

XV kompiuterininkų  
konferencijos  
mokslo darbai



Lietuvos kompiuterininkų sąjunga

# XV kompiuterininkų konferencijos mokslo darbai

Klaipėda, 2011 rugsėjo 22–24 d.

*Žaka*

## Renginio rėmėjai ir partneriai



KLAIPĖDOS  
MIESTO MERAS



KLAIPĖDOS  
UNIVERSITETAS

ORACLE®



ECDL  
Lietuva

Microsoft®



Authorised  
Distributor



algoritmy  
sistemas



New Opportunities | BALTIC



infobalt  
LIETUVA



Saugus  
valstybinis  
duomenų  
perdavimo  
tinklas



INFOSTRUKTŪRA



ŠVIESA



VU Matematikos ir  
informatikos institutas

Žara  
Leidykla



LIETUVOS INFORMATIKOS  
MOKYTOJŲ ASOCIACIJA

*Antras papildytas leidimas*

ISBN 978-9986-34-269-4

# Turinys

<i>Vytautas Ašeris, Romas Baronas. Kintamo diskrečiosios gardelės erdvės žingsnio taikymas biojutiklio su chemiškai modifikuotu elektrodu kompiuteriniam modeliavimui.....</i>	7
<i>Antanas Andrius Bielskis, Dalė Dzemydienė, Darius Drungilas, Gediminas Gričius, Andrej Gorochovik, Rasa Gadliauskaitė. Afekto atpažinimo metodų lyginamoji analizė.....</i>	19
<i>Vaino Brazdeikis, Mantas Masaitis. Kompiuterinės mokymo priemonės edukacinėse ir mokymosi aplinkose .....</i>	33
<i>Renata Danielienė, Eugenijus Telešius. Testų konstravimo principų ir testuojamojo parametrų įtakos kompiuterinio raštingumo testams analizė .....</i>	45
<i>Sigitas Dapkūnas, Valdemaras Zaramba. Programinės įrangos priežiūrumo ir priežiūros matavimas .....</i>	57
<i>Dalė Dzemydienė, Eugenijus Jasiūnas, Valentinas Kriaučiukas, Arūnas Miliauskas. Possibilities of Managing of Informational Resources in the Adaptive e-Service Providing System by Using Domain Ontology .....</i>	67
<i>Gintautas Grigas, Agnė Strelkauskytė. Sparčiųjų klavišų lokalizavimo problemos .....</i>	74
<i>Daina Gudonienė. Naujų IKT metodų taikymas Lietuvos mokyklose .....</i>	86
<i>Nerutė Kligienė. Skaitmeniniai pėdsakai internete profesinės etikos kontekste.....</i>	97
<i>Eugenijus Kurilovas, Irina Vinogradova, Inga Žilinskienė. Analitinio hierarchinio proceso (AHP) metodo taikymas nuotolinių mokymo kursų naudotojų sąsajos kokybei vertinti .....</i>	112
<i>Linas Litvinas, Romas Baronas, Remigijus Šimkus. Švytinčių bakterijų kolonijos struktūros formavimosi kompiuterinis modeliavimas.....</i>	124
<i>Regimantas Mačiulskis, Sigita Turskienė. Struktūrizuotos mokomosios medžiagos pateikimo virtualioje mokymosi aplinkoje <i>Sakai</i> galimybių analizė.....</i>	133

<i>Irena Mikuckienė, Antanas Mikuckas. Dinaminis veninės kraujotakos modeliavimas naudojant Smulink</i> .....	143
<i>Alfredas Otas. Informacinės visuomenės kompiuterija</i> .....	152
<i>Henrikas Pranevičius, Virginijus Pampikas. Paciento kontroliuojamos analgezijos proceso imitacinis modelis</i> .....	164
<i>Aurimas Rapečka, Gintautas Dzemyda. Rekomendacinių sistemų ir jose naudojamų rekomendavimo algoritmų apžvalga</i> .....	175
<i>Vitalija Rudzkienė, Adomas Kanopka. Tinklinių verslo ir informacinių sistemų modelių konstravimo ir derinimo metodologiniai aspektai</i> .....	186
<i>Algis Saulis. Informacinių sistemų kainos ir naudos analizės interpoliacinių funkcijų parinkimo klausimu</i> .....	200
<i>Andrius Stašauskas. Veiklos eigų realizavimas naujienų turinio valdymo sistemose</i> .....	208
<i>Algimantas Venčkauskas, Stasys Maciulevičius, Jevgenijus Toldinas. Informacijos ir informacinių technologijų saugos magistratūros programa</i> .....	221
<i>Daiva Vitkutė-Adžgauskienė, Antanas Vidžiūnas. Integruotos pagrindinių programavimo dalykų mokymo aplinkos formavimo principai ir problemos</i> .....	230

# Kintamo diskrečiosios gardelės erdvės žingsnio taikymas biojutiklio su chemiškai modifikuotu elektrodu kompiuteriniam modeliavimui<sup>1</sup>

## Vytautas Ašeris

Vilniaus universiteto, Matematikos ir Informatikos fakulteto,  
Programų sistemų katedros doktorantas  
Vilnius University, Faculty of Mathematics and Informatics, Doctoral student  
Naugarduko g. 24, LT-03225 Vilnius  
Tel. (+370 5) 219 30 64, faks. (+370 5) 215 15 85  
El. paštas: vytautas.aseris@mif.vu.lt

## Romas Baronas

Vilniaus universiteto, Matematikos ir Informatikos fakulteto, programų sistemų katedros profesorius, daktaras  
Vilnius University, Faculty of Mathematics and Informatics, Professor, PhD  
Naugarduko g. 24, LT-03225 Vilnius  
Tel. (+370 5) 219 30 64, faks. (+370 5) 215 15 85  
El. paštas: romas.baronas@mif.vu.lt

*Darbe nagrinėjamas biojutiklio su chemiškai modifikuotu elektrodu veikimo modelis. Biojutiklio veikimas aprašomas matematinio modeliu, kurio pagrindas yra difuzijos lygtys su netiesiniu reakcijos nariu, aprašančiu fermentinę reakciją. Modelis taikomas biojutiklio atsako (elektros srovės) priklausomybėms nuo konkrečių parametru tirti. Uždavinys sprendžiamas skaitiniu modeliavimu, kuris yra imlus laikui. Darbe naudojamas baigtinių skirtumų metodas su išreikštine schema. Konkrečiais atvejais skirtuminės schemos pastovus erdvės žingsnis gali būti efektyviai keičiamas kintamu. Šio darbo tikslas – ištirti, kokioms parametru reikšmėms ir kaip efektyviai kompiuterinio biojutikliu veikimo modeliavimą galima paspartinti taikant kintamo dydžio erdvės žingsnį bei ištirti nagrinėjamo biojutiklio biochemines savybes. Darbe gauti rezultatai svarbūs dviem aspektais: pirma – nustatyta, su kokiomis parametru reikšmėmis yra tikslinga naudoti sukurtą kintamo erdvės žingsnio skirtuminę schemą, antra – naudojantis sudaryta schema buvo tirtos nagrinėjamo biojutiklio savybės, nustatyta tariamosios Michaelio-Menten konstantos priklausomybė nuo mediatoriaus koncentracijos.*

---

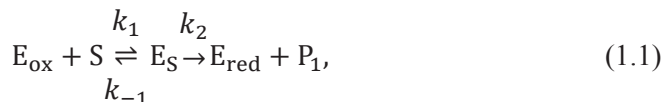
<sup>1</sup> Straipsnis parengtas įgyvendinant projektą „Kompiuterinių metodų, algoritmu ir įrankių efektyviam sudėtingos geometrijos biojutikliu modeliavimui ir optimizavimui sukūrimas“, finansuojamą iš ES Socialinio fondo pagal VP1-3.1-ŠMM-07-K priemonę „Parama mokslininkų ir kitų tyrėjų mokslinei veiklai (Visuotinė dotacija)“ lėšų.

## *Ivadas*

Biojutikliai – matavimo įrenginiai, skirti tirpalo cheminėms savybėms tirti (Scheller, Schubert, 1992). Jie taikomi atpažįstant konkrečius biologinius junginius ir nustatant jų koncentracijas tiriamuose tirpaluose (Scheller, Schubert, Fedrowitz ir kt., 1997). Pagrindinė biojutiklio sudedamoji dalis – fermentas – yra brangi medžiaga, todėl taupant jį svarbu fizinius eksperimentus keisti kompiuteriniu modeliavimu. Naudojantis modeliavimo rezultatais kuriami eksperimentiniai biojutikliai ir gerinami jau egzistuojantys. Vykstantys biocheminiai procesai aprašomi matematinio modeliu, kuris bendrai sprendžiamas skaitiniais metodais. Naudojantis kompiuteriniais modeliais tyrimuose dažniausiai pasitaikančios užduotys būna didelės apimties. Trukmę lemia dvi priežastys: kiek kartų modeliuojama ir vieno modeliavimo trukmė. Pirmuoju atveju galima efektyviai panaudoti skaičiavimų tinklus taip atliekant lygiagretųjį spartinimą (Ašeris, Baronas, 2010). Tais atvejais, kai kompiuterinių modeliavimų skaičius nėra didelis, aktualu taikyti nuoseklųjį spartinimą. Šiame darbe tiriamas nuoseklojo spartinimo efektyvumą panaudojant kintamo dydžio erdvės žingsnį skirtuminėje schemoje. Spartinimas buvo pritaikytas modeliuojant biojutiklio su chemiškai modifikuotu elektrodu (CME) veikimą (Cenas, Kulys, 1981; Baronas, Kulys, 2008). Šiame darbe iširtos biocheminės sąlygos, kurioms esant tikslinga taikyti kintamą erdvės žingsnį kompiuteriniam biojutiklių su chemiškai modifikuotu elektrodu modeliavimui. Taip parenkant žingsnį, skaičiavimuose atsirandančios paklaidos įvertintos skaitinius sprendinius lyginant su žinomais analitiniais sprendiniais (Cenas, Kulys, 1981; Schulmeister, 1991). Naudojantis darbe sukurta skaičiavimų schema nustatyta biojutiklio su chemiškai modifikuotu elektrodu tariamosios Michaelio-Menten konstantos priklausomybė nuo mediatoriaus koncentracijos.

## *1. Matematinis modelis*

Chemiškai modifikuoto biojutiklio biokatalizės procesuose dalyvauja trys medžiagos: pagrindinė biojutiklio sudedamoji dalis - fermentas (E), medžiaga, kurios koncentraciją siekiama nustatyti – substratas (S), ir mediatorius (M) – medžiaga, kuria chemiškai modifikuotas elektrodas (Cenas, Kulys, 1981). Fermentinė reakcija, kurios metu substratas virsta produktu (P), aprašoma taip:



čia  $E_{ox}$  yra oksiduotas fermentas,  $E_{red}$  – redukuotas fermentas,  $E_S$  – fermento-substrato junginys, P ir  $P_1$  – reakcijos produktai. Biojutiklio veikimas nagrinėjamas vienmatėje



erdvėje, trijuose sluoksniuose: fermento, kuriame vyksta fermentinė reakcija ir medžiagų difuzija, difuzijos sluoksnyje, kuriame medžiagos tik difunduoja, ir išoriniame sluoksnyje, kuriame substrato koncentracija proceso metu nekinta.

### 1.1. Pagrindinės lygtys

Tarpinio reakcijos produkto  $P_1$  koncentracijos dinamika yra nenagrinėjama, nes šis produktas neturi įtakos biojutiklio atsakui. Laikantis kvazistacionarumo prielaidos, fermento-substrato junginio  $E_s$ , redukuoto fermento  $E_{red}$  ir oksiduoto fermento  $E_{ox}$  koncentracijos laike kinta nežymiai (Turner ir kt., 1987):

$$\frac{\partial E_{ox}}{\partial t} \approx \frac{\partial E_s}{\partial t} \approx \frac{\partial E_{red}}{\partial t} \approx 0.$$

Nustatyta, kad biojutiklis su chemiškai modifikuotu elektrodu konkrečioms parametrų reikšmėms gali būti modeliuojamas naudojantis kvazistacionarumo prielaida (Ašeris, Baronas, 2010). Substrato, mediatoriaus ir produkto koncentracijų kaitos fermento sluoksnyje aprašomos lygčių sistema (Baronas, Kulys, 2008):

$$\frac{\partial S_e}{\partial t} = D_{S_e} \frac{\partial^2 S_e}{\partial x^2} - v(M_e, S_e), \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial M_e}{\partial t} = D_{M_e} \frac{\partial^2 M_e}{\partial x^2} - v(M_e, S_e), \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial P_e}{\partial t} = D_{P_e} \frac{\partial^2 P_e}{\partial x^2} + v(M_e, S_e), \quad (2.3)$$

čia  $t$  yra laikas,  $t > 0$ ,  $x$  – erdvės koordinatė.  $x = 0$  atitinka elektrodo paviršių,  $x = d_e$  – fermento ir difuzijos sluoksnių sandūrą.  $S_e(x,t)$ ,  $M_e(x,t)$ ,  $P_e(x,t)$  yra substrato, mediatoriaus ir produkto koncentracijos fermento sluoksnyje.  $E_s(x,t)$ ,  $E_{red}(x,t)$  ir  $E_{ox}(x,t)$  – fermento-substrato junginio, redukuoto fermento ir oksiduoto fermento koncentracijos. Substrato, mediatoriaus ir produkto difuzijos koeficientai fermente pažymėti atitinkamai:  $D_{S_e}$ ,  $D_{M_e}$ ,  $D_{P_e}$ . Reakcijos narys  $v(M_e, S_e)$  apibrėžiamas taip:

$$v(M_e, S_e) = \frac{E_0 k_1 k_2 k_3 S_e M_e}{k_1 k_3 S_e M_e + (k_{-1} k_3 + k_2 k_3) M_e + k_1 k_2 S_e}. \quad (2.4)$$

Difuzijos sluoksnyje ( $d_e < x < d_e + d_d$ ) reakcija nevyksta ir laikoma, kad fermentas į difuzijos sluoksnį nedifunduoja, todėl pagrindinės lygtys difuzijos sluoksnyje aprašomos substrato, mediatoriaus ir produkto difuzijos lygtimis:

$$\frac{\partial U_d}{\partial t} = D_{U_d} \frac{\partial^2 U_d}{\partial x^2}, \quad \text{čia } U = S, M, P, \quad (3)$$

čia  $U_d(x,t)$  medžiagos  $U$  koncentracija difuzijos sluoksnyje,  $D_{U_d}$  – medžiagos difuzijos koeficientas difuzijos sluoksnyje. Difuzijos sluoksnis ( $d_e < x < d_d$ ) laikomas Nerst difuzijos sluoksniu, kurio storis  $d_d$  biojutiklio veikimo metu nekinta (Britz, 2005).

### 1.2. Pradinės sąlygos

Biojutiklis pradeda veikti, kai išoriniame sluoksnyje atsiranda substrato:

$$S_e(x, 0) = 0, \quad 0 \leq x \leq d_e, \quad (4.1)$$

$$M_e(x, 0) = \begin{cases} M_0, & x = 0, \\ 0, & 0 \leq x \leq d_e, \end{cases} \quad (4.2)$$

$$P_e(x, 0) = 0, \quad 0 \leq x \leq d_e, \quad (4.3)$$

$$S_d(x, 0) = \begin{cases} 0, & d_e \leq x \leq d_e + d_d, \\ S_0, & x = d_e + d_d, \end{cases} \quad (4.4)$$

$$M_d(x, 0) = 0, \quad d_e \leq x \leq d_e + d_d, \quad (4.5)$$

$$P_d(x, 0) = 0, \quad d_e \leq x \leq d_e + d_d, \quad (4.6)$$

čia  $S_0$  yra substrato koncentracija išoriniame sluoksnyje,  $M_0$  – mediatoriaus koncentracija elektrodo paviršiuje.

### 1.3. Kraštinės sąlygos

Kraštinės sąlygos apibrėžiamos visoms sluoksnių sandūroms: elektrodo paviršiaus, fermento-difuzijos sluoksnių sandūroje ir difuzijos ir išorinio sluoksnių sandūroje. Elektrodo paviršiuje ( $x = 0$ ) substratui taikoma nepralaidumo sąlyga, dėl elektrodo polarizacijos visas reakcijos produktas išaikvojamas srovei generuoti, o mediatoriaus koncentracija nuolatos palaikoma pastovia:

$$\left. \frac{\partial S_e}{\partial t} \right|_{x=0} = 0, \quad (5.1)$$

$$M_e(0, t) = M_0, \quad (5.2)$$

$$P_e(0, t) = 0. \quad (5.3)$$

Laikoma, kad fermento-difuzijos sluoksnių sandūroje ( $x = d_e$ ) medžiagų kiekiai, patenkantys į fermento sluoksnį, yra lygūs medžiagų kiekiams, difunduojantiems iš fermento:

$$D_{U_e} \left. \frac{\partial U_e}{\partial t} \right|_{x=d_e} = D_{U_d} \left. \frac{\partial U_d}{\partial t} \right|_{x=d_d}, \quad (6.1)$$

$$U_e(d_e, t) = U_d(d_e, t), \quad (6.2)$$

čia  $U = S, M, P$ . Difuzijos sluoksnio išorėje ( $x = d_e + d_d$ ) medžiagų koncentracijos visą laiką ( $t > 0$ ) išlieka pastovios:

$$S_d(d_e + d_d, t) = S_0, \quad (7.1)$$

$$M_d(d_e + d_d, t) = 0, \quad (7.2)$$

$$P_d(d_e + d_d, t) = 0. \quad (7.3)$$

#### 1.4. Biojutiklio atsakas

Darbe nagrinėjamo amperometrinio biojutiklio atsakas yra elektros srovė, proporcinga produkto koncentracijai elektrodo paviršiuje (Scheller, Schubert, 1992). Remiantis Faradėjaus ir Fiko dėsniais, srovės tankis  $i(t)$  laiko momentu  $t$  aprašomas lygtimi:

$$i(t) = n_e F D_{P_e} \left. \frac{\partial P_e}{\partial t} \right|_{x=0}, \quad (8)$$

čia  $n_e$  yra elektronų, kurie perneša krūvį elektrodo paviršiuje, skaičius,  $F$  – Faradėjaus konstanta ( $F = 96485$  C/mol). Pradžioje biojutiklio srovės tankis sparčiai didėja, o vėliau pasiekia savo pusiausvyrą:

$$i_s = \lim_{t \rightarrow \infty} i(t). \quad (9)$$

#### 1.5. Tariamoji Michaelio-Menten konstanta

Michaelio-Menten kinetiniame modelyje Michaeli-Menten konstanta nurodo substrato koncentraciją, kai pasiekiamas pusė maksimaliojo fermentinės reakcijos greičio (Scheller, Schubert, 1992). Konkrečiais praktiniais atvejais tikslingiau naudoti tariamąją Michaelio-Menten konstantą, žymimą  $K_M^{tar}$ . Svarbu rasti tokius biojutiklio parametrus, su kuriais Michaelio-Menten konstanta būtų kuo didesnė. Taip išplečiamas substrato koncentracijų intervalas, kuriame biojutiklis veikia efektyviai. Šios konstantos priklausomybė nuo difuzijos sluoksnio savybių tyrinėta Michaelio-Menten kinetika paremtame biojutiklyje (Štikonienė ir kt., 2010). Biojutikliui, kuris yra su chemiškai modifikuotu elektrodu, veikiančiam vonios režimu, tariamoji Michaelio-Menten konstanta apibrėžiama naudojantis pusiausvyra srove:  $K_M^{tar}$  yra substrato koncentracija, kai yra pasiekiamas pusė maksimalaus pusiausvyroje srovės tankio:

$$K_M^{tar} = \{S_0^*: i_s(S_0^*) = 0,5 \lim_{S_0 \rightarrow \infty} i_s(S_0)\}, \quad (10)$$

čia  $i_s(S_0)$  yra stacionarusis biojutiklio srovės tankis, pasiekiamas esant  $S_0$  koncentracijai.

## 2. Matematinio modelio sprendimas

Analiniai sprendiniai dėl sudėtingų kraštinių sąlygų egzistuoja tik konkrečioms biojutiklio parametrų reikšmėms, todėl matematinis modelis (2)–(7) bendrai sprendžiamas skaitiniais metodais.

### 2.1. Skaitinis sprendinys

Modelis buvo sprendžiamas naudojantis baigtinių skirtumų metodu, sudarant išreikštinę schemą (Samarskii, 2001). Naudojant pastovų erdvės žingsnį, argumentų  $x$  ir  $t$  tolydaus kitimo sritis keičiama diskrečia taškų aibe:

$$x_i = \begin{cases} h_e i, & i = 0, 1, \dots, N_{P1}, \\ h_d(i - N_{P1}) + d_e, & i = N_{P1} + 1, N_{P1} + 2, \dots, N_P, \end{cases} \quad (11.1)$$

$$t_j = j\tau, \quad j = 0, 1, \dots, M, \quad M\tau = T, \quad (12.2)$$

$h_e = N_{P1}/d_e$  ir  $h_d = (N_P - N_{P1})/d_d$  – erdvės žingsnių dydžiai fermento ir difuzijos sluoksniuose,  $N_{P1}$  – erdvės taškų skaičius fermento sluoksnyje,  $N_P$  – visas erdvės taškų skaičius,  $T$  – laikas, per kurį biojutiklyje vykstantys procesai pasiekia pusiausvyrą. Siekiant užtikrinti efektyvesnį biojutiklių modeliavimą, naudojamas kintamas erdvės žingsnis, taip visą erdvės taškų skaičių sumažinant  $R$  nuošimčių:

$$R = \frac{N_P - N_{KR}}{N_P} \cdot 100\%, \quad (13)$$

čia  $N_{KR}$  yra erdvės taškų skaičius naudojant kintamo dydžio erdvės žingsnį. Pažymėkime, kad  $N_K$  yra sveikoji skaičiaus  $N_{KR}$  dalis. Nutarėme, kad svarbiausi taškai yra sluoksnių sandūroje ir jų kraštuose, apibrėžiami kraštinėmis sąlygomis (5)–(7). Todėl šiems taškams naudojome sąlyginai mažus erdvės žingsnius, o artėjant fermento sluoksniu vidurio ( $d_e/2$ ) ir difuzijos sluoksniu vidurio ( $(d_e + d_d)/2$ ) link žingsnius didiname eksponentiškai:

$$h_i = \begin{cases} h_e q_e^{i-1}, & i = 1, 2, \dots, N_{K1}, \\ h_e q_e^{N_{K2}-i-1}, & i = N_{K1}, N_{K1} + 1, \dots, N_{K2}, \\ h_d q_d^{i-N_{K2}-1}, & i = N_{K2}, N_{K2} + 1, \dots, N_{K3}, \\ h_d q_d^{N_K-i-1}, & i = N_{K3}, N_{K3} + 1, \dots, N_K, \end{cases} \quad (14.1)$$

čia  $q_e$  ir  $q_d$  yra eksperimentiškai parinkti geometrinės progresijos vardikliai fermento ir difuzijos sluoksniams, tokie, kad būtų tenkinamos sąlygos:

$$d_e = \sum_{i=1}^{N_{K2}} h_i, \quad d_d = \sum_{i=N_{K3}}^{N_K} h_i, \quad (15.1)$$

$$\begin{aligned} N_{K1} &= N_{K2} - N_{K1}, \\ N_{K3} - N_{K2} &= N_K - N_{K3}. \end{aligned} \quad (15.2)$$

Modeliuojant biojutiklio veikimą skaitmeniškai, stacionariąja srove (9) laikėme srovę, kurios pokytis yra santykinai mažas per santykinai didelį laiką. Laikas  $t_R$  žymi laiką, per kurį pasiekiamas priimtinas srovės mažėjimas:

$$t_R = \min_{i(t)>0} \left\{ t: \frac{j\tau}{i(j\tau)} \left| \frac{di(j\tau)}{d(j\tau)} \right| < \varepsilon \right\}, \quad i(t_R) \approx i_s. \quad (16)$$

Atsako laikas labai priklauso nuo srovės mažėjimo greičio: kai  $\varepsilon \rightarrow 0$ ,  $t_R \rightarrow \infty$ . Skaičiavimams atlikti buvo naudojamas  $\varepsilon = 10^{-4}$ . Pažymėkime, kad

$$\begin{aligned} i_{sK} &= i(t_R), \quad R > 0, \\ i_{sP} &= i(t_R), \quad R = 0. \end{aligned} \quad (17)$$

## 2.2. Analitiniai sprendiniai

Analitinis sprendinys egzistuoja tais atvejais, kai netiesinį reakcijos narį (2.4) galima pakeisti tiesiniu (Schulmeister, 1990). Netiesinis reakcijos narys, kartu ir visas biojutiklio veikimas itin priklauso nuo mediatoriaus ( $M_0$ ) ir substrato ( $S_0$ ) koncentracijų. Todėl siūloma naudoti bedimensį šių dydžių santykį kartu su atitinkamais reakcijų greičiais:

$$\Sigma = \frac{S_0}{M_0} \frac{k_1 k_2}{k_3(k_{-1} + k_2)}. \quad (18)$$

Kai  $\Sigma \ll 1$ , stacionarioji srovė apskaičiuojama taip (Schulmeister, 1990):

$$\begin{aligned} i_{s1} &= n_e F D_{P_e} S_0 \frac{1}{d_e + d_d} \left( d_e \right. \\ &\quad \left. + d_d \frac{D_{S_d} - \sigma D_{S_e} \sinh(\sigma) / \cosh(\sigma)}{D_{S_d} + \sigma D_{S_e} (d_d / d_e) \sinh(\sigma) / \cosh(\sigma)} \right) \times \\ &\quad \left( \frac{\sigma D_{S_e} d_d}{d_e} \times \frac{\sinh(\sigma)}{\cosh(\sigma)} + \frac{D_{S_e} D_{P_d}}{D_{P_e}} \left( 1 - \frac{1}{\cosh(\sigma)} \right) \right) / (D_{P_d} d_e + D_{P_e} d_d), \end{aligned} \quad (19)$$

čia  $\sigma_1^2 = E \frac{k_1 k_2}{k_{-1} + k_2} \frac{d_e^2}{D_{S_e}}$  yra reakcijos ir difuzijos greičių santykis - difuzijos modulis, dar vadinamas Damköhlerio numeriu (Aris, 1975).

Kai  $\Sigma \gg 1$ , analitinė stacionarioji srovė išreiškiama tokia formule (Cenas, Kulys, 1981):

$$i_{s2} = n_e F D_{P_e} M_0 (\sigma_2 \coth(\sigma_2) - 1), \quad (20)$$

čia  $\sigma_2^2 = k_3 \frac{d_e^2}{D_{S_e}}$ .

## 2.3. Sprendinių palyginimas

Laikas, reikalingas biojutiklio atsakui apskaičiuoti naudojant tiek kintamą, tiek pastovų erdvės žingsnius, yra tiesiogiai proporcingas skirtuminės schemos taškų skaičiui (Samarškii, 2001):

$$SK = M \cdot N, \quad N = N_P, N_K, \quad (21)$$

čia  $M$  yra laiko žingsnių skaičius,  $N$  – erdvės taškų skaičius.

Skaičiavimų paklaidą, atsirandančią dėl kintamo erdvės žingsnio, vertiname taip:

$$\varepsilon_R = \frac{|i_{sA} - i_{sK}|}{i_{sA}} \cdot 100\%, \quad i_{sA} = \begin{cases} i_{s1}, & \Sigma \ll 1, \\ i_{s2}, & \Sigma \gg 1, \\ i_{sP}, & \Sigma = 1. \end{cases} \quad (22)$$

Skaitinio modelio patikimumas pastovaus žingsnio atveju ( $N_p = 1000$ ,  $R = 0$ ) buvo įvertintas tipiniams biojutiklio parametrams:

$$\begin{aligned}
 D_{Ud} &= 2D_{Ue} = 6 \cdot 10^{-10} \text{m}^2 \text{s}^{-1}, & U &= S, M, P, \\
 k_{-1} &= 10^4 \text{s}^{-1}, & S_0 &= 10^{-6} \text{M}, \\
 k_1 &= 1,1 \cdot 10^5 \text{M}^{-1} \text{s}^{-1}, & M_0 &= 10^{-3} \text{M}, \\
 k_2 &= 10^3 \text{s}^{-1}, & E_0 &= 10^{-7} \text{M}, \\
 k_3 &= 10^7 \text{M}^{-1} \text{s}^{-1}, & n_e &= 1, \\
 d_e &= d_d = 10^{-4} \text{m}.
 \end{aligned} \tag{23}$$

Skaičiavimų paklaida lyginant su analitiniais sprendiniais (19) ir (20) buvo mažesnė nei 1%.

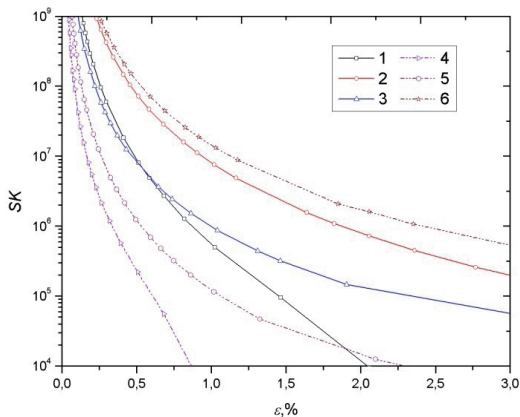
### 3. Rezultatai

Kintamo žingsnio efektyvumas nagrinėtas keičiant pastovaus žingsnio diskrečiosios gardelės erdvės taškų skaičių  $N_p$ . Apskaičiuota, kiek reikia diskrečiosios gardelės taškų (21), kad kompiuterinio modeliavimo rezultatas neviršytų konkrečios paklaidos. Tyrimai atlikti skirtingoms fermento koncentracijoms  $E_0$  ir skirtingiems taškų skaičiaus mažinimo dydžiams  $R$ . Naudojantis kintamo erdvės žingsnio skirtumine schema iširta tariamosios Michaelio-Menten konstantos priklausomybė nuo mediatoriaus koncentracijos.

#### 3.1. Kintamo žingsnio efektyvumas

Kai substrato koncentracija yra santykinai maža, lyginant ją su mediatoriaus koncentracija ( $\Sigma \ll 1$ ), erdvės taškų skaičiaus (21) priklausomybė nuo siekiamos skaičiavimų paklaidos pateikiama 1 pav. Visi biojutiklio parametrai naudoti kaip minėtu (23) atveju.

Pastebima, kai fermento koncentracija yra santykinai didelė ( $E_0 = 10^{-5}$  M, kreivės 4–6), taikant kintamą žingsnį, 0,5% tikslumu galima skaičiuoti maždaug 1000 kartų greičiau nei naudojant pastovų erdvės žingsnį. Didelė fermento koncentracija reiškia didelį fermentinės reakcijos greitį. Tokiu atveju galima taikyti  $R = 90\%$  erdvės

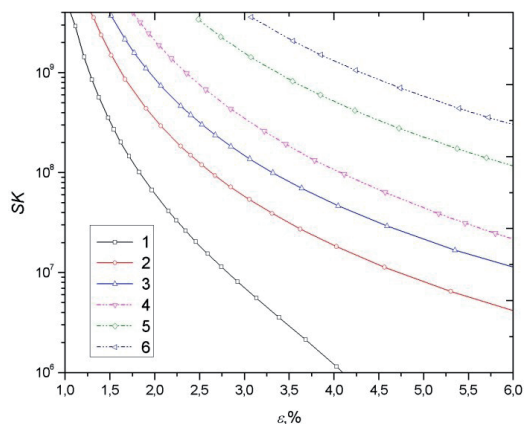


**1 pav.** Diskrečiosios gardelės mazgų skaičiaus  $SK$  priklausomybė nuo siekiamos skaičiavimų paklaidos  $\varepsilon$ , kai  $\Sigma \ll 1$ , apskaičiuotos skirtingoms fermento koncentracijoms  $E_0$ :  $10^{-6}$  M (1, 2, 3),  $10^{-5}$  M (4, 5, 6) ir skirtingiems žingsnių mažinimams  $R$ : 0 (3, 6), 60 (2, 5) ir 90 (1, 4).

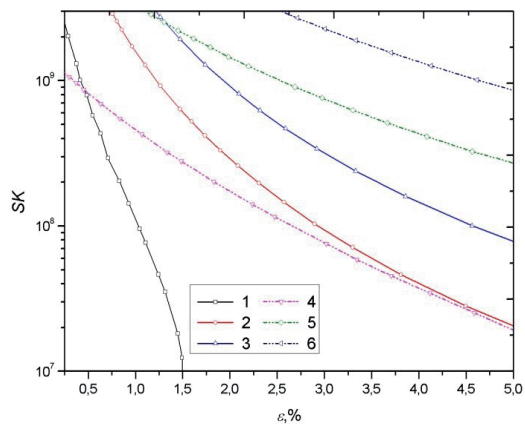
žingsnių skaičiaus mažinimą (4 kreivė). Didelės fermento koncentracijos atveju verta taikyti kintamo žingsnio skaičiavimus visame nagrinėjamų paklaidų intervale, nes visais atvejais tam pačiam tikslumui žingsnių skaičius sumažėja mažiausiai 100 kartų. Jei fermento koncentracija yra eile mažesnė ( $E_0 = 10^{-6}$  M, kreivės 1–3), tada kintamo žingsnio mažų paklaidų intervale ( $\varepsilon < 1$ ) taikyti neverta, nes reikalingas didesnis erdvės žingsnių skaičius. Tik kai turime didelį žingsnių mažinimą ( $R = 90\%$ , 1 kreivė), verta taikyti kintamą žingsnį, tačiau tik paklaidoms, didesnėms nei 1%.

Kai mediatoriaus koncentracija yra sąlyginai maža lyginant su substrato koncentracija ( $\Sigma \gg 1$ ), kintamą erdvės žingsnį verta taikyti abiemis nagrinėtoms fermento koncentracijoms (2 pav.). Skaičiavimuose naudota substrato koncentracija  $S_0 = 0,1$  M, mediatoriaus koncentracija –  $M_0 = 10^{-6}$  M, kitos reikšmės tokios kaip (23) atveju.

Abiems nagrinėtoms fermento koncentracijoms kintamo erdvės žingsnio pritaikymas nulemia mažesnę diskrečios gardelės taškų skaičių, taigi tuo atveju, kai  $\Sigma \gg 1$ , kintamo žingsnio taikymas užtikrina efektyvesnę kompiuterinį modeliavimą. Siekiant tokios pačios skaičiavimų paklaidos skaičiuojant su pastovaus dydžio erdvės žingsniu reikia mažiausiai 10 kartų daugiau gardelės taškų. Didesnė fermento koncentracija, kaip ir pirmuoju atveju, reikalauja daugiausiai erdvės taškų skaičiuojant su nekintamu erdvės žingsniu (6 kreivė). Itin didelio kintamo žingsnio atveju (kreivės 1 ir 4) mažesnei fermento koncentracijai reikia mažiau



**2 pav.** Diskrečios gardelės mazgų skaičiaus priklausomybė nuo siekiamos skaičiavimų paklaidos, kai  $\Sigma \gg 1$ , apskaičiuotos skirtingoms fermento koncentracijoms  $E_0$ :  $10^{-6}$  M (1, 2, 3),  $10^{-5}$  M (4, 5, 6) ir skirtingiems žingsnių mažinimams  $R$ : 0 (3, 6), 60 (2, 5) ir 90 (1, 4).



**3 pav.** Diskrečios gardelės mazgų skaičiaus priklausomybė nuo siekiamos skaičiavimų paklaidos, kai  $\Sigma = 1$ , apskaičiuotos skirtingoms fermento koncentracijoms  $E_0$ :  $10^{-6}$  M (1, 2, 3),  $10^{-5}$  M (4, 5, 6) ir skirtingiems žingsnių mažinimams  $R$ : 0 (3, 6), 60 (2, 5) ir 90 (1, 4).

diskrečiosios gardelės taškų nei didesnei fermento koncentracijai.

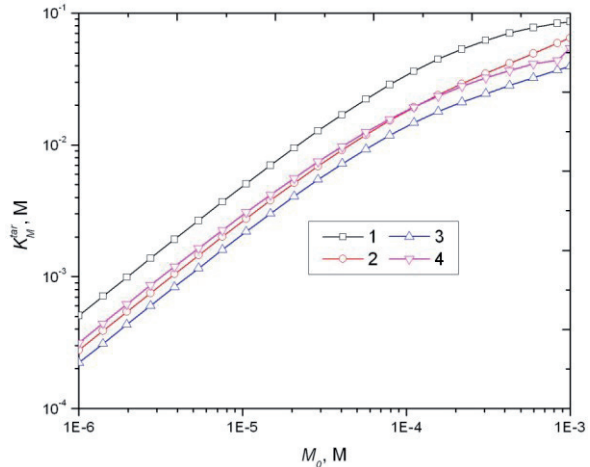
Kai  $\Sigma = 1$ , kintamą erdvės žingsnį taip pat verta taikyti abiemis nagrinėtoms fermento koncentracijoms (3 pav.). Skaičiavimuose naudota substrato koncentracija  $S_0 = 10^{-3}$  M, mediatoriaus koncentracija –  $M_0 = 10^{-6}$  M, kitos reikšmės tokios kaip (23) atveju. Tikslia srovės reikšme laikėme srovę  $i_{sP}$ , apskaičiuotą su  $N_P = 1000$  diskrečios gardelės taškų.

Iš 3 pav. matoma, kaip ir antruoju atveju, mažesnei fermento koncentracijai reikalingas mažesnis diskrečios gardelės mazgų skaičius, nepriklausomai nuo žingsnio tipo. Skirtingai nei antruoju atveju, gardelės mazgų skaičiaus sumažėjimas, lyginant kintamą žingsnį su pastoviu, nėra toks didelis – skaičiuoti tokiu pačiu tikslumu galima maždaug su 10 kartų mažesniu skaičiumi mazgų.

### 3.2. Tariamasis Michaelio-Menten konstantos tyrimas

Siekėme nustatyti, kaip tariamoji Michaelio-Menten konstanta (10) priklauso nuo mediatoriaus koncentracijos. Tyrimus atlikome keturioms skirtingoms fermento  $E_0$  koncentracijoms. Skaitinių eksperimentų rezultatai pateikti 4 pav.

Pastebima, kad tariamosios Michaelio-Menten konstantos priklausomybė nuo mediatoriaus koncentracijos yra monotoniška: kuo didesnė mediatoriaus koncentracija, tuo didesnė ir konstanta  $K_M^{tar}$ . Keičiant mediatoriaus koncentraciją trimis eilėmis, tariamoji Michaelio-Menten pusiausvyra taip pat keičiasi trimis eilėmis. Fermento koncentracijos įtaka yra nežymi: visame nagrinėtame mediatoriaus koncentracijos reikšmių intervale dėl skirtingų  $E_0$  tariamosios Michaelio-Menten konstantos reikšmės keičiasi tik nedideliame intervale, kurio dydis lieka maždaug toks pats visoms  $M_0$  reikšmėms. Didžiausios  $K_M^{tar}$  reikšmės gaunamos esant didelėms mediatoriaus ir mažoms fermento koncentracijoms. Pastebima, kad tariamosios Michaelis-Menten konstantos priklausomybę nuo mediatoriaus koncentracijos lemia difuzijos modulis. Kai  $\sigma_1 < 1$  (1, 2 ir 3 kreivės),  $K_M^{tar}$  reikšmės, esant toms pačioms mediatoriaus reikšmėms mažėja didėjant difuzijos moduliui. Kai



**4 pav.** Tariamasis Michaelio-Menten konstantos  $K_M^{tar}$  priklausomybė nuo mediatoriaus koncentracijos  $M_0$  skirtingoms fermento koncentracijoms  $E_0$ :  $10^{-8}$  M (1),  $10^{-7}$  M (2),  $10^{-6}$  M (3) ir  $10^{-5}$  M (4).



$\sigma_1 > 1$ , tariamosios Michaelis-Menten konstantos reikšmės didėja kylant difuzijos modulio reikšmėms (4 kreivė).

## Išvados

Biojutiklio parametrai smarkiai nulemia darbe naudojamo diskrečiosios gardelės kintamo dydžio erdvės žingsnio taikymo efektyvumą. Darbe palyginti diskrečiosios gardelės mazgų skaičiai, reikalingi siekiant skaičiuoti su norima paklaida, pastovaus ir kintamo erdvės žingsnio atvejams. Nustatyta, kad konkrečioms paklaidoms kintamo žingsnio panaudojimas diskrečiosios gardelės mazgų skaičių gali sumažinti iki 1000 kartų. Tačiau kitiems parametrų – šį skaičių padidinti iki 100 kartų. Kintamo žingsnio taikymas yra itin efektyvus esant didelėms fermento koncentracijoms, nepriklausomai nuo substrato ir mediatoriaus koncentracijų. Kai substrato koncentracija yra santykinai maža, o mediatoriaus – santykinai didelė ir esant mažesnėms nei  $10^{-6}$  M fermento koncentracijoms, rekomenduojama taikyti pastovaus erdvės žingsnio skaičiavimus.

Tyrinėjant biojutiklio kinetikos savybes nustatyta, kad mediatoriaus koncentracija stipriai lemia biojutiklio elgseną. Esant didelėms mediatoriaus reikšmėms itin padidėja substrato koncentracijų intervalas, kuriame biojutiklis gali būti naudojamas. Trijų eilių intervale keičiant mediatoriaus koncentracijos vertę tariamosios Michaelio-Menten konstantos reikšmės taip pat keičiamos trijų eilių intervale. Difuzijos modulio  $\sigma_1$  reikšmės lemia tariamosios Michaelis-Menten konstantos priklausomybę nuo mediatoriaus koncentracijos. Tai atvejais, kai  $\sigma_1 \ll 1$ , gaunamos didžiausios  $K_M^{tar}$  reikšmės.

## LITERATŪRA

- ARIS, Rutherford. (1975). *The Mathematical Theory of Diffusion and Reaction in Permeable Catalysts: The Theory of the Steady State*. Oxford: Clarendon Press, 1975. 460 p. ISBN 0198519311.
- AŠERIS, Vytautas; BARONAS, Romas. (2010). Using grid computing to model biosensors acting in stirred and non-stirred solutions. *Proceedings of the V European Conference on Computational Fluid Dynamics ECCOMAS CFD*, J. C. F. Pereira, A. Sequeira and J. M. C. Pereira (Eds) Lisbon, Portugal, 14-17 June 2010. Paper ID: 01213, 13 p. ISBN: 978-989-96778-1-4.
- BARONAS, Romas; KULYS, Juozas. (2008). Modelling Amperometric Biosensors Based on Chemically Modified Electrodes. *Sensors*, 2008, No. 8, p. 4800-4820.
- BRITZ, Dieter. (2005). *Digital Simulation in Electrochemistry*. Berlin: Springer-Verlag, 2005. ISBN 978-3-540-23979-6.
- CENAS, Narimantas; KULYS, Juozas. (1981). Biocatalytic oxidation of glucose on the conductive charge transfer complexes. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*. 1981, No 8, p. 103–113.
- SAMARSKII, Aleksandr Andreevich. (2001). *The Theory of Difference Schemes*. New York-Basel: Marcel Dekker, 2001. 786 p. ISBN 0824704681.

- SCHELLER, Frieder; SCHUBERT, Florian. (1992). *Biosensors*. Amsterdam: Elsevier, 1992. 360 p. ISBN 0-444-98783-5.
- SCHELLER, Frieder; SCHUBERT, Florian; FEDROWITZ, Jutta. (1997). *Frontiers in Biosensorics 2, Practical Applications*. Basel: Birkhauser Verlag, 1997. 175 p. ISBN 3-7643-5479-8.
- SCHULMEISTER, Thomas (1990). Mathematical modelling of the dynamic behaviour of amperometric enzyme electrodes. *Selective Electrode Reviews*, 1990, No 12, p. 203–260.
- ŠTIKONIENĖ, Olga; IVANAUSKAS, Feliksas; LAURINAVIČIUS, Valdas. (2010). The influence of external factors on the operational stability of the biosensor response. *Talanta*, 2010, No 81, p. 1245-1249.
- TURNER, Anthony; KARUBE, Isao; WILSON, George S. (1987). *Biosensors: Fundamentals and Applications*. Oxford: Oxford University Press, 1987. 770 p. ISBN 0198547242.

## **USING VARIABLE SPACE STEP OF THE DISCRETE GRID TO MODEL THE BIOSENSOR WITH CHEMICALLY MODIFIED ELECTRODE**

**Vytautas Ašeris, Romas Baronas**

### Summary

The biosensor with a chemically modified electrode is investigated in this paper. The biochemical behavior of the biosensor can be described by a mathematical model, which consists of diffusion equations and the non-linear, term describing the enzymatic reaction. The model is used to investigate the response (the current density) of the biosensor on the specific parameters. In general case, computer modeling is used to solve this problem. Explicit difference scheme was used in this work. For the specific cases the variable space step of discrete grid can be used efficiently instead of the constant one. The aim of this work was to determine how efficiently and with what set of the biosensor parameters values variable space step can be used to accelerate the calculations and, to investigate the biochemical peculiarities of the biosensor. Achieved results are important in two aspects: firstly, the efficiency of the usage of the differential scheme with variable space step was investigated depending on the biosensor parameters, secondly, the developed scheme was used to investigate the peculiarities of the biosensor with chemically modified electrode. The dependency of the apparent Michaelis-Menten constant was investigated based on the concentration of the mediator.

# Afektu atpažinimo metodų lyginamoji analizė

## **Antanas Andrius Bielskis**

Klaipėdos universiteto, Informatikos katedros profesorius  
Professor of Klaipėda University, Department of Information Technology  
H. Manto g. 84, LT-92294 Klaipėda, Lietuva; bielskis@ik.ku.lt

## **Dalė Dzemydienė**

Mykolo Romerio universiteto Socialinės informatikos fakulteto Informatikos ir programų sistemų katedros profesorė  
Professor of the Department of Informatics and Software Programs, Faculty of Social Informatics Mykolas Romeris University  
Ateities g. 20, LT-08303, Vilnius, Lietuva; daledz@mruni.eu

## **Darius Drungilas**

Vilniaus universiteto, Matematikos ir informatikos instituto doktorantas  
Doctoral student of Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics  
Akademijos g. 4, Vilnius; dorition@gmail.com

## **Gediminas Gricius**

Vilniaus universiteto, Matematikos ir informatikos instituto doktorantas  
Doctoral student of Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics  
Akademijos g. 4, Vilnius; gediminas@ik.ku.lt

## **Andrej Gorochovik**

Klaipėdos universiteto, Informatikos katedros magistrantas  
Master degree student of Klaipėda University, Department of Information Technology  
H. Manto g. 84, LT-92294 Klaipėda; andrej.gorochovik@gmail.com

## **Rasa Gadliauskaitė**

Klaipėdos universiteto, Informatikos katedros magistrantė  
Master degree student of Klaipėda University, Department of Information Technology  
H. Manto g. 84, LT-92294 Klaipėda; rasmuska@gmail.com

*Pastaruoju metu vis labiau populiarėja kompiuterinės technologijos, skirtos atpažinti, interpretuoti ar net imituoti žmogaus emocijas būsenas, tačiau gana sudėtinga parinkti mašininio atpažinimo ir mokymo metodus, kurie būtų tinkami vienu ar kitu atveju. Straipsnyje nagrinėjami žmogaus emocijų būsenų atvaizdavimo metodai taikomi intelektualiose sistemose, tiriama afektui atpažinti dažniausiai naudojamų klasifikavimo ir parametrų apdorojimo metodų tarpusavio sąveika. Darbe aprašomi afektu vertinimo principai, nagrinėjami dažniausiai naudojami klasifikavimo metodai skirti atpažinti žmogaus emocijų būseną, aptariami požymių apdorojimo metodai. Atlikti tyrimai ir gauti rezultatai parodė, atpažinimo algoritmo parinkimo galimybių priklausomybes nuo taikytų parametrų apdorojimo metodų, bei išryškino klasifikavimo algoritmų pranašumus ir trūkumus.*

## 1. Įvadas

Intelektualizuotų sistemų kūrimas yra viena sudėtingiausių ir svarbiausių problemų automatinų robotų technologijų vystyme. Šios sistemos apima įvairius intelektualius komponentus, tokius, kaip stebėjimą, diagnozavimą, valdymą. Intelektualizuotos sistemos skirtos žmogaus veiklos aplinkos asistuojančių įrenginių valdymui, turi turėti pakankamai žmogaus veiklos ir ji supančios aplinkos atpažinimo komponentų. Intelektualių aplinką valdančių sistemų kūrimo pagrindiniu uždaviniu tampa gautų rezultatų tinkamas interpretavimas, poveikio įvertinimo metodai, kurie tolimesniuose žingsniuose leidžia valdyti žmogų supančios aplinkos įrenginius (Bielskis ir kt., 2008, Drungilas ir kt., 2010, Lisetti ir kt., 2003).

Pastaruoju metu vis labiau populiarėja kompiuterinės technologijos, skirtos atpažinti, interpretuoti ar net imituoti žmogaus emocines būsenas. Tokio *pobūdžio tyrimai paskatino atsirasti naujai mokslo šakai – afekciniams skaičiavimams (angl. affective computing)*. Šis terminas informatikoje išpopuliarėjo paskelbus Rosalind ir Picard mokslinių tyrimų rezultatus (Picard, 1995), kurie parodė, kad afekto vertinimas bei imitavimas yra neatsiejama dirbtinio intelekto dalis.

Afektui atpažinti taikomi mašininiai atpažinimo bei požymių apdorojimo metodai (Lisetti ir kt., 2003, Mandryk, 2005, Villon ir Lisetti, 2006, Luneski ir kt., 2008, Rani, 2003, Bielskis ir kt., 2008, Drungilas ir kt., 2010). Tačiau konkretaus klasifikavimo metodo panaudojimas nėra tiesiogiai susietas su aukščiausio tikslumo gavimu. Priklausomai nuo turimos duomenų imties dydžio, joje pasiskirsčiusių duomenų dėsningumo ir, svarbiausiai, turimų požymių reikšmingumo atskleidžiamos vieno ar kito metodo išskirtinės savybės. Dėl šios priežasties nutarta atlikti afektui vertinti dažniausiai naudojamų įvairaus sudėtingumo klasifikavimo algoritmų bei požymių apdorojimo palyginamąjį tyrimą.

