

GIUSEPPE BORRUSO \*

## CARTA DIGITALE PER I SISTEMI DI NAVIGAZIONE AUTOMOBILISTICI: PROBLEMI E PROSPETTIVE

### *Introduzione*

Con il presente contributo si intende focalizzare l'attenzione su di un aspetto non immediatamente evidente quando si parla delle relazioni che intercorrono tra i GIS e la cartografia. Parliamo della cartografia digitale usata nei sistemi di navigazione per automobile, sistemi sempre più diffusi nelle automobili di quasi tutte le categorie. Nel presente documento verranno analizzati i problemi inerenti a questo tipo di cartografia e le prospettive di sviluppo previste e più probabili nel futuro più immediato. Il riferimento del tipo di studio al settore dei GIS va ricercato nella natura particolare dei sistemi di navigazione per auto. Questi possono infatti essere considerati dei casi particolari dei GIS, che accentuano alcune delle caratteristiche e delle direzioni che potrebbero risultare rilevanti nelle future evoluzioni dei GIS. Tra queste risultano particolarmente importanti la facilità d'uso e l'immediatezza nel presentare all'utente le informazioni spaziali, oltre che la possibilità di gestire efficacemente dati spaziali aventi origini diverse.

Dopo un breve esame delle caratteristiche comuni tra GIS e sistemi di navigazione per automobili, si passa a considerare i dati cartografici veri e propri, che in entrambi i casi costituiscono la fonte di informazioni, visive e non, per l'utente. Come e per certi versi più che nel caso della

---

\* Università di Trieste - Dipartimento di Scienze Geografiche e Storiche.

cartografia standard, nei sistemi di navigazione la carta digitale deve fornire un'immagine corretta dello spazio circostante. A considerazioni legate alla qualità delle informazioni presentate vanno affiancate argomentazioni legate alla sicurezza di marcia del veicolo, strettamente dipendenti, tra le altre, dalla qualità e precisione del dato cartografico. Vi è pertanto la necessità di disporre di dati di qualità, sia per quanto riguarda la precisione di posizionamento, sia per quanto attiene al contenuto informativo associato alle sole informazioni grafiche – spaziali. Soprattutto l'aggiornamento del dato cartografico puro e delle informazioni relative costituisce elemento determinante nel successo della carta digitale in qualità di strumento informativo nell'ambiente estremamente dinamico e mutevole quale risulta quello della navigazione automobilistica. Di rilevante importanza è inoltre la scelta delle informazioni spaziali da presentare all'utente: ogni elemento accessorio e non essenziale rischia infatti di compromettere la sicurezza nella condotta di guida dell'utente.

A conclusione della disamina si passa a considerare le prospettive di sviluppo future per questo tipo di cartografia digitale. Gli scenari che si prospettano abbracciano diversi livelli di studio e diversi aspetti della carta stessa. Innanzitutto bisogna considerare le possibilità di aggiornamento veloce e accurato del dato cartografico. A questo contribuirà enormemente lo sviluppo di dispositivi capaci di trasmettere e ricevere dati digitali rapidamente anche per mezzo di sistemi mobili (integrazione tra telefonia mobile e Internet). Un secondo livello riguarda il tipo di dato da utilizzare. La maggior parte dei sistemi in commercio fa riferimento infatti a cartografia vettoriale, più facile da gestire e da aggiornare. Sarà opportuno quindi vedere se vi sia spazio per la cartografia raster (come già prassi nella cartografia tradizionale) e in che termini questa si possa diffondere.

### *GIS e Sistemi di Navigazione per Automobili*

I sistemi di navigazione automobilistici (*Car Navigation Systems* – CNS nel seguente testo) possono essere considerati un caso particolare di GIS, dove le caratteristiche tipiche di tali sistemi vengono evidenziate ed esasperate. In un certo senso nei CNS si manifestano alcune necessità di evoluzione futura dei GIS e rappresentano per molti aspetti il banco di prova per l'evoluzione dei GIS stessi. Questo vale soprattutto per quanto riguarda l'aggiornamento e la qualità dei dati geografici e il problema dell'interazione tra il sistema e l'utente.

