

## OBJEKTO GEOMETRIJOS REKONSTRAVIMAS PAGAL KAMEROS SU PAPILDOMAIS JUTIKLIAIS VAIZDUS

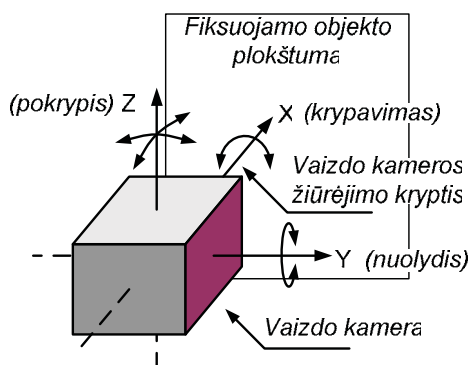
Arūnas Venckus, Gintautas Daunys  
Šiaulių universitetas, Technologijos fakultetas

### Įvadas

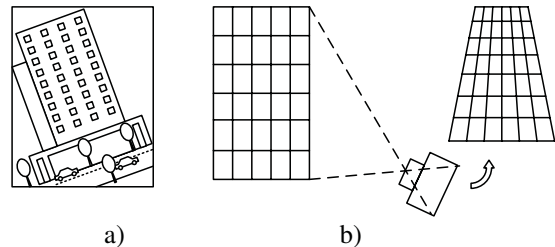
Filmuojant įvairius objektus vaizdo kamera, gautame objekto atvaizde matoma geometrinių iškreipimų, kurie siejami su vaizdo kameros lęšių sukuriama iškreipimais (optiniai iškreipimai – išgaubtas, pagalvėlės formos objekto atvaizdas), vaizdo pasukimu, paveikslo ištempimu, perspektyvos bei panoramos iškreipimu [1], [2].

Jeigu filmuojami objektai netelpa į vaizdo kameros kadra, tada tenka ją pasukti apie horizontalią ašį (Y ašį) aukštyn / žemyn (1 pav.) arba apie vertikalią (Z ašį) į šonus. Filmuojant ir sukinėjant vaizdo kamerą, galima ją netyčia pasukti ir apie jos žiūrėjimo ašį (X ašį). Sukant apie X ašį, gaunami vaizdo pasukimai (2 pav. a), sukant apie Y ašį – perspektyvos iškreipimai (2 pav. b). Perspektyvos iškreipimai yra sudėtingesni ir pasireiškia tuo, kad arčiau kameros vaizdo jutiklių matricos esanti registruojamo objekto dalis yra platesnė / didesnė už viršutinę, vertikalią liniją ne lygiagrečios, o toluoje susikertančios. Filmuojant architektūrinius pastatus, gaunamas tarsi griūvančio objekto efektas [3].

Nufilmuotoje ar nufotografuotoje medžiagoje gauti geometrinių iškreipimai, kurie susiję su vaizdo kameros pasukimu, gali būti koreguojami pagal jos posvyrio kampus. Kameros posvyris apie X ašį vadinamas *krypavimo kampu*, apie Y ašį – *nuolydžio kampu*, posvyris nuo Z ašies – *pokrypio kampu* (žiūrėti 1 pav.).



1 pav. Vaizdo kameros ašys ir posvyrio kryptys



2 pav. Vaizdo kameros pasukimo sukelti iškreipimai:

- a) vaizdo pasukimas,
- b) perspektyvos iškreipimas

Šio tyrimo tikslas – ištirti, kaip galima gerai atstatyti vaizdo iškreipimus, taikant papildomų jutiklių informaciją apie atstumą iki filmuojamo objekto ir vaizdo kameros pokrypio kampus.

