

# MODELLI DI PREVISIONE DELL'INCIDENTALITÀ IN PTV VISUM

Andrea Marella (Trafficlab – Progettolab group)



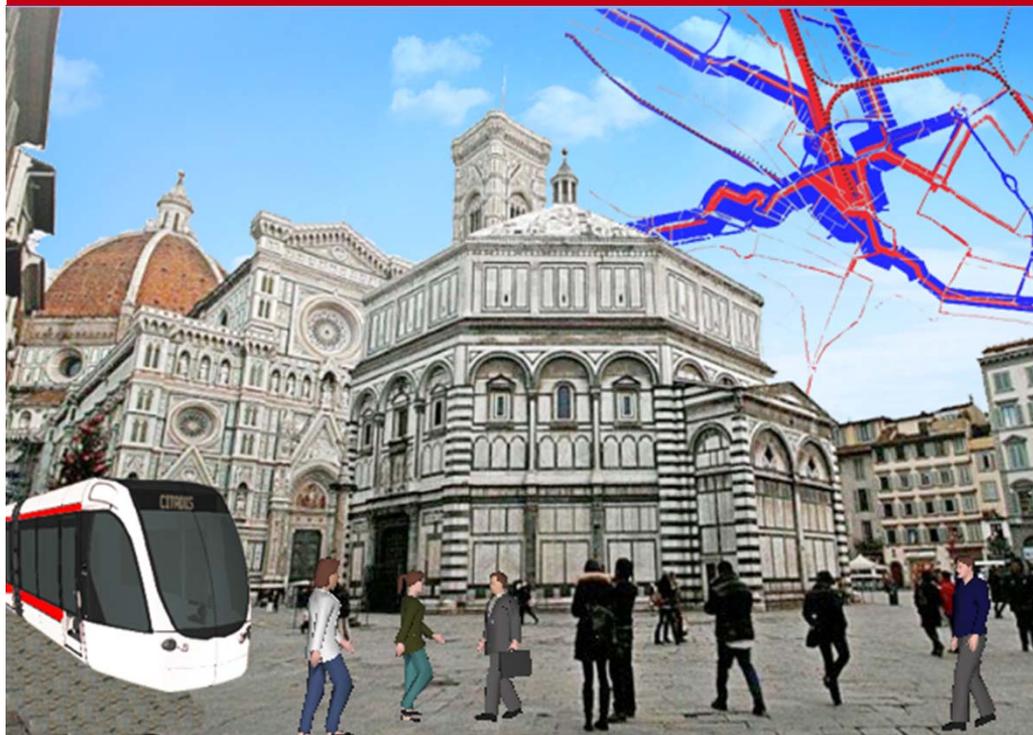
andrea.marella@trafficlab.eu



0173.290588 - 338.1901680



Alba (CN) Truffle & wine



Pianificare i trasporti  Ottimizzare la spesa

Firenze, 27 novembre 2014

 Transport  
Planning  
Service



## Sommario

### I modelli di previsione dell'incidentalità

- > Le diverse tipologie di modelli di previsione
- > Esempi

### I modelli integrati nei prodotti PTV

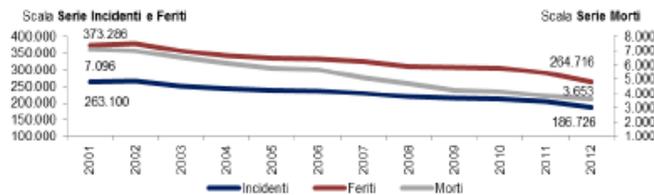
- > Flussi di lavoro
- > Risultati



# La statistica descrittiva

«La statistica descrittiva ha come obiettivo quello di organizzare, riassumere e presentare i dati in modo ordinato; i suoi strumenti permettono quindi di sintetizzare i dati»

Fonte: Wikipedia

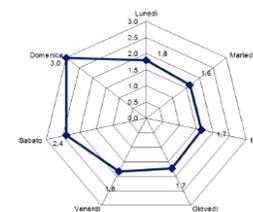
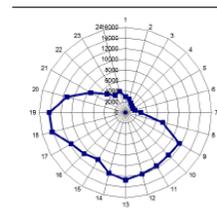
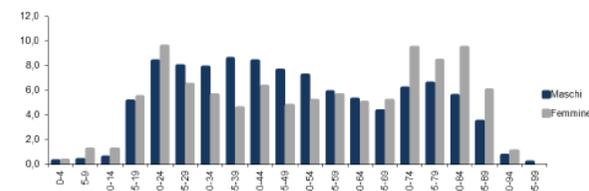


PROSPETTO 3. INCIDENTI STRADALI CON LESIONI A PERSONE SECONDO LA CATEGORIA DELLA STRADA  
 Anno 2012, valori assoluti, indice di mortalità e variazioni percentuali 2012/2011

CATEGORIA DELLA STRADA	Incidenti	Morti	Feriti	Indice di mortalità (a)	Variazione percentuale Incidenti 2012/2011	Variazione percentuale Morti 2012/2011	Variazione percentuale Feriti 2012/2011
Strade urbane	141.715	1.562	191.521	1,10	-9,7	-10,4	-10,1
Autostrade e raccordi	9.398	330	15.852	3,51	-14,6	-2,4	-14,4
Altre strade (b)	35.613	1.761	57.343	4,94	-5,3	-1,0	-5,2
<b>Totale</b>	<b>186.726</b>	<b>3.653</b>	<b>264.716</b>	<b>1,96</b>	<b>-9,2</b>	<b>-5,4</b>	<b>-9,3</b>

(a) Rapporto tra il numero dei morti e il numero degli incidenti con lesioni a persone, moltiplicato 100.  
 (b) Sono incluse nella categoria "Altre strade", le strade Statali, Regionali e Provinciali fuori dell'abitato e Comunali extraurbane.

