



3. MODELLO DI SIMULAZIONE

3.1 Generalità

Il modello di simulazione del traffico è un importante strumento per la pianificazione, che consente essenzialmente di valutare gli effetti sul traffico indotti da interventi strutturali di progetto sulle reti di trasporto, permettendo anche il confronto di diverse soluzioni progettuali.

3.2 Il modello di simulazione del traffico PTMSNET

Il modello di simulazione del traffico PTMSNET utilizzato per il Piano della Viabilità della Provincia di Cremona si configura come un sistema di gestione di grafi e di assegnazioni di matrici, che permette di effettuare simulazioni di reti di trasporto e quindi della rete stradale, mediante ricerca dei percorsi minimi ed assegnazione sui medesimi dei flussi di traffico relativi ad una o più matrici Origine/Destinazione (O/D) e che consente, in base a tali percorsi minimi, di calcolare le matrici di tempi, costi e distanze.

In particolare, il modello sviluppato e calibrato consente di simulare il sistema viario territoriale ed il relativo traffico.

Utilizzando il modello quale strumento di studio ed i risultati delle indagini sulla mobilità (conteggi, indagine O/D) quale Banca Dati, si è in grado di valutare gli effetti, in termini di variazione dei flussi sulle singole tratte stradali ed in termini di variazioni dei tempi di percorrenza per le diverse relazioni, derivanti dalla realizzazione dei nuovi assi viari previsti dalla pianificazione.

Con tale procedura si possono valutare e confrontare ipotesi alternative di intervento al fine di individuare l'assetto ottimale o reti di trasporto pubblico alternative e valutarne il rapporto tra domanda ed offerta sulle singole tratte.

Il modello è in grado di definire il percorso minimo di collegamento tra due qualsiasi punti della rete stradale considerata, schematizzata mediante un grafo, in funzione delle

*PTMSNET:
la gestione del
grafo e
l'assegnazione
della matrice
O/D*

*Lo scopo
delle simulazioni*

Il percorso minimo



caratteristiche strutturali della rete stessa e dei flussi di traffico su di essa assegnati. Il percorso minimo può essere definito, riferendosi al “costo generalizzato”, in relazione ai tempi di percorrenza, alle distanze, ai costi o ad una qualsiasi combinazione di tali fattori.

Con tale procedura si possono definire per le connessioni tra le diverse zone, il percorso, il tempo, la distanza, esprimendole sotto forma di matrici, e definire le relative variazioni ottenibili con l'applicazione di determinati assetti.

La matrice assegnata

Il modello consente di assegnare, sulla base dei percorsi minimi in precedenza definiti, la matrice O/D degli spostamenti ottenuta elaborando la Banca Dati dell'indagine O/D; ogni singolo interscambio viene assegnato in relazione al relativo percorso minimo, ed assegnando la totalità della matrice vengono definiti i flussi complessivi sulla rete per ogni singola tratta.

Tale procedura consente di definire i flussi di traffico relativamente allo stato di fatto ed ai diversi scenari ipotizzati e di effettuare i confronti.

Il modello di simulazione può essere utilizzato effettuando le assegnazioni con la metodologia “tutto o niente” e con la metodologia “restrizione di capacità”.

Nel primo caso vengono utilizzate le velocità di percorrenza, ad esempio quelle rilevate con le indagini, che si mantengono costanti e sono indipendenti dai flussi assegnati dal modello.

Applicando la “restrizione di capacità” è possibile calcolare la velocità in funzione del flusso transitante, consentendo di simulare la riduzione della velocità all'aumentare del flusso transitante sull'arco. Con tale procedura si simulano le effettive situazioni di traffico in condizioni di congestione.

Il modello “tutto o niente”

Il modello “tutto o niente” risulta più adatto per simulare reti extraurbane, con poche alternative di percorso, mentre per grafi di reti in ambito urbano, risulta di solito più efficace l'assegnazione con la “restrizione di capacità”.

L'esplosione dei nodi di intersezione

È possibile “esplodere” i nodi intersezione con i singoli movimenti di svolta; il modello considera i perditempo di attraversamento di un incrocio e, lavorando a “restrizione di capacità”, anche gli effetti dei tempi di verde e di rosso dei cicli semaforici per ciascun movimento all'incrocio.



Con il modello di simulazione si possono effettuare diverse rappresentazioni grafiche a valle delle operazioni di simulazione che consentono di valutare gli effetti indotti sul traffico delle diverse strade da ipotesi alternative di intervento, ma anche di rappresentare una serie di dati relativi alle diverse tratte della viabilità, collegandoli su base cartografica alla rete stradale provinciale, quali i flussi di traffico rilevati, il TGM (Traffico Giornaliero Medio), le percentuali di traffico pesante, la capacità, i rapporti flusso/capacità, il numero di incidenti per Km, ecc.