Una delle particolarità dei CNS giace nella natura parzialmente dinamica di tali sistemi: essi rappresentano infatti la posizione di un veico-

lo in movimento in tempo reale su di una mappa digitale; gli elementi spaziali rappresentati tuttavia non risultano ancora aggiornati in tempo reale, ma sono basati su rilevamenti di dati avvenuti precedentemente e poi inseriti su di un supporto digitale (solitamente CD-ROM). I dati sono quindi aggiornati al momento della raccolta sul territorio.

Un'altra particolarità risiede nel fatto che i CNS, quali particolari GIS, richiedono un elevato livello di adattabilità ai diversi utenti e di immediatezza nel fornire le informazioni navigazionali e nel ricevere le istruzioni, soprattutto per motivi legati alla sicurezza di guida. L'utente infatti non deve impiegare tempo prezioso nel capire come interagire con il sistema e nell'interpretare le informazioni fornite da questo. Ciò al fine di risolvere al meglio il "problema" di seguire il percorso ottimale per raggiungere una data destinazione. Diversamente dai GIS, almeno in questa fase dello sviluppo e della diffusione dei CNS, questi ultimi non richiedono un particolare spirito critico da parte dell'utente nella scelta dei dati cartografici da utilizzare, né sorgono generalmente problemi di compatibilità tra diverse fonti di dati. Il cliente viene generalmente fornito infatti del sistema di navigazione e del set di dati navigazionali. Gli aggiornamenti successivi di tali dati non presenteranno problemi di compatibilità e l'utente non sarà costretto a occuparsi di dati provenienti da fonti diverse, magari raccolti in base a sistemi di riferimento e proiezioni diversi<sup>1</sup>.

In altre parole, come e più dei *desktop* GIS oramai tradizionali, i CNS devono garantire una quanto più possibile facilità d'uso, accoppiata ad una buona interazione uomo-macchina (HMI – *Human Machine Interaction*). Quest'ultimo punto diventa di vitale importanza nel caso dei CNS, in quanto si collega a problematiche legate alla sicurezza di marcia del veicolo. Nel caso dei *desktop* GIS l'ottenere un prodotto capace di essere utilizzato dal maggior numero di utenti possibili, che sia quindi facile da utilizzare, può garantirne il successo commerciale.

I dati cartografici in formato digitale rappresentano quindi un componente di fondamentale importanza per i CNS e per i GIS. In entrambi i casi, tali dati sono rilevanti sia in quanto rappresentazione grafica di oggetti presenti sulla superficie terrestre, sia per quanto riguarda le informazioni che possono essere associate a tali elementi. I CNS presenteranno tuttavia un insieme di informazioni finalizzate alla navigazione automobilistica, e pertanto delimitate, quanto a varietà di informazioni, ma non limitate in quanto a qualità.

---

<sup>1</sup> Quest'ultimo punto rimane ancora spesso uno dei lati oscuri nell'utilizzo di molti pacchetti GIS: è uno dei punti nodali in cui la preparazione cartografica dell'utilizzatore diventa fondamentale per utilizzare i GIS in modo efficiente e corretto.

Secondo una definizione data da White (1991) come regola i sistemi di navigazione per automobile fanno un uso estensivo di mappe che devono fornire informazioni per una serie di scopi:

- determinare e mantenere la posizione del veicolo in relazione agli elementi rappresentati sulla mappa;
- mostrare una mappa graficamente e/o generare istruzioni d'instradamento sotto forma di testo o voce;
- collegare in modo efficace il sistema con le infrastrutture.

Da quanto sopra schematizzato si evince l'importanza della cartografia digitale in tali sistemi. La determinazione della posizione del veicolo avviene per mezzo di sistemi di posizionamento assoluti e relativi, come il GPS e il *Dead Reckoning*. Il veicolo viene così trasformato in elemento cartografico da rappresentare su una mappa digitale assieme agli altri elementi necessari alla navigazione. In particolare, come vedremo, questi riguarderanno la rete viaria ed altri elementi spaziali rilevanti al fine della navigazione (punti d'interesse, ecc.).