FIGURA 7. MORTI IN INCIDENTE STRADALE PER SESSO E CLASSE DI ETÀ. Anno 2012, composizione percentuale





## I modelli predittivi

*È necessario studiare modelli che permettano di passare dalla sola descrizione del fenomeno alla previsione dell'incidentalità.*

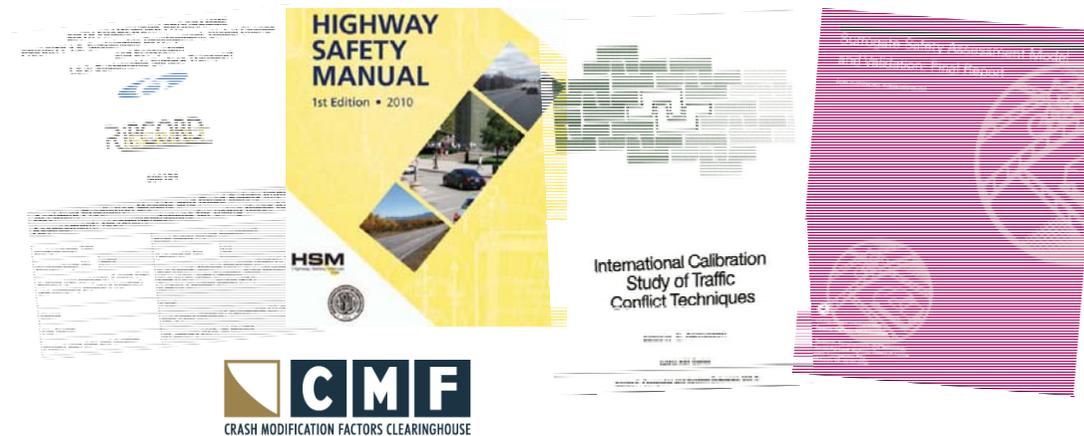
*È possibile stimare l'incidentalità futura e valutare l'efficacia di un intervento, in termini di sicurezza stradale, prima che questo si realizzi.*

- > Numero di incidenti attesi
- > Tassi di incidentalità
- > Numero totale conflitti potenziali
- > Mappe di rischio
- > Costi incidentalità



## I modelli predittivi

*La ricerca scientifica ha implementato diversi modelli per la valutazione della previsione dell'incidentalità.*



1. fattori di correzione dell'incidentalità
2. micro previsione
3. macro previsione



# 1. Fattori di correzione dell'incidentalità

*I fattori di correzione sono fattori moltiplicativi utilizzati per calcolare il numero atteso di incidenti dopo l'implementazione di una data contromisura in un progetto specifico.*

$$CRF = 100\% \times (1.00 - CMF)$$

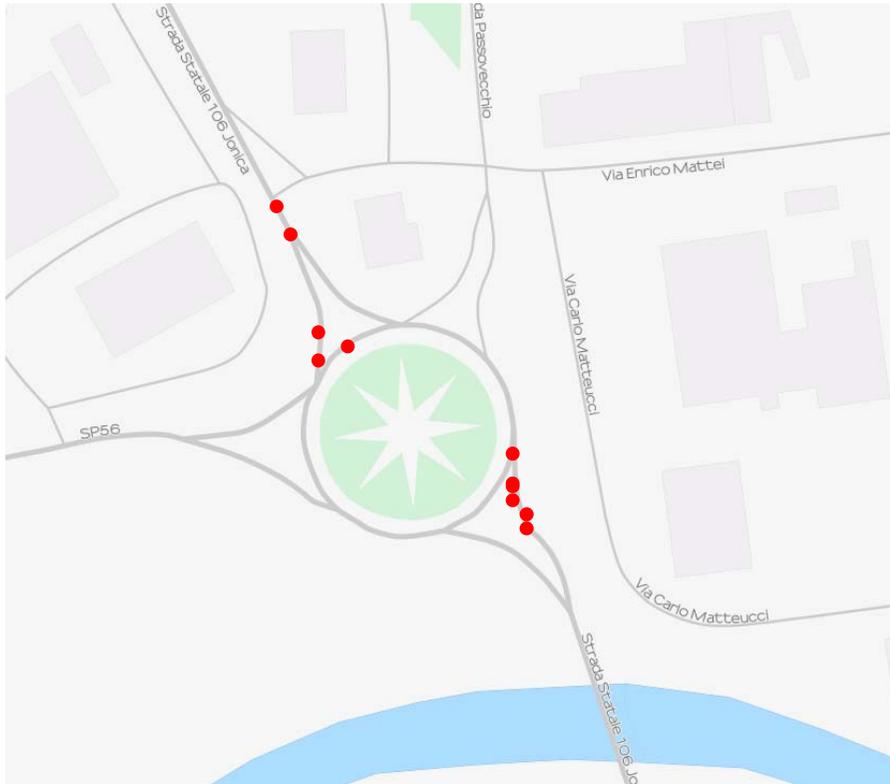
*CRF = Crash Reduction Factor e CMF = Crash Modifier Factor*

- Countermeasure: Convert high-speed rural intersection to roundabout

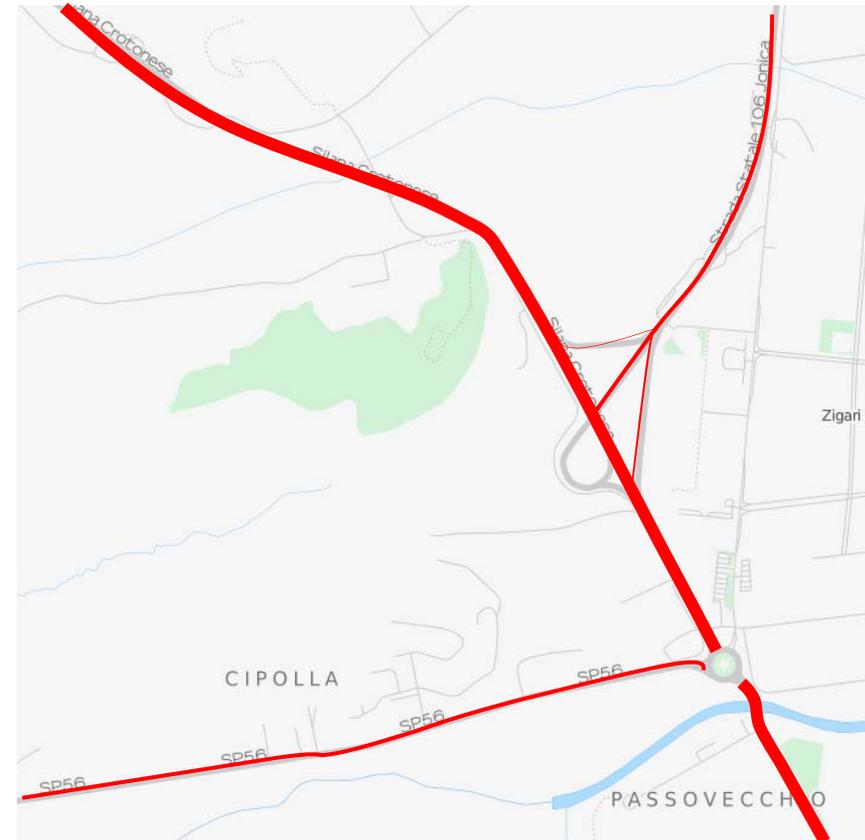
CMF	CRF(%)	Quality	Crash Type	Crash Severity	Roadway Type	Area Type	Reference
0.33	67	★★★★☆	All	All	Not Specified	Rural	Isebrands, 2009
0.11	89	★★★★☆	All	Fatal, Serious injury, Minor injury	Not Specified	Rural	Isebrands, 2009
0.14	86	★★★★☆	Angle	All	Not Specified	Rural	Isebrands, 2009
4.2	-320	★★★★☆	Fixed object	All	Not Specified	Rural	Isebrands, 2009
2.4	-140	★★★★☆	Frontal and opposing direction sideswipe, Sideswipe	All	Not Specified	Rural	Isebrands, 2009
0.81	19	★★★★☆	Rear end	All	Not Specified	Rural	Isebrands, 2009