## 2. Žmogaus fiziologinių rodiklių ir afekto atpažinimo galimybės

Afekto atpažinimas dažniausiai grindžiamas žmogaus biologiniu grįžtamuju ryšiu, kurio pagalba sistema gali įvertinti žmogaus fiziologinius rodiklius ir tokiu būdu atpažinti žmogaus reakciją į aplinkos poveikį. Taikant biologinį grįžtamąjį ryšį, pasirinktinai gali būti fiksuojama vienas arba keletas rodiklių, atspindinčių organizme vykstančius procesus. Pavyzdžiui, pagal turimus žmogaus būsenos stebėjimo būdus ir pasirinktus kriterijus, afektui atpažinti galima naudoti trijų žmogaus fiziologinių signalų (odos galvaninė reakcija, elektrokardiograma (EKG) ir temperatūra) parametrus.

**Odos galvaninė reakcija (OGR)** yra paprasta, lengvai atkurama ir rezultatyviai panaudojama įvairiuose žmogaus tyrimuose. Tai autonominės nervų sistemos reakcija, kuri pasireiškia dėl odos prakaitavimo liaukų funkcijos kitimo. Prakaitavimo liaukų funkcija yra kontroliuojama galvos smegenų ir šis valdymas vyksta per simpatinę nervų sistemą.

OGR dažnai naudojama kaip vienas pagrindinių fiziologinių signalų, kadangi odos laidumas labai jautriai reaguoja į emocinius sujaudinimus (angl. *arousal*) ir tokiu būdu pakankamai informatyviai perteikia žmogaus reakciją į aplinkos pokyčius. Nuo pat pirmųjų tyrimų OGR buvo siejama su emociniais pasikeitimais, nerimu, dėmesingumu.

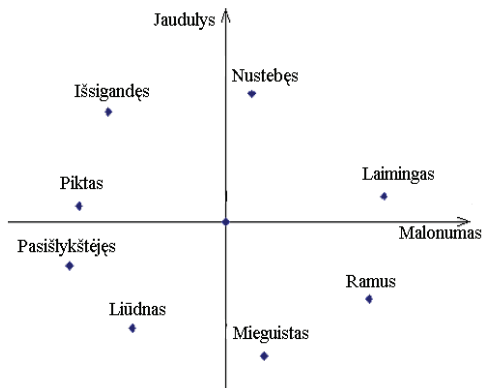
**Elektrokardiograma (EKG)** yra žinoma, žmogaus širdies darbą atspindinti matuojamų parametrų dinamikoje vizualizavimo forma. EKG stebėjimo rezultatai duoda tokius įvertinimus, kurie fiksuoja kaip jaudinantis širdies ritmas didėja, nuobodžiaujant – mažėja. Širdies veikla atspindi daug esminių psichologinių ir fiziologinių būsenų, kadangi yra stipriai susieta su simpatine bei parasimpatine nervų sistema. Dėl šių dviejų nervų sistemų įtakos atsiranda širdies ritmo kintamumas (variabilumas, angl. HRV – *Heart Rate Variability*), kitaip tariant, širdies ritmo pasikeitimai. Svarbiausia yra tai, jog HRV svyruoja tam tikrų dažnių ribose, priklausomai nuo žmogaus emocinės būsenos. Tyrimuose su HRV dažniausiai yra naudojami du dažnių intervalai – aukšto (HF) (0,15–0,4 Hz) ir žemo (LF) (0,04–0,15 Hz) dažnio – ir iš jų išvestiniai dydžiai. Aukšto dažnio HRV pasireiškia dėl parasimpatinės nervų sistemos, esant ramybės, atsipalaidavimo būsenoje. Analogiškai, žemo dažnio HRV pokyčius sukuria simpatinė nervų sistema, esant įtemptai būsenai. Be šių dviejų dažnių spektrų dar egzistuoja labai žemas (0,0033–0,04 Hz) ir ypač žemas (mažiau negu 0,0033 Hz). Tačiau nėra visiškai iširta, kokius organizme vykstančius procesus charakterizuoja šie spektrai (Perry, 2007; Rani, 2003), todėl šiame darbe jų nenagrinėsime.

**Odos temperatūra** keičiasi dėl kraujotakos sistemos pokyčių: kraujagyslių pasipriešinimo ar arterinio kraujospūdžio pasikeitimų, kuriuos reguliuoja autonominė nervų sistema. Tyrimais yra įrodyta, jog odos temperatūra skirtingose kūno vietose kinta skirtingai, priklausomai nuo emocinės reakcijos į stimulą. Pavyzdžiui, odos temperatūra smilkinių srityje didėja patiriant neigiamas emocijas ir mažėja esant teigiamoms emocijoms. Pirštų temperatūros, priešingai negu smilkinių srityje, didėjimas susijęs su teigiamomis emocijomis, mažėjimas – su neigiamomis. Todėl temperatūrą galima laikyti kaip gana reikšmingą kriterijų vertinant žmogaus reakciją į aplinkos pokyčius.

### 3. Afekto atpažinimo metodų taikymo galimybės

Šiuo atveju afekto vertinimą galime traktuoti kaip fiziologinių parametrų transformimą į žmogaus emocinę būseną nusakančias klases. Žmogaus emocinės būsenos dažniausiai klasifikuojamos pagal vieną iš šių dviejų modelių: Ekman modelis, kuris apibrėžia šešias diskrečias būsenas (piktas, pasišlykštėjęs, išsigandęs, laimingas, liūdnas, nustebęs) (Ekman, 1982) ir Russell pasiūlyta malonumo – susijaudinimo (angl. *valence–arousal*) erdvė (Russell, 1980).

Russell pasiūlytas emocinių būsenų klasifikavimo modelis remiasi požiūriu į emocijas kaip į tam tikrą susijaudinimo ir malonumo laipsnį. Tokiu būdu, bet kurią emocinę būseną galima pateikti dvimatėje erdvėje susijaudinimo ir malonumo atžvilgiu (1 pav.).



**1 pav.** Susijaudinimo – malonumo erdvės išdėstymo emocinių būsenų pozicijos (pagal Russell, 1980)

Daugybė metodų yra taikoma fiziologiniams parametrams transformuoti į afektą nusakančią emocinę būseną. Didžioji dalis šių metodų priskiriama mašininio mokymo bei šablonų aptikimo sričiai. Tai būtų: kartimiausių kaimynų klasifikatorius, funkcinė diskriminantinė analizė, dirbtiniai neuroniniai tinklai, atraminių vektorių mašinos, įvairūs regresinės analizės metodai ir kt. (Chanel ir kt., 2009; Mandryk, 2005). Svarbiausias uždavinys, naudojant šiuos metodus, yra pasiekti kuo didesnę koreliaciją tarp gautos interpretacijos ir tikrosios žmogaus reakcijos į aplinkos pokyčius, t. y. kuo tiksliau atpažinti afektą.

Klasifikavimo tikslumas lyginant su mokymo imtimi gali būti įvertintas pagal šią formulę:

$$A(h | X) = \frac{\sum_{t=1}^N h(x^t) = r^t}{N} \cdot 100\% \quad (1)$$

Kur,  $h(x)$  hipotezė, kad  $x$  bus priskirtas į atitinkamą klasę,  $r^t$  – eksperto nusakyta klasė,  $N$  – klasifikuojamų įrašų imties dydis.  $h(x^t) = r^t$  lygus 1, kai  $x^t$  priskiriamas  $r^t$  klasei ir lygus 0 kitu atveju.

Toliau aptarsime afektui vertinti dažniausiai naudojamus klasifikavimo metodus

### 3.1. Atraminių vektorių klasifikatorius (mašina)

Pastarąjį dešimtmetį labai populiarus klasifikavimo algoritmas – tai maksimalaus tarpo, o kalbant plačiąja prasme, atraminių vektorių klasifikatorius (angl. *support vector machine* – SVM). Mokymo vektorius atskirianti hiperplokštuma yra apibrėžiama naudojama branduolio funkcija. Mokymo metų ieškoma hiperplokštuma su maksimaliu tarpu, kuris yra apibrėžiamas kaip kiekvienos klasės artimiausių taškų atstumų suma iki hiperplokštumos. Maksimalaus tarpo klasifikatorius gaunamas tada, kai naudojantis hiperplokštuma yra įmanoma mokymo duomenyse esančius dviejų klasių vektorius atskirti be klaidų. Tarpo dydis nulemia hiperplokštumą apibrėžiančios branduolio funkcijos sudėtingumą ir bendrąjį tinkamumą klasifikuojant naujus duomenis.

### 3.2. Fišerio tiesinio diskriminanto analizė

Fišerio tiesinis diskriminantas dažnai naudojamas, kad būtų galima sumažinti aukštą dimensišumą turinčius vektorius  $x$  iki mažesnį dimensišumą turinčių vektorius  $y$ , kad

klasės būtų lengviau atskiriamos. Fišerio diskriminantas atlieka atstovaujančios matricos  $w$  paiešką tokiu būdu, kad originalios dimensijos galėtų būti atidėtos joje remiantis

$$y = w'x \quad (2)$$

transformacija, taip, kad  $y$  vektoriaus dimensijos būtų maksimaliai atsiskyrusios ir klasių persidengimas būtų kuo mažesnis. Svorijų matrica  $w$  yra linijinė funkcija kurios kriterijaus funkcijos

$$J(w) = \frac{w' S_B w}{w' S_W w} \quad (3)$$

reikšmė yra didžiausia. Pateiktos lygybės  $S_B$  ir  $S_W$  parametrai atvaizduoja išsibarstymą tarp klasių ir klasių viduje. Maksimali kriterijaus reikšmė nustatoma tada, kai atstumas tarp klasių vidurkių yra maksimalus ir dispersija kiekvienos klasės viduje yra kuo mažesnė (Duda ir Hart, 1973).

### 3.3. *k*-artimiausių kaimynų metodas

Skirtingai nuo kitų klasifikavimo algoritmų, *k*-artimiausių kaimynų metodas arba tiesiog *k*NN (angl. *k-Nearest Neighbours*) mokymo imtį nenaudoja modeliui sukurti. Priešingai – mokymo imtis ir yra pats modelis. Naujojo elemento klasės nustatymas gali būti vykdomas dviem būdais:

- globaliu metodu – kai atsižvelgiama į visus mokymo imtyje esančius objektus;
- lokaliu metodu – kai vertinamas tik ribotas skaičius artimiausių kaimynų.

Naujojo elemento klasės nustatymas remiasi atstumo iki kaimynų vertinimu, kad arčiausiai esantys kaimynai turėtų didesni poveikį klasei nustatyti. Atstumas tarp elemento  $a$  ir jo kaimyno  $b$  paprastai apskaičiuojamas pagal Euklido atstumo formulę:

$$d(a,b) = d(b,a) = \sqrt{(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + \dots + (a_n - b_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2}, \quad (4)$$

kur  $a_i$  ir  $b_i$  – vektorių dimensijos. Priskiriama ta klasė, kurios atstovų tarp artimiausių kaimynų yra daugiausia:

$$\hat{f}(x_q) \leftarrow \arg \max \sum_{i=1}^k d(v, f(x_i)), \quad (5)$$

Alternatyviai galima taikyti svorinį atstumo vertinimą, kai mažesniu atstumu esantys kaimynai turi didesnę įvertį nei labiau nutolę. Dažniausiai svorinis atstumas apibrėžiamas formule:  $w_i = \frac{1}{d(x_a, x_b)}$ . Globalusis kaimynų vertinimo metodas dažniausiai naudoja būtent svorinį atstumo vertinimą, kadangi kitaip visada būtų nustatoma klasė, kurios atstovų yra daugiausia tarp visų mokymo imties vektorių.

*k*NN skaičiavimo algoritmas vienodai atsižvelgia į visas dimensijas, todėl prieš taikant jį reikia atskirti mažą reikšmingumą klasei nustatyti turinčias dimensijas. 1 lentelėje pateiktos stipriosios ir silpnosios *k*-artimiausių kaimynų savybės.

**1 lentelė.** k-artimiausių kaimynų klasifikavimo metodo savybės

Privalumai	Trūkumai
Paprastai įgyvendinamas	Kaskart nustatant klasę reikia atlikti daug skaičiavimų, kad būtų galima nustatyti atstumo iki kiekvieno mokymo imties elemento
Efektyviai klasifikuoja kai tiriamos klasės nėra visiškai atskiriamos	Jautrus nesvarbiems triukšmą sukeliantiems atributams
Mokymo imties praplėtimas nereikalauja klasifikavimo modelio perskaičiavimo	Nėra efektyvus, kai mokymo imties klasių egzempliorių skaičius smarkiai skiriasi
Mažai derinamų parametrų (atstumo svorio skaičiavimas ir kaimynų skaičius)	

**3.4. Sprendimo medžio taikymas**

Sprendimo medžių siekiama padalinti uždavinį į smulkesnius uždavinius su mažesne dimensijų gausa. Tolimesnių šakų uždaviniai turi mažiau kriterijų tarp kurių galima rinktis. Dalijimas šakomis vyksta tol kol bus galima vienareikšmiškai nustatyti klasę, arba pasiektas minimalus dalinamų elementų kiekis ir dauguma jų priklauso konkrečiai klasei.

Konstruojant sprendimo medį sprendžiami tokie klausimai:

- koks požymis turi būti naudojamas kiekvienam išsiskojimo mazge;
- kada nusprendžiama, kad esamas mazgas yra kraštutinis, t. y. tampa lapu;
- kokią sąlygą priskirti požymio patikrai.

Požymio atranka kiekvieno mazgo sąlygai sudaryti remiasi informacijos naudingumo matu:

$$Gain(D, D_L, D_R) = H(D) - H(D_L, D_R), \quad (6)$$

kur  $H(D)$  atitinka pilną pasirinkto požymio entropiją, o  $H(D_L)$  ir  $H(D_R)$  yra to požymio, pagal pasirinktą taisyklę atskirtų, dalinių imčių entropijų suma. Kitaip tariant naudingumo matas apibrėžia, kiek sumažės entropija padalinus narinėjamą mazgą atitinkančią imtį. 2 lentelėje pateiktos sprendimo medžių savybės.

**2 lentelė.** Sprendimo medžio klasifikavimo metodo savybės

Privalumai	Trūkumai
Aiškūs tiek sudarymo koncepcija, tiek gauto rezultato interpretacija.	Aukštas detalizavimas per daug prisiderina prie mokymo imties ir praranda objektyvumą klasifikuojant naujus egzempliorius, tačiau tai būdinga ir kitiems metodams.
Ištreniruotas medis lengvai pritaikomas naujų elementų klasifikavimui.	

**3.5. Daugiasluoksnio perceptrono taikymo galimybės**

Daugiasluoksnis perceptronas (DSP) sudarytas iš atskirų neuronų surikiuotų į sluoksnius. Įėjimo signalai  $x_1, x_2, \dots, x_p$  patenka į paslėptojo sluoksnio neuronus. Paslėptųjų



sluoksnių gali būti keli, ir čia žemesnio sluoksnio signalai keliauja į aukštesnį, kol galų gale pasiekia išėjimo sluoksnį. Pastoviai daugelį kartų sumuojami, netiesiškai transformuojami, signalai gali suformuluoti sudėtingas sąvokas, reikalingas tolimesniam sprendimų priėmimui pagal informaciją, esančią DNT įėjimuose (Raudys, 2008).

Į perceptrono įėjimą paduodamas  $n$ -matis vektorius  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , o visuose paslėptojo sluoksnio neuronuose suskaičiuojamos svorinės sumos:

$$s_v = \sum_{i=1}^n x_i w_{iv} + w_{0v} \quad v=1, 2, \dots, h, \quad (7)$$

kurios paduodamos į atitinkamas aktyvacijos funkcijas ir kurių išėjimai,  $f(s_v)$ , tampa DSP išėjimo sluoksnio neuronų įėjimais.

Kad DSP galėtų atlikti konkrečią užduotį, pagal mokymo algoritmą randami svoriai. Mokymo algoritmas, remdamasis pavyzdžiais (mokymo duomenimis), kaip sistema turėtų veikti, adaptuoja DSP svorius.

Yra sukurta daug mokymo algoritmų, tačiau populiariausias praktikoje naudojamas atgalinio sklaidimo algoritmas. Šis prižiūrimojo mokymo algoritmas yra gradientinis optimizavimo metodas, pritaikytas minimizuoti nuostolių funkciją, kuri tiesiogiai susijusi su perceptrono daromų klaidų skaičiumi.

### 3.6. Susitvarkančių žemėlapių (SOM) taikymas

Susitvarkantys žemėlapiai apibrėžia dvimatį netiesinį manifoldą, kaip įprastinį diskrečių taškų masyvą. SOM'as iš dalies primena  $k$ -vidurkių algoritmą, tačiau skirtingai nei  $k$ -vidurkių algoritmas pastarasis neoptimizuoja jokios vertės funkcijos. Dėl to yra pakankamai sunku parinkti modelio parametrus ir įvertinti konvergavimą. Taip pat nėra jokios garantijos, kad žemėlapis susitvarkys, nes šio proceso sėkmė priklauso nuo atitinkamų parametrų reikšmių parinkimo kiekvienam konkrečiam duomenų rinkiniui.

3 lentelėje pateiktos stipriosios ir silpnosios SOM savybės.

3 lentelė. Susitvarkančio tinklo savybės

Privalumai	Trūkumai
Gali aiškiai pavaizduoti požymių reikšmingumo rožę klasės nustatymui.	Kaskart mokinant SOM gaunamas vis skirtingas žemėlapis.
Vaizdžiai surikiuoja klases dvimatėje erdvėje, tuo leisdamas įvertinti jų išsibarstymą.	Kaip ir DNT yra pakankamai ilgai mokinamas.

## 4. Afekto atpažinimo požymių analizės metodai

Algoritmo sudėtingumas iš esmės priklauso nuo nagrinėjamų požymių kiekio. Kuo daugiau požymių nagrinėjama, tuo statistine prasme duomenų analizės algoritmas bus sudėtingesnis. Tad kyla klausimas, kaip požymių kiekį sumažinti neprarandant vertingos

informacijos. Šis uždavinys yra labai sunkus. Ypač, kai reikia įrodyti, kad duomenų analizės metu gautos išvados yra patikimos (Raudys, 2008).

Požymių atranka remiasi tam tikru kriterijumi, kuris nustato vieno požymio reikšmingumą kitam.

#### 4.1. Požymių derinių eksperimentinio tyrimo metodai

Šios klasės metodai grindžiami vartotojų aprašytomis įvertinimo funkcijomis. Įvertinimo funkcija gali būti, pavyzdžiui, bet kuris klasifikavimo metodas. Tai yra itin patogu norint parinkti geriausią imtį konkreitiems klasifikavimo metodams. Tačiau, priklausomai nuo pasirinktos įvertinimo funkcijos sudėtingumo, tokio pobūdžio geriausių požymių derinių paieška gali užtrukti nemažai laiko. Kad nereikėtų tikrint visus įmanomus derinius, siūlomi keli paieškos algoritmai.

#### 4.2. Principinių komponentų analizė

Principinių komponentų analizės pirminė paskirtis sumažinti erdvės demensiškumą atliekant požymių kovariacinę analizę. Pradiniai požymiai pertvarkomi į naująją koordinatinių sistemą atsižvelgiant į duomenų dispersiją. Esminis principinių komponentų analizės privalumas yra tai, kad naujieji požymiai, vadinami principinėmis komponentėmis, yra dekokoreliuojami, t. y. atliekant transformaciją šalinama galima požymių tarpusavio priklausomybė. Kita principinių komponentų analizės taikymo sritis yra atrasti nežinomą tendenciją duomenų rinkinyje.

#### 4.3. SOM korekcija

Formuojant dirbtinio neuroninio tinklo mokymo aibę, neišvengiamai susiduriama su „mokytojo triukšmu“. Šis reiškinys atsiranda dėl sužymėjimo klaidų – kai mokymo egzemplioriui priskiriama klaidinga klasė (Alpaydin, 2004). Konkrečiai šiuo atveju kartais būna sunku atpažinti realią emocinę būseną dėl jų persidengiamumo. Šiai problemai spręsti naudosime SOM, kuris iš naujo sudarydamas duomenų imties klasterius pašalina sužymėjimo klaidas (Drungilas ir kt., 2010).

### 5. Žmogaus fiziologinių parametrų eksperimentinė atranka ir analizė

Pagal pagrindinius žmogaus fiziologinės būsenos stebėjimo būdus (aprašytus 2 skyriuje) eksperimentiškai bus tiriami fiziologiniai rodikliai, pateikti 3 lentelėje.

Duomenų imtis buvo sudaroma atliekant 10–15 min matavimus ir iš jų išgaunamas afekto vertinimo požymių vektorius (2 pav.).

Tyrimui atlikti buvo sudaryta duomenų imtis iš 100 matavimų.

**4 lentelė.** Fiziologinių rodiklių požymiai

Požymio kodas	Duomenų dekodavimas vykdant triggerį
Bendrosios charakteristikos	
HRV_LFperHF	HRV LT/HF spektrogramos intervalų kaupiamosios galios santykis
HR_sd	HRV standartinis nuokrypis
HR_mean	HR vidurkis
HRV_commfreq	HR galingiausias spektrogramos dažnis
Toninio aktyvumo charakteristikos	
OGR_koef	OGR regresinės analizės kryptingumo koeficientas
deltaT	Temperatūros skirtumas tarp taško ties smilkinių ir vidurinio rankos piršto
mean_t1	Temperatūra ties smilkinių
mean_t2	Temperatūra ant vidurinio rankos piršto
mean_t3	Aplinkos temperatūrą
tbusenos_id	toninio aktyvumo būseną

Matavimo eilė:	77	Laikas:	2011-05-10 19:30:25
Toninė būseną:			Ramus
OGR koreliacijos koeficientas:			-0,156
Galingiausias HRV spektro dažnis:			0.0083
HRV spektro LF/HF santykis:			9,3469
HR vidurkis:			80,4751
HRV standartinis nuokrypis:			6,2091
Kūno taškų temperatūros skirtumas:			-0,5881°C
Kūno temperatūra ties smilkinių:			33,8315°C
Kūno temperatūra ties rankos pirštų:			34,4195°C

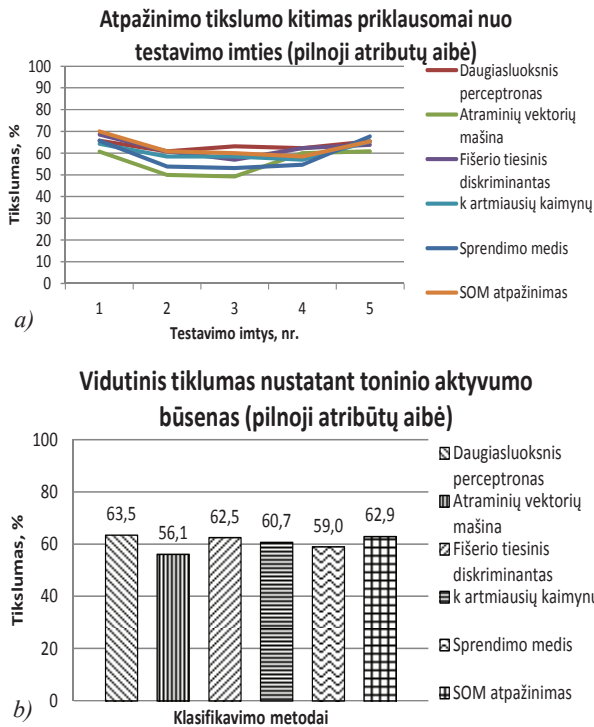
**2 pav.** Fiziologinių rodiklių požymių išgavimo pavyzdys

**6. Afekto atpažinimo metodų tyrimas ir rezultatų aptarimas**

Šiame skyriuje pateiksime gautus analizės rezultatus, kurie atspindi, kokią įtaką atpažinimo metodams daro skirtingi požymių atrankos metodai, naudojant žmogaus fiziologinių parametrų duomenų imtį. Klasifikavimą atliksime remdamiesi Ekman modeliu, t. y., šiuo atveju klasifikuosime fiziologinius parametrus į 6 emocines būsenas – liūdnas, mieguistas, ramus, neutralus, laimingas, išsigandęs.

Klasifikavimo tikslumui įvertinti naudosime 5 dalių kryžminę patikrą ir kiekvieno testavimo atvejį įvertinsime pagal (1) formulę su 95% statistiniu patikimumu.

3a pav. pateiktas atpažinimo tikslumas naudojant pilnąją atributų aibę. Kaip matome 3b pav. didžiausias vidutinis atpažinimo tikslumas (63,5±5,8%) gaunamas naudojant

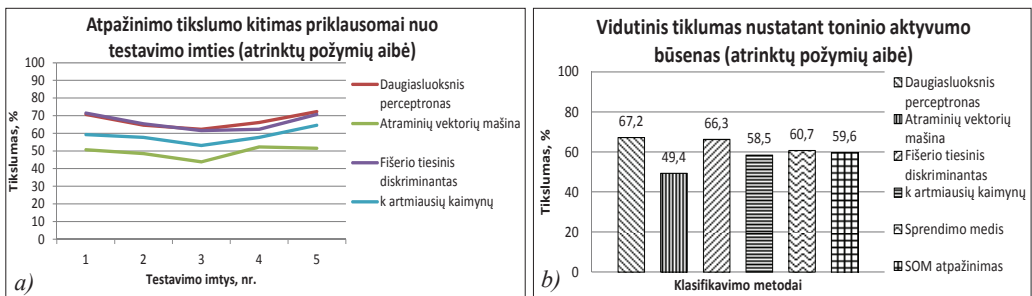


**3 pav.** a) Atpažinimo tikslumo kitimo pavyzdys priklausomai nuo testavimo imties naudojant pilnąją parametrų aibę; b) Vidutinis toninio aktyvumo emocinių būsenų klasifikavimo tikslumas naudojant pilnąją parametrų aibę.

daugiasluoksnį perceptroną bei nedaug atsilieka SOM atpažinimas ir Fišerio tiesinis diskriminantas atitinkamai  $62,9 \pm 13,1\%$  bei  $62,5 \pm 11,8\%$ .

Požymiams atrinkti naudodime 4.1 skyriuje aprašytus požymių derinių eksperimentinio tyrimo metodus. 4 lentelėje pateikti rezultatai rodo, jog reikšmingiausi parametrai yra deltaT, mean\_t1, mean\_t2 bei HR\_mean. Būtent iš šių parametrų sudarysime atrinktų požymių aibę.

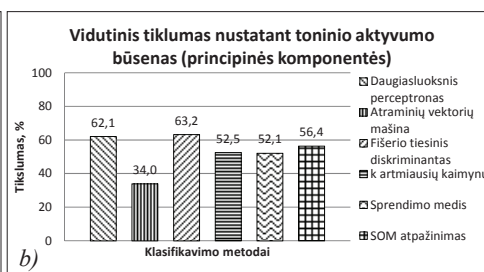
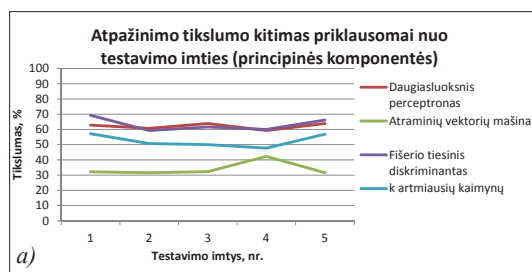
4a pav. pateiktas atpažinimo tikslumas taikant 5 dalių kryžminę patikrą ir naudojant atrinktų požymių aibę. Didžiausias vidutinis atpažinimo tikslumas ( $67,2 \pm 11,6\%$ ) gaunamas naudojant daugiasluoksnį perceptroną bei nedaug atsilieka ( $66,3 \pm 12,8\%$ ) Fišerio tiesinis diskriminantas (4b pav.).



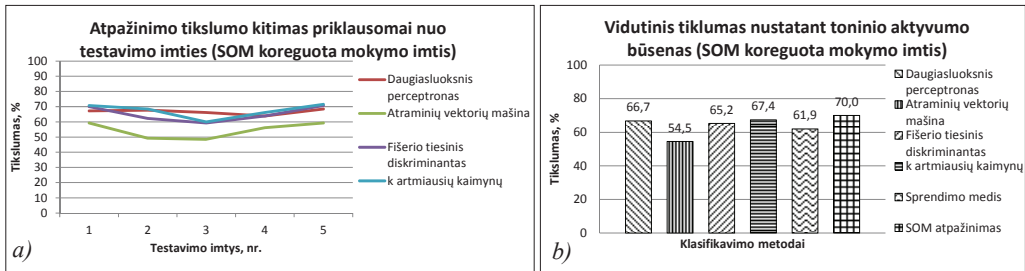
**4 pav.** a) Atpažinimo tikslumo pavyzdys priklausomai nuo testavimo imties, naudojant atrinktus parametrus; b) Vidutinis emocinių būsenų atpažinimo tikslumas naudojant atrinktus parametrus.

5 lentelė. Afektu vertinime dalyvaujančių parametru svoriai

Paieškos algoritmas	Klasifikatorius	Parametrai									Tikslumas
		OGR_koef	HRV_commfreq	HRV_LFperHF	HR_mean	HR_sd	deltaT	mean_t1	mean_t2	mean_t3	
Geriausio režio taisyklė	Spr. Medis						X	X			63,40%
Geriausio režio taisyklė	kNN						X	X			60,15%
Geriausio režio taisyklė	SVM				X	X					55,03%
Geriausio režio taisyklė	DNT						X				70,35%
Išsami paieška	Spr. Medis						X	X			63,40%
Išsami paieška	kNN			X			X	X			67,68%
Išsami paieška	SVM				X	X		X	X		58,10%
Išsami paieška	DNT				X		X		X		67,68%
Paieška pirmyn	Spr. medis						X	X			63,40%
Paieška pirmyn	kNN						X	X			60,15%
Paieška pirmyn	SVM					X	X				55,03%
Paieška pirmyn	DNT				X		X				68,53%
Paieška atbulai	Spr. medis			X	X		X	X	X	X	61,86%
Paieška atbulai	kNN			X	X	X	X	X	X	X	53,21%
Paieška atbulai	SVM			X	X	X	X	X	X	X	58,10%
Paieška atbulai	DNT				X	X	X				67,85%
Laiptinis algoritmas	Spr. medis			X				X	X		62,95%
Laiptinis algoritmas	kNN			X	X		X	X	X		70,07%
Laiptinis algoritmas	SVM					X	X		X	X	59,64%
Laiptinis algoritmas	DNT			X	X	X		X	X	X	66,31%
<b>Parametro atrankos dažnis:</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	



5 pav. a) Atpažinimo tikslumo kitimas priklausomai nuo testavimo imties naudojant labiausiai įtakingas principines komponentes; b) Vidutinis toninio aktyvumo emocijų būsenų klasifikavimo tikslumas naudojant principines komponentes.

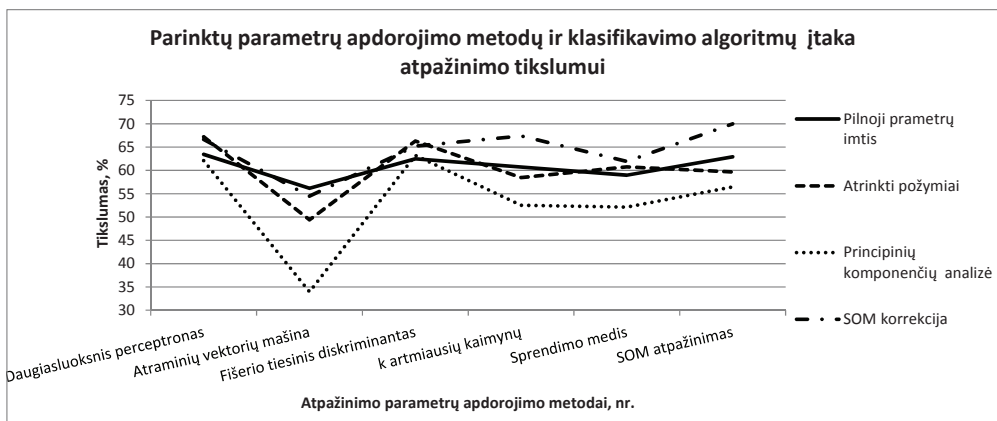


**6 pav.** a) Atpažinimo tikslumo kitimas priklausomai nuo testavimo imties naudojant prižiūrimos SOM versijos atpažintų būsenų korekcija; b) Vidutinis toninio aktyvumo emocinių būsenų klasifikavimo tikslumas taikant SOM korekciją.

Taikant principinių komponentų analizę ypač išsiskiria atraminų vektorių mašinos metodas, kurio vidutinis klasifikavimo tikslumas siekią vos  $34,0 \pm 12,9\%$  (5 pav.). Kaip ir prieš tai nagrinėtais atvejais, Fišerio tiesinio diskriminanto bei daugiasluoksnis perceptrono klasifikavimo tikslumas išlieka didžiausias atitinkamai  $63,2 \pm 11,9\%$  ir  $62,1 \pm 5,7\%$ .

Naudojant SOM korekciją itin aukštas vidutinis klasifikavimo tikslumas ( $70,0 \pm 11,4\%$ ) pasiekiamas naudojant SOM atpažinimą (6 pav.). Nedaug atsilieka k artimiausių kaimynų ir daugiasluoksnis perceptronas – atitinkamai  $67,4 \pm 12,8\%$  bei  $66,7 \pm 4,9\%$ .

Analizuojant parinktų parametų apdorojimo metodų ir klasifikavimo algoritmų įtaką atpažinimo tikslumui (7 pav.), galime pastebėti, jog daugiasluoksnis perceptronas bei Fišerio tiesinis diskriminantas mažiausiai jautrūs parametų korekcijai, todėl galima manyti, jog šie algoritmai labiausiai atsparūs triukšmams.



**7 pav.** Įėjimo vektoriaus pateikimo formos poveikio atpažinimo tikslumui naudojant skirtingus klasifikavimo algoritmus diagrama.

7 pav. pateiktame grafike matome, jog SOM korekcija beveik visais atvejais (išskyrus atraminių vektorių mašinos metodą) ženkliai padidina klasifikavimo tikslumą. Taipogi pastebėsime, jog atraminių vektorių mašinos algoritmas šiuo atveju ypač jautrus bet kokiai požymių korekcijai.

## Išvados

Atlikti tyrimai parodė, galimybes taikyti keletą metodų tikslesniuose žmogaus emocinės būsenos atpažinimo algoritmuose, pagal stebimų fiziologinių parametru priklausomybes. Tokiose intelektualiose sistemose, vertinant afektą didžiausias klasifikavimo į 6 klases tikslumas ( $70,0 \pm 11,4\%$ ) pasiekiamas naudojant SOM atpažinimo metodą su SOM koreguota mokymo imties būsenų aibe.

Principinių komponentių panaudojimas parodė atraminių vektorių mašinos klasifikavimo metodo jautrumą mokymo vektoriaus dimensiškumo mažinimui.

Atliktų eksperimentinių tyrimų rezultatai parodė, kad afekto vertinimas priklauso nuo įvairių parametru apdorojimo metodų tikslumo. Pastebėta, jog Fišerio tiesinis diskriminantas ir daugiasluksnis perceptronas labiausiai atsparūs požymių pasikeitimams.

## LITERATŪRA

- ALPAYDIN, E. (2004). Introduction to Machine Learning. The MIT Press, 415 p., ISBN 0-262-01211-1.
- BIELSKIS, A.A.; DENISOVAS, V.; DRUNGILAS, D.; GRICIUS, G.; RAMAŠAUSKAS, O. (2008). Modeling of Intelligent Multi-Agent based E-health Care System for People with Movement Disabilities. *Elektronika ir elektrotechnika*, Kaunas, Technologija, Vol. 86, No. 6, p. 37-42.
- CHANEL, G.; KIERKELS, J. J. M.; SOLEYMANI, M.; PUN, T. (2009) Short-term emotion assessment in a recall paradigm. *International Journal of Human Computer Studies*. Vol. 67, No 8, p. 607-627.
- DRUNGILAS, D.; BIELSKIS, A. A.; DENISOV, V.; DZEMYDIENĖ, D. (2010) Data Mining Approaches for Intelligent E-Social Care Decision Support System. *Artificial Intelligence and Soft Computing, Part I, LNAI*, Vol. 6113, Springer, p. 605-612.
- DUDA, R.; HART P. (1973). Pattern Classification and Scene Analysis. *IEEE Transactions on Automatic Control*, IEEE Explore, Vol 19 No 4, p 462 – 463.
- EKMAN, P. (1982). Emotion in the Human Face. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- LISETTI, C.; NASOZ, F.; LEROUGE, C.; OZYER, O.; ALVAREZ, K. (2003). Developing multimodal intelligent affective interfaces for tele-home health care. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, Vol. 59 No.1, p. 245-255
- LUNESKI, A.; BAMIDIS, P.D.; HITOGLOU-ANTONIADOU, M. (2008). Affective computing and medical informatics: state of the art in emotion-aware medical applications. *Stud Health Technol Inform*, Vol. 136, p. 517-22.
- MAAOUI, C.; PRUSKI, A.; ABDAT, F., (2008). Emotion Recognition for Human-Machine Communication. *2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, IEEE Explore, 1210 – 1215 p.
- MANDRYK, R. L. (2005) Modeling User Emotion in Interactive Play Environments: A Fuzzy Physiological Approach. PhD thesis.
- PERRY, J. C. (2007). The Psychophysiology of Risk Processing and Decision Making at a Regional Stock Exchange. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology.

- PICARD, R. W. (1995). *Affective Computing. M.I.T Media Laboratory Perceptual Computing Section Technical Report*
- RANI P. (2003). Human robot collaboration based on affect sensing.
- RAUDYS, Š. (2008) Žinių išgavimas iš duomenų. 172 p., ISBN 978-9955-18-345-7
- RUSSELL, J. A., (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 39, No. 6, p. 1161–1178.
- WANG, P.; MCCREARY, H. (2006). EDA sensor. [interaktyvus], [žiūrėta 2011.03.20]. Prieiga per internetą: <[http://courses.cit.cornell.edu/ee476/FinalProjects/s2006/hmm32\\_pjw32/index.html](http://courses.cit.cornell.edu/ee476/FinalProjects/s2006/hmm32_pjw32/index.html)>.
- VILLON, O.; LISETTI C. (2006) A User-Modeling Approach to Build User's Psycho-Physiological Maps of Emotions using Bio-Sensors. *Robot and Human Interactive Communication*, p. 269-276, ISBN: 1-4244-0564-5.

## **BENCHMARKING OF AFFECT RECOGNITION METHODS**

**Antanas Andrius Bielskis, Dalė Dzemydienė, Darius Drungilas, Gediminas Gričius, Andrej Gorochovik, Rasa Gadliauskaitė**

### Summary

Recently, computer technology to identify, interpret or even to imitate human emotional states become more and more popular, but there is no consensus on which machine learning methods, and why should be used on one or other case. The article studies the interaction of most commonly used classification algorithms for affect evaluation and methods for parameter analysis. The paper describes the affect evaluation principles, the most commonly used classification methods for the recognition of human emotional state. The research and the results shows that classification algorithm depends on the choice of parameters processing method and highlighted the advantages and disadvantages of classification algorithms.



# Kompiuterinės mokymo priemonės edukacinėse ir mokymosi aplinkose

## Vaino Brazdeikis

Švietimo informacinių technologijų centro direktorius  
Centre of Information Technology for Education, Director,  
Suvalkų g. 1 LT-03106 Vilnius, el. paštas: vainas@ipc.lt, tel. (8 5) 235 61 50, faksas (8 5) 235 61 55  
Kauno technologijos universiteto docentas / Kaunas Technology University, assoc.

## Mantas Masaitis

Švietimo informacinių technologijų centro direktoriaus pavaduotojas  
Centre of Information Technology for Education, Deputy director,  
Suvalkų g. 1 LT-03106 Vilnius, el. paštas: mantas.masaitis@itc.smm.lt, tel. (8 5) 235 61 50,  
faksas (8 5) 235 61 55  
Kauno technologijos universiteto lektorius / Kaunas Technology University, lector

*Šiandien informacinių ir komunikacinių technologijų plėtra turi vis didesnę įtaką mokymo priemonėms ir mokymo(si) metodams, o šios savo ruožtu įtakoja ir edukacines, ir mokymosi aplinkas. Straipsnio tikslas – apžvelgti kompiuterines mokymo priemones ir jų įtaką edukacinėms ir mokymosi aplinkoms. Kaip mokslinio darbo rezultatas parengtas kompiuterinių mokymo priemonių, mokymo metodų ir šių aplinkų sąsajų modelis. Naudojant esamų Lietuvos mokyklų tyrimų duomenis (SITES 2006; Kriliuvienė, 2009) įvertintas sąsajų modelio pagrįstumas. Rekomenduojama mokykloms įvertinti planuojamus mokymo tikslus, galimus mokymo(si) metodus, reikalingas sukurti edukacines mokymosi aplinkas ir tik tada siekti investuoti į adekvačias kompiuterines mokymo priemones.*

## Įvadas

Informacinės ir komunikacinės technologijos (toliau – IKT) per gan trumpą laikotarpį įtakojo įvairias visuomenės gyvenimo sritis, tarp jų švietimą. Nemažai mokslininkų (Jucevičienė, Petkūnas, 2006; Schacter, 1999) sutaria, jog IKT gali būti naudingos ugdymui, tačiau dažnai pabrėžiama ir konservatyvi švietimo prigimtis (Fullan, 1996), o PISA 2009 tyrimas rodo net neigiamą kompiuterių įtaką mokymui mokyklose (Loi, 2011).

Švietimo veikla dažniausiai projektuojama į įvairias edukacines ir mokymosi aplinkas. Mokslininkai (Butrimienė, Stankevičienė, 2008; Brazdeikis, 2009), nagrinėdami šias aplinkas sutaria, kad IKT jas įtakoja, papildo. Tai siejama su atnaujinta pedagogo kompetencija taikyti IKT, taikomais mokymo metodais naudojančiais kompiuterines mokymo priemones, kitais faktoriais. Atkreiptinas dėmesys, jog mokymo metodai, kuriuose naudojamos kompiuterinės mokymo priemonės šiandien mokyklose tampa vis populiariesni, tačiau veiksmingas ir tinkamas jų naudojimas, jų įtaka edukacinėms ir

mokymosi aplinkoms mokslininkų dar gana mažai nagrinėtas. Šio darbo tikslas – apžvelgti mokymo metodus, kuriuose naudojamos kompiuterinės mokymo priemonės, ir jų įtaką edukacinėms ir mokymosi aplinkoms.

Tyrimo metodologija remiasi mokslinės literatūros ir dokumentų analizės metodu, taikomu pagrindžiant mokymo/mokymosi metodų, kompiuterinių mokymo priemonių, bei edukacinių ir mokymosi aplinkų sąsajų modelį (toliau – Sąsajų modelis). Duomenų statistinė analizė naudojama, pagrindžiant parengtą Sąsajų modelį.

Pirmoje straipsnio dalyje plačiau aptariamos edukacinių ir mokymosi aplinkų bei mokymo metodų ir kompiuterinių mokymo priemonių sampratos, antroje siekiama nuskaidyti ryšius tarp kompiuterinių mokymo priemonių ir edukacinių aplinkų, trečioje, naudojant esamų tyrimų duomenis apžvelgiama situacija Lietuvos edukacinėje praktikoje.

### *Edukacinės (mokymosi) aplinkos ir kompiuterinės mokymo priemonės*

Prieš nagrinėjant temą aktualu aptarti edukacinių ir mokymosi aplinkų sampratas. D. Lipinskienė (2001) edukacinę aplinką apibrėžia kaip dinamišką mokymo ir mokymosi erdvę, sukurtą ir veikiamą edukatoriaus ir nulemtą edukacinio tikslo, jį atitinkančio turinio ir jo įsisavinimą paremiančių metodų. Panašiai, šiam darbui priimtina, edukacinę aplinką apibrėžia ir kiti mokslininkai (Čiužas, 2008): tai erdvė, kurioje vyksta ugdymo procesas, veikiamas edukatoriaus, ir kurią lemia ugdymo tikslas, turinys, metodai, priemonės, mokyklos kultūra. Šalia edukacinių aplinkų dažniai minimos ir mokymosi aplinkos. D. Lipinskienė (2002), remdamasi Tight (1996) teigia, jog pagrindinis dalykas, skiriantis edukaciją ir mokymąsi yra tas, kad edukacija siejama su organizuotu ir nepertraukiamu, ilgalaikiu mokymu. Todėl edukacinėje aplinkoje atsiranda edukatorius, kuriuo gali būti tiek dėstytojas, tiek materialiniai ar informaciniai ištekliai, tiek institucija. Tačiau remiantis mokymosi paradigma, mokymasis nebūtinai turi būti susijęs su mokymu, todėl edukatorius ar institucija šiame procese nėra būtini. Mokymosi aplinka ir edukacinė aplinka skiriasi būtent šia prasme: mokymosi aplinkose keičiasi edukatoriaus pozicija į edukatorių kaip mokymosi proceso dalyvį, besimokantį kartu su kitais. Galima teigti, jog mokymosi aplinka labiau sietina su asmenine besimokančiojo erdve, tad priimtinais laikytini mokslininkų sampratos apibrėžimai: erdvė, kurioje besimokantysis, sąveikaudamas su informacijos šaltiniais bei didesnę patirtį turinčiais individualais, konstruktyviai, valingai, sąmoningai tikslingai ir refleksyviai veikdamas įgyja žinių, gebėjimų ir vertybių (G. Tautkevičienės, P. Jucevičienės, 2004) ar mokymosi aplinkoje veikiantys subjektai (studentai, dėstytojai, bibliotekininkai ir kt.), duomenys, informacija, žinios bei jų patekimo besimokantiems būdų įvairovė (Bowden, Marton, 1998).

Edukacines aplinkas šiandien veikia ir vis labiau besiplėtojančios IKT. Reiktų pastebėti, jog IKT apima: pirma – aplinkas, kuriuose kaip pagrindinis įrankis naudojamas kompiuteris, kompiuteriniai tinklai; antra – būdus ir procesus, kuriais veikiama tose aplinkose, trečia – informaciją bei žmones, veikiančius tose aplinkose (Brazdeikis,

2009). Taigi, IKT ir edukacinei aplinkai persiklojant, atitinkamai turėtų būti susiejamos aplinkų dalys: pirma – mokymo priemonės, kuriose pagrindinis įrankis yra kompiuteris, antra – veikimo metodai, kuriuose naudojamos kompiuterinės mokymo priemonės, trečia – pedagogas ir jo IKT taikymo kompetencija. Tad edukacinėmis (mokymosi) aplinkomis, veikiamomis (papildytais) IKT galima laikyti dinamiškas, naujos ugdymo kokybės siekiančias ugdymo ir mokymosi erdves, sukurtas ir veikiamas IKT taikymus išmanančių pedagogų bei paremtas metodais, kuriuose naudojamos kompiuterinės mokymo priemonės.

Šiame darbe toliau kalbėsime apie mokymo metodus ir juose naudojamas kompiuterines mokymo priemones, tad aptarkime ir šias sampratas.

Lietuvių kalbos žodyne (LK žodynas [www.lki.lt](http://www.lki.lt)) „priemonė“ suprantama kaip įrankis, įnagis, prietaisas ar šiaip koks daiktas, reikalingas ką darant. Dar senesnėje enciklopedinėje literatūroje mokymo priemonės apibrėžiamos kaip mokymo tikslais naudojami reikmenys (Lietuviškoji tarybinė enciklopedija, Vilnius, Mokslas, 1981). Toks „mokymo priemonių“ apibrėžimas tinkamas ir šiandien.

Mokymo priemonės gali būti klasifikuojamos pagal įvairius požymius:

- ugdymo metodą (frontalaus ugdymo metodams skirtos mokymo priemonės, individualaus mokymo metodams skirtos mokymo priemonės, aktyviems ugdymo metodams skirtos mokymo priemonės...),
- mokymo dalyką (matematikos mokymo priemonės, istorijos mokymo priemonės...),
- naudojamą pagrindinį elementą (kompiuterinės mokymo priemonės, popierinės mokymo priemonės, techninės mokymo priemonės, automobilinės mokymo priemonės...),
- taikymo pobūdį (mokymo priemonės skirtos mokyti apie jas, mokymo priemonės skirtos mokyti su jomis, integruotos),
- perduodamą informaciją (garsinės (audio) mokymo priemonės, vaizdinės (media) mokymo priemonės, jutiminės...),
- pateikimo formą (skaitmeninės mokymo priemonės, popierinės mokymo priemonės, medžiaginės, techninės, tinklinės...),
- interaktyvumą (demonstracinės (statinės, statinės su judančiais vaizdais ir garsu), pratybų kontrolės (leidžiančios atsakyti (su užduotimis), leidžiančios tikslinti pradinės sąlygas), modeliavimo (konstravimo, simuliacinės)).

Skaidant pagal požymius ta pati mokymo priemonė gali būti priskirta skirtingoms grupėms. Kompiuterį taikomą mokymo tikslams, taip pat galime laikyti mokymo priemone. Pagal naudojamą pagrindinį elementą jis klasifikuojamas kaip kompiuterinė mokymo priemonė (toliau darbe tai bus naudojama). Iš kitos pusės, kompiuteris gali būti priskirtas ir techninėms mokymo priemonėms, ir skaitmeninėms mokymo priemonėms, kadangi savyje turi skaitmeninio turinio.

Iš esmės kompiuterinės mokymo priemonės – tai mokymo priemonės, kurios pagrindinis elementas yra kompiuteris. Atsižvelgiant į kompiuterio tipą (stalinis, nešiojamas, planšetinis, išmanusis telefonas, skaityklė), šio priemonės gali būti labai skirtingos, o pačią priemonę gali sudaryti ir keletas kompiuterių (nuo 2 iki skaičiaus, atitinkančio mokinių skaičių klasėje). Su pagrindiniu elementu – kompiuteriu – papildomai gali būti komplektuojama:

- techninė įranga (interaktyvios lentos, multimedijos projektoriai, garso – vaizdo (audio/video) įranga, kompiuteriniai mokomieji žaislai, matavimo įtaisai, skaitmeniniai foto aparatus ir t. t.);
- programinė įranga (operacinė sistema, bendrosios paskirties standartinė taikomoji (grafinė, garso, video, teksto tvarkyklės, skaičiuoklė, ir t. t.), mokomosios priemonės, skaitmeninis turinys);
- Internet prieiga/tinklinės priemonės (tinkliniai bendros paskirties standartiniai įrankiai (pvz., el. pašto sistemos, interneto puslapio kūrimo įrankiai), mokymo priemonės/įrankiai (pvz., virtuali aplinka), skaitmeninis turinys (pvz., kursai).

