

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

SEMINAR

**Pregled pristupa za pronalaženje prometnog traka u
perspektivnim slikama ceste**

Ante Majić

Voditelj: *Siniša Šegvić*

Zagreb, travanj, 2009

Sadržaj

1	Uvod.....	1
2	Metode bazirane na detekciji prometnih linija.....	2
2.1	Detekcija prometnog traka analizom profila slikovnog gradijenta.....	2
2.2	Detekcija prometnog traka korištenjem upravljivih filtara	4
2.3	Detekcija prometnog traka korištenjem funkcije distribucije rubova	6
2.4	Poboljšanje rezultata modeliranjem	7
3	Metode bazirane na detekciji rubova ceste	9
3.1	Detekcija prometnog traka korištenjem neuronskih mreža.....	9
3.2	Detekcija prometnog traka upotrebom metode neosjetljive na osvjetljenje ceste	11
3.3	Detekcija prometnog traka nalaženjem paralelnih struktura na slici.....	13
4	Usporedba metoda.....	15
5	Zaključak.....	16
6	Literatura.....	17
7	Sažetak	18

1 Uvod

U današnjem načinu života se teži pojednostavljenju obavljanja svih poslova, pogotovo rutinskih, kao i povećanju sigurnosti u svim aspektima života. Jedan od takvih rutinskih poslova, koji ujedno traži povećanu sigurnost je upravljanje vozilom. Iz dana u dan ljudi stradaju u prometu, što zbog njihove nepažnje, što zbog namjernog nepoštivanja pravila. Zbog toga se pojavio trend postavljanja kamera na vozila, kao što su razvijeni brojni algoritmi radi automatskog navođenja vozila te oglašavanja upozorenja u rizičnim stanjima vozila na cesti.

Način detekcije prometnog traka, koji se sastoji od horizontalne signalizacije koju čine oznake na kolniku, je drugačiji od metode do metode, no one se generalno mogu svesti na dvije vrste: metode bazirane na detekciji prometnih linija i metode bazirane na detekciji rubova ceste. Njihova razlika je u tome što metode bazirane na detekciji prometnih linija mogu preciznije detektirati prometni trak kojim se vozilo kreće, jer linije čine granicu traka. S druge strane, detekcija rubova ceste nema toliku preciznost, ali zato se može primijeniti na cestama koje nemaju prometnu signalizaciju, što je nemoguće za detekciju baziranu na prometnim linijama.

U ovom radu je prikazano i opisano ukupno šest metoda za detekciju prometnog traka iz vozila u pokretu. Metode su podijeljene na metode bazirane na detekciji prometnih linija i na metode bazirane na detekciji rubova ceste. Nakon njihovih opisa dana je njihova usporedba, a na kraju rada se nalazi zaključak.

2 Metode bazirane na detekciji prometnih linija

2.1 Detekcija prometnog traka analizom profila slikovnog gradijenta

Ova metoda se bazira na analizi profila slikovnog gradijenta. Detekcija prometnog traka se provodi na sivim slikama snimljenim iz vozila u pokretu. Takva siva slika ima raspon vrijednosti intenziteta od 0 do 255, pri čemu crna boja ima vrijednost intenziteta 0, dok vrijednost bijele boje je 255. Uzimajući to u obzir može se postaviti prag intenziteta, gdje bi se pikseli sa vrijednošću intenziteta koja je iznad tog praga tretirali kao prometna linija, a pikseli sa vrijednošću manjom od istog praga bi bili dio ostatka ceste ili okoline.

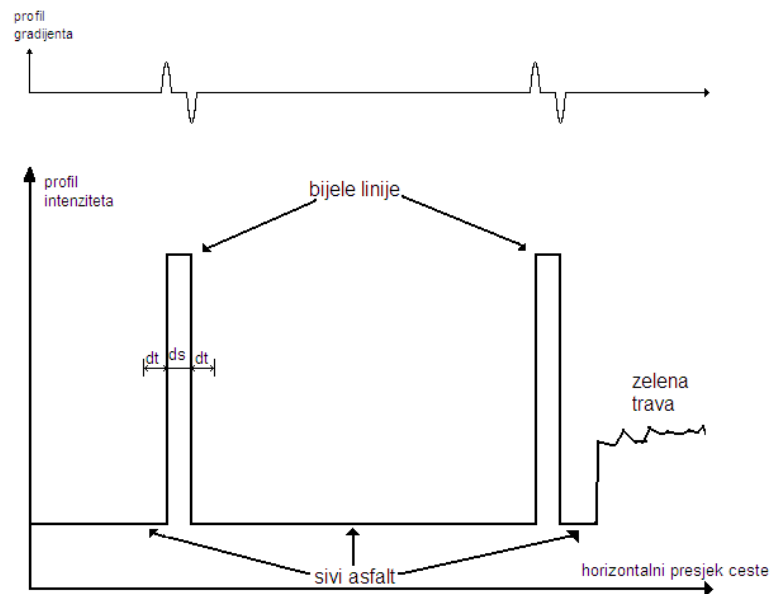
No kada bi se samo stavio takav prag, zasigurno bi bio jedan od problema što bi se tada detektirao svaki element koji ima vrijednost intenziteta piksela veću od praga. U tu svrhu je potrebno osigurati kako detektirani pikseli odista budu dio prometne linije. Za to moraju biti zadovoljena tri uvjeta:

- Promatra se samo donja trećina slike
- Odredi se minimalni i maksimalni broj bijelih piksela u nizu
- Mora biti zadovoljena razlika između intenziteta asfalta i prometne linije

Prvi uvjet određuje da se detekcija provodi samo nad donjom trećinom slike, pošto se na tom dijelu slike, snimljenoj iz vozila u pokretu, nalazi cesta.