## I modelli predittivi: micro e macro previsione



>micro previsione



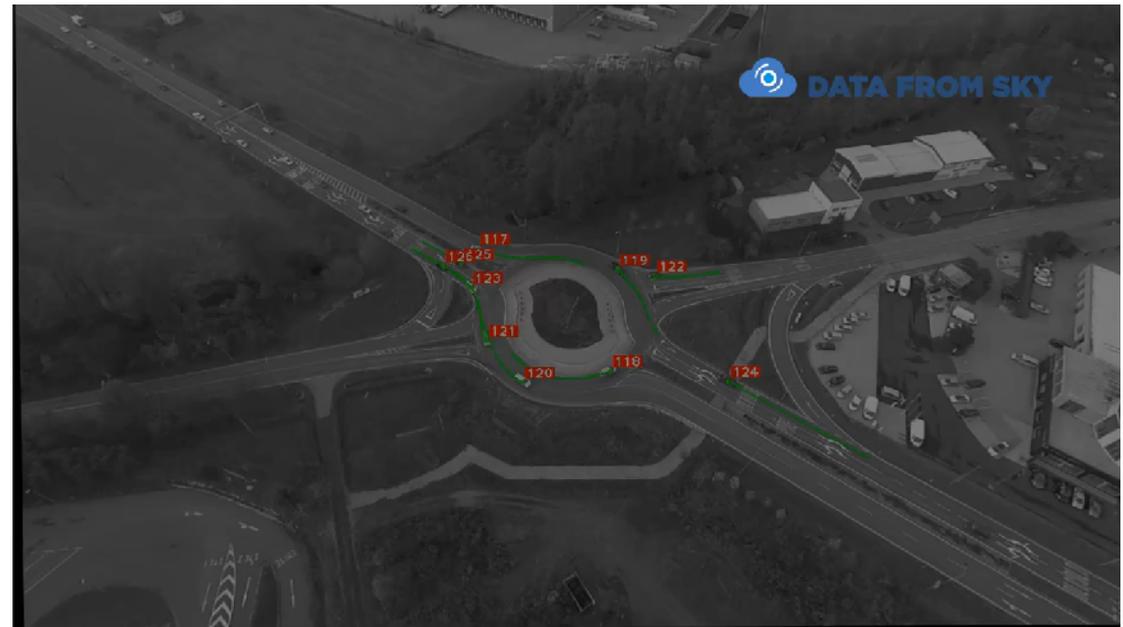
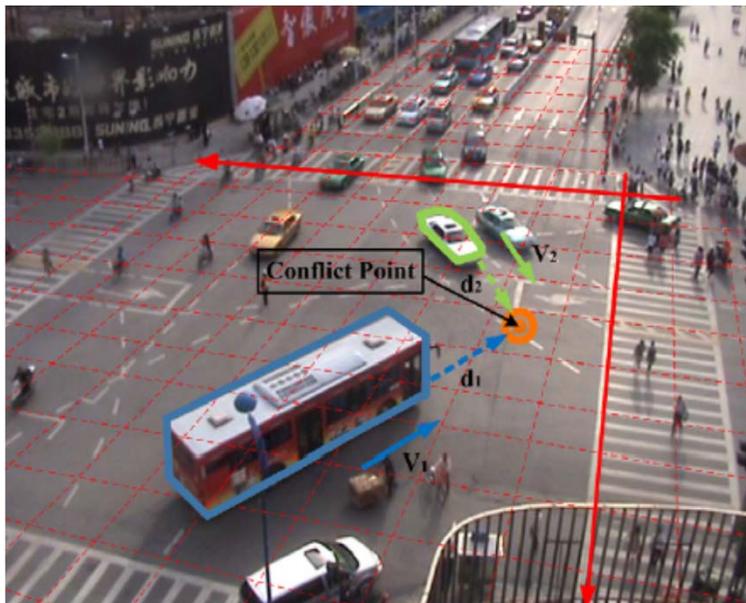
>macro previsione



