



MOBILAUS ROBOTO SEGMENTUOTO OBJEKTO PAVIRŠIAUS FRAGMENTO AKTYVINIS SPALVOS NUSTATYMO TYRIMAS

Arnas Papšys¹, Palmira Papšienė^{2,3}

¹Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas, ²Šiaulių kolegija, ³Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Mobilaus roboto gebėjimas spalvotai matyti aplinką yra vienas iš pagrindinių techninės regos sistemos privalumų, viena tobuliausių išorinės aplinkos jutimo priemonių, padedanti reaguoti į aplinkos dinaminį pokyčius. Spalvoto vaizdo regėjimą galima būtų priskirti prie gebėjimų atskirti šviesos spektro sudėtį arba, kitaip sakant, gebėjimų atpažinti objekto spalvą. Technologijų pažanga turi didelę įtaką gaminant techninės regos įrenginius, kurie plačiai naudojami išorinės aplinkos suvokimui ir yra labai svarbūs robotams, kurie vykdo mobiliąs automatizuotas užduotis. Mobilieji robotai yra svarbu tiksliai nusistatyti savo lokalizacijos vietą ir judėjimo trajektoriją, siekiant išvengti susidūrimo su dinaminėmis kliūtimis. Paprastai mobilūs robotai aplinkos suvokimui tradiciškai naudoja ultragarso jutiklius ir lazerinius iešiklius. Pastaruoju metu labai išstobulėjo vaizdo jutikliai. Vaizdo kamerą, naudojamą mobiliame robote, galima laikyti kaip vieną iš efektingiausių išorinės aplinkos suvokimo jutiklių. Naujos kartos robotų aplinkos stebėjimo optinės sistemos pagal savo našumą bus panašios į gyvūnų akis, o ne į įprastines vaizdo kameras. Suformuotame vaizdo kameros aplinkos optiniame vaizde yra labai daug informacijos, kurią reikia įvertinti pagal daugelį aspektų. Robotas, turintis spalvos segmentavimo galimybę, gali vykdyti objekto paiešką pagal jo spalvą tarp vienodos geometrinės formos turinčių objektų.

Atliktas tyrimas atskleidė galimybę, kaip mobilus robotas, vykdamas užduotis ir turintis spalvoto regėjimo galimybę, galėtų panaudoti objekto spalvos nustatymui daugiaspalvį lazerį (DL).

PAGRINDINIAI ŽODŽIAI: mobilus robotas, techninė rega, lazeris, vaizdo kamera, spalvos, segmentacija.

Išvadas

Tobulejant išorinės aplinkos jutikliams, mobilių robotų supanti aplinka tapo milžiniška dinaminės informacijos saugykla. Mokslininkai kelia klausimą, kaip veiksmingai ją naudoti ir kaip pasirinkti teisingą kelią daugybėje informacijos kiekiuose. Iš dalies problemą išsprendžia techninei regai suteikta galimybė surasti ir atpažinti spalvotus objektus. Tokios sistemos leidžia mobiliam robotui ieškoti reikalingos informacijos pagal iš anksto užprogramuotus metodus ir algoritmus. Tokių paieškos sistemų yra daug, jos skiriasi savo sudėtingumu, paieškos organizavimo principu, sparta ir kt. (Dagys et al. 2000).

Spalvoto vaizdo regėjimą galima būtų priskirti prie gebėjimų atskirti šviesos spektro sudėtį arba, kitaip sakant, gebėjimą atpažinti objekto spalvą. Pagrindus šiuolaikinei šviesos teorijai 1672 metais *paklojo* Niutonas, užrašęs savo samprotavimus apie baltos ir spalvotos šviesos prigimtį. Pasak autoriaus, paminėtini yra Geigensas, Junga, Frenelis, Maksvelas, Gercas, įnešę savo indėlį, formuojant šviesos prigimtės teoriją. Remiantis jų darbais buvo nustatyta fizinė šviesos prigimtis ir įrodyta, kad balta šviesa yra skirtingų šviesos spalvų mišinys, jos turi skirtingus bangų ilgius nuo 400 nm iki 700 nm (Петровский 1988).

Spalvas galima charakterizuoti kiekybiškai ir kokybiškai. Kiekybiškai spalva charakterizuojama pagal jos šviesumą (ryškumą). Kokybiškai vienodos spalvos, bet turinčios skirtingą šviesumą, suvokiamos skirtingai. Spalvos yra suvokiamos pagal jų spalvinį toną, šviesumą ir sodrumą, o spindulio spalva yra charakterizuojama, ryškumu, dominuojančio spindulio bangos ilgiu ir spalvų

švarumu. Yra sukurta teorija, kuri rodo, kad bet kuri spalva susideda iš trijų komponentų. Pagal šią teoriją žmogaus akies tinklainėje yra trijų rūšių kolbutės, kurios turi skirtingą spektrinį jautrumą. Pagal šių trijų kolbučių sužadavimo lygį, žmogus mato vieną ar kitą spalvą. Trijų pagrindinių spalvų parinkimas įgalina sukurti daugybę kolorimetrinių sistemų. Siekiant pašalinti neapibrėžtumą buvo sukurtos tarptautinės reikšmės trijų pagrindinių spalvų, kurių pagrindu yra suformuotos dvi pagrindinės kolorimetrinės sistemos RGB ir XYZ (Айсберг, Дурн 1975).

