

Tecnologie innovative per la gestione integrata della mobilità urbana

Adelmo Crotti

PROFESSORE ASSOCIATO DI ESERCIZIO DEI SISTEMI DI TRASPORTO.
DIPARTIMENTO DI IDRAULICA, TRASPORTI ED INFRASTRUTTURE CIVILI DEL
POLITECNICO DI TORINO

Efficient planning, control and management of urban and metropolitan traffic have for long been judged as key issues that civil servants and experts must address in order to make, or at least keep, our cities liveable. A subject of such economic and social relevance for the country would deserve a much more well-structured methodological approach than is currently the case, for it entails multidisciplinary instruments and knowledge. This approach can now be considerably improved by introducing into the transport sector the new technologies achieved by the advances in information science and electronics over the past few years. These new technologies will be analysed in this work both with reference to transport infrastructures and to system management.

Premessa

La programmazione e l'attuazione di interventi risolutivi nel comparto della mobilità urbana e più in generale dei grandi agglomerati metropolitani costituiscono ormai da tempo problematiche centrali che amministratori e tecnici devono affrontare per rendere, o quantomeno mantenere, "vivibili" le nostre città.

Un tema di così alta valenza economica e sociale per ogni Paese, meriterebbe, peraltro, un approccio metodologico ben più strutturato di quanto non avvenga attualmente, vuoi perché coinvolge competenze assai diverse, vuoi perché si tratta di un problema che deve essere risolto attraverso interventi integrati sul territorio che

richiedono conoscenze e tecnologie multidisciplinari che implicano scelte di investimenti rilevanti.

L'applicazione sistematica al comparto dei trasporti di nuove tecniche d'analisi e di tecnologie non convenzionali, consentirebbe oggi un approccio qualitativamente più evoluto, ma obiettive difficoltà nel quantificare le ricadute economiche degli interventi ne rallentano l'attuazione.

Questi ultimi anni hanno visto una prorompente diffusione della telematica, dell'informatica, dell'elettronica applicata ad ogni comparto della vita quotidiana, per cui occorre prendere coscienza del fatto che, anche nel settore dei trasporti, progetti che sino a pochi anni addietro erano considerati tecnicamente od economicamente irrealizzabili, sono oggi non solo fattibili, ma possono anche rivelarsi produttivi.

Assistiamo ogni giorno ad un'evoluzione vorticosa degli scenari di riferimento; interventi ritenuti ottimali in sede di progettazione, si rivelano obsoleti nell'arco di poco tempo e quindi anche la programmazione e la gestione dei trasporti deve essere dinamica, flessibile; deve, in buona sostanza, poter adattare e calibrare "in tempo reale" l'offerta della domanda.

Una rassegna di quali siano le tendenze evolutive dell'offerta di trasporto in ambito urbano e metropolitano ci conferma tali considerazioni, e focalizza altresì altri temi, ritenuti oggi prioritari, quali l'utilizzo ottimale delle risorse, la tutela dell'ambiente e la necessità di

offrire servizi di livello più elevato, pur comprendendo che i margini economici sono assai ristretti, in presenza di risorse quanto mai limitate.

La rassegna degli ambiti ove si sono recentemente conseguiti i risultati più rilevanti sul fronte dell'offerta di trasporto, evidenzia gli aspetti innovativi introdotti dalle tecnologie emergenti su due fronti: quello delle infrastrutture di trasporto, ma soprattutto quello della gestione dei sistemi.

Evoluzione tecnologica dei mezzi e sistemi di trasporto collettivo

Le innovazioni introdotte in tale settore riguardano principalmente due distinti campi di inter-

vento:

- uno riguarda il miglioramento delle prestazioni dei mezzi di trasporto su ferro e su gomma di tipo convenzionale;
- il secondo, invece, prefigura l'utilizzo di sistemi di trasporto non convenzionali o innovativi, ripetutamente proposti ormai da lungo tempo, ma ancora scarsamente applicati.

