
Integrazione scorte e distribuzione

Modelli a domanda costante

Scopo intervento

- Presentare modelli e metodi utili per problemi di logistica distributiva
- Indicare limiti degli stessi e come scegliere tra varie possibilità
- Suggestire regole pratiche
- Sottolineare il ruolo del ricercatore operativo all'interno di un'azienda

Indice

- motivazioni
- il problema
- i modelli
- i metodi
- i risultati

Motivazioni

Sviluppo modelli per

la logistica distributiva/di uscita:

l'organizzazione e l'implementazione della distribuzione fisica delle merci

Motivazioni

ridurre costi di:

- trasporto

ma anche di:

- magazzini intermedi (*transit point* e centri di smistamento) e finali (clienti)
- *material handling*

vincolandosi a:

- tempi e modi di consegna della merce al cliente

Motivazioni

- Comportamenti estremi (a volte patologici):

- solo costi di magazzino finale (es. merci deperibili) ⇒ consegne frequenti imposte dal cliente
- solo costi di trasporto ⇒ consegne rade (quasi) imposte dal fornitore (es. quando riempie il camion)

Software gestionale



Software gestionale (digressione)

- costo ~ 10 ÷ 2000 MLit
- personalizzazione
- manutenzione
- motivazione/addestramento personale
- aggiornamento/correttezza dati

Software gestionale (digressione)

Pensate che la vostra azienda abbia bisogno di un nuovo sistema?

- ricordatevi che il SW non risolve i problemi organizzativi (relazioni umane,...)
- convincetevi che il SW supporta il responsabile umano non lo sostituisce né ne assume le responsabilità
- analizzate le procedure aziendali attuali, verificandone la correttezza



Software gestionale (digressione)

Volete proprio comprare?

- non comprate SW “che va bene in tutti casi”
- comprendetene i modelli e metodi (consulente terzo)
- controllate la personalizzazione (consulente terzo)
- preparatevi a dovere cambiare qualche procedura aziendale



SW e modelli DRAI

I responsabili operativi della logistica sono spesso scettici verso modelli matematici e SW perché ritengono che sia:

- quasi impossibile modellare un problema inserito in un contesto fortemente irregolare
- eccessivamente oneroso raccogliere tutti i dati che suppongono necessari

inoltre:

- conoscono esempi di implementazioni fallite
- temono di perdere importanza

SW e modelli DRAI

invece:

- i modelli DRAI sono molto “robusti” e concettualmente semplici (derivano dall’EOQ)

inoltre:

- necessitano di molto meno dati di quanto si pensi
- non sostituiscono il decisore ma lo supportano semplificando di molto le mansioni routinarie

Il problema: contesto

- la necessità di definire **percorsi**
- l'esistenza di **costi di magazzino** (ad es. legati alla quantità o al valore della merce)
- la necessità di **ripetute decisioni** durante un dato intervallo temporale.

Il problema

Almeno tre risposte

- **quando** devono essere fatte le spedizioni
- **quanto caricare** per ogni tipo di merce in ogni veicolo e **quanto consegnare** ad ogni singolo cliente
- **quale percorso** deve essere seguito da ogni veicolo

Classificazione problemi

- rete distributiva (topologia)
- merci (tipologia)
- domanda (prevedibilità, variabilità, distribuzione geografica)
- vincoli (numero e capacità risorse)
- costi (fissi/variabili, magazzino/trasporto)
- approccio risolutivo (esatto/euristico)

Caso affrontato

- rete distributiva: uno a molti
- merci: collettame
- domanda: costante, uguale per tutti i clienti
- vincoli: numero e capacità veicoli
- costi: fissi/variabili, magazzino/trasporto
- approccio risolutivo: euristico
asintoticamente ottimo

