**UNIVERZITET U BANJOJ LUCI**

**ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

Srđan Jović

**IMPLEMENACIJA I OPTIMIZACIJA ALGORITMA ZA DETEKCIJU POMJERAJA OBJEKTA U VIDEU NA DSP PROCESORU**

Diplomski rad

**Banja Luka, oktobar 2019**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tema:** | IMPLEMENTACIJA I OPTIMIZACIJA ALGORITMA ZA DETEKCIJU POMJERAJA OBJEKTA U VIDEU NA DSP PROCESORU |
|  | Ključne riječi:  Detekcija pomjeraja  Uparivanje blokova  DSP procesor |
| **Komisija:** | prof. dr Aleksej Avramović, predsjednik  prof. dr Vladimir Risojević, mentor  mr Vladan Stojnić, član |

**Kandidat:**

Srđan Jović

**UNIVERZITET U BANJOJ LUCI**

**ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

**KATEDRA ZA RAČUNARSTVO I INFORMATIKU**

|  |  |
| --- | --- |
| **Predmet**: | MULTIMEDIJALNI SISTEMI |
| **Tema**: | IMPLEMENTACIJA I OPTIMIZACIJA ALGORITMA ZA DETEKCIJU POMJERAJA U VIDEU NA DSP PROCESORU |
| **Zadatak**: | Opisati arhitekturu TI DSP C66x procesora, kao i tehnike za optimizaciju te korištenje mogućnosti cl6x TI kompajlera u svrhu optimizacije koda. Opisati algoritam za detekciju pomjeraja objekta na videu korištenjem estimacije pokreta uparivanjem blokova u susjednim frejmovima. Realizovati, te prilagoditi algoritam za detekciju pomjeraja objekta korištenjem estimacije pokreta za TI DSP C66x procesor. Primijeniti taj algoritam na video koji dolazi sa kamere, te rezultate prikazati na HDMI displeju. Analizirati performanse inicijalnog i optimizovanog koda. |
| **Mentor**: | prof. dr Vladimir Risojević |
| **Kandidat**: | Srđan Jović |

**Banja Luka, oktobar 2019.**

**Sadržaj**

[1. UVOD 1](#_Toc21426924)

[2. RAČUNARSKI VID 3](#_Toc21426925)

[2.1 Istorija 4](#_Toc21426926)

[2.2 Primjena 5](#_Toc21426927)

[3. DETEKCIJA POMJERAJA OBJEKTA U VIDEU 6](#_Toc21426928)

[4. UGRAĐENI SISTEMI 7](#_Toc21426929)

[5. DSP 8](#_Toc21426930)

[6. IMPLEMENTACIJA ALGORITMA DETEKCIJE POMJERAJA 9](#_Toc21426931)

[7. OPTIMIZACIJA ALGORITMA DETEKCIJE POMJERAJA 10](#_Toc21426932)

[8. TESTIRANJE I ANALIZA REZULTATA TESTIRANJA 11](#_Toc21426933)

[9. ZAKLJUČAK 12](#_Toc21426934)

[LITERATURA 13](#_Toc21426935)

# 1. UVOD

Još početkom sedamdesetih godina dvadesetog vijeka naučnici u polju računarske tehnike pokazivali su interesovanje za pravac koji danas nazivamo “Računarski vid” (*eng. Computer vision*). Računarski vid jeste naučna disciplina koja se bavi razvojem i istraživanjem metoda koje računar koristi da bi dobio određen nivo shvatanja digitalnih slika ili digitalnog videa. Iz perspektive inženjeringa, pravac istražuje načine koji će automatizovati procese koje ljudski sistem za vid može da obavlja. Računarski vid jeste veoma širok pojam, a samo neke od pod-disciplina kojima se računarski vid bavi jesu: rekonstrukcije scena, prepoznavanje objekata, detekcija i estimacija pokreta objekta u videu, kao i mnoge druge.

