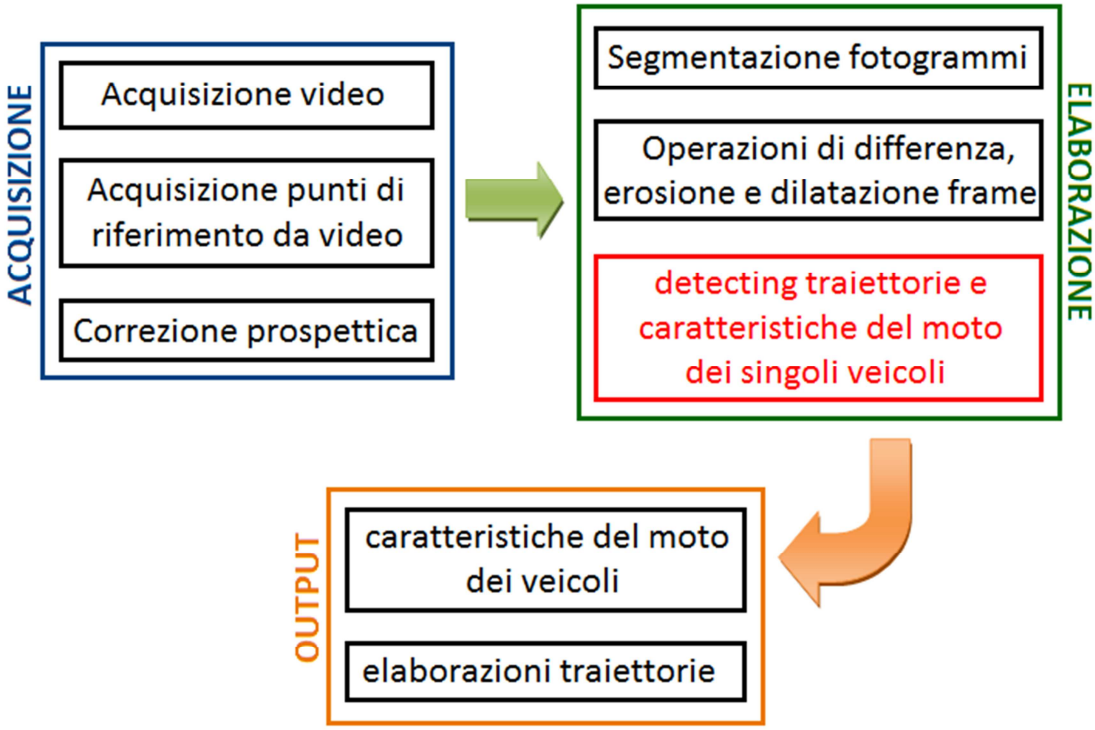
MODELLO DI ACQUISIZIONE DEI PARAMETRI VEICOLARI

Il modello di acquisizione dei parametri veicolari ha lo scopo principale di conteggiare i veicoli lungo le strade e di restituirne contemporaneamente le loro proprietà come la velocità, la lunghezza ecc., tramite la ripresa di un semplice filmato con una comune videocamera digitale. Di seguito verranno descritte le fasi necessarie per l'ottenimento dei dati veicolari.

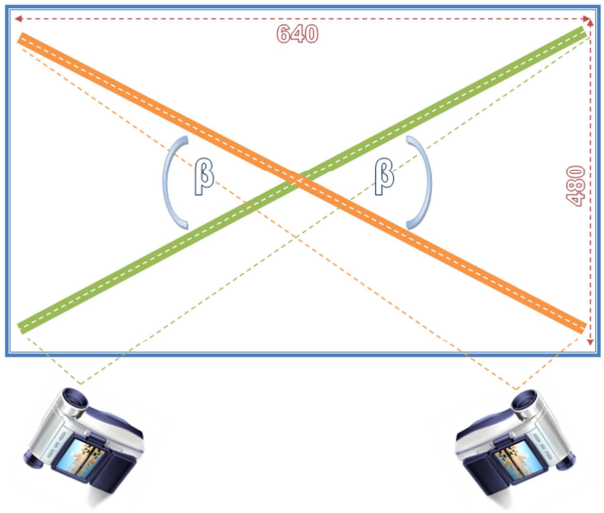


1. FORMATI ELABORATI

Il modello elabora qualsiasi formato video in funzione dei codec video istallati sul proprio computer, anche se il formato consigliato risulta essere l'MPEG-1. Le limitazioni per l'utilizzo del modello sono dovute principalmente a semplici parametri cautelativi.

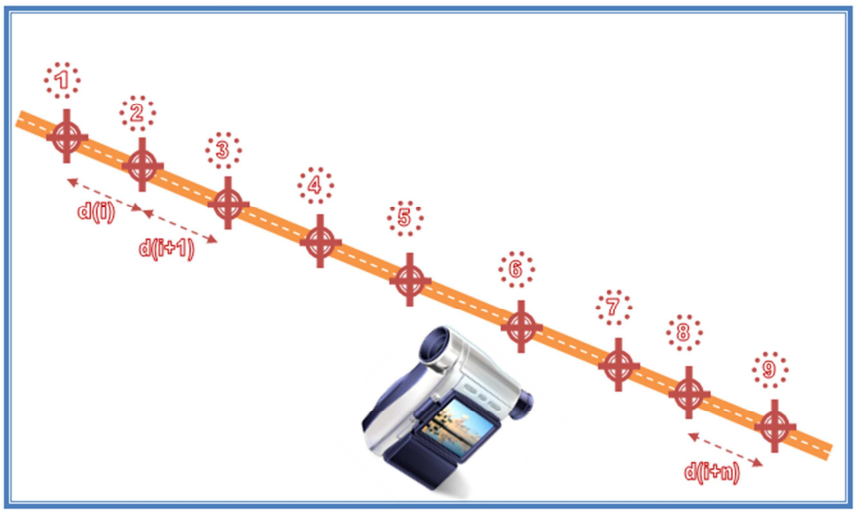
1.1. ANGOLAZIONE E RISOLUZIONE

La risoluzione del filmato deve essere 640 x 480 e per l'angolazione di ripresa ovvero l'asse stradale deve iniziare e terminare esclusivamente nei due bordi verticali del video e non in quelli orizzontali, così da prendere un tratto di strada il più ampio possibile.



