

Analisi di Floating Car Data (FCD) per lo studio delle velocità operative lungo i tracciati stradali



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Dottorando: Giulia Del Serrone

Tutor: Prof. Giuseppe Cantisani

Presentazione per l'ammissione al III anno del corso di Dottorato di ricerca in
Infrastrutture e Trasporti – XXXII Ciclo - Curriculum: Infrastrutture

Sommario

- **Sezione A:** Ricerca di dottorato
 - Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività
 - Attività di ricerca realizzata nei primi due anni
 - Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici
 - Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo
- **Sezione B:** Attività di collaborazione e supporto
 - Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza
 - Attività di formazione
- **Allegati**

Sezione A

Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività

Sezione A: Ricerca di dottorato

➤ **Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività**

➤ Attività di ricerca realizzata nei primi due anni

➤ Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici

➤ Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

➤ Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza

➤ Attività di formazione

Allegati

OBIETTIVO

Comprendere le relazioni esistenti tra le velocità effettivamente adottate dagli utenti nei diversi tronchi stradali e le caratteristiche geometriche.



Sezione A: Ricerca di dottorato

➤ Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività

➤ Attività di ricerca realizzata nei primi due anni

➤ Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici

➤ Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

➤ Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza

➤ Attività di formazione

Allegati



Fattori che influenzano le velocità di guida

- Larghezza corsie e banchine
- Pendenza livellette
- Lunghezza del tratto stradale che si sta percorrendo
- Tipologia e lunghezza delle sezioni stradali precedenti
- Limiti e controlli di velocità

Sezione A

Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività

Sezione A: Ricerca di dottorato

➤ Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività

➤ Attività di ricerca realizzata nei primi due anni

➤ Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici

➤ Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

➤ Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza

➤ Attività di formazione

Allegati



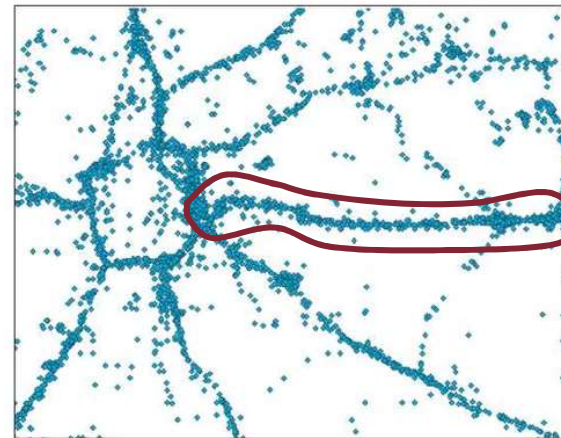
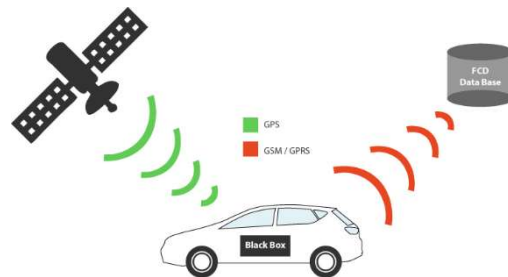
Pistola laser, pistola radar e conteggio manuale con rilevazioni di **velocità puntuali**



Simulatore di guida con comportamento di guida che **risponde poco alla realtà**



Veicolo strumentato con comportamento di guida **statisticamente poco significativo**



Floating Car Data (FCD)

- Dati estesi lungo tutto l'arco stradale
- Ampie condizioni di traffico e ambientali
- Insieme statisticamente significativo di dati di velocità
- Data mining e analisi delle informazioni

lat	long	dir	vel	dt	stato	quality	id_veicolo	id_sistema	classe_veicolo
12.463	41.818	20	28	27/05/2010 10:23	1	3	1001045	O	A
12.456	41.807	204	90	27/05/2010 15:22	1	3	1001045	O	A
12.453	41.800	188	72	27/05/2010 15:23	1	3	1001045	O	A
12.453	41.796	194	24	27/05/2010 15:24	1	3	1001045	O	A

CRONOPROGRAMMA

Sezione A: Ricerca di dottorato

➤ **Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività**

➤ Attività di ricerca realizzata nei primi due anni

➤ Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici

➤ Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

➤ Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza

➤ Attività di formazione

Allegati

ID	Descrizione attività	I anno						II anno						III anno					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	Analisi bibliografica per la caratterizzazione delle geometrie	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█						
2	Acquisizione di grafi GIS per la geometrizzazione del tracciato in esame			█	█	█	█			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
3	Individuazione di un codice automatizzato per l'analisi del tracciato				█	█	█			█	█	█	█						
4	Analisi bibliografica per l'implementazione di modelli di velocità operative		█	█	█	█	█			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
5	Acquisizione dei dati FCD per la valutazione delle velocità operative			█	█	█	█			█	█	█	█						
6	Estrazione, elaborazione e classificazione dei dati di velocità				█	█	█			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
7	Ampliamento del campione stradale							█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
8	Analisi critica dei risultati											█	█	█	█	█	█	█	█
9	Stesura tesi													█	█	█	█	█	█

Attività di ricerca realizzata nei primi due anni

Segmentazione automatizzata del tratto di strada in esame in rettifili e archi di curva circolare, e caratterizzazione dei vari tratti attraverso il metodo del fitting ai minimi quadrati

