

# MANTA - Modello di Analisi del Traffico Acqueo per la città di Venezia su base GIS

E. Canestrelli - F. Piccinonno (\*), M. Medoro (\*\*), D. Bovo - S. Foramiti (\*\*\*), E. Ramieri - L. Dentone - A. Fanelli (\*\*\*\*), F. Carrera - A. Gallo (+), F. Busetto (++) , S. Vazzoler (+++).

(\*) Università Ca' Foscari di Venezia – Dipartimento di Matematica Applicata, Ca'Dolfìn, Dorsoduro 3825/E, 30123 Venezia, tel. 041.2346910, fax 041.5221756, canestre@unive.it.

(\*\*) Comune di Venezia - Ufficio del Commissario al Moto Ondoso, San Marco 180, 30124 Venezia, tel. 041.2703750, fax 041.2413164, motondoso@comune.venezia.it.

(\*\*\*) Consorzio Venezia Ricerche, Via della Libertà 12, Marghera, 30175 Venezia, tel. 041.5093019, fax 041.5093074, cvr@vegapark.ve.it.

(\*\*\*\*) Thetis S.p.A, Castello 2737/f, Arsenale, 30122 Venezia, tel. 041.2406111, fax 041.5210292, info@thetis.it

(+) Forma Urbis, Cannaregio 4400, 30133 Venezia, tel. 041.5233209, fax 041.241.93.44, info@formaurbis.com.

(++) Venis S.p.A., Palazzo Gardenigo, Castello 2838, 30122 Venezia, tel. 041.5232105, fax 041.5238899, venis@venis.it

(+++) Consiglio Nazionale delle Ricerche, Venezia.

## Riassunto

Il traffico acqueo nella città di Venezia ha raggiunto livelli oramai critici che se da un lato determinano problematiche simili a quelle affrontate in contesti territoriali terrestri, quali le regolamentazioni dei flussi di traffico e delle tipologie dei mezzi di trasporto, dall'altra causano impatti peculiari tra i quali, in primis, l'eccessivo moto ondoso e i correlati effetti su sponde ed edifici. Nel contesto degli strumenti messi in atto dalla amministrazione comunale per risolvere la problematica in questione, è stato realizzato MANTA, il Modello di Analisi del Traffico Acqueo, un sistema di supporto delle decisioni per la gestione del traffico acqueo nei canali di Venezia centro storico. MANTA costituisce uno strumento in grado di simulare, rappresentare ed analizzare il traffico acqueo della rete di canali della città di Venezia in diverse condizioni di regolamentazione della circolazione. Il simulatore di traffico è il core del sistema ed è costituito da un modello a rete di code aperta. Il simulatore genera gli scenari di traffico che costituiscono l'input del modulo GIS (*Geographical Information System*). Il GIS permette la visualizzazione dinamica dei risultati delle simulazioni e l'analisi statistica dei dati. Il sistema può integrarsi alla rete sensoristica ambientale e agli strumenti GPS (*Global Positioning System*) di rilevazione del traffico esistenti. La componente GIS di MANTA è stata sviluppata in Visual Basic for Application (VBA) come personalizzazione dell'ambiente standard di ArcView 8.3.

## Abstract

Boat traffic in the city of Venice has reached critical levels, not only causing problems similar to those faced in the normal mainland traffic, like the definition of appropriate traffic flows regulations and the restrictions of certain types of vehicles, but also determining peculiar impacts, among which, in primis, the excessive wake wave impact and the consequent effects on the walls of canals and buildings. Within the various policy instruments adopted by the municipal administration to solve the above mentioned problems, MANTA (Modello di Analisi del Traffico Acqueo, i.e. Model for the Water Traffic Analysis), a decisions support system for the management of the boat traffic in the canals of Venice, has been developed. MANTA constitutes a tool able to simulate, represent and

analyse the traffic of the canals network within the historical centre of Venice under various traffic regulation scenarios. The system core is represented by the traffic simulator which is constituted by an open queuing network model. The simulator generates traffic scenarios that constitute the input of the GIS (Geographical Information System) module that allows the dynamic visualization of the simulation results and statistical data analysis. The system can be integrated to the environmental sensoristical network and to the exiting GPS (Global Positioning System) instruments for traffic survey. The MANTA GIS modules have been developed in Visual Basic for Application (VBA) as customization of the ArcView 8.3 standard environment.

