SISTEMI DI TRASPORTO

Def.: il sistema di trasporto è un sistema che ha una propria capacità. La capacità di un sistema è l'attitudine a poter soppotare un numero massimo di unità di trasporto (= massimo numero di utenti che possono passare in una sezione del sistema sotto prevalenti condizioni di traffico.) Se conosco la capacità e il flusso di un' infrastruttura (rumbatura) posso verificare se essa soppporta quel flusso.
Il sistema di trasporto è costituito da infrastrutture che si incontrano nei NODI (i quali sono dei sistemi di incontro - stazioni)

Def di CARICO di SISTEMA: è la DOMANDA di TRASPORTO, cioè passeggeri, veicoli e merci che in un certo periodo di tempo si vuole spostare da un punto di origine ad un punto di destinazione del sistema.
La domanda di trasporto, che usa le infrastrutture, determina sulle infrastrutture stesse dei flussi di traffico

MASTER COPY

Tel. 388/9837745

Per conoscere i flussi di traffico studio un modello matematico detto "modello di assegnazione", il quale assegna alle reti di trasporto le domande. Con tale modello riesco a stimare i flussi, quindi una sorta di idealizzazione del mondo reale.

L'unione del sistema di OFFERTA (infrastrutture, ...) e del sistema di DOMANDA (chi vuole usare le connessioni del sistema di offerta), crea il FLUSSO DI TRAFFICO (domanda con il modello di assegnazione) il quale mediante il modello ci permette di fare delle PREVISIONI sul sistema (cioè spostando delle modifiche al sistema, vedere come potrebbe cambiare / funzionare). Alla fine dovrò fare delle verifiche sui flussi di traffico, che possono essere DIMENSIONALI (capacità) oppure di PRESTAZIONE (sezioni che soppotta il traffico, il carico e le deformazioni) se tali verifiche sono soddisfatte, allora vado a fare delle valutazioni sui costi, impatti, gianificazioni, ...; se non sono soddisfatte allora si va a modificare l'offerta oppure la domanda. Se le valutazioni sui costi e sugli impatti sono soddisfacenti allora procedo con la realizzazione del progetto, altrimenti vado a modificare il progetto.

Il flusso di traffico comporta un sistema di CONTROLLO, con il quale si individuano 3 tipi di sistemi di trasporto:

1) sistema a GUIDA LIBERA → (Strade) la traiettoria può essa modificata
2) sistema a GUIDA VINCOLATA → (Ferrovia) la traiettoria non può essa modificata
3) sistema a GUIDA AUTOMATICA → (Metro) la traiettoria non può essa modificata ed inoltre non vi è il conducente (controllo tramite controlli operativi)

Rappresentazione dei Sistemi di Trasporto:

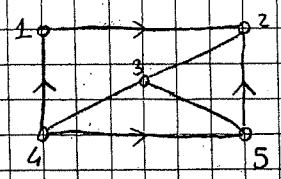
Per rappresentare un sistema di Trasporto bisogna rappresentare un MODELLO DELLA REALTÀ e DELLE INFRASTRUTTURE in esso.
La rappresentazione può essere fatta in 2 modi:
1) Illustrazione grafica → mediante l'uso del GRAFO, il quale è un sistema di nodi N e di archi (che sono coppie di nodi) L.

N.B.: questa illustrazione non può essere fatta da un computer perché privo di grandezze quantitative (Pulmann)

$$G = (N; L)$$

Tuttavia questo tipo di illustrazione non può essere letta da un qualsiasi computer, per cui non viene usata

Es. di illustrazione grafica:



N = 5

L = 10

e sono: 1 -> 2 ; 5 -> 2 ; 4 -> 5 ; 4 -> 1 ;
4 -> 3 ; 3 -> 4 ; 2 -> 3 ; 3 -> 2 ;
3 -> 5 ; 5 -> 3

N.B.: l'arco con la freccia è orientato
l'arco senza la freccia è bidirezionale

2) illustrazione numerica -> può essere fatta in 4 modi:

a) con la matrice di adiacenza $(N \times N)$:

⇓

righe e colonne uguali al numero dei nodi

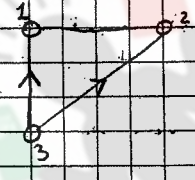
Tale matrice è caratterizzata da:

$$\begin{cases} \text{Se } i,j \in L \Rightarrow a_{ij} = 1 \\ \text{altrimenti } a_{ij} = 0 \end{cases}$$

a = coefficienti della matrice
i = riga
j = colonna

OSS.: il collegamento tra un nodo e il nodo stesso esiste sempre => si mette 1

Es.:



	1	2	3
1	1	1	0
2	1	1	0
3	1	1	1

OSS.: Se il percorso esiste metto 1
Se il percorso non esiste metto 0

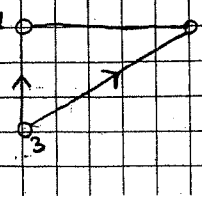
MASTER COPY
Tel. 388/9837745

b) con la matrice di incidenza $(N \times L)$:

Tale matrice è caratterizzata da:

$$\begin{cases} \text{Se } i,j \in L \rightarrow a_{ij} = 1 \quad (\text{uscente da } i) \\ \qquad\qquad\; a_{ji} = -1 \quad (\text{uscente da } j) \\ \text{altrimenti } ij = 0 \end{cases}$$

Es.:



	1->2	2->1	3->1	3->2
1	1	-1	-1	0
2	-1	1	0	-1
3	0	0	1	1

(il nodo 1 nell'arco 1->2 è il primo => metto 1; nell'arco 2->1 è il secondo => metto -1; nell'arco 3->1 non esiste => metto 0)

c) a due vettori: Poiché gli altri sistemi avevano dimensioni elevate, quindi tempi di calcolo molto lunghi, adesso si cercano degli algoritmi per velocizzare il processo. Con i sistemi precedenti si occupava una memoria $N \times N$ oppure $N \times L$, invece adesso se ne occupa una: $\boxed{N+L}$

I due vettori si chiamano: O STAR (N), F STAR (L)

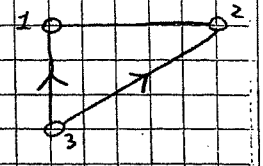
OSS.: O STAR ha un numero di elementi pari al numero dei nodi

F STAR ha un numero di elementi pari al numero degli archi

OSS.: O STAR contiene il numero degli archi che partono dal nodo preso in considerazione

OSS.: F STAR contiene i nodi terminali degli archi che partono dai nodi presi in considerazione

Es.:



F STAR

(nodo terminale dell'arco uscente dal nodo 1) → 2

(nodo terminale dell'arco uscente dal nodo 2) → 1

(nodi terminali degli archi uscenti dal nodo 3) → 1 ; 2

O STAR

1 ← (numero di archi che partono dal nodo 1)

1 + 1 = 2 ← (archi che partono dal nodo 2 sommati ai precedenti)

2 + 2 = 4 ← (archi che partono dal nodo 3 sommati ai precedenti)

↓

numero di archi totali della rete

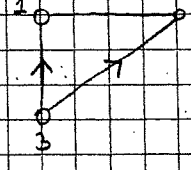
OSS.: Per verificare che il numero dei nodi terminali degli archi uscenti da un nodo preso in considerazione, faccio così:

1) prendo il numero di O STAR, corrispondente alla F STAR di cui si vuol fare la verifica
2) gli sottraggo il numero di O STAR precedente e così il numero risultante mi darà il numero di F STAR
3) se il numero di F STAR trovato corrisponde allora vuol dire che il numero di nodi presi è giusto, altrimenti bisognerà rivedere il grafico del sistema

d) con la matrice lista - elenco $(N \times P)$:

dove P è il numero massimo degli archi uscenti da un nodo

Es.:



P numero massimo di archi che escono da un nodo è: $P = 2$

Ci mettiamo i nodi terminali degli archi che escono da ogni singolo nodo

1	2	0	
2	1	0	
3	1	2	

OSS.: P mi dice quante colonne ha la matrice

Al mio grafo $G = (N, L)$ associo una rete $\Omega = (N, L, C)$, dove C è la funzione di costo, ovvero una grandezza quantitativa che rappresenta l'impedimento del flusso a percorrere un arco ad esso associato. Tale funzione deve rappresentare le condizioni in cui si trova il sistema.
La funzione di costo (C) è un MODELLO e può essere di 3 tipi:

1) $C_i = n_i$ dove n_i è una costante che fa riferimento all'arco (quindi n_i si associa alla lunghezza dell'arco)

Tale funzione di costo è costante quando il sistema è scarico
⇓
la domanda è modesta

2) $C_i = C_i(f_i)$

Adesso la funzione di costo è in funzione del flusso
Ad esempio se associamo ad un arco il tempo che ci serve per percorrerlo, il tempo è direttamente proporzionale al flusso.
Tale funzione di costo si dice SEPARABILE

(Tempo ⇒ costo)

