

Galvos posūkių kontrolės sistemos tyrimas

D. Dervinis, V. Laurutis

Šiaulių universitetas

Vilniaus g. 141, LT – 5400 Šiauliai, Lietuva, el.p. ddonatas@centras.lt

Įvadas

Orientavimosi erdvėje nematant tyrimai yra svarbūs daugelyje žmogaus veiklos sričių:

- Ergonomikoje, kuriant žmogaus ir mašinos sistemas (svarbu optimaliai įrengti darbo vietą, kad žmogui būtų patogusia. Daugelis operatoriaus veiksmų ilgainiui atliekami automatiškai, nežiūrint į reikiamą vietą).
- Aviacijoje ir navigacijoje (narams, pasineriantiems į vandenyno gelmę, lakūnams, skrendant rūke, kai nėra realių orientyrų).

- Nustatant žmogaus profesinį tinkamumą.
- Medicinoje, diagnozuojant kai kurias ligas.

Šiame straipsnyje norima apžvelgti, kaip tiksliai tiriamasis sugeba atkartoti galvos posūkius tam tikru kampu. Apžvelgę šia tema publikuotus straipsnius, padarėme išvadą, kad ši sritis dar nepakankamai nuodugnai išnagrinėta, nėra skelbta kiekybinių galvos posūkių erdvėje rodiklių. Didelė šiuo metu atliekamų tyrimų dalis yra skirti žmogaus dinaminėms savybėms nustatyti [1-7].

Metodika

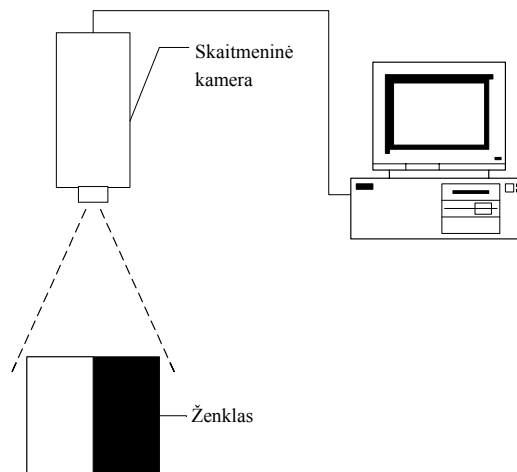
Yra įvairių metodų galvos posūkiams registruoti [8]:

1. Mechaninis metodas (prie tiriamojo galvos pritvirtinamas lazeris ir jo spindulys registruojamas sužymėtame cilindriniam ekrane, kuriame nustatomas kampas). Šio metodo trūkumai: duomenų negalima tiesiai įvesti į kompiuterį; ribotas tikslumas, jis priklauso nuo cilindrinio ekrano skersmens.

2. Elektromagnetinis metodas taikomas tiek galvos, tiek viso kūno posūkiams tirti. Tam naudojamas kubas su ritėmis, kurių analoginis signalas verčiamas į skaitmeninį ir rezultatai įrašomi tiesiai į kompiuterį, prie tiriamojo tvirtinama ritė, į kurią siunčiamas 40 kHz moduluotas signalas. Šis metodas tinka tik nedidelėms kampams matuoti (0,5° tikslumu galima matuoti kampus nuo -40° iki +40°, 1° tikslumu - nuo -60° iki +60°). Šio tikslumo užtenka galvos posūkiams matuoti, tačiau per maža viso kūno posūkiams matuoti.

3. Televiziniu metodu (jį ir naudosime tyrimams atlikti) galima tokiu pat tikslumu matuoti 360° kampus.

Toliau aptarsime eksperimente naudotą metodą. Jo struktūrinė schema pavaizduota 1 paveiksle.

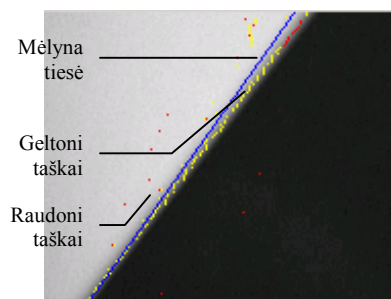


1 pav. Eksperimentinis galvos posūkių kampų matavimo modelis

Tiriamasis sodinamas ant kėdės, ir jam ant galvos pritvirtinamas 1 paveiksle parodytas ženklas. Virš ženklo 5 – 10 cm atstumu tvirtinama kamera (vaizdas turi būti šiek tiek išfokusuotas, kad programa galėtų rasti bent 9 skirtingo ryškio taškus eilutėje pereinant iš baltos spalvos į juodą).

