

Optični tok

1. naloga pri predmetu Napredne metode računalniškega vida

Ivan Antešić¹

Fakulteta za računalništvo in informatiko, Univerza v Ljubljani, Večna pot 113,
Slovenija
ia6382@student.uni-lj.si

Keywords: Računalniški vid · Optični tok · Lucas-Kanade · Horn-Schunck.

1 Uvod

Pri analiziranju slik želimo ugotoviti kako se posemeznim pikslom (slikovnim elementom) spreminja položaj na sliki. To lahko dosežemo z računanjem optičnega toka. Optični tok je polje vektorjev, ki oceni dejanski premik vseh piksov med dvema zaporednima slikama. Uporablja se lahko pri sledenju ljudi v nadzornih sistemih, kjer želimo razlikovati med posameznimi osebami in zato potrebujemo sledenje na nivoju posameznega piksla.

V okviru naloge smo implementirali dve do najbolj znanih metod za računanje optičnega toka: Lucas-Kanade (LK) in Horn-Schunck (HS). V nadaljevanju poročila bomo opisali glavno idejo metod in analizirali delovanje na različnih primerih. Na koncu bomo povzeli glavne ugotovitve in lastnosti obeh metod.

2 Delovanje metod

Da izračunamo optični tok moramo pri obeh metodah predpostaviti določene predpostavke, ki nam omogočijo da problem definiramo kot tokovno enačbo. Glavni od teh sta predpostavki, da se intenziteta piksla ne spremeni drastično med zaporednimi slikami (predpostavka konstantne intenzitete) in da je premik posameznega piksla majhen (predpostavka majhnega odmika). LK in HS rešita enačbo z različnim pristopom.

2.1 Lucas-Kanade

LK predpostavi še, da se sosednji pikslji premaknejo v isto smer. Implementirana metoda zato rešuje sistem tokovnih enačb v regiji sosedov določene velikosti, ter tako (iz večih delov) oceni optični tok celotne slike.

Ena od možnih nadgradenj LK metode je uporaba piramide, kjer sliko pravilno zmanjšamo, na manjši sliki ocenimo tok ter ga nato prenesemo nazaj na prejšnji, večji nivo. Piramida ima lahko več nivojev, na vsakem nivoju pa lahko večkrat

iterativno ocenimo optični tok in z njim popravimo trenutni nivo. Uporaba piramide, nam omogoča da ohranimo predpostavko majhnega odmika, tudi ko so premiki večji, saj tok ocenjujemo na manjši sliki.

2.2 Horner-Schunck

HS metoda rešuje tokovno enačbo, tako da določi funkcijo (E), odvisno od vseh vektorjev slike, glede na njihovo gladkost (E_s) in intenziteto ter premike (E_c). Funkcijo $E = E_c + \alpha^*E_s$, nato iterativno minimiziramo glede na vse piksle, ter tako čim bolj upoštevamo omenjene predpostavke.

3 Testiranje

Obe metodi smo testirali na več različnih parih sivinskih slik ter analizirali njihovo delovanje.

3.1 Primer 1

Prvi primer je bila slika naključnega šuma dimenzij 200x200px, ki smo jo rotirali za 1 stopinjo v levo. Premiki pikslov so majhni in velja predpostavka majhnega odmika. Prav tako slika povsod vsebuje dosti "teksture" - sprememb intezitete in gradienta, kar omogoča dobro delovanje LK metode. Pri takšni sliki oba algoritma delujeta primerljivo dobro.

Na sliki 1 lahko vidimo rezultat metod brez glajenja. Pri LK se na barvni sliki razloči posamezne sosedne regije. Slika je ostra in negladka.

Slika 2 prikazuje vpliv glajenja časovnega odvoda in povprečenje prostorskih odvodov prve in druge slike (ki tudi deluje kot nekakšno glajenje). Vidimo lahko, da je tok na robovih boljše ocenjen. Glajenje vpliva na rezultat, ker nimamo nenadnih močnih sprememb smeri ampak se upoštevajo še sosedne vrednosti. Glajenje ne sme biti preveliko, ker s tem preveč pomanjšamo gradiente, da bi ocenili premik. Glajenje je v vseh nadaljnih primerih nastavljeno z prametrom sigma, ki je enak 1.

Na sliki 3 je prikazan vpliv slabo nastavljenih parametrov. Predvsem na robovih lahko vidimo, da metodi slabo ocenita optični tok. Pri HS zato, ker ni dovolj iteracij, da bi lahko skonvergirala funkcija, ki minimizira napako celotne slike. Pri LK pa je regija sosedov, ki imajo iste premike premajhna (predvsem na robu), da bi lahko brez glajenja ocenili, kam se premikajo.