Galima pastebėti, jog programinė įranga ir interneto prieiga sukuria vis labiau panašias priemones/įrankius (išskyrus komunikacijos). Atskirai neverta išskirti ir sisteminės programinės įrangos, nors išimtis gali būti kalbant apie informacinių technologijų pamokas. Skaitmeninės mokymo priemonės dažnai sutapatinamos su vienu, tegul ir labai svarbiu, kompiuterinių mokymo priemonių elementu – skaitmeniniu turiniu, tačiau kažin ar tai yra racionalu, nes be kompiuterio toks turinys yra neprieinamas.

Taigi, šiuolaikinė kompiuterinė mokymo priemonė šiandien gali būti sudaryta iš įvairių elementų bei naudojama asmeninei mokytojo ar mokinio veiklai (kompiuteris su bendros paskirties programine ranga ir Internet tinklo prieiga), demonstravimo (kompiuteris su multimedia ar/ir interaktyvia mokymo lenta). Didelis kompiuterių kiekis su mokymo programomis gali sudaryti skirtingų dalykų mokymo klasę (pvz., informacinių technologijų, pradinukų ir pan.) ar specializuotas klases, pavyzdžiui:

- gamtos dalyko mokomąją laboratoriją su įvairiais matavimo prietaisais (pvz., temperatūros, šviesos zondais), leidžiančiais išmatuoti tiriamus dydžius, tiek valdymo įtaisais, leidžiančiais valdyti robotus ir kt. įrenginius, tiek tam reikalinga programine įranga;
- kūrybinę laboratoriją, naudojančią video/audio įrangą;
- virtualios realybės/simuliacijų kabinetą su virtualios realybės įtaisais ar stimulatoriais;
- mokomųjų žaidimų klasę su mokomaisiais kompiuteriniais žaidimais;
- nuotolinio mokymo klases, naudojančias nuotolinio mokymo sistemas;
- ir t. t.

Kompiuterių klasės gali būti „prikimštos“ įvairios įrangos (multimedijos, skaičiuotuvių, vaizduoklių, interaktyvių lentų) leidžiančios šiandien turėti gan modernius kabi-

netus. Jei kompiuterine mokymo priemone naudosis vaikai su negalia, tai ji, matyt, turės specialią klaviatūrą, pele, specialų displejų (silpnaregiams – didesni ekranai, neregiam – Brailio displejai), kalbančias sąsajas (kurčėbyliams, neprigirdintiems bei vaikams su kalbos defektais), leidžiančioms suprasti komandas pagal ištartą garsą, ir pan.

### *Mokymo(si) metodai ir kompiuterinės mokymo priemonės*

Mokymo metodai apibrėžiami gana įvairiai. Dažnai istoriniu aspektu mokymo metodai skirstomi į tradicinius ir „modernius“, kartais mokinių aktyvumo požiūriu mokymo metodai skirstomi į „aktyviuosius“ ir „ne tokius aktyvius“ ir pan. Remsimės Lietuvos ugdymo praktikoje klasikiniu tapusiu apibrėžimu: „Mokymo metodu vadinama mokytojo ir jo vadovaujamų mokinių veiklos būdų sistema, kuri padeda mokiniams įgyti žinių, mokėjimų bei įgūdžių, lavinti sugebėjimus, formuoti pasaulėžiūrą.“ (L. Jovaiša, J. Vaitkevičius, 1989.) Mums šis apibrėžimas svarbus tuo, kad jis neutralus mokymo ir mokymosi paradigmų atžvilgiu, t. y. mokymo metode „užkodotos“ tam tikros ir mokytojo, ir mokinio veiklos. Be abejo, skirtingų metodų taikymo atvejais skirsis ir pačios veiklos, ir aktyvumo lygis: vienur aktyvesnis mokytojas, kitur – mokiniai. Dar aiškiau šis mokinio ir mokytojo veiklų dualizmas matosi nagrinėjant šių autorių siūlomą metodų klasifikaciją (1 lentelė).

**1 lentelė.** Mokymo metodų klasifikacija (pagal L. Jovaiša, J. Vaitkevičius, 1989)

<b>Informaciniai metodai</b>		
<b>Teikiamieji</b>		<b>Atgaminamieji</b>
<i>Pasakojimas</i> (siužetinis, aprašomasis, aiškinamasis); <i>Paskaita</i> (mokyklinė, akademinė); <i>Demonstravimas</i> ;		<i>Atpasakojimas</i> (raštu, žodžiu); <i>Kartojimo pokalbis</i> (atkūrimo, apibendrinimo); <i>Rašiniai</i> (Kontrolinis, išpūdžių ir kt.);
<b>Operaciniai metodai</b>		
<b>Pratybų</b>	<b>Praktiniai</b>	<b>Laboratoriniai</b>
<i>Treniruotė</i> (pagal pavyzdį, instrukciją, užduotį); <i>Kontekstinės pratybos</i> (komentavimo, aiškinimo); <i>Kūrybinės pratybos</i> ; <i>Skaitymo, rašymo metodai</i> .	<i>Instruktažas</i> ; <i>Techninis darbas</i> ; <i>Gamybinių užduočių vykdymas</i>	<i>Bandymų demonstravimas</i> ; <i>Iliustraciniai laboratoriniai darbai</i> ;
<b>Kūrybiniai metodai</b>		
<b>Euristiniai</b>	<b>Probleminiai</b>	<b>Tiriamieji</b>
<i>Euristinis pokalbis</i> ; <i>Loginis įrodymas</i> ; <i>Paieškos</i> ; <i>Techninis konstravimas</i> .	<i>Probleminis dėstymas</i> ; <i>Probleminis pokalbis pagal situaciją</i> ; <i>Uždavinių sprendimas</i> ; <i>Techninis modeliavimas</i> ; <i>Kūrybiniai rašiniai</i> .	<i>Stebėjimas</i> ; <i>Eksperimentas</i> ; <i>Tyrimo rezultatų apiforminimas</i> .

Vienur metodai įvardijami pagal mokytojo, kitur – pagal mokinio veiklas, tad mokymo metodus galima skirstyti pagal tai, kuri (mokytojo mokymo ar mokinio mokymosi) veikla yra vyraujanti. Remiantis D. Lipinskienės (2002) aplinkų skirtumais galime manyti, jog metodai orientuoti į mokytoją artimesni edukacinėms (mokymo) aplinkoms, o metodai orientuoti į mokinį artimesni mokymosi aplinkoms.

Kai kurie autoriai (Pečiuliauskienė, 2008) išskiria savituosius kompiuterinius mokymo metodus: programuotas mokymas, modeliavimas, nuotolinis mokymas, konstruktyviosios mokymosi aplinkos. Tačiau iš esmės šie metodai nėra pakankamai savarankiški, labiau artimi operacinių (programuotas) ar kūrybinių metodų (modeliavimas, konstruktyvios mokymo aplinkos) grupei, todėl šiame darbe labiau „rišamasi“ prie jau tapusio klasikinio metodų klasifikavimo (Jovaiša, Vaitkevičius, 1989). Iš kitos pusės galima sutikti, jog atsiranda metodai kurie buvo neįmanomi be technologijų (pvz. kompiuterinis testavimas, bendras (wiki) dokumentų kūrimas), tačiau savyje jie nesukuria mokymo (si) metodų grupių bet jas tik papildo naujais metodais.

### *Edukacinių aplinkų kaita*

Akivaizdu, jog edukacinės aplinkos veikiamos IKT kinta. Tačiau jas veikia ne tik pasirenkami mokytojo ugdymo metodai, bet ir kartu naudojamos kompiuterinės mokymo priemonės.

Nagrinęjant įvairių autorių (V. Petkūnas, P. Jucevičienė 2006; Puentedura, 2006, Brazdeikis, 2009) darbus apie IKT diegimą mokyklose pedagoginės paradigmos kaitos nuo mokymo prie mokymosi kontekste, galima pastebėti panašų etapiškumo akcentavimą: 1) pradiniam etape vyrauja tradicinis mokymas. Mokytojas dažnai naudoja aiškinimą, klausinėjimą, rašymą, teksto skaitymą, mokyklinę paskaitą, demonstravimą. Kompiuterinės mokymo priemonės tiesiog pakeičia ankstesnes priemones be didesnių ugdymo proceso pokyčių. Dėmesys skiriamas mokytojų darbo vietoms ypač tinkamoms demonstravimui, informatikos kabinetams; 2) taikymo etape be tradicinių mokymo metodų, dažnai naudojami žaidimai, imitacijos, trumpalaikiai projektai, kūrybines užduotys, konkrečios srities tyrimai. Kompiuterinės mokymo priemonės pakeičia ankstesnes priemones, pagerindamos jų atliekamas funkcijas. Atsiranda didesnis poreikis gamtos mokslų laboratorijoms, modernesniems dalykiniams kabinetams; 3) integracijos etape mokytojas pasitelkia individualius ar grupinius projektus, darbą su informacijos šaltiniais, savarankišką darbą, kūrybines užduotis. Kompiuterinės mokymo priemonės leidžia įgyvendinti naujus ugdymo uždavinius, kurie be technologijų atrodė neįmanomi. Naudojamos kūrybinės laboratorijos, mokomųjų žaidimų kabinetai, vyrauja įvairios tinklinės mokymo priemonės; 4) transformacijos etape vyrauja ilgalaikiai projektai, mokymasis iš patirties, moksliniai tyrinėjimai. Kompiuterinės mokymo priemonės leidžia reikšmingai modifikuoti ugdymo metodus ir siekiamus ugdymo tikslus. Vyrauja galimybės mokiniams naudotis asmeninėmis mobiliomis darbo vietomis su internetu

sparta ne mažesne kaip 10 Mbps, naudojami tinkliniai įrankiai, nuotolinės kompiuterių darbo vietos ar kabinetai.

Mokymo priemonės ir mokymo(si) metodai tiek edukacinėse aplinkose, tiek ir mokymosi aplinkose įtakoja ugdymo procesus. Tačiau tikėtina, jog skirtingose aplinkose turėtų būti taikomi skirtingi mokymo metodai bei skirtingos kompiuterinės mokymo priemonės. Pedagoginės paradigmos kaitos kontekste (nuo mokymo prie mokymosi) edukacinės aplinkos turėtų kisti į mokymosi aplinkas, tuo pačiu turėtų vykti ir mokymo metodų, mokymo priemonių kaita, leidžianti užtikrinti veiksmingą ir kokybiškai naują ugdymo proceso vyksmą. Tokia edukacinių aplinkų kaita į mokymosi aplinkas gali būti siejama su IKT diegimo etapais, kas savo ruožtu leidžia pagrįsti mokymo/mokymosi metodų, kompiuterinių mokymo priemonių bei edukacinių/ mokymosi aplinkų sąsajų modelį (2 lentelė).

Atitinkamas priemonių ir metodų naudojimas atitinkamose aplinkose tiesiogiai siejasi su efektyvumu, nes nelogiška būtų naudoti skirtingo tipo mokymo metoduose vieno ir to paties tipo kompiuterines mokymo priemones.

**2 lentelė.** Mokymo/mokymosi metodų, kompiuterinių mokymo priemonių, edukacinių/mokymosi aplinkų sąsajų modelis

METODAI	Į mokymą orientuoti metodai (informaciniai)	Labiau į mokymą orientuoti metodai (operaciniai)	Labiau į mokymąsi orientuoti metodai (kūrybiniai/probleminiai)	Į mokymąsi orientuoti metodai (kūrybiniai/tiriamieji)
APLINKOS	Edukacinės	→→→	→→→	Mokymosi
KOMPIUTERINĖS MOKYMO PRIEMONĖS	Į mokymą orientuotos priemonės (pvz., demonstravimo priemonės)	Labiau į mokymą orientuotos priemonės (pvz., gamtos mokslų laboratorijos)	Labiau į mokymąsi orientuoti priemonės (pvz., kūrybinės laboratorijos)	Į mokymąsi orientuotos priemonės (pvz. asmeniniai kompiuteriai 1:1)

### Sąsajų modelio pagrindimas

Siekiant įvertinti parengtą Sąsajų modelį atlikome antrinę duomenų, surinktų vykdant tyrimus Lietuvoje, susijusių su IKT diegimu, analizę.

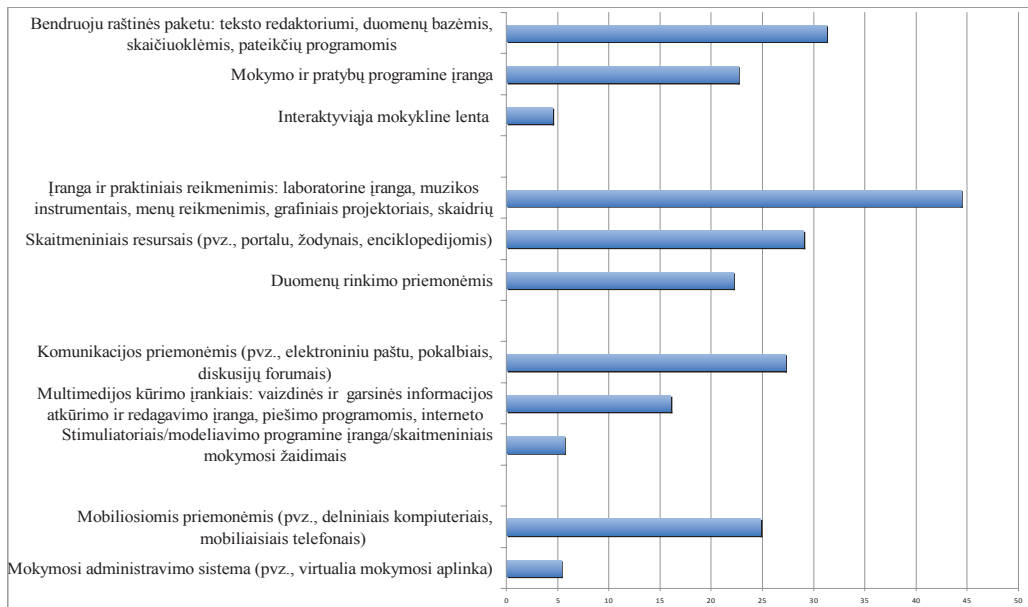
*SITES tyrimo duomenys.* 2006 metais Lietuva dalyvavo Tarptautinės švietimo pasiekimų vertinimo asociacijos organizuotoje studijoje „Informacijos technologija mokyklose“ – SITES 2006 (angl. Second Information Technology in Education Study). Pedagogų imtis – aštuntos klasės gamtos mokslų ir matematikos mokytojai. Pedagogų atrankai naudotas tikimybinis būdas. Klausimynas pildytas internetu, prieiga suteikta

1164 pedagogams, atsakė 834 (72%). Pagal lytį – 88,1% tyrime dalyvavusių pedagogų – moterys (Lietuvoje pedagogių moterų – 86,8%), pagal išsilavinimą – 95,9% turi aukštąjį universitetinį išsilavinimą (Lietuvoje – 92,6%). Iš atsakiusių pedagogų 75,2% turi galimybę naudotis kompiuteriu namie (iš jų 97% jį naudoja su mokymu susijusiais tikslais), o 80,3% gali naudotis ir internetu. Duomenys leidžia įvertinti mokymo priemonių ir juose naudojamų kompiuterinių mokymo priemonių taikymą Lietuvos mokyklose, tarp jų esamas sąsajas.

SITES 2006 tyrėjai kompiuterinėse mokymo priemonėse akcentuoja techninę įrangą, programinę įrangą, komunikacijos priemones. Šias kompiuterines mokymo priemones galima išskaidyti į šias grupes:

- į mokymą orientuotos priemonės: bendroji raštinės įranga, mokymo ir pratybų programinė įranga, interaktyvios lentos;
- labiau į mokymą orientuotos priemonės: duomenų rinkimo priemonės, skaitmeniniai resursai (pvz., portalai, žodynai, enciklopedijos);
- labiau į mokymąsi orientuotos priemonės: simulatoriai/modeliavimo programinė įranga, žaidimai ir multimedijos kūrimo įrankiai, komunikacijos priemonės;
- į mokymąsi orientuotos priemonės: mobilios priemonės, mokymosi administravimo sistema.

Atlikus šių priemonių naudojimo dažnumo statistinę analizę (1 pav.), galime matyti, jog mokytojai aktyviausiai naudoja priemones, kurios labiau yra orientuotos į mokymą, mažiau naudoja priemones, orientuotas į mokymąsi.



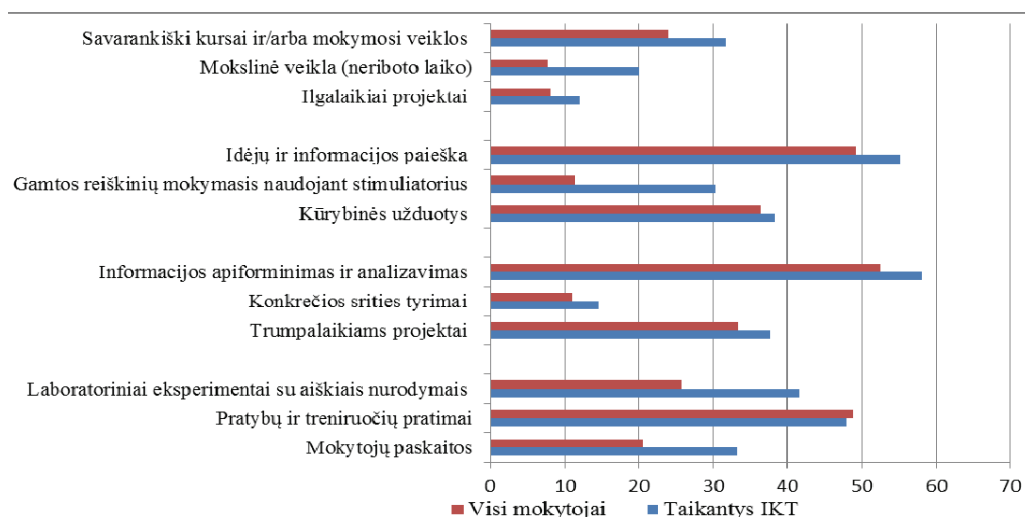
1 pav. Statistinė mokymo priemonių naudojimo analizė SITES 2006 tyrime



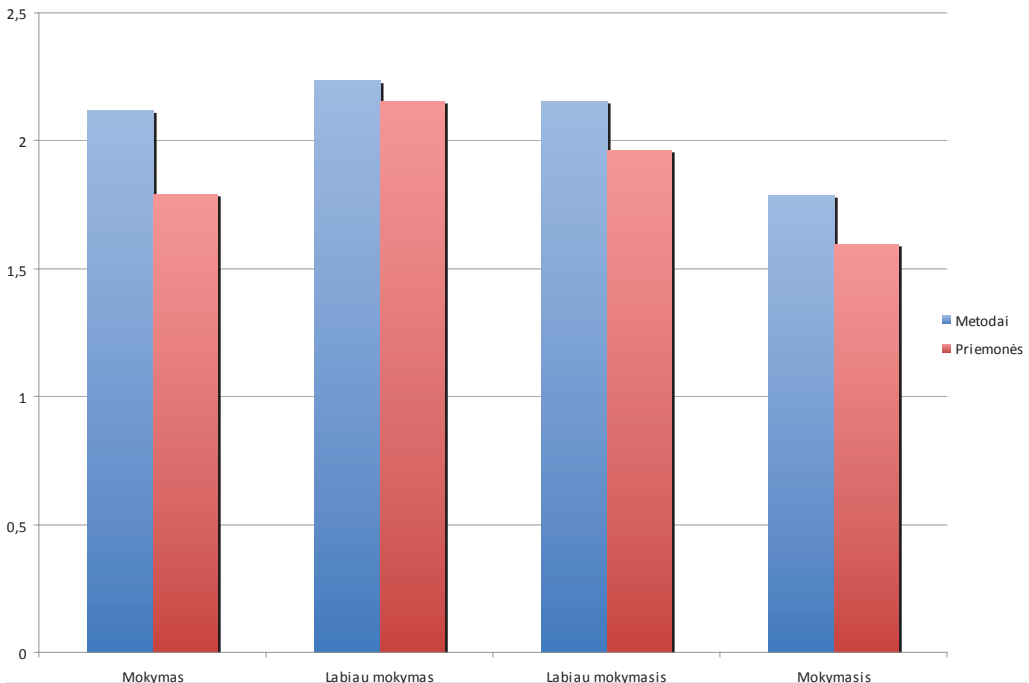
SITES 2006 tyrėjai rinko duomenis ir apie mokymo metodus. Domėtasi, kaip mokytojai taiko šiuos metodus:

- Į mokymą orientuoti metodai: mokytojo paskaitos, pratybų ir treniruočių pratimai, laboratoriniai eksperimentai su aiškiais nurodymais ir rezultatais. Taikant šiuos metodus aktyvesnis mokytojas, jis nustato ugdymo turinį, vadovauja veikloms. Mokiniai vykdo nurodymus, jų iniciatyva nereikalinga.
- Labiau į mokymą orientuoti metodai: trumpalaikiai projektai, konkrečios srities tyrimai, informacijos apiforminimas ir analizavimas. Lyginant su ankstesne metodų grupe, čia mokiniai turi daug daugiau iniciatyvos laisvės, jie veikia savarankiškai, tačiau negali priimti sprendimų apie veiklas, jų eigą ir sėkmę. Mokytojo įtaka stipri, visiems procesams vadovauja jis.
- Labiau į mokymąsi orientuoti metodai: kūrybinės užduotys (pvz., sukurti modelį, parašyti referatą), mokymasis apie gamtos reiškiniams naudojant stimulatorius, idėjų ir informacijos paieška. Mokytojas formuluoja bendrą užduotį, nurodo paieškų kryptį, o mokiniai veikia savarankiškai.
- Į mokymąsi orientuoti metodai: ilgalaikiai projektai, savarankiški kursai ir/arba mokymosi veiklai, mokslinė veikla (neriboto laiko). Mokytojas ir mokiniai tariaisi dėl veiklos krypčių, projekto temų ir pan. Sprendimus dažniausiai priima mokiniai, jie veikia ir priima sprendimus savarankiškai.

Svarbu pažymėti, kad mokytojai buvo prašomi nurodyti, ar apskritai taiko šiuos metodus ir ar juos taikydami naudoja IKT. Toliau nagrinėsime šių metodų taikymą naudojant IKT. 2 pav. pateikiama informacija apie tai, kuri dalis mokytojų teigia metodus naudojantys dažnai arba nuolat.



2 pav. Statistinė mokymo metodų taikymo analizė SITES 2006 tyrime



**3 pav.** Mokymo priemonių ir mokymo metodų naudojimo dažnumas (1 – nenaudoju, 4 – naudoju nuolat)

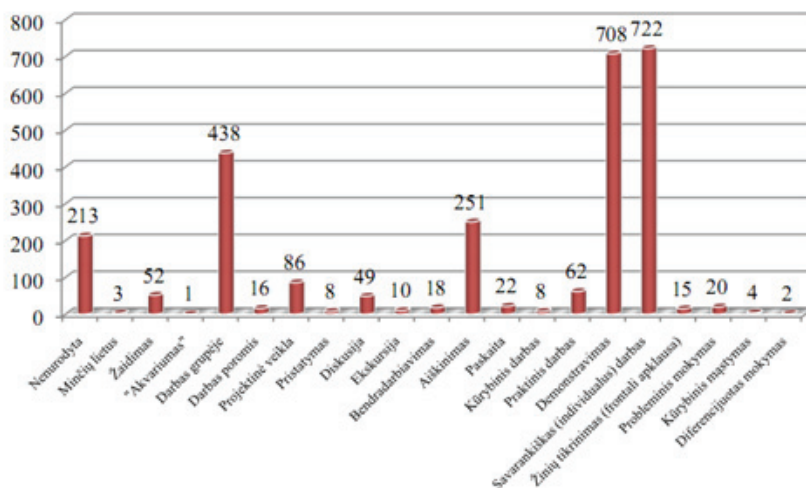
Matome, jog vyrauja metodai labiau orientuoti į mokymą, tačiau mokytojai, taikantys IKT dažniau naudoja į mokymąsi orientuotas veiklas.

Tad tai leidžia daryti išvadą, jog 2 lentelėje pateiktas modelis atitinka faktinę situaciją tarp naudojamų/nenaudojamų mokytojų metodų ir priemonių. Tai patvirtina ir atlikta analizė naudojamų metodų ir priemonių kiekio pasiskirstyme (3 pav.) metodų grupėse.

Panagrinėjus mokymo metodų grupės naudojimo dažnumo ir IKT priemonių naudojimo dažnumo koreliacijas paaiškėjo, kad bet kurios grupės metodų naudojimas statistškai patikimai koreliuoja su bet kurios IKT priemonių grupės naudojimo dažnumu. Tai rodo, kad aukštesnis IKT diegimo etapas neeliminuoja žemesnio, t. y. mokytojas, pasiekęs, pavyzdžiui, trečią etapą ir toliau savo praktikoje naudoja antrajam ar pirmajam etapams būdingas priemones ir metodus. Tam tikro etapo priemonių ir metodų naudojimą matyt lemia ne IKT taikymo istorija ar technologinių priemonių gausa ir modernumas, o konkreti ugdymo situacija, ugdymo tikslai.

*Metodinių darbų analizė.* T. Kriliuvienės (2009) atliktame metodinių darbų tyrime galime pastebėti (4 pav.), jog taikant IKT mokykloje iš esmės vyrauja metodai orientuoti į mokymą (paskaita, demonstravimas, aiškinimas), rečiau labiau į mokymą (darbas grupėje, darbas porose, projektinė veikla, praktinis darbas), gan retai labiau į mokymąsi

## SUKAPTOS METODINĖS PATIRTIES, NAUDOJANT IKT ĮVAIRIUOSE DALYKUOSE, ANALIZĖ



4 pav. Taikomų mokymo metodų analizė (T. Kriliuvienė, 2009)

orientuotų mokymo metodų (kūrybinis mastymas, žaidimai, diskusija, bendradarbiavimas), beveik nėra į mokymąsi orientuotų metodų.

Tuo tarpu naudojamų kompiuterinių mokymo priemonių tarpe vyrauja priemonės orientuotos į mokymą (Multimedia, vienas kompiuteris, kompiuterių klasė, bendrosios paskirties programinės įrangos paketai). Metodinių darbų autoriai kaip dažniausiai naudojamą programinę įrangą nurodo *MS PowerPoint* (51,8%), *Internet Explorer* (40,3%), *MS Word* (33,6%). Analizuojant metodinius darbus T. Kriliuvienė teigia, jog 85,3% metodinių darbų nenurodytos kompiuterinės mokymo priemonės arba jos nenaudojamos. Tad atlikus šio tyrimo analizę matome, jog Lietuvos mokyklose vyrauja mokymas ir su juo susijusios kompiuterinės mokymo priemonės. Iš kitos pusės būtų nelogiška ir netikslu naudoti kito tipo mokymo priemones nesikeičiant mokymo metodus ir tuo labiau pačioms mokymosi aplinkoms

## Išvados

Edukacinės (mokymosi) aplinkas veikia (papildo) IKT, taikant mokymo metodus, kuriuose naudojamos kompiuterinės mokymo priemonės. Edukacinių aplinkų paradigmė kaita į mokymosi aplinkas gali būti siejama ir su skirtingų kompiuterinių mokymo priemonių ir mokymo metodų taikymu orientuotų: į mokymą, labiau į mokymą, labiau į mokymąsi, į mokymąsi (2 lentelė). Ši Sąsajų modelį patvirtina statistiniai Lietuvos mokyklų tyrimų duomenys.

Praktikoje mokymo metodų ir juose naudojamų kompiuterinių mokymo priemonių naudojimą matyt turėtų lemti ne IKT taikymo istorija ar technologinių priemonių gausa ir modernumas, o edukacinės aplinkos konkreti ugdymo situacija, ugdymo tikslai.

Refleksyviai žiūrint į pateiktą medžiaga galima būtų rekomenduoti mokykloms įvertinti planuojamus mokymo tikslus, galimus mokymo(si) metodus, reikalingas sukurti edukacines mokymosi aplinkas ir tik tada siekti investuoti į adekvačias kompiuterines mokymo priemones.

## LITERATŪRA

- BOWDEN, J.; MARTON F. (1998). *The University of Learning*. – London
- Butrimienė, E.; Stankevičienė, N. (2008). Edukacinės aplinkos turtinimas informacinėmis ir komunikacinėmis technologijomis. *Medicina*, nr. 44(2), p. 156–166.
- Brazdeikis, V. (2009) Informacinėmis ir komunikacinėmis technologijomis papildytų edukacinių aplinkų kaita // Informacijos mokslai = Information Sciences : mokslo darbai / Vilniaus universitetas. Vilnius : Vilniaus universiteto leidykla. T. 50, p. 57–63.
- ČIUŽAS, R. (2006). *Lietuvos mokytojų didaktinė kompetencija*. ŠMM politikos analizė. Prieiga per internetą: [http://www.smm.lt/svietimo\\_bukle/docs/pr\\_analize/Mokytoju\\_didaktine\\_kompetencija.pdf](http://www.smm.lt/svietimo_bukle/docs/pr_analize/Mokytoju_didaktine_kompetencija.pdf) [žiūrėta 2008 lapkričio 22 d.].
- FULLAN, M. (1996). *Managing Change*: Soros Conference materials. Budapest: OSI.
- JOVAIŠA L., VAITKEVIČIUS J. (1989). *Pedagogikos pagrindai*. – Kaunas: Šviesa.
- JUCEVIČIENĖ, P.; TAUTKEVIČIENĖ, G. (2004). Universiteto bibliotekos mokymosi aplinkos samprata. *Pedagogika: mokslo darbai*, t. 71, p. 101 – 105.
- JUCEVIČIENĖ, P.; BRAZDEIKIS, V. (2003). Pedagoogo IKT kompetencijos dinamiškos struktūros pagrindimas. *Socialiniai mokslai*, nr. 2(39), p. 70 – 81.
- SCHACTER, J. (1999). *The Impact of Education Technology on Student Achievement: What the Most Current Research Has to Say*. Prieiga per internetą: <http://www.mff.org/pubs/ME161.pdf> [žiūrėta 2003 balandžio 22 d.].
- KRILIUVINĖ, T. (2009) Tyrimo sukauptos metodinės patirties naudojant IKT įvairuose dalykuose, analizė (ataskaita). [http://www.ipc.lt/wp-content/uploads/2009/11/tyrimas\\_metodika.pdf](http://www.ipc.lt/wp-content/uploads/2009/11/tyrimas_metodika.pdf) [žiūrėta 2011 gegužės 10 d.].
- LIPINSKIENĖ, D. (2002). *Edukacinė studentą įgalinanti studijuoti aplinka*: Daktaro disertacija. Kaunas: KTU.
- PEČIULIAUSKIENĖ. P. (2008). *Kompiuterizuoto mokymo metodai pradedančiųjų mokytojų edukacinėje praktikoje* *Pedagogika: mokslo darbai* t. 89, p. 64-69.
- PUENTEDURA, R. (2006). *Transformation, Technology, and Education*. Prieiga per internetą [http://hip-pasus.com/resources/tte/puentedura\\_tte.pdf](http://hip-pasus.com/resources/tte/puentedura_tte.pdf) [žiūrėta 2008 lapkričio 22 d.].
- PETKŪNAS, V.; JUCEVIČIENĖ, P. (2006). The Change of Educational Paradigm under the Influence of ICT Implementation: Criteria of Evaluating the Teacher and Student's Roles. *Socialiniai mokslai*, nr. 2 (52), p. 79 – 91.
- LOI, M. (2011). ICT usage of 15 years old students // Secondary analysis of the PISA 2009 ICT familiarity questionnaire. *Pranešimas ekspertų darbo grupėje (1st Expert group meeting on Indicators on ICT in Education 2011 kvov 22 d., Briuselis*.

# Testų konstravimo principų ir testuojamojo parametrų įtakos kompiuterinio raštingumo testams analizė

## Renata Danieliene

VŠĮ „Informacinių technologijų institutas“, Informacijos sistemos vadybininkė, daktarė  
Information Technologies Institute, Information System Manager, Doctor  
S. Daukanto g. 25, LT-44249 Kaunas

## Eugenijus Telešius

Vilniaus universiteto Kauno humanitarinio fakulteto Informatikos katedros docentas, daktaras  
Department of Informatics, Kaunas Faculty of Humanities, Vilnius University,  
Associate Professor, Doctor  
Muitinės g. 8, LT-44280 Kaunas

*Šiame straipsnyje aprašomos rekomendacijos kompiuterinio raštingumo testavimo sistemoms, pateikiama testų konstravimo metodų panaudojimo galimybės kompiuterinio raštingumo testavimui, apžvelgiami testų konstravimo metodai. Remiantis ECDL<sup>1</sup> testavimo sistemos statistika, nagrinėjama, kokie nuo testuotojo priklausantys parametrai gali turėti įtakos testo rezultatams, ir pateikiamas siūlymas panaudoti statistinius duomenis nustatant pradinį testuojamojo įgūdžių lygį.*

## Įvadas

Žinių vertinimas yra labai svarbus procesas, kadangi įvertinus parodomas žmogaus turimas žinių lygis. Žinių ir įgūdžių vertinimas gali būti atliekamas žodžiu, raštu ir naudojant informacines technologijas (automatizuoti kompiuteriniai žinių tikrinimo testai). Nors yra sukurta nemažai testavimo metodų, tačiau laikui bėgant atsiranda naujų poreikių ir techninių galimybių. Ypač svarbu kuo tiksliau įvertinti žinias aukšto lygio ir specifinių sričių testavimo sistemose.

Norint sužinoti ar žmogus turi pakankamai žinių, reikia koku nors būdu įvertinti jo žinias. Anot N. L. Gage, D. C. Berliner vertinimas yra informacijos rinkimas ir apibendrinimas tam, kad būtų galima padaryti sprendimą. Vertinimą galima atlikti įvairiais būdais: žodžiu, raštu, praktinėmis užduotimis ar testais (Rajeckas, 1999).

Siekiant išsiaiškinti kuri žinių vertinimo procedūra efektyviausia ir geriausia yra atliekama nemažai tyrimų. Pavyzdžiui, 2005 m. atliktas tyrimas parodė, kad 77% ap-

---

<sup>1</sup> ECDL (angl. *European Computer Driving Licence*) yra Europos kompiuterio vartotojo pažymėjimas, rodantis, kad jo savininkas turi pakankamai žinių apie IT ir sugeba naudotis asmeniniu kompiuteriu bei dažniausiai naudojama taikomąja programine įranga.

klaustųjų žinių tikrinimo metu pageidauja gauti testus nei kitus tikrinimo būdus (Ruzgienė, Ruzgis, 2005). Anot V. Rajecko atliekant žinių tikrinimą raštu, galima užfiksuoti, lyginti studentų žinias ir įgūdžius bei sekti jų dinamiką įvairiu metu (Rajeckas, 1999).

Pastaruoju metu įvairių sričių žinių testavimui tikrinti yra naudojamas kompiuterizuotas testavimas. Naudojant kompiuterizuotą testavimą vienu metu galima ištestuoti dideles žmonių grupes. Netgi mokymo įstaigose kai kurie egzaminai yra keičiami testais. Taigi tokie testavimai turi būti atliekami kokybiškai.

Dėl šios priežasties yra tobulinami kompiuterizuotuose testavimuose naudojami testų konstravimo metodai. Iš pradžių buvo naudojami paprasti kompiuterizuoti fiksuoto ilgio testai. Vėliau, atsiradus poreikiui apsaugoti klausimus, efektyviau įvertinti testuojamųjų žinias, generuoti klausimus kiekvienam individualiai, kompiuterizuotas testavimas buvo tobulinamas siekiant išspręsti nuolat kylančias problemas. Taip atsirado ne vienas klausimų konstravimo metodas.

Deja, tradicinės žinių vertinimo sistemos neįvertina visų sugebėjimų ir įgūdžių, kurie yra reikalingi 21 amžiaus visuomenėje ir darbo aplinkoje. Todėl aukšto lygio testavimo sistemoms reikia kurti naujas teorijas ir metodus, kurie padėtų geriau įvertinti testuojamųjų žinias (Danielienė, 2010).

Didžiausia problema kyla tuomet, kai testavimo sistemai reikia parinkti tinkamiausią testų konstravimo metodą. Ypač svarbu atlikti kokybišką testavimą specializuotose testavimo sistemose, pavyzdžiui, testuojant žmonių kompiuterinio raštingumo žinias. Atliekant testavimus tokio lygio testavimo sistemose labai svarbu didinti klausimų saugumą, pateikiant minimaliai reikalingų klausimų kiekį testuojamojo žinių lygiui įvertinti.

Šiai problemai spręsti reikia apžvelgti egzistuojančius testų konstravimo metodus bei išnagrinėti egzistuojančią kompiuterinio raštingumo testavimo sistemą, testavimo duomenų statistiką.

Tradiciniai testų konstravimo būdai nepateikia priemonių, kaip testuoti kompiuterinio raštingumo įgūdžius. Testuojant kompiuterinio raštingumo žinias nepakanka testus konstruoti naudojant atsitiktinės klausimų atrankos funkciją ar pagal tam tikrus apribojimus. Prieš kompiuterinio raštingumo žinių tikrinimą tikslinga išsiaiškinti esamą testuojamojo žinių lygį, kurį būtų galima sužinoti įvertinus tam tikrą informaciją apie testuojamąjį. Mokslininkai, tyrinėjantys adaptyvius testus, šią problemą bando spręsti prieš testavimą apmokydami testuojamuosius, pateikdami jiems žinių tikrinimo testus ir pan. Tokius bandymus savo straipsniuose aprašo Mansoor Al-A'ali (2007a; 2007b).

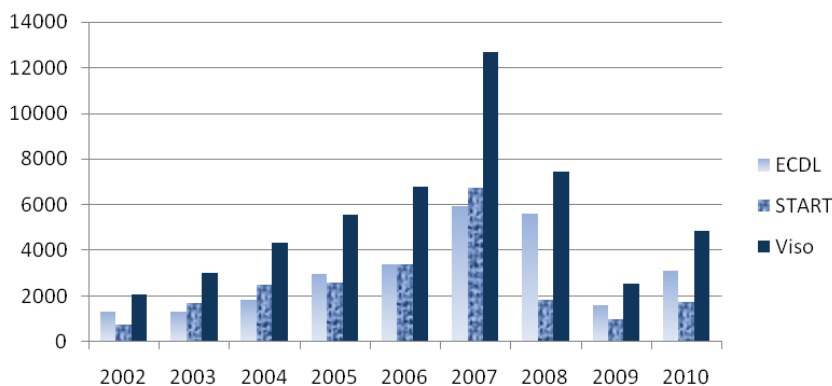
Darbo tikslas – pateikti sprendimą kompiuterinio raštingumo testavimų konstravimui ir pasiūlyti kaip nustatyti pradinį testuojamojo žinių lygį.

Tyrimo objektas – testų konstravimo metodai. Norint pateikti sprendimą kaip tiksliau įvertinti kompiuterinio raštingumo žinias, yra atliekamas testų konstravimo metodų apžvalga ir naudojami realios testavimo sistemos statistiniai testuojamųjų duomenys. Tyrimui reikalingi duomenys buvo atrenkami naudojant MySQL programine įranga ir apdorojami skaičiuoklėmis.

### Kompiuterinio raštingumo sertifikatų statistika

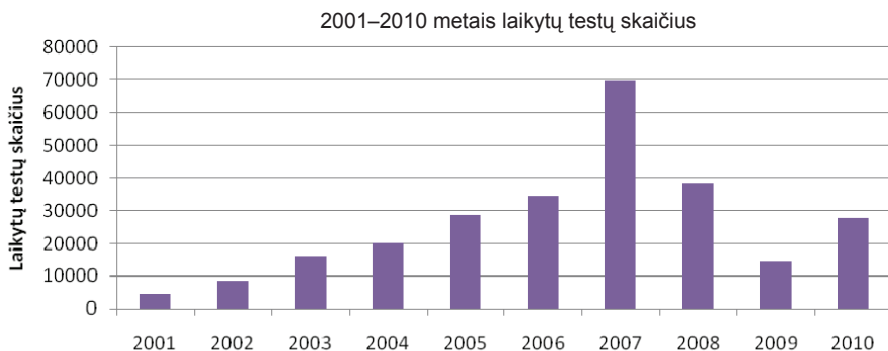
Kompiuterizuoti ECDL testavimai Lietuvoje yra atliekami nuo 2000 metų. Nuo to laiko testavimo sistemoje yra kaupiami statistiniai duomenys. Prieš atliekant testus, testavimo centro darbuotojas testavimo sistemoje užpildo reikalingus duomenis apie testuojamąjį. Tai vardas, pavardė, gimimo data, darbovietė, pareigos, apskritis, lytis, amžius ir kt. duomenys. Testavimo sistemoje yra kaupiami ir kiti statistiniai duomenys: kokie testai buvo laikyti, kiek klausimų buvo pateikta, kiek iš jų atsakyta teisingai, kiek laiko truko testas ir pan.

Remiantis 2001–2010 metų kompiuterinio raštingumo ECDL testavimo sistemos duomenimis, buvo sudaryta pažymėjimų išdavimo diagrama, parodyta 1 pav. Iš viso iki 2011 metų išduota 27111 ECDL ir 22148 ECDL pradmenų sertifikatai.



1 pav. 2001–2010 metais išduotų kompiuterinio raštingumo pažymėjimų skaičius. Šaltinis: sukurta autoriaus

Norint gauti *Start* pažymėjimą, reikia išlaikyti 4 testus, o ECDL pažymėjimui – 7 testus. Iki 2007 metų testavimo apimtys didėjo, pavyzdžiui 2007 metais buvo laikyta beveik 70000 testų (žr. 2 pav.). Taigi dėl šios priežasties yra būtina tobulinti testavimo sistemą ir didinti klausimų apsaugą.



2 pav. 2001–2010 metais laikytų kompiuterinio raštingumo testų skaičius. Šaltinis: sukurta autoriaus

Turint ECDL testavimo sistemos statistinius duomenis, galima įvertinti ar tam tikri testuojamąjį apibūdinantys parametrai gali turėti įtakos testų rezultatams. 2011 m. pradžioje yra sukaupti duomenys apie 60 tūkst. testuotų asmenų. Tai labai svarbus ir patikimas resursas, norint vertinti įvairias testuojamųjų apibūdinančias charakteristikas.

Taigi tobulėjant informacinėm technologijom ir didėjant žinių testavimo kiekiui, yra reikalinga tobulinti kompiuterinio raštingumo testų konstravimo metodą įvertinant testo klausimų apsaugą, t.y. kompaktiškiau generuoti klausimus ir kitus parametrus.

Rekomendacijos kompiuterinio raštingumo testavimo sistemai

Kadangi šio darbo rezultatai gali būti pritaikyti mokymo ir testavimo įstaigose, siekiant testuoti kompiuterinius žmonių įgūdžius, praktiniam darbo panaudojimui buvo pasirinkta ECDL testavimo sistema. Šiuo metu lietuviškoje ECDL testavimo sistemoje ECDL testus sudaro po 36 klausimus ir yra naudojamas automatizuotas testų surinkimas, klausimus parenkant atsitiktiniu būdu mažiausiai iš keturių klausimų aibių pagal temas (Danielienė, 2009).

Norint tobulinti kompiuterinio raštingumo testavimą, pirmiausia reikia nustatyti kompiuterinio raštingumo testavimo sistemos rekomendacijas (gaires).

ECDL fondo (ECDL Foundation, 2009) ir lietuviškos ECDL testavimo sistemos (ITI, 2009; Lygutas, 2005) rekomendacijose yra aprašoma sistemos architektūra, sistemos funkcionalumas, testo ir (ar) klausimų charakteristikos/projektavimas, administravimo galimybės, ataskaitų peržiūrėjimas, testo vykdymas ir sistemos apsauga. Kiekvienas iš šių punktų reko-

*1 lentelė.* Kompiuterinio raštingumo testų konstravimo parametrai. *Šaltinis: sukurta autoriaus*

Savybė	Reikalavimas
<b>Testo vertinimas</b>	Keičiamas testo išlaikymo lygio slenkstis skirtingiems testams (esant nevienodam klausimų kiekiui teste).
<b>Klausimų banko dydis</b>	Vidutinis, kiek galima minimizuojant klausimų persidengimo apimtį.
<b>Testo formos</b>	Prieš testą turi būti suformuotos testų formos iš kokių potemių bus konstruojamas testas kiekvienam testuojamajam individualiai pagal jo pateiktus parametrus.
<b>Testo ilgis</b>	Fiksuotas arba kintamas.
<b>Testo sustojimo sąlyga</b>	Teoriškai testuojamiesiems turi būti pateikta po vienodą klausimų skaičių iš kiekvieno sunkumo lygio, esant reikalui (kai pasiekiamas išlaikymo arba neišlaikymo lygio slenkstis) testas gali būti nutraukiamas.
<b>Klausimų parametrai</b>	Kiekvienas klausimas turi turėti savo parametrus, tokius kaip klausimo sunkumas, klausimo pateikimo dažnis, profesijos parametras ir pan.
<b>Testo (klausimų) apsauga</b>	Turi būti naudojama klausimų pateikimo dažnio kontrolė.
<b>Testuojamųjų kiekis</b>	Didelis.



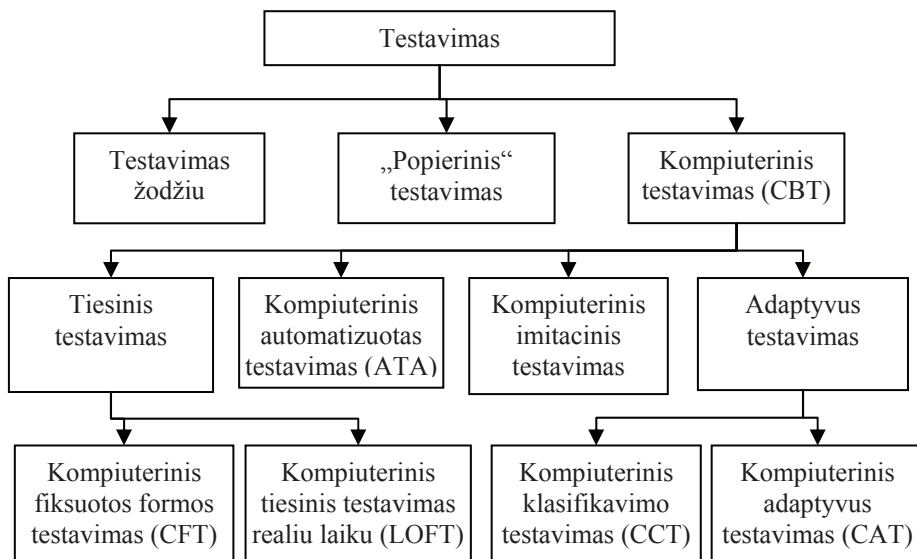
mendacijų dokumentacijoje yra detalizuojami. Išanalizavus juos, buvo išskirti pagrindiniai reikalavimai, skirti projektuojant ir pertvarkant kompiuterinio raštingumo testavimo sistemą: duomenų bazė ir jos saugumas, saugus komunikavimas (duomenų šifravimas), pakankamas duomenų pralaidumas, patogi vartotojo sąsaja, skirtingi klausimų tipai (šiuo metu sistemoje jų yra keturi), vartotojų teisių lygiai ir atsarginių kopijų kūrimas (Danielienė, 2010).

Be šių ECDL testavimo sistemos dokumentacijoje aprašytų rekomendacijų taip pat labai svarbu atkreipti dėmesį ir kitus testų konstravimo parametrus, tokius kaip: testų sudarymo metodai, testų ir klausimų saugumo didinimas, geresnis klausimų parinkimas ir jų vertinimo algoritmai, mažesnis klausimų persidengimas, optimalus laikas per kurį testuojamasis atsako į klausimą, testo išlaikymo trukmė ir pan.

Remiantis ECDL fondo ir lietuviškos ECDL testavimo sistemos rekomendacijų dokumentais buvo sudaryta reikalavimų lentelė (žr. 1 lent.) kompiuterinio raštingumo testavimo sistemai.

### Naujų intelektinių metodų taikymo galimybės kompiuterinio raštingumo testams

Literatūroje yra išskiriama nemažai testų konstravimo būdų, kurie yra pasirenkami atsižvelgiant į tam tikrus reikalavimus, tokius kaip testuojamųjų skaičius, projektuojamos sistemos lygis (aukšto, vidutinio ar žemo) testų ir klausimų apsauga, vertinimo būdas, sistemos patikimumas ir pan. Yra išskiriami trys pagrindiniai testavimo būdai: „popierinis“, kompiuterinis testavimas ir testavimas žodžiu (angl. *oral or performance testing*) (Thompson, 2008).



3 pav. Žinių testavimo pagrindinės kategorijos. Šaltinis: sudaryta autoriaus (Danielienė, 2010)

**2 lentelė.** Metodų tinkamumas kompiuterinio raštingumo testams. *Šaltinis: sukurta autoriaus (Danielienė, 2010)*

Savybė	Reikalavimas	Tinkamas metodas	Netinkamas metodas
<b>Klausimų banko dydis</b>	Vidutinis, kiek galima minimizuojant klausimų persidengimo apimtį.	ATA	Mažas kl. bankas: CFT, LOFT Didelis kl. bankas: adaptyvūs testai
<b>Testo formos</b>	Prieš testą turi būti suformuotos testų formos iš kokių potemių bus konstruojamas testas kiekvienam testuojamajam individualiai pagal jo pateiktus parametrus.	ATA, LOFT	Adaptyvūs testai
<b>Testo ilgis</b>	Fiksuotas ir kintamas.	Adaptyvūs testai	ATA, LOFT, CFT
<b>Testo sustojimo sąlyga</b>	Teoriškai testuojamiesiems turi būti pateikta po vienodą klausimų skaičių iš kiekvieno sunkumo lygio. Esant reikalui (kai pasiekiamas išlaikymo arba neišlaikymo lygio slenkstis) testas gali būti nutraukiamas.	Adaptyvūs testai	
<b>Klausimų parametrai</b>	Kiekvienas klausimas turi turėti savo parametrus, tokius kaip klausimo sunkumas, klausimo pateikimo dažnis, profesijos parametras ir pan.	ATA, adaptyvūs testai	
<b>Testo (klausimų) apsauga</b>	Turi būti naudojama klausimų pateikimo dažnio kontrolė.	ATA, adaptyvūs testai	
<b>Testuojamųjų kiekis</b>	Didelis.	ATA, adaptyvūs testai	

Kompiuterinis testavimas pagal testų sudarymo būdą gali būti išskaidytas dar į smulkesnes kategorijas (žr. 3 pav.): kompiuterinis fiksuotos formos testavimas (CFT), kompiuterinis automatizuotas testavimas (ATA), kompiuterinis tiesinis testavimas realiu laiku (LOFT), kompiuterinis klasifikavimo testavimas (CCT), kompiuterinis adaptyvus testavimas (CAT) ir kompiuterinis imitacinis (naudojant tam tikros programinės įrangos imitacinį modeliavimą) testavimas (Thompson, 2008).

