LA PROGRAMMAZIONE OPERATIVA
o
SCHEDULING

lucidi a cura di Andrea Sianesi

Contenuto

- Tradurre gli ORDINI di PRODUZIONE (intesi come decisioni di effettuare in determinati periodi certe produzioni) in ORDINI DI PRODUZIONE OPERATIVI (intesi come decisioni di effettuare in determinati momenti le necessarie operazioni produttive su determinati centri di lavoro o macchine)

Le decisioni

- ALLOCAZIONE delle operazioni ALLE varie RISORSE PRODUTTIVE ("con che cosa produrre")
- ALLOCAZIONE NEL TEMPO ("quando produrre")
- SEQUENZIAMENTO DEI LAVORI SULLE RISORSE PRODUTTIVE ("in che ordine produrre")

I vincoli

- di Capacità
  - macchine, linee, disponibilità manodopera
- Tecnologici
  - sovrapposizioni di fase, lotti tecnici, soste tecnologiche, sincronizzazioni
- di Sequenza
  - attrezzaggio a matrice, sequenze fisse predefinite, campagne
- di Disponibilità materiali
  - disponibilità on hand, ordini rilasciati, ecc.
- Organizzativi

Le ipotesi

- la disponibilità delle risorse è nota
- una sola risorsa critica
- job e cicli definiti
- tutti i job devono essere compiuti
- tempi di trasporto e buffer trascurabili
- un job alla volta su ogni macchina
- costi di mantenimento trascurabili

Classificazione dei modelli

- in base al sistema produttivo
- in base agli obiettivi
- in base al tipo di tecnica risolutiva

Classificazione in base al sistema produttivo

- macchina singola
- macchine parallele identiche
- macchine parallele generiche
- flow shop
- job shop
- job shop con magazzino a valle

Modalità produttive prodotto e processo

	Flusso Continuo	A lotti
Discreto	**PROCESSI DISCRETI A FLUSSO** **automobili** **elettrodomestici** **computer**	**PROCESSI DISCRETI A LOTTI** **macchine utensili** **meccanica varia** **abbigliamento**
Continuo	**PROCESSI CONTINUI A FLUSSO** **chimica base** **siderurgia** **cemento**	**PROCESSI DISCRETI A LOTTI** **alimentare** **farmaceutico** **cartiere**

Gli obiettivi specifici

Affidabilità/realismo del piano e quindi delle date di consegna	Verificare capacità risorse critiche Valutare vincoli (es. attrezzaggio) Verificare disponibilità materiali e componenti
Ottimizzazione risorse critiche	Definizione sequenze “ottimali” Gestione vincoli specifici
Riduzione lead times e WIP (NB: a volte non esplicitato)	Gestione ottimale di: - lancio in produzione (loading) - servizio alle code (routing/sequencing)
Integrazione fasi di pianificazione e gestione operativa (miglioramento procedure: costi e tempi di gestione)	inserire anello mancante tra sistemi MRP e raccolta dati dal campo
Supportare “IL” programmatore alle prese con mix più variabili, ordini più frammentati e domanda più dinamica	gestire al giusto livello di dettaglio “fare velocemente i calcoli sulla base delle scelte e forzature dell’operatore”

I gradi di libertà da gestire

Modifica delle date (anticipi e ritardi)	→	**in funzione priorità commerciali o degli appuntamenti a valle**
Modifiche di orario (turni, straordinari, festività, intrareparto)	→	**in funzione del "costo" e dei tempi tecnici di attivazione**
Utilizzo Terzisti	→	**in funzione del "costo", della qualità e dei tempi tecnici di attivazione**
Alternative di ciclo e/o di routing	→	**in funzione di fattori tecnici e qualitativi**
Lottificazione	→	**in funzione delle possibilità tecniche e della tempificazione dei fabbisogni**