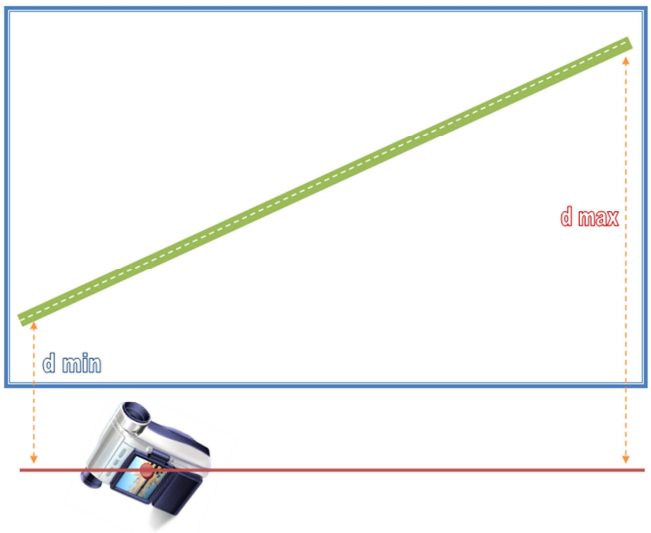
1.2. RIFERIMENTI

Nel filmato devono essere visibili dei punti e delle distanze di riferimento localizzati esclusivamente sull'asse della strada o sul margine.



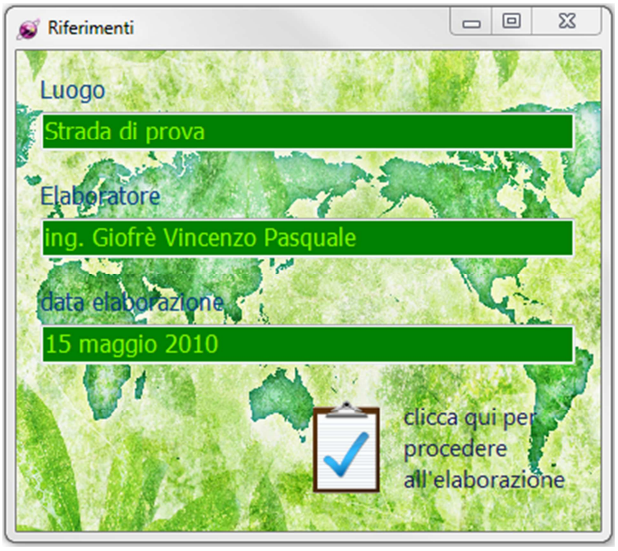
1.3. DISTANZE ELABORABILI

Esistono poi una distanza minima di ripresa pari a d_{min} = 50 metri e una massima d_{max} = 600 metri, oltre la quale i veicoli risulteranno troppo piccoli per essere individuati correttamente.



2. DATI GENERALI

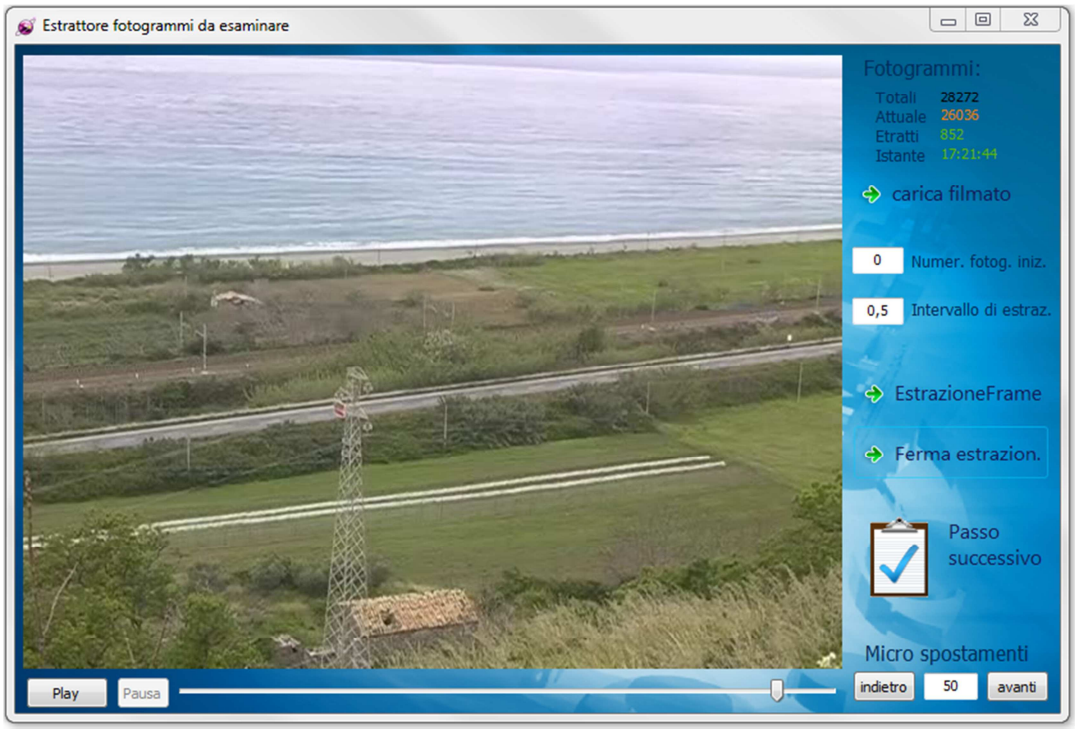
I dati generali sono rappresentano sostanzialmente l'identificativo del video elaborato, ovvero il luogo oggetto di studio, l'elaborazione e la data, e sono informazioni che vengono mostrate a ogni apertura dei file così da tenere sempre traccia del proprio lavoro.



3. ESTRAZIONE FOTOGRAMMI

Tutto il processo di elaborazione si basa sulle proprietà dei singoli fotogrammi, ecco perché l'estrazione è un processo abbastanza delicato, in quanto ogni fotogramma porta con se delle informazioni sensibili al corretto funzionamento, come l'istante temporale di cattura in secondi e il numero del fotogramma del filmato processato.