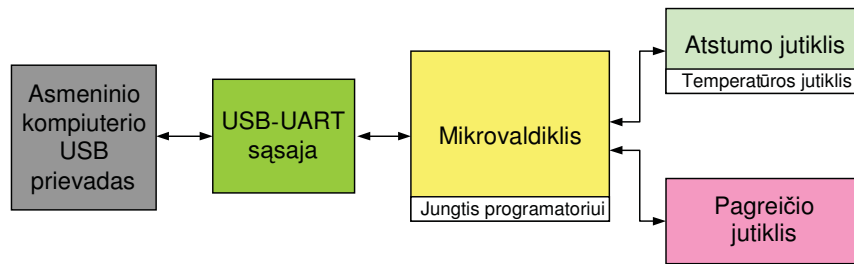
#### Tyrimo uždaviniai:

- 1) sukonstruoti kameros krypavimo ir nuolydžio kampų registravimo įtaisą, panaudojant trijų ašių pagreičio jutiklį (angl. *accelerometer*);
- 2) sudaryti iškreipimų sumažinimo matematinį modelį;
- 3) įvertinti vaizdų iškreipimo sumažinimą, rodikliu pasirenkant koreliacijos koeficientą tarp tiesiai nufotografuoto vaizdo bei kampu nufotografuoto ir rekonstruoto vaizdo.

### Metodas

#### Vaizdo kameros posvyrio kampų registravimo įtaisas

Vaizdo kameros posvyrio kampams matuoti buvo suprojektuotas įtaisas pagal 3 pav. pateiktą struktūrinę schemą. Toks įtaisas gali matuoti kameros posvyrio kampus ir atstumą iki registruojamo objekto.



3 pav. Posvyrio matuoklio struktūrinė schema

Struktūrinė schema sudaryta iš pagreičio jutiklio, atstumo jutiklio, temperatūros jutiklio, mikrovaldiklio ir USB-UART sąsajos. Atstumui matuoti pasirinktas „Devantech“ firmos ultragarsinis atstumo jutiklis SRF04, kuriuo pagal įvertintą aplinkos temperatūrą matuojamas atstumas iki registruojamo objekto. Temperatūrai matuoti naudotas NTC termorezistorius. Posvyrio kampams matuoti pasirinktas trijų ašių, mažų  $g$  (kur  $g$  – laisvo kritimo pagreitis;  $g = 9,8\text{m/s}^2$ ) pagreičio jutiklis MMA7260Q. Įtaisas prie asmeninio kompiuterio jungiamas USB-to-UART duomenų srautų valdikliu CP2102. Tai USB 2.0 sąsajos įtaisas su integruotu siųstuvu-įmtuvu, suderintu ir suderinimo rezistoriais ir naudojamas keitimuisi duomenimis tarp kompiuterio ir mikrovaldiklio. Mikrovaldiklio funkcijoms atlikti pasirinktas „Atmel“ firmos AVR 8 bitų RISC (angl. *Reduced Instruction Set Computer* – centrinių procesorių architektūra, pasižyminti paprastesne komandų sistema) architektūros ATmega32L mikrovaldiklis. Jis pasižymi dideliu įvesties / išvesties išvadų skaičiumi, didele programuojamos atminties talpa, turi nuosekliają USART sąsają, dėl kurios gali nesunkiai keistis duomenimis su USB-to-UART tilto valdikliu CP2102. Taip pat turi aštuonis 10 bitų analoginius-skaitmeninius keitiklius, reikalingus įtampos kritimams ant NTC termorezistoriaus, pagreičio jutiklio MMA7260Q trijų išėjimų, atitinkančių skirtingas ašis, matuoti.

### Posvyrio kampų matavimas pagreičio jutikliu

Posvyrio kampui nustatyti reikia matuoti pagreičio jutiklio išėjimo įtampą ir pagal žemiau pateiktą išraišką apskaičiuoti posvyrio kampą.

$$V_{\text{OUT}} = V_{\text{OFFSET}} + \left( \frac{\Delta V}{\Delta g} \times 1.0g \times \sin\theta \right), \quad (1)$$

čia:

$V_{\text{OUT}}$  – pagreičio jutiklio išėjimo įtampa voltais;  
 $V_{\text{OFFSET}}$  – pagreičio jutiklio įtampa, esant  $0g$  pagreičiui,  $V_{\text{OFFSET}} = 1650\text{mV}$ ;

$\Delta V/\Delta g$  – jutiklio jautrumas,  $\Delta V/\Delta g = 800\text{ mV/g}$ ;  
 $g$  – laisvo kritimo pagreitis;  
 $\theta$  – posvyrio kampas laipsniais.

