

VAIZDO APDOROJIMAS ĮTERPTINĖJE SISTEMOJE APVALIAI FORMAI ATPAŽINTI

Donatas Mulskis

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
El. paštas r2d2.lt@gmail.com

Santrauka. Norint atpažinti vaizdą, jį reikia sudėtingai ir ilgai apdoroti. Siekiant vaizdą atpažinimą procesą įdiegti į įterptines sistemas su ribotais resursais, būtina procesus optimizuoti ir pagreitinti. Tam paprastai aukojama vaizdo skiriamoji geba arba atpažinimo kokybė. Darbe pristatoma paprasta apvalių formų nustatymo procedūra, gebanti atpažinti geltoną apvalios formos objektą skaitmeninio vaizdo sraute, kuri sėkmingai įdiegta 32 bitų mikrovaldiklio *STM3210E-EVAL* maketavimo plokštėje.

Reikšminiai žodžiai: *Hough* transformacija, spalvos išskyrimas, segmentavimas, vaizdų apdorojimas, atpažinimas, įterptinė sistema, 32 bitų mikrovaldiklis.

Įvadas

Įterptinės sistemos yra viena iš plačiausiai naudojamų procesorinių sistemų. Dėl mažo dydžio, kainos ir pakankamo funkcionalumo jos naudojamos absoliučiai visose su vaizdo signalais susijusiose srityse. Robotinėse sistemose dažnai naudojami ir asmeniniai kompiuteriai. Jie įterptines sistemas lenkia sparta, tačiau atsilieka energetiniu našumu, kuris yra labai svarbus autonominių mobiliųjų robotų parametras. Dėl šios priežasties siekiama vaizdų apdorojimą ir atpažinimą pritaikyti energiją taupančioje įterptinėje sistemoje.

M. Schauf ir kt. (1998) siūlo morfologines funkcijas naudoti segmentuotam vaizdai apdoroti. Tai tinka net triukšmingoms nuotraukoms apdoroti nenaudojant papildomų filtrų. Tačiau toks metodas yra imlus resursams. N. Hiransakolwong ir kt. (2004) siūlo naudoti koreliaciją tarp objektų ir lyginti panašumo koeficientus. Šiuo atveju reikia turėti ir apdorotų objektų duomenų bazę.

Gerus rezultatus gauna S. A. Redfield ir kt. (2001), kai taiko histogramas nesinaudodami vaizdo segmentavimu. Tai įdiegta į robotą, kurio skaičiavimus atlieka asmeninis kompiuteris, gebantis apdoroti vaizdą per 70 ms. Tačiau kai susiduriama su kintančiu apšvietimu, kyla atpažinimo problemų.

Tiesių linijų *Hough* transformaciją (angl. *Straight line Hough transformation*) naudodami D. S. Pao ir kt. (1992) parodo, kad galima sutapatinti du objektus pagal transformacijos duomenis.

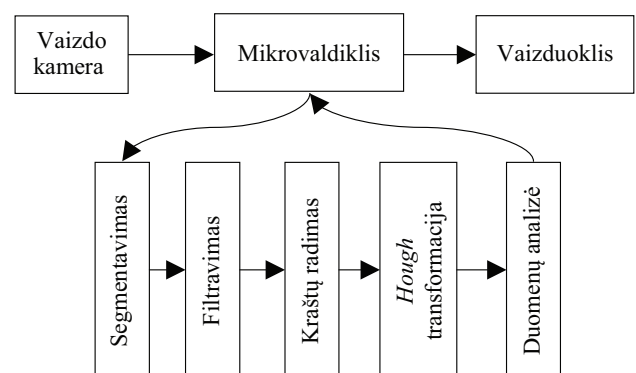
Darbas skirtas apvaliems objektams atpažinti, nesinaudojant kitais objektais ir nelyginant su kitais objektais iš sistemos duomenų bazės, o atpažįstant pagal esminius požymius. Jei segmentuotas vaizdas yra pilnaviduris, tada

po transformavimo gaunamas informacijos kiekis yra didžiulis ir tik po sudėtingų ir ilgų duomenų manipuliacijų galima atskirti figūros pobūdį. Dėl didelių atminties ir spartos reikalavimų įterptinė sistema ne visada gali realiu laiku apdoroti duomenis, todėl reikia mėginti mažinti apdorojamų taškų skaičių.