Classificazione in base agli obiettivi

- lateness $L_j = C_j - d_j$
- tardiness $T_j = \max [0, L_j]$

- flowtime $F_j = C_j - I_j$
- makespan $MAK = \max[C_j] - \min[I_j]$

Classificazione in base agli obiettivi

Medio lateness $$LM = \frac{\sum_j L_j}{N}$$

Medio tardiness $$TM = \frac{\sum_j T_j}{N}$$

Medio flowtime $$FM = \frac{\sum_j F_j}{N}$$

Classificazione in base agli obiettivi

Numero job in ritardo $NT = \sum_j \delta(T_j)$

dove $\delta(T_j) = 1$, **se** $T_j > 0$,

$\delta(T_j) = 0$, **se** $T_j = 0$

Classificazione in base agli obiettivi

Coefficiente di saturazione medio:

$$TSM = \frac{\sum_{1}^{M}\sum_{1}^{N} t_{ij}}{M * MAK}$$

Classificazione in base al tipo di tecnica

- metodi di ottimizzazione analitici
- metodi di ottimizzazione algoritmici
- metodi euristici (interattivi/non)
- sistemi esperti, agenti autonomi,..
- simulazione

Classificazione in base al tipo di tecnica

- TECNICHE DI OTTIMIZZAZIONE
  - Consentono l'ottenimento della miglior soluzione possibile in rapporto all'obiettivo posto ed ai vincoli considerati. Si distinguono le seguenti categorie:
    - metodi ANALITICI: forniscono la soluzione ottima attraverso la risoluzione di una formula, o un sistema di equazioni (algebriche o differenziali). Si suddividono a loro volta, a seconda della natura delle variabili decisionali, in:
      - metodi CONTINUI, che prevedono la ricerca delle soluzioni in un dominio continuo delle variabili decisionali. A seconda della natura delle equazioni risolutive essi possono essere algebriche o differenziali; esempi di applicazioni: teoria del controllo.
      - metodi DISCRETI, che svolgono la ricerca delle soluzioni in un dominio discreto delle variabili decisionali.

Classificazione in base al tipo di tecnica

- metodi ALGORITMICI: si sviluppano attraverso l'esecuzione sistematica di una serie di passi organizzati in un algoritmo. Si distinguono:
  - metodi ENUMERATIVI, che permettono il raggiungimento della soluzione ottima confrontando tra loro le soluzioni accettabili e scegliendo la migliore. Esistono metodi espliciti (tutte le soluzioni accettabili sono esplicitamente esaminate) ed impliciti (si esaminano solo le soluzioni che potrebbero essere ottimali); esempi di applicazione: BRANCH & BOUND, PROGRAMMAZIONE DINAMICA
  - metodi DI CALCOLO, che pervengono alla soluzione ottimale attraverso l'utilizzo di opportune tecniche risolutive di calcolo numerico; esempi di applicazione: METODO DEL SIMPLESSO.

Classificazione in base al tipo di tecnica

- METODI EURISTICI
  - Non assicurano l'ottenimento della soluzione migliore in rapporto all'obiettivo posto. Assicurano invece l'ottenimento di una soluzione ragionevolmente buona in relazione a tale obiettivo. Si distinguono le seguenti categorie:
    - metodi per SOSTITUZIONE DI OBIETTIVI. Operano la sostituzione dell'obiettivo posto con un secondo obiettivo, che abbia una dipendenza dalle variabili decisionali meno complessa; esempio: si massimizza il bilanciamento dei carichi invece di minimizzare il makespan

Classificazione in base al tipo di tecnica

- metodi MIOPI. Si basano sull'ipotesi che trascurare alcune delle interazioni tra variabili non peggiori in modo rilevante la bontà del risultato trovato. Si distinguono metodi:
  - miopi RISPETTO ALLO SPAZIO, che esplorano solo alcune delle soluzioni alternative accettabili (neighborhood search);
  - miopi RISPETTO AL TEMPO, scindono il probelma in sottoproblemi più semplici, che vengono risolti separatamente ricercando ogni volta la soluzione ottima sino a quel momento (hill-climbing).