La progettazione dei veicoli adibiti al trasporto collettivo, ha posto particolare attenzione al miglioramento dell'accessibilità del mezzo da parte degli utenti ed ha conseguito un ulteriore aumento delle prestazioni dei veicoli. L'altezza del pianale di carico di autobus urbani e tram è stato progressivamente ridotto sino a consentire l'incarozzamento a raso dei passeggeri e moderni sistemi di trazione sono in grado di elevare progressivamente le velocità commerciali laddove la via di corsa è riservata e protetta.

Anche nel comparto del materiale rotabile adibito a servizi regionali assistiamo ad analoghe tendenze.

Sul fronte dei sistemi di trasporto, ove la carenza di investimenti è particolarmente marcata, si assiste ad uno sforzo notevole di progettisti e costruttori per offrire sistemi di trasporto automatici di media capacità (particolarmente richiesti dal mercato nazionale) in grado di offrire servizi di standard qualitativo elevato con costi di gestione contenuti.

L'infrastrutturazione del sistema dei trasporti, in Italia,

è stata sempre legata alla cultura dell'investimento o del sussidio pubblico ed il reperimento delle risorse necessarie è stato tradizionalmente collocato fra gli Impegni di Spesa dell'Amministrazione Finanziaria Centrale. L'instabilità e la strutturale debolezza dell'economia italiana, soprattutto dell'ultimo quinquennio, hanno reso evidente che tali oneri non sono più sostenibili, almeno nel breve e medio periodo, dalla finanza pubblica. Diventa pertanto necessario ricorrere, pur fra le resistenze del sistema economico e politico, a schemi finanziari rivolti all'uso totale o parziale, di risorse private.

Il *project financing*, inteso come complesso di metodologie che rendono finanziariamente attuabile un progetto di investimento, si basa sul principio per il quale il progetto deve avere come attributo fondamentale la remunerazione del capitale investito.

Nel settore dei Trasporti pubblici gli schemi possibili sono rappresentati dal BOT (Built, Own, Transfer) nel caso il Concessionario costruisca l'opera e la metta a disposizione del Committente a fronte di un canone di affitto o leasing, ovvero dal BOOT (Built, Own, Operate, Transfer) nel caso di Concessione di costruzione ed esercizio.

L'individuazione dei flussi finanziari ed un corretto dimensionamento sia della domanda prevedibile che dell'infrastruttura riducono i rischi di analisi errata, elemento che caratterizza le infrastrutture italiane incomplete o sotto utilizzate.

Tale strumento ha già trovato significative applicazioni in Europa (TGV, Eurotunnel), mentre in Italia, al di là di alcune disposizioni normative che incentivano il finanziamento privato (TAV, Parcheggi) le proposte di *project financing* sono abbastanza approssimative.

Per quanto riguarda il finanziamento dei Sistemi di Trasporto Pubblico di massa in sede riservata, è già stata verificata la non remuneratività degli investimenti, facendo esclusivo riferimento agli introiti della gestione ordinaria (tariffe, pubblicità, ecc.); in questo caso la fattibilità di un progetto richiede la disponibilità a pagare anche di quei soggetti che percepiscono benefici diretti ed indiretti della nuova infrastruttura (value capture); varie proposte di recupero dei benefici, nel recente passato, sono già state sviluppate in Francia (versamento trasporto) e negli Stati Uniti (Joint Development).

Esiste, tuttavia, ora la possibilità di progettare sistemi di trasporto collettivi urbani finanziariamente remunerativi applicando recenti innovazioni tecnologiche che hanno interessato i sistemi di trasporto leggeri; i ridotti costi di costruzione e gestione permettono di realizzare impianti ad automazione integrale in sede completamente riservata che forniscono le condizioni per una gestione quantomeno in pareggio.

Tali sistemi necessitano di utenza pagante sulla rete (alle tariffe attuali di 1200 £/corsa) dell'ordine di 3.500/4.000 pass/giorno per Km di linea; a tali condi-

zioni la concessione di costruzione e gestione per una o più linee urbane diventa fattibile anche per investitori privati, con il risultato di offrire alla comunità locale l'infrastruttura di trasporto a costi sostenibili.

La possibilità di acquisire utenza al trasporto collettivo con la qualità offerta ed il contenimento dei costi di gestione sono le premesse indispensabili per assegnare un nuovo ruolo al trasporto pubblico.

