

MOBILAUS RATINIO ROBOTO MATMENŲ ĮTAKA JUDĖJIMUI LAIPTAIS

Arnas Papšys, Gintautas Daunys
Kauno Technologijos universitetas
Šiaulių universitetas

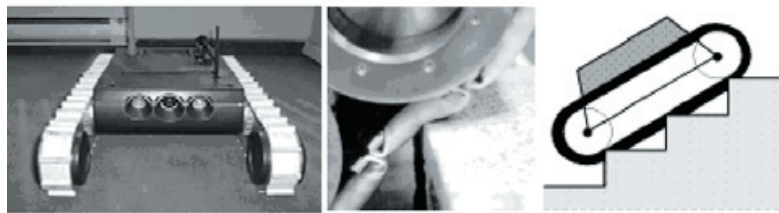
Įvadas

Robotų paskirtis – padėti žmonėms. Nepriklausomai nuo judėjimo būdų, kurie susiję su naudojama platforma, robotai geba judėti kietu, skystu paviršiumi arba skristi. Mobilios platformos naudojamos daugelyje sričių. Jų judėjimas iš esmės pagrįstas riedėjimu arba vaikščiojimu (Vatau, Ciupe, Moldovan, Maniu, 2010). Judėjimui laiptais taikomos įvai-

rios platformos. Vienos iš pagrindinių – vikšrinės pavaizduotos 1 pav. (Pinhas, Ito, 2009).

Tikslas – išanalizuoti MRR matmenų įtaką judėjimui laiptais, kai ratų aukštis mažesnė už pakopos aukštį.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, sisteminė loginė analizė, sintezė ir apibendrinimas.



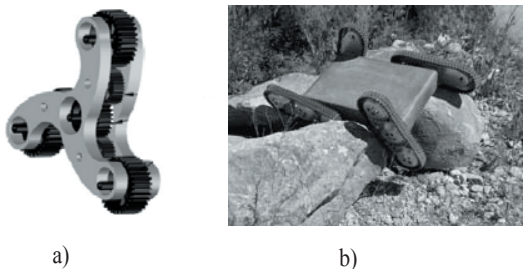
1 pav. Vikšrinė mobili platforma, galinti judėti laiptais

Hibridizuotos platformos variantas pateiktas 2 pav. (Anastasios, Roumeliotis, Helmick, Matthies, 2007).



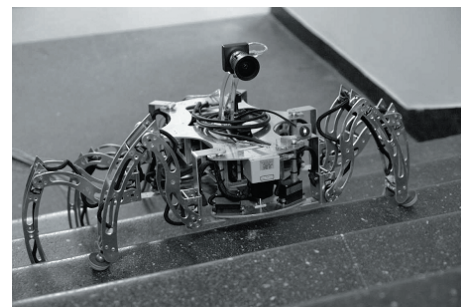
2 pav. Hibridizuota vikšrinė platforma, galinti judėti laiptais

Taip pat naudojami (3 pav.) mobilios platformos su žvaigždinės formos ratais (Hossain, Nafis, Rubaiat, Shamiuzzaman, 2010, Lewis, Flann, Torrie, Poulson, Petroff, 2005).



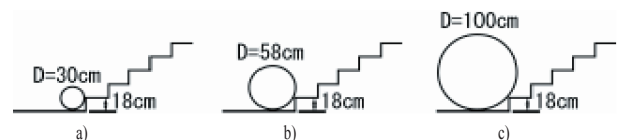
3 pav. Mobilios judėjimo platformos, galinčios judėti laiptais: a – žvaigždinis ratas, b – platforma su vikšriniais ratais

Naudojami ir kojiniai robotai, kurie sėkmingai gali lipti laiptais (Labecki, Walas, Kasinski, 2011).



4 pav. Kojinis mobilus autonominis robotas, lipantis laiptais

Dauguma atvejų mobilus ratinis robotas (MRR) judėjimui laiptais atliekami tyrimai, kai rato diametras yra didesnis (5 pav.) už laipto pakopos po-laiptį (Lawn, 2002).



