

Università degli Studi di Bologna

Dottorato di Ricerca in Ingegneria dei Trasporti – XIX Ciclo

Settore Scientifico Disciplinare ICAR 05

**VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI SERVIZIO DI STRADE URBANE
MEDIANTE DATI DI TELERILEVAMENTO
DI VEICOLI DI TRASPORTO PUBBLICO**

Dissertazione presentata per il conseguimento del titolo di
Dottore di Ricerca in Ingegneria dei Trasporti

Tesi di Dottorato
Ing. MARIO NOBILE

Relatore
Chiar.mo Prof. **MARINO LUPI**

Correlatore
Chiar.mo Prof. **GIANNINO PRAITONI**

Coordinatore del Dottorato
Chiar.mo Prof. **MARINO LUPI**

Bologna , marzo 2007

Ai miei figli Carla e Roberto

SOMMARIO

Introduzione e sintesi	6
Introduzione.....	6
Introduction	8
Sintesi	10
Capitolo 1 - Utilizzo di tecnologie “Intelligent Transportation Systems” per la determinazione dei tempi di percorrenza e delle velocità in una rete stradale.....	12
1.1 Tempi di percorrenza: definizioni	12
1.2 Tecniche di raccolta dati.....	18
1.3 Approfondimento: veicoli ITS con equipaggiamento GPS.....	21
1.4 Calcolo dei tempi di percorrenza attraverso veicoli ITS equipaggiati con GPS	25
1.5 Applicazioni GPS indirette attraverso flotte di autobus	29
Capitolo 2 Misura del livello di servizio di una strada urbana secondo il manuale HCM 2000	34
2.1 Definizione del livello di servizio	34
2.2 Metodologia di calcolo del livello di servizio per le strade urbane.....	35
Capitolo 3 - Rete di trasporto collettivo di Parma e relativa dotazione ITS.....	40
3.1 L’AVM di Tep SpA.....	40
3.2 Scelta della linea urbana nella città di Parma utilizzata nel presente lavoro	42
Capitolo 4 - La campagna di rilevamento dati relativamente al trasporto collettivo	46
Capitolo 5 – La campagna di rilevamento dati relativamente al trasporto individuale (veicolo test)	53
Capitolo 6 – Analisi dei dati e determinazione della relazione tra bus e veicolo test	62
6.1 Consistenza minima del campione	62
6.2 Comparazione semplice dei dati Bus-Veicoli test.....	67
6.3 Analisi di regressione dei dati Bus-Veicoli test	71
Capitolo 7 – Possibilità applicative della procedura nei sistemi di gestione della circolazione..	79
7.1 Le metodologie HCM.....	79
7.2 Aggancio delle procedure sviluppate ai sistemi di gestione della circolazione	79
Conclusioni	86
Bibliografia	88
Allegato 1 – Estratto dei dati relativi alla campagna di rilevamento del trasporto individuale (veicolo test)	90

Allegato 2 – Estratto dei dati relativi alla campagna di rilevamento del trasporto collettivo su gomma101

Parole chiave : *GPS, Livello di servizio, Strade urbane, ITS, AVM.*

Introduzione e sintesi

Introduzione

A partire dalle definizioni tracciate da Wardrop nel 1952, relativamente ai tempi di percorrenza dei veicoli nel traffico stradale, si è voluta analizzare l'evoluzione delle tecniche di analisi della circolazione alla luce delle nuove tecnologie offerte dai sistemi ITS (Intelligent Transportation Systems).

I metodi per la determinazione delle caratteristiche relative alla circolazione stradale hanno infatti incontrato una rapida evoluzione grazie alla sempre crescente disponibilità di dati rilevati attraverso i sistemi ITS. Mentre in passato i metodi per determinare il livello di servizio (LOS) sono stati sviluppati a partire da una raccolta quantitativamente limitata di dati, oggi è possibile sviluppare e sperimentare nuovi sistemi di valutazione del livello di servizio adatti al contesto urbano. Nelle reti stradali urbane caratterizzate da numerose intersezioni a raso, di tipo semaforizzato e non semaforizzato, le misure relative alle caratteristiche della circolazione sono particolarmente impegnative, a causa di una articolata gestione del traffico e della complessa struttura del sistema. In ogni caso per queste reti i tempi di percorrenza, le velocità ed altre misure chiave possono essere dedotte da fonti dirette (anche attraverso indagini sul campo) ed indirette, come i dati relativi agli AVL (Automatic Vehicle Location). Il presente lavoro di Tesi descrive la determinazione e la sperimentazione di un sistema in grado di caratterizzare il livello di servizio di una arteria stradale urbana a partire dai dati AVL. Per la misurazione dei livelli di servizio ci si è serviti dei metodi suggeriti nell'Highway Capacity Manual (HCM), testo di riferimento mondiale per le analisi sui sistemi di trasporto stradale. L'HCM viene sviluppato dal comitato HCQS (Highway Capacity and Quality of Service) e pubblicato da TRB (Transportation Research Board); l'attuale edizione è stata pubblicata nel 2000, come revisione completa della precedente risalente al 1985.

La tematica oggetto del presente lavoro è sicuramente basata su di un approccio multidisciplinare che lega all'ingegneria dei trasporti temi come l'elettronica, le tecniche di controllo e campionamento, le elaborazioni statistiche e le elaborazioni cartografiche. Alcuni temi che vengono qui affrontati, ispirati anche dallo studio di lavori esaminati precedentemente, sono:

- Applicazione ad un caso reale (nella città di Parma) della gestione dei dati GPS di flotte (o di insiemi di utenti legati da una relazione) per analizzare in tempo reale i livelli di servizio delle infrastrutture stradali nei centri urbani. Questo tema richiede lo sviluppo di un controllo GIS (oggi sono disponibili controlli ActiveX o librerie dll da inglobare in codice sorgente VB o C++) legato ad un database relazionale che consenta la visione grafica e l'elaborazione in tempo reale dei dati registrati dagli apparati GPS;
- Applicazione su di un caso reale (nella città di Parma) delle ipotesi proposte da Bertini e Tantiyanugulchai per una estrapolazione del comportamento della rete urbana a partire dai dati forniti da TEP con il suo AVM (Automatic Vehicle Monitoring);
- Studio dell'interfaccia tra basi dati ITS (con equipaggiamento GPS) e centrali di controllo della gestione della circolazione, oggi basate su sistemi, come quello delle spire induttive, non molto diffusi a causa di problemi di manutenzione.

Verrebbe inoltre superato il problema della carenza di dati (oggi le spire non coprono intere reti urbane) e della gestione semaforica "locale". Le spire, infatti, sono spesso installate immediatamente vicino agli impianti semaforici e viene effettuata una stima sulla velocità dei veicoli con formule del tipo:

velocità istantanea del veicolo = $\frac{\text{volume}}{\text{occupazione corsia} \times g}$, dove g è un fattore di correzione.

I dati utilizzati nella Tesi sono stati estratti dall'AVM (Automatic Vehicle Monitoring) della TEP SpA, l'azienda di trasporto pubblico di Parma. Successivamente i dati relativi alla circolazione stradale, estrapolati dai percorsi dei bus, sono stati confrontati con i dati raccolti sul campo da veicoli test campione, equipaggiati con sistemi GPS (Global Positioning System), circolanti nelle stesse arterie stradali e negli stessi giorni. Sono state quindi impostate alcune conclusioni e spunti di ulteriore ricerca relativi all'utilità dei dati estratti dagli AVM, anche in accordo con i principi sul livello di servizio illustrati nell'Highway Capacity Manual 2000.

Introduction

This work is focused on ITS (Intelligent Transportation Systems) impact towards traffic operations management, starting with Wardrop definitions of vehicles running time. With increasing data availability due to intelligent transportation systems (ITS) deployments, methods for assessing and reporting traffic characteristics and conditions have begun to shift. While previous level of service (LOS) methods were developed for use with limited data, we now have the chance to develop and test the use of more specific performance measures tailored to particular locations. For urban arterial networks with numerous signalized intersections and access points, performance measures are more challenging due to more complicated traffic control and many origins and destinations. However, within signalized networks, travel time, speed, and other key performance measures can be obtained both directly and indirectly from sources such as automatic vehicle location (AVL) data. This thesis examines and tests a system for applying AVL data to characterize the performance of an urban arterial, also in accordance with Highway Capacity Manual 2000 descriptions of Level of Service (LOS). HCM, developed by HCQS (Highway Capacity and Quality of Service) committee, is published by TRB (Transportation Research Board); current edition was printed in 2000, as complete revision of 1985 edition.

This work is based upon a multidisciplinary approach, since several matters regard transportation engineering, electronic engineering, statistical and control techniques, GIS and world map techniques. Some studies here developed, also in accordance with other international works, are:

- Real test application (in the city of Parma) of GPS data management in order to analyze in real time urban streets LOS (level of service). This matter is achieved developing an appropriate GIS control (ActiveX control and dll libraries in VB or C++ code) linked to a relational database in order to manage graphical interface and real time computation of GPS data recorded;
- Real test application (in the city of Parma) of Bertini e Tantiyanugulchai hypothesis, in order to obtain urban street LOS starting from AVM data obtained from public transit society, TEP SpA;
- Interface between ITS (with GPS equipment) and traffic operations management centrals, which today are strongly based upon loop detectors, with wide maintenance

problems. Many inductance loop detectors currently in place are single loops primarily designed to collect vehicle counts and lane occupancy. Many attempts have been made to utilize speed-flow relationships to estimate vehicle speeds from single loop detectors. The following equation is used to estimate spot speeds from single loop detectors:

$$\text{spot speed} = \frac{\textit{volume}}{\textit{lane occupancy} \times g}, \text{ where } g = \text{speed correction factor.}$$

First, data are extracted from the AVM (Automatic Vehicle Monitoring) of TEP SpA, the public transportation provider for the city of Parma. Then, the performance characteristics as described by bus travel on an arterial are compared with ground truth data collected by probe vehicles equipped with global positioning system (GPS) sensors traveling on the same arterial on the same days. Finally, conclusions and future research points were described, also in accordance with Highway Capacity Manual 2000 methodologies about Level of Service.

Sintesi

Nel Capitolo 1, dopo una prima analisi dei concetti relativi al tempo di percorrenza, sono state riassunte le diverse tecniche di raccolta dati:

- Tecniche tradizionali basate su operatori di rilevazione e/o veicoli test
- Tecniche di rilevamento targhe veicolari
- Tecniche innovative e non tradizionali
- Tecniche basate su veicoli campione ITS (ITS “probe” vehicles)

Ci si è soffermati sulle tecniche basate sui veicoli campione ITS, illustrando anche le problematiche relative all’uso dei dati GPS (problema di “Map Matching”) e le esperienze di autori (Quiroga e Bullock, 1999 e Bertini e Tantiyanugulchai, 2004) che hanno applicato tali tecniche su casi reali.

Nel Capitolo 2 sono stati richiamati i concetti del livello di servizio illustrati nell’Highway Capacity Manual 2000, e sono state effettuate valutazioni sul concetto di LOS e sulle sue possibili evoluzioni.

Nel Capitolo 3 è stata descritta la rete di trasporto collettivo della Città di Parma, dove sono state effettuate le indagini sul campo, e si è descritta la procedura di determinazione della linea di TPL da utilizzare per la sperimentazione.

Nei capitoli 4 e 5 sono state descritte rispettivamente le campagne di rilevamento dati sul trasporto collettivo e sul trasporto individuale, che hanno consentito di elaborare i dati cinematici e di ottenere i diagrammi spazio tempo.

Nel Capitolo 6 sono state sviluppate le tecniche di analisi statistica dei dati, che hanno portato alla determinazione del legame, attraverso analisi di regressione, tra la velocità del veicolo test e quella del veicolo della rete di trasporto collettivo su gomma, mediante opportune elaborazioni.

Nel Capitolo 7 sono state indicate le linee guida per un possibile aggancio delle procedure sviluppate ai sistemi di gestione della circolazione, attraverso una procedura così schematizzabile:

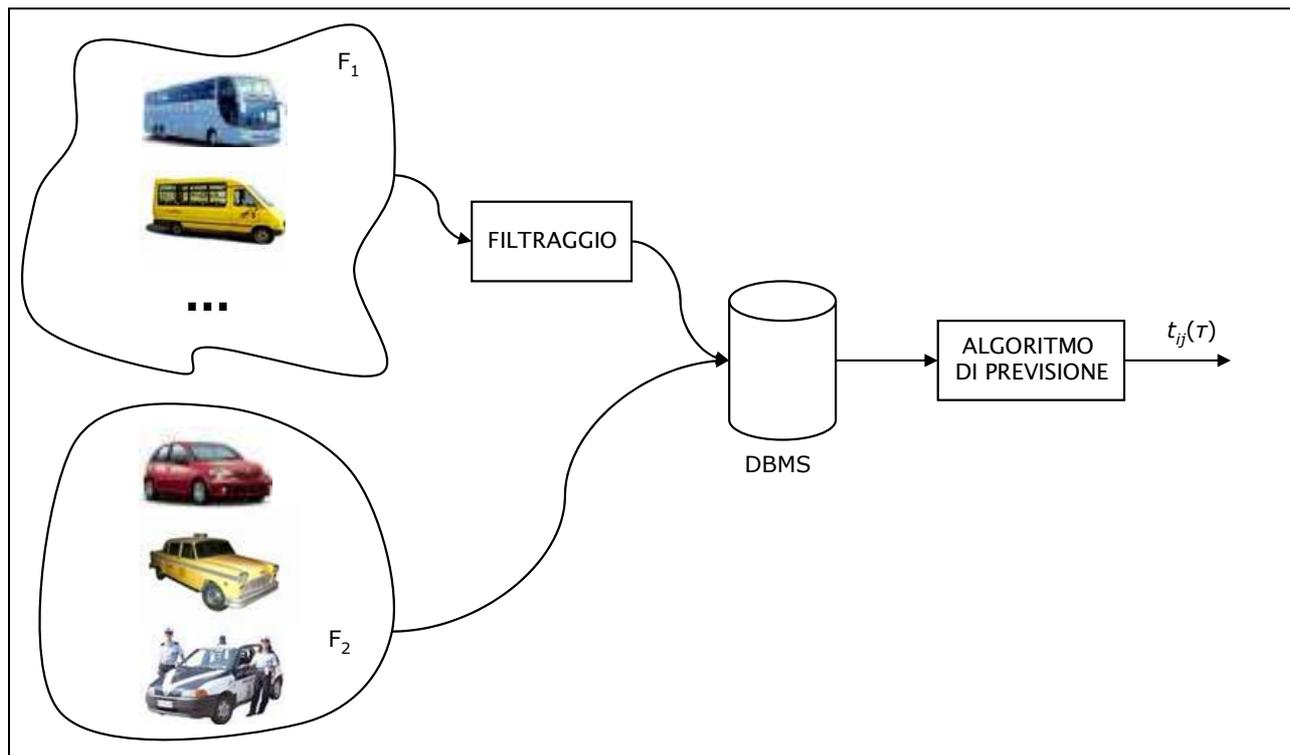


Figura 1 - Schema di aggancio delle procedure sviluppate ad un algoritmo di previsione dei tempi di percorrenza

Nel capitolo finale dedicato alle conclusioni, sono stati evidenziati i risultati ottenuti e vengono descritti i possibili spunti di ricerca futuri.

Capitolo 1 - Utilizzo di tecnologie “Intelligent Transportation Systems” per la determinazione dei tempi di percorrenza e delle velocità in una rete stradale

1.1 Tempi di percorrenza: definizioni

Il tempo speso per spostarsi su un tronco di strada urbana (tempo di percorrenza) è dato dalla somma: del tempo di trasferimento t_r (*running*), da un'intersezione alla successiva, con il tempo di attesa w (*waiting*) alla intersezione a valle del tronco di strada. Si intende per tempo di attesa ad un'intersezione la media dei tempi spesi dai conducenti fra l'istante in cui raggiungerebbero la linea di stop dell'intersezione, se non ci fosse coda, e l'istante in cui effettivamente se ne allontanano.

$$\text{Tempo di percorrenza } t = t_r + w \quad [1.1]$$

Il tempo di trasferimento t_r dipende dalle caratteristiche geometriche del tronco stradale, dalla lunghezza del tronco, dalla portata e dalla velocità di circolazione libera: quest'ultima è definita, nel Manuale HCM 2000, per le strade urbane, come la velocità media all'interno del flusso di traffico quando i volumi dello stesso sono sufficientemente bassi, in modo che gli utenti non siano influenzati dalla presenza di altri veicoli, e quando intersezioni semaforizzate e non semaforizzate siano assenti o sufficientemente distanti in modo tale da non causare effetti sulla scelta della velocità del singolo conducente.

Il tempo di attesa w dipende dai flussi veicolari, dal numero di corsie del singolo braccio, dal modo con cui esse sono utilizzate (svolte, ecc.) e dalla suddivisione in fasi del ciclo semaforico, o dalle regole di precedenza nelle intersezioni non semaforizzate.

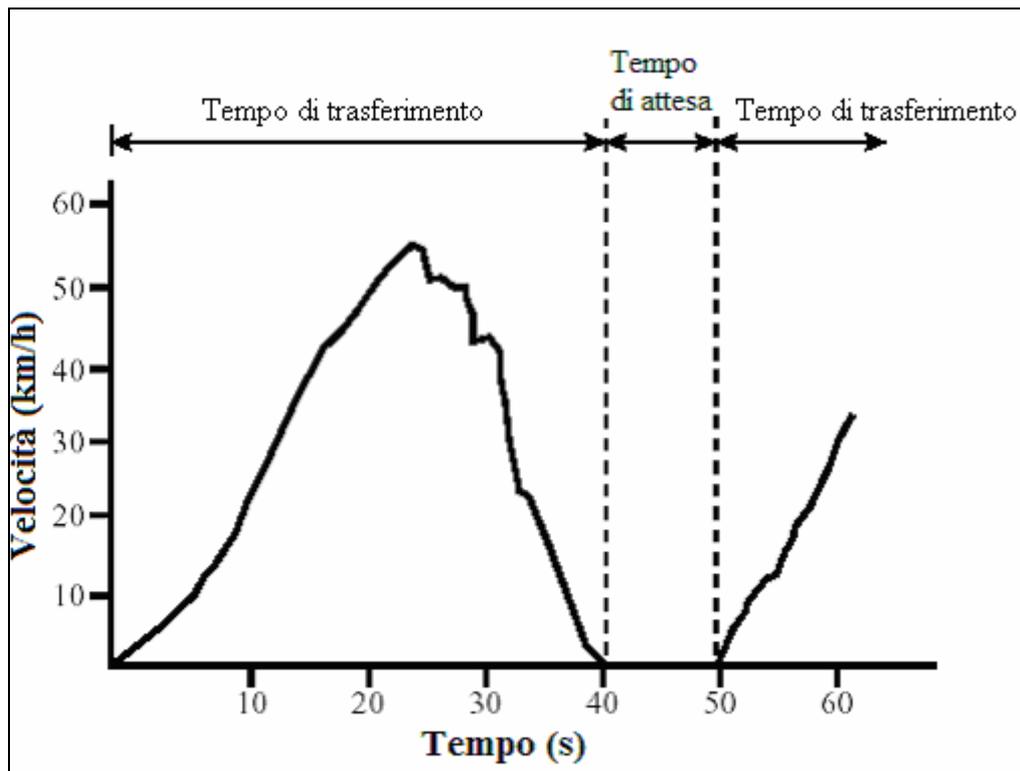


Figura 1.1 – Tempo di trasferimento e tempo di attesa (Adattamento da fonte Turner et al., ref. bibl. [12])

Come è stato detto, considerato il generico veicolo i , il suo tempo di percorrenza t_i fra due punti di un tronco di strada urbana può essere definito come “il tempo necessario al veicolo per percorrere il tronco stradale tra i due punti selezionati”: questo tempo è composto dal tempo di trasferimento t_{ri} , ovvero il tempo durante il quale il veicolo è effettivamente in movimento, ed il tempo di attesa t_{wi} , ovvero il tempo durante il quale il mezzo di trasporto è considerato fermo (o con una velocità trascurabile, tipicamente al di sotto dei 10 km/h).

Nei casi in cui il tronco stradale sia sufficientemente corto, il tempo di percorrenza può essere semplicemente calcolato assumendo che la velocità del veicolo rimanga costante per tutto il tronco, e sia pari alla velocità rilevata in un particolare punto (spot). Questa velocità viene assunta come velocità media temporale. Pertanto:

$$\text{Tempo di percorrenza stimato} = \frac{\text{Lunghezza segmento (km)}}{\text{Velocità media temporale nell'intervallo (km/h)}} \times 3.600 \quad [1.2]$$

Tale calcolo è maggiormente indicato nelle arterie a scorrimento veloce, con portate verosimilmente stabili. Volendo estendere questi concetti ad un flusso veicolare composto da n veicoli, e ad n osservazioni è necessario premettere alcune definizioni:

- d = distanza spaziale sul tronco stradale
- n = numero di osservazioni
- v_i = velocità del veicolo i-simo
- t_i = tempo di percorrenza del veicolo i-simo
- t_{ri} = tempo di trasferimento del veicolo i-simo

La *velocità media temporale* è la media aritmetica su tutti i veicoli che passano per una certa sezione trasversale stradale per uno specifico intervallo temporale:

$$\text{Velocità media temporale, } \bar{v}_{MT} = \frac{\sum v_i}{n} \quad [1.3]$$

Ad esempio i sistemi di spire induttive utilizzati nella gestione del traffico sono in genere configurati in modo da fornire una velocità media temporale su intervalli di circa 20 secondi.

La *velocità media spaziale* è la velocità media dei veicoli transitanti su di un tronco stradale durante uno specifico intervallo temporale e viene calcolata usando il tempo di percorrenza medio e la lunghezza del tronco:

$$\text{Velocità media spaziale, } \bar{v}_{MS} = \frac{\text{distanza percorsa}}{\text{tempo di percorrenza medio}} = \frac{d}{\frac{\sum t_i}{n}} = \frac{n \times d}{\sum t_i} \quad [1.4]$$

Ad esempio i veicoli dotati di transponder (abbreviazione di *transmitter responder*, ovvero un ricevitore-trasmettitore che genera un segnale in risposta ad una specifica interrogazione, in genere mediante semplici messaggi predeterminati) per il monitoraggio del traffico consentono la raccolta dei tempi di percorrenza tra le postazioni strumentali disponibili nel tronco in esame; il tempo di percorrenza medio viene calcolato statisticamente a partire dai dati di veicoli test dotati di transponder. La velocità media spaziale viene calcolata dividendo la distanza intercorrente tra le postazioni strumentali e il tempo di percorrenza medio.

Le velocità di trasferimento medie possono essere ottenute utilizzando il tempo medio di trasferimento, che non include nessun tempo di attesa:

$$\text{Velocità media di trasferimento, } \bar{v}_r = \frac{\text{distanza percorsa}}{\text{tempo di trasferimento medio}} = \frac{d}{\frac{\sum t_{ri}}{n}} = \frac{n \times d}{\sum t_{ri}} \quad [1.5]$$

Se non c'è alcuna attesa, la velocità media di trasferimento è uguale alla velocità media spaziale; la velocità media di trasferimento viene utilizzata anche in calcoli fittizi (come vedremo al cap. 4) in cui i tempi di attesa non sono considerati.

In quasi tutti i casi in cui è necessario calcolare le velocità medie a partire dai tempi di percorrenza dei singoli veicoli, diventa opportuno utilizzare la velocità media spaziale. La velocità media temporale è in genere usata in relazione a verifiche puntuali della rete (spire induttive, ecc.).

Il legame tra le due velocità calcolate è espresso dalla nota formula di Wardrop [13]:

$$\bar{v}_{MT} \approx \bar{v}_{MS} + \frac{S^2_{MS}}{\bar{v}_{MS}} \quad [1.6]$$

dove \bar{v}_{MT} = velocità media temporale

\bar{v}_{MS} = velocità media spaziale

S^2_{MS} = varianza campionaria della velocità media spaziale

Riassumendo, la velocità media spaziale è il rapporto tra la distanza percorsa e il tempo medio di percorrenza, mentre la velocità media temporale è sostanzialmente una media delle velocità dei singoli veicoli. Le velocità medie spaziali attribuiscono un peso maggiore alle velocità dei veicoli più lenti, poiché tali veicoli “risiedono” nel tronco stradale in esame per un tempo maggiore.

In termini statistici, la velocità media spaziale è una media armonica. Come si è detto Wardrop ha sviluppato la relazione [1.6] che dimostra l'uguaglianza tra le due velocità unicamente quando la varianza è nulla (ad es. quando tutti i veicoli all'interno del tronco stradale viaggiano alla stessa velocità). In tutti gli altri casi la velocità media temporale sarà sempre più grande della velocità media spaziale. Quest'ultima è statisticamente più stabile della velocità media temporale, soprattutto per tronchi stradali piccoli o per tempi di percorrenza bassi. Nelle esperienze sul campo si possono stimare differenze nei due valori vicine all'1÷5%, sempre meno importanti all'aumentare del campo di velocità.

Esempio:

Lunghezza tronco $d = 1.9$ km

Grandezze	1	2	3	4	5	Somma	Media	Varianza
Tempo di percorrenza (s)	153	103	166	137	127	686	137.2	
Tempo di trasferimento (s)	142	103	141	137	127	650	130.0	
Tempo di attesa (s)	11	0	25	0	0	36	7.2	
Vel. media di percorrenza (km/h)	44.7	66.4	41.2	49.9	53.9	256	51.2	95
Vel. media di trasferimento (km/h)	48.1	66.4	48.4	49.9	53.9	-	52.6	

Differenza tra velocità media spaziale e velocità media temporale:

V media temporale = $\Sigma(\text{velocità}) / n^\circ \text{ osservazioni} = 256 / 5 = 51.2$ km/h

V media spaziale = $n^\circ \text{ osservazioni} \times \text{distanza} / \Sigma(\text{tempi di percorrenza}) = 5 \times 1.9 / 686 = 49.8$ km/h

Differenza = 1.4 km/h

Equazione [1.6]: velocità media temporale $\approx 49.8 + 95 / 49.8 \approx 51.7$ km/h ≈ 51.2 km/h

Esistono evidentemente anche metodi per rilevare sperimentalmente il tempo medio di attesa ad una intersezione; viene di seguito indicata la formulazione dell'Highway Capacity Manual 2000 relativa ai tempi di attesa alle intersezioni semaforizzate, rimandando al cap 2 per la trattazione completa dei tempi di percorrenza di una di strada urbana, comprendente anche una serie di intersezioni, come appunto nel caso in studio. Per le intersezioni semaforizzate viene innanzitutto definito come gruppo di corsie (lane group) l'insieme formato da una o più corsie di un braccio utilizzate per eseguire una sola manovra o per eseguire contemporaneamente più manovre. Il gruppo di corsie è caratterizzato da un comune tempo di attesa per il cui calcolo assume fondamentale importanza il concetto di flusso di saturazione (saturation flow), ossia la massima portata che il gruppo di corsie potrebbe smaltire qualora avessero a disposizione un tempo di verde uguale alla durata del ciclo.

Il tempo medio di attesa, ovvero il ritardo medio, è espresso dalla relazione:

$$d = d_1 (PF) + d_2 + d_3 \quad [1.7]$$

$$d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} \quad [1.8]$$

$$d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{8klX}{cT}} \right] \quad [1.9]$$

$$d_3 = \frac{1800Q_b(1+u)t}{cT} \quad [1.10]$$

dove:

d = ritardo all'intersezione (s/veh)

d_1 = ritardo uniforme (s/veh)

d_2 = ritardo incrementale (s/veh)

d_3 = ritardo dovuto alla coda iniziale (s/veh)

PF = fattore di correzione della progressione

X = grado di saturazione, ovvero rapporto tra il flusso ed il vincolo di capacità fisica del gruppo di corsie

C = durata del ciclo (s)

c = capacità del gruppo di corsie (veh/h)

g = durata del tempo di verde effettivo (s)

T = durata del periodo di analisi (s)

k = correzione del ritardo incrementale per controllo in tempo reale

l = correzione del ritardo incrementale per controllo attuato da intersezioni semaforizzate a monte (traffic filtering e traffic metering)

Q_b = coda iniziale presente all'inizio del periodo T (veh)

u = parametro di ritardo

t = durata della domanda non soddisfatta nel periodo T (h)

Nel successivo paragrafo verranno illustrate le tecniche di raccolta dei dati relativi al traffico.

1.2 Tecniche di raccolta dati

L'uso sempre più esteso dei sistemi ITS (Intelligent Transportation Systems) impone una corretta analisi del rilevamento dati, necessario alla successiva elaborazione ed infine all'attuazione delle gestioni in tempo reale, delle progettazioni e delle informazioni all'utenza. Esistono, in linea generale, diversi metodi per la raccolta dei dati relativi al traffico:

Tecniche tradizionali basate su operatori di rilevazione e/o veicoli test: si tratta delle tecniche più diffuse allo stato attuale, anche per la non dipendenza da fattori tecnologici. I rilevatori sono muniti di contacolpi manuali o automatici, e in genere espletano anche le attività di distribuzione dei questionari inerenti alcune caratterizzazioni della domanda di trasporto.

I veicoli test, meno frequenti, sono vetture circolanti sulla rete stradale senza alcun privilegio nelle quali viaggia una coppia di operatori: il passeggero rileva manualmente i tempi a intersezioni prefissate, utilizzando un cronometro o un computer notebook eventualmente interfacciato con la strumentazione di bordo del veicolo. La frequenza di campionamento dei dati operativi del veicolo può arrivare all'ordine di grandezza dei decimi di secondo.

Tecniche di rilevamento targhe veicolari: sono basate sulla raccolta dei dati relativi alle targhe dei veicoli in transito a punti di controllo prefissati, per calcolare i tempi di percorrenza risultanti. Queste tecniche possono essere manuali, semi automatiche o automatiche. Il metodo manuale consiste nella registrazione, da parte di un operatore, delle targhe relative ai veicoli transitanti mediante un registratore audio; successivamente le targhe vengono trascritte e vengono calcolati i tempi tra i diversi checkpoint. Il metodo semiautomatico è simile al precedente, con la differenza che l'operatore inserisce i numeri di targa all'interno di un computer notebook. I metodi automatici e innovativi si basano invece sull'uso di telecamere che consentono di evitare l'impiego dell'operatore e di utilizzare software di riconoscimento caratteri (Optical Character Recognition -OCR) per l'acquisizione immediata dei numeri di targa e la computazione dei tempi di percorrenza.

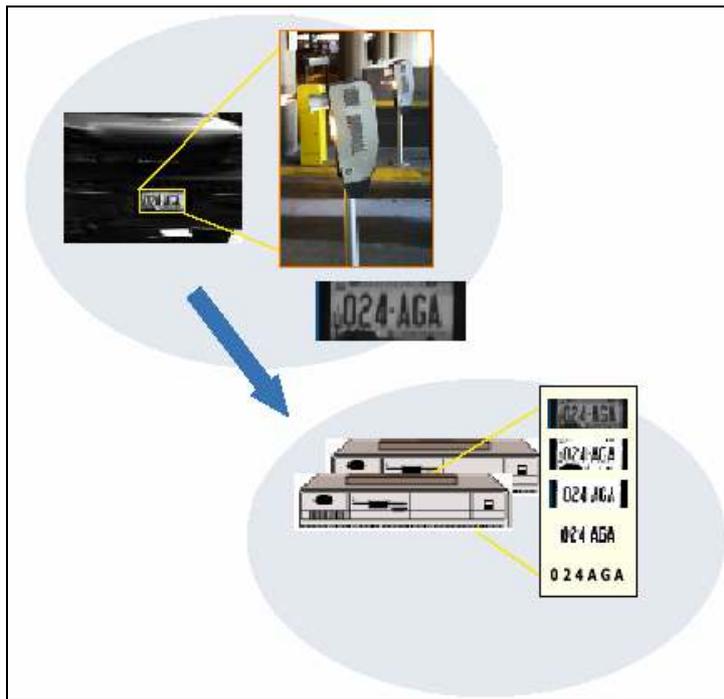


Figura 1.2 – Schema sintetico del processo OCR (Fonte Turner et al., ref. bibl. [12])

Tecniche innovative e non tradizionali: sono ancora poco diffuse o in fase di sperimentazione tecniche che si possono collocare all'interno di tre famiglie tecnologiche:

- Metodi di estrapolazione: stimano tempi medi di percorrenza a partire da misure puntuali di velocità, attuate con vari sistemi (spire induttive, sensori piezoelettrici, sensori ad infrarossi, sensori magnetici, sensori acustici, ecc.) in genere su segmenti stradali non molto estesi;
- Metodi di correlazione: calcolano tempi di percorrenza correlando i passaggi di uno stesso veicolo tra vari punti di osservazione sequenziali (elaborando quindi i tempi intercorsi fra i passaggi, di uno stesso veicolo, per determinati punti). Gli strumenti possono spaziare dalle spire induttive ai sistemi WIM (Weight in motion), dalle videocamere ai sistemi laser;
- Metodi aerei: utilizzano viste dall'alto (tipicamente voli aerei ma anche palloni aerostatici e satelliti) per misurare portate e densità del flusso veicolare.

Tecniche basate su veicoli campione ITS (ITS “probe” vehicles): utilizzano i veicoli transitanti sulla rete che sono equipaggiati con strumentazione passiva di controllo della posizione. Lo scambio dati veicolo – centrale di monitoraggio avviene con diverse tecnologie remote. Una delle differenze sostanziali rispetto ai veicoli test esaminati in precedenza risiede nel fatto che i veicoli campione (privati o pubblici) non sono di solito utilizzati con il preciso scopo di raccogliere informazioni sul traffico; circolano con lo scopo di assolvere alla loro funzione naturale, e, come nel caso della gestione delle flotte del trasporto pubblico, forniscono

oltre alla loro posizione e velocità anche informazioni operative, come eventuali avarie o problematiche di servizio, ai centri di controllo in tempo reale.

L'equipaggiamento elettronico di questi veicoli può variare notevolmente: si possono avere paline elettroniche per autobus urbani dotate di transponder che rilevano la presenza del veicolo, o transponder AVI (Automatic Vehicle Identification) all'interno dei veicoli, questi transponder sono simili a quelli utilizzati per il pagamento elettronico dei pedaggi, come il Telepass. Il Telepass è un transponder "semi-passivo": ha una fonte di alimentazione indipendente, ma trasmette solo quando viene interrogato dal reader localizzato sulla barriera di pedaggio. Il Telepass consente l'esazione dinamica del pedaggio utilizzando la tecnologia DSRC (Dedicated Short Range Communication) a microonde sulla frequenza di 5,8 Ghz, per realizzare la comunicazione fra gli apparati a bordo dei veicoli e le infrastrutture di pista. Il sistema London Transport Bus (LTB) usa ad esempio transponder su 950 bus (su di un totale di circa 6.500 mezzi), in grado di comunicare con paline elettroniche dotate di transponder per stimare gli orari di arrivo e poi pubblicarli su pannelli a messaggio variabile (PMV).

Esistono anche sistemi di radionavigazione terrestri che utilizzano tecniche di triangolazione per localizzare sul geoide la posizione del transponder installato sul veicolo, oltre a tecniche di monitoraggio della telefonia cellulare che identificano la posizione del veicolo in base all'aggancio alle microcelle telefoniche. Infine i ricevitori GPS (Global Positioning System), basati su di un sistema di 24 satelliti per la determinazione della posizione dei veicoli: è il sistema più comune, oggi, grazie al limitato costo necessario per l'acquisizione della strumentazione. La sempre maggiore diffusione della installazione del navigatore satellitare sui nuovi veicoli, anche per esigenze di chiamate di soccorso, impone una maggiore attenzione a questo sistema anche per usi diversi.

1.3 Approfondimento: veicoli ITS con equipaggiamento GPS

Il sistema GPS (global positioning system) fu sviluppato in origine dal Dipartimento della Difesa statunitense (U.S. DOD) per scopi di localizzazione delle flotte militari. I segnali necessari al funzionamento del sistema sono inviati da un gruppo di 24 satelliti (v. Figura 3) e, grazie alla liberalizzazione disposta anche per usi non militari, si è rapidamente creato un forte interesse scientifico per questa applicazione, oltre ad un dinamico mercato di servizi per i sistemi di trasporto.

Il livello di precisione del sistema GPS è in origine assai elevato, tanto che per gli usi civili era stata introdotta una alterazione del segnale chiamata “selective availability” (SA); con decreto del Presidente degli U.S.A. nel maggio 2000 tale disturbo è stato definitivamente eliminato. In sostanza oggi, anche per usi civili, la precisione orizzontale dichiarata è di circa 18 metri (60 ft). Tale precisione può essere ulteriormente aumentata a 1÷3 metri utilizzando il cosiddetto GPS Differenziale o DGPS, che si basa sul posizionamento di un ricevitore in una posizione nota sul geoide. Per quanto riguarda l’uso del GPS nei sistemi di trasporto si può citare, a titolo di esempio, che da stime recenti (2001) dell'Associazione europea dei produttori di automobili (ACEA), risulta che entro il 2005 il 65 per cento delle automobili verranno prodotte col navigatore satellitare, e nel 2010 la quota salirà al 90 per cento.

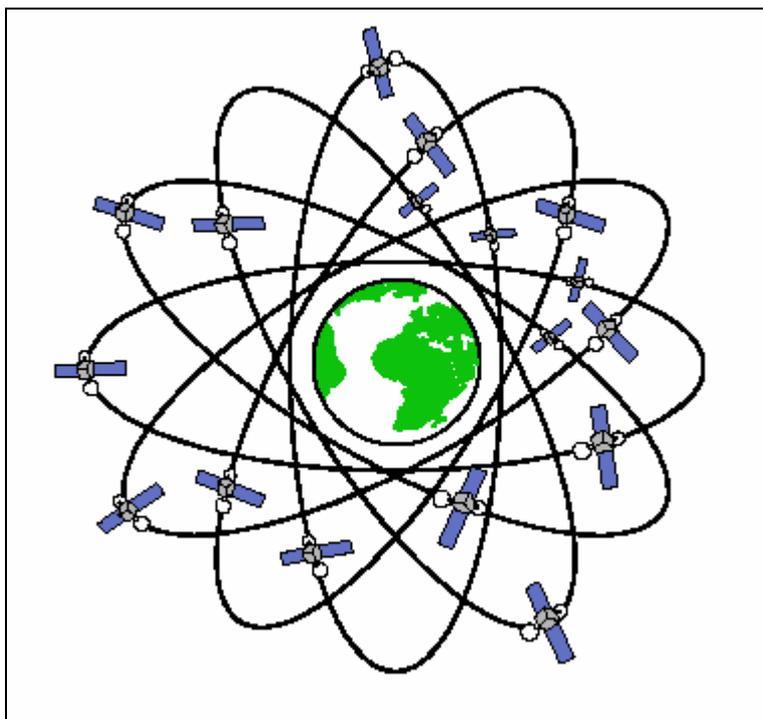


Figura 1.3 – Schema dei satelliti GPS (Fonte Turner et al., ref. bibl. [12])

Uno dei temi più innovativi nelle problematiche di pianificazione e programmazione delle risorse di trasporto è rappresentato dalla corretta gestione dei dati derivanti dal GPS (Global Positioning System) e dalla loro integrazione con i Sistemi informativi geografici (GIS). In generale l'integrazione fra i due sistemi viene prodotta per due scopi distinti: l'identificazione su mappa in tempo reale delle posizioni dei veicoli, per cui è necessaria una tolleranza dell'ordine di grandezza del metro, e la mappatura "statica" di elementi principali e di servizio delle infrastrutture di trasporto, finalizzata alla creazione di un catasto stradale, con una precisione tollerabile dell'ordine di grandezza di decine di metri.