Vaizdas perduodamas į kompiuterį ir apdorojamas specialiai sukurta programa.

Gautas kadras analizuojamas eilutėmis, ieškant vietos, kur balta spalva pereina į juodą. Kiekvienoje eilutėje yra randami devyni skirtingo ryškio slenkstiniai taškai.



2 pav. Atpažintos linijos vaizdas programoje

Po aproksimacijos ketvirtojo laipsnio polinomu kiekvienoje eilutėje gaunamos pakoreguotos taško (raudono) koordinatės bei pirminiai tiesės taškai (geltoni). Kitu etapu randama tiesės lygtis (3) (mėlyna tiesė):

$$y = v_0 + v_1 x; \quad (1)$$

$$v_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i y_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}; \quad (2)$$

$$v_1 = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}. \quad (3)$$

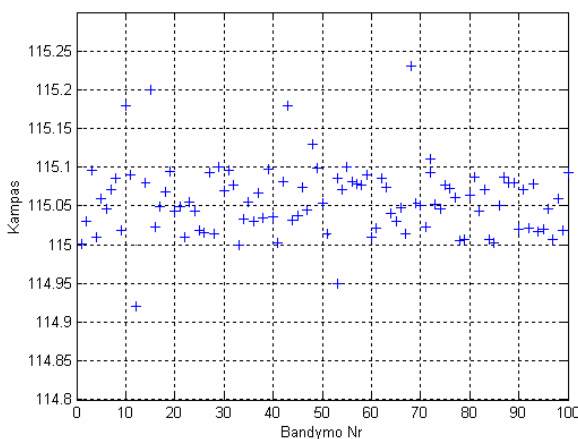
Iš jos gaunamas tiesės pasvirimo kampas φ :

$$\varphi = \arctg(v_1). \quad (4)$$

Kad būtų tiksliau, kiekviena padėtis filmuojama ir analizuojama po 10 kartų (kas 0,2s). Galutinis kampo rezultatas yra dešimties verčių matematinė viltis.

Televizinio kampu nustatymo metodo jautrumas

Naudojant stacionarią įtaisyta kamerą ir eksponuojant nejudamą ženklą, atlikta 100 bandymų. Jų rezultatai pateikiami 3 paveiksle.



3 pav. Metodo jautrumo įvertinimas

Maksimali išmatuoto kampo vertė gauta 115,23°, minimali – 114,92°. Apskaičiavę dispersiją, gauname, kad metodo jautrumas yra 0,1°; taip pat svarbu, kad jis yra nepriklausomas nuo kampo.

Galvos posūkių eksperimento eiga

Bandymai atliekami į kairę ir į dešinę puses su dviem kampais (10° ir 30°). Pradžioje užsimerkęs tiriamasis pasuka galvą kampu ir bando išiminti jos padėtį. Po atsipalaidavimo atliekami 9 bandymai (tarpuose daromos 3 – 5s pauzės), kurių metu žmogus bando galvą pasukti tokiu pat kampu. Kiekvieno bandymo rezultatas registruojamas ir lyginamas su pirminiu posūkiu kampu.

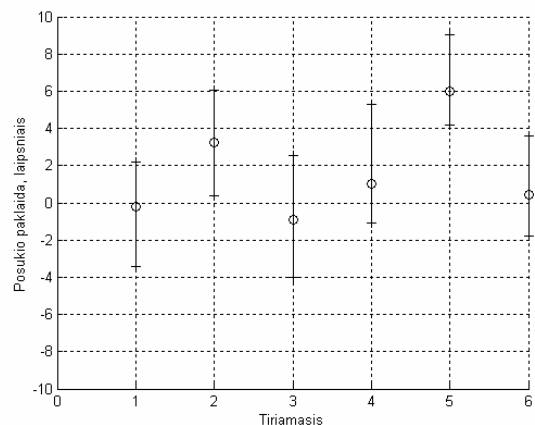
Pradžioje atliekamas kiekvieno žmogaus tyrimas atmerktomis akimis ir įvertinamas sugebėjimas orientuotis matant aplinką. Visi kiti bandymai atliekami užmerktomis akimis, sudarant tolygų apšvietimą ir aplinkos triukšmą (kad šie veiksniai neturėtų įtakos rezultatams).

