Računalne metode za detekciju vozila u noćnim uvjetima

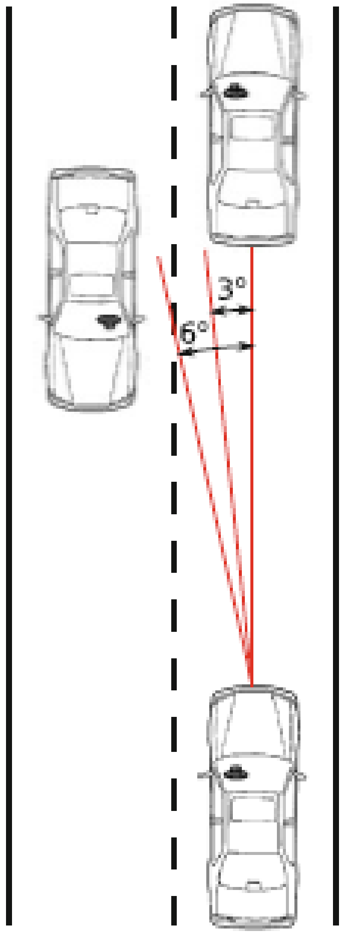
Darko Jurić
Sven Lončarić

Sadržaj....

- Problemi
- Postojeća rješenja
- Određivanje parametara sustava
    - Odabir modela
    - Snimanje
- Arhitektura sustava
    - Predprocesiranje slike
    - Detekcija svjetala
    - Grupiranje i klasifikacija
    - Praćenje svjetala
    - Procjena vremena do sudara
- Komercijalni sustavi

Problemi....

- Duga svjetla:
  - Premalo korištenje (25 % dozvoljenog)
  - Moguće nedozvoljeno korištenje
- Teško držanje razmaka između vozila
- Velika opasnost od kolizije
- (>90% ruralna područja po noći)*



Više od 50 % svih nesreća po noći. Više od 90% svih nesreća po noći se događa u ruralnim dijelovima.

- Alcantarilla P.F., Begasa L.M.Jimenez P., Automatic LightBeam Controller for driver assistance, *Machine Vision and Applications* 22.5, 2011
- http://seriousaccidents.com/legal-advice/top-causes-of-car-accidents/nighttime-driving/, 3.10.2013

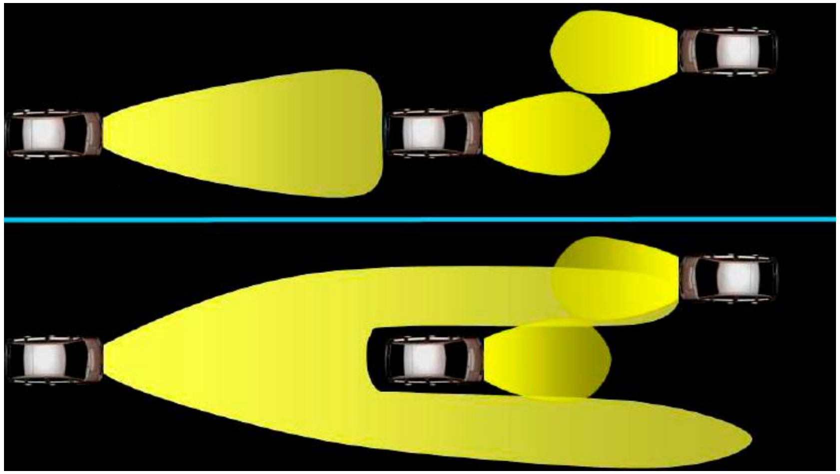
Sadržaj….

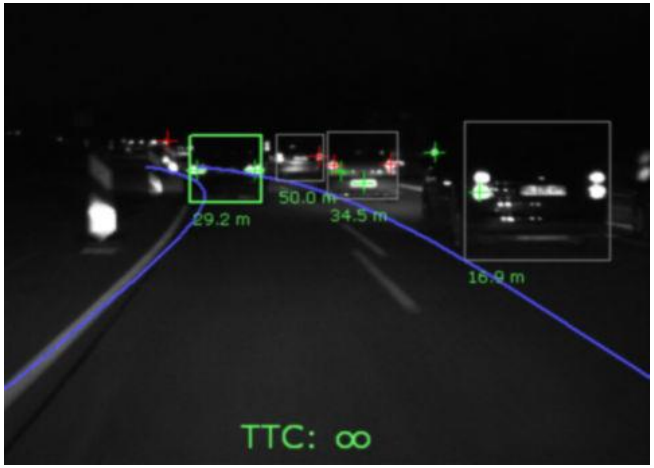
- Problemi
- Postojeća rješenja
- Određivanje parametara sustava
    - Odabir modela
    - Snimanje
- Arhitektura sustava
    - Predprocesiranje slike
    - Detekcija svjetala
    - Grupiranje i klasifikacija
    - Praćenje svjetala
    - Procjena vremena do sudara
- Komercijalni sustavi

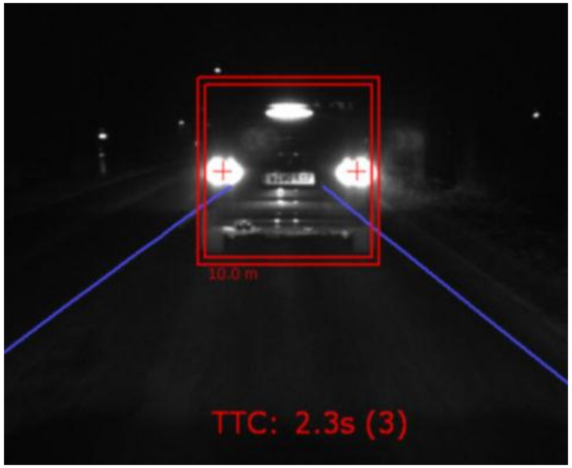
Sustavi….

- Upravljanje dugim svjetlima
- Mjerenje udaljenosti
- Mjerenje brzine

Upozoravanje na koliziju







- Gormer S., Muller D., Hold S., Meuter M., Kummert A., Vehicle Recognition and TTC Estimation at Night based on Spotlight Pairing, *ntelligent Transportation Systems* , 2009
- Alcantarilla P.F., Begasa L.M.Jimenez P., Automatic LightBeam Controller for driver assistance, *Machine Vision and Applications* 22.5, 2011

Sadržaj….