Innovazioni nel controllo e nella gestione del trasporto

Gli obiettivi prioritari che si propongono tali interventi sono legati alla necessità di decongestionare le infrastrutture di trasporto, spesso al limite della saturazione, e rendere più efficiente ed economico l'esercizio del trasporto stesso, sia esso pubblico o privato, senza dover necessariamente ricorrere alla realizzazione di nuove infrastrutture.

I sistemi innovativi proposti, pertanto, sono prevalentemente mirati al governo del traffico privato, ma anche finalizzati al miglioramento delle prestazioni degli esistenti sistemi di trasporto collettivo, nell'intento di pervenire ad una gestione integrata e centralizzata dell'intero sistema urbano.

I risultati conseguibili con tali tecnologie si traducono nel miglioramento dell'offerta, nella riduzione degli impatti ambientali provocati dal traffico e nel contenimento dei costi sostenuti dalla collettività.

I fattori "chiave" che hanno reso possibile tale evoluzione, spesso fondamentale per risolvere alcuni annosi problemi del trasporto locale, sono la recente accessibilità e contemporanea economicità di tecnologie e sistemi in grado di rimuovere, o quantomeno ridurre, gli ostacoli comunicativi fino ad oggi esistenti.

In particolare si intende porre l'attenzione su tre distinti componenti, già sperimentati a livello prototipale e oggi disponibili sul mercato come standard, la cui applicazione ai sistemi di trasporto è in grado di fornire interessanti ricadute: ci si riferisce ai sistemi di localizzazione dei veicoli, ai nuovi sistemi di telecomunicazione, ai sistemi geografici informativi; ciascuna tecnologia, applicata singolarmente, è in grado di espletare proprie funzioni già di per sé interessanti, ma è soprattutto il loro utilizzo contemporaneo ed integrato che prefigura gli sviluppi più interessanti, anche perché ciascun sistema è standardizzato e soprattutto è in grado di essere interfacciato con altri.

Sistemi di localizzazione

Da quasi un decennio sono in fase di sperimentazione sistemi di localizzazione dei veicoli basati sull'utilizzo di satelliti e reti di telecomunicazione dedicate, ma l'assenza di uno standard, la scarsa flessibilità d'impiego e gli elevati costi di gestione ne hanno sino ad ora limitato l'impiego.

La recente disponibilità dei sistemi di localizzazione GPS, estesi all'intero pianeta, la gratuità del servizio e

la possibilità di interfacciare il dispositivo con le moderne reti di comunicazione, hanno reso accessibile anche al mondo dei trasporti il servizio di localizzazione, prima circoscritto alla navigazione aerea o marittima.

Un ricevitore GPS (Global Positioning System), posizionato su un mezzo mobile, decodifica i segnali provenienti da un sistema satellitare estraendo l'informazione relativa alla posizione dei singoli satelliti e la propria distanza da essi, determinando in tal modo la propria posizione per triangolazione.

Se tale informazione viene trasferita dal mezzo mobile alla stazione fissa utilizzando un'esistente rete di comunicazione, ogni utente è in grado di disporre, a costi estremamente contenuti, di un sistema completo di localizzazione fondato su reti informative standardizzate e di provata affidabilità.

La precisione del sistema sarebbe elevatissima se non fosse stato appositamente introdotto un errore dal Dipartimento della Difesa USA nella trasmissione dei dati, in modo da garantire una precisione adeguata solo alle applicazioni militari.

A questo inconveniente si è ovviato utilizzando il cosiddetto GPS differenziale che prevede un ricevitore fisso che, grazie alla conoscenza della propria posizione, è in grado di elaborare dei fattori di correzione sui dati trasmessi da ogni satellite e di inviare tali informazioni agli altri ricevitori GPS montati sui mezzi mobili; con tale accorgimento si è in grado di raggiungere una precisione della localizzazione dell'ordine di 10 m., più che accettabile in ambito urbano.

E' ovvio il vantaggio dei sistemi basati su GPS per la funzione di localizzazione su percorsi non predeterminati.