Sezione A: Ricerca di dottorato

➤ Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività

➤ **Attività di ricerca realizzata nei primi due anni**

➤ Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici

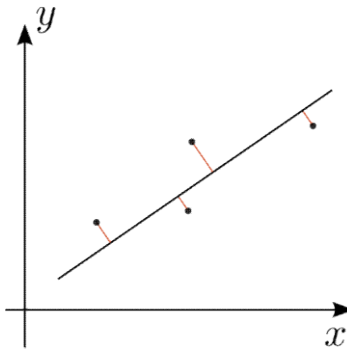
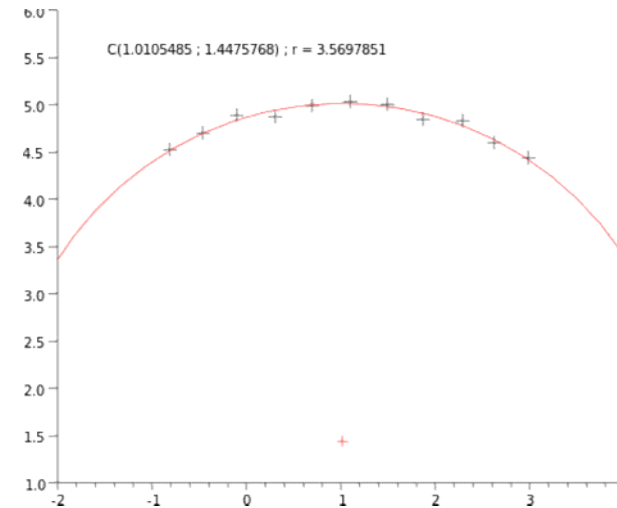
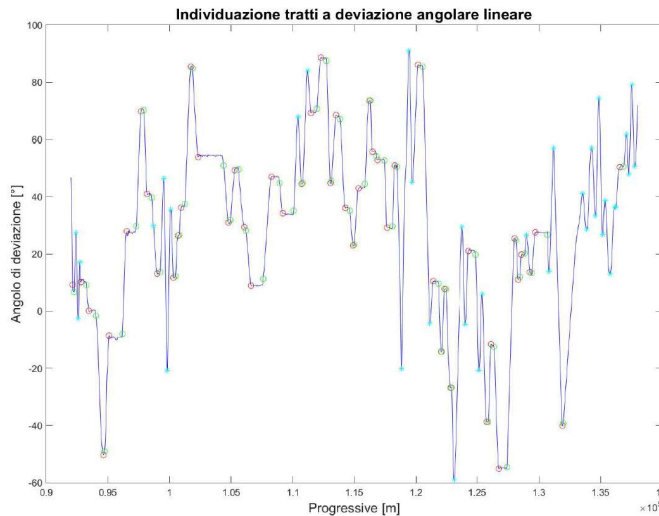
➤ Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

➤ Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza

➤ Attività di formazione

Allegati



Rettifilo
 $P_i = (x_i; y_i)$
 $P_f = (x_f; y_f)$
 $\Theta = \text{angolo azimutale}$

Circonferenza $x_c = \frac{(d * e) - (c * f)}{(a * d) - (b * c)}$

$y_c = \frac{(a * f) - (b * e)}{(a * d) - (b * c)}$

$$R = \pm \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n [(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2]}$$

Dove:

- n:= n° di punti appartenenti all'arco di circonferenza individuato
- i:= generico punti i-esimo appartenente all'arco di circonferenza
- a,b,c,d,e,f := quantità ausiliari calcolate attraverso le coordinate degli n punti

Codice per la **costruzione automatica** del **diagramma delle curvatures** e del relativo **diagramma delle velocità** teorico (in funzione della categoria stradale)