Tada kampas:

$$\theta = \arcsin \left( \frac{V_{\text{OUT}} - V_{\text{OFFSET}}}{\frac{\Delta V}{\Delta g}} \right). \quad (2)$$

Pagreičio jutiklio posvyrio kampai kiekvienai iš trijų ašių apskaičiuojami pagal (2) išraišką taip:

$$\begin{aligned} \rho &= \arcsin(Ax) \\ \varphi &= \arcsin(Ay); \\ \theta &= \arcsin(Az) \end{aligned} \quad (3)$$

čia:  $A$  – pagreitis nurodyta ašimi ( $Ax$  – pagreitis  $X$  ašies kryptimi,  $Ay$  – pagreitis  $Y$  ašies kryptimi,  $Az$  – pagreitis  $Z$  ašies kryptimi), kuris apskaičiuojamas iš lygties [4]:

$$A = \frac{V_{\text{OUT}} - 1650\text{ mV}}{800\text{ mV/g}}. \quad (4)$$

### Atstumo iki registruojamo objekto skaičiavimas

Atstumui iki registruojamo objekto matuoti naudojamas ultragarsinis atstumo matuoklis „Devantech“ SRF04. Ultragarso bangos yra elastiniai (mechaniniai) virpesiai, kurių dažnis  $f > 20\text{ kHz}$ . Ultragarso bangų greitis priklauso nuo aplinkos savybių. Tai leidžia tokias bangas labai efektyviai panaudoti matavimo tikslams.

Ultragarso greičio priklausomybė nuo temperatūros išreiškiama lygtimi:

$$v = v_0 \sqrt{1 + \frac{T}{273}}, \quad (5)$$

čia:  $v_0$  yra ultragarso greitis ore, kai  $T = 0^\circ\text{C}$  ( $v_0 = 331,45$  m/s).

Kad matavimo metodas būtų invariantiškas šių veiksmų atžvilgiu, naudojami papildomi matavimo kanalai, kurie reaguoja tik į vieną arba tik į kai kuriuos pašalinius faktorius. Pavyzdžiui, norint išvengti temperatūros įtakos, termorezistoriumi matuojama aplinkos temperatūra, o išmatuotas atstumas koreguojamas atsižvelgiant į temperatūros įtaką [5].

Temperatūrai kintant nedaug, lygtis (5) gali būti pakeista paprastesne išraiška:

$$v = 331,45 + 0,6 \cdot T \text{ (m/s)}, \quad (6)$$

čia:  $T$  – temperatūra Celsijaus laipsniais ( $^\circ\text{C}$ ). Tuomet atstumas randamas taip:

$$S = v \cdot t, \quad (7)$$

čia:  $S$  – atstumas, m;  $v$  – ultragarso greitis, m/s;  $t$  – laikas, per kurį ultragarso banga nusklinda iki objekto, s.

### Vaizdų atstatymo metodika

Tyrimui atlikti sukonstruotas karkasas, ant kurio tvirtinama vaizdo kamera ir jos posvyrio kampą matuojantis posvyrio matuoklis. Vaizdai fotografuojami 2MP vaizdo kamera, paveikslėlių dydis 960 x 720 pikselių. Pasirinktas kameros krypavimo ir posvyrio kampų intervalas nuo  $0^\circ$  iki  $45^\circ$  kas  $5^\circ$ . Tyrimui naudoti dviejų skirtingų tipų naturmortai:

- ant vertikalios plokštumos (sienos) pritvirtinta stačiakampė spausdinto montažo plokštė;
- horizontalioje plokštumoje ant medžiagos skiautės padėtos dvi figūros.

Vaizdų iškraipymų atstatymams atlikti pasirinktas *MathWorks, Inc MATLAB 7.0* paketas. Tai viena galingiausių specialios paskirties kompiuterinių programų, skirtų moksliniams ir inžineriniams skaičiavimams automatizuoti ir modeliuoti. Modeliavimu siekta įvertinti sudaryto matematinio modelio patikimumą, atstatant iškreiptus vaizdus ir ištirti tinkamiausią atstatytų vaizdų koreliacijos su originaliu vaizdu paieškos zoną.