Passando al secondo punto ci troviamo ad un secondo livello di dettaglio relativo agli oggetti spaziali: non soltanto quindi la loro forma e posizione nello spazio, ma anche le informazioni esplicative, o di attributo, di tali elementi diventano fondamentali (per esempio, lunghezza, tipo di strada, svolta a destra o a sinistra, ecc.).

L'ultimo punto in particolare costituisce la nuova frontiera per i sistemi di navigazione per automobile, che li porterà a diventare delle applicazioni di *Intelligent Transport Systems* (ITS). Un approfondimento su tale argomento non è essenziale nell'ambito del presente contributo. Sarà tuttavia importante sottolineare certi aspetti di tale settore al fine di comprendere meglio il legame esistente, e che tende a diventare sempre più forte, tra la cartografia e i GIS da una parte, e tra GIS e CNS dall'altra.

### *Dati Cartografici e Informazioni Spaziali*

Grazie all'avvento della tecnologia digitale i cartografi si occupano ancora della raccolta e dell'aggiornamento dei dati e realizzano prodotti cartografici, ma accanto ad essi si è sviluppata e si sta sviluppando una nuova classe di utenti – cartografi in grado di produrre la propria comunicazione spaziale per mezzo dei GIS (ROBINSON, 1995). Per mezzo dei GIS infatti le informazioni cartografiche diventano disponibili a un pubblico molto vasto. La possibilità di gestire sia dati cartografici puri sia informazioni aggiuntive assegnate agli stessi dati costituisce un notevole vantaggio per tutta una serie di applicazioni. Le applicazioni legate agli

*Intelligent Transport Systems* rappresentano una parte di queste. Le mappe digitali diventano uno strumento molto importante per la gestione e l'ottimizzazione delle informazioni territoriali: questo si traduce nei sistemi di gestione e ottimizzazione del traffico, nei sistemi di gestione e di aggiornamento delle informazioni di trasporto, nelle applicazioni di CNS integrati alle infrastrutture. La cartografia riveste quindi un'importanza notevole: da una parte in quanto rappresentazione la più corretta e aggiornata possibile degli elementi presenti sul territorio, e dall'altra in quanto raccolta di informazioni esplicative relative a un dato elemento presente nello spazio.

Trattandosi di applicazioni trasportistiche, nel caso particolare dei CNS (e degli ITS, volendo estendere il campo di indagine) gli elementi cartografici che risulteranno particolarmente rilevanti saranno quelli relativi ai diversi tipi di strade, alla presenza di particolari infrastrutture inerenti lo spostamento stradale, e relativi ai cosiddetti punti d'interesse. Il maggior livello di dettaglio richiesto, in termini di precisione del dato, riguarderà pertanto le caratteristiche della strada, quali ad esempio il tipo di strada (autostrada, statale, provinciale, ecc.), la dimensione (due, quattro corsie, ecc.). Tali informazioni risulteranno via via maggiormente importanti a mano a mano che aumenterà il livello di precisione nel posizionamento del veicolo stesso. A un certo punto dovrebbe essere possibile determinare la posizione del veicolo stesso in termini di carreggiata o di corsia, in modo da fornire valide informazioni ai fini della sicurezza di marcia.

I produttori di cartografia digitale per scopi navigazionali si occupano quindi della raccolta e dell'aggiornamento costante dei dati cartografici e delle informazioni a questi associate. Ricordiamo tra i vari produttori i più importanti a livello mondiale: la belga TeleAtlas e la statunitense NavTech. La base cartografica prodotta è derivata da digitalizzazione da fonti cartacee ed integrata e migliorata per mezzo della fotografia aerea. A tali dati sono poi assegnati dei valori attributo, raccolti da fonti diverse. Questi riguardano la geografia, la navigazione (ad esempio sensi unici, restrizioni di accesso a determinate strade, indirizzi) e i punti d'interesse (ad esempio alberghi, stazioni di servizio, ecc.). Per quanto riguarda il sistema di riferimento dei dati cartografici, questi sono generalmente resi in WGS 84. L'utilizzo di questo formato facilita la visualizzazione simultanea dei dati cartografici di base e della posizione del veicolo determinata dal GPS (il WGS 84 è infatti il sistema di riferimento per il sistema GPS). Il vantaggio ulteriore è di consentire omogeneità nei dati anche se relativi a porzioni notevoli di territorio. In caso contrario vi sarebbe stata la necessità di passare da un riferimento locale ad un al-

tro, ad esempio in un viaggio che preveda il superamento di più confini nazionali.