Questa funzione di costo indica all'EFFETTO CONGESTIONE poiché i valori di carico (domanda) sono vicini a quelli della capacità

3) $C_i = C_i(f_i; f_j; \dots; f_n)$

Adesso la funzione di costo è in funzione non solo del flusso che è nell'arco, al quale tale numero è riferito, ma anche in funzione dei flussi negli altri archi
(basta pensare agli incroci in cui confluiscono più flussi)
Tale funzione di costo si dice NON SEPARABILE

Formula del costo di trasporto:

$$C_i = C_m d_i + \gamma t_i$$

dove: C_i = costo di trasporto
γ = valore monetario [redacted] che gli utenti assegnano all'unità di tempo di viaggio (varia tra 0,05 ÷ 0,15 euro/min.)
C_m = costo per unità di lunghezza dell'arco (per Km)
t_i^m = tempo di viaggio sull'arco i

Il costo di trasporto viene considerato una grandezza scalare perché tutte le componenti vengono trasformate in oneri monetari attraverso l'applicazione di opportuni pesi.

La componente del costo di trasporto è il tempo di viaggio. La forma generale per esprimere il tempo di viaggio su un arco i, è:

$$t_i = T_{i,R} + T_{i,W}$$ dove $T_{i,R}$ = è il tempo di percorrenza dell'arco, o tempo di running
$T_{i,W}$ = è il tempo di attesa all'intersezione posta alla fine dell'arco stesso, o tempo di waiting

La funzione di costo di un arco è una relazione che individua il costo del trasporto, coincidente con il tempo di viaggio T_i, in funzione delle caratteristiche dell'arco stesso e del flusso omogeneo che percorre l'arco, ossia dei flussi omogenei che percorrono tutti gli archi del grafo. Quindi si dicono FUNZIONI DI COSTO SEPARABILI quelle funzioni che dipendono solo dal flusso che percorre l'arco [redacted] cui la funzione è riferita, altrimenti si hanno FUNZIONI DI COSTO NON SEPARABILI.

Tipi di circolazione stradale:

a) condizioni a FLUSSO ININTERROTTO: condizione in cui la corrente veicolare non subisce arresti / modifiche / alterazioni del suo deflusso da parte di veicoli che appartengono ad altre correnti veicolari. Se ci sono delle file o intrusioni, in questo caso, sono dovute a veicoli della stessa corrente.
↓
condizioni tipiche delle strade extraurbane e delle autostrade

b) condizioni a FLUSSO INTERROTTO: condizione in cui la corrente veicolare subisce variazioni del suo deflusso da parte di veicoli appartenenti ad altre correnti veicolari. In questo caso ci sono anche correnti di pedoni o altri veicoli.
↓
condizioni tipiche delle strade urbane

Nel caso di a) posso scrivere:

$$t_i = t_{0i}\left(1 + \alpha\left(\frac{f_i}{k_i}\right)^{\beta}\right)$$ funzione separabile perché dipende da f_i

dove α e β sono parametri da stimare, che dipendono dalle caratteristiche dell'autostrada → Per BPR (Bureau of Public Roads) $\alpha = 0{,}15$; $\beta = 4$

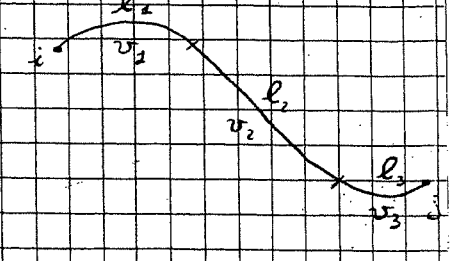
t_{0i} (è uno scalare che va calcolato) è il tempo di percorrenza a vuoto, cioè in condizioni di circolazione libera.

$$t_{0i} = 60\,\frac{L_i}{V_{p,i}}\ [\text{min}] \quad \text{con } L_i \to \text{lunghezza arco in km}, \quad V_{p,i} \to \text{velocità media di progetto } [\text{km/h}]$$

k_i è la capacità dell'arco $\cong$ 2200 veic. / h / corsia

$t_i = g(f_i) \Rightarrow$ il tempo di percorrenza aumenta quanto più l'arco viene caricato ed è nullo se il flusso è zero.

Se ho un arco ij, allora:



$$t_{0ij} = \frac{v_{0ij}}{\sum \ell_i}$$

dove $v_{0ij} = \dfrac{\sum \ell_i \cdot v_i}{\sum \ell_i}$

t_{0ij} : tempo medio di percorrenza dell'arco ij

v_{0ij} : media pesata della velocità nell'arco ij