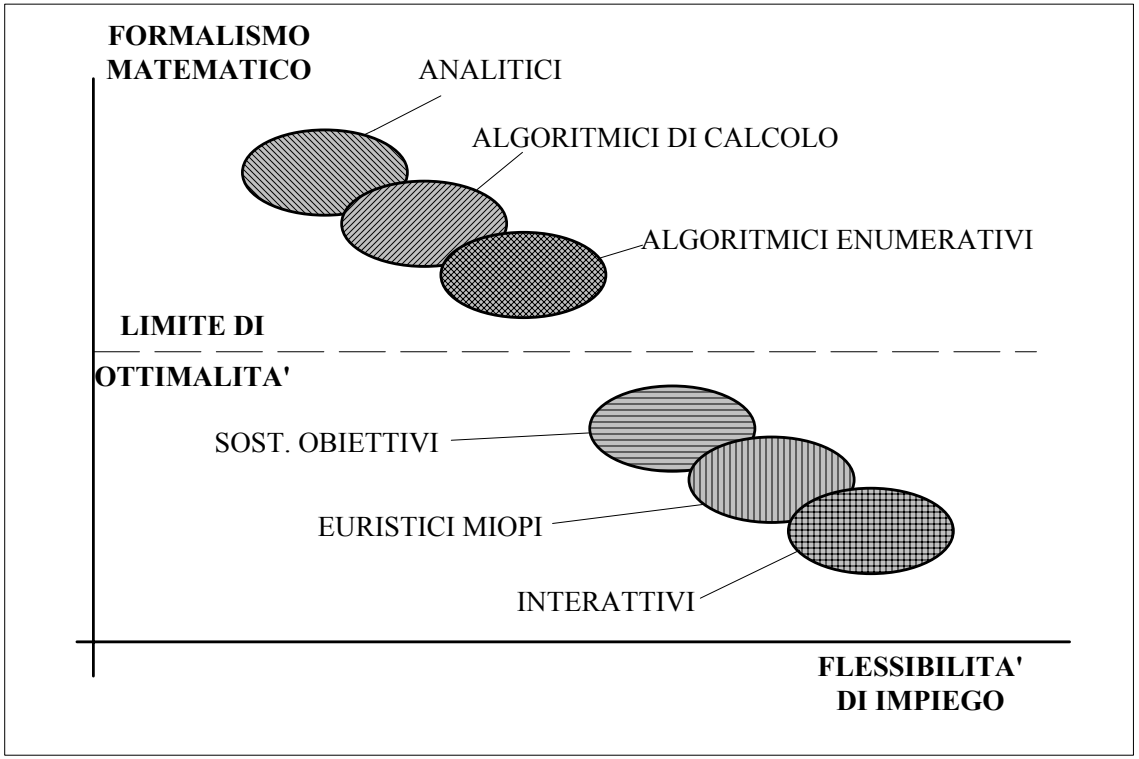
Classificazione in base al tipo di tecnica

- Metodi INTERATTIVI.
  - Si basano sulla costruzione progressiva di una soluzione attraverso l'intervento umano. Possono prevedere un supporto informativo, in grado -ad esempio- di avvertire il pianificatore se le decisioni via via prese non sono compatibili con i vincoli del problema e di valutare via via la bontà della soluzione identificata;

Approcci risolutivi

- due grandi classi:
  - Approcci di **programmazione operativa**. Questi approcci cercano di risolvere a priori e completamente i 3 problemi dello scheduling (con cosa, quando ed in che ordine produrre). Vengono cioè realizzati una volta per tutte dei piani produttivi di grande dettaglio.
  - Approcci di **controllo della produzione** (o regole di carico). Questi approcci si propongono di operare le scelte produttive di breve termine via via che queste sono richieste, con il fine di muoversi nella direzione dell'obiettivo prescelto. Questi approcci sono quasi sempre di tipo euristico.