### Vaizdų atstatymas sukant vaizdo kamerą apie $X$ ašį

Tyrimą sudaro dvi dalys: pirmoji – vaizdo posūkio kampas nustatomas naudojant Radon transformaciją. Taikant šį metodą, pasuktas spalvotas vaizdas paverčiamas į nespaltotą. Nespaltotame vaizde surandami objektų kraštai Sobel metodu.

Suradus vaizdo kraštus, galima atlikti Radon transformaciją, t. y. jos matricoje nustatyti stipriausių pikų vietas, kurios atitinka tiesių linijų vietas originaliame vaizde. Pagal tai randamas vaizdo pasukimo kampas [6].

Suradus vaizdo pasukimo kampą, jo atstatymui sudaroma pasukimų transformacijos matrica  $R$ .

$$R = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (8)$$

čia:  $\theta$  – vaizdo pasukimo kampas su priešingu ženklu.

Sudarytą transformacijos matricą  $R$  reikia įtraukti į transformacijos struktūrą, kuri sudaroma taikant „*maketform()*“ funkciją. Sudarius transformacijos struktūrą, galima transformuoti vaizdą. Atvaizdui transformuoti naudojama „*imtransform()*“ funkcija.

Antroji tyrimo dalis: vaizdo posūkio kampas nustatomas pagal išmatuotą kameros krypavimo kampą, kuris perskaičiuojamas į radianus ir su priešingu ženklu įstatomas į transformacijos matricą  $R$  (8). Kameros krypavimo kampas rašomas su priešingu ženklu tam, kad būtų galima pasukti – atstatyti vaizdą. Matrica  $R$  įtraukiama į funkcijos „*maketform()*“ transformacijos struktūrą. Vaizdo atstatymas vykdomas „*imtransform()*“ funkcija.

Metodo patikimumas įvertinamas atstatytus vaizdus lyginant su pradiniais – originaliais, nepasuktais vaizdais. Vaizdams palyginti vartojama koreliacijos funkcija „*corr2()*“, kuria apskaičiuojamas dvimatis koreliacijos koeficientas tarp dviejų to paties dydžio vaizdo matricų.

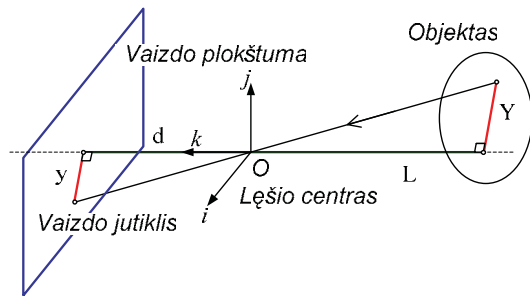
$$\rho = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{\left(\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2\right) \left(\sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2\right)}} \quad (9)$$

čia:  $\bar{A}$ ,  $\bar{B}$  yra  $A$  ir atitinkamai  $B$  vaizdo matricų vidurkiai [7]. Iš atstatyto vaizdo iškerpama (iškirpimas vykdomas „*imcrop()*“ funkcija) dominanti vaizdo dalis, kuri lyginama su tokia pat originalo dalimi ir apskaičiuojamas koreliacijos koeficientas.

### Vaizdų atstatymas sukant kamerą aplink $Y$ ašį

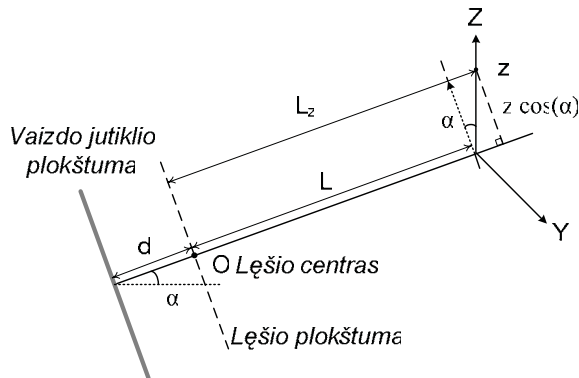
Kaip buvo minėta, vaizdų iškraipymai dėl kameros nuolydžio kampo vadinami perspektyvos iškraipymais. Panaudojant kameros nuolydžio kampą ir atstumą iki objekto, reikia sudaryti matematinį modelį, gebantį ištaisyti vaizdų perspektyvos iškraipymus.