- Problemi
- Postojeća rješenja
- Određivanje parametara sustava
    - Odabir modela
    - Snimanje
- Arhitektura sustava
    - Predprocesiranje slike
    - Detekcija svjetala
    - Grupiranje i klasifikacija
    - Praćenje svjetala
    - Procjena vremena do sudara
- Komercijalni sustavi

Odabir parametara (jedna kamera)

Odabir modela projekcije

Parametri kamere

Metode…

Hardware…

…

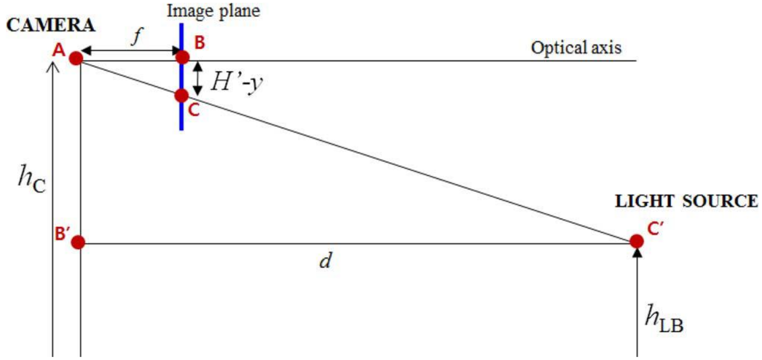
Sadržaj....

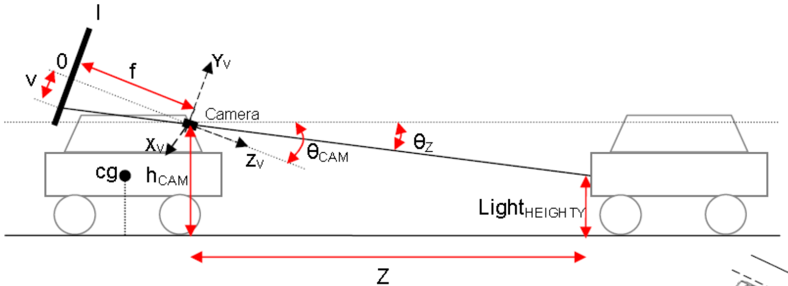
- Problemi
- Postojeća rješenja
- Određivanje parametara sustava
  - Odabir modela
  - Snimanje
- Arhitektura sustava
  - Predprocesiranje slike
  - Detekcija svjetala
  - Grupiranje i klasifikacija
  - Praćenje svjetala
  - Procjena vremena do sudara
- Komercijalni sustavi

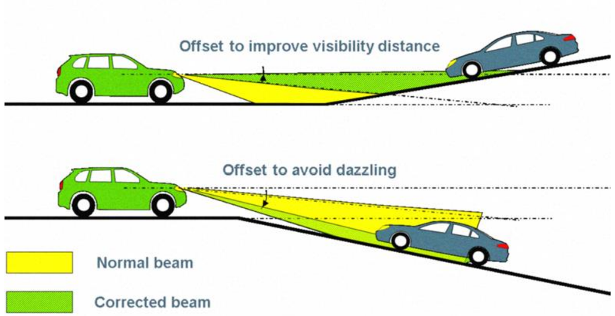
Model projekcije

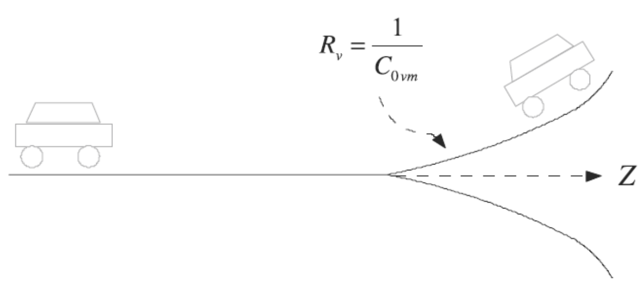
Modeli:

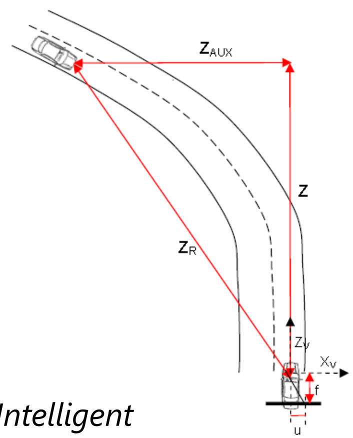
- Jednostavni (kut 0 – pretpostavlja se ravna cesta)
- Korekcija krivina
- Korekcija nagiba











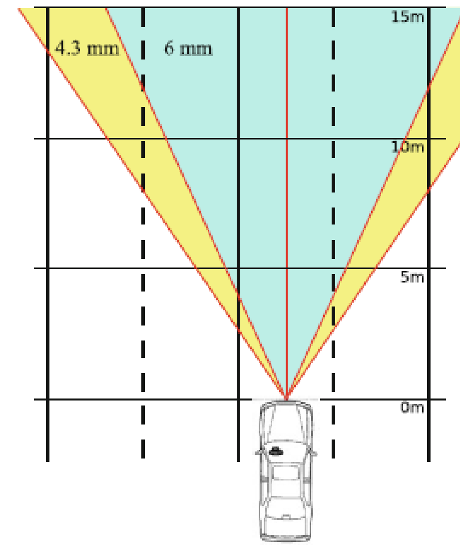
- Eum S., Jung H., Enhancing Light Blob Detection for Intelligent Headlight Control Using Lane Detection, *Intelligent Transportation Systems*, 2012
- Alcantarilla P.F., Begasa L.M.Jimenez P., Automatic LightBeam Controller for driver assistance, *Machine Vision and Applications* 22.5, 2011

Sadržaj….

- Problemi
- Postojeća rješenja
- Određivanje parametara sustava
  - Odabir modela
  - Snimanje
- Arhitektura sustava
  - Predprocesiranje slike
  - Detekcija svjetala
  - Grupiranje i klasifikacija
  - Praćenje svjetala
  - Procjena vremena do sudara
- Komercijalni sustavi

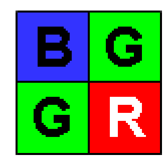
Snimanje

Ugađanje kamere:

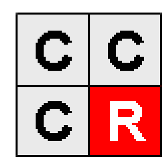


- Odabir kamere (RGB, BW, Gray-Red-Bayer...)
- Odabir pozicije instalacije (srednje zrcalo, ploča...)