Vaizdo apdorojimas

Vaizdai apdoroti skirtos sistemos struktūrinė schema pateikta 1 pav.

Prie įterptinės sistemos jungiama OV9650 kamera atkuria vaizdą YCbCr 4:2:2 formatu (Omnivision Technologies Inc. 2005), kuriame dviem taškams naudojamos 2 šviesumo komponentės ir po vieną skirtuminę (mėlynos ir raudonos spalvos). Taigi, 320×240 dydžio vaizdo masyvui reikia 153 600 baitų atminties.



1 pav. Sistemos struktūrinė schema ir algoritmas

Fig. 1. The structure of the system and an algorithm for image processing

OV9650 kamera turi RGB vertimo į YCbCr matricą (Omnivision Technologies Inc. 2004):

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,59G + 0,31R + 0,11B \\ 0,563(B - Y) \\ 0,713(R - Y) \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Taikant (1) formulę vaizdo masyvą galima perskaičiuoti į RGB matricą, kuria bus naudojamosi sprendžiant spalvos išskyrimo uždavinį:

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1,4 & 0 \\ 1 & 0,2 & 0,75 \\ 1 & 0 & 1,78 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ Cb - 128 \\ Cr - 128 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

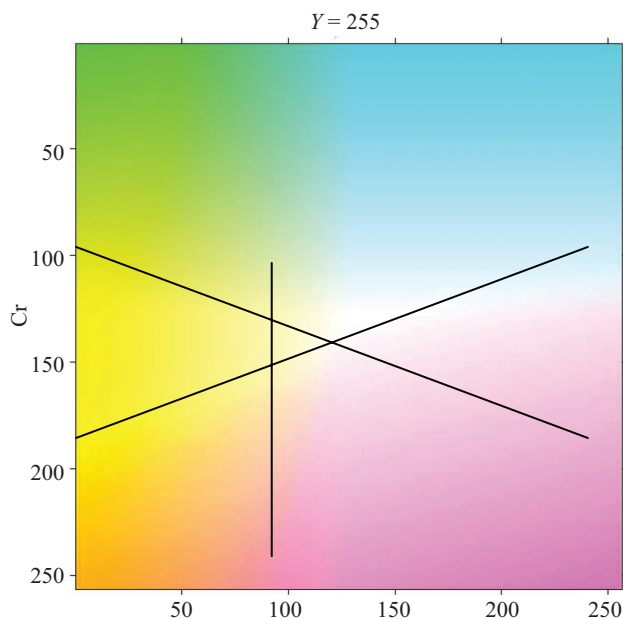
Atimties veiksmai reikalingi ženklui įvertinti.

Segmentuoti pasirinkta didžiausios Y vertės YCbCr spalvinė gama, iš kurios išskiriama sritis, turi sodriausią geltoną spalvą. Iš 2 pav. matyti, kad galima atrasti ašis kertančius taškus. Svarbūs taškai yra $\{Cb; Cr\}$:

- $\{0; 100\}$ ir $\{255; 200\}$,
- $\{0; 200\}$ ir $\{255; 100\}$,
- taškai su vertikalia tiese.

Nelygybės, aprašančios šias sąlygas, yra:

$$\begin{cases} Cr + 0,4 \cdot Cb - 200 < 0; \\ Cr - 0,4 \cdot Cb - 100 > 0; \\ Cb < 100. \end{cases} \quad (3)$$



2 pav. YCbCr spalvinė gama, kai Y vertė yra maksimali; išskirta geltonoji spalva

Fig. 2. YCbCr colour values with a maximum value of Y and the region of the yellow colour