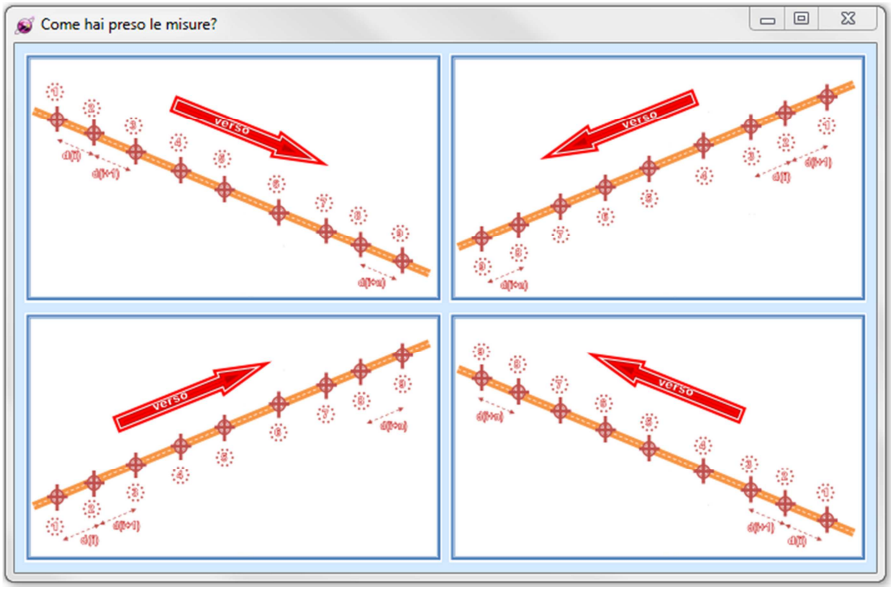
Le richieste sono semplicemente il video da elaborare, la cartella di destinazione dove memorizzare i fotogrammi estratti, il numero da assegnare al fotogramma iniziale e la frequenza di estrazione.



Avviando l'estrazione un timer provvede a catturare i fotogrammi del filmato con la cadenza prefissata e precisione al millesimo di secondo, e successivamente a salvarli in immagini di formato PNG (Portable Network Graphics) perché mantengono le informazioni (a differenza delle JPEG) e pesano poco in memoria (a differenza delle Bitmap).

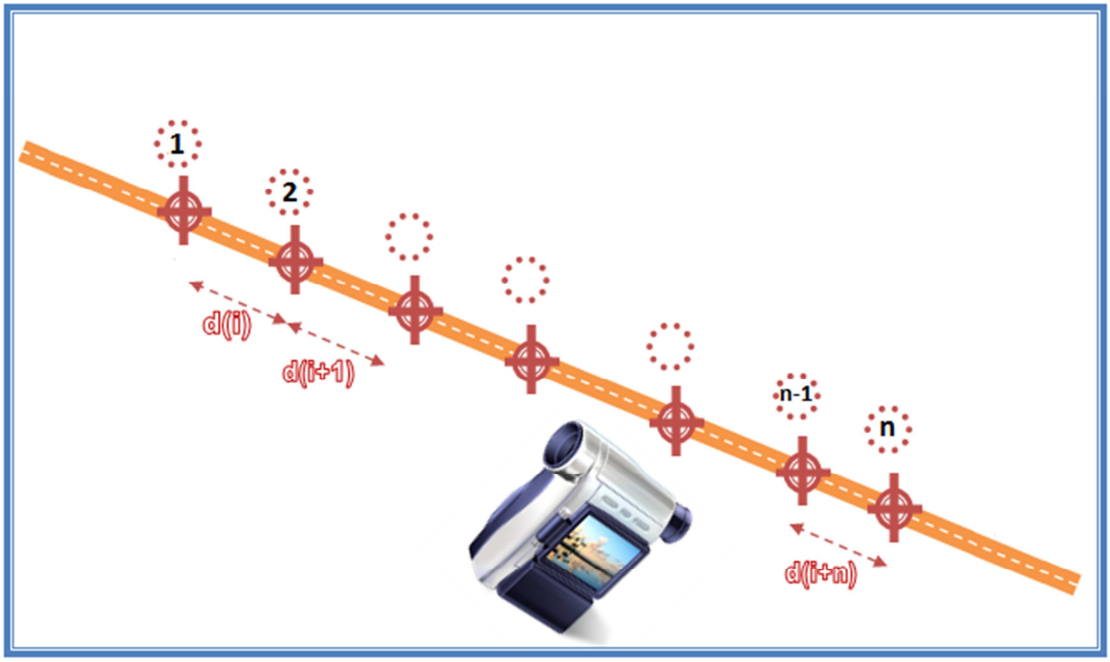
4. ALLINEAMENTO PROSPETTICO

L'allineamento prospettico è un passaggio necessario per la restituzione di dati corretti, e come prima informazione bisogna indicare il verso con il quale sono stati presi i riferimenti in sito rispetto al video.



E successivamente indicare i punti di riferimento e le distanze in metri fra loro

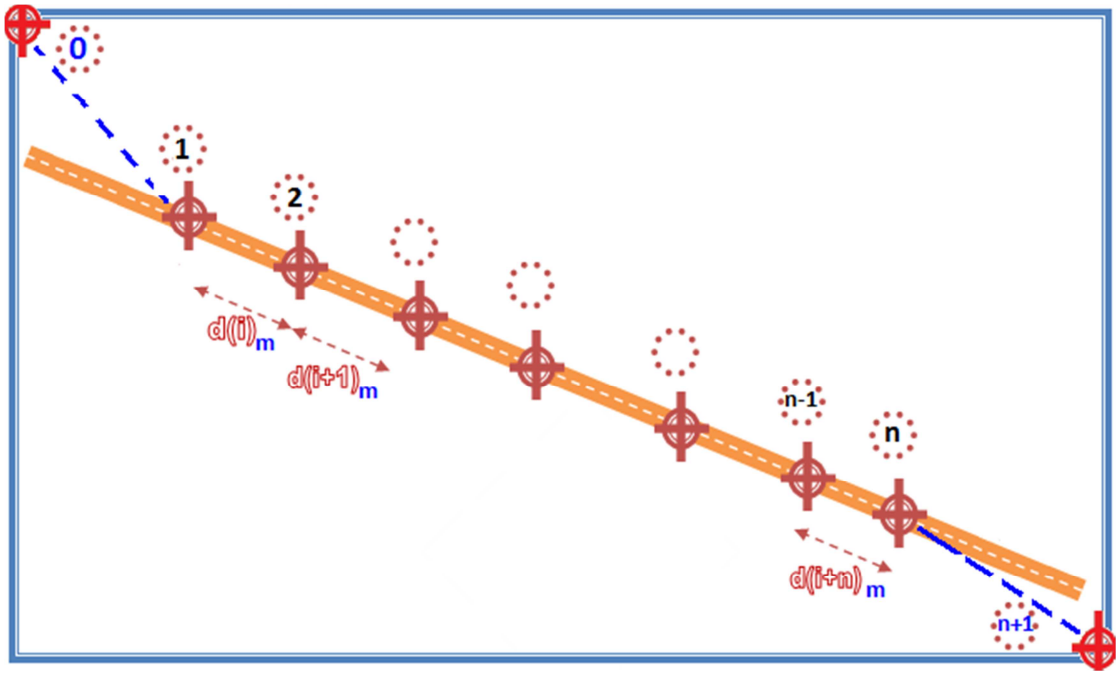
L'algoritmo realizzato per la trasformazione prospettica di fotogrammi digitalizzati consiste nell'ottenere una matrice di trasformazione dove a ogni coppia di coordinate in formato pixel ne corrisponda una in formato metrico. Per realizzare ciò sono necessarie solamente delle semplici letture di lunghezze, prese direttamente a video e disposte lungo l'asse stradale o il bordo strada. Supponendo di aver preso una serie di letture, sotto forma di distanze, dal riferimento 1 al riferimento n



si nota che l'algoritmo funziona mediante dei semplici passi standard, ovvero:

1. Si acquisiscono le coordinate in formato pixel (X_p , Y_p) dei riferimenti presi
2. Si nota che se calibra il modello con solo questi riferimenti si avranno trasformazioni solo lungo le rette passanti per i punti presi, quindi si aggiunge il punto finale in pixel (X_{n+1} , Y_{n+1}) e il punto iniziale di partenza che coincide sia nel sistema in pixel sia in quello metrico:

$$(0,0)_{pixel} = (0,0)_{metrico}$$



3. Vengono calcolate le distanze in pixel d_p a partire dal punto (0,0) fino a (X_{n+1},Y_{n+1}) come:

$$d_p = \sqrt{\left(X_{p,i+1} - X_{p,i}\right)^2 + \left(Y_{p,i+1} - Y_{p,i}\right)^2} = [pixel]$$

4. Si acquisiscono poi le letture delle distanze in formato metrico a partire dal punto (1) fino al punto (X_n,Y_n)
5. Per calcolare le letture mancanti fra i punti (0,0) e 1 e i punti (X_n,Y_n) e (X_{n+1},Y_{n+1}) si applica una semplice proporzione rispetto ai punti precedenti, giustificata dal fatto che i punti di confine 1 e (X_n,Y_n) sono presi molto vicino al bordo dei fotogrammi

$$\frac{d_{r\,1-2}}{d_{p\,1-2}} = \frac{d_{r\,0-1}}{d_{p\,0-1}} \rightarrow \boldsymbol{d_{r\,0-1}} = \frac{d_{r\,1-2}}{d_{p\,1-2}} * d_{p\,0-1} = [metri]$$

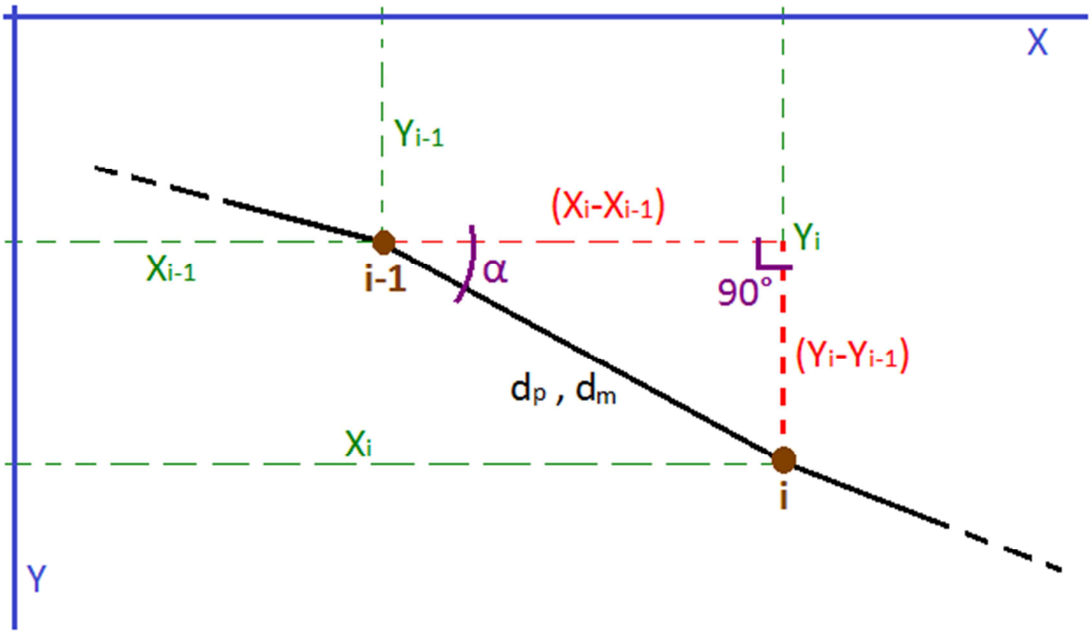
$$\frac{d_{r\,(n-1)-n}}{d_{p\,(n-1)-n}} = \frac{d_{r\,n-(n+1)}}{d_{p\,n-(n+1)}} \rightarrow \boldsymbol{d_{r\,n-(n+1)}} = \frac{d_{r\,(n-1)-n}}{d_{p\,(n-1)-n}} * d_{p\,n-(n+1)} = [metri]$$

6. Si calcolano successivamente le differenze di coordinate Y in pixel fra il punto attuale e quello precedente come:

$$\left(Y_{p,i} - Y_{p,i-1}\right)$$

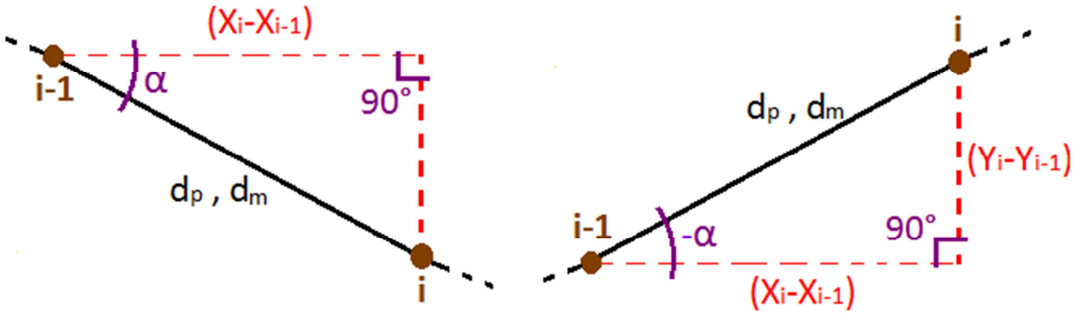
dove questa differenza può assumere valori sia positivi che negativi