Kad robotas sėkmingai įvykdytų jam pavestą užduotį, jis turi suvokti jį supančią aplinką. Jei robotą supanti aplinka būtų statinio pobūdžio, robotui būtų lengva priimti sprendimus užduoties vykdyme. Deja, ji nuolat kinta. Neįmanoma užprogramuoti roboto visiems atvejams, nes nuspėti dinaminės aplinkos keitimosi neįmanoma. Todėl robotas turi pastoviai gauti informaciją apie jį supančios aplinkos pokyčius. Tam tikslui pasiekti reikia sukurti vidinį robotą supančios aplinkos modelį. Šis modelis teiktų informaciją apie pokyčius išorinėje aplinkoje, kurioje dirba robotas. Vieni robotai turi aukštą intelektą, kiti žemą, bet visi jie supranta išorinę aplinką pagal savo viduje sukurtą aplinkos modelį ir savarankiškai valdo savo veiksmus. Visus juos jungia vienas gebėjimas – tai savarankiškai suvokti aplinką ir vykdyti pavestą užduotį (Мацкевич 1988).

Moksliniuose darbuose mobilių robotų gebėjimą atpažinti spalvas įvairiais aspektais nagrinėjo šie mokslininkai: Мацкевич, Laugier, Chatila, Dudek,

Giguere, Sattar, Corke, Hager, Bakšys, Fedaravičius ir kt. Lietuvoje ši problema iki šiol mažai tyrinėta.

Tyrimo objektas – mobilaus roboto aptikto objekto fragmento spalvos nustatymas.

Tikslas ir uždaviniai. Šio straipsnio tikslas – pasiūlyti mobilaus roboto techniniame regėjime spalvų atpažinimo tendencijas tolesnių tyrimų plėtojei. Siekiant jį įgyvendinti, buvo numatyti tokie uždaviniai:

- apibrėžti techninės regos koncepciją teoriniu aspektu,
- įvardinti techninės regos privalumus ir galimybes, jų naudojimą mobiliajame robote,
- teoriškai pagrįsti aktyvinį objekto spalvos nustatymo būdą lazerio pagalba.

Tyrimo metodas. Sisteminė ir lyginamoji mokslinės literatūros analizė, sisteminimas ir sintezė, modeliavimas, išvadų generavimas.

Techninės regos koncepcija teoriniu aspektu

Technologijų pažanga turi didelę įtaką gaminant techninės regos įrenginius, kurie plačiai naudojami išorinės aplinkos suvokimui ir yra labai svarbūs robotams, kurie vykdo mobilies automatizuotas užduotis. Ypač jiems yra svarbu tiksliai nusistatyti savo lokalizacijos vietą ir judėjimo trajektoriją, siekiant išvengti susidūrimo su dinaminėmis kliūtimis. Įvairių užduočių vykdymas, pasitelkiant vien tik mašininį regėjimą yra vienas iš pagrindinių šių dienų tyrinėjimo objektų, nes mobilus robotas turi gebėti ne tik prisitaikyti prie sudėtingų dinaminį ir nestrukūrinių aplinkos sąlygų, bet ir prie realaus pasaulio aplinkos apšvietimo ir šešėlių atsiradimo pokyčių (Mata et al. 2005).

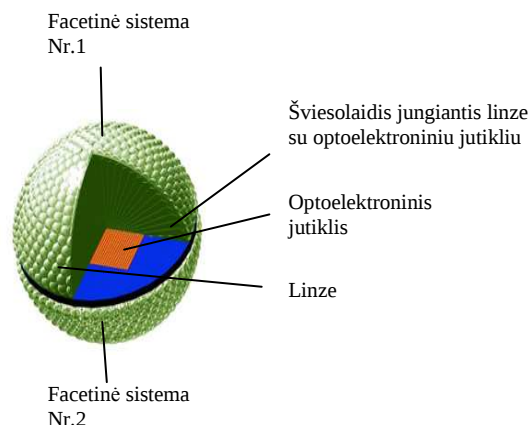
Vienas iš primityvesnių trimatės aplinkos suvokimo būdų būtų teigimas, kad trečiasis *įrankis*, padedantis žmogui suvokti trimatę aplinką, yra daiktų atpažinimas pagal jų dydžius. Šis metodas taikomas ir robotams, jei to pakanka užduočiai atlikti. Pavyzdžiui, pramoninio roboto darbo užduotis yra perkėlinėti penkis skirtingų tipų gaminius iš vienos vietos į kitą, ir jis pilnai gali juos atpažinti, bet šis metodas vargu ar padės robotui susiorientuoti *nepažįstamoje* patalpoje (Калининченко 2006).

Mobilaus roboto gebėjimas teisingai suvokti jį supančią aplinką yra *pamatas* teisingo sprendimo priėmimui. Paprastai robotai aplinkos suvokimui tradiciškai naudoja ultragarso jutiklius ir lazerinius iešiklius. Bet paskutiniu laiku labai ištobulėjo vaizdo jutikliai. Vaizdo kamerą, panaudotą mobiliajame robote, galima laikyti vienu iš efektingiausių išorinės aplinkos suvokimo jutiklių, nes kameros apžvalgos kampas yra gana didelis, siekia 180° kampą (Kortenkamp, Simmons 2008).