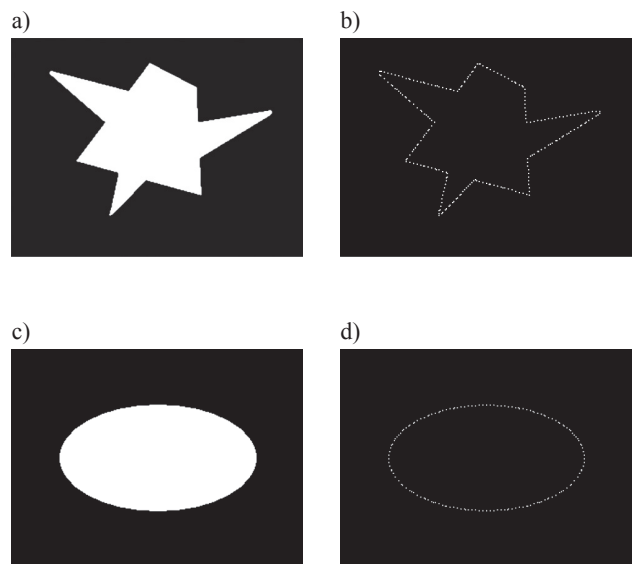
Pasinaudojus YCbCr spalvine gama, mažinant Y vertę buvo nustatyta kritinė riba, kai nebelieka geltonos spalvos ir kai geltona spalva yra per tamsi. Kritinė riba pasiekama, kai Y vertė yra mažesnė kaip 140. Ši vertė tampa dar viena vaizdo segmentavimo sąlyga.

Norint kuo tiksliau išskirti spalvą, tenka spręsti sudėtingesnes nelygybes. Tai didina apdorojimo trukmę. Dėl šios priežasties įterptinėje sistemoje tikslingiau taikyti kuo paprastesnius skaičiavimus.

Vaizdui filtruoti taikomas gretutinių taškų filtravimas, kurio metu tiesiogiai tikrinamos centrinio taško ir gretimų taškų vertės ir pašalinami vienetiniai taškai ar smulkios linijos. Lyginant su adaptyviuoju suminiu filtru gretutinių taškų filtras dėl trumpesnės kreipties į atmintį (bent vienas netinkamas taškas nutraukia tikrinimą) veikia daug sparčiau. Adaptyvusis filtras visada tikrina visus taškus ir tik apdorojimo pabaigoje vyksta duomenų atrinkimas. Atlikus tyrimus nustatyta, kad esant tam pačiam taškų skaičiui adaptyvusis filtravimas trunka iki 30 kartų ilgiau.

Segmentuotas ir filtruotas vaizdas perduodamas kraštų nustatymo funkcijai (3 pav.). Kai vaizdas binarinis, kraštų nustatymo uždavinys yra tik loginis, t. y. norint rasti vaizdo duomenų maksimalius gradientus nereikalinga sudėtinga filtravimo sistema, užtenka loginių veiksmų ir papildomos atminties apie praeitos informacijos pobūdį.

Turint objekto, esančio vaizde, kraštus, vaizdas perduodamas tiesių linijų *Hough* transformacijai, kuria yra parametrizuojamas. Parametrizuoti duomenys dedami į



3 pav. Kraštų radimo rezultatai. Daugiakampio atveju: a) pradinis vaizdas; b) rezultatas; elipsės atveju: c) pradinis vaizdas; d) rezultatas