Atliekant šių metodų analizę buvo atkreipiamas dėmesys į tai kaip generuojami testai, koks testo ilgis, patikimumas ir apsauga, kaip yra atliekamas vertinimas, kokios naudojamos charakteristikos, klausimų banko dydis bei kokiam testuojamųjų skaičiui testavimo sistema yra naudojama ir pan.

Remiantis atlikta testų konstravimo metodų analize (Daniėlienė, 2010) ir kuriamo kompiuterinio raštingumo testavimo sistemos rekomendacijomis (žr. 1 lentelę), buvo sudaroma metodų tinkamumo kompiuterinio raštingumo testams lentelė.

Apžvelgus tradicinius kompiuterinius testų konstravimo metodus galima nuspręsti, kurie metodai labiausiai atitinka kompiuterinio raštingumo testams keliamus reikalavimus. 2 lentelėje matome, kad daugiausiai reikalavimus atitinka arba ATA, arba adaptyvūs testai (CAT ir CCT). Kadangi kompiuterinio raštingumo testai yra specifinio pobūdžio, dėl to siūloma ieškoti papildomo sprendimo testų konstravimui. Tai yra testai turi būti adaptyviai konstruojami testuojamiesiems pagal jų pateiktus duomenis. Taip pat turi būti įvertintas klausimų sunkumas ir jų persidengimas teste. Klausimų formos turi būti ekvivalenčios. Testo ilgis gali būti kintamo ilgio, jei yra pasiekiamas nustatytas išlaikymo/neišlaikymo lygis, arba kai yra pateikiamas maksimalus klausimų kiekis.

Taigi reikia rasti sprendimą, kaip turint vidutinio dydžio klausimų banką, sukurti tokį testų konstravimo metodą, kad atitektų aukščiau išvardintas taisykles ir apribojimus. Tam tikslui labiausiai tinka patobulintas ATA metodas, įvedant tam tikrus adaptyvumo bruožus.

3 lentelėje yra pateiktas siūlomo metodo testavimo proceso aprašymas į testavimą įtraukiant dvi naujas dalis. Tai yra: (1) testuojamojo pradinio žinių lygio nustatymas; (2) statistinių, versijos ir testuojamojo (tokius kaip, profesijos, lyties, metų, nurodytos patirties parametrai) parametrų naudojimas klausimų konstravime.

**3 lentelė.** Tradicinio kompiuterinio testavimo ir adaptyvaus testavimo palyginimo lentelė. *Šaltinis: sukurta autoriaus*

TESTO SUDEDAMOSIOS DALYS	SIŪLOMAS METODAS
Pradinis testuojamojo žinių lygis	(1) Prieš testą testuojamajam yra nustatomas pradinis žinių lygis
<b>TESTO PRADŽIA</b>	
Pirmo testo klausimo pateikimas	Parenkamas tokio sunkumo, koks buvo nustatytas pradinis žinių lygis
Kitų testo klausimų pateikimas	Kiti klausimai parenkami atsižvelgiant į tai, kaip buvo atsakinėjama į ankstesnius klausimus
Testo formų ekvivalentiškumas	Testų formos numatomos ekvivalenčių formų, tačiau esant kintamai testo formai, testuojamiesiems gali nereikėti atsakyti į lengvus klausimus
Teste naudojami parametrai	(2) Statistiniai parametrai (sunkumo lygis, klausimų pasirodymo teste dažnis); versijos parametras; testuojamojo parametrai (profesijos, lyties, metų, nurodytos patirties parametrai).
Vertinimo skaičiavimas	Vertinimas yra skaičiuojamas įvertinant teisingų ir neteisingų atsakymų skaičių testo pabaigoje
Testavimo pabaiga	Dažniausiai kai pasiekama testo baigimo sąlyga

Įvertinus pradinį testuojamojo žinių lygį galima tiksliau parinkti pirmą testo klausimą, kuris turės įtakos tolesniam klausimų atrinkimo procesui. Tokiu būdu klausimai teste būtų konstruojami kompaktiškiau, lyginant su tradiciniais neadaptiviais testų konstravimo metodais. Norint, kad klausimai teste būtų adaptuoti testuojamojo atžvilgiu, teste reikia įvertinti testuojamojo individualius parametrus. Kompaktiškumas čia suprantamas kaip sudėtinė sąvoka: testo trumpinimas atsižvelgiant į testo baigimo sąlygas ir klausimų parinkimas atsižvelgiant į testuojamojo profesijos ir veiklos parametrus. Testo trumpinimas duoda ekonominę naudą, o testuojamiesiems orientuotas klausimų parinkimas suteikia jiems psichologinį komfortą.

Apibendrinus gautus analizės rezultatus, buvo pagrįstas poreikis kurti sistemą, kurioje būtų įvertinamas pradinis testuojamojo žinių lygis, būtų spendžiama klausimų saugumo problema ir būtų kompaktiškai formuojami testų klausimai. Toks testų konstravimas taip pat turi išlaikyti testo kokybę.

Dėl šios priežasties yra siūloma apjungti automatinio testų sudarymo ir adaptyvaus kompiuterinio testavimo metodus. Naudojant tokį testų konstravimo metodą klausimai būtų pateikiami kiekvienam testuojamajam individualiai, taigi sumažėtų nusirašymo galimybė, ir klausimams būtų priskiriami įvairūs parametrai, kurie padėtų formuojant testų formas. Toks testų konstravimo būdas labiausiai atitinka kompiuterinio raštingumo testavimo sistemai keliamus reikalavimus ir yra labiausiai tinkamas, norint išspręsti kompiuterinių įgūdžių tikrinimo metu iškylančias problemas. Svarbiausia tiksliau bus įvertinami testuojamųjų realūs gebėjimai dirbti kompiuteriu. Kad būtų tiksliau parenkami klausimai, prieš realizaciją yra rekomenduojama atlikti įvairių profesijų žmonių, dirbančių asmeniniu kompiuteriu, specifinių įgūdžių tyrimą.

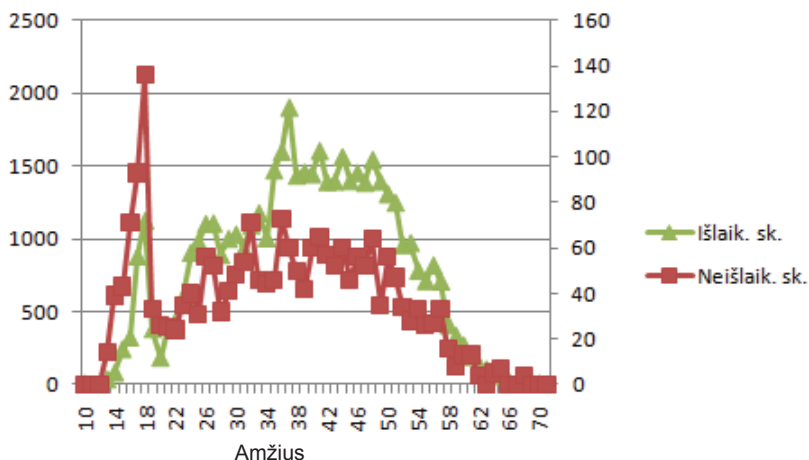
### *Įtakos parametrų analizė*

Šiame poskyryje naudojant sukauptus realius ECDLTE testavimo sistemos statistinius duomenis parodoma, kad turimus statistinius duomenis apie testus, testuojamuosius ir testų laikymo rezultatus galima panaudoti ne tik duomenų analizei, bet ir panaudoti vėliau atliekant kitų žmonių testavimą.

Įtakos parametrų tyrimui atlikti panaudoti egzistuojančios ECDL testavimo sistemos statistiniai duomenys buvo kaupti 2001–2009 metais. Iš turimos bazės išeksportuoti 49822 įrašai su šiais duomenimis apie asmenį: amžius, lytis, apskritis, darbovietė, pareigos, testo modulio pavadinimas, testo modulio versija, data ir testo išlaikymo požymis. Iš pradžių kiekvienas nagrinėjamas atvejis pavaizduojamas sklaidos diagramoje ir patikrinama, ar testo išlaikymas gali turėti įtakos nuo tam tikro testuojamojo parametro.

Taigi pirmiausia nagrinėjama, ar testo išlaikymui turi įtakos testuojamojo amžius. Testo išlaikymo/neišlaikymo skaičius grupuojamas pagal testuojamųjų amžių kiekvienais metais pradedant nuo 10 metų, baigiant 74 metais. Testo neišlaikymo priklausomybės nuo amžiaus sklaidos diagrama pateikta 4 pav.

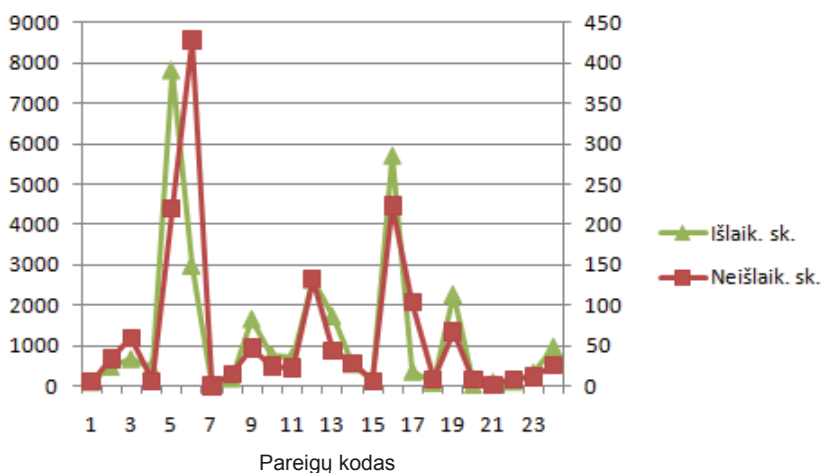
Neišlaikusiųjų pagal metus daugiausiai yra 13–14 metų žmonės, kurių neišlaikymo lygis yra apie 30% pagal laikiusiuosius toje amžiaus grupėje. Panašų neišlaikymo lygį turi ir vyresnio amžiaus žmonės (10–25%). Vidutinio amžiaus žmonės priskiriami prie geriausiai laikančiųjų. Jų išlaikymo lygis svyruoja apie 97–100%.



4 pav. Testo išlaikymo/neišlaikymo priklausomybės nuo amžiaus diagrama. Šaltinis: sukurta autoriaus

Išnagrinėjus turimus duomenis pagal apskritis pastebėta, kad testai geriausiai laikomi Alytaus, Šiaulių ir Utenos apskrityse, prasčiausiai – Marijampolės apskrityje.

Nagrinėjant statistinius duomenis pagal testuojamųjų pareigas (žr. 5 pav.) nustatyta, kad geriausiai laikė testus dėstytojai, architektai, inžinieriai, sekretorės ir pan.



5 pav. Testo išlaikymo/neišlaikymo priklausomybės nuo pareigų diagrama. Šaltinis: sukurta autoriaus

Prasčiausiai laikė bedarbiai, pardavėjai, operatoriai ir kt.

*Pastaba:* Dėl vietos stokos dalis diagramų straipsnyje neatvaizduojama.

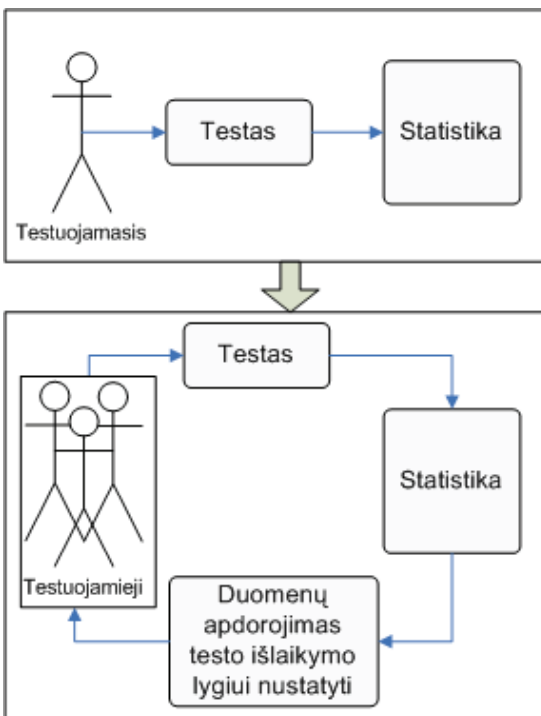
Pagal lytį nustatyta, kad moterys testus laiko geriau nei vyrai.

Nagrinėjant statistinius duomenis pagal modulius pastebėta, kad sunkiausiai laikomas yra duomenų bazių ir kompiuterinių sąvokų moduliai. Geriausiai – informacijos ir komunikacijų modulis.

Nagrinėjant statistinius duomenis pagal modulių programinės įrangos versijas nustatyta, kad lengviausiai laikomi buvo šie moduliai: *PowerPoint 2000 EN* ir *PowerPoint 2003 LT*, *Outlook XP*.

Nagrinėjant statistinius duomenis pagal testų laikymo trukmę pastebėta, kad geriausiai laikė testus tie, kurie testo laikymui užtruko 20–30 min. (jų išlaikymo lygis 96–97%). Prasčiausiai laikė testus, kurie užtruko daugiau nei 40 min.

Taigi apibendrinat galima teigti, kad išnagrinėti testuojamųjų parametrai vienai ar kitaip yra susiję su testų išlaikymo ar neišlaikymo lygiu.



**6 pav.** Statistinių duomenų panaudojimas. Šaltinis: sukurta autoriaus (Danielienė, 2010)

Todėl vietoj tipinės statistinių duomenų analizės siūloma testuojamąjį apibūdinančius parametrus panaudoti nustatant galimą naujo testuojamojo išlaikymo lygį, kaip pateikta 6 paveiksle. Statistinių duomenų apdorojimui gali būti naudojami saviorganizuojantys neuroniniai tinklai, kadangi daugiamačius duomenis galima transformuoti į dvimatę erdvę ir atvaizduoti juos plokštumoje. Pagal turimus statistinius testuojamųjų duomenis nustatčius, kurie parametrai daro įtaką testų rezultatams, duomenis galima sugrupuoti (suklasterizuoti). Turint suklastertuotus duomenis galima daryti prielaidą ar žmogus išlaikys testą ir nustatyti jo pradinį žinių lygį bei tuo remiantis parinkti pirmą testo klausimą.

## *Išvados*

Remiantis ECDL fondo ir lietuviškos ECDL testavimo sistemos rekomendacijų dokumentais sudarytos rekomendacijos kompiuterinio raštingumo testavimo sistemai.

Atlikus testų konstravimo metodų analizę, siūloma tobulinti kompiuterinio raštingumo testų konstravimo būdą panaudojant ECDL testavimo sistemos sukauptus statistinius duomenis pradiniam žinių lygiui nustatyti.

Atlikus testavimo sistemos statistinių duomenų analizę, pastebėta, kad testuojamųjų parametrai vienaip ar kitaip yra susiję su testų išlaikymo ar neišlaikymo lygiu. Statistinių duomenų apdorojimui galėtų būti panaudoti saviorganizuojantys neuroniniai tinklai.

Atsižvelgus į testuojamojo parametrus kintamo ilgio testas galėtų būti kompaktiškiau formuojamas kiekvienam testuojamajam individualiai, tuo pačiu sumažinant nusirašymo ir klausimų pateikimo skaičių.

## LITERATŪRA

- An official European Computer Driving Licence (ECDL). [žiūrėta 2011 m. balandžio 20 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.ecdl.com>>.
- DANIELIENĖ, R. (2010). Intelektualaus kompiuterinio raštingumo testų konstravimo metodo tyrimas. Daktaro disertacija. Vilnius, p. 195.
- DANIELIENĖ, R.; TELEŠIUS, E. (2009). Internetinės ECDL testavimo sistemos inovatyvūs sprendimai. Informacijos mokslai, Vilniaus universiteto leidykla, 2009, Nr. 50, p. 257–261.
- DANIELIENĖ, R.; TELEŠIUS, E. (2008) Analysis of Computer-Based ECDL Testing. Iš: Nunes M. B., McPherson, M. (eds.) e-Learning. IADIS Press, Amsterdam, p. 243–246.
- GAGE, N. L.; BERLINER, D. C. (1994). Pedagoginė psichologija. Vilnius: Alma Littera. p. 622.
- LYGUTAS, T. (2005). Guideline for the ECDL Lithuanian Test Engine (ECDLTE). ITI, Kaunas, p. 40.
- RAJECKAS, V. (1999). Mokymo organizavimas: vadovėlis aukštosioms mokykloms. Kaunas: Šviesa. p. 382.
- RUZGIENĖ, Z.; RUZGIS, E. (2005). Studentų pasiekimų vertinimo reikšmė studijų kokybei. Profesinės studijos: teorija ir praktika. ISSN 1822-3648, tomas 1, Nr. 1, p. 72–78.
- THOMPSON, A.T. (2008). A Proposed Framework of Test Administration Methods. In: Buckendahl, C.W, Harris, W.G. (eds.) Journal of Applied Testing Technology. Vol. 9.

## **ANALYSIS OF TEST CONSTRUCTION PRINCIPLES AND TEST-TAKER PARAMETERS IMPACT FOR COMPUTER LITERACY TESTS**

**Renata Danielienė, Eugenijus Telešius**

### Summary

In this paper recommendations for computer literacy testing systems are described, the need to develop a new computer literacy test design method is justified, computerized tests construction methods are presented and appropriate features of these tests construction methods are distinguished. It is looked into what test taker dependent parameters could influence results of the test, and a solution to use statistical data of existing ECDL testing system to determine the test taker's initial level of knowledge is proposed. Decision for improving evaluation of computer literacy knowledge is also presented.



# Programinės įrangos priežiūromo ir priežiūros matavimas

## **Sigitas Dapkūnas**

Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos fakultetas,  
Programų sistemų katedra, docentas daktaras  
Vilnius University Faculty of Mathematics and Informatics  
Department of Software Engineering, ass. professor, ph. dr.  
Naugarduko 24, LT-03225 Vilnius  
Tel.: (370 5) 219 30 64, faks.: (370 5) 215 15 85  
El. paštas: Sigita.Dapkunas@mif.vu.lt

## **Valdemaras Zaramba**

Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos fakultetas,  
Informatikos katedra, magistrantas  
Vilnius University Faculty of Mathematics and Informatics,  
Department of Informatics, postgraduate  
Naugarduko 24, LT-03225 Vilnius  
Tel.: 862288101  
El. paštas: valdas.zaramba@gmail.com

*Programinės įrangos priežiūra suprantama kaip programinės įrangos modifikavimas po jos atidavimo naudotojui. Programos modifikuojamos taisant rastas klaidas, gerinant įvairius programinės įrangos parametrus, plečiant arba keičiant funkcionalumą. Programinės įrangos priežiūra yra viena iš programinės įrangos gyvavimo ciklo dalių. Ilgą laiką programinės priežiūrai buvo skiriamas mažesnis dėmesys nei jos kūrimui. Pastaruoju metu situacija pasikeitė. Vertinant ir gerinant programinės įrangos kokybę, taip pat ir priežiūrą, yra matuojamas tiek programinės įrangos procesas tiek programinis produktas. Straipsnyje analizuojami programinės įrangos priežiūromo, priežiūros proceso matai, taip pat šiam tikslui skirtos programinės priemonės.*

## **[vadas**

Baigus kurti programinį produktą ir pateikus jį į rinką, prasideda programinės įrangos gyvavimo ciklo priežiūros (palaikymo, eksploatacijos) fazė. Šioje fazėje taisomos eksploatacijos metu pastebėtos klaidos, gerinami įvairūs programų sistemos vykdymo parametrai, keičiamos programos pagal naujai atsiradusius užsakovo reikalavimus, plečiamas programų funkcionalumas. Pavyzdžiui, finansų valdymo ir apskaitos informacinės sistemos turi atitikti galiojančius Lietuvos Respublikos įstatymus ir poįstatymines normas. Keičiantis įstatymams, turi būti keičiama ir informacinė sistema. Praktika rodo, kad tokie pakeitimai yra pakankamai dažni.

Programinės įrangos priežiūra yra svarbi programinės įrangos gyvavimo ciklo fazė, nors istoriškai jai skiriamas mažesnis dėmesys nei kitoms fazėms (SWEBOK, 2005). Programinio produkto palaikymo svarbumą liudija ir tai, kad tarptautiniame standarte ISO 9126, skirtame programinio produkto kokybei, yra apibrėžta programinio produkto kokybės charakteristika priežiūrumas (palaikomumas, angl. *maintainability*). Priežiūrumas suprantamas kaip galimybė programinį produktą modifikuoti: ištaisyti pastebėtas klaidas ir neatitikimus, gerinti programinę įrangą, keisti, pasikeitus operacinei terpei arba atsiradus naujiems funkciniais ir kitiems reikalavimams. Vertinant priežiūrumą pagal šį standartą, reikia parinkti tinkamas subcharakteristikas ir matus.

Bendru pavidalu priežiūrumą galima įvertinti kaip išmatuojamų priežiūrumo atributų funkciją (Land, 2002):

$$M = f(A_1, A_2, \dots, A_n), \text{ kur}$$

$M$  – priežiūrumas,

$A_1, A_2, \dots, A_n$  – išmatuojami atributai.

Funkcija  $f(A_1, A_2, \dots, A_n)$  konstruojama kiekvienam konkrečiam atvejui, atsižvelgiant į atributų svarbumą ir parenkant tinkamus atributų svorius. Kiekvienu konkrečiu atveju tai priklauso nuo daugelio aplinkybių. Yra pasiūlyta daug įvairių priežiūrumo matų (Land, 2002).

Vienas iš plačiausiai žinomų matų ir apimančių daugelį aspektų yra priežiūrumo indeksas ( $MI$  – maintainability index). Jis grindžiamas Halstead'o matais, McCabe ciklomatinio sudėtingumu, programos kodo eilučių skaičiumi ir komentarų dydžiu. Nurodytas matas buvo pasiūlytas apie 1990 metus JAV Idaho universiteto mokslininkų. Vėliau įvairių autorių buvo daug kartų modifikuotas, tobulinant pastebėtus trūkumus (Welker, 2001). Pasiūlytas matas atsižvelgia į:

- kintamųjų kiekį ir jų panaudojimą programose,
- programos logikos sudėtingumą,
- programos dydį,
- komentarų kiekį, padedantį žmonėms suprasti programas.

Programinės įrangos gyvavimo ciklo veiklų kaina pastoviai auga. Norint sumažinti šią kainą, reikalinga strategija. Šios strategijos dalimi turi būti programinės įrangos matavimas (SWEBOK, 2005). Matavimas yra būtinas procesų gerinimui, o procesai turi būti tokie, kad juos būtų galima išmatuoti. Programinės įrangos priežiūra užsiimančioms įmonėms svarbus priežiūros matavimas. Tam naudojami įvairūs matai. Paprastai visų pirma yra matuojama dydis, pastangos, laikas ir kokybė (SWEBOK, 2005).

Programinės įrangos matavimui, matavimo rezultatų saugojimui ir apdorojimui dažnai naudojami programiniai įrankiai. Jie palengvina matavimus ir rezultatų apdorojimą. Sukaupti duomenys plačiai naudojami ne tik išvadoms apie atliktus matavimus. Taip kaupiama patirtis, kuri padeda geriau pasiruošti ir atlikti naujus matavimus.

Straipsnyje nagrinėjama, kokie programinės ir įrangos priežiūromui ir priežiūros proceso matai gali būti naudingi įmonėje, kuriančioje ir palaikančioje informacines sistemas, kurias reikia dažnai keisti, kokie programiniai įrankiai gali būti tam panaudoti.

### *Programinės įrangos priežiūromui indeksas*

Programinės įrangos priežiūromui yra svarbi programinės įrangos kokybės charakteristika, viena iš šešių, įtrauktų į standarte ISO/IEC 9126 apibrėžtą programinio produkto kokybės modelį. Ši charakteristika atspindi sukurtos programinės įrangos galimybės būti modifikuojamai.

Priežiūromui matavimas svarbus ne tik sukurtos programinės įrangos kokybės vertinimui, bet ir programinės įrangos priežiūros prognozei. Kartais, modifikuojant jau naudojamą programinę įrangą, programos tampa pakankamai painios. Tai apsunkina jų tolesnį modifikavimą o taip pat ir naudojimą. Gali ateiti toks laikas, kai programas pigiau perrašyti, o ne modifikuoti senas. Priežiūromui matavimas gali padėti nustatyti ir numatyti tokios situacijos galimybę. Pastovus priežiūromui matavimas naudingas ir programų kūrimo metu. Gavus blogus matavimo rezultatus, į tai galima atsižvelgti, pagerinti programos priežiūromui ir tuo pačiu sukurti kokybiškesnį programinį produktą.

Yra pasiūlyta pakankamai daug priežiūromui matų. Jau minėtas priežiūromui indeksas agreguoja daugelį plačiausiai žinomų programinės įrangos matų. Šis matas sukėlė didelį mokslininkų, gamybininkų, administratorių susidomėjimą. Jis remiasi programinių modulių matavimų vidurkiais (Liso, 2001). Priežiūromui indekso skaičiavimui naudojamas regresinis modelis. Jis sukurtas, remiantis daugelio Hewlett–Packard vykdytų programų sistemų priežiūromui matavimų duomenimis.

Bene plačiausiai žinoma priežiūromui indekso skaičiavimo formulė:

$$MI = 171 - 5,2 \cdot \ln(aveV) - 0,23 \cdot aveV(g') - 16,2 \cdot \ln(aveLOC) + 50 \cdot \sin \sqrt{2,46 \cdot perCM}, \text{ kur}$$

$MI$  – priežiūromui indeksas,

$aveV$  – vidutinė modulio Halstead'o apimtis,

$aveV(g')$  – vidutinis modulio ciklomatinis sudėtingumas,

$aveLOC$  – vidutinis modulio kodo eilučių skaičius,

$perCM$  – vidutinis modulio komentarų eilučių skaičius (procentais nuo bendro eilučių skaičiaus).

Pagal  $MI$  dydį programinė įranga vertinama:

- prasto priežiūromui, kai  $MI < 65$ ,
- vidutinio priežiūromui, kai  $65 \leq MI < 85$ ,
- gero priežiūromui  $MI \geq 85$ .

Nurodyta programinės įrangos priežiūromui skaičiavimo formulė nėra vienintelė (Welker, 2001). Įvairūs autoriai ją keitė. Bene daugiausiai ginčų kėlė ir kelia programos

komentarų dėmuo. Pirmoje versijoje buvo imamas komentarų eilučių skaičius. Vėliau jį pakeitė į procentus nuo viso eilučių skaičiaus, nes modelis buvo labai jautrus komentarų eilučių skaičiui. Pavyzdžiui, jei mažame modulyje būtų daug komentarų, tai priežiūromo indeksas labai padidėtų. Siekiant sumažinti tokį jautrumą buvo pereita prie procentų ir įvestas koeficientas 50. Yra pasiūlymų iš viso atsisakyti komentarų dėmens arba prieš nusprendžiant, ar šis dėmuo bus naudojamas, iširti komentarus ir įvertinti jų kokybę. Pavyzdžiui, pakankamai dažnai kaip komentaras yra nereikalingas programos kodas, kuris niekaip nepadedą suprasti programos.

### *Programinės įrangos priežiūros matai*

Programinės įrangos priežiūros metu taisomos pastebėtos klaidos, keičiamas programų funkcionalumas, gerinamas programos efektyvumas. Eksploatuojant programinę įrangą, gaunami pranešimai apie defektus, apie klaidas ir apie kitas naudotojo problemas. Nors tokių pranešimų kiekis ir vidutinis jų gavimo laikas yra svarbūs matai, bet jie labiau charakterizuoja programinės įrangos kokybę, kuri buvo gauta programinės įrangos kūrimo fazėje, bet ne programinės įrangos palaikymo kokybę. Palaikymo fazėje reikia kuo greičiau ir kuo kokybiškiau pataisyti programinę įrangą, joje rastas klaidas ir netikslumus. Nors tai nepagerins rastų defektų rodiklio mato, bet gali padidinti užsakovo pasitenkinimą. Todėl yra svarbūs šie matai (Kan, 2003):

- neatliktų pataisymų indeksas,
- klaidos taisymo laikas ir reaguojamumas,
- neatliktų pataisymų procentas,
- pataisymų kokybė.

Neatliktų pataisymų indeksas skaičiuojamas laiko intervalui, pavyzdžiui, mėnesiui, ir atspindi tiek gaunamų pranešimų apie klaidas, tiek ištaisytų klaidų kiekį:

$$I = \frac{N_i}{N_g} \times 100\%, \text{ kur}$$

$I$  – neatliktų pataisymų indeksas,

$N_i$  – per mėnesį ištaisytų klaidų skaičius,

$N_g$  – per mėnesį užregistruotų klaidų skaičius.

Daugelyje programinės įrangos kūrimo organizacijų yra nustatytas laikas, per kurį reikia ištaisyti defektus. Tai paprastai priklauso nuo problemos sunkumo. Kritinėse situacijose, kai yra rizika dėl programinės įrangos defektų, dirbama, nežiūrint valandų. Kitais atvejais juos galima taisyti laisviau. Reaguojamumo matas paprastai skaičiuojamas kaip visų problemų laiko vidurkis nuo jų atsiradimo iki pataisymo. Jei yra ekstremalių reikšmių, vietoj vidurkio reikia naudoti medianą. Tokie atvejai gali pasitaikyti mažiau sudėtingose programose, kai klientas nereikalauja pataisymų ir problema gali būti ilgai nepataisyta.

Dažnai trumpas pataisymo laikas padidina kliento pasitenkinimą. Bet yra skirtumas tarp trumpo pataisymo laiko ir reaguojamumo. Vidurkio skaičiavimas gali klientui paslėpti individualius skirtumus. Reaguojamumui yra svarbūs kliento lūkesčiai, suderintas pataisymo laikas ir pasižadėjimų klientui laikymasis.

Neatliktų pataisymų procentas skaičiuojamas pagal formulę:

$$N_n = \frac{N_v}{N_g} \times 100\%, \text{ kur}$$

$N_n$  – neatliktų pataisymų procentas,

$N_v$  – skaičius pataisymų, viršijusių atlikimo laiką,

$N_g$  – skaičius pranešimų apie klaidas, gautų per tam tikrą laiką.

Paprastai neatliktų pataisymų procentas skaičiuojamas savaitei.

Pataisymų kokybė arba defektuotų pataisymų skaičius yra kitas svarbus programinės įrangos priežiūros matas. Naudotojo požiūriu yra blogai, jei randami funkciniai defektai. Dar blogiau, jei savo ruožtu pataisymai yra su defektais. Pataisymas yra su defektais, jei nebuvo pataisyta rasta problema arba rasta problema buvo pataisyta, bet dėl jos pataisymo atsirado nauji defektai. Tokie pataisymai su defektais veikia naudotojo pasitenkinimą. Defektuotų pataisymų procento matas yra defektuotų pataisymų procentas visuose pataisymuose per tam tikrą laiko intervalą, pavyzdžiui per vieną mėnesį.

Defektuoti pataisymai gali būti registruojami dviem būdais: tą mėnesį, kai jie rasti arba tada, kai buvo pataisyti. Pirmu atveju tai yra naudotojo matas, antru – proceso matas. Skirtumas tarp šių dviejų datų yra sugaištas defektuoto pataisymo laikas. Yra prasminga sekti trukmės duomenis ir kitą informaciją, tokią kaip skaičius naudotojų, kuriuos paveikė defektuotas pataisymas. Paprastai kuo ilgesnis trukmės periodas, tuo daugiau paveikia naudotojų, nes yra daugiau laiko panaudoti defektuotą pataisymą savo sistemoje.

Yra argumentų prieš defektuotų pataisymų procento naudojimą. Jei defektų ir tuo pačiu pataisymų yra daug, tai mažas procentas rodys optimistinį vaizdą, bet defektuotų pataisymų skaičius gali būti didelis. Todėl šiam matui reikia tiksliai suskaičiuoti defektuotus pataisymus. Savaiame suprantama, kad kokybės požiūriu palaikymo proceso tikslas yra nulis defektuotų pataisymų.

Padarytų pataisymų dydis paprastai yra matuojamas programos kodo eilučių skaičiumi. Norint įvertinti šį dydį, reikia žinoti ne tik pridėtų, bet ir pašalintų bei modifikuotų eilučių skaičių. Todėl autonominė kodo eilučių skaičiavimo priemonė šiuo atveju nėra naudinga. Ji turi būti integruota į programavimo įrankį.

### *Priežiūromi indekso matavimo priemonės*

Kuriant arba modifikuojant programinę įrangą patartina pastoviai matuoti priežiūromi indeksą ir atsižvelgti į kurį intervalą – prasto, vidutinio ar gero – jis patenka. Jei

priežiūrumo indeksas prastas, tai reikia spręsti, ar ne geriau tokį modulį perprogramuoti, nes tai bus pigiau, negu jo tolesnis modifikavimas.

Priežiūrumo indeksas yra vienas iš platesnį pripažinimą įgavusių programinės įrangos priežiūrumo matų tarp programinę įrangą kuriančių firmų. Kai kurios programinės įrangos kūrimo firmos (pavyzdžiui, Oracle, FreeBSD, Microsoft, JAV Gynybos departamentas ir kt.) šį matą pripažino vienu iš standartinių matų, skirtų priežiūrumo matavimui (Sarwar, 2008). Todėl buvo sukurta eilė matavimo priemonių, automatiškai matuojančių šiuo matu. Matavimo priemonės realizuojamos įvairiai – kaip autonomiškai dirbančios programos, kaip programų kūrimo priemonės papildinys (pavyzdžiui, JHawk) arba iš karto būna integruotas į programų kūrimo priemonę (pavyzdžiui, MS Visual Studio 2008 ir tolesnės versijos).

Yra tiek atviro kodo, tiek uždaro kodo priežiūrumo indekso matavimo priemonių. Tokias priemones lygino Pakistano Lahore inžinerinio ir technologijos universiteto mokslininkai (Sarwar, 2008). Jie tyrė tris atviro ir keturias uždaro kodo priemones. Buvo sugalvoti palyginimo kriterijai, tirta, kaip priežiūrumo indeksą įtakoja įvairūs parametrai – kodo eilučių ar kodo sakinių skaičiavimas, komentarų skaičiavimas ar neskaičiavimas, programos kodo suprantamumas, ciklo matinis sudėtingumas, Halstesad'o dydžio arba Halstead'o pastangų naudojimas formulėje.

Šių autorių požiūriu šiuo metu naudojamos priežiūrumo indekso matavimo priemonės pakankamai skirtingai skaičiuoja įvairius indeksą įtakančius parametrus. Pavyzdžiui, kokiam nors parametrai skiriamas didelis dėmesys, o kiti faktiškai yra ignoruojami. Todėl yra labai svarbu standartizuoti priežiūrumo indekso skaičiavimą. Mūsų požiūriu tai yra sunkiai pasiekiamas tikslas. Kadangi šis matas atsirado maždaug prieš dvidešimt metų, bet iki šiol vis dar tobulinamas. Kita autorių išvada, kad priežiūrumas labai susijęs su programos kodo skaitomumu, bet skaičiuojant indeksą į šį parametą neatsižvelgiama. Su šia išvada reikia sutikti.

Kitiems autoriams, dirbantiems Nyderlanduose ir keletą metų praktiškai naudojuosiems priežiūrumo indeksą, atrodo, kad šis matas sukelia per daug problemų ir neduoda norimo efekto (Heitlager, 2007). Jų nuomone svarbiausias trūkumas, kad, turint priežiūrumo indekso reikšmę, neaišku, kas šiai reikšmei daro didžiausią įtaką. Taigi neaišku, ką reikia keisti, norint, kad priežiūrumas pagerėtų.

Šio straipsnio autoriai nagrinėjo matavimo priemonę, integruotą į „Visual Studio 2010 Premium Edition“. Matavimo priemonė matuoja pagal penkis matus. Vienas iš jų yra priežiūrumo indeksas. Dar du – ciklo matinis sudėtingumas ir kodo eilučių skaičius – tai dydžiai, kurie įeina į priežiūrumo indeksą. Likę matai – klasės paveldimumo lygmens ir klasių priklausomybės matavimas.

Skaičiuojant indeksą, į komentarų eilutes neatsižvelgiama. Pagal išmatuotą indekso reikšmę nustatomas priežiūrumo lygis (prastas, vidutinis, geras) ir ataskaitoje pažymimas raudona, geltona arba žalia spalva. Visų matų reikšmės matomos toje pačioje ataskaitos eilutėje. Taigi matomos ne tik priežiūrumo indekso, bet ir jo dedamųjų reikšmės.

Tai, mūsų manymu, padeda spręsti Nyderlandų mokslininkų (Heitlager, 2007) nurodytą problemą.

Nagrinėta matavimo priemonė gera tuo, kad matavimo rezultatus galima detalizuoti iki metodo lygmens. Todėl iš karto matosi, kurie metodai yra galimai per ilgi, sudėtingi arba klasių paveldimumo lygmuo per gilus ir jis mažina bendrą sistemos priežiūrą.

### *Programinės įrangos problemų stebėjimo sistemos*

Naudojamos klaidų stebėjimo sistemos, leidžiančios rinkti informaciją apie pastebėtas klaidas ir sekti, kaip į klaidas reaguojama. Klaidų stebėjimo sistemos yra atskira programinės įrangos problemų stebėjimo sistemų rūšis. Tokios sistemos paprastai naudojamos ne vien klaidų, bet ir naujų funkcionalumo reikalavimų, užsakovo (programinės įrangos naudotojo) problemų fiksavimui ir stebėjimui. Šios sistemos padeda užtikrinti programinės įrangos kokybę. Naudojant stebėjimo sistemą galima:

- daryti įrašus – registruoti naudotojų klausimus, klaidas, naujus funkcionalumo reikalavimus, kitas naudotojo problemas, kylančias dėl nepakankamo aiškumo, naudojant programą, nesupratimo ar pan.; fiksuojant klaidas galima nurodyti jos sunkumą, kas pranešė ir kitas detales;
- keisti įrašų būsenas – naujas, atidarytas, vykdomas, laukia testavimo, iš naujo atidarytas, patvirtintas ir pan.;
- fiksuoti laikus – tarp būsenų pasikeitimo, planuojamus laikus ir kt.;
- priskirti užduotis konkrečiam vykdytojui arba vykdytojų grupei;
- daryti įvairias ataskaitas – tiek tekstines, tiek diagramas.

Klaidų stebėjimo sistemos skiriasi savo funkcinėmis galimybėmis, naudojimo patogumu, pateikiamomis ataskaitomis. Tačiau galimybė fiksuoti pranešimus apie klaidas, defektus, kitas naudotojo problemas, jų atsiradimo laikus ir sekti būsenų kitimą laike, leidžia šias sistemas panaudoti programinės įrangos priežiūros proceso matavimui. Šios sistemos taip pat gali būti panaudotos klaidas taisančių programuotojų produktyvumo matavimui. Tik šis matavimas nėra paprastas, nes klaidos labai skiriasi pagal sudėtingumą, o nuo to labai priklauso jų taisymo laikas.

Priežiūros proceso matavimo nagrinėjimui pasirinktos dvi sistemos: StarTeam (StarTeam, 2011) ir JIRA (JIRA, 2011). Abu produktai turi panašų bazinį funkcionalumą, skiriasi problemų registravimo būdai, pateikiamos ataskaitos. Abiejose sistemose ataskaitas galima gauti diagramų arba lentelių pavidalu.

Sistemoje StarTeam vartotojo problemų įrašus galima susieti tiesiogiai su projektu, katalogu, pakatalogiu, failu ar klase. Kiekvieną užduotį galima priskirti konkrečiam vykdytojui. Tokia galimybė leidžia matuoti palaikymą visai programai ar jos dalims, atskiriems moduliams. Įrašus, esančius pakeitimų reikalavimų arba defektų sąrašė, galima susieti tarpusavyje. Abiejuose įrašų tipuose galima nurodyti nuorodą į kitą įrašą.

Toks StarTeam funkcionalumas yra naudingas tada, kai dėl vienu klaidų pataisymo atsiranda naujos, arba pridėtas naujas funkcionalumas sugriauna kitą, teisingai veikusį. Šią galimybę galima panaudoti pataisymo kokybės matavimui. Nuorodų pagalba galima atsekti, kokio tipo pakeitimai sukėlė naujas klaidas. Skaičiuojant tokias klaidas, galima susidaryti pakeitimų rizikos grupes ir ateityje skirti daugiau dėmesio testuojant pakeitimus, esančius rizikos grupėje.

Sistemoje StarTeam automatiškai skaičiuojama pagal du matus: klaidos taisymo reaguojamumas ir pavėluotų (neatliktų) pataisymų procentas. Matavimų rezultatus pagal kitus matus galima paskaičiuoti. Tam reikia generuojant ataskaitą nurodyti tinkamus filtravimo kriterijus ir paskaičiuoti pagal matus aprėžiančias formules. Pavyzdžiui, skaičiuojant neatliktų pataisymų indeksą, reikia žinoti per mėnesį ištaisytų ir per mėnesį užregistruotų klaidų skaičius. Ištaisytų klaidų skaičius – tai įrašai sistemoje, kurie per mėnesį įgavo reikšmę „problema išspręsta“. Užregistruotų klaidų skaičius – tai tą mėnesį atsiradę įrašai su būseną „naujas“. Nurodžius tinkamus filtravimo kriterijus, galima gauti šiuos skaičius.

Filtruojant yra galimybė išrinkti duomenis pagal vykdytojus. Todėl matuoti galima ne visam projektui, o kiekvienam vykdytojui. Tokie matavimai leidžia įdėmiau stebėti projekto eigą. Pamačius rezultatų blogėjimą, reikia analizuoti tokių blogėjimų priežastis. Pavyzdžiui, ar modulis, kurį taiso konkretus asmuo yra labai sudėtingas, ar darbuotojas pradėjo prasčiau dirbti? Aišku reikia atsižvelgti ir į pataisymų kokybę, t. y., kiek „ištaisytų“ klaidų grįžta į klaidų stebėjimo žurnalą.

Konkrečiai datai galima pasižiūrėti, kokia pataisymų procentinė dalis jau padaryta ir prognozuoti, ar su tokiu produktyvumu viskas bus padaryta laiku. Nustačius potencialų vėlavimą, galima stengtis vėlavimą sumažinti. Tyrimo metu išbandyti keli būdai, greičiam vėlavimui sumažinti:

1. Ilginti darbo valandas. Kaip parodė tyrimas, tai yra bloga praktika, nes paskutinę akimirką daromi darbai papildomomis darbo valandomis, dažniausiai vėl sugrįždavo į defektų žurnalą. Dėl neatidumo buvo daromi kiti defektai, sukuriamos naujos problemos.
2. Įvertinti, kurios užduotys yra svarbiausios (aukščiausio prioriteto) ir jas pabaigti iki termino pabaigos, kitus pataisymus perkelti į vėlesnę versiją. Tokiu būdu pavėluotų pataisymų procentas nesumažėja, tačiau neprarandamas klientų pasitenkinimas.
3. Iš likusių įrašų uždarinėti tuos, kurie yra padaromi greičiausiai. Nepasiteisinusi praktika. Pavėluotų pataisymų procentas būdavo sumažinamas iki minimumo, tačiau likdavo grubios klaidos, dėl kurių kartais neveikdavo atskiros sistemos funkcijos. Klientų pasitenkinimas ženkliai krisdavo, daugėjo užsakovų skambučių bei naujų defektų kiekis.
4. Įvertinus likusias užduotis, išrinkti svarbiausias su aukščiausiu prioritetu. Paskaičiavus, kiek laiko užtruks jas atlikti, pakoreguoti versijos išleidimo datą taip, kad būtų įmanoma spėti atlikti užduotis.



Taigi iš visų bandytų metodų, geriausi buvo antras ir ketvirtas. Pirma taisomos kritinės, aukščiausio prioriteto užduotys, o jei nespėjama, pakoreguojama versijos išleidimo data. Tokiu atveju klientų pasitenkinimas buvo aukščiausias.

JIRA yra projektų valdymo sistema, skirta programų sistemų kūrimo eigos stebėjimui, darbų planavimui. Klaidų stebėjimas yra viena iš daugelio jos vykdomų funkcijų. Įvairius įvykius galima stebėti tiek pagal projektus, projektų dalis, tiek pagal jų kūrime dalyvaujančias grupes arba pogrupius.

Sistema JIRA leidžia generuoti įvairias ataskaitas diagramų ir lentelių pavidalu. Jas galima eksportuoti įvairiais formatais, pavyzdžiui, į MS Excel ir naudoti tolesniems skaičiavimams. Duomenų išrinkimui naudojama JIRA užklausų kalba. Dauguma ataskaitų skirtos projekto eigos sekimui. Keletas iš jų susijusios su užregistruotų problemų, klaidų taisymu ir gali būti panaudotos priežiūros proceso matavimui.

Su programinės įrangos priežiūra susijusios ataskaitos arba matuoja pagal anksčiau aptartus matavimus arba leidžia lengvai pagal juos apskaičiuoti. Užregistruotų ir išspręstų problemų atskaita suskaičiuoja, kiek per nurodytą laiko tarpą buvo užregistruota ir kiek išspręsta problemų. Duomenys vaizduojami diagrama ir pateikiami lentelėje. Pagal šios lentelės duomenis nesunku suskaičiuoti neatliktų pataisymų indeksą. Klaidos taisymo laiko atskaita iš karto matuoja pagal programinės įrangos palaikymo matavimą. Taip pat norimam laiko intervalui galima sužinoti nepataisytų klaidų vidutinį amžių kiekvienai pasirinkto intervalo dienai.

## *Išvados*

Programų sistemų priežiūra yra svarbi programinės įrangos gyvavimo ciklo dalis. Ypač tai aktualu įmonėms, kuriančioms programinę įrangą, kurią dažnai reikia keisti dėl to, kad keičiasi įvairūs reikalavimai, pavyzdžiui, buhalterinę veiklą, mokesčius reglamentuojantys įstatymai. Kuriama programinė įranga turi būti kuo lengviau modifikuojama. Taip pat svarbu efektyviai organizuoti programinės įrangos priežiūros procesą. Programinės įrangos matavimai padeda objektyviai įvertinti situaciją ir priimti naudingus sprendimus. Programinės įrangos inžinerijos mokslininkai pasiūlė įvairių matavimų programinės įrangos matavimui. Atėjo toks laikas, kai pasiūlyti matavimai pradėti taikyti praktikoje. Straipsnyje išnagrinėti kai kurie matavimai, susiję su programinės įrangos priežiūroje ir priežiūros proceso matavimu. Analizės pagrindu galima padaryti šias išvadas:

1. Matuojant programinės įrangos priežiūrą, geriausias rezultatas gaunamas, kai matavimas yra integruotas į programinės įrangos kūrimo priemones. Tai padeda taip kurti programinę įrangą, kad vėliau ją būtų lengviau modifikuoti.
2. Klaidų sekimo sistemos padeda efektyviai organizuoti programinės įrangos priežiūros darbą. Šių sistemų generuojamos ataskaitos leidžia gauti reikšmes pagal mokslininkų pasiūlytus matavimus arba duomenis eksportuoti įvairiais formatais. Eksportavus, pavyzdžiui, į skaičiuoklės dokumentą, iš surinktų duomenų galima paprastai suskaičiuoti kitus reikalingus dydžius.

## LITERATŪRA

- HEITLAGER, Ilja; KUIPERS, Tobias; VISSER, Joost. (2007). A Practical Model for Measuring Maintainability. *QUATIC'07 Proceedings of the 6th International Conference on Quality of Information and Communications Technology*. 2007, p. 30–39.
- JIRA issue and project tracking. [žiūrėta 2011 m. balandžio 12 d.] Prieiga per internetą: <http://www.atlassian.com/software/jira/>
- KAN, Stephen H. (2003). *Metrics and Models in Software Quality Engineering*. Addison-Wesley, 2003. 528 p. ISBN 0201729156.
- LAND, Rikard. (2002). Measurements of Software Maintainability. *Proceedings of ARTES Graduate Student Conference*, 2002, p. 23–27. [žiūrėta 2011 m. balandžio 12 d.] Prieiga per internetą: [http://www.artes.uu.se/events/gskonf02/papers/Land\\_Maintainability.pdf](http://www.artes.uu.se/events/gskonf02/papers/Land_Maintainability.pdf)
- LISO, Aldo. (2001). Software Maintainability Metrics Model: An Improvement in the Coleman-Oman Model. *CrossTalk* August 2001, p. 15–17.
- StarTeam. Borland StarTeam. [žiūrėta 2011 m. balandžio 12 d.] Prieiga per internetą: <http://techpubs.borland.com/starteam/>
- SARWAR, Muhammad Imran; TANVEER, Wasif; SARWAR, Imran; MAHMOOD, Waqar. (2008). A Comparative Study of MI Tools: Defining the Roadmap to MI Tools Standardization. *Proceedings of the 12th IEEE International Multitopic Conference, December 23-24, 2008*, p. 379–385.
- (SWEBOK) ISO/IEC TR 19759:2005 Software Engineering – Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK). (2005). Yra ir internetinis variantas: <http://www.computer.org/portal/web/swebok/htmlformat> [žiūrėta 2011 balandžio 18 d.]
- WELKER, Kurt D. (2001). The Software Maintainability Index Revisited. *CrossTalk*, August 2001, p. 18–21.

**Software Maintainability and Maintenance Measurement****Sigitas Dapkūnas, Valdemaras Zaramba**

## Summary

Software maintenance is software modification after its delivery to customers. The programs are modified with the purpose to correct faults, to improve performance or other program parameters, to enhance or to change its functionality. Software maintenance is an integral part of a software life cycle. Historically for the software maintenance was paid less attention as for software development in most organizations. Recently the situation has changed. For software quality or software maintenance assessment and improvement is used software process or software product measurement. The paper deals with software maintenance measurement. It analyses software maintainability and maintenance measures, the measurement tools.