Pod-disciplina na koju se ovaj rad jednim dijelom fokusira jeste detekcija pomjeraja objekta u videu. Kada se priča o detekciji pomjeraja objekta misli se na proces detekcije promijene pozicije objekta u videu u odnosu na njegovo okruženje, kao i detekcije promjene položaja okruženja objekta u odnosu na stacionaran objekat. Primjena detekcije pomjeraja objekta na videu je raznolika, a samo neka od značajnijih mjesta gdje je detekcija zastupljena jesu: sigurnosni sistemi koji detekciju pokreta korsite da bi se detektovale određene aktivnosti krivičnog karaktera kao što su neautoritzovani pristupi prostoru koji se smatra zaštićenim, automotiv industrija koja detekciju pomjeraja objekata koristi da bi se iz vozila mogla detektovati ostala vozila koja učestvuju u saobraćaju, kao i detekcija kretanja pješaka koji se nalaze u neposrednoj blizini vozila. Metoda detekcije pomjeraja koja će biti obrađena u nastavku rada jeste metoda bazirana na estimaciji pokreta uparivanjem blokova iz susjednih frejmova.

U prethodnom paragrafu može se vidjeti da neki slučajevi upotrebe detekcije pomjeraja objekta na videu zahtijevaju da se proces detekcije izvršava na lokacijama na kojima nekada i nije moguće imati veliku procesorsku moć i gdje su dimenzije računarske platforme na kojoj se proces detekcije odvija često ograničene. Za primjer možemo uzeti detekciju pomjeraja objekata u okolini automobila gdje se sama platforma koja izvršava detekciju nalazi u automobilu. Zbog toga se u ovakvim situacijama koriste sistemi koji se nazivaju ugrađeni sistemi (*eng. Embedded systems*), a njihova primarna uloga jeste da obavljaju neku određenu funkciju, najčešće u sklopu nekog većeg mehaničkog ili električnog sistema. Nešto više o ugrađenim sistemima biće rečeno u glavi 4 nazvanom “Ugrađeni sistemi”. Ugrađeni sistem na kojem će se bazirati ovaj rad zasnovan je na TSM320C66x procesorskoj arhitekturi, koja je razvijena od strane kompanije pod nazivom Texas Instruments i koja je specifična po tome što se programi mogu izvršavati na procesoru za digitalnu obradu signala (*eng. DSP - Digital Signal Processor*) koji je optimizovan za operacije koje su česte kada se radi o obradi digitalnih signala.

Predmet ovog rada, kao što se može zaključiti iz samoga naziva rada, jeste implementacija algoritma za detekciju pomjeraja objekta u videu i optimizacija istog za platformu koja je bazirana na TMS320C66x procesorskoj arhitekturi. U drugom poglavlju rada dat je pregled pravca računarske tehnike koji se naziva računarski vid i kratak pregled pod-disciplina kojima se računarski vid bavi. Kao jedna od pod-disciplina kojom se računarski vid bavi jeste detekcija pomjeraja objekta u videu i ona je opisana u trećem po redu poglavlju, gdje se u prvi plan stavlja metoda detekcije zasnovana na estimaciji pokreta uparivanjem blokova između susjednih frejmova video zapisa. Navedeni metod je zansnovan na više različitih metoda pretrage tokom uparivanja blokova, a tri metoda koja su obrađena u ovoj glavi jesu: iscrpna metoda pretrage (*eng. Exhaustive Search*), metoda pretrage od tri koraka (*eng. Three Step Search*) i dijamantska metoda pretrage (*eng. Diamond Search*). Dodatno će biti riječi i o dodatne dvije metode, a to su: šestougaona pretraga (*eng. Hexagon Search*) i logoritamska pretraga (*eng. Logarithmic Search*). Implementacija će se bazirati na prve tri navedene metode, dok se druge dvije spominju samo idejno. Četvrta glava govori uopšteno o ugrađenim sistemima, kao i o platformi TDA2Px koja se koristi kao platforma za realizaciju rada ,a služi kao podloga za glavu koja joj slijedi, galvu pet, koja govori uopšteno o DSP procesoru, a nakon toga daje uvid u arhitekturu i karaktersistike TMS320C66x procesora. Detalji implementacije algoritma za detekciju pomjeraja na datoj hardverskoj arhitekturi dati su u glavi šest, koja daje informativan pregled arhitekture softerskog *framework*-a pod nazivom Processor SDK-Vision u kojem je realizovana implementacija praktičnog dijela. Glava sedam sadrži uvid u metode optimizacija koje su korištene pri implementaciji praktičnog dijela, a uključuju optimizacije na nivou algoritma i optimizacije na nivou arhitekture na kojoj je praktični dio razvijen. Testriranje i analiza rezultata dobijenih testiranjem dati su u glavi osam. U posljednoj glavi nalazi se zaključak ovog rada, gdje se ističu glavni rezultati rada, mogućnost primjene rada, kao i preporuke za dalji rad na obrađenom problemu.