Sezione A: Ricerca di dottorato

➤ Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività

➤ **Attività di ricerca realizzata nei primi due anni**

➤ Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici

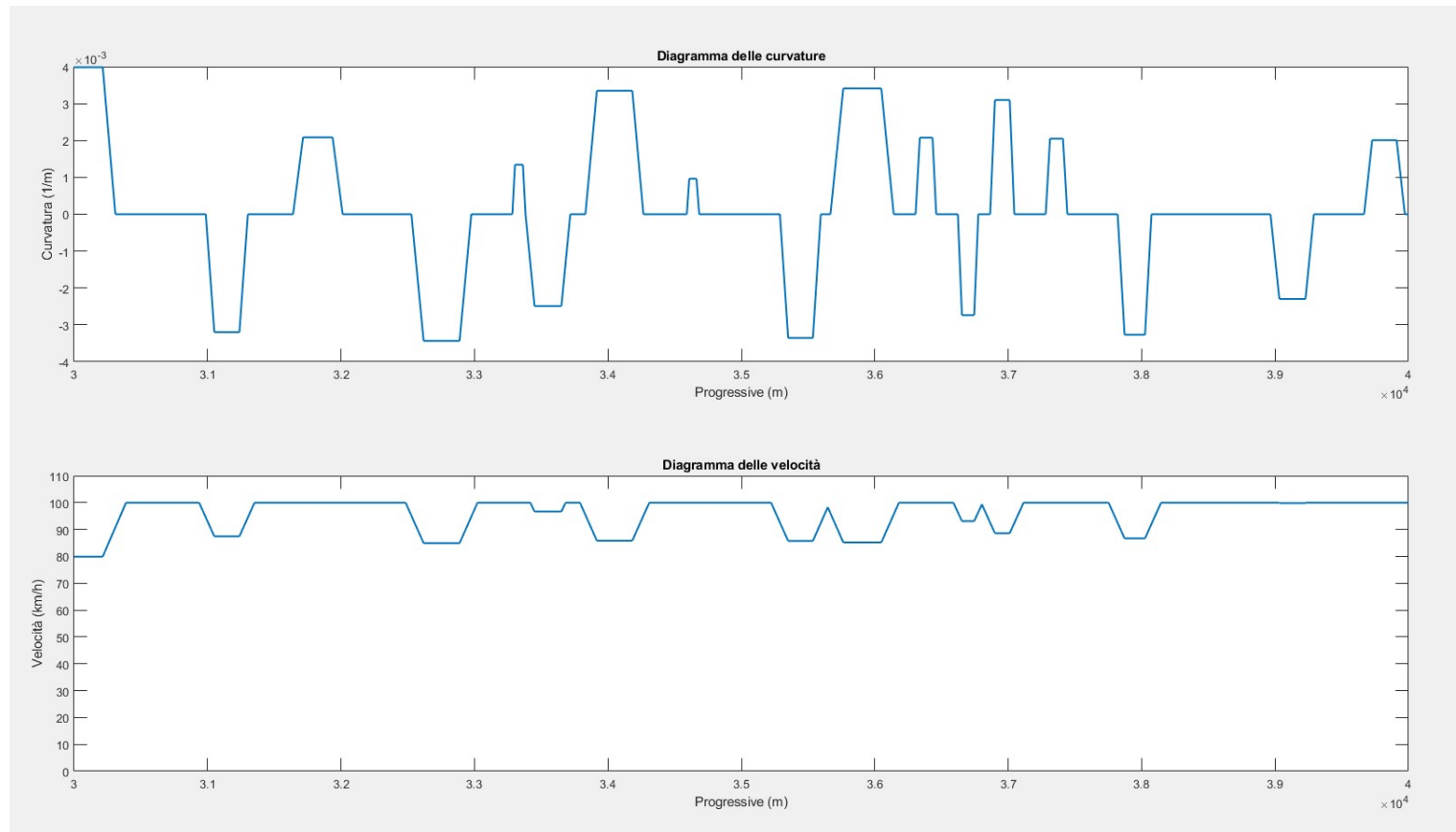
➤ Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

➤ Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza

➤ Attività di formazione

Allegati



Sezione A: Ricerca di dottorato

➤ Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività

➤ **Attività di ricerca realizzata nei primi due anni**

➤ Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici

➤ Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

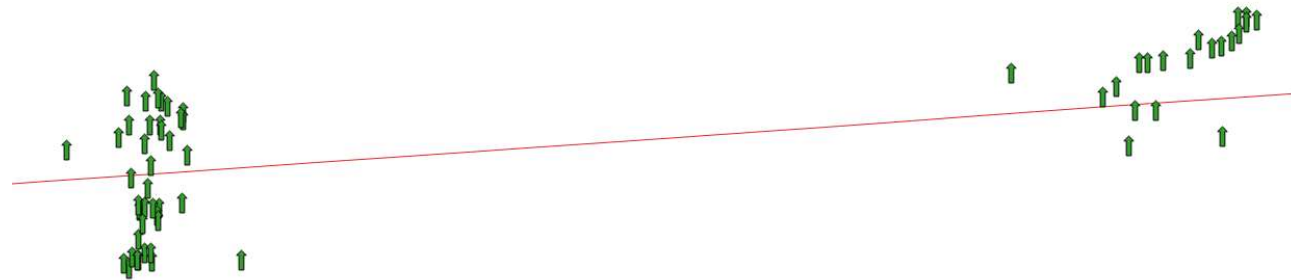
➤ Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza

➤ Attività di formazione

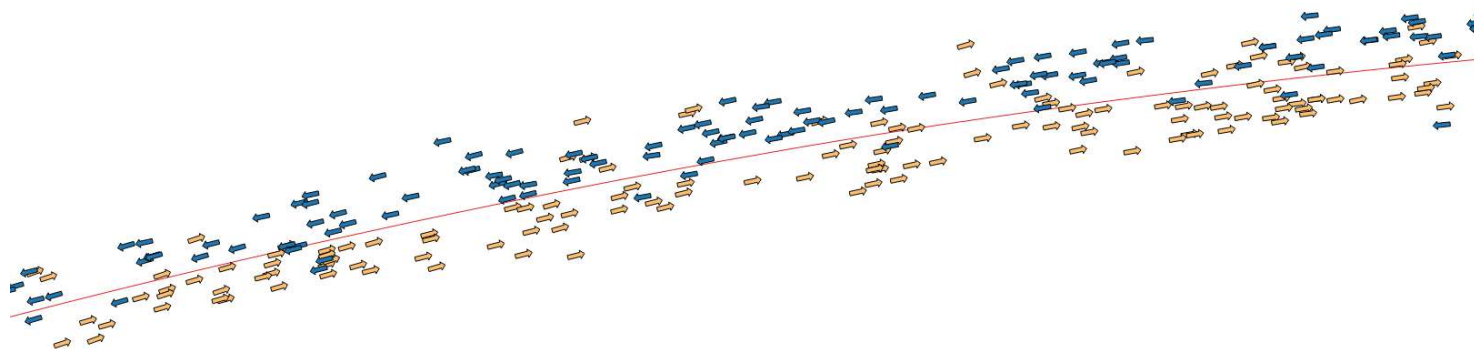
Allegati

Procedura automatizzata per l'analisi degli FCD:

Filtraggio dei dati che presentano **direzioni e velocità** contemporaneamente **nulle**, dovute a una probabile scarsa potenza del segnale (es. presenza di una galleria).