Complessità problema

Complessità: **NP-hard**

si devono comunque risolvere dei TSP

Modello

- contesto:
 - rete
 - nodi: magazzino centrale, clienti
 - archi: distanze euclidee tra clienti
- obiettivo:
 - minimizzazione costi medi sul lungo periodo
- vincoli:
 - numero/capacità risorse
 - un viaggio a veicolo
- variabili decisionali:
 - frequenza spedizioni
 - sequenza clienti da visitare per ogni veicolo

Costi

- Trasporto:
 - fissi: per ogni spedizione
 - variabili: distanze percorse
- Magazzino:
 - fissi: di riordino
 - variabili: di conservazione eventualmente diverso a seconda dei clienti

Approccio risolutivo

FPP: partizione a priori dei clienti in regioni

Algoritmo:

partiziona l'insieme N dei clienti in R regioni N_j

per ogni N_j

determina un percorso hamiltoniano (ottimo) che comprenda il magazzino

determina la frequenza di visita ottima dei clienti

Commenti

- la struttura dei costi e delle distanze permettono a priori una partizione in regioni asintoticamente ottima (a.s.) nel numero dei clienti.
- i percorsi e le frequenze di visita sono calcolati per ogni regione separatamente, non vi è alcun coordinamento tra gli istanti di inizio dei diversi giri di consegna

Nel seguito

- note le regioni
 - percorsi hamiltoniani
 - frequenze visita
- definizione regioni
 - descrizione qualitativa
 - 4 teoremi base
 - dettagli

Percorsi hamiltoniani

- Utilizzare euristiche, es.:
 - per generare circuito
 - (farthest) insertion $O(n^2)$, EOPT~10%
 - saving $O(n^3)$, EOPT~10%
 - per migliorare
 - 2-opt EOPT~8%
 - Lin-Kernigham EOPT~3%

Frequenza di visita

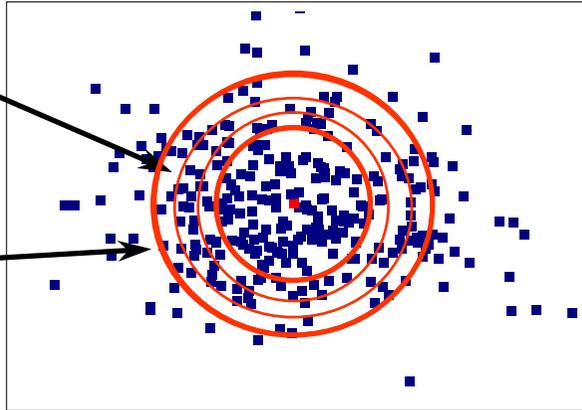
- Formule di *EOQ*
 - i costi fissi comprendono i costi di trasporto

$$\text{costo medio} \rightarrow C_T = \frac{\vartheta + c}{T} + \frac{1}{2} m h \mu T$$

costo circuito → ϑ
costo fisso spedizione → c
holding cost → h
costo medio → C_T
periodo → T
numero clienti → m
tasso domanda → μ

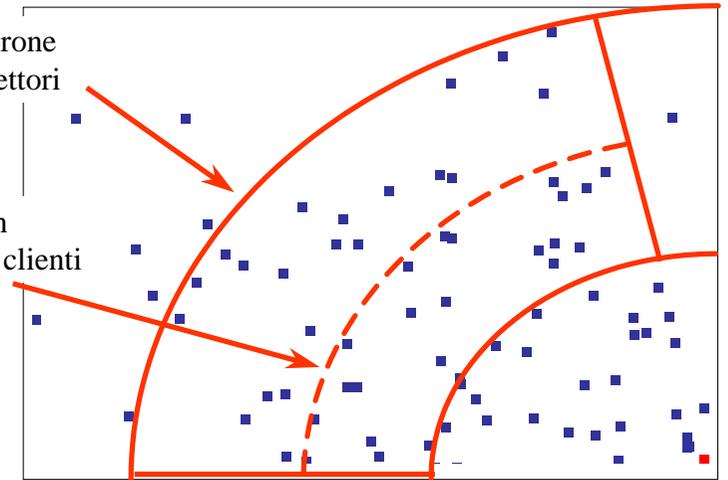
Modified Region Partitioning Scheme (MRPS)