Drugi uvjet definira unutar kolikog raspona piksela će biti raspoznata prometna linija. Ovaj uvjet je nužan kako algoritam ne bi naišao npr. na bijelo vozilo koje bi u tom slučaju detektirao kao prometnu liniju.

Posljednji uvjet mora biti zadovoljen jer on definira razliku intenziteta između asfalta i prometne linije koja mora biti zadovoljena, pošto je nagla promjena intenziteta iz asfalta u prometnu liniju. Na tom prijelazu dolazi do naglog povećanja vrijednosti gradijenta, jednako kao što dolazi do naglog smanjenja na prijelazu iz prometne linije na asfalt. Profil intenziteta piksela ceste, kao i profil gradijenta je dan na slijedećoj slici:



Slika 1 Prikaz intenziteta horizontalnog presjeka ceste [5]

Slika 1 prikazuje vrijednosti intenziteta uzduž horizontalnog pravca ceste. Na slici je prikazan idealan raspored intenziteta ceste i njezine okoline (zelene trave). Također, na slici je prikazan i profil gradijenta, iz kojeg se može vidjeti kako gradijent raste pri prijelazu iz tamnijeg u svjetliji intenzitet, te jednako tako on poprima negativnu vrijednost pri prelasku iz prometne linije na asfalt.

Pronalaskom tamno-svjetlo-tamnih područja potrebno ih je grupirati kako bi se provjerilo koji od njih zajedno tvore prometnu liniju. U tu svrhu će se promatrani dio slike podijeliti na desni i lijevi dio, te će se nad njima primijeniti metoda RANSAC (engl. RANdom SAMple Consensus). To je robusna metoda za procjenu parametara, koja pri izračunu modela ne koristi podatke koji imaju preveliko odstupanje od pretpostavljenog modela.

Primjer ispravne detekcije metodom analize profila slikovnog gradijenta je dan na sljedećoj slici:



Slika 2 Primjer detekcije algoritma [5]

2.2 Detekcija prometnog traka korištenjem upravljivih filtara

Upravljivi filtar je vrsta digitalnog filtra, što znači da provodi matematičke operacije nad diskretiziranim signalom u cilju potiskivanja ili naglašavanja nekih njegovih aspekata. Na taj način upravljivi filtar se koristi kako bi ulaznu sliku snimljenu iz vozila u pokretu filtrirao i na izlaz dao izlaznu sliku na kojoj bi bio detektirani prometni trak. Točnije, upravljivi filtar provodi filtriranje pomoću svojih komponenti G_{xx} , G_{yy} , G_{xy} , G_{xx}^θ i G_{max} .

Upravljivi filtar zapravo detektira linearnu strukturu na slici koja mora biti jednake širine duž cijele slike. Kako se za pronalaženje prometnog traka koristi detekcija prometnih linija, tada je potrebno da upravo te prometne linije na cijeloj slici budu jednake širine. Problem je u tome što na slikama snimljenim iz vozila u pokretu se cesta (a s njom i prometne linije) u daljini smanjuje. Upravo zbog toga je potrebno slike snimljene iz vozila podvrgnuti inverznoj perspektivnoj transformaciji, čime će se dobiti konstantna širina prometnih linija.

Svaka od komponenti upravljivog filtra ima jednadžbu prema kojoj se računa njen odziv na izlaznoj slici. Potrebno je napomenuti kako se kao ulazne slike koriste sive slike, te će sve operacije vršiti na intenzitetima piksela tih slika. Jednadžbe komponenta upravljivog filtra su prikazane u nastavku:

$$G_{xx}(x, y) = \frac{x^2 - \sigma^2}{2 \cdot \pi \cdot \sigma^6} \cdot e^{-\frac{x^2 + y^2}{2 \cdot \sigma^2}} \quad (1)$$

$$G_{yy}(x, y) = \frac{y^2 - \sigma^2}{2 \cdot \pi \cdot \sigma^6} \cdot e^{-\frac{x^2 + y^2}{2 \cdot \sigma^2}} \quad (2)$$

$$G_{xy}(x, y) = \frac{x \cdot y}{2 \cdot \pi \cdot \sigma^6} \cdot e^{-\frac{x^2 + y^2}{2 \cdot \sigma^2}} \quad (3)$$

$$G_{xx}^\theta(x, y) = G_{xx} \cdot \cos^2(\theta) + G_{yy} \cdot \sin^2(\theta) - 2 \cdot G_{xy} \cdot \cos(\theta) \cdot \sin(\theta) \quad (4)$$

U jednadžbama od (1) do (4) su prikazane jednadžbe po kojima se računa odziv komponenta upravljivog filtra. Bitno je napomenuti kako na odziv jednog piksela utječe okolina piksela ulazne slike, a ne samo jedan piksel. Parametar σ služi za podešavanje filtra ovisno o konstantnoj debljini strukture (prometna linija) koja se traži na ulaznoj slici. Komponenta G_{xx}^θ koristi komponente G_{xx} , G_{yy} i G_{xy} , te uz njih ovisi o kutu θ . Ona se dobije rotacijom filtra G_{xx} , kako bi se mogao dobiti minimalan ili maksimalan odziv filtra za neki kut rotacije.