- Odabir leća (fokalna udaljenost)
- Odabir ekspozicije (fiksna, alternirajuća, automatska, HDR)



Usual Bayer pattern with four color selective pixels



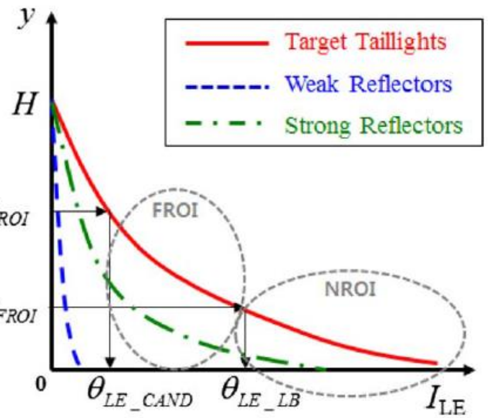
Clear-red pattern with three high sensitive monochrome pixels and a red selective one

- Alcantarilla P.F., Begasa L.M.Jimenez P., Automatic LightBeam Controller for driver assistance, *Machine Vision and Applications* 22.5, 2011
- U.S. patent 6 611 610 B1, Vehicle Lamp Control, Gentex, 2003

Snimanje

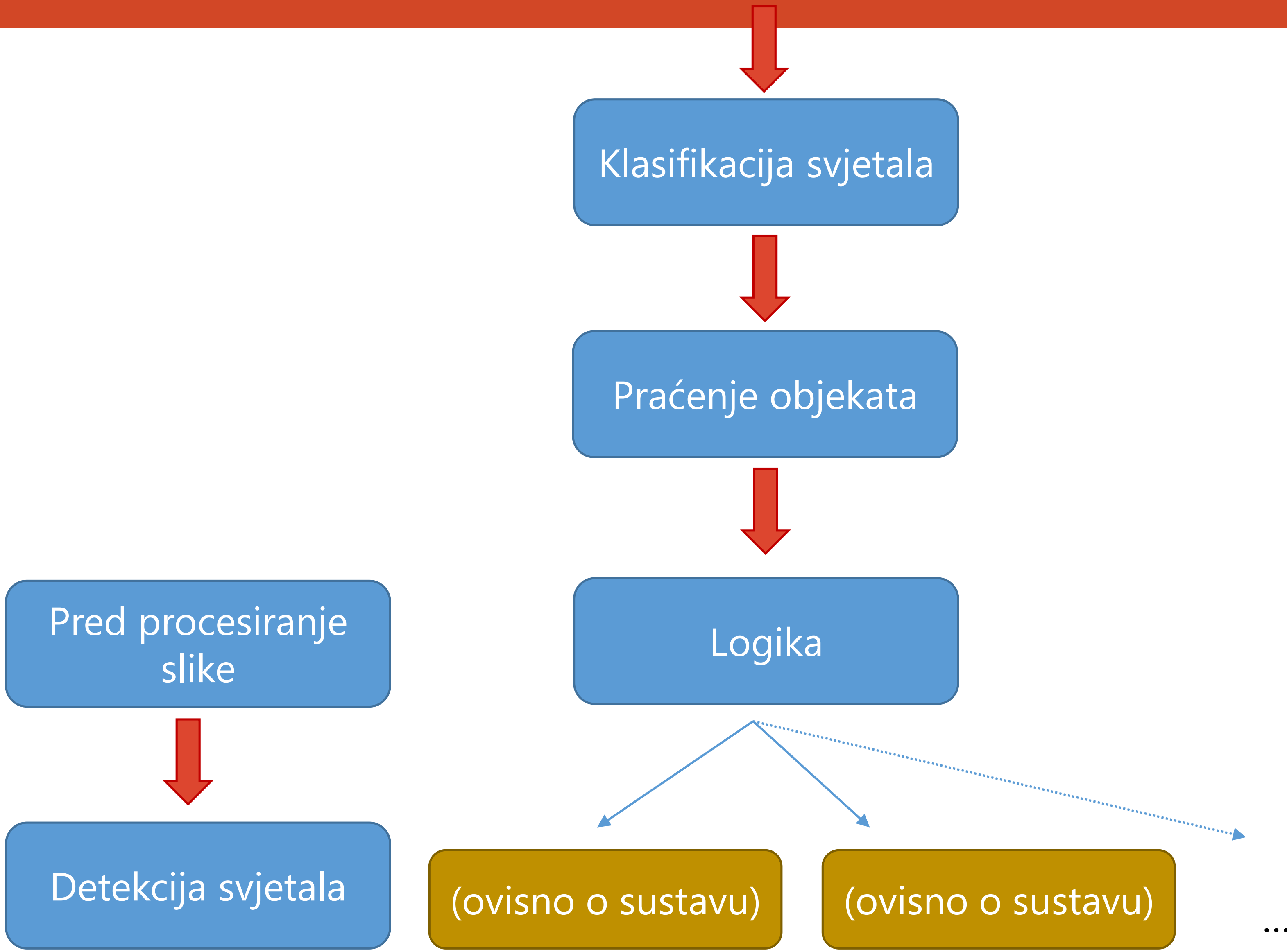
Odabir ekspozicije

- Fiksna
- Automatska



- O' Malley, Jones E., Glavin M. Rear-Lamp Vehicle Detection and Tracking in Low- Exposure Video for Night Conditions, *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on* 11.2 , 2010

Dizajn i arhitektura (jedna kamera)



Sadržaj....

- Problemi
- Postojeća rješenja
- Određivanje parametara sustava
  - Odabir modela
  - Snimanje
- Arhitektura sustava
  - Predprocesiranje slike
  - Detekcija svjetala
  - Grupiranje i klasifikacija
  - Praćenje svjetala
  - Procjena vremena do sudara
- Komercijalni sustavi

Predprocesiranje slike

- Median, popravljanje svjetline, izjednačavanje histograma…
- Dijeljenje RGB slike
- Zanemarivanje regija

$$Red = (R - G) \cdot \alpha + \beta$$

- Ogura R., Ohashi G., Vehicles Detection Based on Extremas in Nightime Driving Scene, *Consumer Electronics (GCCE), 2011*
- O' Malley, Jones E., Glavin M. Rear-Lamp Vehicle Detection and Tracking in Low- Exposure Video for Night Conditions, *Intelligent Transportation Systems* , 2010

Sadržaj….