Confronto tra le tecniche



I sistemi di scheduling

CLASSIFICAZIONE IN FUNZIONE DEL SISTEMA FISICO		CLASSIFICAZIONE IN FUNZIONE DEL MODELLO LOGICO	
ELEMENTI DI CLASSIFICAZIONE	ALTERNATIVE	ELEMENTI DI CLASSIFICAZIONE	ALTERNATIVE
obiettivo	– efficacia/efficienza	**sistema di controllo**	– gerarchico/distribuito
caratteristiche tecnologiche	– livello di automazione (risorse ad grado di automazione, risorse semiautomatiche, risorse manuali); – tipologia di sistema produttivo (macchina singola, macchine parallele, job shop, flow shop)	**approccio al problema**	– automatico/interattivo
caratteristiche del prodotto	– tipologia di mix (ampiezza e omogeneità); – complessità della struttura (prodotto «semplice», prodotto «complesso»)	**tecnica risolutiva**	– ottimizzazione/ euristico
flusso/processo	– flusso continuo o intermittente – processo continuo o intermittente		

Le ere di sviluppo

- **Era / obiettivi**
  - "**C.I.M.**",
    - ottimizzazione globale
  - "**Euristica**",
    - trovare soluzioni "buone" e funzionanti
  - "**Virtual manufacturing**"
    - mutuare soluzioni adottate per altri problemi
  - "**Interattivi**"
    - "Supportare" il decisore
- **Problemi**
  - "**C.I.M.**"
    - solo in casi semplici
  - "**Euristica**"
    - staticità della soluzione al variare del contesto
  - "**Virtual manufacturing**"
    - temi di ricerca affascinanti, applicazioni solo prototipali
  - "**Interattivi**"
    - integrazione con il restante sistema informativo

Le ere di sviluppo

ERA	CONTROLLO	APPROCCIO	TECNICA
CIM	gerarchico	automatico	di ottimizzazione o euristica
Euristici	gerarchico	automatico	euristica
Virtual Manufact.			
Intelligenza artificiale	gerarchico	automatico	euristica
reti neurali	gerarchico	automatico	euristica
algoritmi genetici	gerarchico	automatico	euristica
agenti autonomi	distribuito	automatico	euristica
Schedulatori interattivi	distribuito (delega all'operatore)	interattivo	euristica + operatore