A titolo di esempio si possono citare alcune applicazioni già disponibili:

- Studi di percorrenza – comparazione dei dati GPS a intersezioni predeterminate per il calcolo dei tempi di percorrenza
- Identificazione dei percorsi – uso dei punti raccolti via GPS per individuare i percorsi da Origine a Destinazione
- Gestione flotte – identificazione della posizione dei veicoli appartenenti ad una flotta (autobus, taxi, ecc.)
- Posizionamento su mappe di eventi in tempo reale: cantieri, incidenti, eventi meteo, ecc.

Il problema principale della integrazione fra i due sistemi è noto in letteratura come "map matching problem", definibile come la mancanza di congruenza tra la posizione di un punto rilevato dal GPS sulla superficie terrestre e la posizione del corrispondente oggetto all'interno di una cartografia digitale (v. Figg. 1.4 e 1.5).

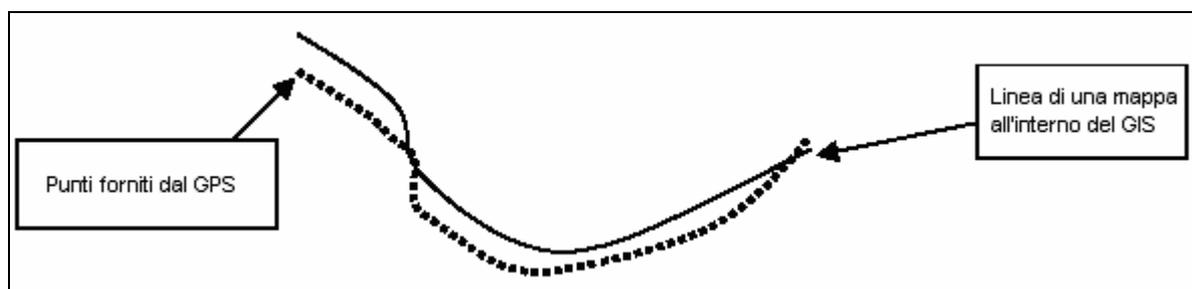


Figura 1.4 – Descrizione grafica del problema di Map Matching (Fonte NCHRP 301, ref. bibl. [3])

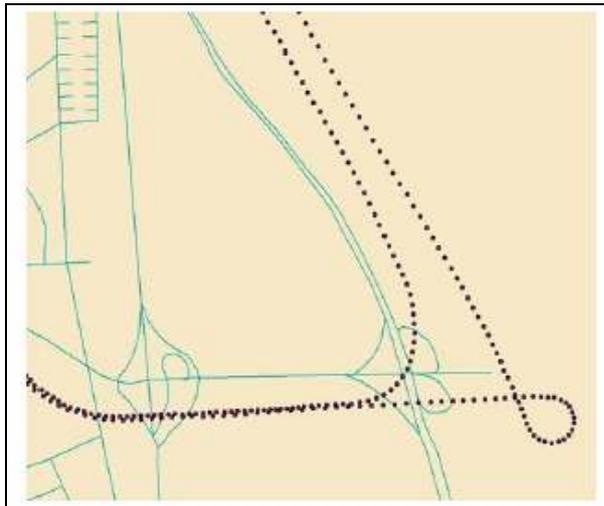


Figura 1.5 – Descrizione grafica del problema di Map Matching (Fonte NCHRP 301, ref. bibl. [3])

Le motivazioni alla base dell'incongruenza possono derivare da diversi fattori: procedure di raccolta punti GPS scarse e/o errate, limiti di precisione sui dati GPS e GIS, cartografie imprecise o con proiezioni errate per la scala del problema, o diverse combinazioni delle suddette cause.

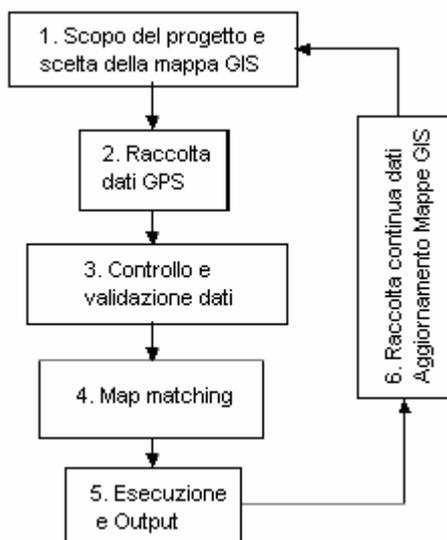


Figura 1.6 – Diagramma di flusso delle procedure di elaborazione dati GPS (Fonte NCHRP 301, ref. bibl. [3])

Il processo di integrazione GPS-GIS è basato sugli stadi descritti nelle figg. 1.6 e 1.7. Spesso il passo 1 è critico per le attività successive, in quanto la scelta non oculata della cartografia digitale può comportare svantaggi notevoli all'integrazione. Nel passo 2 possono emergere diverse difficoltà, dovute soprattutto alla tecnologia del GPS mobile. Nei passi successivi vengono applicate tecniche note in letteratura per la correzione di eventuali problemi, non trascurando l'apporto che altri sistemi (Wireless, navigazione inerziale, ecc.) possono dare per la correzione dei dati GPS.

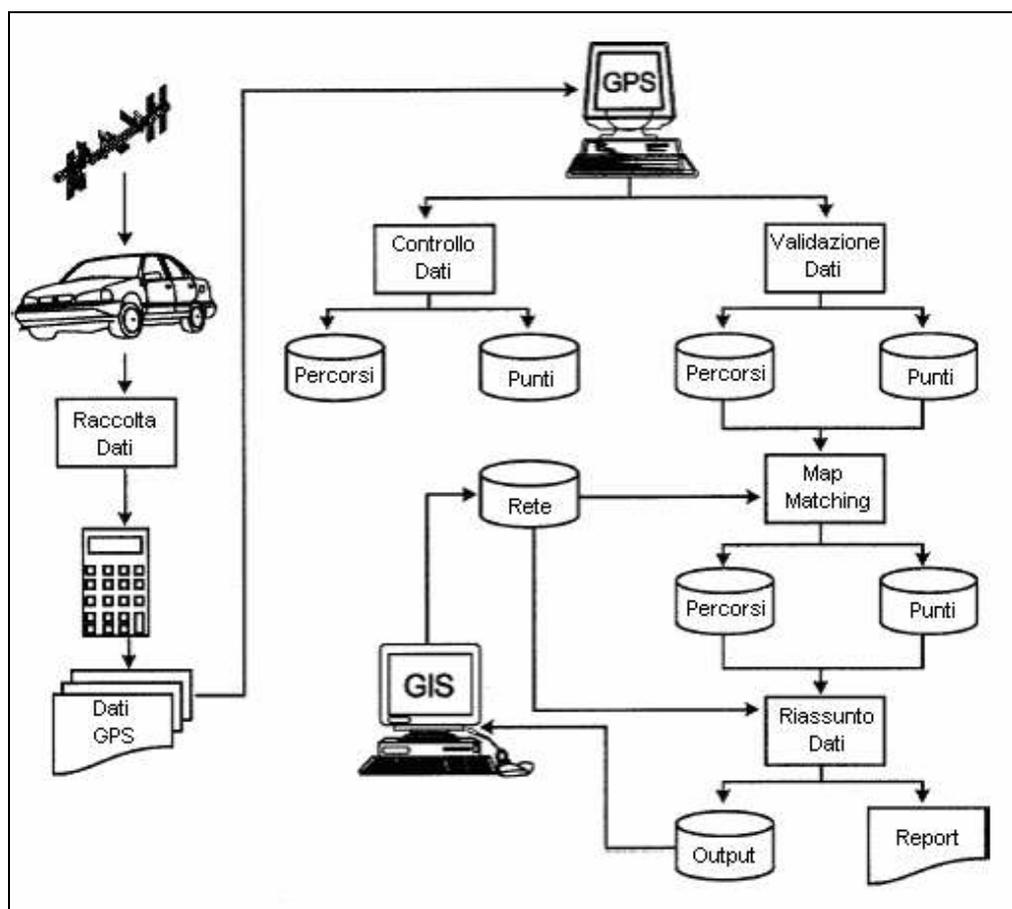


Figura 1.7 – Schema funzionale per l'elaborazione dei dati GPS (Fonte NCHRP 301, ref. bibl. [3])

1.4 Calcolo dei tempi di percorrenza attraverso veicoli ITS equipaggiati con GPS

Una volta risolto il problema del map matching è possibile iniziare la procedura di elaborazione dei dati GPS. Quiroga e Bullock (1999) hanno proposto diverse formulazioni per il calcolo dei tempi di percorrenza e delle velocità, basando gli studi su dati GPS raccolti a Baton Rouge in Louisiana (USA). Il modello spaziale è basato su rami e nodi, prevedendo la posizione di questi ultimi in corrispondenza delle discontinuità fisiche come intersezioni, rampe, ecc.

La figura 1.8 mostra un diagramma spazio-tempo relativo ad un veicolo campione che attraversa un tronco stradale di lunghezza L . Quiroga e Bullock (1999) calcolano il tempo di percorrenza del veicolo e la sua velocità interpolando i dati GPS dei due punti immediatamente a monte e a valle dell'entrata nel tronco ("segment entrance") P_{0-1} e P_0 e dei due punti immediatamente a monte e a valle dell'uscita del tronco, ovvero i due punti P_p e P_{p+1} . La velocità u nel tronco è calcolata come:

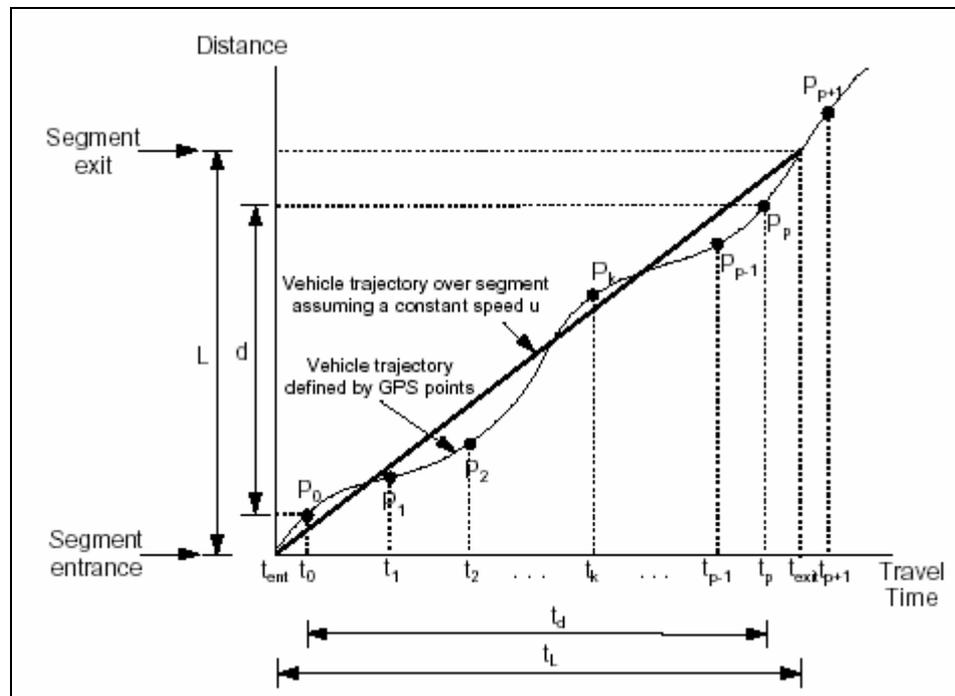


Figura 1.8 - "Time-distance diagram for GPS points on a segment" (Fonte: ref. bibl. [9])

$$u \approx \frac{L}{t_{exit} - t_{ent}} = \frac{L}{t_L} \quad [1.11]$$

dove t_{ent} = tempo interpolato all'entrata del tronco
 t_{exit} = tempo interpolato all'uscita del tronco
 t_L = tempo di percorrenza del tronco

I ricevitori GPS, oltre alla memorizzazione delle coordinate in latitudine ed in longitudine, consentono l'archiviazione delle velocità; tali grandezze sono calcolate attraverso i dati pseudorange (dipendenti dalla distanza satellite-ricevitore), raccolti su base continua, consentendo di avere delle velocità istantanee. Utilizzando tali velocità GPS, la velocità u nel tronco è pari a:

$$u \approx \frac{1}{(t_p - t_0)} \left\{ v_0 \left(\frac{t_1 - t_0}{2} \right) + \left[\sum_{k=1}^{p-1} v_k \left(\frac{t_{k+1} - t_{k-1}}{2} \right) \right] + v_p \left(\frac{t_p - t_{p-1}}{2} \right) \right\} \quad [1.12]$$

o

$$u \approx \frac{1}{2(t_p - t_0)} \sum_{k=0}^{p-1} (v_k + v_{k+1})(t_{k+1} - t_k) \quad [1.13]$$

dove:

p = numero di punti GPS associati al tronco
 t_k = tempo registrato nel punto P_k
 v_k = velocità istantanea registrata nel punto P_k

Il tempo di percorrenza t_L sul tronco risulta:

$$t_L \approx \frac{L}{u} \quad [1.14]$$

Usando la teoria di propagazione degli errori, gli Autori propongono una soglia per la scelta dell'uso dell'equazione [1.11] rispetto all'equazione [1.13]. Tale soglia è data da:

$$\varepsilon_v \leq \frac{\sqrt{2}\varepsilon}{\sqrt{\Delta t(t_L - 0.5\Delta t)}} \quad [1.15]$$

dove: ε_v = precisione sulla velocità istantanea GPS

ε = precisione sulla posizione GPS

Δt = intervallo temporale nominale tra due punti GPS successivi

t_L = tempo di percorrenza del tronco

Se, ad esempio, l'apparato GPS avesse una precisione sulla posizione di 1 m ed una precisione sulla velocità di 0.8 km/h (dati forniti mediante certificazione del produttore dello stesso apparato), e il veicolo viaggiasse ad una velocità di 80 km/h con un campionamento GPS ogni 1 secondo, per una lunghezza del tronco di 0.3 km, il tempo di percorrenza t_L sarebbe pari a 13.5 secondi. Dall'equazione [1.15] la ε_v sarebbe pari a 1.4 km/h, valore maggiore della precisione sulla velocità dell'apparato GPS. In questa situazione la [1.13] risulterebbe più precisa della [1.11].

Viceversa, se la lunghezza del tronco fosse pari a 2 km, il corrispondente tempo di percorrenza t_L sarebbe pari a 90 secondi. Dalla [1.15], il valore di ε_v sarebbe pari a 0.54 km/h, che risulta minore della precisione sulla velocità dell'apparato GPS. In questo caso la [1.11] risulterebbe più precisa della [1.13].

L'equazione [1.15] è comunque relativa ad errori specifici dovuti all'apparato GPS (ε ed ε_v); non tiene conto quindi di altri fattori di disturbo come la precisione GPS sulle distanze o la variabilità di campionamento.

La [1.11] e la [1.13] sono valide per una singola osservazione su di un singolo tronco stradale; normalmente le analisi sui tempi di percorrenza coinvolgono più osservazioni su diversi rami della rete stradale. In questo caso, oltre alle analisi sui singoli segmenti, è necessario valutare velocità e tempi di percorrenza su tutta la rete. E' quindi necessario aggregare i dati disponibili sui diversi tronchi. Se ipotizziamo che il tempo di percorrenza sul segmento sia dato dalla media aritmetica di tutti i valori dei tempi di percorrenza abbiamo:

$$t_{T_L} = \sum_{i=1}^n \bar{t}_i = \sum_{i=1}^n \left[L_i \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} \frac{1}{u_{ij}} \right] \quad [1.16]$$

$$\bar{u}_L = \frac{L_T}{t_{T_L}} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \bar{t}_i} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left[\frac{L_i}{L_T} \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} \frac{1}{u_{ij}} \right]} \quad [1.17]$$

dove: t_{T_L} = tempo di percorrenza totale su tutti i segmenti

n = numero di segmenti contigui

\bar{t}_i = media aritmetica di tutti i tempi di percorrenza nel segmento i

L_i = lunghezza del segmento i

m_i = numero di valori di tempo di percorrenza e velocità sul segmento

u_{ij} = valore j -simo di velocità associato al segmento i

L_T = lunghezza totale considerata

\bar{u}_L = velocità media globale sulla rete

La [1.17] rappresenta una media armonica pesata delle velocità, essendo il peso dato dal rapporto tra la lunghezza di ogni segmento e la lunghezza totale considerata. Uno svantaggio di questa espressione risiede nella sensibilità alle basse velocità che tipicamente si riscontrano in condizioni di punta, facendo ottenere quindi in questi casi velocità medie molto basse. Gli autori propongono una modifica della [1.16] usando i valori mediani dei tempi di percorrenza sui segmenti al posto delle medie aritmetiche:

$$\bar{u}_L = \frac{L_T}{\sum_{i=1}^n t_{m_i}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left[\frac{L_i}{L_T} \frac{1}{u_{m_i}} \right]} \quad [1.18]$$

dove: t_{m_i} = tempo di percorrenza mediano associato al segmento i

u_{m_i} = velocità mediana associata al segmento i

1.5 Applicazioni GPS indirette attraverso flotte di autobus

Una interessante esperienza è stata condotta da Bertini e Tantiyanugulchai (2004) sull'uso dei dati GPS della flotta di autobus del Tri-County Metropolitan Transit District (TriMet), a Portland, Oregon (U.S.A.). I dati estrapolati sono stati comparati con le rilevazioni di veicoli campione ITS equipaggiati con GPS, fatti circolare sulle stesse arterie stradali negli stessi giorni delle rilevazioni sui bus.

Gli autobus TriMet sono dotati di equipaggiamento GPS, contatore automatico dei passeggeri, comunicazioni wireless e capacità di archiviazione dei dati operativi del veicolo (velocità, spazio percorso, ecc.). L'esperienza di Bertini e Tantiyanugulchai è partita in assenza di uno studio teorico che legasse le caratteristiche dinamiche dei bus a quelle dell'intero traffico stradale; gli Autori hanno quindi realizzato uno studio empirico confrontando i dati dei bus e i dati dei veicoli campione ITS. Per cercare un buon confronto tra bus e veicoli privati, gli Autori propongono tre nuove entità fittizie: bus ipotetici (hypothetical bus), pseudobus e pseudobus modificati. I primi sono definiti come bus che viaggiano senza effettuare fermate alla paline di servizio, i secondi sono bus che viaggiano nel ramo i-simo alla velocità massima registrata nello stesso ramo, sempre senza effettuare fermate di servizio. Infine, gli Autori hanno ipotizzato i cosiddetti "modified pseudobus", ovvero pseudobus modificati, che rispetto agli pseudobus comprendono i tempi di sosta alle paline di servizio.

Lo studio si è basato su di un tronco stradale di circa 2.5 miglia a Portland, Oregon (Figura 1.9), con una portata giornaliera equivalente di circa 50.000 veicoli/giorno. Le computazioni sono state svolte su dati raccolti dal 1.11.01 al 07.11.2001.

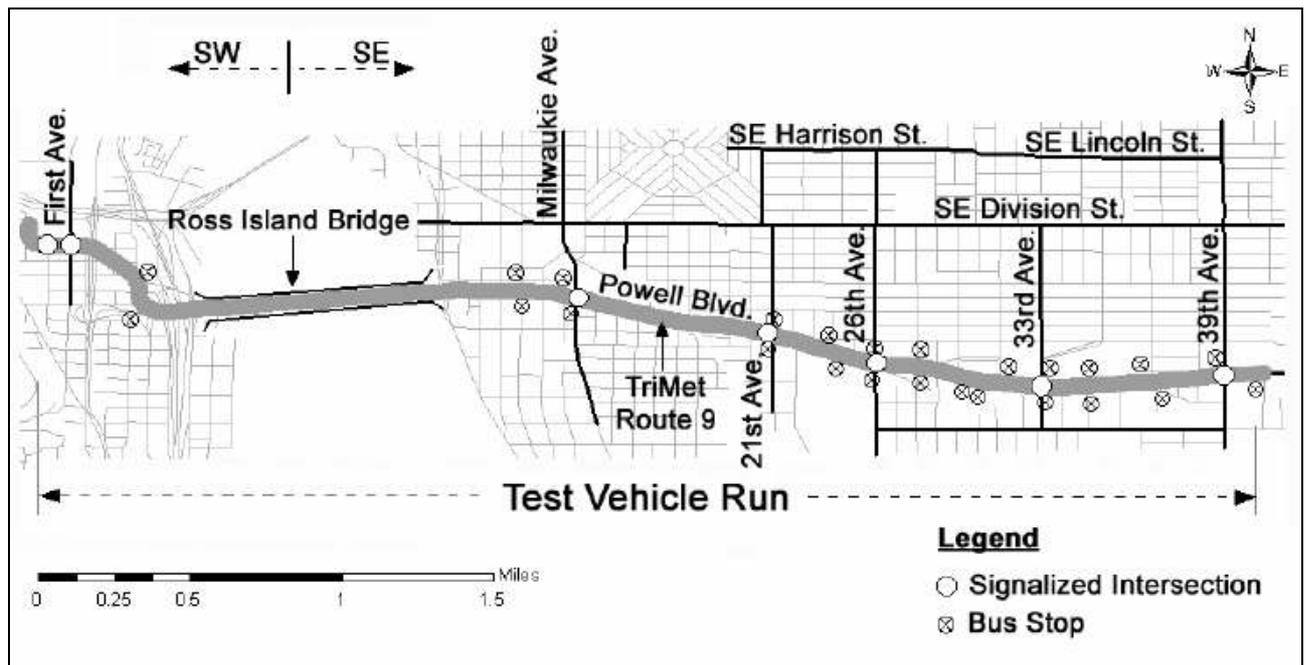


Figura 1.9 – Planimetria della zona di sperimentazione (Fonte: ref. bibl. [2])

I diagrammi spazio-tempo degli autobus utilizzati nello studio sono riassunti in figura 1.10:

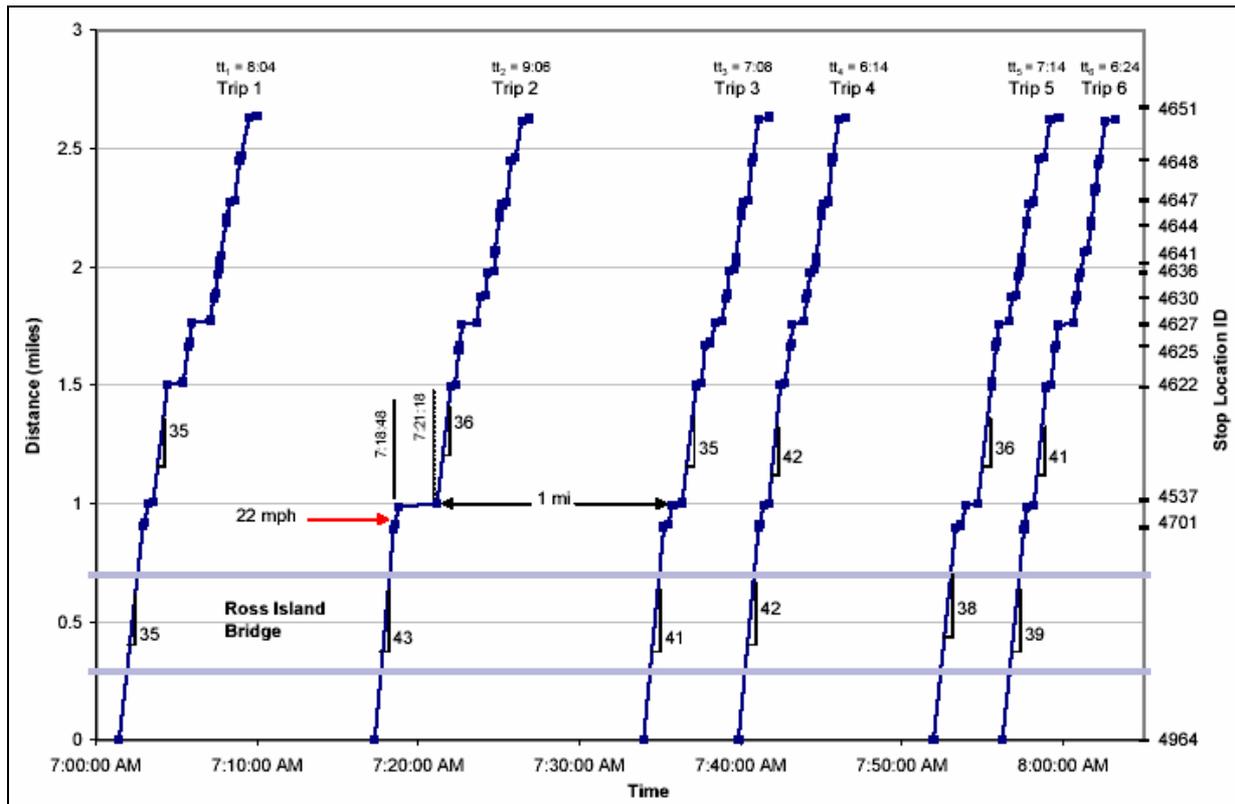


Figura 1.10 – Diagrammi spazio tempo degli autobus (Fonte: ref. bibl. [2])

Il risultato della comparazione è il seguente:

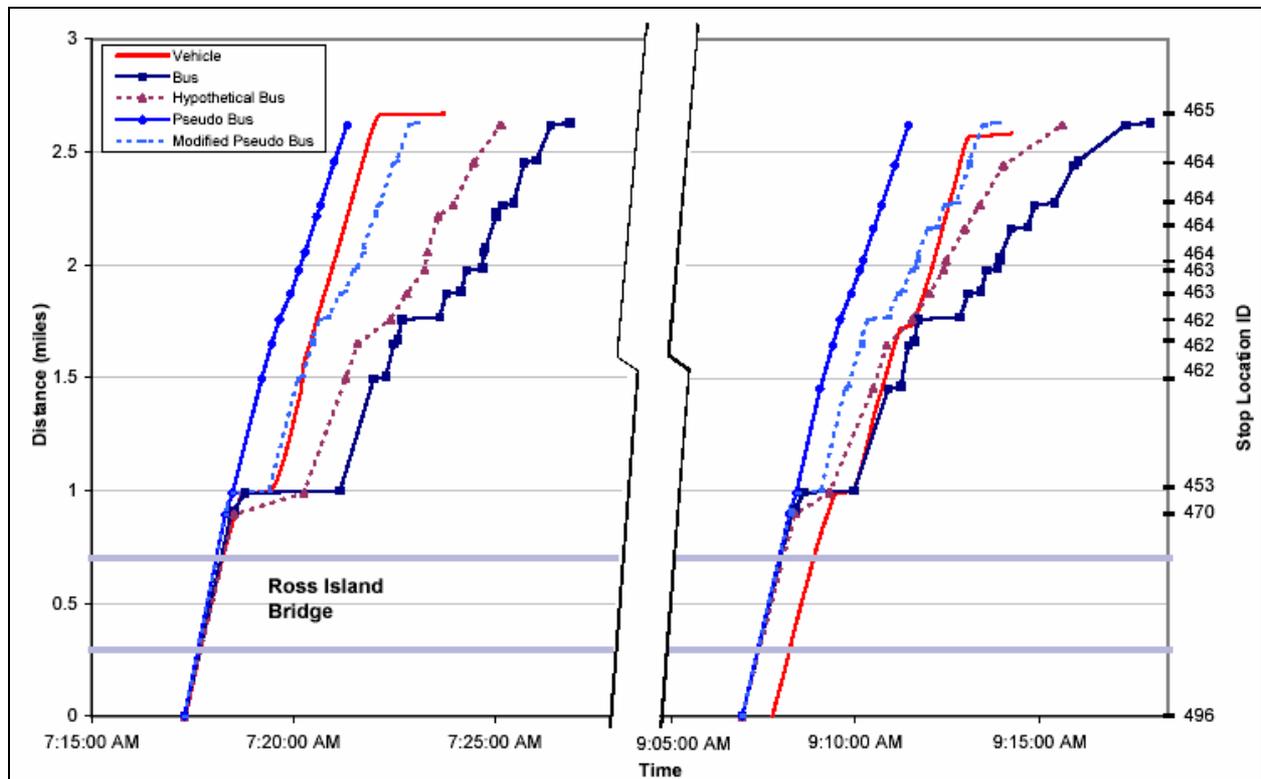


Figura 1.11 – Diagrammi spazio tempo del veicolo test e dei diversi bus (Fonte: ref. bibl. [2])

La relazione tra il veicolo campione e le varie forme di bus è stata costruita con un modello di regressione:

$$Y_{pseudo} = \beta_{veh} X_{veh} + \varepsilon \quad [1.19]$$

dove:

Y_{pseudo} = velocità degli pseudobus

X_{veh} = velocità del veicolo campione

β_{veh} = coefficiente di regressione

ε = errore associato alla relazione veicolo - pseudobus

$$Y_{veh} = \beta_{pseudo} X_{pseudo} + \varepsilon \quad [1.20]$$

dove:

Y_{veh} = velocità del veicolo campione

X_{pseudo} = velocità degli pseudobus

β_{pseudo} = coefficiente di regressione

ε = errore associato alla relazione veicolo - pseudo bus

$$\text{Bias} = 1 - \beta_{veh} \beta_{pseudo} \quad [1.21]$$

La [1.21] mostra la misura del bias (distorsione dello stimatore, ovvero differenza tra il valore atteso dello stimatore e la quantità stimata) attribuito alla velocità degli pseudobus. Con lo studio svolto, gli autori ottengono $\beta_{veh} = 1.376$ e $\beta_{pseudo} = 0.712$. con una “bias” di 0,02 (2% circa, valore di distorsione dello stimatore). Introducono poi una media tra il valore di β_{pseudo} e l’inverso di β_{veh} (pari a 0.72) come valore del coefficiente di regressione della:

$$\text{VehicleSpeed} = 0.72 \text{PseudoSpeed} + \varepsilon \quad [1.22]$$

Con questo metodo, la velocità del veicolo test è pari a 0.72 volte quella dello pseudobus per l'intero tronco (0.94 per il solo confronto sul ponte Ross Island Bridge), ad un livello di significatività del 95%.

In conclusione risulta che il tempo di percorrenza del veicolo test è mediamente pari a 1.37 volte il tempo di percorrenza dello pseudo bus; per le velocità, il veicolo test viaggia a 0.72 volte rispetto alla massima velocità istantanea dei bus (0.94 per il solo confronto sul ponte Ross Island Bridge).

Capitolo 2 Misura del livello di servizio di una strada urbana secondo il manuale HCM 2000

2.1 Definizione del livello di servizio

Il livello di servizio rappresenta una misura della qualità della circolazione offerta da una infrastruttura viaria. Tale definizione è presente nell'Highway Capacity Manual (HCM), testo di riferimento mondiale per le analisi della circolazione nei sistemi di trasporto stradale. L'HCM viene sviluppato dal comitato HCQS (Highway Capacity and Quality of Service) e pubblicato da TRB (Transportation Research Board); l'attuale edizione è stata pubblicata nel 2000, come revisione completa della precedente risalente al 1985.

Le procedure HCM per la determinazione del Livello di Servizio si basano su sei categorie – da A ad F. Il LOS A rappresenta la miglior qualità del servizio, come ad esempio si verifica in una strada o in una intersezione che viene attraversata da un basso volume di traffico e che quindi affronta uno stato di assoluta non congestione. Da LOS B a LOS E si attraversano stati di traffico sempre maggiormente congestionati, ma non ancora giunti al livello di saturazione. Tale ultima condizione viene descritta dal LOS F, il quale rappresenta una situazione di circolazione nella quale il volume di traffico supera la capacità dell'infrastruttura considerata; è possibile sottolineare quindi che la capacità di una infrastruttura o di una intersezione stradale, stanti le definizioni espresse dall'HCM, rappresenta il limite tra il LOS E ed il LOS F.

La definizione del LOS nell'HCM è la seguente:

“(...) a qualitative measure describing operational conditions within a traffic stream, generally in terms of such service measures as speed and travel time, freedom to maneuver, traffic interruptions, and comfort and convenience.”

Tale definizione contempla misure relative sia alla velocità che alla congestione; è interessante notare come nell'HCM versione 1985 ci fosse una maggiore sottolineatura delle percezioni dell'utente:

“(...) qualitative measures that characterize operational conditions within a traffic stream and their perception by motorists and passengers. The descriptions of individual levels of service characterize these conditions in terms of such factors as speed and travel time, freedom to maneuver, traffic interruptions, and comfort and convenience.”

La frase relativa alla percezione degli utenti, come si può vedere, è stata omessa nella versione 2000; sicuramente però, analizzando i contenuti della stessa versione, tali tematiche sono tenute ancora in considerazione per le procedure di determinazione del LOS.

I numerosi capitoli di cui è costituito l’HCM definiscono, infatti, il Livello di Servizio per diverse categorie di infrastrutture e intersezioni stradali, dalle infrastrutture a flusso ininterrotto a quelle a flusso interrotto, tra cui le strade urbane (Cap. 15), oggetto della presente ricerca.

2.2 Metodologia di calcolo del livello di servizio per le strade urbane

La metodologia proposta dall’HCM 2000 è valida per strade urbane a senso unico o a doppio senso di circolazione, con la prescrizione in questo ultimo caso di effettuare analisi separate per entrambe le direzioni. Un quadro riassuntivo della metodologia è riportato nella figura 2.1:

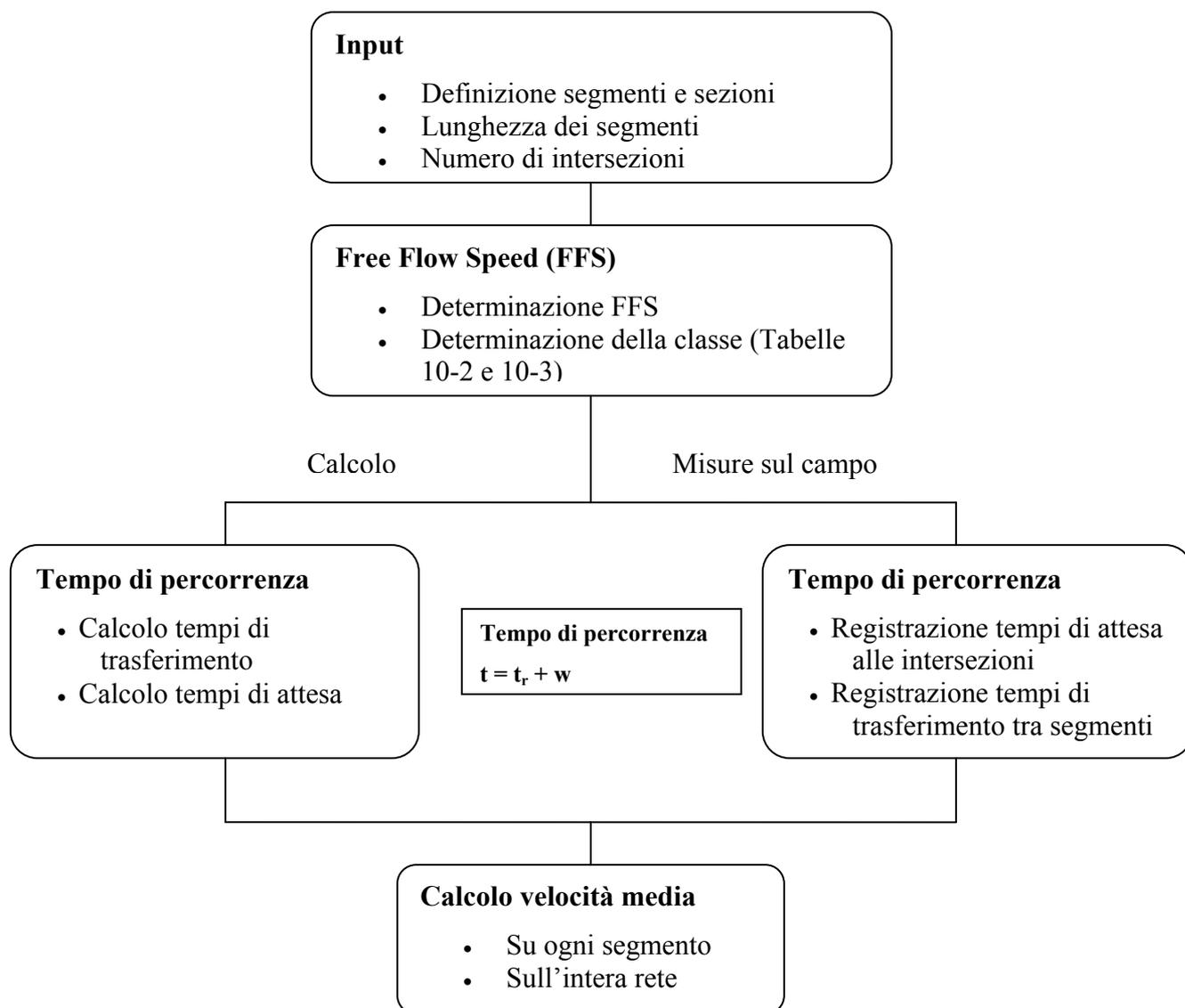


Figura 2.1 - Schema relativo alla determinazione del LOS (Adattamento da HCM 2000)

La metodologia consente, in presenza di rilevazioni dirette sul campo dei tempi di percorrenza, la determinazione del LOS della strada urbana. Parimenti, con la disponibilità di misure dirette delle velocità lungo un'arteria urbana, è possibile effettuare una stima accurata del livello di servizio senza analisi computazionali.

Il livello di servizio di una strada urbana si basa sulla velocità media dei veicoli transitanti sul segmento in esame o sull'intera arteria in esame. In sostanza la grandezza rappresentativa per la determinazione del LOS nelle strade urbane è proprio la velocità media; il tempo di percorrenza è, come richiamato al Capitolo 1, composto di due termini relativi al trasferimento ed alle attese alle intersezioni semaforizzate e non semaforizzate. I tempi di attesa alle intersezioni semaforizzate comprendono la decelerazione in fase di frenatura, i movimenti all'interno delle code, le fermate e le accelerazioni.