- Problemi
- Postojeća rješenja
- Određivanje parametara sustava
  - Odabir modela
  - Snimanje
- Arhitektura sustava
  - Predprocesiranje slike
  - Detekcija svjetala
  - Grupiranje i klasifikacija
  - Praćenje svjetala
  - Procjena vremena do sudara
- Komercijalni sustavi

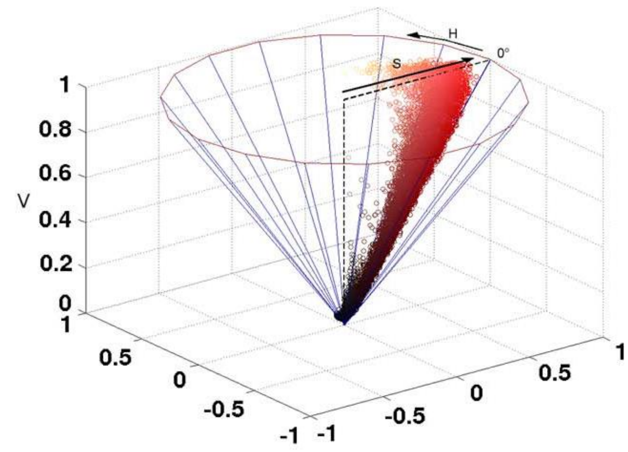
Detekcija svjetala vozila

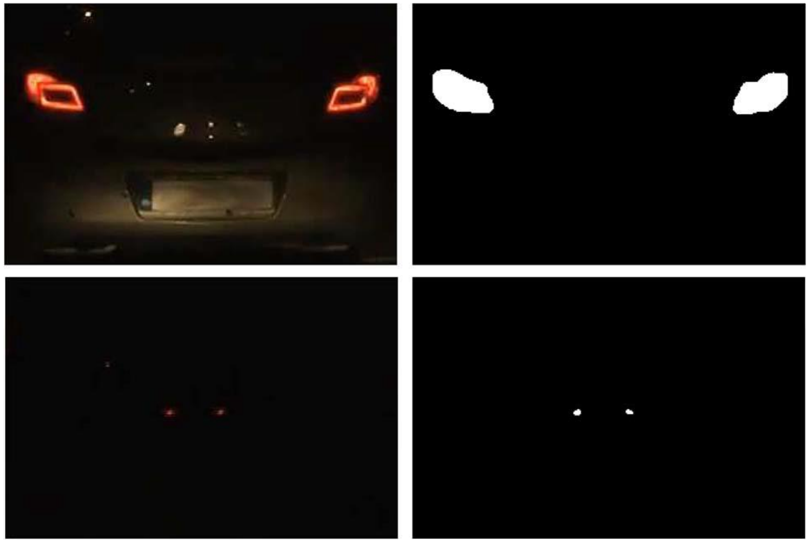
- Slike u različitim prostorima boja (HSV, Crvena + Mono, Mono slika…)
- Pragovi:
  - Fiksni (binarni, donja granica…)
  - Adaptivni (fiksna vrijednost + adaptivna devijacija, Otsu bazirane)
- Druge metode:
  - LoG (i aproksimacije)
  - Širenje regija

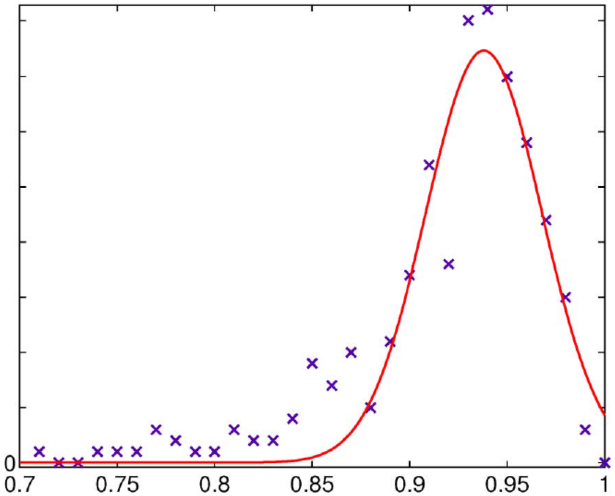
- Li Y., Haas N., Pankanti S., Intelligent Headlight Control Using Learning-based Approaches, *Intelligent Vehicles Symposium (IV)* , 2011
- Chen Y., Chaing H.H., A Vision-Based Driver Nighttime Assistance and Surveillance System Based on Intelligent Image Sensing Techniques and a Heterogamous Dual-Core Embedded System Architecture, *Sensors* 12.3 , 2012
- Ogura R., Ohashi G., Vehicles Detection Based on Extremas in Nighttime Driving Scene, *Consumer Electronics (GCCE)*, 2012

Detekcija svjetala vozila

- Fiksni pragovi: detekcija stražnjih svjetala
  - Skupljanje uzoraka
  - HSV prostor
  - pragovi







- O' Malley, Jones E., Glavin M. Rear-Lamp Vehicle Detection and Tracking in Low- Exposure Video for Night Conditions, *Intelligent Transportation Systems*, 2010

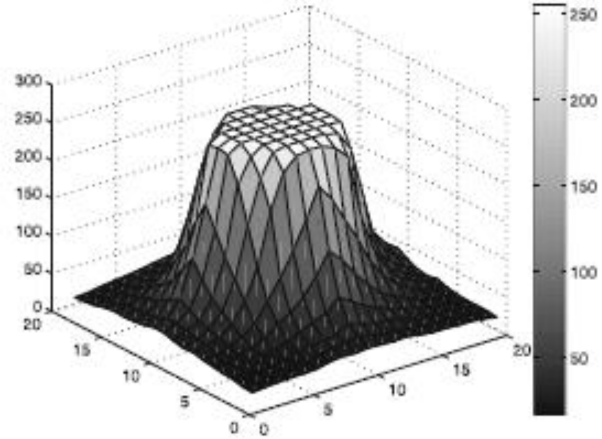
Detekcija svjetala vozila

- Fiksni + adaptivni pragovi: detekcija svjetala
  - Automatska ekspozicija – stražnja udaljena svjetla
  - Niska ekspozicija – bliska & udaljena

- Alcantarilla P.F., Begasa L.M., Jimenez P., Automatic LightBeam Controller for driver assistance, *Machine Vision and Applications* 22.5 , 2011
- Eum S., Jing H., Enhancing Light Blob Detection for Intelligent Headlight Control Using Lane Detection, *Intelligent Transportation Systems*, 2013

Detekcija svjetala vozila

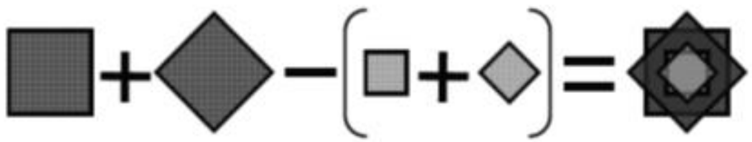
- LoG i aproksimacija: detekcija svjetala
    - Normalizirani Laplace operator $\nabla^2 L(x, y, \sigma) = \sigma^2 \cdot (L_{xx} + L_{yy})$