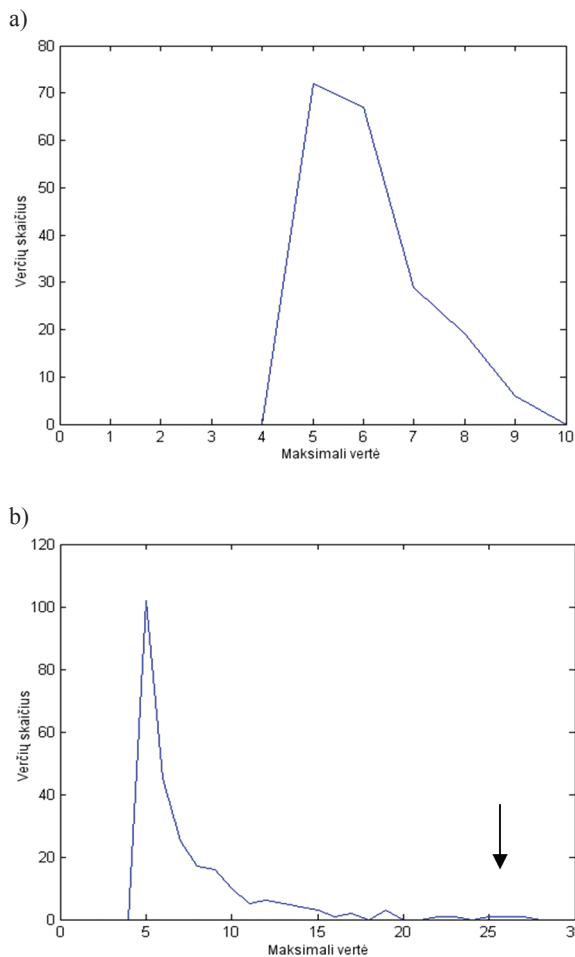
Fig. 3. Edge extraction results. For polygon: a) initial image; b) result; ellipse: c) initial image; d) result

kaupiklį. Kaupiklyje po transformacijos esantys duomenys analizuojami siekiant rasti tiesių kiekį masyve ir didžiausią tiesių ilgį.

4 pav. pateikti daugiakampio ir elipsės atvaizdų testavimo *Hough* transformacija rezultatai.

Iš testavimo rezultatų akivaizdžiai matyti, kad jei tarpe tarp kraštų nustatymo yra 4 taškai, tai elipsė turi daugiausia 9 taškus vienoje tiesėje, o daugiakampyje, turinčiame įvairaus ilgio kraštines vienoje tiesėje, yra 27 taškai. Šie duomenys sudaro atpažinimo pagrindą.

Iš 4 pav. grafikų matyti, kad rezultatų analizė turi būti pradedama, tik kai maksimali vertė viršija 4, nes mažesnių reikšmių yra beveik tiek, kiek kaupiklyje taškų.

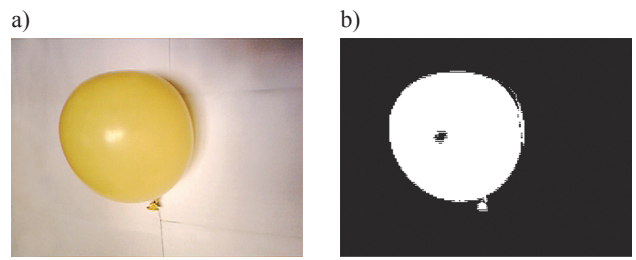


4 pav. *Hough* transformacijos statistinis rezultatas: a) daugiakampio; b) elipsės

Fig. 4. Statistical results of *Hough* transformation: a) polygon; b) ellipse

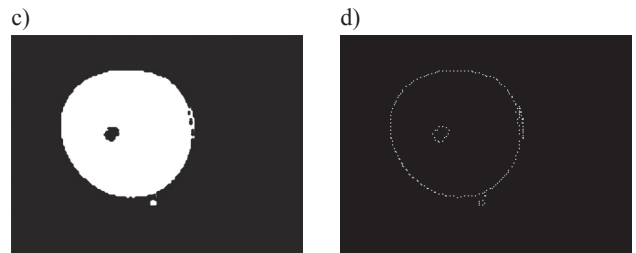
Rezultatai

Įterptinių sistemų, skirtų apvaliems objektams atpažinti, nesinaudojant ir nelyginant su objektais iš sistemos duomenų bazės ir apvalų objektą atpažįstant pagal esminius požymius, tyrimo rezultatai pateikti 5, 6 ir 7 pav.