Generalmente la cartografia digitale utilizzata nei CNS è di tipo vettoriale, presentando questo formato notevoli vantaggi rispetto al formato raster. In particolare tramite cartografia vettoriale è possibile rappresentare la rete stradale sotto forma di grafo. Oltre che fornire una buona base per gli algoritmi di calcolo del percorso ottimale, si presenta molto meno pesante, in termini di dimensioni dei singoli *files* e di loro gestione, rispetto al raster. Risulta inoltre più semplice assegnare ai diversi elementi spaziali (che possono essere ricondotti alle unità fondamentali di punto, linea e poligono) informazioni accessorie. Utilizzando dati raster si andrebbe incontro a un certo livello di ridondanza nell'assegnazione delle informazioni attribuite alle singole celle costituenti un determinato oggetto spaziale.

Quanto detto non nega tuttavia l'utilità della cartografia raster. Immagini satellitari ed aeree sono sempre più diffuse, precise ed economiche e costituiscono una base molto importante per la realizzazione di cartografia (vettoriale e non solo) e per l'aggiornamento dei dati.

Per quanto riguarda le informazioni attribuite, ogni segmento di strada può presentare un centinaio di categorie, riguardanti generalmente nomi delle strade, lunghezza del segmento stesso, indirizzi, sensi unici, limitazioni al transito, comprensive della differenziazione per orario e giorno della settimana. In pratica tutte le informazioni che consentono ad un viaggiatore che non conosce un determinato percorso e una data città di giungere a destinazione ottenendo indicazioni precise su ogni singola svolta da percorrere.

Le banche dati contengono inoltre informazioni sui punti d'interesse suddivisi in categorie, e ricomprendenti ristoranti, stazioni di servizio, ospedali, stazioni di polizia, monumenti ecc.

Una fase non secondaria relativa alla gestione dei dati (e su cui ritorneremo anche in seguito) riguarda l'aggiornamento. È risaputo che l'aggiornamento della cartografia di base costituisce uno sforzo non indifferente, sia per quanto riguarda le agenzie o gli istituti nazionali di cartografia (come IGM, IGN, OS, USGS, ecc.) sia per quanto riguarda le altre aziende che operano nel settore privato. Gli strumenti oggi disponibili consentono tuttavia di velocizzare molto questo processo. Se fino a pochi anni fa erano richiesti degli anni, al giorno d'oggi, almeno per quanto riguarda il settore privato, che può permettersi di selezionare il tipo di dati da aggiornare, e quindi limitare gli sforzi, possono essere necessari pochi mesi. Generalmente, anzi, il processo di aggiornamento riveste la natura di un flusso continuo.

Nel settore dei CNS gli aggiornamenti riguardano principalmente il sistema stradale. In questo contesto si parla quindi sia delle caratteristiche geometriche delle diverse strade (per esempio, la creazione di un nuovo tronco stradale), sia delle caratteristiche a livello di attributi delle stesse. Ecco che allora gli aggiornamenti riguardano la modifica della viabilità cittadina, con l'aggiornamento di nomi delle strade, sensi unici, accessibilità al sistema viario cittadino (centri storici). La base cartografica e le informazioni attribuite sono tradizionalmente contenute in CD-ROM acquistati dai possessori di sistemi CNS. Gli aggiornamenti sono anch'essi distribuiti tramite CD-ROM ed escono ad intervalli regolari di alcuni mesi.

A titolo di esempio vengono riportate delle illustrazioni relative a cartografia vettoriale per uso GIS rappresentanti elementi geografici per CNS. La figura 1 rappresenta il confronto diverso tra cartografia digitale vettoriale relativa alla città di Londra: la schermata in alto illustra la rete viaria per la City of Westminster, realizzata da TeleAtlas. Nella schermata in basso viene riportata la cartografia per il centro di Londra, realizzata dall'Ordnance Survey of Great Britain. Quest'ultima schermata presenta un maggiore livello di cura nella rappresentazione degli elementi spaziali, con l'assegnazione di colori diversi a seconda del diverso tipo di strada e a seconda del diverso tipo di oggetti spaziali.