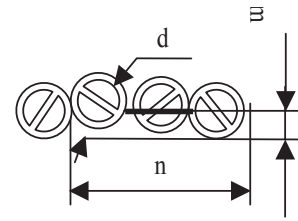
5 pav. Bandomųjų platformų ratai: a – motorolerio, b – priekinis invalido vežimėlio, c – galinis invalido vežimėlio

MRR gebėjimas iš vieno pastato aukšto persikelti į kitą išplėstų jų darbo našumą. MRR, galintis

užvažiuoti ir nuvažiuoti laiptais, tiktų avarinės būklės daugiaaukščių pastatų apžiūrai iš vidaus. Nedidelis MRR savo konstrukcijos ir valdymo paprastumu, greitaeigiškumu ir pagaminimo pigumu pranoksta panašios paskirties mobilius robotus ar judėjimo platformas, kurios konkrečiai pritaikytos judėjimui laiptais. Vykdam avarinės būklės daugiaaukščio pastato apžiūrą iš vidaus, labai svarbus MRR dydis. MRR negali būti labai didelis, nes, ir esant užgriozdintam judėjimo maršrutui, jis privalo pralįsti pro mažiausią angą ir tęsti apžvalginį judėjimą. Bet jis negali būti ir per mažas – judėti laiptais gali būti labai sudėtinga arba visai neįmanoma.

Teorinės analizės rezultatai

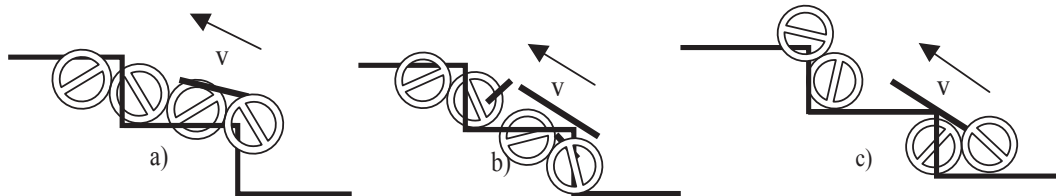
Klasikinė ir paprasčiausia konstrukcinė važiuoklė yra tokia, kai jos aukštis yra ratų jungiamųjų ašių lygyje, tai yra $m = d/2$, kaip pavaizduota 6 pav.



6 pav. MRR matmenys n – ilgis, m – aukštis, d – diametras

MRR judėjimas laiptais į viršų yra pagrįstas PR ir GR tarpusavio darbo sinteze. Kai PR atsiremia į polaipį, jie juda, tai yra *lipa*, o GR, judėdami laiptakiu juos stumia. Kai GR juda, tai yra *lipama* polaipčiu, PR, judėdami laiptakiu, juos traukia.

Bet yra situacijų kai ši sintezė tarp PR ir GR negalima ir jai turi įtaką MRR ilgis n ir aukštis m .



7 pav. MRR matmenų įtaka judėjimui laiptais į viršų: a, b – ilgis, c – aukštis

7 pav. a variante pavaizduota, kai $m = d/2$ priekiniai ratai turėtų traukti GR, bet veiksmas negalimas, nes PR atsirėmė į antros pakopos polaipį. MRR judėjimas toliau į viršų nutrūksta, nes PR negali traukti GR, o GR, kadangi dar nebaigė užlipimo procedūros, negali stumti PR. 7 pav. b variantas, kai $m > d/2$, priekiniai ir galiniai ratai atsiremia į pakopų polaipčius, traukimas GR ir stūmimas PR tampa negalimas. 7 pav. c variantas parodo ratinio MR aukščio m priklausomybę nuo n , kai $m = d/2$. Šiuo atveju MRR važiuoklės dugnas siekia laiptakio ir polaipčio kraštų sąlyčio sudarytą briauną.

MRR judėjimas laiptais į apačią irgi pagrįstas PR ir GR darbo sinteze. Judant į apačią, GR prilaiko PR, o PR prilaiko GR. Bet galimos neigiamos situacijos, kurios pavaizduotos 8 pav.

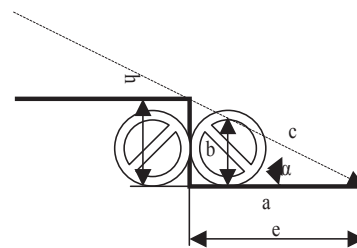


8 pav. MRR matmenų įtaka, judant laiptais į apačią: a – aukštis, b – ilgis

8 pav. a variante pavaizduota MRR aukščio m priklausomybė nuo n , kai $m = d/2$, šiuo atveju MRR

važiuoklė siekia laiptakio ir polaipčio kraštų sąlyčio sudarytą briauną. 8 pav. b variante $m > d/2$ pavaizduota galima situacija, kai dėl MRR ilgio GR negali prilaikyti PR, o PR negali prilaikyti GR. Šiuo atveju MRR tiesiog trenksis ratais į pakopų laiptakius.

