

Un metodo per la valutazione dell'effetto frequenza sul tempo di viaggio complessivo

A method for evaluating the frequency effect on the overall travel time

Dott. Ing. Francesca CIUFFINI^(*)

Sommario - In questo articolo viene proposto un metodo per valutare, per una determinata relazione origine destinazione, l'effetto della frequenza di un servizio di trasporto sul tempo di viaggio complessivo.

In particolare viene proposta una formula per il calcolo dello "sfasamento temporale" tra desideri del viaggiatore ed orario, che tiene conto oltre che della frequenza dei servizi anche dell'adattabilità d'orario da parte del viaggiatore. Lo sfasamento temporale calcolato con tale formula è da aggiungere al tempo di viaggio a bordo del mezzo di trasporto prescelto, in alternativa al tempo di attesa medio, nel caso di servizi a frequenze sufficientemente basse da escludere un accesso al servizio di tipo casuale, come nel caso ad esempio di servizi ferroviari a media-lunga percorrenza.

Con la formula proposta, vengono determinati i valori dello sfasamento temporale medio, nei casi di servizi a intervalli uniformi e non uniformi e nel caso di servizi che prevedano l'alternanza di servizi a differente velocità, al variare dei valori di frequenza e adattabilità d'orario dei viaggiatori.

Un esempio applicativo chiarisce le possibilità di impiego della formula, che consente di trasformare la frequenza in unità di tempo equivalenti, da sommare al tempo di viaggio, nei casi in cui si vogliono valutare gli effetti di variazioni della frequenza o più in generale valutare l'attrattività relativa di strutture d'orario alternative.

I ragionamenti sono presentati con riferimento al caso di servizi ferroviari, ma sono più in generale estendibili al caso di servizi di linea nel campo delle frequenze medio-basse, come ad esempio nel caso di servizi extraurbani su gomma.

1. Introduzione

Nel confrontare le prestazioni offerte da un servizio ferroviario e da un mezzo di trasporto alternativo, il viag-

Summary - In this article, a method to evaluate the effect of the frequency of transport service on the overall travel time is proposed for a given origin destination connection.

In particular, a formula for the calculation of the "time displacement" is proposed between the traveller's desires and timetable, which takes into account the traveller's time adaptability as well as the frequency of services. Time displacement calculated with this formula is to be added to the on board travel time of the chosen transport means, as an alternative to the average waiting time, in case of services with low enough frequencies to exclude random access to service, as is the case for example of medium-long distance railway services.

With the formula proposed, the values of average time displacement are determined, in cases of uniform and non-uniform interval services and in the case of services involving the alternation of services at different speeds, with varying frequency values and travellers' time adaptability.

An application example clarifies the potential use of the formula, which transforms the frequency in equivalent unit of time, to sum to the travel time, in cases where we want to assess the effects of changes in the frequency or more generally evaluate the relative attractiveness of alternative timetable structures.

The arguments are presented with reference to the case of railway services, but are more generally extensible to scheduled services in the field of medium-low frequencies, such as in the case of road-based extra-urban services.

1. Introduction

Comparing the services offered by a rail service and by an alternative means of transport, the traveller that must

^(*) RFI, Direzione Commerciale ed Esercizio Rete, Roma.

^(*) RFI, Commercial and Network Management, Rome.

giatore che debba effettuare la propria scelta modale prende in genere in considerazione, oltre al tempo di viaggio a bordo del treno, anche altri elementi del fattore tempo. Tra questi:

- 1) il tempo per raggiungere la fermata dal punto di partenza del proprio spostamento (e analogamente dalla fermata di arrivo alla destinazione finale)⁽¹⁾;
- 2) il tempo "sprecato" per la eventuale non aderenza degli orari alle proprie esigenze di spostamento o in attesa del proprio treno [4].

Si tratta di elementi del fattore tempo che caratterizzano rispettivamente l'accessibilità spaziale e l'accessibilità temporale del servizio offerto e che possono essere determinanti nella scelta modale da parte dei singoli viaggiatori. Così uno stesso servizio può risultare più o meno appetibile a seconda che ci si debba spostare da centro a centro città oppure tra località situate in posizione decentrata e mal collegate rispetto alle stazioni servite dal treno che si desidera utilizzare. Così come uno stesso servizio può essere scelto oppure no a seconda che consenta o meno di arrivare al momento desiderato.

Nell'articolo viene approfondito questo secondo aspetto, più strettamente connesso con la struttura dell'orario offerto: viene cioè analizzato in che modo una maggiore o minore accessibilità temporale del servizio si traduca in un tempo che, nella mente del viaggiatore, va di fatto a sommarsi al tempo di viaggio a bordo del treno. Viene cioè affrontato il problema di come trasformare la frequenza in equivalenti unità di tempo da sommare al tempo di viaggio.

È questo un problema che si presenta ogni qualvolta si vogliono simulare gli effetti di un aumento della frequenza del servizio, mediante modelli che stimino la diversione modale dalla gomma al ferro, oppure confrontare la qualità trasportistica di strutture d'orario alternative, in termini di frequenza e velocità dei servizi [1], valutandone l'attrattività relativa sulle diverse relazioni servite.

Le variabili che verranno prese in considerazione sono la frequenza del servizio e l'"adattabilità d'orario" da parte del viaggiatore, cioè la possibilità di adattare i propri programmi e i propri spostamenti all'orario del treno.

L'analisi è condotta con riferimento al caso di servizi *omotachici* a intervalli uniformi e non uniformi e successivamente estesa anche al caso di schemi di orario che prevedano l'alternanza di servizi a differente velocità.

Per chiarire l'ambito di applicazione della formula proposta, viene presentato una possibile caso applicativo, che mette a confronto ipotesi progettuali alternative di struttura d'orario.

make its own modal choice typically also takes into account other elements of the time factor, in addition to travel time on the train. Among these:

- 1) *time to reach the stop from the starting point of own travel (and similarly from the arrival stop to the final destination)⁽¹⁾;*
- 2) *time "wasted" due to possible non-compliance of shift needs or waiting for own train [4].*

It involves time factors characterising respectively spatial accessibility and temporal accessibility of the service provided and that can be decisive in the modal choice by individual travellers. Thereby the same service can be more or less desirable depending on whether we need to move from Centre to City Centre or between places located in a decentralised and poorly connected position compared to stations served by the train that we want to use. Just as the same service can be chosen or not depending on whether or not it allows arriving at the desired time.

This second aspect is analysed in this article, more closely associated with the structure of the schedule offered: that is to say how a greater or lesser service time accessibility is translated into a time that, in the mind of the traveller, is in fact to add to the travel time on board the train. The problem of how to turn frequency in equivalent units of time to add to the travel time is addressed.

This is a problem that occurs whenever we want to simulate the effects of an increase in the frequency of service, using models that estimate the modal diversion from road to rail, or compare the transport quality of alternative schedule structures, in terms of frequency and speed of services [1], evaluating the relative attractiveness on different connections served.

The variables to be taken into account are the frequency of service and the traveller "timetable adaptability" that is, the ability to adjust its programmes and movements to the train schedule.

The analysis is conducted with reference to the case of equal-speed services at uniform and non-uniform intervals and later extended to time schemes that provide the alternation of services at different speed.

In order to clarify the scope of the proposed formula a possible application case is presented, which compares alternative design hypothesis of the time structure.

2. Access mode to the service

The first element to consider is how we reach the station to catch the train: randomly (random access) or sched-

⁽¹⁾ Si veda CRISALLI e GANGEMI in [2], dove vengono analizzate e modellizzate le differenti modalità di accesso/egresso alle stazioni, in relazione anche alla dimensione dell'ambito urbano.

⁽¹⁾ See CRISALLI and GANGEMI in [2], where different access/egress methods to stations are analysed and modelled, also in relation to the dimension of the urban setting.

2. Modalità di accesso al servizio

Il primo elemento da prendere in considerazione è in che modo ci si reca alla stazione per prendere il treno: in maniera casuale (accesso *random*) o ad orario (accesso *mirato*)⁽²⁾. Il primo caso si verifica per lo più quando le frequenze sono alte e si sa che, male che vada, non si aspetterà più di tanto: ad esempio nel caso di un servizio metropolitano. Il secondo caso si verifica invece quando le frequenze sono più basse e ci si reca alla stazione ad un orario prestabilito, in funzione della prevista partenza del treno, ad esempio nel caso di servizi ferroviari di media-lunga percorrenza.

3. Tempo di attesa o sfasamento temporale?

A seconda dei due casi varia la *natura* e l'*entità* del tempo non speso a bordo del treno, che viene comunque considerato nel computo del tempo complessivo, nel confronto delle prestazioni con un altro mezzo di trasporto.

Nel primo caso è il *tempo di attesa* del treno che va a sommarsi al tempo di viaggio e che può variare tra un valore nullo e un valore pari a I , cioè all'intervallo temporale tra un treno e l'altro (inverso della frequenza), a seconda che si arrivi proprio mentre il treno sta per partire oppure un attimo dopo che sia partito. Statisticamente si può considerare, in questo caso, un tempo di attesa medio, pari alla metà dell'intervallo I tra un treno e il successivo.

Il tempo complessivo (che qui consideriamo da stazione a stazione, visto che ci si stiamo occupando solamente dell'accessibilità temporale), sarà pari a:

$$T_{\text{tot}} = T_{\text{viaggio}} + T_{\text{attesa}} \quad (1)$$

e dunque:

$$T_{\text{tot}} = T_{\text{viaggio}} + I/2 \quad (2)$$

Nel secondo caso, quando ci si reca alla stazione ad orario, il tempo di attesa è diverso, perché si va con l'obiettivo di prendere il treno ad un orario prestabilito. Il tempo di attesa sarà quello stabilito dal viaggiatore, a seconda dell'anticipo di sicurezza (ANT) che si vorrà dare rispetto alla partenza del treno⁽³⁾:

$$T_{\text{attesa}} = \text{ANT} \quad (3)$$

uled (targeted access)⁽²⁾. The first case occurs mostly when the frequencies are high and we know that, worst come worst, we will not wait too long: for example, in the case of an underground service. The second scenario occurs when the frequencies are lower and we reach the station at a predetermined time, depending on the scheduled departure of the train, for example in the case of medium-long railway route services.

3. Waiting time or time displacement?

Depending on the two cases the nature and the amount of time spent not on board varies, which is however considered in the calculation of the total time, in comparing performance with another means of transport.

In the first case, the waiting time of the train that is going to add up to the travel time, which can vary between a zero value and a value of I , that is, the time interval between a train and the other (inverse of frequency), depending on whether we arrive just as the train is about to leave or a moment after it has departed.

Statistically we can consider, in this case, an average waiting time equal to half of interval I between a train and the next one.

The overall time (which here we consider from station to station, since we are only dealing with temporal accessibility), will be equal to:

$$T_{\text{tot}} = T_{\text{travel}} + T_{\text{wait}} \quad (1)$$

and therefore:

$$T_{\text{tot}} = T_{\text{travel}} + I/2 \quad (2)$$

In the second case, when we go to the station on schedule, the waiting time is different because we go with the aim of taking the train at a predetermined hour. The waiting time shall be that established by the traveller, according to the safety advance (ANT) that we will want to give with respect to the departure of the train⁽³⁾:

$$T_{\text{wait}} = \text{ANT} \quad (3)$$

Here an additional time element actually adds to the overall time that is not spent neither on board the train, nor necessarily in the railway station: it is the time displacement (TD) between the travel needs of the traveller and the

⁽²⁾ Si veda per questo ad esempio WARDMAN in [6]. NUZZOLO e Russo in [5] considerano in relazione alla frequenza (alta o media-bassa) due differenti modelli di scelta (adattiva o consuntiva) e differenti approcci nei modelli di offerta e assegnazione, anche in relazione al tipo di rappresentazione dell'offerta (a corse o a linee). Ne conseguono l'approccio ad orario, a frequenza o ad ipercammino.

⁽³⁾ Il concetto di anticipo consente peraltro di definire anche il passaggio da un sistema di accesso casuale ad uno mirato: quando l'anticipo con cui si recherebbe alla stazione è dell'ordine della metà dell'intervallo temporale tra un treno e l'altro.