Matematinis modelis sudaromas pagal tai, kaip apie Y ašį pasuktos kameros vaizdo jutiklyje projektuojami fiksuojami objektai. Robotų regoje dažniausiai taikomas mažos skylutės (angl. *pinhole*) kameros modelis. Modelis, pavaizduotas 4 paveiksle, paremtas tuo, kad visi nuo scenos (dekoracijų) sklindantys šviesos spinduliai praeina pro mažą skylutę ir yra laužiami, o vaizdo plokštumoje suprojektuojamas apverstas objekto atvaizdas.



4 pav. Objektų projektavimas vaizdo kameros jutiklyje

Pasukus vaizdo kamerą apie Y ašį aukštyn, pasisuka vaizdo jutiklio plokštuma (5 pav.).



5 pav. Vaizdo jutiklio plokštumos padėtis, pasukus vaizdo kamerą apie Y ašį aukštyn.

Čia:  $\alpha$  – kameros nuolydžio kampas,  $L$  – atstumas tarp lęšio plokštumos ir objekto taško,  $L_z$  – atstumas tarp lęšio plokštumos ir objekto taško po vaizdo kameros pasukimo,  $z$  – objektas

Pasukus kamerą tam tikru kampu  $\alpha$ , pasikeičia objekto taško, kurio koordinatės ( $Y, Z$ ), atstumas iki lęšio plokštumos:

$$L_z = L + z \sin(\alpha). \quad (13)$$

Koordinatė  $z_v$  vaizdo jutiklyje išreiškiama lygtimi:

$$z_v = -K \frac{z \cos(\alpha)}{L + z \sin(\alpha)}, \quad (14)$$

čia:  $K = k d$ ,  $d$  – objekto atvaizdo nuotolis nuo lęšio,  $k$  – koeficientas, pikseliai/cm. Koordinatė  $y_v$  vaizdo jutiklyje išreiškiama lygtimi:

$$y_v = -K \frac{y}{L + y \sin(\alpha)}. \quad (15)$$

Originalus spalvotas objekto atvaizdas, gautas nepasukus vaizdo kameros, transformuojamas į nespalvotą. Tas pats padaroma su vaizdu, gautu pasukus vaizdo kamerą apie Y ašį. Pagal kameros pasukimo (nuolydžio) kampo ir jos nuotolio nuo objekto duomenis pasuktam vaizdui sudaromas tinklelis. Jis sudaromas ir originaliam vaizdui, kurio dydis ir forma atitinka paveikslėlyje esantį objektą. Iškreipto vaizdo atstatymo operacijos atliekamos naudojant tinklelį. Iš originalaus paveikslėlio iškerpamas stačiakampis, kurio dydis sutampa su tinklelio dydžiu. Sudaromas ciklas, kurio metu pagal pasirinktą paieškos sritį iškreipto vaizdo tinklelis, taikant interpoliaciją, sulyginamas su originalaus (neiškreipto) vaizdo tinkleliu ir apskaičiuojamas vaizdų koreliacijos koeficientas. Pagal koreliacijos koeficiento vertę galima spręsti, ar iškreiptas vaizdas gerai atstatytas.