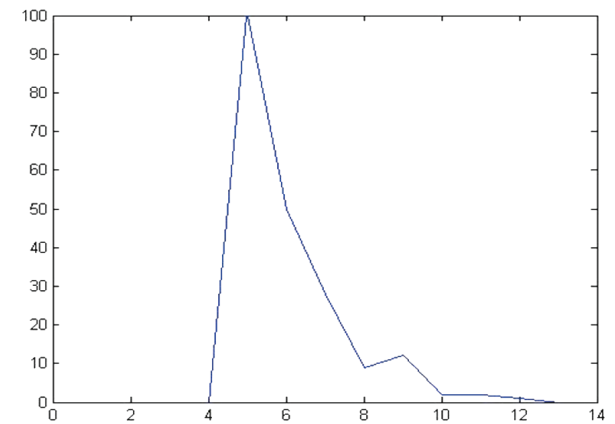
5 pav. Nufotografuotas su OV9650 kamera (a) ir segmentuotas (b) geltonos spalvos baliono vaizdas

Fig. 5. Yellow balloon captured by OV9650 camera (a) and segmented (b) by colour



6 pav. Filtruotas baliono vaizdas (a) ir nustatyti kraštai (b)

Fig. 6. Image of the filtered balloon (a) and found edges (b)



7 pav. Baliono *Hough* transformacijos statistika

Fig. 7. *Hough* transformation statistics of the balloon

Apdorojus realaus baliono vaizdą pagal aprašyto algoritmo žingsnius, gauname panašų rezultatą kaip ir su testuotu elipsės vaizdu, kai tiesių ilgiai yra trumpi ir kūnas neturi ryškių kampų.

Išvados

1. Nenaudojant sudėtingų morfologinių ar kitų skaičiavimo technologijų, pateikiamas paprastas būdas atpažinti apvalius objektus vaizde. Įvertinant įterptinės sistemos pajėgumus (72 MHz taktinis procesoriaus dažnis),

buvo pasiektas iki vieno kadro per sekundę greitis, kurį tokioms įterptinėms sistemoms galima laikyti patenkinamu.

2. Loginis objekto kraštų nustatymas segmentuotame vaizde dėl paprastumo ir greito veikimo geriausiai tinka įterptinėms sistemoms.
3. *Hough* transformacijoje kampams skaičiuoti geriau tinka naudoti sinusų, kosinusų lenteles. Tai sumažina sistemos resursų poreikį.
4. Metodo tikslumą apriboja objekto dydis ir jo centro koordinatų nuotolis nuo transformacijos ašies pradžios. Ši parametras būtina įvertinti ir įdiegti papildomų apribojimų sistemoje.

Literatūra

- Hiransakolwong, N., *et al.* 2004. Shape recognition based on the medial axis approach, in *IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2004. ICME '04*, 257–260.
- Omnivision Technologies Inc. 2004. *OV9650 Color CMOS SXGA (1.3 MegaPixel) CameraChip™ Implementation Guide* [interaktyvus], [žiūrėta 2010 m. balandžio 21 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.dragonwake.com/download/arm9-download/OV9650.pdf>
- Omnivision Technologies Inc. 2005. *OV9650 Color CMOS SXGA (1.3 MegaPixel) CameraChip™ with OmniPixel™ Technology* [interaktyvus], [žiūrėta 2010 m. vasario 2 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.arm9board.net/download/OK6410/docs/datasheets/OV9650.pdf>
- Pao, D. C. W.; Li, H. F.; Jayakamur, R. 1992. Shape recognition using the straight line Hough transform: theory and generalization, *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 11(14): 1076–1089.
<http://dx.doi.org/10.1109/34.166622>
- Redfield, S. A., *et al.* 2001. Efficient object recognition using color, in *Florida Conference on Recent Advances in Robotics, 2001*. Florida, 101–110.
- Schauf, M.; Aksoy, S.; Haralick, R. M. 1998. Model-based shape recognition using recursive mathematical morphology, in *Proceedings of the 14th International Conference on Pattern Recognition*, Brisbane, Qld. Australia, 202–204.

IMAGE PROCESSING TO RECOGNIZE ROUND SHAPES IN EMBEDDED SYSTEMS

D. Mulskis

Abstract

Image processing is the inescapable and longest process to carry out image recognition. For implementing the process in the embedded systems, process optimization procedures and an increase in speed sacrificing accuracy must be adopted. This work shows how a simple and robust procedure to recognize a yellow round shape can be implemented in STM3210E-EVAL development board.

Keywords: Hough transform, colour extraction, segmentations, image processing, recognition, 32 bit microcontroller, embedded system.