7. Siccome sia nel sistema in pixel che in quello metrico l'inclinazione della retta fra due punti di riferimento è uguale, è possibile calcolarne l'angolazione col teorema dei seni



$$\frac{d_p}{sen\ 90°} = \frac{(Y_{p,i} - Y_{p,i-1})}{sen\ \alpha} \rightarrow \alpha = arcsen\left(\frac{Y_{p,i} - Y_{p,i-1}}{d_p}\right)$$

che può assumere valori sia positivi che negativi

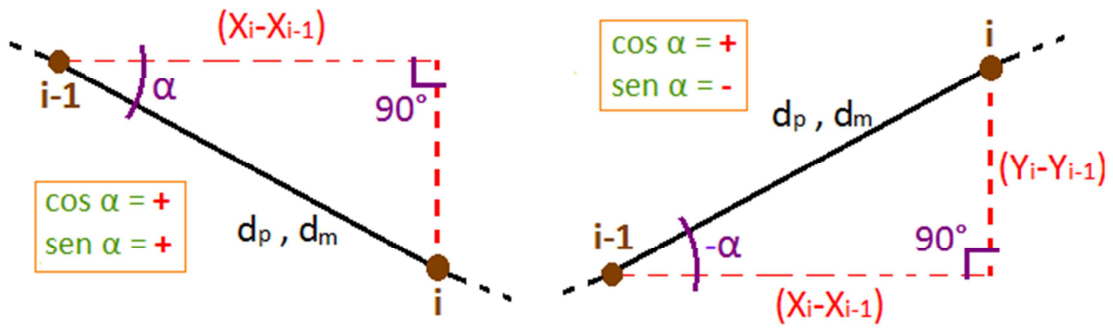


8. Ottenuta l'inclinazione è possibile calcolare le coordinate metriche del secondo punto

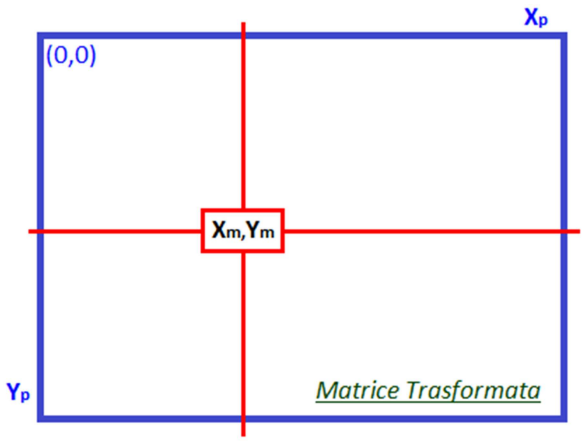
$$X_{m,i} = X_{m,i-1} + d_m * \cos \alpha_i$$

$$Y_{m,i} = Y_{m,i-1} + d_m * \operatorname{sen} \alpha_i$$

da notare che mentre la coordinata X si incrementa sempre, la Y può decrescere se l'angolo è negativo



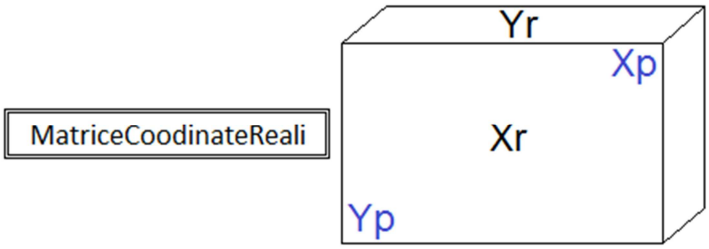
9. Infine una volta ottenute le coordinate di tutti i punti di riferimento si crea la matrice di trasformazione, dove a ogni coppia di coordinate in formato pixel ne corrisponde una in formato metrico, ottenuta per incrementi in funzione delle posizioni in pixel disponibili



La trasformazione utilizza una matrice per impostare i dati generatori

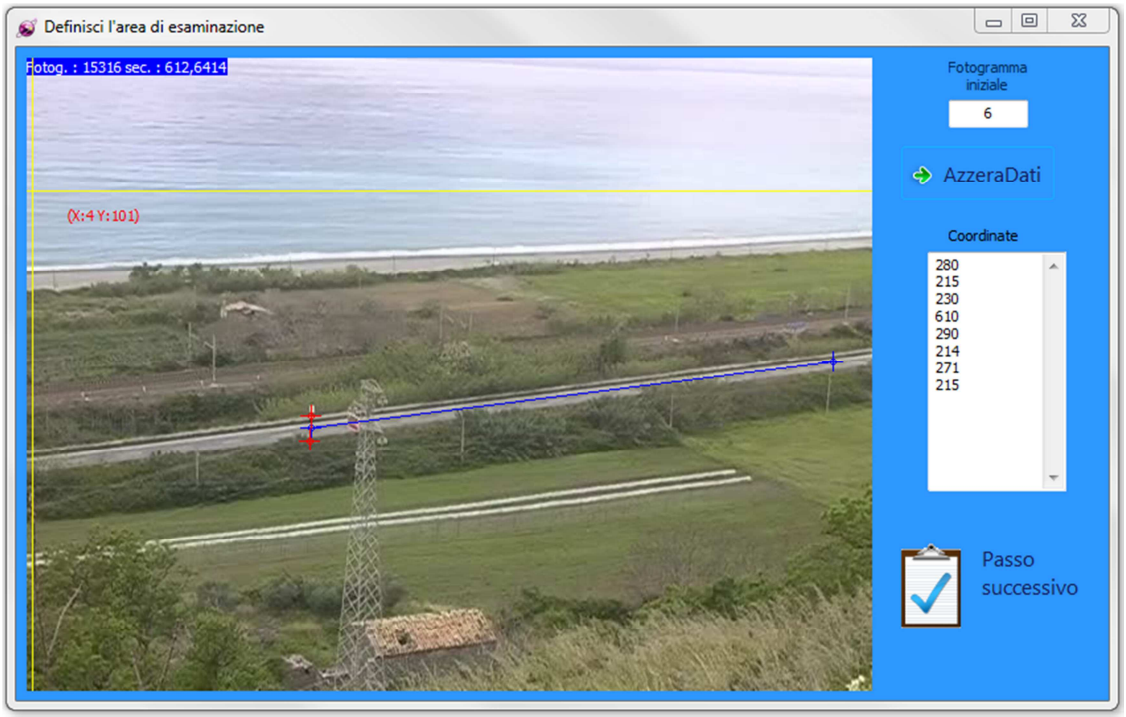
	Xp	Yp	dr	dp	Yp2-Yp1	α rad	Xr	Yr	Xp2-Xp1	Xr2-Xr1	Δx	Yp2-Yp1	Yr2-Yr1	Δy
MatriceTrasformazione	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

