

Un GIS per la localizzazione ottimale degli stalli riservati ai veicoli commerciali per la distribuzione urbana delle merci

Giuseppe SALVO (*), Gianfranco AMATO (*), Pietro ZITO (*)

(*) Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Ingegneria Aeronautica e dei Trasporti,
Viale delle Scienze, Parco d'Orleans,
90128 Palermo, tel 0916459931,
salvo@diat.unipa.it, amato@diat.unipa.it, zito@diat.unipa.it

Abstract (Italiano)

La politica di riduzione delle scorte e la capillarità sul territorio urbano dei punti di vendita determinano la necessità di un frequente approvvigionamento degli esercizi commerciali. La frammentazione degli operatori del trasporto comporta, inoltre, la presenza di un elevato numero di veicoli adibiti alla distribuzione delle merci sulla rete viaria urbana, con il conseguente degrado dei livelli di servizio lungo la rete stradale.

Il contributo che i Centri di Distribuzione Urbana delle merci (CDU) forniscono al decongestionamento dei centri urbani, può essere ulteriormente agevolato attraverso l'opportuna localizzazione di alcuni stalli riservati ai veicoli, minimizzando, così, i tempi di consegna/ritiro (minori tempi di ricerca del parcheggio) ed agevolando le operazioni di carico/scarico.

Il presente studio ha l'obiettivo di definire una metodologia, con l'ausilio di un sistema GIS, per la localizzazione ottimale degli stalli di sosta riservati alla distribuzione urbana delle merci, in zone che presentano difficoltà di parcheggio.

Abstract (Inglese)

In the last years, urban freight distribution is increasing its influence on congestion. The just-in-time supply has raised the vehicles' number used for freight distribution in urban areas. These vehicles cause a significant contribution to congestion and environmental nuisances, such as emission and noise, that impact adversely on the quality of life in urban centres. Moreover, inefficient location and lack of reserved parking space near delivery points, force carriers to park in double line. A possible way to improve freight transport efficiency is then to allow freight carriers to have access to reserved load zones, thus ensuring their availability at the requested time and improving the reliability of deliveries. The aim of this paper is to define a methodology using GIS tool for the optimal localization of reserved parking space for urban freight distribution vehicles in congested areas.

Introduzione

Negli ultimi anni si è assistito ad un notevole incremento del flusso delle merci in ambito urbano, come conseguenza soprattutto del ricorso alla produzione/distribuzione *just-in-time* delle merci.

Sia gli stabilimenti di produzione che gli esercizi con vendita al dettaglio si stanno sempre più rivolgendo verso una logica di approvvigionamento continuo. Inoltre, l'evoluzione delle tecnologie telematiche consente oggi di potere effettuare ordini in maniera molto più rapida e semplice, sia per la vendita al dettaglio che per il commercio all'ingrosso, consentendo di conoscere in anticipo i tempi di consegna e prevedere, quindi, i tempi di approvvigionamento necessari per non interrompere il processo produttivo/distribuzione.

L'incremento dei flussi delle merci in ambito urbano contribuisce, tuttavia, ad aggravare i problemi di congestione ed inquinamento delle città italiane. Infatti, nello scenario attuale si contrappongono le esigenze delle organizzazioni che garantiscono la movimentazione urbana delle merci, dovuta alle diverse tipologie merceologiche presenti, all'articolazione dei soggetti che operano nel settore (produttori, spedizionieri, distributori, grossisti, dettaglianti, ecc.) che intervengono ciascuno con una propria logistica e con interessi ed obiettivi non sempre conciliabili, ed alla composizione delle operazioni dell'intero processo (formazione e trasformazione del carico, trasporto, magazzinaggio, distribuzione al dettaglio), le autorità locali, garanti della qualità della vita e dello sviluppo economico e sociale nel territorio, ed i cittadini nella veste di consumatori.