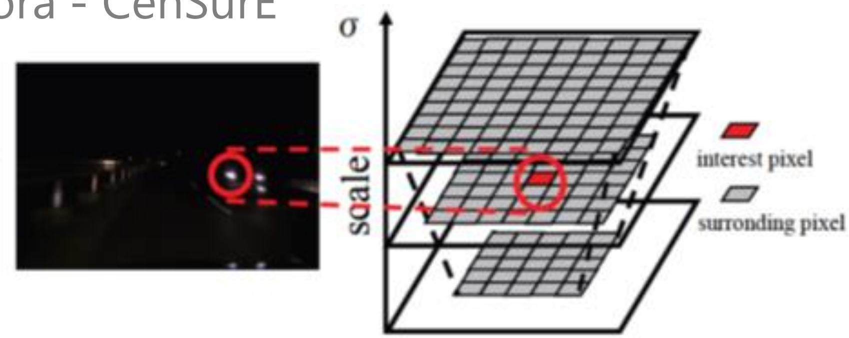


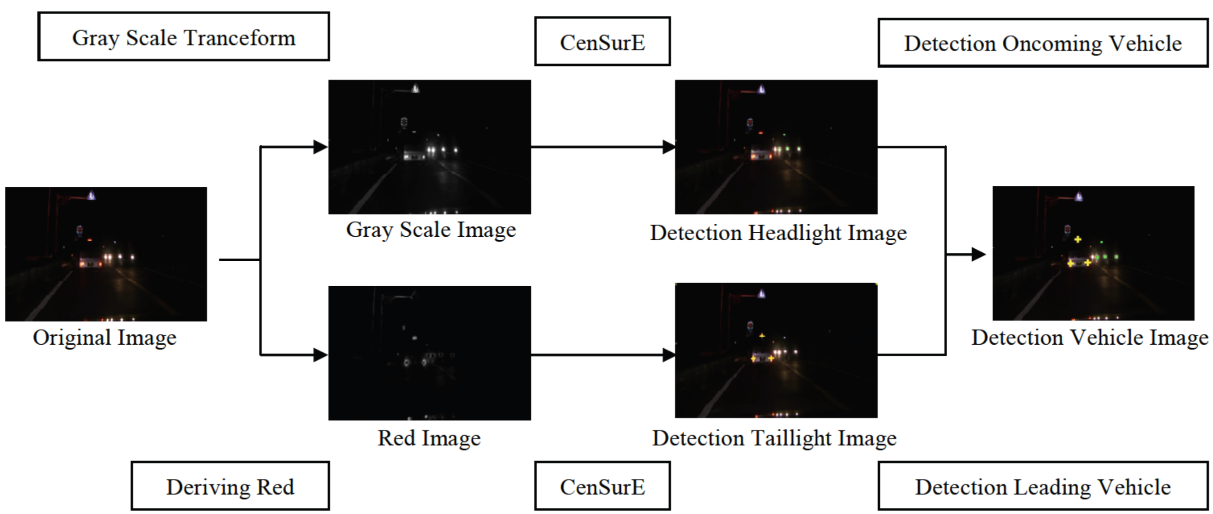
- Alcantarilla P.F., Begasa L.M.Jimenez P., Automatic LightBeam Controller for driver assistance, *Machine Vision and Applications* 22.5 , 2011

Detekcija svjetala vozila

- LoG i aproksimacija: detekcija svjetala
  - Aproksimacija Laplaceovog operatora - CenSurE



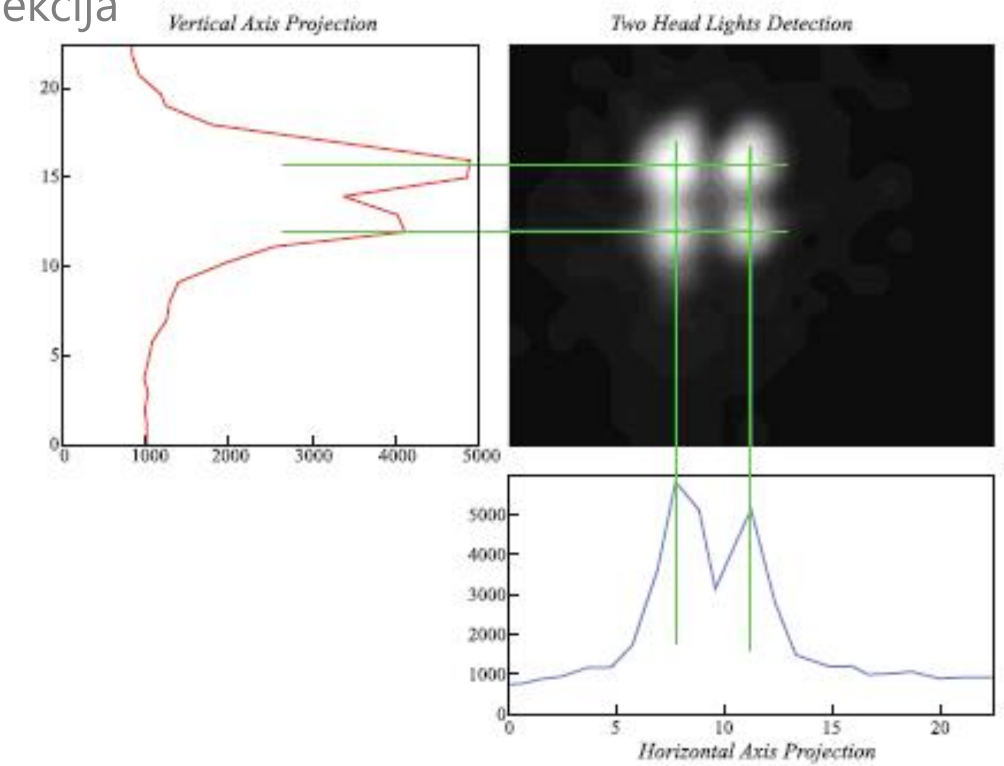




- Ogura R., Ohashi G., Vehciles Detection Based on Extremas in Nighttime Driving Scene, *Consumer Electronics (GCCE)* , 2012

Detekcija svjetala vozila

- Rješavanje refleksije svjetla o cestu* (dijeljenje nakupine)
    1. horizontalna i vertikalna projekcija
    2. Podizanje praga



- Fossati A., Schonmann P. Fua P., Real-Time Tracking for Driving Assistance, *Machine Vision and Application*, 2011
- Alcantarilla P.F., Begasa L.M.Jimenez P., Automatic LightBeam Controller for driver assistance, *Machine Vision and Applications* 22.5 , 2011

Sadržaj....

