

Kompiuterio klaviatūros matematinis modelis

Anita JUŠKEVIČIENĖ

Matematikos ir informatikos institutas

Akademijos g. 4, LT-08663, Vilnius

el. paštas: anita@ktl.mii.lt

Santrauka. Pateiktas kompiuterio klaviatūros matematinis modelis atsižvelgiant į raidžių statistinį dažnį tekste ir pirštų spartumą. Modelio pagalba galima gauti įvairių klaviatūrų raidžių išdėstymo ergonomiškumą, panaudojant vieną kartą atliktais raidžių dažnių skaičiavimais ir tam tikrais pirštų darbo spartos matavimais, nepriklausomai nuo kalbos ir jos abėcėlės raidžių išdėstymo.

Raktiniai žodžiai: modelis, klaviatūra, dažnis, spartumas.

Įvadas

Dirbant su konkrečia klaviatūra yra priprantama prie jos raidžių išdėstymo. Lyginti klaviatūras reiktų nemažai laiko kol rinkėjai priprastų prie naujo raidžių išdėstymo. Kaip įvertinti klaviatūrą neatliekant eksperimentų?

Įvairioje literatūroje [5] yra palygintos įvairios klaviatūros atsižvelgiant į dažniausių raidžių išdėstymą klaviatūroje ar atstumus tarp klavišų. Tačiau neatsižvelgiama į skirtingus pirštų vikrumus.

Taigi, buvo sudarytas kompiuterio klaviatūros matematinis modelis, kurio pagalba galima palyginti įvairių klaviatūrų raidžių išdėstymo ergonomiškumą, panaudojant vieną kartą atliktais raidžių dažnių skaičiavimais ir tam tikrais pirštų darbo spartos matavimais, nepriklausomai nuo kalbos ir jos abėcėlės raidžių išdėstymo.

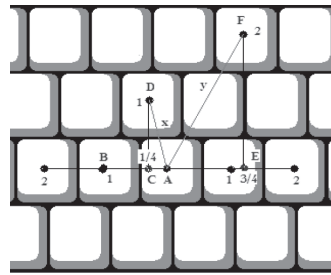
1. Klaviatūros nagrinėjimas

1.1. Atstumai tarp klaviatūros klavišų

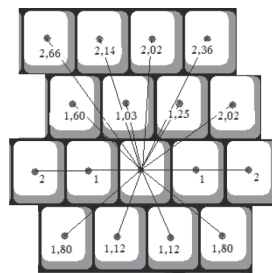
Teksto rinkimas priklauso nuo atstumų tarp klavišų. Kuo didesnis atstumas, tuo pirštas turi nueiti ilgesnį kelią, tai ir teksto rinkimas užtrunka ilgiau.

Kadangi visi ženklų klavišai yra vienodo dydžio, tai atstumus pakanka apskaičiuoti nuo bet kurio vieno klavišo.

Antros eilės kiekvienas klavišas yra pasislinkęs į kairę ketvirtadaliu klavišo ilgio trečios eilės klavišų atžvilgiu. Pirmos eilės kiekvienas klavišas yra pasislinkęs per pusę klavišo ilgio antros eilės klavišų atžvilgiu. Ketvirtos eilės kiekvienas klavišas yra pasislinkęs per pusę klavišo ilgio trečios eilės klavišų atžvilgiu. Laikykime, kad atstumas tarp gretimų klavišų (ir gulsčiai ir stačiai) vidurių lygus 1. Taigi, galima apskaičiuoti visus reikiamus atstumus tarp klavišų (1 pav.).



1 pav. Atstumų tarp klavišų skaičiavimo principas.



2 pav. Atstumai tarp klavišų.

$$AB = 1, DC = 1, AC = \frac{1}{4}, x = DA = ?$$

$$DA^2 = AC^2 + CD^2 = \left(\frac{1}{4}\right)^2 + 1^2 = \frac{17}{16}. \text{ Tuomet } x = DA = \frac{\sqrt{17}}{4} = 1,0308.$$

Analogiškai gauname ir kraštinę $y = AF = \frac{\sqrt{89}}{4} = 2,3585$.

Pateikiama bendroji atstumų schema su apskaičiuotais atstumais (2 pav.)

