

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

OE4DOS

Četvrti domaći zadatak iz digitalne obrade slike

Autor:

Vuk VUKOMANOVIĆ 18-2014



Contents

1	Uvod	2
2	Detekcija linija puta	3
2.1	Rezultati	11
3	Broj čelija	23
3.1	(Potencijalno) Unapređenje algoritma	29
3.2	Rezultati	33
4	Canny edge detekcija	36

1 Uvod

Izveštaj je podeljen u logičke celine, koje se odnose na taskove koji su zadati četvrtim domaćim zadatkom. U izveštaju se nalaze slike i rezultati koji su generisani mimo poslatih .m fajlova radi manje robosnosti. Shodno tome ceo dokument je podeljen u sledeće 3 celine:

1. Detekcija linija puta
2. Ćelije
3. Kenijev detektor ivica

2 Detekcija linija puta

Prvi deo domaćeg se odnosi na detekciju linija puta. Linija može biti žuta ili bela i puna ili isprekidana. Takođe funkcija treba da radi što bolje isključivo sa trenutnim podacima, tj. ulaz u funkciju je jedna slika a izlaz su koordinate potrebne za označavanje leve i desne linije puta. U sklopu domaćeg je napisana funkcija *lane_detection* koja radi isključivo sa jednim frame-om videa, kao i wrapper za tu funkciju koji pored pozivanja spomenute funkcije za svaki frame radi i weightovanje prethodnih frame-ova. U nastavku je opisan algoritam prepoznavanja linija.

Na slici ispod je prikazan jedan frejm videa na kom će biti po koracima objašnjen algoritam.



Figure 1: Ulazna slika

Prva stvar koja se primećuje, i koja je malopre napisana, je to da su linije karakterističnih boja. Pošto su u pitanju bela i žuta boja za izdvajanje je korišćen HSV kolor sistem za razliku od uobičajnog RGB kolor sistema. Iz daljeg posmatranja slike, može se primetiti da linije pored karakterističnih

boja predstavljaju i karakteristične prave na samoj slici, tj. mogu se fitovati prave koje opisuje linije ispred automobila. Takođe pošto je kamera na fixnom mestu tokom vožnje uglovi tih pravih se nalaze u uskom opsegu, takođe jedna prava će imati pozitivan nagib dok će druga uvek biti suprotna tj. imaće negativan. Ova posmatranja su dovela do zaključka da je potrebno koristiti Hafovu transformaciju kako bi pronašli spomenute prave.

U nastavku je data slika u HSV kolor sistemu.

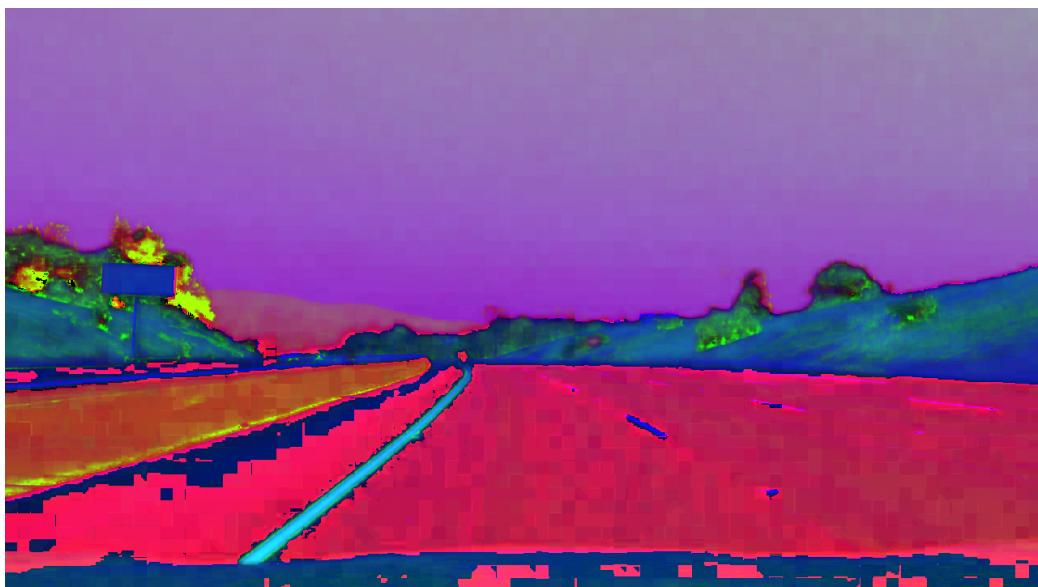


Figure 2: Slika u HSV kolor sistemu

Na slici se jasno izdvajaju žuta i bela boja, ali i dosta objekata sa strane. Zbog odlika HSV sistema saturisana boja kao što je žuta bi trebalo lako da se izdvaja koršćenjem samo Hue i Saturation kanala. Pošto kamera koja je snimila video snimak nije kalibrirana uzeta je sloboda za određivanje trešholdova što predstavlja izutetno manuelski posao. Kao pomoć pri određivanju trešholdova korišćene je matlabov ColorThreshold toolbox. Napravljene su 2 maske, jedna koja izdvaja žute piksele i jedna koja izdvaja bele piksele. Te maske su date u nastavku.

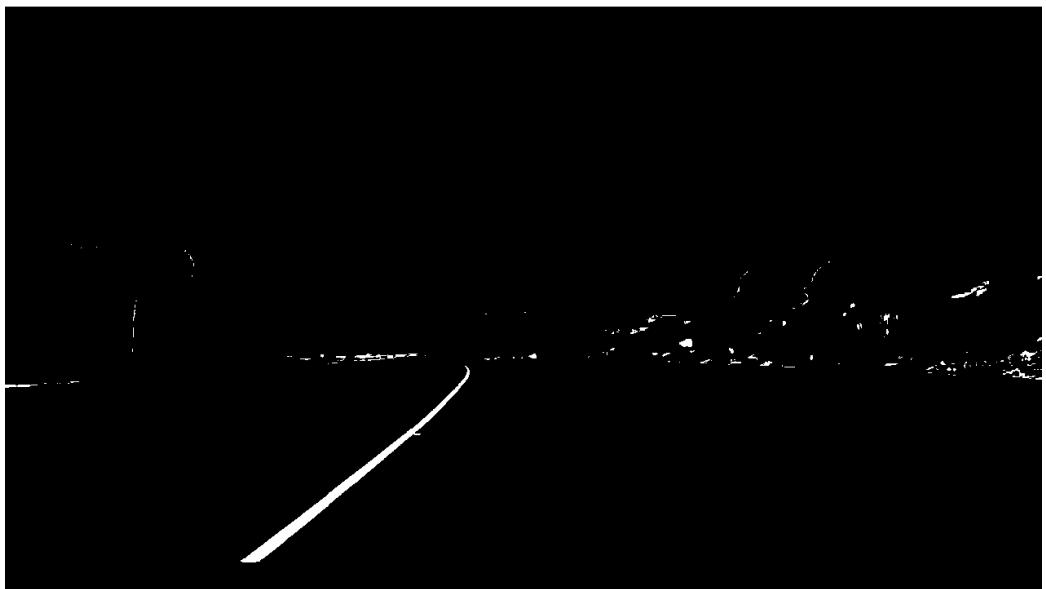


Figure 3: Maska žutih piksela

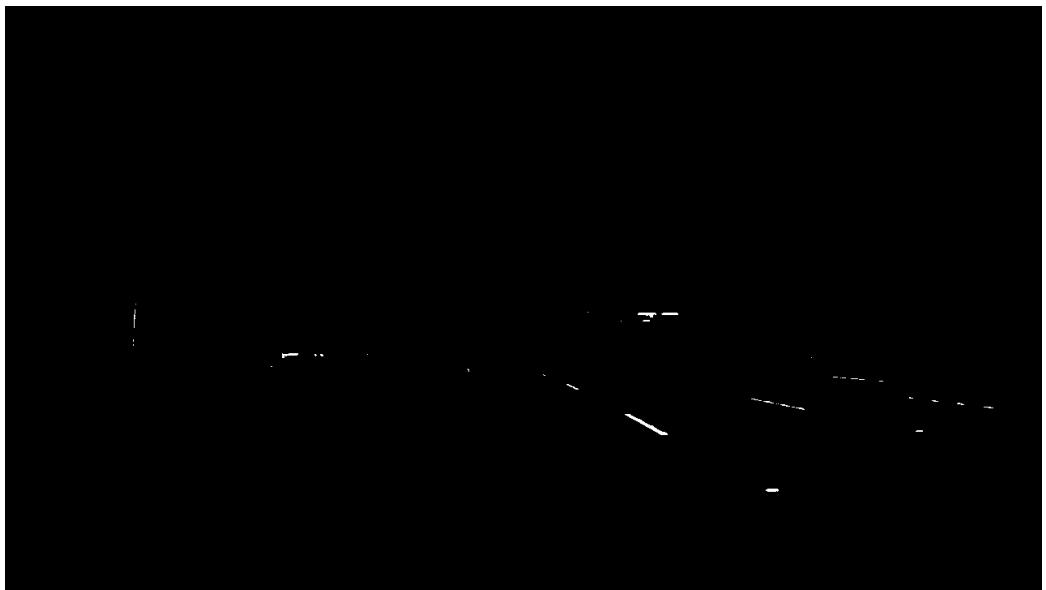


Figure 4: Maska belih piksela

Kao što je i pretpostavljano žuta boja je dosta bolje izdvojena, iz prostog razloga jer se vidi „jače“, na slici.

