

# LAIPTŲ ATPAŽINIMAS NEKONTAKTINIŲ BŪDU MOBILIAM ROBOTUI JUDANT PASTATO VIDUJE

Arnas Papšys, Gintautas Daunys

Kauno technologijos universitetas

Šiaulių universitetas

## Įvadas

Daugeliu atvejų mobilus robotas (MR) juda iš anksto sudarytu maršrutu ir stebi aplinką, pagal žinomus požymius ieško (Šukys, Sinkevičius, 2011) stacionarių ar dinaminių objektų. MR apžiūrint avarinės būklės daugiaaukščio pastato vidų, vieni iš pagrindinių objektų yra stacionarūs. Lazeriniu skeneriu gana tiksliai galima sudaryti trimatį objekto vaizdą arba orientuotis aplinkoje (Fisher, Konolige, 2008). Tačiau lazerio spidulio panaudojimui įtakos turi išoriniai aplinkos veiksniai: oro skaidrumas, dulkės ar dūmai. Čia galėtų padėti ultragarsinė lokacija, t. y. objekto susekimas ir jo koordinatinių nustatymas (Фисенко 2008) ultragarso signalais. Ultragarso lokacija koordinatės matuojamos pagal ultragarso signalų atėjimo kryptį. Atstumas nustatomas, impulsiniais zondojuojančiais ultragarso signalais matuojant laiko intervalą tarp zondojuojančio signalo išspinduliuavimo ir atsispindėjusio signalo priėmimo momentų. Siunčiant nuolatinius signalus, atstumas randamas

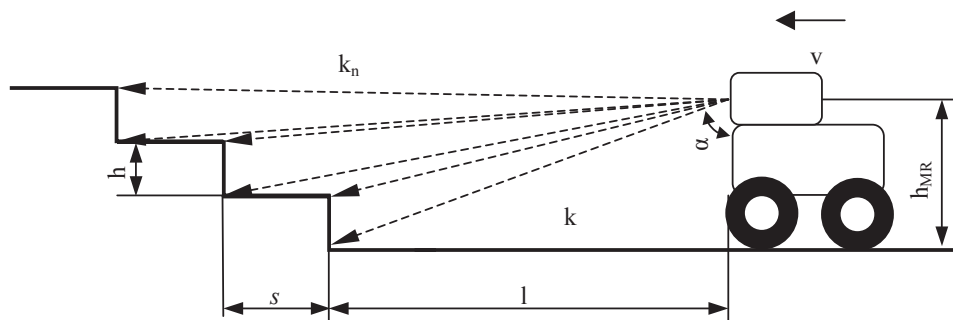
pagal atsispindėjusių signalų fazės arba dažnio pokyčius (Kleeman, Kuc, 2008). Tokiais skeneriais galima matuoti objekto padėtį tolumoje ir artimoje zonoje. Kadangi laiptai daugiaaukščiuose pastatuose gaminami iš betono, o jis gerai atspindi ultragarsą, yra galimybė ultragarsą naudoti laiptams atpažinti. Laiptai sudaryti iš pakopų, kurių matmenys yra tokie, kad būtų patogų laiptuoti žmonėms. Pakopos sujungtos į vienalytę sistemą.

**Tyrimo problema:** Daugiaaukščių avarinės būklės pastatų apžiūrai iš vidaus būtina patekti iš vieno aukšto į kitą laiptais, todėl jų atpažinimas yra labai svarbi MR užduotis. Jei MR nesugebės atpažinti laiptų, jis negalės vykdyti užduoties.

**Tikslas** – ištirti MR galimybę atpažinti laiptus ultragarso skeneriu.

**Tyrimo metodai:** ultragarsinė lokacija, sisteminė loginė analizė, sintezė ir apibendrinimas.

## Ultragarso lokacijos taikymo teorinis įvertinimas



1 pav. Ultragarso skeneriu ratinis MR skenuoja laiptus  $l = 3$  m atstumu

1 lentelė. MR ultragarso skeneriu nustatyti parametrai ir statistiniai pakopų parametrai

Pakopa	Skenerio kreipimo kampas	Matavimas nekontaktiniu būdu	Statistiniai pakopos duomenys, visuomeninės paskirties patalpose	
			h (m)	s (m)
Pirma	79,5	3,04	0,15	0,3
	83,5	3,02		
Antra	84,0	3,32		
	86,5	3,30		
Trečia	87,0	3,60		
	89,0	3,61		

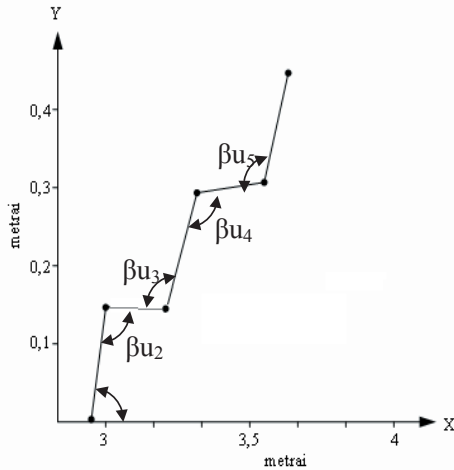
Laiptų pakopų  $x$  ir  $y$  koordinatės, kai MR skenerio koordinatės yra ( $x_0 = 0$  m,  $y_0 = h_{MR} = 0,5$  m), surandamos iš lygčių:

$$x_n = k_n \cdot \sin(\alpha_n), \quad (1)$$

$$y_n = h_{MR} - k_n \cdot \cos(\alpha_n). \quad (2)$$

2 lentelė. *Pateiktos X ašies reikšmės*

x1	x2	x3	x4	x5	x6
2,99	3,00	3,30	3,30	3,60	3,61

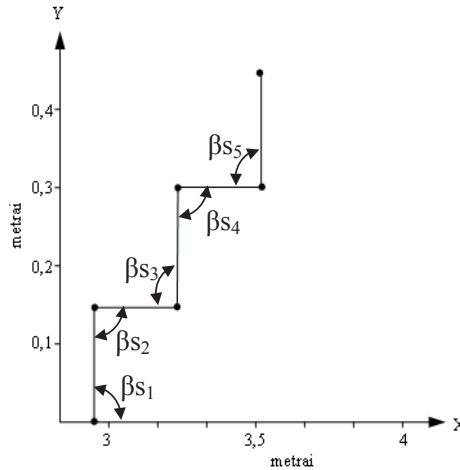


a)