Matching dei dati con il profilo planimetrico dell'asse stradale e suddivisione dei veicoli nelle due **direzioni di marcia**:



Proiezione dei dati lungo l'ascissa curvilinea e costruzione, tramite interpolazione alle cubic splines, dell'andamento delle velocità lungo il tracciato da comparare con il diagramma delle velocità teorico.

Sezione A: Ricerca di dottorato

➤ Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività

➤ Attività di ricerca realizzata nei primi due anni

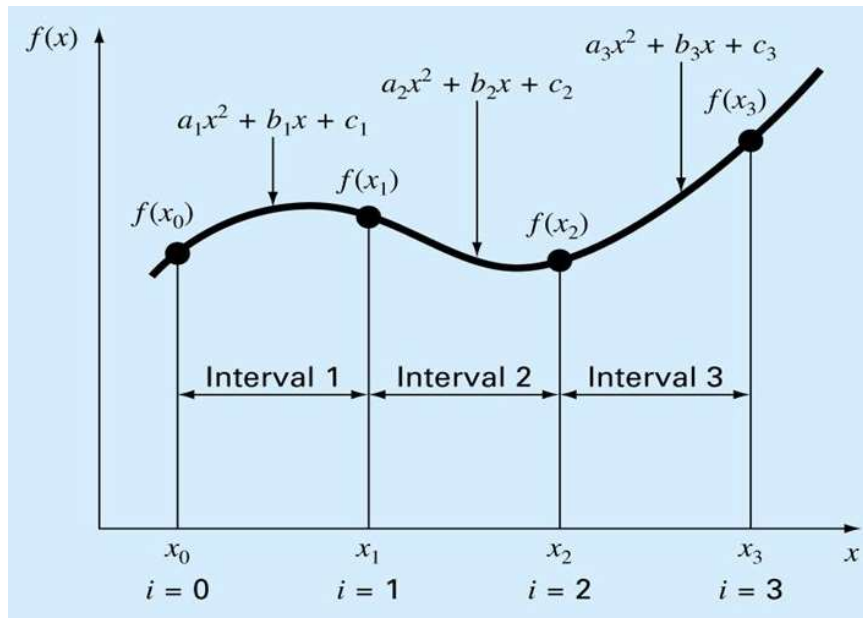
➤ Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici

➤ Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

➤ Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza

➤ Attività di formazione



Intervalli corrispondenti agli n tratti componenti l'asse stradale:

$$x_0 < x_1 < \dots < x_{i-1} < x_i < x_{i+1} < \dots < x_n$$

Posto $h_i = x_i - x_{i-1}$

$$a_i = h_{i+1}, \quad b_i = 2(h_i + h_{i+1}), \quad c_i = h_i, \quad d_i = 3 \frac{f_{i+1} - f_i}{h_{i+1}} h_i + 3 \frac{f_i - f_{i-1}}{h_i} h_{i+1}$$

$$\begin{bmatrix} b_1 & c_1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ a_2 & b_2 & c_2 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_3 & b_3 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & b_{n-3} & c_{n-3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & a_{n-2} & b_{n-2} & c_{n-2} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & a_{n-1} & b_{n-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N_1 \\ N_2 \\ N_3 \\ \vdots \\ N_{n-3} \\ N_{n-2} \\ N_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 - a_1 N_0 \\ d_2 \\ d_3 \\ \vdots \\ d_{n-3} \\ d_{n-2} \\ d_{n-1} - c_{n-1} N_n \end{bmatrix}$$

Allegati

$f_i(x) = a_i(x - x_{i-1})^3 + b_i(x - x_{i-1})^2 + c_i(x - x_{i-1}) + d_i$
 $a_i, b_i, c_i, d_i =$ coefficienti di un'equazione polinomiale convenzionale
 con $i = 1, \dots, n$

Numero dei veicoli registrati, proiettati lungo l'ascissa curvilinea nei giorni feriali in direzione AB, nella fascia oraria 03:00-06:00