Naujos kartos robotų aplinkos stebėjimo optinės sistemos pagal savo našumą bus panašios į gyvūnų akis, o ne įprastinės vaizdo kameros. Evoliucija išvystė apie dešimt skirtingų regėjimo sistemų. Gyvūnai turi dvi pagrindines regėjimo sistemas: akis-vaizdo kamera su viena linze, kur vaizdas projektuojamas į tinklainę ir į kitą sudėtingą (facetinį) regėjimą.

Dirbtinis analogas facetinio aplinkos matymo įrenginio sudarytas iš daugybės mažų linzių sujungtų šviesolaidžiu nukreiptu žemyn su optoelektroniniu

jutikliu. Sujungus dvi tokias sistemas *nugara su nugara* teoriškai būtų galima gauti optinę apžvalgos sistemą su 360° apžvalgos kampu pagal horizontalę ir vertikalę.



1 pav. Sferinis stebėjimo sistemos teorinis modelis
Šaltinis: Lee, Szema (2005).

Suformuotame vaizdo kameros aplinkos optiniame vaizde yra labai daug informacijos, kurią reikia įvertinti pagal daugelį aspektų (Christensen, Hager 2008).

Spalvotas techninis regėjimas išplečia mobilaus roboto galimybes tiek supančios aplinkos atpažinime, savo dislokacijos vietos nustatyme, tiek reikiamo objekto paieškoje. Robotas, turintis spalvos segmentavimo galimybę, gali vykdyti objekto paiešką tarp vienos geometrinės formos turinčių objektų, pagal jo spalvą – pasitelkdamas statinės objekto spalvos histogramą. (Dudek et al. 2008).

Histograma – tai santykinis spalvinės komponentės lygių pasitaikymas vaizde. Spalvinės histogramos yra vienas iš integruotų statistinių vaizdo spalvos aprašymo būdų. Jos užfiksuoja spalvos komponentių pasiskirstymą vaizde arba jo srityje (Grisan et al. 2003).

Spalvotos vaizdo kameros panaudojimas mobiliame robote padeda jam tiksliau sudaryti judėjimo maršrutą, stebėti aplinką ar objektus, kurių lokalizacija yra statinė bei dinaminė (Laugier, Chatila 2007).

Įžymus žaislas robotas-šuo *Aibo*, kurio pagrindinis informacijos šaltinis apie jį supančią aplinką yra vaizdo kamera, kurios pagalba sugeba surasti ir atpažinti savo žaislus, kurie yra specialiai nuspalvinti.



2 pav. Žaislas robotas-šuo *Aibo* su specialiai nuspalvintu savo žaisliuku

Šaltinis: Kortenkamp, Simmons (2008)

Fundamentalios mašininio regėjimo problemos yra paremtos reikiamos informacijos išskyrimu apie mobilų robotą dominantį objektą, jo lokalizaciją bei judėjimo dinaminis pokyčius robotą supančioje aplinkoje, kad mobilus robotas galėtų adekvačiai reaguoti objekto atžvilgiu ir judėti nusistatytu maršrutu arba jį stebėti. Roboto optinio stebėjimo sistemų pateikiamą duomenų srautą turi sugebėti apdoroti apytiksliai 7Mb/s nespaltotam vaizdai ir 30Mb/s – spalvotam vaizdai. Padidinti objekto segmentaciją fono atžvilgiu padeda spalvų atpažinimas (Corke, Hager 2005).

Apšviesti objektą iš principo galima bet koku šviesos šaltiniu, bet lazeris yra universalusias šviesos šaltinis (Baribeau et al. 1992).

Laisvojoje enciklopedijoje „Vikipedija“ rašoma, kad lazeriniams šviesos šaltiniams būdingas išspinduliuotų bangų monochromatiškumas – visi fotonai neša beveik po vienodą energijos kiekį, t. y. visos bangos beveik vienodo dažnio.

Lazeris sukuria ryškų šviesos spindulį, ir yra lengvas šviesos šaltinis su galima šviesos spindulio korekcija apšvietimo intensyvume ir spindulio plote. Taip pat galima spindulio moduliacija, kas padeda išfiltruoti išorinius trukdžius. Spindulio spalvai sudaryti gali būti panaudotas trispalvis lazeris. (Baribeau et al. 1992).

Lengviausiai robotas aptinka objektus, kurie turi plokščią paviršių statmeną roboto regėjimo sistemai. Tokie objektai nesunkiai segmentuojami stereo regėjimo ar lazerinio atstumo jutiklio pagalba. Jei objekto plokščias paviršius yra pasviręs roboto regėjimo sistemos atžvilgiu, robotui yra sunku nustatyti objekto perimetro ribas. Jos turėtų būti atitinkamai nuspalvintos. Šiuo atveju robotas turi gebėti atpažinti spalvas (Foley et al. 1996)

Spalvų gavimo būdas, maišant keletą spalvų, vadinamas adityviniu. Adityvinis spalvų maišymas gali būti vykdomas optinio, nuoseklaus ir erdvinio spalvų maišymo metodu. Erdviniu spalvų maišymu galima gauti vaizdą iš atskirų spalvotų taškų, juostelių ir kitų figūrų, kurių matmenys yra maži. Šių laikų technologijos sudaro galimybę *susintetinti* bet kokios spalvos šviesą, sumaišant tris pagrindines spalvas: raudoną, žalią ir mėlyną (Yanagida 2008).