# Possibilities of Managing of Informational Resources in the Adaptive e-Service Providing System by Using Domain Ontology

**Dalė Dzemydienė, Eugenijus Jasiūnas,  
Valentinas Kriaučiukas, Arūnas Miliauskas**

Mykolas Romeris University

Ateities str. 20, LT-08303 Vilnius, Lithuania

E-mail: daledz@mruni.lt, ejasiunas@mrun.lt, valius@vtex.lt, orunas@gmail.com

*This research work is devoted to creating the service oriented electronic (distance) environment adaptable to the use's needs. The examples of designing such adaptive e-service providing system are applied for e-learning environment. The paper analyses the possibilities of integrating ontology into the e-service system for learning needs. One of the possible ways to improve distance learning infrastructure and increase its effectiveness is to extend the present e-learning system by integrating domain ontology and forming intelligent agents' framework possible, which enables better adaptation of learning resources to user. The quality of the e-learning course is largely influenced by competently prepared educational resources and an effective study support system. The issues of decomposing ontology into different levels of understanding are discussed in order to adapt to learner's tasks and goals. A conceptual approach is proposed for extending the existing distance learning system architecture by intelligent and deeper knowledge layers.*

## *Introduction*

The achievements in information technologies allow us to integrate new possibilities and methods of interaction into the distance working and learning environment (Dzemydiene, Tankeleciene, 2006; Amorim, et al., 2006). Software engineering methods offer new semantic e-service technologies, ontology management abilities, and intelligent agents' integration techniques. Such systems are developed in ways of providing the adaptable services for users in areas of e-health, e-learning, intelligent management of conditions of living surroundings.

The goal of this research work is to understand the aspects of adaptable working and learning and to realize them into a virtual environment of the existing infrastructure. The aim is to create decision support system for the e-learning system under investigation and properly select the teaching and learning methodologies. Synchronous, asynch-

ronous, and blended study models are applicable and widely described in the e-learning process realizations (Karampiperis et al., 2005). However, personalized learning using distributed information and a dynamic and heterogeneous learning environment is still problematic. Therefore, intellectualization of the distance learning system, using software agents, is important in order to support student's activities and the distance learning process, as well as instructor's activities. Our research aims at using domain ontology in order to acquire a general/particular understanding of the learning domain between users and software agents.

Software agents are integrated as components that can function and process the given tasks autonomously. Web service mechanisms enable agents' communication with a view to rise agents' information on the learning material, learning domain, as well as on users. Pedagogical agents are discussed in (Jafari, 2002; Choy, et al. 2005). Domain ontology is helpful for software agents to communicate in proper ways, to interpret the same information in the same way and to facilitate the learning context generation in adaptive personalization.

Ontology can be defined as an "explicit and formal specification of conceptualization" (by Gruber, 1993). The different layers of ontology have become popular in different fields, such as knowledge representation, system engineering, knowledge management, etc., due to their aims. They are also applied in web-based education systems and are handy in intellectualizing the following processes. The levels of ontology represented by different schemas are investigated and used in the e-learning system as components: domain, instructional (course) or learning design, etc. Ontology engineering and applications in different areas, including e-learning, were discussed by describing semantic web technologies, e-learning objects, learning design, adaptive personalization, etc. (Devedžič, 2004, Dzemydiene, et al. 2006, Verbert, et al. 2006). There was a shift from the subject domain ontology towards the learning design ontology in the last two years. R. Koper (2006) identifies that the use of ontology, semantic web principles, and tools related to the learning design is one of the major research issues at present.

While designing the educational resources, lecturers often face the following problems: the actions for ensuring effective teaching and learning, such as updating of the study material, ensuring of feedback, timely assessment of study results and student support, must be designed in advance. In order to gain the ability to minimize the interaction on the instructor-student level, richer and deeper techniques of student-study material interactions should be applied. In the student-centered approach, educational resources have to be adapted to students with different learning styles and different knowledge of the subject area. In most cases, the standards for e-learning are helpful, especially while trying to solve compatibility problems. The LOM<sup>1</sup> defines the syntax and semantics of the learning object metadata and is used to fully describe learning

---

<sup>1</sup> Learning Objects Metadata Standard. <http://ltsc.ieee.org/wg12/>

objects. The SCORM<sup>2</sup> is a set of standards the enable interoperability of the web-based learning content.

Domain ontology integration problems are discussed in this paper. Our approach is useful for the courses mostly, which are unambiguously specified as well as for the e-learning subjects in higher education.

### *Architecture of adaptive e-service providing system for e-learning*

The multi-layer architecture of the e-learning system integrates the components of the usual learning management system (LMS) and extends it with intelligent components. The proposed architecture of an adaptive learning management system shows the structure of the main components and packages integrated for supporting the main functional organizational tasks (Dzemydiene, et al., 2006):

- Subsystem of development of distance courses, intended for course planning, material creation or importing, integrating activities;
- Subsystem of supporting a study process, intended for process organization, users' activities control, communication, and assessment organization;
- Subsystem for organizing realization and control which identifies the registered users, analyses their rights, offers access to the objects of the environment, and ensures the safety of the data used;
- Subsystem of logistics meant for planning the personnel, resources, finances, equipment, and information of the institution.

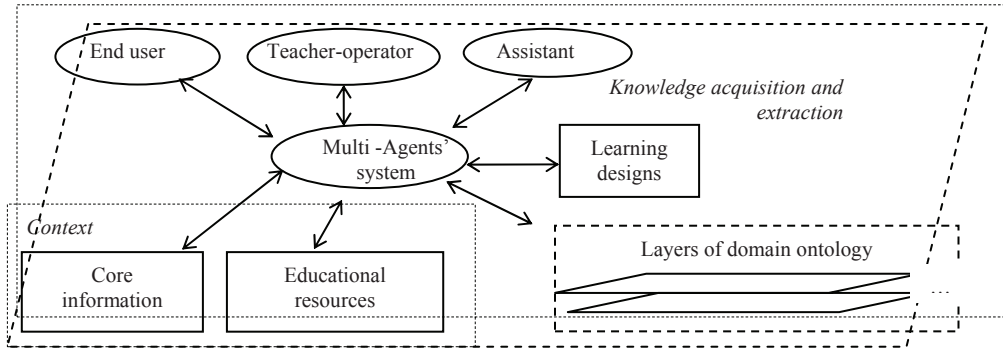
In essence, we extend the existing LMS with two layers. One layer – intelligent decision support components - should act as a mediator between the core LMS elements and user interface. We prefer software agents as independent components. However, later intelligent learning systems were oriented towards the behavioral learning model.

Besides the main databases (data on users, courses, and users' activities within courses), we propose deeper knowledge layer. We give the top priority to domain ontology integration. The layer of intelligent decision support components (2) has to act as a mediator between the elements of LMS (3) and different types of user interfaces (1). This layer plays the role of interaction regulations. We prefer software agents in the implementation stage. The schema of agents' relationships with the other components of e-learning system is presented in Fig. 1.

Agents must transfer right knowledge within the right context. Therefore agents must not only use knowledge, but also they need relevant, real time information, the so-called context. Context-related information (data on users, courses, and users' activities within courses) is stored in the core information component of databases. If we are aware of

---

<sup>2</sup> Sharable Content Object Reference Model. <http://www.adlnet.gov/index.cfm>



**Fig. 1.** Agents' relationships with the other components of the distance learning system

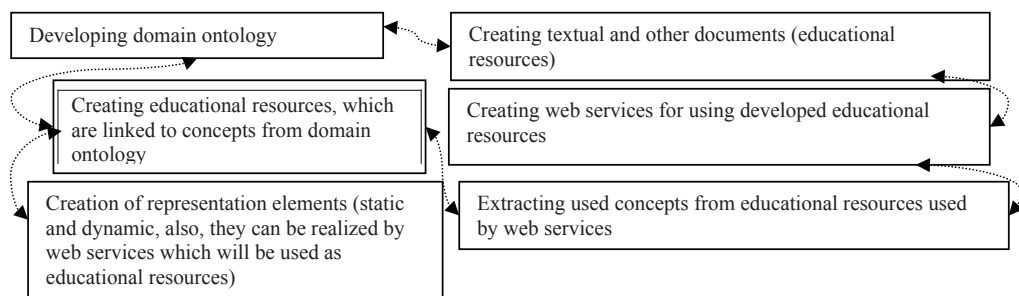
the subject domain ontology and information about goals of a student, we can adapt educational resources to students with different levels of e-learning progress.

The goals are forming by the teacher as well as, having subject domain ontology and information about student's goals. The learner doesn't reach the educational resources directly, but through the interacting with multi-agent system, which works on the intelligent level (Fig. 2). The example of division/extraction of abstract subject areas according to ontology levels by lecturers to become the agents later on. Scenarios for personalized learning path generation have to be specified and introduced into the intellectual layer. Due to language compatibilities with different platforms, such as Java-based agents can be integrated with each form of the distance learning system used.

### *The domain ontology as component in adaptive e-service providing system*

In the context of the subject area (for example, teaching module), ontology defines what information is available, and which topics are to be discussed. Apart from domain concepts, ontology may formally specify their relationships, dependencies, and example cases. Modeling of the subject area, other than (differently from) learning objects modeling, does not provide many chances for reuse. However, if we have the subject area model, we can automate much more activities or processes, such as (for example) evaluation of tests where open-ended questions are used; generation of learning scenarios, taking into account the previous learning results. The main idea of the domain ontology integration is to distinguish between the subject domain model and that of the education resource. The designing process can be described in multi-leveling steps.

In addition, it is expected to apply the user's model in order to realize adaptively supported educational resources and different generation of representation for different users. However, at least identification, recognition, and separation of the two compo-



**Fig. 2.** Stages of developing the domain ontology for the distance learning system

nents mentioned before offers an opportunity to avoid information overload, or shortage and supports distance course consistency as well.

In the context of distance learning systems has been proposed a tool that allows collaboration of the domain expert and instructional-design expert in the ontology development. In most cases, while integrating domain ontology into e-learning, the following algorithms are offered (Fig. 2).

A shortcoming of this method is that “domain ontology should be generic enough to provide the concepts needed by any web service in a certain domain” (Sabou, et al., 2005). In the mentioned paper, another method for ontology creation is meant – extracting concepts from educational resources. Analysis of a natural language (for example, Lithuanian, Latvian, Spain, Portugal, etc.) and extraction concepts from it do not fit our research area. Problems arise from the fact that actually it is very difficult to obtain educational resources from the chosen subject area in the vernacular (mother-tongue) languages. Learning management systems and their authorization mechanisms often don’t allow reaching even annotations of educational resources.

Instructional ontology (IO) covers the teaching/learning process (Amorin, et al., 2004; Knight et al., 2005; Koper, 2006). Basically, concept classes are developed taking into account IMS. The IO is oriented to educators that develop instructions. They can be developed by applying two different methods: inductive methods, based on pattern recognition (Dzemydiene, Rudzkiene, 2003; Dzemydiene et. al. 2010); deductive methods based on experts’ teaching practice interpretation). Several problems arise while investigating the learning design and the respective ontology. The corresponding tools are underdeveloped. Learning design tools are very useful for content repurposing and reusability. The universe of discourse (UoD) for teaching modules is represented in the context of subject (teacher) ontology. Such an area defines what information is available and which topics are to be discussed in time direction. Apart from domain concepts, ontology may formally specify their relationships, dependencies, cases of examples, etc. Relationships between the concepts of the subject area can be defined in such categories as: next, previous, is a part of, consists of, requires, is required, etc.

Modeling of subject area, mutually with integration of learning objects' modeling, provide much ability for reuse. But if we have the subject area model integrated with instructional model we can automate activities of teachers-operators (as well agents). We optimize the activities of teachers-operators, for example workflows of evaluation of tests, messaging of correspondence, where open-ended questions are used. Generation of learning scenarios give possibilities to taking into account previous learning results, etc. According to the design process of an AEHS (by Brusilovsky, and continued by Karampiperis, 2005), two different steps should be distinguished: designing the domain model and the media space. The connection of each learning goal is not impossible (Dzemydiene, et all. 2006). We construct the dynamic content, integrating the context of teachers-operators agents, and use the dynamic evaluation of adaptation of students to the corresponding area of objects, which they are created in virtual environment by the set of domain concepts.

Designing the media space help in all situations. But sometimes, we must restrict our understanding of the UoD, according to the levers of students and their goals. Additionally, it is expected to specify several types of interfaces for several types of users: model designers, multi-agent behavior, teachers-operators, etc. We are under creation of the Intelligent Decision Support System in order to realize adaptively represented educational resources for different users applying our approach. But at least separation of the mentioned multi-leveling layers of the components lead towards the information overload, if we aiming to support distance course consistency.

## **Conclusions**

One of the possible ways to improve the distance learning infrastructure and increase its efficiency is to extend usable distance learning systems by integrating the domain ontology and making frameworks of software agents possible. The proposed multi-layer architecture allows re-use of the existing distance learning systems and extension of their abilities.

The approach proposed by us allows using the different levels of domain ontology in the creation and delivery processes of educational resources. It is mostly useful in the subjects, which are unambiguously specified namely the subjects at schools.

Approaches to use the domain ontology in the creation of educational resources and a representation of adaptive information should be further investigated and merged with the results of investigations in the learning design area.



## REFERENCES

- Amorim R. R., Lama M., Sanchez E., Riera A., Vila X. A. 2006. A Learning Design Ontology based on the IMS Specification. *Educational Technology & Society. Special Issue on "Current Research in Learning Design"*. Vol. 9, Issue 1.
- Devedžić V. 2004. Web Intelligence and Artificial Intelligence in Education. *Educational Technology & Society*. No. 7(4), pp. 29-39.
- Dolog P., Nejdil W. 2002. Challenges and benefits of the semantic web for user modeling and learning management systems as promising opportunities for public vendors. ELENA project. Address: <http://www.elena-project.org>
- Dzemydiene D., Vaitkevicius R., Dzemyda I. 2010. Patterns Recognition Based on Structural Equation Models in Multi-Dimensional Data Warehouse of Psychological Data// In Igor V. Kabashkin, Irina V. Yatskiv (Eds.) the Proceedings of Conference „Reliability and Statistics in Transportation and Communication“ (RelStat'10). Ryga.
- Dzemydiene D., Rudzkiene V. 2003. Data Analysis Strategy for Revealing Multivariate Structures in Social-Economic Data Warehouses // *Informatica*. 14(4), pp. 471-486
- Dzemydiene D., Tankeleviciene L. 2006. Enhancing Creation and Delivery of Educational Resources by Using Ontologies. In V. Dagiene, R. Mittermeir (Eds.) *Information Technologies at School*. Proc. of Second Intern. Conf. Informatics in Secondary Schools: Evolution and Perspectives: Selected papers. Lithuania. Vilnius. IMI. pp. 111-119.
- Dzemydiene D., Tankeleviciene L., Servetka R. 2006. An Approach of Developing the Component Based Multi-Layer Knowledge Management Architecture for Distance Learning System. In (Eds.) O. Vasilecas, J. Eder, A. Caplinskas. *Proc. of the Seventh Intern. Baltic Conf. Databases and Information Systems Communications, Materials of Doctoral Consortium*. Lithuania. Vilnius: Technika, pp. 164-174
- Gruber T. R. 1993. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. *Knowledge Acquisition*. Vol. 5, No. 2, pp. 199-220.
- IMS Learning Design Specification. Address: <http://www.imsglobal.org/learningdesign/index.html>.
- Jafary A. 2002. Conceptualizing Intelligent Agents for Teaching and Learning. *Educates Quarterly*. Vol. 25, Number 3, pp. 28-34. <http://www.educause.edu/ir/library/pdf/eqm0235.pdf>.
- Karampiperis P., Sampson D. 2005. Adaptive Learning Resources Sequencing in Educational Hypermedia Systems. *Educational Technology & Society*. 8 (4), 128-147.
- Learning Objects Metadata (LOM) Standard. Address: <http://ltsc.ieee.org/wg12/>.
- Sabou M., Wroe C., Goble C., Mishne G. 2005. Learning Domain Ontologies for Web Service Descriptions: an Experiment in Bioinformatics. Proceedings of the 14th International Conference. on World Wide Web, Session: Semantic Web, pp. 190 – 198 Address: <http://www.cs.vu.nl/~marta/papers/www2005.pdf>.
- Sharable Content Object Reference Model (SCORM). Address: <http://www.adlnet.gov/index.cfm>.
- Sheung-On Choy, Sin-Chun Ng, and Yiu-Chung Tsang. 2005. Software Agents to Assist in Distance Learning Environments. *EDUCAUSE Quarterly*. Vol. 28, Number 2.
- Verbert, K., Jovanovic, J., Duval, E., Gasevic, D., Meire, M. 2006. Ontology-Based Learning Content Repurposing: The ALOCoM Framework. *Intern. Journal on E-Learning*. 5 (1), pp. 67-74.

# Sparčiųjų klavišų lokalizavimo problemos

## Gintautas Grigas

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto emeritas  
Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius  
Tel. (8 5) 243 76 81; el. paštas [gintautas.grigas@mii.vu.lt](mailto:gintautas.grigas@mii.vu.lt)

## Agnė Strelkauskytė

Vilniaus universiteto studentė  
Naugarduko g. 24, LT-03225 Vilnius; el. paštas: [agne.strelkauskyte@gmail.com](mailto:agne.strelkauskyte@gmail.com)

*Analizuojamos sparcijų klavišų lokalizavimo problemos ir su jų panaudojimu susijusios internacionalizavimo klaidos originalioje programinėje įrangoje. Pateikiama raidžių naudojimo komandų klavišuose statistika, surinkta iš 40 dažniausiai naudojamų programų. Remiantis statistika ir esamomis programinės įrangos tradicijomis daromos išvados apie atskiras raides atitinkančių klavišų lokalizavimo poreikį ir galimybes. Pateikiamos rekomendacijos, kurių komandų klavišų raides tikslinga lokalizuoti, kurias galima lokalizuoti, ir kurių nereikėtų lokalizuoti.*

*Apžvelgiami sparcijų klavišų, sudarytų su skaitmenimis ir specialiaisiais ženklais, ypatumai įvairių kalbų klaviatūrose. Identifikuojami klavišų deriniai, galintys būti internacionalizacijos ir lokalizacijos klaidų priežastimi.*

## 1. Įvadas

Spartieji klavišai naudojami tam tikriems programos veiksmams sukelti. Jie yra dviejų tipų: komandų klavišai ir prieigos klavišai.

Komandų klavišai – klavišai arba klavišų deriniai, pavyzdžiui, *F1*, *Vald+C*, kuriuos paspaudus vykdoma tam tikra komanda. Jie galioja stambesnėje programos dalyje, vi-soje programoje, kartais ir visoje operacinėje sistemoje.

Prieigos klavišai – alternatyvos ir ženklo klavišų deriniai, pavyzdžiui, *Alt+F*, *Alt+Ž*, dubliuojantys pakopinio meniu funkcijas: išskleidžiamas žemesnio lygio meniu arba, kai žemesnio lygio nebėra, vykdoma komanda. Galioja tik tam tikrame siaurame kontekste, dažniausiai dialogo lange, kuriame yra ir jį atitinkantis meniu punktas.

Prieigos klavišų derinyje pavartota raidė vadinama mnemonine raide. Ji paprastai atspindi komandos pavadinimą, kuri imama iš meniu punkto ir dažniausiai pabraukiama, pavyzdžiui, meniu eilutėje rašoma *Taisa*, *Žinynas*, arba kitaip parodoma. Jie visada lokalizuojami. Klausimo, ar reikia juos lokalizuoti, nekyla. Čia pagelbsti ir poreikis komandos pavadinime turėti pabrauktiną raidę. Išverstame žodyje tos raidės, kuri buvo panaudota programos originalo sparciajame klaviše, gali ir nebūti, tad nebus ir ką pabraukti. Toliau kalbėsime tik apie problemiškesnius komandų klavišus.

Komandų klavišų deriniai gaunami paspaudus valdymo klavišą, kuris žymimas *Ctrl* (*Vald* – lietuviškoje klaviatūroje, *Strg* – vokiškoje, ir pan.) arba logotipu *Cmd* „Apple“ kompiuterių klaviatūrose. Šiame darbe naudosime anglišką santrumpą *Ctrl*, kai kalbėsime apie konkrečius klavišus originalioje (nelokaluotoje) programoje, ir lietuvišką *Vald*, kai kalbėsime apie lietuvišką lokalizaciją arba apie klavišą bendrąja prasme.

Komandų klavišų galiojimo sritis didesnė negu prieigos klavišų, t. y. jie universalesni, todėl tinkamų raidžių ar kitų ženklų parinkimas jų deriniuose yra svarbesnis, negu prieigos klavišuose. Natūralu, kad raidė primintų komandos pavadinimą, pavyzdžiui, sutaptų su pirmąja komandos pavadinimo raide, arba ženklas kitaip primintų komandą, pavyzdžiui, iškirpimo komandos klavišo raidė X primena žirkles, plusas tiktų didinimo komandos klavišui (*Vald++*), o minusas – mažinimo (*Vald+-*).

Dėl komandų klavišų lokalizavimo vieningos nuomonės nėra. V. Halas ir R. Hudsonas (Hall, Hudson, 1997) teigia, kad juos reikia lokalizuoti, nes raidės turėtų būti prasmingos, t. y. atspindėti klavišo inicijuojamų komandų pavadinimus. Pavyzdžiui, originalioje angliškoje programoje spausdinimo komandai, kuri angliškai vadinama *Print*, klavišų derinyje prasminga vartoti pirmąją šio žodžio raidę: *Ctrl+P*. Kitoms kalboms raidė P neinformatyvi, nes ši komanda prasideda kita raide: lietuvių – *Spausdinti*, vokiečių – *Drucken*, suomių – *Tulosta*, italų – *Stampa* ir t. t. Panašiai ir su kitomis komandomis.

Nelokaluotų komandų klavišų raidžių konfliktas su lokalizuotomis tų pačių komandų raidėmis akivaizdžiai matomas, kai meniu juostoje abu klavišai atsiduria greta (1 lentelė).

### 1 lentelė

Angliška versija		Lokaluota versija	
Repl <u>a</u> ce	Ctrl+R	Pakeisti	Vald+R
Ed <u>i</u> t	Ctrl+E	Taisyti	Vald+E
Select <u>A</u> ll	Ctrl+A	Žymėti viską	Vald+A

Yra rekomendacijų unifikuoti kai kurių angliškų komandų raides originaliose programose (Keyboard, 2011) ir tai gali būti interpretuojama kaip rekomendacija jų nelokaluoti.

B. Eselinkas (Esselink, 2000) teigia, kad komandų klavišų raides lokalizuoti galima, bet nerekomenduoja, tačiau atkreipia dėmesį, kad ženklai @ \$ { } [ ] \ ~ | ^ ‘ < > gali sukelti problemų, jei naudojama ne angliška klaviatūra (matyt autorius turėjo omenyje anglišką JAV klaviatūrą, nes angliškoje Jungtinės Karalystės klaviatūroje gali sukelti problemų).

Programos „Word“ žinyne rašoma: „Šioje žinyno temoje aprašomi spartieji klaviatūros klavišai atitinka JAV klaviatūros išdėstymą. Kitų išdėstymų klavišai nebūtinai atitinka JAV klaviatūros klavišus“ („Word“ žinynas. „Microsoft Office Word“ spartieji klaviatūros klavišai).

Yra programų, kuriose komandų klavišus gali pakeisti jų naudotojas, bet ir tokių, kurių klavišų raidės įkoduotos ir jų negali pakeisti net lokalizuotojas.

Kadangi vieningos nuomonės nėra, tai dažniausiai komandų klavišai nelokaluojami. Motyvuojama tuo, kad raidiniai komandų žymėjimai jau yra nusistovėję ir dėl to jų

keisti nereikėtų. Ne visose programose numatyta galimybė pakeisti raides lokalizavimo metu, o jei tokia galimybė ir yra, tai dažnai nerekomenduojama ja naudotis.

Dauguma komandų klavišų raidės angliškose programų versijose parinktos tokios, kad jas būtų galima lengviau įsiminti – dažniausiai pirmosios komandų pavadinimuose esančių anglišku žodžių raidės. Lokalizuojoje programoje šis ryšys prarandamas. Nebegaliąja lokalizavimo taisyklė, reikalaujanti, kad lokalizuotos programos forma ir turinys turi atitikti lokalizuojamą terpę taip, jog atrodytų, kad programa buvo sukurta specialiai šiai terpei.

Kaip šiuos du prieštaravimus suderinti?

Universalus būdas – giliau paanalizuoti situaciją ir ieškoti kompromiso. Pavyzdžiui, raidės, kurios iš tikrųjų tvirtai „suaugusios“ su komandomis, palikti nelokalizuos, o kitas – lokalizuoti, t. y. parinkti tokias, kad turėtų ryšį su komandų pavadinimais lokalizacijos kalboje. Šio darbo tikslas – nustatyti atskirų raidžių ir komandų poravimo pastovumą dažniau naudojamose programose ir iš to pateikti rekomendacijas programų internacionalizuotojams ir lokalizuotojams. Nagrinėsime originalias (nelokalizuos) programas, nes 1) lokalizavimas prasideda nuo originalios programos ir 2) duomenys, gauti iš lokalizuotų programų gali neatspindėti tikros situacijos dėl aukščiau minėtų jų stabdžių juos lokalizuoti. Atskirus lokalizavimo atvejus pateiksime tik kaip iliustracinius pavyzdžius.

Skaitmenų ir specialiųjų ženklų paskirtis, taigi ir mnemonika, vienoda arba beveik vienoda įvairiose kalbose. Dėl to šiuo požiūriu jų nenagrinėsime. Tačiau lokalizuojant programas su jais iškyla problemų dėl ženklų išdėstymo skirtumų. Amerikietiškoje (t. y. JAV anglų) klaviatūroje ženklai išdėstyti dviejuose lygiuose, kitų valstybių – trijuose. Skaitmenys lietuvių, prancūzų ir belgų klaviatūrose išdėstyti antrame lygyje, visų kitų – pirmame. Specialieji ženklai amerikietiškoje klaviatūroje išdėstyti pirmajame ir antrajame lygyje, kitų valstybių klaviatūrose dalis jų yra trečiame. Problemų gali atsirasti ir dėl to, kad specialieji ženklai, kurie gaunami su tuo pačiu klavišu, skirtingose klaviatūrose nevienodai grupuojami (pvz., taškas ir dvitaškis vokiečių kalbos klaviatūroje ant to paties klavišo, anglų kalbos – ant skirtingų).

## 2. Komandų klavišų *Ctrl+raidė* naudojamumo analizė

Komandų klavišų raidės buvo analizuojamos ir dažniau naudojamose 40 programų. Programas buvo stengiasi parinkti kuo įvairesnes: skirtingų gamintojų, skirtingos paskirties, skirtingai platinamų (atvirosios, nuosavybinės nemokamos, mokamos), veikiančių daugiau naudojamose „Windows“ operacinėse sistemose, dalis jų – ir kitose („Linux“, „Mac OS“). Dauguma šių programų lokalizuotos daugeliui kalbų (lokalizacijų skaičius yra vienas svarbiausių programos populiarumo rodiklių).

Programų dydžiai įvairūs. Tam, kad būtų bent šiek tiek vienesni, didelius raštinės programų paketus „Microsoft Office“ ir „OpenOffice.org“ išskirstėme į atskirus komponentus, nors juose komandų klavišai mažai skiriasi.

Analizės rezultatus pateikiame dviem pjūviais: pagal raides ir pagal komandas.

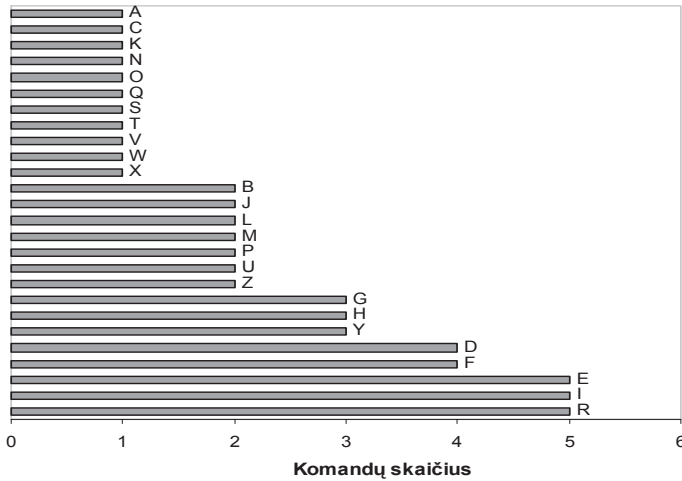
**Informacija pagal raides.** 2 lentelėje pateikiama informacija apie tai, kokios komandos ir keliose programose atitinka kiekvieną anglų kalbos abėcėlės raidę. Daugiausia tą pačią raidę atitinka 5 skirtingos komandos. Komandų pavadinimus rašėme angliškais – tokius, kokie yra originaliose angliškose programose. Lietuviškus pateiksime vėliau, kai nagrinėsime informaciją pagal komandas.

**2 lentelė.** Informacija pagal raides

Valdymo klavišai Ctrl+	1 komanda		2 komanda		3 komanda		4 komanda		5 komanda	
	Komanda	Skaičius	Komanda	Skaičius	Komanda	Skaičius	Komanda	Skaičius	Komanda	Skaičius
<b>A</b>	Select All	34								
<b>B</b>	Bold	7	Bookmarks	4						
<b>C</b>	Copy	33								
<b>D</b>	Duplicate	3	Font	3	Bookmark Page	2	Deselect	2		
<b>E</b>	Center	7	Edit	3	Search	3	E-Mail	2	Export	2
<b>F</b>	Find	29	Filter	2	FTP connect	2	Repeat	2		
<b>G</b>	Go To	8	Find Again	3	Group	2				
<b>H</b>	History	5	Replace	5	Size	2				
<b>I</b>	Italic	8	Invert	4	Import	3	Information	3	Search	2
<b>J</b>	Justify	7	Downloads	2						
<b>K</b>	Hyperlink	4								
<b>L</b>	Left	6	Address field	2						
<b>M</b>	Message	2	Formatting	2						
<b>N</b>	New	32								
<b>O</b>	Open	32								
<b>P</b>	Print	29	Preferences	2						
<b>Q</b>	Quit	14								
<b>R</b>	Right	7	Refresh	6	Replace	6	Reload	3	Resize	2
<b>S</b>	Save	32								
<b>T</b>	New Tab	6								
<b>U</b>	Underline	7	Source	5						
<b>V</b>	Paste	32								
<b>W</b>	Close	25								
<b>X</b>	Cut	33								
<b>Y</b>	Redo	17	Repeat	3	Crop	2				
<b>Z</b>	Undo	28	Comment	2						

Kiekvienos raidės komandos dvigubuose penkiuose (su šitiek daugiausia skirtingų komandų siejama raidė nagrinėtose programose) stulpeliuose išdėstytos pagal programų skaičių, kuriuose ta raidė panaudota pradėdant nuo didžiausio, nes tokia komanda daugiausia siejasi su ta raide.

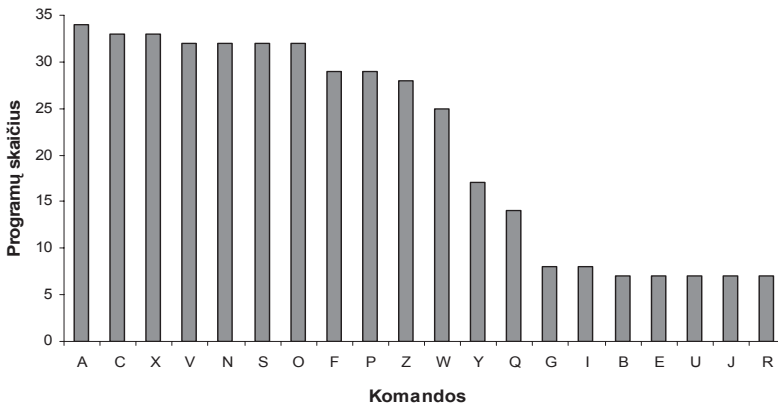
Su kiek skirtingų komandų siejama kiekviena raidė, grafiškai pavaizduota 1 paveiksle. Faktiškai, tai atitinka „užimtų“ dvigubų stulpelių skaičius 2 lentelėje.



1 pav. Skirtingų komandų, susietų su ta pačia raide, skaičius

Išskirtinumu pasižymi raidės, kurios atitinka tik vieną komandą. Jų yra vienuolika: A, C, K, N, O, Q, S, T, V, W, X.

Kitas svarbus rodiklis yra programų, kuriose panaudota raidė, susieta su 2 lentelės stulpelyje „1-a komanda“ (t. y. „populiariausia“) įrašyta komanda, skaičius (2 pav.). Faktiškai, tai 2 lentelės, 1-os komandos stulpelio skaičiai.



2 pav. Programų, kuriose panaudota raidė, susieta su „populiariausia“ komanda, skaičius

**Informacija pagal komandas.** 3 lentelėje pateikiama informacija apie tai, kurios raidės ir kuriose programose skiriamos kiekvienai komandai.

**3 lentelė.** Informacija pagal komandas

Komanda				Programa														
Programų skaičius	Lietuviškai	Angliškai	Raidė	Microsoft Word	Microsoft Excel	OpenOffice.org Write	OpenOffice.org Calc	AbiWord	Mozilla Firefox	Internet Explorer	SeaMonkey	Opera	Free Pascal	Gimp	Picasa	Skype	Total Commander	Kitų programų skaičius
34	Žymėti viską	Select All	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	20
33	Kopijuoti	Copy	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	19
33	Iškirpti	Cut	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19
32	Įdėti	Paste	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	18
32	Naujas	New	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	19
32	Įrašyti	Save	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		20
32	Atverti	Open	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O		20
29	Ieškoti	Find	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F		F	F		17
29	Spausdinti	Print	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P		P	P			18
28	Atšaukti	Undo	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z		Z		17
25	Užverti	Close (Window)	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		W		14
17	Gražinti	Redo	Y			Y	Y	Y	Y		Y	Y	Y	Y		Y		8
14	Baigti	Quit	Q			Q	Q	Q			Q			Q				9
11	Pakeisti	Replace (6)	R										R					5
		Replace (5)	H	H	H			H										2
8	Eiti į	Go To	G	G	G			G			G							4
8	Kursyvas	Italic	I	I	I	I	I	I										3
7	Pusjuodis	Bold	B	B	B	B	B	B										2
7	Centruoti	Center	E	E		E	E	E								E		2
7	Pabraukti	Underline	U	U	U	U	U	U										2
7	Abipusė lygiuotė	Align Justify	J	J		J	J	J								J		2
7	Dešinioji lygiuotė	Align Right	R	R		R	R	R								R		2
6	Atnaujinti	Refresh	R							R								5
6	Kairioji lygiuotė	Align Left	L	L		L	L	L										2
6	Nauja kortelė	New Tab	T						T	T		T					T	2
5	Praeitis	History	H						H	H		H						2
5	Pirminis tekstas	Source	U						U			U					U	2
5	Ieškoti	Search (3)	E						E	E								1
		Search (2)	I															
5	Kartoti	Repeat (3)	Y	Y	Y													1
		Repeat (2)	F											F				
4	Adresynas	Bookmarks	B						B		B	B						1
4	Saitas	Hyperlink	K	K	K													2
4	Invertuoti	Invert	I											I	I			2
3	Informacija	Information	I								I							2
3	Importuoti	Import	I															3
3	Dubliuoti	Duplicate	D											D				2
3	Šriftas	Font	D	D				D										1
3	Taisyti	Edit	E								E							2
3	Įkelti iš naujo	Reload	R						R		R	R						0
3	Tešti paiešką	Find Again	G						G									2
2	Laiškas	Message	M								M							1
2	Kitų komandų skaičius			0	0	1	1	0	2	0	1	3	0	0	2	0	1	20
1	Kitų komandų skaičius			2	3	1	0	3	3	8	6	4	1	7	6	0	11	

Programų yra 40, o skirtingų komandų jose 112. Lentelė, turinti 40×112 langelių, būtų labai didelė. Analizei bus svarbūs tik komandų skaičiai, o ne jų pasiskirstymas programose. Todėl į lentelę įtraukėme tik 14 dažniau naudojamų programų, kurias galima laikyti pavyzdžių rinkiniu. Sparčiųjų klavišų skaičius lentelėse nepaminėtose programose („MS Powerpoint“, „Mozilla Thunderbird“, „Adobe Reader“ ir kt.) surašėme į paskutinį stulpelį.

Komandas į lentelę rašėme surikiuotas mažėjančiai pagal jas naudojančių programų skaičių. Kuo tas skaičius didesnis, tuo stipresnis ryšys tarp komandos ir raidės. Ryšį silpnina tik tos komandos, kurios siejamos su daugiau negu viena raide. Bet tokių tik trys: *Pakeisti*, *Ieškoti*, *Kartoti*.

Kitas ryšį silpninantis faktorius yra tos pačios raidės susiejimas su keliomis komandomis. Tada pirmenybę natūralu teikti komandai, susietai su didesniu raidžių skaičiumi ir čia jų ryšį vadinsime stipriu, o kitų komandų ryšį su raide – silpnu. Į lentelę įtraukėme visas komandas, kurių ryšys su raidėmis šiuo požiūriu stiprus, o taip pat komandas, kurių ryšys silpnas, bet rikiavimo eilėje patenkančios po stipraus ryšio komandų. Lentelėje jų raidžių langelių fonas patamsintas. Paskutinė į lentelę įtraukta komanda *Laiškas*. Ji susieta su paskutine dar laisva raide M. Po šios raidės stipraus ryšio komandų nebėra.

**Raidžių mnemonika.** Iš 3 lentelėje pateiktos informacijos galima analizuoti raidžių mnemoniką. Trys komandos, siejamos su raidėmis: X, V ir Z, neturi ryšio su angliškais jų pavadinimais *Cut*, *Paste* ir *Undo*. Tačiau šių raidžių išvaizda atspindi grafinę komandų pavaidavimą piktogramomis: raidė X primena žirkles (tekstas iškerpamas), raidė V – varnelę, virš kurios rašomas iškirptas tekstas, raidė Z – zigzagą, kuriuo užbraukiama tai, kas nereikalinga. Todėl šių trijų raidžių susiejimą su minėtomis trimis komandomis galima laikyti tarptautiniu ir šių klavišų nereikia lokalizuoti. Juos įtraukėme į analizę tik tam, kad būtų matyti visuma ir įsitikinti, kad šios trys komandos nesiejamos su kitomis raidėmis.

Iš likusių 23 raidžių, turinčių stiprų naudojamumo ryšį su komanda, mnemoninį ryšį su komandomis anglų kalboje turi 19 raidžių, o lietuvių – 2 (komandų pavadinimuose šios raidės paryškintos). Tai argumentas lokalizavimo naudai. Bet lentelė rodo, kad komandos su raidėmis susietos stabiliai. Tas taip pat svarbu. Vadinasi, lokalizuoti reikia taip, kad stabilumas išliktų – būtų ne mažesnis, negu angliškoje versijoje, nes priešingu atveju lokalizavimas bus diskredituojamas. Tai galima pasiekti koordinuotai suderinus raides visose lokalizuojamose programose. Kuo didesniame programų skaičiuje naudojama komanda, tuo sunkiau tai padaryti, o kai tik vienoje – vienodinti nėra su kuo ir galima iš karto lokalizuoti. Didesnių problemų nekelia ir kai naudojama 2–3 programose.

### 3. Rekomendacijos komandų klavišų raidžių lokalizavimui

Analizės pagal komandas rezultatai mažiau išsibarstę, negu pagal raides – viena komanda su keliomis raidėmis siejama rečiau negu viena raidė su keliomis komandomis. Tai natūralu, nes raidžių mažiau negu komandų. Kita vertus, siejimas pradedamas nuo komandos: komandai parenkame raidę, o ne atvirkščiai. Todėl pagrindiniu dalyku laikysime komandų



eilę tokią, kaip jos surikiuotos 3 lentelėje ir su jomis susietos raidės sutinkamos pirmą kartą, t. y. ryšys nuo stipriausio eina link silpniausio. Šiam tikslui parengsime 4 lentelę.

#### 4 lentelė. Dominuojančių raidžių-komandų poros

Komanda	Iškirti	Įdėti	Atšaukti	Žymėti viską	Kopijuoti	Naujas	Įrašyti	Atverti	Ieškoti	Spausdinti	Užverti	Gražinti	Baigti	Pakeisti	Eiti į	Kursyvas	Pusjuodis	Centruoti	Pabraukti	Abipusė lygiuotė	Kairioji lygiuotė	Nauja kortelė	Praeitis	Saitas	Dubliuoti	Laiškas
Raidė	X	V	Z	A	C	N	S	O	F	P	W	Y	Q	R	G	I	B	E	U	J	L	T	H	K	D	M
Tarptautinis	1	1	1																							
Rek. unifik.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1			1	1		1							
Raidė – 1 kom.	1	1		1	1	1	1	1			1		1									1		1		

Šioje lentelėje komandos išdėstytos tokia pat eile, kaip ir 3 lentelėje, išskyrus tai, kad 1) komandos, turinčios tarptautinį statusą iškeltos į pradžią ir 2) komandos *Pakeisti*, siejamos su dviem raidėmis H ir R (3 lentelė), pirmenybė teikta raidei R, nes ji yra pirmoji angliškame komandos pavadinime *Replace*.

Kitose lentelės eilutėse vienetais pažymėti kiti faktoriai, turintys įtakos lokalizavimui. Tai spartieji klavišai: 1) kurių raidės turi tarptautinį statusą, 2) rekomenduojami unifikuoti (Keyboard, 2011) ir 3) kurių raidės susietos tik su viena komanda (pagal 1 pav.).

Turėdami šią informaciją, o taip pat naudodamiesi 3 lentele, galime pateikti rekomendacijas dėl jų lokalizavimo.

1. Lokalizuoti netikslinga tarptautinį statusą turinčių klavišų. Faktiškai, jų komandos mnemoninį ryšį su raidės išvaizda, o ne jos reikšme.

2. Lokalizuoti tikslinga komandų, nepaminėtų 4 lentelėje, klavišus. Jie arba retai naudojami (tik vienoje arba dviejose programose iš 40 analizuotų) arba jų raidė panaudota kurios nors kitos, dažniau naudojamos, komandos klavišų derinyje. Jiems teks panaudoti raides, jau susietas su kuria nors komanda. Tačiau toks susiejimas neišvengiamas, nes raidžių mažiau negu komandų. Originaliose angliškose programose jų turi net tarptautinio klavišo raidė Z (žr. 1 pav.). Svarbu tik, kad lokalizavimo metu parinkta raidė nekonfliktuotų su kitomis tos pačios programos komandų klavišų raidėmis. Tačiau tai bendra visų sparčiųjų (ir prieigos) klavišų problema, kuri sėkmingai sprendžiama.

3. Apie visų kitų komandų, išvardytų 4 lentelėje, klavišų, išskyrus tarptautinius, lokalizavimą, vienareikšmes rekomendacijas pateikti sunku. Lentelėje komandos išdėstytos jų naudojamumo programose mažėjimo eile, taigi ir lokalizavimo sudėtingumo mažėjimo eile. Jeigu lokalizuojama, tai turėtų būti lokalizuojama visose programose. Kuo didesniame programų skaičiuje komanda naudojama, tuo sunkiau pasiekti, kad visose programose būtų ta pati raidė. Taip pat reikia atsižvelgti į rekomendaciją unifikuoti:



Tik trijų raidžių H, T, Y klavišai neturi trečiojo lygio ženklų, t. y. su šiomis raidėmis galima naudoti klavišų derinį *Vald+Alt*. Visų kitų 23 raidžių trečiasis lygis yra užimtas bent vienos kurios nors valstybės klaviatūroje, todėl minėtų klavišų pora neturi būti naudojama su tomis raidėmis. Tikriausiai yra atsitiktinumas, kad minėtos trys raidės laisvos. Todėl klavišų pora *Vald+Alt* neturėtų būti naudojama su visais raidžių klavišais. Taigi jeigu yra bent vienas klavišų *Vald+Alt* derinys su raide, tai jį reikia laikyti internacionalizacijos klaida. Tokie deriniai konkrečiai lokalizacijai nekliudys, jeigu tos lokalizacijos klaviatūroje trečiojo lygio ženklo su ta raide nėra.

Visų kalbų, išskyrus anglų, klaviatūros turi trečiojo lygio ženklus ant visų skaitmenų klavišų. Todėl klavišų derinio *Vald+Alt* naudojimas su bet kuriuo skaitmeniu laikytinas akivaizdžia internacionalizacijos klaida.

## 5. Deriniai su antrojo lygio klavišu

Sparčiųjų klavišų deriniuose raidžių klavišai įvardijami didžiosiomis raidėmis, nors iš tikrųjų spaudžiami taip, kaip renkant mažąsias, t. y. be antrojo lygio klavišo. Tai nekelia nesusipratimų, nes ir ant klavišų užrašytos didžiosios raidės. Iš tikrųjų įvardijami klavišai, o ne raidės. Todėl logiška, kad spartiesiems klavišams neturi įtakos ir klaviatūros didžiųjų raidžių būseną.

Komandų klavišų deriniuose kartais panaudojamas ir antrojo lygio klavišas. Čia jis neatlieka raidės lygio keitimo funkcijos ir į derinį įtraukiamas išreikštiniu pavidalu, pavyzdžiui, rašoma *Vald+Lyg2+A* ir sakoma: „paspauskite valdymo, antrojo lygio ir raidės A klavišą“, bet ne „paspauskite valdymo ir didžiosios A klavišą“.

Antrojo lygio klavišas kartu su raidėmis komandų klavišų deriniuose naudojamas retai, nesudaro su raidėmis stiprių ryšių ir tokius komandų klavišus galima laisvai lokalizuoti. Kartais panaudojamas lokalizacijose siekiant išvengti konflikto su kitais, nelokalizuotais, klavišais. Pavyzdžiui, vokiečiai pusjuodžio šrifto komandai naudoja klavišų derinį *Strg+Umschalt+F* (*Vald+Lyg2+ F*) (vokiškai *Fet = pusjuodis*) siekdami išsaugoti raidę *F* nelokalizuotame paieškos komandos klavišų derinyje *Strg+F*. Lakyti paspaustus du klavišus *Vald+Lyg2* sudėtingiau negu vieną, bet matyt paprasčiau, negu naudotis nelokalizuotu vienu klavišu. Priešingu atveju nebūtų lokalizavę.

Skaitmenų eilės klavišai taip pat įvardijami skaitmenimis, nesvarbu, kuriuo lygiu jie renkami. Anglų kalboje skaitmenys pirmajame lygyje. Daugumos kalbų klaviatūroje jie taip pat ten. Todėl jų lokalizuoti nereikia, nes ir skaitmenų mnemonika, jeigu ji panaudota, visose kalbose vienoda. Pavyzdžiui, *Vald+5* gali reikšti komandą *Atverti 5-ąją kortelę*. Tačiau kalboms, kurių klaviatūrose skaitmenys antrame lygyje (pvz., prancūzų, belgų, lietuvių) lokalizuotojui gali tekti programą pakoreguoti taip, kad klavišų derinys *Vald+n* reikštų „paspauskite valdymo ir skaitmens *n* klavišus“.

## 6. Komandų klavišų ženklai klaviatūros tvarkyklėje

Ženkla, naudojami komandų klavišų deriniuose, klaviatūrų tvarkyklėse nurodomi atskirai nuo ženklų, kurie renkami klavišais įprastame tekste. Todėl tvarkyklę galima padaryti tokią, kad jų išdėstymas skirtųsi. Pavyzdžiui, vokiečiai naudoja QWERTZ klaviatūrą, kurioje, kaip matome iš pavadinimo, raidė Z yra ant to paties klavišo, kaip ir QWERTY klaviatūroje raidė Y. Taigi vokiečiams galima padaryti klaviatūrą QWERTZ tokią, kad norint gauti komandą *Iškirpti*, žymimą *Vald+Z*, reikėtų spausti raidę Z (kad derėtų su vokiečių klaviatūra) arba Y, kad derėtų su raidės Z vieta anglų klaviatūroje, arba šią funkciją atliekančiai raidei Z bet kurios kitos raidės klavišą. Kaip daroma iš tikrųjų?

Išbandžius vokiečių QWERTZ ir prancūzų AZERTY klaviatūras, pasirodė, kad jose raidės, skirtos komandų klavišų deriniams nesiskiria nuo raidžių, skirtų įprastam tekstui rinkti, išdėstymo. Tai natūralu. „Nenatūralaus“ išdėstymo poreikis atsiranda specialiais atvejais, pavyzdžiui, tada, kai kalbos raštas yra ne lotynų, bet klavišų deriniuose vartojami lotyniški rašmenys, kai klaviatūra fonetinė ir veikia kitos kalbos aplinkoje.

## 7. Išvados

1. Originalių programų komandų susiejimas su jas žyminčiomis raidėmis gana pastovus – komanda siejama su ta pačia raide visose programose su retomis išimtimis. Ši teigiama savybė tikslinga išlaikyti ir lokalizuotose programose. Dėl to reikalingas koordinuotas raidžių derinimas visose lokalizuojamose programose.
2. Komandų klavišais inicijuojamų komandų daugiau, negu abėcėlėje raidžių. Todėl viena raidė dažnai siejama su keliomis komandomis. Dažniausiai dominuoja raidės susiejimas su viena kuria nors komanda. Remiantis 40 programų analize parengtas toks dominuojančių komandų-raidžių porų sąrašas. Lokalizuojant į šį sąrašą įtrauktų komandų raides jų derinimo koordinavimas svarbesnis ir sudėtingesnis, negu lokalizuojant kitas raides.
3. Pagal lokalizavimo poreikį ir galimybes komandos suskirstytos į tris grupes: 1) lokalizuoti netikslinga; 2) lokalizuojant būtinas visuotinis koordinuotas raidžių derinimas (23 komandos, sudarančios dominuojančių komandų raidžių poras); reikalingas lokalus koordinuotas raidžių derinimas (86 komandos nepatekusios į dominuojančių sąrašą).
4. Nustatyta, kad klavišų *Vald+Alt* derinys laikytinas internacionalizacijos klaida, nes jis blokuoja trečiojo lygio ženklų rinkimą klaviatūra.

## LITERATŪRA

- DAGIENĖ, Valentina; GRIGAS, Gintautas; JEVSIKOVA, Tatjana (2010). *Programinės įrangos lokalizavimas*. Vilnius: Matematikos ir informatikos institutas, 2010, 328 p., ISBN 978-9986-680-46-8.
- ESSELINK, Bert (2000) A practical guide to localization. Amsterdam: John Benjamins, 2000, 488 p., ISBN 9027219559.
- HALL, V.; HUDSON, R. (1997). *Software without frontiers*. Willey & Sons, 1997, 350 p., ISBN 10-047-19697-45
- Keyboard shortcut (2011) . Wikipedia, the free encyclopedia [žiūrėta 2011 m. gegužės 10 d.]. Prieiga per internetą: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Keyboard\\_shortcut](http://en.wikipedia.org/wiki/Keyboard_shortcut)>.

