

Stochastinės valdymo sistemos kokybės vertinimas imitacinio modeliavimo metodu

Linas Aidokas^a , Laimutis Telksnys^b 

^a *Vytauto Didžiojo universitetas, Informatikos fakultetas*

K. Donelaičio g. 58, LT-44248 Kaunas

^b *Vilniaus universitetas, Duomenų mokslo ir skaitmeninių technologijų institutas*

Akademijos g. 4, LT-08412 Vilnius

E. paštas: aidokas@linasaidokas.com; laimutis.telksnys@mif.vu.lt

Įteiktas December 30, 2020; publikuotas 2021 kovo 15

Santrauka. Tiriama stochastinio valdymo sistema. Straipsnyje sprendžiama žmogaus ir roboto humanoido bendravimo problema. Problema iškyta kuriant žmogaus elgesio formavimo valdymo sistemas. Jose žmogaus elgesys aprašomas tikimybinėmis charakteristikomis. Tokios valdymo sistemos yra stochastinės. Aprašoma žmogaus elgesio formavimo valdymo sistema ir jos funkcionavimo kokybės vertinimas. Problema sprendžiama imitacinio modeliavimo metodu. Aprašoma metodą įgyvendinanti programinė įranga. Pateikiami eksperimentinių tyrimų rezultatai.

Raktiniai žodžiai: robotai; robotai humanoidai; valdymas; imitacinis modeliavimas; sąsaja

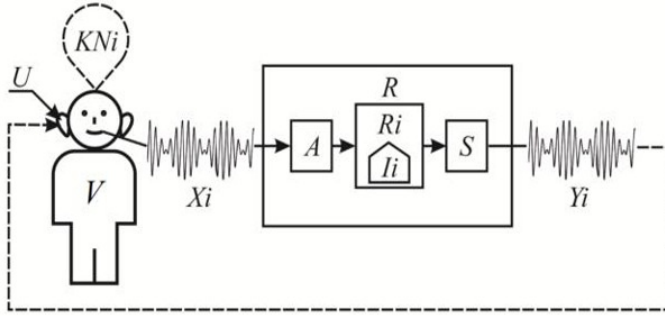
AMS: 00A72, 93-10

1 Įvadas

Ateina žmonių ir robotų humanoidų bendravimo laikai. Žmonėms talkins robotai, robotai humanoidai – kruopštūs, kantrūs, klusnūs, nepavargstantys, nestreikuojantys, tiksliai dirbantys, greitai dirbantys darbuotojai.

Robotai jau dabar naudojami įvairiose srityse [1, 4, 2, 5, 6, 8, 7, 3, 9]. Plinta robotai humanoidai [4, 2, 6, 8, 7]. Robotai humanoidai pradedami naudoti sprendžiant sveikatos priežiūros klausimus [8]. Aktyviai naudojami pramogų industrijoje [6]. Pasitelkiami robotai ir mokymo reikmėms [4, 3].

Robotai gali padėti ugdyti žmonių gebėjimus. Tai įgyvendinti galima sistemose, kuriose žmogus sąveikauja verbaliniu būdu su dirbtinio intelekto robotu humanoi-



1 pav. Žmogaus ir roboto humanoido valdymo sistemos koncepcija. V – žmogus. R – robotas.

du. Nagrinėsime kaip imituojant roboto humanoido mokymo sistemą galime spręsti ugdymo problemą.

2 Problema

Spręsimė žmogaus gebėjimų ugdymo valdymo sistemos kokybės vertinimo problemą. Sistemos elementai yra žmogus ir robotas humanoidas su dirbtiniu intelektu, kurių savybės aprašomos tikimybinėmis charakteristikomis. Sistemos elementai sąveikauja šnekėdami lietuviškai. Žmogus mokomas racionaliai įgyvendinti užduotis – perkelti objektą Q , esantį taške A , per aplinką S , į tašką B , sunaudojant kuo mažiau pastangų, laiko ar/ir materialinių sąnaudų, resursų. Reikia pateikti sistemos valdymo teoriją, algoritmus, techninę ir programinę įrangą, leidžiančią vertinti žmogaus gebėjimų ugdymo sistemos kokybę.