#### Iškreiptų vaizdų atstatymas parenkant keturis objekto kampus

Tyrimas atliekamas taip: įvedamos vaizdo plokštumos koordinatės, kurios išreiškiamos santykiu – paveikslėlio plotis : paveikslėlio aukštis = 438 : 300. Parašytas algoritmas nuskaito paveikslėlį, jį išveda kompiuterio ekrane. Išvestame paveikslėlyje rankiniu būdu reikia pasirinkti keturis objekto kampus. Pagal pasirinktų keturių objekto kampų duomenis sudaroma matrica D:

$$D = \begin{bmatrix} X_o(1) & Y_o(1) & 1 & 0 & 0 & 0 & -X_i(1)*X_o(1) & -X_i(1)*Y_o(1) \\ 0 & 0 & 0 & X_o(1) & Y_o(1) & 1 & -Y_i(1)*X_i(1) & -Y_i(1)*Y_o(1) \\ X_o(2) & Y_o(2) & 1 & 0 & 0 & 0 & -X_i(2)*X_o(2) & -X_i(2)*Y_o(2) \\ 0 & 0 & 0 & X_o(2) & Y_o(2) & 1 & -Y_i(2)*X_i(2) & -Y_i(2)*Y_o(2) \\ X_o(3) & Y_o(3) & 1 & 0 & 0 & 0 & -X_i(3)*X_o(3) & -X_i(3)*Y_o(3) \\ 0 & 0 & 0 & X_o(3) & Y_o(3) & 1 & -Y_i(3)*X_i(3) & -Y_i(3)*Y_o(3) \\ X_o(4) & Y_o(4) & 1 & 0 & 0 & 0 & -X_i(4)*X_o(4) & -X_i(4)*Y_o(4) \\ 0 & 0 & 0 & X_o(4) & Y_o(4) & 1 & -Y_i(4)*X_i(4) & -Y_i(4)*Y_o(4) \end{bmatrix} \quad (16)$$

ir vektorius b:

$$b = [X_i(1) \ Y_i(1) \ X_i(2) \ Y_i(2) \ X_i(3) \ Y_i(3) \ X_i(4) \ Y_i(4)]^T \quad (17)$$

Iš matricos  $D$  ir vektorius  $b$  sudaroma homogeninė matrica  $H$ , pagal kurią atstatomas iškreiptas vaizdas.

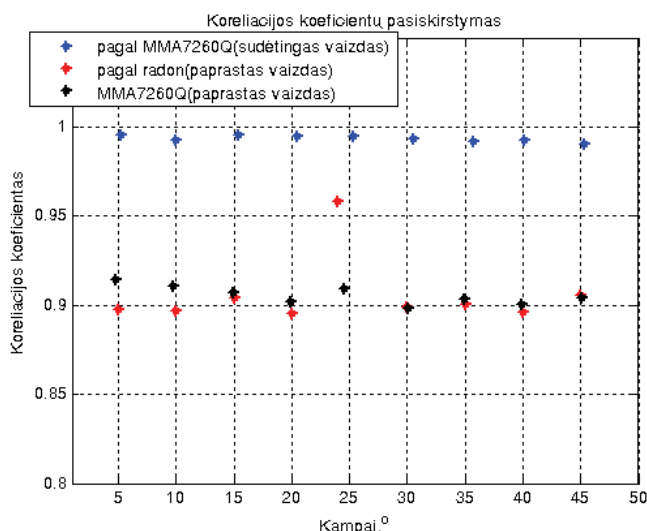
$$H = \begin{bmatrix} h(1) & h(2) & h(3) \\ h(4) & h(5) & h(6) \\ h(7) & h(8) & 1 \end{bmatrix} \quad (18)$$

čia:  $h = \text{inv}(D) \cdot b$ .