Il LOS delle strade urbane è fortemente influenzato dal numero di intersezioni semaforizzate, da scarse progressioni, da cicli semaforici inadeguati. In generale, le condizioni al contorno di una strada urbana influenzano le scelte di velocità dell'utente.

Si definisce come FFS (Free Flow Speed) la velocità media della corrente di traffico registrabile quando i volumi sono sufficientemente bassi da fare in modo che ogni utente non sia influenzato dalla presenza di altri veicoli nella scelta della propria velocità; inoltre le intersezioni semaforizzate devono essere sufficientemente distanti in modo da non influenzare la scelta di velocità. Ovviamente la FFS è osservabile di solito nelle porzioni mediane dei segmenti stradali urbani. Classificando le strade urbane in base alla FFS, è possibile determinare il LOS in funzione della velocità media:

Classe strada urbana	I	II	III	IV
Intervallo FFS (km/h)	90÷70	70÷55	55÷50	55÷40
FFS tipica (km/h)	80	65	55	45
LOS	Velocità media (km/h)			
A	> 72	> 59	> 50	> 41
B	> 56-72	> 46-59	> 39-50	> 32-41
C	> 40-56	> 33-46	> 28-39	> 23-32
D	> 32-40	> 26-33	> 22-28	> 18-23
E	> 26-32	> 21-26	> 17-22	> 14-18
F	≤ 26	≤ 21	≤ 17	≤ 14

Tabella 2.1 - Determinazione del LOS in funzione della classe della strada urbana (Adattamento da HCM 2000)

Molto interessante ed in linea con il lavoro svolto nella presente ricerca è il riassunto di procedure che HCM indica nell'appendice B al capitolo relativo alle strade urbane:

APPENDIX B – Chapter 15 – Urban Streets

1. Identificazione della geometria e degli accessi relativamente ad ogni segmento stradale, determinazione delle lunghezze dei segmenti, dei cicli semaforici e dei flussi (nei periodi di punta e di morbida) su ogni direzione.

2. Determinazione del FFS (Free Flow Speed) per la sezione considerata, mediante veicoli test in condizioni di circolazione non critiche; vanno tenuti in considerazione fattori quali limiti di velocità, punti di accesso, ecc.
3. Uso delle tabelle 10-3 e 10-4 insieme al FFS ed alle informazioni geometriche per la determinazione della classe (da I a IV)
4. Effettuazione delle misurazioni mediante veicoli test durante i periodi selezionati, con questi accorgimenti:
 - Uso di equipaggiamento adeguato in modo da ottenere correttamente le informazioni riportate in tabella B15-1 (localizzazione segnale, distanza, tempo cumulato, ecc.)
 - Calcolo dei tempi a partire dal centro delle intersezioni semaforiche
 - I percorsi dei veicoli test non devono cominciare sempre nella stessa fase di un ciclo semaforico
 - Le velocità andrebbero registrate anche in punti intermedi dei segmenti, per conoscere meglio l'interazione con il FFS
 - I dati vanno raccolti per ogni segmento in ogni periodo temporale, compresi i valori relativi a fermate per intersezioni semaforizzate o altri eventi
 - Il numero di percorrenze dei veicoli test va dimensionato in funzione della varianza dei dati. Sei ÷ dodici percorrenze possono essere adeguate.
 - Se disponibile, è opportuno utilizzare veicoli tecnologicamente attrezzati per la memorizzazione e l'elaborazione automatica dei dati
5. Determinazione, per ogni segmento e per ogni periodo temporale, della velocità media basata sui tempi di percorrenza e sulle lunghezze dei segmenti. Va calcolata anche la velocità media dell'intera sezione urbana analizzata.
6. Calcolo, dalla tabella 15-2, del LOS per ogni segmento di strada urbana e per l'intera strada, in ogni periodo temporale selezionato. Il calcolo va effettuato comparando le velocità medie calcolate nello step 5 con i valori in tabella.
7. Il dati rilevati nel test possono essere modificati per valutare diversi piani di regolazione semaforica. I fattori di correzione sono riportati in tabella 15-5

Categoria di progetto	Categoria funzionale	
	Arteria principale	Arteria secondaria
Alto scorrimento	I	N/A
Suburbana	II	II
Intermedia	II	III o IV
Urbana	III o IV	IV

Tabella 2.2 - Classe della strada urbana (Adattamento da Tabella 10-3 di HCM 2000)

Capitolo 3 - Rete di trasporto collettivo di Parma e relativa dotazione ITS

3.1 L'AVM di Tep SpA

L'AVM (Automatic Vehicle Monitoring) della società Tep di Parma è costituito da sistemi di bordo e dal sistema di comunicazione radio per i 170 autobus del trasporto pubblico urbano e suburbano di Parma, oltre al sistema di automazione del deposito. I sistemi di bordo assicurano il monitoraggio del servizio (posizione, velocità, stato di efficienza dei veicoli) e la comunicazione con la centrale TEP attraverso un front-end (porzione del sistema software che si occupa dei sistemi esterni che producono i dati in ingresso, successivamente elaborati da altre componenti software denominate back-end). Il carico e scarico dati del servizio a bordo avviene tramite Wireless LAN (ovvero una rete informatica Local Area Network senza fili, con comunicazione in radiofrequenza a 2.5 GHz). Un totale di 10 mezzi è dotato di annuncio sonoro di prossima fermata e di contapasseggeri. Il sistema di gestione del deposito alloca le piazzole di sosta e localizza ciascun autobus sulla piazzola, oltre ad automatizzare la gestione delle operazioni di rifornimento.

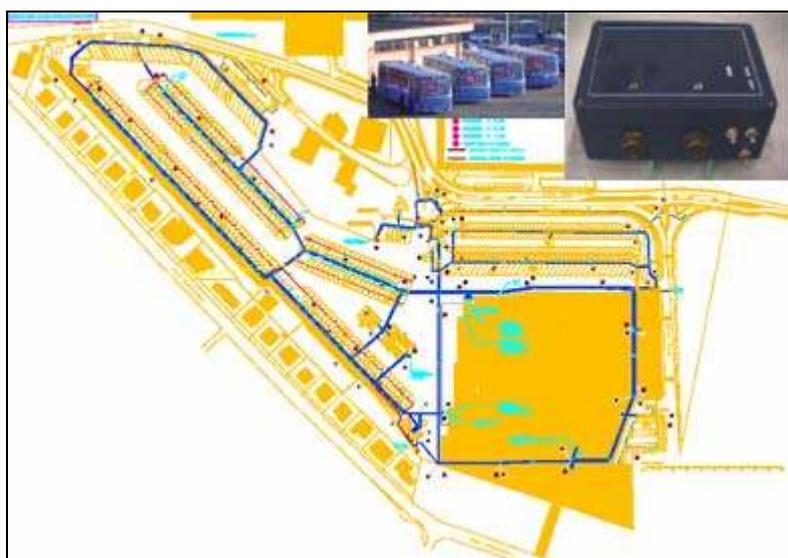


Figura 3.1 - Immagini di apparati AVM a bordo dei bus di TEP SpA, sovrapposte a planimetria del deposito (Fonte: TEP SpA)

Lo scaricamento dei dati dei sistemi di bordo avviene in appositi gates (cancelli informatizzati) predisposti nel deposito, e consente di accedere ad un archivio dati formato da file di testo con codifica ASCII così strutturati:

```
#K;20060320100706;85949
#t;20060320100706;T;1101
#p;20060320100709;0;1;3
#p;20060320100720;1;1;26
#d;100707;0;1;0;0;0;0;1;0
#U;20060320100732;7;11;0;1
#d;100743;26;1;200505;179;163;0;1;0
#d;100841;27;1;200509;357;101;0;8;0
#d;101000;28;1;200513;415;60;0;4;0
#d;101102;29;1;200515;309;62;0;0;0
#S;20060320101500;7;11;0;1;-24165
#U;20060320101500;8;11;1;2
#d;101703;1;1;200515;309;123;2;2;0
#d;101721;2;1;200512;249;141;3;0;0
...
```

Figura 3.2 – Estratto di un archivio dati in formato ASCII (Fonte: TEP SpA)

Si tratta di un file contenente dati organizzati per righe, con stringhe iniziali di riconoscimento e con informazioni successive separate da operatore punto e virgola. I dati rilevanti ai fini della presente ricerca sono relativi al tempo UTC (Universal Coordinated Time, ovvero il tempo del fuso orario di riferimento) in cui avviene il passaggio sulle paline di servizio ed al ritardo registrato rispetto all'orario di progetto. Tali informazioni consentono di realizzare i diagrammi spazio-tempo di ogni singola corsa.

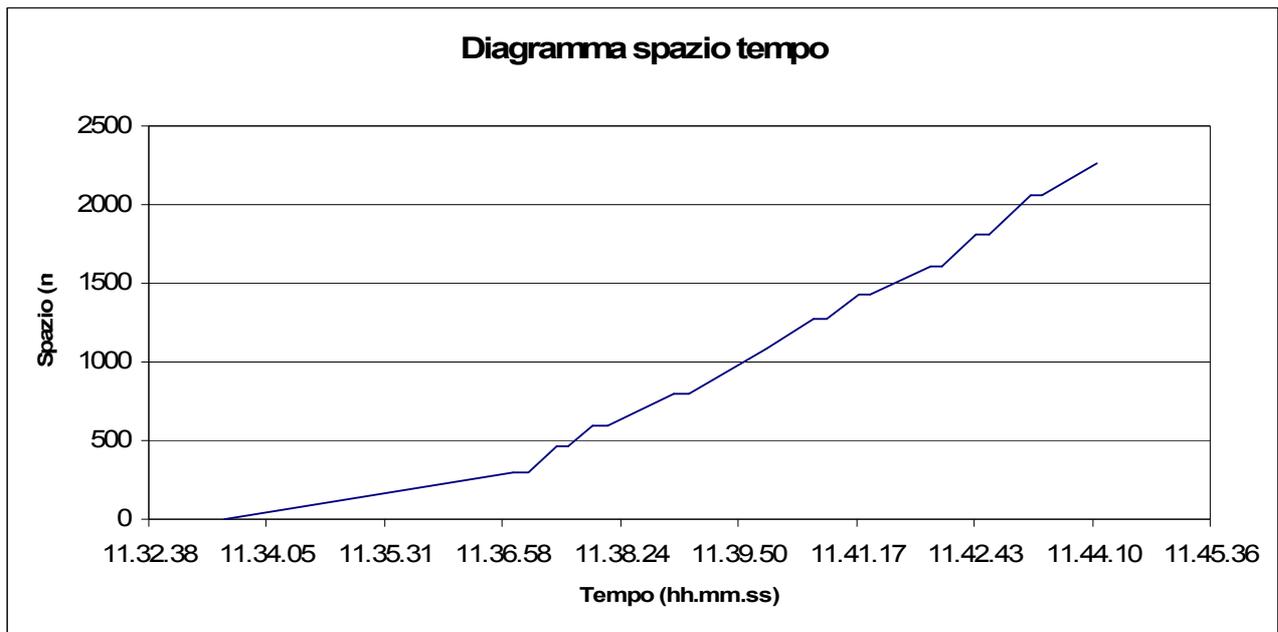


Figura 3.3 Diagramma spazio tempo di un mezzo TEP SpA, realizzato a partire dai dati forniti

Per ottenere il diagramma spazio tempo indicato nella figura 3.3, si sono utilizzate le indicazioni relative ad ogni fermata effettuata ed in particolare il tempo di fermata. Questi dati sono sempre desunti dal file del sistema di bordo, nel quale sono indicati flag, ovvero variabili che assumono valore 0 se non c'è stata fermata ed 1 se è stata effettuata una fermata, nonché i relativi tempi di fermata.

3.2 Scelta della linea urbana nella città di Parma utilizzata nel presente lavoro

La città di Parma è servita da diverse linee urbane ed extraurbane schematizzate nella figura seguente:

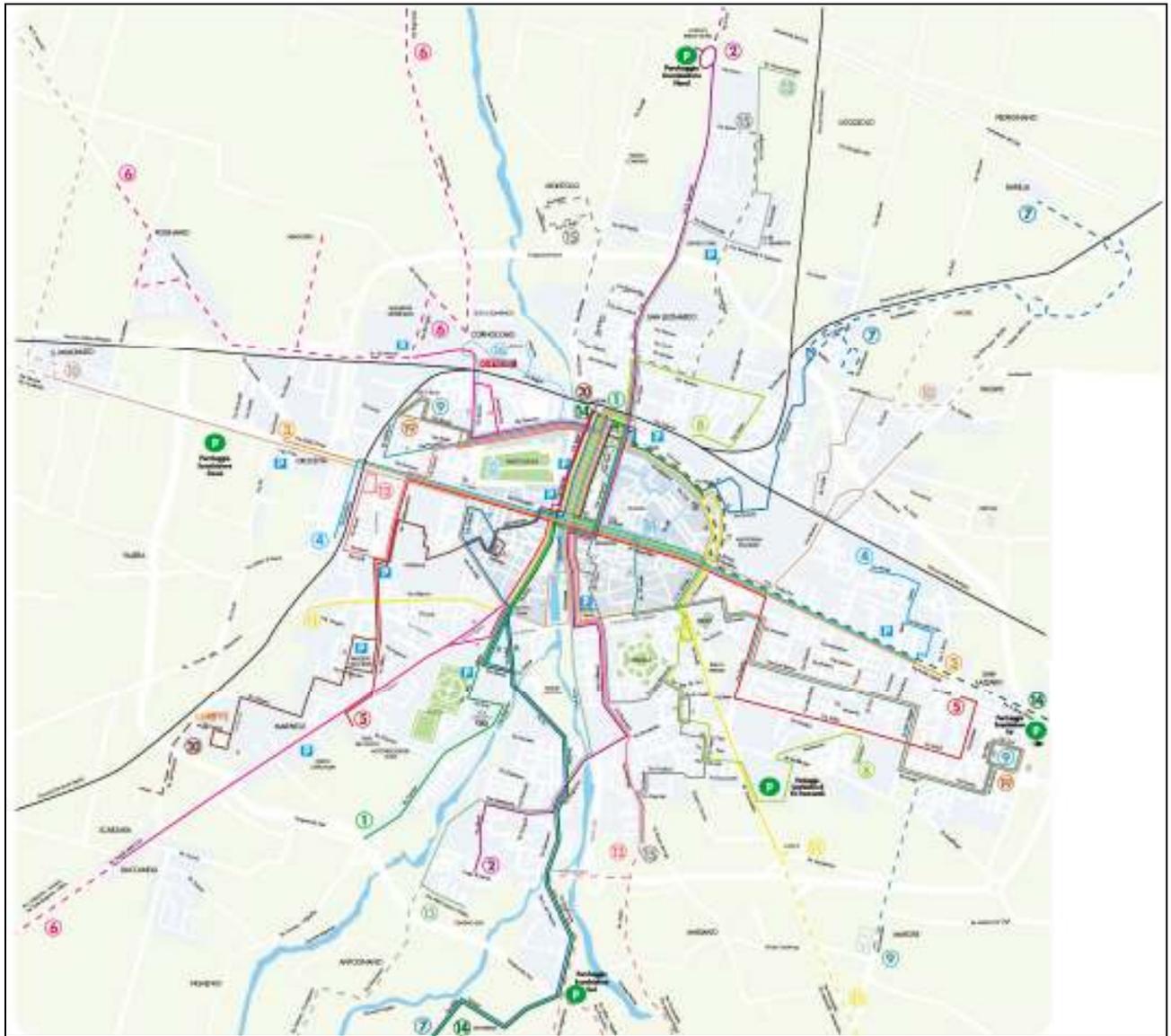


Figura 3.4 – Schema rete di trasporto collettivo su gomma della città di Parma (Fonte: TEP SpA)

La scelta della linea di TPL da esaminare è scaturita da una prima analisi tesa a valutare le finalità generali della presente ricerca: l'uso dei dati GPS, rilevati dalla flotta di autobus di TEP, dovrebbe portare come primo obiettivo quello di ottenere in tempo reale informazioni relative al LOS (Level of Service) dell'infrastruttura stradale percorsa dai mezzi analizzati.

Il livello di servizio rappresenta una misura della qualità della circolazione offerta da una infrastruttura viaria, secondo la definizione dell'Highway Capacity Manual come specificato al Capitolo 2.

Ciò premesso, insieme ai tecnici di TEP si sono analizzate linee che potessero offrire la possibilità di possedere caratteristiche miste di percorso urbano ed extraurbano. La linea prescelta è stata la numero 1, che possiede le caratteristiche di un capolinea periferico, situato

nei pressi di un'uscita della tangenziale, e di un percorso che si snoda in arterie scorrevoli per poi confluire nella zona a traffico limitato (ZTL) a partire dalla Barriera Bixio e proseguire fino a Nord del centro storico di Parma. L'interesse della ricerca è di valutare le condizioni di similitudine tra percorrenza dei bus e percorrenza dei veicoli privati sia nei tratti periferici che in quelli semi-periferici e centrali, per cui la scelta della linea 1 consente di effettuare analisi variegata su tutte e tre le tipologie.

Nella figura seguente è possibile visualizzare la porzione del tratto considerato, dalla barriera Bixio (inizio Zona a Traffico Limitato) al capolinea in Via Giorgio Perlasca, per uno sviluppo di circa 2,3 km:



Figura 3.5 – Porzione della linea 1 presa in esame (Fonte: Elaborazioni su base cartografica Google Maps)

Il periodo di prova, ovvero la fascia temporale all'interno della quale sono stati acquisiti i dati del veicolo test ed i dati derivanti dall'AVM di TEP SpA, è stato scelto nel giorno 10 luglio 2006 dalle ore 11:15 alle ore 14:30, assumendo una fascia oraria di punta dalle 11:15 alle 13:15 ed una fascia oraria di morbida dalle 13:15 alle 14:30. Tali fasce sono state concordate con i tecnici di TEP sulla base delle esperienze e delle rilevazioni sul campo precedenti ed in virtù del fatto che la linea 1 serve la zona cimiteriale nonché alcune grandi aziende che effettuano turnazioni continue di personale sulle 24 ore (avendo quindi flussi di persone in entrata/uscita nell'intorno del mezzogiorno).

Capitolo 4 - La campagna di rilevamento dati relativamente al trasporto collettivo

Successivamente alla scelta della Linea 1, motivata nel capitolo precedente, si è reso necessario analizzare l'organizzazione tecnica interna di TEP SpA. Nello specifico, le attività operative di TEP sono classicamente organizzate in due fasi distinte: una prima azione di vehicle scheduling, con la pianificazione giornaliera della turnistica dei mezzi, ed una fase successiva di crew scheduling e crew rostering, ovvero la produzione di turni bianchi, cioè singoli turni di lavoro del personale, seguita dalla definizione del programma di lavoro di ciascun autista assegnando i turni bianchi alle persone.

Avendo calendarizzato insieme ai tecnici di TEP la data di espletamento delle prove, il 10 luglio 2006, sono stati estratti dal sistema informativo di TEP i relativi dati di vehicle scheduling che hanno fornito le seguenti indicazioni:

Mezzo	Linea assegnata	Uscita (hh:mm)	Rientro (hh:mm)	Totale ore servizio (hh:mm)	Totale km
1558	1	05:07	20:40	15:33	213,78
1561	1	06:50	20:25	13:35	186,55
1563	1	05:27	20:45	15:18	210,26

Tabella 4.1 – Dati relativi ai mezzi analizzati sulla linea 1 (Fonte: TEP SpA)

Effettuata quindi la scelta dei mezzi, si è proceduto ad un controllo di efficienza dei sistemi di bordo di queste tre macchine. Il passo successivo è stato quello di acquisire il file dati registrato in data 10 luglio 2006, riportato in appendice, e di filtrare le stesse informazioni in base alla porzione di linea 1 esaminata (v. Figura 3.4). La registrazione del sistema AVM identifica infatti in maniera univoca ogni fermata con un codice a sei cifre. Per la porzione di linea 1 esaminata, tali codici fermata sono riassunti nella tabella seguente:

Codice Fermata		Codice Fermata	
200579	Capolinea	200267	Bixio
200575		200555	
200574		200557	
200568		200559	
200566		200561	
200564		200563	
200562		200565	
200558		200567	
200556		200571	
200553	▼	200573	
200268	Bixio	200577	▼
		200579	capolinea

Tabella 4.2 – Codici fermata AVM sulla linea 1 (Fonte: TEP SpA)

I dati presenti nei tre file relativi ai mezzi 1558, 1561 e 1563 sono stati quindi elaborati filtrando i codici fermata sopra riportati, nella fascia oraria di prova, ottenendo quindi il seguente riepilogo di corse bus:

Corsa	Ora inizio	Ora fine	Spazio percorso (m)	Durata (h.mm.ss)	Velocità di percorrenza (m/s)	Velocità di percorrenza (km/h)
a1-1558	11.45.20	11.52.43	2184	0.07.23	4,93	17,75
a2-1558	12.28.38	12.35.41	2183	0.07.03	5,16	18,58
a3-1558	13.10.22	13.17.30	2187	0.07.08	5,11	18,40
b1-1558	11.33.34	11.44.13	2257	0.10.39	3,53	12,71
b2-1558	12.17.27	12.28.02	2252	0.10.35	3,55	12,78
b3-1558	12.57.43	13.07.03	2248	0.09.20	4,01	14,44
b4-1558	13.40.25	13.50.25	2259	0.10.00	3,77	13,57

a1-1563	11.11.29	11.18.55	2284	0.07.26	5,12	18,43
a2-1563	11.56.39	12.04.45	2268	0.08.06	4,67	16,81
a3-1563	12.42.40	12.51.01	2283	0.08.21	4,56	16,42
a4-1563	13.26.39	13.32.57	2283	0.06.18	6,04	21,74
a5-1563	14.13.09	14.20.47	2223	0.07.38	4,85	17,46
b1-1563	11.41.43	11.50.13	2354	0.08.30	4,62	16,63
b2-1563	12.27.57	12.37.47	2349	0.09.50	3,98	14,33
b3-1563	13.12.15	13.21.21	2354	0.09.06	4,31	15,52
b4-1563	13.55.57	14.06.30	2349	0.10.33	3,71	13,36
a1-1561	11.30.05	11.39.38	2274	0.09.33	3,97	14,29
a2-1561	12.20.02	12.27.36	2279	0.07.34	5,02	18,07
a3-1561	13.04.48	13.13.37	2274	0.08.49	4,30	15,48
a4-1561	13.49.12	13.55.37	2271	0.06.25	5,90	21,24
a5-1561	14.26.49	14.35.37	2278	0.08.48	4,31	15,52
b1-1561	12.07.14	12.19.13	2341	0.11.59	3,26	11,74
b2-1561	12.53.37	13.04.20	2296	0.10.43	3,57	12,85
b3-1561	13.35.12	13.44.45	2321	0.09.33	4,05	14,58
b4-1561	14.13.53	14.23.11	2310	0.09.18	4,14	14,90

Tabella 4.3 – Riepilogo corse effettuate sulla linea 1 (Fonte: TEP SpA)

In questa tabella le singole corse sono indicate con una lettera a se in direzione periferia centro, ovvero dal capolinea di strada Farnese alla barriera Bixio, e con lettera b se in direzione contraria. Viene anche indicato il numero identificativo del mezzo e lo spazio misurato dall'odometro di bordo. La media dello spazio percorso in direzione (a) è pari a 2250 m, con valore massimo di 2284 m e valore minimo di 2183 m. In direzione (b) la media è pari a 2308 m mentre i valori registrati massimo e minimo sono pari rispettivamente a 2248 m e 2354 m. Tali oscillazioni sono ampiamente giustificate dall'errore sistematico e casuale dell'odometro e dalla

variabilità delle condizioni di circolazione stradale, essendoci uno scostamento tra valore massimo e valore minimo di circa cento metri per entrambe le direzioni.

Una ulteriore rielaborazione di questi dati consente di ottenere una tabella più sintetica, sia nella direzione (a) che in quella (b):

Periodo	Corsa	Ora inizio	Ora fine	Spazio percorso (m)	Durata (h.mm.ss)	Velocità di percorrenza (m/s)	Velocità di percorrenza (km/h)
punta	a1-1563	11.11.29	11.18.55	2284	0.07.26	5,12	18,43
punta	a1-1561	11.30.05	11.39.38	2274	0.09.33	3,97	14,29
punta	a1-1558	11.45.20	11.52.43	2184	0.07.23	4,93	17,75
punta	a2-1563	11.56.39	12.04.45	2268	0.08.06	4,67	16,81
punta	a2-1561	12.20.02	12.27.36	2279	0.07.34	5,02	18,07
punta	a2-1558	12.28.38	12.35.41	2183	0.07.03	5,16	18,58
punta	a3-1563	12.42.40	12.51.01	2283	0.08.21	4,56	16,42
punta	a3-1561	13.04.48	13.13.37	2274	0.08.49	4,30	15,48
punta	a3-1558	13.10.22	13.17.30	2187	0.07.08	5,11	18,40
morbida	a4-1563	13.26.39	13.32.57	2283	0.06.18	6,04	21,74
morbida	a4-1561	13.49.12	13.55.37	2271	0.06.25	5,90	21,24
morbida	a5-1563	14.13.09	14.20.47	2223	0.07.38	4,85	17,46
morbida	a5-1561	14.26.49	14.35.37	2278	0.08.48	4,31	15,52

Tabella 4.4 – Riepilogo corse effettuate in direzione Capolinea - Bixio (Fonte: TEP SpA)

Periodo	Corsa	Ora		Spazio	Durata	Velocità di	Velocità di
		inizio	fine	percorso (m)	(h.mm.ss)	percorrenza (m/s)	percorrenza (km/h)
punta	b1-1558	11.33.34	11.44.13	2257	0.10.39	3,53	12,71
punta	b1-1563	11.41.43	11.50.13	2354	0.08.30	4,62	16,63
punta	b1-1561	12.07.14	12.19.13	2341	0.11.59	3,26	11,74
punta	b2-1558	12.17.27	12.28.02	2252	0.10.35	3,55	12,78
punta	b2-1563	12.27.57	12.37.47	2349	0.09.50	3,98	14,33
punta	b2-1561	12.53.37	13.04.20	2296	0.10.43	3,57	12,85
punta	b3-1558	12.57.43	13.07.03	2248	0.09.20	4,01	14,44
punta	b3-1563	13.12.15	13.21.21	2354	0.09.06	4,31	15,52
morbida	b3-1561	13.35.12	13.44.45	2321	0.09.33	4,05	14,58
morbida	b4-1558	13.40.25	13.50.25	2259	0.10.00	3,77	13,57
morbida	b4-1563	13.55.57	14.06.30	2349	0.10.33	3,71	13,36
morbida	b4-1561	14.13.53	14.23.11	2310	0.09.18	4,14	14,90

Tabella 4.4 – Riepilogo corse effettuate in direzione Bixio - Capolinea (Fonte: TEP SpA)

A partire dai dati relativi alle diverse corse, è possibile visualizzare i rispettivi diagrammi spazio temporali:

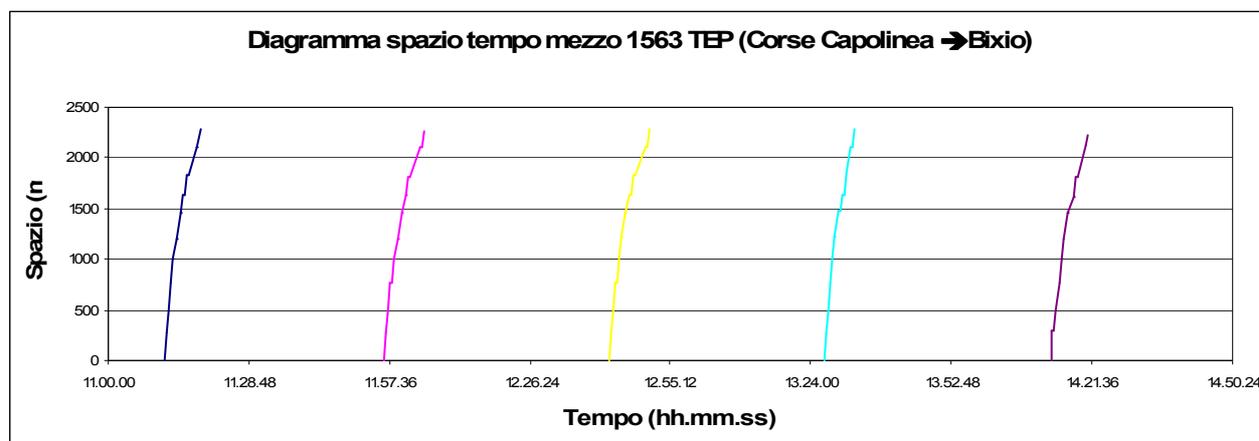


Figura 4.1 – Diagramma spazio temporale del mezzo 1563 (Elaborazione su dati forniti da TEP SpA)

Per apprezzare con maggiore dettaglio l'andamento del diagramma, esaminiamo una singola corsa:

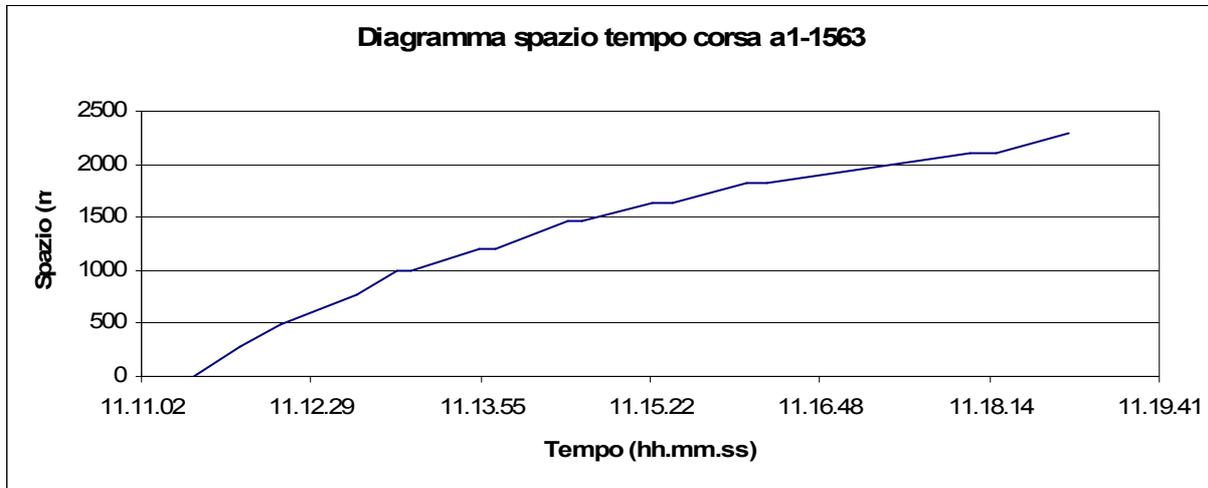


Figura 4.1 – Diagramma spazio temporale della corsa a1-1563 (Elaborazione su dati forniti da TEP SpA)

Sono chiaramente visibili i tratti orizzontali relativi alle diverse fermate effettuate. Per seguire il metodo tracciato da Bertini e Tantiyanugulchai (v. Capitolo 1), ipotizziamo che la corsa avvenga senza effettuare fermate intermedie, ottenendo un bus ipotetico (hypothetical bus), ovvero che non effettua servizio alle fermate:

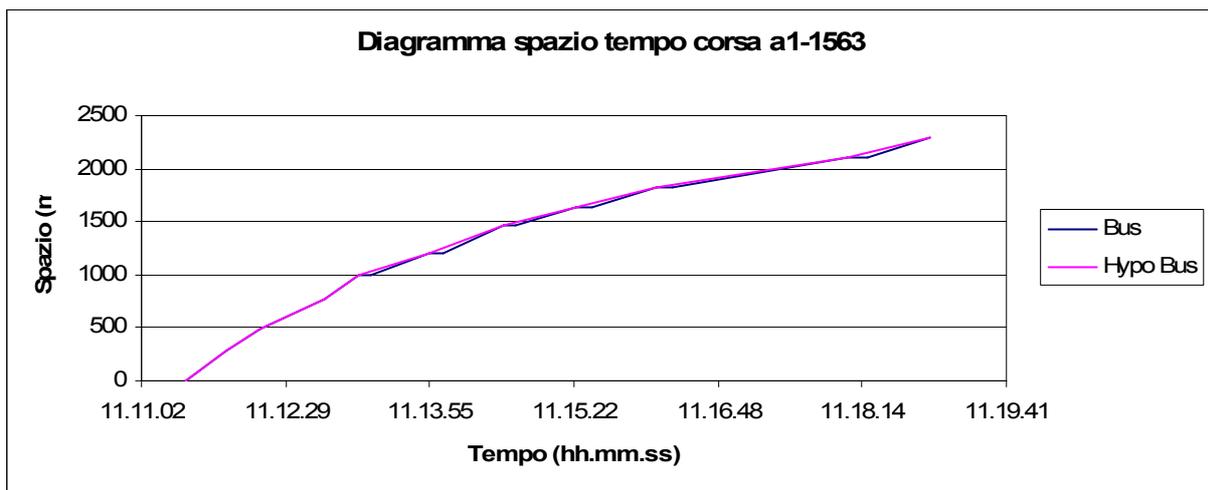


Figura 4.2 – Diagramma spazio temporale della corsa a1-1563 e del relativo hypothetical bus (Elaborazione su dati forniti da TEP SpA)

Non è stato possibile determinare gli andamenti dei cosiddetti pseudobus, definiti da Bertini e Tantiyanugulchai (v. Capitolo 1) come bus che viaggiano nel ramo i-simo alla velocità massima registrata nello stesso ramo, sempre senza effettuare fermate di servizio; l'AVM di TEP SpA, infatti, non consente di estrapolare la velocità massima registrata in un segmento di percorso tra una palina di servizio e la successiva. Pertanto tutte le elaborazioni sono state condotte utilizzando un andamento di bus ipotetico, ovvero hypothetical bus.

Capitolo 5 – La campagna di rilevamento dati relativamente al trasporto individuale (veicolo test)

Una autovettura dotata di ricevitore GPS e notebook, per l'acquisizione in tempo reale delle informazioni di percorrenza, è stato il veicolo test per rilevare le condizioni di circolazione del trasporto individuale. Esso ha condotto il rilevamento dei dati il giorno 10 luglio 2006, dalle 11:15 alle 14:30. Il veicolo test, in questa fascia oraria di prova, non ha mai effettuato fermate, né soste, ed il conducente ha tenuto una condotta di marcia simile a quella delle altre autovetture, ovviamente osservando i limiti di velocità e le altre prescrizioni del Codice della Strada.

Il ricevitore GPS (Fig. 5.1), con chipset Nemerix a 16 canali, è dotato di interfaccia Bluetooth (metodo standard per scambiare informazioni tra dispositivi diversi utilizzando onde radio alla frequenza di 2,45 Ghz) per lo scambio dei dati rilevati con il notebook di acquisizione.



Figura 5.1 – Immagine del ricevitore GPS (Fonte: Nemerix)

Le caratteristiche tecniche del ricevitore GPS sono in linea con i prodotti normalmente in commercio, e sono di seguito riassunte:

General		Accuracy	
GPS Chip	NEMERIX GPS Module	Position	
Frequency	L1, 1575.42MHz	3meters CEP (50%), without SA (Horizontal) 7 meters (90%)	
C/A Code	1.023MHz chip rate	Velocity	0.1 m/sec. without SA
Channels	16 CH all in view tracking	Time	±100 ns synchronized to GPS time
Antenna (Internal)	Built-in low noise	Datum	
	External Antenna Port Active MMCX Antenna	WGS-84 (or by demanded)	
Sensitivity		Dynamic Conditions	
To – 152Bm Tracking, Superior Urban Canyon Performance		Altitude	<18,000m
Acquisition Rate		Velocity	<515m/sec
Cold Start	60 sec, average	Acceleration	<4g
Warm Start	38 sec, average	Motional Jerk	20 m/sec.
Hot Start	10 sec, average	Interface	
Reacquisition	1sec	Communication Protocol	
Accuracy		Communicate with host platform via	
Position	5m CEP (50%), 9m (90%)	Bluetooth (class 2) serial port profile	
Velocity	0.1m/sec. without SA	Bluetooth communication distance 10 M. TYP.	
Time	±100ns synchronized to GPS time	GPS Protocol	
Power		Default: NMEA-0183 (V3.01) – GGA(1), GSA(3),	
Built-in rechargeable 850mAh Li-ion battery and 5 V DC input		GSV(3), RMC(1), VTG(1), Band rate 9600 bps,	
Operation Current	45mA (Typical)	Data bit : 8, stop bit : 1(Default) *	
Operation Time	18hrs, after fully charged, in continuous	Device Size	
Charging time	2.5hrs. (Typical)	81 (L) X 44 (W) X 20 (H) mm	
Environmental		3.2 (L) X 1.75 (W) X 0.79 (H) inch	
Operating Temperature	-20 °C to + 60 °C	Accessories	Car charger (12V in, 5V output)
Relative Humidity	5% to 90% non-condensing		AC adaptor (5V output, 500ma)

*: (1):1sec output 1msg, (3): 3sec output 1msg

Figura 5.2 – Caratteristiche tecniche ricevitore GPS (Fonte: Nemerix)

L'interfaccia di collegamento Bluetooth tra il ricevitore GPS ed il notebook ha consentito la registrazione di un file di testo in formato ASCII (American Standard Code for Information Interchange, ovvero Codice Standard Americano per lo Scambio di Informazioni) che riporta le stringhe NMEA (National Marine Electronics Association) 0183 di uscita dal ricevitore GPS.