Komponenta G_{\max} se dobije na način da se odredi kut θ_{\max} za koji će se dobiti maksimalni apsolutni odziv filtra G_{xx}^{θ} , te se taj kut uvrsti u jednadžbu (4). Jednadžba prema kojoj se računa kut θ_{\max} je dana u nastavku:

$$\theta_{1,2} = \frac{1}{2} \cdot \arctan \frac{2 \cdot A_{xy}}{A_{yy} - A_{xx}} \pm \frac{\pi}{2} \quad (5)$$

pri čemu su:

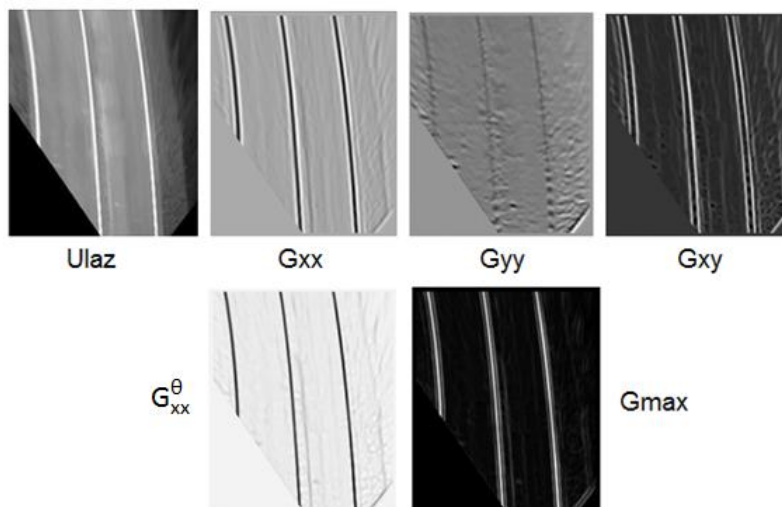
$$A_{yy} = \int_x \int_y G_{yy}(x, y) \cdot I(x_0 + x, y_0 + y) \quad (6)$$

$$A_{xx} = \int_x \int_y G_{xx}(x, y) \cdot I(x_0 + x, y_0 + y) \quad (7)$$

$$A_{xy} = \int_x \int_y G_{xy}(x, y) \cdot I(x_0 + x, y_0 + y) \quad (8)$$

Dobivanjem dvije vrijednosti kuta θ i njihovim uvrštavanjem se dobiju dva odziva, koja se tek međusobnim uspoređivanjem mogu definirati koji kut pripada maksimalnom, a koji minimalnom odzivu. Tada se može dobiti komponenta filtra G_{\max} , koji predstavlja maksimalni odziv upravljivog filtra. Ona se dobije uvrštavanjem negativne vrijednosti minimalnog odziva zbog uzorka kolnika tamno-svjetlo-tamno.

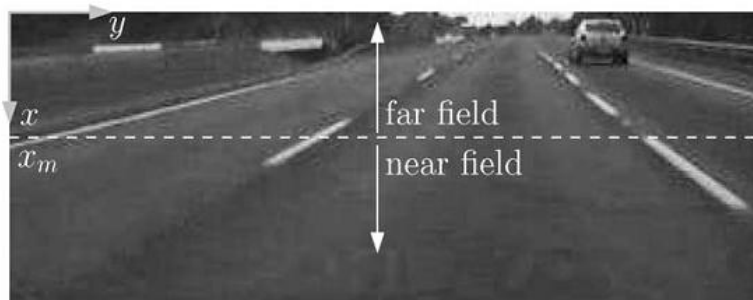
Primjeri odziva svih komponenata nad ulaznom slikom su dani na slici 3:



Slika 3 Primjer odziva komponenata upravljivog filtra [6]

2.3 Detekcija prometnog traka korištenjem funkcije distribucije rubova

Ova metoda se fokusira na ceste pod uvjetima koji nisu idealni. Metoda koristi dvije različite funkcije za detekciju prometnih linija. Najprije se prometni trak (koji je sniman iz perspektive vozača kod vozila u pokretu) podijeli na dva dijela: blisko polje i udaljeno polje. Nad bliskim poljem se koristi linearna funkcija, jer se smatra da će taj dio prometnog traka biti ravan, a nad udaljenim poljem se koristi kvadratna funkcija, kako bi potencijalne krivulje mogle biti detektirane. Primjer podjele prometnog traka na polja je dan u nastavku:



Slika 4 Primjer podjele prometnog traka na polja [4]

Na slici 4 se može vidjeti podjela prometnog traka na blisko polje (engl. near field) i udaljeno polje (engl. far field). Slika se sastoji od x i y koordinata, te od vrijednosti x_m koja predstavlja granicu između dva polja.