Bandymai buvo atliekami su šešiais tiriamaisiais (2 kairiarankiai ir 4 dešiniarankiai), kurių amžius nuo 21 iki 26 metų.

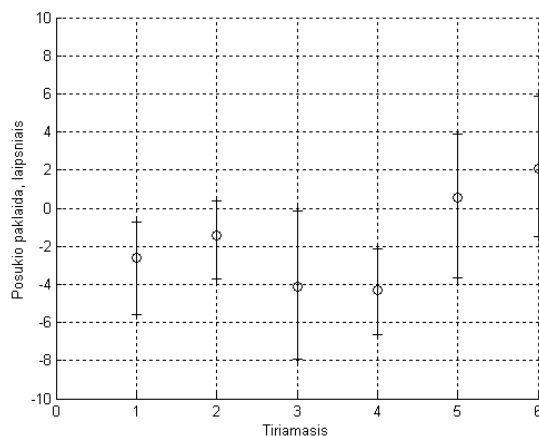
Tyrimo rezultatai

Eksperimento pradžioje buvo atliekama keletas bandymų. Bandyta nustatyti, kokie kampai yra aktualiausi žmogui. Pirminiais bandymais nustatyta, kad žmogus, sėdėdamas prie darbo stalo, atlieka nedidelius posūkius apie 10° arba didesnius - apie 30°. Dėl šios priežasties tyrimas apribotas šiais dviem kampais, tiriamajam pasisukant į kairę ir į dešinę pusę. Taip pat rezultatai parodė, kad dešiniarankių ir kairiarankių žmonių posūkiai yra nevienodi, dėl šios priežasties dešiniarankių ir kairiarankių duomenys pateikiami atskirai.

Kiekvieno tiriamojo 10° galvos posūkiu rezultatai atskirai pateikiami 4 ir 5 paveiksluose, kur matyti, kad beveik visi dešiniarankiai (1 – 4) į kairę galvą pasuka didesniu kampu nei reikia vidutiniškai 3°. Didžiausias nuokrypis - iki 8° yra 3-io tiriamojo. Kairiarankiai vidutiniškai nepasiekia reikiamo kampo 2°. Į dešinę pusę per daug kairiarankiai ir dešiniarankiai pasukdavo galvą vidutiniškai 4°. Visų tiriamųjų paklaidų vidutinis eksperimentinis kvadratinis nuokrypis yra panašus ir lygus 2° – 4°.

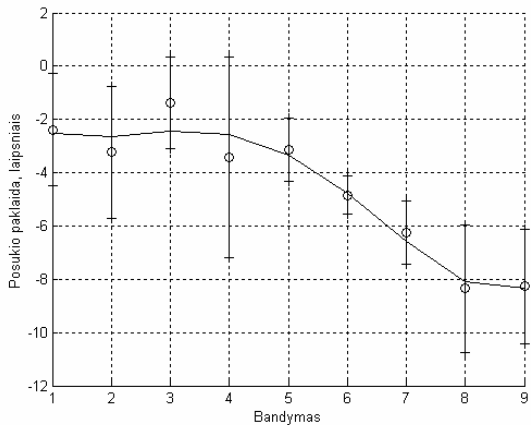


4 pav. Įvairių tiriamųjų galvos posūkiu paklaidos. Tikslo kampas – 10 laipsnių į dešinę; 1 – 4 žmonės dešiniarankiai, 5 ir 6 kairiarankiai

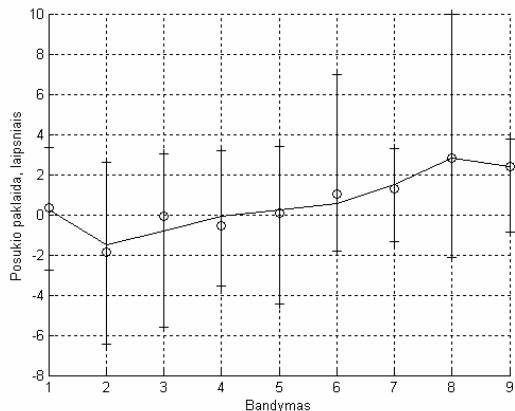


5 pav. Įvairių tiriamųjų galvos posūkiu paklaidos. Tikslo kampas – 10 laipsnių į kairę; 1 – 4 žmonės dešiniarankiai, 5 ir 6 - kairiarankiai