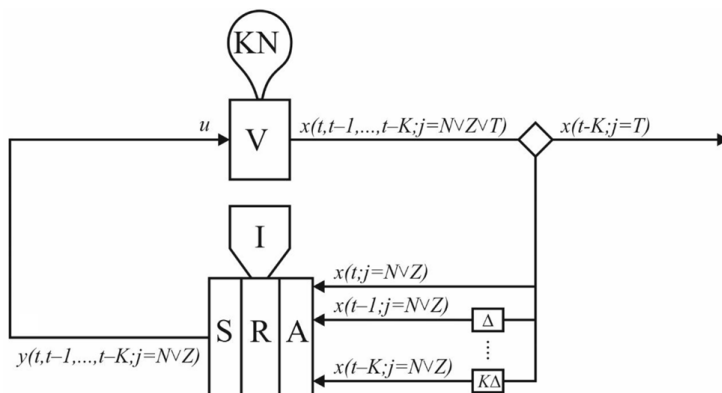
3 Valdymo sistema

Nagrinėsime žmogus – robotas humanoidas valdymo sistemą, kurios koncepcija yra pateikta 1-me paveikslėlyje, o veikimo schema yra pateikta 2-me paveikslėlyje. Juose u yra užduotis, kurią žmogus turi išmokti racionaliai spręsti. V – valdomasis žmogus, mokomas racionaliai spręsti užduotis u . Žmogaus elgesys x_i , sprendžiant užduotis u , aprašomas tikimybinėmis charakteristikomis KN_i ($i = 1, \dots, K$), kur K – bandymų skaičius, N – žmogaus atsakymas. Žmogus V , gavęs užduotį u gali priimti sprendimus:

- xT_i , teisingus su tikimybe pT_i , $i = 1, \dots, K$;
- xZ_i , neteisingus su tikimybe pZ_i , $i = 1, \dots, K$;
- xN_i , sakyti *nežinau* su tikimybe pN_i , $i = 1, \dots, K$.

R – valdantysis robotas humanoidas su dirbtiniu intelektu I_i , duodantis žmogui patarimus žodžiu y_i , $i = 1, \dots, K$. Žmogaus ir roboto sąveikos pavyzdys yra pavaizduotas 3 pav.

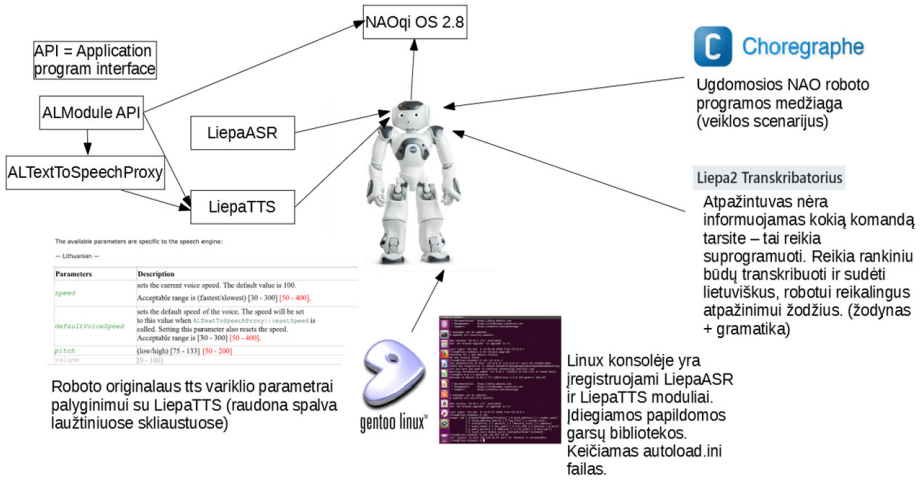
Sąveika tarp elementų V ir R palaikoma verbaliniu būdu šnekant lietuvių kalba, panaudojant šnekos atpažintuvą A ir šnekėtuvą S .



2 pav. Žmogaus ir roboto humanoido valdymo sistemos koncepcija. *V* – žmogus. *R* – robotas humanoidas. *A* – lietuvių kalbos atpažintuvas. *S* – lietuvių kalbos sintezatorius. *I* – roboto intelektas. *u* – užduotis, kurią racionaliai vykdyti turi išmokti žmogus. x_i – žmogaus sakomas sprendimas lietuvių kalba. y_i – roboto patarimas sakomas lietuviškai žodžiu.



3 pav. Žmogaus ir roboto humanoido valdymo sistemos principinė schema su baigtinio, *K* ilgio, atminties grįžtamoju ryšiu.



4 pav. Stochastinės valdymo sistemos elementai.

