

Prepoznavanje trenutnog sadržaja na ekranu metodama otkrivanja ivica i poredjenja regiona

Ivan Kaštelan, Nikola Teslić, Zoran Krajačević, Stanislav Očovaj

Sadržaj — U radu je realizovan algoritam za prepoznavanje trenutnog sadržaja na televizijskom ekranu. Algoritam se sastoji iz dve celine: otkrivanja ivice televizijskog ekrana na slici i poredjenja otkrivenog sadržaja između ivica ekrana sa referentnim slikama metodom poredjenja regiona. Algoritam se pokazao uspešan prilikom otkrivanja i malih izmena sadržaja na ekranu. Algoritam nije rađen za rad u realnom vremenu. Primena algoritma je moguća u sistemima gde je neophodno prepoznati kada se neki referentni sadržaj pojavi na ekranu.

Ključne reči — algoritmi, interpolacija, otkrivanje ivice, otkrivanje linija, otkrivanje pravougaonika, poredjenje slika, skaliranje.

I. UVOD

SVRHA ovog rada je razvoj algoritma za prepoznavanje slike na televizijskom ekranu i poredjenje otkrivene slike sa referentnim slikama u cilju otkrivanja koja od referentnih slika se trenutno nalazi na ekranu. Ovaj algoritam se može koristiti u sistemima u kojima je potrebno prepoznati trenutak kada se neki sadržaj pojavi na ekranu, kao što su sistemi za ispitivanje videa, sistemi za nadzor i sl.

Razvijeni algoritam kao ulaz ima sliku na kojoj se nalazi televizijski prijemnik sa trenutnim sadržajem na ekranu, kao i referentnu sliku sa kojom je potrebno porediti otkriveni sadržaj na ekranu. Problem se može podeliti u dve celine: otkrivanje ekrana televizijskog prijemnika i poredjenje sadržaja na ekranu sa referentnom slikom.

Problemu otkrivanja ekrana bi se moglo pristupiti kao problemu otkrivanja objekta na slici. Od postojećih rešenja, kao najbolje se izdvaja transformacija osobina

invarijantnih na skaliranje (engl. *Scale-Invariant Feature Transform, SIFT*). Neki pristupi otkrivanju objekata ovom metodom su dati u [1] i [2]. Zbog osobine problema i činjenice da je televizijski ekran jedini objekat na slici u ovom problemu, SIFT metoda se pokazuje kao nepotrebno složena. U ovom radu, problem otkrivanja ekrana je sveden na problem otkrivanja ivice ekrana. Složenost problema je u tome što je potrebno, od svih otkrivenih ivica na slici, izdvojiti onaj pravougaonik koji predstavlja ivicu ekrana. Nakon otkrivanja ivice ekrana potrebno je interpolirati referentnu sliku na otkrivenu ivicu, kako bi referentna slika i otkriveni sadržaj na ekranu bili istih dimenzija za poredjenje.

Problem poredjenja je rešen podelom slike na regione koji se međusobno porede, a rezultati njihovog poredjenja akumuliraju u sumu. Kao pokazatelj sličnosti regiona se koriste razlika u osvetljenosti i komponentama boje. U cilju što tačnijeg merjenja sličnosti regiona, prethodno se normalizuju slike koje se porede.

II. KORACI ALGORITMA

Algoritam razvijen u ovom radu se sastoji iz više koraka, koji su objašnjeni u ovom poglavlju. Problem prepoznavanja sadržaja na ekranu se sastoji iz: pretvaranja slike u Y komponentu (osvetljenost), redukcije šuma, otkrivanja ivica na slici i otkrivanja pravougaonika koji predstavlja ivicu ekrana. Problem poredjenja se sastoji iz: interpolacije referentne slike na otkrivenu ivicu, definisanja regiona na slici, normalizacije i poredjenja.

Na sl. 1 i 2 su prikazani primeri slika koje su ulazi algoritma. Na sl. 1 je probna slika na kojoj je potrebno prepoznati sadržaj na ekranu, a na sl. 2 je referentna slika sa kojom je potrebno uporediti taj sadržaj.

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 11005, od 2008. god.

Ivan Kaštelan, Katedra za računarsku tehniku i računarske komunikacije, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija (e-mail: ivan.kastelan@krt.neobee.net).