La figura 2 illustra la stessa base cartografica OS per Londra precedentemente illustrata. L'immagine non fa riferimento ad un pacchetto GIS standard come nel caso precedente ma è relativa ad un'applicazione sviluppata ad hoc per simulare un'interfaccia di CNS. Maggiore cura è stata infatti riportata nella rappresentazione degli elementi cartografici, quali i diversi tipi di strade, i nomi delle strade e punti d'interesse, nonché la rappresentazione semplificata del grafo della viabilità e del percorso ottimale.

### *Problemi e Prospettive*

Si è accennato più sopra ad alcuni problemi relativi alle informazioni cartografiche nei CNS e, di riflesso, nei GIS. Tra questi ricordiamo il problema relativo all'aggiornamento dei dati cartografici e delle informazioni a questi collegate. Come ricordato, allo stato attuale gli aggiornamenti avvengono per mezzo di CD-ROM a uscita periodica. Il periodo «scoperto» può tuttavia risentire di modificazioni nell'assetto viario di una data zona, non registrate sulla cartografia digitale di bordo. La direzione verso cui tutto il settore degli ITS si sta dirigendo tenderà comunque a limitare questo problema. Già oggi sono infatti possibili degli ag-

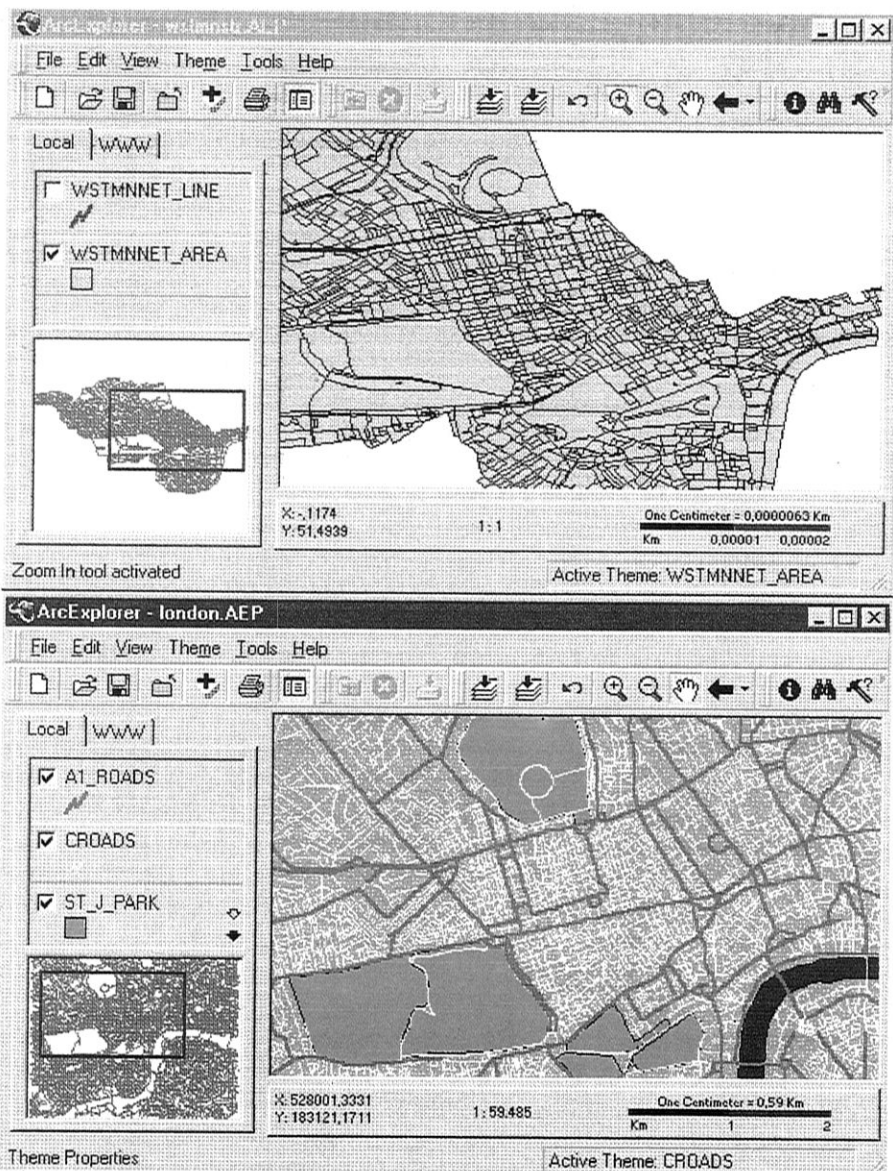


Fig. 1 - Confronto tra due set di dati per CNS (City of Westminster - TeleAtlas; centro di Londra - Ordnance Survey).



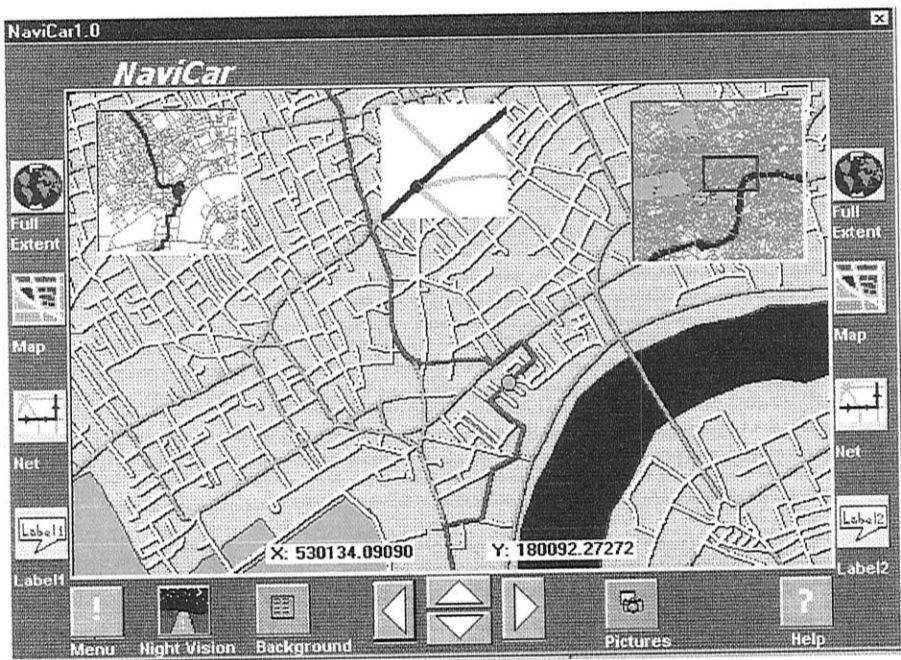


Fig. 2 - Simulazione di interfaccia di CNS per mezzo di Software GIS.