1.2. Pirštams priklausančių klavišų sritys

Priklausomai nuo pirštų pradinės padėties skiriasi ir pirštams priskiriamų klavišų sritys (3 pav.). Keičiasi tik dešinės rankos pirštų padėtis. Daugiausia pirštui priklauso 11 klavišų.



a)



b)

3 pav. Pirštams priklausančios klavišų sritys – a) ir b) atvejai.

Pasirinkus dešinės rankos padėtį dešiniau (3b pav.), prasiplečia kairės rankos smiliui priklausančių klavišų sritis (3 klavišais padidėja). Taip pat, vienu klavišu padaugėja kairės rankos mažylio piršto sritis bei dešinės rankos smiliaus sritis. Klavišų skaičius sumažėja tik dešinės rankos mažylio srityje (3 klavišais).

1.3. Pirštų paspaudimų skaičius

Literatūroje yra išnagrinėti pirštų nueinami keliai [3], tačiau atskirai, kiek kiekvienam pirštui tenka paspaudimų, nėra išnagrinėta. Piršto paspaudimų skaičius P_i yra jam priklausančios srities klavišų raidžių dažnių (procentinių pasikartojimų skaičiaus tekste) suma. Ji yra lygi 100% arba 1 [6,7].

Kiekvieno piršto srities klavišų reikšmių dažnių aibę žymėsime $\Omega_i = \{d_{ij}\}$, kai $i = 1, \dots, 8$ ir $j = 1, \dots, |\Omega_i|$ (i – pirštai: 1 – kairės rankos mažylio, 2 – kairės rankos bevardis, 3 – kairės rankos didysis, 4 – kairės rankos smilius, 5 – dešinės rankos smilius, 6 – dešinės rankos didysis, 7 – dešinės rankos bevardis, 8 – dešinės rankos mažylio; j – klavišai).

Pirštų paspaudimų skaičius

$$P = \sum_{i=1}^8 P_i = 1, \quad P_i = \sum_{j=1}^{|\Omega_i|} d_{ij}, \quad \text{kai } i = 1, \dots, 8. \quad (1)$$

1.4. Pirštų nueinamas kelias

Žinant pirštų pradinę padėtį klaviatūroje [1,4,2], atstumus tarp klavišų bei klavišų raidžių dažnius, galima apskaičiuoti pirštų nueinamą kelią S .

Imame visus klavišus priklausančius tam tikro piršto sričiai. Pirštui priklausančių atstumų aibę žymėsime $\Lambda_i = \{a_{ij}\}$, kai $i = 1, \dots, 8$ ir $j = 1, \dots, |\Lambda_i|$. Piršto nueinamu keliu S_i vadinamas piršto atstumų nueinamas dažnis. Jis apskaičiuotas tokiu būdu:

$$S = \sum_{i=1}^8 S_i, \quad S_i = \sum_{j=1}^{|\Lambda_i|} (a_{ij} \times d_{ij}), \quad \text{kai } i = 1, \dots, 8. \quad (2)$$

2. Modelio sudarymas

2.1. Pirštų spartumo skaičiavimo eksperimentas

Nagrinėjant klaviatūros ergonomiškumą renkant tekstą, nepakanka atsižvelgti tik į raidžių dažnius ir atstumus tarp klavišų. Svarbus yra ir pirštų miklumas. Todėl buvo atliktas eksperimentas kiekvieno ženklo rinkimo laikui apskaičiuoti.

Fiksuojame pradinę pirštų padėtį ant klavišų. Tam tikru pirštu spaudžiamas greimas klavišas ir grįžtama į pradinę padėtį. Tam, kad eksperimento atlikėjas pirštą tikrai grąžintų į pradinę padėtį, reikalaujama, kad grįžus į klavišą – jis būtų paspaustas. Kartojama 30 sekundžių. Tuomet suskaičiuojama kiek laiko renkamas vienas ženklas. Gautas skaičius vadinamas vieno ženklo rinkimo laiku. Atvirkščiai proporcingas jam dydis yra vadinamas piršto spartumu, t. y. surinktų ženklų skaičius per sekundę.

