
BOLLETTINO

UNIONE MATEMATICA ITALIANA

Sezione A – La Matematica nella Società e nella Cultura

CARLO MELONI

Modelli di ottimizzazione combinatoria per problemi di coordinamento nei sistemi di produzione multi-stadio

*Bollettino dell'Unione Matematica Italiana, Serie 8, Vol. 4-A—La
Matematica nella Società e nella Cultura (2001), n.3 (Fascicolo Tesi
di Dottorato), p. 499–501.*

Unione Matematica Italiana

[<http://www.bdim.eu/item?id=BUMI_2001_8_4A_3_499_0>](http://www.bdim.eu/item?id=BUMI_2001_8_4A_3_499_0)

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Modelli di ottimizzazione combinatoria per problemi di coordinamento nei sistemi di produzione multi-stadio.

CARLO MELONI

Questa tesi è dedicata allo studio di un insieme di problemi relativi alle esigenze di coordinamento nei sistemi di produzione-distribuzione manifatturiera multi-stadio. Lo studio delle problematiche delle catene produttivo-distributive (supply chains) è argomento di vivo interesse in ricerca operativa e in logistica, tuttavia i problemi riguardanti lo *scheduling* in questo ambito non hanno ancora ricevuto una adeguata attenzione.

A livello operativo, esiste un numero considerevole di interessanti problemi di coordinamento che ancora non sono stati affrontati efficientemente sia dal punto di vista modellistico che da quello algoritmico. Una parte di questi problemi riguardano le modalità con cui due stadi consecutivi possono organizzare internamente le loro lavorazioni tenendo in considerazione le richieste, le specifiche e i vincoli dell'altro stadio.

Un importante problema nella gestione operativa dei sistemi produttivi multi-stadio è rappresentato dal modo in cui devono essere sequenziate le parti da processare in ciascuno stadio e quali utensili, materiali e risorse devono essere assegnati ad ogni stadio, al fine di eseguire le sequenze di operazioni minimizzando i costi dovuti alle riconfigurazioni (setup).

Nella prima parte della tesi vengono introdotti i concetti e le problematiche relative al coordinamento nei sistemi produttivi e distributivi. I problemi di coordinamento vengono discussi con riferimento al processo decisionale, ai metodi e ai modelli di supporto alle decisioni, in particolare vengono analizzati gli sviluppi recenti per quanto concerne lo scheduling ed il sequenziamento.

Nell'ambito dei problemi di coordinamento tra due stadi consecutivi di una catena produttiva, vengono presentati due casi provenienti da realtà aziendali.

Il primo caso riguarda il coordinamento delle sequenze produttive tra due stadi di un sistema manifatturiero nel caso di assenza di buffer intermedio. In entrambi gli stadi si ha un setup ogni volta che la parte da processare ha una particolare caratteristica (specifica per ogni stadio) diversa dalla precedente. L'assenza di buffer impone agli stadi di seguire lo stesso sequenziamento e in particolare si richiede di minimizzare il numero totale dei setup oppure il massimo numero di setup fra i due stadi. Mentre la prima funzione obiettivo permette di ottimizzare la prestazione globale, la seconda permette di bilanciare i costi tra i due stadi.

Il secondo caso richiede di decidere come processare le parti di differenti tipologie, ciascuna con diversi requisiti e specifiche in ciascuno dei due stadi. Il problema può essere scomposto in due fasi distinte: la prima si occupa di formare dei

lotti selezionando adeguatamente le parti e la seconda è dedicata al sequenziamento dei lotti formati precedentemente.

Per tali problemi viene proposto un unico modello teorico basato su una rappresentazione tramite un grafo. In particolare per il primo caso il grafo è bipartito, mentre nel secondo caso è aciclico. Il modello considerato conduce ad un problema sui grafi più generale: il *Minimum Dominating Trail Set problem* (MDTS). Tale problema può essere così formulato: dato un grafo $G = (V, E)$, trovare un insieme di cardinalità minima Σ di trail disgiunti sugli archi, che complessivamente dominano gli archi del grafo, cioè ogni arco $e \in E$ ha almeno un estremo in un trail di Σ . Un trail è un cammino che può ammettere ripetizione di nodi ma non di archi.