## Rezultatai

### Vaizdų atstatymo rezultatai sukant kamerą apie X ašį

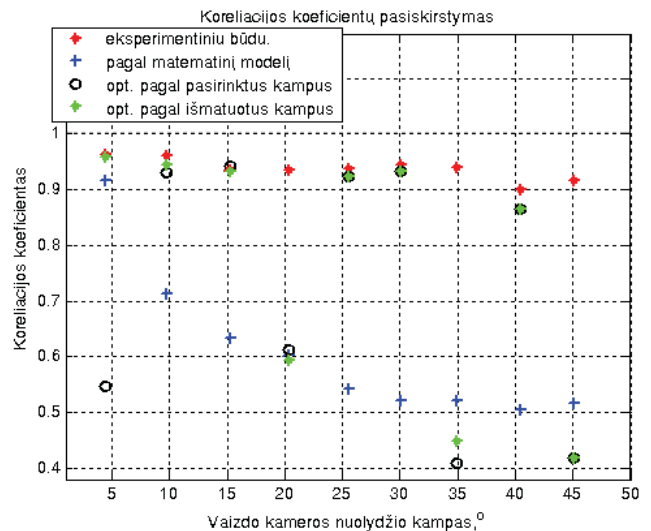
Atlikus tyrimą, paaiškėjo, kad Radon transformaciją galima taikyti tik tokiems pasuktiems vaizdams atstatyti, kuriuose dominuoja lygiagrečios, tiesios linijos. Sudėtingiems pasuktiems vaizdams atstatyti geriau tinka metodas, kuriame posvyrio matuokliu matuojamas vaizdo kameros krypavimo kampas. Žemiau, 6 pav., pateiktas grafikas, rodantis koreliacijos koeficientų pasiskirstymą, esant skirtingiems vaizdo kameros krypavimo kampams. Kuo koreliacijos koeficientas yra artimesnis 1, tuo geriau atstatytas pasuktas vaizdas. Kaip matyti iš grafiko, sudėtingesniai vaizdai atstatyti taikant kameros krypavimo kampus, gautas koreliacijos koeficientas yra artimesnis vienetui, kai tuo tarpu, taikant Radon transformaciją, atstatymas nepavyko. Radon transformaciją galima taikyti paprastesnių iškreiptų vaizdų, kuriuose dominuoja lygiagrečios linijos, atstatymui (žiūrėti 6 pav., „pagal radon“).



6 pav. Koreliacijos koeficientų kitimas, sukant kamerą apie X ašį

### Vaizdų atstatymo rezultatai sukant kamerą apie Y ašį

Sudaryto matematinio modelio efektyvumui patikrinti apskaičiuojamas atstatyto ir originalaus vaizdo koreliacijos koeficientas. Bendrai paėmus visus koreliacijos koeficientus, optimizuojant naudojamus parametrus, vaizdo atstatymas pagerėjo apie 10%. Vaizdo atstatymas pagal eksperimentiniu būdu parinktus keturis objekto kampus, duoda 0,937 koreliacijos koeficientą (7 pav.).



7 pav. Koreliacijos koeficientų kitimas, sukant kamerą apie Y ašį

## Išvados

1. Sukonstruoto kameros posvyrio kampų matuoklių neapibrėžtis yra apie  $1 \div 2$  laipsnius.
2. Pasiūlytu metodu atstatant vaizdų iškraipymus, kurie atsiranda vaizdo kamera sukantis apie savo X ašį, gauti pakankamai geri rezultatai. Koreliacijos koeficientas tarp originalaus ir atstatyto vaizdo priklauso nuo vaizdo kameros krypavimo kampo dydžio – kuo kampas mažesnis, tuo koreliacijos koeficientas didesnis. Pavyzdžiui, esant 5 laipsnių krypavimo kampui, koreliacijos koeficientas siekia 0,9947, o esant 45 laipsnių krypavimo kampui – 0,9900.
3. Remiantis sudarytu matematinio modeliu, įgyvendintas perspektyvos iškraipymų atstatymas, kamrai pasisukus apie Y ašį. Didėjant vaizdo kameros nuolydžio kampui, koreliacijos koeficientas mažėja, nes sudėtingėja vaizdo iškraipimai. Optimizavus vaizdo atstatymui naudojamus duomenis, koreliacijos koeficientų reikšmės padidėjo, vadinasi, pagerėjo iškreipto vaizdo atstatymas. Atlikus tyrimą, kuomet vaizdų atstatymui naudojami rankiniu būdu parinkti keturi objekto kampai, gauti koreliacijos koeficientai, lyginant su matematinio modelio,

pasiskirsto tolygiau. Prie didžiausio vaizdo kameros nuolydžio kampo ( $45^\circ$ ) koreliacijos koeficientas lygus 0,917.