⁽²⁾ Please see WARDMAN for this for example in [6]. NUZZOLO and Russo in [5] consider in relation to frequency (high or medium-low) two different choice models (adaptive or final) and different approaches in offer and allocation models, also in relation to the type of representation of the offer (runs or lines). There is a consequent schedule, frequency or hyper-path approach.

⁽³⁾ The advance concept also allows defining the transit from a random access system to a targeted one: when the advance time with which it would go to the station is half the time interval between one train and the other.

Qui in realtà si va ad aggiungere nel tempo complessivo, un ulteriore elemento temporale, che non viene speso né a bordo del treno, né necessariamente in stazione: è lo sfasamento temporale (ST) tra le esigenze di viaggio del viaggiatore e l'orario del treno, cioè la differenza tra quest'ultimo e l'orario desiderato di partenza/arrivo⁽⁴⁾:

$$T_{\text{tot}} = T_{\text{viaggio}} + \text{ANT} + ST \quad (2a)$$

Lo sfasamento temporale dipende dalla frequenza del servizio, dalle esigenze di viaggio del singolo viaggiatore e dalla sua adattabilità di orario (A), cioè dalla flessibilità con cui egli può modificare i propri programmi di viaggio.

Capire che valore dare allo sfasamento temporale, in funzione della frequenza, diventa dunque importante quando si ha a che fare con frequenze basse. È quello che succede ad esempio nel caso dei servizi ferroviari di media-lunga percorrenza.

4. Sfasamento temporale in caso di adattabilità nulla ($A=0$)

Per seguire meglio il ragionamento, consideriamo il caso di un viaggiatore che abbia una adattabilità nulla, cioè che non possa modificare i propri programmi di viaggio: deve arrivare a destinazione ad un'ora ben precisa e non può né posticipare, né anticipare il proprio appuntamento⁽⁵⁾.

Consideriamo ora il caso di un servizio quadri-orario (con struttura delle fermate e tempo di percorrenza costanti), avente i seguenti orari di arrivo a destinazione:

$$T_{\text{orario}} = \{8.00; 12.00; 16.00; 20.00\}$$

Immaginiamo che un viaggiatore voglia arrivare alle 15.00, che cioè il suo orario desiderato sia $T_{\text{DES1}} = 15.00$. Il treno più vicino al suo orario desiderato è quello che arriva alle 16.00, che però è troppo tardi (vedi prima parte di fig. 1). Sarà quindi costretto a prendere il treno precedente, cioè quello delle 12.00: il suo sfasamento temporale ST_1 sarà pari a tre ore.

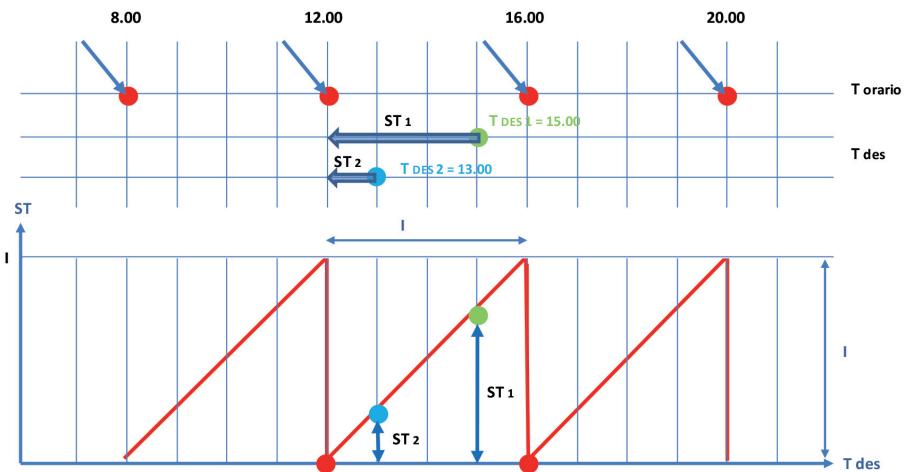


Fig. 1 – Sfasamento temporale ($A=0$).
Fig. 1 – Time displacement ($A=0$).

train timetable, i.e. the difference between the latter and the desired time of departure / arrival⁽⁴⁾:

$$T_{\text{tot}} = T_{\text{travel}} + \text{ANT} + ST \quad (2a)$$

Time displacement depends on the frequency of the service, on the travel needs of the individual traveller and its time adaptability (A), i.e. the flexibility with which its travel plans can be modified.

Understanding what value to give to temporal displacement as a function of frequency hence becomes important when dealing with low frequencies. It is what happens for example in the case of medium-long haul railway services.

4. Time displacement in case of zero adaptability ($A=0$)

To better follow the line of reasoning, let us consider the case of a traveller with zero adaptability i.e. that cannot change its travel plans: it must arrive at destination at a specific time and can neither delay nor anticipate its appointment⁽⁵⁾.

Let us now consider the case of a four-hour service (with constant stop structure and travel time), with the following times of arrival at destination:

$$T_{\text{time}} = \{8.00; 12.00; 16.00; 20.00\}$$

Let us suppose a traveller wants to arrive at 15.00, i.e.

⁽⁴⁾ In [4], viene presentato da NUZZOLO, CRISALLI e GANGEMI un modello di simulazione della scelta modale, che considera questo parametro piuttosto che una generica frequenza media, per valutare la convenienza ad usare un singolo treno. Per tenere conto della differenza tra orario del treno e orari desiderati dai viaggiatori, viene in particolare considerata la "penalità" di ritardo/anticipo, a partire da una distribuzione rilevata mediante indagini campionarie.

⁽⁵⁾ È quello che succede ad esempio quando il viaggiatore deve prendere un aereo o una coincidenza con un altro treno.

⁽⁴⁾ In [4], a simulation model of the modal choice is represented by NUZZOLO, CRISALLI and GANGEMI that considers this parameter rather than an average generic frequency, to evaluate the convenience of using a single train. In order to take into account the difference between train schedule and schedules desired by travellers, the delay/advance "penalty" in particular is considered starting from a distribution found using sample investigations.

⁽⁵⁾ This is what happens for example when the traveller must take an airplane or a connection with another train.

Un secondo viaggiatore deve invece arrivare alle 13.00 (è cioè $T_{DES2} = 13.00$): il suo sfasamento temporale sarà dunque minore e cioè pari a un'ora, con il treno in arrivo alle 12.00.

In generale lo sfasamento temporale sarà dato dalla differenza tra l'orario di arrivo a destinazione desiderato e l'orario di arrivo del treno; quest'ultimo sarà il più grande tra tutti quelli che consentono di arrivare in tempo utile rispetto alle proprie esigenze:

$$ST = T_{DES} - \max \{T_{orario_i} \leq T_{DES}\} \quad (4)$$

Lo sfasamento temporale ST potrà dunque variare tra zero e un massimo pari all'intervallo I, con un andamento lineare, come riportato nel grafico di figura 1, in funzione dell'orario desiderato, dati gli orari di arrivo del treno.

Lo sfasamento temporale medio con $A=0$, nell'ipotesi che vi sia una distribuzione uniforme dei desideri di viaggio, sarà calcolabile dall'area dei triangoli diviso I:

$$ST_{medio} = I^2/2I = I/2 \quad (5)$$

dunque pari a $I/2$, come nel caso della (2).

Il ragionamento è speculare ma del tutto analogo, nel caso in cui l'esigenza di viaggio si misuri sull'orario di partenza del treno, piuttosto che su quello di arrivo a destinazione, come può essere più frequentemente per il viaggio di ritorno: il caso di adattabilità d'orario nulla è ad esempio, in questo caso, quando non si può partire prima che abbia termine un dato evento.

5. Sfasamento temporale in caso di adattabilità non nulla ($A \neq 0$)

In realtà, non sempre il viaggiatore si trova nella condizione sopra descritta. Egli ha in parte la possibilità di modificare i propri programmi, con una flessibilità che può variare a seconda dei casi e del motivo dello spostamento.

Immaginiamo ad esempio il caso di viaggiatori che abbiano la possibilità di spostare il proprio appuntamento al massimo di un'ora. Consideriamo allora, nell'ipotesi $A=1.00$, lo stesso caso di prima (fig. 2):

- il viaggiatore 1, che deve arrivare alle 15.00, chiederà il *posticipo* di un'ora del proprio appuntamento;
- il viaggiatore 2, che deve arrivare alle 13.00, chiederà al contrario un *anticipo* di un'ora.

Entrambi avranno ridotto a zero il proprio sfasamento temporale, perché potranno prendere rispettivamente il treno che arriva a destinazione alle 16.00 e quello che arriva alle 12.00.

its desired time is $T_{DES1} = 15.00$. The train closer to its desired schedule is the one arriving at 16.00, but it is too late (see first part of fig. 1). Hence the traveller will be forced to take the earlier train, i.e. 12.00 o'clock one: its time displacement ST_1 will be equal to three hours.

A second traveller must instead arrive at 13.00 (i.e. it is $T_{DES2} = 13.00$): its temporal displacement will be minor and that is equal to an hour, with the train arriving at 12.00.

In general the time displacement is given by the difference between the desired time of arrival at destination and the arrival time of the train; the latter will be the longest among all those that allow arriving in time compared to own needs:

$$ST = T_{DES} - \max \{T_{time_i} \leq T_{DES}\} \quad (4)$$

The time displacement ST may therefore vary between zero and a maximum equal to interval I , with a linear trend, as shown in the graph in fig. 1, depending on the desired schedule, given the arrival times of the train.

The average displacement time with $A = 0$, assuming that there is a uniform distribution of travel desires, will be calculated from the area of the triangles divided by I :

$$ST_{average} = I^2/2I = I/2 \quad (5)$$

thus equal to $I/2$, as in the case of (2).

The line of reasoning is symmetrical but similar, in case the need for travel is measured against the time of departure of the train, rather than on that of arrival at destination, as may be more frequently for the return trip: the case of zero timetable adaptability is for example in this case, when we cannot leave before a given event is over.

5. Temporal displacement in case of non zero adaptability ($A \neq 0$)

In fact, the traveller is not always in the condition described above. It partially has the possibility to modify its

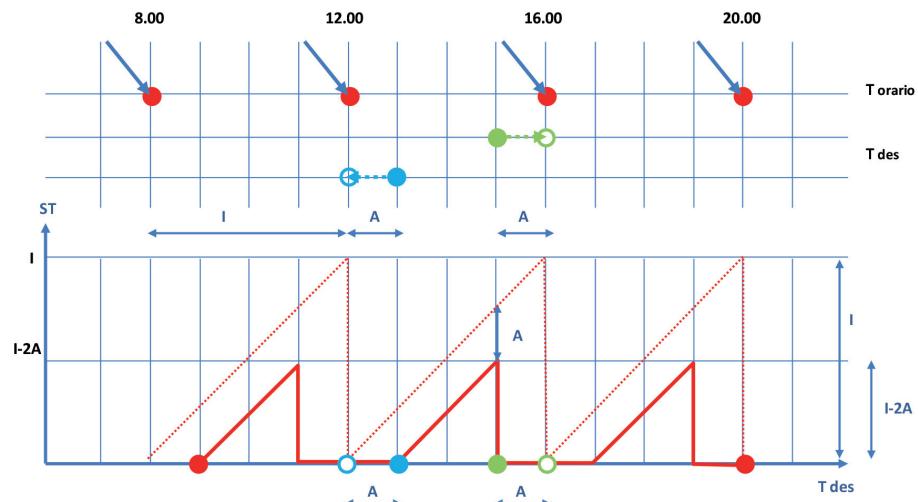


Fig. 2 – Riduzione dello sfasamento temporale in caso di adattabilità non nulla ($A=60$ minuti).
Fig. 2 – Reduction of time displacement in case of non-zero adaptability ($A = 60$ minutes).

SCIENZA E TECNICA

Più in generale, l'espressione per ST, che tenga conto anche di A, è la seguente:

$$ST = \min \{ (T_{DES} + A) - \max [T_{Orario_i} \leq (T_{DES} + A)]; \\ \{ (T_{DES} - A) - \max [T_{Orario_i} \leq (T_{DES} - A)] \} \quad (6)$$

Lo sfasamento temporale ST avrà dunque:

- valore nullo, per orari desiderati di arrivo che siano nell'intorno di $\pm A$ rispetto agli orari di partenza del treno;
- un andamento lineare, da zero a $I-2A$, per orari desiderati di arrivo che siano al di fuori di tali bande.