## Micro previsione (Traffic Conflict Techniques)

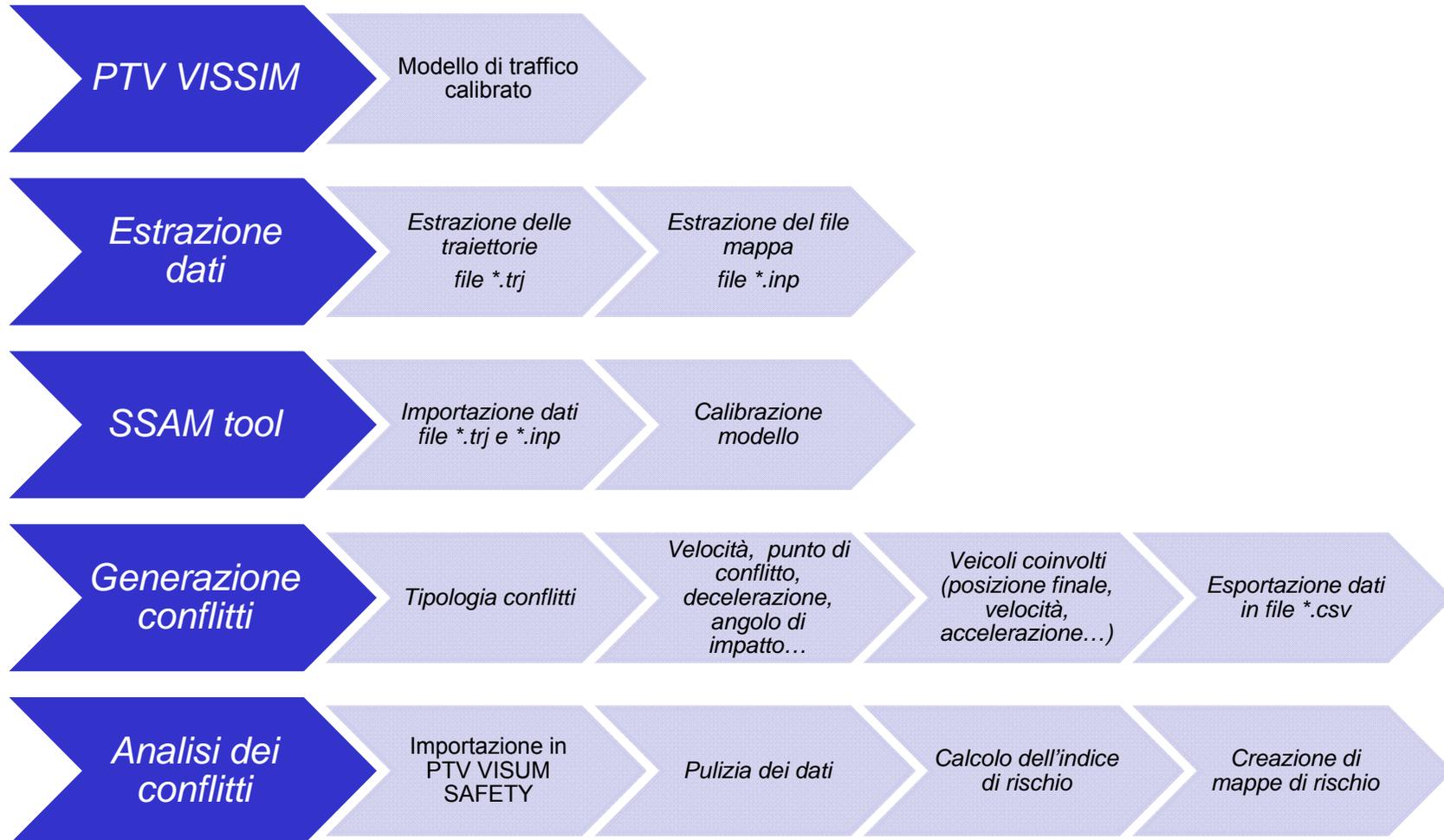
*Conflict: An observable situation in which two or more road-users approach each other in time and space to such an extent that there is risk of collision if their movements remain unchanged.”*