Un estratto di tale file è di seguito riportato:

```
$GPGGA,091444.631,4446.7329,N,01018.2450,E,1,07,01.2,64.2,M,41.0,M,,*53
$GPRMC,091444.631,A,4446.7329,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,A*6F
$GPVTG,139.40,T,,,0.00,N,0.00,K,A*7F
$GPGGA,091445.631,4446.7329,N,01018.2450,E,1,07,01.2,64.4,M,41.0,M,,*54
$GPRMC,091445.631,A,4446.7329,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,A*6E
$GPVTG,139.40,T,,,0.00,N,0.00,K,A*7F
$GPGGA,091446.631,4446.7329,N,01018.2450,E,1,07,01.2,64.7,M,41.0,M,,*54
$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
$GPGSV,2,1,08,02,29,310,29,04,58,272,41,13,81,310,42,16,,,*41
$GPGSV,2,2,08,20,35,104,37,23,54,052,40,24,62,212,40,27,31,181,40*7B
$GPRMC,091446.631,A,4446.7329,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,A*6D
$GPVTG,139.40,T,,,0.00,N,0.00,K,A*7F
```

```

$GPGGA,091447.630,4446.7329,N,01018.2450,E,1,07,01.2,65.0,M,41.0,M,,*52
$GPRMC,091447.630,A,4446.7329,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,A*6D
$GPVTG,139.40,T,,,0.00,N,0.00,K,A*7F
$GPGGA,091448.630,4446.7330,N,01018.2450,E,1,07,01.2,65.2,M,41.0,M,,*57
$GPRMC,091448.630,A,4446.7330,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,A*6A
$GPVTG,139.40,T,,,0.00,N,0.00,K,A*7F
$GPGGA,091449.630,4446.7330,N,01018.2450,E,1,07,01.2,65.5,M,41.0,M,,*51
$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
$GPGSV,2,1,08,02,29,310,29,04,58,272,42,13,81,310,43,16,,,*43
$GPGSV,2,2,08,20,35,104,37,23,54,052,40,24,62,212,40,27,31,181,41*7A
$GPRMC,091449.630,A,4446.7330,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,A*6B
$GPVTG,139.40,T,,,0.00,N,0.00,K,A*7F

```

Tabella 5.1 – Estratto del file di testo in formato ASCII che contiene le stringhe NMEA, ottenuto mediante le prove condotte con il veicolo test

NMEA 0183 è uno standard industriale, nato nel 1983, per la definizione delle trasmissioni dati di apparati di navigazione. Consta principalmente di parole chiave e di specifici formati per segnalare i dati di navigazione.

In sostanza lo standard prevede che le informazioni siano scambiate da un “talker” ad un “listener”, cioè da un apparato in trasmissione ad uno in ascolto, con stringhe che iniziano con il carattere “\$” e che hanno una lunghezza massima di 80 caratteri. I primi cinque caratteri successivi al “\$” fanno parte del cosiddetto campo di indirizzo (“address”); due caratteri sono riservati al talker (nel nostro caso un GPS, ovvero GP) mentre tre caratteri descrivono il tipo di informazione della stringa.

Successivamente vengono indicati i dati di interesse, in un formato CSV (comma separated values) ovvero separato da virgole. Al termine della stringa ci sono checksum opzionali, per verificare la correttezza dell’informazione ricevuta. Descriviamo di seguito i campi di indirizzo utilizzati nella prova:

GGA - Global Positioning System Fix Data

```

Esempio: GGA,123519,4807.038,N,01131.324,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,*42
123519          Tempo posizione 12:35:19 UTC
4807.038,N     Latitudine 48 deg 07.038' N
01131.324,E    Longitudine 11 deg 31.324' E

```

1	Qualità della posizione:	0 = non valida 1 = posizione GPS 2 = posizione DGPS
08	Numero di satelliti	
0.9	Errore orizzontale della posizione	
545.4,M	Altitudine, metri, s.l.m.	
46.9,M	Altezza geoide (l.m.m.) rispetto all'ellissoide WGS84	
(campo vuoto)	Tempo in secondi dall'ultimo aggiornamento DGPS	
(campo vuoto)	Identificativo della stazione DGPS	

GSA - GPS DOP e satelliti attivi

Esempio: GSA,A,3,04,05,,09,12,,,24,,,,,2.5,1.3,2.1*39

A	Autoselezione di posizione 2D o 3D M = manuale)
3	Posizione 3D
04,05...	PRN dei satelliti utilizzati per la determinazione della posizione
2.5	PDOP (dilution of precision)
1.3	Componente orizzontale dilution of precision (HDOP)
2.1	Componente verticale dilution of precision (VDOP)

DOP è un indicazione dell'effetto dell'orbita satellitare sulla precisione della posizione

GSV - Satelliti in vista (disponibili)

Esempio:

GSV,2,1,08,01,40,083,46,02,17,308,41,12,07,344,39,14,22,228,45*75

2	Numero di stringhe per l'invio dei dati
1	stringa 1 di 2
08	Numero di satelliti in vista
01	PRN del satellite
40	Elevazione, gradi
083	Azimuth, gradi
46	Qualità segnale - numero alto = alta qualità

RMC - Recommended minimum specific GPS/Transit data

Esempio:

RMC,225446,A,4916.45,N,12311.12,W,000.5,054.7,191194,020.3,E*68

225446	Tempo posizione 22:54:46 UTC
A	Warning ricevitore A = OK, V = warning
4916.45,N	Latitudine 49 deg. 16.45 min Nord
12311.12,W	Longitudine 123 deg. 11.12 min Ovest
000.5	Velocità, Nodi

054.7	Prua vera (Course Made Good)
191194	Data posizione 19 November 1994
020.3,E	Declinazione magnetica 20.3 deg Est
*68	checksum

VTG - Percorso e velocità

Esempio: VTG,054.7,T,034.4,M,005.5,N,010.2,K

054.7,T	Direzione vera
034.4,M	Direzione magnetica
005.5,N	Velocità, nodi
010.2,K	Velocità, Km/h

Tabella 5.2 – Descrizione delle stringhe caratteristiche del formato NMEA 0183 (Fonte: National Marine Electronics Association)

I dati raccolti durante la prova del 10 luglio 2006 sono stati elaborati con un parser NMEA, ovvero sono stati interpretati in automatico ed esportati in un file di testo con formato CSV (comma separated value, ovvero valori separati da virgola), in modo da consentire una agevole rielaborazione in Microsoft Excel. Di seguito si riporta un estratto del file Excel che contiene i dati necessari alle operazioni relative ai percorsi del veicolo test:

ID	LAT	LONG	ANGOLO_NORD	PDOP	HDOP	VELOCITA	ORA
1	44,77885329	10,30403828	221	2	1	6	9:15:6,626
2	44,77883827	10,30402332	217	2	1	6	9:15:7,626
3	44,77881997	10,30401831	189	2	1	8	9:15:8,626
4	44,77880162	10,30402666	163	2	1	8	9:15:9,626
5	44,77878665	10,30404663	141	2	1	9	9:15:10,625
6	44,77877831	10,30407494	114	2	1	9	9:15:11,625
7	44,77877998	10,30410665	86	2	1	9	9:15:12,625
8	44,77878999	10,3041383	69	2	1	10	9:15:13,625
9	44,77880829	10,3041616	46	2	1	9	9:15:14,625
10	44,77882498	10,3041833	43	2	1	10	9:15:15,624
11	44,77884495	10,30420333	40	2	1	10	9:15:16,624
12	44,77886497	10,30422329	38	2	1	10	9:15:17,624
13	44,77888661	10,30423998	35	2	1	10	9:15:18,624
14	44,77891331	10,30425828	33	2	1	10	9:15:19,623

Tabella 5.3 – Importazione in Microsoft Excel dei dati relativi al veicolo test

I dati necessari alle elaborazioni della presente ricerca sono infatti quelli relativi a posizione, angolo di direzione rispetto al Nord, valori di precisione PDOP e HDOP, velocità ed ora della posizione.

La Diluizione della Precisione (DOP) è il parametro di valutazione della disposizione dei satelliti e si riferisce alla distanza ed alla posizione dei satelliti nel cielo.

I diversi tipi di diluizione della precisione sono:

VDOP – Diluizione verticale della precisione in verticale. Indice della degradazione dell'accuratezza nella direzione verticale.

HDOP - Diluizione della precisione in orizzontale. Indice della degradazione dell'accuratezza nella direzione orizzontale.

PDOP - Diluizione della precisione della posizione. Indice della degradazione della posizione in senso tridimensionale.

GDOP - Diluizione della precisione geometrica. Indice della degradazione della posizione in senso tridimensionale e del tempo.

Tali dati sono stati utilizzati per tracciare i diversi percorsi attraverso software GIS (Geographical Information System). Come è possibile vedere nella figura seguente, la precisione disponibile chiaramente pone un problema di map matching (v. Capitolo 1):

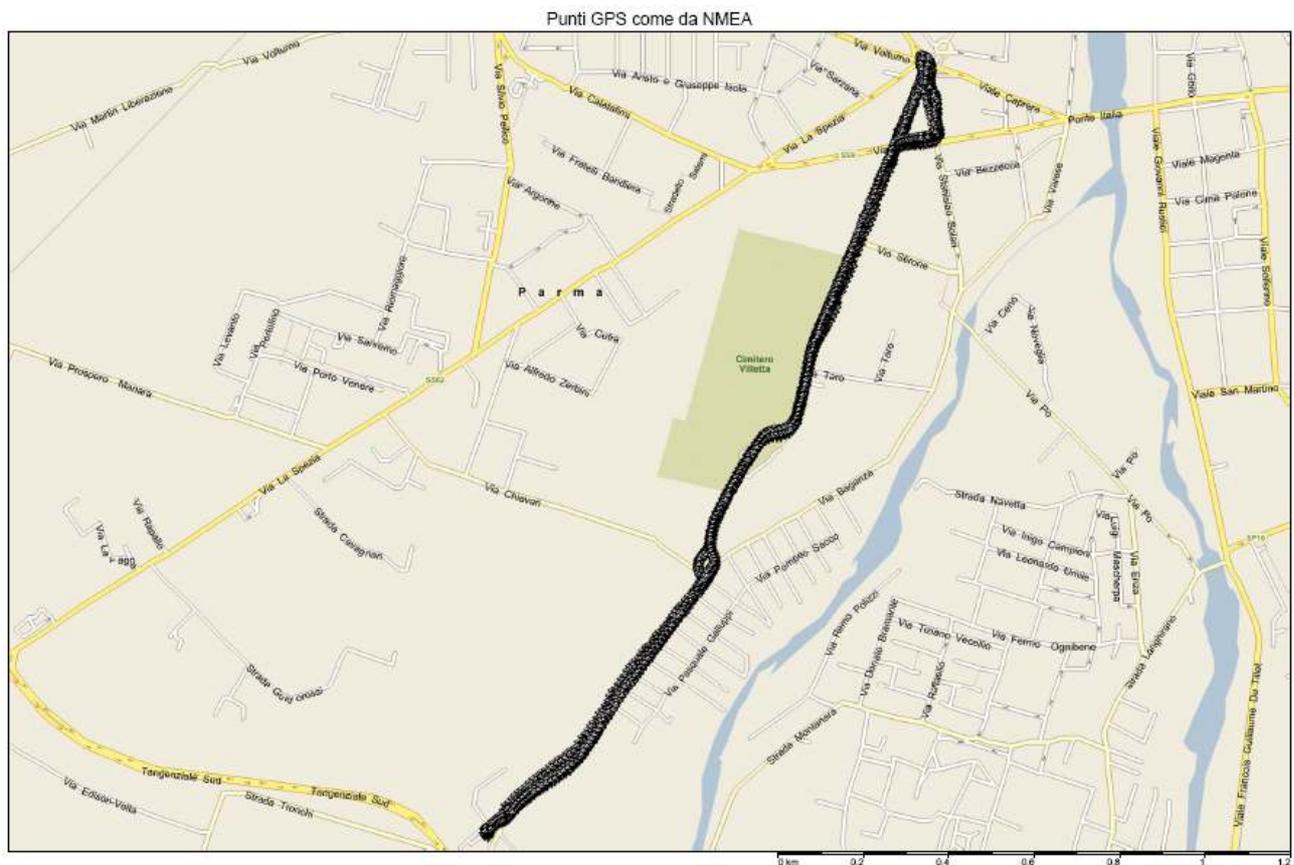


Figura 5.3 – Localizzazione dei punti GPS non rielaborati su cartografia Navigation Technologies B.V.

E' evidente che i punti relativi alle posizioni istantanee ottenute dal ricevitore GPS spesso non corrispondono a punti interni all'infrastruttura stradale. E' stata allora automatizzata all'interno del software GIS ArcView 3.2a, utilizzando un linguaggio di programmazione a oggetti interno allo stesso software denominato Avenue, una procedura di Snap ovvero di riposizionamento del punto ottenuto dal GPS sul reale grafo stradale. Gli Snap sono stati tracciati utilizzando il criterio della minima distanza, e come risultato del riposizionamento è stato anche conservato il valore di shift ovvero di distanza tra il punto originale e quello trasformato, in modo da tenere in conto il valore massimo di questo errore di map matching:

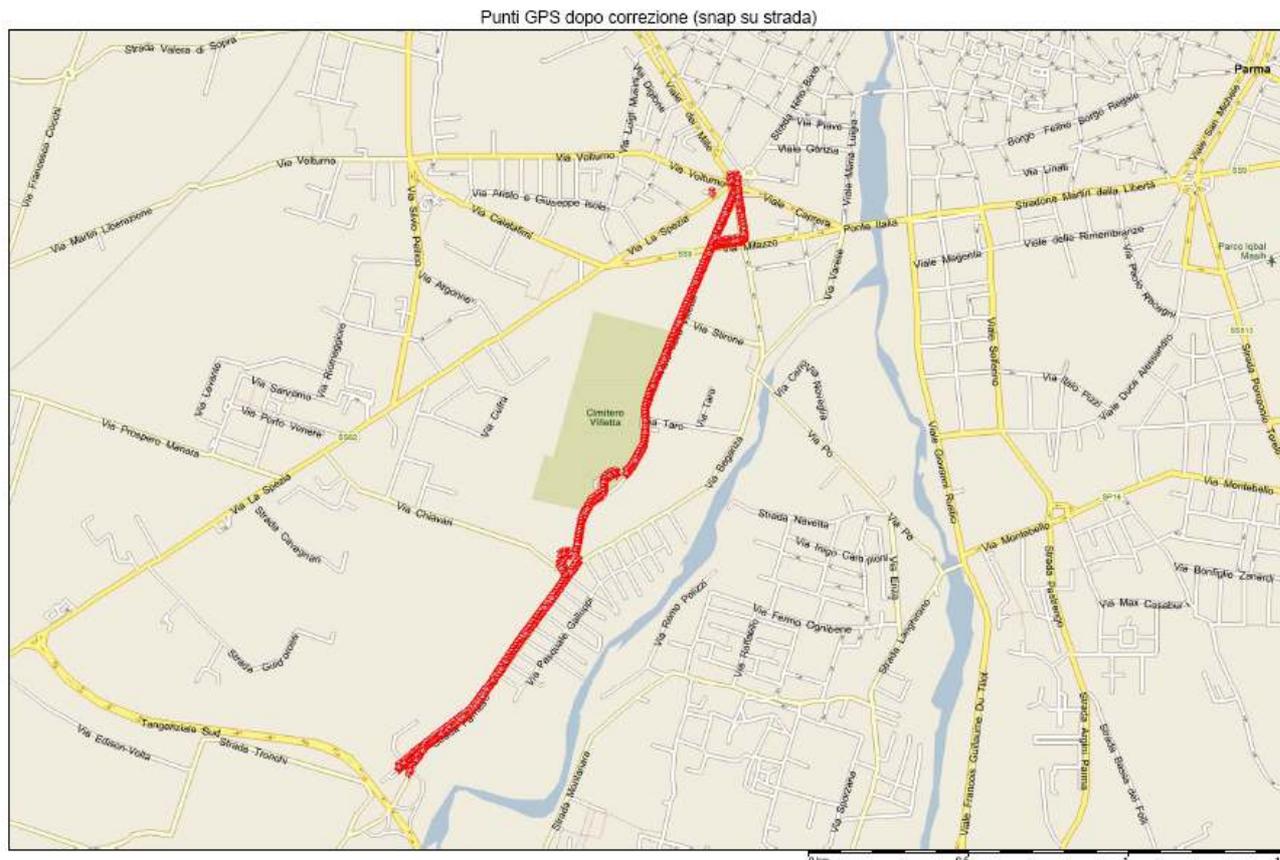


Figura 5.4 – Localizzazione dei punti GPS rielaborati eliminando errori di Map Matching su cartografia Navigation Technologies B.V.

I percorsi corretti evidenziati in figura 5.4 sono stati esportati sempre in formato Microsoft Excel, ottenendo il file rielaborato delle prove del veicolo test, di cui si riporta un estratto:

ID	LAT	LONG	ANG_				V	ORA	LAT_SN	LONG_	DISTANZA	DISTANZA	DISTANZA_
			NORD	PDOP	HDOP						_GPS	_SNAP	
1	44,7789	10,3040	221	2	1	6	9:15:6,626	44,7789	10,3040	852	852	4	
2	44,7788	10,3040	217	2	1	6	9:15:7,626	44,7789	10,3040	854	854	4	
3	44,7788	10,3040	189	2	1	8	9:15:8,626	44,7789	10,3040	856	855	5	
4	44,7788	10,3040	163	2	1	8	9:15:9,626	44,7789	10,3040	859	855	8	
5	44,7788	10,3040	141	2	1	9	9:15:10,625	44,7789	10,3040	860	855	9	
6	44,7788	10,3041	114	2	1	9	9:15:11,625	44,7789	10,3040	862	855	11	
7	44,7788	10,3041	86	2	1	9	9:15:12,625	44,7789	10,3040	865	857	13	
8	44,7788	10,3041	69	2	1	10	9:15:13,625	44,7789	10,3040	867	859	14	
9	44,7788	10,3042	46	2	1	9	9:15:14,625	44,7789	10,3041	870	862	13	
10	44,7788	10,3042	43	2	1	10	9:15:15,624	44,7789	10,3041	873	868	13	
11	44,7788	10,3042	40	2	1	10	9:15:16,624	44,7789	10,3041	876	868	13	
12	44,7789	10,3042	38	2	1	10	9:15:17,624	44,7790	10,3042	879	873	11	
13	44,7789	10,3042	35	2	1	10	9:15:18,624	44,7790	10,3042	881	873	10	
14	44,7789	10,3043	33	2	1	10	9:15:19,623	44,7790	10,3042	885	876	9	

Tabella 5.4 – Importazione in Microsoft Excel dei dati relativi al veicolo test, rielaborati eliminando errori di Map Matching

Sono stati infine realizzati i diagrammi spazio temporali relativi ai percorsi del veicolo test:

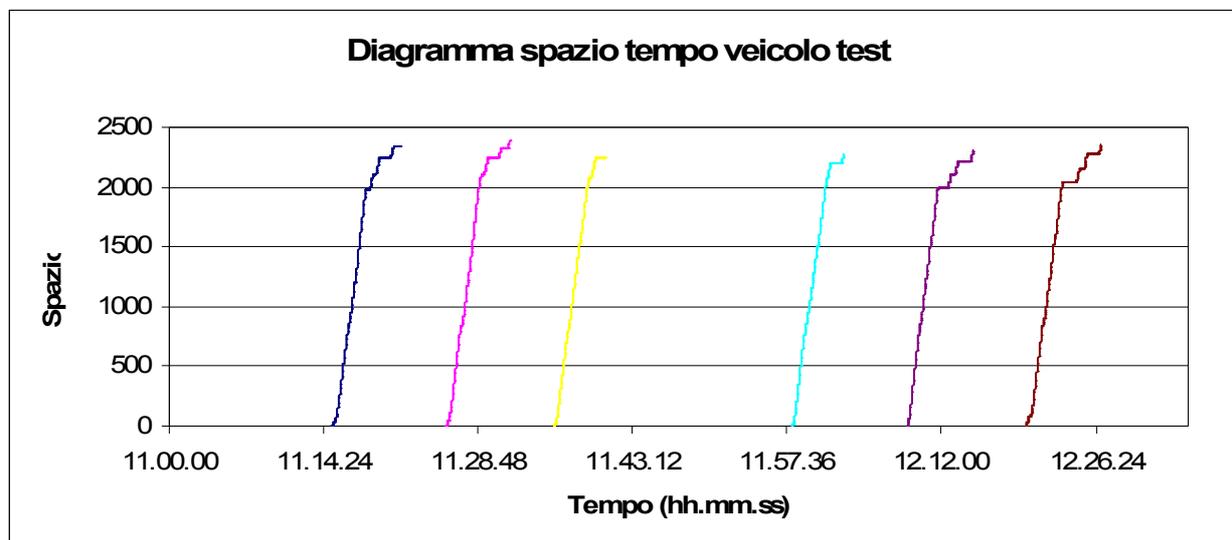


Figura 5.5 – Diagramma spazio temporale del veicolo test

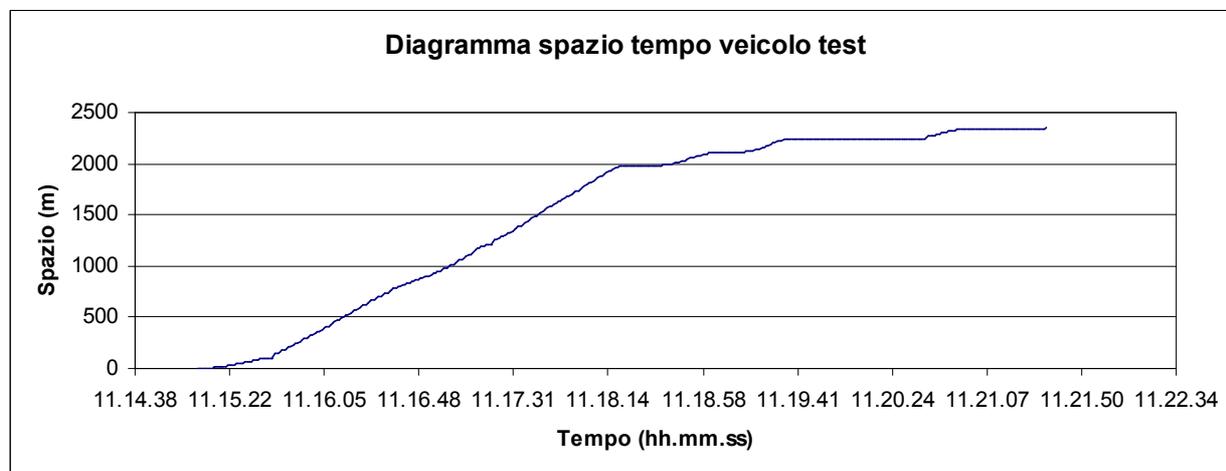


Figura 5.6 – Diagramma spazio temporale del veicolo test

Capitolo 6 – Analisi dei dati e determinazione della relazione tra bus e veicolo test

6.1 Consistenza minima del campione

Scopo del presente lavoro è di trovare una correlazione analitica tra il comportamento cinematico del veicolo test e quello del bus, in modo da poter ottenere una similitudine relazionale utile per utilizzare i dati AVM della flotta TEP per una analisi in tempo reale del livello di servizio delle arterie stradali interessate.

Prima di procedere alle analisi di correlazione, è necessario determinare la consistenza minima del campione, composto da corse di bus osservate e percorsi di veicolo test osservati, necessario alla corretta significatività statistica; tale operazione è storicamente applicata ad ogni studio sui tempi di percorrenza per vincoli di natura economica relativamente al budget disponibile per l'effettuazione delle prove. In questa ricerca effettueremo una analisi inversa, atta a verificare il livello di significatività ottenibile con il campione raccolto sul campo.

In generale, la stima statistica del campione n viene effettuata specificando a priori il grado di errore ammesso. Assumendo che l'errore ammissibile E sia:

$$E = Z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

- Dove:
- n = dimensione del campione minimo
 - $Z_{\alpha/2}$ = valore della normale standard che lascia un $\alpha/2$ di probabilità nella coda superiore: ossia è il valore della normale standard che ha una probabilità pari $\alpha/2$ di essere superato
 - σ = deviazione standard del campione
 - E = massimo errore di stima

Di solito la stima viene effettuata sulla base di dati ottenuti da un campione iniziale (pre-campione), che consente di giungere ad una variabile aleatoria avente un andamento t con n – 1 gradi di libertà.

Allo stesso livello di significatività (1 - α)100%, possiamo riscrivere una nuova equazione esplicitando n:

$$n = \left[\frac{t_{\alpha} \cdot s}{E} \right]^2$$

- Dove: s = Deviazione standard stimata del campione
 t_{α} = Distribuzione t di Student (utilizzata al posto di $Z_{\alpha/2}$ con l'ipotesi di campioni di piccola dimensione, v. Quiroga & Bullock 1998)
 E = errore massimo di stima

L'errore massimo di stima E può essere ipotizzato, per studi di trasporto relativi al calcolo dei tempi di percorrenza, variabile in un intervallo compreso tra ± 1 m/s e tra ± 3 m/s (Institute of Transportation Engineers, 2000).

Nelle elaborazioni del presente studio, sono stati assunti valori di E pari a ± 1 m/s. I valori di E sono stati assunti uguali per la determinazione della consistenza minima sia del campione di corse di autobus sia del campione di percorsi del veicolo test poiché le tecnologie GPS disponibili per le due tipologie di mezzi (GPS portatile nel caso del veicolo test e GPS fisso presente nella flotta veicoli bus di TEP) sono simili.

La procedura di calcolo è di tipo iterativo, in quanto t_{α} è funzione di n:

Iterazione	n_0 (input)	df (n_0-1)	$t_{0,95,df}$	v (m/s)	E (m/s)	n_1 (output)
1	10	9	2,262	0,97	1,0	4,81
2	5	4	2,776	0,97	1,0	7,25
3	7	6	2,447	0,97	1,0	5,63
4	6	5	2,571	0,97	1,0	6,22

Tabella 6.1 – Calcolo consistenza minima del campione Veicolo Test

Iterazione	n₀ (input)	df (n₀-1)	t_{0,95,df}	v (m/s)	E (m/s)	n₁ (output)
1	4	3	3,182	0,67	1,0	4,5
2	5	4	2,776	0,67	1,0	3,5
3	4	3	3,182	0,67	1,0	4,5
4	5	4	2,776	0,67	1,0	3,5

Tabella 6.2 – Calcolo consistenza minima del campione Bus

Dai calcoli effettuati risulta quindi che per ottenere un livello di significatività del 95%, è necessario avere un numero minimo di corse disponibili pari a 4 per gli autobus e pari a 6 per il veicolo test.

Nelle tabelle seguenti vengono evidenziate le corse ed i percorsi disponibili ottenuti dalla campagna di prova del 10 luglio 2006:

Percorso	Periodo	Ora inizio	Ora fine	Spazio (m)	Durata
a1	punta	11.15.07	11.21.35	2346	6 m 28 s
a2	punta	11.25.47	11.31.44	2390	5 m 57 s
a3	punta	11.35.53	11.40.39	2249	4 m 46 s
a4	punta	11.58.07	12.02.52	2271	4 m 45 s
a5	punta	12.08.48	12.14.58	2303	6 m 10 s
a6	punta	12.19.53	12.26.53	2350	7 m 00 s
a7	punta	12.31.52	12.39.06	2332	7 m 14 s
a8	punta	12.43.51	12.49.02	2343	5 m 11 s
a9	punta	12.53.58	12.58.58	2322	5 m 00 s
a10	punta	13.03.57	13.08.56	2292	4 m 59 s
a11	punta	13.14.05	13.20.51	2301	6 m 46 s
a12	morbida	13.26.30	13.32.54	2312	6 m 24 s
a13	morbida	13.38.00	13.44.54	2305	6 m 54 s
a14	morbida	13.50.09	13.56.53	2253	6 m 44 s
a15	morbida	14.02.04	14.06.57	2298	4 m 53 s
a16	morbida	14.11.53	14.17.22	2298	5 m 29 s
a17	morbida	14.21.52	14.27.02	2309	5 m 10 s

Tabella 6.3 – Percorsi del veicolo test disponibili in direzione Capolinea → Bixio

Percorso	Periodo	Ora inizio	Ora fine	Spazio (m)	Durata
b1	punta	11.22.03	11.25.33	2032	3 m 31 s
b2	punta	11.31.59	11.35.30	1979	3 m 31 s
b3	punta	11.53.10	11.57.49	2223	4 m 39 s
b4	punta	12.03.07	12.08.08	2010	5 m 01 s
b5	punta	12.15.13	12.19.35	2104	4 m 22 s
b6	punta	12.27.09	12.31.33	2194	4 m 24 s
b7	punta	12.39.58	12.43.36	2102	3 m 39 s
b8	punta	12.49.51	12.53.41	2109	3 m 50 s
b9	punta	12.59.16	13.03.36	2230	4 m 20 s
b10	punta	13.09.14	13.13.46	2197	4 m 32 s
b12	morbida	13.33.12	13.37.38	2247	4 m 26 s
b13	morbida	13.45.09	13.49.48	2272	4 m 39 s
b14	morbida	13.57.07	14.01.42	2181	4 m 36 s
b15	morbida	14.07.11	14.11.36	2195	4 m 25 s
b16	morbida	14.17.34	14.21.35	2224	4 m 01 s
b17	morbida	14.27.16	14.31.29	2220	4 m 12 s
b11	morbida	-	-	-	-

Tabella 6.4 – Percorsi del veicolo test disponibili in direzione Bixio → Capolinea

Il percorso b11 in direzione Bixio → Capolinea è stato purtroppo stralciato a causa di un errore di posizionamento GPS che ne ha compromesso l'utilizzo.

L'eliminazione di tale percorso non inficia il livello di significatività dello studio, in quanto restano disponibili comunque 6 percorsi nel periodo di morbida in direzione Bixio → Capolinea.

Corsa	Periodo	Ora inizio	Ora fine	Spazio (m)	Durata
a1-1563	punta	11.11.29	11.18.55	2284	0.07.26
a1-1561	punta	11.30.05	11.39.38	2274	0.09.33
a1-1558	punta	11.45.20	11.52.43	2184	0.07.23
a2-1563	punta	11.56.39	12.04.45	2268	0.08.06
a2-1561	punta	12.20.02	12.27.36	2279	0.07.34

a2-1558	punta	12.28.38	12.35.41	2183	0.07.03
a3-1563	punta	12.42.40	12.51.01	2283	0.08.21
a3-1561	punta	13.04.48	13.13.37	2274	0.08.49
a3-1558	punta	13.10.22	13.17.30	2187	0.07.08
a4-1563	morbida	13.26.39	13.32.57	2283	0.06.18
a4-1561	morbida	13.49.12	13.55.37	2271	0.06.25
a5-1563	morbida	14.13.09	14.20.47	2223	0.07.38
a5-1561	morbida	14.26.49	14.35.37	2278	0.08.48

Tabella 6.5 – Corse bus disponibili in direzione Capolinea → Bixio

Corsa	Periodo	Ora inizio	Ora fine	Spazio (m)	Durata
b1-1558	punta	11.33.34	11.44.13	2257	0.10.39
b1-1563	punta	11.41.43	11.50.13	2354	0.08.30
b1-1561	punta	12.07.14	12.19.13	2341	0.11.59
b2-1558	punta	12.17.27	12.28.02	2252	0.10.35
b2-1563	punta	12.27.57	12.37.47	2349	0.09.50
b2-1561	punta	12.53.37	13.04.20	2296	0.10.43
b3-1558	punta	12.57.43	13.07.03	2248	0.09.20
b3-1563	punta	13.12.15	13.21.21	2354	0.09.06
b3-1561	morbida	13.35.12	13.44.45	2321	0.09.33
b4-1558	morbida	13.40.25	13.50.25	2259	0.10.00
b4-1563	morbida	13.55.57	14.06.30	2349	0.10.33
b4-1561	morbida	14.13.53	14.23.11	2310	0.09.18

Tabella 6.6 – Corse bus disponibili in direzione Bixio → Capolinea

Viene quindi verificato che il numero di corse e percorsi disponibili è sufficiente a garantire un livello di significatività statistica del 95%.

6.2 Comparazione semplice dei dati Bus-Veicoli test

In via preliminare, i dati relativi ai Bus ed al veicolo test sono stati confrontati in maniera semplice, elaborando le semplici velocità medie ed i tempi di percorrenza richiamati nelle tabelle precedenti.

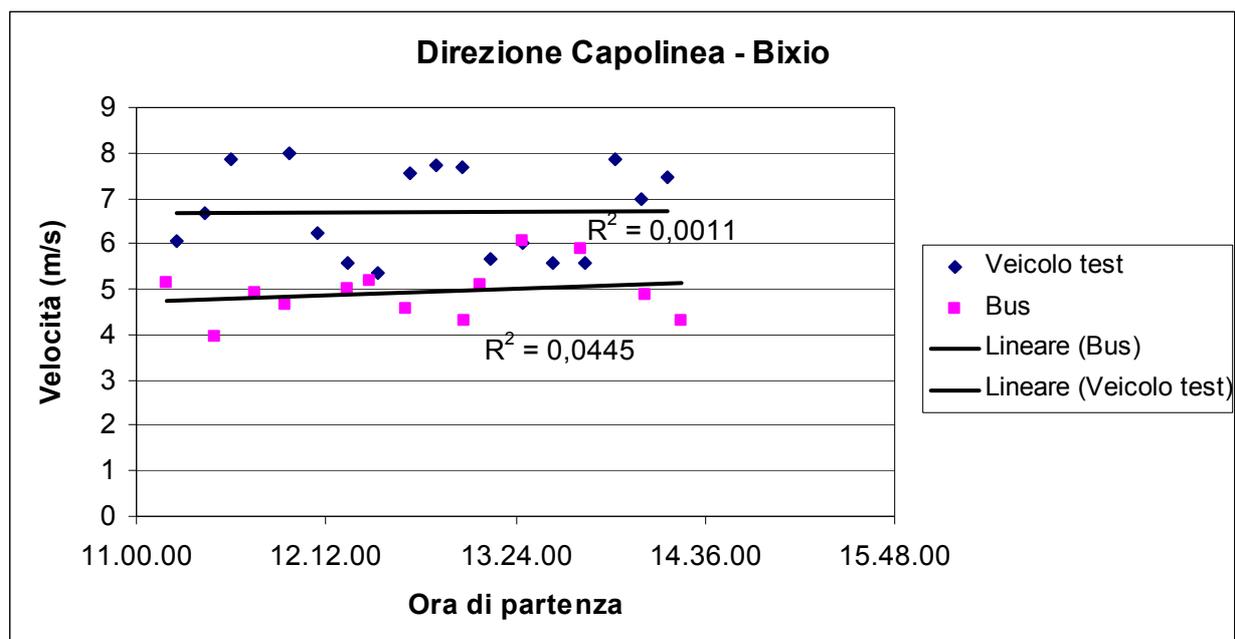


Figura 6.1 – Velocità di percorrenza in direzione Capolinea - Bixio

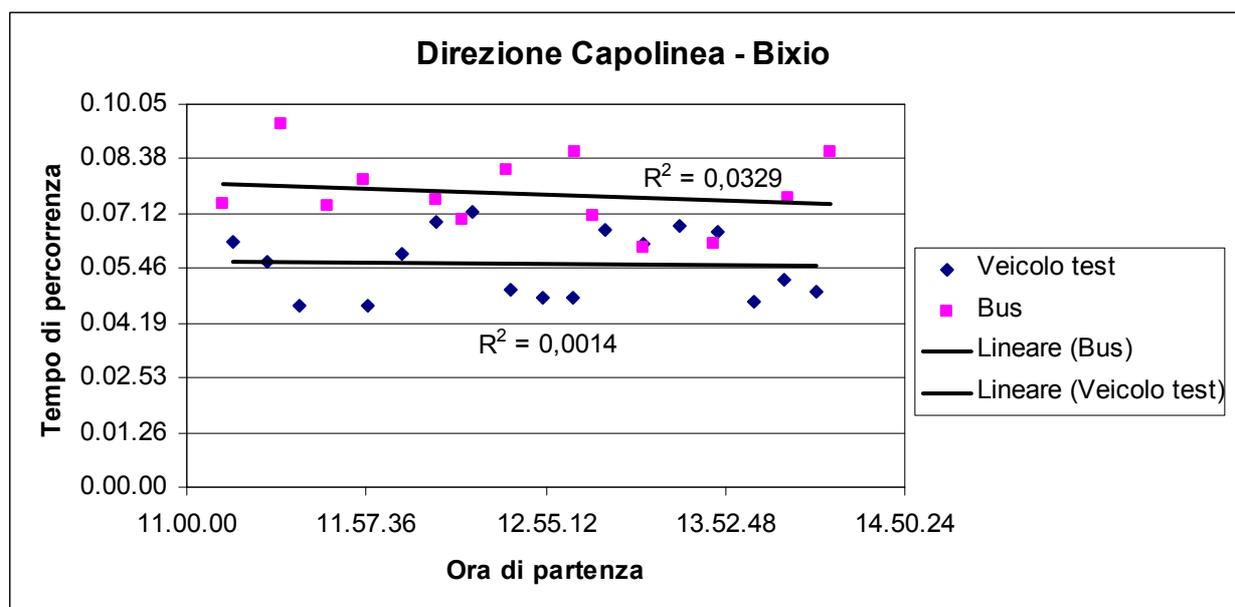


Figura 6.2 – Tempi di percorrenza in direzione Capolinea - Bixio

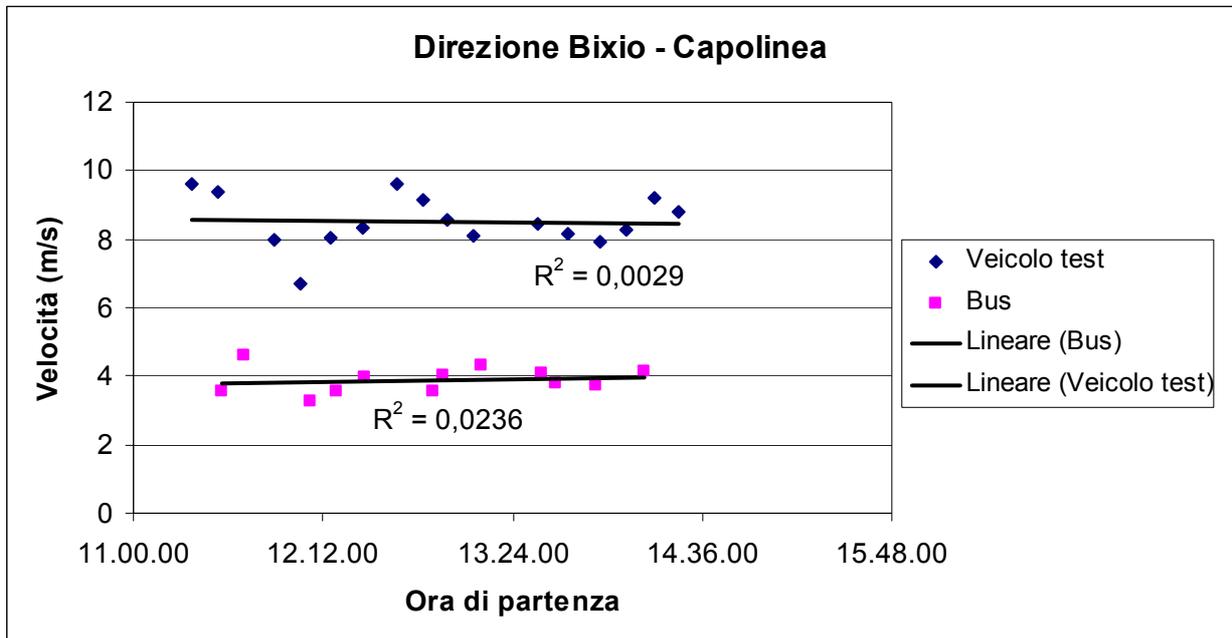


Figura 6.3 – Velocità di percorrenza in direzione Bixio - Capolinea

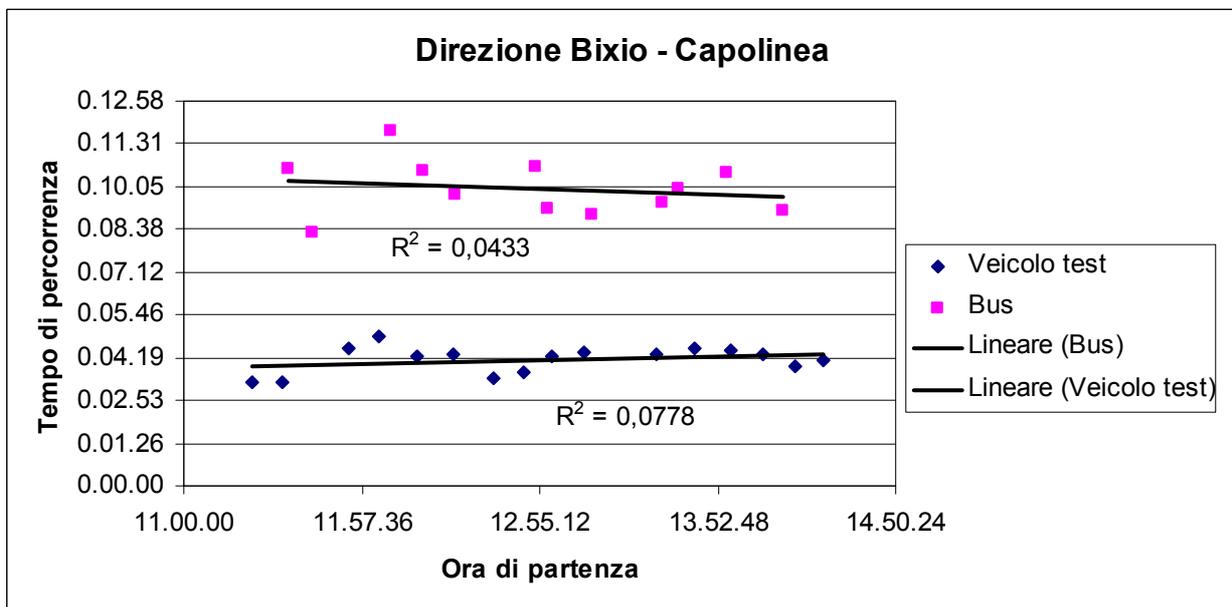


Figura 6.4 – Tempi di percorrenza in direzione Bixio - Capolinea

Questo primo semplice confronto, prima di procedere ad una più robusta analisi di regressione, consente di valutare le differenze di velocità media e di tempi di percorrenza nelle diverse direzioni; sono state graficate anche le linee di tendenza, ovvero le funzioni di interpolazione lineare che permettono di visualizzare anche graficamente l'andamento dei diversi valori.