Applicando la (6), è possibile ricostruire l'andamento dello sfasamento temporale per diversi possibili valori di adattamento d'orario, quale che sia la frequenza considerata. In fig. 3 ad esempio è riportato l'andamento dello sfasamento temporale, nel caso di frequenza bioraria, al variare di ΔT , cioè della differenza tra orario desiderato e orario del treno, per diversi valori di adattabilità di orario: nel caso di $A=0'$ lo sfasamento temporale è pari a ΔT .

Da notare che lo sfasamento temporale è sempre nullo quando $A=I/2$, quando cioè l'adattabilità di orario è pari alla metà dell'intervallo temporale tra due treni consecutivi.

Lo sfasamento temporale medio, nell'ipotesi che vi sia una distribuzione uniforme dei desideri di viaggio, sarà dunque pari a:

$$ST_{medio} = (I-2A)^2/2I \quad (7)$$

con un valore che si annulla per $A = I/2$.

In tabella 1 e analogamente nell'abaco di fig. 4, sono riportati i valori dello sfasamento temporale medio, calcolati con la (7), per diversi valori di frequenza del servizio e adattabilità di orario dei passeggeri.

Da quanto esposto emerge che:

1. al diminuire della frequenza aumenta lo sfasamento temporale a parità di adattabilità di orario;
2. lo sfasamento temporale, per una data frequenza, è fortemente influenzato dall'adattabilità d'orario del viaggiatore.

Se la prima conclusione è no-

own programmes, with a flexibility that can vary according to the circumstances and the reason for travelling.

Imagine, for example, the case of travellers that have the possibility to re-schedule their appointment no more than an hour. Let us consider then, assuming $A = 1.00$, the same case as before (fig. 2):

- traveller 1, that must arrive at 15.00, will ask for the postponement of an hour of its appointment;
- traveller 2, that must arrive at 13.00, will instead ask to anticipate by one hour.

Both will have reduced to zero their time displace-

Sfasamento temporale per $I=120'$

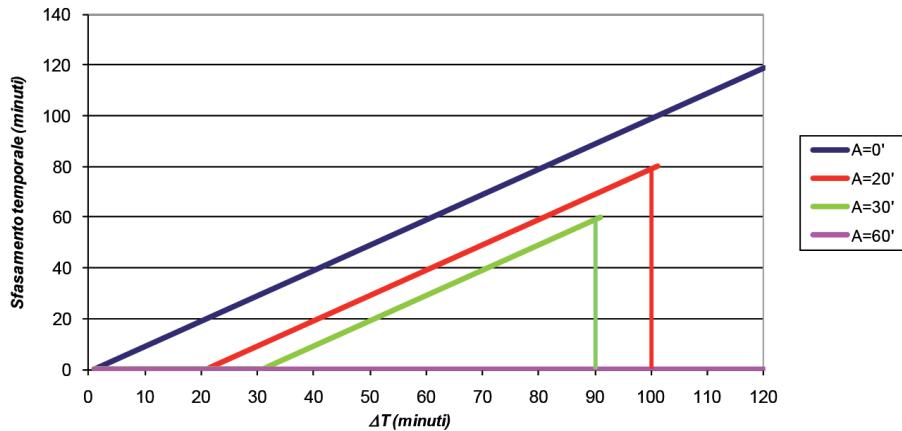


Fig. 3 – Andamento dello sfasamento temporale ($I=120'$).
Fig. 3 – Time displacement trend ($I=120'$).

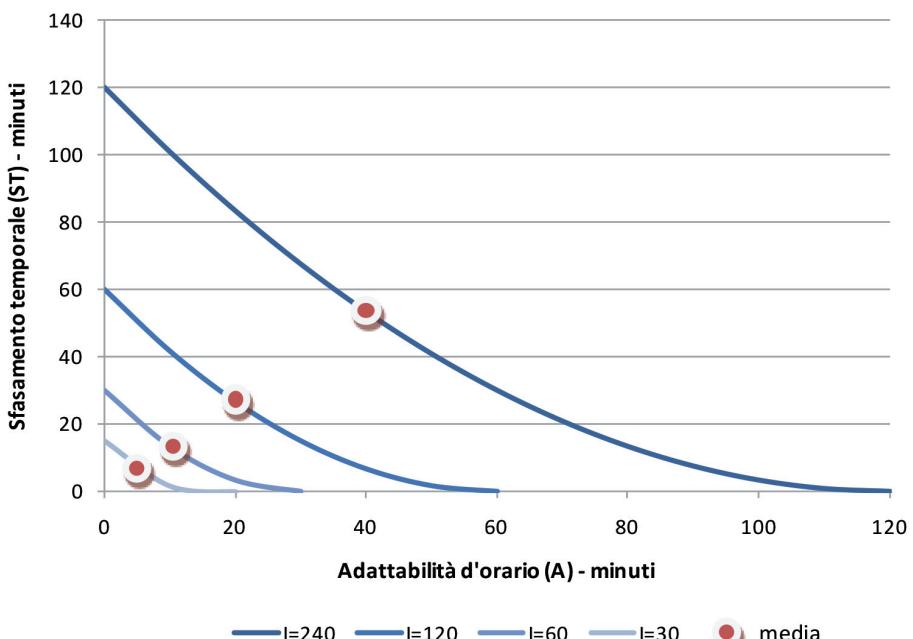


Fig. 4 – Sfasamento temporale medio al variare di frequenza e adattabilità d'orario.
Fig. 4 – Average time displacement as frequency and time adaptability vary.

TABELLA 1 – TABLE 1

SFASAMENTO TEMPORALE MEDIO AL VARIARE DI FREQUENZA E ADATTABILITÀ D'ORARIO (MINUTI)⁽⁶⁾
AVERAGE TIME DISPLACEMENT AS FREQUENCY AND TIME ADAPTABILITY (MINUTES) VARY⁽⁶⁾

A (minuti - minutes)	I=240'	I=120'	I=60'	I=30'
0	120	60	30	15
10	101	42	13	2
20	83	27	3	0
30	68	15	0	0
40	53	7	0	0
50	41	2	0	0
60	30	0	0	0
70	21	0	0	0
80	13	0	0	0
90	8	0	0	0
100	3	0	0	0
110	1	0	0	0
120	0	0	0	0
Media valori non nulli Average non zero values	40	20	10	5

ta, lo è di meno la seconda. Da questa conclusione, emerge che l'elasticità della domanda⁽⁷⁾ alla frequenza, a parità di tempo di percorrenza, è diversa a seconda dell'adattabilità d'orario dei viaggiatori. In altre parole: più il viaggiatore è adattabile, più facilmente può modificare i propri programmi e dunque minore è la sua sensibilità alla frequenza dei servizi. L'adattabilità d'orario cresce in genere al crescere della lunghezza dello spostamento e soprattutto quando il motivo del viaggio è di tipo *leisure*⁽⁸⁾, ma potrebbe essere utile la realizzazione di apposite indagini per individuare i valori più plausibili di tale grandezza, indagando sull'esistenza di eventuali correlazioni con la frequenza del servizio e la possibile *clusterizzazione*, sulla base delle caratteristiche dello spostamento⁽⁹⁾. In assenza di informazioni specifiche, può essere considerato nella (2a), per la valutazione del tempo di

⁽⁶⁾ La media dei valori non nulli è calcolata con riferimento a valori di A variabili con scansione temporale di un minuto.

⁽⁷⁾ Variazione percentuale della domanda rapportata alla variazione percentuale della frequenza.

⁽⁸⁾ In [5] la differenziazione della "penalità" di ritardo/anticipo, dovuta alla differenza tra orario del treno e orario desiderato, è in base al motivo (lavoro/*leisure*) e alla lunghezza dello spostamento, nonché al tipo di viaggio (andata o ritorno).

⁽⁹⁾ Così come analoghe indagini potrebbero essere volte ad individuare i possibili valori dell'anticipo, ulteriore elemento temporale da aggiungere al tempo di viaggio insieme allo sfasamento temporale.

ment, because they can respectively take the train that arrives at its destination at 16.00 and the one that arrives at 12.00.

More generally, the term for ST, that also takes A into account, is as follows:

$$ST = \min \{ (T_{DES} + A) - \max [T_{Time_i} \leq (T_{DES} + A)] ; \\ \{(T_{DES} - A) - \max [T_{Time_i} \leq (T_{DES} - A)] \} \quad (6)$$

The time displacement ST will therefore have:

- zero value for desired arrival times that are around $\pm A$ compared with the departure times of the train;
- a linear trend, from zero to $I-2A$, for desired arrival times that are outside these ranges.

Applying the (6), we can rebuild the temporal displacement trend for several possible values of time adaptation, whatever the frequency considered. Fig. 3 for example shows the time displacement trend, in the case of bi-hourly frequency, as ΔT changes, i.e. the difference between the desired time and the train time, for different values of adaptability of time: in the case of $A = 0$ the time displacement is equal to ΔT .

It should be noted that the time displacement is always zero when $A = I/2$, that is when the adaptability of time is equal to half of the time interval between two consecutive trains.

The average displacement time assuming that there is a uniform distribution of travel desires, will therefore be equal to:

$$ST_{average} = (I-2A)^2/2I \quad (7)$$

with a value that becomes void for $A = I/2$.

Table 1, and similarly the abacus in fig. 4, show the average time displacement values, calculated with the (7), for different values of frequency of service and time adaptability of passengers.

From the above it appears that:

1. as the frequency decreases time displacement increases with the same time adaptability;
2. time displacement, for a given frequency, is strongly influenced by the traveller's time adaptability.

If the first conclusion is known, the second is less known. From this conclusion, it is clear that the elasticity of demand⁽⁷⁾ to frequency, with the same travel time, is different depending on the traveller's time adaptability. In other words: the more the traveller is adaptable, the more easily it can change its programmes and therefore the less its sensitivity to the frequency of services. Time adaptability

⁽⁶⁾ The average of non-zero values is calculated with reference to variable values of A with one minute time scanning.

⁽⁷⁾ Percentage variation of demand compared to the percentage variation of frequency.

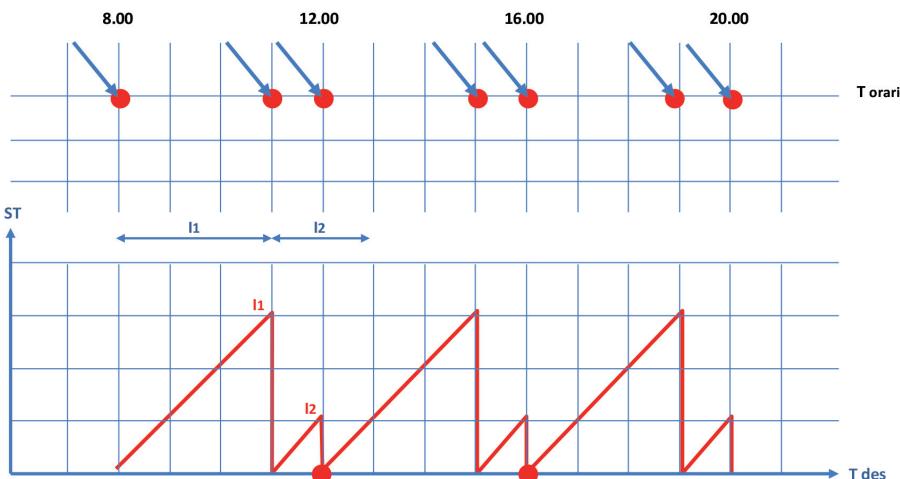


Fig. 5 – Sfasamento temporale con intervalli non uniformi ($A=0$).
Fig. 5 – Time displacement with non-uniform intervals ($A=0$).

viaggio complessivo, il valore medio dello sfasamento temporale indicato in tabella 1, da aggiungere al tempo di viaggio a bordo del treno⁽¹⁰⁾.

Da sottolineare infine che un medesimo valore di sfasamento temporale incide percentualmente tanto più quanto minore è la lunghezza dello spostamento, perché minore è il tempo di percorrenza cui si va a sommare. L'elasticità della domanda alla frequenza varia quindi, più in generale, in relazione al tempo di percorrenza e all'adattabilità d'orario del viaggiatore.