- Problemi
- Postojeća rješenja
- Određivanje parametara sustava
    - Odabir modela
    - Snimanje
- Arhitektura sustava
    - Predprocesiranje slike
    - Detekcija svjetala
    - Grupiranje i klasifikacija
    - Praćenje svjetala
    - Procjena vremena do sudara
- Komercijalni sustavi

Grupiranje svjetala

Većina radova: grupiranje prije klasifikacije

Tehnike:

- kros-korelacija
- križanje kovarijanci
- sličnost boja, veličina, pozicija
- *kombinacije…*

Normalizirane mjere za računanje vjerojatnosti – izbjegavanje više pragova

- Eum S., Jung H., Enhancing Light Blob Detection for Intelligent Headlight Control using Lane Detection, *Intelligent Transportation Systems*, 2012
- O' Malley, Jones E., Glavin M. Rear-Lamp Vehicle Detection and Tracking in Low- Exposure Video for Night Conditions, *Intelligent Transportation Systems*, 2010
- Chen Y., Lin C., Fan C., Vision based Nighttime Vehicle Detection and Range Estimation for Driver Assistance, *Systems, Man and Cybernetics*, 2008
- Fossati A., Schonmann P. Fua P., Real-Time Tracking for Driving Assistance, *Machine Vision and Applications*, 2011

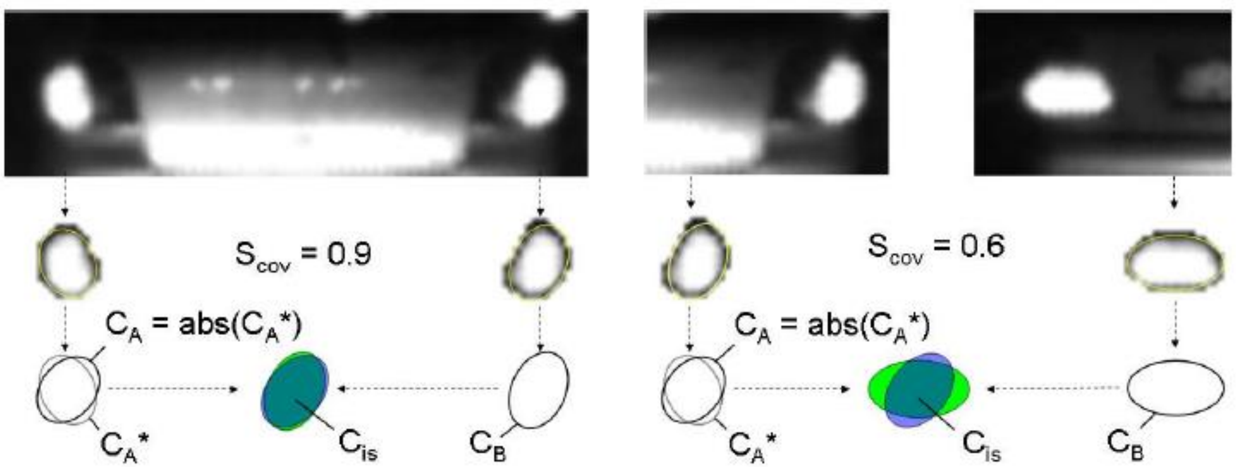
Grupiranje svjetala: križanje matrica 2 reda

Matrica momenata 2 reda:

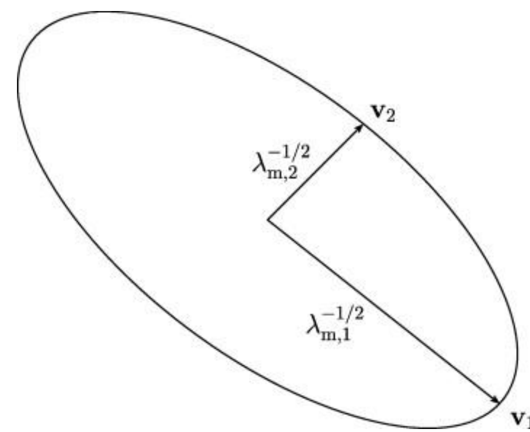
$$C_{X_1X_2} = \left| \frac{1}{M_{00}} \begin{bmatrix} \sum_x \sum_y (x-\mu_X)(x-\mu_x)w(x,y) & \sum_x \sum_y (x-\mu_X)(y-\mu_y)w(x,y) \\ \sum_x \sum_y (x-\mu_X)(y-\mu_y)w(x,y) & \sum_x \sum_y (y-\mu_y)(y-\mu_y)w(x,y) \end{bmatrix} \right|$$

Križanje matrica:

$$S_{COV} = \frac{\det(C_{IS})}{\max(\det(C_A),\det(C_B))}$$



PCA – određivanje veličine nakupine:



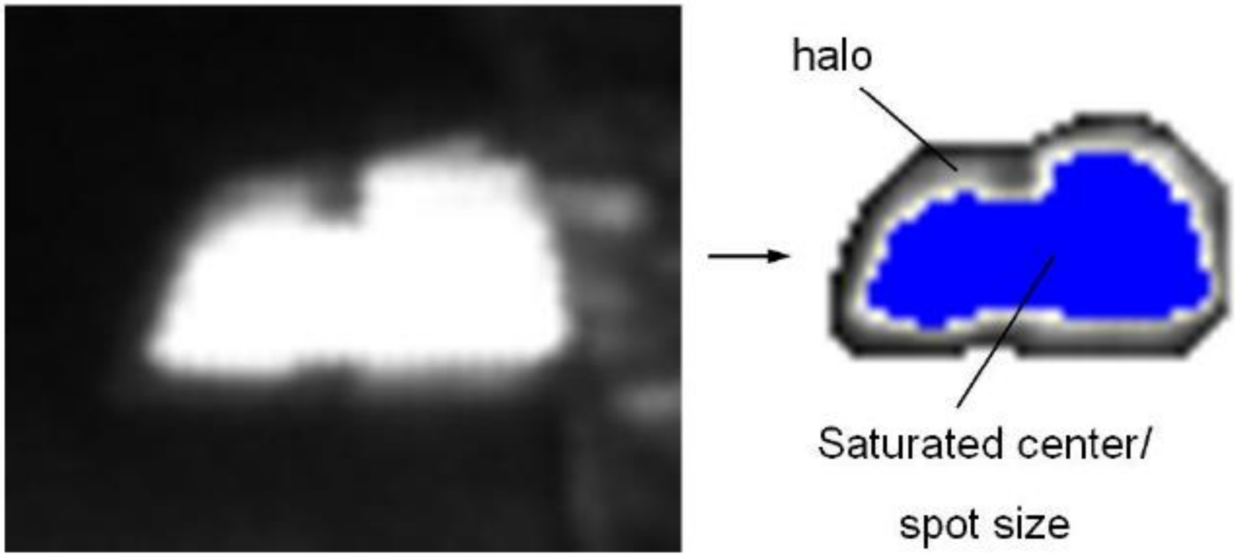
- Gormer S., Muller D., Hold S., Meuter M., Kummert A., Vehicle Recognition and TTC Estimation at Night based on Spotlight Pairing, *Intelligent Transportation Systems* , 2009