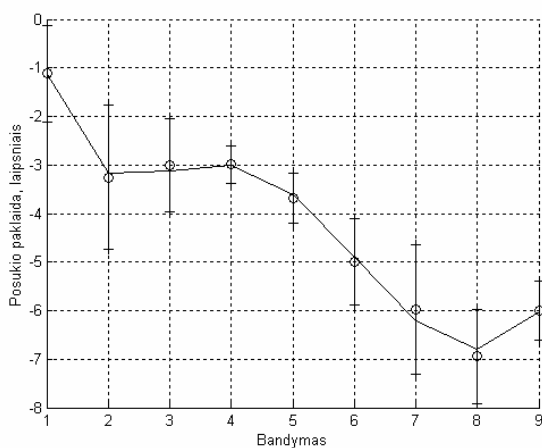
Tiriamieji, darydami 10° posūkius, dažniausiai pradžioje kampą nustatydavo tiksliau, paklaida neviršydavo $\pm 2^\circ$ (6–9 pav.). Kiekvienos tolesnės fiksacijos metu dešiniarankiai žmonės (6 pav.) į kairę galvą pasukdavo vis daugiau, persukdami iki 8° . Į dešinę (7 pav.) jie taip pat pasuka galvą per daug. Nors pirmųjų fiksacijų tikslumas siekia 1° , tačiau paklaidos didėja iki 4° . Kairiarankiai (8 pav.) paklaidas į kairę daro panašiai kaip ir dešiniarankiai – nuo 1° iki $6,8^\circ$ į dešinę (9 pav.) pasuka per daug iki 4° . Iš grafikų matyti, kad, atliekant bandymus mažais kampais, paklaidos didėja ir nesistabilizuoja. Prognozuoti galvos posūkio beveik neįmanoma.



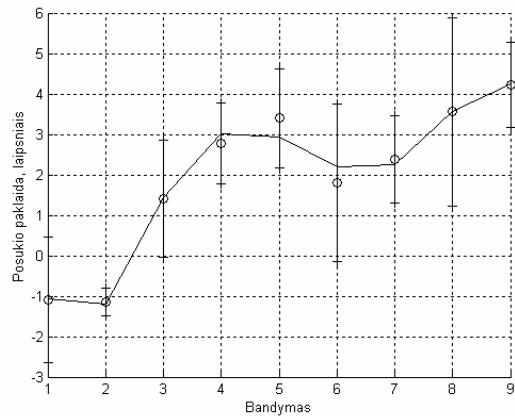
6 pav. Dešiniarankių žmonių galvos posūkio paklaidos. Tikslo kampas – 10 laipsnių į kairę



7 pav. Dešiniarankių žmonių galvos posūkio paklaidos. Tikslo kampas – 10 laipsnių į dešinę

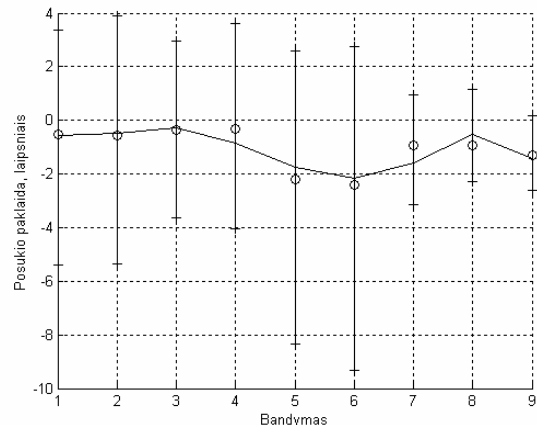


8 pav. Kairiarankių žmonių galvos posūkio paklaidos. Tikslo kampas – 10 laipsnių į kairę

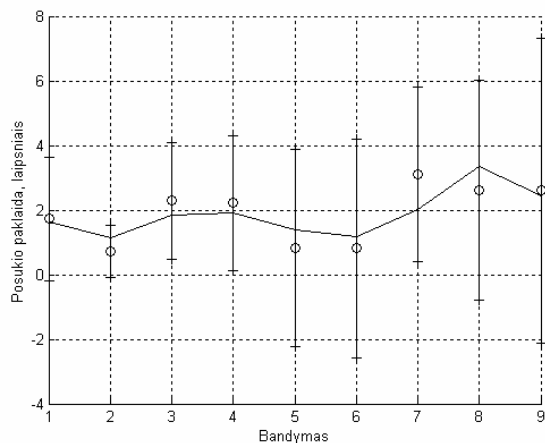


9 pav. Kairiarankių žmonių galvos posūkio paklaidos. Tikslo kampas 10 laipsnių į dešinę