6. Sfasamento temporale nel caso di intervalli non uniformi

Se gli intervalli tra un treno e l'altro non sono uniformi, anche l'andamento dello sfasamento temporale non è lo stesso per tutti gli intervalli. Immaginando una successione regolare di intervalli $I_1-I_2-I_1-I_2-\dots$ e l'ipotesi di $A=0$, l'andamento dello sfasamento temporale è infatti quello riportato in fig. 5.

Lo sfasamento temporale medio in questo caso, sempre nell'ipotesi che vi sia una distribuzione uniforme dei desideri di viaggio, sarà dunque pari a:

$$ST_{\text{medio}} = [(I_1)^2 + (I_2)^2]/(I_1+I_2) \quad (8)$$

Nel caso di adattabilità non nulla, la formula diventa invece la seguente:

$$ST_{\text{medio}} = [(I_1-2A)^2 + (I_2-2A)^2]/(I_1+I_2) \quad (9)$$

⁽¹⁰⁾ Per quanto riguarda invece il valore dell'anticipo, può essere considerato un valore variabile tra i 10 e i 20 minuti, a seconda della frequenza del servizio (più la frequenza è bassa più in genere il viaggiatore si prende margini di sicurezza aggiuntivi). WARDMAN in [6] considera più genericamente il concetto di "planning penalty", attribuendo a quest'ultima il valore di 15 minuti.

typically grows with increasing travel distance and especially when the reason for the trip is leisure⁽⁸⁾, but it might be helpful to carry out appropriate investigations to identify the most plausible values of such magnitude, investigating whether there is any correlation with the frequency of service and the possible clustering based on journey characteristics⁽⁹⁾. In the absence of specific information, the average value of the time displacement indicated in table 1, to add to the travel time on the train⁽¹⁰⁾ can be considered in the (2a), to assess the overall travel time.

Finally, please note that the same value of time displacement affects more in percentage the smaller the travel distance, because the travel time to add is shorter. The elasticity of demand to frequency therefore varies, more generally, in relation to the travel time and the traveller's time adaptability.

6. Time displacement in case of non-uniform intervals

If the intervals between one train and another are not uniform, even the time displacement trend is not the same for all intervals. Imagining a regular succession of intervals $I_1-I_2-I_1-I_2-\dots$ and the hypothesis of $A = 0$, the time displacement trend is in fact that shown in fig. 5.

In this case the average displacement time assuming that there is a uniform distribution of travel desires, will be equal to:

$$ST_{\text{average}} = [(I_1)^2 + (I_2)^2]/(I_1+I_2) \quad (8)$$

In the case of non-zero adaptability, the formula becomes the following:

$$ST_{\text{average}} = [(I_1-2A)^2 + (I_2-2A)^2]/(I_1+I_2) \quad (9)$$

The application of (5) and (8), for the case of zero adaptability, or of (7) and (9), for the case of non-zero,

⁽⁸⁾ In [5] the differentiation of the delay/advance "penalty", due to the difference between train time and desired time, is according to the motivation (work /leisure) and to the travel distance as well as travel type (one-way or return).

⁽⁹⁾ Just as similar investigations could be aimed at identifying possible advance values, a further time element to add to the travel time together with time displacement.

⁽¹⁰⁾ As regards the advance value, a variable value between 10 and 20 minutes can be considered, depending on the service frequency (the lower the frequency the more the traveller takes additional safety margins). WARDMAN in [6] considers the "planning penalty" concept, attributing a value of 15 minutes to the latter.

L'applicazione della (5) e della (8), per il caso di adattabilità nulla, oppure della (7) e della (9), per il caso di adattabilità non nulla, permette di verificare l'effetto della non uniformità degli intervalli, a parità di offerta complessiva. In tabella 2, per uno stesso livello di offerta complessiva, è riportato il valore dello sfasamento temporale medio in casi differenti di intervalli, uniformi e non, per diversi valori di adattabilità d'orario.

Osservando i valori di tabella 2, per uno stesso livello di offerta complessiva, si potrà notare che la uniformità degli intervalli minimizza lo sfasamento temporale. Ad esempio, nel caso di due treni nelle due ore e adattabilità nulla, lo sfasamento temporale medio passa da 30 minuti nel caso di intervalli uniformi (un treno ogni 60 minuti) a 38 minuti nel caso di intervalli non uniformi (30-90) e a 43 minuti nel caso di intervalli ancora più sbilanciati (20-100).

Da un punto di vista qualitativo, tale risultato è in linea con quanto dimostrato per altre vie da WARDMAN in [6], e LORENZINI-RICCI in [3] che mettono in evidenza uno dei possibili vantaggi dei sistemi ca-denziati, legati alla uniformità degli intervalli tra le corse.

Un'analisi di questo genere può essere estesa anche al generico caso di orari non strutturati, con intervalli non regolari e pertanto potenzialmente diversi l'uno dall'altro.

Il calcolo dello sfasamento temporale medio, fin qui fatto con riferimento ad una distribuzione uniforme dei desideri di viaggio, potrebbe essere maggiormente mirato laddove se ne conoscesse la distribuzione effettiva nel corso della giornata, non solo con riferimento alla clientela esistente ma anche a quella potenziale.

adaptability, allows verifying the effect of non-uniformity of intervals, with the same overall offer. For the same level of overall offer, table 2 shows the value of the average time displacement in different cases of intervals, uniform and not, for different values of time adaptability.

Observing the values of table 2, for the same level of overall offer, we can see that the uniformity of intervals minimises time displacement. For example, in the case of two trains in two hours and zero adaptability, the average time displacement changes from 30 minutes in the case of uniform intervals (one train every 60 minutes) to 38 minutes in the case of non-uniform intervals (30-90) and to 43 minutes in the case of even more unbalanced intervals (20-100).

From a qualitative point of view, this result is in line with what has been demonstrated in other ways by WARDMAN in [6], and LORENZINI-RICCI in [3] which highlight one of the possible benefits of headway systems, linked to the uniformity of intervals between rides.

A similar analysis can be extended even to the generic case of unstructured timetable, with non-regular intervals and therefore potentially different one from each other.

Calculation of the average time displacement, so far done with reference to a uniform distribution of travel desires, could be better targeted if the actual distribution during the day is known, not only with reference to existing customers but also to potential ones.

7. Time displacement in the case of speed-heterogeneity services ($A=0'$)

So far we have examined the case of services at the same speed, with uniform and non-uniform intervals. But what happens in the case of services with different speeds? How does time displacement vary if a slower service with

TABELLA 2 – TABLE 2

SFASAMENTO TEMPORALE MEDIO CON INTERVALLI UNIFORMI E NON (MINUTI)
AVERAGE TIME DISPLACEMENT WITH UNIFORM AND NON-UNIFORM INTERVALS (MINUTES)

Offerta complessiva	Intervalli	I ₁	I ₂	A=0'	A=10'	A=20'	A=30'
2 treni / 4 ore	Uniformi	120'	120'	60	42	27	15
	Non uniformi	90'	150'	64	45	30	19
		60'	180'	75	57	42	30
2 treni / 2 ore	Uniformi	60'	60'	30	13	3	0
	Non uniformi	30'	90'	38	21	10	4
		20'	100'	43	27	15	7
2 treni / ora	Uniformi	30'	30'	15	2	0	0
	Non uniformi	20'	40'	17	3	0	0
		10'	50'	22	8	0	0

7. Sfasamento temporale nel caso di servizi ete-rotachici (A=0)

Finora abbiamo esaminato il caso di servizi a medesima velocità, a intervalli uniformi e non. Ma che cosa succede nel caso di servizi con velocità differenti? Come varia lo sfasamento temporale se fra servizi a medesima velocità è intercalato un servizio più lento alla medesima frequenza? È esso in grado di migliorare l'accessibilità temporale del servizio oppure, essendo più lento, non verrà neanche preso in considerazione?

Per rispondere a queste domande consideriamo quattro casi possibili, come rappresentato in fig. 6, nel caso di adattabilità d'orario nulla.

Nel primo caso (a) la traccia più lenta, pur partendo prima di quella veloce, arriva a destinazione più tardi, effettuando una precedenza lungo la strada. In questo caso lo sfasamento temporale non diminuisce, perché non vi è convenienza per nessuno ad usare la traccia più lenta (ovviamente a parità di prezzo).

Nel secondo caso (b), la traccia lenta parte dopo quella veloce di un intervallo pari a d_{par} e arriva a destinazione prima di quella veloce di un intervallo pari a d_{arr} . È $d_{par} > d_{arr}$: la traccia lenta si avvicina cioè a quella veloce in arrivo. In questo caso può esservi convenienza ad usare anche la traccia lenta. In particolare essa conviene a chi ha l'orario desiderato di arrivo compreso tra la traccia veloce e quella lenta immediatamente precedente. Rispetto al caso di soli treni veloci, si ha pertanto una riduzione dello sfasamento temporale medio, proporzionale alla riduzione dell'area sottesa:

$$ST_{medio} = I/2 - (d_{par} \cdot d_{arr})/I \quad (10)$$

Il terzo caso (c) è analogo al precedente, solo che la traccia lenta si avvicina in partenza, anziché in arrivo, a quella veloce ed è quindi $d_{par} < d_{arr}$. La formula per il calcolo dello sfasamento temporale medio è sempre la stessa. Nel caso specifico di fig. 6, dove i valori di d_{par} e d_{arr} nei due casi b) e c) sono stati semplicemente invertiti, il risultato è peraltro il medesimo.

Nel quarto caso (d), la traccia lenta si posiziona invece in maniera tale che d_{par} e d_{arr} siano uguali: $d_{par} = d_{arr} = d$. Questo succede quando la traccia lenta è equidistante da quelle veloci: ma non in partenza e neanche in arrivo, bensì a metà strada. Lo sfasamento temporale medio, anche qui calcolabile con la (10), assume in questo caso il valore minimo, essendo massimo il prodotto $d_{par} \cdot d_{arr} = d^2$ che rappresenta l'area sottesa da sottrarre.

La formula per il calcolo dello sfasamento temporale medio diventa in questo caso:

$$ST_{medio} = I/2 - (d^2/I) \quad (10')$$

Nel caso di adattabilità di orario nulla, può quindi esservi convenienza ad usare anche la traccia più lenta e la convenienza è massima quando il distanziamento in partenza è uguale a quello in arrivo (e non quando invece la

the same frequency is interposed with services at the same speed? Is it able to improve service time accessibility or, being it slower, it is not even considered?

To answer these questions let us consider four possible cases, as shown in fig. 6, in case of zero time adaptability.

In the first case (a) the slower trainpath, albeit starting before the fast one, arrives at its destination later, giving way along the line. In this case the time displacement does not decrease because it is not convenient for anyone to use the slower run (of course for the same price).

In the second case (b), the slow trainpath starts after the fast one with an interval of d_{par} and arrives at its destination before the fast one with an interval of d_{arr} . It is $d_{par} > d_{arr}$; the slow trainpath approaches the fast inbound one. In this case it may be convenient to also use the slow run. In particular, it is convenient to those that have the desired time of arrival between the fast run and the slow one immediately preceding. With respect to the case of fast trains only, there is therefore a reduction in the average time displacement, proportional to the reduction of the underlying area:

$$ST_{average} = I/2 - (d_{par} \cdot d_{arr})/I \quad (10)$$

The third case (c) is similar to the previous one, except that the slow run approaches when outbound, rather than when inbound, to the fast one and is therefore $d_{par} < d_{arr}$. The formula for the calculation of the average time displacement is always the same. In the specific case of fig. 6, where the values of d_{par} and d_{arr} in both cases b) and c) were simply reversed, the result is the same.

In the fourth case (d), the slow run is positioned in such a way that d_{par} and d_{arr} are equal: $d_{par} = d_{arr} = d$. This happens when the slow run is equidistant from fast ones: but not departing or arriving, but halfway. The average time displacement, also computable here with the (10), in this case has a minimum value, being the product $d_{par} \cdot d_{arr} = d^2$ the maximum representing the underlying area to subtract.