*(Fonte: Traffic Conflict Techniques - Amundsen and Hydén, 1977)*



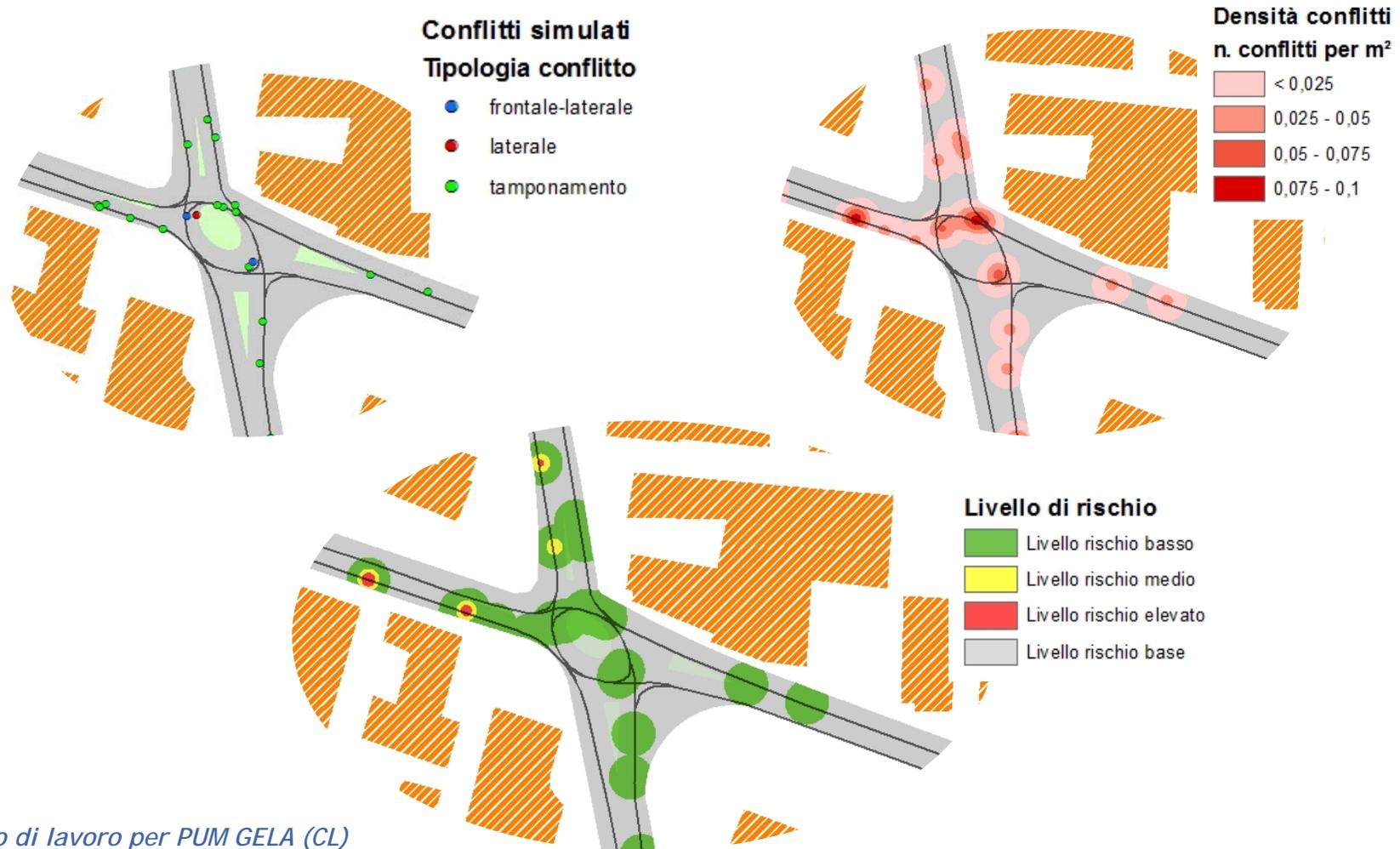


## Workflow in PTV VISSIM per la micro previsione





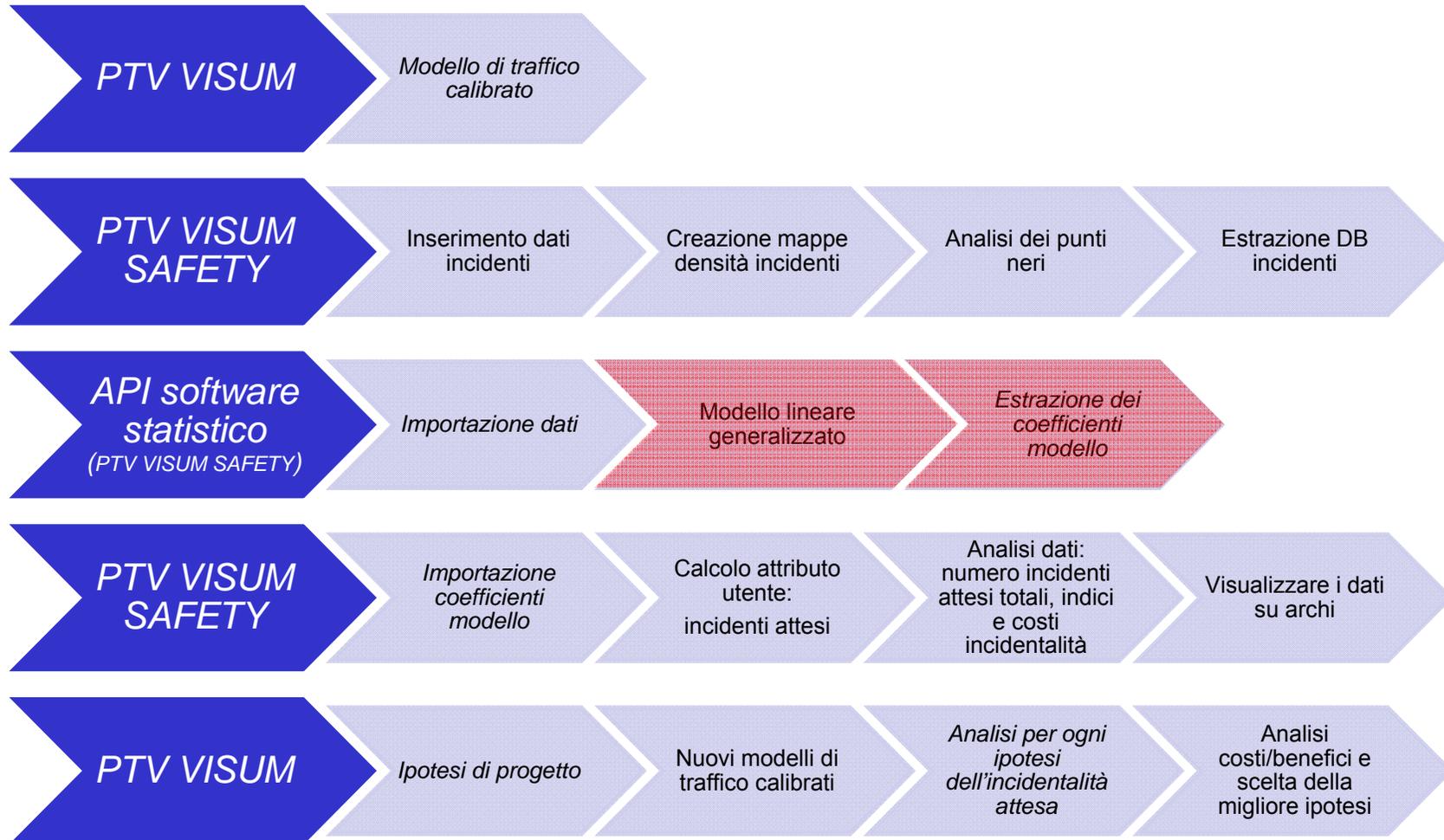
## Workflow in PTV VISSIM per la micro previsione



Gruppo di lavoro per PUM GELA (CL)  
 LemReply, Irteco, Arch. Bilanzone



