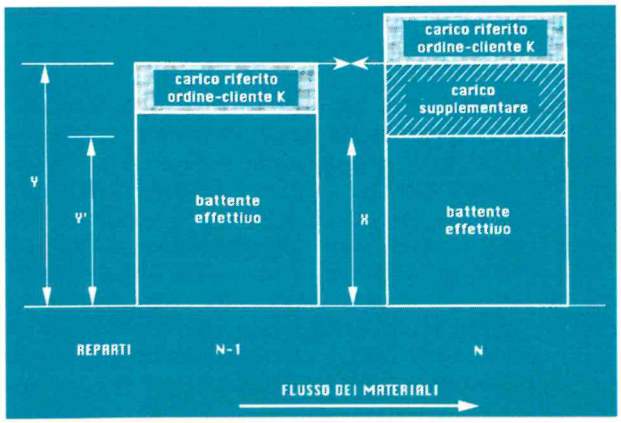
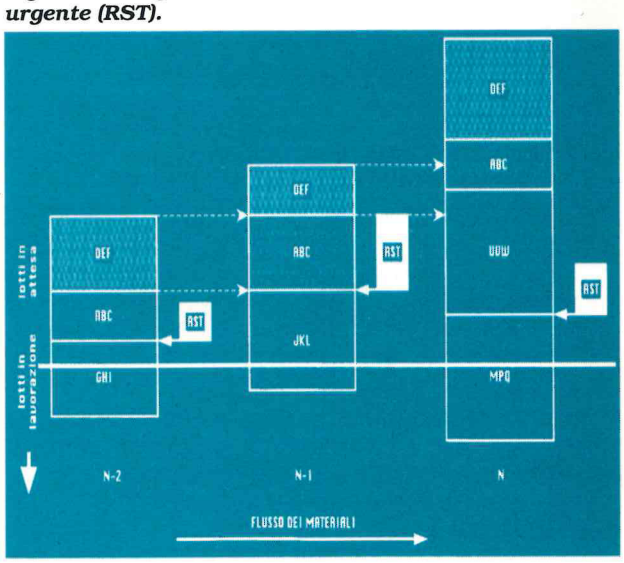


Fig. 5 - Conseguenze del lancio di un ordine-cliente urgente (RST).

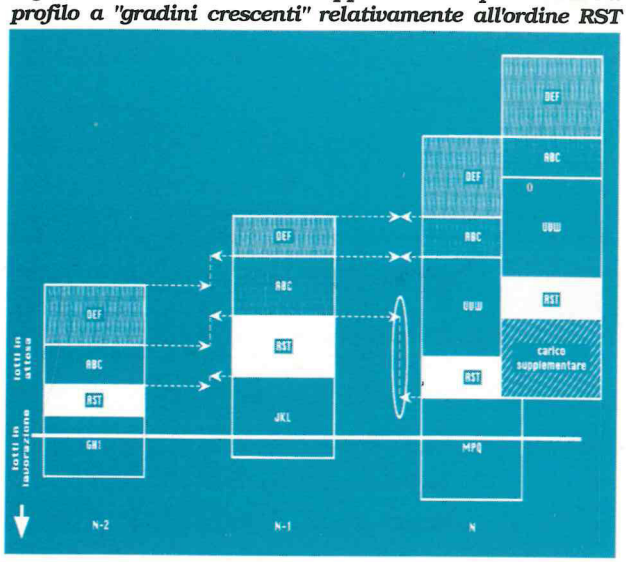


reparto rappresentato dal suo carico di lavoro costituito dagli ordini-cliente già effettivamente lanciati (convertiti in ordini di lavorazione presso ciascun reparto) e dal carico relativo all'ordine-cliente oggetto di simulazione: quest'ultimo carico posto in alto in quanto si ipotizza che la "catasta" o "pila" di lavorazioni si svuoti a partire dal basso (esso ha dunque priorità inferiore).