Va messo in evidenza che, dai risultati ottenuti, con un coefficiente di determinazione molto basso, risulta che non c'è relazione statisticamente significativa fra ora di partenza e tempo di percorrenza.

Usando quindi questa semplice analisi risulta che, nella direzione Capolinea → Bixio:

$$\frac{\bar{v}_{test}}{\bar{v}_{bus}} = \frac{6.69}{4.92} = 1.36 \quad [6.1]$$

da cui:

$$\bar{v}_{test} = b \bar{v}_{bus} = 1.36 \bar{v}_{bus} \quad [6.2]$$

Nella direzione opposta Bixio → Capolinea, otteniamo invece:

$$\frac{\bar{v}_{test}}{\bar{v}_{bus}} = \frac{8.51}{3.87} = 2.20 \quad [6.3]$$

da cui:

$$\bar{v}_{test} = b \bar{v}_{bus} = 2.20 \bar{v}_{bus} \quad [6.4]$$

I raffronti ottenuti con questo metodo consentono di evidenziare andamenti macroscopici dei due diversi veicoli, in funzione del tempo, unitamente a informazioni generali desunte dalle linee di tendenza illustrate nei grafici. Ad esempio è possibile evidenziare che in direzione Bixio – Capolinea la \bar{v}_{test} è notevolmente superiore alla \bar{v}_{bus} , rispetto ai valori ottenuti nella direzione opposta, in quanto in direzione centro periferia non si avverte l'effetto delle corsie preferenziali (presenti invece in direzione periferia - centro). Volendo effettuare una analisi di comparazione con altri risultati, come ad esempio i valori ottenuti da Bertini e Tantiyanugulchai riportati al Capitolo 1, va premesso che si tratta di legami sperimentali che variano ampiamente in funzione del tipo di geometria stradale, del tipo di gestione della circolazione stradale, delle caratteristiche meccaniche dei veicoli. In ogni caso, è necessario evidenziare che Bertini e Tantiyanugulchai hanno utilizzato i cosiddetti pseudobus, ovvero bus che viaggiano nel ramo i-

simo alla velocità massima registrata nello stesso ramo, senza effettuare fermate di servizio. Il presente lavoro si è basato sull'analisi dei cosiddetti hypothetical bus, per le ragioni evidenziate nel Capitolo 4. Inoltre lo studio di Bertini e Tantiyanugulchai si è svolto su di un tronco stradale di circa 2.5 miglia, con una portata giornaliera equivalente di circa 50.000 veicoli/giorno. L'ambito di studio localizzato nella città di Parma, è invece caratterizzato da un tronco stradale di lunghezza pari a circa 2,3 km, quindi notevolmente più corto e con caratteristiche geometriche e di circolazione differenti. Tali fattori consentono di valutare la differenza di risultati: per lo studio di Bertini e Tantiyanugulchai la velocità del veicolo test è pari a 0.72 volte quella dello pseudobus, mentre in questa prima analisi del presente lavoro otteniamo valori di 1.36 e 2.20 (rispettivamente sulla direzione periferia-centro e centro-periferia). Tali valori sono maggiori dello studio americano preso a confronto, proprio perché l' hypothetical bus ha valori di velocità minori rispetto allo pseudobus (come è evidenziato in figura 1.11). Si vuole inoltre mettere in evidenza che questa relazione va determinata separatamente per i diversi tipi di strade in esame.

6.3 Analisi di regressione dei dati Bus-Veicoli test

In questo paragrafo verranno illustrati i risultati ottenuti attraverso una analisi maggiormente robusta rispetto al semplice confronto effettuato nel paragrafo precedente. In sostanza ci si prefigge di ottenere una analisi statistica rigorosa attraverso una relazione lineare espressa come:

$$\bar{v}_{test} = \beta \bar{v}_{bus} \quad [6.5]$$

Infatti, nonostante la relazione più generale vista al Capitolo 1 riepilogando i risultati degli autori Bertini e Tantiyanugulchai sia del tipo:

$$Y_{pseudo} = \alpha + \beta_{veh} X_{veh} + \varepsilon \quad [6.6]$$

Il termine noto α non è stato dagli stessi considerato, anche per consentire confronti con i risultati semplificati ottenuti con il confronto evidenziato nel paragrafo precedente.

La [6.5] è una relazione lineare tra la velocità media spaziale del veicolo test e la velocità media spaziale del bus, intese rispettivamente come variabile dipendente ed indipendente.

I dati ottenuti dalle campagne di rilevamento illustrate nei Capitoli 4 e 5 sono stati elaborati con il software statistico-econometrico SHAZAM, disponibile con licenza presso il Dipartimento DISTART – Trasporti dell'Università degli Studi di Bologna. Per la direzione Capolinea – Bixio, i dati in ingresso sono riassunti nella figura 6.5:

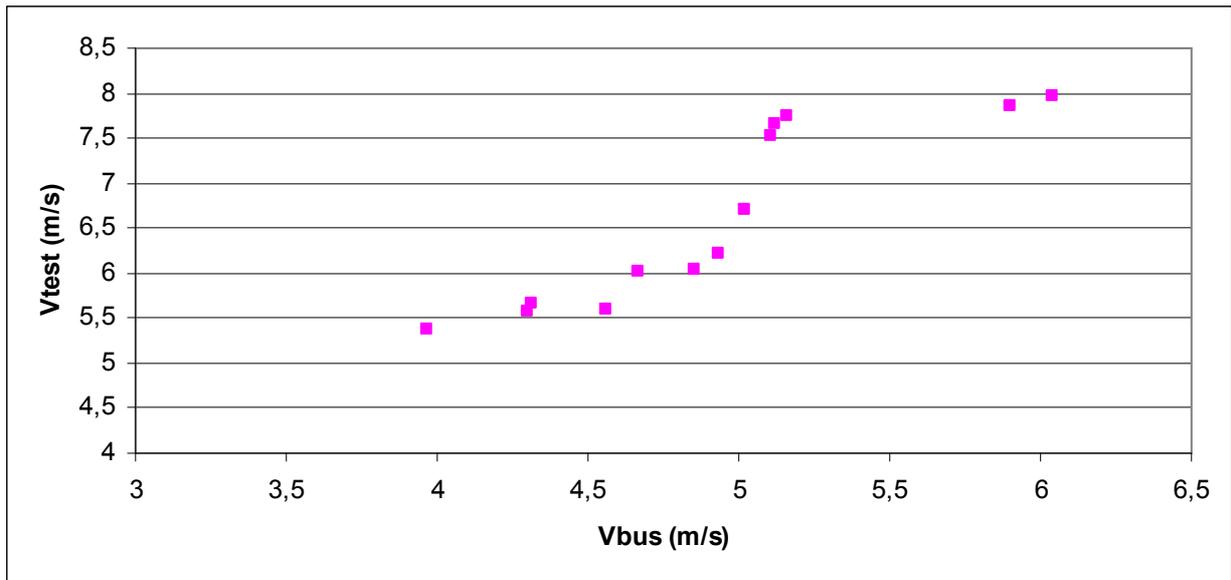


Figura 6.5 – Velocità di percorrenza in direzione Capolinea - Bixio

Per la direzione Bixio - Capolinea, i dati in ingresso sono riassunti nella figura 6.6:

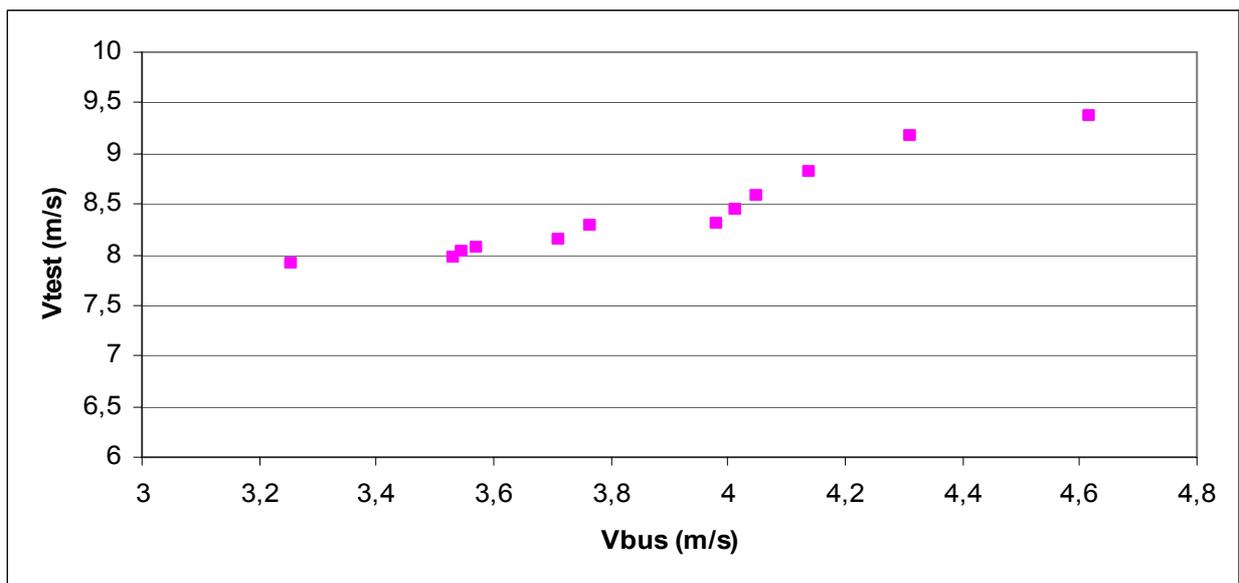


Figura 6.6 – Velocità di percorrenza in direzione Bixio - Capolinea

I risultati di SHAZAM, per quanto riguarda la direzione Capolinea – Bixio, sono riportati nella tabella seguente:

```

Welcome to SHAZAM - Version 9.0 - APR 2003 SYSTEM=WIN-XP PAR= 2000
CURRENT WORKING DIRECTORY IS: c:\docume~1\nobile\impost~1\temp

|_ols vtest vbus / tratio=t noconstant list rstat auxrsqr dwpvalue order=1

REQUIRED MEMORY IS PAR= 3 CURRENT PAR= 2000
OLS ESTIMATION
13 OBSERVATIONS DEPENDENT VARIABLE= VTEST
...NOTE..SAMPLE RANGE SET TO: 1, 13

R-SQUARE = 0.7899 R-SQUARE ADJUSTED = 0.7899
VARIANCE OF THE ESTIMATE-SIGMA**2 = 0.21037
STANDARD ERROR OF THE ESTIMATE-SIGMA = 0.45866
SUM OF SQUARED ERRORS-SSE= 2.5245
MEAN OF DEPENDENT VARIABLE = 6.6124
LOG OF THE LIKELIHOOD FUNCTION = -7.79323
RAW MOMENT R-SQUARE = 0.9957

VARIABLE ESTIMATED STANDARD T-RATIO PARTIAL STANDARDIZED ELASTICITY
NAME COEFFICIENT ERROR 12 DF P-VALUE CORR. COEFFICIENT AT MEANS
VBUS 1.3466 0.2569E-01 52.41 0.000 0.998 0.7975 1.0016
OBS. OBSERVED PREDICTED CALCULATED
NO. VALUE VALUE RESIDUAL
1 6.0464 6.5361 -0.48969 * I
2 6.6947 6.7598 -0.65085E-01 *I
3 7.8636 7.9433 -0.79638E-01 *I
4 7.9684 8.1331 -0.16470 * I
5 6.2243 6.6388 -0.41452 * I
6 5.5952 6.1364 -0.54114 * I
7 5.3733 5.3442 0.29107E-01 *
8 7.5338 6.8809 0.65281 I *
9 7.7400 6.9496 0.79044 I *
10 7.6655 6.8961 0.76943 I *
11 5.6675 5.8098 -0.14233 * I
12 6.0208 6.2842 -0.26338 * I
13 5.5676 5.7887 -0.22104 * I

..INPUT FILE COMPLETED..TYPE A NEW COMMAND OR TYPE: STOP

```

Tabella 6.7 – Elaborazioni condotte con il software statistico SHAZAM nella direzione Capolinea – Bixio (Fonte: Output del software SHAZAM)

I risultati di SHAZAM, per quanto riguarda la direzione Bixio - Capolinea, sono riportati nella tabella seguente:

```

Welcome to SHAZAM - Version 9.0 - APR 2003 SYSTEM=WIN-XP PAR= 2000
CURRENT WORKING DIRECTORY IS: c:\docume~1\nobile\impost~1\temp

|_ols vtestb vbusb / tratio=t noconstant list rstat auxrsqr dwpvalue order=1

REQUIRED MEMORY IS PAR=          2 CURRENT PAR=          2000
OLS ESTIMATION
      12 OBSERVATIONS      DEPENDENT VARIABLE= VTESTB
...NOTE..SAMPLE RANGE SET TO:          1,          12

R-SQUARE = 0.3128      R-SQUARE ADJUSTED = 0.3128
VARIANCE OF THE ESTIMATE-SIGMA**2 = 0.15668
STANDARD ERROR OF THE ESTIMATE-SIGMA = 0.39582
SUM OF SQUARED ERRORS-SSE= 1.7234
MEAN OF DEPENDENT VARIABLE = 8.4248
LOG OF THE LIKELIHOOD FUNCTION = -5.38376
RAW MOMENT R-SQUARE = 0.9980

VARIABLE ESTIMATED STANDARD T-RATIO PARTIAL STANDARDIZED ELASTICITY
NAME COEFFICIENT ERROR 11 DF P-VALUE CORR. COEFFICIENT AT MEANS
VBUSB 2.1657 0.2936E-01 73.76 0.000 0.999 1.7359 0.9960
OBS. OBSERVED PREDICTED CALCULATED
NO. VALUE VALUE RESIDUAL
1 7.9677 7.6496 0.31816 I *
2 9.3791 9.9964 -0.61724 * I
3 7.9022 7.0515 0.85071 I *
4 8.0305 7.6807 0.34982 I *
5 9.1696 9.3373 -0.16772 * I
6 8.0772 7.7334 0.34385 I *
7 8.4474 8.6939 -0.24654 * I
8 8.3106 8.6226 -0.31199 * I
9 8.5769 8.7726 -0.19566 * I
10 8.2830 8.1540 0.12900 I *
11 8.1434 8.0369 0.10651 I*
12 8.8095 8.9657 -0.15618 * I

..INPUT FILE COMPLETED..TYPE A NEW COMMAND OR TYPE: STOP

```

Tabella 6.8 – Elaborazioni condotte con il software statistico SHAZAM nella direzione Bixio - Capolinea (Fonte: Output del software SHAZAM)

Esaminando i risultati ottenuti, vediamo che nella direzione Capolinea – Bixio è possibile individuare una retta di regressione avente coefficiente β pari a 1,3466, con un valore di R^2 pari a 0,7899. Il coefficiente di determinazione R^2 , è dato dalla percentuale della variazione dei dati che è spiegata dal modello (pari al rapporto tra la variazione spiegata dal modello e la variazione totale della variabile dipendente y), ed in sostanza è un indice che misura la bontà di adattamento dei dati al modello ipotizzato; assume valori compresi tra 0 e 1. Tanto più il valore è vicino all'unità, maggiormente i valori forniti dal modello sono vicini ai dati.

Dopo aver calibrato il modello e dopo aver analizzato la capacità di adattamento mediante il coefficiente di determinazione, è necessario effettuare la corroborazione: deve cioè essere verificata la capacità del modello di riprodurre il dato campionario. Nello specifico è necessario attuare un test di ipotesi sui parametri del modello, nel nostro caso β . Il test viene effettuato per verificare l'ipotesi nulla ($\beta = 0$), da confrontare con un'ipotesi alternativa ($\beta \neq 0$) che viene accettata se l'ipotesi nulla è rifiutata sulla base dell'evidenza campionaria. Il meccanismo del test è basato sul confronto tra il valore campionario di una statistica, detta del test, e la distribuzione teorica della statistica che è conosciuta, se l'ipotesi nulla è vera.

Richiamando il risultato del software SHAZAM riportato in Tabella 6.7, vediamo un valore di t-RATIO a 12 DF (ovvero gradi di libertà) pari a 52,41. Ciò significa che il rapporto tra β ed il suo errore standard è pari, per 12 gradi di libertà, a 52,41. La t di Student, con 12 gradi di libertà ed un livello di significatività del 95%, è pari a 2,179, valore che possiamo definire t critico. E' quindi chiaro che, essendo il valore ottenuto di t-RATIO notevolmente superiore al t critico, possiamo rigettare l'ipotesi nulla, ovvero possiamo confermare che l'evidenza empirica non convalida l'ipotesi nulla. Nella colonna successiva alla t-RATIO, sempre in Tabella 6.7, vediamo il P-value ovvero la probabilità critica o livello di significatività dell'ipotesi nulla; essendo tale valore inferiore a 0.0005, possiamo rigettare l'ipotesi nulla con maggiore forza.

Vediamo in Figura 6.7 il risultato della analisi di regressione nella direzione Capolinea – Bixio:

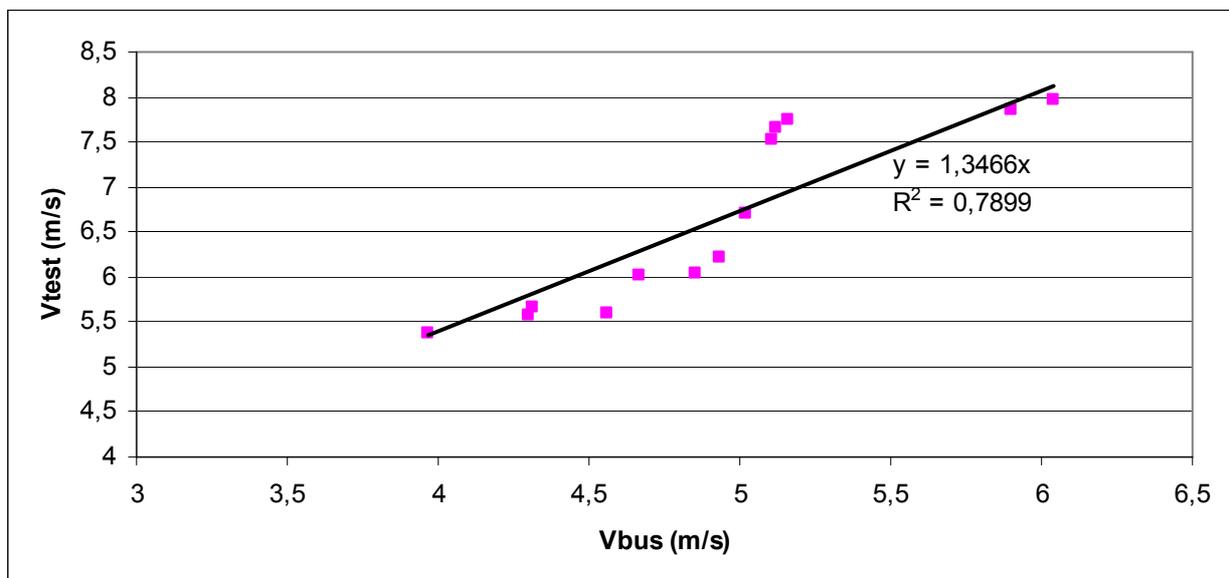


Figura 6.7 – Retta di regressione in direzione Capolinea - Bixio

Nella direzione Bixio - Capolinea è possibile individuare una retta di regressione avente coefficiente β pari a 2,1657, con un valore di R^2 pari a 0,3128.

Richiamando il risultato del software SHAZAM riportato in Tabella 6.8, vediamo un valore di t-RATIO a 11 DF (ovvero gradi di libertà) pari a 73,76. Ciò significa che il rapporto tra β ed il suo errore standard è pari, per 11 gradi di libertà, a 73,76.

La t di Student, con 11 gradi di libertà ed un livello di significatività del 95%, è pari a 2,201, valore che possiamo definire t critico. E' quindi chiaro che, essendo il valore ottenuto di t-RATIO notevolmente superiore al t critico, possiamo rigettare l'ipotesi nulla, ovvero possiamo confermare che l'evidenza empirica non convalida l'ipotesi nulla.

Nella colonna successiva alla t-RATIO, sempre in Tabella 6.8, vediamo il P-value ovvero la probabilità critica o livello di significatività dell'ipotesi nulla; essendo tale valore inferiore a 0.0005, possiamo rigettare l'ipotesi nulla con maggiore forza.

Vediamo in Figura 6.8 il risultato della analisi di regressione nella direzione Bixio - Capolinea:

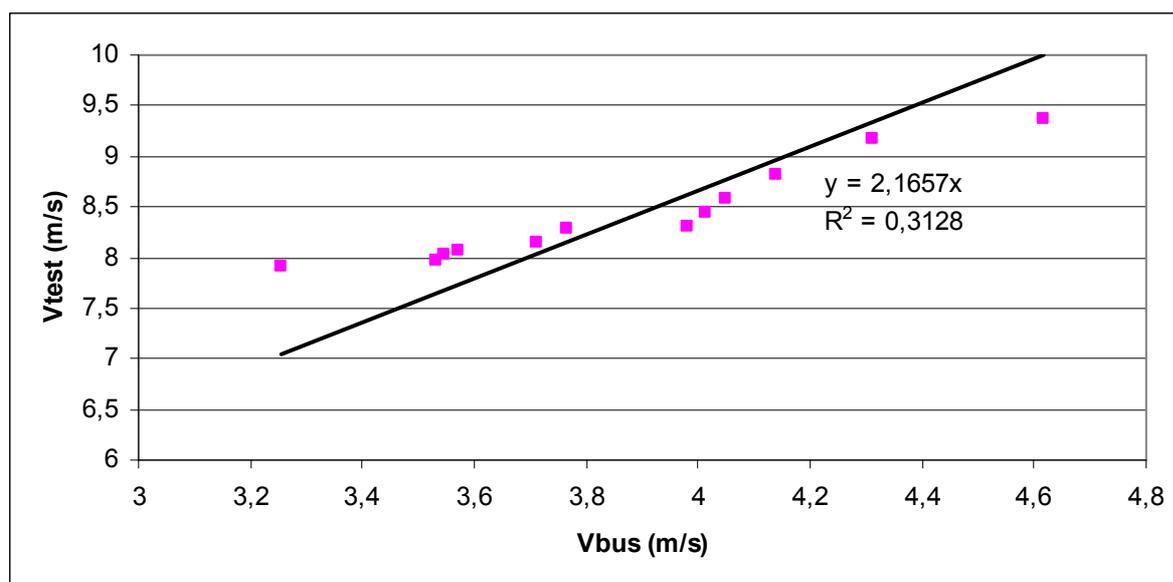


Figura 6.8 – Retta di regressione in direzione Bixio - Capolinea

I valori relativi alle due direzioni sono riassunti nella tabella seguente:

	β Velocità	
Direzione Capolinea – Bixio	Media	Regressione
	1.36	1.35
Direzione Bixio – Capolinea	Media	Regressione
	2.20	2.17

Tabella 6.9 – Confronto analisi di regressione ed analisi di media

Attraverso i coefficienti indicati nella Tabella 6.9 è quindi possibile utilizzare la [6.5].

I raffronti ottenuti con questo metodo consentono di evidenziare andamenti macroscopici dei due diversi veicoli, in funzione del tempo, in modo più accurato rispetto alle analisi effettuate nel paragrafo precedente. In direzione Bixio – Capolinea la \bar{v}_{test} è notevolmente superiore alla \bar{v}_{bus} , rispetto ai valori ottenuti nella direzione opposta, in quanto in direzione centro periferia non si avverte l'effetto delle corsie preferenziali (presenti invece in direzione periferia - centro). Volendo effettuare una analisi di comparazione con altri risultati, come ad esempio i valori ottenuti da Bertini e Tantiyanugulchai riportati al Capitolo 1, va premesso, come già detto, che si tratta di legami sperimentali che variano ampiamente in funzione del tipo di geometria stradale, del tipo di gestione della circolazione stradale, delle caratteristiche meccaniche dei veicoli. In ogni caso, è necessario evidenziare che Bertini e Tantiyanugulchai hanno utilizzato i cosiddetti pseudobus, ovvero bus che viaggiano nel ramo i-simo alla velocità massima registrata nello stesso ramo, senza effettuare fermate di servizio. Il presente lavoro si è basato sull'analisi dei cosiddetti hypothetical bus, per le ragioni evidenziate nel Capitolo 4. Inoltre lo studio di Bertini e Tantiyanugulchai si è svolto su di un tronco stradale di circa 2.5 miglia, con una portata giornaliera equivalente di circa 50.000 veicoli/giorno. L'ambito di studio localizzato nella città di Parma, è invece caratterizzato da un tronco stradale di lunghezza pari a circa 2,3 km, quindi notevolmente più corto e con caratteristiche geometriche e di circolazione differenti. Tali fattori consentono di valutare la differenza di risultati: per lo studio di Bertini e Tantiyanugulchai la velocità del veicolo test è pari a 0.72 volte (sul corridoio di studio totale) quella dello pseudobus, mentre in questa analisi più robusta, statisticamente più significativa rispetto a quella descritta al paragrafo precedente, otteniamo valori di 1.35 e 2.17 (rispettivamente sulla direzione periferia-centro e centro-periferia). Tali valori sono maggiori

dello studio americano preso a confronto, proprio perché l' hypothetical bus ha valori di velocità minori rispetto allo pseudobus (come è evidenziato in figura 1.11). In conclusione, si evidenzia come la relazione si modifichi sensibilmente al variare della tipologia di infrastruttura considerata e anche della direzione. Quindi, per utilizzarla, nella pratica, deve essere calibrata sulle arterie più importanti della rete, su cui si intende monitorare in tempo reale il livello di servizio del traffico individuale. Le attività condotte nel presente lavoro vanno quindi applicate a tutte le porzioni di rete oggetto di studio, per tarare una relazione specifica tra la velocità del veicolo test e la velocità del bus.

Capitolo 7 – Possibilità applicative della procedura nei sistemi di gestione della circolazione

7.1 Le metodologie HCM

Come descritto al Capitolo 2, il LOS, Level of Service ovvero livello di servizio, rappresenta una misura della qualità del servizio offerto da una infrastruttura viaria. Tale definizione è presente nell'Highway Capacity Manual (HCM), testo di riferimento mondiale per le analisi sui sistemi di trasporto stradale. Il Manuale, alla fine del Capitolo 2, evidenzia le possibilità offerte dai sistemi ITS soprattutto in ordine alle procedure, in fase di studio, di integrazione dei dati ITS con le metodologie HCM. In questo capitolo verrà descritto uno studio che può ben essere inquadrato in questa direzione.

7.2 Aggancio delle procedure sviluppate ai sistemi di gestione della circolazione

La previsione dei tempi di percorrenza tra i nodi di una rete stradale rappresenta sicuramente uno degli elementi critici di un ITS.

Un sistema di gestione del traffico di una rete di trasporto necessita, infatti, della stima dei tempi di percorrenza futuri in modo che i centri di controllo possano operare opportune scelte prima che si verifichino punti di congestione nella rete. La ricerca nell'ambito degli ITS è finalizzata all'obiettivo di mettere a punto metodi di previsione affidabili da impiegare nei sistemi di gestione avanzata del traffico (ATMS - Advanced Traffic Management Systems), nei sistemi avanzati di informazioni di viaggio (ATIS - Advanced Traveler Information System) e nei sistemi per la gestione delle operazioni di veicoli commerciali (CVO Commercial Vehicle Operations).

Obiettivo del presente paragrafo è quello di delineare la metodologia previsionale più idonea sulla base delle elaborazioni condotte nei capitoli precedenti.

Data una rete stradale urbana $G = (V, A)$, dove V indica l'insieme dei nodi e A indica l'insieme degli archi, attraverso l'utilizzo di veicoli traccianti si vogliono stimare i tempi di percorrenza $t_{ij}(\tau)$ sugli archi $(i, j) \in A$, dove τ rappresenta l'istante di ingresso nell'arco (i, j) .

Volendo utilizzare veicoli pubblici come veicoli traccianti, è possibile fare riferimento principalmente a due tipologie: gli autobus ed i taxi.

Ciascuna tipologia, ovviamente, presenta alcuni svantaggi legati al loro utilizzo come veicoli traccianti. Per quel che riguarda i taxi, in particolare, essi non seguono delle rotte prefissate e costanti nel tempo, ma i loro spostamenti sono aleatori e, in aggiunta, spesso tendono ad aggregarsi solo in alcuni punti specifici di un'area urbana (stazioni, aeroporti, ...). Gli autobus, per contro, hanno lo svantaggio di effettuare delle fermate (di durata aleatoria) nel corso della rotta, nonché di utilizzare, spesso, corsie preferenziali.

Effettuando, quindi, un confronto tra le caratteristiche di queste due tipologie di veicoli, emerge come gli autobus siano più idonei per poter essere utilizzati come veicoli traccianti, principalmente perché i taxi, a causa dell'aleatorietà delle rotte, sono di difficile impiego.

In aggiunta all'utilizzo di autobus, inoltre, è possibile l'utilizzo di veicoli "privati", come, ad esempio, autovetture della polizia municipale, autovetture di privati cittadini, ecc., per ottenere una copertura del territorio di servizio che possa garantire il soddisfacimento del livello di accuratezza della previsione richiesto.

Si possono, quindi, individuare due flotte di veicoli da utilizzare per la raccolta dei dati sui tempi di percorrenza e, precisamente, una flotta di veicoli traccianti ad itinerario predefinito F_1 (autobus) e una flotta F_2 di veicoli "privati" (autovetture di comuni cittadini, taxi, autovetture polizia municipale, ecc.).

Pertanto, indicato con m_1 il numero di autobus da utilizzare come veicoli traccianti ad itinerario fisso e con m_2 il numero di veicoli "privati" aggiuntivi, l'obiettivo è determinare questi due valori, data l'accuratezza della previsione che si vuole effettuare. Si vuole determinare, inoltre, nel caso di veicoli traccianti ad itinerario fisso, su quali linee dovrebbero essere montati gli m_1 dispositivi di bordo.

I dati forniti dai veicoli traccianti F_1 dovranno, ovviamente, essere sottoposti ad un filtraggio per depurarli da diversi fattori (fermate, uso delle corsie preferenziali, ...), così come evidenziato dalla figura 7.1.

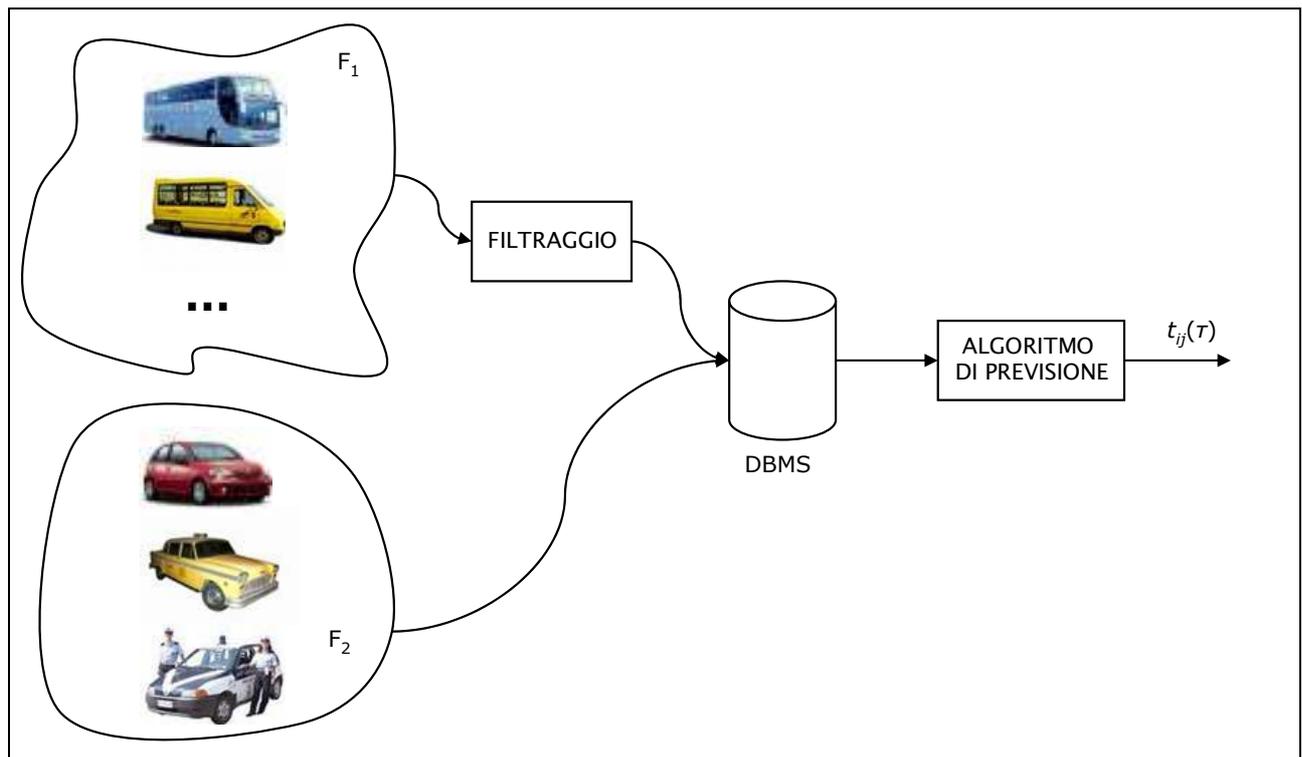


Figura 7.1: Schema proposto di aggancio delle procedure sviluppate ad un algoritmo di previsione dei tempi di percorrenza

La metodologia da utilizzare per effettuare tale filtraggio è, chiaramente, quella indicata nel Capitolo 6, facendo uso di analisi di regressione per ogni arco (i,j) della rete.

All'interno dell'algoritmo previsionale, l'anno solare potrà essere suddiviso in un certo numero di periodi temporali caratterizzati da pattern di traffico specifici. Si indichi con n_1 il numero di tali periodi. Analogamente, la settimana sarà suddivisa in n_2 gruppi omogenei di giorni con un andamento di traffico ben definito. Infine, una giornata verrà suddivisa in n_3 periodi caratterizzati approssimativamente dagli stessi pattern di traffico (periodi di punta, morbida, ..).

La metodologia previsionale da utilizzarsi è costituita da un adattamento, al caso in esame, del classico *metodo di decomposizione* per le serie storiche (Montgomery et al., 1990).

Si definisce serie temporale storica una sequenza di misure effettuate secondo un ordine non casuale. A differenza dell'analisi di campioni di osservazioni casuali, l'analisi di serie temporali storiche è basata sull'assunto che valori consecutivi nei dati rappresentano misure successive dello stesso fenomeno, rilevati ad intervalli di tempo prefissati.

Lo scopo dell'analisi di serie temporali è duplice; essa si prefigge di (a) identificare la natura del fenomeno rappresentato da una sequenza di osservazioni, e (b) effettuare previsioni affidabili, stimando i valori futuri della variabile descritta nella serie temporale.

Entrambi gli aspetti richiedono che venga identificato e formalmente descritto l'andamento temporale della serie. Il modello che ne deriva può essere utilizzato sia ai fini interpretativi del fenomeno, previa l'integrazione con altri dati, sia ai fini predittivi.

Come in altre analisi statistiche, nell'analisi di serie storiche si presume che ogni dato consista di un pattern sistematico (solitamente una serie di componenti identificabili), e di fattori di disturbo (errori, noise), che rende più difficile l'estrapolazione del pattern.

In molte serie temporali, il pattern può essere descritto da due classi di componenti: trend e stagionalità. La prima è generalmente rappresentabile da una o più funzioni lineari o non lineari che variano nel tempo e che non si ripetono nell'arco di tempo di pertinenza della serie (ad esempio un plateau seguito da crescita esponenziale). La seconda può avere natura formalmente simile, ma è caratterizzata dalla ripetizione sistematica nel tempo. Entrambe le componenti possono coesistere.

Non esistono tecniche automatizzate per identificare le componenti di trend di serie temporali; tuttavia soprattutto se il trend è monotono (costantemente crescente o decrescente), questa parte dell'analisi risulta spesso semplice. Se la serie da analizzare contiene numerosi errori, o variazioni casuali, allora il primo passo da affrontare nell'identificazione del trend consiste nel sottoporre la serie a processi di smoothing.