4 Sąveikos valdymas

Sąveiką valdo sistema su baigtinio, K ilgio, grįžtamoju ryšiu. Atliekant tyrimus ir darant eksperimentus, buvo naudojamas lietuviškai bendraujantis robotas humanoidas Ažuolas NAO. Gebėjimų ugdymo tobulinimo valdymo stochastinės sistemos elementai yra parodyti 4 pav.

Robotas humanoidas, bendraudamas, šnekėdamas su žmogumi – vaiku, moko vaiką, ugdo jo gebėjimus, kaip ir kokius sprendimus jis turėtų daryti kai reikia objektą Q , esantį būsenoje A , per aplinką S , perkelti į būseną B , sunaudojant kuo mažiau pastangų, laiko, materialinių sanaudų ar resursų.

Sąveikos valdymas ir jos imitacinis modeliavimas vyksta ciklais. Kai kurių ciklų skaičius $K = 4$, galimi sprendimų variantai yra parodyti 5 pav.

Pirmas ciklas, $K = 1$

1T. Žmogus, sužinojęs iš roboto R_0 , kad jo priimtas sprendimas xT_0 buvo teisingas, reiškia užduotis u yra įvykdyta, gauna iš roboto R_0 padėką už teisingą sprendimą. Ugdymas baigtas.

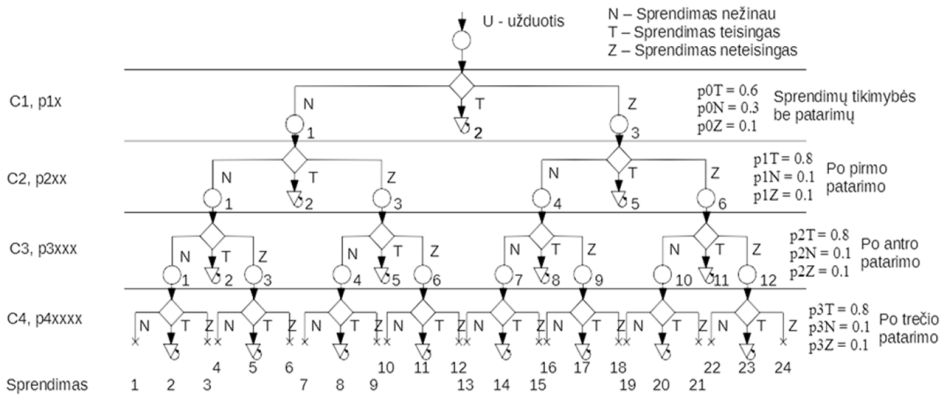
1Z. Žmogus, sužinojęs iš roboto R_0 , kad jo sprendimas buvo xZ_0 , gali priimti sprendimus:

- xZ_1 su tikimybe pZ_1 , arba
- xZN_1 su tikimybe pN_1 .

1N. Žmogus, sužinojęs iš roboto, kad jo sprendimas buvo xN_0 gali priimti sprendimus:

- xNZ_1 su tikimybe pZ_1 , arba
- xNN_1 su tikimybe pN_1 .

K ciklas



5 pav. Sprendimų priėmimų schema kai ciklų skaičius $K = 4$.

Kai ciklų skaičius $K = 4$, galimi sprendimų variantai parodyti aukščiau 5 pav.

KT. Žmogus, sužinojęs iš roboto R_{K-1} , kad jo priimtas sprendimas xT_{K-1} buvo teisingas, reiškia užduotis u yra įvykdyta, gauna iš roboto R_K padėką už teisingą sprendimą. Ugdymas baigtas.

KZ. Žmogus, sužinojęs, kad jo priimtas sprendimas buvo xZ_{K-1} gali priimti sprendimus:

- xZ_K su tikimybe pZ_K , arba
- xN_K su tikimybe pN_K .

KN. Žmogus, sužinojęs, kad jo priimtas sprendimas yra xN_{K-1} gali priimti sprendimus:

- xZ_K su tikimybe pZ_K , arba
- xN_K su tikimybe pN_K .