Ker osnovna metoda LK deluje pravilno, ni potrebe po piramidni nadgradnji.

3.2 Primer 2

Drugi primer je dokaj zahtevno zaporedje dveh slik velikosti 480x512px, ki prikazujejo premik kamere v levo smer.

Na sliki 4 je rezultat HS metode. Z velikim številom iteracij lahko dobro ocenimo optični tok. V tem primeru deluje boljše od LK, ker ocenjuje tok na podlagi celotne slike in ne posameznih regij pikslov.

Delovanje LK je pogojeno z lastnostmi posameznih regij slike na katerih metoda rešuje sistem tokovnih enačb. Pri reševanju uporabimo kovariančno matriko gradientov dimenzij 2×2 . Od razmerja lastnih vrednosti λ_1 in λ_2 , je odvisno kakšen tip obsega trenutna regija:

1. Če sta λ_1 in λ_2 obe majhni je regija slike gladka in gradienti so zelo majhni ali pa jih ni.
2. Če je ena od lastnih vrednosti majhna, druga pa velika, pomeni da trenutna regija vsebuje velik gradient le v eni smeri - regija je rob.
3. Če sta obe lastni vrednosti veliki, regija vsebuje gradiente v različnih smerih - ta regija je kot.

Z preverjanjem teh lastnosti deluje tudi metoda Harris za iskanje kotov[1]. Če primerjamo sliko 5, ki prikazuje kote slike z rezultati metode LK, prikazanih na sliki 6, lahko opazimo povezavo. Metoda deluje dobro le na regijah slike, ki so kot. Predvsem so problematične gladke površine, kjer metoda narobe oceni optični tok saj je determinanta prejšnje omenjene matrike enaka nič. Da se temu izognemo, lahko determinanti prištejemo majhno vrednost (v tem primeru 0.1), ki deregulariza matriko k tej vrednosti. To povzroči, da v takšnih regijah tok ni ocenjen, kar je boljše kot pa če je ocenjen čisto napačno. Zato bomo v naslednjih primerih za vse LK metode prišteli determinanti 0.1.

Rezultat LK lahko izboljšamo z uporabo piramide (slika 7), ker lažje ocenimo večje premike (steber v ospredju). Z ponavljanjem več iteracij na istem nivoju so meje med različnimi smermi premikov bolj določene - manj zglajene. Vidno na sliki 8.

Pri testiranju smo opazili, da če pri majhni sliki naredimo preveč stopenj piramide, se izgubi informacija o posameznih regijah saj se združijo skupaj. Če naredimo še več stopenj se slika pomanjša na nekaj pikslov, tako da ne moremo oceniti ničesar.

3.3 Primer 3

Primer slik je velikost 288x384px. V drugi sliki se kamera približa predmetu, kar pomeni, da je optični tok ocenjen, kot da se predmet približa nam.

Iz slik 9 in 10 lahko dobro vidimo vpliv regij na LK metodo. Podobno kot pri prejšnjem primeru deluje le tam kjer so koti, drugje je pregladko in tok ni ocenjen. HS deluje bolje ker ocenjuje na podlagi celotne slike. Kot prej velikost regije sosedov in prištevek determinanti vpliv na končni rezultat.

Tudi na HS vpliva prištevek majhne vrednosti α . V nasprotju z regijami, je le ta posledica utežitve E_s in E_c komponent minimizirane funkcije. Pri manjši α ocenimo premik večih pikslov vendar je ta manjši kot pri večji α , kar lahko vidimo na sliki 11.

3.4 Primer 4

Zadnji primer predstavlja večji premik med dvema slikama velikosti 416x607px.

Slike vsebujeta veliko regij, kjer se piksli v naslednji sliki pojavijo ali izginejo, kar povzroči slabo oceno premika. Pri tem LK in HS delujeta podobno nepravilno (slika 12). Kot v prejšnjih primerih je HS boljši pri zaznavanju premika gladkih povrsin, ker je LK odvisen od regij kotov vidnih na sliki 13.

V tem primeru LK z piramidno nadgradnjo deluje bolje kot HS metoda, saj se zna spopasti z prekršeno predpostavka majhnega odmika, kar lahko opazimo na sliki 14. Še vedno pa kot HS slabo deluje v regijah z novimi piksli.