# 2. RAČUNARSKI VID

Sam pojam detekcije pomjeraja objekta na videu ne bi se istraživao da naučnici u sedamdesetim godinama prošlog vijeka nisu pokazali određen nivo interesovanja u polju računarskog vida. Ljudska bića svakodnevno opažaju trodimenzionalnu strukturu svijeta oko sebe i to rade sa velikom lakoćom. Ljudi bez ikakvih problema mogu da zaključe kakvog je neki predmet obilika, koliko se ljudi nalazi na fotografiji, pa čak i kojega pola i koje starosti su ti ljudi sa fotografije.Perceptivni psiholozi proveli su decenije pokušavajući da shvate kako vizuelni sistem kod čovjeka funkcioniše i iako su uspjeli da shvate neke od osnonih principa, kompletan način funkcionisanja vizuelnog sistema čovjeka i danas ostaje misterija [1].

Naučnici u polju računarskog vida razvili su računarske metode za rekonstruisanje trodimenzionalnog oblika objekata sa slika na osnovu dovoljno velikog broja slika istog objekta iz različitih uglova posmatranja. Danas je moguće i pratiti kretanje objekata iza kojih se nalaze kompleksne pozadine. Moguće je čak i odrediti koje se osobe nalaze na fotografiji tako što se koriste kombinacije metoda za detekciju i prepoznavanje lica, odjeće i kose. Međutim, bez obzira na sva ova tehnološka dostignuća današnjice, i dalje je nezamslivo da računar analizira i interpretira fotografiju na nivou dvogodišnjeg djeteta [1].

Postavlja se pitanje zašto je računarski vid toliko komplkesan domen i težak za razumijevanje? Odgovor proizilazi iz činjenice da je vid „inverzan“ problem, što znači da je potrebno odrediti neke nepoznate varijable, a na raspolaganju su nam informacije koje nisu dovoljne da se te varijable odrede sa lakoćom. *Forward* modeli koji se korsite u polju računarskog vida potiču iz računarske grafike i fizike, polja koja modeluju kako se objekat kreće, kako se svjetlost prelama, odbija od reflektivne površine i na kraju projektuje na ravne ili zakrivljene površine. Sa druge strane u računarskom vidu isto tako pokušava se raditi obrnuta procedura, gdje se na osnovu jedne ili više fotografija dobijaju informacije kao što su oblik, osvjetljenost, distribucija boja na objektima, kao i način i pravac kretanja objekata sa fotografije ili videa [1].

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Slika 2.1 – Algoritam za praćenje kretanja osobe sa kompleksnom pozadinom | Slika 2.2 – Kombinacija algoritama za detekciju lica i odjeće |

## 2.1 Istorija

Ideja da bi računarski vid trebao biti jednostavan potiče još iz ranih dana vještačke inteligencije, kada se vjerovalo da je kognitivni dio inteligencije dosta kompleksniji za shvatanje od perceptualnog dijela. U to vrijeme naučnici vještačke inteligencije i robotike (na institutima kao što su MIT, Stanford i CMU) vjerovali su da će problem vizuelnog *inputa* biti samo jednostavan korak na putu do rješavanja nekih mnogo kompleksnijih problema kao što su svhvatanje na visokom nivou (*eng. high-level reasoning*).

U posljednjih četrdeset godina polje računarskog vida znatno je napredovalo, a kratak istorijski pregled najznačajnijih dostignuća u polju računarskog vida dat je u Tabeli 2.1.

Tabela 2.1 – Istorijski pregled dostignuća u polju računarskog vida [1]