Sezione A: Ricerca di dottorato

➤ Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività

➤ **Attività di ricerca realizzata nei primi due anni**

➤ Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici

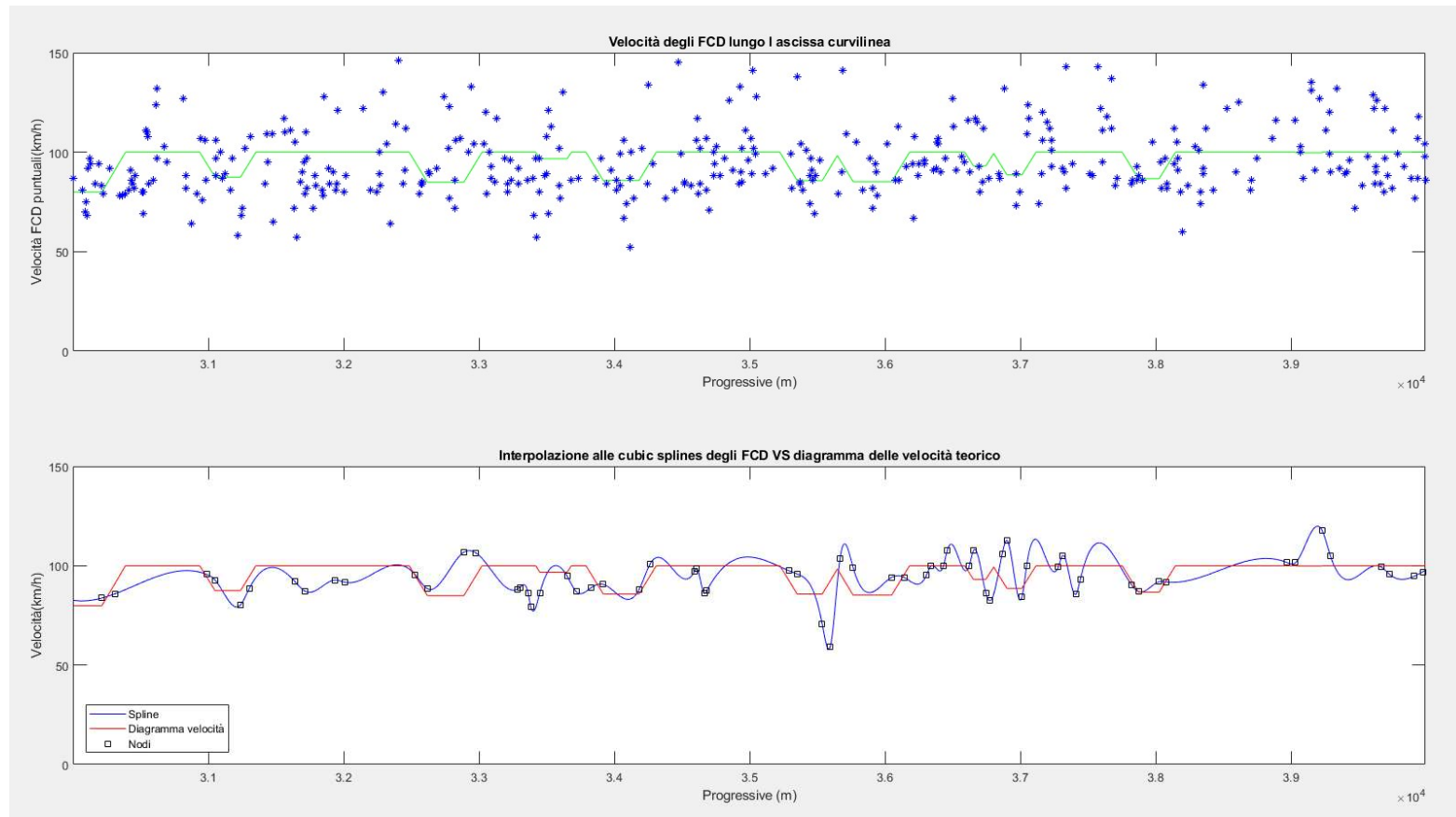
➤ Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

➤ Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza

➤ Attività di formazione

Allegati



Valutazione di alcuni indici di dispersione intorno al valor medio, quali ad esempio l'*interquartile range* o IQR.

Sezione A

Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici

Sezione A: Ricerca di dottorato

➤ Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività

➤ Attività di ricerca realizzata nei primi due anni

➤ **Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici**

➤ Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

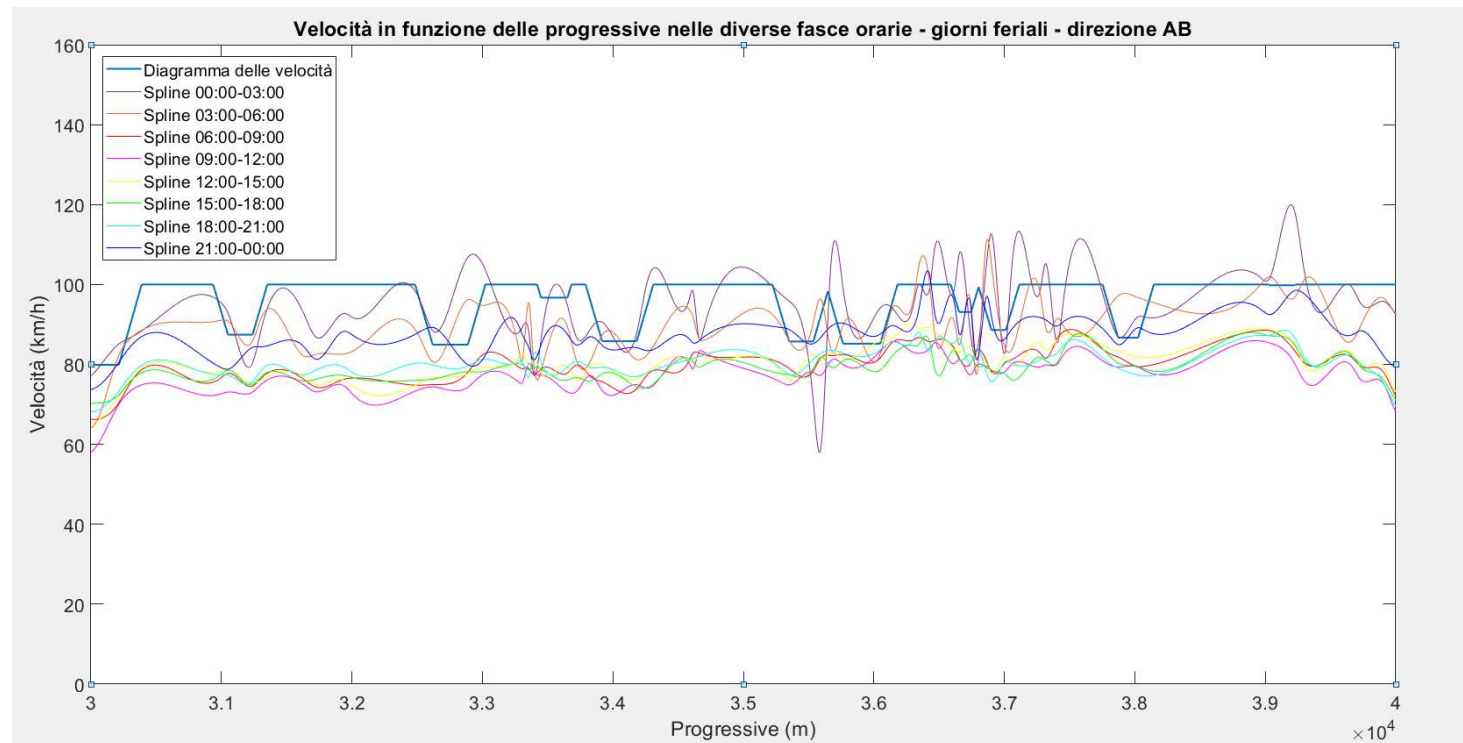
Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