4 Zaključek

V poročilu so prikazani rezultati testiranja metod Luca-Kanade in Horn-Schunck. Ugotovili smo, da HS v večini primerov vrača boljše rezultate saj optični tok ocenjuje glede na celotno sliko in tako ni odvisen od lastnosti posameznih regij kot LK metoda. Kljub temu je LK z piramidno nadgradnjo v primerih velikega premika pikslov boljša metoda, ker lahko prevede primer v manjše dimenzije, kjer spet velja predpostavka manjšega odmika. Obe metodi imata težave z piksli ki se na novo pojavijo v drugi zaporedni sliki (npr. piksli na robu slike).

Literatura

1. Prince, S.J.D.: Computer Vision: Models, Learning, and Inference. Cambridge University Press, New York, NY, USA, 1st edn. (2012)

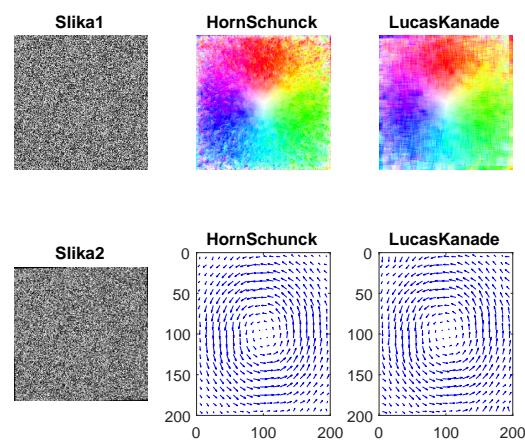


Fig. 1. HS: število iteracij je 2000, α je 0.5. LK: regija je dimenzijs 10x10. Brez glajenja.

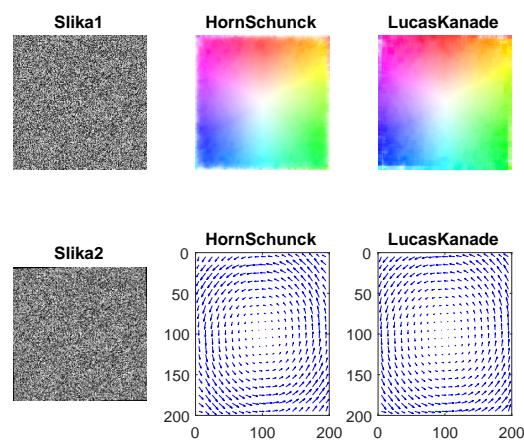


Fig. 2. HS: število iteracij je 2000, α je 0.5. LK: regija je dimenzij 10x10.

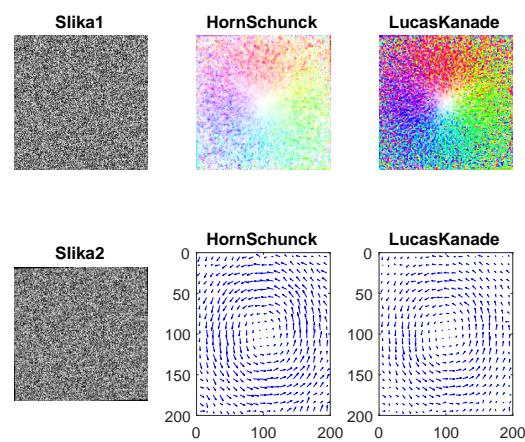


Fig. 3. HS: število iteracij je 10, α je 0.5. LK: regija je dimenzij 3x3.

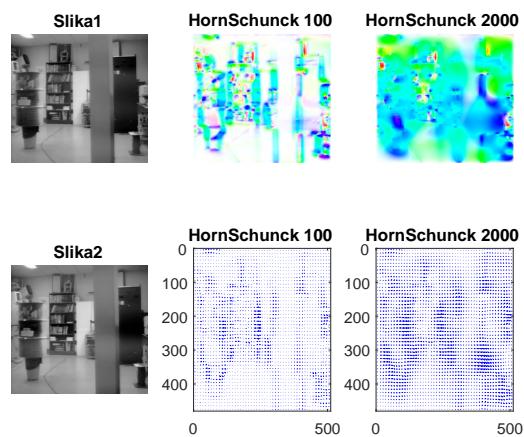


Fig. 4. Levi HS: število iteracij je 100, α je 0.5. Desni HS: število iteracij je 2000, α je 0.5.