Alla base di queste tecniche vi è sempre una forma di media "localizzata" dei dati, al fine di eliminare le componenti non sistematiche della serie. Il metodo più utilizzato è lo smoothing a media mobile, che prevede la sostituzione di ogni valore della serie con la media semplice o pesata di n valori circostanti, dove n è l'ordine di media mobile. E' anche possibile utilizzare la mediana, con il vantaggio di minimizzare l'effetto di eventuali outliers (valori estremi): se esistono outliers, lo smoothing a mediana, rispetto a medie mobili dello stesso ordine, produce tipicamente serie più smorzate. Tuttavia in assenza di evidenti outliers, la serie prodotta risulta eccessivamente "spigolosa". Inoltre l'utilizzo delle mediane non consente di pesare gli n valori sui quali viene calcolata.

La stagionalità di una serie temporale viene formalmente definita come una correlazione di ordine k tra ogni i -esimo elemento della serie e l' $(i - k)$ -esimo elemento. Se la componente di errori della serie non è troppo elevata, la stagionalità è identificata da un pattern che si ripete ogni k valori della serie.

Il pattern stagionale di una serie temporale può essere esaminato con l'utilizzo di correlogrammi, che visualizzano graficamente e numericamente l'autocorrelazione della serie (correlazione tra due valori della stessa serie). L'autocorrelazione viene misurata calcolando il coefficiente di correlazione tra la serie originale e quella ottenuta dallo shift temporale della

serie di k posizioni in avanti, dove k è definito lag o periodo. La funzione di autocorrelazione (ACF) riporta la serie dei coefficienti (e degli errori standard ad essi associati) calcolati per un dato range di lag.

Nell'analisi dei correlogrammi va tenuto presente che i coefficienti di autocorrelazione per lag consecutivi sono formalmente dipendenti: se il primo valore della serie è correlato al secondo, e questo al terzo, allora il primo valore deve essere in relazione con il terzo. Ciò significa che è possibile, differenziando una volta la serie con lag=1, rimuovere l'autocorrelazione di primo ordine ed evidenziare pattern di autocorrelazione altrimenti non distinguibili.

Lo scopo del metodo di decomposizione stagionale delle serie temporali consiste nell'isolare i pattern di stagionalità periodica, e decomporre la serie originale in una componente di trend, una componente stagionale, ed una di "errore", che contiene la restante variabilità dei dati.

L'idea generale della decomposizione stagionale è piuttosto diretta. Una serie temporale consiste di quattro diverse componenti: (1) una componente stagionale (S_t), (2) una componente di trend (T_t), (3) una componente ciclica (C_t), ed una componente irregolare, o di errore (I_t). La differenza tra le componenti ciclica e quella stagionale è che quest'ultima si ripete ad intervalli regolari, mentre i fattori ciclici hanno solitamente un periodo maggiore che varia da ciclo a ciclo. Le componenti ciclica e di trend sono solitamente combinate in una componente trend-ciclica (TC_t). Le relazioni funzionali che legano le diverse componenti possono assumere nello specifico varie forme. I due modelli che le combinano più frequentemente utilizzati sono quelli:

Additivo:
$$X_t = TC_t + S_t + I_t$$

Moltiplicativo:
$$X_t = TC_t * S_t * I_t$$

Dove X_t è il valore della serie temporale osservato all'istante t .

Le caratteristiche che distinguono i due modelli sono evidenziabili dall'osservazione del grafico delle serie temporali: nel caso additivo, la serie mostra fluttuazioni stagionali fisse, indipendenti dal valore del trend; nel modello moltiplicativo, le fluttuazioni stagionali dipendono dal valore del trend.

Sia t (≥ 1) un periodo temporale ($t = 1$ è associato al primo periodo di una giornata di riferimento nel passato) e siano $\alpha(t)$, $\beta(t)$, $\gamma(t)$ il periodo dell'anno, il giorno della settimana e il periodo del giorno relativi a t , rispettivamente.

Il modello utilizzato per la previsione, di tipo moltiplicativo, è il seguente:

$$\theta_{ij}(t) = t_{ij} \cdot T_{ij}(t) \cdot M_{ij}(\alpha(t)) \cdot W_{ij}(\beta(t)) \cdot H_{ij}(\gamma(t)) \cdot R_{ij}(t) \quad [7.1]$$

dove:

$\theta_{ij}(t)$ rappresenta la stima del tempo di percorrenza

t_{ij} rappresenta un tempo di percorrenza di riferimento tra i e j ;

$T_{ij}(\cdot)$ rappresenta il trend;

$M_{ij}(\cdot)$ rappresenta l'effetto stagionale legato al periodo dell'anno;

$W_{ij}(\cdot)$ rappresenta l'effetto stagionale legato al giorno della settimana;

$H_{ij}(\cdot)$ rappresenta l'effetto stagionale legato alla fascia oraria;

$R_{ij}(\cdot)$ rappresenta una fluttuazione aleatoria.

Il tempo di percorrenza tra i e j , t_{ij} , è così modellato:

$$t_{ij} = l_{ij} \cdot v_{ij} \cdot y_{ij}(m) \cdot w_{ij}(g) \cdot d_{ij}(h) \cdot r_{ij} \quad [7.2]$$

dove:

l_{ij} rappresenta la distanza tra i e j ;

v_{ij} rappresenta la velocità media spaziale tra i e j ;

$y_{ij}(m)$ rappresenta l'indice stagionale corrispondente al periodo dell'anno m ;

$w_{ij}(g)$ rappresenta l'indice stagionale corrispondente al periodo della settimana g ;

$d_{ij}(h)$ rappresenta l'indice stagionale corrispondente alla fascia oraria h ;

r_{ij} è un "residuo" aleatorio.

$T_{ij}(t)$ è ottenuto per mezzo di una regressione su $\theta_{ij}(t)/t_{ij}$. L'effetto stagionale annuale nel periodo dell'anno a è ottenuto come:

$$M_{ij}(a) = \frac{\sum_{t: \alpha(t)=a} \theta_{ij}(t)}{|\{t: \alpha(t)=a\}|} \quad a = 1, \dots, n_1 \quad [7.3]$$

Successivamente gli indici $M_{ij}(\cdot)$ vengono normalizzati in modo tale che la loro media sia uguale ad n_1 :

$$M_{rs}(a) = \frac{n_1 M_{rs}(a)}{\sum_{\alpha=1}^{n_1} M_{rs}(\alpha)} \quad a = 1, \dots, n_1 \quad [7.4]$$

L'effetto stagionale legato al giorno della settimana b è dato da:

$$W_{ij}(b) = \frac{\sum_{t: \beta(t)=b} \frac{\theta_{ij}(t)}{T_{ij}(t)M_{ij}(t)}}{|t: \beta(t)=b|} \quad b = 1, \dots, n_2 \quad [7.5]$$

Analogamente a prima, gli indici $W_{ij}(\cdot)$ vengono normalizzati. L'effetto stagionale legato alla fascia oraria c è pari a:

$$H_{ij}(c) = \frac{\sum_{t: \gamma(t)=c} \frac{\theta_{ij}(t)}{T_{ij}(t)M_{ij}(t)W_{ij}(t)}}{|t: \gamma(t)=c|} \quad c = 1, \dots, n_3 \quad [7.6]$$

Come sopra, gli indici $H_{ij}(\cdot)$ vengono normalizzati. La stima del tempo di percorrenza per un periodo futuro t è ottenuta come:

$$\theta_{ij}(t) = t_{ij} \cdot T_{ij}(t) \cdot M_{ij}(\alpha(t)) \cdot W_{ij}(\beta(t)) \cdot H_{ij}(\gamma(t)) \quad [7.7]$$

Allo scopo di valutare l'accuratezza della metodologia previsionale, viene, inoltre, calcolata la fluttuazione aleatoria:

$$R_{ij}(t) = \frac{\theta_{ij}(t)}{t_{ij} T_{ij}(t) M_{ij}(\alpha(t)) W_{ij}(\beta(t)) H_{ij}(\gamma(t))} \quad [7.8]$$

Affinché la stima sia sufficientemente accurata, ci si aspetta che la media campionaria di $R_{ij}(t)$ sia prossima ad 1 e che il coefficiente di Durbin-Watson sia prossimo a 4 (Montgomery et al, 1990). Inoltre, la deviazione standard campionaria di $R_{ij}(t)$ rappresenta l'errore quadratico medio relativo alla previsione.

Conclusioni

Il presente lavoro ha affrontato la valutazione del livello di servizio di strade urbane a partire dai dati di telerilevamento dei veicoli operanti nel Trasporto Pubblico Locale urbano.

Dopo una introduzione sulle modalità di determinazione dei tempi di percorrenza e delle velocità, a partire dai concetti illustrati da Wardrop nel 1952, si sono analizzate le diverse tecniche oggi disponibili per la raccolta dati. Ci si è soffermati in particolare sulla possibilità di utilizzare veicoli ITS equipaggiati con apparati GPS per la determinazione dei tempi di percorrenza in un'arteria stradale urbana. Questa scelta impone la risoluzione di problemi cartografici come quello del "map matching", ovvero la coincidenza tra l'informazione fornita dal sistema GPS e quella cartografica. Sono stati riassunti alcuni risultati di ricerche condotte in ambito urbano, in realtà non italiane.

Successivamente, sono state richiamate le metodologie dell'Highway Capacity Manual 2000 per la determinazione del Livello di Servizio di strade urbane; tali metodologie sono state prese come riferimento per le elaborazioni del presente lavoro di Tesi.

E' stata quindi descritta la rete di trasporto collettivo su gomma di Parma, città nella quale sono state condotte le sperimentazioni relative al veicolo test ed ai dati ottenuti dalla flotta di bus equipaggiati con sistemi ITS. In particolare, sulla base delle metodologie indicate dal Manuale HCM, è stata individuata una porzione di linea urbana (la linea 1), avente caratteristiche ritenute idonee per lo studio di un legame tra i dati cinematici dei bus e del veicolo test. Sono state analizzate le strumentazioni ITS disponibili sui mezzi della flotta di TEP SpA, società che effettua il servizio di trasporto pubblico locale urbano nella città di Parma, con particolare attenzione al formato ed alle caratteristiche dei dati registrati dal sistema AVM.

Sono state quindi condotte le campagne di rilevamento dati relativamente al trasporto collettivo ed al trasporto individuale (veicolo test), che hanno consentito di ottenere le informazioni relative alle corse bus ed ai percorsi del veicolo test. A partire da questi dati sono stati realizzati i diagrammi spazio temporali relativi.

Tali informazioni sono state quindi analizzate, inizialmente attraverso il confronto tra le semplici velocità medie ed i tempi di percorrenza e successivamente impostando un modello di regressione lineare. I risultati di questo modello hanno confermato che esiste un legame statisticamente significativo tra il comportamento cinematico del bus e quello del veicolo test, sulla porzione di strada urbana presa in esame. I risultati mettono in evidenza che le relazioni fra velocità del veicolo test (autovettura) e velocità del bus variano al variare della tipologia di

infrastruttura considerata. Questa variazione, a parere dell'autore, dipende principalmente dal tipo di geometria stradale, dal tipo di gestione della circolazione stradale, dalle caratteristiche meccaniche dei veicoli. In conclusione, si evidenzia come la relazione si modifichi sensibilmente al variare della tipologia di infrastruttura considerata e anche della direzione. I risultati ottenuti mettono in evidenza inoltre la necessità di effettuare nuove campagne di indagine per valutare la possibile influenza di altre variabili per spiegare la relazione fra velocità del veicolo test e velocità del bus.

A conoscenza dell'autore, oltre al presente lavoro e a quello di Bertini e Tantiyanugulchai, nella letteratura tecnica sull'argomento non sono presenti altri esempi di calcolo del legame tra veicoli test e bus in strade urbane. Lo scopo principale del presente lavoro è quello di fornire un contributo alla messa a punto di una relazione che lega la velocità media di una corrente di trasporto individuale alle velocità medie degli autobus su una determinata arteria urbana. Questo permetterebbe un corretto filtraggio dei dati relativi alla flotta dei cosiddetti "veicoli traccianti", ossia degli autobus. Tali dati potrebbero essere utilizzati nell'ambito della messa a punto di un algoritmo di previsione dei tempi di percorrenza, come indicato nell'ultimo capitolo della Tesi. I dati relativi alla flotta dei veicoli traccianti potrebbero essere utili allo sviluppo di sistemi di gestione avanzata del traffico (ATMS - Advanced Traffic Management Systems), ovvero metodi dinamici di gestione della circolazione stradale dei sistemi di trasporto individuale e collettivo.

Le indicazioni relative a possibili futuri spunti di ricerca riguardano:

1. La possibilità di applicare metodi statistici ancora più robusti rispetto alla regressione lineare utilizzata
2. La possibilità di applicare l'algoritmo di previsione proposto al Capitolo 7 su di un caso campione
3. La possibilità di estendere e generalizzare il legame ipotizzato tra il comportamento cinematico dei bus e del veicolo test, in funzione delle caratteristiche infrastrutturali (geometria stradale, segnaletica, ecc.) e di quelle relative al traffico (velocità rilevate, serie storiche sulle congestioni, ecc.) in modo da ipotizzare formule dirette di relazione tra il comportamento cinematico di bus e quello dei veicoli test.

Bibliografia

- [1] Bell M.G.H., Inaudi D., “Controllo semaforico e gestione integrata del traffico urbano”, Sistemi di Trasporto, C.S.S.T., 2/94
- [2] Bertini L., Tantiyanugulchai S., “Transit Buses as Traffic Probes: Empirical Evaluation Using Geo-Location Data”, Paper Submitted for presentation and publication to the Transportation Research Board 83rd Annual Meeting January 11-15, 2004, Washington, D.C.
- [3] Czerniak R. J. et al. “Collecting, Processing, and Integrating GPS Data into GIS - A Synthesis of Highway Practice”, NCHRP Synthesis 301, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC., 2002
- [4] Dailey, D. J. “The use of transit vehicles as speed probes for traffic management and traveller information in addition to performance monitoring”. Transportation Northwest, University of Washington, Washington, 2001.
- [5] Ferrari P. “Fondamenti di Pianificazione dei Trasporti”, Pitagora Editrice Bologna, 2001.
- [6] Lupi M., La domanda di trasporto (appunti dalle lezioni del corso di Tecnica ed Economia dei Trasporti), Università degli Studi di Bologna, Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, dei Trasporti, delle Acque, del Rilevamento, del Territorio.
- [7] Montgomery D.C., Johnson L.A. e Gardiner J.S., Forecasting and Time Series Analysis, 2a ed., McGraw-Hill, New York, 1990.
- [8] Quiroga, C. A. and D. Bullock. “Determination of Sample Sizes for Travel Time Studies”. Institute of Transportation Engineers (ITE) Journal, Vol. 64, Sep. 1998, pp. 92-98.
- [9] Quiroga, C.A., and Bullock, D. (1999a). “Travel Time Information Using GPS and Dynamic Segmentation Techniques.” Transportation Research Record, 1660,

Transportation Research Board, 1660, 48-57.

- [10] Roden, D., "GPS Travel Time and Speed Data Collection and Processing Software", Office of Metropolitan Planning and Programs, Federal Highway Administration, Washington, D.C., 2000.
- [11] TRB (2000) "Highway Capacity Manual", Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC.
- [12] Turner, S. M., W. L. Eisele, R. J. Benz and D. J. Holdener, "Travel Time Data Collection Handbook", Report FHWA-PL-98-035. FHWA, U.S. Department of Transportation, 1998.
- [13] Wardrop, J.G. "Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research." In Proceedings Institute of Civil Engineers. Road Engineering Division Meeting, London, Great Britain, January 1952, pp. 325-362.

Allegato 1 – Estratto dei dati relativi alla campagna di rilevamento del trasporto individuale (veicolo test)

\$GPGGA,091444.631,4446.7329,N,01018.2450,E,1,07,01.2,64.2,M,41.0,M,,*53
\$GPRMC,091444.631,A,4446.7329,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,*A*6F
\$GPVTG,139.40,T,,0.00,N,0.00,K,A*7F
\$GPGGA,091445.631,4446.7329,N,01018.2450,E,1,07,01.2,64.4,M,41.0,M,,*54
\$GPRMC,091445.631,A,4446.7329,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,*A*6E
\$GPVTG,139.40,T,,0.00,N,0.00,K,A*7F
\$GPGGA,091446.631,4446.7329,N,01018.2450,E,1,07,01.2,64.7,M,41.0,M,,*54
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,29,310,29,04,58,272,41,13,81,310,42,16,,,*41
\$GPGSV,2,2,08,20,35,104,37,23,54,052,40,24,62,212,40,27,31,181,40*7B
\$GPRMC,091446.631,A,4446.7329,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,*A*6D
\$GPVTG,139.40,T,,0.00,N,0.00,K,A*7F
\$GPGGA,091447.630,4446.7329,N,01018.2450,E,1,07,01.2,65.0,M,41.0,M,,*52
\$GPRMC,091447.630,A,4446.7329,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,*A*6D
\$GPVTG,139.40,T,,0.00,N,0.00,K,A*7F
\$GPGGA,091448.630,4446.7330,N,01018.2450,E,1,07,01.2,65.2,M,41.0,M,,*57
\$GPRMC,091448.630,A,4446.7330,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,*A*6A
\$GPVTG,139.40,T,,0.00,N,0.00,K,A*7F
\$GPGGA,091449.630,4446.7330,N,01018.2450,E,1,07,01.2,65.5,M,41.0,M,,*51
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,29,310,29,04,58,272,42,13,81,310,43,16,,,*43
\$GPGSV,2,2,08,20,35,104,37,23,54,052,40,24,62,212,40,27,31,181,41*7A
\$GPRMC,091449.630,A,4446.7330,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,*A*6B
\$GPVTG,139.40,T,,0.00,N,0.00,K,A*7F
\$GPGGA,091450.630,4446.7330,N,01018.2450,E,1,07,01.2,65.7,M,41.0,M,,*5B
\$GPRMC,091450.630,A,4446.7330,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,*A*63
\$GPVTG,139.40,T,,0.00,N,0.00,K,A*7F
\$GPGGA,091451.630,4446.7330,N,01018.2450,E,1,07,01.2,65.9,M,41.0,M,,*54
\$GPRMC,091451.630,A,4446.7330,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,*A*62
\$GPVTG,139.40,T,,0.00,N,0.00,K,A*7F
\$GPGGA,091452.629,4446.7330,N,01018.2450,E,1,07,01.2,66.2,M,41.0,M,,*57
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,29,310,29,04,58,272,42,13,81,310,43,16,,,*43
\$GPGSV,2,2,08,20,34,104,37,23,54,052,41,24,62,212,40,27,31,181,42*79
\$GPRMC,091452.629,A,4446.7330,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,*A*69
\$GPVTG,139.40,T,,0.00,N,0.00,K,A*7F
\$GPGGA,091453.629,4446.7330,N,01018.2450,E,1,07,01.2,66.4,M,41.0,M,,*50
\$GPRMC,091453.629,A,4446.7330,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,*A*68
\$GPVTG,139.40,T,,0.00,N,0.00,K,A*7F
\$GPGGA,091454.629,4446.7331,N,01018.2450,E,1,07,01.2,66.6,M,41.0,M,,*54
\$GPRMC,091454.629,A,4446.7331,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,,,*A*6E
\$GPVTG,139.40,T,,0.00,N,0.00,K,A*7F
\$GPGGA,091455.629,4446.7331,N,01018.2450,E,1,07,01.2,66.7,M,41.0,M,,*54
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,29,310,28,04,58,272,42,13,81,310,43,16,,,*42

\$GPGSV,2,2,08,20,34,104,36,23,54,052,41,24,62,212,40,27,31,181,42*78
 \$GPRMC,091455.629,A,4446.7331,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,, ,A*6F
 \$GPVTG,139.40,T,, ,0.00,N,0.00,K,A*7F
 \$GPGGA,091456.628,4446.7331,N,01018.2450,E,1,07,01.2,66.9,M,41.0,M,, *58
 \$GPRMC,091456.628,A,4446.7331,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,, ,A*6D
 \$GPVTG,139.40,T,, ,0.00,N,0.00,K,A*7F
 \$GPGGA,091457.628,4446.7331,N,01018.2450,E,1,07,01.2,67.1,M,41.0,M,, *50
 \$GPRMC,091457.628,A,4446.7331,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,, ,A*6C
 \$GPVTG,139.40,T,, ,0.00,N,0.00,K,A*7F
 \$GPGGA,091458.628,4446.7331,N,01018.2450,E,1,07,01.2,67.3,M,41.0,M,, *5D
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,310,27,04,58,272,42,13,81,310,43,16,, ,*4D
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,36,23,54,052,41,24,62,212,40,27,31,181,42*78
 \$GPRMC,091458.628,A,4446.7331,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,, ,A*63
 \$GPVTG,139.40,T,, ,0.00,N,0.00,K,A*7F
 \$GPGGA,091459.628,4446.7331,N,01018.2450,E,1,07,01.2,67.4,M,41.0,M,, *5B
 \$GPRMC,091459.628,A,4446.7331,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,, ,A*62
 \$GPVTG,139.40,T,, ,0.00,N,0.00,K,A*7F
 \$GPGGA,091500.628,4446.7331,N,01018.2450,E,1,07,01.2,67.6,M,41.0,M,, *54
 \$GPRMC,091500.628,A,4446.7331,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,, ,A*6F
 \$GPVTG,139.40,T,, ,0.00,N,0.00,K,A*7F
 \$GPGGA,091501.627,4446.7331,N,01018.2450,E,1,07,01.2,67.7,M,41.0,M,, *5B
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,310,27,04,58,272,42,13,81,311,43,16,, ,*4C
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,36,23,54,052,41,24,62,212,40,27,31,181,42*78
 \$GPRMC,091501.627,A,4446.7331,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,, ,A*61
 \$GPVTG,139.40,T,, ,0.00,N,0.00,K,A*7F
 \$GPGGA,091502.627,4446.7331,N,01018.2450,E,1,07,01.2,67.9,M,41.0,M,, *56
 \$GPRMC,091502.627,A,4446.7331,N,01018.2450,E,0.00,139.40,100706,, ,A*62
 \$GPVTG,139.40,T,, ,0.00,N,0.00,K,A*7F
 \$GPGGA,091503.627,4446.7329,N,01018.2446,E,1,07,01.2,68.1,M,41.0,M,, *5E
 \$GPRMC,091503.627,A,4446.7329,N,01018.2446,E,0.00,139.40,100706,, ,A*6D
 \$GPVTG,139.40,T,, ,0.00,N,0.00,K,A*7F
 \$GPGGA,091504.627,4446.7325,N,01018.2440,E,1,07,01.2,68.3,M,41.0,M,, *51
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,310,27,04,58,272,41,13,81,311,43,16,, ,*4F
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,37,23,54,052,41,24,62,212,41,27,31,181,41*7B
 \$GPRMC,091504.627,A,4446.7325,N,01018.2440,E,1.75,255.80,100706,, ,A*66
 \$GPVTG,255.80,T,, ,1.75,N,3.24,K,A*7C
 \$GPGGA,091505.626,4446.7320,N,01018.2432,E,1,07,01.2,68.4,M,41.0,M,, *56
 \$GPRMC,091505.626,A,4446.7320,N,01018.2432,E,2.76,222.33,100706,, ,A*6E
 \$GPVTG,222.33,T,, ,2.76,N,5.12,K,A*77
 \$GPGGA,091506.626,4446.7312,N,01018.2423,E,1,07,01.2,68.4,M,41.0,M,, *54
 \$GPRMC,091506.626,A,4446.7312,N,01018.2423,E,3.06,220.71,100706,, ,A*6E
 \$GPVTG,220.71,T,, ,3.06,N,5.67,K,A*77
 \$GPGGA,091507.626,4446.7303,N,01018.2414,E,1,07,01.2,68.7,M,41.0,M,, *52
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,310,31,04,58,272,42,13,81,311,44,16,, ,*4C
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,38,23,54,052,40,24,61,212,40,27,31,181,42*74
 \$GPRMC,091507.626,A,4446.7303,N,01018.2414,E,3.34,216.95,100706,, ,A*65
 \$GPVTG,216.95,T,, ,3.34,N,6.18,K,A*72
 \$GPGGA,091508.626,4446.7292,N,01018.2411,E,1,07,01.2,68.5,M,41.0,M,, *53

\$GPRMC,091508.626,A,4446.7292,N,01018.2411,E,4.16,189.10,100706,,A*69
 \$GPVTG,189.10,T,,4.16,N,7.70,K,A*72
 \$GPGGA,091509.626,4446.7281,N,01018.2416,E,1,07,01.2,68.5,M,41.0,M,,*57
 \$GPRMC,091509.626,A,4446.7281,N,01018.2416,E,4.23,162.83,100706,,A*64
 \$GPVTG,162.83,T,,4.23,N,7.84,K,A*70
 \$GPGGA,091510.625,4446.7272,N,01018.2428,E,1,07,01.2,68.2,M,41.0,M,,*5A
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,310,36,04,58,272,42,13,81,311,44,16,,*4B
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,40,23,54,052,40,24,61,212,40,27,31,181,40*79
 \$GPRMC,091510.625,A,4446.7272,N,01018.2428,E,5.00,140.76,100706,,A*64
 \$GPVTG,140.76,T,,5.00,N,9.27,K,A*7D
 \$GPGGA,091511.625,4446.7267,N,01018.2445,E,1,07,01.2,67.9,M,41.0,M,,*50
 \$GPRMC,091511.625,A,4446.7267,N,01018.2445,E,4.85,113.57,100706,,A*63
 \$GPVTG,113.57,T,,4.85,N,8.98,K,A*71
 \$GPGGA,091512.625,4446.7268,N,01018.2464,E,1,07,01.2,68.0,M,41.0,M,,*59
 \$GPRMC,091512.625,A,4446.7268,N,01018.2464,E,4.98,86.12,100706,,A*5C
 \$GPVTG,86.12,T,,4.98,N,9.22,K,A*41
 \$GPGGA,091513.625,4446.7274,N,01018.2483,E,1,07,01.2,68.0,M,41.0,M,,*5C
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,310,38,04,58,272,43,13,81,312,44,16,,*47
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,41,23,54,052,42,24,61,212,40,27,31,181,38*75
 \$GPRMC,091513.625,A,4446.7274,N,01018.2483,E,5.15,69.01,100706,,A*5E
 \$GPVTG,69.01,T,,5.15,N,9.55,K,A*46
 \$GPGGA,091514.625,4446.7285,N,01018.2497,E,1,07,01.2,67.7,M,41.0,M,,*58
 \$GPRMC,091514.625,A,4446.7285,N,01018.2497,E,5.04,45.50,100706,,A*58
 \$GPVTG,45.50,T,,5.04,N,9.34,K,A*4B
 \$GPGGA,091515.624,4446.7295,N,01018.2510,E,1,07,01.2,67.6,M,41.0,M,,*56
 \$GPRMC,091515.624,A,4446.7295,N,01018.2510,E,5.13,42.80,100706,,A*5B
 \$GPVTG,42.80,T,,5.13,N,9.50,K,A*45
 \$GPGGA,091516.624,4446.7307,N,01018.2522,E,1,07,01.2,67.5,M,41.0,M,,*5D
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,310,38,04,58,272,42,13,81,312,43,16,,*41
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,41,23,54,052,43,24,61,212,42,27,31,181,38*76
 \$GPRMC,091516.624,A,4446.7307,N,01018.2522,E,5.27,39.61,100706,,A*57
 \$GPVTG,39.61,T,,5.27,N,9.75,K,A*46
 \$GPGGA,091517.624,4446.7319,N,01018.2534,E,1,07,01.2,67.5,M,41.0,M,,*54
 \$GPRMC,091517.624,A,4446.7319,N,01018.2534,E,5.25,37.75,100706,,A*57
 \$GPVTG,37.75,T,,5.25,N,9.73,K,A*49
 \$GPGGA,091518.624,4446.7332,N,01018.2544,E,1,07,01.2,67.3,M,41.0,M,,*53
 \$GPRMC,091518.624,A,4446.7332,N,01018.2544,E,5.30,35.46,100706,,A*50
 \$GPVTG,35.46,T,,5.30,N,9.82,K,A*41
 \$GPGGA,091519.623,4446.7348,N,01018.2555,E,1,07,01.2,67.1,M,41.0,M,,*5A
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,310,39,04,58,272,42,13,81,312,43,16,,34*47
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,40,23,54,052,42,24,61,212,43,27,31,181,39*76
 \$GPRMC,091519.623,A,4446.7348,N,01018.2555,E,5.55,33.22,100706,,A*5C
 \$GPVTG,33.22,T,,5.55,N,10.28,K,A*7E
 \$GPGGA,091520.623,4446.7365,N,01018.2569,E,1,07,01.2,67.1,M,41.0,M,,*50
 \$GPRMC,091520.623,A,4446.7365,N,01018.2569,E,6.81,28.00,100706,,A*56
 \$GPVTG,28.00,T,,6.81,N,12.61,K,A*71
 \$GPGGA,091521.623,4446.7382,N,01018.2586,E,1,07,01.2,66.8,M,41.0,M,,*51
 \$GPRMC,091521.623,A,4446.7382,N,01018.2586,E,7.66,37.34,100706,,A*5E

\$GPVTG,37.34,T,,7.66,N,14.18,K,A*78
\$GPGGA,091522.623,4446.7399,N,01018.2607,E,1,07,01.2,66.5,M,41.0,M,,*5F
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,29,310,42,04,58,272,43,13,81,312,43,16,,,33*4D
\$GPGSV,2,2,08,20,34,104,38,23,54,052,41,24,61,212,43,27,31,181,40*74
\$GPRMC,091522.623,A,4446.7399,N,01018.2607,E,8.10,41.80,100706,,,A*5D
\$GPVTG,41.80,T,,8.10,N,15.01,K,A*71
\$GPGGA,091523.623,4446.7415,N,01018.2630,E,1,07,01.2,66.3,M,41.0,M,,*5F
\$GPRMC,091523.623,A,4446.7415,N,01018.2630,E,8.23,44.19,100706,,,A*5E
\$GPVTG,44.19,T,,8.23,N,15.24,K,A*73
\$GPGGA,091524.622,4446.7431,N,01018.2654,E,1,07,01.2,66.0,M,41.0,M,,*5E
\$GPRMC,091524.622,A,4446.7431,N,01018.2654,E,8.27,45.80,100706,,,A*59
\$GPVTG,45.80,T,,8.27,N,15.31,K,A*72
\$GPGGA,091525.622,4446.7445,N,01018.2678,E,1,07,01.2,65.7,M,41.0,M,,*56
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,29,310,41,04,58,272,42,13,81,312,44,16,,,31*4A
\$GPGSV,2,2,08,20,34,104,39,23,54,052,41,24,61,212,43,27,31,181,40*75
\$GPRMC,091525.622,A,4446.7445,N,01018.2678,E,8.27,46.77,100706,,,A*5E
\$GPVTG,46.77,T,,8.27,N,15.32,K,A*7A
\$GPGGA,091526.622,4446.7460,N,01018.2702,E,1,07,01.2,65.4,M,41.0,M,,*5D
\$GPRMC,091526.622,A,4446.7460,N,01018.2702,E,8.22,47.79,100706,,,A*5C
\$GPVTG,47.79,T,,8.22,N,15.22,K,A*71
\$GPGGA,091527.622,4446.7470,N,01018.2726,E,1,07,01.2,65.5,M,41.0,M,,*5A
\$GPRMC,091527.622,A,4446.7470,N,01018.2726,E,7.09,58.98,100706,,,A*5D
\$GPVTG,58.98,T,,7.09,N,13.12,K,A*73
\$GPGGA,091528.621,4446.7476,N,01018.2748,E,1,07,01.2,65.6,M,41.0,M,,*5B
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,29,310,36,04,58,272,40,13,81,312,43,16,,,30*4E
\$GPGSV,2,2,08,20,34,104,40,23,54,052,42,24,61,212,43,27,31,181,40*78
\$GPRMC,091528.621,A,4446.7476,N,01018.2748,E,6.44,68.43,100706,,,A*52
\$GPVTG,68.43,T,,6.44,N,11.92,K,A*74
\$GPGGA,091529.621,4446.7481,N,01018.2771,E,1,07,01.2,65.7,M,41.0,M,,*59
\$GPRMC,091529.621,A,4446.7481,N,01018.2771,E,6.34,69.46,100706,,,A*52
\$GPVTG,69.46,T,,6.34,N,11.73,K,A*78
\$GPGGA,091530.621,4446.7488,N,01018.2798,E,1,07,01.2,65.8,M,41.0,M,,*50
\$GPRMC,091530.621,A,4446.7488,N,01018.2798,E,6.58,69.26,100706,,,A*58
\$GPVTG,69.26,T,,6.58,N,12.19,K,A*7B
\$GPGGA,091531.621,4446.7496,N,01018.2828,E,1,07,01.2,65.7,M,41.0,M,,*55
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,29,310,35,04,58,272,42,13,81,312,43,16,,,30*4F
\$GPGSV,2,2,08,20,34,104,40,23,54,052,42,24,61,212,43,27,31,181,39*76
\$GPRMC,091531.621,A,4446.7496,N,01018.2828,E,8.04,71.94,100706,,,A*55
\$GPVTG,71.94,T,,8.04,N,14.90,K,A*7B
\$GPGGA,091532.621,4446.7508,N,01018.2858,E,1,06,02.5,65.8,M,41.0,M,,*5D
\$GPRMC,091532.621,A,4446.7508,N,01018.2858,E,8.72,61.70,100706,,,A*5D
\$GPVTG,61.70,T,,8.72,N,16.15,K,A*7E
\$GPGGA,091533.620,4446.7526,N,01018.2885,E,1,07,01.2,65.7,M,41.0,M,,*5B
\$GPRMC,091533.620,A,4446.7526,N,01018.2885,E,9.68,49.94,100706,,,A*5B
\$GPVTG,49.94,T,,9.68,N,17.93,K,A*7B
\$GPGGA,091534.620,4446.7549,N,01018.2910,E,1,07,01.2,65.6,M,41.0,M,,*59
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,29,310,36,04,58,272,42,13,81,312,43,16,,,29*44

\$GPGSV,2,2,08,20,34,104,40,23,54,052,42,24,61,212,43,27,31,181,40*78
 \$GPRMC,091534.620,A,4446.7549,N,01018.2910,E,10.90,40.98,100706,,A*62
 \$GPVTG,40.98,T,,10.90,N,20.18,K,A*46
 \$GPGGA,091535.620,4446.7576,N,01018.2936,E,1,07,01.2,65.5,M,41.0,M,,*53
 \$GPRMC,091535.620,A,4446.7576,N,01018.2936,E,11.82,36.47,100706,,A*6A
 \$GPVTG,36.47,T,,11.82,N,21.89,K,A*4E
 \$GPGGA,091536.620,4446.7604,N,01018.2965,E,1,07,01.2,65.5,M,41.0,M,,*50
 \$GPRMC,091536.620,A,4446.7604,N,01018.2965,E,12.37,35.28,100706,,A*6E
 \$GPVTG,35.28,T,,12.37,N,22.90,K,A*42
 \$GPGGA,091537.619,4446.7632,N,01018.2999,E,1,07,01.2,65.8,M,41.0,M,,*50
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,310,39,04,58,272,42,13,81,312,43,16,,30*43
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,40,23,54,052,42,24,61,212,43,27,31,181,40*78
 \$GPRMC,091537.619,A,4446.7632,N,01018.2999,E,12.66,36.12,100706,,A*6D
 \$GPVTG,36.12,T,,12.66,N,23.45,K,A*45
 \$GPGGA,091538.619,4446.7661,N,01018.3036,E,1,07,01.2,65.7,M,41.0,M,,*5B
 \$GPRMC,091538.619,A,4446.7661,N,01018.3036,E,14.06,42.54,100706,,A*68
 \$GPVTG,42.54,T,,14.06,N,26.03,K,A*43
 \$GPGGA,091539.619,4446.7690,N,01018.3078,E,1,07,01.2,65.5,M,41.0,M,,*5C
 \$GPRMC,091539.619,A,4446.7690,N,01018.3078,E,15.09,46.60,100706,,A*60
 \$GPVTG,46.60,T,,15.09,N,27.95,K,A*40
 \$GPGGA,091540.619,4446.7720,N,01018.3126,E,1,07,01.2,65.4,M,41.0,M,,*53
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,310,40,04,58,272,43,13,81,313,43,16,,29*45
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,40,23,54,052,41,24,61,212,43,27,31,181,41*7A
 \$GPRMC,091540.619,A,4446.7720,N,01018.3126,E,16.01,49.42,100706,,A*6A
 \$GPVTG,49.42,T,,16.01,N,29.65,K,A*45
 \$GPGGA,091541.619,4446.7749,N,01018.3177,E,1,07,01.2,65.5,M,41.0,M,,*58
 \$GPRMC,091541.619,A,4446.7749,N,01018.3177,E,16.87,51.60,100706,,A*67
 \$GPVTG,51.60,T,,16.87,N,31.24,K,A*4E
 \$GPGGA,091542.618,4446.7778,N,01018.3227,E,1,07,01.2,66.0,M,41.0,M,,*58
 \$GPRMC,091542.618,A,4446.7778,N,01018.3227,E,16.48,50.43,100706,,A*62
 \$GPVTG,50.43,T,,16.48,N,30.51,K,A*4E
 \$GPGGA,091543.618,4446.7812,N,01018.3284,E,1,05,02.6,66.1,M,41.0,M,,*57
 \$GPGSA,A,3,04,13,20,23,24,,,,,6.3,2.6,5.7*32
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,310,38,04,58,272,41,13,81,313,43,16,,26*47
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,40,23,54,052,41,24,61,212,43,27,31,181,40*7B
 \$GPRMC,091543.618,A,4446.7812,N,01018.3284,E,18.94,50.42,100706,,A*67
 \$GPVTG,50.42,T,,18.94,N,35.07,K,A*46
 \$GPGGA,091544.618,4446.7846,N,01018.3346,E,1,07,01.2,66.1,M,41.0,M,,*5B
 \$GPRMC,091544.618,A,4446.7846,N,01018.3346,E,19.85,52.31,100706,,A*69
 \$GPVTG,52.31,T,,19.85,N,36.77,K,A*45
 \$GPGGA,091545.618,4446.7878,N,01018.3410,E,1,07,01.2,66.1,M,41.0,M,,*53
 \$GPRMC,091545.618,A,4446.7878,N,01018.3410,E,20.32,53.85,100706,,A*69
 \$GPVTG,53.85,T,,20.32,N,37.63,K,A*49
 \$GPGGA,091546.618,4446.7912,N,01018.3477,E,1,07,01.2,66.1,M,41.0,M,,*5C
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,310,36,04,58,272,39,13,81,313,42,16,,26*47
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,40,23,54,052,42,24,61,211,42,27,31,181,38*75
 \$GPRMC,091546.618,A,4446.7912,N,01018.3477,E,20.89,54.83,100706,,A*67
 \$GPVTG,54.83,T,,20.89,N,38.69,K,A*4D
 \$GPGGA,091547.617,4446.7946,N,01018.3546,E,1,07,01.2,66.1,M,41.0,M,,*50