## LOCALIZATION PROBLEMS OF SHORTCUT KEYS

**Gintautas Grigas, Agnė Strelkauskytė**

### Summary

Localization problems of the shortcut keys and internationalization errors in the original software related to the shortcut keys are analyzed. The statistics of letters used in the command keys in 40 most frequently used computer programs, are given. Conclusions related to possibilities and the need for the localization of letters included into shortcut key combinations such as Ctrl+letter are made according to the statistics and the existing traditions of software design. Recommendations are presented for localizers: which letters of the command keys are supposed to be localized, which ones can be localized and which ones should not be localized.

Features of the shortcut keys combinations with numbers and special characters are discussed. Certain combinations of the keys that may be the cause of internationalization and localization errors are identified.

# Naujų IKT metodų taikymas Lietuvos mokyklose

## Daina Gudonienė

Kauno technologijos universitetas analitikė,  
Kaunas University of Technology analytic  
Studentų g. 67-511, LT-51392 Kaunas, tel./faks. (8-37) 327620  
daina.gudoniene@ktu.lt

*Lietuvoje vykdomas IKT diegimo pertvarkas ir kryptis nusako „Informacinių ir komunikacinių technologijų (toliau – IKT) diegimo į bendrąjį lavinimą ir profesinį mokymą 2008-2012 metų strategija“, kuri nustato IKT diegimo švietime numatytas tolimesnes kryptis ir svarbiausius žingsnius bei pateikia IKT diegimo į bendrąjį lavinimą ir profesinį mokymą strateginę analizę, apibrėžia viziją, tikslus ir uždavinius, prioritetus bei diegimo principus. Anot strateginių tikslų taip siekiama užtikrinti IKT prieinamumą kiekvienam asmeniui kaip vieną iš svarbiausių dalykų ir tokiu būdu gerinti ES švietimo ir profesinio rengimo sistemų kokybę ir veiksmingumą kintant žinių visuomenės poreikiams ir mokymo bei mokymosi pobūdžiui. Straipsnyje pristatomi 2011 metais atlikto tyrimo rezultatai apie IKT, Web 2.0 ir mobilių technologijų naudojimą Lietuvos mokyklose mokinio ir mokytojo aspektu bei pateiktos išvadas ir rekomendacijas dėl tolimesnio technologijų naudojimo mokymo bei mokymosi procese.*

## *Įvadas*

Mokymų teikimo kokybė tiek mokyklose, tiek ir universitetuose užtikrinama ne tik turima įranga, plačiajuosčiu interneto/intraneto ryšiu ar palaikymo sistema, bet ir paslaugų, tenkinančių plačios apimties edukacinius poreikius, kokybe ir teikimu, t. y. labai svarbus ir aukštos kokybės skaitmeninis edukacinis turinys, tiek taikymas naujų IKT priemonių, tiek vis didėjantis mobilių technologijų panaudojimas mokymo/mokymosi procese (Attwell, 2009, Glahn ir kt. 2011, Rutkauskienė D., Gudonienė D. 2010). Kitos lemiamos sąlygos, susijusios su sėkmingu novatoriškų, grindžiamų IKT, mokymo ir mokymosi metodų naudojimu yra tai, jog mokytojai privalo turėti IKT naudojimo įgūdžius, perduoti juos besimokantiems bei suteikti naujų žinių ir įgūdžių (Gray ir kt., 2004). Taip pat svarbu įvertinti, ar IKT yra išnaudojamos ir koks yra jų poveikis mokymo bei mokymosi rezultatams. Tyrimo metu apklausta 116 moksleivių bei 16 mokytojų iš 8 Lietuvos mokyklų. Mokytojams ir mokiniams buvo pateikti du skirtingi klausimynai ir informacijai surinkti naudojamas interviu metodas (mokytojams) bei internetinė apklausa (mokiniais).

Šio tyrimo tikslas iširti kiek naujos IKT priemonės taikomos Lietuvos mokyklose ir įvertinti IKT priemonių taikymą komunikavime, bendradarbiavime, bei mokymosi procese mokytojų ir mokinių tarpe.

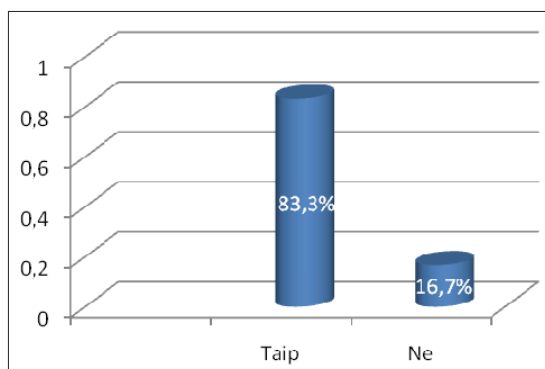
### *IKT ir mobilių technologijų naudojimas mokymui planuoti bei teikti*

Informacinės komunikacinės technologijos – tai skaitmeninių (*angl. Digital*) būdų ir priemonių visuma, kuriomis ugdymo tikslais kuriama, renkama, saugoma, transformuojama ir skleidžiama informacija (Burneikaitė ir kt., 2005). Pabrėžtina šių technologijų pagalba perduodamos informacijos paskirtis – susižinojimui, bendravimui, bendradarbiavimui, informacijos pasidalijimui, ką dažniausiai ir užtikrina įvairios IKT priemonės. Edukaciniame kontekste, IKT paskirtis galėtų būti suvokiama plačiau, kaip bendras mokymasis, mokymasis bendradarbiaujant, refleksija ir t. t.

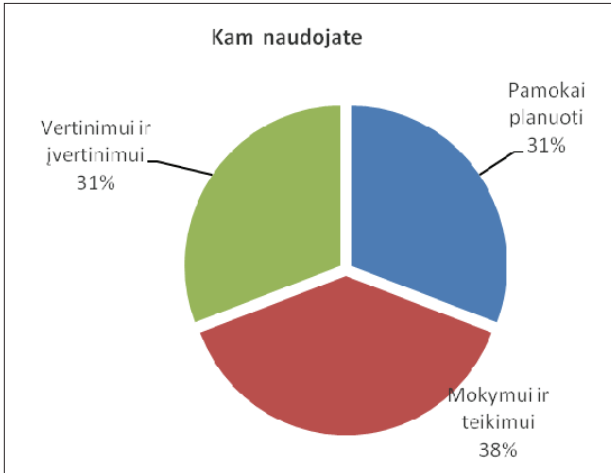
Tyrimo rezultatai rodo, kad dauguma mokytojų, t. y. net 83,3% apklaustų respondentų turi IKT žinias ir įgūdžius ir gali kurti turinį bei teikti mokymus naudojant įvairius IKT grįstus mokymo metodus (1 pav.). Daugeliu atvejų mokymo procesas organizuojamas mišriuoju būdu (taikant IKT naudojimą internete ir akivaizdinius susitikimus klase). Tačiau, bet kuriuo atveju labai svarbus yra kokybiškas ir pilnavertis mokymo turinio parengimas bei IKT priemonių parengtam turiniui įsisavinti prieinamumas ir pagrįstumas.

Ugdymo proceso planavimui bei teikimui didelę reikšmę turi naujų technologijų taikymas kartu su įvairiomis individualizuoto konstruktyvaus mokymosi strategijomis, o socialiniai gebėjimai įgyjami per nuolatinį bendravimą, aktyvų dalinimąsi savo žiniomis bei patirtimi, bendrą veiklą įvairiose grupėse, komandinis darbas, tiek mokymo(si) aplinkose, tiek ir socialiniuose tinkluose, kartu kuriant bei vertinant

savo kūrybos rezultatus. IKT kaita keičia mokytojų ir mokinių santykius, atsirandantys nauji informavimo bei žinių priėmimo būdai, ir kitokia mokinių veikla. Informacinių technologijų mokymo tikslas yra nukreipti mokinio technologines žinias ir gebėjimus geresniam visų mokomųjų dalykų supratimui, išugdyti gebėjimą ir norą kultūringai bendrauti ne tik su jį supančia mokyklos bendruomene, artimaisiais, bet ir su bendraamžiais visame pasaulyje. IKT suteikia ypač daug galimybių kasdieni mokinių veiklai plėtoti, naudotis rašto, žodžio, vaizdo, kaip bendravimo priemonių, teikiama pranašumais savarankiškumui ugdyti, nuolatinei žinių paieškai ir informacijos apdorojimui, kasdienės veiklos planavimui taip pat ir nuolatiniam asmenybės tobulėjimui. Dauguma šio tyrimo respondentų teigia, kad įvairias IKT jie naudoja mokymui ir paskaitų teikimui (83,3%), pamokai planuoti bei moksleivių pasiekimų vertinimui (66,7%) (2 pav.).



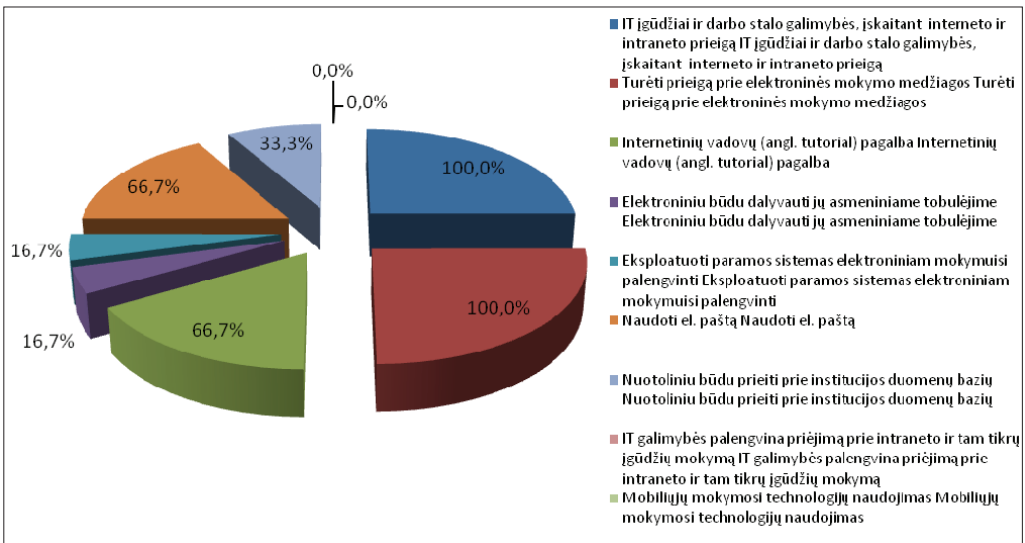
**1 pav.** IKT naudojimas ugdymui planuoti ir teikti



2 pav. IKT naudojimas pamokų planavimui ir teikimui

Informacinis ugdymas, skatinimas veiksmingai ir tvarkingai naudotis IKT formuoja mokinių kompiuterinį raštingumą, modernius darbo įgūdžius. Mokytojų ir kitų ugdytojų tikslas – padėti, skatinti mokinius siekti lanksčiai ir kūrybiškai naudotis modernių technologijų teikiamais pranašumais mokymosi tikslų pasiekimui bei vertybinių nuostatų ugdymui, t. y. turėtų būti ugdomas smalsumas naujovėms, polinkis mokytis naujesnių, veiksmingesnių

veiklos būdų, domėjimasis naujausiomis technologijomis, padedančiomis greičiau ir efektyviau įsisavinti mokymo turinį, kultūra internetinėje erdvėje, pagarba etikos bei moralės nuostatoms, savigarba ir pagarba kitiems. IKT skatina besimokančiųjų kūrybiškumą, gebėjimą dirbti komandoje, mokėjimą bendrauti pasaulio informacinių technologijų erdvėje. Gauti rezultatai parodė, kad daugumai respondentų ypač svarbu komunikavimas ir bendradarbiavimas internete ir šiuos du dalykus užtikrinančių priemonių valdymas bei naudojimas (3 pav.).



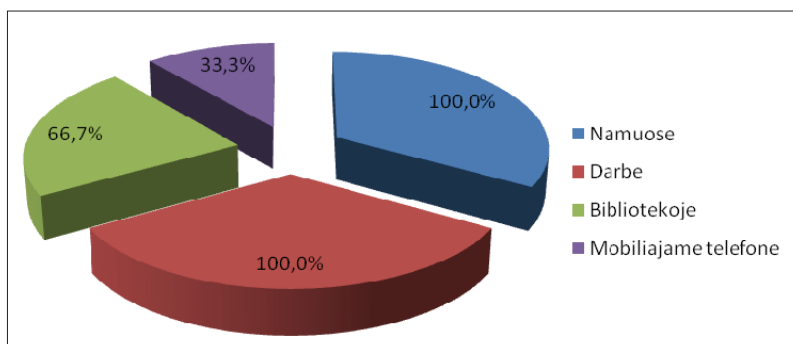
3 pav. E. priemonės reikalingos užtikrinti komunikavimą ir bendradarbiavimą internete



IKT žinios, kurios suteikiamos mokyklose ir nuosekliai įgyjamos, gali būti integruojamos su įvairiais dalykais ir temomis bei kokybiškai pagerintų šiuolaikinių besimokančiųjų kompetencijų ugdymą.

IKT gali būti labai veiksmingos ugdant komunikacinius, pažintinius, darbo ir veiklos gebėjimus bei kompetencijas padedančias mokiniams kaupti informaciją (žinias), lavinti mokėjimus bei įgūdžius ir kūrybiškai juos taikyti praktinėje veikloje bei pasiekti mokymo(si) tikslus.

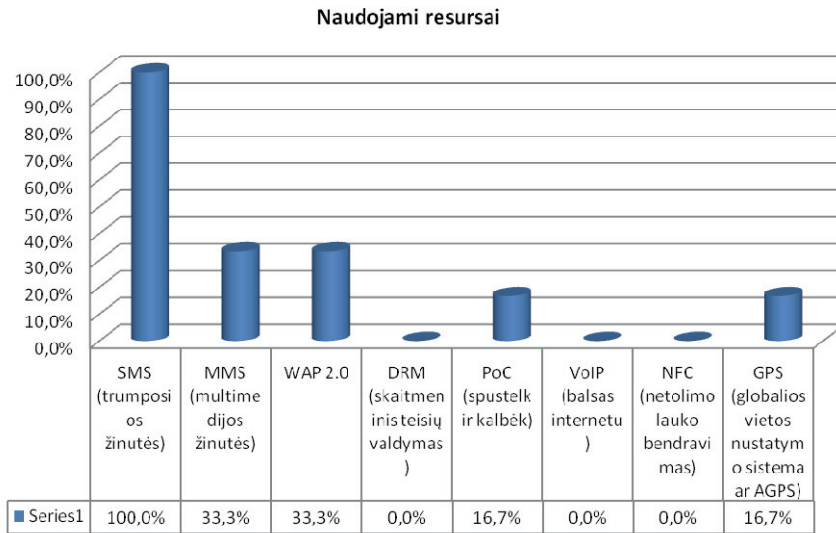
Atliktas tyrimas parodė, kad Lietuvos mokyklų, kuriose buvo vykdoma apklausa, mokytojai turi galimybę naudotis internetu pamokų pasiruošimui (4 pav.). Visi respondentai pažymėjo, kad kurti mokymo turinį bei ruošti mokymo teikimui jie 100 proc. turi galimybę namuose bei darbe. Dalis respondentų (66,7%) ruošiasi bibliotekose ir 33,3% respondentų ruošdamiesi mokymų teikimui naudoja mobiliąs technologijas.



4 pav. Interneto prieinamumas

Mobilios technologijos įgauna vis didesnę reikšmę mokymosi proceso organizavime. Kokias mobiliųjų telefonų galimybes naudoja besimokantieji yra pateikta 5 pav. Įvairios mokymo bei mokymosi galimybės gali būti užtikrinamos naudojant mobilius telefonus, t. y. tiek komunikavimui, tiek ir bendradarbiavimui užtikrinti galimas trumpųjų žinučių siuntimas (SMS), multimedia žinučių siuntimas (MMS), WAP (*angl. Wireless Application Protocol*), PoC – spustelk ir kalbėk galimybė. Dažnai atvejais mokytojai naudoja SMS, t.y. trumpųjų žinučių siuntimą besimokantiems, kaip priminimą ar kaip informacijos perdavimą.

Mobilios technologijos įgauna vis didesnę prasmę ir jas reikėtų išnaudoti mokomo(si) tikslais. Galime teigti, kad visi besimokantieji vyresni kaip 10 m. turi mobilius telefonus ir galėtų juos naudoti mokymosi poreikių tenkinimui. Elektroninėse mokymosi aplinkose (*angl. e-learning*) jau gali būti organizuojamas savarankiškas mokymasis, dirbant prie kompiuterio, o aukštesnis žingsnis, t. y. vadinamasis mobilusis mokymasis (*angl. m-learning*) jau nepririša prie vienos vietos. Rankoje sutelpantis kompiuteris (*angl. handheld computer*) leidžia judėti laisvai ir kartu mokytis, atliekant bevieliu ryšiu gaunamas užduotis. Taigi mobilus mokymasis – dar vienas žingsnis link aktyviai, savu

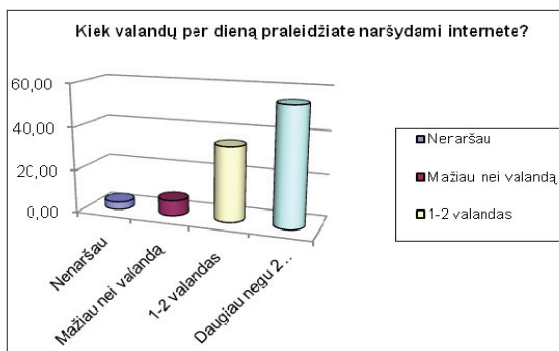


5 pav. Mobilų technologijų panaudojimas mokymo procese

tempu besimokančio mokinio. Šiuolaikinėje visuomenėje aktyviai vystosi naujos technologijos tokios kaip GPS (*angl. Global Positioning System*) kai mokymosi objektai, išdėliojami realioje aplinkoje ir pateikiami besimokantiesiems.

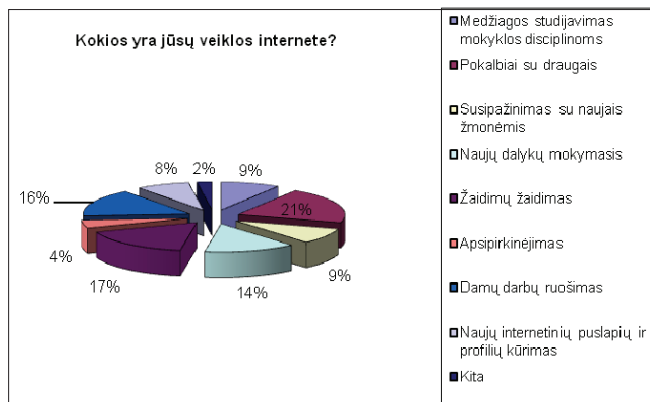
### *IKT ir mobilų technologijų naudojimas mokymuisi*

Šiuolaikiniai besimokantieji auga bendraudami socialiniuose tinkluose: *Facebook*, *MySpace*, *Twitter*, *Hi5* ir pan. Net 54,5% apklaustųjų naršydami internete praleidžia daugiau nei 2 valandas (6 pav.). Mokymasis mentorystės būdu tampa realybe ir kasdienybe, bet mokytiis vieniems iš kitų ir yra socialinių tinklų stiprioji pusė. Šiuose tinkluose ir paaiškėja, kad nuo mokinio iki mokytojo visai netoli.



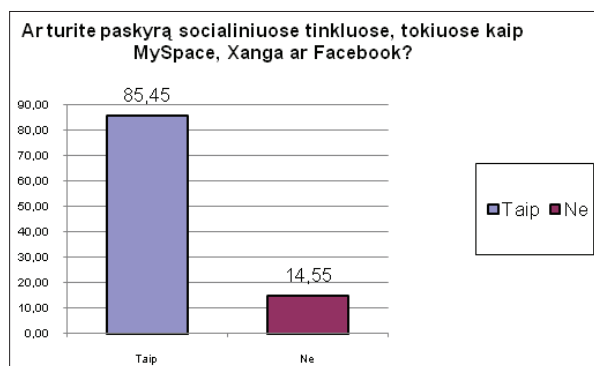
6 pav. Besimokančiojo aktyvumas internete

Bendradarbiavimas, panaudojant IKT, potencialiai gali tapti kryptingesnis, o mokytojas tuomet gali skirti daugiau dėmesio pedagoginiams ir socialiniams mokymosi institucijos veiklos aspektams. Atliktų tyrimų rezultatai parodė, kad daugiausia laiko respondantai skiria pokalbiams internete (85,2%), žaidimams internete (70,4%), namų darbų ruošimui (64,8%), naujų dalykų mokymuisi (57,4%) (7pav.).



7 pav. Besimokančiųjų veiklos internete

„Facebook“, žiniasklaidos svetainėse „Flickr“ ir „YouTube“. Daugelis šių programų turi tokias savybes, kaip atvira prieiga, į paslaugą orientuotas dizainas ir galimybė siųsti duomenis ir kt. informaciją. Žemiau pateikta informacija (8 pav.), atskleidžia kiek respondentų turi prieigą prie socialinių tinklų. Tai tikrai labai didelis procentas (85,5%) ir norėtųsi tikėti, kad bent dalį laiko jie skiria mokymosi veiklų atlikimui.



8 pav. Besimokančiųjų narystė socialiniuose tinkluose.

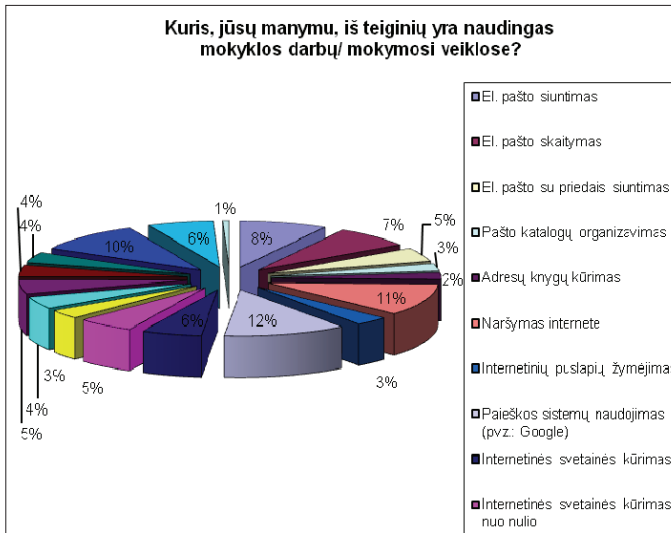


9 pav. Socialinių tinkle naudojimas mokymosi procesui

Vis daugiau laiko besimokantieji praleidžia socialiniuose tinkluose. Socialinė programinė įranga apima grupę programinės įrangos sistemų, kurios leidžia vartotojams bendrauti ir dalintis duomenimis. Ši kompiuterių bei interneto pagrindu vykstanti komunikacija tapo labai populiari socialinėse svetainėse, tokiose kaip „MySpace“ ir

Internetas neįtikėtinais pakeitė mūsų gyvenimo būdą. Mums jau sunku įsivaizduoti savo gyvenimą be elektroninio pašto ar *Google*. Vis labiau įprasta, kad informacija ranka pasiekama skirtingose vietose ir įvairiu laiku, nebent nutrūktų ryšys ar sugestų kompiuteris.

Daugeliui besimokančiųjų integruoti socialiniai tinklai užtikrina komunikacijos/bendradarbiavimo galimybes (9 pav.). Komunikacijos priemonės paprastai apima kaupimą, saugojimą ir komunikavimo pateikimą, paprastai rašytinį, bet taip pat ir garso bei vaizdo. Interaktyvios priemonės reguliuoja tarpininkavimo sąveiką tarp poros ar grupės naudotojų. Jos sukonzentruotos užmegzti ir palaikyti ryšius tarp vartotojų, palengvinant dialogą.



11 pav. IKT vaidmuo mokymosi veiklose

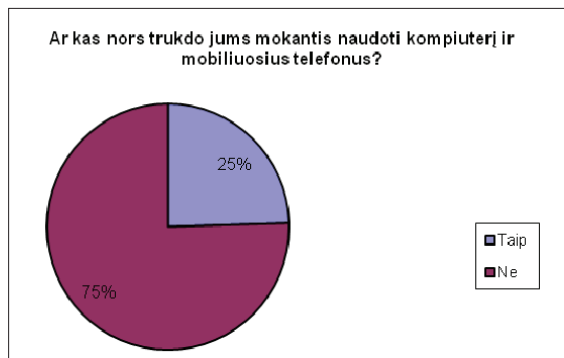
pateikta informacija, kokie respondentų poreikiai naudoti e-paštą, naršyti internete bei naudoti įvairias paieškos sistemas ir t. t. (10 pav.). 77,4% besimokančiųjų teigia, kad dažniausiai jie naudoja paieškos sistemas tokias, kaip *Google*.

Jaunajai kartai interneto, mobilių telefonų, internetinių žaidimų, *iPod* grotuvų ir pan. sukurta virtuali erdvė tapo jų natūralia gyvenimo vieta. Jie keičiasi dokumentais ir nuotraukomis, siunčia ir parsisiunčia vaizdo įrašus, vienu metu bendrauja skirtingose platformose, ieško informacijos (ir nusirašinėjimo būdų) mokyklos užduotims ir netgi kartais kartu atlieka namų darbus virtualiuose tinkluose. Mokytojų bendruomenė Lietuvoje yra tikrai labai didelė ir bendravimas socialiniuose tinkluose suteikia mokytojams galimybę keistis patirtimi kartu sulaukiant paramos iš kitų mokytojų ([www.teachersnetwork.eu/elggl](http://www.teachersnetwork.eu/elggl), lietuviškas, mokytojams skirtas socialinis tinklas). Didelis dėmesys turėtų būti skiriamas mokytojui, kaip asmenybei, ir jo arba jos asmeniniams ir profesiniams poreikiams. Nors individualūs mokytojų poreikiai yra skirtingi, specifinės jų darbo sąlygos kelia bendrus iššūkius, kuriuos įgyvendinti gali padėti socialinių tinklų priemonės. Vienas iš šių iššūkių – tai bendradarbiavimo su kolegomis, profesionalaus grįžtamojo ryšio ir mokymosi iš kolegų stoka. Kitas iššūkis – tai dažni ugdymo turinio ir mokymo gairių pokyčiai, kurie verčia mokytojus nuolat adaptuoti bei tobulinti savo mokymo gebėjimus. Mokytojai turi ieškoti lanksčių būdų, kaip dirbti ar kovoti su naujais socialiniais iššūkiais, prisitaikyti prie naujo mokomojo dalyko turinio bei metodinių reikalavimų ir lavinti savo mokymo gebėjimus kartu su besikeičiančiomis švietimo paradigmomis, dažniausiai nesulaukdami reikalingos pagalbos bei mokymų.

Momentinis pranešimų siuntimas vyksta realiame laike ir tai yra santykinai privataus komunikavimo dalis. Populiarios, į vartotojus orientuotos priemonės yra *Instant*

Komunikacijos priemonės paprastai yra asinchroninės. Priešingai, interaktyvios priemonės paprastai yra sinchroninės, leidžiančios vartotojams bendrauti realiu laiku (telefonu, tinklo telefonu, vaizdo pokalbiais) arba beveik sinchroniškai (tekstinis pokalbis ir kt.).

Bendravimas įtraukia pokalbio turinį, kalbėjimą arba rašymą, o sąveika apima vartotojų susidomėjimą vienas kitu, kaip individais. Žemiau

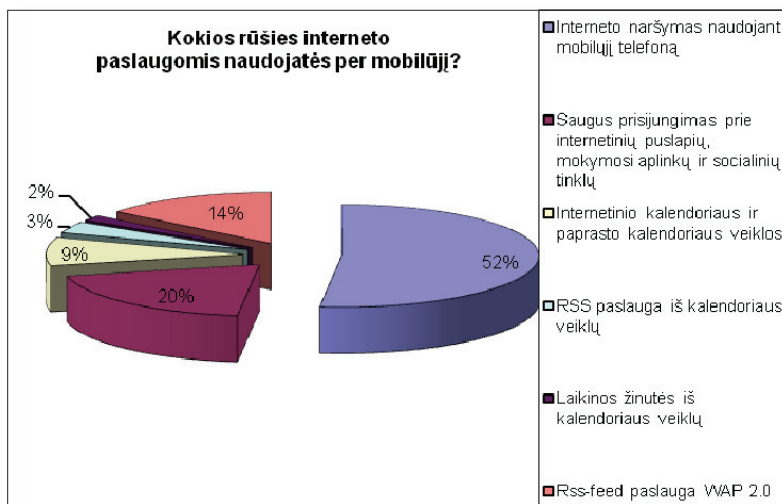


12 pav. Mobilųjų telefonų naudojimas interneto prieigai

*Messenger, Google Talk, ICQ, MSN Messenger, Skype, Messenger.* Tose priemonėse galima formuoti savo kontaktinių asmenų sąrašą, įvedant elektroninio pašto adresą ar vartotojo identifikacinį vardą. Jei asmuo tuo metu naudojasi internetu, jis paprastai rodomas kaip pasiekiamas pokalbiui.

Realaus laiko pokalbių technologijos leidžia vartotojams prisijungti prie pokalbių kambarių ir

bendrauti su daug žmonių vienu metu, viešai. Vartotojai gali prisijungti prie jau esamo pokalbių kambario arba sukurti naują bet kokia tema. Esantys pokalbių kambaryje, gali rašyti pranešimus, kuriuos visi, esantys tame pokalbių kambaryje, gali skaityti bei diskutuoti, gauti atsakymus į pranešimus ir t.t. Momentinis pranešimų siuntimas suteikia bendravimo/bendradarbiavimo galimybę realiame laike. Komunikavimo poreikį išpildo mobilios technologijos, kurios vis aktyviau ateina į mūsų kasdienybę. Net 60,8% tyrimo dalyvių naudoja mobiliųjų telefoną interneto prieigai (12 pav.).



13 pav. Interneto paslaugos naudojamos per mobiliųjų telefoną

Dauguma respondentų teigia, kad mobiliuosius telefonus naudoja naršymui internete (92,5%) na ir be abejo prie internetinių puslapių, mokymosi aplinkų bei socialinių tinklų mokymosi poreikių tenkinimui (35,5%) (12 pav.).

## *Mokymo proceso kaitos galimybės Lietuvoje, mokytojų ir mokinių poreikių užtikrinimas*

Įvertinant tyrimo rezultatus, galima sutikti kitų autorių nuomonę, kad šiuo metu Lietuvoje intensyviai kuriant žinių visuomenę, darosi svarbus ne tik mokyklų aprūpinimas informacinėmis technologijomis, bet ir veiksmingas jų panaudojimas mokymui(si) (Brazdeikis ir kt., 2008). Lietuvos švietimo sistema pradeda antrąjį IKT diegimo švietime proceso etapą. Tai tradicinio edukacinio proceso įvairinimas ir veiksmingumo stiprinimas, įterpiančias IKT naudojimą į tradicinį pedagoginį procesą (Merkys ir kt., 2007). IKT naudojimas jau nepriklauso nuo mokyklos aprūpinimo IKT technologijomis kiekiu, mokinių ir mokytojų priėjimas prie kompiuterio jau nebėra didelė problema, siejama su IKT naudojimu, mokytojų ir mokinių bendrasis IKT raštingumas yra patenkinamas. Daug svarbesnis tampa aprūpinimas skaitmeniniais ištekliais, pedagoginių technologijų perėmimas.

Šiuolaikinio mokytojo vaidmuo siejamas su didele atsakomybe, naujais reikalavimais kompetencijai (ypač didaktinei) ir profesionalumui. Viena vertus, mokytojas turi prisiderinti prie ugdytinių, gebėti akcentuoti tai, kas svarbiausia begaliniame informacijos sraute, padėti ieškoti, organizuoti ir tvarkyti žinias. Kita vertus, mokytojai turi mokytis iš pokyčių ir pačių mokinių. Be to, mokytojai turi pagrįsti pagrindines vertybes kintančiame pasaulyje (Čiužas, 2007).

Kompiuterio buvimas klasėje dar nelaiduoja veiksmingos edukacinės veiklos. Ją lemia mokytojo gebėjimas naują technologiją pritaikyti edukacinėje praktikoje (Pečiuliauskienė, 2008). Kalbant apie ugdymo proceso kaitą mokytojo požiūriu, dažniausiai pabrėžiama pedagogo kompetencijų raida IKT diegimo stadijų kontekste.

Ugdymo(si) su IKT veiksmingumą sąlygoja pakankamas aprūpinimas kokybiškais techninėmis priemonėmis, mokytojo technologinis raštingumas ir edukacinė kompetencija, parama naudojant IKT, orientacija į bendrųjų gebėjimų ugdymą, prieinamų kompiuterinių mokomųjų programų kokybė ir kiekybė bei į naujoves orientuota mokyklos aplinka (Paulionytė ir kt., 2010).

### *Išvados*

Tyrimo rezultatai rodo, kad mokytojai Lietuvoje aktyviai naudoja IKT savo darbe. Dauguma mokytojų, t.y. 83,3% apklaustų respondentų turi IKT žinias ir įgūdžius ir gali kurti turinį bei teikti mokymus naudojant įvairius IKT grįstus mokymo metodus.

Įvairias IKT priemones bei įrankius mokytojai naudoja mokymui ir paskaitų teikimui (83,3%), pamokai planuoti bei moksleivių pasiekimų vertinimui (66,7%).

Mokytojai naudoja mobiliąs technologijas, t. y. trumpųjų žinučių siuntimą besimokantiejiems, kaip priminimą ar kaip informacijos perdavimą.

Mokiniais jau tampa įprasta, kad informacija ranka pasiekiami skirtingose vietose ir įvairiu laiku, nebent nutrūktų ryšys ar sugestų kompiuteris.

Jaunajai kartai interneto, mobilių telefonų, internetinių žaidimų, *iPod* grotuvų ir pan. sukurta virtuali erdvė tapo jų natūralia gyvenimo vieta.

Dauguma mokinių teigia, kad mobiliuosius telefonus naudoja naršymui internete (92,5%) prisijungimui prie internetinių puslapių, mokymosi aplinkų bei socialinių tinklų mokymosi poreikių tenkinimui (35,5%).

Vienas iš pagrindinių spęstinių dalykų yra aprūpinimas tinkama įranga ir mokomosiomis kompiuterinėmis programomis taip, kad IKT ir e-mokymasis galėtų būti veiksmingai taikomi mokymo praktikoje. Labai svarbu novatoriškų mokymosi ir mokymo metodų, pagrįstų IKT bei mobilių technologijų naudojimu, taikymo skatinimas. Pažangai stebėti ir vertinti galėtų būti vykdomos apklausos mokyklose bei naudojami kiekybiniai rodikliai įvertinti, kiek mokytojų išmoko naudotis IKT mokyklose, bei koks skaičius mokinių naudoja IKT studijų procese ar kiek yra pamokų ir pratybų (procentais) kuriose naudojamos IKT.

Taigi tradicinis mokymas keičiasi iš esmės – vis dažniau diskutuojama, ar ateities mokykloje mokytoją pakeis technologijos.

Jeigu tradicinėje pedagogikoje aktyvus paprastai būdavo tik mokytojas, tai dabartiniame virsmo taške, kai į ugdymo procesą integruojama vis daugiau įvairių informacinių ir komunikacinių technologijų, aktyvūs yra abu: ir mokytojas, ir mokinys.

## LITERATŪRA

- Attwell, J. (2009). Mobile Learning: transforming teaching and learning in colleges, schools & workplaces. Paper presented at Learning and Technology World Forum 2009, London, UK.,
- Brazdeikis V., Navickaitė J., Sederevičiūtė E. Kompiuteriai mokyklose: kiek ir kaip naudojami? 2008.
- Čiužas R. (2007) Mokytojo ir mokinio vaidmenų kaita edukacinės paradigmos virsmo sąlygomis, 2007, 87p. Glahn, C., Specht, M., & Wishart J. (2011). Towards Mobile Learning Support for the Transition from School to the Workplace. from <http://dspace.ou.nl/handle/1820/3181>
- Gray D. E., Ryan M. Coulon A. 2004. The Training of Teachers and Trainers: Innovative Practices, Skills and Competencies in the use of eLearning. European Journal of Open, Distance and E-learning. Iš <http://www.eurodl.org/?p=archives&year=2004&halfyear=2&article=159>
- Merkys G., Urbonaitė-Šlyžiuvienė D, Balčiūnas S., Mikutavičienė I. (2008) IKT taikymas ugdyme, 2008, 99p.
- Paulionytė J. ir kt. (2010) IKT ir inovatyvių mokymo(si) metodų taikymo pradiniam ir specialiajame ugdyme pasiūla, taikymo praktika ir perspektyvos Lietuvoje ir užsienyje, 2010, 130 p.
- Pečiuliauskienė P. (2008) Kompiuterizuoto mokymo metodai pradedančiųjų mokytojų edukacinėje praktikoje, 2008, 89 p.
- Rutkauskienė D., Gudonienė D.(2010) E. švietimas: tendencijos ir iššūkiai. Konferencijos pranešimų medžiaga: web 2.0 saitynas, Vilnius 2010.
- Burneckaitė N. ir kt. (2005) Informacinių komunikacinių technologijų taikymo ugdymo procese galimybės, Vilnius 2005, 231 p.

**APPLICATION OF NEW ICT METHODS IN LITHUANIA SCHOOLS****Daina Gudoniene**

## Summary

Information communication technologies (ICT) implementation is intended in Lithuania and regulated by strategy on “Information Communication Technologies integration to the formal and non formal education 2008-2012“ and provide the further steps and vision for implementation the strategy aim, tasks and principles. The aim of the strategy is to assure accessibility to the ICT for all people in such a way assuring the EU Education system quality and effectiveness regarding the needs of the knowledge society and innovations in ICT. The research on “ICT and mobile technologies are used in Lithuanian Schools” is developed in 2011. The results first time presented in this papers.



# Skaitmeniniai pėdsakai internete profesinės etikos kontekste<sup>1</sup>

**Nerutė Kligienė (1944–2011)**

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas

Doc. dr. vyr. mokslo darbuotoja, Assoc. Prof. PhD

Institute of Mathematics and Informatics, Vilnius University

Akademijos g. 4, LT-08663, Vilnius

*Straipsnyje aptarti interneto ir socialinių tinklų iššūkiai keliami vartotojų ir kūrėjų bendruomenei. Siūloma kartu nagrinėti naujųjų medijų galimybes ir socialinių tinklų dalyvių visumą; mokslininkus-tyrėjus, inžinierius kuriančius informacines sistemas ir programinę įrangą, rinkodaros technologus, suinteresuotas firmas ir pagaliau vartotojus, kurių duomenys panaudojami kuriant paslaugas ir inovatyvius produktus. Aptarti pavojai, išskylantys dėl internete masiškai renkamų individų duomenų ir bandymai apsaugoti sukauptų duomenų privatumą atskirose šalyse. Paaiškėja, kad nėra universalus įstatymo, apsaugančio įtinkintos visuomenės nario privatumą globaliame pasaulyje ir vargu ar kada nors toks gali būti. Gilesnis vartotojo supratimas apie paliekamą skaitmeninį pėdsaką ir kaip jis gali būti piktavališkai panaudotas, padėtų e. visuomenės nariui išvengti skaitmeninės medijos spąstų. Firmų, dalyvaujančių duomenų rinkimo, analizės ir jų panaudojimo procese sąžiningumas yra svarbus faktorius. Dar svarbesnė yra atsakomybė specialistų, kuriančių informacines sistemas, socialinių tinklų portalus. Tyrimo rezultatai sumuojami lentelėje, kur matyti visi privalumai ir pavojai, patiriami socialinės medijos dalyvių: tyrėjų, kūrėjų ir naudotojų. Pavojams sumažinti yra būtinas profesinės etikos normų įteisinimas informacinėse technologijose. Apželgtos veiklos propaguojant profesinės etikos kodeksus pasaulyje ir jų naudojamas mokymo procese, skatinant sąžiningą bendradarbiavimą globaliame tinkle.*

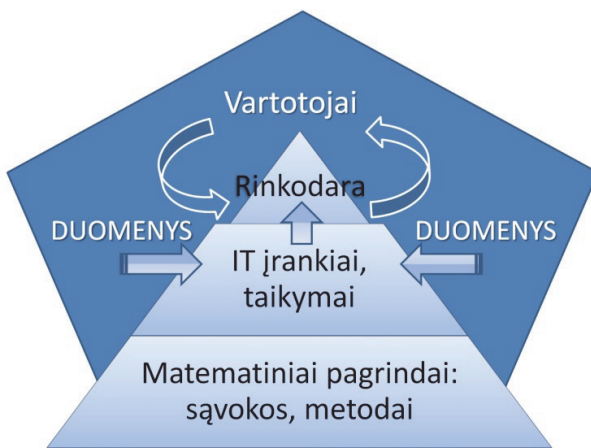
## 1. Įvadas

Internetas ir socialiniai tinklai tapo neatskiriama mūsų gyvenimo dalimi. Prieš porą dešimtmečių niekas neprognozavo, kad bet kurios Žemės vietos vaizdai bus matomi ir interaktyviai valdomi kompiuterių tinkle – objektas priartinamas ir apžiūrimas iš norimos pusės; kad bus galima diskutuoti ir keistis turiniu, bendrauti su žmonėmis, kur jie tuo momentu bebūtų; nuotoliniu būdu ieškoti didžiuliuose duomenų masyvuose ir akimirksniu gauti atsakymus. Interneto ir socialinių tinklų audringa plėtra pastaraisiais metais pranoko visus lūkesčius. *Wiki Leaks* dokumentų viešinimo skandalų iššūkiai 2010 m., politiniai įvykiai 2011 m. Šiaurės Afrikoje parodė didžiulę informacinių technologijų (IT) jėgą.

<sup>1</sup> Straipsnis verstas iš anglų k. Straipsnis anglų kalba bus publikuojamas žurnale *Informatics in Education*.

Manoma, kad *Facebook* ir kiti socialiniai tinklai padėjo organizuoti protestus ir tokiose Afrikos šalyse, kur interneto skverbtis, rodos, yra nedidelė. Iš pradžių vyriausybės ten bandė uždrausti socialinius tinklus, bet greit persiorientavo, kad geriau naudoti internetą savo tikslams pasiekti, nei drausti. JAV ta proga pažadėjo remti interneto vystymą nedemokratinėse šalyse, o Kinija ėmėsi griežtesnės cenzūros priemonių internete. Mūsų taip greit besikeičiančiame skaitmenos amžiuje teoriniai modeliai ir IT taikymai dabar turi būti kritiškai peržiūrėti. Buvę informacijos gavėjai Web 2.0 aplinkoje vis dažniau tampa informacijos pateikėjais. Literatūroje (Ala-Mutka ir kt. 2009, Verdegem, 2011) socialinės medijos apibrėžiamos kaip atviri, internetu grįsti ir vartotojui draugiški IT taikymai, atveriantys naujas galimybes dalyviams: kuriant turinį (*wiki*, blogai, *Flickr*, *Twitter*); dalyvaujant socialiniuose tinkluose (*Facebook*, *LinkedIn*) – dalinantis nuomonėmis; ieškant informacijos (*Google*, *Amazon*). Iš tiesų tai sukuria kolektyvinį protą, ko žmonijos istorijoje dar nėra buvę. Netrukus pasigirdo kritinių balsų (Fish, Hassan ir Thomas, 2006) apie socialinių medijų pavojus, kai informacija apie vartotojus yra kaupiama ir ja dalinamasi. Cituojant Fish „Digital Footprint“ knygos moto: „*A two-sided digital business model where your privacy will be someone else's business!*“. Įtinklintoje visuomenėje atsiranda nauji galingi ir įdomūs ryšiai, kuriuos reikia tirti ir nagrinėti. Šios apžvalgos tikslas – aptarti socialinių tinklų naudą ir grėsmes konkrečiame vartotojų ir jų kūrėjų kontekste, sugriaunat du, vienas kitam prieštaraujančius, mitus: (i) techno-entuziastingą viziją dėl neribotų IT galimybių; (ii) perdėjimas pavojų ir spąstų, glūdinčių naujosiose technologijose. Išsiaiškinsime KADA ir KAM nauda gali tapti realiu pavojumi ir kokiais būdais menamas ar tikras grėsmes galima įveikti.

1 paveikslėlis iliustruoja sąveikas tarpdisciplininės veiklos srityse – teorinėse ir taikomiosiose, kartu įtraukiant į procesą vartotojus. Vartotojų duomenys yra tyrimo objektas, o viso proceso pagrindinis tikslas – vartotojų poreikių tenkinimas (nepamirštant



**1 pav.** Pagrindinės veiklos sritys ir jų sąryšiai, realizuojami interneto socialiniuose tinkluose

ir paslaugų tiekėjų pelno). Įdomu pastebėti, kad matematiniai metodai ir principai, naudojami naujai atsirandančiose technologijose yra beveik tokie pat, kaip atsiradę praėjusiuose amžiuose. Daugiausių duomenų klasifikavimo taisyklės, mašininio mokymo algoritmai, statistinės tikslumo metrikos, Bayes'o tinklų modeliai, Pearson'o koreliacija, sankaujų formavimas ir sprendimų teorija – minint tik keletą klasikinėje matematiko-

je gerai žinomų metodų ir modelių, kurie dabar kuo plačiausiai yra naudojami kuriant modernius IT įrankius ir taikomas programas duomenų gavybai ir analizei. Procesą, vykstantį įtinklintoje visuomenėje (1 pav.), panagrinėkime detaliau. Naudojant matematinius metodus kuriama programinė įranga, reikalinga vartotojų duomenims kaupti ir analizuoti, rinkodaros metodai taikomi kuriant paslaugas vartotojams ir pelningą verslą įmonėms. Duomenys surenkami, analizuojami ir saugomi. Internetas, socialiniai tinklai yra pagrindas proceso, kur renkami duomenys, o vykdytojai, juos rikiuojant nuo piramidės pagrindo, atitinkamai, yra: mokslininkai teorinių-matematinių pagrindų – principų ir metodų tyrėjai, informacinių technologijų inžinieriai, kuriantys sistemas, tinklus ir taikymus, socialinių tinklų kūrėjai, rinkodaros technologai, vadybininkai, firmos šioje terpėje vystančios savo verslą, ir vartotojai, kurių duomenys renkami ir naudojami kuriant jiems reikalingas (arba kartais tik primygtinai siūlomas) paslaugas.



2 pav. Vartotojų skirtumai įmant įvairiais pjūviais

Vartotojai socialiniuose tinkluose skiriasi daugeliu aspektų, kaip matoma 2 pav. Žiūrint pagal dalyvavimo laipsnį – vieni yra aktyvūs kūrėjai, kiti – „skaitmeniniai turistai“, tik besižvalgantys skaitmeninėje aplinkoje; pagal įpročio atskirtį: vieni, gimę jau skaitmeninėje eroje, IT įrankius priima kaip suprantamą duotybę, kiti – vadinamieji „skaitmeniniai emigrantai“, kuriems reikia mokytis prisitaikyti prie skaitmeninių technologijų. Vartotojai dar skiriasi pagal kitus socialinius, ekonominius faktorius: išsilavinimą, socialinę padėtį, gyvenamą vietą ir t. t. Dar daugiau skirtumų atsiranda klasifikuojant pagal vartotojo supratimą apie skaitmeninį pėdsaką: vieni žino ir rūpinasi dėl renkamų ir kaupiamų jų duomenų; kiti – neturi menkiausio supratimo apie rinkimą ir galimą jų duomenų perdavimą suinteresuotoms firmoms; tretieji – žino ir mano, kad yra verta, jei už savo duomenis gauna geresnes paslaugas, inovatyvius produktus; ketvirtieji – iš dalies žino, bet neįvertina rizikos, atsirandančios dėl didelio kiekio sukauptų duomenų.

Išvardintųjų dalyvių kontekste ir nagrinėsime socialinių medijų teikiamus privalumus ir grėsmes. Gyvename informacijos pertekliaus amžiuje, kai internete akimirksniu skelbiamos naujienos, internete ir tradicinėje spaudoje publikuojami skirtingiausi požiūriai. Skaitytojui, naujųjų medijų dalyviui, labai lengva pasiklysti. Informacijos atranka, sugebėjimas ją objektyviai įvertinti ir filtruoti tampa svarbiausia ir būtina informacijos amžiaus sėkmingos veiklos savybe.

Antrajame skyrelyje panagrinėsime pagrindines skaitmeninės eros sąvokas ir kaip jos reiškiasi dabartinėje visuomenėje. Trečiasis skyrelis skirtas skaitmeninės eros iššūkiams ir problemoms aptarti, jų sprendimo būdų ieškojimams atskirose šalyse bandant įveikti tuos iššūkius. Ketvirtajame skyrelyje apžvelgiama visuma ir daromos išvados apie socialinių medijų teikiamus privalumus ir grėsmes kiekvienam proceso dalyviui. Duomenų analizei naudojami kompiuterijos galingumai, leidžiantys išgauti reikalingas žinias iš didelių masyvų. Atrodo, kad tokie tyrimai jau yra ant mokslo etikos ribos, kai individui nieko nenujaučiant, kaupiami duomenys apie jo elgesį internete, jis priskiriamas vienai ar kitai grupei, jam siūlomi produktai, kurių jis neprašė. Argi tai mažiau pažeidžia individo teises nei biotechnologijų tyrimuose, kur etika tradiciškai yra prioritetas? IT profesinės etikos būtinumas, kaip vienas iš svarbesnių grėsmės mažinimo būdų, aptartas penktajame skyrelyje.