giornamenti in tempo reale relativi al traffico in una determinata zona o a particolari accadimenti su di un certo tratto di strada.

In un futuro probabilmente non lontano sarà possibile aggiornare le mappe digitali di bordo scaricando le nuove informazioni direttamente dal server del gestore dei dati stessi, grazie a un collegamento senza fili con il veicolo per mezzo di Internet. In questo modo, i dati aggiornati si renderanno disponibili in tempo reale o quasi. Un ulteriore livello di velocità nell'accesso ai dati cartografici potrebbe essere ottenuto quando il navigatore di bordo ospiterà soltanto un visualizzatore di cartografia digitale, e quest'ultima rimarrà conservata (ed aggiornata) soltanto nel server remoto dei diversi gestori di cartografia digitale. In questo modo l'utente finale potrà disporre delle informazioni geografiche realmente necessarie al suo spostamento, pagando soltanto quanto effettivamente utilizzato.

Dal punto di vista di chi realizza la cartografia d'altra parte, al fine di limitare i tempi di aggiornamento e di risparmiare costi, vi è un ricor-

so sempre maggiore alle immagini aeree e satellitari come già accennato. A queste si affiancano strumenti mobili di rilevamento delle informazioni aggiornate: ad esempio, sistemi di raccolta di immagini a 3 dimensioni montate su veicoli e capaci di riconoscere la segnaletica stradale, nonché sistemi palmari assegnati ad operatori deputati all'aggiornamento sul campo<sup>2</sup>.