## Workflow in PTV VISUM SAFETY per la macro previsione





## PTV VISUM SAFETY - Caso studio Provincia di Arezzo

- *Disponibilità del DB incidenti stradali SIRSS-ISTAT 2008-2012 georeferenziato*
- *Disponibilità modello di traffico*

+

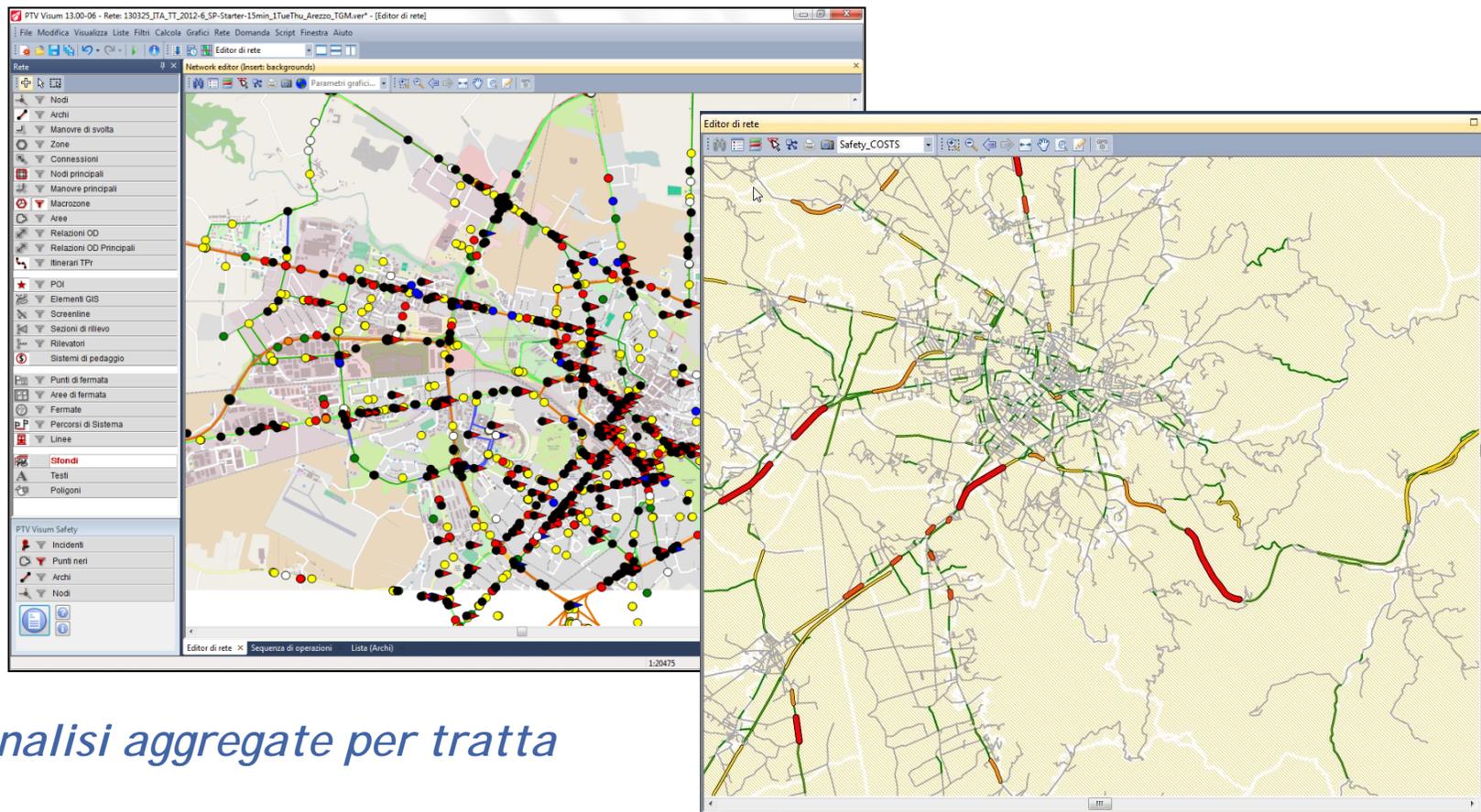
- *Nuove soluzione software integrate PTV VISUM / VISUM Safety Module*
- *Disponibilità grafo e dati velocità TOM-TOM*