5 Programinė įranga

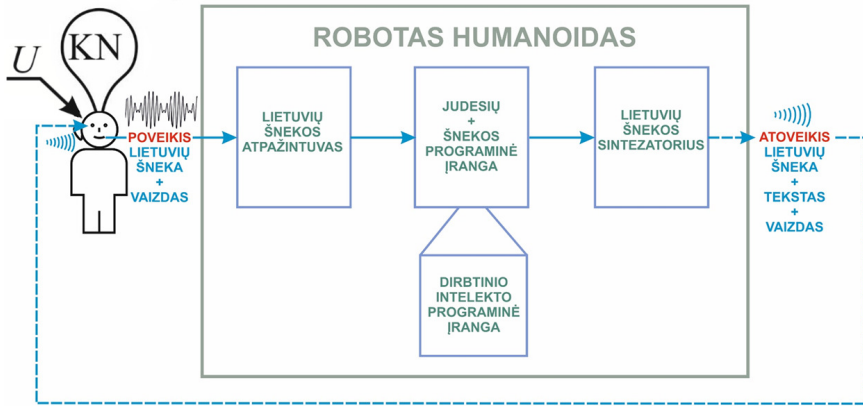
Žmogaus ir roboto humanoido valdymo schema yra parodyta 6 pav.

Žmogaus ir roboto sąveikos $K = 4$ ciklų valdymo schemas programinė įranga pavaizduota 7 pav.

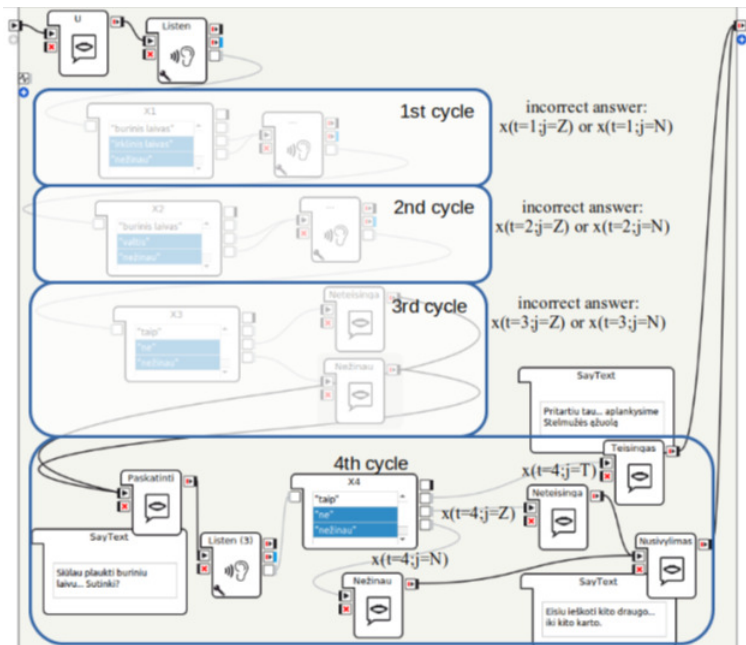
6 Eksperimentiniai tyrimai

Žmogaus ir roboto humanoido su dirbtiniu intelektu bendravimo valdymo sistemos, kurios elementai sąveikauja lietuvių šneka, programinė įranga buvo parašyta naudojant Matlab programinės įrangos paketą.

Matlab programinėje įrangoje buvo parašytas Matlab skriptas, kuris atlieka imitacijos bandymus. Šis skriptas yra parašytas specifine Matlab kalba, užima 18 kilobaitų ir yra 449 eilučių ilgio. Imitacijų rezultatai yra gaunami keičiant kintamuosius kurie



6 pav. Žmogaus – roboto valdymo sistema.



7 pav. Žmogaus ir roboto sąveikos, $K = 4$ ciklų, valdymo sistemos programinė įranga.

1 lentelė. Priimamų sprendimų tikimybės pirmam žmogui.

$pT_1(0.3)$	$pT_2(0.4)$	$pT_3(0.5)$	$pT_4(0.6)$
$pZ_1(0.3)$	$pZ_2(0.3)$	$pZ_3(0.2)$	$pZ_4(0.2)$
$pN_1(0.4)$	$pN_2(0.3)$	$pN_3(0.3)$	$pN_4(0.2)$

2 lentelė. Priimamų sprendimų tikimybės antram žmogui.

$pT_1(0.6)$	$pT_2(0.8)$	$pT_3(0.8)$	$pT_4(0.8)$
$pZ_1(0.3)$	$pZ_2(0.1)$	$pZ_3(0.1)$	$pZ_4(0.1)$
$pN_1(0.1)$	$pN_2(0.1)$	$pN_3(0.1)$	$pN_4(0.1)$

aprašo bandymų skaičių ir teisingų, neteisingų ir *nežinau* atsakymų tikimybes. Aprašius visus parametrus ir Matlab programinėje įrangoje paspaudus kodo vykdymo mygtuką – gaunami imitacinio modeliavimo rezultatai.