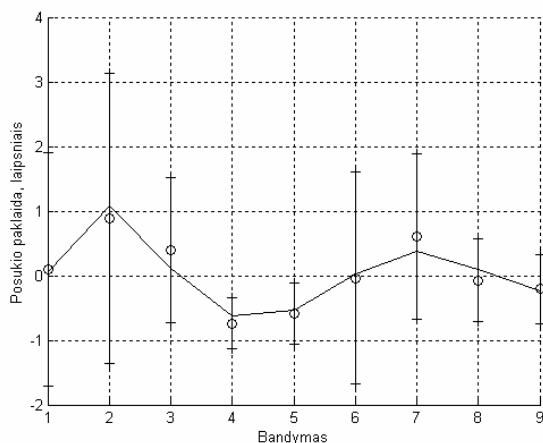
Sukiojant galvą didesniais kampais (30°) gaunami akivaizdžiai kitokie rezultatai: dešiniarankiai (10 pav.) tiriamieji į kairę nepasukdavo galvos iki reikiamo kampo $2^\circ - 3^\circ$ ir ši paklaida vidutiniškai išsilaikydavo viso bandymo metu, nors bandymo gale būdavo pastebima iki 6° paklaidų sklaida. Sukdami galvą į dešinę (11 pav.), paklaidas jie darydavo gerokai mažesnes, persukdami iki 2° . Kairiarankių rezultatai panašūs, tik tikslesni. Sukant galvą į kairę (12 pav.), pradžioje paklaida būdavo apie 0° . Panaši paklaida išsilaiko ir tolesnių fiksacijų metu. Į dešinę (12 pav.) kairiarankiai galvą persuka nuo 2° iki 3° .



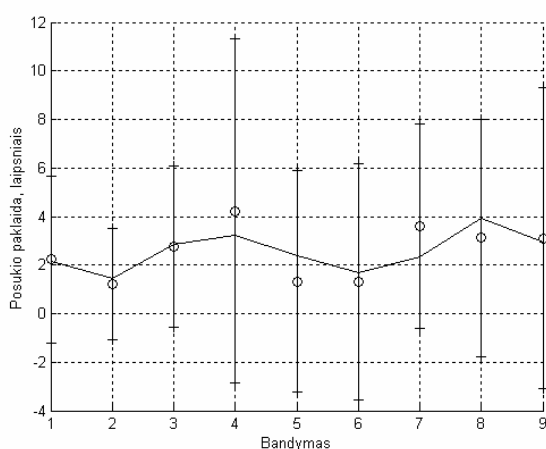
10 pav. Dešiniarankių žmonių galvos posūkio paklaidos. Tikslo kampas – 30 laipsnių į kairę



11 pav. Dešiniarankių žmonių galvos posūkio paklaidos. Tikslo kampas – 30 laipsnių į dešinę



12 pav. Kairiarankių žmonių galvos posūkio paklaidos. Tikslo kampas – 30 laipsnių į kairę



13 pav. Kairiarankių žmonių galvos posūkio paklaidos. Tikslo kampas – 30 laipsnių į dešinę

Apibendrinant rezultatus, galima pasakyti, kad žmogui pasukti galvą didesniu kampų yra lengviau, nes iki 20° neįmanoma pasukti galvos raumenų tempimas (proprioreceptinis refleksas), todėl žmogui yra sunkiau nustatyti galvos padėtį ir pasukti reikiamu kampų. Ties 30 laipsnių riba žmogus pradeda jausti raumenų įtempimą ir taip gali geriau nuspręsti, kiek yra pasukta galva. Todėl tokiu atveju galima nesunkiai prognozuoti galvos posūkius, nes paklaidos ilgainiui stabilizuojasi.

Išvados

- Galvos pasukimo paklaidos priklauso nuo to, ar žmogus yra dešiniarankis, ar kairiarankis, bei nuo posūkio kampo dydžio.

D. Dervinis, V. Laurutis. Galvos posūkių kontrolės sistemos tyrimas // *Elektronika ir elektrotechnika*. – Kaunas: Technologija, 2003. Nr. 7(49). – P.60-64.