1. tante corone circolari quanti sono i mezzi in base alla capacità, più grandi più lontano (nel disegno solo alcune)
2. unione delle corone circolari con lo stesso numero di clienti



MRPS

3. partizione corone circolari in settori
4. nuovi tagli in insiemi di m clienti



Teorema 1 sul TSP

Se vale la disuguaglianza triangolare

costo circuito hamiltoniano ottimo per una regione più magazzino

costo circuito hamiltoniano ottimo clienti di una regione

$$Z \geq \max \left\{ L^*(N_j), \frac{2}{|N_j|} \sum_{i \in N_j} d_i \right\}$$

$$Z \leq \min_{i \in N_j} 2d_i + L^*(N_j) \leq \frac{2}{|N_j|} \sum_{i \in N_j} d_i + L^*(N_j)$$

distanza da magazzino cliente i -mo

Teorema 2 sul TSP

Se l'insieme dei clienti è partizionato in R regioni contenenti q clienti ciascuna (al più tranne la prima che ne può contenere meno)

somma circuiti

$$Z^{RP} \geq \frac{2}{|q|} \sum_{i \in N} d_i$$

$$Z^{RP} \leq \frac{2}{|q|} \sum_{i \in N} d_i + 2d_{\max} + \sum_{j \in R} L^*(N_j)$$

compensa prima regione

Teorema 3 sul TSP

Se le distanze sono euclidee, qualunque sia la politica di partizione

$$\sum_{j \in R} L^*(N_j) \leq L^*(N) + 1.5 P^{RP}$$

la lunghezza dei perimetri delle regioni

Teorema 4 sul TSP

Se le distanze sono euclidee e i clienti sono distribuiti i.i.d. su una regione compatta del piano

costante funzione della distribuzione

$$\lim_{|N| \rightarrow \infty} \frac{L^*(N)}{\sqrt{|N|}} = \beta(a.s.)$$

Corollario

Nel caso di distanze euclidee, per ogni politica di partizione t.c.

$$\lim_{|N| \rightarrow \infty} \frac{P^{RP}}{N} = 0$$

allora

distanza media clienti

$$\lim_{|N| \rightarrow \infty} Z^{RP} = \frac{2|N|}{q} \bar{d} (a.s.)$$

regioni

Commenti

- MRPS
 - soddisfa le condizioni su P^{RP}
 - mantiene caratteristiche di non decrescenza e concavità del costo medio
 - Anily e Federgruen provano l'asintotica ottimalità

Risultati

- In media errore minore del
 - 14% per 100 clienti distribuiti uniformemente
 - 5% nel caso di 500 clienti
- Politica di facile comprensione e implementazione (piace ai manager)

P.S.:

su una regione limitata, per $N \rightarrow \infty$ e ogni partizione

“ragionevole” il corollario è ovvio :

- i clienti tendono a sovrapporsi
- la distanza reciproca dei q clienti di ogni regione tende a zero
- il costo del circuito hamiltoniano tende ad essere quello del raggiungimento del primo cliente

Nota dolente 1

Con che criterio si stabilisce a priori che un veicolo visita al q clienti?

Non è possibile fissarlo a priori!

Nota dolente 1

I numero dei clienti visitati è limitato

- dalla capacità in volume o peso del veicolo
- dal tempo massimo di percorrenza

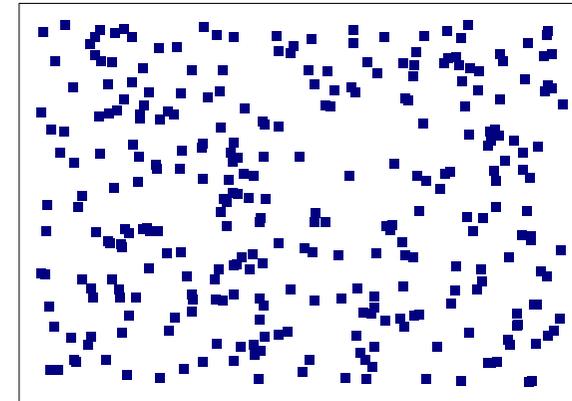
per verificare il rispetto dei vincoli bisogna conoscere