Grupiranje svjetala: omjer svjetlosnog pojasa / veličina svjetla

Mjera:

$$S_{COV} = \frac{\min(H_A, H_B)}{\max(H_A, H_B)}$$

Halo obruč:



- Gormer S., Muller D., Hold S., Meuter M., Kummert A., Vehicle Recognition and TTC Estimation at Night based on Spotlight Pairing , *Intelligent Transportation Systems* , 2009

Grupiranje svjetala: omjer svjetlosnog pojasa / veličina svjetla

Halo obruč – „Black hat" transformacija:

$$BH_T = morfološko\ zatvaranje\ (slika)\ -\ slika$$

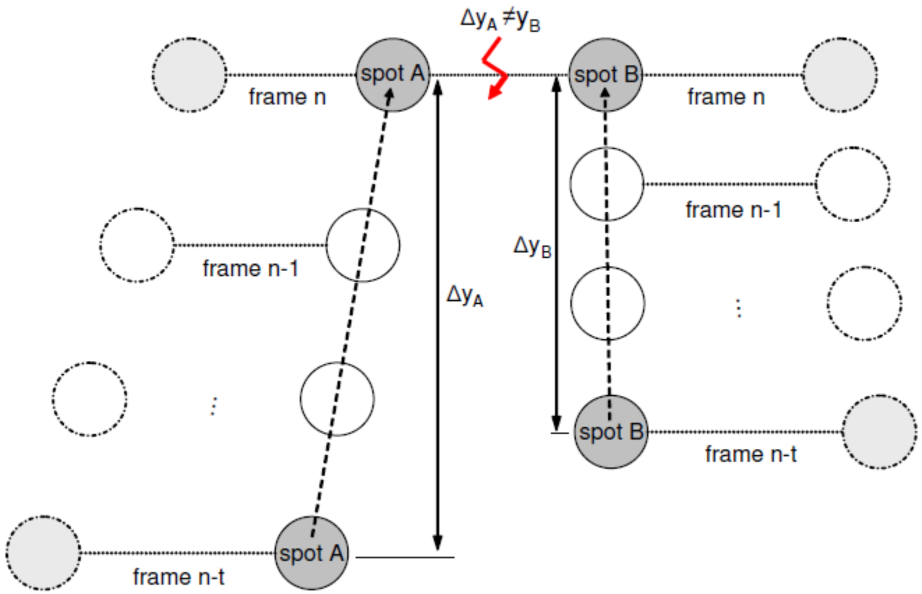
- Alcantarilla P.F., Begasa L.M.Jimenez P., Automatic LightBeam Controller for driver assistance, *Machine Vision and Applications* 22.5 , 2011

Grupiranje svjetala: slični smjer gibanja

Mjera:

$$S_{MOV} = \frac{\min(\Delta y_A, \Delta y_B)}{max(\Delta y_A, \Delta y_B)}$$

Sličnost gibanja u vertikalnom smjeru:



- Gormer S., Muller D., Hold S., Meuter M., Kummert A., Vehicle Recognition and TTC Estimation at Night based on Spotlight Pairing , , *Intelligent Transportation Systems*, 2009

Klasifikacija svjetala

- Korišteni klasifikatori
  - Pravila i granice, SVM, AdaBoost
- Značajke
  - Značajke **pozicije**: x, y (promet u različiti smjerovima, ulična svjetla različite koordinate)
  - Značajke **intenziteta**: srednja vrijednost i varijanca (prednja svjetla imaju veći intenzitet nego stražnja)
  - Značajke **oblika**: površina, BB / površina svjetla, kut, *veličina svjetlosnoga obruča (eng. halo)*, „halo" / površina zasićene regije
  - Značajke **oblika među uparenim nakupinama**
  - Značajke **boje**: HS(V) (prednja, stražnja i ostala svjetla nemaju istu boju)
  - Značajke **kretanja**: vektor kretanja (prednja svjetla prema, stražnja od, ostala prema rubovima)

- Li Y., Haas N, Pankanti S., Intelligent Headlight Control Using Learning-based approaches, *Intelligent Vehicles Symposium (IV)* , 2011
- Fossati A., Schonmann P., Fua P., Real-Time Vehicle Tracking for Driving Assistance, *Machine Vision and Applications* 22.2, 2011
- Chen Y., Chaing H.H., A Vision-Based Driver Nighttime Assistance and Surveillance System Based on Intelligent Image Sensing Techniques and a Heterogamous Dual-Core Embedded System Architecture, *Sensors* 12.3, 2012

Sadržaj....