Nakon podjele ulazne slike na dva polja, ono što slijedi je inicijalna detekcija prometnog traka, koja koristi linearnu funkciju zbog njezine jednostavnosti i robusnosti. Prilikom linearne detekcije moraju biti zadovoljeni slijedeći uvjeti:

- Vozilo se nalazi u ravnom dijelu ceste
- Vozilo je otprilike poravnano sa cestom
- Ne postoje nikakve druge linearne strukture od većeg značaja osim granica prometnog traka (prometnih linija)

Prilikom detekcije linearnih prometnih linija koriste se funkcija distribucije rubova i Houghova transformacija. Funkcija distribucije rubova pronalazi smjer pružanja neke prometne linije na način da se najprije pronađu kutovi linija na slici, a zatim i odzivi promjene gradijenta za pronađene rubove. Primjer detekcije desne prometne linije:



Slika 5 Primjer detekcije prometne linije [4]

Slika 5 prikazuje primjer detekcije desne prometne linije prometnog traka koji se vozilo kreće. Ova detekcija je vršena na ulaznom slikom prikazanom na slici 4.

Nad pronađenim prometnim linijama vrši se Houghova transformacija, kako bi prometni trak kojim se vozilo kreće mogao biti omeđen s lijeve i desne strane. Taj algoritam radi na način da sve točke, nađene funkcijom detekcije rubova koje predstavljaju prometne linije, provuče pravac koji bi zahvaćao ili koji bi bio što bliži tim točkama. Time bi se dobio pravac u smjeru pružanja prometnih linija, čime bi prometni trak bio omeđen. Primjer takve Houghove transformacije:



Slika 6 Primjer Houghove transformacije [4]

Slika 6 prikazuje primjer Houghove transformacije nad slikom 4. Na slici se vide dva istaknuta pravca dobivenih Hougovom transformacijom koji se pružaju u smjeru prometnih linija.

2.4 Poboljšanje rezultata modeliranjem

Pri modeliranju optimiziraju se parametri linije, pod pretpostavkom da je položaj linija u slici približno poznat.

Nakon izračuna linearnim funkcijama, potrebno je napraviti izračun uz pomoć kvadratne funkcije, kako bi se prometne linije mogle detektirati u slučaju kada bi se pojavio zavoj na cesti. Ukoliko se pretpostavi slijedeći model:

$$f(x) = \begin{cases} a + bx, & \text{ako } x > x_m \\ c + dx + ex^2, & \text{ako } x \leq x_m \end{cases} \quad (9)$$

tada se moraju zadovoljiti odnosi $f(x_m^+) = f(x_m^-)$ i $f'(x_m^+) = f'(x_m^-)$. Rješavanjem tog sustava za varijable c i e dobije se slijedeće:

$$f(x) = \begin{cases} a + bx, & \text{ako } x > x_m \\ \frac{2a + x_m(b - d)}{2} + dx + \frac{b - d}{2x_m} x^2, & \text{ako } x \leq x_m \end{cases} \quad (10)$$

Iz jednadžbe (10) se može vidjeti kako parabolični model ovisi o svega tri parametra. Označavanjem svakog piksela slike (koji je definiran kao željeni rub) sa

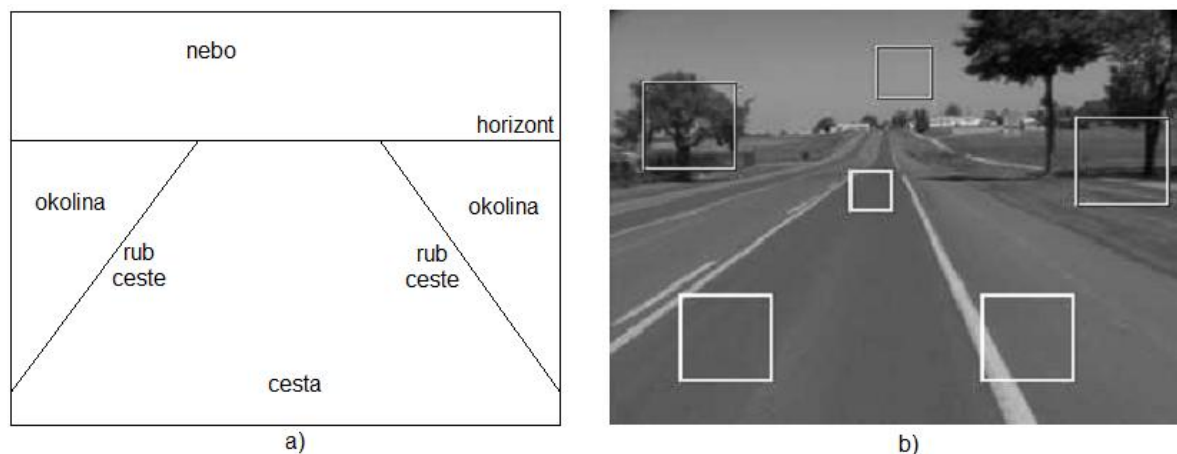
koordinatama $(x_{n(i)}, y_{n(i)})$, pri čemu je vrijednost $i=1, \dots, m$, u bliskom polju slike, i koordinatama $(x_{f(i)}, y_{f(i)})$, pri čemu je vrijednost $i=1, \dots, n$ u udaljenom polju slike, dobije se ukupno $n+m$ jednadžbi sa tri nepoznanice. Sustav ne može dati točno rješenje, pa se do njega može doći aproksimacijom, pri čemu je specifična mjera pogreške minimizirana. Na posljatku, dobivanjem vrijednosti parametara a , b i d može se na slici prikazati smjer pružanja prometnih linija prilikom kretanja vozila prema zavoju.