### Introduzione

Il Sindaco di Venezia, in qualità di Commissario del Governo Delegato al Traffico Acqueo nella Laguna di Venezia, ha incaricato il Consorzio Venezia Ricerche di approntare un modello matematico dinamico di rappresentazione del traffico acqueo a Venezia centro storico. A tal fine è stato costituito un gruppo di lavoro multidisciplinare che ha visto la collaborazione del Dipartimento di Matematica Applicata dell'Università di Venezia, di Thetis SpA, della società Forma Urbis e, successivamente, di Venis SpA, con l'ulteriore contributo di esperti. E' stato realizzato così MANTA, il Modello di Analisi del Traffico Acqueo, un sistema informativo di supporto alle decisioni dedicato al problema del traffico acqueo nel centro storico di Venezia, un applicativo per analizzare e simulare, tramite un modello statistico-matematico, il movimento delle imbarcazioni nella rete viaria acqua.

L'attività svolta ha permesso di raccogliere differenti set di dati inerenti il traffico acqueo urbano di Venezia, forniti in varie forme da diversi enti istituzionali e società private, e di organizzarli coerentemente in un'unica e organica base dati sul traffico, finalizzata alla realizzazione delle simulazioni del traffico dei natanti. Il core di MANTA è il simulatore di traffico acqueo del centro storico, basato su un modello matematico che ha dimostrato una buona capacità di rappresentare in dettaglio il comportamento reale delle imbarcazioni nei punti caratteristici della rete viaria.

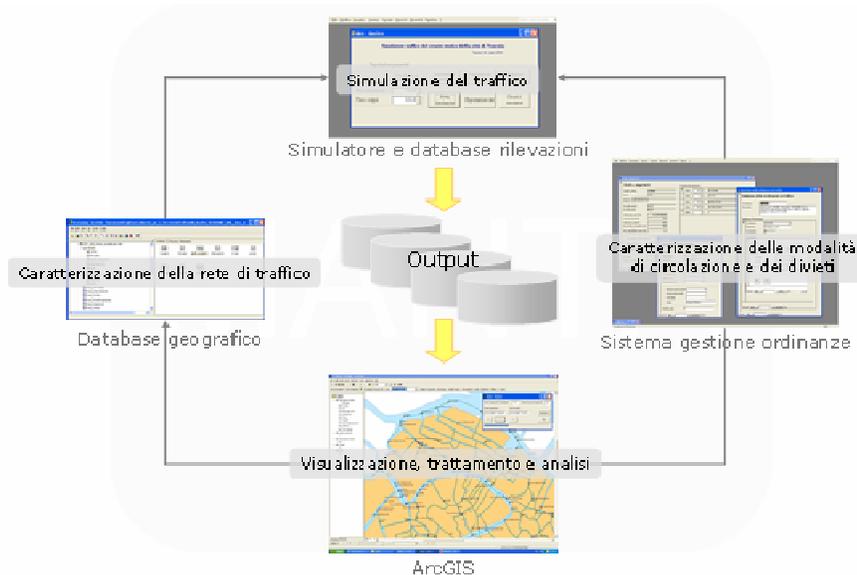


Figura 1. Struttura modulare di MANTA.

### Il sistema MANTA

MANTA è uno strumento formato da vari moduli applicativi e database integrati, in grado di simulare, rappresentare ed analizzare il traffico acqueo della rete di canali del centro storico di Venezia in diverse condizioni di regolamentazione della circolazione.