e una matrice tridimensionale per memorizzare le coordinate trasformate



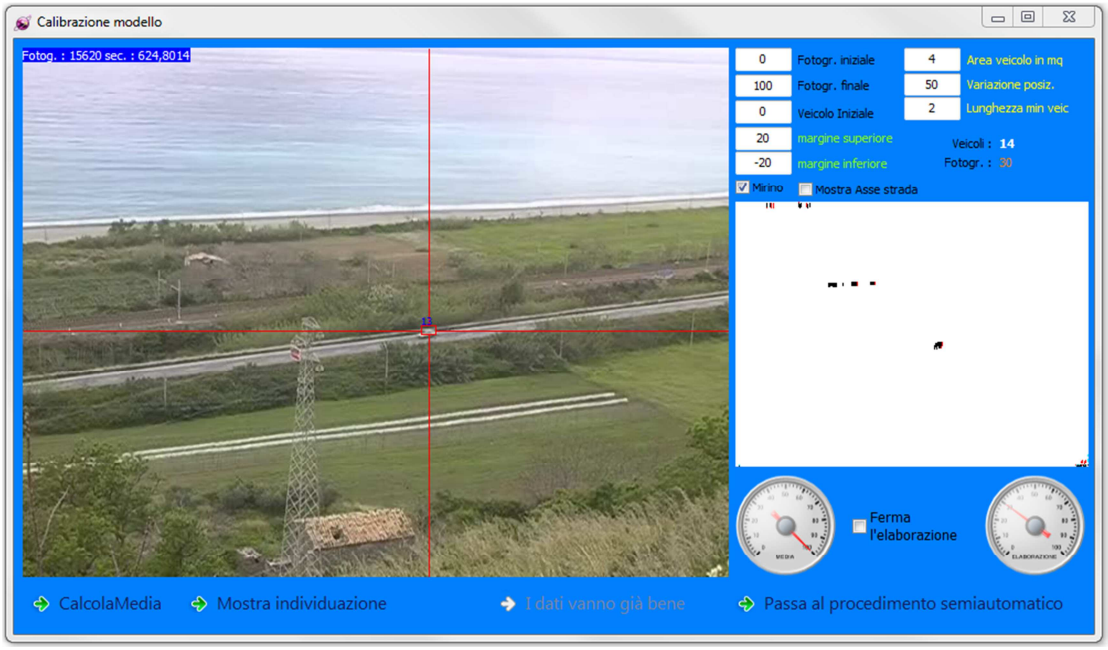
5. AREA DI STUDIO

L'individuazione dei veicoli avviene entro un'area predefinita, bisogna quindi definire l'asse della strada e la sua sezione.



6. CALIBRAZIONE DEL MODELLO

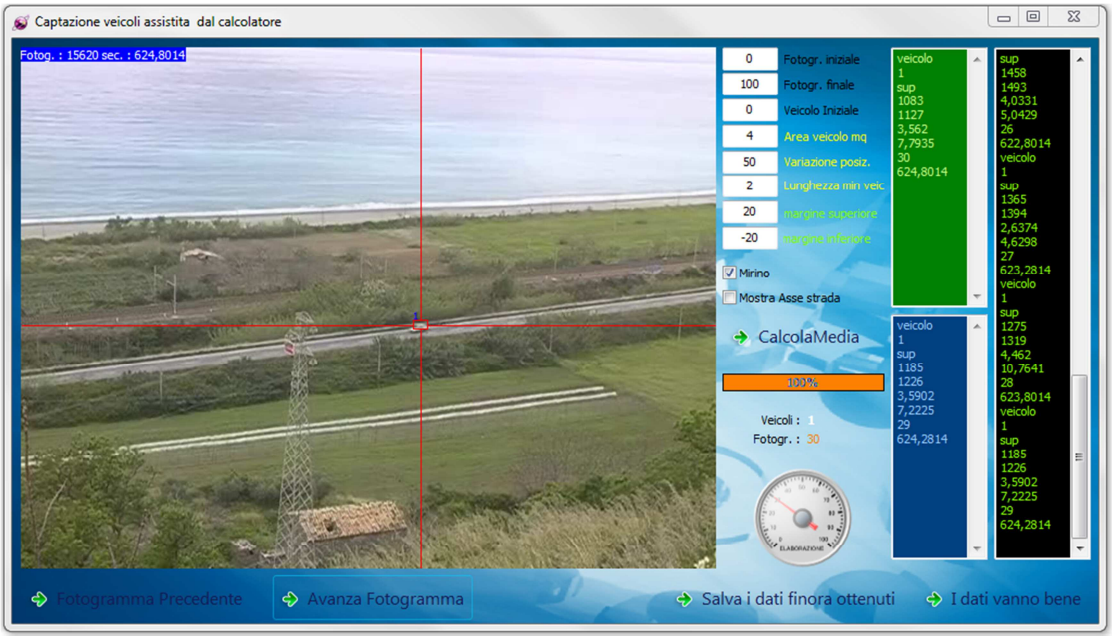
Ogni filmato è differente da un altro quindi ognuno va calibrato diversamente con pochi semplici informazioni quali il numero del fotogramma iniziale e finale, il numero da dare al primo veicolo individuato, il margine superiore e quello inferiore da adottare nell'algoritmo della soglia discusso nel paragrafo successivo, l'area di impronta minima che un veicolo deve avere in m^2 e la sua lunghezza minima in metri, perché ciò consente di definir anche solo l'individuazione di mezzi pesanti, e la variazione massima della posizione di un veicolo fra un fotogramma e il precedente.



La calibrazione esegue dapprima un'operazione di media per creare il fotogramma di riferimento col quale confrontare tutti gli altri e successivamente mostra a video i veicoli individuati e la differenza, sottoposta a soglia, erosione e dilatazione, fra il fotogramma attuale e quello medio di riferimento.

7. INDIVIDUAZIONE VEICOLI

L'individuazione dei veicoli avviene attraverso il processa mento dei fotogrammi con una serie di filtri.



7.1. FOTOGRAMMA DI RIFERIMENTO

Il fotogramma di riferimento è rappresentato dalla media dei fotogrammi del filmato individuati, di volta in volta, nell'intervallo di riferimento definito dall'utente. L'algoritmo provvede a sommare in una matrice , avente le dimensioni dei pixel del fotogramma, tutti i fotogrammi convertiti dal formato PNG al BMP e trasformati in scala di grigi, e a dividere ogni posizione della matrice per il numero di fotogrammi sommati. In questo modo si ottiene una matrice, delle dimensioni dei pixel dei fotogrammi, contenente un fotogramma medio di riferimento, ovvero pulito da eventuali oggetti in movimento e situazioni metereologi che variabili.

7.2. DIFFERENZE FOTOGRAMMI

Gli oggetti in movimento in un fotogramma vengono individuati caricando il fotogramma e convertendolo dal formato PNG al BMP e in scala di grigi, memorizzandolo in un'apposita matrice ed eseguendo un'operazione di differenza aritmetica fra ogni posizione di questa e quelle della matrice contenente il fotogramma medio di riferimento. Il risultato sarà un'immagine in scala di grigi con delle macchie più scure che indicano le differenze, ma non ancora utilizzabile.