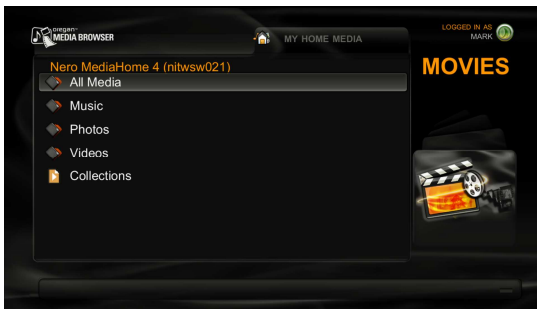
dr Nikola Teslić, Katedra za računarsku tehniku i računarske komunikacije, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija (e-mail: nikola.teslic@krt.neobee.net).

mr Zoran Krajačević, Katedra za računarsku tehniku i računarske komunikacije, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija (e-mail: zoran.krajacevic@krt.neobee.net).

Stanislav Očovaj, Katedra za računarsku tehniku i računarske komunikacije, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija (e-mail: stanislav.ocovaj@krt.neobee.net).



Sl. 1. Ulaz u algoritam – probna slika



Sl. 2. Ulaz u algoritam – referentna slika

A. Pretvaranje u Y komponentu

Otkrivanje ivice ekrana ne zahteva da probna slika sadrži sve tri komponente boje, pa je prvi korak algoritma pretvaranje originalne probne slike u sliku koja sadrži samo Y komponentu sledećom jednačinom:

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

B. Gauss-ova redukcija šuma

Pre pristupanja otkrivanju ivica na probnoj slici, redukuje se šum Gauss-ovom metodom. Cilj ovog koraka je redukcija naglih promena intenziteta osvetljenosti na slici koji nisu posledica ivica objekata. Ovim korakom se smanjuje verovatnoća otkrivanja lažnih ivica na slici. Šum se redukuje konvolucijom slike sa sledećom matricom:

$$\frac{1}{159} \begin{pmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{pmatrix}$$

C. Otkrivanje ivica na slici

Nakon početnih prilagođavanja slike, pristupa se otkrivanju ivica na slici. Za otkrivanje ivica se koristi Scharr-ov operator, koji je sličan Sobel-ovom operatoru, ali ima bolju rotacionu simetriju. Računanje gradijenta i pravca ivica na slici A se izvodi pomoću sledećih formula:

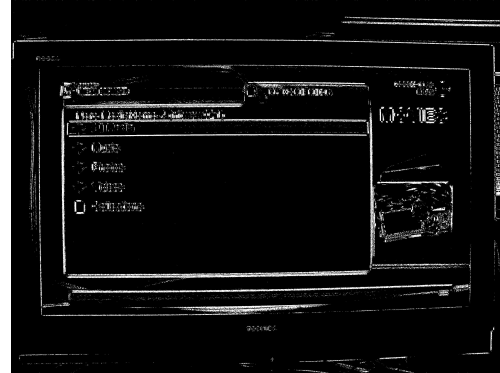
$$G_x = A * \begin{pmatrix} 3 & 0 & -3 \\ 10 & 0 & -10 \\ 3 & 0 & -3 \end{pmatrix}$$

$$G_y = A * \begin{pmatrix} 3 & 10 & 3 \\ 0 & 0 & 0 \\ -3 & -10 & -3 \end{pmatrix}$$

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

$$\theta = \arctan \frac{G_y}{G_x}$$

Pošto je krajnji cilj otkrivanje ivice ekrana, koja je u probnoj slici uvek pravougaonik sa približno horizontalnim i vertikalnim ivicama, od otkrivenih ivica se zadržavaju samo one koje imaju pravac u odgovarajućoj okolini vrednosti 0 i vrednosti $\pi/2$. Primenjuje se takođe i prag intenziteta ivica. Rezultat ove faze je prikazan na sl. 3.



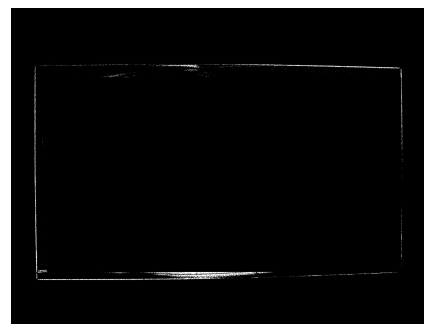
Sl. 3. Probna slika nakon otkrivanja ivica

D. Otkrivanje dugačkih linija

Nakon otkrivanja ivica pristupa se otkrivanju dugačkih linija na slici. Ovim korakom se eliminišu sve ivice koje predstavljaju kratke linije, jer ekran uvek zauzima većinu probne slike. Otkriva se prolaskom kroz sliku na kojoj su ivice i pamte samo one linije, horizontalne i vertikalne, kod kojih je ivica prisutna u više od 50% širine, odn. visine cele slike. Rezultat ove faze je niz rednih brojeva linija koje su otkrivene kao dovoljno duge.