The formula for the calculation of the average time displacement in this case is:

$$ST_{average} = I/2 - (d^2/I) \quad (10')$$

In the case of zero time adaptability it may be convenient to also use the slower run and convenience is highest when the spacing at departure is equal to the arrival one (and not when the slow run is placed in intermediate position at departure or arrival).

Note finally that the displacement is reduced if, at the same frequency, the (Δt_p) is reduced, because d increases (up to the limit of $I/2$ for $\Delta t_p = 0$).

8. Time displacement in the case of speed-heterogeneity services (A≠0)

In the case of speed-heterogeneity services and non-zero adaptability, the time displacement reduction is only when the value of adaptability A is less than or equal to half the difference between I and ΔT_p : $A \leq (I - \Delta T_p)/2$. This can be in-

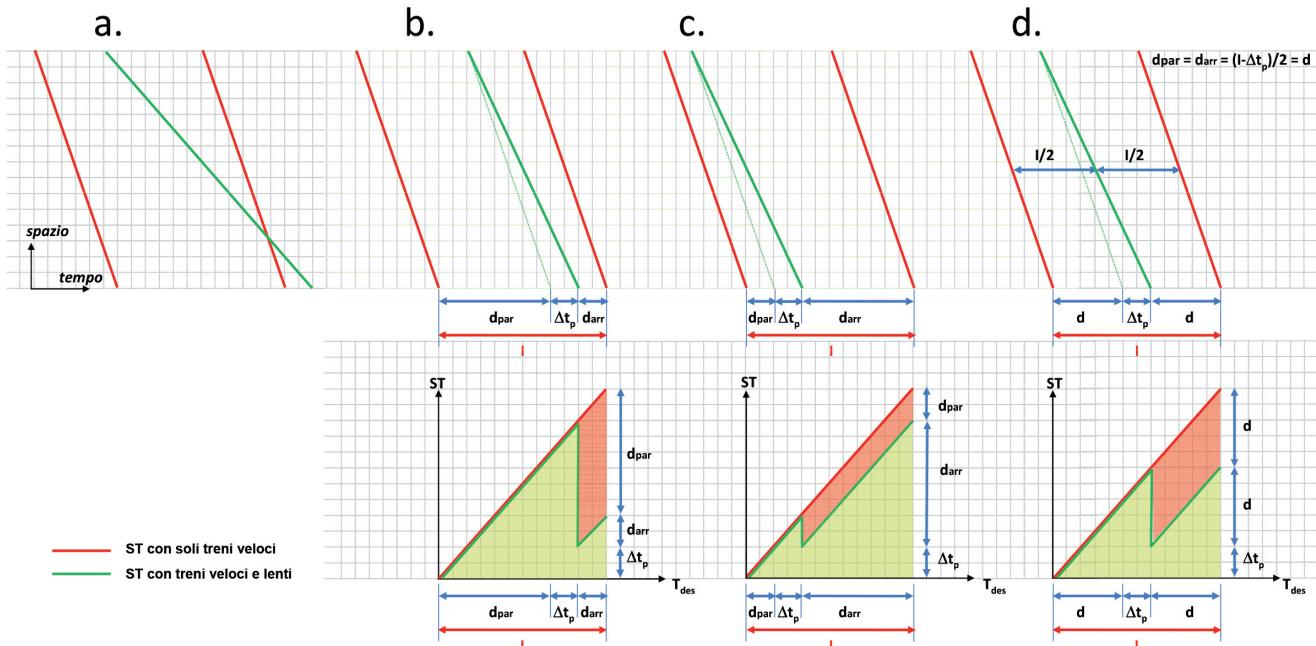


Fig. 6 – Sfasamento temporale nel caso di servizi eterotachici ($A=0$).
Fig. 6 – Time displacement in the case of speed-heterogeneity services ($A=0$).

traccia lenta si colloca in posizione intermedia in partenza o in arrivo).

Da notare infine che lo sfasamento si riduce se, a parità di frequenza, si riduce l'eterotachia (Δt_p), perché aumenta d (fino al limite di $I/2$ per $\Delta t_p=0$).

8. Sfasamento temporale nel caso di servizi eterotachici ($A \neq 0$)

Nel caso di servizi eterotachici e adattabilità non nulla, la riduzione dello sfasamento temporale si ha soltanto fino a che il valore della adattabilità A è inferiore o uguale alla metà della differenza tra I e ΔT_p : $A \leq (I - \Delta T_p)/2$. Ciò può essere desunto dagli schemi di fig. 7, ove sono rappresentate tre serie di grafici, corrispondenti a tre diversi valori di adattabilità A , l'ultima delle quali si riferisce alla condizione limite di cui sopra. Le curve si riferiscono inoltre agli stessi schemi di tracce (b, c, d) di fig. 6.

Nei grafici di fig. 7, sono in particolare rappresentate le curve dello sfasamento temporale:

- in presenza di treno lento e adattabilità nulla (tratto grigio);
- con soli treni veloci e valore di A non nullo (tratto rosso);
- ed infine con treno lento e adattabilità A non nulla (curva verde).

Dall'esame di fig. 7 si potrà notare come con la prima e seconda serie di grafici, con A inferiore al valore limite, la presenza del treno lento determina una riduzione dello

ferred from the diagrams of fig. 7, where three sets of graphs are represented, corresponding to three different values of adaptability A , the latter of which refers to the limit condition above. The curves refer to the same track schemes (b, c, d) in fig. 6.

The graphs in fig. 7 represent in particular the time displacement curves:

- in the presence of slow train and zero adaptability (grey line);
- with fast trains only and non-zero A values (red line);
- and finally with slow train and non-zero adaptability A (green line).

Analysing fig. 7 we can see how in the first and second series of charts, with A less than the limit value, the presence of the slow train reduces time displacement compared to what we would have with fast trains only: the green hatched area is in fact smaller than the one underlying the red curve. With the third set of graphs, corresponding to the limit A value, the presence of the slow train interposed with faster ones can no longer determine any time displacement reduction.

Analysing fig. 7, we can finally take the confirmation that, even in the case of non-zero time adaptability, the convenience of using the slow train is maximum when the departing spacing is the same as the inbound one (case c): the red hatched area (to be subtracted) is indeed in this case always maximum. This of course as long as the value of adaptability A is less than the limit.

To determine the expression for the average time displacement, we can refer to the diagrams of fig. 7a and fig.

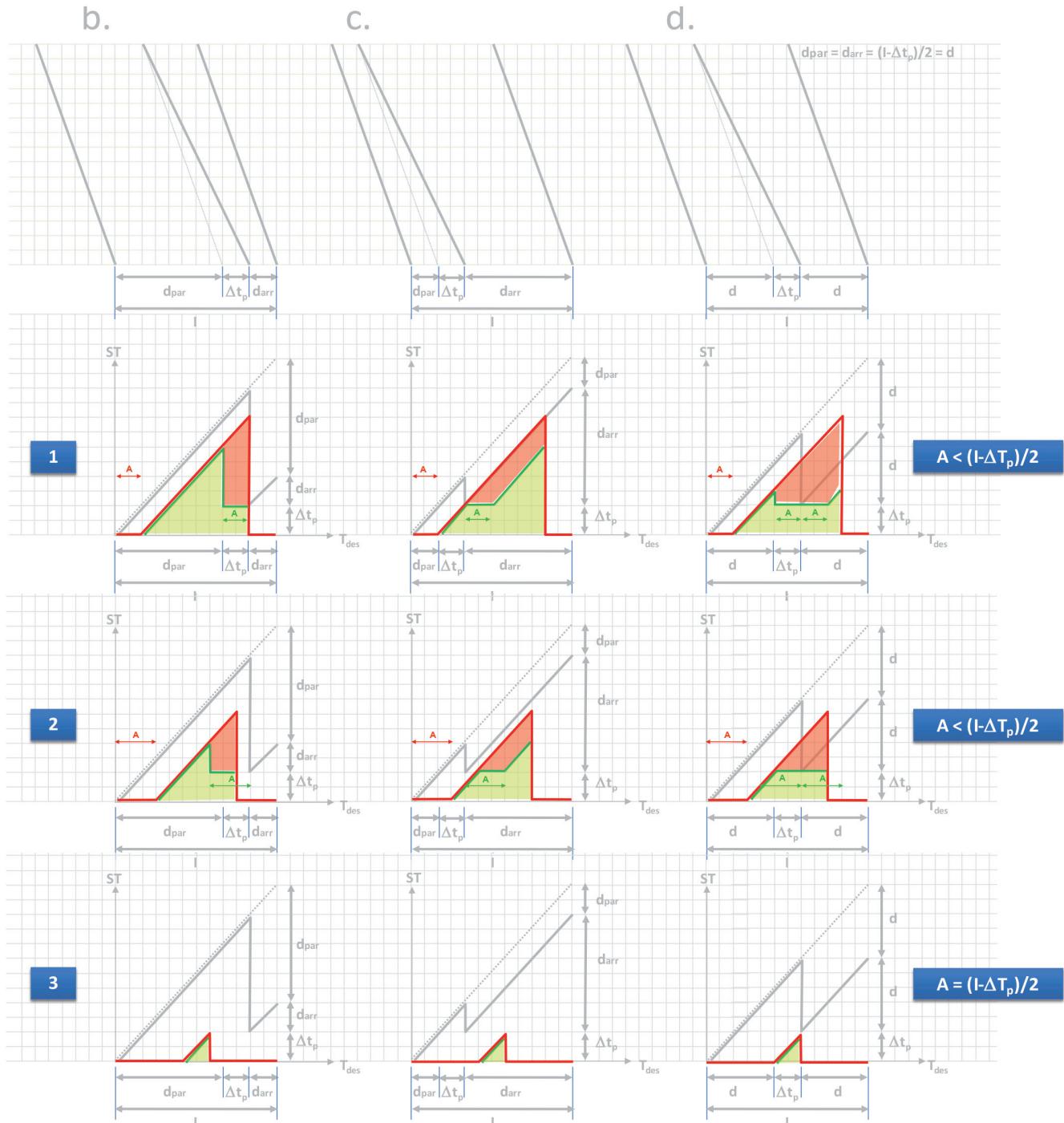


Fig. 7 – Sfasamento temporale nel caso di servizi eterotachici ($A \neq 0$).
Fig. 7 – Time displacement in the case of speed-heterogeneity services ($A \neq 0$).

sfasamento temporale rispetto a quello che si avrebbe con soli treni veloci: l'area campita in verde è infatti inferiore a quella sottesa dalla curva rossa. Con la terza serie di grafici, corrispondenti invece al valore di A limite, la presenza del treno lento intercalato a quelli più veloci non è più in grado di determinare alcuna riduzione dello sfasamento temporale.

7b, which are a focus of cases 1 and 2 in fig. 7, assuming optimal configuration i.e. outbound headway the same as the inbound one.

Average time displacement can be obtained by subtracting the value of the red hatched area divided by the value of I from the value of the average time displacement, that we would have in the absence of a slow train.

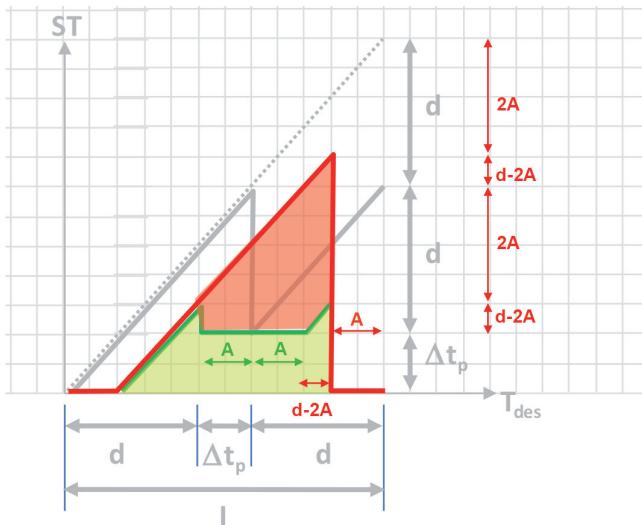


Fig. 7a – Calcolo dello sfasamento temporale per $A \leq d/2$.
Fig. 7a – Calculation of the time displacement for $A \leq d/2$.