7.3. SOGLIA

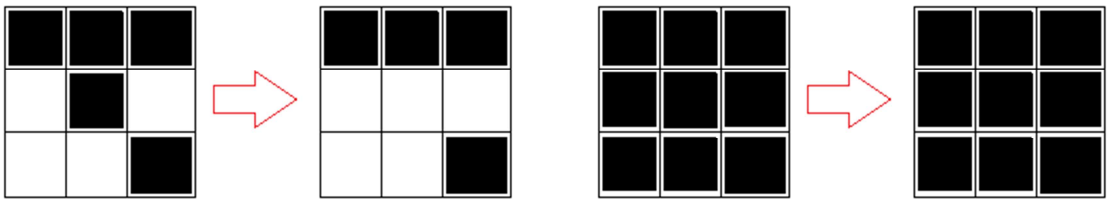
L'operazione di soglia prende in input la matrice appena calcolata, il margine superiore e quello inferiore, e va a porre di colore nero il pixel che è sotto il margine inferiore o sopra quello superiore, o bianco altrimenti. L'algoritmo è il seguente:

- per l'altezza h del fotogramma
- per la larghezza w del fotogramma
- se Matrice[h,w] > MargineSuperiore o Matrice[h,w] < MargineInferiore allora Matrice[h,w] = 0 pixel nero
- altrimenti Matrice[h,w] = 255 pixel bianco

si ottiene quindi un'immagine in bianco e nero.

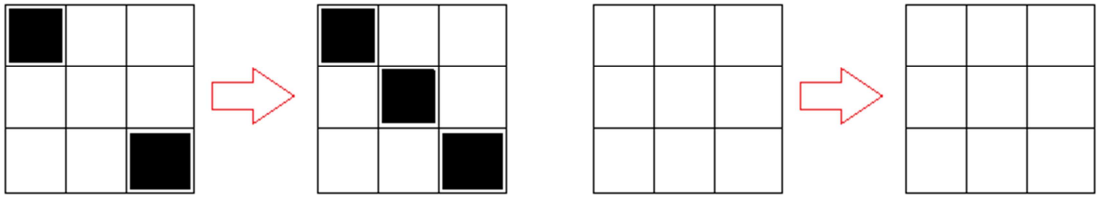
7.4. EROSIONE

L'operazione di erosione prende in input la matrice su cui è stata eseguita l'operazione di soglia e tenta di pulire il rumore generato da pixel neri sparsi che non formano figure di veicoli o qualcosa di sostanzioso. In pratica se tutti gli otto pixel intorno al pixel sono dello stesso colore di questo, lascia al pixel in esame il suo colore, altrimenti lo pone bianco.



7.5. DILATAZIONE

L'operazione di dilatazione prende in input la matrice su cui è stata eseguita l'operazione di erosione e dilata i pixel appena puliti dal rumore, ovvero se c'è almeno un pixel nero intorno al pixel in esame, lo pone di colore nero, altrimenti lo pone di colore bianco.



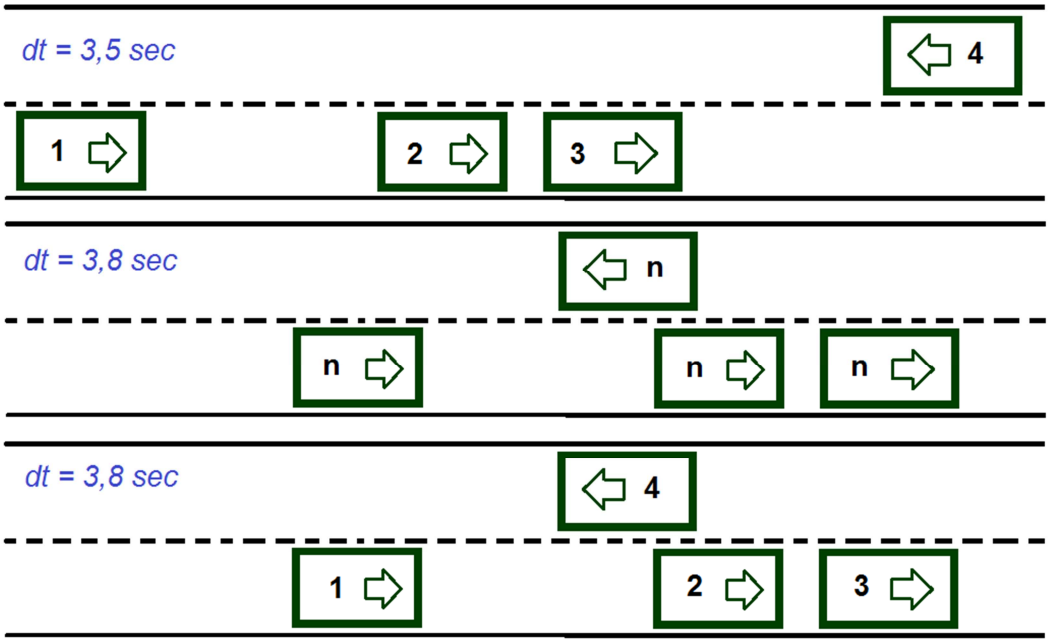
Più operazioni consecutive di erosione e dilatazione rendono il fotogramma finale, in bianco e nero, nitido.

7.6. INDIVIDUAZIONE VEICOLI

L'individuazione avviene controllando i pixel sopra e sotto l'asse stradale in maniera indipendente e se viene individuato l'inizio di una macchia, la traccia per tutta la sua lunghezza, e se è più lunga della lunghezza minima di un veicolo e la sua area di impronta e superiore a quella minima, la si memorizza assieme alla corsia sulla quale è stata individuata, al pixel iniziale e finale, alla sua lunghezza in metri, la sua superficie in m^2, il fotogramma e l'istante temporale in secondi in elaborazione. Viene quindi compilata una lista di veicoli attualmente presenti sulla strada.

7.7. ASSEGNAZIONE DELL'IDENTIFICATIVO

La lista dei veicoli attuali contiene dei veicoli ancora da identificare, quindi si vanno a confrontare le caratteristiche di ogni veicolo trovato nel fotogramma attuale, con quelle di tutti i veicoli trovati nel fotogramma precedente. Se fra quelli precedenti si trova un veicolo con più o meno la stessa lunghezza e superficie di impronta, che è sulla stessa corsia ma in una posizione contenuta all'interno della variazione di posizione accettabile, allora al veicolo attuale si assegna lo stesso numero identificativo del precedente, perché p lo stesso, altrimenti se ne assegna uno nuovo non ancora presente.