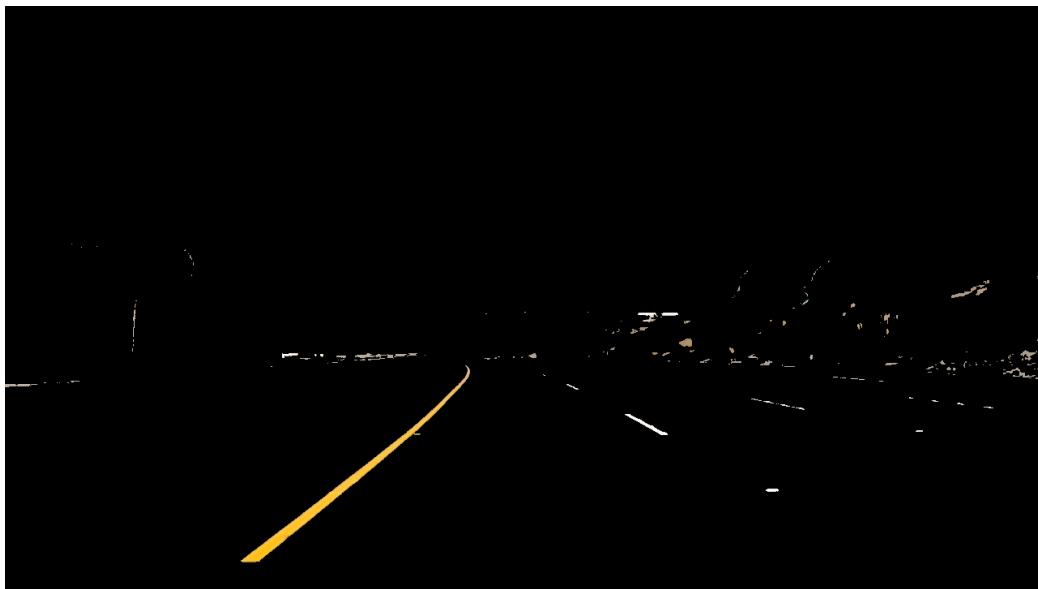


Figure 5: Izdvojene boje

Dalje, pošto je jedan od narednih koraka detekcija ivica, potrebno je prvo isfiltrirati sliku low pass filtrom, za to je korišćen gausov low pass filter. Rezultat filtriranja je dat u nastavku, slika je prvo pretvorena u sliku inteziteta(gray scale) ali taj rezultat nije prikazan zbog robusnosti.



Figure 6: Blurovana slika

Nakon blurovanja slike primenjena je morfološka operacija otvaranja sa malim strukturnim elementom, kako bi se mali objekti odstranili iz slike bez uništavanja ivica.



Figure 7: Nakon morfoloskih operacija

Jedna od najvažnijih koraka jeste sama detekcija ivica. Za detekciju ivica slike je korišćen Kenijev algoritam.

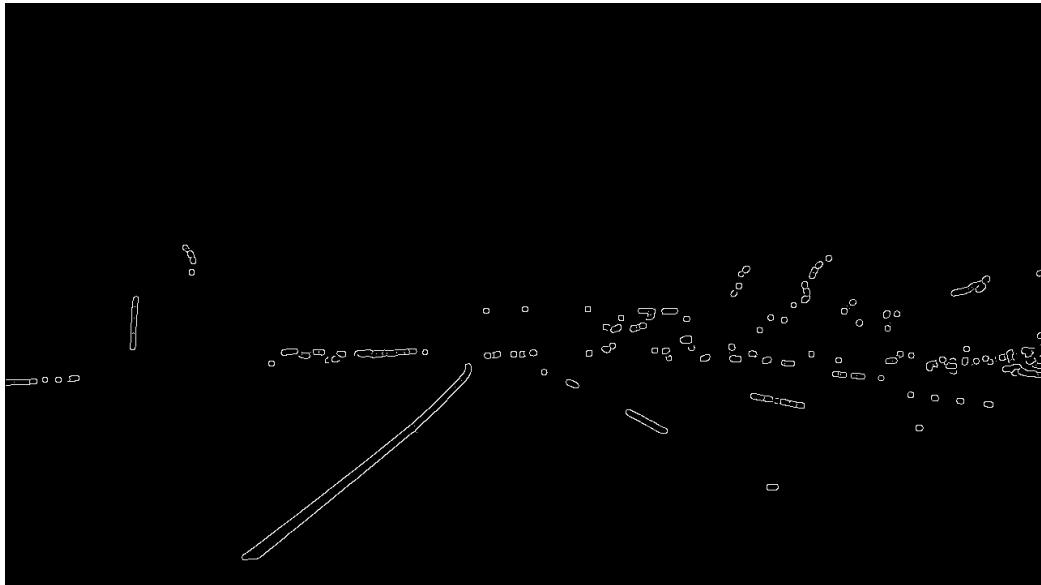


Figure 8: Ivice

Iako na slici postoji dosta objekata, tj. ivica koje nisu same linije sledeći korak je primena Hafove transformacije. Pošto kamera nije kalibrirana(pomalo je fish eye) linije puta ne opisuju prave već krive, Hafoma transformacija neće dati idealan tražen rezultat. Tj. dobijene hafove linije će biti delovi prave koja se može fitovati na linije puta. Pošto postoji dosta ivica van puta primenje su 2 metode. Prva metoda je prosto izdvajanje regije na kojoj je moguće naći linije puta, a druga je analiza linija koje dobijemo hafomom transfromacijom pošto znamo u kom opsegu(nagibi linija) se mogu naći linije koje pripadaju linijama puta. Za prvu metodu je napravljena prosta maska koja ima vrednost 1 gde je moguće da put bude, na pr. nema potrebe da gledamo gornji deo slike jer tamo put ne može da se nalazi ukoliko se auto regularno kreće(ako se ne okreće oko svoje ose). Za drugu metodu ograničen je opseg vrednosti u kojima može da se nadje θ hafove transformacije.



Figure 9: Nakon Hafove transformacije

Na slici iznad su predstavljene sve linije dobijene Hafovom transfromacijom, na njoj se primećuju nekoliko stvari. Kao što je malopre napomenuto, linije puta(trake) se sastoje od više kratkih linija i druga na samoj slici sliči se nalazi dosta linija koje su nebitne za ovu detekciju. Nakon odbacivanja nebitnih linija, bilo korišenjem maske za regiju interesa ili na osnovu ugla, dobija

se sledeći rezultat. Metoda sa ograničavanjem regije se pokazala uspešnijom, takođe ako se koristi ova metoda thresholdovi mogu biti dosta širi.



Figure 10: Nakon odbacivanja linija

Kao što se može primetiti ostale su samo bitnije linije(tačke). Sada se linije dele na one sa pozitivnim i negativnim nagibom. Nalaženje traženih pravih se može uraditi na 2 načina, fitovanjem svih tačaka ili samo nalaženjem najduže linije. U izveštaju su pokazani rezultati druge metode. Pošto imamo jednačine obe tražene prave, zadnji korak da biranje početne tačke za izcr-tavanje linija. Krajnji rezultat je dat u nastavku.



Figure 11: Rezultat

2.1 Rezultati

Drugi karakteristični frame. Ovaj frame je izabran jer je put dosta svetlij od ostatka rute.