I componenti del sistema sono: un motore per la simulazione del traffico, un insieme di database specifici e uno strumento GIS per la visualizzazione, il trattamento e l'analisi dei dati geografici. Il modello di simulazione del traffico costituisce un modulo software autonomo, legato al sistema GIS per mezzo di database specifici. Questi database supportano la gestione dei dati di input di MANTA, in particolare i dati attinenti ai flussi di traffico rilevati nel corso di campagne di taratura, i dati sulle tipologie di imbarcazioni presenti nei canali lagunari, le geometria della rete di circolazione e le relative regole e limitazioni. Il sistema GIS, realizzato con ArcView 8.3, gestisce il database geografico della rete viaria e quindi la realizzazione geometrica del grafo e i dati ad esso associati. Le funzionalità del GIS permettono all'utente di visualizzare in modo dinamico i risultati del modello di simulazione (i movimenti delle imbarcazioni), di effettuare l'analisi dei dati prodotti (interrogazioni a video, grafici, tabelle, mappe tematiche sui flussi di traffico) e di modificare localmente i parametri della rete di traffico per la simulazione di scenari.

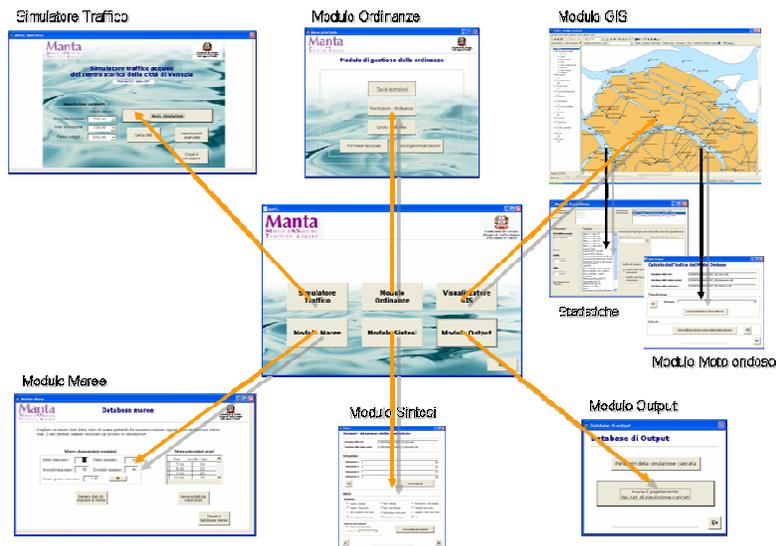


Figura 2. Accesso ai moduli applicativi tramite l'interfaccia principale.

## L'architettura

MANTA è un sistema modulare, formato da vari moduli software e da database specifici: una interfaccia utente per la personalizzazione dei principali parametri necessari alla generazione delle ipotesi di scenario; un motore di simulazione per il modello dinamico matematico-statistico a rete di code; un insieme di database specifici contenenti informazioni omogenee relative alla definizione della rete viaria, all'alimentazione del modello, ai risultati delle elaborazioni; un sistema GIS per la visualizzazione geografica degli scenari elaborati. Il modello di traffico e il GIS costituiscono due diversi moduli operativi interconnessi: il simulatore genera i propri scenari che in seguito il GIS rappresenta (meccanismo *loose-coupling*). Questo metodo permette al simulatore di lavorare in modo autonomo (con propri tempi e risorse di calcolo) senza condizionare le successive fasi di analisi GIS dei risultati.

## I database

La base informativa del simulatore è suddivisa in vari database di tipo Microsoft Access: il database della rete, che definisce il grafo della rete dei canali; il database di simulazione, contenente le tabelle usate dal motore del simulatore; il database delle rilevazioni, contenente i passaggi e le manovre delle imbarcazioni raccolte durante le campagne di rilevazione; il database delle imbarcazioni, contenente le tabelle relative alle informazioni sulle imbarcazioni; il database delle ordinanze, contenente le tabelle atte a descrivere le modalità di limitazione del traffico. Inoltre, il

database degli ondamenti, il database delle maree, del moto ondoso e di output, contenente le tabelle prodotte dalle elaborazioni del simulatore.