La schedulazione degli ordini

Una volta effettuata la simulazione di carico conseguente al lancio di un ordine, necessario predisporre, ai fini del calcolo del tempo di "slack", la schedulazione di quell'ordine, ovvero la definizione delle date di inizio e fine lavorazione presso tutti i reparti della linea produttiva. Poiché l'inizio della lavorazione di un ordine in un reparto vincolato dal completamento dei semilavorati lanciati per quell'ordine nel reparto immediatamente a monte, risulta evidente che l'unica situazione ammissibile quella "a gradini crescenti" dei carichi, da monte a valle del sistema produttivo.
I problemi insorgono allorché questa situazione non si verifica, ovvero i reparti di valle non ricevono in tempo i materiali da lavorare (fig. 4): se X il carico di lavoro (in unità di tempo) del reparto N, trascorso il tempo X senza che siano avvenuti ulteriori lanci, il reparto N ha lavorato Y' dei semilavorati di N-1 (Y'=X), si trova senza lavoro ed attende il versamento dei lotti ancora in lavorazione o in attesa nel reparto N-1 (Y-Y' unità temporali). E' necessario allora fare in modo che la data di inizio della lavorazione dell'ordine di cui si testa il lancio (ombreggiato in fig. 4) sia, in ogni reparto, successiva alla data di completamento dei semilavorati afferenti allo stesso ordine nel reparto immediatamente precedente. La soluzione - assumendo come prioritaria l'esigenza di saturare la capacita produttiva - va ricercata "alzando" i carichi di lavoro dei centri di valle fino a ricreare un profilo "a

Fig. 6 - Ricorso ad un "carico supplementare" per ricreare il profilo a "gradini crescenti" relativamente all'ordine RST



gradini crescenti" per gli ordini di lavorazione riferiti ad uno stesso ordine-cliente in reparti successivi.
I "carichi supplementari" (di cui uno evidenziato in tratteggio in fig. 4) necessari a ricreare il suddetto profilo non sono connessi a fabbisogni indotti da un ordine specifico (sono cioè "push" e non "pull") ma sono legati alla necessità di saturare la capacità produttiva del reparto, e vanno perciò attentamente gestiti. Tali carichi devono essere maggiori o uguali al lotto minimo, per cui non necessariamente il termine della lavorazione di un ordine in un reparto coincide con l'inizio della lavorazione di quell'ordine presso il reparto successivo: se l'entità del carico supplementare necessario a creare il "gradino" inferiore al lotto minimo, dovendo comunque lavorare con lotto minimo, l'inizio della lavorazione nel reparto successivo non coincide con il termine della lavorazione nel reparto precedente, ma avviene dopo aver lavorato il lotto minimo del carico supplementare.

Il calcolo del tempo di "slack" e la decisione di lancio degli ordini

Il calcolo del tempo di "slack" di un'ordine si traduce nel computo della differenza fra il numero di giorni mancanti alla data di consegna ed il numero di giorni di carico-lavoro dell'ultimo reparto di valle (per la stessa configurazione "a gradini" crescente di cui si è detto). Se questo valore negativo, impossibile evadere l'ordine in tempo; il valore, considerato in termini assoluti, fornisce inoltre una misura del ritardo.
La priorità di lancio spetta in genere agli ordini con lo "slack" più basso. Non necessariamente, tuttavia, l'ordine con lo "slack" minimo viene lanciato per primo: sulla decisione di lancio pesano diversi fattori, gestiti da una serie di regole che rendono la procedura del caricamento simulato dei reparti solamente un punto di partenza. In particolare sono previste delle regole che inibiscono il lancio effettivo qualora:
i "carichi supplementari" che si rendessero necessari superano un certo valore globale, o in riferimento a reparti "critici" (ovvero prevarrebbe una logica "push", con lanci non a seguito di effettivi fabbisogni);
i livelli di unità "libere" nei magazzini intermedi, nonché il quantitativo di unità "libere" presenti nei battenti di lavoro dei reparti, superano una certa soglia (per cui preferibile lanciare ordini che comunque impegnino queste unità ovvero ordini che richiedano materiali e semilavorati del

Fig. 7 - Esempio di regola in LISP.

```
(DEFINE-RULE XiWORK
   (:PRIORITY -200)
 (RBQXi ?ORDER ?TYPE ?QTY)
 (Xi ?TYPE ?AMM ?NAL ?TT ?RT)
 (UNKNOWN
    (RBQYj ?ORDER ?H ?K))
 (BACKXiP1 OK)
 (INSTANCE Xi IS CENTER
            WITH MIN-LOT ?ML
            WITH UNIT-RUN-TIME ?URT
            WITH SET-UP-TIME ?SUT)
 (>= ?QTY ?ML)
 (TOTEXEBACKXi ?TEBXi)
 (OR
    (AND
       (= ?AMM 0)
       (BIND ?CALC1
          (+ ?TEBXi
             (+ ?SUT
                (* ?URT ?QTY)))))
    (AND
       (/= ?AMM 0)
       (BIND ?CALC1
          (+ ?TEBXi
             (* ?URT ?QTY)))))
 (EXECOUNTXi ?COUNT)
 (BIND ?CALC2
 (+ ?COUNT 1))
    THEN
 (TOPXi ?ORDER ?CALC1 ?CALC2)
 (DOWNXi ?ORDER ?TEBXi ?CALC2)
```

tipo delle unità "libere").
Questi valori di soglia sono desunti dall'esperienza e sono facilmente modificabili nel SE. Il ricorso a tali valori intende assecondare esigenze di efficienza produttiva: il lancio dell'ordine con lo "slack" minimo può infatti non conciliarsi con un impiego soddisfacente delle risorse.