|  |  |
| --- | --- |
| Period | Dosignuća |
| 1970e | Winston (1975) i Hanson i Riesman (1978) objavljuju radove na temu rekonstrukcije trodimenzionalne strukture svijeta na osnovu fotografija;  Huffman (1971), Clowes (1971), Waltz (1975) objavljuju radove na temu razvoja algoritama za linearno labeliranje |
| 1980e | Canny (1986), Nalwa i Binford (1986) objavljuju radove o detekciji ivica i kontura;  Procesiranje trodimenzoinalnih podataka (*eng. Three dimensional data processing*), uključuje pribavljanje, spajanje, modelovanje i prepoznavnaje, aktivno se istražuje tokom osamdesetih godina i obrađeno je u radovina koje objavljuju Besl i Jain (1985), Faugeras i Hebert (1987)i mnogi drugi; |
| 1990e | Metode optičkog toka (*eng. Optical Flow*) nastavljaju da se obrađuju u radovima koje objavljuju Nagel i Enkelmann (1986);  Aktivno se istražuju *multi-view stereo* algoritmi u radovima koje objavljuju Seitz i Dyer (1999), kao i Kutulakos i Seitz (2000);  Algoritmi za praćenje (*eng. tracking algorithms*) su se također unaprijedili i obrađeni su u radovima koje objavljuju Kass, Witkin i Terzopoulos (1988), kao i Balke i Isard (1998); |
| 2000e | Razvijaju se mnogobrojne tehnike koje danas spadaju pod dispilinu koja se naziva komputaciona fotografija (*eng. computational photography*), a u koje spadaju spajanje slika (*eng. image stiching*), fotografije visokog dinamičkog opsega (*eng. HDR – High Dynamic Range*);  Sinteza tekstura i *quilting* obrađeni u radovima koje objavljuju Efros i Freeman (2001), Kwatra, Shodl, Essa (2003);  Tehnike proepoznavanja zasnovane na odlikama (*eng. feature based recognition*) obrađene su u radovima Ponce, Hebert i Schmid (2006);  Metode računraskog vida bazirane na mašinskom učenju; |

## 2.2 Primjena

Pojam računarskog vida je širok i obuhvata veliki broj pod-disciplina, pa je samim tim i način na koji se znanja iz ove oblasti primjenjuju raznolik. Samo neke od primjena računarskog vida u današnje vrijeme jesu:

* Optičko prepoznavanje karaktera (*eng. OCR - Optical character recognition*) – korsiti se za automatsko prepoznavanje registarskih tablica na slikama;
* Inspekcija mašina (*eng. Machine Inspection*) – brza inspekcija dijelova koji se koriste u auto i avio industriji da bi se osigurao maksimalni kvalitet konačnog proizvoda;
* Izgradnja trodimenzionalnih modela (*eng. 3D Model Building*) – automatizovani sistemi koji generišu trodimenzionalne modele reljefa na osnovu aero fotografija;
* Automotiv sigurnost (*eng. Automotive safety*) – detekcija neočekivanih prepreka kao što su pješaci na ulici u uslovima gdje klasične tehnike vida nisu baš najbolje rješenje;
* Obrada medicinskih fotografija (*eng. Medical imaging*) – obrada slika u cilju proučavanja morfologije ljudkog mozga dok stari;
* Prepoznavanje otiska prsta i biometrija (*eng. Fingerprint Recognition and Biometrics*) – za automatsku autentikaciju baziranu na skeniranju otiska prsta, kao i za forenzičke aplikacije;
* Nadzor (*eng. Surveillnace*) – detekcija pomjeraja objekta u videu koristi se za nadgledanje uljeza, analizu saobraćaja, kao i na primjer za praćenje stanja bazena u svrhu detekcije utapanja;

Ovaj rad će se primarno fokusirati na posljednju primjenu navedenu u prethodnoj listi, a to je detekcija pomjeraja objekta u videu. Naredna glava daje detaljan uvid u detekciju pomjeraja objekta u videu, kao i u tehnike i algoritme koji se koriste za postizanje ovog cilja.

# 3. DETEKCIJA POMJERAJA OBJEKTA U VIDEU

# 4. UGRAĐENI SISTEMI

# 5. DSP

# 6. IMPLEMENTACIJA ALGORITMA DETEKCIJE POMJERAJA

# 7. OPTIMIZACIJA ALGORITMA DETEKCIJE POMJERAJA

# 8. TESTIRANJE I ANALIZA REZULTATA TESTIRANJA

# 9. ZAKLJUČAK

# LITERATURA

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | R. Szeliski, “Computer Vision: Algorithms and Applications”, 2011 |
| [2] | V. Risojević, “Multimedijalni sistemi”, 2018 |
| [3] | S. Alavi, “Comparation of Some Motion Detection Methods in cases of Single and Multiple Moving Objects”, 2012 |
| [4] | B. Pesquet-Popescu, M. Cagnazzo, “Motion Estimation Techniques”, <https://pdfs.semanticscholar.org/98ca/f8325abb40aa6bbddd0e7f5d3a6c366d03e6.pdf>, posjećeno 10.08.2019 |
| [5] |  |
| [6] |  |