➤ Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza

➤ Attività di formazione

Allegati

1) Cosa considerare flusso libero? Clustering dei dati in otto fasce orarie nei diversi giorni della settimana



2) Numerosità del campione disomogenea

Sezione A: Ricerca di dottorato

➤ Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività

➤ Attività di ricerca realizzata nei primi due anni

➤ **Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici**

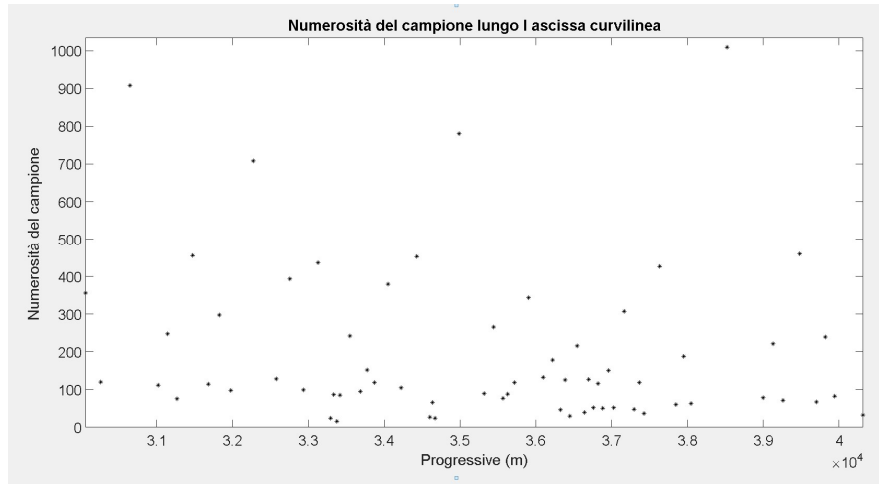
➤ Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

➤ Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza

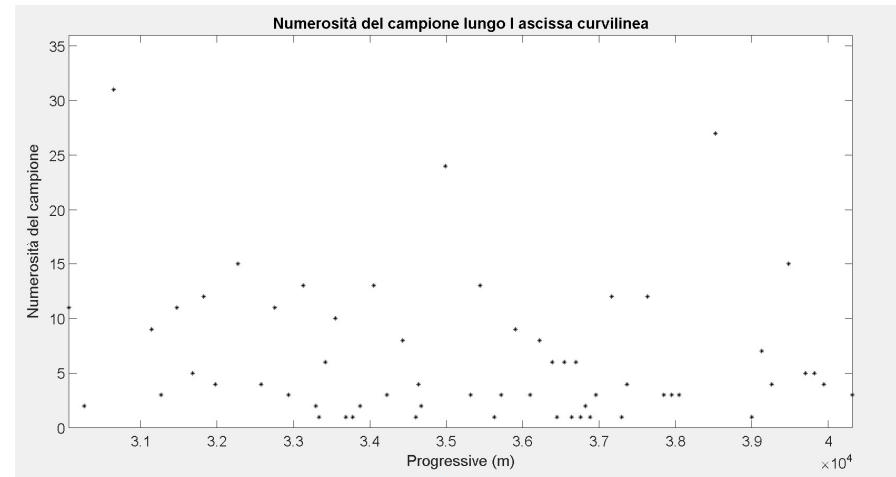
➤ Attività di formazione

Allegati



➔ Numero dei veicoli registrati, proiettati lungo l'ascissa curvilinea nei giorni feriali in direzione AB, nella **fascia oraria 09:00-12:00**

Numero dei veicoli registrati, proiettati lungo l'ascissa curvilinea nei giorni feriali in direzione AB, nella **fascia oraria 00:00-03:00**