Apskaičiavus pirštų spartumų vidurkius gauti tokie rezultatai:

Mažyliai	1,87 ženkl/s
Bevardžiai	1,54 ženkl/s
Didieji	2,14 ženkl/s
Smiliai	2,65 ženkl/s
Kairė ranka	1,91 ženkl/s
Dešinė ranka	2,19 ženkl/s

Iš rezultatų matosi, kad sparčiausi pirštai yra smiliai, didieji sudaro 80,8% smilių spartumo, mažyliai – 70,7% ir lėčiausi bevardžiai – 58,1%. Dešinė ranka yra spartesnė nei kairė. Kairės rankos spartumas sudaro 87,2% dešinės rankos spartumo.

2.2. Klaviatūros ergonomiškumas

Žinant raidžių statistinius dažnius ir pirštų spartumus, galima apskaičiuoti ir teksto rinkimo laiką konkrečioje klaviatūroje T .

Piršto darbo laikas T_i yra visų jam priklausančių raidžių rinkimas. Jis skaičiuojamas taip ((3) formulė):

- imami visi tam tikram pirštui skirti klavišai. Pirštui priklausančių klavišų rinkimo laikų aibę žymėsime $\Psi_i = \{t_{ij}\}$, kai $i = 1, \dots, 8$ ir $j = 1, \dots, |\Psi_i|$;
- tuomet yra sudedami kiekvieno klavišo dažnis padaugintas iš rinkimo laiko:

$$T = \sum_{i=1}^8 T_i, \quad T_i = \sum_{j=1}^{|\Psi_i|} (d_{ij} \times t_{ij}), \quad \text{kai } i = 1, \dots, 8. \quad (3)$$

Pirštų darbo laiko atvirkštinis dydis yra pirštų spartumams renkant tekstą. Kuo šis skaičius (visų pirštų spartumų suma) yra didesnis tuo klaviatūra yra vadinama ergonomiškesne.

3. Modelio taikymas

3.1. Minimalaus pirštų darbo laiko klaviatūra

Žinant pirštų spartumus ir raidžių dažnius, galima sudaryti ribinę klaviatūrą. Apskaičiavus pirštų darbo laiką šioje klaviatūroje (modelio pagalba), gautasis skaičius bus minimalus lyginant jį su kitomis tos pačios kalbos klaviatūromis.

Įrodymas. Imkime stabilių vedybų uždavinį. Šiuo atveju įrodymas yra trivialus.

Imkime raidžių tekstinius dažnius, išdėstytus mažėjimo tvarka. Tuomet priskirkime juos visų pirštų atitinkamų klavišų rinkimo laikui, išrikiuotiems didėjimo tvarka. Tokiu būdu sudarytos ribinės klaviatūros (4 pav., 5 pav., 6 pav.).

Panaudojus modelį buvo gauti tokie klaviatūrų ergonomiškumo rodikliai:

- Lietuviškos standartinės klaviatūros ergonomiškumas sudaro 88,4% ribinės klaviatūros, o lietuviška skaičiukinė 86,8%.
- Angliškos QWERTY klaviatūros ergonomiškumas sudaro 81,7% ribinės klaviatūros rinkimo spartumo, o angliška *Dvorak* – 99%.
- Rusiškos standartinės klaviatūros ergonomiškumas sudaro 83,2% ribinės klaviatūros, o rusiška fonetinė – 86,1%.



4 pav. Lietuviška ribinė klaviatūra.

(Galimi klavišų sukeitimai dėl vienodo rinkimo laiko: V ir J; Š ir Ž; Ę ir F.)



5 pav. Angliška ribinė klaviatūra.

(Galimi klavišų sukeitimai dėl vienodo rinkimo laiko: F ir P; V ir K.)



6 pav. Rusiška ribinė klaviatūra.

(Galimi klavišų sukeitimai dėl vienodo rinkimo laiko: Ъ ir Я; Ь ir Г; И ir III.)

3.2. Pirštų paspaudimų skaičius

Kiekviena kalba turi savo raidžių dažnius tekste (raidžių pasikartojimo tekste statistinius dažnius). Tačiau dėl skirtingo raidžių išdėstymo klaviatūroje skiriasi pirštų paspaudimų skaičius.