3 Metode bazirane na detekciji rubova ceste

3.1 Detekcija prometnog traka korištenjem neuronskih mreža

Detekcija prometnog traka korištenjem neuronskih mreža je jedna od metoda koja ne detektira oznake na kolniku, već se služi vektorima osobina koji pokazuju da li je neki dio slike, snimljene iz vozačeve perspektive, pripada cesti.

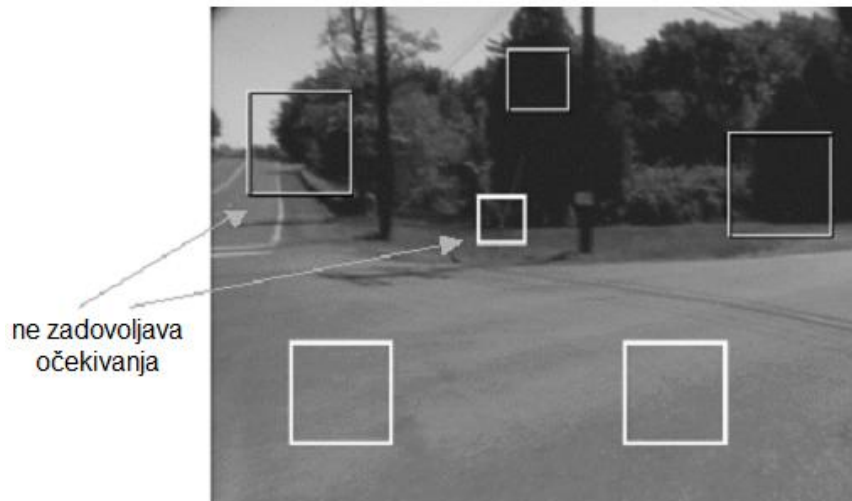
Metoda se sastoji od dva koraka: učenje neuronske mreže i primjena same mreže na detekciji prometnog traka. Učenje neuronske mreže vrši se na način da se najprije fiksiraju karakteristični „prozori” na slikama snimljenim iz vozila. Ti prozori se zatim mogu podijeliti na dvije vrste: jedni prozori su fiksirani na dijelovima slike gdje se očekuje cesta, a drugi na dijelovima gdje će biti okolina ceste. Prikaz ceste na slici, kao i primjer takvih „prozora”, je dan na sljedećoj slici:



Slika 7a) Prikaz ceste i okoline na slici; b) Primjer karakterističnih prozora [1]

Slika 7a) prikazuje skicu ceste i njezine okoline iz vozačeve perspektive. Na toj slici se može vidjeti kako cesta poprima oblik trapeza, pri čemu je lako fiksirati karakteristične „prozore“ na slikama, i to tri „prozora“ na mjesta na slici gdje se nalazi cesta i tri „prozora“ izvan ceste. Razmještaj „prozora“ je prikazan na slici 7b), pri čemu su „prozori“ sa bijelim okvirom „prozori“ koji prikazuju cestu, a oni sa crno-bijelim okvirom „prozori“ koji prikazuju područje izvan ceste. Nakon tako postavljenih „prozora“ na slici, prikupljaju se vektori osobina posebno za bijele prozore i posebno za crno-bijele prozore. Kada su svi vektori osobina prikupljeni, može se krenuti sa njihovim procesiranjem.

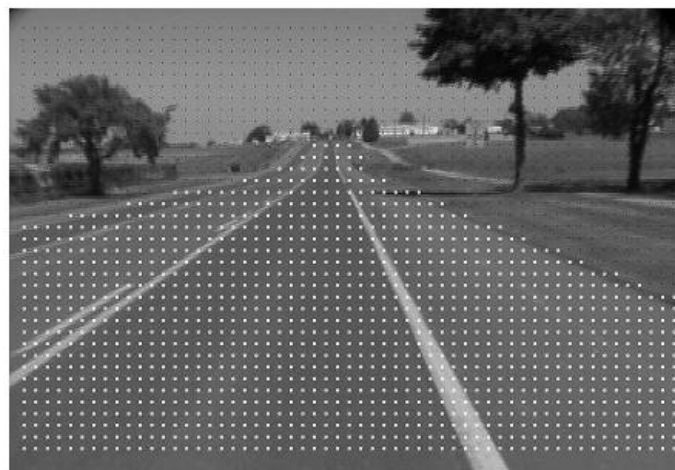
No treba uzeti u obzir kako „prozori“ na slici neće uvijek označavati cestu ili njezinu okolinu. Primjer jedne takve situacije je dan u sljedećoj slici:



Slika 8. Prikaz pogrešnog uzimanja vektora osobina [1]

Na slici 8 je prikazano kako fiksirani „prozori“ na slici pogrešno pokazuju kada se nalaze na slici ceste u zavoju. Na ovoj slici se to odnosi na krajnji lijevi crno-bijeli „prozor“ koji dijelom obuhvaća cestu, i bijeli „prozor“ u sredini slike koji ne prikazuje cestu, već dio njezine okoline. Zbog toga je potrebno nadgledanje učenja neuronske mreže, kako se ne bi prikupili pogrešni vektori osobina.

