

# Metodi e Modelli per l'Ottimizzazione Combinatoria

## Proposte di temi per il progetto

L. De Giovanni      G. Zambelli

Versione del 30/11/2009\*

Si fornisce di seguito un elenco di possibili temi per il progetto MeMOC, ricordando che il tema del progetto può esulare dai suggerimenti che seguono. Per ogni tema si dà una descrizione sintetica del problema da risolvere (ulteriori informazioni sono disponibili presso il docente) e un elenco di punti da sviluppare. È ammesso (e caldeggiato) implementare approcci suggeriti dalla letteratura della Ricerca Operativa e dell'Ottimizzazione Combinatoria (articoli scientifici o applicazioni industriali pubblicati su riviste internazionali [sono esclusi, quindi, i progetti dei colleghi]). Tali riferimenti possono essere liberamente ricercati (tramite internet, ad esempio) o forniti dal docente, anche in base ai livelli di difficoltà dei diversi punti proposti.

In ogni caso, il tema de progetto, le strategie di soluzione da implementare e gli eventuali articoli scientifici di riferimento DEVONO essere concordati con il docente.

Nota: di seguito per “problema” si intende una classe di problemi e per “istanza” un problema specifico ottenuto dalla valorizzazione di tutti i parametri. Si richiedono sempre tecniche di soluzione per problemi (classi di problema) e il loro test su più istanze (reali, realistiche e/o generate casualmente).

---

\*ATTENZIONE! La lista dei temi è soggetta a continui aggiornamenti: verificare la data in corrispondenza del link nella pagina web del corso.

## Un problema di Network Design

La società di telecomunicazioni *Connect!* deve affittare delle fibre ottiche dalla società *Optic* per soddisfare le richieste della sua clientela. La rete delle fibre ottiche è modellata come un grafo non diretto in cui i nodi rappresentano le possibili origini e destinazioni della domanda e gli spigoli i collegamenti (*link* fisici o logici) tra i nodi. Le richieste sono date in termini di origine (nodo) e destinazione della domanda di traffico e capacità di banda da riservare. La società *Optic* offre la possibilità di affittare su ogni link delle quantità discrete di banda, che siano multipli di una quantità minima unitaria. I costi di affitto sono dati in termini di costo per quantità unitaria. La società *Connect!* vuole valutare due scenari. Un primo scenario è relativo alla trasmissione di dati e non prevede vincoli sull'instradamento delle domande. Un secondo scenario riguarda la fornitura di servizi come voice-over-IP e video-on-demand che, per motivi legati alla qualità della trasmissione, richiedono di instradare tutte le domande di traffico su percorsi che comprendano fino a un limite massimo di link, limite che può variare per ciascuna domanda di traffico. Si richiede di suggerire alla società *Connect!* un piano ottimale di affitto delle fibre per ciascuno dei due scenari sviluppando una combinazione congrua dei seguenti punti (da concordare con il docente):

1. risolvere il problema formulando un modello di programmazione lineare intera in cui le variabili di design siano legate ai singoli link;
2. risolvere il problema formulando un modello di programmazione lineare intera in cui le variabili di design siano legate agli instradamenti delle domande di traffico (richiede un approccio risolutivo per generazione di colonne);
3. sviluppare dei tagli per rinforzare il rilassamento continuo dei modelli forniti (ad esempio, per la formulazione del punto 1, potrebbero emergere dei vincoli di zaino e, di conseguenza, delle cover inequalities);
4. proporre un'euristica costruttiva per il problema (greedy, greedy guidata dal modello di programmazione lineare, beam search etc.);
5. risolvere il problema tramite una metaeuristica (ricerca locale, tabu search, algoritmo genetico etc.).

Si richiede in ogni caso di applicare le tecniche a diverse istanze di varia dimensione (numero di nodi e link, numero di domande di traffico) e confrontarle in termini (ad esempio) di qualità del rilassamento continuo (se applicabile), qualità dei risultati ottenuti e tempi impiegati.