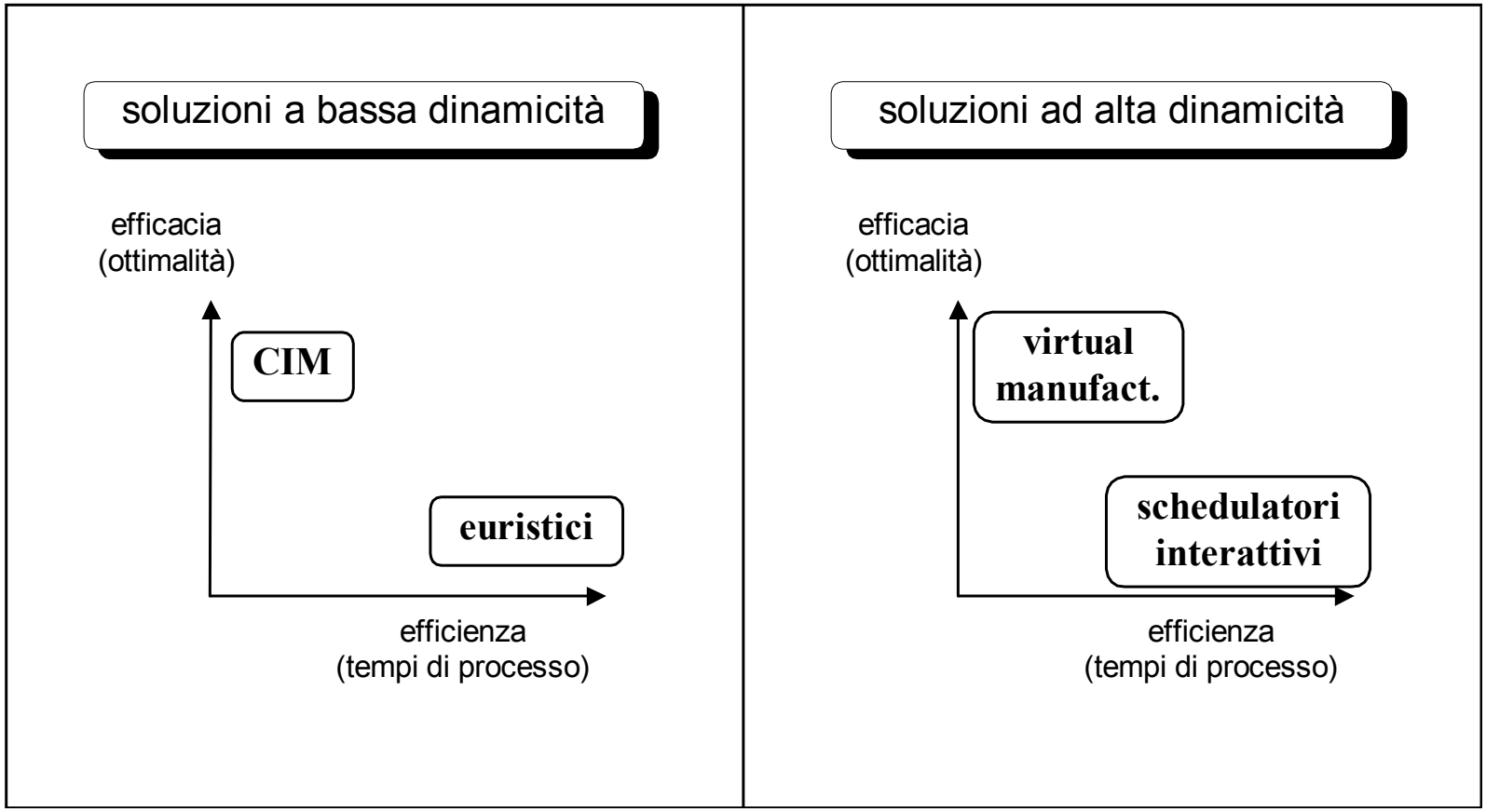
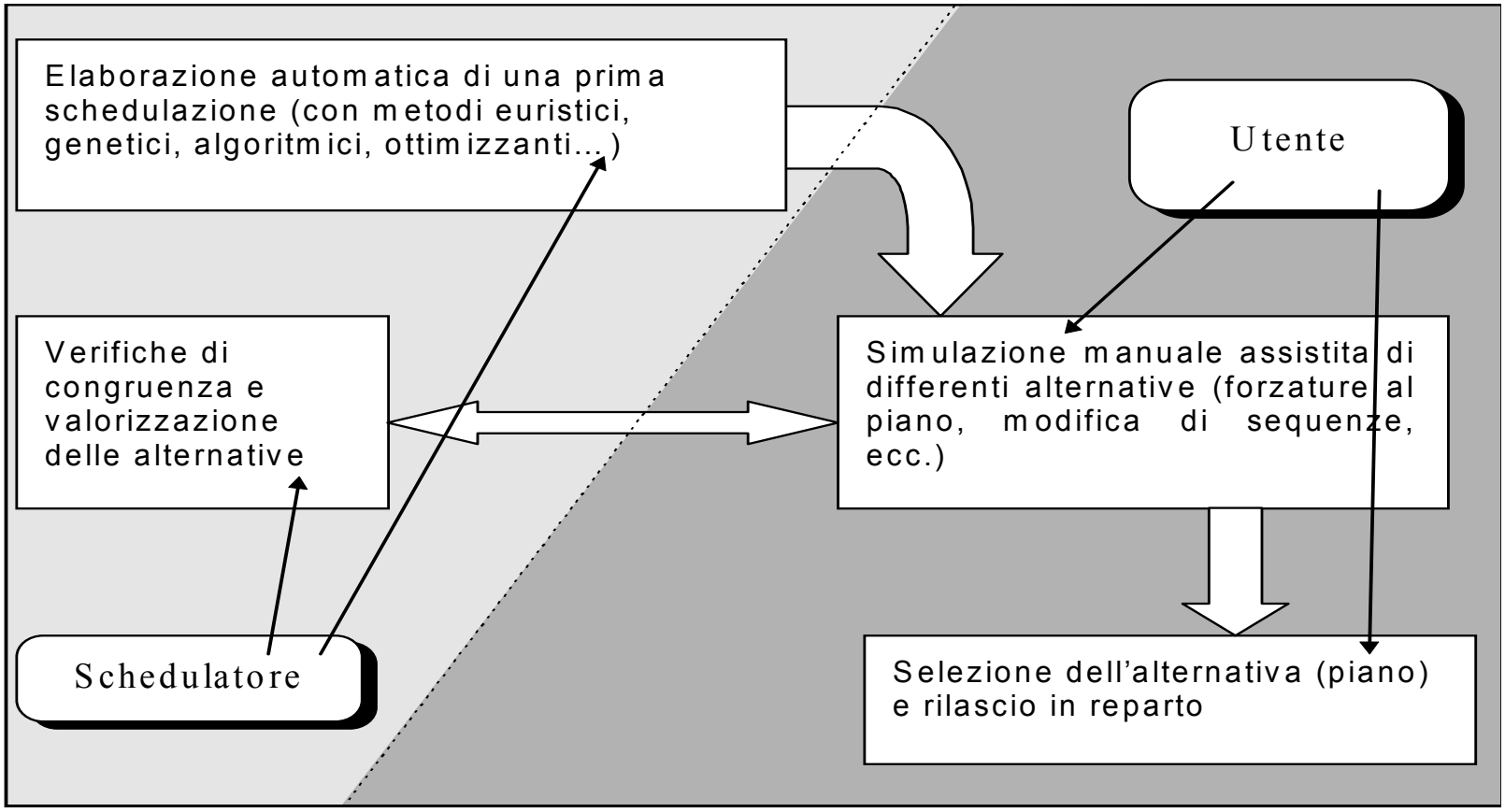
I problemi (cause ed effetti)