## 2. Skaitmeninės eros sąvokos

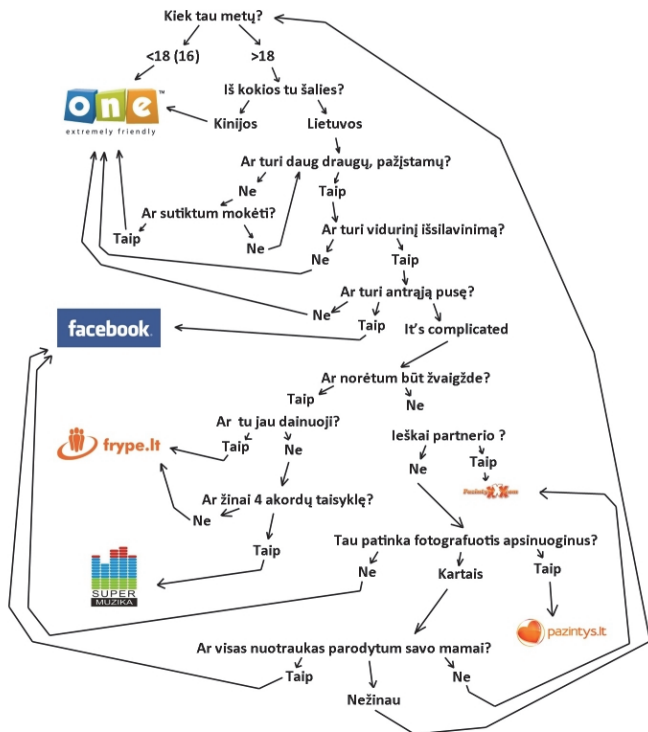
Specifiniai informacijos komunikacijos technologijų metodai, vystomi pagal skaitmeninės eros poreikius, rodo poslinkį nuo socialinės informatikos prie socialinio intelekto, pasiekiamo tiriant socialinę dinamiką, modeliuojant ir analizuojant socialinį elgesį, kuriant dirbtinius socialinius agentus ir generuojant bei valdant socialines žinias. Taip randasi tikslinė rinkodara (ang. *behavioral targeting*), kuri gali veikti tik tada, kai duomenys yra surinkti. Anksčiau duomenys būdavo renkami taikant įvairias apklausas, surašymus, sudarant reprezentatyvias statistines imtis ir iš jų darant pagrįstas statistines išvadas apie tiriamąją populiaciją. Tai buvo sudėtingas ir daug darbo reikalaujantis procesas. Skaitmeninei sąveikai tapus kasdienybe, duomenų rinkimas labai supaprastėjo, tačiau negalima ignoruoti iškilusių juridinių problemų. Reikia iš esmės peržiūrėti internete rinktų duomenų apdorojimo metodus. Žmonės veikiantys tinkle palieka duomenis apie save per taip vadinamus skaitmeninius pėdsakus ir socialinius grafus. Apibrėšime tiksliau šias ir kitas gilesniam problemos supratimui reikalingas sąvokas.

**Skaitmeninis pėdsakas ir skaitmeninis šešėlis.** Pirmą kartą ši sąvoka atsirado (Negroponte, 1996) pavadinta „slug trail“ (šliužo pėdsakas), vėliau (Tim O'Reilly), ją pavadino „data exhaust“ (duomenų atliekos). Ši sąvoka tada buvo naudojama tik informacijai, likusiai po naršymo internete apibrėžti. Dabar tam reiškiniui pavadinti įsigalėjo *skaitmeninio pėdsako* pavadinimas ir atspindi duomenis sukurtus ir naudotus nesvarbu kokiais skaitme-

niniais įrenginiais. Skaitmeninis pėdsakas – tai pėdsakas likęs individui veikiant skaitmeninėje aplinkoje, įskaitant TV, mobilaus telefono, interneto ar kokio kito įrenginio bei sensoriaus naudojimą. Skaitmeninis pėdsakas susijęs su WWW kartais vadinamas interneto pėdsaku, skaitmeniniu šešėliu ar kibernetiniu šešėliu – tai informacija likusi po naršymo internete, įskaitant ir tą, kuri gaunama per slapukus. Pėdsako terminas pritaikomas ne tik individams, bet ir firmoms, organizacijoms. Skaitmeninis pėdsakas – tai veiklų ir elgesio rinkinys, kai tiriamasis vienetas (asmuo ar kas kita) veikia skaitmeninėje aplinkoje. Tai gali būti prisijungimo ir atsijungimo įrašai, aplankyto interneto puslapių adresai, atverti ar sukurti failai, e.žinutės ar pokalbių įrašai. Tokie skaitmeniniai pėdsakai yra pasiekiami duomenų gavybai, kai suinteresuotos šalys siekia daugiau sužinoti apie kurį nors objektą ar individą. Pėdsakai parodo, kur mes buvome, kiek ilgai, kaip dažnai ten buvo lankomasi. Tai lyg atminties momentai. Juose nėra asmens tapatybės duomenų, paso ar banko bei draudimo sąskaitų numerių. Tačiau neretas atvejis, kai tie išsamūs duomenų masyvai leidžia beveik tiksliai atskleisti ir asmens tapatybę. Skaitmeniniai pėdsakai, surinkti iš mobilaus ryšio, interneto prisijungimų, interaktyvios TV ir šių veiklų metaduomenys parodo teisybę apie individus, organizacijas ir šių duomenų valdymas tampa aršios kovos lauku tarp suinteresuotųjų pusių.

***Pėdsakų fiksavimas (footprinting) ir realybės gavyba*** (ang. *reality mining*). Įvestis į skaitmeninį pėdsaką apima daug ką: dienos laiką, vietą, paieškos rezultatus ir raktažodžius, sukurtą ar peržiūrėtą turinį, skaitmeninį aktyvumą ir duomenis iš sensorių ir socialinės aplinkos. Kai kurie duomenys gali ateiti iš giluminių interneto duomenų IP, tai vadinama *footprinting*. Iš tokių įvesčių rinkinio ir duomenų analizės kuriamos rekomendacijos, kontekstinė adaptacija, personalizacija. Dalis šios analizės vadinama realybės gavyba. Realybės gavyba tiria žmogiškąsias sąveikas, grindžiamas bevieliais įrenginiais, tokiais kaip mobilūs telefonai ir GPS lokalizacija, tai duoda labai tikslų vaizdą: ką žmonės daro, kur eina, su kuo bendrauja. Tai yra netgi labiau patikimą, nei paties individo pasakojimai. Realybės gavyba yra vienas iš svarbių skaitmeninio pėdsako analizės aspektų.

**Socialiniai grafai ir socialiniai tinklai.** Grafo sąvoka atsirado ir naudojama diskretinėje matematikoje. Pagal Wikipedią, socialinis grafas atspindi ryšius tarp individų interneto tinkluose, priešingai socialiniams tinklams, kurie turėtų aprašyti realaus pasaulio ryšius. Realybėje šios sąvokos persipina ir socialiniai tinklai dabar dažniausia jau suprantami kaip ryšiai internete. Šiame straipsnyje socialinių tinklų sąvoką mes vartosime ryšių internete prasme (populiariausi: *Facebook, LinkedIn, Twitter, YouTube, Skype, Flickr, hi5, Klase.lt, One.lt*). Pradiniai duomenys pateikiami socialiniame tinkle apima ne taip daug aspektų: pomėgius, veiklas, socialinius ir demografinius duomenis (3 pav.). Pridėjus visą skaitmeninį pėdsaką (draugai, įtakos, žaidimai, kuriamas turinys ir dar daug kas iš interneto ir TV) gaunamas galingas realaus laiko duomenų srautas, kuris jau turi daugybę informacijos apie individą ir jo aplinką. Socialinių tinklų ryšių pobūdį 3 pav. su humoru atskleidžia vienas portalo Nežinau.lt autorius.



3 pav. „Socialtinklogija“ pagal vieną iš portale Nežinau.lt skelbtos Nokia N8 konkurso dalyvių – taip veikia socialiniai tinklai

chs, 2010) mato aktyvios vartotojo rolės ir tamsiąją pusę. Jiems atrodo, kad vartotojų generuojamas turinys *YouTobe*, *MySpace* ar *Facebook* veda į naujas eksploatacijos ir darbo reorganizacijos formas informaciniame kapitalizme. Visuose apibrėžimuose bendra yra technologijų ir socialinių sąveikų susiliejimas bendrai kuriant naują vertę. Interneto įkūrėjas Tim Berners-Lee (2010) vertindamas situaciją išreiškė susirūpinimą dėl neribotai besiplečiančių socialinių tinklų ir atsirandančių monopolinių tendencijų. Socialinių medijų plėtros ir naudojimo statistika stulbinanti, sukaupiamos didelės duomenų apimtys, jų naudojimas kartais neteisėtas. Socialinių tinklų sistemos įdiegtų sensorių pagalba gali kaupti, analizuoti dalyvių veiklas jiems visai to nežinant. Duomenų srautas nuolat gaunamas iš vartotojų ir sukaupiami didžiuliai duomenų masyvai, apimantys individų interesus, grupes, poelgius, buvimo vietas. Turinio ir srauto duomenų atskyrimas, buvęs aiškus tradiciniuose komunikacijos procesuose, pvz. telekomunikacijoje srauto duomenys yra: kas skambino, kur skambino, kiek truko skambutis, o turinio duomenys – pokalbio turinys. Interneto atveju tokia takoskyra yra sudėtinga, o gal ir iš viso neįmanoma (Štatilis, 2005). Pagarbai privačiam gyvenimui elektroniniuose ryšiuose užtikrinti, kontroliuojant tuos ryšius teisėsaugos tikslais, stinga kai kurių įstatymų lydimųjų teisės

**Socialinė medija.** Tai pastarojo amžiaus reiškinys, kuris atsirado sukūrus lengvai pasiekiamas ir paprastas publikavimo internete technologijas, naudojamas bendravimui. Socialinės medijos naudoja interneto technologijas paverčiančias komunikaciją interaktyviu dialogu. Andreas Kaplan ir Michael Haenlein (2010) apibrėžia socialines medijas kaip grupę interneto pagrindu sukurtų taikymų, besiremiančių Web 2.0 ideologija ir technologijomis, leidžiančioms kurti ir keisti vartotojo sukurtu turiniu. Verslo požiūriu daugiau pabrėžiamas vartotojo sukuriamas turinys. Kai kurie autoriai (Wedergem, Fuchs, 2010) mato aktyvios vartotojo rolės ir tamsiąją pusę. Jiems atrodo, kad vartotojų generuojamas turinys *YouTobe*, *MySpace* ar *Facebook* veda į naujas eksploatacijos ir darbo reorganizacijos formas informaciniame kapitalizme. Visuose apibrėžimuose bendra yra technologijų ir socialinių sąveikų susiliejimas bendrai kuriant naują vertę. Interneto įkūrėjas Tim Berners-Lee (2010) vertindamas situaciją išreiškė susirūpinimą dėl neribotai besiplečiančių socialinių tinklų ir atsirandančių monopolinių tendencijų. Socialinių medijų plėtros ir naudojimo statistika stulbinanti, sukaupiamos didelės duomenų apimtys, jų naudojimas kartais neteisėtas. Socialinių tinklų sistemos įdiegtų sensorių pagalba gali kaupti, analizuoti dalyvių veiklas jiems visai to nežinant. Duomenų srautas nuolat gaunamas iš vartotojų ir sukaupiami didžiuliai duomenų masyvai, apimantys individų interesus, grupes, poelgius, buvimo vietas. Turinio ir srauto duomenų atskyrimas, buvęs aiškus tradiciniuose komunikacijos procesuose, pvz. telekomunikacijoje srauto duomenys yra: kas skambino, kur skambino, kiek truko skambutis, o turinio duomenys – pokalbio turinys. Interneto atveju tokia takoskyra yra sudėtinga, o gal ir iš viso neįmanoma (Štatilis, 2005). Pagarbai privačiam gyvenimui elektroniniuose ryšiuose užtikrinti, kontroliuojant tuos ryšius teisėsaugos tikslais, stinga kai kurių įstatymų lydimųjų teisės

aktų, LR baudžiamojo kodekso redakcija turi trūkumų sankcionuojant informacijos apie buvusius e. ryšių įvykius gavimą iš paslaugų tiekėjų (Štatis, 2005). Taigi svarbios yra ir neišspręstos juridinės problemos. Tai realybė, kurią reikia suprasti ir priimti, nes kaip ir visas demokratinis pasaulis, mes turime atviro ir laisvo turinio kūrimo ir apsisprendimo juo internete nuostatą. Kaip vaizdžiai teigia eurokomisarė Meglena Kuvėna (*Behavioural Targeting...*, 2009): „*asmeniniai duomenys yra naujas kuras internetui ir tikroji skaitmeninio pasaulio valiuta*“. Stengiamasi kaupiamą informaciją išlaikyti neidentifikuojamą, nors ir personalizuotą, informuoti apie galimus veiksmus privačių duomenų subjektus ir gauti leidimą jų duomenis naudoti, tačiau ne visada tai pavyksta. Pastangos suvaldyti procesą įvairiose pasaulio šalyse apžvelgiamos sekančiame skyrelyje.

### 3. Skaitmeninės eros problemos ir bandymai jas spręsti

Apžvelkime kaip duomenų privatumo problemos, atsiradusios su naujų technologijų plėtra, buvo bandomos spręsti atskirose šalyse.

Vartotojų internete tyrimų duomenys (Story, 2008) rodo, kad didelės interneto kompanijos dabar sužino apie savo klientus žymiai daugiau, nei bet kada anksčiau: ko jie ieško internete, sužino savo vartotojų skonius, pasirinkimus, nes fiksuoja kelis šimtus tipiško vartotojo vizitų kas mėnesį. Vartotojai kol kas dar nesiskundžia dėl duomenų fiksavimo, nes dažniausiai apie tai jie nežino: neinformuojami, arba tiesiog neskaito sunkiai suprantamu žargonu jiems pateikiamų paslaugos teikimo sąlygų. Privatumo gynėjai ne kartą bandė skelbti pavojų dėl interneto kompanijų sukaupiamo didžiulio duomenų kiekio. Vieno tyrimo (Samuelson Law, Technology & Public Policy Clinic at the University of California at Berkeley) duomenimis, Kalifornijoje 85% suaugusiųjų neleistų sekti jų elgesį internete tam, kad kompanija pateiktų jiems labiausiai tinkamus skelbimus. Berkeley universiteto duomenimis, dauguma JAV interneto vartotojų atmeta „behavioural advertising“ (US web users..., 2009). Kanadoje įkurta Interneto policija (University of Ottawa Canadian Internet Policy and Public Interest Clinic pareikalavo) (Top Story, 2008) reikalavo iširti situaciją dėl interneto vartotojų duomenų panaudojimo pateikiant jiems skelbimus. Nuo 1999 m. grupė interneto ir duomenų tvarkymo kompanijų rūpinosi kaip pakeisti duomenų rinkimo technologijas, tačiau nesėkmingai. JAV valstybinė vartotojų teisių gynimo įstaiga, Federal Trade Commission (FTC), nuo 1990 m. taikė savireguliacijos metodą – užtikrinant, kad vartotojas gautų informaciją apie galimą jo duomenų naudojimą tikslinei rinkodarai (Protecting Consumer..., 2010). Paaiškėjo, kad to metodo neužtenka, dabar jau rengiamas naujas įstatymas. Buvo įsitikinta, kad privatumui internete užtikrinti vadinamojo „*notice & consent*“ būdo neužtenka. Po diskusijų 2009–2010 m. FTC pabrėžė šiuolaikinėje visuomenėje aptikusius tokius dalykus:

- Visuotinis vartotojo duomenų rinkimas ir naudojimas,
- Augantis informacijos srautas ir kompiuterių galia,

- Išblukusi riba tarp asmens ir anoniminių duomenų,
- Privatumo svarba daugeliui vartotojų,
- Supratimo stoka ir ribotos galimybės vartotojui rinktis saugią strategiją.

FTC rengia naują strategiją, kurią paskelbs 2011 m. Europos komisija (EK) irgi reiškia savo susirūpinimą dėl esamų sąveikos problemų. Sąveika apibūdina kompiuterių ar informacinių sistemų gebėjimą keistis ir naudotis vieniems kitų informacija (Skaitmeninė darbotvarkė, 2010). EK ketina perrašyti IT sektoriaus taisykles siekiant:

1. Didinti vartotojų pasitikėjimą,
2. Nustatyti „Skaitmeninę dienotvarkę“, reguliuojančią sąveiką ir standartus.

EK peržiūrės dabartinę Duomenų saugojimo direktyvą. ES vykdomoji valdžia jau 2011 m. pradžioje žadėjo paskelbti rezultatus. Viena iš direktyvos nuostatų yra, kad asmeniniai duomenys privalo „būti saugomi ne trumpiau kaip šešis mėnesius ir ne ilgiau kaip dvejus metus nuo ryšio datos“. Iki šiol ES šalyse yra labai skirtingi duomenų saugojimo terminai. EK žada tikrinti, kaip interneto kompanijos, ypač socialiniai tinklalapiai, tokie kaip *Facebook*, internetinės reklamos firmos naudoja asmeninius piliečių duomenis. Kiti skaitmeninės dienotvarkės diskusijos dalyviai mano, kad „ši direktyva savo mastu labiausiai privatumą pažeidžianti priemonė, kada nors priimta ES“. Parengtoje strategijoje teigiama, kad „piliečiai turi būti informuoti, kokias jie turi teises priėti, ištaisyti ar ištrinti savo duomenis“. Iš kitos pusės, teisė trinti savo skaitmeninius pėdsakus, gali pavirsti galimybe kriminaliniams elementams ištrinti ir nusikaltimo pėdsakus... Buvo norima, kad į „Skaitmeninę darbotvarkę“ būtų įtraukta formuluo­ tė remianti interneto blokavimą ir filtravimą, tačiau kitiems tokie siekiai kelia didelį susirūpinimą. Kol kas šioje srityje yra daugiau problemų negu realių sprendimų.

#### **4. Socialinių medijų nauda ir galimos grėsmės procese dalyvaujančiųjų kontekste**

Visi bendradarbiavimo socialinėse medijose proceso dalyviai, kuriuos mes apžvelgėme įvade, turi savo iššūkius, naudą, grėsmes ir pavojus, apie kuriuos kalbėti galima tik konkrečiame kontekste. Išsiaiškinome duomenų rinkimo ir kaupimo proceso ypatybes bei skaitmeninio pėdsako svarbą analizuojant, skirstant į apibrėžtas grupes interneto socialinių tinklų dalyvius. Laukiama nauda, privalumai ir galimos grėsmės bendradarbiavimo proceso dalyviams tarpdisciplininių sričių sąveikoje pateiktos sumarinėje lentelėje „Vienu žvilgsniu“.



Vienu žvilgsniu: nauda ar galimos grėsmės proceso dalyviams

Dalyviai	Veikla, tyrimo sritis	Veikla/tiksiai	Teigiami rezultatai	Galimos grėsmės
Vartotojai-klientai	Kasdieninė ir profesinė veikla	Naudoja paslaugas, produktus	Tinkami pasiūlymai	Gausus brūkšnis
Vartotojai	Kasdieninė ir profesinė veikla	Tampa duomenų šaltiniu (sąmoningai ar ne)	Tiksliniai skelbimai, e.įtrauktis, savęs pateikimas internete	Privatumo pažeidimai
Firmos	Verslas, finansų vadyba	Pelno siekis, naujų verslo modelių kūrimas	Pelningos veiklos, nauji produktai, atitinkantys vartotojų poreikius	Technologinių žinių, finansų stygius
Rinkodaros technologai	Ekonomika, sociologija	Renka skaitmeninius pėdsakus, vykdo duomenų gavybą	Efektyvi tikslinė rinkodara, skelbimai	Prarasti naudą matant tik ekonominius tikslus
Socialinių medijų vystytojai	Socialinė informatika, komunikacijos teorija, Informacijos mokslai	Vysto strategiją ir stebėsenos priemones	Naudoja internetą kaip naują valiutą skaitmeniniame pasaulyje	Teismo procesas dėl nelegaliai rinktų duomenų masių
IT inžinieriai	Tinklų taikymai, informatika, atpažinimo teorija, optimizavimo teorija	Kuria programinę įrangą socialiniams tinklams, DB ir IS, taikomąsias programas įvairioms paslaugoms	Įdomi aplinka naujiems taikymams, auganti kompetencija	Dirbti „trečiojo“ užsakovo naudai, būti įtrauktam į nešąžiningą verslą
Mokslininkai tyrėjai	Diskriminantinė analizė, duomenų klasifikacija ir klasterizacija, matematinė statistika, matematinė logika	Vysto naujas koncepcijas, metodus ir modelius. Pritaiko turimus metodus naujoje situacijoje	Ištirti nauji svarbūs ryšiai kompiuteriais prisotintoje visuomenėje, vystomos naujos mokslo sritys	Prarasti intelektualinės nuosavybės teises, kai kiti partneriai iš to kaupia turtus

Socialinės Medijos ir tinklai : dalyvavimas ir tyrimas

Internetas ir socialinės medijos – nežinoma erdvė daugeliui vyriausybės ir teisinių institucijų, nes tiesiog nežinoma nuo ko pradėti. Atskiros šalys bando savo įstatymais reguliuoti duomenų apsaugą, bet e.tinklas yra globalus – be ribų ir teritorijos, skirtingai

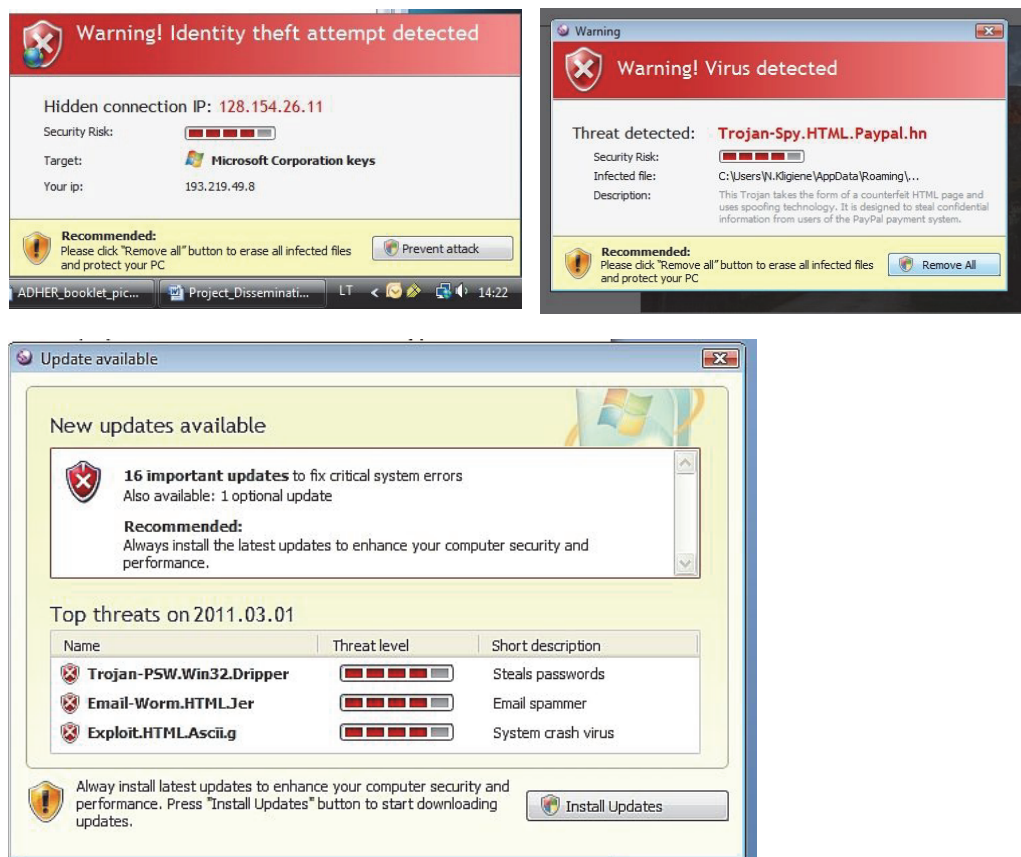
nuo žmonijai per amžius įprasto gyvenimo būdo. Globaliame pasaulyje nėra bendros teisinės sistemos ir vargu ar kada nors tokia bus. Pažvelkime į tipišką situaciją: *A* šalies pilietis ieško informacijos *B* šalies serveryje, duomenys rinkti šalyse *C*, *D*, o bus naudojami, pavyzdžiui, vartotojų elgesiu grindžiamai reklamai *E* šalyje. Kurios šalies įstatymai galiotų duomenų saugai? Tradicinės intelektinės nuosavybės teisės nuostatos globalaus tinklo atveju netinka. Kibernetinių atakų galimybės ir patirtys parodė dramatišką tinklo sistemų pažeidžiamumą ir saugos strategijų trūkumą. Įtinklintame globaliame pasaulyje pavojai didėja, savireguliacija, paremta tik pranešimu ir vartotojo pritarimu dėl asmeninių duomenų rinkimo – neveikia. Bandymai reguliuoti duomenų privatumo reikalus iki šiol nebuvo efektyvūs, tinkamų įstatymų nėra, saugumo technologijos atsilieka, jos negali užtikrinti sistemų saugumo.

Apžvelgiant situaciją matau tris sprendimo būdus, aprėpiančius visus proceso dalyvius: (a) vartotojus, (b) socialinių medijų firmas ir (c) specialistus, kuriančius programinę įrangą socialinių tinklų aptarnavimui, duomenų rinkimui ir analizei. Pirmasis būdas – tai ugdymas vartotojo gilesnio supratimo apie skaitmeninį pėdsaką ir kaip jis gali būti panaudotas jo nenaudai. Tam reikia kuo plačiau supažindinti vartotojus su jo skaitmeninio šešėlio egzistavimu ir visomis jo panaudojimo galimybėmis, kas padėtų e. visuomenės nariui išvengti daugelio nemalonumų ir skaitmeninės medijos spąstų. Antras svarbus faktorius būtų sąžiningumas firmų, kurios renka duomenis, analizuoja ir juos panaudoja, pritraukiant savo klientus – paslaugų ir produktų vartotojus. Tačiau sunku patikėti sąžiningumu firmų, kurios dažniausiai yra orientuotos tik į pelną. Būtų reikalingi labai griežti įstatymai, kurie, kaip jau išsiaiškinome, globaliame tinkle beveik neįmanomi. Iš kitos pusės, net ir griežti apribojimai vargu ar ką nors iš esmės pakeis, jei dominuos galingi pelno interesai – bus rasti būdai kaip apeiti bet kokius apribojimus. Lieka trečiasis, pats svarbiausias svirtas stabdant abejotiną asmens duomenų rinkimą, analizavimą ir panaudojimą. Tai aiškus atsakomybės supratimas specialistų, kuriančių informacines sistemas interaktyviam bendradarbiavimui internete bei profesinės etikos normų įteisinimas informacinėse technologijose. IT specialistai yra viena iš svarbiausių grandžių vystant socialinius tinklus. Rinkodaros technologai bei informatikų pagalbos tikrai nieko nenuveiktų. Informatikai turi aiškiai žinoti kokius duomenys renkami, kur ir kam jie bus panaudoti, kokios gali būti tų duomenų analizės pasekmės ir daryti atitinkamas išvadas. Kaip medikai gali sakyti „ne“ kai kurioms procedūroms, biotechnologai savo tyrimuose paklūsta etikos principams, taip ir inžinerinės informatikos specialistai dabartiniame savo mokslų vystymosi etape atėjo prie ribos, kai tam tikrais atvejais reikia sakyti: „Ne, aš to nedarysiu“ remiantis savo profesinės etikos kodeksu. Profesinių bendrijų kodeksai nėra naujiena, jie buvo kuriami ir jų laikomasi dar praėjusiame amžiuje. Atėjo laikas juos prisiminti ir atnaujinti pritaikant šiuolaikinėms technologijoms. Ta veikla pasaulyje vyksta gana intensyviai: JAV, Europoje skatinama mokslo etika, veikia UNESCO kuruojama Globali etikos observatorija.

## 5. Profesinės etikos kodeksai

Išsiaiškinome, kad nėra universalių metodų, užtikrinančių interneto naršytojo ar kito socialinių medijų dalyvio duomenų privatumą ir leidžiančių vien tik džiaugtis naujųjų technologijų privalumais. Viena iš nedaugelio galimybių yra kad visi dalyviai, įsitraukę į kompiuterių tinklų procesą: renkantys duomenis, juos analizuojantys ir konstruojantys rinkodarai reikalingas programas, paklustų savo Profesinės Etikos Kodeksui. Mokslo ir profesinė etika tapo ypač aktuali audringai besivystant naujosioms IT: kompiuterinių virusų atakos, įsilaužimai į kompiuterines sistemas taptų negalimi, jei visi laikytųsi etikos principų. Sukuriami kompiuteriniai virusai, apsimetantys saugumo sistemomis, atakuojantys vartotojus ir grasinantys, kaip parodyta 4 pav. Tokias programas gali sukurti tik profesionalai.

Tokių situacijų nebūtų, jei IT profesionalai elgtųsi pagal profesinės etikos kodeksą. Panagrinėkime kokį turime paveldą etikos kodeksų srityje. Seniausias kodeksas greit



4 pav. Viruso ataka: sumaniai padaryti pagąsdinimai ir diagnozės, imituojantys saugumo sistemą. Eilinis vartotojas nedrįsta jų ignoruoti ir tampa apgaulės auka.

švęsiantis savo šimtmetį – *Code of Principles of Professional Conduct of the American Institute of Electrical Engineers*, datuojamas 1912 m. (Code of Principles...). Jis dabar pasiekiamas per Profesinės etikos studijų centro skaitmeninę biblioteką (Online Ethics Center...). Bendrieji principai, kurių jame yra net 22, išlieka tie patys metams bėgant, pradant nuo: „1. Visose savo veiklose inžinierius vadovaujasi aukščiausiais garbės principais“ <...> ir baigiant: „22. Atsakingas už darbą inžinierius privalo neleisti keisti jo inžinerinių sprendimų asmenims, neturintiems techninio išsilavinimo“. Minėtoji biblioteka turi sukaupusi daug profesinės etikos kodeksų. Mūsų dienomis Iliojaus Technologijos institute veikia *Online Etics Center* kartu su Nacionaline Inžinerijos Akademija. Jie teikia lengvai pasiekiamą informaciją inžinerijos mokslo etikos klausimais, skirtą studijoms, diskusijoms – tiek praktikams, tiek edukatoriams, studentams ir visiems individams besidomintiems profesine tyrėjų etika. Ten galima rasti daug scenarijų, liečiančių ir mums aktualius interneto privatumo klausimus, tinkamų mokymo tikslams. Toks kursas tikrai būtų naudingas Lietuvos universitetuose, rengiančiuose IT specialistus. Net matematikai Amerikoje turi savo etikos principus: *Ethical Guidelines of the American Mathematical Society*, 2005, nors, rodos, jie savo tyrimuose nedaug turi galimybių pažeisti etiką. Visai šiuolaikiškas yra *Code of Ethics of Association of Engineering Technicians and Technologists of Newfoundland and Labrador*, Canada, 2009. Jame, pavyzdžiui, yra tokie principai: 4. „Veikti kartu atsižvelgiant į klijentų ir darbdavių interesus, laikytis konfidencialumo ir vengti interesų konflikto, o jam nutikus, nedelsiant atskleisti aplinkybes, tiek klientui, tiek darbdaviui“. <...> 7. „Veikti sąžiningai, su pagarba ir tikėjimu bendraujant su klientais, kolegomis ir kitais; vertinti kitų darbus, priimti ir sąžiningai teikti teisingas pastabas“. Tokie principai būtų pritaikomi ir Lietuvos IT profesinės etikos kodekse. Svarbiausia būtų įsipareigoti neslėpti duomenų rinkimo ir jų apdorojimo galimų pasekmių, kurios labai dažnai suprantamos tik specialistams ir paprastai nesuvokiamos eiliniams medių dalyviams.

Tyrimai mokslo etikos srityje vyko ir Europoje. Europos mokslo fondas nuo 2000 m. inicijavo diskusiją tyrėjų bendruomenėje dėl aukščiausių standartų taikymo mokslinių tyrimų praktikoje. Jo rezultate išleista apžvalga (*European Science...*, 2008) detaliai nagrinėjanti situaciją 18 Europos šalių (iš 32 šalių aprėpties). Joje parodyti geros praktikos pavyzdžiai mokslo tyrimuose ir dar egzistuojantys nesusipratimai skirtingose Europos šalyse. Apžvalgoje teikiamos rekomendacijos mokslo draugijoms, mokslą finansuojančioms agentūroms, tyrimo organizacijoms, atskleidžiami geros ir blogos praktikos pavyzdžiai, kurie galėtų būti pritaikomi apeinant pavojus, iškylančius socialinių medių interdisciplininiuose tyrimuose. Kitas svarbus šaltinis etikos problemų tyrimams ir praktikai yra UNESCO sukurta ir palaikoma duomenų bazių sistema – Globalinė etikos Observatorija – *The Global Ethics Observatory* (GEObs, 2005). Tai laisvai prieinama, paieškoma etikos institucijų, ekspertų, taisyklių, etikos kodų, mokymo programų iš viso pasaulio saugykla, veikianti nuo 2005 m. Ji sudaryta iš penkių nepriklausomų duomenų bazių: etikos ekspertų, institucijų veikiančių etikos srityje, etikos mokymo programų,

etikos teisynų ir pagaliau etikos kodeksų – jame yra sukaupta 151 etikos kodeksas. Išnagrinėjus daugelį paminėtų šaltinių galima kelti sau klausimus: ar Lietuvos IT specialistai galėtų būti atsakingi už savo darbus, elgtis pagal profesinės etikos kodeksą, dirbti ne vien tik dėl karjeros ar pinigų?

## 6. Išvados

Audringai kintant IT ir jų įrankiams, turi keistis tiek teorinių tyrimų nuostatos bei metodai, tiek IT įrankiai ir taikymai. Masinis pačių vartotojų kuriamos komunikacijos išplitimas sudaro įdomią erdvę originaliems tyrimams kompiuteriais įtinklintoje visuomenėje ir kartu randasi daug kritinių pastebėjimų. Šiame straipsnyje apžvelgėme jau išryškėjusias naujo reiškinių – socialinių medijų teigiamas ir neigiamas puses.

**Teigiami aspektai.** Analizuojant per pastaruosius du dešimtmečius nuolat ir labai audringai kintančią situaciją, pastebėti teigiami poslinkiai: buvę vartotojai tampa skaitmeninio turinio kūrėjais, didėja jų e.įtrauktis. Firmos, išanalizavę vartotojų poreikius, dirba efektyviau: personalizuoja pasiūlą, kuria tai, ko iš tiesų vartotojams reikia, atsiranda inovatyvūs produktai ir paslaugos, priderinti prie interneto lankytojų poreikių. Sukauptas didžiulis duomenų kiekis – tyrimų bazė, kurią analizuojant vykdoma tikslinė rinkodara, klientams siūlomos paslaugos ir produktai, kurie jiems būtų reikalingi ir įdomūs.

**Neigiami aspektai.** Ką tik išvardinti privalumai realybėje gana dažnai užgožiami piktaivalio duomenų ir informacijos panaudojimo. Papildomos rizikos šioje tyrimų srityje atsiranda dėl didelės interneto skverbties visuomenėje ir didelio kiekio vartotojų įsitraukimo. Neteisėto duomenų naudojimo pagunda ir lengvumas kyla dėl to, kad individai ir firmos dažnai nežino, kas fiksuojama ir kaip naudojami, analizuojami jų duomenys, kur jie saugomi ar perduodami. Dažniausia nėra galimybių kontroliuoti ar naikinti savo duomenis, patekusius į skaitmeninę erdvę. Teisinio reguliavimo priemonės atsilieka, teisėtvarkoje dažnai net nesuprantama, kad e.erdvėje reikia iš esmės kitokių priemonių, nei tradicinėje aplinkoje. Saugumo technologijos nespėja paskui naujųjų medijų galimybes, netgi saugiausiomis iki šiol laikytos bankų IS vis tiek yra pažeidžiamos. Užtenka prisiminti nesenas *PayPal* sistemų programišių atakas ryšium su *Wiki Leaks* skandalais.

**Tyrėjų atsakomybė ir užduotys ateičiai.** Reikia vystyti saugumo technologijas, kad būtų visiškai užkirstas kelias piktybiškam duomenų ir informacijos panaudojimui. Dar nėra metodų kaip pagrįstai įvertinti socialinių tinklų saugumą. Panašiai kaip yra vertinama skaitmeninių saugyklų kokybė (Kligienė, 2009), reikia sukurti metodiką ir kriterijus dar sudėtingesnio reiškinių – socialinių tinklų kokybės vertinimui, rasti aspektus, kurie nulemia kokybę, rasti tinkamus kriterijus, atsižvelgiant į daugybę dalyvių, įtrauktų į interdisciplininius tyrimus ir praktiką. Priemonės socialinių medijų stebėsenai dar tik pradedamos kurti (Chinwag..., 2008, Measurementcamp, 2011). Reikia vystyti metodus tinkamus kitokiam, ne tradiciniam duomenų tyrimui. Tyrėjų rolė kuriant nuostatas ir

taikant profesinės etikos kodeksus yra svarbiausia. Kol kas grėsmes ir pavojus galima sumažinti tik šviečiant vartotojus, ugdant specialistus profesinės etikos dvasia jau universitetų auditorijose, pabrėžiant profesinės etikos svarbą visuose socialinės medijos kūrimo etapuose ir jų laikantis. Tokiu būdu skaitmeninių medijų spąstai, bauginantys vartotojus dėl galimo skaitmeninio pėdsako panaudojimo, profesinės etikos kontekste nebegalėtų būti pavojingi.

## LITERATŪRA

- ALA-MUTKA, K., Broster, D., Cachia, R., Centeno, C., Feijóo, Haché, A., Kluzer, S., and all. (2009). *The Impact of Social Computing on the EU Information Society and Economy*. Luxembourg: Office for Official Publication of the EC.
- Behavioural Targeting at the European Consumer Summit, European Digital Rights - EDRI-gram - Number 7.7, 8 April 2009, <<http://www.edri.org/edri-gram/number7.7/behavioural-target-eu-consumers>> Retrieved 2011-02-05>.
- Center for the Study of Ethics in the Professions, <<http://ethics.iit.edu/index3.php>>.
- Chinwag Live: Measuring Social Media, <<http://www.chinwag.com/events/2008/02/chinwag-live-measuring-social-media>>.
- Code of Ethics of the Association of Engineering Technicians and Technologists of Newfoundland and Labrador. (2009). <<http://www.aettn.com/AboutAETTNL/CodeofEthics.aspx>>.
- Code of Principles of Professional Conduct, American Institute of Electrical Engineers, 1912, <[http://ethics.iit.edu/indexOfCodes-.php?key=9\\_763\\_1745](http://ethics.iit.edu/indexOfCodes-.php?key=9_763_1745)>.
- European Commission, JRC-IPTS, “Envisioning Digital Europe 2030: Scenarios for ICT in Future Governance and Policy Modelling” 2010, pp. 1-84, doi:10.2791/49877.
- European Science Foundation: Stewards of Integrity. Institutional Approaches to Promote and Safeguard Good Research Practice in Europe. (2008). Strasbourg, 2008, ISBN: 2-912049-82-2.
- FISH, T., “Digital Footprints” in My Digital Footprint, <[http://www.mydigitalfootprint.com/footprint-cms/DIGITAL\\_FOOTPRINTS.html](http://www.mydigitalfootprint.com/footprint-cms/DIGITAL_FOOTPRINTS.html)> Retrieved 2011-02-05>.
- FUCHS, C. (2010). Labor in Informational Capitalism and on the internet. *The Information Society* 26(3), 179-196.
- GEObs - The Global Ethics Observatory. The system of data bases, <[www.unesco.org/shs/ethics/geobs](http://www.unesco.org/shs/ethics/geobs)>.
- HASSAN, R., J. Thomas. (2006). *The New Media Reader: A Critical Introduction*, London/New York: Routledge.
- KAPLAN, Andreas, HAENLEIN, Michael. (2010). Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media”. *Business Horizons* 53 (1): pp.59–68
- KLIGIENĖ, Nerutė. (2009). E-Accessibility Marking a Quality of Digital Repository, Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics, 10-13 July 2009, Orlando, Florida, USA, v. 2, pp. 167-172.
- Measurementcamp – Open source movement measuring social media. <http://measurementcamp.wikidot.com/about>
- NEGROPONTE, Nicholas. (1996). “Being Digital”, Vintage Publishing, 1996.
- Nežinau.lt** – tinklaraštis apie internetą užsienyje ir Lietuvoje, <[www.nezinau.lt](http://www.nezinau.lt)>
- Online Ethics Center for Engineering, Disclaimer, Permissions, Citations, Republication, and Links” 12/6/2007 National Academy of Engineering Accessed: Sunday, January 16, 2011, <[www.onlineethics.org/about/permissions.aspx](http://www.onlineethics.org/about/permissions.aspx)>
- Protecting Consumer Privacy in an Era of Rapid Changes// Preliminary FTC Staff Report, December 2010, pp. 1-122. <<http://www.scribd.com/doc/44477465/FTC-Online-Privacy-Report>>

- Skaitmeninė darbotvarkė – ES sujungimas <<http://www.euractiv.lt/straipsnis/3019/„skaitmenine-darbotvarkė“-es-sujungimas>> Publikuotas *EurActiv.com* tinklapyje 2010 m. gruodžio 24 d., atnaujintas 2011 m. sausio 10 d., tekstas originalo kalba <<http://www.euractiv.com/en/innovation/digital-agenda-connecting-eu-links dossier-500766>>.
- ŠTITILIS, Darius. (2005). Elektroninių ryšių kontrolės nusikaltimų tyrimo tikslais teisiniai aspektai, „Informacijos mokslai“ 34 t., 103 – 110 p.
- STORY, L. (2008). To Aim Ads, Web Is Keeping Closer Eye on You. *The New York Times* March 10, 2008.
- TIM BERNERS-LEE, (2010) “Long Live the Web: A Call for Continued Open Standards and Neutrality” *Scientific American Magazine*, December 2010, <<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=long-live-the-web>>
- TIM O'REILLY, “Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software”, O'REILLY – Spreading the Knowledge of Technology Innovators, <<http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html?page=1>>
- Top Story “Academics want watchdog to probe online profiling”, *The Canadian Press*, 2008-07-28 [http://www.ctv.ca/CTVNews/TopStories/20080728/internet\\_privacy\\_080728/](http://www.ctv.ca/CTVNews/TopStories/20080728/internet_privacy_080728/).
- US web users reject behavioural advertising, study finds” *OUT-LAW News*, 2009-09-30. <<http://www.out-law.com/page-10410>>.
- VERDEGEM, P.2011 “Social Media for Digital and Social Inclusion: Challenges for Information Society 2.0 Research & Policies” *tripleC (Cognition, Communication, Co-operation)* vol. 9(1): pp. 28-38, ISSN 1726-670X.
- Wikipedia <<http://en.wikipedia.org/wiki/>>.

## DIGITAL FOOTPRINTS IN CONTEXT OF PROFESIONAL ETHICS

### Nerutė Kligienė

#### Summary

*Abstract* – The paper surveys the risks and benefits what the user faces in networked environment and how those challenges can be competed. The question is how to measure a potential or benefits of such complex phenomenon – the collaborative cross-domains in social media. As one of solutions we propose to consider this in context of digital tools and the entities involved into cooperation-collaboration: core researchers, engineers developing information systems and tools, marketing technologists, users-consumers of services and products. The ways of collecting data and measures for protection privacy issues of data collected online as they were applied during the last two decades were overviewed in this paper. There is no an universal law protecting the privacy of online user's in global world and hardly it will be ever. For a while only the awareness of the users, the professional Codes of Ethics and fairness of firms involved into collaboration could help them to avoid pitfalls hidden in social media. The summary table shows at a glance benefits and dangers met in social media by its explorers and users.

# Analitinio hierarchinio proceso (AHP) metodo taikymas nuotolinių mokymo kursų naudotojų sąsajos kokybei vertinti

## Eugenijus Kurilovas

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto mokslo darbuotojas, daktaras  
Vilnius University Institute of Mathematics and Informatics, Research Scientist, PhD

Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva

Tel. (+370 5) 210 97 32, faks. (+370 5) 272 92 09

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Informacinių technologijų katedros docentas

Vilnius Gediminas Technical University, Information Technologies Department, Associate Professor

Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

El. paštas: Eugenijus.Kurilovas@itc.smm.lt

## Irina Vinogradova

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto doktorantė

Vilnius University Institute of Mathematics and Informatics, PhD student

Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva

Tel. (+370 5) 210 97 32, faks. (+370 5) 272 92 09

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Informacinių technologijų katedros lektorė

Vilnius Gediminas Technical University, Information Technologies Department, Lecturer

Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

Tel. (+370 5) 274 50 35, faks. (+370 5) 237 06 25

El. paštas: vinogradova.irina@gmail.com

## Inga Žilinskienė

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto doktorantė

Vilnius University Institute of Mathematics and Informatics, PhD student

Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva

Tel. (+370 5) 210 97 32, faks. (+370 5) 272 92 09

El. paštas: inga.zilinskiene@mii.vu.lt

*Straipsnyje yra nagrinėjama nuotolinių mokymo kursų naudotojo sąsajos kokybės ekspertinio vertinimo problema. Problemos sprendimui autoriai siūlo taikyti naujovišką kompleksinę metodiką. Autoriai analizuoja ir kuria nuotolinio mokymo kurso naudotojų sąsajos kokybės modelį (kriterijų sistemą), grįstą daugiakriterinių sprendimų analizės teorijos principais. Kokybės kriterijų svoriams nustatyti yra taikomas analitinio hierarchinio proceso metodas. Kursų naudotojų sąsajos kokybės kriterijų įverčių nustatymui yra taikomas trapecijos neraiškiųjų skaičių metodas. Kokybės skaitinei išraiškai procentais nustatyti yra naudojama ekspertų naudingumo funkcija. Tyrimo rezultatai rodo, kad siūloma kompleksinė ekspertinio kokybės vertinimo metodika yra taikytina praktikoje vertinant nuotolinių mokymo kursų naudotojų sąsajos kokybę.*



## Įvadas

Straipsnio tikslas yra išnagrinėti nuotolinio mokymo kurso (toliau – NKM) naudotojų sąsajos (angl. *User Interface*) kokybės *ekspertinio* vertinimo problemą. Naudotojo sąsaja yra viena pagrindinių NKM sudedamųjų dalių. Viso NKM kokybės ekspertinis vertinimas yra daug sudėtingesnė problema, todėl šio straipsnio rėmuose autoriai apsiri- boja tik NKM vartotojo sąsajos kokybės vertinimo klausimu. Tikslui pasiekti yra spren- džiami šie uždaviniai: 1) suformuluoti subalansuotą NKM naudotojų sąsajos kokybės modelį (kokybės kriterijų sistemą), taikant daugiakriterinių sprendimų analizės teoriją; 2) išnagrinėti kelis matematinius (t. y., analitinio hierarchinio proceso (toliau – AHP) ir neraiškiųjų skaičių) metodus, galimai tinkamus NKM naudotojų sąsajos kokybei ver- tinti, bei 3) naudojant ekspertų naudingumo funkciją, pritaikyti minėtus metodus prak- tikoje, vertinant įvairias NKM naudotojų sąsajos alternatyvas.

Mokomosios programinės įrangos kokybės vertinimui mokslo literatūroje yra nau- dojami įvairūs metodai. Pavyzdžiui, viename stambiausių 7-osios Bendrosios mokslini- ų tyrimų ir technologinės plėtros programos (*7FP*) projekte *iTEC (Innovative Techno- logies for an Engaging Classroom)* autoriai išbandė IT grįstus mokomuosius scenarijus (o NKM yra vienas IT grįsto mokomojo scenarijaus pavyzdžių) 80 pilotinėse Lietuvos mokyklose. Šiam tikslui yra naudojama gana sudėtinga metodologija, kurią sudaro pre- liminarus bandomasis vertinimas 3-jose pilotinėse mokyklose, scenarijų įgyvendinimo stebėjimas 80 mokyklose, kiekybinis ir kokybinis vertinimas, kuriam yra naudojami pamokų filmavimas, interviu su mokytojais ir mokiniais, didelės apimties sudėtingi tarptautinių ekspertų parengti klausimynai mokykloms, rezultatų apibendrinimas ir t.t. Ši metodika yra labai brangi, o scenarijų kokybės vertinimo ciklas užtrunka daugiau nei pusmetį. Skirtingai nuo šio ir kitų (pvz., duomenų gavybos) metodų, pagrįstų NKM nau- dotojų duomenų ar jų atsiliepimų analize, NKM ir apskritai mokomosios programinės įrangos *ekspertinio* kokybės vertinimo problemos buvo mažai tyrinėjamos mokslinėje literatūroje, o aukščiau minėtų *ekspertinio* kokybės vertinimo mokslo principų ir me- todų kompleksinis taikymas problemai spręsti el. mokymo(-si) mokslinėje literatūroje (autorių žiniomis) yra atliekamas pirmą kartą; pvz., AHP metodas anksčiau niekada ne- buvo taikomas mokomosios programinės įrangos kokybės kriterijų svoriams nustatyti. Siūloma *ekspertinio kokybės vertinimo metodika* reikalauja kur kas mažiau finansinių, žmoniškųjų ir laiko sąnaudų lyginant su kitais metodais.

Siūloma kompleksinė NKM naudotojų sąsajos kokybės ekspertinio vertinimo me- todika taip pat mažina ekspertinio vertinimo subjektyvumą, nes kiekviename kokybės ekspertinio vertinimo proceso etape (kokybės modelio kūrimo, kokybės kriterijų svorių nustatymo, kriterijų įverčių nustatymo, bendrojo alternatyvų kokybės vertinimo procen- tais) yra kompleksiskai taikomi gerai žinomi mokslo principai ir optimizavimo metodai. Siūloma kompleksinė metodika turėtų padėti el. mokymo(-si) proceso dalyviams (mo- kymo įstaigoms, kurso kūrėjams, dėstytojams ir pan.) priimti tinkamus pagrįstus spren-

dimus dėl kokybiškų NMK alternatyvų paieškos, įsigijimo arba kūrimo mokomiesiems tikslams pasiekti.

## Tyrimo metodika

### Nuotolinio mokymo kurso naudotojų sąsajos kokybės modelio sudarymas

Vertinant alternatyvų kokybę, dažnai būna keli ar dar daugiau kokybės kriterijų, kurie nusako konkrečios alternatyvos savybes ir kuriuos reikia optimizuoti priimant sprendimą (Kurilovas, Dagienė, 2010, 2009). Dažniausiai kriterijai būna priešaringi – alternatyvos gali būti labai kokybiškos pagal tam tikrus kriterijus ir tuo pačiu metu nekokybiškos pagal kitus. Priimant sprendimą tenka subalansuoti kriterijus, o taip pat ir įvairių interesų grupių (angl. *Stakeholders*) nuomones, todėl tokio tipo uždaviniams spręsti siūloma naudoti daugiakriterinių sprendimų analizės (angl. *Multiple Criteria Decision Analysis – MCDA*) teoriją. Kokybės kriterijų sistemai sukurti yra naudotini MCDA teorija grįsti kokybės kriterijų formavimo principai.