Nakon što je učenje obavljeno, može se preći na sljedeći korak, a to je primjena same mreže na detekciju ceste. Naučena neuronska mreža se tada primjenjuje nad ulaznim slikama, te na izlazu daje sliku sa pronađenim prometnim trakom. Primjer jedne takve detekcije je dan u nastavku:



Slika 9. Prikaz detekcije prometnog traka [1]

Na slici 9 je prikazana ispravna detekcija korištenjem neuronskih mreža. Detektirana cesta je prikazana bijelim kvadratićima, a njena okolina crnim točkama.

3.2 Detekcija prometnog traka upotrebom metode neosjetljive na osvjetljenje ceste

Korištenje različitih metoda za detekciju ceste pod različitim osvjetljenjima ceste obično daje različite rezultate. Zbog toga je potreban algoritam koji će davati zadovoljavajuće rezultate neovisno o osvjetljenju ceste. Jedan od takvih algoritama je algoritam brze detekcije rubova (engl. Fast Edge Detection Algorithm) koji nije osjetljiv na osvjetljenje ceste.

Označimo promatranu sliku sa $I(x,y)$, gdje su x i y koordinate piksela u slici. Nad tom slikom se najprije sprovede Median filter koji uklanja šum. Nakon toga potrebno je skalirati sliku prema intenzitetu kako bi se izbjegli efekti varijacije na svjetlu i utjecaj pozadine. Skaliranje slike se izvodi na način da se odrede donja i gornja vrijednost praga, pri čemu te dvije vrijednosti variraju između vrijednosti 0 i 255, ovisno o najmanjoj i najvećoj vrijednosti intenziteta svakog piksela u slici. Skaliranje ima sljedeći oblik:

$$I(x, y)_{a,b} = \begin{cases} I_{min} & \text{ako } I(x, y) \leq a \\ \frac{I(x, y) \times I_{max}}{b - a} & \text{ako } a < I(x, y) < b \\ I_{max} & \text{ako } I(x, y) \geq b \end{cases} \quad (11)$$

pri čemu je I_{max} najveća moguća vrijednost intenziteta, I_{min} najmanja moguća vrijednost intenziteta, $I(x,y)$ vrijednost intenziteta slike na mjestu (x,y) , a donja vrijednost praga za skaliranje intenziteta i b gornja vrijednost praga za skaliranje intenziteta. Također, mora biti zadovoljen sljedeći odnos:

$$0 \leq I_{min} < a < b \leq I_{max} \quad (12)$$

Kao što je već spomenuto ranije u tekstu, skaliranje slike se izvodi kako bi se eliminirao utjecaj svjetla i pozadine na detekciju. To se provodi na način da se vrijednost intenziteta piksela ulazne slike uspoređuje sa dva praga. Ako je ta vrijednost manja od donjeg praga, tada će se na tom mjestu izlazne slike pojaviti najmanja moguća vrijednost intenziteta, a ako je veća od gornjeg praga, tada će se na istom mjestu pojaviti najveća moguća vrijednost intenziteta. Ukoliko je vrijednost intenziteta piksela ulazne slike između ta dva praga, tada se ona skalira između najmanje i najveće moguće vrijednosti intenziteta. Na taj način se razlike u intenzitetima piksela, čije su vrijednosti između dva praga, povećavaju.

Nakon što je slika pripremljena može se provoditi detekcija rubova na toj slici. Ona se provodi na dva načina: Prewitt filtrom i Sobel filtrom. Izlazna slika nakon detekcije rubova ceste se može prikazati sljedećom jednadžbom:

$$E(x, y) = v(x, y) \times h(x, y) \quad (13)$$

pri čemu je $E(x,y)$ slika koja sadržava detektirane rubove ceste, $v(x,y)$ ulazna slika, a $h(x,y)$ je matrica filtra. Gornja formula je implementirana na dva načina: prvi način skalira samo niske vrijednosti intenziteta, dok drugi samo one visoke. Skaliranjem niskih vrijednosti intenziteta postiže se zacrnjenje većeg dijela ceste. Stoga, su rubovi minimizirani u područjima unutar granica ceste. Slično se dešava i sa područjima izvan granica ceste kada se skaliraju samo visoke vrijednosti intenziteta. Jedina je razlika što se područje sa vrijednosti intenziteta većim od gornje vrijednosti praga zabijeli. Ova pojava se dešava jer je cesta obično tamnija od svoje okoline. Ova metoda daje rezultate i u slučaju kada je cesta svjetlija u odnosu na svoju okolinu, samo što je tada efekt suprotan.

Na posljertku potrebno je izvesti logičku operaciju AND na ovim dvjema dobivenim slikama. Ta operacija će dati traženi rub, jer područje pored rubova ceste je vrlo vjerojatno jedino zajedničko područje na tim dvjema slikama. Rubovi u ostalim područjima će biti odbačeni jer operator AND može istovremeno uzeti samo visoke vrijednosti piksela u obadvjema slikama. Primjer jedne takve detekcije rubova je dana na sljedećoj slici:



Slika 10 Ulazna slika nad kojom će se vršiti detekcija [3]

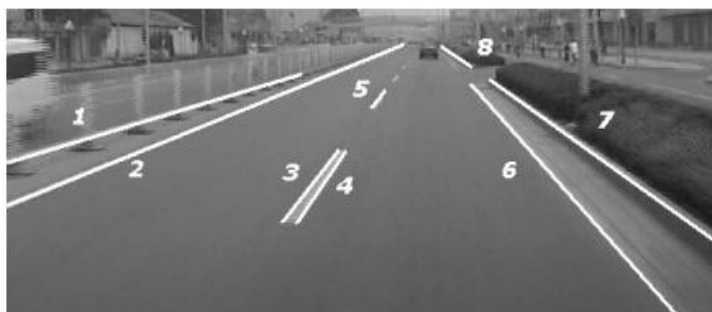


Slika 11 Slika dobivena metodom neosjetljivom na osvjetljenje ceste [3]

Slika 11 prikazuje rezultat metode neosjetljive na osvjetljenje ceste nad ulaznom slikom prikazanom na slici 10.