3.2 - Linee di produzione con reparti funzionanti a lotti e reparti finali di assemblaggio

Il calcolo del tempo di "slack" e la decisione di lancio degli ordini

Nel caso di più linee confluenti in reparti terminali di assemblaggio, la situazione si complica. Il tempo di "slack" dato in questo caso dalla differenza fra il numero di giorni mancanti alla data di consegna promessa ed il numero di giorni di carico di lavoro del reparto, fra quelli di valle di ogni linea (chiamati X(M) e Y(N)) col carico più elevato. Le alternative che si presentano sono allora due:
1) un caricamento dei reparti delle due linee più veloci "al più presto";
2) un caricamento dei reparti delle due linee più veloci "al più tardi".
Nel primo caso le linee più lente versano a magazzino dei componenti che dovranno attendere il completamento dei componenti dello stesso ordine nella linea più lenta.
Esempio: ipotizzando lotti uguali corrispondenti a 4 ore di lavorazione, ed il reparto terminale di lavorazione Y(N) con carico di 5 lotti schedulati a fronte di 3 lotti per il reparto terminale X(M), i componenti destinati all'assemblaggio e provenienti dalla linea X dovranno attendere per un tempo pari a 8 ore (2 lotti da 4 ore/lotto) il completamento dei componenti provenienti dalla linea Y, cioè dal reparto Y(N).
Per evitare attese eccessive, si può inibire il lancio effettivo dell'ordine se i magazzini finali presentano un valore "cumulato di attesa" (definito come nx di unità per tempo unitario di attesa) superiore ad un valore ritenuto accettabile.
Nel secondo caso, si fa in modo che tutte le componenti vengano versate al reparto di assemblaggio nel medesimo istante; i reparti di lavorazione con carico più basso (cioè le linee più veloci) necessitano allora di "carichi aggiuntivi", carichi conseguenza di lanci "push" cioè non a seguito di ordini-clienti. Per questi "carichi aggiuntivi" si può prevedere un valore massimo superato il quale l'ordine in oggetto non può essere lanciato.

3.3 - Meccanismo di rischedulazione dinamica

La gestione di un ordine urgente con priorità di lavorazione sui restanti, compresi quelli già lanciati in produzione, pone il problema della modifica della precedente schedulazione riguardante gli ordini lanciati e quindi i tempi di evasione degli stessi. La lavorazione del lotto urgente preceder quella relativa a tutti gli ordini in coda presso un reparto. Il tempo d'attesa dell'ordine urgente coincide allora con il tempo richiesto per il completamento del lotto in corso di lavorazione presso i reparti coinvolti.
Nel grafico rappresentativo dei carichi di lavoro dei reparti (fig. 5) il lotto urgente (RST) va inserito immediatamente sopra ai lotti in corso di lavorazione, che sono uno per ogni reparto (GHI, JKL, MPQ)
L'inserimento del carico urgente nel battente dei reparti coinvolti può sovvertire l'andamento "a gradini crescenti" predisposto dalla precedente schedulazione. Nella maggior parte dei casi bisogna intervenire, qualora si debba saturare la capacità produttiva, inserendo un ulteriore "carico supplementare".
In fig. 6 riportata una situazione di questo tipo. Infatti, dopo l'inserimento prioritario di RST (e quindi con modifica della situazione illustrata in fig. 5), il reparto N si trova a dover iniziare la lavorazione del lotto RST quando il lotto stesso non stato ancora rilasciato dal reparto di monte N-1. Si può osservare, nella stessa fig. 6, come la schedulazione dei lotti relativi agli altri ordini (ad esempio ABC) non presenti invece problemi: anche dopo l'inserimento di RST le date di versamento di ogni ordine sono identiche o antecedenti le date di inizio-lavorazione nei reparti di valle.
Una rischedulazione dinamica di questo tipo assicura un corretto avanzamento del WIP (work-in-progress) nonostante le eventuali distonie temporali provocate dall'inserimento di un lotto urgente nella programmazione produttiva.
Priorità dell'ordine ed entità dei "carichi supplementari" sono variabili tra loro collegate: l'inserimento nella programmazione produttiva di un lotto urgente può comportare la creazione consistente di "carichi supplementari". Il responsabile dei lanci si trova allora innanzi a due obiettivi non conciliabili: rispettare l'urgenza e garantire l'immediato avanzamento in produzione dell'ordine considerato o invece rinunciare a tale priorità al fine di contenere i "carichi supplementari"? Questi ultimi, infatti, implicano la lavorazione di materiali non a fronte di effettivi fabbisogni (logica "push") e quindi preferibile un loro contenimento. Il modello applicativo prevede l'utilizzo di una regola che fissa una soglia nell'ammontare complessivo dei "carichi supplementari". Nel caso i "carichi supplementari" superino il valore-soglia, il modello applicativo può inibire l'assegnazione di priorità ad un'ordine oppure moderarla: un'altra regola valuta l'eventualità di lavorare l'ordine non subito dopo l'ordine in corso di lavorazione, ma dopo altri ordini in attesa (comunque non ultimo in coda). All'ordine in oggetto viene in questo caso attribuita una priorità non assoluta ed i "carichi supplementari" indotti dall'ordine si collocano entro il valore-soglia.