La potenza di elaborazione sempre maggiore, disponibile a bassi costi anche a bordo, ha incentivato ultimamente i sistemi cosiddetti di "localizzazione logica", basati sulla rilevazione di eventi quali la chiusura porte, i segnali provenienti da dispositivi giroscopici, la descrizione del percorso, l'eventuale descrizione topografica del territorio od i dati provenienti da un odometro. Un compromesso tra localizzazione fisica e logica prevede un sistema di "localizzazione mista", il cui vantaggio principale è quello di avere la precisione della localizzazione fisica unita alla disponibilità di un sistema alternativo quando si hanno problemi contingenti che causano mancanza di ricezione dei segnali fisici esterni necessari (ad esempio di segnali GPS).

Le reti di comunicazione

L'offerta di reti mobili per trasmissione dati ha avuto solo di recente un salto qualitativo apprezzabile, grazie all'introduzione del GSM, svincolato dal costoso utilizzo di reti satellitari.

Rispetto al sistema di trasmissione analogico, il digitale GSM offre, inoltre, la possibilità diretta di trasmettere

dati, fornisce una migliore qualità del segnale, maggiore sicurezza ed un uso più efficiente dello spettro (che implica più elevata capacità della rete).

In particolare, il sistema cellulare digitale europeo prevede dal punto di vista tecnologico, la possibilità di arrivare autonomamente alla posizione del veicolo con l'integrazione dei servizi di *roaming* e messaggistica breve, senza dover dunque ricorrere al satellite.

Una sufficiente copertura territoriale potrebbe permettere in futuro di ottenere sistemi di tracciamento e comunicazione completamente basati sulla telefonia cellulare in ambito continentale.

La comunicazione con reti radio dedicate, per lo più utilizzate su ambiti territoriali circoscritti, pone spesso limiti legati al rilascio di autorizzazioni da parte delle Poste e di circoscrizione alla flotta che adotta un certo tipo di prodotto; non è certo questa la strada per la loro diffusione, fatta eccezione per un sistema, il *Tetra* (Trans European Trunked Radio) standardizzato in ambito UE, concepito come rete radiomobile privata e rete mobile per trasmissione dati.

La standardizzazione relativa è stata completata alla fine dell'anno scorso; ciò non toglie nulla alle potenzialità delle singole reti radio dedicate, le quali possono in alcuni casi anche determinare autonomamente la posizione o comunque fare ricorso a satelliti.

La tecnologia *Tetra* ha la capacità di coesistere con altri sistemi radio mobili privati e di adattarsi ai piani di impiego delle frequenze a livello europeo. Tale tecnologia va a sostituire le numerose reti in radiofrequenza adatte a superfici urbane, essendo un'emanazione del competente organismo europeo (ETSI, 1994).

Tetra è un sistema digitale, con i conseguenti vantaggi sia per la trasmissione di voce che di dati; è dunque possibile la trasmissione di file, collegamento fax, trasmissione di immagini fisse, gestione di flotte, accesso a banche dati, comunicazione tra mezzi anche in movimento.

Il sistema è adatto sia per la costruzione di reti private locali che di reti per flotte di mezzi pubblici urbani e la sua flessibilità permette comunque la facile adattabilità delle reti alla loro espansione sia in termini di traffico che di copertura geografica.

Nel medio-lungo termine, la possibilità di scambiare messaggi tra il *Tetra*, la rete Isdn e le altre reti ad accesso pubblico dovrebbe consentire un buono sviluppo del sistema.

Un'alternativa al citato sistema radiomobile e rete per trasmissione dati standard è una rete cellulare (GSM/DCS 1800), molto adatta all'ambito urbano essendo anch'esso un sistema per trasmissione sia di voce che di dati, in quanto basato sulla trasmissione digitale.

I sistemi informativi territoriali (GIS)

I sistemi GIS (Geographic Information System), nati per la gestione dei sistemi territoriali su grandi elaboratori

e oggi disponibili in versioni compatibili con le più diffuse piattaforme PC, sono programmi in grado di riportare dati territoriali col territorio stesso attraverso procedure manuali e/o automatizzate.