La seconda parte della tesi è dedicata allo studio del problema MDTS. Dopo una rassegna bibliografica, viene analizzata la complessità del problema e si dimostra che MDTS è NP-hard anche nel caso di grafo bipartito. Vengono presentate e discusse le classi di grafi per le quali MDTS è trattabile.

Per il caso in cui G sia un albero viene proposto un algoritmo lineare, mentre in letteratura era noto un algoritmo polinomiale ($O(n^5)$). Sulla base di tale risultato è stato possibile ottenere un algoritmo $O(n)$ anche per i grafi *cactus*.

Sono stati proposti degli upper bound teorici per MDTS (su grafi generali e *triangle free*) basati sulle caratteristiche dei grafi *split* e sul concetto di *total interval number* di un grafo. Per il caso generale sono state proposte delle euristiche.

La prima euristica costruisce un insieme di trail dominanti Σ tentando di minimizzare la sua cardinalità. L'approccio euristico è basato sulle seguenti considerazioni. Se il grafo G ha un cammino euleriano, essendo un tale cammino anche dominante, la soluzione di MDTS è semplicemente composta dal solo cammino euleriano. Se il grafo non ammette cammini euleriani, l'idea è quella di rimuovere da G alcuni archi in modo da ottenere un grafo G' con tutti nodi di grado pari. Se G' è connesso, ammette un cammino euleriano. Tale cammino risulta dominante in G poiché gli archi rimossi sono ad esso adiacenti. Se G' non è connesso, ogni componente connessa ha un cammino euleriano oppure ha un solo nodo. Tutti gli archi in ogni componente possono essere sequenziati in modo ottimo, tuttavia un nuovo trail può essere necessario ogni volta che inizia la sequenza relativa ad una nuova componente di G' .

L'altro approccio segue uno schema metaeuristico basato sugli algoritmi genetici. In questo caso MDTS è considerato come un caso particolare di problema di *permutation scheduling* su una singola macchina, in cui gli archi del grafo rappresentano le parti da processare e l'obiettivo da minimizzare è il costo di setup associato alla schedula. Sequenziare consecutivamente gli archi (i, j) e (h, k) , ha costo 1 se $i = h$ o $j = k$, e costo 2 altrimenti. È stata utilizzata una particolare rappresentazione *genetica* del problema e sono stati proposti differenti operatori e strategie di ricerca.

La terza parte della tesi è dedicata agli esperimenti computazionali condotti

su un vasto insieme di casi, considerando anche dati aziendali. Questi esperimenti permettono di confrontare le prestazioni degli algoritmi proposti. Ciascuna euristica risolve i casi aziendali e presenta un buon comportamento sui casi di prova generati casualmente. Quando non viene individuata una soluzione ideale (con un unico trail), il valore della soluzione fornita è comunque molto basso.

I risultati ottenuti permettono di evidenziare un comportamento complementare tra i due approcci euristici suggerendo uno schema ibrido per ottenere un buon compromesso tra tempo di calcolo e qualità della soluzione.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BERTOSSI A. A., *The edge Hamiltonian problem is NP-hard*, Information Processing Letters, **13** (1981), 157-159.
- [2] RAYCHAUDHURI A., *The total interval number of a tree and the Hamiltonian completion number of its line graph*, Information Processing Letters, **56** (1995), 299-306.
- [3] REEVES C. R., *A genetic algorithm for flowshop sequencing*, Computers & Operations Research, **22** (1995), 5-13.
- [4] TAN J. C. e HARKER P. T., *Designing Workflow Coordination: Centralized versus Market-based Mechanism*, Information Systems Research, **4** (1997), 328-342.
- [5] THOMAS D. J. e GRIFFIN P. M., *Coordinated supply chain management*, European Journal of Operational Research, **94** (1996), 1-15.

Dipartimento di Informatica e Automazione, Università Roma III
e-mail: meloni@dia.uniroma3.it

Dottorato in Ricerca Operativa (sede amministrativa: Roma «La Sapienza») - Ciclo XIII
Direttore di ricerca: Prof. Alessandro Agnetis, Università di Siena