Atliekant imitacinio modeliavimo bandymus, buvo imituojamos dvi situacijos: vienu atveju tikimybės, kad bus pasakyti teisingi atsakymai yra mažos, kurios yra pavaizduotos 1 lentelėje ir antruoju atveju tikimybės, kad bus gauti teisingi atsakymai yra didesnės už pirmąją situaciją ir jos pavaizduotos 2 lentelėje. Eksperimentas buvo daromas imituojant 100 000 bandymų. Nustačius pradines sąlygas pirmai situacijai, pavaizduotas 1-ojoje lentelėje apačioje, pirmosios situacijos gaunami rezultatai yra matomi žemiau 8 pav.

Nustačius pradines sąlygas antrai situacijai, pavaizduotas 2-ojoje lentelėje apačioje, antrosios situacijos rezultatai yra matomi žemiau 9 pav.

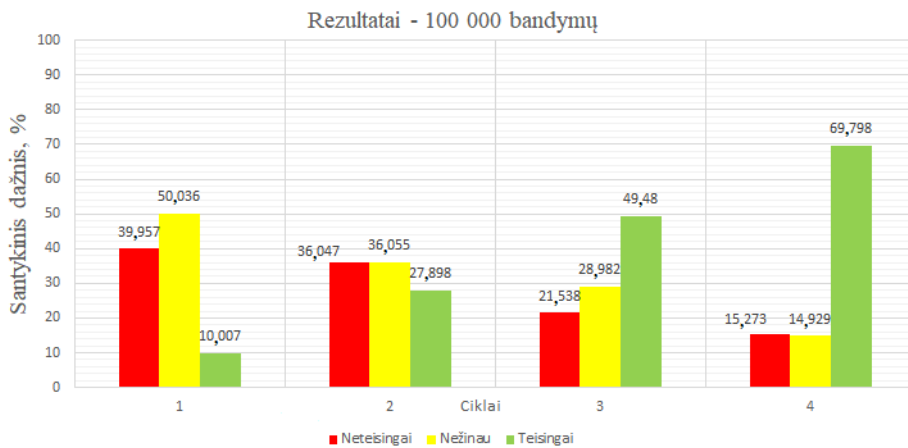
8 ir 9 pav. pavaizduotas santykinis dažnis kairėje – K -tojo ciklo tikimybė, kad bus pasakytas tam tikras atsakymas. Didėjant ciklų skaičiui – teisingų atsakymų tikimybė auga – žmogus pasakys teisingą atsakymą 1, 2 arba K -tojo ciklo metu, o neteisingų arba *nežinau* atsakymų vis mažės, kadangi vis dažniau bus pasakomas teisingas atsakymas iš antro, trečio ar ketvirtą karto.

Žiūrint į 8 pav. galima pastebėti, kad modeliuojama situacija kai teisingų atsakymų tikimybė yra maža, tikimybė kad paskutinio bandymo metu vis dėl to bus pasakytas teisingas atsakymas yra maža. Tokia situacija rodytų, kad roboto mokomasis turinys yra blogas ir 4-ojo bandymo metu – 69,798% žmonių atsakytų į duotą uždavinį teisingai.

