

# KOMISIJI ZA STUDIJE II STEPENA ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA UNIVERZITETA U BEOGRADU

Na sednici Komisije za studije II stepena Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, održanoj 25.09.2012. godine, imenovani smo u Komisiju za pregled i ocenu master rada kandidata **Filipa Vranića, dipl. inž.**, pod naslovom „**Primena Kalmanovog filtra za izdvajanje granica puta u sekvenci TV slika**“. Komisija je pregledala i analizirala priloženi rad i podnosi sledeći:

## Izveštaj

### 1. Biografski podaci o kandidatu

Filip Lj. Vranić je rođen 27.11.1987. g. u Beogradu. Desetu gimnaziju “Mihajlo Pupin” završio je sa odličnim uspehom. Elektrotehnički fakultet u Beogradu upisao je 2006. g. na odseku za Signale i sisteme. Diplomirao je u oktobru 2011. g. sa prosečnom ocenom 8.31 i diplomskim radom “Korišćenje fuzzy tehnika kod transformacija intenziteta i prostornog filtriranja slike” za koji je dobio ocenu 10. Master studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu je upisao oktobra 2011. g. na modulu Signali i sistemi. Ispite na master studijama je položio sa prosečnom ocenom 10.

### 2. Predmet, cilj i metodologija istraživanja

Izdvajanje granice puta iz slike formirane pomoću TV kamere montirane na vozilu koje se kreće po putu je jedan od osnovnih zadataka u sklopu automatskog upravljanja vozila na putevima. Nakon ovog koraka u algoritmu mašinske vizije moguće je proračunavati rastojanje od granice puta, radijus krivine puta, a u kombinaciji sa uređajima za globalno pozicioniranje i digitalnim kartama terena, moguće je odrediti i gde se vozilo nalazi posmatrano u referentnom koordinatnom sistemu vezanom za Zemlju. Obrada digitalne TV slike koja može biti zasnovana na gradijentnim postupcima izdvajanja tačaka u kojima postoji oštar prelaz u sjajnosti piksela, ili na bazi osobina teksture koje karakterišu region puta i okolinu, daće kao krajnji izlaz sekvencu tačaka u slici koje odgovaraju granici puta. Generalno, ovaj skup tačaka će samo približno odgovarati elementima scene koji se zaista nalaze na granici puta. Zadatak koji je razmotren u radu je da se primenom mehanizma Kalmanovog filtra izvrši optimalna estimacija položaja ovih tačaka i na taj način odstrani uticaj nesavršene obrade slike, vibracija kamere, nedovoljno tačne informacije o kinematskim parametrima kretanja vozila, itd.

U radu su algoritamski obrađena dva aspekta proračuna. Prvi se odnosi na estimaciju tačnih položaja tačaka koje pripadaju granici puta. Ona se vrši na bazi usvojenog modela kamere, kao i modela prostornog kretanja krutog tela i diskretnog modela promene optičkog toka nastale usled kretanja objekta (kamere). U tu svrhu se koristi prošireni Kalmanov filter, a rezultati proračuna su potvrđeni simulacijama. Drugi aspekt se odnosi na praćenje jednom identifikovane granične linije puta. U ovom kontekstu se mehanizam Kalmanovog filtra koristi kao optimalni estimator koeficijenata u polinomijalnoj jednačini kojom se aproksimira granična linija puta. Analize su pokazale da se zadovoljavajući rezultati postižu aproksimacijom granične linije preko krive drugog reda. Komparaciju su pokazale prednost korišćenja Kalmanovog filtra u odnosu na metod najmanjih kvadrata.

### 3. Sadržaj i rezultati

Obim master rada je 43 strane. Podeljen je u 5 poglavlja, Zaključak i spisak literature. Sadrži 25 slika i grafikona.

Prvo poglavlje predstavlja uvod u problematiku detekcije graničnih linija puta korišćenjem CMOS/CCD kamera.

Matematički model TV kamere je razmatran u drugom poglavlju, zajedno sa transformacijama koordinatnih sistema i modelom projekcije.

Opšti model Kalmanovog filtra kao estimatora stanja dinamičkog procesa je izložen u trećem poglavlju. Poseban osvrt je dat na prošireni Kalmanov filter kao neophodan algoritam za primenu u nelinearnom sistemu koji je predmet ovog rada.

U četvrtom poglavlju se razmatra osnovni problem – procena položaja repernih tačaka u nepokretnom koordinatnom sistemu. Na bazi dinamičkom modela kretanja krutog tela, dinamike promene položaja elemenata scene i dinamike promene optičkog toka, izvršena je postavka proširenog Kalmanovog filtra i analizirani rezultati dobiveni na simuliranom izgledu scene sa visokim nivoima šuma.

Peto poglavlje sadrži algoritam praćenja granične linije puta u sekvenci slika. Polazi se od modela relativnog kretanja objekta u odnosu na graničnu liniju puta, vrši postavka Kalmanovog filtra za estimaciju parametara parabolične aproksimacije granične linije i vrši komparacija sa rezultatima aproksimacije preko metode najmanjih kvadrata.

U parcijalnim zaključcima nakon četvrtog i petog poglavlja se diskutuju ostvareni rezultati, a u poglavlju Zaključak su dati završni komentari i smernice za budući rad. Kalmanov filter razvijen u svrhu estimacije tačnih položaja tačaka koje pripadaju granici puta ne može se neposredno koristiti u daljem praćenju. Kod praćenja, zaključeno je da rezultati kako u slučaju linearnog kretanja vozila, tako i u slučaju rotacije, idu u prilog primeni Kalmanovog filtra u odnosu na metod aproksimacije preko najmanjih kvadrata. Dalji rad treba usmeriti ka promenljivim radijusima krivina puta, realnim slikama i njihovoj obradi, kao i pripremi za implementaciju u realnom vremenu.

Spisak literature obuhvata 7 referenci koje su neposredno korišćene u izradi rada.

#### 4. Zaključak i predlog

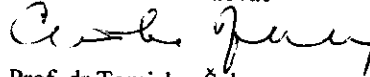
Kandidat Filip Vranić je u svom master radu na pregledan način dao prikaz problematike estimacije granične linije puta u sekvenci slika pribavljenoj iz TV kamere na pokretnom vozilu. Izvršio je postavku proširenog Kalmanovog filtra u zadatku estimacije tačaka koje pripadaju granici puta, kao i u estimaciji parametara njene polinomijalne aproksimacije. Ispoljio je odlično poznavanje ove oblasti i visok stepen samostalnosti i sistematičnosti u proučavanju odgovarajuće literature i implementaciji algoritama za simulaciju scene i primenu estimatora.

Na osnovu navedenog, imajući u vidu sadržaj i kvalitet priloženog rada, članovi Komisije predlažu da se rad Filipa Vranića, dipl. inž. pod naslovom „ **Primena Kalmanovog filtra za izdvajanje granica puta u sekvenci TV slika** " prihvati kao master rad i kandidatu odobri usmena odbrana.

U Beogradu 30.09.2013. godine

Članovi komisije:

Prof. dr Stevica Graovac



Prof. dr Tomislav Šekara