Prieš sudarant modelį buvo apskaičiuotas pirštų klavišų paspaudimų skaičius įvairiose klaviatūrose. Pritaikius (1) formulę buvo gauti tokie paspaudimų paskirstymo pirštams procentiniai rezultatai:

	Mažyliai	Bevardžiai	Didieji	Smiliai
Lietuviška standartinė	18	17,9	28,4	35,7
Lietuviška skaičiukinė	16,3	16,8	28,7	38,2
Angliška QWERTY	10,2	20,3	27,6	41,9
Angliška <i>Dvorak</i>	18,7	21,9	27	32,4
Rusiška standartinė	9,1	7,7	19	64,3
Rusiška fonetinė	17,1	23	24,3	35,7

Daugiausia paspaudimų turėtų tekti sparčiausiems pirštams. Šią sąlygą atitinka lietuviška ir rusiška standartinės klaviatūros.

3.3. Pirštų nueinamo kelio paskirstymo pirštams įvairiose klaviatūrose pavyzdžiai

Sudarant modelį buvo apskaičiuoti ir pirštų nueinami keliai. Gauti tokie kelio pasiskirstymo pirštams procentiniai rezultatai:

	Mažyliai	Bevardžiai	Didieji	Smiliai
Lietuviška standartinė	7,7	10,4	30,3	51,6
Lietuviška skaičiukinė	9,2	8	27,7	55,1
Angliška QWERTY	2,8	12,25	29,29	55,75
Angliška <i>Dvorak</i>	9,7	17	12,5	60,8
Rusiška standartinė	12,3	3,7	13,2	70,8
Rusiška fonetinė	13,2	16,7	22,4	47,7

Daugiausia kelio nueiti turėtų sparčiausi pirštai. Tačiau iš rezultatų matyti, kad šio reikalavimo neatitinka lietuviška standartinė, angliškos QWERTY ir *Dvorak* bei rusiška fonetinė klaviatūros.

4. Išvados

Prieš sudarant modelį buvo išnagrinėti kiekvieno piršto klavišų paspaudimų dažniai bei nueinami keliai. Raidžių rinkimo laikas priklauso ne tik nuo atstumo tarp klavišų bet ir nuo piršto miklumo: kartais toliau esantis klavišas renkamas ilgiau nei esantis arčiau. Todėl pateikiamas kompiuterio klaviatūros matematinis modelis, kuriame atsižvelgiama į raidžių statistinius dažnius bei pirštų spartumus. Modelyje laikoma, kad po kiekvieno klavišo paspaudimo pirštas grįžta į pradinę padėtį. Taip tekstą renka dauguma tų, kurie yra išmokę akląjį rinkimo metodą, bet tekstus renka ne intensyviai.

Literatūra

1. G. Grigas. *Lietuviški rašmenys kompiuteryje. Atmintinė*. Smaltijos leidykla, Kaunas, 2001.
2. G. Grigas. *Lietuviška kompiuterio klaviatūra*.
<http://www.vlkk.lt/lit/naujienos/naujiena.522.html> [žiūr. 2009-04-04].
3. Y. Hiraga, Y. Ono, Y. Hisao. *An Analys of the Standard English Keyboard*, 242–248.
4. *Information Technology – Keyboard Layouts for Text and Office Systems ISO/IEC 9995-1*, 1994.
5. S. Maskeliūnas. *Lietuviškų klaviatūrų problemos ir jų sprendimo būdai*.
http://www.leidykla.eu/fileadmin/Informacijos_mokslai/42-43/128-134.pdf [žiūr. 2009-04-14].
6. V. Žilinskienė. *Lietuvių klabos dažninis žodynas*. Mokslas, Vilnius, 1990.
7. *Методологическое значение понятия «энтропия» для исторического исследования*.
<http://kleio.asu.ru/aik/bullet/29/22.html> [žiūr. 2009-04-24].

SUMMARY

A. Juškevičienė. *The mathematical model of computer keyboard*

A lot of countries have their own computer keyboards which are constructed allowed for some parameters and their language peculiarity.

It is interesting to find out: is the keyboard effective?

The main aim of this work is to create the mathematical model of computer keyboard which will help to measure the efficiency of different computer keyboard layouts without experiment using once counted letters rates and fingers quickness.

Keywords: keyboard, model, rates, quickness.