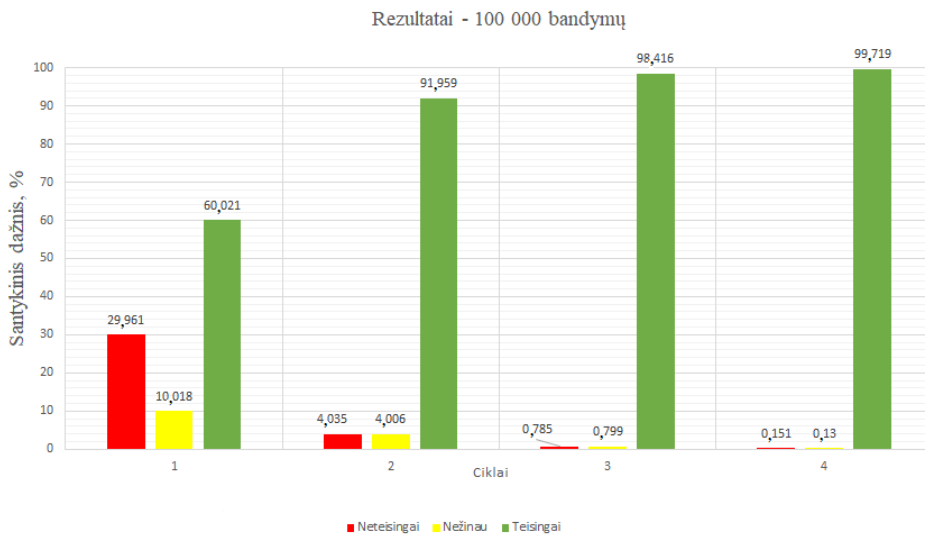
Žiūrint į 9 pav. galima pastebėti, kad modeliuojama situacija kai teisingų atsakymų tikimybė yra didelė, jau antrojo bandymo metu matoma, kad tikimybė kad bus gautas teisingas atsakymas yra aukšta. Tokia situacija rodytų, kad roboto mokomasis turinys yra veiksmingas ir 4-ojo bandymo metu dauguma žmonių atsakytų į duotą uždavinį teisingai – 99,719%.

7 Išvados

- Eksperimentiniai tyrimai patvirtino galimybes patogiai eksperimentuoti vertinant žmogaus ir roboto humanoido su dirbtiniu intelektu bendravimo valdymo sistemos kokybę.
- Sukurta žmogaus ir roboto humanoido su dirbtiniu intelektu bendravimo valdymo sistema, kurios elementai sąveikauja lietuvių šneka.



8 pav. 1-ojo žmogaus, kurio savybės pateiktos 1 lentelėje, imitacinio modeliavimo rezultatai.



9 pav. 2-ojo žmogaus, kurio savybės pateiktos 2 lentelėje, imitacinio modeliavimo rezultatai.

- Pateiktas žmogaus ir roboto humanoido bendravimo valdymo sistemos kokybės vertinimo metodas, įgyvendinamas imitacinio modeliavimo priemonėmis.
- Parodyta, kad imitacinis modeliavimas leidžia vertinti stochastinės valdymo sistemos kokybę.

Literatūra

- [1] K. Anter et al. *Do it NAO 6 – Creative Project Ideas*. 2019.
- [2] C. Bartneck, T. Belpaeme, F. Eyssel, T. Kanda, M. Keijsers, S. Šabanović. *Human–Robot Interaction: An Introduction*. 2020.
- [3] A. Bhat, A. Chojnacki, E. Knapp. The future is nao: teaching mathematics to young schoolchildren using humanoid robots. In *New Friends 2016 2nd International Conference on Social Robots in Therapy and Education*, 2016.
- [4] A. Choudhury, H. Li, Ch. Greene, S. Perumalla. *Humanoid Robot-Application and Influence*. 2018.
- [5] H. Ishiguro et al. *Active Participation in Lectures via a Collaboratively Controlled Robot*. 2020.
- [6] T. Kanda, D. Morimoto, J. Even. Can a robot handle customers with unreasonable complaints. In *HRI '20: Proceedings of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 2020.
- [7] Y. Oishi, T. Kanda, M. Kanbara, S. Satake, N. Hagita. Toward end-user programming for robots in stores. In *Proceedings of the Companion of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 233–234, 2017.
- [8] Y. Okafuji, J. Baba, J. Nakanishi, I. Kuramoto. Can a humanoid robot continue to draw attention in an office environment? *Advanced Robotics*, **34**(2):1–16, 2020. <https://doi.org/10.1080/01691864.2020.1769724>.
- [9] Y. Okafuji, J. Baba, J. Nakanishi, I. Kuramoto, H. Ishiguro K. Ogawa, Y. Yoshikawa. Can a humanoid robot continue to draw attention in an office environment? *Advanced Robotics*, **34**(2):1–16, 2020.

SUMMARY

Quality estimation of stochastic control system using simulation methods

L. Aidokas, L. Telksnys

The stochastic control system is investigated. Verbal human and humanoid robot interaction problem is being investigated. The behavior of the management entity is described by probabilistic characteristics. The characteristics, properties of the controller's elements of artificial intelligence, the length of the system feedback memory are evaluated.

The problem is solved by simulation modeling. The stochastic control system is shown. The simulation modeling method used is described. The system implementing the method and its software are described. The results of simulation modeling are presented.

Keywords: robots; humanoid robots; control; simulation modeling; interaction