Le dimensioni del fenomeno possono essere significativamente riassunte in pochi dati: il trasporto urbano delle merci in Europa incide per circa il 34% sul totale del traffico merci, in tonnellate al chilometro, ossia il 50% del solo trasporto stradale. Sul totale dei veicoli circolanti in città, il 20% sono veicoli merci, i quali effettuano il 32% del totale di viaggi urbani (Maggi E. 2001). Il 50% del traffico commerciale in ambito urbano è rappresentato da veicoli medio-leggeri (tra 1,5 e 3,5 tonn.), il 29% da veicoli leggeri (< 1,5 tonn.) e il 21% da autocarri a due assi (> 3,5 tonn.). Da segnalare, inoltre, che il coefficiente di riempimento di tali veicoli è particolarmente basso (20%) per i veicoli di ridotte dimensioni e capacità di carico, mentre è più elevato (60%) per i veicoli ad elevata capacità (peso a pieno carico > 10 tonn.) (M&T, 2001b). Il 60% dei veicoli di consegna, a causa della difficoltà di trovare parcheggio, sostano in doppia fila, e utilizzano due persone per singolo veicolo: un autista, che solitamente si occupa del parcheggio e del controllo della sicurezza del veicolo, ed una persona addetta alla consegna/ritiro dei colli.

La distribuzione urbana delle merci

Per molto tempo il trasporto e la consegna delle merci nella città sono stati l'oggetto di una scarsa attenzione sia dal punto di vista politico che scientifico. Dal punto di vista politico, in passato, il pianificatore ha focalizzato le sue attenzioni principalmente sul trasporto di persone; dal punto di vista scientifico, è da notare fino a qualche anno fa, la mancanza di strumenti di supporto alle decisioni che permettessero al pianificatore di fare le scelte più efficienti ed efficaci nella distribuzione urbana delle merci.

Nell'ambito di un così complesso quadro ogni politica di gestione del trasporto urbano delle merci si trova dinnanzi alla necessità di conciliare tre obiettivi diversi potenzialmente in trade-off che sintetizzano le diverse esigenze sopra individuate:

- efficienza economica
- efficienza ambientale
- efficienza sociale

Tra i possibili interventi di ottimizzazione della distribuzione urbana delle merci, con ricadute in termini di fluidificazione delle correnti veicolari, possiamo citare:

- la localizzazione, all'interno dei centri urbani, di Centri di Distribuzione Urbana delle merci (CDU), cioè una piattaforma logistica in grado di raccogliere tutta la merce da e per la città o per zone di essa, di consolidare i carichi e inviarli verso i punti di destinazione del centro urbano, di pianificare al meglio i percorsi per incrementare il coefficiente di carico dei

veicoli, contribuisce ad alleviare i livelli di congestione dei centri urbani, attraverso la riduzione del numero di veicoli necessari per la distribuzione urbana delle merci (Salvo G. 2005),

- la creazione di stalli riservati ai veicoli adibiti al trasporto merci, in modo da evitare sia i perditempo nella ricerca di uno spazio adeguato alla sosta, sia il ricorso alla sosta in doppia fila, soddisfacendo ai requisiti di accessibilità e disponibilità di parcheggi, consentono di ridurre notevolmente le difficoltà dei corrieri nelle operazioni di movimentazione dei carichi,
- la gestione centralizzata ed informatizzata di questi spazi in modo da consentire ai vari corrieri di prenotare (via internet o telefonicamente) lo stallo ed evitare che questo si trovi impegnato da un altro corriere.

Nell'analizzare il fenomeno della distribuzione urbana delle merci non si possono applicare le considerazioni e le metodologie proprie dello spostamento delle persone. Infatti, supponendo di eseguire un'indagine Origine-Destinazione delle merci in ambito urbano, sia effettuando un'inchiesta o simulando la domanda con l'aiuto di un modello, non ha nessuno significato considerare lo spostamento di una tonnellata (o un metro cubo) emesso dalla zona i per la destinazione j . La consegna di questo quantitativo di merce può essere effettuato sia con una singola consegna diretta tra i e j , oppure affidandola a diversi corrieri che utilizzeranno mezzi e percorsi diversi, servendo al contempo un certo numero di Clienti durante il loro percorso. Di conseguenza è opportuno considerare non i punti delle spedizioni e dei ricevimenti dei pacchi, ma i movimenti dei veicoli. Questi movimenti, considerati come consumatori di spazio, riproducono non solo gli spostamenti dei veicoli, ma anche le soste sulla rete viaria per le consegne.