\$GPRMC,091547.617,A,4446.7946,N,01018.3546,E,21.17,55.20,100706,,A*65
 \$GPVTG,55.20,T,,21.17,N,39.21,K,A*4E
 \$GPGGA,091548.617,4446.7980,N,01018.3617,E,1,07,01.2,66.1,M,41.0,M,,*52
 \$GPRMC,091548.617,A,4446.7980,N,01018.3617,E,21.42,55.42,100706,,A*63
 \$GPVTG,55.42,T,,21.42,N,39.67,K,A*48
 \$GPGGA,091549.617,4446.8016,N,01018.3688,E,1,06,02.5,66.0,M,41.0,M,,*58
 \$GPGSA,A,3,04,13,20,23,24,27,,,,,,,,5.7,2.5,5.1*35
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,310,36,04,58,272,39,13,81,313,42,16,,23*42
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,40,23,54,052,42,24,61,211,43,27,31,181,39*75
 \$GPRMC,091549.617,A,4446.8016,N,01018.3688,E,21.66,55.40,100706,,A*69
 \$GPVTG,55.40,T,,21.66,N,40.11,K,A*43
 \$GPGGA,091550.617,4446.8050,N,01018.3762,E,1,06,01.5,66.3,M,40.9,M,,*5F
 \$GPRMC,091550.617,A,4446.8050,N,01018.3762,E,22.61,56.93,100706,,A*6F
 \$GPVTG,56.93,T,,22.61,N,41.87,K,A*44
 \$GPGGA,091551.616,4446.8086,N,01018.3835,E,1,07,01.2,66.3,M,40.9,M,,*5F
 \$GPRMC,091551.616,A,4446.8086,N,01018.3835,E,22.62,56.56,100706,,A*63
 \$GPVTG,56.56,T,,22.62,N,41.88,K,A*41
 \$GPGGA,091552.616,4446.8121,N,01018.3910,E,1,06,01.6,66.5,M,40.9,M,,*55
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,,,,,,,,3.0,1.6,2.5*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,309,35,04,58,271,39,13,81,314,42,16,,21*4F
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,39,23,54,052,43,24,61,211,43,27,31,181,38*7B
 \$GPRMC,091552.616,A,4446.8121,N,01018.3910,E,22.71,56.77,100706,,A*6B
 \$GPVTG,56.77,T,,22.71,N,42.06,K,A*45
 \$GPGGA,091553.616,4446.8156,N,01018.3984,E,1,05,02.6,66.6,M,40.9,M,,*5A
 \$GPRMC,091553.616,A,4446.8156,N,01018.3984,E,22.75,56.72,100706,,A*66
 \$GPVTG,56.72,T,,22.75,N,42.13,K,A*40
 \$GPGGA,091554.616,4446.8197,N,01018.4051,E,1,06,01.6,66.6,M,40.9,M,,*56
 \$GPRMC,091554.616,A,4446.8197,N,01018.4051,E,22.56,49.60,100706,,A*66
 \$GPVTG,49.60,T,,22.56,N,41.79,K,A*43
 \$GPGGA,091555.616,4446.8241,N,01018.4114,E,1,07,01.2,66.6,M,40.9,M,,*5A
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,309,32,04,58,271,39,13,81,314,42,16,,22*4B
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,39,23,54,052,42,24,61,211,43,27,31,181,37*75
 \$GPRMC,091555.616,A,4446.8241,N,01018.4114,E,22.69,46.06,100706,,A*6C
 \$GPVTG,46.06,T,,22.69,N,42.02,K,A*4F
 \$GPGGA,091556.615,4446.8288,N,01018.4174,E,1,07,01.2,66.7,M,40.9,M,,*58
 \$GPRMC,091556.615,A,4446.8288,N,01018.4174,E,22.56,42.54,100706,,A*60
 \$GPVTG,42.54,T,,22.56,N,41.77,K,A*41
 \$GPGGA,091557.615,4446.8336,N,01018.4229,E,1,07,01.2,66.6,M,40.9,M,,*57
 \$GPRMC,091557.615,A,4446.8336,N,01018.4229,E,22.58,39.41,100706,,A*68
 \$GPVTG,39.41,T,,22.58,N,41.82,K,A*4D
 \$GPGGA,091558.615,4446.8387,N,01018.4282,E,1,06,01.5,66.7,M,40.9,M,,*54
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,23,24,27,,,,,,,,2.7,1.5,2.3*34
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,309,32,04,58,271,40,13,81,314,42,16,,21*46
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,39,23,54,052,41,24,61,211,43,27,31,181,37*76
 \$GPRMC,091558.615,A,4446.8387,N,01018.4282,E,22.74,36.81,100706,,A*61
 \$GPVTG,36.81,T,,22.74,N,42.12,K,A*4A
 \$GPGGA,091559.615,4446.8440,N,01018.4333,E,1,06,02.5,66.7,M,40.9,M,,*51
 \$GPRMC,091559.615,A,4446.8440,N,01018.4333,E,22.83,35.66,100706,,A*65
 \$GPVTG,35.66,T,,22.83,N,42.28,K,A*41
 \$GPGGA,091600.614,4446.8493,N,01018.4380,E,1,07,01.2,66.9,M,40.9,M,,*52
 \$GPRMC,091600.614,A,4446.8493,N,01018.4380,E,22.76,32.51,100706,,A*64

\$GPVTG,32.51,T,,22.76,N,42.14,K,A*47
 \$GPGGA,091601.614,4446.8546,N,01018.4430,E,1,07,01.2,66.8,M,40.9,M,,*57
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,309,36,04,58,271,42,13,81,314,42,16,,23*42
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,39,23,54,052,41,24,61,211,43,27,31,181,38*79
 \$GPRMC,091601.614,A,4446.8546,N,01018.4430,E,23.03,33.84,100706,,,A*6A
 \$GPVTG,33.84,T,,23.03,N,42.65,K,A*4B
 \$GPGGA,091602.614,4446.8596,N,01018.4492,E,1,07,01.2,67.3,M,40.9,M,,*5B
 \$GPRMC,091602.614,A,4446.8596,N,01018.4492,E,23.95,41.03,100706,,,A*69
 \$GPVTG,41.03,T,,23.95,N,44.36,K,A*4E
 \$GPGGA,091603.614,4446.8651,N,01018.4543,E,1,06,01.5,67.2,M,40.9,M,,*58
 \$GPRMC,091603.614,A,4446.8651,N,01018.4543,E,23.59,33.48,100706,,,A*67
 \$GPVTG,33.48,T,,23.59,N,43.69,K,A*49
 \$GPGGA,091604.614,4446.8705,N,01018.4594,E,1,06,02.5,67.2,M,40.9,M,,*56
 \$GPGSA,A,3,04,13,20,23,24,27,,,,,5.7,2.5,5.1*35
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,309,37,04,58,271,41,13,81,315,42,16,,21*43
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,37,23,54,052,41,24,61,211,43,27,31,181,39*76
 \$GPRMC,091604.614,A,4446.8705,N,01018.4594,E,23.65,33.59,100706,,,A*65
 \$GPVTG,33.59,T,,23.65,N,43.80,K,A*41
 \$GPGGA,091605.613,4446.8761,N,01018.4644,E,1,07,01.2,67.0,M,40.9,M,,*5B
 \$GPRMC,091605.613,A,4446.8761,N,01018.4644,E,23.74,33.51,100706,,,A*67
 \$GPVTG,33.51,T,,23.74,N,43.96,K,A*4E
 \$GPGGA,091606.613,4446.8817,N,01018.4696,E,1,07,01.2,66.9,M,40.9,M,,*51
 \$GPRMC,091606.613,A,4446.8817,N,01018.4696,E,23.98,34.24,100706,,,A*62
 \$GPVTG,34.24,T,,23.98,N,44.41,K,A*44
 \$GPGGA,091607.613,4446.8874,N,01018.4745,E,1,07,01.2,66.7,M,40.9,M,,*54
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,309,36,04,58,271,41,13,81,315,42,16,,20*43
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,34,23,54,052,41,24,61,211,43,27,31,181,40*7B
 \$GPRMC,091607.613,A,4446.8874,N,01018.4745,E,23.94,33.22,100706,,,A*64
 \$GPVTG,33.22,T,,23.94,N,44.34,K,A*4B
 \$GPGGA,091608.613,4446.8930,N,01018.4795,E,1,07,01.2,66.7,M,40.9,M,,*57
 \$GPRMC,091608.613,A,4446.8930,N,01018.4795,E,23.96,33.08,100706,,,A*6D
 \$GPVTG,33.08,T,,23.96,N,44.38,K,A*4D
 \$GPGGA,091609.613,4446.8987,N,01018.4845,E,1,07,01.2,66.5,M,40.9,M,,*5A
 \$GPRMC,091609.613,A,4446.8987,N,01018.4845,E,23.97,32.94,100706,,,A*67
 \$GPVTG,32.94,T,,23.97,N,44.40,K,A*47
 \$GPGGA,091610.612,4446.9042,N,01018.4897,E,1,06,01.5,66.5,M,40.9,M,,*5B
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,23,24,27,,,,,2.7,1.5,2.3*34
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,309,39,04,58,271,42,13,81,315,42,16,,20*4F
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,104,34,23,54,052,40,24,61,211,43,27,31,181,39*74
 \$GPRMC,091610.612,A,4446.9042,N,01018.4897,E,23.96,33.13,100706,,,A*6F
 \$GPVTG,33.13,T,,23.96,N,44.37,K,A*48
 \$GPGGA,091611.612,4446.9097,N,01018.4949,E,1,07,01.2,66.3,M,40.9,M,,*50
 \$GPRMC,091611.612,A,4446.9097,N,01018.4949,E,23.92,33.44,100706,,,A*62
 \$GPVTG,33.44,T,,23.92,N,44.30,K,A*49
 \$GPGGA,091612.612,4446.9152,N,01018.5003,E,1,07,01.2,66.0,M,40.9,M,,*5E
 \$GPRMC,091612.612,A,4446.9152,N,01018.5003,E,23.93,33.93,100706,,,A*64
 \$GPVTG,33.93,T,,23.93,N,44.32,K,A*40
 \$GPGGA,091613.612,4446.9206,N,01018.5056,E,1,07,01.2,66.0,M,40.9,M,,*5D
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,309,41,04,58,271,43,13,81,315,42,16,,19*4B

\$GPGSV,2,2,08,20,34,104,34,23,54,052,41,24,61,211,44,27,31,181,39*72
\$GPRMC,091613.612,A,4446.9206,N,01018.5056,E,23.90,34.10,100706,, ,A*68
\$GPVTG,34.10,T,, ,23.90,N,44.26,K,A*4A
\$GPGGA,091614.611,4446.9260,N,01018.5110,E,1,06,01.5,66.3,M,40.9,M,, *5F
\$GPRMC,091614.611,A,4446.9260,N,01018.5110,E,23.88,34.33,100706,, ,A*67
\$GPVTG,34.33,T,, ,23.88,N,44.22,K,A*46
\$GPGGA,091615.611,4446.9315,N,01018.5161,E,1,03,05.3,65.7,M,40.9,M,, *5B
\$GPRMC,091615.611,A,4446.9315,N,01018.5161,E,23.86,34.33,100706,, ,A*6D
\$GPVTG,34.33,T,, ,23.86,N,44.19,K,A*40
\$GPGGA,091616.611,4446.9368,N,01018.5225,E,1,06,01.5,65.7,M,40.9,M,, *56
\$GPGSA,A,3,02,04,13,23,24,27,,,,,2.7,1.5,2.3*34
\$GPGSV,2,1,08,02,29,309,39,04,58,271,44,13,81,315,42,16,, ,19*43
\$GPGSV,2,2,08,20,34,104,32,23,54,052,41,24,61,211,44,27,31,181,37*7A
\$GPRMC,091616.611,A,4446.9368,N,01018.5225,E,23.76,34.37,100706,, ,A*6C
\$GPVTG,34.37,T,, ,23.76,N,44.00,K,A*43
\$GPGGA,091617.611,4446.9431,N,01018.5264,E,1,07,01.2,64.2,M,40.9,M,, *5B
\$GPRMC,091617.611,A,4446.9431,N,01018.5264,E,23.92,31.81,100706,, ,A*61
\$GPVTG,31.81,T,, ,23.92,N,44.29,K,A*4A
\$GPGGA,091618.611,4446.9486,N,01018.5315,E,1,06,02.5,64.2,M,40.9,M,, *5A
\$GPRMC,091618.611,A,4446.9486,N,01018.5315,E,23.76,33.39,100706,, ,A*6E
\$GPVTG,33.39,T,, ,23.76,N,44.01,K,A*4B
\$GPGGA,091619.610,4446.9542,N,01018.5366,E,1,07,01.2,64.1,M,40.9,M,, *51
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,29,309,39,04,58,271,42,13,81,315,42,16,, ,19*45
\$GPGSV,2,2,08,20,34,104,33,23,54,052,41,24,61,211,44,27,31,181,37*7B
\$GPRMC,091619.610,A,4446.9542,N,01018.5366,E,23.84,33.32,100706,, ,A*65
\$GPVTG,33.32,T,, ,23.84,N,44.15,K,A*48
\$GPGGA,091620.610,4446.9597,N,01018.5419,E,1,07,01.2,64.1,M,40.9,M,, *5C
\$GPRMC,091620.610,A,4446.9597,N,01018.5419,E,23.88,33.70,100706,, ,A*62
\$GPVTG,33.70,T,, ,23.88,N,44.23,K,A*47
\$GPGGA,091621.610,4446.9651,N,01018.5473,E,1,05,02.6,64.2,M,40.9,M,, *5E
\$GPRMC,091621.610,A,4446.9651,N,01018.5473,E,23.93,34.21,100706,, ,A*6F
\$GPVTG,34.21,T,, ,23.93,N,44.32,K,A*4E
\$GPGGA,091622.610,4446.9706,N,01018.5526,E,1,07,01.2,65.4,M,40.9,M,, *5D
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,29,309,37,04,58,271,42,13,81,315,42,16,, ,19*4B
\$GPGSV,2,2,08,20,34,104,33,23,54,052,40,24,61,211,43,27,31,181,37*7D
\$GPRMC,091622.610,A,4446.9706,N,01018.5526,E,23.94,34.38,100706,, ,A*61
\$GPVTG,34.38,T,, ,23.94,N,44.33,K,A*40
\$GPGGA,091623.609,4446.9760,N,01018.5583,E,1,06,01.5,66.2,M,40.9,M,, *58
\$GPRMC,091623.609,A,4446.9760,N,01018.5583,E,24.01,34.80,100706,, ,A*6F
\$GPVTG,34.80,T,, ,24.01,N,44.46,K,A*4A
\$GPGGA,091624.609,4446.9814,N,01018.5639,E,1,07,01.2,66.4,M,40.9,M,, *51
\$GPRMC,091624.609,A,4446.9814,N,01018.5639,E,24.01,35.13,100706,, ,A*6D
\$GPVTG,35.13,T,, ,24.01,N,44.46,K,A*41
\$GPGGA,091625.609,4446.9866,N,01018.5695,E,1,07,01.2,66.5,M,40.9,M,, *52
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,29,309,40,04,58,271,43,13,81,315,42,16,, ,*42
\$GPGSV,2,2,08,20,34,105,31,23,53,052,41,24,61,211,43,27,31,181,34*7B
\$GPRMC,091625.609,A,4446.9866,N,01018.5695,E,23.98,35.42,100706,, ,A*6C
\$GPVTG,35.42,T,, ,23.98,N,44.40,K,A*44
\$GPGGA,091626.609,4446.9920,N,01018.5749,E,1,07,01.2,66.8,M,40.9,M,, *5F

\$GPRMC,091626.609,A,4446.9920,N,01018.5749,E,23.95,35.47,100706,,A*64
\$GPVTG,35.47,T,,23.95,N,44.35,K,A*4E
\$GPGGA,091627.609,4446.9973,N,01018.5804,E,1,06,01.5,66.9,M,40.9,M,,*59
\$GPRMC,091627.609,A,4446.9973,N,01018.5804,E,23.89,35.67,100706,,A*6A
\$GPVTG,35.67,T,,23.89,N,44.25,K,A*40
\$GPGGA,091628.608,4447.0025,N,01018.5859,E,1,07,01.2,67.2,M,40.9,M,,*51
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,29,309,42,04,58,271,44,13,81,315,43,16,,*46
\$GPGSV,2,2,08,20,34,105,31,23,53,052,41,24,61,211,43,27,31,181,34*7B
\$GPRMC,091628.608,A,4447.0025,N,01018.5859,E,23.83,35.77,100706,,A*65
\$GPVTG,35.77,T,,23.83,N,44.13,K,A*4E
\$GPGGA,091629.608,4447.0079,N,01018.5911,E,1,07,01.2,66.6,M,40.9,M,,*51
\$GPRMC,091629.608,A,4447.0079,N,01018.5911,E,23.79,35.57,100706,,A*67
\$GPVTG,35.57,T,,23.79,N,44.05,K,A*4E
\$GPGGA,091630.608,4447.0130,N,01018.5966,E,1,06,01.5,66.6,M,40.9,M,,*53
\$GPRMC,091630.608,A,4447.0130,N,01018.5966,E,23.69,35.65,100706,,A*63
\$GPVTG,35.65,T,,23.69,N,43.88,K,A*4C
\$GPGGA,091631.608,4447.0181,N,01018.6021,E,1,07,01.2,65.7,M,40.9,M,,*55
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,29,309,41,04,58,271,44,13,81,316,43,16,,*46
\$GPGSV,2,2,08,20,34,105,32,23,53,052,41,24,61,211,43,27,31,181,34*78
\$GPRMC,091631.608,A,4447.0181,N,01018.6021,E,23.06,36.93,100706,,A*62
\$GPVTG,36.93,T,,23.06,N,42.71,K,A*48
\$GPGGA,091632.607,4447.0229,N,01018.6077,E,1,07,01.2,66.7,M,40.9,M,,*58
\$GPRMC,091632.607,A,4447.0229,N,01018.6077,E,22.56,38.30,100706,,A*6F
\$GPVTG,38.30,T,,22.56,N,41.77,K,A*4E
\$GPGGA,091633.607,4447.0280,N,01018.6130,E,1,07,01.2,67.0,M,40.9,M,,*5E
\$GPRMC,091633.607,A,4447.0280,N,01018.6130,E,22.67,37.91,100706,,A*69
\$GPVTG,37.91,T,,22.67,N,41.99,K,A*48
\$GPGGA,091634.607,4447.0330,N,01018.6183,E,1,07,01.2,66.7,M,40.9,M,,*5D
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,29,309,41,04,58,271,44,13,81,316,43,16,,*46
\$GPGSV,2,2,08,20,34,105,30,23,53,052,41,24,61,211,43,27,31,181,33*7D
\$GPRMC,091634.607,A,4447.0330,N,01018.6183,E,22.71,37.59,100706,,A*6F
\$GPVTG,37.59,T,,22.71,N,42.06,K,A*4E
\$GPGGA,091635.607,4447.0381,N,01018.6235,E,1,07,01.2,66.8,M,40.9,M,,*57
\$GPRMC,091635.607,A,4447.0381,N,01018.6235,E,22.68,37.37,100706,,A*6A
\$GPVTG,37.37,T,,22.68,N,42.01,K,A*49
\$GPGGA,091636.607,4447.0430,N,01018.6286,E,1,07,01.2,66.7,M,40.9,M,,*5E
\$GPRMC,091636.607,A,4447.0430,N,01018.6286,E,22.57,37.30,100706,,A*67
\$GPVTG,37.30,T,,22.57,N,41.80,K,A*48
\$GPGGA,091637.606,4447.0476,N,01018.6335,E,1,06,02.5,66.3,M,40.9,M,,*54
\$GPGSA,A,3,04,13,20,23,24,27,,,,,5.7,2.5,5.2*36
\$GPGSV,2,1,08,02,29,309,41,04,58,271,44,13,81,316,43,16,,*46
\$GPGSV,2,2,08,20,34,105,35,23,53,052,41,24,61,211,42,27,31,181,35*7F
\$GPRMC,091637.606,A,4447.0476,N,01018.6335,E,22.18,37.34,100706,,A*63
\$GPVTG,37.34,T,,22.18,N,41.08,K,A*47
\$GPGGA,091638.606,4447.0517,N,01018.6377,E,1,06,01.5,67.0,M,40.9,M,,*5A
\$GPRMC,091638.606,A,4447.0517,N,01018.6377,E,20.15,31.92,100706,,A*69
\$GPVTG,31.92,T,,20.15,N,37.31,K,A*49
\$GPGGA,091639.606,4447.0556,N,01018.6416,E,1,07,01.2,67.0,M,40.9,M,,*58
\$GPRMC,091639.606,A,4447.0556,N,01018.6416,E,17.50,35.03,100706,,A*64

\$GPVTG,35.03,T,,17.50,N,32.41,K,A*42
 \$GPGGA,091640.606,4447.0592,N,01018.6449,E,1,06,01.5,67.1,M,40.9,M,,*53
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,23,24,27,,,,,2.8,1.5,2.3*3B
 \$GPGSV,2,1,08,02,29,309,42,04,58,271,43,13,81,316,43,16,,,*42
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,105,34,23,53,052,41,24,61,211,42,27,32,181,37*7F
 \$GPRMC,091640.606,A,4447.0592,N,01018.6449,E,15.64,32.98,100706,,,A*68
 \$GPVTG,32.98,T,,15.64,N,28.96,K,A*43
 \$GPGGA,091641.606,4447.0627,N,01018.6478,E,1,06,01.5,67.2,M,40.9,M,,*5E
 \$GPRMC,091641.606,A,4447.0627,N,01018.6478,E,14.68,30.25,100706,,,A*6F
 \$GPVTG,30.25,T,,14.68,N,27.19,K,A*42
 \$GPGGA,091642.605,4447.0661,N,01018.6507,E,1,07,01.2,66.9,M,40.9,M,,*59
 \$GPRMC,091642.605,A,4447.0661,N,01018.6507,E,14.18,31.46,100706,,,A*67
 \$GPVTG,31.46,T,,14.18,N,26.26,K,A*4C
 \$GPGGA,091643.605,4447.0693,N,01018.6537,E,1,06,01.6,66.9,M,40.9,M,,*53
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,,,,,3.0,1.6,2.5*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,30,309,43,04,58,271,43,13,81,317,43,16,,,*4A
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,105,32,23,53,052,40,24,61,211,42,27,32,181,31*7E
 \$GPRMC,091643.605,A,4447.0693,N,01018.6537,E,14.07,32.41,100706,,,A*62
 \$GPVTG,32.41,T,,14.07,N,26.06,K,A*44
 \$GPGGA,091644.605,4447.0725,N,01018.6570,E,1,06,01.6,66.6,M,40.9,M,,*54
 \$GPRMC,091644.605,A,4447.0725,N,01018.6570,E,14.15,33.56,100706,,,A*6E
 \$GPVTG,33.56,T,,14.15,N,26.20,K,A*44
 \$GPGGA,091645.605,4447.0760,N,01018.6603,E,1,07,01.2,66.7,M,40.9,M,,*57
 \$GPRMC,091645.605,A,4447.0760,N,01018.6603,E,14.36,33.72,100706,,,A*6E
 \$GPVTG,33.72,T,,14.36,N,26.59,K,A*4D
 \$GPGGA,091646.604,4447.0797,N,01018.6632,E,1,07,01.2,67.1,M,40.9,M,,*58
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,30,309,44,04,58,271,43,13,81,317,44,16,,,*4A
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,105,33,23,53,052,40,24,61,211,42,27,32,181,32*7C
 \$GPRMC,091646.604,A,4447.0797,N,01018.6632,E,14.59,32.50,100706,,,A*6E
 \$GPVTG,32.50,T,,14.59,N,27.03,K,A*4B
 \$GPGGA,091647.604,4447.0835,N,01018.6652,E,1,07,01.2,67.2,M,40.9,M,,*5B
 \$GPRMC,091647.604,A,4447.0835,N,01018.6652,E,14.62,20.37,100706,,,A*64
 \$GPVTG,20.37,T,,14.62,N,27.08,K,A*4A
 \$GPGGA,091648.604,4447.0874,N,01018.6656,E,1,06,01.5,67.1,M,40.9,M,,*50
 \$GPRMC,091648.604,A,4447.0874,N,01018.6656,E,14.19,4.10,100706,,,A*55
 \$GPVTG,4.10,T,,14.19,N,26.27,K,A*79
 \$GPGGA,091649.604,4447.0912,N,01018.6644,E,1,07,01.2,67.0,M,40.9,M,,*54
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,30,309,43,04,58,271,43,13,81,317,44,16,,,*4D
 \$GPGSV,2,2,08,20,34,105,36,23,53,052,40,24,61,211,42,27,32,181,35*7E
 \$GPRMC,091649.604,A,4447.0912,N,01018.6644,E,14.24,348.35,100706,,,A*54
 \$GPVTG,348.35,T,,14.24,N,26.38,K,A*75
 \$GPGGA,091650.604,4447.0950,N,01018.6621,E,1,07,01.2,66.7,M,40.9,M,,*5F
 \$GPRMC,091650.604,A,4447.0950,N,01018.6621,E,14.99,336.98,100706,,,A*51
 \$GPVTG,336.98,T,,14.99,N,27.76,K,A*76
 \$GPGGA,091651.603,4447.0988,N,01018.6597,E,1,07,01.2,66.6,M,40.9,M,,*53
 \$GPRMC,091651.603,A,4447.0988,N,01018.6597,E,15.19,335.85,100706,,,A*5A
 \$GPVTG,335.85,T,,15.19,N,28.13,K,A*7C
 \$GPGGA,091652.603,4447.1031,N,01018.6581,E,1,07,01.2,66.4,M,40.9,M,,*5F
 \$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
 \$GPGSV,2,1,08,02,30,309,41,04,58,271,42,13,81,317,45,16,,,*4F

\$GPGSV,2,2,08,20,34,105,38,23,53,052,42,24,61,211,41,27,32,181,36*72
\$GPRMC,091652.603,A,4447.1031,N,01018.6581,E,15.81,344.87,100706,,A*51
\$GPVTG,344.87,T,,15.81,N,29.28,K,A*70
\$GPGGA,091653.603,4447.1077,N,01018.6575,E,1,07,01.2,66.3,M,40.9,M,,*50
\$GPRMC,091653.603,A,4447.1077,N,01018.6575,E,16.59,355.32,100706,,A*51
\$GPVTG,355.32,T,,16.59,N,30.73,K,A*7E
\$GPGGA,091654.603,4447.1125,N,01018.6580,E,1,07,01.2,66.4,M,40.9,M,,*5C
\$GPRMC,091654.603,A,4447.1125,N,01018.6580,E,17.50,3.59,100706,,A*5F
\$GPVTG,3.59,T,,17.50,N,32.42,K,A*7B
\$GPGGA,091655.602,4447.1176,N,01018.6589,E,1,07,01.2,66.3,M,40.9,M,,*54
\$GPGSA,A,3,02,04,13,20,23,24,27,,,,,2.4,1.2,2.1*30
\$GPGSV,2,1,08,02,30,309,41,04,58,270,43,13,81,317,45,16,,*4F

Allegato 2 – Estratto dei dati relativi alla campagna di rilevamento del trasporto collettivo su gomma

#A;20060710045543;1;35;1;0025900004
#I;20060710045543
#P;20060710045543
#p;20060710045608;0;1;1
#d;045546;0;1;0;0;0;0;0
#K;20060710050724;53
#t;20060710050724;T;101
#p;20060710050727;0;1;3
#p;20060710050736;1;1;26
#P;20060710050736
#d;050725;0;1;0;2;0;0;0
#K;20060710051000;281
#U;20060710051000;3;1;0;1
#d;051124;1;1;200268;296;64;0;0;0
#d;051227;2;0;200266;283;60;0;0;0
#d;051323;3;0;200264;196;56;0;0;0
#d;051355;4;1;200262;148;55;0;0;0
#d;051521;5;1;200205;200;81;0;0;0
#d;051641;6;1;200221;255;41;0;0;0
#d;051744;7;1;200225;298;44;0;0;0
#d;051821;8;1;200227;181;21;0;0;0
#d;052000;9;1;200001;231;0;0;0;0
#d;052000;9;1;200001;231;0;0;0;0
#S;20060710052001;3;1;0;1;-3074
#U;20060710052001;4;1;1;1
#d;052156;1;1;200001;65;92;0;0;0
#d;052258;2;0;200226;247;87;0;0;0
#d;052329;3;1;200224;163;149;0;0;0
#d;052423;4;0;200223;219;62;0;0;0
#d;052520;5;1;200203;231;20;0;0;0
#d;052707;6;1;200261;253;7;0;0;0
#d;052806;7;1;200263;217;66;0;0;0
#d;052858;8;1;200265;183;58;0;0;0
#d;053020;9;1;200267;266;20;0;0;0
#d;053221;10;1;200555;260;21;0;0;0
#d;053302;11;1;200557;196;62;0;0;0
#d;053351;12;0;200559;144;26;0;0;0
#d;053427;0;1;0;126;0;0;0;0
#d;053449;13;1;200561;70;109;0;0;0
#d;053546;14;0;200563;247;93;0;0;0
#d;053547;0;1;0;40;0;0;0;0
#d;053623;15;0;200565;179;133;0;0;0
#d;053647;16;0;200567;177;92;0;0;0
#d;053723;17;0;200571;169;125;0;0;0
#d;053742;18;0;200573;199;152;0;0;0
#d;053807;19;0;200577;260;116;0;0;0
#d;053835;20;1;200579;197;95;0;0;0

#S;20060710054300;4;1;1;1;-777
#U;20060710054300;5;1;0;1
#d;054343;1;1;200579;198;43;0;0;0
#d;054406;2;0;200575;269;55;0;0;0
#d;054425;3;0;200574;212;16;0;0;0
#d;054455;4;1;200568;247;55;0;0;0
#d;054642;5;0;200566;263;93;0;0;0
#d;054703;6;0;200564;182;110;0;0;0
#d;054737;7;0;200562;255;87;0;0;0
#d;054818;8;0;200558;146;48;0;0;0
#d;054838;9;0;200556;210;89;0;0;0
#d;054921;10;0;200553;268;11;0;0;0
#d;054946;11;1;200268;144;-14;0;0;0
#d;055119;12;0;200266;230;0;0;0;0
#d;055206;13;0;200264;244;-18;0;0;0
#d;055238;14;1;200262;154;-22;0;0;0
#d;055444;15;1;200205;203;44;0;0;0
#d;055612;16;1;200221;245;12;0;0;0
#d;055715;17;0;200225;344;3;0;0;0
#d;055735;18;1;200227;141;-25;0;0;0
#d;055859;19;1;200001;234;-61;0;0;0
#S;20060710060000;5;1;0;1;-974
#U;20060710060000;6;1;1;1
#d;060059;1;1;200001;234;38;0;0;0
#d;060133;2;1;200226;301;33;0;0;0
#d;060212;3;1;200224;168;72;0;0;0
#d;060319;4;0;200223;222;-13;0;0;0
#d;060439;5;1;200203;232;-21;0;0;0
#d;060520;0;1;0;75;0;0;0;0
#d;060632;6;1;200261;178;-28;0;0;0
#d;060758;7;0;200263;227;31;0;0;0
#d;060842;8;0;200265;182;18;0;0;0
#d;060933;9;1;200267;256;-27;0;0;0
#d;061221;10;0;200555;298;-3;0;0;0
#d;061232;11;1;200557;130;32;0;0;0
#d;061318;12;0;200559;172;-4;0;0;0
#d;061352;0;1;0;127;0;0;0;0
#d;061417;13;0;200561;70;64;0;0;0
#d;061451;14;0;200563;244;39;0;0;0
#d;061513;15;0;200565;221;64;0;0;0
#d;061533;16;0;200567;172;20;0;0;0
#d;061606;17;0;200571;171;49;0;0;0
#d;061624;18;0;200573;199;75;0;0;0
#d;061649;19;0;200577;258;39;0;0;0
#d;061715;20;1;200579;197;15;0;0;0
#S;20060710062300;6;1;1;1;-782
#U;20060710062300;7;1;0;1
#d;062348;1;1;200579;197;48;0;0;0
#d;062410;2;1;200575;280;70;0;0;0
#d;062454;3;1;200574;189;54;0;0;0
#d;062549;4;0;200568;284;91;0;0;0
#d;062614;5;1;200566;206;74;0;0;0

#d;062705;6;0;200564;215;113;0;0;0
#d;062738;7;0;200562;250;88;0;0;0
#d;062807;8;1;200558;143;67;0;0;0
#d;062859;9;0;200556;223;110;0;0;0
#d;063031;10;0;200553;263;73;0;0;0
#d;063052;11;1;200268;147;52;0;0;0
#d;063204;12;1;200266;254;64;0;0;0
#d;063314;13;1;200264;221;74;0;0;0
#d;063411;14;1;200262;152;71;0;0;0
#d;063518;15;1;200205;183;78;0;0;0
#d;063758;16;1;200221;270;118;0;0;0
#d;063909;17;1;200225;300;129;0;0;0
#d;064019;18;0;200227;200;107;0;0;0
#d;064104;19;1;200001;213;64;0;0;0
#d;064104;19;1;200001;213;64;0;0;0
#S;20060710064105;7;1;0;1;-890
#U;20060710064105;8;1;1;1
#d;064152;1;1;200001;1;91;0;0;0
#d;064333;2;0;200226;298;135;0;0;0
#N;20060710064341;1
#N;20060710064350;1
#d;064350;3;0;200224;203;166;0;0;0
#d;064419;4;1;200223;174;79;0;0;0
#d;064713;5;1;200203;242;133;0;0;0
#d;064912;6;1;200261;254;132;0;0;0
#d;065019;7;1;200263;211;199;0;0;0
#d;065129;8;0;200265;209;185;0;0;0
#d;065249;9;1;200267;243;169;0;0;0
#d;065540;10;0;200555;305;201;0;0;0
#d;065601;11;0;200557;161;227;0;0;0
#d;065629;12;0;200559;140;187;0;0;0
#d;065721;13;1;200561;194;261;0;0;0
#d;065825;14;0;200563;246;254;0;0;0
#d;065848;15;0;200565;222;279;0;0;0
#d;065908;16;0;200567;182;234;0;0;0
#d;065942;17;0;200571;163;265;0;0;0
#d;070000;18;0;200573;205;291;0;0;0
#d;070024;19;0;200577;254;255;0;0;0
#p;20060710070104;0;1;2
#p;20060710070107;0;1;2
#d;070057;20;1;200579;194;237;0;0;0
#S;20060710071000;8;1;1;1;-782
#U;20060710071000;9;1;0;1
#d;071118;1;1;200579;194;78;0;0;0
#d;071141;2;0;200575;274;90;0;0;0
#d;071159;3;1;200574;190;59;0;0;0
#d;071306;4;1;200568;262;66;0;0;0
#d;071355;5;1;200566;228;55;0;0;0
#d;071439;6;0;200564;215;86;0;0;0
#d;071513;7;1;200562;238;73;0;0;0
#d;071621;8;0;200558;161;44;0;0;0
#d;071638;9;1;200556;179;98;0;0;0

#d;071859;10;0;200553;296;102;0;0;0
#d;071935;11;1;200268;153;95;0;0;0
#d;072050;12;1;200266;255;110;0;0;0
#d;072151;13;1;200264;219;111;0;0;0
#d;072246;14;1;200262;153;46;0;0;0
#d;072518;15;1;200205;202;78;0;0;0
#d;072646;16;1;200221;248;46;0;0;0
#d;072804;17;0;200225;336;48;0;0;0
#d;072836;18;1;200227;144;36;0;0;0
#d;073018;19;1;200001;227;18;0;0;0
#d;073018;19;1;200001;227;18;0;0;0
#S;20060710073019;9;1;0;1;-903
#U;20060710073019;10;1;1;1
#d;073147;1;1;200001;5;65;0;0;0
#d;073250;2;1;200226;299;50;0;0;0
#d;073348;3;0;200224;194;90;0;0;0
#d;073414;4;1;200223;188;14;0;0;0
#d;073752;5;1;200203;244;112;0;0;0
#d;073913;6;1;200261;251;73;0;0;0
#d;074016;7;1;200263;212;76;0;0;0
#d;074108;8;0;200265;207;52;0;0;0
#d;074146;9;1;200267;247;-14;0;0;0
#d;074506;10;1;200555;295;66;0;0;0
#d;074548;11;0;200557;173;96;0;0;0
#d;074600;12;1;200559;125;60;0;0;0
#d;074706;13;1;200561;208;126;0;0;0
#d;074827;14;1;200563;278;147;0;0;0
#d;074906;15;1;200565;193;126;0;0;0
#d;075008;16;0;200567;167;151;0;0;0
#d;075042;17;1;200571;168;162;0;0;0
#d;075120;18;0;200573;208;190;0;0;0
#d;075148;19;0;200577;259;156;0;0;0
#p;20060710075242;0;1;2
#d;075219;20;1;200579;187;139;0;0;0
#S;20060710075500;10;1;1;1;-776
#U;20060710075500;11;1;0;1
#d;075601;1;1;200579;188;61;0;0;0
#d;075625;2;1;200575;282;85;0;0;0
#d;075658;3;1;200574;182;58;0;0;0
#d;075804;4;1;200568;265;64;0;0;0
#d;075850;5;1;200566;228;50;0;0;0
#d;075940;6;1;200564;202;100;0;0;0
#d;080033;7;1;200562;247;93;0;0;0
#d;080130;8;1;200558;157;90;0;0;0
#d;080226;9;1;200556;183;146;0;0;0
#d;080506;10;0;200553;297;165;0;0;0
#d;080548;11;1;200268;153;168;0;0;0
#d;080723;12;1;200266;260;203;0;0;0
#d;080816;13;1;200264;213;196;0;0;0
#d;080905;14;1;200262;153;125;0;0;0
#d;081120;15;1;200205;195;140;0;0;0
#d;081323;16;1;200221;260;143;0;0;0