Le rappresentazioni grafiche

Per le simulazioni degli scenari di sviluppo del Piano della Viabilità, in relazione alla tipologia di rete, si è scelto di utilizzare il modello “tutto o niente”.

3.3 Il grafo della rete stradale

Per poter utilizzare il modello come strumento di calcolo è necessario rappresentare la rete stradale primaria in modo schematico mediante un grafo.

Che cos'è un grafo?

Il grafo schematizza la rete stradale mediante una serie di link e di nodi; i link rappresentano tratti stradali dalle caratteristiche omogenee ed i nodi rappresentano gli incroci tra le varie strade e gli estremi di tratti omogenei di una stessa strada.

L'area di studio viene suddivisa in zone, ognuna delle quali viene schematizzata nel grafo mediante un centroide, localizzato nel baricentro della zona stessa; le zone esterne vengono aggregate per direttrici di penetrazioni, a loro volta rappresentate da un centroide. Ogni centroide viene connesso alla rete con un link fittizio (nozionale), che rappresenta la viabilità di adduzione alla rete.

I centroidi ed i link fittizi

Ogni link del grafo viene specificato mediante i seguenti dati:

I dati assegnati ad ogni link

Origine e Destinazione

Identificano il nodo di origine ed il nodo di destinazione del tronco stradale in esame e quindi anche la direzione di marcia;

Nodi di origine e di destinazione

Tipo

I link sono distinti in tipi (ad ognuno dei quali corrisponde un numero di codice) che

I tipi di link



dipendono dalle diverse funzioni che essi possono assumere all'interno della rete; si individuano i seguenti tipi fondamentali:

- Link nozionale
Simula i percorsi secondari tra una zona e la rete stradale primaria e funge da collegamento tra centroide e nodo;
- Link stradale
Rappresenta un tronco di strada dalle caratteristiche uniformi ed omogenee;
- Link di movimenti ad incroci semaforizzati
Rappresenta tutti i movimenti di collegamento tra le strade afferenti ad un incrocio, che avvengono con regolamentazione mediante semaforo, differenziati in relazione alla manovra (diritto, destra, sinistra);
- Link di movimenti con precedenza
Rappresenta tutti i movimenti che all'interno di un incrocio avvengono con regolamentazione mediante "precedenza" o "stop", differenziati in relazione alla manovra (diritto, destra, sinistra);

*Le caratteristiche
geometriche
assegnate ai link*

Si definiscono i tipi relativi ai tratti stradali di progetto o relativi a strade interessate da limitazioni del traffico (zone a traffico limitato o pedonali);

La lunghezza

Lunghezza

Rappresenta la lunghezza espressa in metri del link considerato;

La larghezza

Larghezza

Rappresenta la larghezza espressa in metri od in numero di corsie del link considerato, relativo alla parte della carreggiata utilizzata per la circolazione. Essendo il link sempre monodirezionale, tale larghezza deve intendersi relativa ad un unico senso di marcia e, per le strade a doppio senso, pari alla metà della larghezza totale della strada od alla porzione destinata al senso di marcia;

La capacità

Capacità

Tale valore, espresso in veicoli/h, è desunto da apposite tabelle che definiscono la capacità in funzione della larghezza stradale, del tipo di circolazione (a senso unico od a doppio senso), dell'esistenza di parcheggi e del tipo e numero di incroci;



Velocità di base

Tale valore, espresso in Km/h, rappresenta la velocità ottimale in situazioni di flusso nullo o comunque basso.

Si definiscono classi di velocità in funzione della dimensione della strada, del tipo e del numero di incroci.

Per i link nozionali, che rappresentano collegamenti fittizi, sono definite larghezza e capacità standard.

Per i link rappresentanti i movimenti che avvengono con regolazione semaforica e con regolazione mediante “precedenza” o “stop”, la capacità e la velocità sono calcolate mediante formule che tengono conto della presenza dell’impianto semaforico e dei diritti di precedenza agli incroci.

Effettuando l’assegnazione a “restrizione di capacità” si utilizzano curve di deflusso, che forniscono la variazione della velocità al variare del flusso in relazione alle caratteristiche del link, per ogni tipo di link relativo alle strade ed agli incroci, utilizzando curve tipo o calibrate sulla base dei dati rilevati con le indagini.

Per la zonizzazione della Provincia di Cremona si è partiti da quella utilizzata per il Piano del Trasporto Pubblico della Provincia (Redas/Goggi – 1998), con 115 Comuni, 187 Frazioni e 19 subzone dei tre principali Comuni: Cremona (8), Crema (8) e Casalmaggiore (3) e 50 zone extraprovinciali, accorpando le frazioni minori ai centri capoluogo e riducendo a 14 i centroidi delle Frazioni più significative dal punto di vista del traffico generato ed attratto. Infine, è stata adeguata la zonizzazione extraprovinciale alle esigenze del modello di simulazione con 44 zone, accorpando in direttrici le Province più lontane e disaggregando le Province dell'Emilia Romagna confinanti con la Provincia di Cremona, per un totale di 192 centroidi.