Figure 12: Ulazna slika, frame2

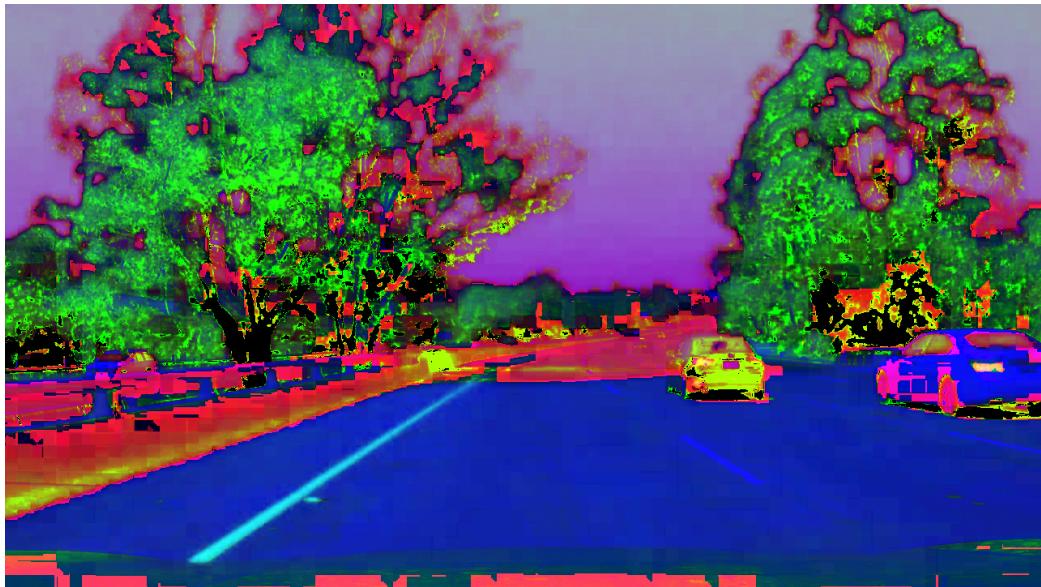


Figure 13: Slika u HSV kolor sistemu, frame2



Figure 14: Maska žutih piksela,frame2



Figure 15: Maska belih piksela,frame2

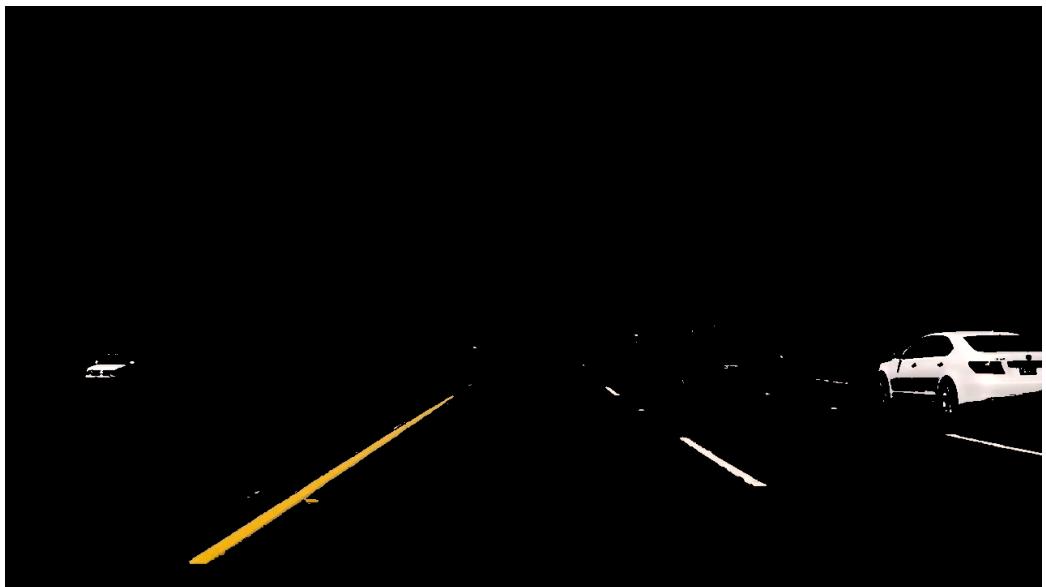


Figure 16: Izdvojene boje,frame2



Figure 17: Nakon blurovanja,frame2



Figure 18: Nakon morfoloskih operacija, frame2

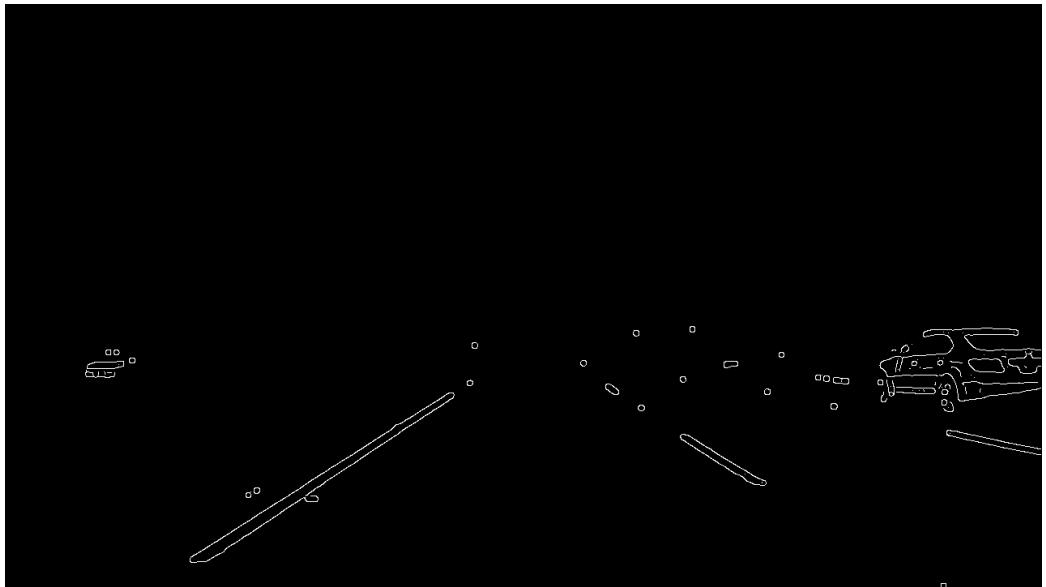


Figure 19: Izdvojene ivice, frame2



Figure 20: Nakon Hafove transformacije, frame2



Figure 21: Nakon odbacivanja linija, frame2



Figure 22: Rezultat, frame2

Treći frame za testiranje je izabran jer postoji zbog prelaza između 2 asfalta i zbog nedostatka isprekidane linije na samom početku. Kao što se može videti na figure 33 nagib desne prave je malo pogrešan jer je korišćena udaljena bela linija u nedostatku bliže.