Il modello di analisi e simulazione del traffico acquatico richiede, per poter avere un comportamento sempre più realistico, di essere alimentato periodicamente con dati provenienti dall'esterno. La periodicità di tali aggiornamenti è molto variabile e intrinsecamente legata alla tipologia del dato stesso. I dati da importare nel sistema provengono da soggetti diversi e non sono affatto omogenei e richiedono un'analisi ed una elaborazione preventiva prima di essere inseriti nelle relative tabelle del simulatore.

## Il simulatore di traffico

Il nucleo del sistema di analisi di MANTA è il simulatore di traffico acquatico progettato specificatamente per le caratteristiche della rete interna della città di Venezia e in funzione dei dati di ingresso potenzialmente disponibili.

Il modello di simulazione è stato definito basandosi su una rete di code aperta, strumento ritenuto il più adatto, stanti le caratteristiche dei dati di traffico a disposizione. Infatti tali dati sono relativi a osservazioni locali del movimento di singole imbarcazioni senza alcuna informazione riguardo ai comportamenti globali o a percorsi di movimento, né su eventuali interazioni fra diverse imbarcazioni. La rete fisica viene utilizzata come input per il modello, assieme alle tipologie di imbarcazioni da far circolare nella rete e alle rilevazioni di traffico.

La struttura della rete da simulare consiste in una rete di canali strutturati in segmenti che iniziano e terminano in un incrocio. Su ciascun canale possono trovarsi ponti, fermate, restringimenti ed eventualmente altri punti di interesse che è possibile introdurre (pseudonodi).

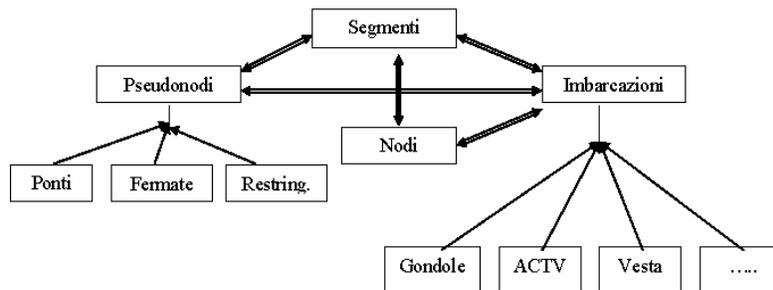


Figura 3. Struttura del modello.

Le imbarcazioni delle diverse tipologie si muovono nella rete spostandosi lungo i segmenti da un nodo al successivo, eventualmente fermandosi nei punti nei quali richiedono un servizio, per il cui utilizzo entrano in competizione con le altre imbarcazioni (Figura 3.). Si tratta di un modello dinamico e stocastico, che varia nel tempo per l'ingresso e l'uscita di imbarcazioni dal sistema, per il mutare delle condizioni ambientali e dei vincoli e nel quale il comportamento delle imbarcazioni dipende, oltre che dalle caratteristiche dell'imbarcazione stessa, anche dalle proprietà della rete nell'istante di riferimento. Tra le proprietà vanno inclusi i vincoli regolamentari, come ad esempio le limitazioni alla circolazione, e le informazioni inserite tramite le rilevazioni effettuate in campo. L'entità fondamentale è l'imbarcazione, per la quale esistono diverse classi corrispondenti alle tipologie modellate, mentre nodi e pseudopodi, rappresentanti i punti di interesse, sono considerati come risorse. Ogni imbarcazione entra nel sistema ad un istante e in un punto stabilito da un generatore di ingressi e attende la sua attivazione. Una volta attivata, utilizza, appena disponibile, la risorsa nodo e, terminato l'utilizzo, si sposta verso il prossimo nodo dove attende fino a quando la risorsa è disponibile. Eventualmente, ad un certo punto, da nodi prefissati sarà possibile per l'imbarcazione uscire dal sistema.