3.3 Detekcija prometnog traka nalaženjem paralelnih struktura na slici

Detekcija prometnog traka nalaženjem paralelnih struktura se oslanja na detekciji linearnih struktura koje su paralelne sa smjerom pružanja prometnog traka. Takva metoda je najpogodnija za urbane sredine, jer u takvim sredinama postoji više pravocrtnih segmenata koji su paralelni sa cestom, dok primjerice na otvorenoj cesti takvi segmenti nedostaju. Pod takvim pravocrtnim segmentima se ne misli samo na prometne linije i rubove ceste, već i na zaštitnu ogradu, rub pločnika, itd. Primjer takvih segmenata je prikazan na sljedećoj slici:

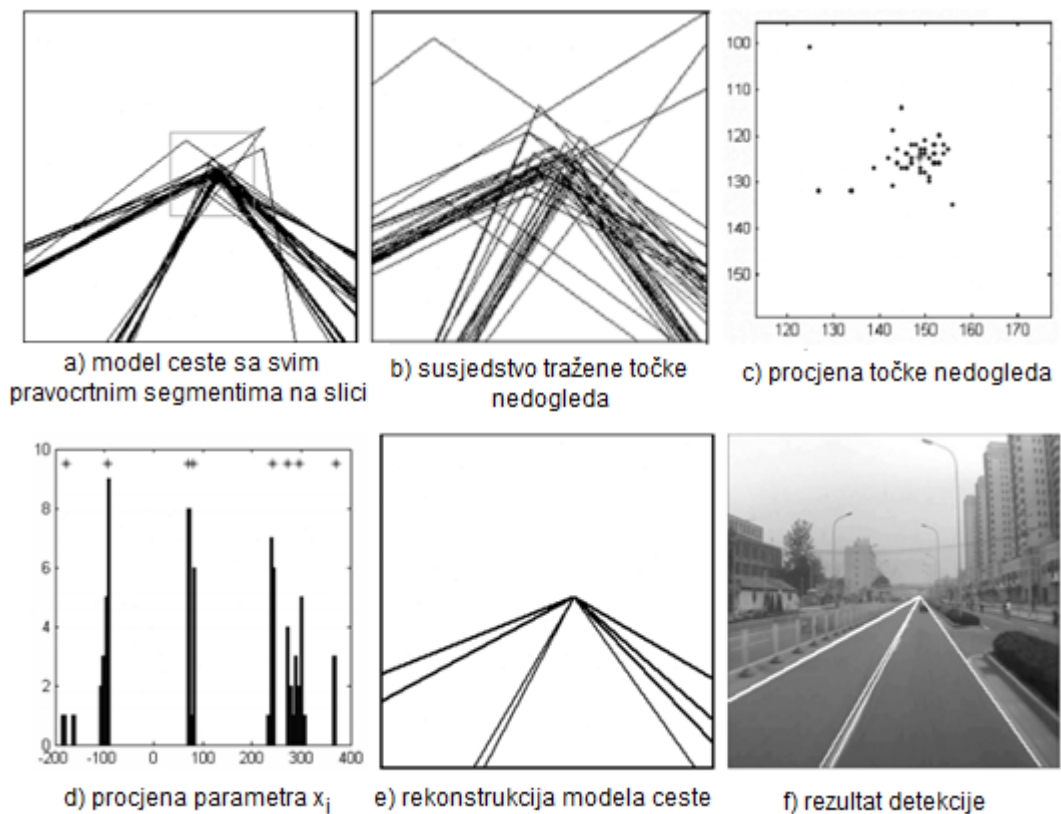


Slika 12 Primjer pravocrtnih segmenata na slici [2]

Slika 12 prikazuje linearne strukture sa slike snimljene iz vozila u pokretu u urbanoj sredini. Na slici se može vidjeti ukupno osam obilježenih segmenata.

Iako su ti segmenti paralelni na stvarnoj cesti, na slici se svi pravci smjerova, u kojima se oni pružaju, sijeku u jednoj točki. Ta točka se naziva točka nedogleda (engl. vanishing point), te je ona vrh trokuta kojeg čine pravci zajedno sa donjim rubom slike. Tako bi sa slike 12 smjerovi pravaca 2 i 6 omeđivali trokut koji je u stvarnosti cesta, dok bi pravci 4 (odnosno 5) i 6 zatvarali prometni trak kojim se vozilo kreće.