- Problemi
- Postojeća rješenja
- Određivanje parametara sustava
  - Odabir modela
  - Snimanje
- Arhitektura sustava
  - Predprocesiranje slike
  - Detekcija svjetala
  - Grupiranje i klasifikacija
  - Praćenje svjetala
  - Procjena vremena do sudara
- Komercijalni sustavi

Praćenje svjetala

- Praćenje svjetala
  - Pretraživanje ograničene regije
  - Kalman filter (stanje: x, y, duljina, širina)
  - Pravila
    - Update, Appear, Merge, Split

- Pravila
  - Svjetla samo najvećeg intenziteta kroz jedan okvir

- Li Y., Haas N, Pankanti S., Intelligent Headlight Control Using Learning-based approaches, *Intelligent Vehicles Symposium (IV)* , 2011
- Fossati A., Schonmann P., Fua P., Real-Time Vehicle Tracking for Driving Assistance, *Machine Vision and Applications* 22.2 , 2011
- Chen Y., Chaing H.H., A Vision-Based Driver Nighttime Assistance and Surveillance System Based on Intelligent Image Sensing Techniques and a Heterogamous Dual-Core Embedded System Architecture, *Sensors* 12.3, 2012

Praćenje svjetala: praćenje uz pomoć pravila

- Mjera poklapanja:

$$match\left(V_i^t, Tr_j^{t-1}\right) = w_0 \cdot overlap\left(V_i^t, Tr_j^{t-1}\right) + w_1 \cdot symetry(V_i^t, Tr_j^{t-1})$$

Gdje:

$$overlap\left(V_i^t, V_j^{t'}\right) = \frac{area(V_i^t \cap V_j^t)}{\max(area\left(V_i^t\right), \text{area}(area\left(V_j^{t'}\right))}, \quad symetry\left(V_i^t, V_j^{t'}\right) = \frac{width(box\left(V_i^t\right))/height(box\left(V_i^t\right))}{width(box\left(V_j^{t'}\right))/height(box\left(V_j^{t'}\right))}$$

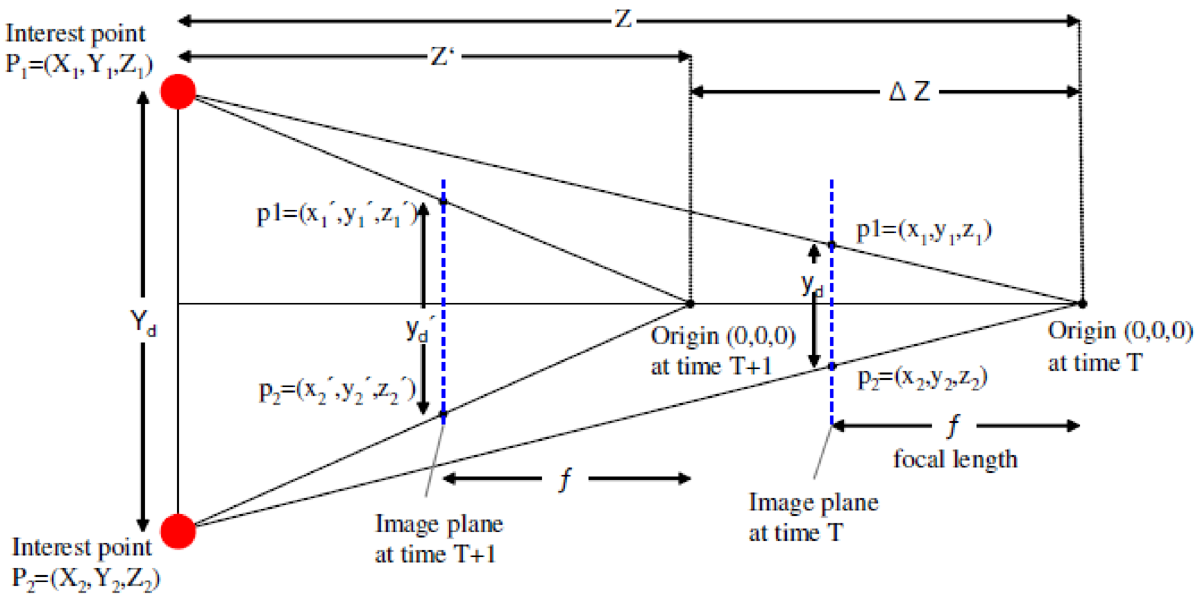
Pravilo	Preduvjet izvršavanja
Update	Vozilo je nađeno
Appear	Grupa svjetala ne pripada niti jednoj
Merge	Trenutni okvir: svjetla su ispravno grupirana Prethodni okvir: svjetla nisu grupirana
Split	Svjetla vozila su krivo grupirana

- Chen Y., Chaing H.H., A Vision-Based Driver Nighttime Assistance and Surveillance System Based on Intelligent Image Sensing Techniques and a Heterogamous Dual-Core Embedded System Architecture, *Sensors* 12.3, 2012

Sadržaj….

- Problemi
- Postojeća rješenja
- Određivanje parametara sustava
  - Odabir modela
  - Snimanje
- Arhitektura sustava
  - Predprocesiranje slike
  - Detekcija svjetala
  - Grupiranje i klasifikacija
  - Praćenje svjetala
  - Procjena vremena do sudara
- Komercijalni sustavi

Vrijeme do sudara



$$d = \frac{f \cdot W_v}{W_i \cdot S_{px}} = C \cdot \frac{1}{W_i}$$

$$\text{with:} \quad C = \frac{f \cdot W_v}{S_{px}}$$

$$t_{\text{TTC}} = \frac{d}{v_{rel}}$$

$$v_{\text{rel}} = \frac{\Delta d}{t}$$

$$t_{\text{TTC}\,n} = \frac{d_n}{\frac{d_{(n-1)} - d_n}{\frac{1}{\omega_{\text{fps}}}}}$$

$$t_{\text{TTC}\,n} = \frac{1}{\omega_{\text{fps}}} \cdot \frac{C \cdot \frac{1}{W_{i_n}}}{C \cdot \frac{1}{W_{i_{n-1}}} - C \cdot \frac{1}{W_{i_n}}} = \frac{1}{\omega_{\text{fps}}} \cdot \frac{W_{i_{n-1}}}{W_{i_n} - W_{i_{n-1}}}$$

- Gormer S., Muller D., Hold S., Meuter M., Kummert A., Vehicle Recognition and TTC Estimation at Night based on Spotlight Pairing, *Intelligent Transportation Systems*, 2009

Sadržaj....

- Problemi
- Postojeća rješenja
- Određivanje parametara sustava
  - Odabir modela
  - Snimanje
- Arhitektura sustava
  - Predprocesiranje slike
  - Detekcija svjetala
  - Grupiranje i klasifikacija
  - Praćenje svjetala
  - Procjena vremena do sudara
- Komercijalni sustavi

Komercijalni sustavi: obaranje svjetala (Mobileye)

Komercijalni sustavi: obaranje svjetala (Gentex)

Pitanja ?

Prezentacijom je napravljen pregled metoda korištenih u radovima za detekciju vozila (iz automobila) u noćnim uvjetima.

Neke slike preuzete iz radova koji implementiraju cjelokupnu ili dio pokazanih metoda su izmjenjene.

Prikazi komercijalnih sustava su službeni videozapisi čiji su neki dijelovi isječeni (ne bitni za obrađene sustave)