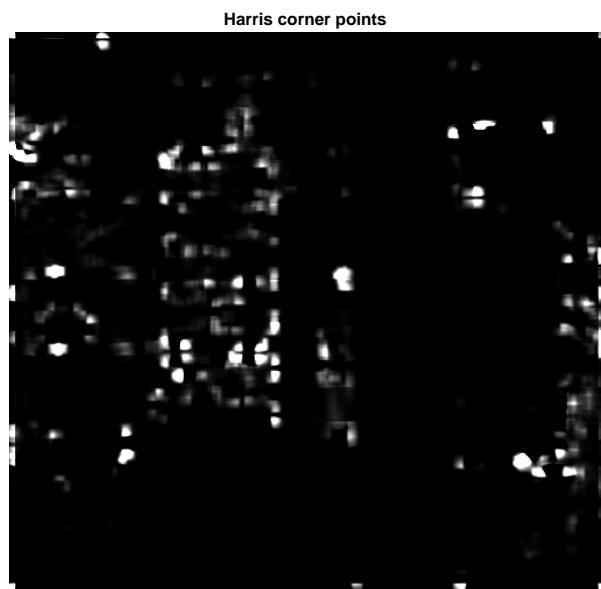


Fig. 5. Svetle točke so regije, ki vsebujejo kote.

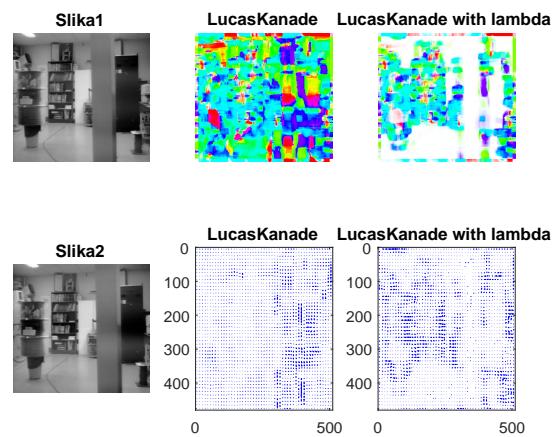


Fig. 6. Levi LK: regija je dimenzij 10x10. Desni LK: regija je dimenzij 10x10, (majhna vrednost - lambda) je 0.1.

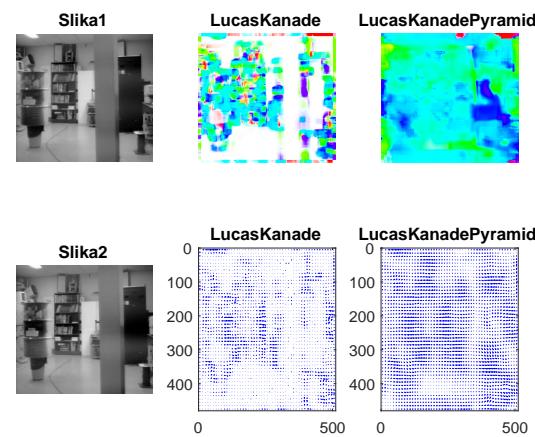


Fig. 7. Levi LK: regija je dimenzijs 10x10. Desno je enak LK z piramido globine 3 in z dvemi iteracijami.

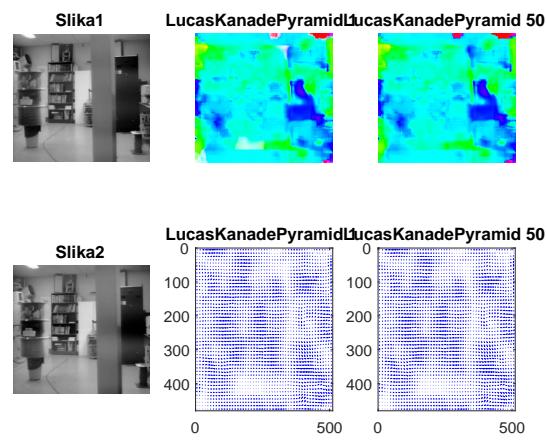


Fig. 8. Levi LK z piramido globine 3 in z eno iteracijo. Desni LK z piramido globine 3 in z 50 iteracijami. Oba imata regijo dimenzij 10x10.

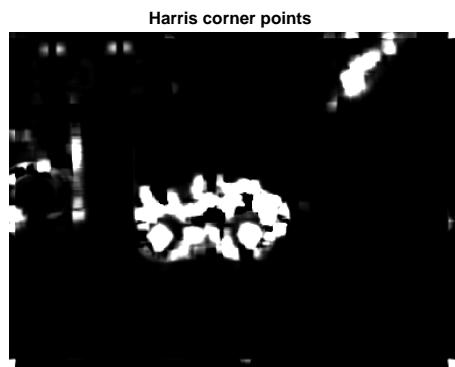


Fig. 9. Svetle točke so regije, ki vsebujejo kote.