=

- *Accordo tra TPS e Provincia di Arezzo per l'individuazione di una procedura che partendo da:*
  - *Grafo stradale*
  - *Modello di traffico*
  - *DB incidenti*
  - *DB velocità operative ed amministrative*
- *permetta l'individuazione delle tratte stradali maggiormente pericolose in modo (semi)automatico*
- *permetta la valutazione di varie soluzioni progettuali alternative*



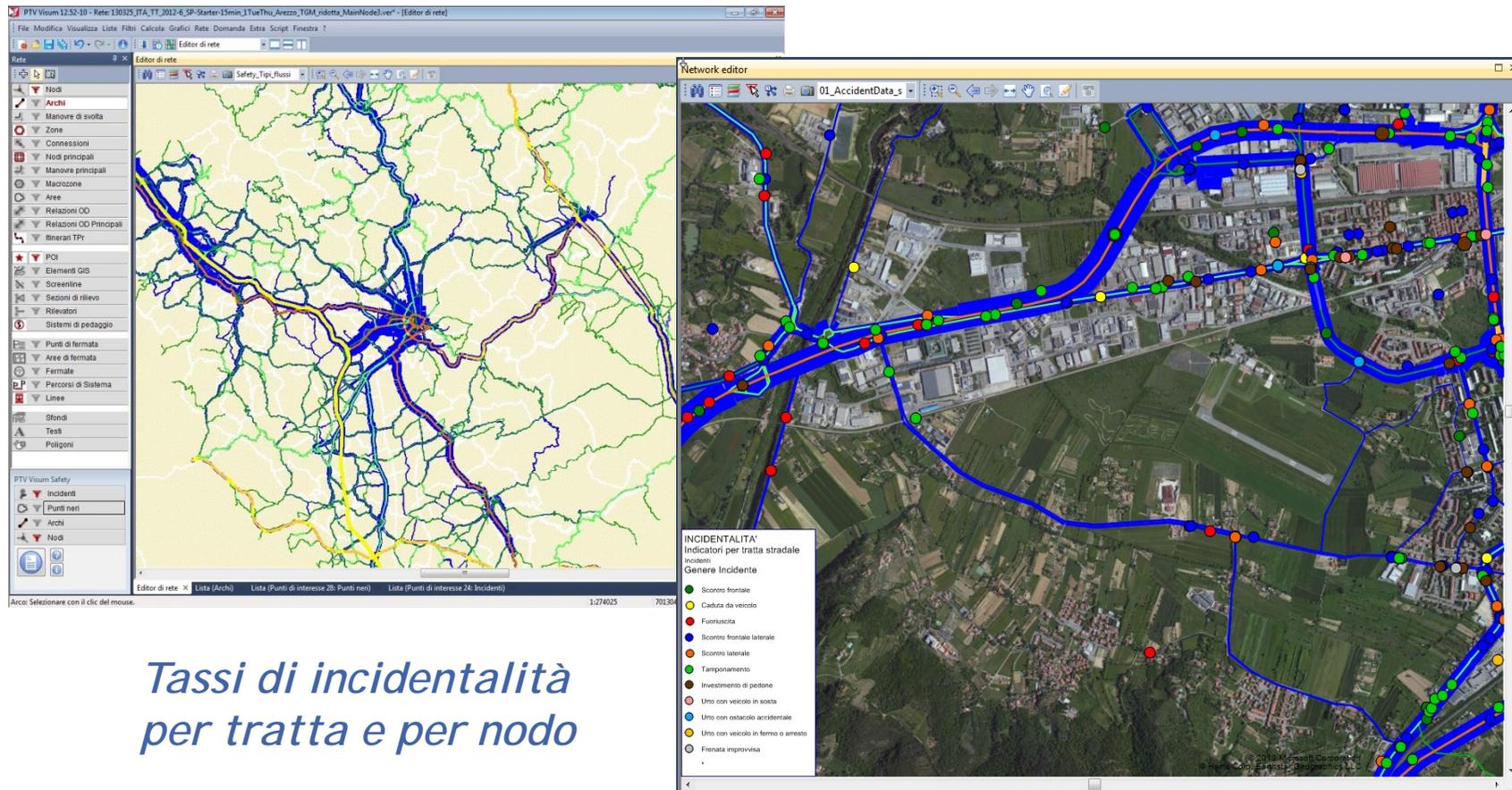
# ANALISI SICUREZZA A LIVELLO MACRO



*Analisi aggregate per tratta*



# ANALISI SICUREZZA A LIVELLO MACRO



*Tassi di incidentalità per tratta e per nodo*



## Selezione campione (strade - incidenti)

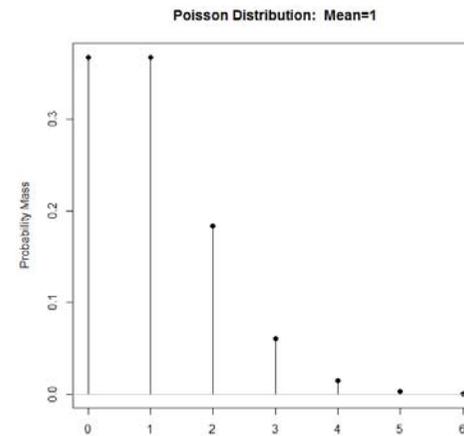
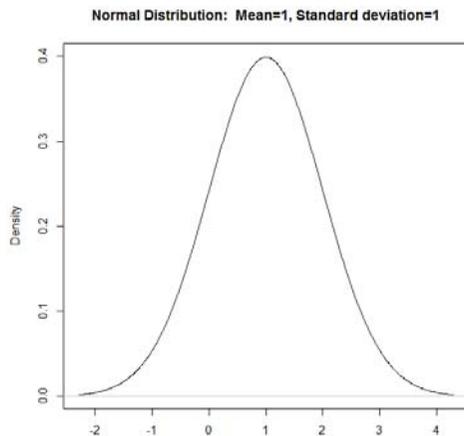
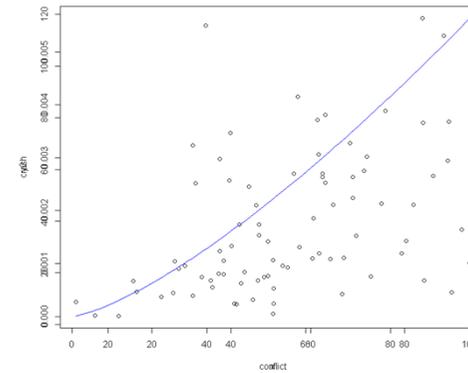
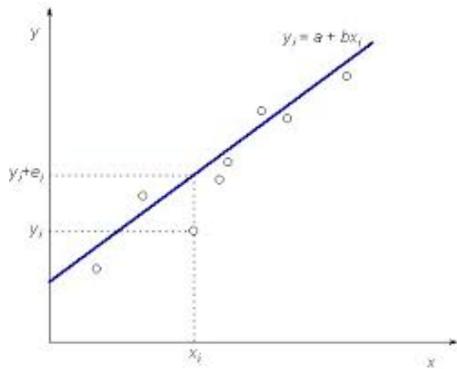
	Azione	Compl.	Relazione	Attributo	Imposta operazione	Azione	
1		<input type="checkbox"/>	Punti di interesse 24: Incidenti	Data		≥ Valore	20050101
2	E	<input type="checkbox"/>	Punti di interesse 24: Incidenti	Data		≤ Valore	20111231
3	E	<input checked="" type="checkbox"/>	Punti di interesse 24: Incidenti	Particolarità Strada		= Valore	Intersezione stradale segnalata
4	E	<input checked="" type="checkbox"/>	Punti di interesse 24: Incidenti	Particolarità Strada		= Valore	Intersezione regolata con semaforo o agente
5	E	<input checked="" type="checkbox"/>	Punti di interesse 24: Incidenti	Particolarità Strada		= Valore	Intersezione stradale segnalata
6	E	<input checked="" type="checkbox"/>	Punti di interesse 24: Incidenti	Particolarità Strada		= Valore	Incrocio
7	E	<input checked="" type="checkbox"/>	Punti di interesse 24: Incidenti	Localizzazione Incidente		= Valore	Autostrada

	Azione	Compl.	Relazione	Attributo	Imposta operazione	Azione	
1		<input checked="" type="checkbox"/>	Archi	NumTipo		É incluso in	0 Autostrade 2 corsie Ex, 1 svincolo/rampa a ...
2	E	<input type="checkbox"/>	Archi	Conteggio di incidenti		> Valore	1,000
3	E	<input type="checkbox"/>	Archi	Volume di traffico		> Valore	50,000
4	E	<input type="checkbox"/>	Archi	Lungh		> Valore	0,200km



# Modelli Lineari Generalizzati

*I modelli lineari generalizzati (GLM) sono una generalizzazione del più classico modello lineare nell'ambito della regressione lineare. (Fonte: Wikipedia)*





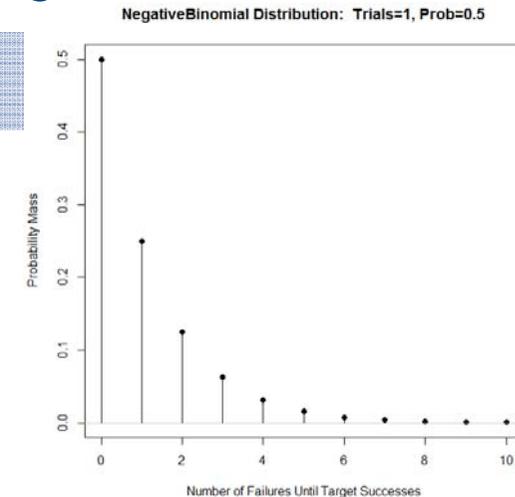
## Modelli Lineari Generalizzati (binomiale negativa)

$$N_{pr} = \text{Exp} (\beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_n * X_n)$$

$N_{pr}$  = numero previsti

$\beta_{0, \dots, n}$  = coefficienti modello

$X_{0, \dots, n}$  = variabili del modello



È stato scelto un modello basato sulla distribuzione *binomiale negativa* in quanto calcola anche la sovra dispersione della varianza rispetto alla media (parametro  $k$ , utile per la correzione di Bayes):

$$N_{att} = (N_{pr} / (k + N_{pr}) * (k + N_{oss}))$$

$N_{att}$  = numero incidenti attesi

$K$  = parametro di dispersione

$N_{oss}$  = incidenti reali



## Modello utilizzato in PTV VISUM SAFETY

$$N_{pr} = \text{Exp} (\beta_0 + \beta_1 \cdot \log(\text{LUN}) + \beta_2 \cdot \text{TGM} + \beta_3 \cdot \log(\text{VEL}) + \beta_4 \cdot \text{URBANO} + \beta_5 \cdot \text{NUMCORSIE} + \beta_6 \cdot \text{TIPO})$$

$N_{pr}$  = numero previsti

$\text{LUN}$  = lunghezza arco

$\text{TGM}$  = traffico arco

$\text{VEL}$  = velocità arco

$\text{URBANO}$  = localizzazione arco

- Extraurbano
- Urbano

$\text{NUMCORSIE}$  = numero corsie arco

- 1 corsia
- 2 corsie
- 3 corsie
- 4 corsie

$\text{TIPO}$  = tipologie arco

- Strada secondaria
- Strada principale
- Strada locale
- Altre strade minori
- Rotatoria