### Literatūra

1. Photographic optics. Prieiga per internetą: <<http://www.vanwalree.com/optics/distortion.html>>.
2. Geometric distortions. Prieiga per internetą: <[http://wiki.panotools.org/Hugin\\_Camera\\_and\\_Lens\\_tab](http://wiki.panotools.org/Hugin_Camera_and_Lens_tab)>.
3. Perspective correction: and why you may not know it when you see it. Prieiga per internetą: <<http://www.f-stop.com/home.htm>>.
4. Measuring tilt with low-g accelerometers. Michelle Clifford and Leticia Gomez. Sensor Products, Tempe, AZ. Prieiga per internetą: <[http://www.freescale.com/files/sensors/doc/app\\_note/AN3107.pdf](http://www.freescale.com/files/sensors/doc/app_note/AN3107.pdf)>.
5. Rymantas Kažys, *Neelektrinių dydžių matavimo metodai*. Kaunas: Technologija, 1997m. 89 p. ISBN 9986-13-569-X
6. Radon Transform. Prieiga per internetą: <[http://www.cvmtdk.dk/education/teaching/e07/MED3/IP/Carsten\\_Hoilund\\_-\\_Radon\\_Transform.pdf](http://www.cvmtdk.dk/education/teaching/e07/MED3/IP/Carsten_Hoilund_-_Radon_Transform.pdf)>, <<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/images/>>.
7. Image Processing Toolbox™ User's Guide, 1993–2008 by The MathWorks, Inc., P. 17– 82.

## RECONSTRUCTION OF OBJECT GEOMETRY USING CAMERA WITH ADDITIONAL SENSORS

*Arūnas Venckus, Gintautas Daunys*

### Summary

This article presents the method for reduction of image distortions, produced by camera tilt. It exploits camera orientation angles, obtained from accelerometer, and a distance to the object measured by ultrasonic sensor. The structure and operation of designed and implemented devices are analysed. A mathematical model for perspective distortion reduction is described. The proposed model was implemented in *MathWorks Matlab* software package using *Image Processing* toolbox. As the indicator of a reconstruction degree correlation coefficient between images, captured with direct camera, and a reconstructed image, which was captured with a tilted camera is used. Achieved results are compared with results, which show Radon transformation for rotated image reconstruction and four corners method for images with perspective distortion reconstruction.

**Key words:** image processing, camera rotation, perspective distortion, accelerometer.

## OBJEKTO GEOMETRIJOS REKONSTRAVIMAS PAGAL KAMEROS SU PAPILDOMAIS JUTIKLIAIS VAIZDUS

*Arūnas Venckus, Gintautas Daunys*

### Santrauka

Straipsnyje aptariamas vaizdų iškraipimų, atsiradusių dėl vaizdo kameros pakrypimo kampų, sumažinimo būdas. Jame naudojami pagreičio jutikliais užregistruoti vaizdo kameros posvyrio kampai ir ultragarsiniu nuotolio matuokliu gauti atstumai iki filmuojamo objekto. Straipsnyje nagrinėjami sukonstruoti ir pagaminti kampų ir atstumo registratorių struktūra bei veikimo principai. Aprašomas naujai sukurto perspektyvos iškraipimų atstatymo būdo matematinis modelis. Pasiūlytas būdas įgyvendintas *MathWorks Inc. Matlab 7.0* aplinkoje, panaudojant programinį priedą *Image Processing*. Atstatymo kokybė yra įvertinama skaičiuojant koreliacijos koeficientą tarp tiesiai nufotografuoto vaizdo ir kampu nufotografuoto ir po to rekonstruoto vaizdo. Rezultatai lyginami su kitais žinomais vaizdų atstatymo metodais: *Radon* transformacija pasuktiems vaizdams atstatyti, keturių kampų metodu – perspektyvos iškraipymams sumažinti.

**Prasminiai žodžiai:** vaizdų apdorojimas, vaizdo kameros pasukimas, perspektyvos iškraipimai, pagreičio jutikliai.

Iteikta 2008-10-06