Mancanza di dati congruenti per la generazione e l'analisi del piano di produzione	→	Piani di produzione tanto più inutilizzabili quanto più di dettaglio
I piani di produzione non validati sulla effettiva disponibilità delle risorse (macchine e MdO) e materiali	→	Infattibilità dei piani Ritardi (non previsti) e frequenti rischedulazioni gestione per urgenti (sollecitatori) "emergenza cronica" ... oppure..... "costi nascosti" (LT acquisto/produzione lunghi, scorte di sicurezza elevate)
Periodi di programmazione congelati Difficile /impossibile ridefinire il piano	→	Difficile gestione imprevisti e variabilità della domanda allungamanto artificioso dei LT
Mancanza di dati aggiornati di avanzamento e/o difficoltà nel recepirli (sist. info)	→	Piani inattendibili (effetto "spinta")

I problemi (cause ed effetti)

Visione frammentaria in fasi distinte temporalmente (lungo/medio/breve termine) funzionalmente (vendite/produz.ne/acquisti)	→	**Si "vedono" in ritardo i problemi (subiti e non gestiti) Si perde ottimizzazione "globale"**
Difficile valutazione alternative in termini di costi/opportunità	→	**Rapporti conflittuali vendite/produzione Difficile capire margini di miglioramento**
Mancanza supporto informatico adeguato (carta, fogli elettronici)	→	**Know-how chiave non formanlizzato Attività onerosa specie con alta variabilità**

Le ere di sviluppo



Gli APS interattivi