Per la ricostruzione del modello della rete provinciale sono stati definiti, oltre ai 192 centroidi di zona, 541 nodi incrocio (per intersezioni stradali, attraversamenti ferroviari, attraversamento dei confini provinciali, ecc.) georeferenziandoli con coordinate Gauss –

La velocità di base

I link con regolazione semaforica

La zonizzazione della Provincia di Cremona

*Vedi
Tabella 3.3 – 1
Tabella 3.3 - 2*

Alcuni dati del grafo della Provincia di Cremona



Sistema Informatico Territoriale (SIT) della Regione Lombardia.

Sono stati implementati nel database del grafo 1.819 link delle tratte stradali con le relative lunghezze, larghezze, progressive, numero di corsie, ecc., e 523 link nozionali, di collegamento dei centroidi di zona alla rete.

3.4 La ricostruzione della matrice dell'ora di punta del mattino

*L'integrazione
delle
banche dati*

Per la ricostruzione della matrice degli spostamenti in automobile si sono integrate le banche dati delle indagini O/D disponibili, quella della Provincia di Cremona del Piano Integrato della Mobilità anno 2001, quella della Redas/Goggi del Piano del Trasporto Pubblico anno 1998 e di parte, per il Casalasco, di quella della Autocamionale della Cisa S.p.A. dello studio per la TI.BRE anno 2000, rendendo compatibile la codifica della zone O/D di quest'ultima banca dati con quella utilizzata nelle prime due.

Il campione di interviste intercettato nelle singole sezioni O/D è stato espanso all'universo degli automobilisti conteggiati nell'ora di punta considerata.

*Ora di punta:
8,00 – 9,00*

L'ora di punta selezionata è stata quella tra le 8,00 e le 9,00, essendo quest'ultima comune a tutte e tre le banche dati utilizzate.

*L'eliminazione
dgli
sostamenti
doppi*

Per ottenere la matrice è stato necessario selezionare gli spostamenti che presentano un percorso minimo che interessa più sezioni O/D, e che espandendo le banche dati delle interviste delle singole sezioni verrebbero conteggiati due o più volte, sovrastimando così gli spostamenti di più lungo raggio (Esempio: gli spostamenti tra Crema e Cremona e viceversa sono stati intercettati nelle due sezioni della SPCREXSS 415 “PAULLESE”, la sez. 7 a Castelleone e la sez. 11 al confine comunale di Cremona in direzione di Crema; si è, quindi, proceduto a scorporarli da una delle due sezioni, per un totale di **15.464 spostamenti di automobili** considerate).

La matrice si riferisce alle relazioni O/D dei conducenti; si tratta del numero complessivo di automobili e non di persone, per passare al numero di persone bisogna moltiplicare per il **coefficiente medio d'occupazione dell'ora considerato pari a 1,29, per un totale di 19.949 spostamenti in automobile.**

*I limiti
della matrice
assegnata*

Per una corretta interpretazione delle simulazioni va ricordato che la matrice così ricostruita è quella degli spostamenti intercettati nelle sezioni O/D di indagine e non l'universo degli spostamenti intercomunali della Provincia di Cremona; mancano gli



spostamenti che interessano la viabilità locale e quelli di breve raggio che non attraversano una delle sezioni di indagine.

3.5 Il grafo multimodale

La ricostruzione della rete stradale provinciale attraverso la definizione di nodi ed archi georeferenziati, effettuata per il modello di simulazione attraverso il grafo, con il collegamento delle singole tratte stradali alla cartografia regionale, risulta uno strumento determinante per correlare e rappresentare graficamente i contenuti di diverse banche dati relative alla rete stradale.

Associando alle singole tratte della rete viabilistica, identificate univocamente con i codici dei nodi di inizio e fine della tratta considerata, è possibile rappresentare graficamente in modo molto efficace, utilizzando differenti colori e spessori, i dati stessi e diverse combinazioni di essi.

Per ogni tratta individuata si può ad esempio riportare con la collocazione territoriale, i relativi dati di traffico (veicoli leggeri, pesanti, TGM, traffico ora di punta, ecc.), le dimensioni geometriche (lunghezza, larghezza, numero di corsie), il numero di incidenti occorsi (morti e feriti), i transiti di linee di trasporto pubblico, ecc..

Il grafo così realizzato può diventare uno strumento interdisciplinare di condivisione e trasmissione di dati di diversa natura, tra diversi soggetti.

Le rappresentazioni grafiche

Che cosa è possibile rappresentare?



Nelle pagine seguenti:

Tabella 3.3 – 1

Tabella 3.3 – 2