Per quanto riguarda la qualità dei dati cartografici, gli scenari futuri che riguardano i CNS e più in generale tutto il settore degli ITS richiedono una notevole qualità e precisione nel dato cartografico vero e proprio, oltre che naturalmente nell'accuratezza delle informazioni attribuite. I principali produttori di cartografia digitale commerciale e i produttori di automobili sono impegnati infatti in progetti come EDMAP (*Enhanced Digital Maps*) o simili. EDMAP raccoglie DaimlerChrysler, Ford, General Motors, Toyota, NavTech, US Federal Highway Administration (FHWA) per studiare durante tre anni l'utilizzo di mappe digitali ad alta qualità per le principali e più promettenti applicazioni nel settore *automotive*. Tra queste hanno un particolare rilievo quelle relative alla guida assistita od automatica. In tale contesto sarà esplorata la possibilità di prevedere precisamente la conformazione delle strade e quindi il raggio di curvatura delle singole rampe o tratti stradali.

BMW sta sviluppando un progetto ALC (*Adaptive Light Control*) come applicazione ADAS (*Advanced Driver Assistance Systems*). Basato su mappe digitali NavTech che forniscono dati relativi alla previsione della curvatura della strada, dovrebbe consentire di indirizzare correttamente le luci del veicolo verso l'interno della curva.

FIAT è impegnata nel progetto IN ARTE (*Integration of Navigation and Anticollision for Rural Traffic Environment*) per sviluppare un sistema di supporto alla guida per aumentare la HMI in base a diverse tecnologie informatiche e telematiche inserite nel veicolo, quali mappe digitali, sistemi di navigazione, radar frontali e videocamere per il riconoscimento stradale combinate per fornire una visione estesa dell'ambiente circostante.

Secondo NavTech stanno emergendo le applicazioni della mappe digitali in veste di sensori predittivi. Le banche dati di mappe digitali consentono il posizionamento basato su quanto esiste intorno al veicolo. Se utilizzate con altri sensori per la raccolta delle informazioni, le mappe di-

---

<sup>2</sup> Quest'ultimo punto riguarda i GIS mobili, che si renderanno sempre più disponibili sui cosiddetti PC palmari e che offriranno una serie di nuovi utilizzi per gli stessi GIS, non soltanto in veste di aiuto considerevole nel lavoro di operatori specializzati, ma anche per applicazioni GIS di tipo personale e portatile di vario uso.

gitali consentono di prevedere il percorso da seguire, una visione della strada davanti a se, comprendente curve e pendenze. Potrà offrire cioè informazioni sul percorso oltre i 100-130 metri di capacità oggi garantita dai sistemi radar.

Un ultimo livello di indagine riguarda più strettamente la permanenza e l'esistenza stessa di una cartografia «tradizionale» nei sistemi di navigazione per automobile come fonte di informazioni per l'utente. Problemi di sicurezza conseguenti a una massiccia diffusione di tali sistemi potrebbero infatti farla scomparire completamente, sostituita da indicazioni non visive e comunque di tipo diverso. Tale «scomparsa» riguarderebbe tuttavia la fase del viaggio vero e proprio, mentre è indubbio che una cartografia digitale più «nascosta» sarà comunque necessaria al fine di consentire le applicazioni cui abbiamo più sopra fatto riferimento.

### *Conclusioni*

A conclusione di questo contributo possiamo riassumere alcuni punti principali relativi ai legami esistenti tra cartografia digitale, GIS e CNS. I CNS possono costituire un banco prova per l'analisi di problematiche inerenti l'utilizzo dei GIS. Queste sono soprattutto relative alla usabilità del sistema e all'interazione con l'utente.

Essendo tuttavia i CNS delle applicazioni molto focalizzate, il livello di analisi che l'utente può effettuare sul sistema riguarda prevalentemente la visualizzazione delle informazioni geografiche e l'interrogazione del database contenente le informazioni attributo. Tale analisi, seppur limitata per certi versi rispetto alle potenzialità di un GIS completo, richiede un notevole grado di automatizzazione per svincolare l'utente da operazioni complesse.