Dall'esame di fig. 7, si può infine trarre la conferma che, anche nel caso di adattabilità d'orario non nulla, la convenienza ad usare il treno lento è massima quando il distanziamento in partenza è uguale a quello in arrivo (caso c): l'area campita in rosso (cioè l'area da sottrarre) è infatti in questo caso sempre quella massima. Questo ovviamente fintanto che il valore di adattabilità A è inferiore a quello limite.

Per determinare l'espressione per lo sfasamento temporale medio, si può fare riferimento agli schemi di fig. 7a e fig. 7b, che sono un *focus* dei casi 1 e 2 di fig. 7, nell'ipotesi di configurazione ottimale e cioè distanziamento in partenza uguale a quello in arrivo.

Lo sfasamento temporale medio è ottenibile sottraendo al valore dello sfasamento temporale medio, che si avrebbe in assenza di treno lento, il valore dell'area con campitura rossa diviso il valore di I .

La formula per il calcolo dell'area da sottrarre è però differente a seconda che sia $A \leq d/2$ come nel caso di fig. 7a, oppure $A > d/2$ come nel caso di fig. 7b. Facendo riferimento alle grandezze geometriche indicate nelle due figure, si ottengono le seguenti espressioni per lo sfasamento temporale medio, nel caso di eterotachia e adattabilità d'orario non nulla:

$$ST_{\text{medio}} = (I-2A)^2/2I - [(4A \cdot (d-2A) + (d-2A)^2 + 2A^2)/I] \quad \text{per } A \leq d/2 \quad (11)$$

$$ST_{\text{medio}} = (I-2A)^2/2I - [2(d-2A)^2/I] \quad \text{per } A > d/2 \quad (12)$$

Da notare che nel caso di condizione limite, cioè $A=d$ (vedi fig. 7, caso 3), lo sfasamento temporale medio (calcolabile in questo caso con la 12) è pari a quello che si avrebbe in assenza di treno lento (infatti l'area da sottrarre si annulla).

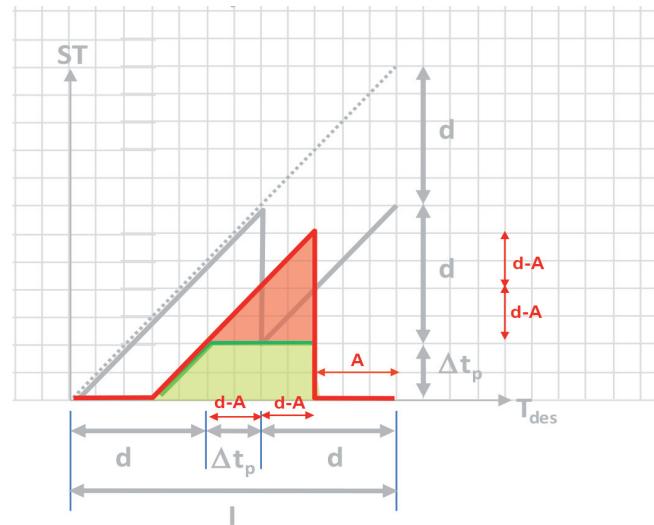


Fig. 7b – Calcolo dello sfasamento temporale per $A > d/2$.
Fig. 7b – Calculation of the time displacement for $A > d/2$.

The formula for the calculation of the area to be subtracted is however different depending on whether it is $A \leq d/2$ as in fig. 7a, or $A > d/2$ as in fig. 7b. Referring to the geometrical sizes indicated in the two figures, the following expressions are obtained for the average time displacement, in the case of speed-heterogeneity and of non-zero time adaptability:

$$ST_{\text{average}} = (I-2A)^2/2I - [(4A \cdot (d-2A) + (d-2A)^2 + 2A^2)/I] \quad \text{per } A \leq d/2 \quad (11)$$

$$ST_{\text{average}} = (I-2A)^2/2I - [2(d-2A)^2/I] \quad \text{per } A > d/2 \quad (12)$$

It should be noted that in the case of limit condition, i.e. $A=d$ (see fig. 7, case 3), the average time displacement (measured in this case with the 12) is equal to what we would have in the absence of a slow train (in fact the area to subtract cancels out).

Table 3 lists the average time displacement values calculated with the (11) and (12), for different values of frequency and time adaptability, in cases of speed-heterogeneity between slow and fast systems corresponding to 10 and 20 minutes.

9. Application example

To show the possibilities of use of the formula, let us consider the example of fig. 8, where two possible timetable structures are compared:

1. the first with trains stopping at all stations, with a 30 minute frequency from one another; the travel time of trains is 3.20;
2. the second with fast trains ($T_p = 3.00$) with a 60 minute frequency, interposed with slower trains making all stops ($T_p = 3.20$) and also having a frequency of 60 minutes. The position of slower trains is optimal.

In tabella 3, sono riportati i valori del-
lo sfasamento tem-
porale medio calco-
lati con la (11) e la
(12), per diversi valo-
ri di adattabilità d'o-
rario e frequenza,
nei casi di eterota-
chia fra i sistemi len-
ti e veloci pari a 10 e
20 minuti.

9. Esempio applicativo

Per mostrare le possibili di impiego della formula, consideriamo l'esempio di fig. 8, dove vengono messe a confronto due possibili strutture d'orario:

- la prima con treni che effettuano tutte le fermate, a frequenza di 30 minuti l'uno dall'altro; il tempo di percorrenza dei treni è di 3.20;
- la seconda con treni veloci ($T_p = 3.00$) con frequenza di 60 minuti, intercalati da treni più lenti che effettuano tutte le fermate ($T_p=3.20$) e aventi anch'essi una frequenza di 60 minuti. La posizione dei treni più lenti è quella ottimale.

La prima struttura privilegia la frequenza del servizio, che in questo modo è di 30 minuti per tutte le relazioni servite. I tempi di percorrenza sono quelli indicati in tabella 4. Nella stessa tabella sono riportati i tempi di viaggio e la fre-

TABELLA 3 – TABLE 3

SFASAMENTO TEMPORALE MEDIO (MINUTI) AL VARIARE DI FREQUENZA, ADATTABILITÀ D'ORARIO ED ETEROTACHIA
 AVERAGE TIME DISPLACEMENT (MINUTES) AS FREQUENCY, TIME ADAPTABILITY AND SPEED-HETEROGENEITY VARY

	$\Delta t_p = 10'$				$\Delta t_p = 20'$			
	Treni veloci – Fast trains				Treni veloci – Fast trains			
	I=240'	I=120'	I=60'	I=30'	I=240'	I=120'	I=60'	I=30'
A (minuti - minutes)	Treni lenti – Slow trains				Treni lenti – Slow trains			
	I=240'	I=120'	I=60'	I=30'	I=240'	I=120'	I=60'	I=30'
0	65	35	20	12	70	39	23	14
10	47	18	6	2	51	23	10	2
20	32	8	3	0	36	13	3	0
30	20	5	0	0	25	8	0	0
40	12	3	0	0	16	5	0	0
50	7	1	0	0	11	2	0	0
60	5	0	0	0	9	0	0	0
70	4	0	0	0	8	0	0	0
80	3	0	0	0	6	0	0	0
90	2	0	0	0	4	0	0	0
100	1	0	0	0	3	0	0	0
110	1	0	0	0	1	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0
Media valori non nulli <i>Non-zero values average</i>	13	8	5	4	17	11	7	4

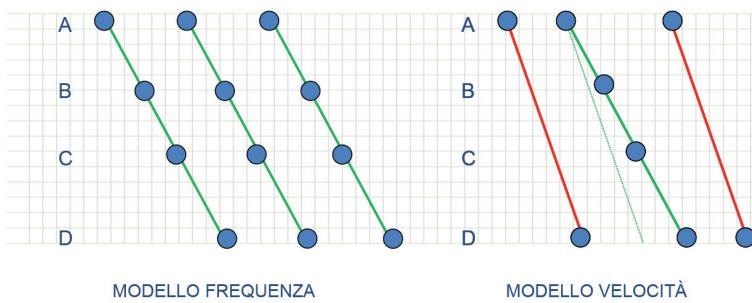


Fig. 8 – Confronto tra strutture d'orario.

Fig. 8 – Comparison of timetable structures.

TABELLA 4 – TABLE 4

MODELLO FREQUENZA: CALCOLO DEL TEMPO COMPLESSIVO DI VIAGGIO (ANT=15')
 FREQUENCY MODEL: CALCULATION OF TOTAL TRAVEL TIME (ADV = 15')

Modello frequenza			A=0' ST=15'	A=10' ST=2'	A=20' ST=0'	A≥30 ST=0
Relazione	Tp	I				
A-B	01:10	00:30	01:40	01:27	01:25	01:25
A-C	01:55	00:30	02:25	02:12	02:10	02:10
A-D	03:20	00:30	03:50	03:37	03:35	03:35
B-C	00:42	00:30	01:12	00:59	00:57	00:57
B-D	02:07	00:30	02:37	02:24	02:22	02:22
C-D	01:20	00:30	01:50	01:37	01:35	01:35

SCIENZA E TECNICA

quenza per le varie relazioni, nonché il tempo complessivo, calcolato con la (2a) e la (7), sulla base di diverse ipotesi di adattabilità d'orario. In particolare, i valori di ST possono essere desunti da tabella 1. Per l'anticipo (ANT) è stato considerato il valore di 15 minuti.

La seconda struttura privilegia invece la velocità per la relazione estrema tra A e D: la frequenza dei servizi scende a 60 minuti per le relazioni intermedie ed anche per quella estrema tra A e D, se si vanno a considerare solo i treni veloci. I tempi di percorrenza sono quelli indicati in tabella 5. Anche qui sono riportati i tempi complessivi, calcolati per i diversi valori di adattabilità d'orario.

In tabella 6 è riportato il delta tempo complessivo tra i due modelli di orario. Con il modello velocità le relazioni intermedie vengono penalizzate dalla riduzione della frequenza, tanto più quanto più è bassa l'adattabilità d'orario. La relazione estrema tra A e D viene al contrario beneficiata dall'introduzione dei treni veloci, che hanno però anche una frequenza ridotta rispetto al caso precedente, nell'ipotesi che qui abbiamo fatto che su questa relazione non vengano presi in considerazione i treni più lenti.

L'effetto combinato di aumento della velocità e riduzione della frequenza, sulla relazione estrema, su può mi-

The first structure privileges the service frequency, which in this way is of 30 minutes for all connections served. Travel times are those set out in table 4. The same table lists travel times and frequency for various connections, as well as the overall time, calculated with the (2a) and (7), based on different time adaptability assumptions. In particular, the ST values can be derived from table 1. For advance (ANT) the value of 15 minutes was considered.

The second structure privileges the speed for the extreme connection between A and D: the frequency of services decreases to 60 minutes for intermediate connections and also for the extreme one between A and D, if we consider only fast trains. Travel times are those set out in table 5. Here is again the overall time, calculated for different values of time adaptability.

Table 6 shows the total time delta between the two time models. With the speed model intermediate connections are penalised by a reduction in frequency, the more the time adaptability is low. The extreme connection between A and D benefits instead from the introduction of fast trains, which however have a reduced frequency compared to the previous case, assuming as we have done here that slower trains are not taken into account for this connection.

TABELLA 5 – TABLE 5

MODELLO VELOCITÀ: CALCOLO DEL TEMPO COMPLESSIVO DI VIAGGIO (ANT=15')
SPEED MODEL: CALCULATION OF TOTAL TRAVEL TIME (ANT=15')

Modello velocità			A=0' ST=30'	A=10' ST=13'	A=20' ST=3'	A≥30 ST=0
Relazione	Tp	I				
A-B	01:10	01:00	01:55	01:38	01:28	01:25
A-C	01:55	01:00	02:40	02:23	02:13	02:10
A-D	03:00	01:00	03:45	03:28	03:18	03:15
B-C	00:42	01:00	01:27	01:10	01:00	00:57
B-D	02:07	01:00	02:52	02:35	02:25	02:22
C-D	01:20	01:00	02:05	01:48	01:38	01:35

TABELLA 6 - TABLE 6

CONFRONTO MODELLO FREQUENZA E VELOCITÀ: DELTA TEMPO COMPLESSIVO (VELOCITÀ VS. FREQUENZA)
FREQUENCY AND SPEED MODEL COMPARISON: TOTAL TIME DELTA (SPEED VS. FREQUENCY)

delta tempo complessivo		A=0' ST=30'	A=10' ST=13'	A=20' ST=3'	A≥30 ST=0
Relazione					
A-B		00:15	00:11	00:03	00:00
A-C		00:15	00:11	00:03	00:00
A-D		-0.05	-0.09	-0.16	-0.20
B-C		00:15	00:11	00:03	00:00
B-D		00:15	00:11	00:03	00:00
C-D		00:15	00:11	00:03	00:00

da valutare in base alla distribuzione della domanda

vince modello velocità

surare in termini di tempo complessivo, con un beneficio che è tanto maggiore quanto più è alta la flessibilità d'orario dei viaggiatori e minore pertanto l'effetto della frequenza.