Spalva, susidedanti iš atskirų dedamųjų, gali būti užrašoma tokiu būdu:

$$fF = r'R + g'G + b'B \quad (1)$$

kur r' , g' , b' yra spalvų moduliai, parodantys, raudonos, žalios ir mėlynos spalvos kiekį mišinyje. Spalvų sumos modulis yra lygus sudedamų spalvų modulių sumai, todėl

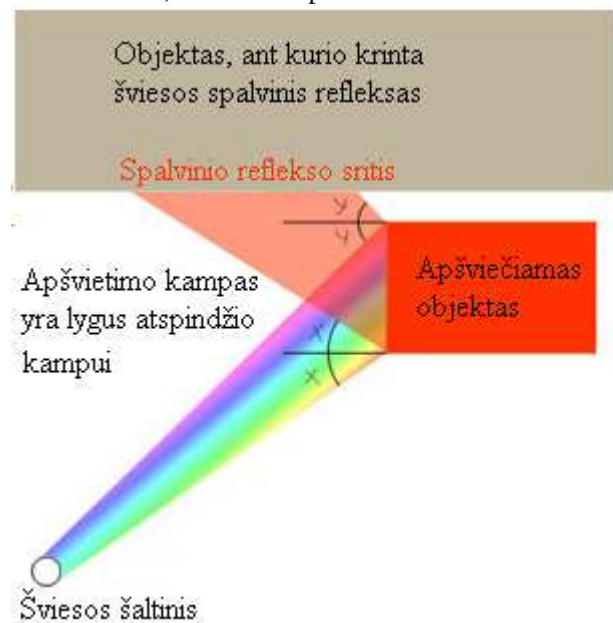
$$1 = \frac{r'}{f'} + \frac{g'}{f'} + \frac{b'}{f'} \quad (2)$$

Pagrindiniai spalvų santykiai yra vadinami spalviniais koeficientais ir žymimi raidėmis r , g , b .

$$F = rR + gG + bB \quad (3)$$

Spalviniai koeficientai parodo koku santykiu reikia *sumaišyti* pagrindines spalvas, norint gauti reikiamą spalvą (Джадд, Вышецки 1978).

Mums daiktai atrodo spalvoti todėl, kad atspindi ant jų krintančią šviesą. Ant bet kokio daikto krintančią baltą šviesą vienas paviršius spalvas sugeria, o kitas atspindi. Štai atspindėtoji spalva daiktą ir daro mūsų regimos spalvos. Kai dienos šviesa krinta ant raudonų batų, juos matome raudonus todėl, kad jie atspindi tik raudoną šviesos spektro dalį, o visas kitas spalvas – sugeria. Aiškiai išreikšta tam tikram daiktui būdinga spalva, vadinama lokaline spalva. Aplinkoje lokalinė spalva keisis nuo apšvietimo, daikto formos, nuo aplinkinių daiktų spalvos, nuotolio erdvėje. Spalvos santykis su šalia esančiu daiktu, vadinamas spalviniu refleksu.



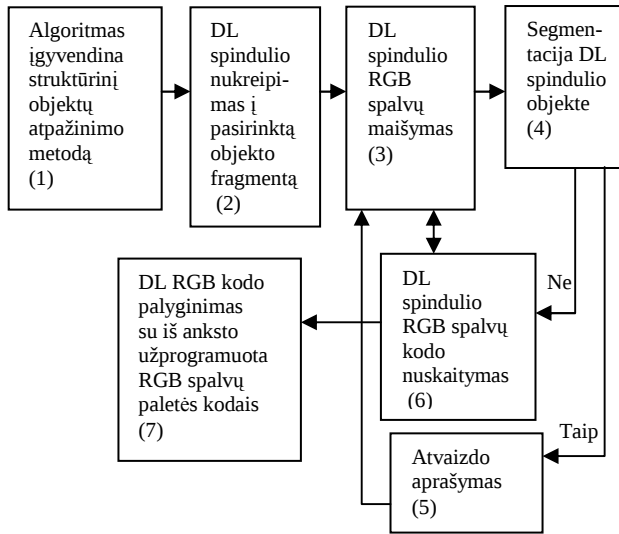
3 pav. Šviesos spalvinių refleksų gavimo struktūrinė schema

Šaltinis: Баженова, Селькин, Меньшикова (2007)

Tyrimė naudojamos daugiaspalvio lazerinio (DL) modulio AZURE-RGB671nm techninės charakteristikos bei pasitelkiamas spalvos refleksų efektas. Šis DL lazerinis modulis gali sudaryti įvairių spalvų šviesos spindulį, tokį kaip raudonas, oranžinis, geltonas, žalias, violetinis, mėlynas ir t. t. Nustatyti tiriamojo objekto paviršiaus fragmento perimetrą ir jame segmentuoti DL spindulį, pasitelkta struktūrinį objektų atpažinimo metodą. Šiuo metodu analizuojami paprasčiausi objekto vaizdą sudarantys fragmentai (kontūro linijiniai ruožai, apskritimų lankai, kampai ir kt.) ir jų sutvarkytų rinkinių santykiai, tarpusavio ryšiai (Bakšys, Federavičius 2004).