Con tali sistemi è possibile archiviare, gestire, analizzare e presentare dati muniti di riferimenti geografici, i cosiddetti dati georeferenziati.

Cartografie numeriche e grafi georeferenziati consentono inoltre di gestire in forma digitale ogni tipo di informazione territoriale e fornire capacità di analisi e programmazione impensabili con sistemi convenzionali che utilizzano carte e tabulati.

Le potenzialità di tali sistemi, applicati alla pianificazione e gestione dei trasporti, sono ancora inesplorate, ma è facile intuire le ricadute laddove occorra gestire ed analizzare, anche in tempi reali fenomeni di mobilità, così intimamente legati all'assetto del territorio e allo stato delle reti.

Interessanti sviluppi possono prevedersi, ad esempio, nella gestione dei dati riferiti a grafi georeferenziati della viabilità e delle reti di trasporto, dove ad ogni arco o nodo è possibile associare ogni tipo di informazione di carattere descrittivo (dati statistici) o dati provenienti da stazioni di rilevamento poste sul territorio, preposte all'acquisizione in tempo reale dei più svariati dati.

Gli attributi del primo tipo associabili ai grafi possono quindi, ad esempio, essere legati alla geometria delle infrastrutture, alla toponomastica stradale, ai sensi di percorrenza, alla numerazione civica, ecc.; i dati "dinamici" associabili e rappresentabili su grafo, possono essere legati ai flussi veicolari sugli archi, alla localizzazione di flotte veicolari, al grado di saturazione di archi o nodi.

Le applicazioni

Le tecnologie citate si basano su due fattori "chiave" comuni: la digitalizzazione del segnale e la continuità nel rilevamento del dato. Pertanto, da una trasmissione limitata nella capacità e nell'affidabilità quale è quella analogica, si è passati ai segnali digitali, codificati, indifferenti a disturbi.

Contemporaneamente, dalla possibilità di effettuare la localizzazione e tracciamento dei mezzi di trasporto vincolati a tragitti ben definiti, si è arrivati a poter effettuare *tracking* e *tracing* degli stessi in modo continuo tramite la compresenza di sistemi satellitari (GPS) e dei summenzionati mezzi di telecomunicazione.

La novità non risiede, invero, nelle tecnologie in sé, ma nel fatto di poter estendere al campo urbano applicazioni già sperimentate in campo trasportistico-militare e, allo stesso tempo, di poter recepire (da qui a pochi mesi) degli standard con diffusione tale da comportare delle economie di scala nelle apparecchiature di impiego.

Il concepimento di alcune tecnologie a diffusione europea, ed in particolare, di un sistema radiomobile e rete per trasmissione di dati standard quali è il *Tetra*, è sinto-

matico delle ottime potenzialità citate in premessa.

Logiche e intuitive appaiono, a questo punto, le potenzialità offerte dall'integrazione dei tre citati sistemi (localizzazione, telecomunicazione, sistema informativo territoriale); per i trasporti si rendono disponibili, a costi altamente competitivi, il rilevamento della posizione geografica del mezzo, la comunicazione di voce e dati tra stazione fissa e mobile, la rappresentazione su cartografia numerica di ogni informazione desiderata proveniente dall'ambiente che si intende controllare.

Sul mercato sono già diffuse apparecchiature di ridottissime dimensioni (tascabili) in grado di collegarsi ai satelliti GPS ed aventi costi dell'ordine di 1.500.000 di lire; i dispositivi sono collegabili alle usuali apparecchiature di elaborazione o ai cellulari tramite l'interfaccia RS232 o schede PCM-CIA, aventi diffusione globale.

E' facile comprendere gli enormi vantaggi che può fornire la compresenza su un veicolo di un telefono, un elaboratore portatile ed un sistema di localizzazione, sia per la trasmissione di voci e messaggi, sia per lo scambio di dati che per la conoscenza dello stato del mezzo e per la gestione ottimale della flotta.

Ma l'integrazione tra sistemi di comunicazione e GIS apre nuovi orizzonti anche sul fronte della trasmissione in tempo reale di dati o immagini da postazioni remote ad un centro di controllo, dove, in forma automatica o a richiesta dell'operatore, è possibile associare e visualizzare ciascuna informazione con la posizione geografica da cui proviene.