Figure 23: Ulazna slika, frame3

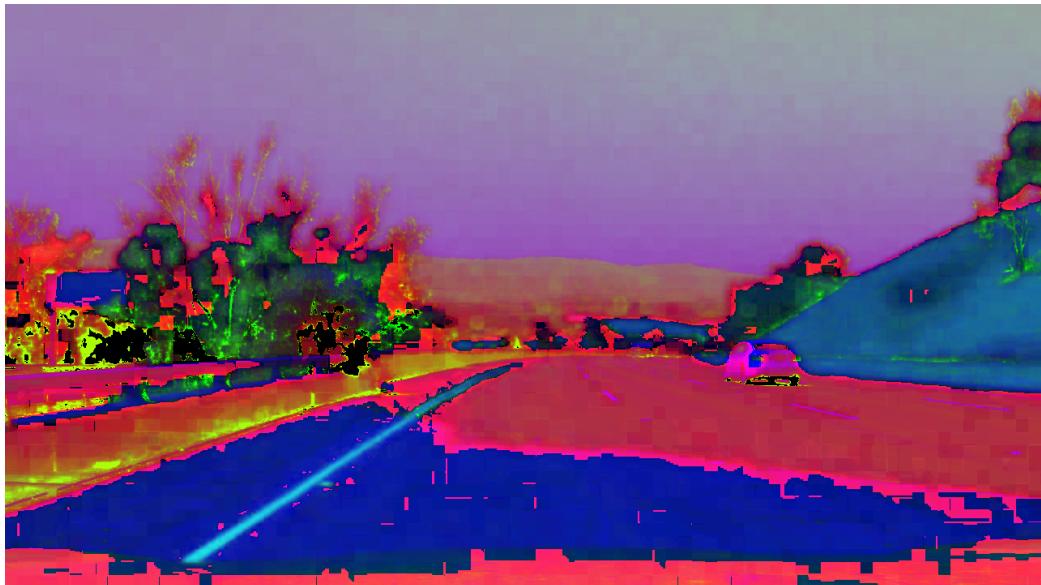


Figure 24: Slika u HSV kolor sistemu, frame3



Figure 25: Maska žutih piksela,frame3

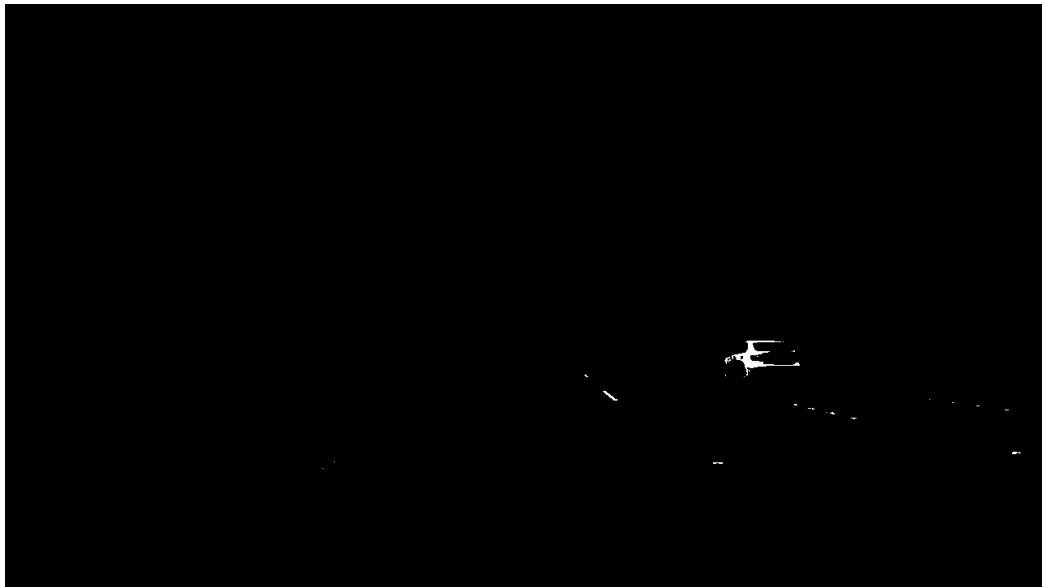


Figure 26: Maska belih piksela,frame3

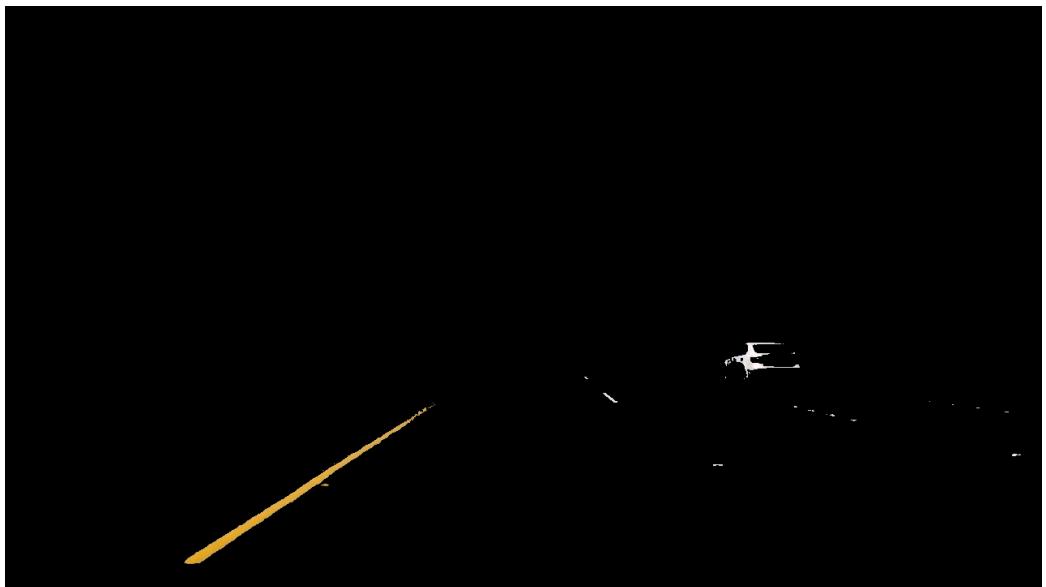


Figure 27: Izdvojene boje,frame3

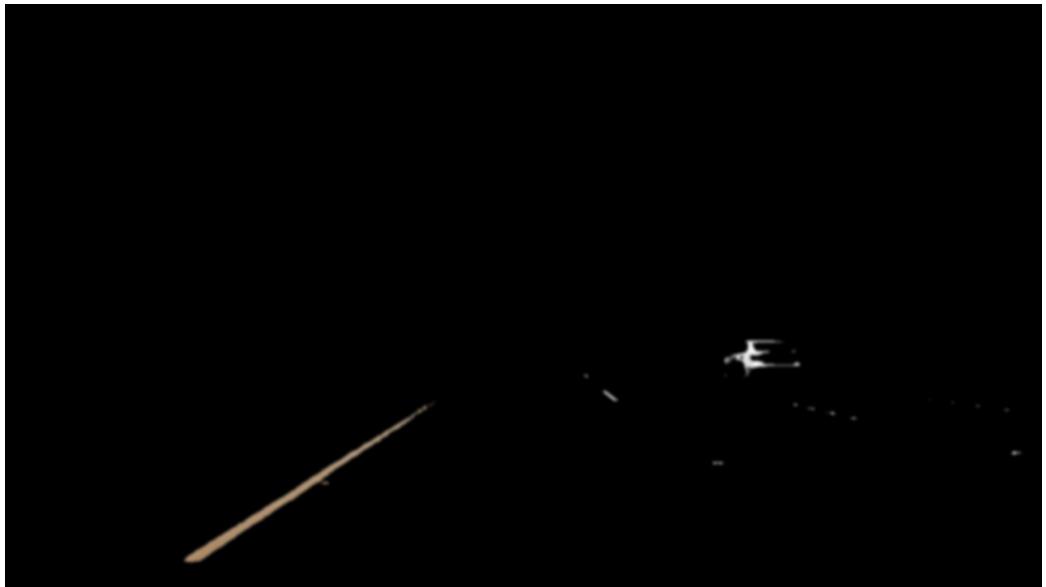


Figure 28: Nakon blurovanja,frame3



Figure 29: Nakon morfoloskih operacija, frame3

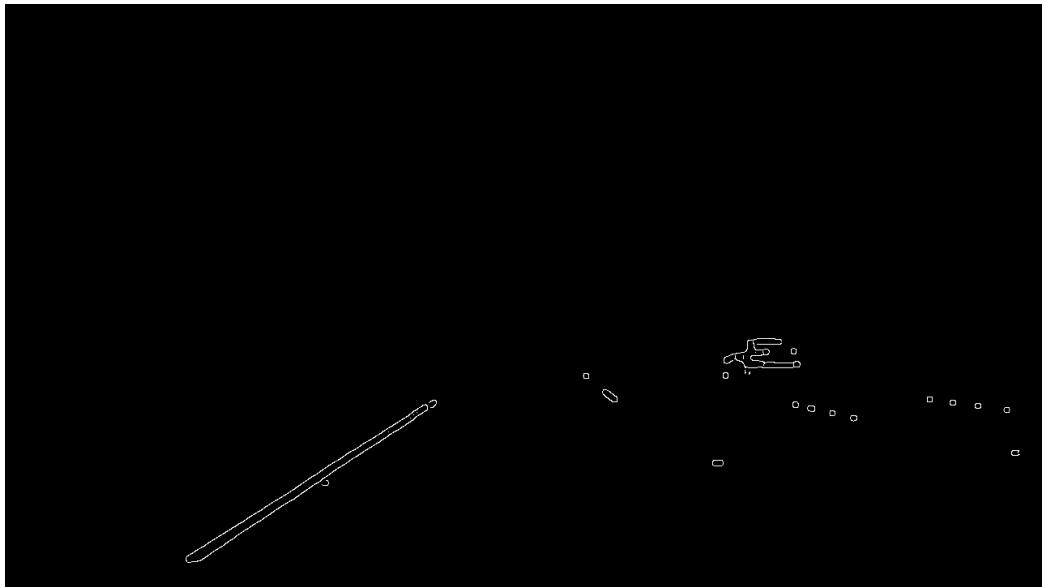


Figure 30: Izdvojene ivice, frame3



Figure 31: Nakon Hafove transformacije, frame3



Figure 32: Nakon odbacivanja linija, frame3



Figure 33: Rezultat, frame3

Sam rezultat je zadovoljavajući, tj. na svim frameova je približno tačno određena traka. Dodato unapređenje u wrapper je weightovanje prethodnih frameova, tj. pretpostavka je da se pozicije linija neće drastično menjat će da za poziciju trenutni linija mogu dosta pomoći prethodni rezultati, na ovaj način u finalnom videu linije deluju stabilnije.

Takođe pokazalo se da prosto ograničavanje ugla teta nije dovoljno za skroz uspešnu detekciju već da je za ovakav pristup potrebno ograničavanje regije interesa.

3 Broj ćelija

Drugi deo domaćeg se odnosi na brojanje ćelija na razmazima krvi žaba i ptica. U postavci domaćeg je traženo da algoritam bude što jednostavniji tako da su korišćene samo osnovne i morfološke operacije. Na slici ispod se nalazi primer slike na kojoj će biti detaljno objašnjen algoritam. Odmah se primećuju 3 regije na slici, nukleusi koji su tamno crni u centru ćelije, citoplazme oko nukleusa, i približno uniformna pozadina.

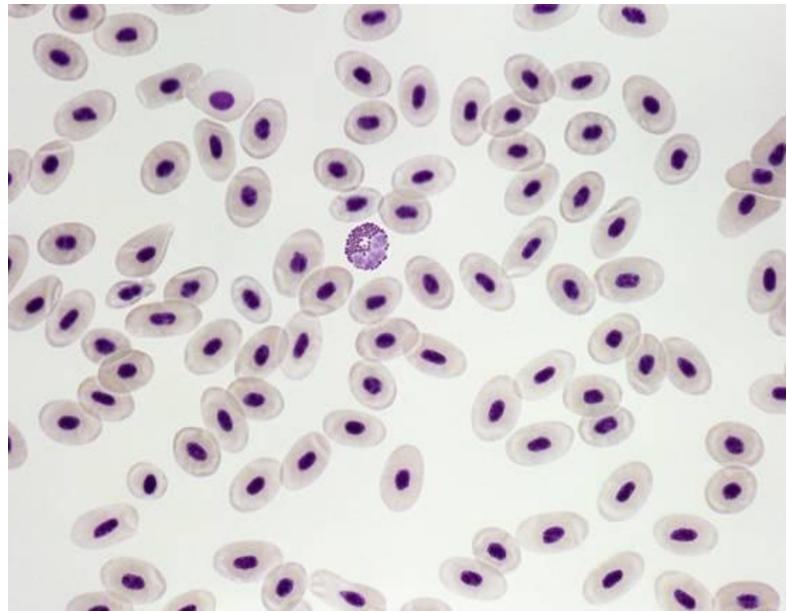


Figure 34: Primer ulazne slike

Pošto slike iz seta imaju različite boje, prvi korak je eliminisanje tih informacija, toj konvertovanje slike iz RBG u sliku inteziteta tj. grayscale sliku.