per la caratterizzazione del moto ondoso generato dal traffico generato dal simulatore. Dalle frequenze dei passaggi e dalle tipologie dei natanti considerate dal simulatore si è voluta creare una procedura semplificata per determinare un indice in grado di fornire l'intensità, su una scala relativa, del moto ondoso generato dal traffico del centro storico. Sulla base di dati provenienti da prove sperimentali ricavati dalla bibliografia, si è giunti a dare una valutazione indicativa del moto ondoso prodotto dal traffico simulato.

### **La rete sensoristica**

Il sistema di posizionamento satellitare GPS (*Global Positioning System*) potrà fornire, in un prossimo futuro, la possibilità di monitorare in tempo quasi reale la situazione del traffico acquatico. Infatti, il simulatore di MANTA non richiede dati in tempo reale e quindi le informazioni del sistema GPS saranno trattate come una particolare campagna di rilevazione. Perché questo possa correttamente avvenire è necessario che tutte le imbarcazioni siano dotate di GPS, situazione difficilmente realizzabile in tempi brevi, non tanto per motivi tecnologici o progettuali, ma per ragioni di costo e di consenso da parte degli utenti. Inizialmente, quindi, il GPS coprirà interamente solo alcune ben determinate flotte, come le imbarcazioni degli enti pubblici, mentre per le rimanenti flotte, fornirà solo dati relativi a un campione rappresentativo di imbarcazioni.

### **Conclusioni**

Nel contesto degli strumenti messi in atto per contrastare la problematica del traffico acquatico nel centro storico di Venezia, MANTA si configura come un sistema di supporto alle decisioni per la gestione del traffico acquatico nei canali di Venezia centro storico. Il modello di simulazione è uno strumento fondamentale per la pianificazione dinamica del traffico: è di aiuto ai tecnici e agli amministratori per l'ottimizzazione del sistema di viabilità della rete di navigazione urbana, per la produzione di scenari e la razionalizzazione del trasporto acquatico delle merci.

### **Bibliografia**

- Vazzoler S., Costa F., Simionato F. (2002), *Rapporto tecnico, Moto ondoso provocato dai mezzi a motore circolanti a Venezia (ex-idroscalo S. Andrea settembre 1999 – giugno 2001)*, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per lo studio della dinamica delle grandi masse, Venezia.
- Sorensen R. (1997), *Prediction of Vessel-Generated Waves with Reference to Vessels Common to the Upper Mississippi River System*, US Army Corps of Engineers - Illinois Waterway System Navigation Study, ENV Report 4.
- Vazzoler S., Canestrelli P. (1996), "Moto ondoso nei canali di Venezia", Atti dell'Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, Venezia.
- Romanin Jacur G. (1994), "Reti di code: fondamenti e nuovi orientamenti", *Metodi di ottimizzazione per le decisioni* – atti della Scuola CIRO.
- Van Dijk N.M.(1994), "Queueing networks", *Annal of Operations Research*, Baltzer.
- Pidd M.(1992), *Computer simulation in management science*, Wiley.
- Kleinrock L. (1992), *Sistemi a coda*, Hoepli.
- Zanetto G., Lando F. (1992), *Il traffico acquatico in Venezia Centro Storico; una stima della domanda*, Comune di Venezia Assessorato ai Trasporti SS. PP., Università degli Studi di Venezia Dipartimento di Scienze Economiche, La Tipografica, Venezia.
- Liberatore G. (1988), *Prove sperimentali di onde generate da natanti; elaborazioni preliminari*, Commissione tecnica per lo studio del moto ondoso, Comune di Venezia.
- Walrand J. (1988), *An introduction to queueing networks*, Prentice Hall.
- Iazeolla G.(1978), *Introduzione alla simulazione discreta*, Boringhieri.