### **Un problema di cutting stock bidimensionale**

La società *Taglioben* produce semilavorati per l'industria del legno ricavando dei pezzi di piccola dimensione da pannelli di dimensione standard. Sia i semilavorati che i pannelli hanno due dimensioni e pertanto il problema risulta un'estensione del problema di taglio dei tondini di ferro (una sola dimensione). Si richiede di sviluppare una combinazione congrua dei seguenti punti (da concordare con il docente):

1. sviluppare i modelli e le tecniche di generazione di colonne suggerite da un articolo della letteratura proposto dal docente (estensione delle tecniche di generazione di colonne al caso bidimensionale);
2. sviluppare un'euristica costruttiva;
3. sviluppare una tecnica metaeuristica.

Si richiede in ogni caso di applicare le tecniche a diverse istanze di varia dimensione (numero di richieste) e valutarle in termini (ad esempio) di qualità del rilassamento continuo (se applicabile), qualità dei risultati ottenuti e tempi impiegati.

## Un problema di sequenziamento di schemi di taglio

Il processo di taglio prevede normalmente due fasi. Una prima fase ha come obiettivo principale la minimizzazione dei costi delle materie prime (misure standard) e determina gli schemi di taglio e il numero di misure standard da tagliare secondo quello schema. Una seconda fase mira a rendere efficiente il processo di taglio vero e proprio ed è l'oggetto di questo tema. Per evitare tempi ed errori dovuti ai set-up dei centri di taglio, tutte le misure standard da tagliare secondo lo stesso schema sono trattate consecutivamente. Ogni volta che una misura standard viene tagliata vengono prodotti diversi pezzi, ciascuno di un determinato tipo. Tutti i pezzi dello tipo vengono impilati insieme nelle vicinanze del centro di taglio. La pila relativa a un certo tipo viene aperta quando viene trattato il primo schema che produce pezzi di quel tipo e chiusa quando viene trattato l'ultimo schema che li produce. Nel frattempo, la pila non può essere spostata dalle vicinanze della macchina, creando problemi di ingombro che devono essere minimizzati: si vuole cioè minimizzare il numero di pile simultaneamente aperte. Tale numero dipende dalla sequenza con cui gli schemi sono trattati. Si vuole quindi determinare la sequenza ottimale di trattamento dei diversi schemi di taglio. Si richiede di sviluppare una combinazione congrua dei seguenti punti (da concordare con il docente):

1. implementare un modello di programmazione lineare intera basato su variabili legate alla sequenza degli schemi;
2. proporre e implementare delle metaeuristiche basate su una rappresentazione delle soluzioni ispirata al problema del commesso viaggiatore;
3. una rappresentazione alternativa del problema si basa su delle matrici che godono della proprietà consecutive ones: si implementi un modello di programmazione lineare intera basato su tale rappresentazione (riferimenti forniti dal docente);
4. proporre e implementare delle metaeuristiche basate sulla rappresentazione di cui al punto 3;
5. implementare un approccio integrato (riferimenti forniti dal docente) basato sulla formulazione del problema come TSP (slave) e sulla determinazione delle distanze ottimali tra gli schemi di taglio (master).

Si richiede in ogni caso di applicare le tecniche a diverse istanze di varia dimensione (numero di schemi di taglio, numero di tipi di pezzi prodotti) e valutarle in termini (ad esempio) di qualità del rilassamento continuo (se applicabile), qualità dei risultati ottenuti e tempi impiegati.

### **Applicazione delle tecniche per il problema del commesso viaggiatore**

Proporre un problema reale (o realistico) che può essere modellato come problema del commesso viaggiatore. Dopo aver sviluppato il modello del problema, si richiede di sviluppare una combinazione congrua dei seguenti punti (da concordare con il docente):

1. implementare una tecnica base di generazione di vincoli (soluzione iterativa di problemi con variabili intere);
2. implementare una tecnica di generazione di vincoli sul rilassamento continuo;
3. implementare due euristiche costruttive (nearest neighbour, best insertion, beam search etc.);
4. proporre una metaeuristica (ricerca locale, tabu search, algoritmi genetici etc.).

Si richiede in ogni caso di applicare le tecniche a diverse istanze di varia dimensione (numero di nodi) e confrontarle in termini (ad esempio) di qualità del rilassamento continuo (se applicabile), qualità dei risultati ottenuti e tempi impiegati.