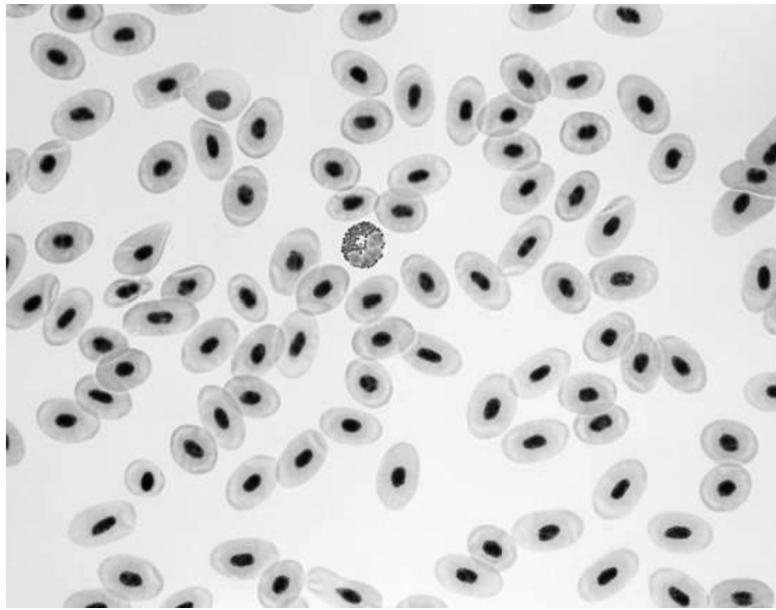


Figure 35: Grayscale slika

Pošto slike nisu istih dimenzija, to znači da će dimenzija samih ćelija dosta da variraju od slike do slike iz seta. To može biti problematično pri morfološkim operacijama, jer ukoliko se izabere veliki strukturni element koji funkcioniše za jednu sliku na drugoj slici manjih dimenzija može da odstrani deo nukleusa. Ovo je rešeno tako što su slike pre obrade skalirane na iste dimenzije (640x820), ove dimenzije su dobijene kao srednja vrednost dimenzija slika iz seta. Ovaj rezultat nije pokazan u izveštaju jer se ne bi videla razlika.

Kao što je malopre već rečeno na slici se vide tri različite regije inteziteta, nukleusi koji su crni, citoplazma oko njih i pozadina koja je skoro uniformna. Iz tog razloga je slika inteziteta binarizovana korišćenjem 2 trešholda i to Otsuovom metodom. Pošto Otsuova metoda minimizuje varijansu unutar klase uz pretpostavku da svi nukleusi imaju sličan intezitet tamne boje, citoplazme sličan intezitet sive i da je varijansa pozadine približna nuli izabrana je baš ova metoda za trešholdovanje. Na slici ispod je rezultat nakon ovakve binarizacije.

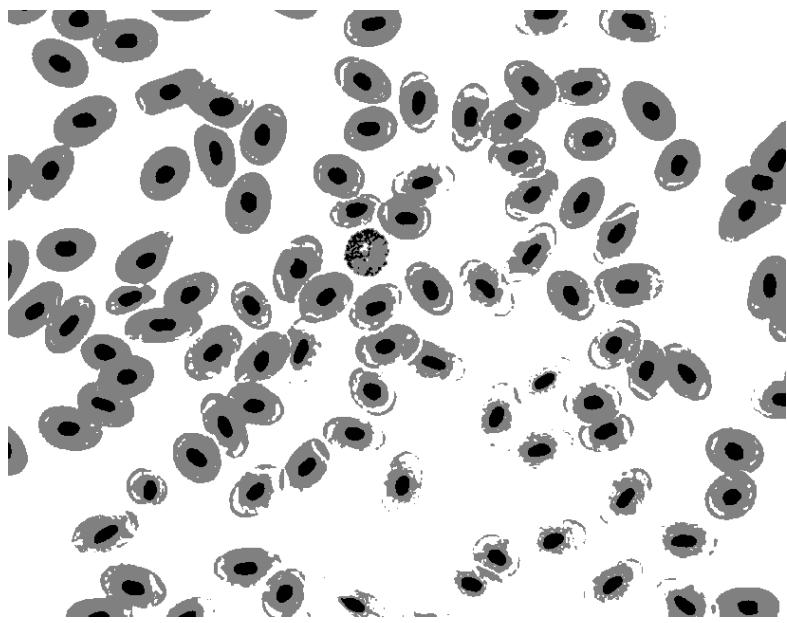


Figure 36: Binarizovana slika, 3 nivoa

Na slici se jaso vide 3 različite vrednosti regija. Primećuje se da su svi nukleusi crni, ali da citoplazme nisu svuda korektno binarizovane (postoje rupe). Takođe na sredini se vidi i ćelija koja nije eritrocit, koja nema citoplazmu. Sledеји korak je da se uzmu samo crni pikseli, tj. samo nukleusi.

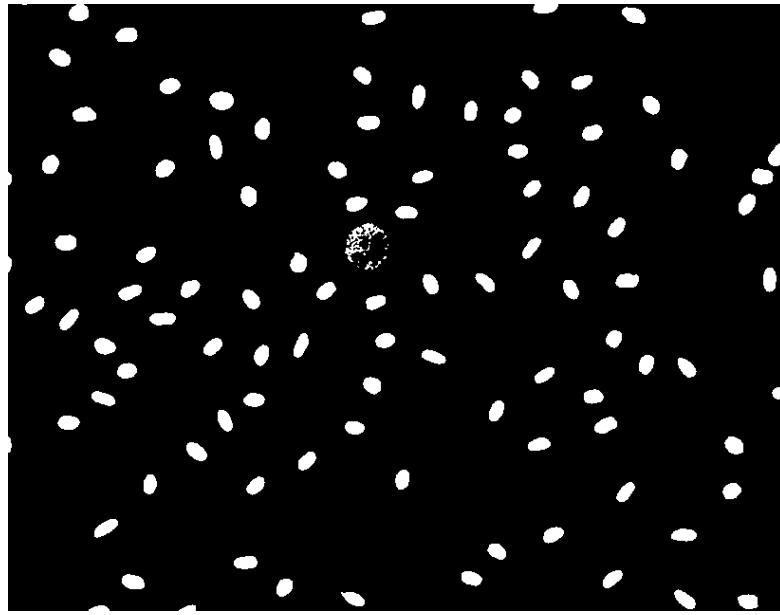


Figure 37: Samo nukleusi

Na slici se sada jasnije primećuje da pored nukleusa imamo još nekih komponenata koje ne želimo da imamo na slici kad brojimo. Pošto je primećeno da su ti objekti uvek manji od samih nukleusa izabrana je operacija morfološkog otvaranja. Morfološko otvaranje predstavlja proces u kome se prvo vrši morfološka erozija, ona se primenjuje kako bi se odbacili svi elementi manji od strukturnog elementa, nakon erozija se vrši dilatacija istim elementom da se povrate objekti koji su oštećeni erozijom(ali ne i eliminisani) iz slike. Za strukturni element je uzet disk veličine 3, iako bi veći disk bolje eliminisao nebitne elemente na 4. slici iz seta čelije su dovoljno male da ih erozija u potpunosti odstrani.

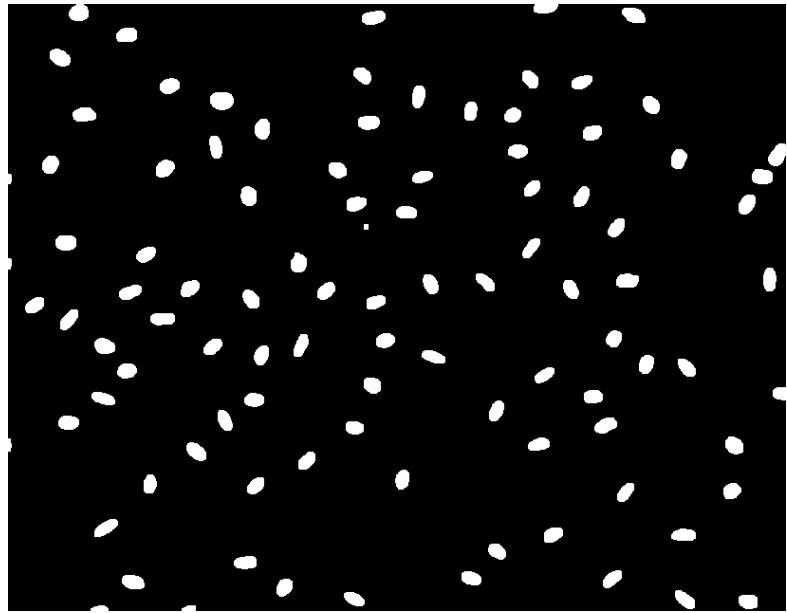


Figure 38: Nakon otvaranja, disk=3



Figure 39: Nakon otvaranja, disk=5

Na prvoj slici je rezultat otvaranja sa manjim elementom, primećuje se da su odstranjene male komponente koje nisu nukleusi. Kao i ćelija koja nije eritrocit u sredi slike, erozija je odstranila deo ove ćelije zato što ona nije bila povezana, već se sastojala iz više manjih delova. Ali je ipak ostao mali deo te ćelije, on se može odstraniti još jednim otvaranjem(ili još jednim erozijom) drugim elementom. Na slici figure 39, je pokazan rezultat otvaranja sa većim strukturnim elementom. Primećuje se da je nezeljana komponenta odstranjena.

Na slici ispod je pokazana finalna binarna slika kao i ulazna. Binarna slike je prosleđena funkciji bwlabel koja broji koliko postoji povezanih regija na slici.