Pasak autorių, judėdamas lygia plokštuma mobilus robotas, ant kurio yra sumontuotas DL modulis, kaip išorinės aplinkos jutiklį, naudoja spalvoto vaizdo kamerą. Aptinka pagal geometrines formas jį dominantį objektą, kurio viena pusė yra statmena (neblizgi) roboto judėjimo plokštumai (dėl tokios objekto padėties sumažėja formos

charakteristikų nuokrypiams, supaprastėja jų segmentacija ir aprašymas) (Bakšys, Federavičius 2004).



4 pav. Objekto fragmento spalvos nustatymas DL pagalba teorinis algoritmas

Mobilus robotas vaizdo kameros pagalba segmentuoja objektą, pasirinkdamas jo fragmentą, kaip tiriamąjį objektą, ir nukreipia DL spindulį į segmentuoto tiriamojo objekto paviršių ir vaizdo kameros pagalba suranda ant pasirinkto paviršiaus lazerio spindulio apšviestą plotą. Nustačius tiriamąjį objektą (1), į jį nukreipiamas DL spindulys (2). Vyksta RGB spindulių maišymas (3), segmentacija DL spindulio objekte (4), kur sistema bando išskirti spindulio apšviestą plotą. Jei išskiria (Taip): (5) atvaizdo aprašyme sistema nustato pagal apšviesto ploto geometrinę formą (šiuo atveju turi būti apskritimas) ir siunčia komandą į DL spindulio RGB spalvų maišymo sistemą (3). Toliau procesas vyksta pagal aprašytą schemą. Jei išskiria (Ne): vyksta DL spindulio duomenų nuskaitymas (6), DL spindulio RGB spalvų maišymas (3) ir grąžinama į DL spindulio RGB spalvų kodo nuskaitymą (6). Siunčiami duomenys į palyginimo sistemą (7), kur yra suprogramuoti iš anksto RGB spalvų paletės kodai, spalva nustatoma, procesas baigiamas (žr. 4 pav.).

Pasak autoriaus, vaizdo taškas apibrėžiamas (x, y) koordinatų pora, kaip ir yra priimta Dekarto plokštumoje (Bielskis 2000).

Vaizdas tolygiai diskretizuojamas į N eilučių ir M stulpelių ir kiekvienas diskrecinis dydis kvantuojamas pagal intensyvumą. Tada skaitmeninis atvaizdas išreiškiamas tokia forma:

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,M-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix} \quad (4)$$

x ir y – diskreciniai elementai, kurie nurodo atitinkamą eilutės ir stulpelio numerį: x=0,1,2,3,..., N-1, y=0,1,2,3,..., M-1

Vaizdo taško spalvos *greyworld* algoritmo normalizavimas remiasi prielaida, kad skirtingų spalvų apšvietimui skirtingai veikia atskirus vaizdo RGB komponentus atitinkamai koeficientais α , β ir γ : $(r_n, g_n, b_n) = (\alpha r, \beta g, \gamma b)$. Greyworld normalizavimas, pašalinant minėtą atskirų R, G ir B kanalų priklausomybę nuo α , β ir γ koeficientų atliekamas taip:

$$(r_n, g_n, b_n) = \left(\frac{Nr}{r_1 + r_2 + \dots + r_N}, \frac{Ng}{g_1 + g_2 + \dots + g_N}, \frac{Nb}{b_1 + b_2 + \dots + b_N} \right) \quad (5)$$

čia N – vaizdo taškų skaičius, r_i , g_i , b_i – atitinkamų spalvinių dedamųjų reikšmės vaizdo taške (Grisan et al. 2003).

Mažiausias spalvų gylys – 2 spalvos vienu metu vaizdo taškui, o didžiausias 256 spalvos taškui.

Spalvos kodą nusako raudonos, žalios ir mėlynos spalvų intensyvumas. Kiekviena iš šių spalvų turi savo intensyvumo laipsnį nuo visiško jos nebuvimo iki ryškiausio (Bielskis 2000).

Gaunamas spalvotas vaizdas koduojamas 256 lygiais. Įstatę taško spalvos normalizavimo *greyworld* algoritmą į spalvinio koeficiento formulę, gauname:

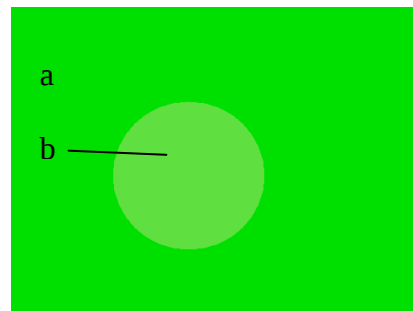
$$F = \sum_{n=0}^{255} r_n \cdot \frac{R}{R+G+B} + \sum_{n=0}^{255} g_n \cdot \frac{G}{R+G+B} + \sum_{n=0}^{255} b_n \cdot \frac{B}{R+G+B} \quad (6)$$

Gauname taško normalizuotą spalvos koeficientą.