#d;081510;17;1;200225;301;190;0;0;0
#d;081638;18;1;200227;176;218;0;0;0
#d;081750;19;1;200001;227;170;0;0;0
#d;081750;19;1;200001;227;170;0;0;0
#S;20060710081751;11;1;0;1;-901
#U;20060710081751;12;1;1;1
#d;081923;1;1;200001;2;224;0;0;0
#d;082043;2;1;200226;301;223;0;0;0
#d;082129;3;1;200224;169;269;0;0;0
#d;082215;4;1;200223;212;195;0;0;0
#d;082408;5;1;200203;245;188;0;0;0
#d;082701;6;1;200261;252;241;0;0;0
#d;082812;7;1;200263;217;252;0;0;0
#d;082901;8;1;200265;183;241;0;0;0
#d;083003;9;1;200267;265;183;0;0;0
#d;083317;10;0;200555;305;235;0;0;0
#d;083337;11;1;200557;157;277;0;0;0
#d;083412;12;1;200559;132;252;0;0;0
#d;083520;13;0;200561;210;307;0;0;0
#d;083555;14;0;200563;241;283;0;0;0
#d;083630;15;0;200565;221;251;0;0;0
#d;083652;16;1;200567;162;292;0;0;0
#d;083741;17;1;200571;176;281;0;0;0
#d;083824;18;1;200573;199;324;0;0;0
#d;083911;19;0;200577;265;300;0;0;0
#d;083932;20;1;200579;186;272;0;0;0
#S;20060710084000;12;1;1;1;-780
#U;20060710084000;13;1;0;1
#d;084032;1;1;200579;186;32;0;0;0
#d;084055;2;0;200575;277;44;0;0;0
#d;084117;3;1;200574;196;17;0;0;0
#d;084214;4;1;200568;262;14;0;0;0
#d;084331;5;1;200566;230;31;0;0;0
#d;084416;6;1;200564;203;76;0;0;0
#d;084506;7;1;200562;247;66;0;0;0
#d;084604;8;1;200558;157;64;0;0;0
#d;084656;9;1;200556;189;116;0;0;0
#d;084853;10;1;200553;271;113;0;0;0
#d;084939;11;1;200268;174;99;0;0;0
#d;085102;12;1;200266;258;122;0;0;0
#d;085243;13;1;200264;213;163;0;0;0
#d;085335;14;1;200262;154;95;0;0;0
#N;20060710085611;1
#d;085604;15;1;200205;204;124;0;0;0
#d;085836;16;1;200221;252;156;0;0;0
#d;085952;17;1;200225;297;172;0;0;0
#d;090045;18;1;200227;181;165;0;0;0
#d;090209;19;1;200001;225;129;0;0;0
#d;090209;19;1;200001;225;129;0;0;0
#S;20060710090210;13;1;0;1;-898
#U;20060710090210;14;1;1;1
#d;090335;1;1;200001;15;176;0;0;0

#d;090502;2;1;200226;289;182;0;0;0
#d;090554;3;1;200224;166;234;0;0;0
#d;090655;4;1;200223;215;175;0;0;0
#d;090824;5;1;200203;241;144;0;0;0
#d;091247;6;1;200261;254;287;0;0;0
#d;091404;7;1;200263;218;304;0;0;0
#d;091500;8;1;200265;179;300;0;0;0
#d;091606;9;1;200267;273;246;0;0;0
#d;091810;0;1;0;121;0;0;0;0
#d;091914;10;1;200555;167;314;0;0;0
#d;091959;11;1;200557;165;359;0;0;0
#d;092036;12;1;200559;131;336;0;0;0
#d;092208;13;1;200561;210;428;0;0;0
#d;092313;14;0;200563;246;414;0;0;0
#d;092313;0;1;0;37;0;0;0;0
#d;092351;15;0;200565;180;399;0;0;0
#d;092419;16;0;200567;178;420;0;0;0
#d;092450;17;1;200571;166;410;0;0;0
#d;092527;18;1;200573;195;447;0;0;0
#d;092611;19;1;200577;250;431;0;0;0
#d;092658;20;1;200579;207;418;0;0;0
#d;092658;20;1;200579;207;418;0;0;0
#S;20060710092700;14;1;1;1;-861
#U;20060710092700;15;1;0;1
#d;092720;1;1;200579;1;140;0;0;0
#d;092743;2;1;200575;283;163;0;0;0
#d;092824;3;1;200574;186;144;0;0;0
#d;092912;4;1;200568;259;132;0;0;0
#d;093016;5;1;200566;228;136;0;0;0
#d;093115;6;1;200564;201;195;0;0;0
#d;093226;7;1;200562;249;206;0;0;0
#d;093315;8;1;200558;160;195;0;0;0
#d;093417;9;1;200556;184;257;0;0;0
#d;093648;10;1;200553;268;288;0;0;0
#d;094044;11;1;200268;180;464;0;0;0
#d;094212;12;1;200266;254;492;0;0;0
#d;094331;13;1;200264;211;511;0;0;0
#d;094435;14;1;200262;162;455;0;0;0
#d;094645;15;1;200205;203;465;0;0;0
#d;094830;16;1;200221;253;450;0;0;0
#d;094958;17;1;200225;294;478;0;0;0
#d;095110;18;1;200227;181;490;0;0;0
#d;095249;19;1;200001;232;469;0;0;0
#d;095249;19;1;200001;232;469;0;0;0
#S;20060710095251;15;1;0;1;-895
#U;20060710095251;16;1;1;1
#d;095351;1;1;200001;0;491;0;0;0
#d;095550;2;1;200226;300;530;0;0;0
#d;095652;3;1;200224;168;592;0;0;0
#d;095748;4;1;200223;209;528;0;0;0
#d;100006;5;1;200203;247;546;0;0;0
#d;100256;6;1;200261;253;596;0;0;0

#d;100409;7;1;200263;216;609;0;0;0
#d;100503;8;1;200265;182;603;0;0;0
#d;100615;9;1;200267;254;555;0;0;0
#d;100917;10;1;200555;308;617;0;0;0
#d;100951;11;1;200557;163;651;0;0;0
#d;101022;12;1;200559;135;622;0;0;0
#d;101132;13;1;200561;207;692;0;0;0
#d;101226;14;0;200563;247;674;0;0;0
#d;101248;15;1;200565;226;648;0;0;0
#d;101326;16;1;200567;153;686;0;0;0
#d;101427;17;1;200571;180;687;0;0;0
#d;101506;18;0;200573;203;717;0;0;0
#d;101532;19;0;200577;256;681;0;0;0
#d;101623;20;0;200579;170;639;0;0;0
#N;20060710101719;1
#S;20060710101719;16;1;1;1;-178
#U;20060710101719;17;1;0;1
#d;101726;4;1;200568;754;326;0;0;0
#d;101813;5;1;200566;228;313;0;0;0
#d;101927;7;1;200562;449;327;0;0;0
#p;20060710102101;0;1;2
#d;102015;8;1;200558;157;315;0;0;0
#d;102158;9;1;200556;190;418;0;0;0
#d;102410;11;1;200268;444;370;0;0;0
#d;102548;12;1;200266;260;408;0;0;0
#d;102645;13;1;200264;204;405;0;0;0
#d;102743;14;1;200262;165;343;0;0;0
#B;20060710102852;1379
#p;20060710102854;0;1;5
#d;103022;15;1;200205;199;382;0;0;0
#d;103207;16;1;200221;253;367;0;0;0
#p;20060710103326;0;1;1
#d;103316;17;1;200225;297;376;0;0;0
#d;103412;18;1;200227;177;372;0;0;0
#d;103522;19;1;200001;239;322;0;0;0
#d;103522;19;1;200001;239;322;0;0;0
#S;20060710103525;17;1;0;1;-1577
#U;20060710103525;18;1;1;1
#d;103631;1;1;200001;0;350;0;0;0
#d;103821;2;1;200226;294;381;0;0;0
#d;103949;3;0;200224;196;444;0;0;0
#d;104022;4;1;200223;187;382;0;0;0
#d;104142;5;1;200203;243;342;0;0;0
#d;104357;6;1;200261;253;357;0;0;0
#d;104508;7;1;200263;218;368;0;0;0
#d;104553;8;1;200265;181;353;0;0;0
#d;104710;9;1;200267;265;310;0;0;0
#d;104911;10;1;200555;295;311;0;0;0
#d;104951;11;0;200557;171;340;0;0;0
#d;105002;12;1;200559;128;302;0;0;0
#d;105104;0;1;0;132;0;0;0;0
#d;105126;13;1;200561;74;386;0;0;0

#d;105227;14;0;200563;240;373;0;0;0
#d;105227;0;1;0;42;0;0;0;0
#d;105304;15;0;200565;183;353;0;0;0
#d;105319;16;1;200567;167;379;0;0;0
#d;105411;17;1;200571;174;371;0;0;0
#d;105444;18;1;200573;193;404;0;0;0
#d;105531;19;1;200577;261;391;0;0;0
#d;105627;20;0;200579;172;358;0;0;0
#S;20060710105627;18;1;1;1;-872
#U;20060710105627;19;1;0;1
#p;20060710105700;0;1;2
#d;105925;1;1;200579;197;265;0;0;0
#d;105951;2;0;200575;266;280;0;0;0
#d;110011;3;0;200574;208;242;0;0;0
#d;110037;4;1;200568;252;217;0;0;0
#d;110118;5;1;200566;229;198;0;0;0
#d;110158;6;1;200564;205;238;0;0;0
#d;110250;7;1;200562;238;230;0;0;0
#d;110330;8;1;200558;156;210;0;0;0
#d;110438;9;1;200556;193;278;0;0;0
#d;110650;10;1;200553;272;290;0;0;0
#d;110746;11;1;200268;161;286;0;0;0
#d;110917;12;1;200266;256;317;0;0;0
#d;111016;13;1;200264;212;316;0;0;0
#d;111106;14;1;200262;154;246;0;0;0
#d;111343;15;1;200205;217;283;0;0;0
#d;111516;16;1;200221;244;256;0;0;0
#d;111654;17;1;200225;306;294;0;0;0
#d;111830;18;0;200227;193;274;0;0;0
#d;111917;19;1;200001;222;257;0;0;0
#d;111917;19;1;200001;222;257;0;0;0
#S;20060710111920;19;1;0;1;-895
#U;20060710111920;20;1;1;1
#d;112015;1;1;200001;1;274;0;0;0
#d;112252;2;1;200226;290;352;0;0;0
#d;112402;3;1;200224;180;422;0;0;0
#d;112502;4;1;200223;194;362;0;0;0
#d;112750;5;1;200203;252;410;0;0;0
#d;112940;6;1;200261;258;400;0;0;0
#d;113130;7;1;200263;211;450;0;0;0
#d;113219;8;1;200265;181;439;0;0;0
#d;113334;9;1;200267;267;394;0;0;0
#d;113705;10;1;200555;299;485;0;0;0
#d;113737;11;1;200557;167;517;0;0;0
#d;113804;12;1;200559;129;484;0;0;0
#d;113903;13;1;200561;204;543;0;0;0
#d;114011;14;0;200563;242;537;0;0;0
#d;114011;0;1;0;40;0;0;0;0
#d;114046;15;1;200565;193;526;0;0;0
#d;114118;16;1;200567;156;558;0;0;0
#d;114211;17;1;200571;177;551;0;0;0
#d;114244;18;1;200573;197;584;0;0;0

#d;114325;19;1;200577;251;565;0;0;0
#d;114413;20;1;200579;202;553;0;0;0
#d;114413;20;1;200579;202;553;0;0;0
#S;20060710114415;20;1;1;1;-873
#U;20060710114415;21;1;0;1
#d;114520;1;1;200579;2;320;0;0;0
#d;114543;2;0;200575;266;332;0;0;0
#d;114605;3;0;200574;207;295;0;0;0
#d;114633;4;1;200568;250;273;0;0;0
#d;114732;5;0;200566;254;261;0;0;0
#d;114757;6;0;200564;185;283;0;0;0
#d;114832;7;1;200562;243;272;0;0;0
#d;114912;8;1;200558;150;252;0;0;0
#d;114954;9;1;200556;250;294;0;0;0
#d;115109;10;0;200553;238;235;0;0;0
#d;115243;11;1;200268;141;283;0;0;0
#d;115351;12;1;200266;266;291;0;0;0
#d;115448;13;1;200264;202;288;0;0;0
#d;115638;14;0;200262;185;235;0;0;0
#d;115711;15;1;200205;169;191;0;0;0
#d;115907;16;1;200221;265;187;0;0;0
#d;120026;17;1;200225;299;206;0;0;0
#d;120128;18;1;200227;182;208;0;0;0
#d;120303;19;1;200001;231;183;0;0;0
#d;120303;19;1;200001;231;183;0;0;0
#S;20060710120306;21;1;0;1;-898
#U;20060710120306;22;1;1;1
#d;120359;1;1;200001;1;198;0;0;0
#d;120558;2;1;200226;295;238;0;0;0
#d;120647;3;1;200224;163;287;0;0;0
#d;120745;4;1;200223;216;225;0;0;0
#d;120913;5;1;200203;271;193;0;0;0
#d;121346;6;1;200261;226;346;0;0;0
#d;121515;7;1;200263;222;375;0;0;0
#d;121608;8;1;200265;178;368;0;0;0
#d;121727;9;1;200267;266;327;0;0;0
#d;122112;10;1;200555;299;432;0;0;0
#d;122148;11;1;200557;160;468;0;0;0
#d;122223;12;1;200559;132;443;0;0;0
#d;122316;0;1;0;133;0;0;0;0
#d;122336;13;1;200561;74;516;0;0;0
#d;122505;14;0;200563;246;521;0;0;0
#d;122529;15;0;200565;219;499;0;0;0
#d;122551;16;0;200567;179;517;0;0;0
#d;122617;17;1;200571;163;497;0;0;0
#d;122652;18;1;200573;199;532;0;0;0
#d;122734;19;0;200577;260;504;0;0;0
#d;122802;20;1;200579;188;482;0;0;0
#d;122802;20;1;200579;188;482;0;0;0
#S;20060710122804;22;1;1;1;-875
#U;20060710122804;23;1;0;1
#d;122838;1;1;200579;1;218;0;0;0

#d;122902;2;0;200575;264;230;0;0;0
#d;122922;3;0;200574;218;193;0;0;0
#d;122956;4;0;200568;267;162;0;0;0
#d;123021;5;0;200566;229;130;0;0;0
#d;123039;6;1;200564;177;159;0;0;0
#d;123129;7;1;200562;248;149;0;0;0
#d;123223;8;1;200558;160;143;0;0;0
#d;123307;9;0;200556;211;178;0;0;0
#d;123455;10;0;200553;266;162;0;0;0
#d;123541;11;1;200268;143;161;0;0;0
#d;123739;12;0;200266;285;194;0;0;0
#d;123850;13;0;200264;196;205;0;0;0
#d;123931;14;1;200262;155;151;0;0;0
#d;124057;15;1;200205;197;117;0;0;0
#d;124222;16;1;200221;256;82;0;0;0
#d;124417;17;1;200225;298;137;0;0;0
#d;124503;18;1;200227;183;123;0;0;0
#d;124707;19;1;200001;229;127;0;0;0
#d;124707;19;1;200001;229;127;0;0;0
#S;20060710124707;23;1;0;1;-899
#U;20060710124707;24;1;1;1
#d;124827;1;1;200001;0;166;0;0;0
#d;125003;2;1;200226;296;183;0;0;0
#d;125056;3;0;200224;179;216;0;0;0
#d;125132;4;1;200223;203;152;0;0;0
#d;125235;5;1;200203;243;95;0;0;0
#d;125359;0;1;0;98;0;0;0;0
#d;125508;6;1;200261;155;128;0;0;0
#d;125602;7;1;200263;217;122;0;0;0
#d;125639;8;1;200265;185;99;0;0;0
#d;125743;9;1;200267;267;43;0;0;0
#d;130104;10;1;200555;292;124;0;0;0
#d;130138;11;1;200557;165;158;0;0;0
#d;130213;12;0;200559;136;118;0;0;0
#d;130248;13;1;200561;201;168;0;0;0
#d;130402;14;0;200563;244;171;0;0;0
#d;130423;15;1;200565;234;143;0;0;0
#d;130456;16;1;200567;148;176;0;0;0
#d;130552;17;0;200571;184;155;0;0;0
#d;130610;18;0;200573;194;181;0;0;0
#d;130636;19;0;200577;261;146;0;0;0
#d;130703;20;1;200579;189;123;0;0;0
#S;20060710131000;24;1;1;1;-764
#U;20060710131000;25;1;0;1
#d;131022;1;1;200579;189;22;0;0;0
#d;131045;2;1;200575;277;45;0;0;0
#d;131124;3;0;200574;202;12;0;0;0
#d;131203;4;0;200568;263;-14;0;0;0
#d;131247;5;0;200566;240;-27;0;0;0
#d;131313;6;0;200564;187;-1;0;0;0
#d;131348;7;1;200562;233;-12;0;0;0
#d;131442;8;1;200558;155;-18;0;0;0

#d;131540;9;0;200556;215;26;0;0;0
#d;131557;0;1;0;144;0;0;0;0
#d;131702;10;0;200553;124;-14;0;0;0
#d;131730;11;1;200268;147;-30;0;0;0
#d;131828;12;1;200266;260;-32;0;0;0
#d;131926;13;1;200264;216;-34;0;0;0
#d;132023;14;1;200262;158;-97;0;0;0
#d;132209;15;1;200205;200;-111;0;0;0
#d;132339;16;1;200221;254;-141;0;0;0
#d;132500;17;0;200225;319;-135;0;0;0
#d;132541;18;1;200227;154;-139;0;0;0
#d;132717;19;1;200001;239;-163;0;0;0
#S;20060710133000;25;1;0;1;-948
#U;20060710133000;26;1;1;1
#d;133020;1;1;200001;239;-21;0;0;0
#d;133211;2;1;200226;294;11;0;0;0
#d;133314;3;0;200224;183;54;0;0;0
#d;133350;4;1;200223;199;-10;0;0;0
#d;133524;5;1;200203;245;-36;0;0;0
#d;133659;0;1;0;101;0;0;0;0
#d;133750;6;1;200261;150;-10;0;0;0
#d;133846;7;1;200263;215;-14;0;0;0
#d;133927;8;1;200265;181;-33;0;0;0
#d;134025;9;1;200267;266;-95;0;0;0
#d;134304;10;1;200555;290;-56;0;0;0
#C;20060710134408;1379
#B;20060710134408;1524
#p;20060710134414;0;1;5
#d;134420;11;1;200557;167;20;0;0;0
#d;134456;12;1;200559;132;-4;0;0;0
#d;134607;13;1;200561;202;67;0;0;0
#d;134702;14;0;200563;249;51;0;0;0
#d;134727;15;0;200565;221;16;0;0;0
#d;134745;16;1;200567;166;45;0;0;0
#d;134841;17;0;200571;178;21;0;0;0
#d;134859;18;1;200573;192;59;0;0;0
#d;134943;19;0;200577;263;32;0;0;0
#d;135025;20;1;200579;199;25;0;0;0
#S;20060710135500;26;1;1;1;-848
#U;20060710135500;27;1;0;1
#d;135943;1;1;200579;1101;103;0;0;0
#d;135928;5;1;200566;501;88;0;0;0
#d;140211;8;0;200558;166;102;0;0;0
#d;140232;9;1;200556;180;152;0;0;0
#d;140501;10;0;200553;298;165;0;0;0
#d;140539;11;1;200268;148;159;0;0;0
#d;140646;12;1;200266;259;166;0;0;0
#d;140750;13;1;200264;210;170;0;0;0
#d;140839;14;1;200262;157;99;0;0;0
#d;141047;15;1;200205;201;107;0;0;0
#d;141221;16;1;200221;250;81;0;0;0
#d;141332;17;1;200225;302;92;0;0;0

#d;141432;18;0;200227;193;67;0;0;0
#d;141521;19;0;200001;228;6;0;0;0
#S;20060710141521;27;1;0;1;-909
#U;20060710141521;28;1;1;1
#d;141658;1;1;200001;208;79;0;0;0
#d;141810;2;1;200226;306;70;0;0;0
#d;141930;3;0;200224;195;127;0;0;0
#d;142022;4;0;200223;201;54;0;0;0
#d;142127;5;1;200203;228;27;0;0;0
#d;142323;6;1;200261;253;23;0;0;0
#d;142437;7;1;200263;224;37;0;0;0
#d;142521;8;1;200265;175;21;0;0;0
#d;142626;9;1;200267;268;-34;0;0;0
#d;142911;10;1;200555;288;11;0;0;0
#d;142956;11;1;200557;167;56;0;0;0
#d;143025;12;1;200559;134;25;0;0;0
#d;143137;13;1;200561;957;97;0;0;0
#p;20060710143542;0;1;2
#d;143356;17;1;200571;637;56;0;0;0
#d;143356;20;1;200579;637;-64;0;0;0
#S;20060710144000;28;1;1;1;-789
#U;20060710144000;29;1;0;1
#d;144156;1;1;200579;282;107;0;0;0
#d;144144;2;1;200575;1198;104;0;0;0
#d;144705;8;0;200558;167;93;0;0;0
#d;144732;9;1;200556;174;152;0;0;0
#d;144903;10;1;200553;274;123;0;0;0
#d;144942;11;1;200268;169;102;0;0;0
#d;145106;12;1;200266;260;126;0;0;0
#d;145208;13;1;200264;210;128;0;0;0
#d;145308;14;1;200262;156;68;0;0;0
#d;145511;15;1;200205;194;71;0;0;0
#d;145715;16;1;200221;258;75;0;0;0
#d;145935;17;0;200225;332;120;0;0;0
#d;150013;18;0;200227;170;111;0;0;0
#d;150109;19;0;200001;220;49;0;0;0
#S;20060710150109;29;1;0;1;-885
#U;20060710150109;30;1;1;1
#d;150308;1;1;200001;213;149;0;0;0
#d;150405;2;1;200226;294;125;0;0;0
#d;150513;3;1;200224;171;193;0;0;0
#d;150629;4;1;200223;206;149;0;0;0
#d;150825;5;1;200203;247;145;0;0;0
#d;150942;0;1;0;83;0;0;0;0
#d;151102;6;1;200261;171;182;0;0;0
#d;151213;7;1;200263;220;193;0;0;0
#d;151314;8;1;200265;179;194;0;0;0
#d;151432;9;1;200267;268;152;0;0;0
#d;151711;10;1;200555;291;191;0;0;0
#d;151756;11;0;200557;174;222;0;0;0
#d;151811;12;1;200559;123;191;0;0;0
#d;151914;0;1;0;136;0;0;0;0

#d;151933;13;1;200561;65;273;0;0;0
#d;152030;14;0;200563;249;257;0;0;0
#d;152056;15;1;200565;231;236;0;0;0
#d;152132;16;1;200567;155;272;0;0;0
#d;152228;17;1;200571;175;268;0;0;0
#d;152304;18;1;200573;574;304;0;0;0
#S;20060710152500;30;1;1;1;-792
#U;20060710152500;31;1;0;1
#d;152855;1;1;200579;554;154;0;0;0
#d;152926;4;1;200568;251;146;0;0;0
#d;153015;5;1;200566;232;135;0;0;0
#d;153108;6;0;200564;209;171;0;0;0
#d;153149;7;1;200562;240;169;0;0;0
#d;153242;8;1;200558;157;162;0;0;0
#d;153348;9;1;200556;184;228;0;0;0
#d;153435;0;1;0;163;0;0;0;0
#d;153518;10;1;200553;111;198;0;0;0
#d;153735;11;1;200268;189;275;0;0;0
#d;153927;12;1;200266;240;327;0;0;0
#d;154034;13;1;200264;214;334;0;0;0
#d;154128;14;1;200262;153;268;0;0;0
#d;154409;15;1;200205;207;309;0;0;0
#d;154549;16;1;200221;244;289;0;0;0
#d;154654;17;1;200225;300;294;0;0;0
#d;154748;18;1;200227;187;288;0;0;0
#d;154852;19;0;200001;234;217;0;0;0
#S;20060710154852;31;1;0;1;-895
#U;20060710154852;32;1;1;1
#d;154958;1;1;200001;231;257;0;0;0
#d;155137;2;1;200226;287;277;0;0;0
#d;155237;3;1;200224;170;337;0;0;0
#d;155344;4;1;200223;211;284;0;0;0
#d;155524;5;1;200203;241;264;0;0;0
#d;155748;6;1;200261;262;288;0;0;0
#d;155848;7;1;200263;206;288;0;0;0
#d;155944;8;1;200265;188;284;0;0;0
#d;160054;9;1;200267;274;234;0;0;0
#d;160319;10;1;200555;289;259;0;0;0
#d;160414;11;1;200557;166;314;0;0;0
#d;160446;12;1;200559;133;286;0;0;0
#d;160548;0;1;0;135;0;0;0;0
#d;160615;13;0;200561;72;360;0;0;0
#d;160650;14;0;200563;243;338;0;0;0
#d;160714;15;1;200565;230;314;0;0;0
#d;160747;16;1;200567;159;347;0;0;0
#d;160839;17;1;200571;172;339;0;0;0
#d;160917;18;1;200573;573;377;0;0;0
#S;20060710161048;32;1;1;1;-874
#U;20060710161048;33;1;0;1
#d;161700;1;1;200579;1642;120;0;0;0
#d;161722;9;1;200556;189;142;0;0;0
#d;161810;0;1;0;180;0;0;0;0

#d;161901;10;1;200553;92;121;0;0;0
#d;161947;11;1;200268;169;107;0;0;0
#d;162124;12;1;200266;258;144;0;0;0
#d;162233;13;0;200264;219;133;0;0;0
#d;162309;14;1;200262;151;69;0;0;0
#d;162531;15;1;200205;198;91;0;0;0
#d;162740;16;1;200221;253;100;0;0;0
#d;162853;17;1;200225;296;113;0;0;0
#d;162955;18;1;200227;185;115;0;0;0
#d;163118;19;0;200001;241;64;0;0;0
#S;20060710163118;33;1;0;1;-907
#U;20060710163118;34;1;1;1
#d;163243;1;1;200001;224;120;0;0;0
#d;163356;2;1;200226;304;116;0;0;0
#d;163446;3;1;200224;172;166;0;0;0
#d;163557;4;1;200223;209;117;0;0;0
#d;163742;5;1;200203;243;102;0;0;0
#d;164024;6;1;200261;243;144;0;0;0
#d;164154;7;1;200263;223;174;0;0;0
#d;164246;8;1;200265;186;166;0;0;0
#d;164359;9;1;200267;268;119;0;0;0
#d;164719;10;1;200555;291;199;0;0;0
#d;164759;11;1;200557;162;239;0;0;0
#d;164850;12;0;200559;143;205;0;0;0
#d;164923;13;1;200561;949;263;0;0;0
#d;165201;17;1;200571;624;241;0;0;0
#S;20060710165500;34;1;1;1;-780
#U;20060710165500;35;1;0;1
#d;165951;1;1;200579;1247;91;0;0;0
#d;170039;7;0;200562;258;82;0;0;0
#d;170109;8;1;200558;137;69;0;0;0
#d;170211;9;1;200556;188;131;0;0;0
#d;170333;10;0;200553;294;73;0;0;0
#d;170534;11;1;200268;151;154;0;0;0
#d;170725;12;1;200266;258;205;0;0;0
#d;170813;13;1;200264;213;193;0;0;0
#d;170910;14;1;200262;158;130;0;0;0
#d;171043;15;1;200205;185;103;0;0;0
#d;171227;16;1;200221;263;87;0;0;0
#d;171403;17;0;200225;320;107;0;0;0
#d;171544;18;0;200227;170;77;0;0;0
#d;171638;19;1;200001;224;98;0;0;0
#d;171638;19;1;200001;224;98;0;0;0
#S;20060710171639;35;1;0;1;-898
#U;20060710171639;36;1;1;1
#d;171747;1;1;200001;1;128;0;0;0
#d;171933;2;1;200226;296;153;0;0;0
#d;172014;3;1;200224;173;194;0;0;0
#d;172104;4;1;200223;208;124;0;0;0
#d;172210;5;1;200203;242;70;0;0;0
#d;172449;6;1;200261;252;109;0;0;0
#d;172545;7;1;200263;211;105;0;0;0

#d;172631;8;1;200265;190;91;0;0;0
#d;172723;9;1;200267;263;23;0;0;0
#d;172916;10;1;200555;289;16;0;0;0
#d;173028;11;1;200557;170;88;0;0;0
#d;173104;12;0;200559;143;49;0;0;0
#d;173144;13;1;200561;190;104;0;0;0
#d;173239;14;0;200563;246;85;0;0;0
#d;173307;15;1;200565;231;67;0;0;0
#d;173350;16;0;200567;167;91;0;0;0
#d;173423;17;0;200571;172;67;0;0;0
#d;173440;18;1;200573;187;100;0;0;0
#d;173526;19;0;200577;273;76;0;0;0
#d;173602;20;1;200579;191;62;0;0;0
#S;20060710174000;36;1;1;1;-789
#U;20060710174000;37;1;0;1
#d;174147;1;1;200579;191;107;0;0;0
#d;174212;2;1;200575;271;132;0;0;0
#d;174250;3;1;200574;187;110;0;0;0
#d;174341;4;1;200568;269;101;0;0;0
#d;174517;5;0;200566;251;123;0;0;0
#d;174542;6;0;200564;186;149;0;0;0
#d;174616;7;1;200562;236;136;0;0;0
#d;174712;8;1;200558;159;132;0;0;0
#d;174803;9;0;200556;212;171;0;0;0
#d;174913;10;0;200553;270;118;0;0;0
#d;174940;11;1;200268;151;100;0;0;0
#d;175057;12;1;200266;255;117;0;0;0
#d;175158;13;1;200264;210;118;0;0;0
#d;175257;14;1;200262;163;57;0;0;0
#d;175447;15;1;200205;194;47;0;0;0
#d;175702;16;1;200221;259;62;0;0;0
#d;175822;17;1;200225;295;82;0;0;0
#d;175914;18;1;200227;183;74;0;0;0
#d;180042;19;1;200001;232;42;0;0;0
#d;180042;19;1;200001;232;42;0;0;0
#S;20060710180042;37;1;0;1;-901
#U;20060710180042;38;1;1;1
#d;180200;1;1;200001;0;80;0;0;0
#d;180345;2;1;200226;288;105;0;0;0
#d;180441;3;1;200224;180;161;0;0;0
#d;180554;4;1;200223;206;114;0;0;0
#N;20060710180743;1
#d;180722;5;1;200203;245;82;0;0;0
#d;181020;6;1;200261;252;140;0;0;0
#d;181150;7;0;200263;226;151;0;0;0
#d;181216;8;1;200265;170;136;0;0;0
#d;181319;9;1;200267;256;79;0;0;0
#d;181434;0;1;0;160;0;0;0;0
#d;181516;10;1;200555;145;76;0;0;0
#d;181551;11;1;200557;165;111;0;0;0
#d;181623;12;1;200559;132;83;0;0;0
#d;181735;13;0;200561;209;140;0;0;0

#d;181819;14;0;200563;246;124;0;0;0
#d;181847;15;1;200565;227;107;0;0;0
#d;181930;16;0;200567;165;134;0;0;0
#d;182006;17;0;200571;168;106;0;0;0
#d;182025;18;1;200573;188;145;0;0;0
#d;182111;19;1;200577;257;131;0;0;0
#p;20060710182219;0;1;2
#d;182200;20;1;200579;204;120;0;0;0
#S;20060710182500;38;1;1;1;-794
#U;20060710182500;39;1;0;1
#d;182630;1;1;200579;205;90;0;0;0
#d;182657;2;0;200575;274;105;0;0;0
#d;182721;3;0;200574;211;70;0;0;0
#d;182752;4;1;200568;245;52;0;0;0
#d;182849;5;0;200566;250;36;0;0;0
#d;182917;6;0;200564;186;63;0;0;0
#d;183006;7;0;200562;257;48;0;0;0
#d;183037;8;1;200558;141;37;0;0;0
#d;183114;9;1;200556;181;74;0;0;0
#d;183304;10;0;200553;299;47;0;0;0
#d;183339;11;1;200268;146;39;0;0;0
#d;183502;12;0;200266;278;53;0;0;0
#d;183558;13;0;200264;207;27;0;0;0
#d;183629;14;1;200262;144;-31;0;0;0
#d;183759;15;1;200205;200;-61;0;0;0
#d;183938;16;1;200221;254;-82;0;0;0
#d;184055;17;1;200225;298;-65;0;0;0
#d;184158;18;1;200227;183;-62;0;0;0
#d;184444;19;1;200001;231;-16;0;0;0
#S;20060710184500;39;1;0;1;-977
#U;20060710184500;40;1;1;1
#d;184557;1;1;200001;233;17;0;0;0
#d;184741;2;1;200226;289;41;0;0;0
#d;184841;3;1;200224;173;101;0;0;0
#d;184944;4;1;200223;208;44;0;0;0
#d;185105;5;1;200203;245;5;0;0;0
#d;185327;6;1;200261;252;27;0;0;0
#d;185431;7;1;200263;220;31;0;0;0
#d;185527;8;0;200265;193;9;0;0;0
#d;185612;9;1;200267;253;-48;0;0;0
#d;185912;10;1;200555;292;12;0;0;0
#d;185949;11;1;200557;165;49;0;0;0
#d;190031;12;0;200559;141;14;0;0;0
#d;190116;13;1;200561;191;76;0;0;0
#d;190218;14;1;200563;284;78;0;0;0
#d;190259;15;0;200565;185;46;0;0;0
#d;190316;16;1;200567;167;76;0;0;0
#d;190420;17;0;200571;182;63;0;0;0
#d;190439;18;0;200573;188;89;0;0;0
#d;190505;19;0;200577;269;54;0;0;0
#d;190541;20;1;200579;190;41;0;0;0
#S;20060710191000;40;1;1;1;-796

#U;20060710191000;41;1;0;1
#d;191114;1;1;200579;190;74;0;0;0
#d;191143;2;0;200575;271;90;0;0;0
#d;191210;3;0;200574;207;58;0;0;0
#d;191252;4;0;200568;262;32;0;0;0
#d;191321;5;1;200566;216;21;0;0;0
#d;191415;6;0;200564;212;59;0;0;0
#d;191458;7;1;200562;241;58;0;0;0
#d;191548;8;1;200558;152;48;0;0;0
#d;191636;9;0;200556;217;83;0;0;0
#d;191731;10;0;200553;267;10;0;0;0
#d;191935;11;1;200268;150;95;0;0;0
#d;192106;12;0;200266;300;109;0;0;0
#d;192159;13;0;200264;175;86;0;0;0
#d;192220;14;1;200262;152;20;0;0;0
#d;192434;15;1;200205;202;34;0;0;0
#d;192613;16;1;200221;249;13;0;0;0
#d;192742;17;1;200225;298;42;0;0;0
#d;192838;18;1;200227;183;38;0;0;0
#d;193032;19;1;200001;235;32;0;0;0
#d;193032;19;1;200001;235;32;0;0;0
#S;20060710193034;41;1;0;1;-894
#U;20060710193034;42;1;1;1
#d;193146;1;1;200001;1;66;0;0;0
#d;193307;2;0;200226;239;26;0;0;0
#d;193336;2;1;200226;53;96;0;0;0
#d;193446;3;1;200224;177;166;0;0;0
#d;193536;4;1;200223;204;96;0;0;0
#d;193656;5;1;200203;247;56;0;0;0
#d;193842;6;1;200261;251;42;0;0;0
#d;193949;7;1;200263;215;49;0;0;0
#d;194038;8;1;200265;180;38;0;0;0
#d;194143;9;1;200267;268;-17;0;0;0
#d;194515;10;1;200555;296;75;0;0;0
#d;194620;11;1;200557;161;140;0;0;0
#d;194711;12;0;200559;150;113;0;0;0
#d;194811;13;1;200561;193;191;0;0;0
#d;194910;14;0;200563;247;176;0;0;0
#d;194938;15;0;200565;218;146;0;0;0
#d;194955;16;1;200567;162;175;0;0;0
#d;195056;17;0;200571;180;156;0;0;0
#d;195117;18;0;200573;200;186;0;0;0
#d;195142;19;1;200577;241;162;0;0;0
#p;20060710195242;0;1;2
#d;195237;20;1;200579;210;157;0;0;0
#S;20060710195500;42;1;1;1;-790
#U;20060710195500;43;1;0;1
#d;195542;1;1;200579;211;42;0;0;0
#d;195610;2;0;200575;270;57;0;0;0
#d;195634;3;0;200574;207;23;0;0;0
#d;195716;4;0;200568;269;0;0;0;0
#d;195748;5;0;200566;236;-25;0;0;0

#d;195814;6;0;200564;186;-1;0;0;0
#d;195859;7;0;200562;257;-15;0;0;0
#d;195937;8;1;200558;137;-23;0;0;0
#d;200042;9;0;200556;217;30;0;0;0
#d;200302;10;0;200553;266;43;0;0;0
#d;200339;11;1;200268;150;39;0;0;0
#d;200504;12;0;200266;279;46;0;0;0
#d;200620;13;0;200264;196;51;0;0;0
#d;200651;14;1;200262;157;-9;0;0;0
#d;200904;15;1;200205;196;4;0;0;0
#d;201044;16;0;200221;287;-36;0;0;0
#d;201127;17;1;200225;265;-33;0;0;0
#d;201215;18;1;200227;180;-45;0;0;0
#d;201428;19;1;200001;235;-32;0;0;0
#S;20060710201500;43;1;0;1;-977
#U;20060710201500;44;1;1;1
#d;201605;1;1;200001;235;25;0;0;0
#d;201720;2;1;200226;288;20;0;0;0
#d;201813;3;0;200224;216;59;0;0;0
#d;201846;4;0;200223;189;-33;0;0;0
#d;201920;5;0;200203;231;-101;0;0;0
#d;201935;5;1;200203;7;-85;0;0;0
#d;202322;6;0;200261;243;-16;0;0;0
#d;202359;7;1;200263;229;-1;0;0;0
#d;202440;8;1;200265;178;-20;0;0;0
#d;202539;9;1;200267;264;-81;0;0;0
#d;202910;10;0;200555;298;-9;0;0;0
#d;202926;11;0;200557;165;17;0;0;0
#d;202945;12;0;200559;138;-30;0;0;0
#d;203018;13;1;200561;188;18;0;0;0
#d;203129;14;0;200563;253;17;0;0;0
#d;203153;15;0;200565;224;-17;0;0;0
#d;203216;16;0;200567;179;1;0;0;0
#d;203248;17;0;200571;161;-30;0;0;0
#d;203303;18;1;200573;187;3;0;0;0
#d;203346;19;0;200577;273;-24;0;0;0
#d;203411;20;1;200579;194;-49;0;0;0
#S;20060710203432;44;1;1;1;-769
#P;20060710203432
#d;203902;0;1;0;2033;0;0;0;0
#K;20060710204000;1928
#P;20060710204000
#d;204000;0;1;0;0;0;0;0;0
#K;20060710204001;0
#t;20060710204001;t;101
#P;20060710204001
#p;20060710204516;0;1;2
#p;20060710204604;0;1;2
#d;204001;0;1;0;142;0;0;0;0
#K;20060710212601;142
#C;20060710212601;1524
#L;20060710212601;170048