3) Filtraggio dei dati in corrispondenza di trend di velocità verso valori nulli

Sezione A: Ricerca di dottorato

➤ Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività

➤ Attività di ricerca realizzata nei primi due anni

➤ **Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici**

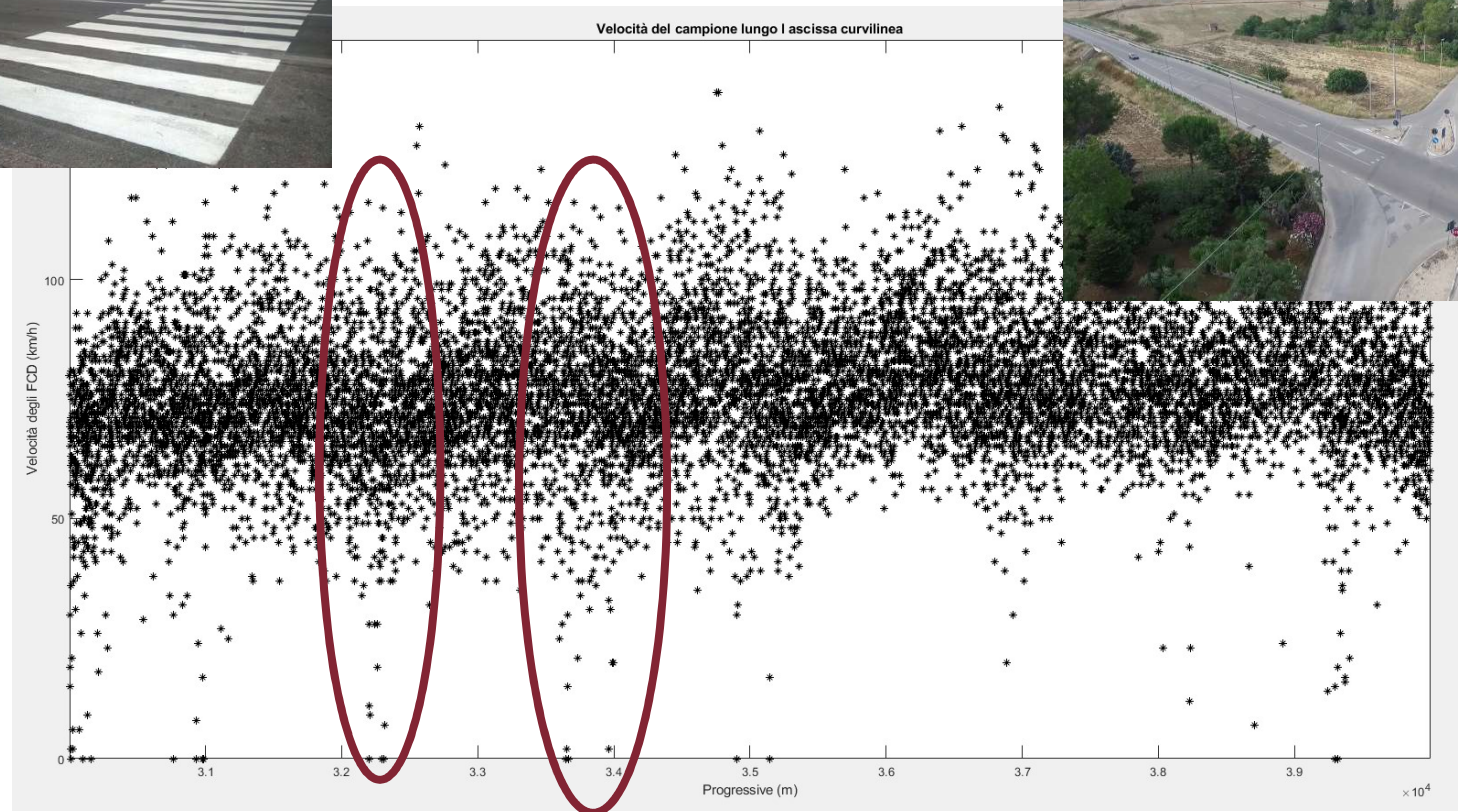
➤ Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

➤ Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza

➤ Attività di formazione

Allegati



4) Assenza di dati in corrispondenza di punti «critici»**Sezione A: Ricerca di dottorato**