Eksperimentą atliekame pasitelkdami Matlab programos, vaizdo apdorojimui skirtas funkcijas (žiūrėti 3-12 pav.).

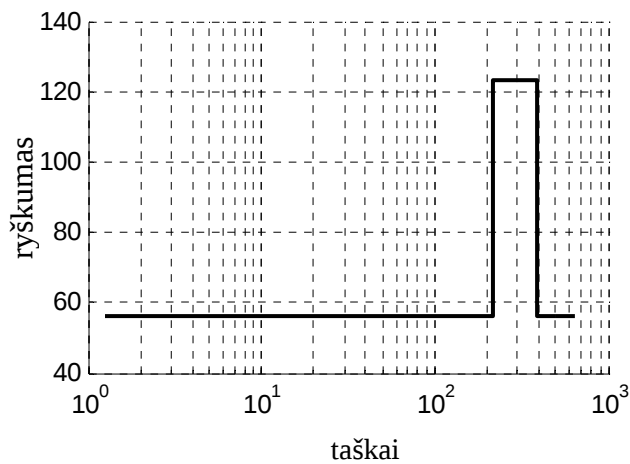
1 lentelė. DL spindulio duomenys

Raudona spalva	89
Žalia spalva	255
Mėlyna spalva	89
Spalvų mišinio ryškumas	162



5 pav. Mobilaus roboto segmentuoto objekto paviršiaus fragmento plotas a ir daugiaspalvio lazerio spindulio apšviestas plotas b

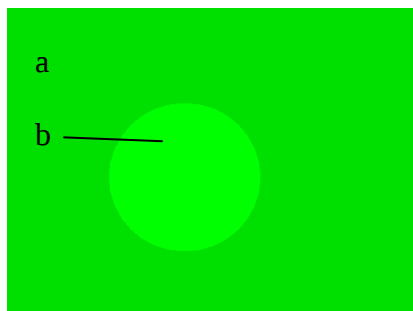
```
I1=imread('kadr1.bmp');
[r,c]=size(I1);
subplot(1,1,1);
improfile(I1,[1 c],[1 r]);
```



6 pav. 5-ojo paveikslėlio skaisčio histograma

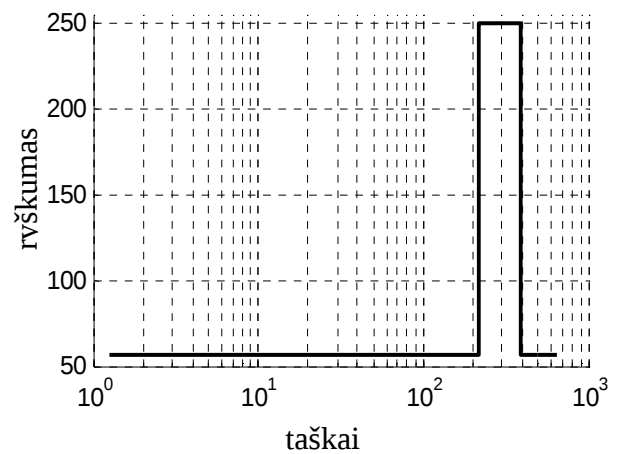
2 lentelė. DL spindulio duomenys

Raudona spalva	0
Žalia spalva	255
Mėlyna spalva	0
Spalvų mišinio ryškumas	123



7 pav. Mobilaus roboto segmentuoto objekto paviršiaus fragmento plotas a ir daugiaspalvio lazerio spindulio apšviestas plotas b

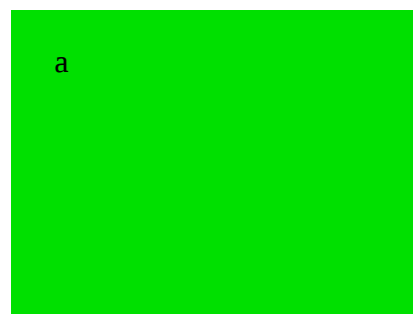
```
I2=imread('kadr2.bmp');
[r,c]=size(I2);
subplot(1,1,1);
improfile(I2,[1 c],[1 r]);
```



8 pav. 7-ojo paveikslėlio skaisčio histograma

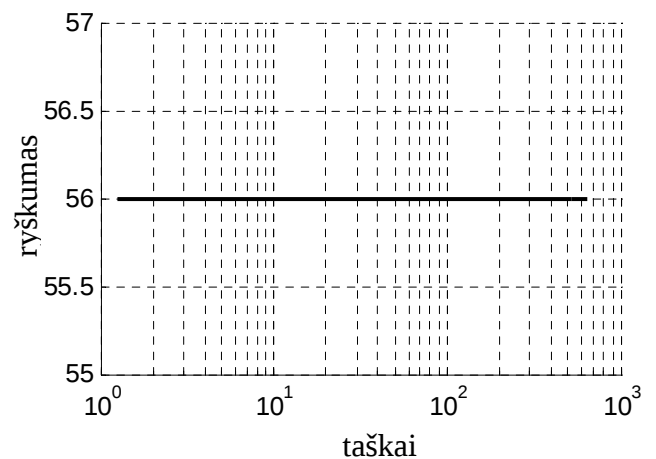
3 lentelė. DL spindulio duomenys

Raudona spalva	0
Žalia spalva	nuo 239 iki 208
Mėlyna spalva	0
Spalvų mišinio ryškumas	nuo 112 iki 98