- frequenze di visita
- percorsi

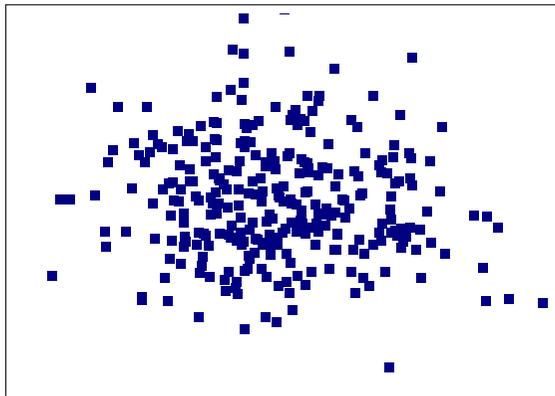
Nota dolente 2

Le prestazioni si degradano significativamente per

- distribuzioni dei clienti non uniformi
- numero di clienti limitato



distribuzione uniforme 300 clienti. OK!!



distribuzione normale 300 clienti. Mah??

Che fare?

L'approccio ha dei limiti però...

suggerisce delle **regole pratiche** (alcune ovvie)

Regola 1:

Quando gli altri fattori lo consentono conviene utilizzare pochi grandi automezzi e far visitare da ognuno di essi il maggiore numero possibile di clienti.

Regole pratiche

Regola 2

- l'approccio FPP funziona bene quando i clienti sono numerosi (~100+) e distribuiti su regioni in cui siano facili i collegamenti diretti tra cliente e cliente
 - zone geografiche vaste
 - zone con caratteristiche uniformi (città o regioni pianeggianti)

Regole pratiche

Regola 3

Il criterio MCRP di partizione è, in generale, sensato per clienti numerosi,

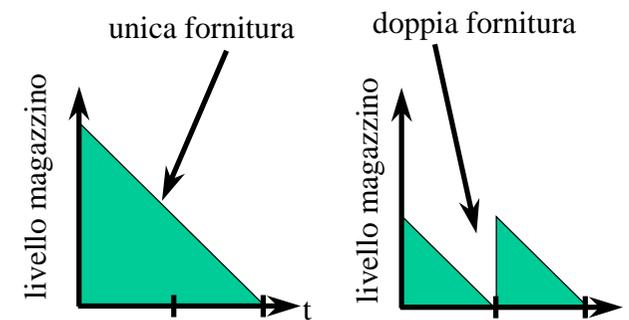
- l'esperienza può suggerire dei valori per q_i
- ma a posteriori:
- bisogna verificare il rispetto di eventuali vincoli aggiuntivi
 - introdurre correzioni nel caso di evidenti errori di stima delle q_i
- eventualmente iterare

Regole pratiche

Regola 4:

Quando si hanno clienti con notevoli differenze nel tasso di domanda è meglio cercare di assegnare i clienti maggiori a più di un giro di consegna, sfasare quanto più possibile i tempi di consegna e conseguentemente stabilire la merce da consegnare in modo da ridurre i livelli di scorta dei clienti.

Costi conservazione



i costi di conservazione sono quadratici

Generalizzazioni

- Clienti con tasso di domanda diversi
 - i clienti sono suddivisi in sottoclienti uguali
 - approccio con forti limiti
- Clienti con costi di conservazione diversi
 - i clienti vengono partizionati in base al rapporto tra costi e distanze, si ottengono quindi dei sottoproblemi indipendenti
- Costi di conservazione anche per magazzino centrale
 - la politica MRPS è subottima asintoticamente (6%)