Ovaj algoritam se bazira upravo na pronalaženju pravocrtnih segmenata koji će odgovarati granici ceste, odnosno prometnog traka. Najprije je potrebno pronaći sve parove pravocrtnih segmenata na slici koji imaju zajedničku točku. Zatim se algoritam izvodi u nekoliko koraka, koji su redom prikazani na sljedećoj slici:



Slika 13 Koraci algoritma detekcije prometnog traka [2]

Slika 13 prikazuje korake algoritma detekcije prometnog traka nalaženjem paralelnih struktura. Slika 13a) prikazuje sve parove pravocrtnih segmenata nađenih na slici. Od svih tih pravocrtnih segmenata potrebno je fokusirati se na točke nedogleda pojedinih parova pravocrtnih segmenata, kao što je prikazano na slici 13b). Slika 13c) prikazuje procjene točke nedogleda na temelju prethodne slike (sa prethodne slike su izdvojene točke nedogleda). Nakon toga dolazi do procjene parametra x_i (slika 13d)). Zatim je moguće rekonstruirati model ceste iz danih parametara, što prikazuje slika 13e). I na kraju, slika 13f) prikazuje rezultat detekcije ovog algoritma na početnoj slici.

4 Usporedba metoda

Kao što je već napomenuto u uvodu, prednost metoda baziranih na detekciji rubova ceste je što se mogu primijeniti na svim vrstama cesta, neovisno o prometnoj signalizaciji, dok prednost metoda baziranih na detekciji prometnih linija je precizna detekcija prometnog traka kojim se vozilo kreće. Zbog toga bi bilo pomalo neprikladno uspoređivati uspješnost detekcije tih dviju vrste metoda.

Sve metode navedene u ovom radu su automatizirane, tj. njihovim pokretanjem metode same detektiraju prometni trak bez uplitanja čovjeka. Brzina izvođenja metoda najviše ovisi o podešavanju parametara algoritama detekcije. Tako npr. kod algoritma detekcije prometnog traka upotrebom upravljivih filtara brzina izvođenja algoritma ovisi o parametru σ , jer o njemu ovisi broj okoline piksela koji će biti uzeti u obzir prilikom izračuna vrijednosti intenziteta za svaki piksel slike. Naravno, što je broj piksela okoline manji, veća će biti brzina izvedbe algoritma.

Shodno tome, da bi se ta metoda mogla izvoditi u stvarnom vremenu, trebalo bi se razmatrati njezina paralelna izvedba na većem broju procesora, pošto njezina slijedna izvedba nije zadovoljavajuće brzine. Izvođenje ostalih metoda u stvarnom vremenu je moguće jer je vrijeme potrebno da se detekcije izvrše bitno kraće.

5 Zaključak

Ovaj rad je prikazao nekoliko različitih metoda detekcije prometnog traka nad slikama pribavljenih iz vozila u pokretu. U njemu se nalazi opis svake od metoda sa prikazom rezultata detekcije. Zbog načina detekcije, metode su podijeljene u dvije vrste: metode bazirane na detekciji prometnih linija i metode bazirane na detekciji rubova ceste.

Zbog svojih specifičnosti potrebno je razmotriti u kojim uvjetima bi bilo bolje upotrijebiti koju metodu. Izglednije je da će se metode bazirane na detekciji rubova ceste upotrijebiti na cestama koje nemaju prometne signalizacije, jer se ih ne koriste u svojim algoritmima. Jednako tako na prometnicama sa prometnom signalizacijom će se vrlo vjerojatno prije koristiti metode bazirane na detekciji prometnih linija, jer su u svojim detekcijama preciznije.

Iako svaka metoda daje zadovoljavajuće rezultate detekcije, postoji način za postizanjem još boljih rezultata. Oni se mogu dobiti međusobnom kombinacijom, gdje bi se jedna metoda koristila za rješavanje problema koji su slabe točke druge metode. Takav način bi zahtijevao dodatno vrijeme za izvođenje algoritma, ali bi time bila povećana njegova preciznost detekcije.

6 Literatura

- [1] Foedisch, M., Takeuchi, A., Adaptive Real-Time Road Detection Using Neural Networks, 7th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Washington, DC, listopad 2004., str. 1-6
- [2] Lu, J., Yang, M., Wang, H., Zhang, B., Vision-based Real-time Road Detection in Urban Traffic, Real-Time Imaging VI, San Jose CA, siječanj 2002., str. 75-82
- [3] Routray, A., Mohanty, K. B., A Fast Edge Detection Algorithm for Road Boundary Extraction Under Non-uniform Light Condition, 10th International Conference on Information Technology, Rourkela, prosinac 2007., str. 38-40
- [4] Jung, C., R., Kelber, C., R., Lane following and lane departure using a linear-parabolic model, Image and Vision Computing, Sao Leopoldo, Brasil, srpanj 2005, str. 1192-1202,
- [5] Žabčić, A., Pronalaženje prometnog traka analizom profila slikovnog gradijenta, Završni rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2009
- [6] Majić, A., Pronalaženje prometnog traka korištenjem upravljivih filtara, Završni rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2009

7 Sažetak

U ovom radu biti će opisane metode za pronalaženje prometnog traka u slikama pribavljenim iz vozila u pokretu. Neke metode se baziraju na detekciji prometnih linija, a druge na pronalaženje rubova ceste. U radu je opisano na koji način koja metoda vrši detekciju, te koje su njezine prednosti i nedostaci. Na kraju će biti dana usporedba tih metoda. Ta usporedba uključuje razmatranje njihove izvedbe u stvarnom vremenu.

Ključne riječi: računalni vid, detekcija prometnih trakova, obrada slike.