9 pav. Mobilaus roboto segmentuoto objekto paviršiaus fragmento plotas a

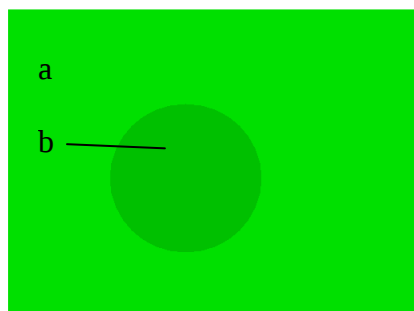
```
I_n=imread('kadr_n.bmp');
[r,c]=size(I_n);
subplot(1,1,1);
improfile(I_n,[1 c],[1 r]);
```



10 pav. 9-ojo paveikslėlio skaisčio histograma

4 lentelė. DL spindulio duomenys

Raudona spalva	0
Žalia spalva	207
Mėlyna spalva	0
Spalvų mišinio ryškumas	97

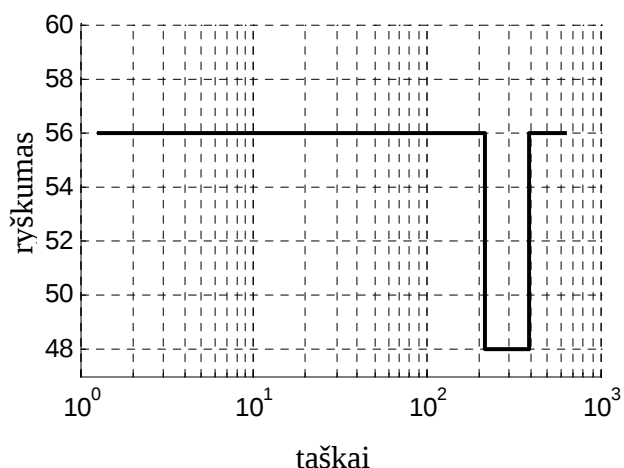


11 pav. Mobilaus roboto segmentuoto objekto paviršiaus fragmento plotas a ir daugiaspalvio lazerio spindulio apšviestas plotas b

```

I1=imread('kadr1.bmp');
[r,c]=size(I1);
subplot(1,1,1);
improfile(I1,[1 c],[1 r]);

```



12 pav. 11-ojo paveikslėlio skaisčio histograma

Keičiant DL spindulio spalvingumą (RGB – nuo 0 239 0 iki 0 208 0) mobilaus roboto techninės regos sistema nefiksavo tiriamojo objekto fragmento paviršiuje spalvinio pokyčio.

Pasitelkus spalvų lentelę, galima teigti, kad objekto fragmento spalva yra nuo Žalia2 iki Žalia3 (RGB-nuo 0 239 0 iki 0 208 0) atspalvio. Šiuo konkrečiu atveju mobilus robotas suvoktų, kad objekto tiriamo fragmento spalva yra Žalia2 (RGB 0 239 0).

Užrašas	Spalva	R G B
Žalia1	Žalia1	0 255 0
Žalia2	Žalia2	0 238 0
Žalia3	Žalia3	0 205 0
Žalia4	Žalia4	0 139 0

13 pav. Spalvų lentelės dalis su RGB spalvinės kodais
Šaltinis: <http://www.stm.dp.ua/web-design/colorhtml.php>

Išvados

Mobilus robotas spalvotos vaizdo kameros pagalba stebėdamas tiriamojo objekto paviršiuje spalvinius pokyčius, nustato spalvą pagal DL modulio spindulio RGB kodą. Šiuo atveju objekto spalva yra nustatyta, kaip žalios spalvos atspalvis Žalia2.

Mobilus robotas, naudodamas DL modulį, gali nustatyti tik chromatines ir komplementines spalvas.

Achromatinių spalvų apytiksliam nustatymui reiktų panaudoti interpretaciją, atsižvelgiant į DL modulio spindulio RGB kodą.

Mobilus robotas DL modulį gali panaudoti ir objektų paieškoje, nustatant atstumus iki objektų.