Skaičiuojama laiptų pakopų  $y$  koordinatė: MR skeneris yra ( $x_0, y_0$ ) koordinatėje:

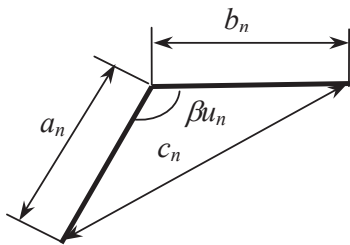
3 lentelė. *Pateiktos Y ašies reikšmės*

y1	y2	y3	y4	y5	y6
0	0,16	0,15	0,30	0,31	0,44



b)

2 pav. Laiptų grafinė forma iš priekio: a) sudaryta MR ultragarsiniu skeneriu, b) sudaryta pagal statistinius mokslinės literatūros duomenis



3 pav. Laiptų kampų įvertinimas pagal 3 žinomus atstumus

Pagal apskaičiuotas koordinatas galima apskaičiuoti, kokį kampą sudaro į tašką ateinančios atkarpos (3 pav.)

Atstumai  $a_n$ ,  $b_n$  ir  $c_n$  surandami taikant lygtis:

$$a_n = \sqrt{(x_{n-1} - x_n)^2 + (y_{n-1} - y_n)^2};$$

$$b_n = \sqrt{(x_{n+1} - x_n)^2 + (y_{n+1} - y_n)^2}; \quad (3)$$

$$c_n = \sqrt{(x_{n+1} - x_{n-1})^2 + (y_{n+1} - y_{n-1})^2};$$

Kampas  $\beta$  apskaičiuojamas remiantis kosinusų teorema:

$$\beta_{Un} = \frac{2(x_n)^2 - 2x_{n+1} \cdot x_n - 2y_{n-1} \cdot y_n - 2y_{n+1} \cdot y_n - 2x_{n-1} \cdot x_n + 2(y_n)^2 + 2x_{n-1} \cdot x_{n+1} + 2y_{n-1} \cdot y_{n+1}}{2 \cdot \sqrt{(x_{n-1} - x_n)^2 + (y_{n-1} - y_n)^2} \cdot \sqrt{(x_{n+1} - x_n)^2 + (y_{n+1} - y_n)^2}} \quad (4)$$

Skaičiuojamas grafinės laiptų formos nesutampamumas, idealus atvejis  $N = 0$ :

$$N = \frac{\sum_{n=1}^6 |\beta_{Sn} - \beta_{Un}|}{n}; \quad (5)$$

Gauta aptikto objekto forma (2 pav.): a) pagal

vertikalių ir horizontalių plokštumų krašto sąlyčio taškus bei jų matmenis tenkina laiptų pakopų statistinius parametrus (Hill, Lewicki, 2007); b) pagal galimą nuokrypį pakopos plotis  $26 \leq s \leq 32$  ir pakopos aukštis  $14 \leq h \leq 20$  (Предтеченский, Милински, 1979), bet nuokrypį  $N \neq 0$ .

**Išvados**

1. Duomenys, surinkti ultragarsiniu skeneriu, netenkina horizontalios plokštumos sąlygos: plotis ( $s \approx 20$ ) yra mažesnis už minimalų pakopos plotį; vertikalios plokštumos aukštis ( $h \approx 18$ ) tenkina pakopos aukščio sąlygą.
2. Gautas ultragarsiniu skeneriu aptikto objekto grafinis atvaizdas turi laiptų požymius, nors grafinės formos nuokrypis 20,13 % nuo statistinių laiptų.
3. Dėl ganėtinai plačiai sklindančios bangos, lyginant su lazerio spinduliu, ultragarsinis skenerio objekto požymių tikslumo nustatymas tiesiogiai priklauso nuo atstumo tarp signalo šaltinio ir objekto.
2. Kleeman L., Kuc R., 2008, *Sonar Sensing. Springer Handbook of Robotics*. P. 492–515. London: Springer.
3. Šukys T., Sinkevičius V., 2011, Objektų orientavimo erdvėje sistemos tyrimas. *Jaunųjų mokslininkų ir studentų konferencija, Technologijos mokslai šiandien ir rytoj – 2011*. Panevėžys, Kaunas: Technologija. P. 111–117.
4. Fisher B. R., Konolige K., 2008, Range Sensors. *Springer Handbook of Robotics*. P. 521–530. London: Springer.
5. Предтеченский В. М., Милинский А. И., 1979, *Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков*. Москва: Стройиздат.
6. Фисенко В. Т., Фисенко Т. Ю., 2008, *Компьютерная обработка и распознавание изображений*. Санкт-Петербург: Фотоника.

**Literatūra**

1. Hill T., Lewicki P., 2007, Statistics Methods and Applications. *Electronic Statistics Textbook*. Tulsa, OK: StatSoft.