$\beta_{0,1,2..n}$  = coefficienti modello



# Modello utilizzato in PTV VISUM SAFETY

Call:

```
glm.nb(formula = Noss ~ log(LUN) + TGM + log(VEL) + URBANot +
  NUMCORSIet + TIPO, data = Inc.base.tot, init.theta = 5.553182534,
  link = log)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.4260	-0.8171	-0.2302	0.4372	3.1433

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	2.313e-01	6.894e-01	0.335	0.737295
log(LUN)	1.890e-01	5.114e-02	3.696	0.000219 ***
TGM	2.367e-05	6.988e-06	3.387	0.000706 ***
log(VEL)	-1.776e-01	1.630e-01	-1.090	0.275867
URBANot[T.Urbano]	8.086e-02	9.724e-02	0.832	0.405624
NUMCORSIet[T.2 corsie]	2.035e-01	2.069e-01	0.983	0.325528
NUMCORSIet[T.3 corsie]	-8.530e-01	7.942e-01	-1.074	0.282826
NUMCORSIet[T.4 corsie]	-1.131e-01	8.562e-01	-0.132	0.894876
TIPO[T.Rotatoria]	-2.440e-02	3.689e-01	-0.066	0.947270
TIPO[T.Strada locale]	-5.042e-01	1.970e-01	-2.559	0.010483 *
TIPO[T.Strada principale]	1.157e-01	2.074e-01	0.558	0.577028
TIPO[T.Strada secondaria]	-1.350e-01	2.057e-01	-0.657	0.511491
TIPO[T.Svincolo]	-3.371e-01	3.370e-01	-1.000	0.317103

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(5.5532) family taken to be 1)

Null deviance: 506.5 on 393 degrees of freedom  
Residual deviance: 419.8 on 381 degrees of freedom  
AIC: 1553.4

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 5.55  
Std. Err.: 1.26

2 x log-likelihood: -1525.395

$N_{pr}$

$N_{att}$

	[,1]		[,1]
ME	-1.71	ME	-0.30
MAE	1.90	MAE	0.34
MSE	7.43	MSE	0.28
RMSE	2.73	RMSE	0.53
NRMSE %	121.10	NRMSE %	23.40
PBIAS %	-65.70	PBIAS %	-11.70
RSR	1.21	RSR	0.23
rSD	0.15	rSD	0.88
NSE	-0.47	NSE	0.95
mNSE	-0.11	mNSE	0.80
rNSE	-Inf	rNSE	-Inf
d	0.46	d	0.98
md	0.44	md	0.90
rd	-Inf	rd	-Inf
cp	-0.09	cp	0.96
r	0.42	r	0.99
R2	0.17	R2	0.97
bR2	0.04	bR2	0.86
KGE	-0.22	KGE	0.83
VE	0.27	VE	0.87

	$N_{oss}$	$N_{pr}$	$N_{att}$
<i>Modello base</i> <i>Anni 2004-2009</i>	<b>1.204</b>	<b>352</b>	<b>904</b>



## Risultati del modello e conclusioni

	<i>Noss</i>	<i>Natt</i>
<i>Anni 2004-2009 (modello base)</i>	<i>1.204</i>	<i>904</i>
<i>Anno 2010</i>	<i>410</i>	<i>281</i>
<i>Anno 2011</i>	<i>317</i>	<i>368</i>
<i>Totale periodo di analisi</i>	<i>1.931</i>	<i>1.553</i>

- La correzione di Bayes migliora molto la previsione dell'incidentalità
- Il modello è stato applicato solo agli incidenti su arco; è in fase di studio un modello per incidenti alle intersezioni.
- Il manuale HSM ha attualmente circa 30 modelli...
- La ricerca scientifica internazionale si sta orientando da anni verso queste tipologia di analisi di sicurezza (*PRACT - Predicting Road Accidents - a transferable methodology across Europe*)
- Il modello varia per ogni rete di traffico simulata
- La stima dell'incidentalità permette innovative valutazioni su diverse soluzioni progettuali.
- L'incidentalità stradale è un dato che deve essere considerato, per una minore spesa futura (1,6M€ per ogni decesso sulle strade).

*«Safer roads through better design.»*

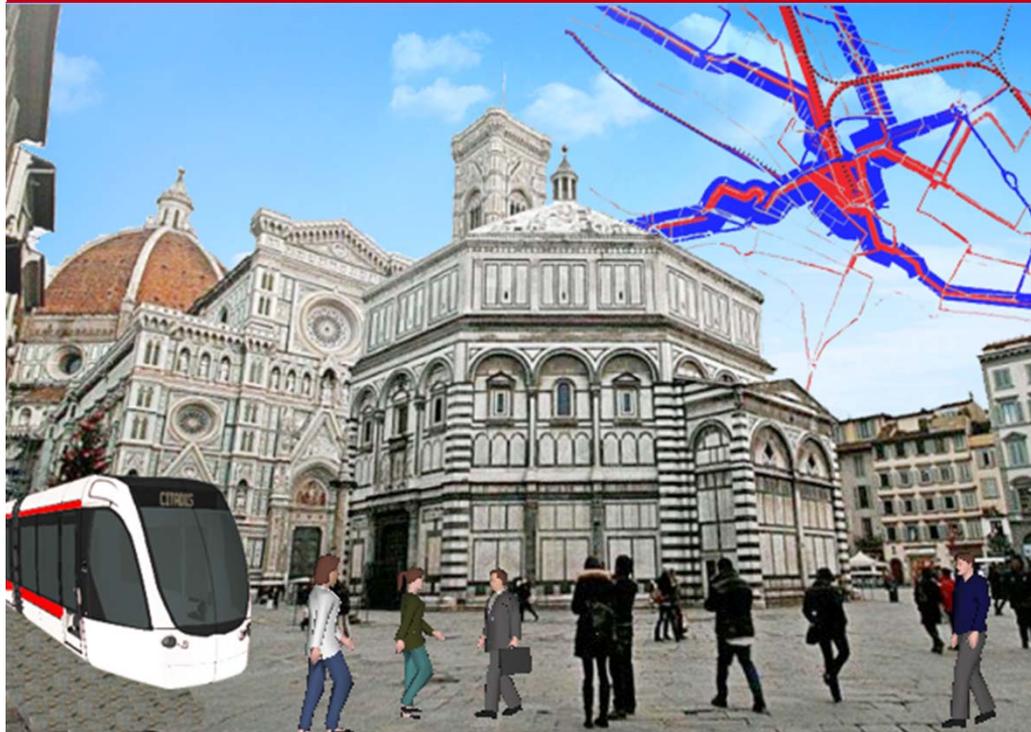
Grazie per l'attenzione

"Domande e risposte"

andrea.marella@trafficlub.eu

0173.290588 - 338.1901680

Alba (CN)



Pianificare i trasporti  Ottimizzare la spesa

Firenze, 27 novembre 2014

 Transport  
Planning  
Service