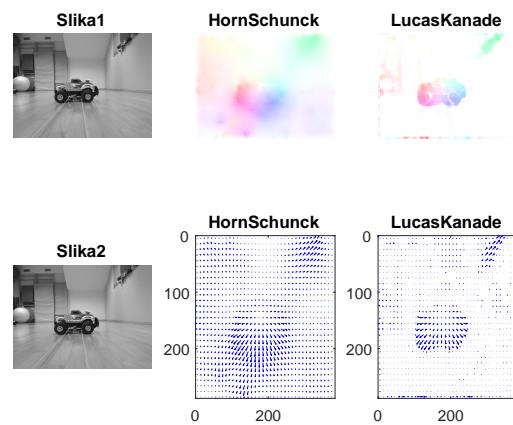


Fig. 10. HS: število iteracij je 2000, α je 0.5. LK: regija je dimenzij 20x20.

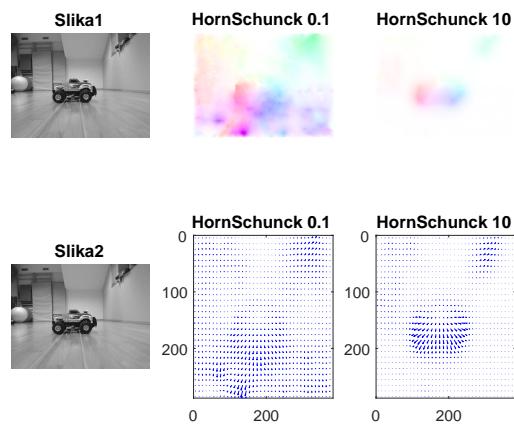


Fig. 11. Desni HS število iteracij je 10, α je 0.1. Levi HS: število iteracij je 10, α je 0.9.

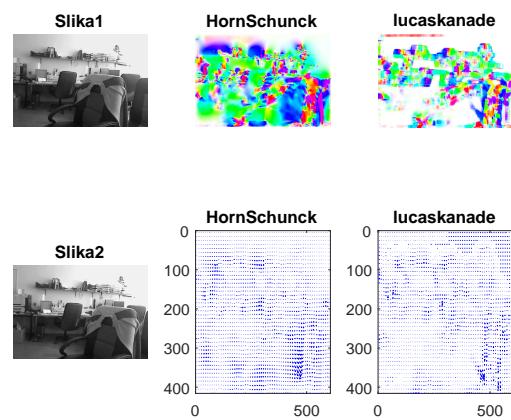


Fig. 12. HS: število iteracij je 2000, α je 0.5. LK: regija je dimenzij 10x10.

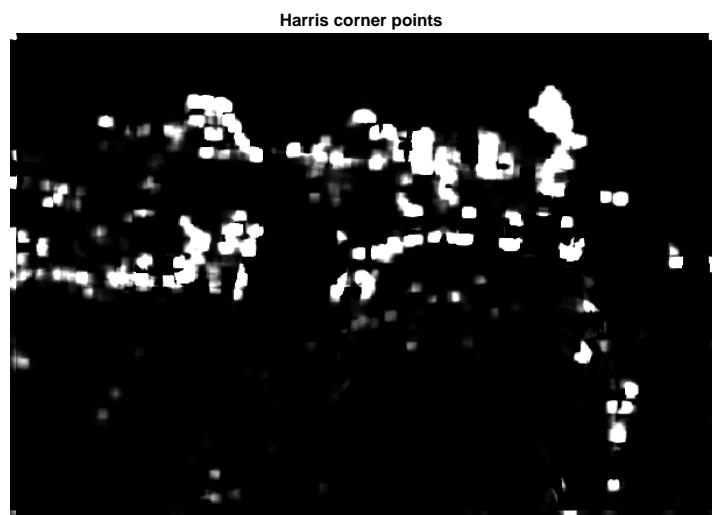


Fig. 13. Svetle točke so regije, ki vsebujejo kote.

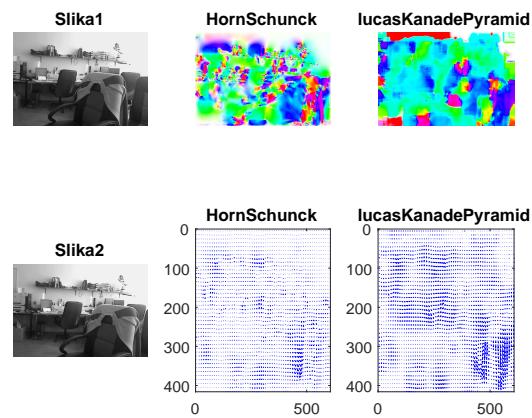


Fig. 14. HS: število iteracij je 2000, α je 0.5. LK z piramido globine 3 in z 2 iteracijami, regija je dimenzijs 20x20.