La trasmissione di dati via etere consente inoltre, in molti casi, di sostituire le reti telefoniche o quelle a fibre ottiche (i cui costi di posa si sono spesso rivelati l'ostacolo principale della loro diffusione), ma soprattutto non pone alcun limite alla comunicazione con i mezzi mobili.

Le principali funzioni cui possono assolvere tali sistemi, in ambito urbano, investono la sfera della pianificazione, e del controllo e gestione sia del traffico che di tutti i servizi di pubblico interesse (trasporto pubblico, forze dell'ordine, taxi, nettezza urbana, autotrasporto, servizi di trasporto a chiamata, ecc.).

Nell'ambito della pianificazione urbana è possibile prefigurare sistemi informativi integrati contenenti la cartografia cittadina ed il grafo della viabilità correlati con *data base* su cui sono archiviate e continuamente aggiornate le informazioni relative alla viabilità, agli impianti semaforici, ai flussi interessanti i singoli archi, ecc.

Sistemi di radiolocalizzazione di veicoli "laboratorio" consentono di acquisire sul campo informazioni per la calibrazione di modelli di traffico, per la costruzione sperimentale di curve di deflusso, per la simulazione e verifica di percorsi ottimali per flotte di veicoli, con possibilità di valutare gli effetti indotti dal traffico e sul traffico.

Il sistema informativo costituisce, inoltre, un potente strumento per il monitoraggio dello stato della circolazione stradale e dei servizi pubblici: progetti quali il controllo dell'esercizio del trasporto pubblico ed il rilevamento del traffico stradale, in avanzata fase di sperimentazione in alcune città italiane, saranno presto realizzazioni alla portata di qualsiasi Amministrazione, proprio grazie alla commercializzazione di sistemi "chiavi in mano" che sfruttano standard e componentistica di ampia diffusione a costi assai competitivi.

In sintesi si può affermare che presto sarà tecnologicamente possibile ed economicamente fattibile controllare e governare fenomeni urbani tradizionalmente considerati "ingovernabili" e rilanciare gli investimenti nel settore delle infrastrutture di trasporto collettivo i cui costi di esercizio possono essere sensibilmente ridotti con l'automazione, grazie alla quale può anche essere colmato il divario esistente fra livello di servizio offerto dal trasporto pubblico e da quello privato.

Tutto quanto esposto s'inserisce pienamente nella volontà di rispondere adeguatamente alle esigenze urgenti e preoccupanti della mobilità urbana con infrastrutture, ma, soprattutto, dove ciò non è possibile o immediatamente accessibile, tramite reti telematiche.

L'affiancamento a queste ultime di sistemi di localizzazione e banche dati su GIS consente promettenti ritorni economici, per lo meno a livello teorico.

Pare che la realtà applicativa non abbia elementi forti per contrastare una simile proposta; è auspicabile, allora, che non si frapongano, fra teoria e pratica, quell'inerzia che ha spesso caratterizzato altre scelte in altri tempi.

BIBLIOGRAFIA

ALBARES G., *Dynamic GIS, GIS Europe*, Londra (UK), giugno 1993

BERNARDINI A. ET ALII, *Applicazione del sistema GPS nei trasporti terrestri e inserimento dei dati di posizione in una rete pubblica a 900 MHz*, ottobre 1986.

DALLA CHIARA B., *Nuovi servizi di rete di telecomunicazione per l'autotrasporto, Sessione "Traffico extraurbano - Le strategie per l'intermodalità: organizzazione e tecnologie"*, 50ª Conferenza del Traffico e della Circolazione, Stresa, 7 ottobre 1994.

TAYLOR, *From EDI to iter-entreprise systems: a scenario for the 1990s*, "EDI Forum", Vol. 4, 1991.

WU W.W., MILLER E.F., WILBUR L.R., *Mobile data communications, "Proceedings of the IEEE"*, Vol. 82, n. 9, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., USA, settembre 1994.

ZITO M.A.P. TAYLOR, *The use of GPS in travel-time surveys, "Traffic Engineering and control"*, dicembre 1994.