In particolare, nell'ipotesi di adattabilità d'orario maggiore o uguale ai 30 minuti, vi è un effetto positivo sulla relazione estrema (riduzione del tempo di viaggio) e nessun effetto negativo sulle relazioni intermedie, perché essendo alta l'adattabilità d'orario, la riduzione della frequenza su queste relazioni ha scarso peso. In questo caso è sicuramente da preferire il modello velocità.

Nell'ipotesi invece di adattabilità d'orario inferiore ai 30 minuti, alla riduzione del tempo di percorrenza sulla relazione estrema si affianca un aumento del tempo di viaggio complessivo sulle relazioni intermedie, dovuto alla riduzione della frequenza. In questo caso, per valutare l'attrattività relativa dei due modelli è necessario conoscere la distribuzione e il peso della domanda sulle diverse relazioni O-D.

In tabella 7 sono riportati gli analoghi valori delle tabelle precedenti, solo che qui è valutato, per il calcolo dello sfasamento temporale per la relazione estrema A-D (vedi valori in tabella 3), anche l'effetto del treno più lento, che su questa relazione può in parte aumentare la frequenza del servizio e determinare una riduzione dello sfasamento temporale. I risultati del ragionamento sono i medesimi, con un vantaggio ulteriore a favore del modello velocità (vedi confronto in tabella 8) nei casi di adattabilità di orario più bassa, che invece viene neutralizzato nei casi di adattabilità di orario più alta (si adattano i propri orari per prendere il treno con un tempo di percorrenza più basso).

10. Confronto modello frequenza e modello velocità: generalizzazione

Il confronto dei due modelli alternativi di offerta, di cui al capitolo precedente, può essere completato e gene-

The combined effect of increased speed and decreased frequency, on the extreme connection, can be measured in terms of total time, with a benefit that is greater the higher the flexibility of time of travellers and therefore the effect of frequency is less.

In particular, in the case of time adaptability greater than or equal to 30 minutes, there is a positive effect on the extreme connection (reduction of travel time) and no adverse affect on intermediate connections: being time adaptability high, the frequency reduction on these connections is of little importance. In this case the speed model is definitely preferable.

Conversely in the case of time adaptability under 30 minutes, the travel time reduction on the extreme connection is accompanied by an increase in overall travel time on intermediate connections, due to the reduction of the frequency. In this case, in order to assess the relative attractiveness of the two models it is necessary to know the weight and distribution of the demand on the different O-D connections.

Table 7 lists the corresponding values of the previous tables, except that for the calculation of the time displacement for the extreme A-D connection (see values in table 3), here we have also assessed the effect of the slower train, which on this connection may partly increase the frequency of service and result in a reduction of time displacement. The results of the reasoning are the same, with a further advantage in favour of the speed model (see comparison in table 8) in cases of lower time adaptability, which is instead neutralised in higher time adaptability (own programme is adapted to take the train with lower travel time).

10. Frequency model and speed model comparison: generalisation

The comparison of two alternative offer models, referred to in the previous chapter, can be completed and generalised, analysing the difference on the total travel time, determined by the transition from a model to another on the different O-D connections, as speed-heterogeneity varies.

TABELLA 7 - TABLE 7

MODELLO VELOCITÀ: CALCOLO DEL TEMPO COMPLESSIVO DI VIAGGIO CONSIDERANDO L'EFFETTO DEL TRENO LENTO (ANT=15')
SPEED MODEL: CALCULATION OF TOTAL TRAVEL TIME CONSIDERING THE EFFECT OF THE SLOW TRAIN (ANT=15')

Modello velocità (con effetto treno lento)			
Relazione	Tp	I	
A-B	01:10	01:00	A=0, ST lenti=30' ST veloci=23'
			01:55
A-C	01:55	01:00	A=10, ST lenti=13' ST veloci=10'
			02:40
A-D	03:00	01:00	A=20' ST=3' (veloci e lenti)
			03:38
B-C	00:42	01:00	A≥30' ST=0' (veloci e lenti)
			01:27
B-D	02:07	01:00	
			02:52
C-D	01:20	01:00	
			02:05
			01:48
			01:38
			01:35

TABELLA 8 - TABLE 8

CONFRONTO MODELLO FREQUENZA E VELOCITÀ (CON EFFETTO TRENO LENTO)
 FREQUENCY AND SPEED MODEL COMPARISON (WITH SLOW TRAIN EFFECT)

delta tempo complessivo (con effetto treno lento)				
Relazione	A=0, ST lenti=30' ST veloci=23'	A=10, ST lenti=13' ST veloci=10'	A=20' ST=3' (veloci e lenti)	A≥30' ST=0' (veloci e lenti)
A-B	00:15	00:11	00:03	00:00
A-C	00:15	00:11	00:03	00:00
A-D	-0.12	-0.12	-0.16	-0.20
B-C	00:15	00:11	00:03	00:00
B-D	00:15	00:11	00:03	00:00
C-D	00:15	00:11	00:03	00:00

da valutare in base alla distribuzione della domanda

vince modello velocità

realizzato, analizzando la differenza sul tempo di viaggio complessivo, determinata dal passaggio da un modello all'altro sulle diverse relazioni O-D, al variare dell'eterotachia.

In figura 9 è riportato l'andamento di tale differenza, per due gruppi di relazioni O-D, sempre con riferimento ai due modelli di figura 8, considerando il caso del passaggio da un modello frequenza (con treni omotachici a 30') ad un modello in cui viene velocizzato un treno ogni 60'.

Per le relazioni che non beneficiano della velocizzazione ($\Delta T_p = 0'$), il passaggio al modello velocità comporta una riduzione della frequenza del servizio e dunque un aumento dello sfasamento temporale, che di fatto può significare un aumento del tempo di viaggio complessivo: tale aumento è massimo nel caso di adattabilità d'orario nulla e tende invece ad annullarsi per valori di adattabilità di orario dell'ordine di grandezza di metà del nuovo intervallo I tra le corse (30 minuti nel caso specifico, perché la frequenza tra le corse è diventata di 60 minuti).

Le relazioni che invece beneficiano della velocizzazione hanno anch'esse un aumento dello sfasamento temporale, determinato dalla riduzione della frequenza, ma hanno anche per converso il beneficio della velocizzazione, che determina un recupero sul tempo di percorrenza di maggiore entità rispetto all'aumento dello sfasamento temporale. Per tali relazioni, il modello velocità equivale dunque ad un vantaggio in termini temporali, che è minimo nel caso di adattabilità d'orario nulla e massimo invece per valori di adattabilità di orario dell'ordine di grandezza del-

Figure 9 shows the trend of that difference, for two sets of O-D connections, again with reference to the two models in Figure 8, considering the case of switching from one frequency model (with trains travelling at the same speed at 30') to a model where a train is speeded up every 60'.

For connections that do not benefit from speeding up ($\Delta T_p = 0'$), passing to the speed model reduces the service frequency and thus determines an increase of time displacement, which can mean an increase in overall travel time: this increase is greater in the case of zero time adaptability and tends to cancel for time adaptability values of the order of magnitude of half of the new I interval between rides (30 minutes in this case, because the frequency between rides has become of 60 minutes).

Connections that instead benefit from speeding up also have an increased time displacement that is determined by

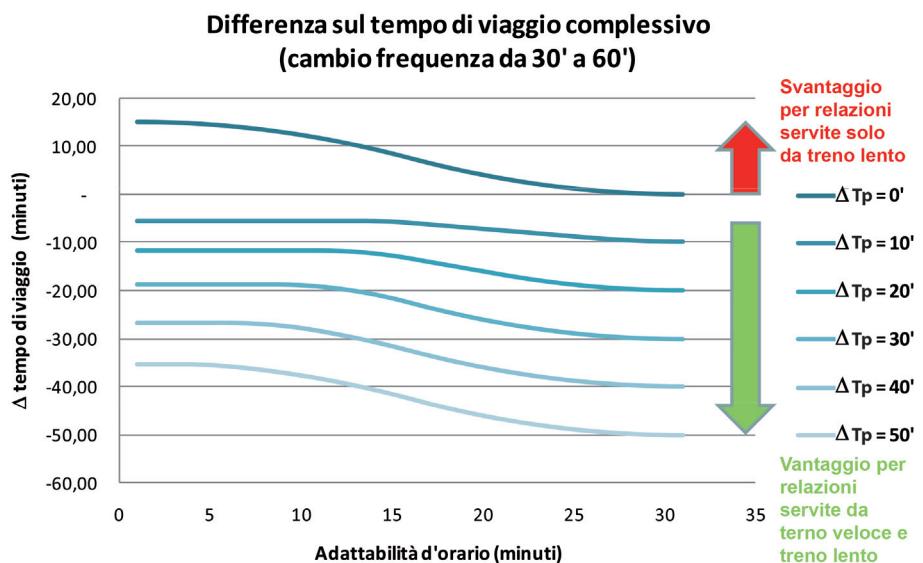


Fig. 9 – Confronto modello frequenza e velocità al variare di adattabilità d'orario ed eterotachia.

Fig. 9 – Comparison of the frequency and speed model as time adaptability and speed-heterogeneity vary.

la metà del nuovo intervallo I tra le corse. Il vantaggio cresce al crescere dell'eterotachia, cioè al crescere del recupero sul tempo di percorrenza⁽¹¹⁾.

In conclusione, a parità di condizioni, il vantaggio relativo del modello velocità cresce al crescere dell'adattabilità d'orario dei viaggiatori e al crescere del recupero di percorrenza. Va però considerato che questo recupero si ottiene in genere a fronte di un aumento del numero delle fermate eliminate (e pertanto delle relazioni O-D penalizzate); per la valutazione sulla convenienza relativa dei due modelli, vanno dunque commisurati vantaggi e svantaggi temporali al peso della domanda potenziale sulle diverse relazioni. Va infine tenuto conto della diversa incidenza percentuale sul tempo di viaggio complessivo, a seconda della lunghezza dello spostamento.

11. Conclusioni

Nell'articolo è stata proposta una formula per il calcolo dello sfasamento temporale tra orario del treno ed esigenze di orario ideali del viaggiatore.

Andandosi ad aggiungere al tempo di viaggio, lo sfasamento temporale diventa un elemento importante nella scelta modale del servizio. Esso aumenta al diminuire della frequenza ma, come mostrato nell'articolo, dipende anche dalla adattabilità di orario dei viaggiatori: quanto più questa è bassa, tanto più variazioni di frequenza hanno effetto sulla scelta modale; quanto più essa è alta, minore è invece la sensibilità alla frequenza.

La formula proposta per il calcolo dello sfasamento temporale, in funzione di frequenza ed adattabilità di orario, consente di trasformare la frequenza in equivalenti unità di tempo (da sommare al tempo di viaggio) ed avere un indicatore temporale da considerare nei modelli di previsione della ripartizione modale o nel confronto di strutture di orario alternative, come mostrato nell'esempio applicativo e nella generalizzazione successiva.

La differenziazione della formula per i diversi tipi di orario consente di verificare, in termini di sfasamento temporale, l'effetto della non uniformità degli intervalli, della posizione reciproca delle tracce nei casi di differenziazione dei servizi tra lenti e veloci, traendo così indicazioni di tipo generale sulla progettazione di una struttura d'orario.

frequency reduction, but conversely also have the benefit of speeding, which determines a greater travel recovery time compared to the time displacement increase. For these connections, the speed model is equivalent to an advantage in terms of time, which is minimum in the case of zero time adaptability and maximum for time adaptability values of the order of magnitude of half of the new I interval between rides. The advantage increases as speed-heterogeneity increases, i.e. as travel time recovery increases⁽¹¹⁾.