L'attività che c'interessa analizzare, per limitare il consumo di risorse preziose, è quella del veicolo che si sposta da un luogo ad un altro per effettuare la distribuzione delle merci. Al fine di meglio determinare i percorsi che consentano agli operatori del trasporto di ottimizzare le loro risorse sia fisiche (veicoli) sia economiche (tempi di consegna) è opportuno effettuare degli studi sulla distribuzione degli esercizi commerciali sul territorio considerando soprattutto le caratteristiche (peso, volume, deperibilità, ecc.) della merce della consegna/prelievo.

Il modello di localizzazione degli stalli

Per localizzazione di servizi si intende la collocazione sul territorio di servizi (*facilities*) di natura diversa soddisfacenti la relativa domanda rispettando alcuni criteri economici (Drezner, 1995).

Il modello di localizzazione degli stalli rientra nell'ambito dei cosiddetti *FLP Facility Location Problems*. Il problema può essere definito come segue: date le localizzazioni di *facilities* esistenti, il volume di traffico tra queste *facilities*, determinare la posizione ottimale di una nuova *facility* che consenta di minimizzare il costo totale di trasporto, definito dal prodotto della distanza per il volume di traffico trasportato.

Il modello più appropriato, quando lo spazio delle soluzioni è una regione limitata (ad es. in un centro urbano) dove i movimenti fisici avvengono su percorsi diretti, è tipicamente riprodotto considerando le distanze euclidee.

La distanza euclidea $d(A, P)$, tra una *facility* esistente A di coordinate (x, y) e la nuova *facility* P di coordinate (a, b) è definita come segue:

$$d(A, P) = [(x - a)^2 + (y - b)^2]^{1/2} \quad [1]$$

Considerando diverse *facilities* esistenti si generalizza:

- N il numero di tipologie di esercizi commerciali (ad es. Farmaceutico, abbigliamento, alimentari, ecc.) nella zona presa in esame;
- M il numero di esercizi commerciali per la medesima tipologia di esercizio commerciale;
- $A_{ij}(x_{ij}, y_{ij})$ la posizione di coordinate x_{ij} e y_{ij} per $\forall i = 1 \dots N, j = 1 \dots M$;

- f_{ij} il flusso di merci scaricate per l'esercizio commerciale $A_{ij}(x_{ij}, y_{ij}) \forall i = 1 \dots N, j = 1 \dots M$;
- r_{ij} il costo di trasporto, carico e scarico per unità di merce trasportata dalla nuova *facility* all'esercizio commerciale;
- w_i il fattore relativo alla frequenza temporale media di scarico per tipologia commerciale $\forall i = 1 \dots N$.

La localizzazione ottimale che minimizza il costo totale di trasporto può essere espressa come segue:

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M w_i r_{ij} f_{ij} [(x_{ij} - a)^2 + (y_{ij} - b)^2]^{1/2} \quad [2]$$

Il problema di minimizzazione rappresentato dall'eq. [2] è un problema non vincolato, che può essere risolto attraverso il semplice calcolo delle derivate parziali (Winston, 1987). Considerando le derivate parziali rispetto ad a e b , uguagliando a zero e risolvendo rispetto ad a e b , si ottiene:

$$a = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \frac{w_i f_{ij} r_{ij} x_{ij}}{d_{ij}} \right) \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \frac{w_i f_{ij} r_{ij}}{d_{ij}} \right)^{-1} \quad [3]$$

$$b = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \frac{w_i f_{ij} r_{ij} y_{ij}}{d_{ij}} \right) \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \frac{w_i f_{ij} r_{ij}}{d_{ij}} \right)^{-1} \quad [4]$$

Si noti che il fattore d_{ij} è la distanza euclidea tra la posizione dell'esercizio commerciale A_{ij} e lo stallo P (eq. 1). Questa tipologia di modelli ricade tra i modelli gravitazionali.

Poiché la posizione dello stallo non è conosciuta, si utilizza la seguente procedura iterativa la cui convergenza ad una soluzione ottimale è garantita.

- *Passo 1:* determinare (a, b) inizialmente utilizzando le seguenti equazioni:

$$a = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M w_i f_{ij} r_{ij} x_{ij} \right) \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M w_i f_{ij} r_{ij} \right)^{-1} \quad [5]$$

$$b = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M w_i f_{ij} r_{ij} y_{ij} \right) \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M w_i f_{ij} r_{ij} \right)^{-1} \quad [6]$$

- *Passo 2:* dalla conoscenza di (a, b) si calcola la distanza d_{ij} utilizzando l'equazione [1].
- *Passo 3:* ricavare (a, b) utilizzando le equazioni [3] e [4].
- *Passo 4:* controllare se le coordinate (a, b) sono cambiate più di una quantità arbitrariamente piccola. In caso positivo, si ripetono i passaggi del passo 2; altrimenti il processo iterativo si arresta e la soluzione ottima è stata determinata.