Anche per questo motivi il legame tra cartografia e CNS è molto forte. La necessità di una corretta e precisa visualizzazione cartografica sono esasperate nei CNS. Ciò vale soprattutto in quanto una corretta informazione geografica e cartografica può consentire un elevato livello di sicurezza nella guida del veicolo. Se da una parte tuttavia è incerto il futuro di mappe digitali direttamente visualizzabili dall'utente all'interno del veicolo, non così per la cartografia digitale «nascosta» e integrata agli altri sistemi di navigazione di bordo. Motivi di sicurezza nella condotta di guida potrebbero infatti imporre (come di fatto sta già succedendo) sistemi di navigazione con comandi di tipo vocale e la scomparsa, almeno con il veicolo in movimento, di carte stradali di tipo tradizionale (seppur digitali). D'altra parte abbiamo visto come nei futuri sviluppi previsti per

il settore *automotive* la cartografia digitale costituisca la base per sistemi integrati e intelligenti, oltre che la fonte principale di informazioni territoriali relative all'ambiente in cui si trova il veicolo.

Bisogna sottolineare la differenza fondamentale tra l'utilizzo dei CNS e dei GIS. L'utente finale dei CNS può prescindere dalla conoscenza e consapevolezza di alcune caratteristiche fondamentali della cartografia. Ciò gli è in un certo senso imposto, in quanto non deve perdere tempo e concentrazione per comprendere il funzionamento del sistema e le informazioni che gli vengono presentate. Questo non è un discorso valido per gli utenti dei GIS. Questi devono porsi ad un livello intermedio, più alto rispetto agli utenti finali del prodotto cartografico navigazionale. Un corretto utilizzo delle informazioni geografiche presuppone infatti la conoscenza di informazioni relative ai dati cartografici e alle «leggi» della cartografia.

## BIBLIOGRAFIA

- CAROPPO, F. e SISSA, G., *Quattroruote e un microchip*, Newton, luglio 1999, Anno III, n. 7, 1999, pp. 126-131.
- CIANFLONE M., *Sistemi di navigazione - Sempre meno ingombranti e presto «personalizzati»*, Il Sole 24 Ore, Venerdì 18 giugno 1999, 1999, pp. XII.
- DENSHAM P.J. e ARMSTRONG, M.P., *Human-computer interaction considerations for visual-interactive locational analysis*, in T. NYERGES, D. MARK, R. LAURINI and M. EGENHOFER, eds., *Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction for Geographic Information Systems*, Kluwer, Dordrecht, 1995, pp. 179-196.
- FACCHINETTI L. e LITRICO G.M., *Scusi, dov'è il centro?*, Automese, luglio 1999, n. 7, 1999, pp. 30-33.
- GUERCI C.M., *Telecomunicazioni e informatica per i trasporti*, Bologna, Il Mulino, 1999.
- GUTTAG J.V., *Communication Chameleons*, Scientific American, Vol. 281, n. 2, 1999, pp. 42-43.
- HARTMAN R., *Focusing on GIS Component Software - Featuring ESRI's MapObjects*, (Santa Fe: On Word Press), 1997.
- MAZZA M., *Multimedia Car - Come un portale Internet*, Emissione Zero, n. 13, 2000, p. 30.
- ROBINSON A.H. et alii, *Elements of Cartography*, New York: John Wiley & Sons, 1995.
- WHITE M., *Car Navigation Systems*, in D.J. MAGUIRE, M.F. GOODCHILD and D.W. RHIND (eds.), *Geographical Information Systems*, New York, John Wiley & Sons, 1991, pp. 115-125.
- ZUE V., *Talking with your computer*, Scientific American, Vol. 281, n. 2, 1999, pp. 40-41.

## SITI WEB CONSULTATI

Blaupunkt: <http://www.blaupunkt.de>

Comroad: <http://www.comroad.com>

ESRI: <http://www.esri.com>

NavTech: <http://www.navtech.com>

Omg: <http://www.omg.org>

TeleAtlas: <http://www.teleatlas.com>

Traffic Master: <http://www.trafficmaster-online.com>