Žmogaus galvos judesių tikslumas buvo ištirtas televiziniu kampų matavimo metodu. Šis metodas tinka 360° apie savo ašį besisukančio kūno posūkio kampui matuoti. Galvos posūkių tyrimo rezultatai atskleidė, kad žmogaus sugebėjimas pasukti galvą tam tikru kampų neatant orientyro priklauso nuo tikslo kampo dydžio – didėjant kampui didėja ir paklaida; taip pat nuo to, ar žmogus yra dešiniarankis ar kairiarankis – dešiniarankiai, sukdami galvą į dešinę, pasuka daugiau, nei yra duotas kampas, o kairiarankiai reikiamo kampo nepasiekia. Kartojant judesius rezultatai gerėja ir tai rodo, kad žmogus gali lavinti savo galvos posūkių tikslumą. Il. 13, bibl. 9 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų, rusų k.).

- Atliekant bandymus atmerktomis akimis, kai tiriamasis žvilgsniu prisijieja prie aplinkos elementų, paklaidos gaunamos mažesnės. Maksimalūs nuokrypiai neviršija 2°.

- Bandymų metu pastebėta, kad tiriamieji, atlikdami tuos pačius veiksmus „mokosi“, t.y. paklaidos mažėja, didinant eksperimentų skaičių.

- Daroma prielaida, kad, kuriant žmogaus ir mašinos sąsajas bei parenkant operatorių, svarbu atsižvelgti ne tik į bendrus ergonomikos reikalavimus, bet ir individualias žmogaus savybes, kurias galima nustatyti atliekant testus.

Literatūra

- Henriques Y.D.; Crawford D.J. Role of eye, head, and shoulder geometry in the planning of accurate arm movements // *Journal of neurophysiology*. –2002 Apr; 87 (4).–P. 1677–85.
- Gdowski T.G.; McCrea A.R. Integration of vestibular and head movement signals in the vestibular nuclei during whole-body rotation. // *Journal of neurophysiology*.–1999 Jul; 82 (1).–P. 436-49.
- José F. Barraza and Norberto M. Grzywacz. Measurement of angular velocity in the perception of rotation // *Vision Research*.–Volume 42, Issue 21, September 2002.–P. 2457–2462.
- Williams A.; Mark N. Head, eye and arm coordination in table tennis // *Journal of Sports Sciences*.–Mar2002, Vol. 20 Issue 3.–P.87.
- Smeets JB; Hayhoe MM; Ballard DH. Goal-directed arm movements change eye-head coordination. // *Experimental brain research*.–1996 Jun; 109 (3).–P. 434.
- Henriques Y.D.; Medendorp P.W.; Khan Z.A.; Crawford D.J. Visuomotor transformations for eye-hand coordination. // *Progress in brain research*. –2002; 140.–P. 329.
- Biguer B; Jeannerod M; Prablanc C. The coordination of eye, head, and arm movements during reaching at a single visual target. // *Experimental brain research. Experimentelle Hirnforschung*.–1982; 46 (2).–P. 301.
- Крицюнас К.С. Преобразование эргатической информации. - Вильнюс: Мокслас, 1981.
- Kėvelaitis E., Illert M., Hultbar H. Žmogaus fiziologija. –K.: Kauno medicinos universiteto leidykla, 2002.

Pateikta spaudai 2003 07 25

D. Dervinis, V. Laurutis. The Research of Head Turn Control System // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2003. No. 7(49). – P.60-64.

The accuracy of human head rotation was investigated by video method for measurement rotation angle. This method can measure rotation angle in a range of 360° for rotating body. Head rotation results revealed that human subject ability to rotate head by defined angle, when subject doesn't see target, depends on aim angle size – increasing angle yields larger errors; do the subject is left or right hander – when right hander rotates head to right, he rotates head too much, left hander – too little. The improvement of accuracy was noticed after repeated experiments, this shows, that human can train accuracy of his head rotations. Ill. 13, bibl. 9 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

Д. Дервинис, В. Лаурутис. Исследование системы контроля поворотов головы // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2003. - № 7(49). - С. 60-64.

Точность движений головы человека исследовалась телевизионным методом измерения углов. Этот метод позволяет измерять углы поворота вращающегося тела вокруг своей оси до 360°. Результаты исследований поворота головы показали, что точность, не видя ориентира, зависит от величины угла (при увеличении угла – точность уменьшается), также от того, является ли человек левшой или нет (левши, поворачивая голову направо, не достигают заданного угла, а остальные превышают этот угол). Повторяя испытания точность результатов увеличивается, из чего следует, что человек способен тренировать точность поворотов головы. Ил. 13, библи. 9 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).