La scelta di utilizzare questo modello deriva dalla natura dei dati provenienti dal GIS, che fornisce le posizioni degli esercizi commerciali per tipologia e quantità di merce movimentata. Il modello descritto in precedenza si distingue dai normali *Facility Location Problems*, per la presenza nella sua formulazione matematica di un fattore relativo alla frequenza temporale media di carico/scarico della merce per tipologia commerciale.

Il GIS a supporto del modello

I Sistemi Informativi Geografici sono strumenti informatici che, per la loro versatilità e capacità di elaborare dati sotto forma di archivi alfanumerici, consentono di gestire informazioni legate al territorio. Inoltre, la struttura stessa delle tabelle dei dati consente l'integrazione degli stessi all'interno di modelli matematici, supportando anche graficamente il tecnico nel processo di analisi ed interpretazione dei risultati ottenuti.

In particolar modo il GIS proposto, in grado di interagire con il modello di localizzazione ottimale degli stalli riservati descritto precedentemente contiene, oltre la cartografia di base

dell'area in esame, un database delle attività commerciali esistenti che costituisce la domanda di trasporto merci. Ciascun record riferito ad una attività commerciale, contiene la coppia di coordinate X ed Y riferita ad un sistema di riferimento UTM, necessaria per la determinazione della distanza dalla piazzola di sosta esclusiva, la classe merceologica, la frequenza di approvvigionamento e la quantità di merce approvvigionata.

Dal punto di vista computazionale, il GIS implementato estrae dal database della domanda di trasporto merci gli esercizi commerciali presenti in una area di studio preventivamente definita dall'operatore. A partire dalle caratteristiche già descritte associate ai record selezionati, il modello propone le coordinate dello stallo, ottimizzate in funzione dell'area di studio da servire. L'output del modello di localizzazione visualizzato sulla mappa sotto forma di coordinate dello stallo, consente una verifica visiva della reale possibilità di posizionamento.

L'applicazione ad un caso studio

Il modello proposto è stato applicato ad un quartiere a spiccata vocazione commerciale di Palermo (Figura 1).

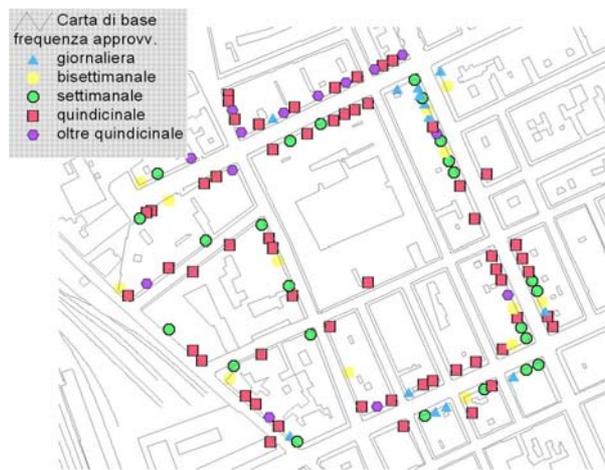


Figura 1: Area di studio

Tale applicazione ha reso necessario una preventiva costruzione del quadro conoscitivo degli elementi caratteristici del trasporto delle merci.

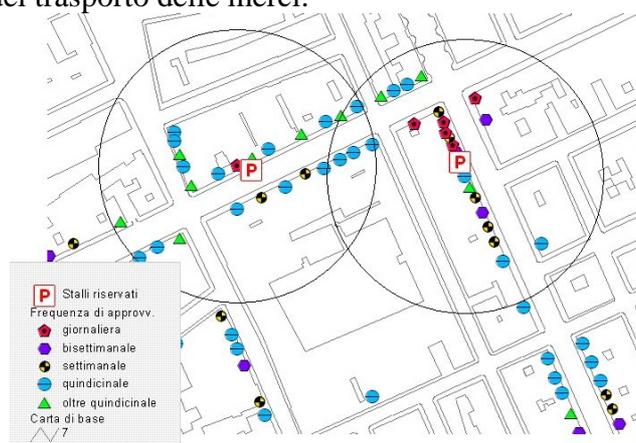


Figura 2: Posizione ottimale degli stalli destinati al carico/scarico delle merci