4 Applicazione del modello proposto e conclusioni

La modellizzazione proposta stata tradotta in "frames", liste e regole del tipo IF_THEN_ e costituisce la base di conoscenza di un SE costruito con lo strumento ("shell") GoldWorksII (Gold Hill Inc., MA). Lo stato dei reparti, i battenti di lavoro e i parametri di funzionamento del contesto produttivo esaminato sono descritti secondo "frames"; lo stato dei magazzini ed il portafoglio-ordini rappresentato secondo liste. La logica di funzionamento descritta da circa 200 regole. Un esempio di regola riportato in fig. 7. Le uniche interfacce per ora previste connettono il SE ad archivi-codici ed archivi-cicli. La fase successiva alla prototipizzazione consentir l'interfaccia del SE con programmi scritti in linguaggi tradizionali per la gestione efficiente di alcune parti del ragionamento (ad esempio, utilizzando chiamate ricorsive). Il modello, la cui implementabilità permessa dalla tecnologia dei SE basati su regole, propone un modo nuovo di risolvere alcuni problemi tipici della produzione a lotti. Il calcolo del fabbisogno di materiali di un classico sistema MRP (Material Requirements Planning) - effettuato esplodendo la distinta base e considerando i lead times medi di produzione - non sempre conduce a risultati in sintonia con quelli prodotti successivamente dalla CRP (Capacity Requirements Planning). Il modello proposto può porsi invece come un'interessante alternativa alle applicazioni classiche MRP-CRP, perché determina contemporaneamente - calcolando i tempi effettivi di coda - i fabbisogni di materiali, i fabbisogni di capacità produttiva e la schedulazione di dettaglio. E' la dinamicità temporale delle code, conseguenza dell'asincronismo nell'avanzamento degli ordini, che mette in crisi in questi contesti produttivi algoritmi tradizionali del tipo MRP. L'MRP prevede la nettificazione dei fabbisogni dei materiali, con approvvigionamento al più tardi, sulla base di tempi medi stimati e non sulla base di tempi reali che sono funzione appunto della situazione dinamica delle code. In tali contesti il tempo effettivo può differire di molto dal tempo medio e quindi un calcolo MRP deve continuamente essere confrontato con la disponibilità di capacità produttiva e le priorità degli ordini; pertanto le decisioni finali sono di fatto rimandate al responsabile esecutivo dei lanci.
Il prototipo di SE che implementa il modello proposto in corso di sperimentazione. Presenta vantaggi nella semplicità di stesura delle regole e nel loro inserimento nella base di conoscenza. Benché i primi risultati forniti dal prototipo rispondano alle aspettative, resta ancora da valutare attentamente il rapporto costi/benefici rispetto al ricorso tradizionale all'esperto umano, allorché si volesse uscire dalla fase prototipale. Va aggiunto infine che molte delle potenzialità delle soluzioni proposte sono legate all'evoluzione degli strumenti di supporto (ad esempio, la predisposizione di "shell" che permettano di lavorare con più linguaggi di programmazione). Lavorare con "lotto minimo" di specificata entità significa che tutti i lanci degli ordini di produzione devono prevedere una dimensione del lotto di lavorazione maggiore o uguale a tale entità, anche se i fabbisogni richiesti fossero inferiori. Ad esempio: con un lotto minimo di 100, a fronte di fabbisogni pari ad 80 si lanciano comunque 100 pezzi, mentre a fronte di fabbisogni pari a 120 si lanciano 120 pezzi.