➤ Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività

➤ Attività di ricerca realizzata nei primi due anni

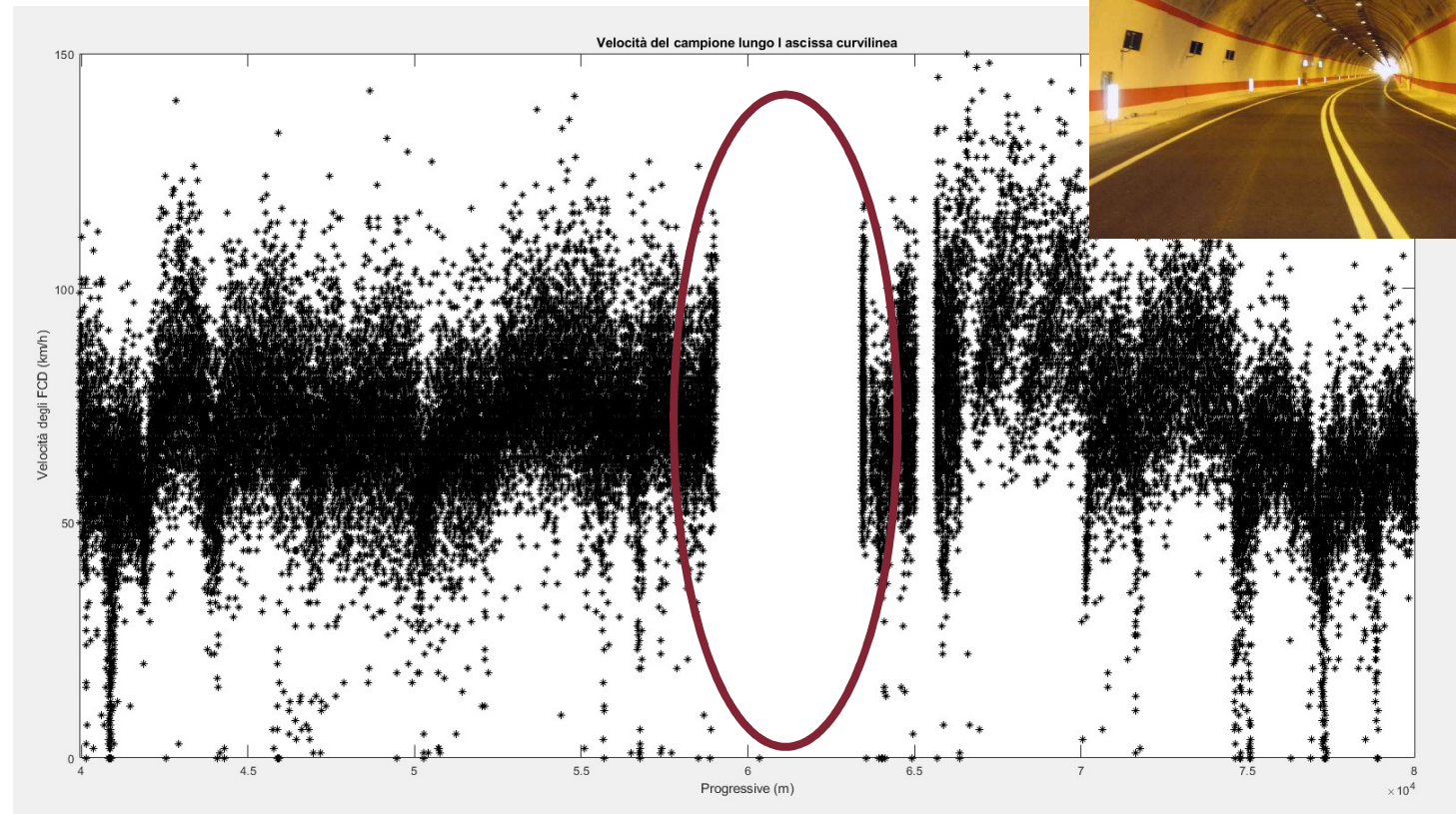
➤ **Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici**

➤ Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

➤ Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza

➤ Attività di formazione

Allegati

Sezione A

Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

Sezione A: Ricerca di dottorato

- Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività
- Attività di ricerca realizzata nei primi due anni
- Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici
- **Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo**

Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

- Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza
- Attività di formazione

Allegati

- Metodologia: il processamento e il filtraggio dei dati avviene in modo automatico
- Identificare i punti critici del modello di velocità di progetto, presentato dalla normativa vigente
- Identificare le variabili che influenzano il comportamento dell'utente
- Banche dati storiche, a basso costo, in futuro sempre più aggiornate

Sezione B

Partecipazione alle attività di didattica

Supporto alla didattica e attività di tutoraggio per gli studenti dei corsi di 'Progetto e Costruzione di Strade' e 'Complementi di Progettazione Stradale' tenuti dal Prof. Ing. Giuseppe Cantisani.

Attività di formazione

Tramite studio individuale nel corso dell'anno sono stati approfonditi i seguenti argomenti:

- Linguaggio di programmazione per lo sviluppo di codici in Matlab.
- marzo-giugno 2018 'Fundamentals in Data Analysis', Prof. Sakis Dermanis.

Partecipazione a corsi e seminari:

- 19 ottobre 2017, "Pavement Management System", Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma.
- 19 dicembre 2017, "Progetto Di Opere In Terra Rinforzata E Barriere Paramassi", Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma.
- 25 gennaio 2018, "Gli Ostacoli In Airside E Le Superfici Di Vincolo", Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma.
- 20 febbraio 2018, Visita tecnica cantiere Linea Castelplanio-Montecarotto, Master Universitario di II livello in Ingegneria delle Infrastrutture e dei Sistemi ferroviari.

Sezione A: Ricerca di dottorato

➤ Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività

➤ Attività di ricerca realizzata nei primi due anni

➤ Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici

➤ Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

➤ **Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza**

➤ **Attività di formazione**

Allegati

Schema di impostazione della Tesi finale di Dottorato e analisi delle attività di completamento:

Sezione A: Ricerca di dottorato

- Aggiornamento del programma logico e cronologico delle attività
- Attività di ricerca realizzata nei primi due anni
- Esame delle problematiche emerse e degli aspetti critici
- Potenzialità di conseguire un «impatto» scientifico significativo

Sezione B: Attività di collaborazione e supporto

- Partecipazione alle attività di didattica presso la struttura di afferenza
- Attività di formazione

Allegati

- Introduzione alla tematica dei Floating Car Data.
- Analisi bibliografica sulle relazioni esistenti tra velocità operative veicolari e caratteristiche geometriche dell'infrastruttura.
- Ricostruzione della geometria stradale a partire da un grafo tramite codici automatizzati.
- Ricostruzione del diagramma delle velocità teorico e analisi dei limiti di velocità sui tratti di strada in esame.
- Data mining e analisi multivariata dei dati di velocità operativa.
- Identificazione dei tratti di strada che presentano velocità operative maggiori delle velocità limite o teoriche di progetto.
- Possibili soluzioni tecniche per migliorare la sicurezza stradale.
- Conclusioni.

Publicazioni

- Cantisani, G., Del Serrone, G., & Di Biagio, G. (2018). Calibration and validation of and results from a micro-simulation model to explore drivers' actual use of acceleration lanes. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 89, 82-99.