Apibendrinant nesklandumus, kuriuos patiria MRR, judėdamas laiptais, galima teigti, kad MRR ilgis ir aukštis turi įtakos sėkmingam judėjimui laiptais; šių dydžių geriausias santykis, esant sąlygai, kad MRR rato aukštis būtų mažesnis už pakopos aukštį. Šiuo konkrečiu atveju MRR rato diametras d yra 13 cm. Tikslinga nustatyti, koks turi būti MRR aukštis ir ilgis, kad būtų išvengta aukščiau nurodytų nesklandumų, vykdam veiklą visuomeninės paskirties daugiaaukščiuose pastatuose.

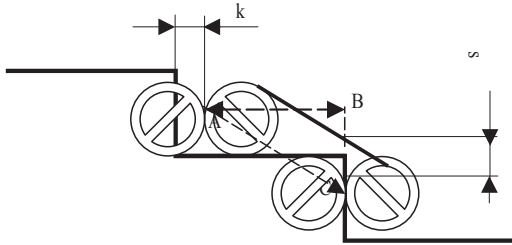


9 pav. MRR važiuoklės aukščio nustatymas

Remiantis 9 pav., nustatomas teorinis minimumas. MRR m_{min} , kai m nebeveikia n :

$$m_{\min} \geq \left(e - \frac{d}{2} \right) \cdot \operatorname{tg} \left(\operatorname{atg} \left(\frac{h}{e} \right) \right) = 11,75 \approx \frac{d}{1,11} \quad (1)$$

Nustatomas PR įveiktas atstumas, kai GR nuvažiuoja s pakopos atstumą:



10 pav. MRR važiuoklės ilgio nustatymas

Atstumas f , kurį nuvažiuos MRR laiptakiu, kai GR užvažiuos ant laiptakio pakopos, t. y. nuvažiuos atstumą s , pavaizduotas 10 pav. Pradinis variantas – $AC = 25$. Tada:

$$s = h - \frac{d}{2} = 8,5 \quad (2)$$

$$f = AC - \sqrt{AC^2 - h^2} \approx 1,5 \quad (3)$$

Iš gautų apskaičiavimų matosi, kad MRR, GR nuvažiavus atstumą s pakopos polaipčiu, PR pakopos laiptakiu nuvažiuoja atstumą f . Tai rodo, kad MRR ilgis turi būti toks: GR liečiantis su pakopos polaipčiu atstumas $k \geq f$. Priešingu atveju MRR GR dar nebus visai užvažiavę ant pakopos laiptakio, o PR remsis į pakopos polaiptį.

Išvados

1. MRR ir važiuoklės ilgis n ir aukštis m tiesiogiai turi įtakos jo judėjimui laiptais.

2. MRR važiuoklės aukštis, turi būti $m \geq d/1,11$, rato diametras $d = 13$ cm. Šiuo atveju MRR ilgi n lemia tik pakopos matmenys, tai yra MRR turi būti tokio ilgio, kad, remiantis GR į pakopos polaiptį, atstumas nuo PR iki sekančios pakopos polaipčio būtų $k \geq 1,5$ cm, jei GR kelias $s \leq 8,5$ cm. Toks atstumas k yra būtinas, kad PR galėtų traukti GR; sėkmingai užvažiavęs, GR stumtų PR.

Literatūra

1. Anastasios I., Roumeliotis I. M., Helmick M. D., Matthies L., 2007, Autonomous Stair Climbing for Tracked Vehicles. *The International Journal of Robotics Research*. Nr. 7 (26). P. 737–758.
2. Hossain A., Nafis A. C., Rubaiat I. L., Shamiuzzaman A., 2010, Design and Manufacturing of a Stair Climbing Vehicle. *Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Dhaka*. Bangladesh.
3. Labecki P., Walas K., Kasinski A., 2011, Autonomous stair climbing with multisensor feedback. *Preprints of the 18th IFAC World Congress*. Milano. P. 8159–8164.
4. Pinhas B. T., Ito S., Goldenberg A. A., 2009, A mobile robot with autonomous climbing and descending of stairs. *Robotica*. No 2 (27). P. 171–188.
5. Vatau S., Ciupe V., Moldovan C., Maniu I., 2010, Mechanical design and system control of quadruped robot. *Mechanika*. No 5 (85). P. 56–60.
6. Lewis J. P., Flann N., Torrie R. M., Poulson A. E., Petroff T., 2005, *Chaos an Intelligent Ultra-Mobile SUGV: Combining the Mobility of Wheels, Tracks, and Legs*. Online Publication. Proceedings, SPIE Vol.5804. Prieiga internetu: <<http://dx.doi.org/10.1117/12.604774>>, žiūrėta 2012-04-25.

Įteikta 2012-11-05