E. Otkrivanje ivica ekrana

Nakon otkrivanja dugačkih linija na slici, prelazi se na otkrivanje moguće ivice ekrana. U literaturi se nalazi nekoliko pristupa problemu otkrivanja pravougaonika na slici, a jedan od pristupa dat je u [3]. U predloženom algoritmu, analiziraju se sve otkrivene dugačke linije i za ivicu ekrana se proglašava onaj pravougaonik koji je najbliži definisanom odnosu između širine i visine ekrana, u konkretnom slučaju odnosu 16:9. Pre odluke se takođe proverava da li se četiri predložene stranice pravougaonika zaista seku na slici. Sl. 4 prikazuje rezultat ove faze algoritma.

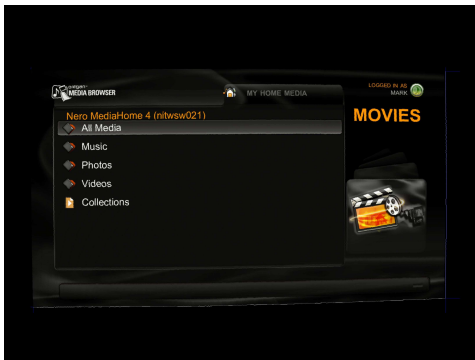


Sl. 4. Otkrivena ivica ekrana na slici

Na sl. 4 se može primetiti da otkrivena ivica ekrana može biti nepotpuna zbog lošeg kontrasta između pozadine i ekrana ili nekog drugog problema koji uzrokuje nedovoljno jake ivice na delovima slike. Zbog toga se otkrivena ivica ekrana upotpunjuje zadržskom nultog reda. Ivica se nakon toga sažima na širinu od jednog piksela, radi lakše interpolacije u narednoj fazi algoritma.

F. Skaliranje referentne slike

Da bi poređenje referentne slike i dela probne slike između otkrivenih ivica ekrana bilo moguće, potrebno je skalirati referentnu sliku unutar otkrivenih ivica ekrana. Za skaliranje referentne slike se koristi metod koji referentnu sliku skalira prvo između četiri temena pravougaonika, čime se referentna pravougaona slika preslikava u nepravilan četvorougao. Nakon toga se strane četvorougla modifikuju tako da se uklope u otkrivene ivice ekrana, koje ne moraju biti prave linije zbog izobličenosti sočiva na kameri kojom se ekran snima. Rezultat skaliranja je prikazan na sl. 5.



Sl. 5. Referentna slika skalirana između ivica ekrana

G. Normalizacija i poređenje

Probna slika se normalizuje da bi se povećala indiferentnost algoritma na razliku u osvetljenosti. Time se zanemaruje osvetljenost koja nastaje zbog osvetljenosti pozadine ili ambijenta u kojoj je pravljena probna slika, a nije deo sadržaja na ekranu. Normalizuje se računanjem srednje osvetljenosti u probnoj i u referentnoj slici i svođenju te srednje osvetljenosti na istu vrednost.

Nakon izvršene normalizacije, poređenje slika se postiže definisanjem regiona poređenja na slikama. Svaki region normalizovane probne slike se poredi sa odgovarajućim regionom skalirane referentne slike, računa se srednja osvetljenost, kao i srednje komponente boja i memoriše razlika u tim vrednostima [4]-[5]. Za indikaciju različitosti dve slike koristi se suma izračunatih razlika po regionima. Na sl. 6 su pokazani regioni poređenja kao i očigledno poboljšanje u sličnosti dve slike nastalo nakon normalizacije probne slike. U ovom primeru referentna slika se zaista i nalazi na ekranu u probnoj slici.

Ovim korakom se završava algoritam poređenja, a kao rezultat se dobija broj koji predstavlja ocenu sličnosti dve slike.

III. ANALIZA REZULTATA

Rezultat algoritma je racionalni broj koji predstavlja meru sličnosti sadržaja na ekranu i referentne slike. Manji broj predstavlja veću sličnost i obrnuto. Na sl. 7 su date referentne slike sa kojima je poređena probna slika iz prethodnog poglavlja i to: tačna referentna slika, referentna slika koja se malo razlikuje (izabrana druga stavka menija) i potpuno različita referentna slika. U tabeli 1 su dati rezultati algoritma prilikom poređenja.