### **Ottimizzazione dei piazzali aeroportuali**

Uno dei fattori che incidono sull'efficienza degli aeroporti moderni è l'organizzazione delle operazioni che avvengono sul piazzale (apron), la zona tra i gate di imbarco e le piste dove gli aerei stazionano per le diverse operazioni legate all'arrivo e alla partenza (imbarco/sbarco dei passeggeri, rifornimenti, pulizie, bagagli, servizi catering, ispezioni etc.). Le diverse operazioni richiedono risorse in termini di personale specializzato e mezzi (Ground Support/Service Equipment - GSE): una corretta gestione di tali risorse permette la riduzione (o il rispetto) dei tempi di stazionamento previsti e, di conseguenza, dei ritardi. Diversi problemi di ottimizzazione emergono in questo ambito. Si propone di considerare il problema di determinare l'assegnamento più efficiente di mezzi e personale alle diverse operazioni, tenendo conto delle compatibilità tra mezzi, operazioni e personale (ad esempio, non assegnare una scaletta bassa per un aereo grande) e delle compatibilità temporali tra le diverse operazioni (ad esempio non assegnare lo stesso mezzo ad aerei da servire simultaneamente). Il problema può essere modellato su un grafo sul quale si vogliono determinare dei cammini ottimali dei mezzi e del personale (riferimenti forniti dal docente). Si richiede di sviluppare una combinazione congrua dei seguenti punti (da concordare con il docente):

1. formulare il problema in programmazione lineare mista intera e implementarne la soluzione;
2. formulare il problema in programmazione lineare mista intera con variabili legate ai cammini dei mezzi (numero esponenziale di variabili) e implementare una strategia risolutiva basata su generazione di colonne;
3. implementare un'euristica costruttiva per il problema;
4. proporre e implementare un approccio metaeuristico.

Si richiede in ogni caso di applicare le tecniche a diverse istanze di varia dimensione (numero di operazioni, numero di mezzi disponibili etc.) e confrontarle in termini (ad esempio) di qualità del rilassamento continuo (se applicabile), qualità dei risultati ottenuti e tempi impiegati.

## Un problema di Network Design con vincoli di instradamento

La società di telecomunicazioni *Connect2!* deve affittare delle fibre ottiche dalla società *Optic2* per soddisfare le richieste della sua clientela in termini di traffico IP. La rete delle fibre ottiche è modellata come un grafo non diretto in cui i nodi rappresentano le possibili origini e destinazioni della domanda e gli spigoli i collegamenti (*link* fisici o logici) tra i nodi. Le richieste sono date in termini di origine (nodo) e destinazione della domanda di traffico e capacità di banda da riservare. I costi di affitto sono dati in termini di costo per unità di traffico. Il traffico IP verrà instradato secondo il protocollo OSPF (semplificato), imponendo che soltanto cammini minimi (eventualmente vincolati dal massimo numero di link) possano essere impiegati. Per la determinazione dei cammini minimi sulla rete, la società *Optic* ha assegnato un peso (indipendente dal costo di affitto) ad ogni link. Si richiede di suggerire alla società *Connect!* un piano ottimale di affitto delle fibre sviluppando una combinazione congrua dei seguenti punti (da concordare con il docente):

1. risolvere il problema formulando un modello di programmazione lineare intera in cui le variabili di design siano legate ai singoli link;
2. risolvere il problema formulando un modello di programmazione lineare intera in cui le variabili di design siano legate agli instradamenti delle domande di traffico (richiede un approccio risolutivo per generazione di colonne);
3. sviluppare dei tagli per rinforzare il rilassamento continuo dei modelli forniti (ad esempio, la formulazione del punto 1, potrebbe essere rinforzata con dei vincoli di connettività della rete, simili a quelli visti per il TSP);
4. proporre un'euristica costruttiva per il problema (greedy, greedy guidata dal modello di programmazione lineare, beam search etc.);
5. risolvere il problema tramite una metaeuristica (ricerca locale, tabu search, algoritmo genetico etc.).

Si richiede in ogni caso di applicare le tecniche a diverse istanze di varia dimensione (numero di nodi e link, numero di domande di traffico) e confrontarle in termini (ad esempio) di qualità del rilassamento continuo (se applicabile), qualità dei risultati ottenuti e tempi impiegati.