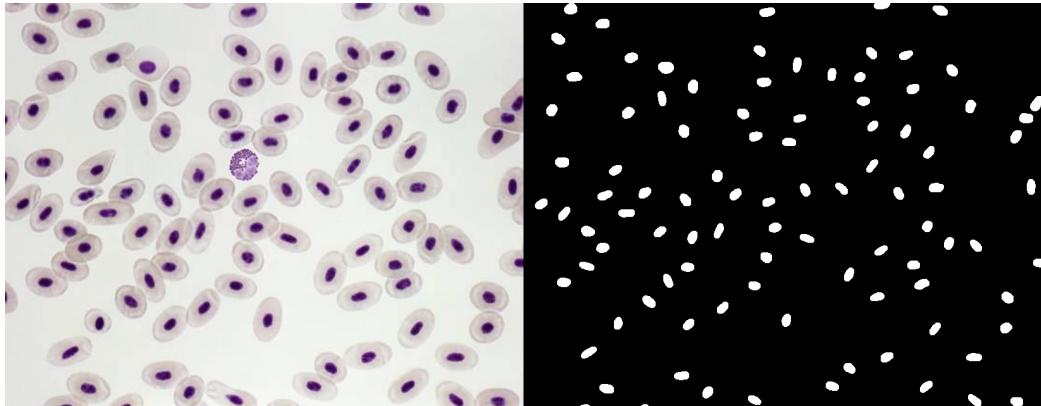


Figure 40: Rezultat

3.1 (Potencijalno) Unapređenje algoritma

Pošto u ovom pristupu se zanemaruje bitna činjeinica da oko nukleusa validne ćelije postoji citoplazma koja je takođe izdvojena u koraku binarizacije, ovo unapređenje je pokušaj korišćenja i tih informacija. Ideja je da se iz slike izdvoji samo citoplazma koja okružuje nukleuse. Nakon toga se tačke nukleusa iskoriste za flood fill . Na ovaj način samo nukleusi koji imaju oko citoplazmu oko će flood fillom da popune rupe u citoplazmi, a jedra koja nemaju citoplazmu flood fillom neće uticati jer je oko njih crna pozadina. Detaljnije pojašnjenje je dato u nastavku.

Binarizovana slika koja sadrži samo citoplazme se nalazi u nastavku.

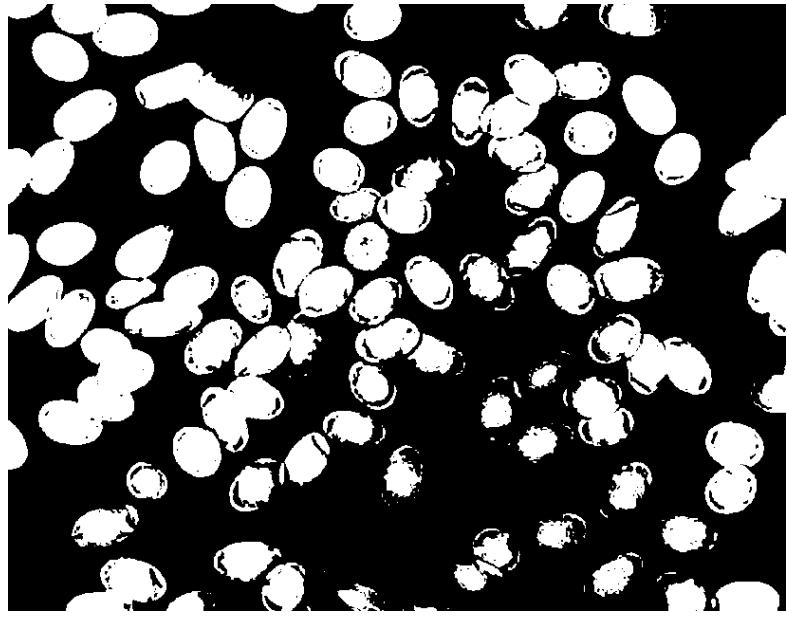


Figure 41: Citoplazme

Kada od ove slike oduzmemosliku sa nukleusima, figure 39, i gledamo
apsolutnu vrednost dobijamo citoplazme bez nukleusa u sredini.

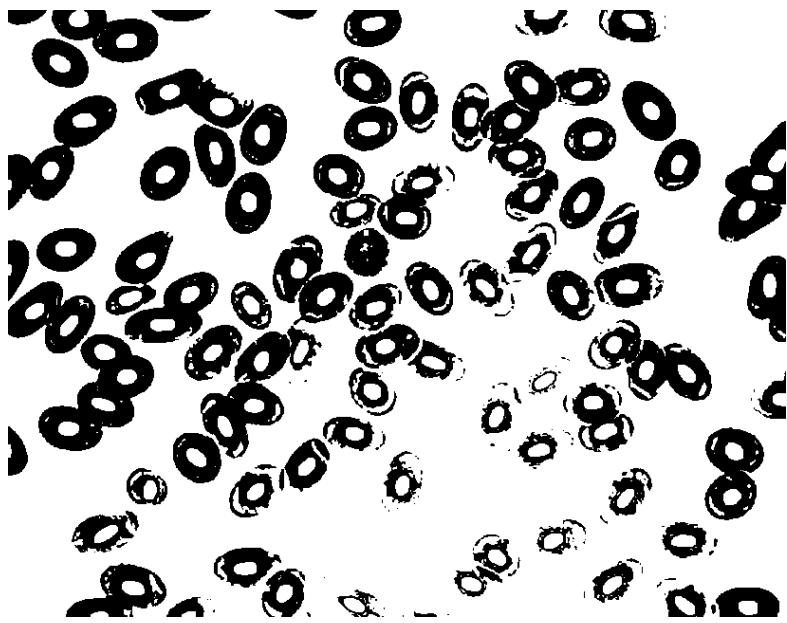


Figure 42: Citoplazme bez nukleusa

Razlog oduzimanja baš figure 39, je zato što je to rezultat nakon primene morfoloških operacija na binarizovanu sliku nukleusa. Sledеји korak je da pozovemo flood fill da popuni sve rupe na slici. Nukleusi koji nisu imali citoplazmu oko sebe ћe nakon flood filla da se „stope,, sa pozadinom. Poslednji korak jeste logičko andovanje dobijene slike citoplazmi i slike nukluesa(figure 39).

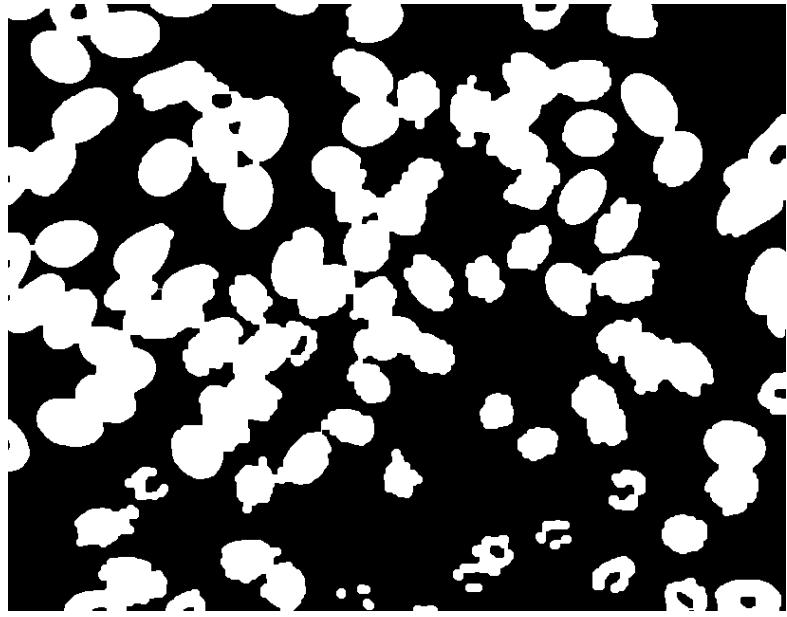


Figure 43: Maska

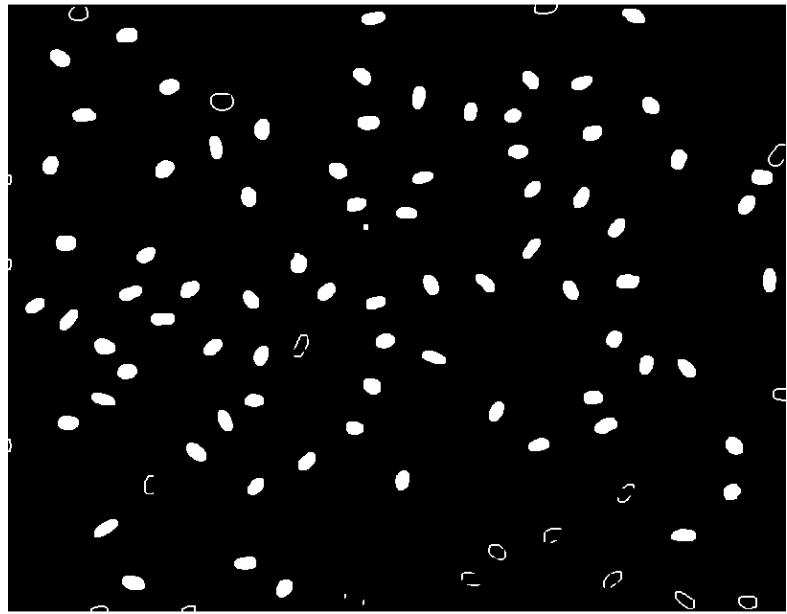


Figure 44: Rezultat andovanja

Sa poslednje slike se vidi da pobranošani algoritam ne radi kao što je planirano. Razlog tome je što je na ovoj slici pri binarizaciji loše izdvojena citoplazma. Zaključuje se da je unapređenje više potencijalno nego što je unapređenje.

3.2 Rezultati

U nastavku su prikazni rezultati binarizacije na svih 7 slika. Primećuje se da algoritam nije uvek skroz uspešan, tj. da pored nukleusa na slici ostaju mali fragmenti koji čine celine i koji kao takvi ulaze u broj izbrojanih celija.