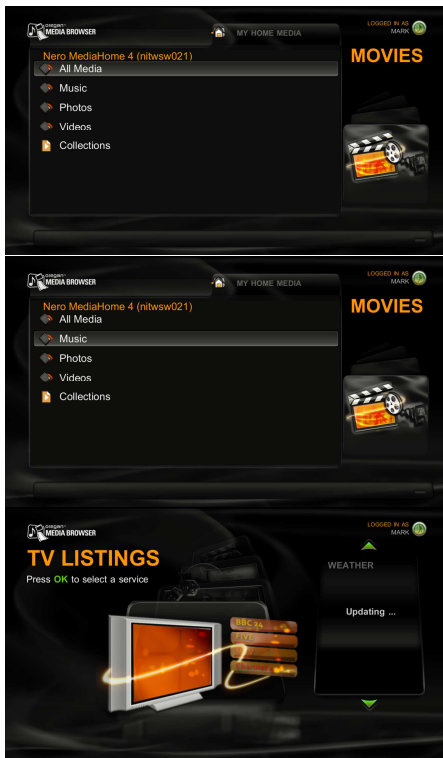
Sl. 6. Regioni poređenja bez normalizacije (gore) i sa normalizacijom (dole). U regionima se nalazi probna slika, a van njih se nalazi referentna slika

TABELA 1: REZULTATI ALGORITMA PRILIKOM POREĐENJA PROBNE SLIKE SA TRI REFERENTNE SLIKE.

<i>Referentna slika</i>	<i>Rezultat</i>
Tačna referentna slika	45.95
Malo različita ref. slika	55.55
Potpuno različita ref. slika	100.52

Algoritam je uspešno prepoznao koja od referentnih slika je na ekranu, čak i kod toliko male razlike kao što je razlika u izabranoj stavki menija.

Algoritam nije razvijen za rad u realnom vremenu, već kao aplikacija na personalnom računaru. Prilikom merenja vremena izvršavanja algoritma, referentna slika je bila rezolucije 1920x1080, a probna slika sa kamere je bila rezolucije 3264x2448. Za čitav algoritam je potrebno oko 8 sekundi rada na PC platformi, od toga veliki deo predstavlja učitavanje slika (oko 3 sec). Najzahtevniji delovi algoritma su koraci: redukcija šuma, otkrivanje ivica i skaliranje, zbog velike rezolucije probne slike. U ovim fazama treba tražiti moguća poboljšanja (npr. paralelizacija procesa) kojima bi se algoritam doveo na rad u realnom vremenu.



Sl. 7. Referentne slike: tačna (gore), malo različita (u sredini) i puno različita (dole)

IV. ZAKLJUČAK

Realizovani algoritam za prepoznavanje sadržaja na ekranu televizijskog prijemnika i poređenje prepoznatog sadržaja sa referentnim sadržajima se pokazao uspešan u otkrivanju sadržaja koji se trenutno nalazi na ekranu. Algoritam se može primenjivati u raznim sistemima ispitivanja u kojima je neophodno proveriti da li se željeni sadržaj nalazi na ekranu ili prepoznati koji od nekih referentnih sadržaja se trenutno nalazi na ekranu. Kameran se slika trenutno stanje na televizijskom prijemniku i takva slika ulazi u algoritam.

Planirana su dalja poboljšanja koraka algoritma, pošto neki koraci nisu realizovani optimalno za visoke rezolucije. Radiće se i na poboljšanju neosetljivosti algoritma na razne smetnje i uticaje ambijenta koji mogu nastati na probnoj slici, kao što je eventualna velika zakrivljenost pravougaonika ekrana ukoliko on nije približno ravan. Kao logično poboljšanje se javlja i neophodna paralelizacija prilikom izvršavanja pojedinih faza, radi dostizanja rada u realnom vremenu. Kada se dostigne rad u realnom vremenu, algoritam se može koristiti i u sistemima inteligentnih domova (*smart home*) u kojima bi se korisnik upozoravao kada se određeni sadržaj pojavi na televizijskom ekranu.

LITERATURA

- [1] David G. Lowe, "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints", *International Journal of Computer Vision*, 2004
- [2] Yan Ke, Rahul Sukthankar, Larry Huston, "Efficient Near-duplicate Detection and Sub-image Retrieval", *ACM Multimedia*, 2004
- [3] Dmitry Lagunovsky, Sergey Ablameyko, "Fast Line and Rectangle Detection by Clustering and Grouping", *Computer Analysis of Images and Patterns*, 1997
- [4] Rafael Santos, "Java Image Processing Cookbook", web-edition.
- [5] David W. Jacobs, Peter N. Belhumeur, Ronen Basri, "Comparing Images Under Variable Illumination", *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1998

ABSTRACT

This paper presents an algorithm for TV-screen content detection and comparison with referent images. The algorithm contains two steps: TV-screen edge detection and comparison of the TV-screen content with referent images using the regional comparison method. It proved successful in detecting small differences between the two contents on the TV-screen, although it does not work in real-time. The algorithm can be used in any system which requires detection of the current content on the TV-screen.

DETECTION OF THE TV-SCREEN CONTENT USING METHODS OF EDGE DETECTION AND COMPARISON OF THE REGIONS

Ivan Kaštelan, Nikola Teslić, Zoran Krajačević,
Stanislav Očovaj