Definito l'ambito territoriale di analisi, è stata condotta una indagine finalizzata alla rilevazione della domanda, come precedentemente definita, e dell'offerta di trasporto merci, attraverso la determinazione delle caratteristiche geometriche e funzionali delle infrastrutture stradali e delle

caratteristiche di circolazione (numero e ubicazione di piazzole per la sosta ad uso esclusivo del carico/scarico delle merci, regime di regolamentazione della sosta privata, ecc). Creato il database con i dati rilevati, è stato tracciato un *pattern* di ricoprimento a forma circolare di raggio pari a 40 m, ipotizzando questa come la massima distanza che l'operatore del trasporto merci è disposto a percorrere dallo stallo riservato per raggiungere l'esercizio commerciale da servire.

Il modello, applicato all'insieme degli esercizi contenuti in ciascuna area, ha fornito la coppia di coordinate di ogni stallo che il GIS ha opportunamente posizionato sulla mappa della zona ed i cui risultati sono rappresentati in Figura 2.

Conclusioni

La gestione dei dati di localizzazione degli esercizi commerciali in area urbana attraverso l'uso di un GIS, consente di determinare la posizione ottimale di stalli destinati esclusivamente alle operazioni di carico/scarico. Classificando degli esercizi commerciali per tipologia e quantità di merce movimentata, è possibile definire la posizione ottimale di uno stallo rispetto agli esercizi serviti in funzione della frequenza e delle quantità approvvigionate, ottimizzando così il costo del trasporto tra il veicolo in sosta per le operazioni di consegna/ritiro della merce e gli esercizi commerciali presenti nella zona d'influenza dello stallo.

La localizzazione e la gestione ottimale di stalli riservati, consente quindi di:

- Fluidificare il traffico urbano, grazie alla riduzione dei veicoli in sosta fuori gli stalli.
- Rendere il servizio di consegna delle merci più economico, riducendo il personale a bordo dei veicoli per la consegna/ritiro della merce

Potendo disporre, per l'area in esame, della rete pedonale percorribile è possibile determinare la reale distanza tra la posizione dello stallo determinata e gli esercizi commerciali serviti. Tale distanza, in generale differente da quella euclidea posta a base del modello proposto, costituisce il reale vincolo alla fruibilità dello stallo per l'intera zona da servire. La media pesata delle differenze tra distanze euclidee e quelle reali può costituire un indicatore per la scelta della dimensione e della forma dell'area di studio.

Al tempo stesso la distanza reale tra lo stallo e ciascun esercizio commerciale, misurata lungo il percorso pedonale effettivamente percorribile, costituisce una più significativa grandezza da porre a denominatore nelle [3] e [4] per una migliore ubicazione dello stallo.

Bibliografia

- Jesús Muñuzur et al. (2005), Solutions applicable by local administrations for urban logistics improvement, *Cities*, Vol. 22 , No 1: 15-28
- Salvo G. (2005), *Un GIS a supporto della pianificazione della distribuzione urbana delle merci*, 8^a Conferenza Utenti ESRI, Roma
- Da Rios G, Gattuso D (2003), *La mobilità delle merci nell'area metropolitana milanese*, Franco Angelo, Milano
- M&T (2001a), *Il carico e scarico delle merci nelle aree urbane: il fattore tempo*, M&T Mobilità e Traffico Urbano Anno XII N. 2 – Febbraio 2001, Milano
- M&T (2001b), *La distribuzione delle merci nel centro storico di Roma*, M&T Mobilità e Traffico Urbano Anno XII N. 8 - Settembre 2001, Milano
- Maggi E. (2001), *City logistics: un approccio innovativo per la gestione del trasporto urbano delle merci*, Working paper del Politecnico di Milano Dipartimento di Architettura e Pianificazione, Milano
- Drezner, Z. (1995), *Facility Location*, Springer New York.
- Winston, W.L. (1987), *Operation Research: Application and Algorithms*, PWS-Kent Publishing Boston, MA.