Na prvoj slici je izbrojano **100** celija

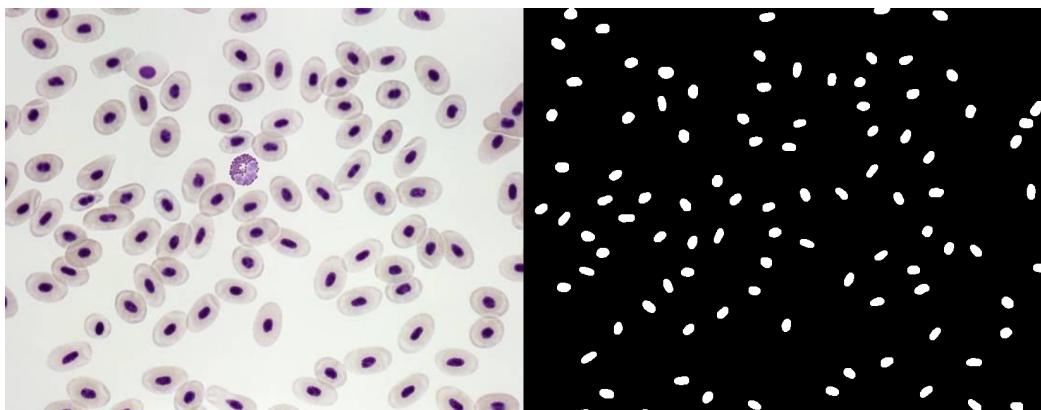


Figure 45: Prva slika, 100 celija

Na drugoj slici je izbrojano **146** celija

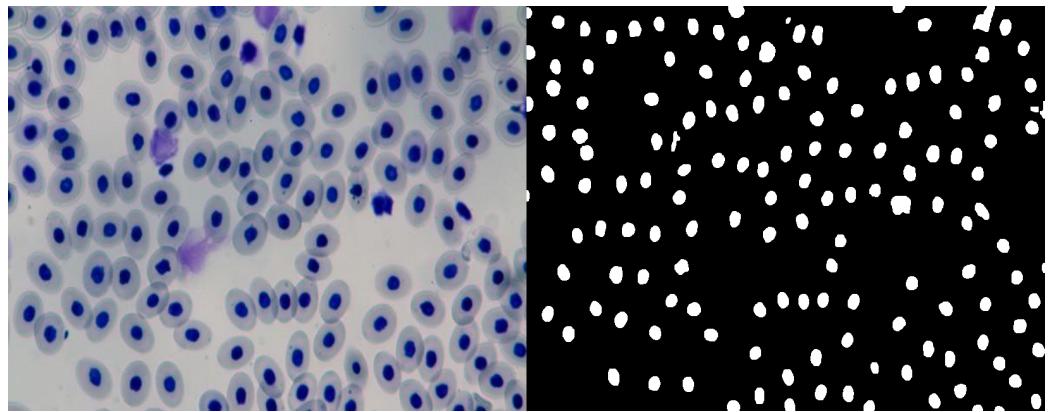


Figure 46: Druga slika, 146 celija

Na trećoj slici je izbrojano **201** celija

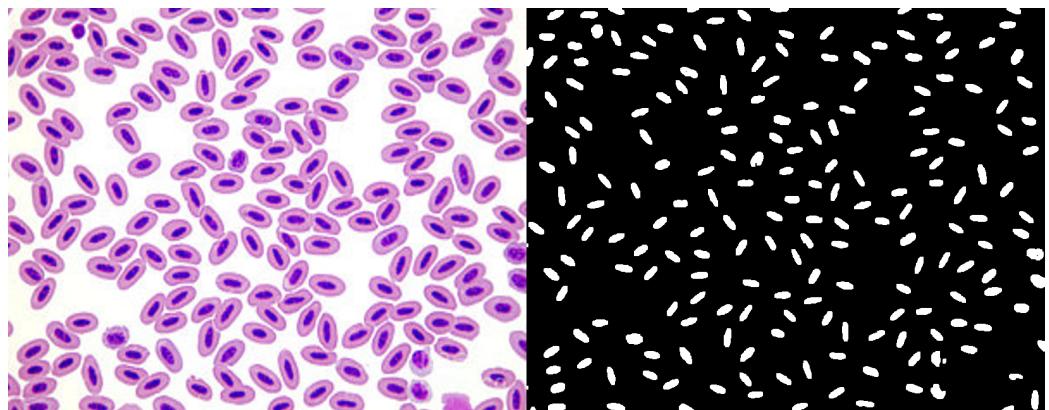


Figure 47: Treća slika, 201 celija

Na četvrtoj slici je izbrojano **308** celija

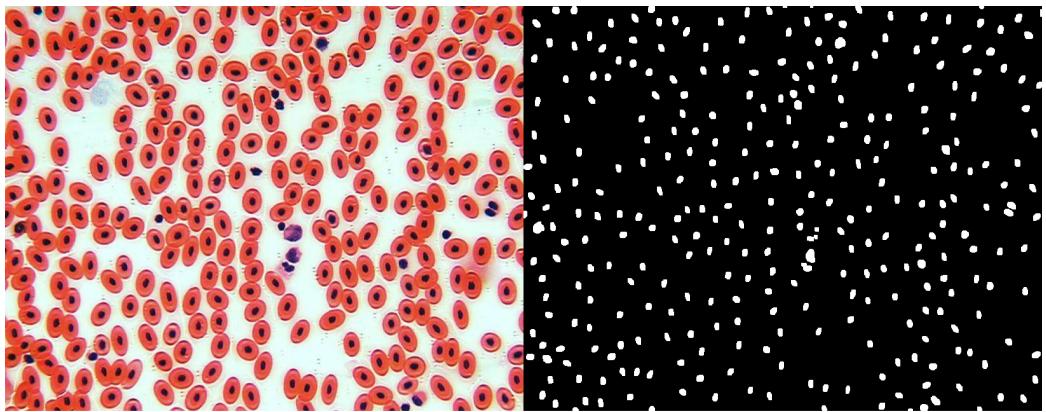


Figure 48: Četvrtoj slika, 308ćelija

Na petoj slici je izbrojano **67**ćelija

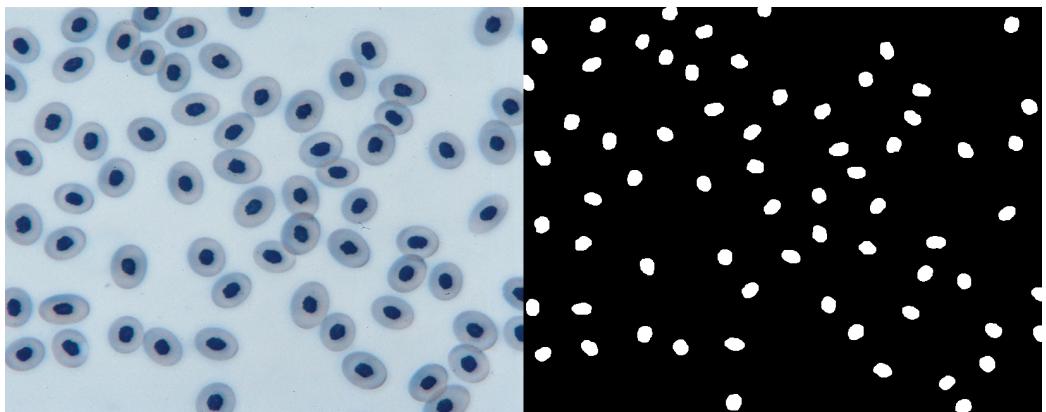


Figure 49: Petoj slika, 37ćelija

Na šestoj slici je izbrojano **131**ćelija

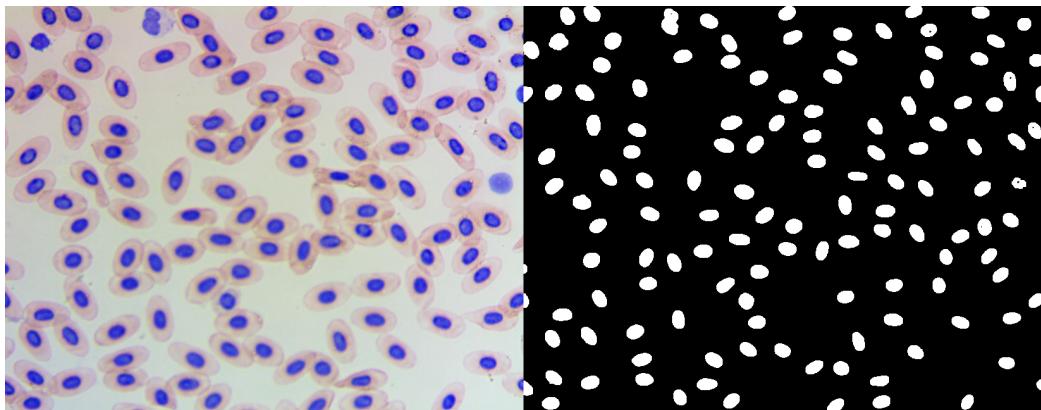


Figure 50: Šestoj slika, 131 celija

Na sedmoj slici je izbrojano **124** celija

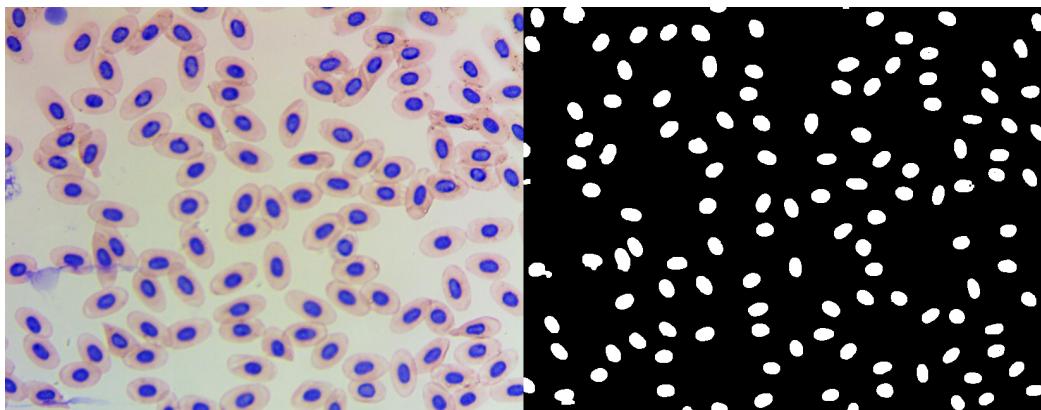


Figure 51: Sedma slika, 124 celija

4 Canny edge detekcija

Treći deo domaćeg se odnosi na implementaciju Kenijevog algoritma za detekciju ivica. Kenijev algoritam za detekciju ivica se svodi na sledećih pet koraka.