In conclusion, on equal terms, the relative advantage of the speed model grows as time adaptability of travellers increases and as travel recovery increases. But it should be considered that this recovery is typically obtained against an increase in the number of stops eliminated (and therefore of O-D penalised connections); to evaluate the relative convenience of the two models, time advantages and disadvantages should be commensurate with the incidence of potential demand on various connections. Finally, the different incidence percentage on the total travel time should also be taken into account, depending on the length of the journey.

11. Conclusions

The article has proposed a formula for the calculation of the time displacement between the train's timetable and the traveller's ideal schedule requirements.

This adding to the travel time, time displacement becomes an important element in the modal choice of service. It increases as frequency decreases but as shown in the article, it also depends on the adaptability of travellers' time: the more this is low, the more frequency variations affect the modal choice; the more it is high, the less the sensitivity to frequency.

The formula proposed for calculating time displacement, depending on frequency and time adaptability, allows transforming frequency in equivalent units of time (to add to the travel time) and having a temporal indicator to consider in forecast models of modal distribution or in comparing alternative time structures, as shown in the application example and subsequent generalisation.

The differentiation of the formula for different types of timetable allows checking, in terms of time displacement, the effect of non-uniformity of intervals, of the mutual position of the runs in case of service differentiation between slow and fast, thus deriving general information about the design of a timetable structure.

⁽¹¹⁾ Per frequenze dei servizi diverse, si ottengono analoghi andamenti, ma con un diverso fattore di scala, dovuto alla variazione dello sfasamento temporale, a parità di eterotachia, e al diverso valore limite per l'adattabilità di orario, oltre il quale si annulla lo svantaggio per le relazioni O-D che non beneficiano della velocizzazione.

⁽¹¹⁾ For different service frequencies, similar trends are obtained, but with a different scale factor, due to the variation of time displacement, with equal heterogeneity, and to the different limit value for time adaptability, beyond which the advantage for O-D connections that do not benefit from speeding cancels out.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] CIUFFINI F., "Qualità trasportistica dell'orario ferroviario", Ingegneria Ferroviaria n. 6/2011, CIFI, Roma.
- [2] CRISALLI U., GANGEMI F., "The Access/Egress mode choice to railway terminals", L. SUCHAROV and G. BIDINI, Computational Mechanics Publications, Southampton, England, 1997.
- [3] LORENZINI C., RICCI S., "Soglie di convenienza e coordinamento nei nodi di scambio dei servizi ad orario cadenzato", Ingegneria Ferroviaria n. 3/2005.
- [4] NUZZOLO A., CRISALLI U., GANGEMI F., "A behavioural choice model for the evaluation of railway supply and pricing policies", Transportation Research Part A, Elsevier Science, 2000.
- [5] NUZZOLO A., RUSSO F., "Modelli per l'analisi e la simulazione dei sistemi di trasporto collettivo", CNR.
- [6] WARDMAN M. et al., "Consumer benefits and demand impacts of regular train timetables", International Journal of transport management, 2, 2004.

Sommaire

UNE MÉTHODE D'ÉVALUATION DE L'EFFET DE LA FRÉQUENCE SUR LE TEMPS TOTAL DE VOYAGE

Cet article propose une méthode d'évaluation de l'effet de la fréquence d'un service de transport sur le temps total de voyage, pour une combinaison donnée d'origine et destination.

En particulier l'article propose une formule pour le calcul du "déphasage temporel" entre les désires du voyageur et les horaires, qui tient compte pas seulement de la fréquence des services mais aussi de l'adaptabilité des horaires côté voyageur. Le déphasage temporel calculé par cette formule est à rajouter, en alternative au temps d'attente moyen, à la durée du voyage à bord du moyen de transport choisi dans le cas de services caractérisés par des fréquences suffisamment basses qui permettent d'exclure un accès au service de type casual, comme dans le cas par exemple des services ferroviaires de moyenne à longue distance.

Les valeurs du déphasage temporel moyen sont établies, grâce à la formule proposée, dans les cas de services à intervalles uniformes et non uniformes ainsi que dans le cas de services prévoyant l'alternance de services à plusieurs vitesses, en fonction de la variation des valeurs de fréquence et adaptabilité des horaires des voyageurs.

Un exemple applicatif clarifie les possibilités d'emploi de la formule, qui permet de transformer la fréquence en unités de temps équivalents qui peuvent être additionnées au temps de voyage, dans les cas où on veuille évaluer les effets des variations de la fréquence ou plus en général l'attractivité relative d'horaires différents.

Les résonnements sont présentés en référence au cas des services ferroviaires mais sont plus en général extensibles au cas des services de ligne dans le champ des basses et moyennes fréquences, comme par exemple dans le cas des services extra urbains sur pneus.

Zusammenfassung

BEWERTUNGSVERFAHREN DER ZUGFREQUENZBEEINFLUSSUNG AUF DIE GESAMTE REISEZEIT

Es wird eine Formel entwickelt um die Beeinflussung der Zugfrequenz auf die gesamte Fahrzeit berechnen zu können. Das gilt für Eisenbahnverbindungen zwischen bestimmten Ursprungs- und Ziel-Orten.

Die dazu ermittelte Formel erlaubt die Berechnung des Zeitunterschieds zwischen die Wunschmoment des Reisenden und die Fahrplannäßige Abfahrtzeit. Dazu hält Formel nicht nur die Frequenz aber auch die Anpassungsfähigkeit der Reisenden. Die so berechnete Zeitunterschied gilt für verschiedene übliche Zustände, wie z.B. im Fall uniformer Zeitintervalle oder von mehrfach darübergelagerten Frequenzen, wie auch von verschiedenen Anpassungsfähigkeiten der Reisenden.

Ein Beispiel beleuchtet die Verwendungsmöglichkeiten der Formel in verschiedenen Fällen um die Folgerungen von Frequenzänderungen zu bewerten. Die Methode ist auch für mittel-niedrige Frequenz Bus Linien verwendbar.



Innotrans 2014

International Trade Fair for Transport Technology - Innovative Components, Vehicles, Systems



B E R L I N
23•26/09/2014



Sistemi di
Telegestione
ed Efficientamento
Energetico
degli Impianti LFM
ed Utenze

Blocco Conta Assi

MULTI RAIL LOCK è l'innovativo sistema Blocco Conta Assi Multisezione e Trasmissione Dati in Sicurezza sviluppato da ECM per accogliere le nuove specifiche di BCA multisezione.

Il sistema, basato su una rete WAN a FO o S-HDSL permette all'unità centrale del sistema (UCA) di controllare lo stato dell'intera tratta; la versatilità degli I/O vitali presenti sull'unità centrale e sulle unità periferiche (IOMANFS) permettono al sistema la contemporanea trasmissione delle condizioni di blocco stazione-stazione o stazione-garitta o di qualsiasi altro stato di I/O sfruttando la rete WAN, con evidenti benefici di disponibilità e costi di installazione e manutenzione. I punti di conteggio (PCA) dislocati lungo la linea elaborano e memorizzano le informazioni di transito rendendo non critica la capacità di trasferimento della WAN. La configurabilità software del sistema ne permette una elevata versatilità ed adattabilità alle più svariate esigenze.

Il sistema di telegestione ed efficientamento energetico degli impianti LFM ed utenze di un impianto Ferroviario permette di conseguire, tramite un'attività di diagnostica e/o comando puntuale degli apparati ed una gestione automatizzata e centralizzata degli stessi, l'ottimizzazione dell'impiego delle risorse umane, il miglioramento della qualità del servizio reso, la programmabilità delle attività di manutenzione e la riduzione dei vari consumi, primi fra tutti quelli energetici.

A tal fine il telecontrollo e il telecomando di quanto asservito può avvenire sia in modalità locale che remota (presso opportuni centri di controllo) con possibilità di massima distribuzione delle informazioni su tutto il territorio nazionale.

Per tali motivi il sistema è standardizzato in modo da ottenere il massimo livello di scalabilità e portabilità cui si aggiunge un'altrettanto notevole facilità di installazione ed uso.





HMR9

Sistema di Interlocking ad alta modularità

Il sistema di Interlocking HMR9® che sfrutta tecnologie web di rete commerciale, è una soluzione di segnalamento completa, scalabile, modulare, flessibile: oggi, grazie alla piattaforma multistazione, l'operatore ferroviario è in grado di controllare molte stazioni a partire da un solo interlocking, e apportare cambiamenti senza dover riconfigurare l'intero sistema. L'architettura hardware è simile a quella tradizionale, basata sulla logica failsafe, a sicurezza intrinseca: processore centrale, interfaccia uomo macchina, archiviazione e recupero dati, e collegamenti di comunicazione con le apparecchiature periferiche. Dal punto di vista del software sono stati apportati invece significativi cambiamenti: la nuova tecnologia permette di configurare i dispositivi di segnalamento come se appartenessero ad una sola stazione. Quando questa informazione viene generata nel software i vari dispositivi vengono assegnati alle varie stazioni. Ciò significa che quei cambiamenti saranno effettuati ad una singola stazione e che il sistema assegnerà automaticamente quei dati senza dover completamente riconfigurare e testare l'intero sistema.

ECM offre oggi all'infrastruttura ferroviaria un sistema di Controllo che coniuga la disponibilità 24 ore su 24, 7 giorni la settimana, alla semplicità di installazione e al minimo impatto in termini di dis servizio sulle linee, fornendo agli operatori

ferroviari i mezzi per raggiungere delle prestazioni con un vantaggioso rendimento della spesa insieme ad una riduzione dei costi del ciclo di vita complessivo.



ECDR

Cab Radio Sistema di telefonia terra-treno

La famiglia dei prodotti ECDR progettati da ECM rappresenta la soluzione ideale per dotare i veicoli ferroviari del telefono Terra-Treno con tecnologia GSM-R in conformità alle norme europee e nazionali.

I prodotti sono tutti completamente compatibili con gli standard europei EIRENE e MORANE.

Oltre alle normali funzioni di telefonia e di rubrica, è possibile la gestione della chiamata di emergenza, la chiamata di gruppo, la chiamata vigilante (DSD), la gestione dei numeri funzionali e l'invio degli SMS Diagnostici come oggi richiesto per l'accesso alla rete ferroviaria italiana. Gli ingombri ed i consumi sono sensibilmente ridotti rispetto alle altre soluzioni GSM-R grazie all'utilizzo di CPU ARM/CORTEX di ultima generazione ampiamente utilizzati su tutti dispositivi mobili oggi sul mercato.

ECM ha sviluppato la linea ECDR-20x con unità centrale in formato 3U su rack 19" (di cui solo 26TE impegnati) e MMI, cornetta e viva voce completamente conformi alle specifiche di interoperabilità.



www.ecmre.com





Italferr. Soluzioni globali per i progetti ferroviari nel mondo

Italferr. Worldwide global solutions for railway projects

**Alta Velocità, linee ferroviarie tradizionali e nodi urbani.
Dalla progettazione all'attivazione.**

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Italferr, società d'ingegneria del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane, è leader sul mercato nella progettazione multidisciplinare e complessa per il settore ferroviario. L'esperienza acquisita in 30 anni di servizi di ingegneria specializzata e il know how a livello internazionale sono i motori chiave delle soluzioni tecnologiche e integrate della Società, dalla progettazione fino alla messa in esercizio. La soddisfazione del cliente è il nostro obiettivo. Giorno dopo giorno le attività di ingegneria di Italferr creano un mondo migliore e rispettoso dell'ambiente.

High Speed, conventional railway lines and urban hubs. From conception to operation start-up.

Italferr, the engineering company of the "Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane" (Italian State Railways Group), is a market leader in the provision of multi-disciplinary and complex design to the railway sector. The experience acquired in 30 years of specialized engineering services and the international know how are the key drivers of the Company's technological and integrated solutions, from conception to operation start-up of railway systems. Client satisfaction is our goal. Day by day Italferr engineering activities create a better and environmentally-friendly world.

www.italferr.it