L'operazione di ricerca viene eseguita anche supponendo un veicolo in una possibile manovra di sorpasso.

7.8. IDENTIFICATIVI UNIVOCI

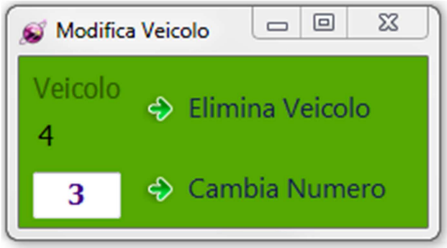
Una successiva operazione controlla che non ci siano veicoli con lo stesso identificativo per evitare incongruenze nei dati, e se ne trova qualcuno, gli assegna un nuovo identificativo non ancora utilizzato.

7.9. VIRTUALIZZAZZIONE

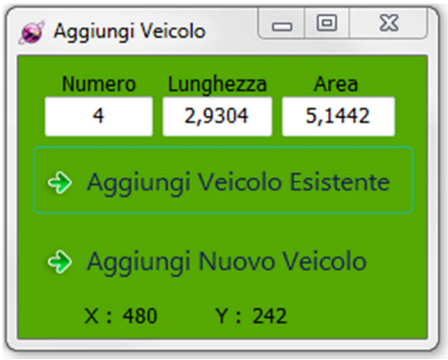
Le successive operazioni sono il disegno di un contorno colorato sul veicolo individuato nel fotogramma e l'apposizione di un controllo virtuale per renderlo modificabile a video.

7.10. CORREZIONI MANUALI

Se un veicolo viene identificato a video con un altro numero, basta cliccargli sopra e assegnarli un nuovo numero, o se è stato identificato un veicolo inesistente come le ombre, eliminarlo.



Se invece fra un fotogramma è l'altro un veicolo non viene rilevato, basta cliccargli sopra e inserire solamente il numero identificativo se è già presente nella lista dei veicoli precedenti, altrimenti se è un veicolo nuovo bisogna specificare anche una possibile lunghezza e area di impronta.



8. ELABORAZIONE RISULTATI

La lista di tutti i veicoli individuati viene poi memorizzata in una matrice in ordite temporale e in un'altra in ordine di veicolo.

Caratteritiche Veicoli

Caratteritiche Veicoli Per Veicolo

Num	x	y	corsia	lungh	istant	veloc	spazio	fotogr
0	1	2	3	4	5	6	7	8

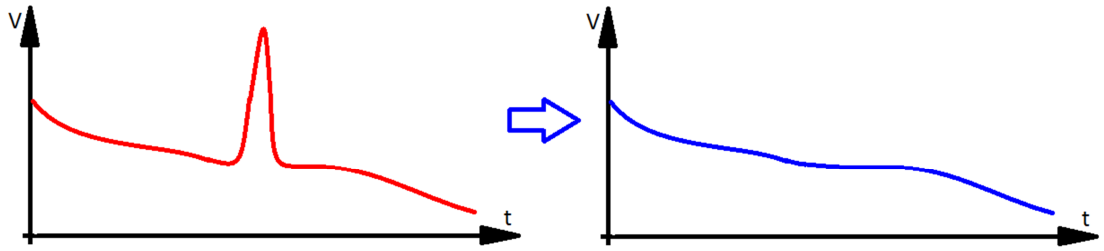
Riempiendo quindi tutte le colonne ad esclusione della velocità, dello spazio fra la posizione precedente e quella attuale, e le coordinate X,Y del baricentro. Successivamente vengono calcolate le coordinate del baricentro X,Y in metri mediante la matrice delle coordinate trasformate, entrando con quelle in formato pixel e ottenendo quelle in metri. Conoscendo quindi la posizione del baricentro di ogni veicolo istante per istante è possibile riempire la colonna dello spazio come:

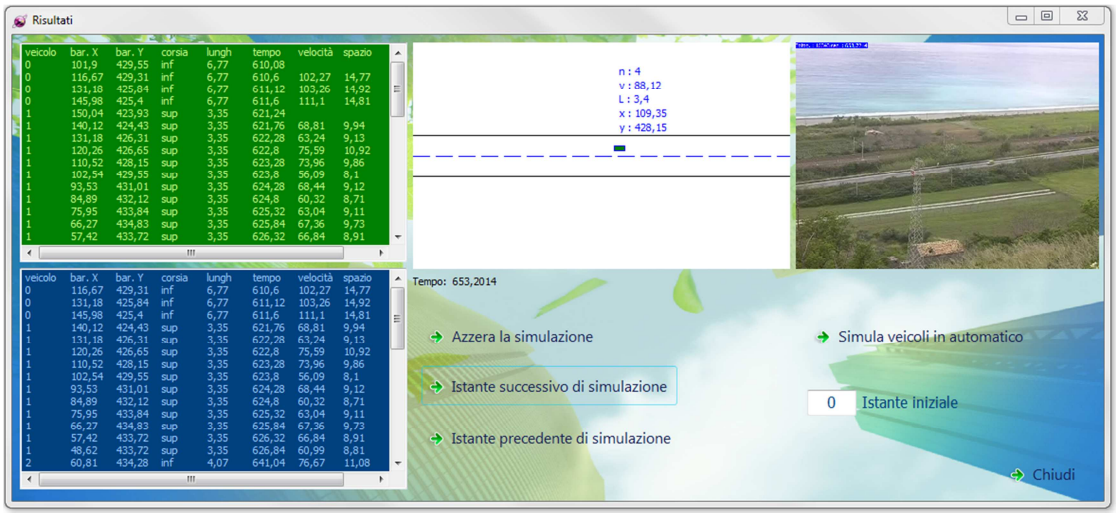
$$spazio_i = \sqrt{(X_i - X_{i-1})^2 + (Y_i - Y_{i-1})^2} = [metri]$$

e quella della velocità

$$velocità = \frac{spazio}{tempo} * 3{,}6 = \left[\frac{km}{h}\right]$$

La lunghezza di ogni singolo veicolo risulta però variare leggermente nel tempo quindi il valore contenuto nella colonna lunghezza viene posta pari alla media di tutte le lunghezza presenti per il veicolo in esame. Mentre si può notare che a volte, per errori dovuti all'inserimento manuale dei veicoli, le velocità possono subire brusche variazioni in lassi di tempo molto piccoli, quindi si adotta un algoritmo di correzione solo per questi punti, sostituendo il valore corrente con la media fra la velocità all'istante precedente e quello successivo.



8.1. SIMULAZIONE

In fine è possibile valutare i dati appena elaborati con una breve simulazione automatica o manuale che riproduce gli stessi veicoli visibili nel filmato, ma in maniera pulita e con l'associazione delle proprie caratteristiche.