Literatūra

- Bakšys, B., Fedaravičius, A. (2004). *Robotų technika*. Technologija, Kaunas.
- Baribeau, R., Rioux, M., Godin, G. (1992). Color Reflectance Modeling Using a Polychromatic Laser Range Sensor. *SCImago Journal Rank*, 14(2) 263 – 269.
- Bielskis, A. A. (2000). *Trimatė grafika, programavimo pagrindai*. Smaltija, Kaunas.
- Christensen, H. I., Hager, G. D. (2008). Sensing and Estimatio, in B. Siciliano, O. Khatib (eds.), *Handbook of Robotics*, 87 – 108.
- Corke, P. I., Hager, G. D. (2005). Vision-based Robot Control, in B. Siciliano, K.P. Valavanis (eds.), *Control Problems in Robotics and Automation*, 177 – 192.
- Dagys, V., Denisovas, V., Maciulevičius, S., Otas, A., Šakys, V., Telešius, E., Vidžiūnas, A., Žandaris, A. (2000). *Informacija ir komunikacija*. Žara, Vilnius.
- Dudek, G., Giguere, P., Sattar, J. (2008). Sensor-Based Behavior Control for an Autonomous Underwater Vehicle, in B. Siciliano, O. Khatib, F. Groen (eds.), *Experimental Robotics*, 267 – 276.
- Foley, J.D., van Dam, A., Feiner, S.K., Hughes, J.F. (1996). *Computer Graphics: Principles and Practice*, Second Edition in C. Addison – Wesley, 1995.
- Grisan, E., Foracchia, M., Ruggeri, A. (2003). Normalization of Luminance and Contrast in Fundus Images. 3rd *International Workshop on Computer Assisted Fundus Image Analysis*, March, 28-30, Turin, Italy.
- Yanagida, Y. (2008). Olfactory Interfaces, in P. Kortum *HCI Beyond the GUI*, 267 – 290. Morgan Kaufmann, London.
- Kortenkamp D., Simmons R. (2008). Robotic Systems Architectures and Programming, in B. Siciliano, O. Khatib (eds.), *Handbook of Robotics*, 187 – 204. Springer, USA.
- Laugier, C., Petti, S., Vasquez, D., Yguel, M., Fraichard, T., Aycard, O. (2007). Towards Safe Navigation in Open and Dynamic Environments, in B. Siciliano, O. Khatib, F.

- Groen (eds.), *Tracts in Advanced Robotics*, 45 – 82. Springer, USA.
- Lee, L.P., Szema, R. (2005). Inspirations from Biological Optics for Advanced Photonic Systems, *Science* 18(310), 1148 – 1150.
- Mata, M., Armingol, J.M., Escalera, de la A. (2005). Learning Visual Landmarks for Mobile Robot Topological Navigation, *Studies in Computational Intelligence*, 7, 1-55.
- Айсберг Е., Дури Ж.-П. (1975). *Цветное телевидение? Это почти просто*. Энергия, Москва.
- Баженова, А.Г., Селькин, А.В., Меньшикова, А.Ю. (2007). *Физика твердого тела*, том 49, вып. 11.
- Джадд, Д., Вышецки, Г. (1978). *Цвет в науке и технике*. Мир, Москва.
- Калининченко, А. (2006). Зрение роботов, *Компьютерра*, 6, 20 – 40.
- Мацкевич В. (1988). *Занимательная анатомия роботов*. Радио и связь, Москва.
- Петровский, Б.В. (гл. ред.) (1988). *Популярная медицинская энциклопедия*. Советская энциклопедия, Москва.
- AZURE Photonics Co. [Žiūrėta gruodžio 7 d., 2009], <<http://azurephotonicsus.com/products/DPSS%20Laser/DPSS%20module/azureRGB671.html>>.
- Какой выбрать цвет для сайта? Написание цвета и коды в RGB. [Žiūrėta gruodžio 7 d., 2009], <<http://www.stm.dp.ua/web-design/color-html.php>>.
- Лазер. [Žiūrėta gruodžio 7 d., 2009], <<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%B7%D0%B5%D1%80>>.

ACTIVE COLOUR IDENTIFICATION ANALYSIS OF THE SEGMENTED OBJECT SURFACE FRAGMENT BY A MOBILE ROBOT

S u m m a r y

Mobile robot's ability to see its environment in colour is one of the main advantages of the technical vision system, one of the most perfect means for sensing the outside environment, helping to react to dynamic changes of the environment. Colour vision could be attributed to the ability of distinguishing the composition of the light spectrum or, in other words, the ability to recognize object colour. Technological progress has a significant impact on the production of technical vision equipment which is widely used for the perception of external environment and is very important to robots performing mobile automatic tasks. It is important for robots to identify accurately their own localization and movement trajectory to avoid collision with dynamic obstacles. Usually mobile robots traditionally use ultrasonic sensors and laser detectors for environment perception. Recently visual sensors became very popular. Video cameras used in mobile robots may be regarded as one of the most efficient sensors of external environment perception. The environment monitoring optical systems of the new generation robots in their efficiency will be similar to animal eyes rather than conventional video cameras. There is a lot of information in the optical environment view modelled by a video camera and it has to be evaluated against a number of aspects. A robot having the colour segmentation capability is able to carry out an object search by its colour among the objects having the same geometrical forms. The performed analysis have revealed the possibilities of how a mobile robot, carrying out tasks and having the capability of colour vision, could use a multicolour laser for object colour detection.

KEYWORDS: mobile robot, technical vision, laser, video camera, color, segment.

Arnas Papšys, Kauno technologijos universiteto Panevėžio instituto magistras. Mokslinių tyrimų kryptis – automatika. Adresas: S. Daukanto g. 12, LT-35212, Panevėžys. Telefonas: +370 615 20176. El. paštas papsys@gmail.com.

Palmira Papšienė, Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Tarptautinės ekonomikos ir vadybos katedros doktorantė, Šiaulių kolegijos, Administravimo studijų katedros lektorė. Mokslinių tyrimų kryptis – žmogiškųjų išteklių vadyba. Adresas: Aušros al. 40, LT-46241, Šiauliai. Telefonas: +370 682 34068. El. paštas palmira.papsiene@gmail.com.