1. Filtriranje slike Gausovom funkcijom zadate standardne devijacije
2. Računanje magnitude i ugla gradijenta

3. Potiskivanje ne lokalnih maksimuma
4. Odredjivanje jakih i slabih ivica duplim trešholdovanjem
5. Analiza i povezivanje slabih ivica

Algoritam će biti objašnjen uz pomoć slike Lene.



Figure 52: Ulazna slika

Prvi korak kao i kod svake uspešne detekcije ivica jeste primena nekog low pass filtra, u slučaju Kenija to je Gausov filter. Jedan od ulaznih parametara jeste standardna devijacija σ , širina prozora filtra je sledeći neparan broj od $6 * \sigma$, razlog tome je što pri toj vrednosti ($-3 * \sigma, +3 * \sigma = 97$ procenata), filter ima pun kapacitet za dato sigma. Filtriranjem se potiskuje šum na slici koji ima slične osobine kao i ivice.



Figure 53: Blurovana slika

Sledeći korak je računanje gradijenta, tj. magnitude i ugla gradijenta. Do gradijenta u prostornom domenu se može doći sa više različitih kernela, a u ovom slučaju kao i na predavanjima korišćen je Sobelov operator. $Hx = [-1 - 2 - 1; 000; 121]$ i $Hy = Hx'$. Nakog toga se za svaki piksel slike računa magnituda

$$M(x, y) = \sqrt{g_x^2 + g_y^2}$$

i ugao

$$\alpha(x, y) = \text{atan}^{-1}\left[\frac{g_y}{g_x}\right]$$

. Kemi je kvantizovao sve ivice/gradijente na 4 pravca : horontalni, vertikalni, pozitivni dijagonalni, i negativni dijagonalni. I upravo to je sledeći korak funkcije, razlog kvantizovanja je da bi se mogli potisnuti ne lokalni maksimumi u nastavku. Kvantizacija se svodi na pripadanje ivici najbližoj po uglu.

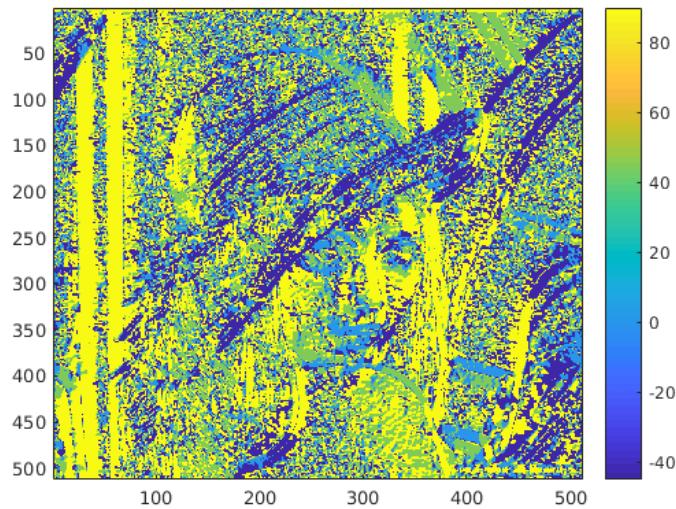


Figure 54: Kvantizovani uglovi

Sledeći korak je potiskivanje ne lokalnih maksimuma. Postupak je sledeći. Prolazi se kroz svaki piksel u slici (uglovi su kvantizovani za svaki piksel) i u zavisnosti od ugla tj. od vrste ivice kojoj ta piksel pripada proverava se da li trenutni piksel(magnituda gradijenta) veći od svoja 2 suseda, ako nije potiskuje se, tj. njegova vrednost je sad nula a ako jeste veći u novu matricu se upisuje 1. Na primer ukoliko je ugao gradijenta jednak 0 to znači da je ivica horizontalna i da se proveravaju levi i desni susedi, $(x-1,y)$ i $(x+1,y)$, analogno tome se proveravaju susedi za druge tipove ivica.



Figure 55: Nepotisnuti nelokalni maksimumi



Figure 56: Potisnuti nelokalni maksimumi

Sledeći korak je duplo trešholdovanje. Ulazi u algoritam pored vrednosti standardne devijacije su vrednost visokog praga i vrednost niskog praga. Razlog uvođenja dodatnog trešholda je ta što kad imamo samo jedan, ukoliko je vrednost niska propuštamo dosta lažnih ivica a ukoliko je previše visok rizikujemo da neke ivice odbacimo. Duplim trešholdovanjem dobijamo 2 slike G_{strong} i G_{both} . Slika G_{strong} dobijena korišćenjem visokog praga sadrži jake(sigurne) ivice. Slika G_{both} dobijena korišćenjem niskog praga sadrži i jake i slabe ivice. Slika G_{weak} koja sadrži samo slabe ivice dobija se oduzimanje slike G_{strong} od slike G_{both} . Svi pikseli slike G_{strong} se odmah prihvataju za validne piksele ivica. Dok za piksele slabe ivice moramo da izvšimo dodatni korak. Dodatni korak je provera da li u komšiluku piksela slabe ivice postoji jaka ivica, ukoliko postoji slaba ivica postaje jaka i upisuje se kao takva u finalnu sliku. Jedan prolazak kroz sliku slabih nije dovoljan zato što ukoliko slaba ivica postane jaka svaka slaba u njenoj okolini takođe sada postaje jaka. Zbog toga se moraju obilaziti svi pikseli slike slabih ivica dok ne postoji više

promena u finalnoj slici.



Figure 57: Jake ivice



Figure 58: Obe vrste ivica



Figure 59: Slabe ivice



Figure 60: Finalni rezultat

Za vrednosti su uzete $T_h = 0.2$, $T_l = 0.1$, vrednosti su izabrane radi demonstracije algoritma. Standardna devijacija je izračunata sa uniformnog dela slike.



Figure 61: Resultat, $T_h = 0.4$, $T_l = 0.1$



Figure 62: Rezultat, $T_h = 0.2$, $T_l = 0.05$

Prva slka ima veći viši prag dok druga ima manji niži prag. Kao što je i očekivano druga slika ima dosta više detektovanih ivica.

U nastavku su dati rezultati testiranja na slikama cameraman, van i house. Valjanost rezultata dosta zavisi izbora parametara.



Figure 63: Cameraman



Figure 64: Van

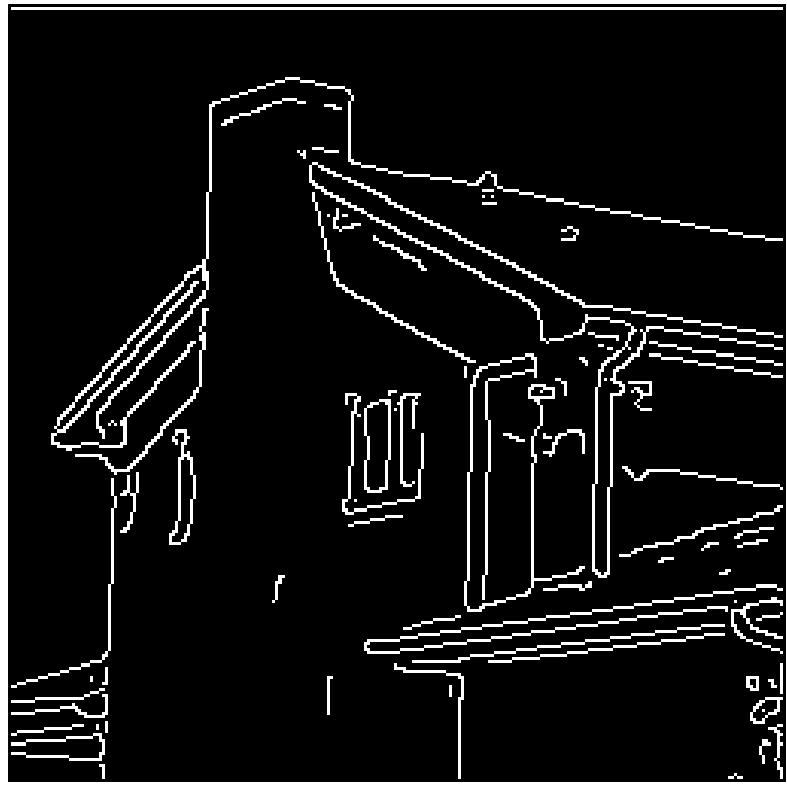


Figure 65: House