Šie principai buvo pasiūlyti (Belton, Stewart, 2002) ir apima (1) sąvokos siejimą su tikslu; (2) vienodą suprantamumą; (3) kriterijų matuojamumą; (4) neperteklišumą; (5) vertinimo nepriklausomumą; (6) išsamumo ir glaustumo balansą; (7) operacionalumą; (8) paprastumo ir sudėtingumo balansą.

### Kokybės vertinimo metodai

NMK naudotojų sąsajos alternatyvų (toliau – alternatyvų) kokybės vertinimui autoriai siūlo naudoti ekspertų naudingumo funkciją (1), vertinant alternatyvų kokybės kriterijų visumą, t.y., sumuojant kriterijų įverčius (reitingus) padaugintus iš kriterijų svorių. Šis metodas yra žinomas kaip vienas iš optimizavimo metodų ir vadinamas „skaljarizacijos metodas“. Ekspertų naudingumo funkcija (1) yra ši:

$$f(X) = \sum_{i=1}^m a_i f_i(X) \quad (1)$$

kur  $f_i(X)$  yra kriterijaus  $i$  skaitinė reikšmė (angl. *non-fuzzy value*) kiekvienai iš nagrinėjamų alternatyvų ( $X_j$ ). Tam, kad būtų gauta alternatyvų vertinimo išraiška procentais, kriterijų svoriai  $a_i$  turi būti normalizuoti pagal normalizavimo reikalavimą (Kurilovas, Dagienė, 2010, 2009; Kurilovas ir kt., 2011):

$$\sum_{i=1}^m a_i = 1, \quad a_i > 0. \quad (2)$$

Kaip matome, alternatyvų kokybei įvertinti turime nustatyti kokybės kriterijų *įverčius* ir *svorius*.

**Trapecijos neraiškiųjų skaičių metodas kokybės kriterijų įverčiams nustatyti**

Kokybės kriterijų įverčių nustatymui autoriai siūlo naudoti žinomą trapecijos neraiškiųjų skaičių metodą, detaliai aprašytą Zhang Li Li ir Cheng De Yong (1992) bei Kurilovo ir kt. (2011) darbuose. Pagal šį metodą lingvistiniai kokybės kriterijų vertinimo kintamieji „puikiai“, „gerai“, „patenkinamai“, „prastai“ ir „blogai“ yra konvertuojami į taip vadinamus trapecijos įverčių skaitines reikšmes, atitinkamai 1,000; 0,800; 0,500; 0,200 ir 0,000.

**AHP metodas kokybės kriterijų svoriams nustatyti**

Kriterijų svoriai atspindi ekspertų vertintojų nuomonę apie kriterijų svarbą lyginant su kitais kriterijais. Kriterijų svoriams nustatyti autoriai siūlo naudoti analitinio hierarchinio proceso (AHP) metodą.

Pagal (Lin Hsiu-Fen, 2010; Yang Jiaqin, Shia Ping, 2002), AHP metodas leidžia suprantamu ir racionaliū būdu struktūrizuoti sudėtingą problemą hierarchijos pavidaļu, palyginti ir kiekybiškai įvertinti alternatyvių sprendimų variantus. Sprendimo priėmimo problemos analizavimas AHP prasideda nuo hierarchinės struktūros sukūrimo, kuri susideda iš tikslo, kriterijų, alternatyvų ir kitų nagrinėjamų faktorių, kurie įtakoja pasirinkimą. Kitas etapas yra prioritetų nustatymas porinių palyginimų metodu, turint tam tikrą santykinį svarbumą arba vertingiausių elementų hierarchinę struktūrą. Pirmoje lentelėje pateikiamos porinio palyginimo skalės žodiniai apibrėžimai. Palyginimas poromis vyksta svarstyklių principu, kiek vienas kriterijus yra svarbesnis už kitą. Kriterijus ir subkriterijus lyginame grupės ribose. Jei kriterijų svarbumas vienodas, arba lygus, tuomet įvertinimas yra lygus vienetui.

**1 lentelė.** Kriterijų (subkriterijų) porinio palyginimo skalės žodiniai apibrėžimai.

Įvertinimas	Žodinis apibrėžimas	Paaškinimas
1	Lygus	Abudu kriterijai yra vienodai svarbūs
3	Vidutinio stiprumo	Vieno kriterijaus svarbumas mažai skiriasi nuo kito
5	Stiprus	Vienas kriterijus yra vidutiniškai svarbesnis už kitą
7	Labai stiprus	Vienas kriterijus daug svarbesnis už kitą
9	Aukščiausias laipsnis	Vienas kriterijus yra labai daug svarbesnis už kitą
2, 4, 6, 8 – tarpiniai įvertinimai, kai reikalingas kompromisas		

Iš gautų rezultatų kiekvienai kriterijų ir subkriterijų grupei sudaroma sprendimų matrica:

$$a_{ij} = 1, \forall i = j; \text{ ir } a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, \forall i, j = 1, 2..n; \quad n - \text{matricos dydis}$$

Po to yra apskaičiuojamos sprendimo matricos stulpelių sumos:

$$Sa_j = \sum_{i=1}^n a_{ij}$$

bei apskaičiuojama tarpinė matrica:

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{Sa_j}$$

Po to yra apskaičiuojamos tarpinės matricos eilučių sumos:

$$Sb_i = \sum_{j=1}^n b_{ij}$$

Ir pagaliau yra apskaičiuojamas matricos prioritetų vektorius, t.y. kriterijų (subkriterijų) svoriai:

$$\alpha_i = \frac{Sb_i}{n}$$

Skaičiavimų teisingumo patikrinimui yra naudojama ši veiksmų seka:

Pirma, apskaičiavus matricos prioritetų vektorių, randama didžiausia prioritetų reikšmė:

$$\lambda = \sum_{i,j=1}^n Sa_j \cdot \alpha_i$$

Po to yra skaičiuojamas suderinamumo indeksas CI:

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

Po to yra įvedamos atsitiktinės indekso reikšmės IR. IR reikšmės priklauso nuo matricos dydžio (*2 lentelė*). Antroje lentelėje pateikti RI indeksai nuo 1 iki 10 matricos eilės.

**2 lentelė.** Vidutinis atsitiktinis indeksas (RI) priklausomas nuo matricos dydžio (pagal Satty (2000)).

Nr.	Matricos dydis (n)	Atsitiktinis suderinamumo indeksas (RI)
1	1	0
2	2	0
3	3	0,52
4	4	0,89
5	5	1,11
6	6	1,25
7	7	1,35
8	8	1,40
9	9	1,45
10	10	1,49

Pagaliau yra apskaičiuojama suderinamumo koeficiento reikšmė:

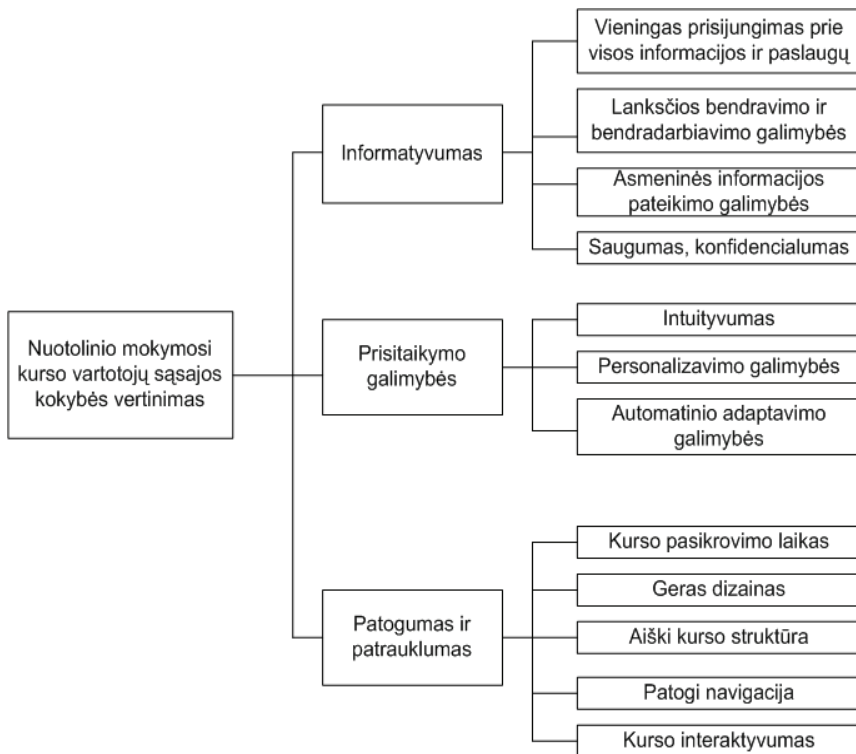
$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Jeigu suskaičiuoto suderinamumo koeficiento reikšmė porinių palyginimų matricioje yra mažesnė už 0,1 (10%), porinio palyginimo sprendimas yra priimtinas. Kai sąlyga netenkina, tokiu atveju įvertinimai peržiūrimi iš naujo ir vėl redaguojami.

## Tyrimo rezultatai

### Kokybės modelio kūrimas

NMK naudotojų sąsajos kokybės modeliui sukurti autoriai naudojo pasaulyje gerai žinomą ir aukštai įvertintą virtualiųjų mokymosi aplinkų (toliau – VMA) kokybės modelį, pateiktą Kurilovo ir Dagienės (2010, 2009) darbuose, bei NMK ir jų naudotojų sąsajos kokybės tyrimo rezultatus, pateiktus Lin Hsiu-Fen (2010), Juristo ir kt. (2007), Kamaruddin ir kt. (2009), Mayhew (1999), Yu-Cheng Lee ir kt. (2010) darbuose. Tam, kad iš visų mokslo literatūroje pateiktų kokybės kriterijų sukurti subalansuotą ir kompleksišką kokybės modelį, autoriai naudojo MCDA teorija grįstus Belton ir Stewart (2002) principus. Sukurtas kokybės modelis yra pateiktas 1 pav.



1 pav. Nuotolinio mokymosi kurso naudotojų sąsajos kokybės modelis.

Kriterijų medis susideda iš trijų kriterijų grupių. Kiekvienam kriterijui priklauso grupė subkriterijų. Tokiu būdu, pagal AHP metodą turime analizuoti vieną kriterijų ir tris subkriterijų grupes. Informatyvumo kriterijai („Lanksčios bendravimo ir bendradarbiavimo galimybės“, „Asmeninės informacijos pateikimo galimybės“ ir pan.) yra taip pat funkcinio atitikimo kriterijai, bet jie yra svarbūs vartotojų sąsajai. Kaip matome, kokybės medį sudaro kaip grynai nuotoliniam mokymo kursui būdingi kriterijai („Patogumo ir patrauklumo“ grupės), taip ir labiau VMA kokybę atspindintys kriterijai („Informatyvumo“ ir „Prisitaikymo galimybių“ kriterijų grupės).

### *Kriterijų svorių nustatymas naudojant AHP metodą*

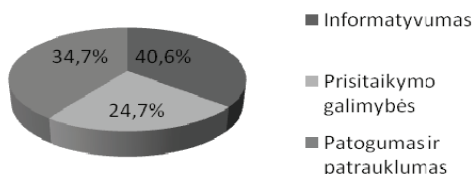
NMK naudotojų sąsajos kokybės vertinimo tyrime (naudojant sukurta modelį pateiktą 1 pav.) dalyvavo šešiolika Vilniaus Gedimino technikos universiteto (VGTU) vertintojų. Vertintojai buvo suskirstyti į dvi grupes (informatikos specialistų – dėstytojų, ir naudotojų – studentų), atsižvelgiant į vertintojų kvalifikacijos lygį. Penkių specialistų ir vienuolikos naudotojų duomenys buvo suskaičiuoti naudojant AHP metodą. Dviejų grupių kriterijų ir subkriterijų svorių vidurkis yra pateiktas 3 lentelėje. Pirmajame stulpelyje yra pateikti

**3 lentelė.** Informatikos srities specialistų ir naudotojų kriterijų svorių nustatymo rezultatas.

	<b>Kriterijų svorių nustatymas specialistais</b>		<b>Kriterijų svorių nustatymas naudotojais</b>	
<b>Informatyvumas</b>	<b>40,6%</b>		<b>28,6%</b>	
Vieningas prisijungimas prie visos informacijos ir paslaugų	31,4%	12,8%	25,4%	7,3%
Lanksčios bendravimo ir bendradarbiavimo galimybės	18,4%	7,5%	21,8%	6,2%
Asmeninės informacijos pateikimo galimybės	15,2%	6,1%	17,1%	4,9%
Saugumas, konfidencialumas	35,0%	14,2%	35,7%	10,2%
<b>Prisitaikymo galimybės</b>	<b>24,7%</b>		<b>28,0%</b>	
Intuityvumas	33,6%	8,3%	53,2%	14,9%
Personalizavimo galimybės	41,3%	10,2%	29,7%	8,3%
Automatinio adaptavimo galimybės	25,1%	6,2%	17,1%	4,8%
<b>Patogumas ir patrauklumas</b>	<b>34,7%</b>		<b>43,4%</b>	
Kurso pasikrovimo laikas	21,7%	7,5%	18,1%	7,8%
Geras dizainas	11,0%	3,8%	14,0%	6,1%
Aiški kurso struktūra	28,6%	9,9%	28,3%	12,3%
Patogi navigacija	25,8%	9,0%	24,8%	10,7%
Kurso interaktyvumas	12,9%	4,5%	14,8%	6,5%

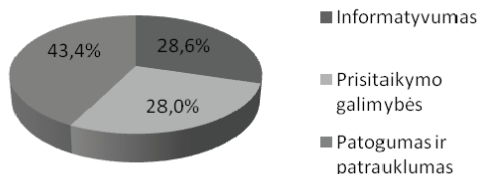
kriterijų ir atskirų subkriterijų grupių svoriai, kiekvienos grupės suma lygi 100%. Kriterijų grupės svoriai, nustatyti specialistų ir naudotojų grupių, yra pateikti diagramose „Informatikos srities specialistų kriterijų svorių nustatymai“ ir „Naudotojų kriterijų svorių nustatymai“ (2 pav. ir 3 pav.). Subkriterijų grupių, nustatytų specialistų ir naudotojų grupių, svorių palyginimas yra pateikiamas diagramose „Informatyvumas“, „Prisitaikymo galimybės“, „Patogumas ir patrauklumas“ (4 pav., 5 pav. ir 6 pav.). Antrajame stulpelyje yra suskaičiuoti subkriterijų svoriai, atsižvelgiant į atitinkamų kriterijų svorius. Visų subkriterijų suma remiantis svorių normalizavimo reikalavimu (2), yra lygi 1, arba 100%.

**Informatikos srities specialistų kriterijų svorių nustatymai**

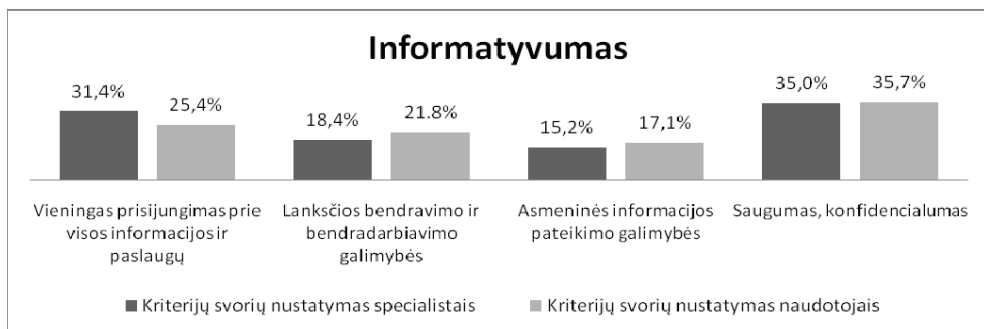


2 pav. Informatikos srities specialistų kriterijų svorių nustatymai

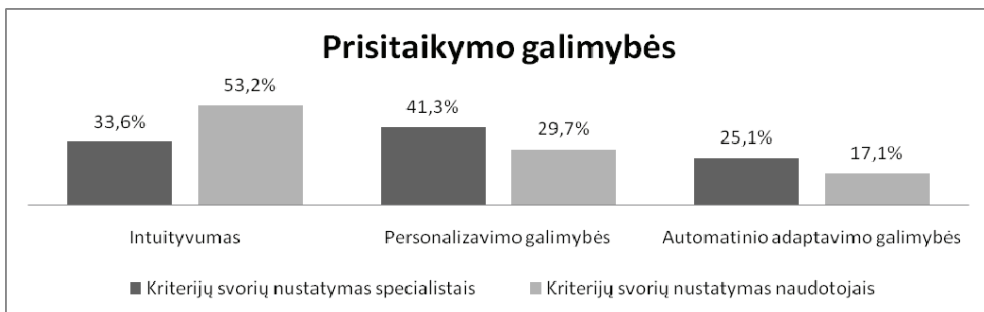
**Naudotojų kriterijų svorių nustatymai**



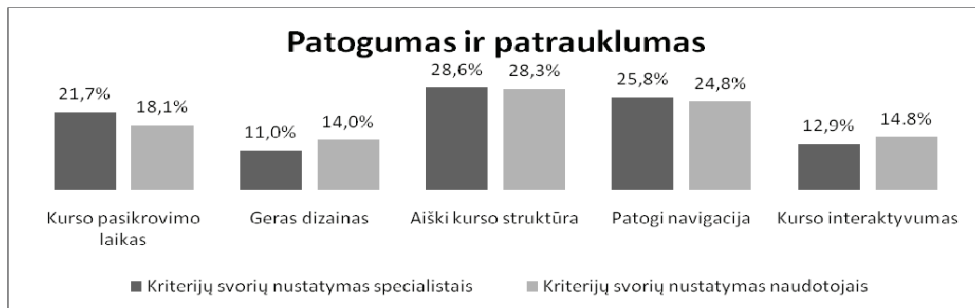
3 pav. Naudotojų kriterijų svorių nustatymai



4 pav. „Informatyvumo“ kriterijaus subkriterijų svorių nustatymas.



5 pav. „Prisitaikymo galimybių“ kriterijaus subkriterijų svorių nustatymas



6 pav. „Patogumo ir patrauklumo“ kriterijaus subkriterijų svorių nustatymas

### Praktinio kokybės vertinimo pavyzdys

Praktiniam kokybės vertinimui buvo panaudotos dvi NMK alternatyvos – kursas IBM Workplace Collaborative Learning 2.6 (<http://estudijos.vgtu.lt/lms-lmm>) ir Moodle (<http://moodle.vgtu.lt>) VMA. Alternatyvos buvo sukurtos 2010-2011 mokslo metais VGTU IV kurso studentų, studijuojančių autorių sukurtą ir dėstomą „Kompiuterinių mokymo sistemų“ kursą. Alternatyvos buvo įvertintos tų pačių ekspertų, t. y., 5 informatikos specialistų (dėstytojų) ir 11 naudotojų (studentų), taikant aukščiau pristatytą trapecijos neraiškiųjų skaičių metodą. Alternatyvų vertinimo rezultatai yra pateikti 4 lentelėje. Jie yra suskaičiuoti taikant ekspertų naudingumo funkciją (1), naudojant vertintojų įverčių vidurkius bei subkriterijų svorius, pateiktus 3 lentelėje.

AHP metodo taikymo tyrimo rezultatai (žr. 3 lentelę) rodo, kad VGTU dėstytojai ir studentai skirtingai vertina NMK vartotojų sąsajos kriterijų svarbumą – dėstytojams svarbiausias kokybės kriterijus yra „Informatyvumas“, tuo tarpu studentams – „Patogumas ir patrauklumas“, t. y., geras dizainas, patogi navigacija ir pan. Taip pat yra ryškių skirtumų tarp subkriterijų svarbumo įvertinimo rezultatų. Alternatyvų vertinimo rezultatai (žr. 4 lentelę) taip pat rodo tam tikrą VGTU dėstytojų ir studentų nuomonių skirtumą: dėstytojai kiek griežčiau už studentus (vidutiniškai 6–7%) vertina alternatyvų kokybę. Tuo tarpu ir dėstytojai, ir studentai žymiai geriau (vidutiniškai 18–19%) vertina kursą, patalpintą VMA Moodle. Tai yra suprantama, nes remiantis įvairiais tyrimais (Graf, List, 2005; Kurilovas, Dagienė, 2010), Moodle yra viena kokybiškiausių egzistuojančių VMA vertinant pagal daugelį kokybės kriterijų. Kaip ir kiekvienas ekspertinio vertinimo atvejis, pristatytas pavyzdys turi tam tikrą subjektyvumo laipsnį, ir vertinimo rezultatai gali keistis pasirinkus kitus ekspertus vertintojus. Tačiau siūloma aiški ir tiksli kokybės vertinimo metodika gali labai padėti ekspertams ir žymiai sumažinti vertinimo subjektyvumą.



**4 lentelė.** Kursų vartotojų sąsajos įvertinimo rezultatai

Subkriterijai	Subkriterijų svoriai		Kursas IBM WCL 2.6 VMA				Kursas Moodle VMA			
	Informatikos specialistai	Naudotojai	Specialistų įvertčiai	Naudotojų įvertčiai	Specialistų vertinimas	Naudotojų vertinimas	Specialistų įvertčiai	Naudotojų įvertčiai	Specialistų vertinimas	Naudotojų vertinimas
Vieningas prisijungimas prie visos informacijos ir paslaugų	12,8%	7,3%	0,26	0,29	3,33%	2,12%	0,62	0,65	7,94%	4,75%
Lanksčios bendravimo ir bendradarbiavimo galimybės	7,5%	6,2%	0,32	0,35	2,4%	2,17%	0,88	0,90	6,6%	5,58%
Asmeninės informacijos pateikimo galimybės	6,1%	4,9%	0,32	0,32	1,95%	1,57%	0,74	0,79	4,51%	3,87%
Saugumas, konfidencialumas	14,2%	10,2%	0,74	0,79	10,51%	8,06%	0,78	0,83	11,08%	8,47%
Intuityvumas	8,3%	14,9%	0,22	0,27	1,83%	4,02%	0,74	0,74	6,14%	11,03%
Personalizavimo galimybės	10,2%	8,3%	0,26	0,29	2,65%	2,41%	0,50	0,56	5,1%	4,65%
Automatinio adaptavimo galimybės	6,2%	4,8%	0,26	0,29	1,61%	1,39%	0,38	0,41	2,36%	1,97%
Kurso pasikrovimo laikas	7,5%	7,8%	0,50	0,56	3,75%	4,37%	0,50	0,53	3,75%	4,13%
Geras dizainas	3,8%	6,1%	0,84	0,90	3,19%	5,49%	0,84	0,90	3,19%	5,49%
Aiški kurso struktūra	9,9%	12,3%	0,88	0,94	8,71%	11,56%	0,88	0,94	8,71%	11,56%
Patogi navigacija	9,0%	10,7%	0,84	0,88	7,56%	9,42%	0,84	0,88	7,56%	9,42%
Kurso interaktyvumas	4,5%	6,5%	0,84	0,88	3,78%	5,72%	0,84	0,88	3,78%	5,72%
Iš viso:	100,0%	100,0%			51,27%	58,29%			70,72%	76,64%

Siūloma kokybės vertinimo metodika yra gana universali, ją galima naudoti bet kuriai mokomajai programinei įrangai vertinti. Tačiau šio straipsnio tikslas buvo išbandyti šią metodiką konkrečiam siauresniam atvejui, t. y., NKM vartotojų sąsajos kokybės vertinimui.

## Išvados ir rekomendacijos

Kuriant subalansuotą NMK vartotojų sąsajos kokybės modelį (kriterijų sistemą), yra tikslinga taikyti MCDA teorija grįstus Belton ir Stewart kokybės modelio sudarymo principus, skiriant dėmesį kaip NMK turinio vartotojų sąsajos kokybės kriterijams, taip ir kursui naudojamos VMA kokybės kriterijams.

Tyrimas parodė, kad AHP metodas yra patogus naudoti praktikoje kokybės kriterijų svoriams nustatyti, kai kursų vartotojų sąsajos kokybę vertina daug skirtingų ekspertų vertintojų. Trapecijos neraiškiųjų skaičių metodas yra taip pat patogus taikyti praktikoje vertinant NMK vartotojų sąsajos kokybę.

Tyrimo rezultatai byloja, kad VGTU dėstytojai ir studentai skirtingai vertina nuotolinių mokymo kursų vartotojų sąsajos kriterijų svarbumą – dėstytojams svarbiausias kokybės kriterijus yra „Informatyvumas“, tuo tarpu studentams – „Patogumas ir patrauklumas“.

VGTU dėstytojai kiek griežčiau už studentus (vidutiniškai 6–7%) vertina kursų naudotojų sąsajos alternatyvų kokybę. Tuo tarpu ir dėstytojai, ir studentai žymiai geriau (vidutiniškai 18–19%) vertina kursą patalpintą VMA Moodle.

Tyrimo rezultatai rodo, kad siūloma kompleksinė ekspertinio kokybės vertinimo metodika yra taikytina praktikoje vertinant nuotolinių mokymo kursų naudotojų sąsajos kokybę.

## LITERATŪRA

- BELTON, V.; STEWART, T.J., (2002) “Multiple criteria decision analysis: an integrated approach”. *Norwell, Massachusetts 02061 USA: Kluwer Academic Publishers*, p. 55–84.
- GRAF, S., LIST, B., (2005) “An Evaluation of Open Source E-Learning Platforms Stressing Adaptation Issues”. *Presented at ICAALT 2005*
- iTEC (Innovative Technologies for an Engaging Classroom) project website (2011). Available online at <http://itec.eun.org/web/guest/>
- JURISTO, N.; MORENO, A. M.; SANCHEZ-SEGURA, M.-I., (2007) “Analysing the impact of usability on software design”. *The Journal of Systems and Software 80 (2007)*, p. 1506–1516.
- KAMARUDDIN, N.; PARK, J.Y. & HYUN, N.Y., (2009) “The quality of interface design for educational courseware development in Malaysian educational context”. *Design Principles and Practices, 3(2) (2009)*, p. 315-326.
- KURILOVAS, E.; BIRENIENE, V.; SERIKOVIENE, S., (2011) “Methodology for Evaluating Quality and Reusability of Learning Objects”. *The Electronic Journal of e-Learning, Vol. 9, Issue 1, 2011*, p. 39–51. Available online at: [www.ejel.org](http://www.ejel.org)
- KURILOVAS, E.; DAGIENĖ, V., (2010) “Multiple Criteria Evaluation of Quality and Optimisation of e-Learning System Components”. *The Electronic Journal of e-Learning, Vol. 8, Issue 2, 2010*, pp. 141–150. Available online at: [www.ejel.org](http://www.ejel.org)
- KURILOVAS, E.; DAGIENĖ, V., (2009) “Multiple Criteria Comparative Evaluation of e-Learning Systems and Components”. *Informatica 20 (4)*, p. 499-518.
- LEE, Yu-Cheng; CHAO, Yun Han; LIN, Shao-Bin, (2010) “Structural approach to design user interface”. *Computers in Industry 61 (2010)*, p. 613–623.
- LIN, Hsiu-Fen, (2010). “An application of fuzzy AHP for evaluating course website quality”. *Computers & Education 54 (2010)*, p. 877–888.

- MAYHEW, D. J., (1999) "The Usability Engineering Lifecycle". In: *CHI '99 extended abstracts on Human factors in computing systems (1999)*, p. 147-148.
- SATTY, T. L., (2008). "Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors - The Analytic Hierarchy/Network Process". *RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics) 102 (2), 2008*, p. 251-318.
- YANG, J.; SHIA, P., (2002) "Applying Analytic Hierarchy Process in Firm's Overall Performance Evaluation: A Case Study in China". *International Journal of Business, 7(1), 2002*, p. 29-46.
- ZHANG, Li Li; CHENG, De Yong, (1992). Extent analysis and synthetic decision. In: *Support Systems for Decision and Negotiation Processes, Preprints of the /FAC/IFORS/IIASA/TIMS Workshop, Vol. 2. System Research Institute, Warsaw*, p. 633-640.

## **APPLICATION OF ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) METHOD FOR EVALUATION OF QUALITY OF USER INTERFACE OF DISTANCE LEARNING COURSES**

**Eugenijus Kurilovas, Irina Vinogradova, Inga Žilinskienė**

### Summary

The paper is aimed to analyse the problem of evaluation of quality of user interface of distance learning courses. To solve the problem, the authors propose to use a novel complex methodology. The authors analyse and create a model (criteria system) for evaluation of quality of distance learning courses' user interface based on principles of multiple criteria decision analysis theory. Analytic Hierarchy Process (AHP) method is applied to establish the weighs of quality criteria. Trapezoidal numbers' fuzzy method is applied to evaluate the quality of courses' user interface. Experts' utility function is used to establish numeric quality value in per cent. Research results show that proposed comprehensive expert quality evaluation methodology is applicable in practice while evaluating the alternatives of distance learning courses user interfaces.

# Švytinčių bakterijų kolonijos struktūros formavimosi kompiuterinis modeliavimas

## **Linas Litvinas**

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakulteto bakalauras  
Vilnius University, Faculty of Mathematics and Informatics, Bachelor  
Naugarduko g. 24, LT-03225 Vilnius  
Tel. (+370 5) 219 30 64  
El. paštas: linas.litvinas@mif.stud.vu.lt

## **Romas Baronas**

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakulteto profesorius, dr.  
Vilnius University, Faculty of Mathematics and Informatics, Professor, PhD  
Naugarduko g. 24, LT-03225 Vilnius  
Tel. (+370 5) 219 30 64  
El. paštas: romas.baronas@mif.vu.lt

## **Remigijus Šimkus**

Vilniaus universiteto Biochemijos instituto vyresn. m. darbuotojas, dr.  
Vilnius University, Institute of Biochemistry, Senior Res. Assoc., PhD  
Mokslininkų g. 12, LT-08662 Vilnius,  
Tel. (+370 5) 272 90 68  
El. Paštas: remigijus.simkus@bchi.vu.lt

*Straipsnyje nagrinėjamas bakterijų kolonijos struktūros formavimosi matematinis ir kompiuterinis modeliavimas. Sudaryto matematinio modelio pagrindas – Keller-Segel-Maini chemotaksio modelis. Modelis taikomas lux-genais žymėtų Escherichia coli bakterijų kultūroms, kurios formuoja laštelių sankaupas cilindrinuose indeliuose prie trijų fazių kontaktinės linijos. Modeliuojant atkurtos dėsningos osciliacijos bei chaotiškos fluktuacijos, kurios buvo stebėtos fiziniame eksperimente. Parenkant matematinį modelį, buvo ištirta bakterijų difuzijos koeficiento netiesiškumo įtaka susidarančiai struktūrai ir pagrįstas pastoviojo koeficiento tinkamumas. Skaitiniam modeliavimui taikytas baigtinių skirtumų metodas. Taikant sudarytąjį modelį, ištirta pradinio kolonijos išsidėstymo struktūros įtaka tolimesnei struktūros raidai.*

## ***Įvadas***

Daugelis mikroorganizmų reaguodami į jų aplinkoje esančius chemikalus geba judėti link jų ar nuo jų. Kryptingas, įtakojamas cheminių medžiagų gradientų, mikroorganizmų judėjimas yra vadinamas chemotaksium (Eisenbach, 2004). Chemotaksis nulemia

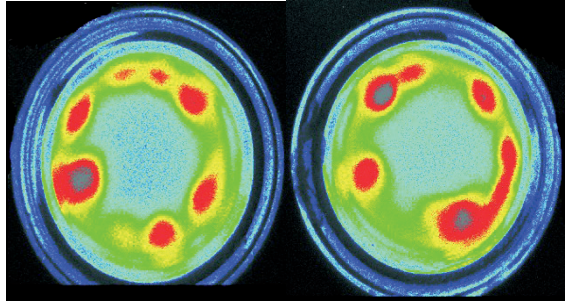
daugelį biologinių reiškinių, pavyzdžiui, spermatozoidų bei leukocitų aktyviają slinktį, navikinių ląstelių skverbimąsi į sveiką audinį (Williams, 2011). Nors chemotaksis yra būdingas daugeliui bakterijų rūšių, dažniausiai tiriama *Escherichia coli* (Eisenbach, 2004).

Bakterijų populiacijos geba struktūrizuoti savo išsidėstymą. Išsidėstymo struktūrą lemia daugelis sąlygų. Nors kiekviena dinaminė sistema turi savo specifines savybes, viena svarbiausių priežasčių, lemiančių struktūrų susidarymą, yra chemoatraktanto poveikis (Budrene, Berg, 1995). Chemotaksiui tyrinėti plačiai taikomas matematinis modeliavimas (Hillen, Painter, 2009).

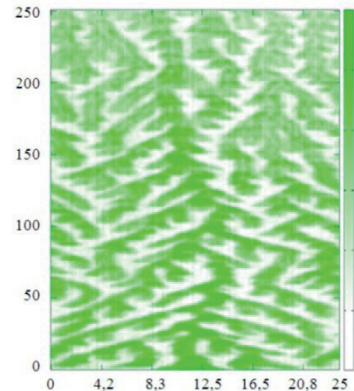
Neseniai, bakterijų kultūrų dinaminėms struktūroms tyrinėti buvo pasitelktas bioluminescencinių vaizdų apdorojimas. Bakterijų saviorganizacijos reiškiniui tirti buvo sėkmingai panaudotos lux-genais žymėtos *E. coli* bakterijos. Eksperimentuose buvos stebėtas ląstelių koncentravimasis prie trijų fazių (oras-skystis-stiklas) kontaktinės linijos (Šimkus ir kt., 2009). Charakteringi, eksperimentuose stebėti bakterijų kultūrų bioluminescenciniai vaizdai yra pateikti 1 pav., kuriame aiškiai matomas švytinčių bakterijų koncentravimasis ir jų judėjimas prie kontaktinės linijos. Pirmosiomis 250 min. stebėtas bakterijų sambūrių formavimasis ir judėjimas išilgai kontaktinės linijos yra pavaizduotas 2 pav. Vaizduose stebimos gana dėsningos osciliacijos bei chaotiškos fluktuacijos.

Lux-genais žymėtos bakterijos naudojamos kaip gyvi biojutikliai (Roda et al., 2004). Šio tipo biojutiklių signalai gali būti nestabilūs. Todėl, siekiant sukurti pakankamai stabilius biojutiklius, labai svarbu gerai pažinti struktūrų formavimosi dėsningumus.

Šio tyrimo tikslas buvo sudaryti švytinčių bakterijų kolonijos struktūros formavimosi ir kaitos matematinį bei jį atitinkantį kompiuterinį modelius, ir, taikant sudarytąjį modelį, iširti ko-



**1 pav.** Bioluminescenciniai marginiai *E. coli* kultūrose stebėti iš viršaus (indelių vidinis skersmuo – 8 mm, kultūrų gylis – 10 mm). Raudona spalva žymi didžiausią intensyvumą, žalia – mažiausią (juodai baltame spausdinyje patamsėjimai žymi didesnę intensyvumą). (Šimkus ir kt., 2009).



**2 pav.** Dvispalvis bakterijų švytėjimo intensyvumo pirmosiomis 250 min. dinamikos profilis. Švytėjimo intensyvumas matuotas išilgai apskrito indo krašto, kurio ilgis 25 mm (žr. 1 pav.). Tamsiau – didesnis intensyvumas.

lonijos elgsenos dėsningumus. Sudarytojo matematinio modelio pagrindas – Keller-Segel-Maini chemotaksio modelis (Keller, Segel, 1971; Maini et al., 1991). Šiame straipsnyje aptariama pradinio kolonijos išsidėstymo struktūros įtaka tolimesnei struktūros raidai. Parenkant tinkamą matematinį modelį, buvo iširta bakterijų difuzijos koeficiento netiesiškumo įtaka susidaranti struktūrai.

### Matematinis modelis

Tarus, kad, stebimą bakterijų švytėjimo intensyvumą nulemia jų tankis, švytėjimo intensyvumo dinamikai nemaišomame tirpale aprašyti galima taikyti chemotaksio modelį. Pagrindiniams bakterijų populiacijos tirpale procesams aprašyti dažniausiai taikomos diferencialinės lygtys dalinėmis išvestinėmis (Hillen, Painter, 2009). Labai apibendrintai bakterijų chemotaksį galima aprašyti difuzijos-advекcijos-reakcijos lygtimis (Keller, Segel, 1971),

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \nabla(D_n \nabla n) - \nabla(nf(n, c)\nabla c) + h(n, c), \quad (1a)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \nabla(D_c \nabla c) + g_g(n, c)n - g_n(n, c)c, \quad x \in \Omega, t > 0, \quad (1b)$$

čia  $t$  žymi laiką,  $x$  – erdvės srities  $\Omega$  tašką,  $n(x, t)$  yra ląstelių tankis,  $c(x, t)$  – chemoatraktanto koncentracija,  $D_n$  ir  $D_c$  yra difuzijos koeficientai, funkcija  $f(n, c)$  žymi chomotaksinį jautrį,  $h(n, c)$  aprašo ląstelių augimą bei žūtį,  $g_g(n, c)$  ir  $g_n(n, c)$  žymi chemoatraktanto gaminimąsi bei nykimą. Parinkus funkcijas  $f$ ,  $h$ ,  $g_g$ , ir  $g_n$  gaunamas konkretus chemotaksio modelis (Hillen, Painter, 2009).

Difuzijos koeficientai  $D_n$  ir  $D_c$  dažnai laikomi konstantomis. Tačiau įvairiuose praktiniuose modelio taikymuose stebima netiesinė ląstelių difuzijos koeficiento priklausomybė nuo jų koncentracijos. Šiame darbe tyrėme ląstelių difuzijos koeficiento netiesiškumo įtaką švytinčių *E. coli* bakterijų populiacijos formavimosi struktūrai, taikydami laipsninę difuzijos koeficiento priklausomybę nuo ląstelių tankio,  $D_n(n) = (n/n_0)^k$ , kur  $n_0$  – pusiausviroji ląstelių koncentracija,  $k \geq 0$  (Kowalczyk, 2005). Daugelyje taikymų chemotaksio jautris  $f$  laikomas konstanta,  $f(n, c) = \chi$  (Hillen, Painter, 2009). Ląstelių augimui aprašyti taikoma logistinė funkcija,  $h(n, c) = rn(1 - n/n_0)$ , kur  $r$  – ląstelių augimo greitis. Chemoatraktanto gaminimuisi aprašyti dažnai taikoma Michaelio-Menten funkcija,  $g_g(n, c) = v/(n + \gamma)$ , o nykimui – konstanta,  $g_n(n, c) = \mu$ .

Modeliuojant bakterijų struktūros formavimąsi prie apskritimo formos kontaktinės linijos, matematinį modelį galima apibrėžti atkarpoje, kurios ilgis sutampa su apskritimo ilgiu,

$$\frac{\partial n}{\partial t} = D_n \nabla \left( \left( \frac{n}{n_0} \right)^k \nabla n \right) - \chi \nabla(n \nabla c) + rn \left( 1 - \frac{n}{n_0} \right), \quad (2a)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_c \nabla(\nabla c) + \frac{vn}{n+\gamma} - \mu c, \quad x \in (0, l), \quad t > 0, \quad (2b)$$

čia  $l$  – apskritimo, atitinkančio indo kraštą, ilgis.

Pradinėmis sąlygomis aprašome pradinį bakterijų tankio ir chemoatraktanto koncentracijos pasiskirstymą išilgai apskritimo formos kontaktinės linijos,

$$n(x, 0) = \varphi(x), \quad c(x, 0) = \psi(x), \quad x \in [0, 1], \quad (3)$$

kur  $\varphi$  yra pradinio bakterijų tankio funkcija,  $\psi$  – chemoatraktanto pasiskirstymo funkcija. Funkcijas  $\varphi$  ir  $\psi$  galima tikslinti tik žinant konkretaus eksperimento sąlygas. Kraštinis uždavinys baigiamas formuluoti apibrėžiant kraštines sąlygas,

$$n(0, t) = n(l, t), \quad c(0, t) = c(l, t), \quad (4a)$$

$$\frac{\partial n}{\partial x}(0, t) = \frac{\partial n}{\partial x}(l, t), \quad \frac{\partial c}{\partial x}(0, t) = \frac{\partial c}{\partial x}(l, t), \quad t > 0. \quad (4b)$$

Šios kraštinės sąlygos užtikrina, kad atkarpa  $[0, l]$  atitiktų modeliuojamo indo pakraštį apskritimu.

### *Bedimensis matematinis modelis*

Siekiant išskirti esminius matematinio modelio (2)–(4) parametrus, jis keičiamas bedimensiu modeliu, pritaikius nežinomųjų ir parametrų keitinius (Myerscough et al., 1998),

$$n^* = \frac{n}{n_0}, \quad c^* = \frac{\mu}{\nu} c, \quad x^* = \sqrt{\frac{\mu}{D_c s}} x, \quad t^* = \frac{\mu t}{s},$$

$$D = \frac{D_n}{D_c}, \quad r^* = \frac{r}{\mu}, \quad \chi^* = \frac{\chi \nu}{\mu D_c}, \quad \gamma^* = \frac{\gamma}{n_0}.$$

Dėl paprastumo bedimensiame modelyje žymenis rašome be žvaigždučių,

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \nabla(Dn^k \nabla n) - \chi \nabla(n \nabla c) + srn(1 - n), \quad (5a)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \nabla(\nabla c) + s \left( \frac{n}{n + \gamma} - c \right), \quad x \in (0, 1), \quad t > 0, \quad (5b)$$

čia naujasis parametras  $s$  žymi erdvės ir laiko mastelį.

Atlikus kintamųjų keitinius reiškiniuose (3) ir (4), bedimensio modelio pradinės ir kraštinės sąlygos formuluojamos vienetiniame intervale,

$$n(x, 0) = \varphi(x), \quad c(x, 0) = \psi(x), \quad x \in [0, 1], \quad (6)$$

$$n(0, t) = n(1, t), \quad c(0, t) = c(1, t), \quad (7a)$$

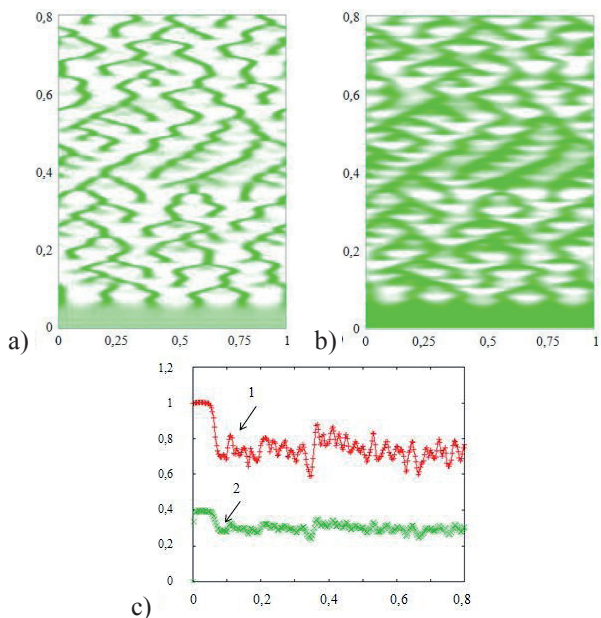
$$\frac{\partial n}{\partial x}(0, t) = \frac{\partial n}{\partial x}(1, t), \quad \frac{\partial c}{\partial x}(0, t) = \frac{\partial c}{\partial x}(1, t), \quad t > 0. \quad (7b)$$

Bedimensiame matematiniam modelyje (5)–(7) yra šeši parametrai ( $D, k, \chi, s, r$  ir  $\gamma$ ), kai tuo tarpu pradiniame modelyje (2)–(4) jų yra net dešimt ( $D_n, D_c, n_0, k, \chi, r, \nu, \mu, \gamma$  ir  $l$ ).

### Skaitinis eksperimentas

Bakterijų tankio ir chemoatraktanto koncentracijos dinamiką aprašė netiesinių diferencialinių lygčių dalinėmis išvestinėmis sistema. Dėl lygčių netiesiškumo, jų pagrindu sudaryti kraštiniai uždaviniai sprendžiami skaitiniais metodais. Šiame darbe buvo pasitelktas baigtinių skirtumų metodas (Samarskii, 2001). Remiantis šiuo metodu modelio lygtys buvo pakeistos skirtuminių lygčių sistema. Pastaroji buvo sudaryta naudojant išreikštinę aproksimaciją. Įgyvendinus skaitinį modelį *Java* programavimo kalba buvo sukurtas kompiuterinis bakterijų kolonijos gyvavimo modelis.

Sudarytieji matematinis ir jį atitinkantis kompiuterinis modeliai buvo patvirtinti modeliuojant fizinį eksperimentą, kurio rezultatas pateiktas 2 pav. Buvo naudojamos įprastos panašioms eksperimentams pradinės sąlygos (Hillen, Painter, 2009),  $\varphi(x) = 1 + 0.01\varepsilon(x)$ ,  $\psi(x) = 0$ , kur  $\varepsilon(x)$  yra atsitiktinis dydis, tolygiai pasiskirstęs intervale  $[-1, 1]$ . Pradžioje taikėme pastovią *E. coli* difuzijos tirpale koeficiento  $D$  vertę, t. y.  $k = 0$ . Kitų bedimensio modelio parametrų vertės buvo parinktos eksperimentiškai, siekiant priartėti prie pavaizduotos 2 pav. struktūros. Pradėjus konkretų skaitinį eksperimentą, modeliuojamos sistemos dinamika buvo modeliuojama 0,8 bedimensių laiko vienetų. Kompiuterinių eksperimentų rezultatas pavaizduotas 3 pav.



**3 pav.** Sumodeliuoti bakterijų tankio (a) ir chemoatraktanto koncentracijos (b) dinamikos profiliai bei vidutinių jų verčių raida (c) (1 – bakterijų, 2 – chemoatraktanto). Pradinė sąlyga – 1% atsitiktinis bakterijų tankio išsibarstymas,  $k = 0$ ,  $D = 0,33$ ,  $\chi = 11$ ,  $r = 0,8$ ,  $\gamma = 1,54$  ir  $s = 625$ .

### Modeliavimo rezultatai

Siekiant pagrįsti skaitiniuose eksperimentuose naudotą pastoviąją difuzijos koeficiento  $D$  vertę ( $k = 0$ ), bakterijų kolonijos struktūros evoliucija buvo modeliuojama skirtingoms laipsninės difuzijos koeficiento priklausomybės parametro  $k$  vertėms. 4 pav. pavaizduota *E. coli* koncentracijų profiliai dviem  $k$  vertėms: 0,2 ir 0,4. Šiuose kompiuteriniuose



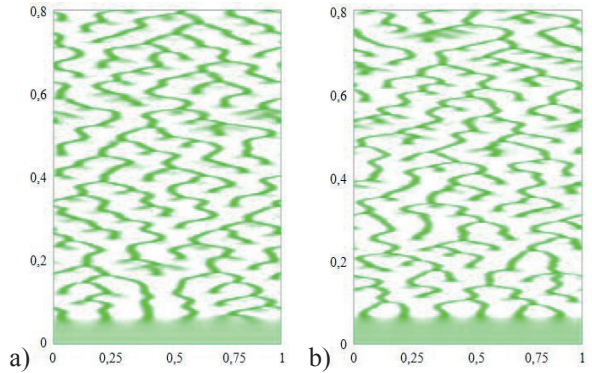
eksperimentuose kitų parametų reikšmės bei pradinės sąlygos buvo tokios pačios, kaip modeliuojant struktūrą, pavaizduotą 3a pav. 4 pav. pavaizduotuose profiliuose matome, kad didėjant  $k$  reikšmei siaurėja didelio ląstelių tankio židinių plotis – taip tolstama nuo fiziniame eksperimente gautų rezultatų (2 pav.), kur didelės koncentracijos židiniai yra gana platus.

Palyginus kompiuterinių eksperimentų rezultatus, gautus skirtingoms  $k$  vertėms (3a ir 4 pav.), su fizinio eksperimento rezultatu (2 pav.), galime teigti, kad lux-genais žymėtų *E. coli* populiacijų struktūroms modeliuoti galima taikyti pastovią difuzijos koeficiento  $D$  vertę, t. y. galima laikyti, kad  $k = 0$ . Pastovioji ląstelių difuzijos koeficiento vertė ( $D = 0,33$ ) yra priimtina praktiniuose švytinčių bakterijų kolonijų struktūros tyrimuose. Kitų autorių siūlytą (Kowalczyk, 2005; Hillen, Painter, 2009) ir mūsų skaitiniuose eksperimentuose išbandytą žymiai sudėtingesnę laipsninę difuzijos koeficiento priklausomybę yra netikslinga taikyti.

Pastebėsime, kad tarus, jog ne tik atraktantas, bet ir bakterijos modeliuojame inde yra pasiskirstę visiškai tolygiai ( $\psi(x)$  ir  $\varphi(x)$  – konstantos), modelyje (5)–(7) nėra galimybių atsirasti bakterijų sancaupoms (Hillen, Painter, 2009). Todėl, praktikoje bent viena šių funkcijų turi būti ne konstanta. Tarus, kad eksperimento pradžioje atraktanto nėra,  $\psi(x) = 0$ , belieka tarti, kad bakterijos yra pasiskirsčiusios netolygiai, t. y. funkcija  $\varphi(x)$  nėra konstanta. Modeliuojant bakterijų kolonijas, bene dažniausiai naudojama atsitiktinis bakterijų išsibarstymas (Hillen, Painter, 2009). Tačiau, lux-genais žymėtų bakterijų kolonijos pasiskirstymo netolygumo įtaka struktūros evoliucijai nėra aiški.

Siekiant ištirti pradinio kolonijos išsidėstymo struktūros įtaką tolimesnei struktūros raidai, bakterijų populiacijos gyvavimą modeliuojame skirtingiems modelio pradinėse sąlygose esančios funkcijos  $\varphi(x)$  apibrėžiantiesiems reiškiniams. Kaip ir anksčiau, visuose skaitiniuose eksperimentuose laikėme, kad eksperimento pradžioje tirpale nėra chemoatraktanto, t. y.  $\psi(x) = 0$ . Bakterijų difuzijos koeficiento vertė skaičiavimuose nekito,  $D = 0,33$ ,  $k = 0$ .

Skaitiniuose eksperimentuose, kurių rezultatai pavaizduoti 3 ir 4 pav., buvo taikomas 1% pradinis atsitiktinis bakterijų tankio išsibarstymas. Siekiant ištirti, šios prielaidos svarbą, pradinį bakterijų tankio išsibarstymą ženkliai padidinome. Išreikškime pradinę sąlygą per išsibarstymo lygmenį  $\Delta$ ,  $\varphi(x) = 1 + \Delta \varepsilon(x)$ , kur  $\varepsilon(x)$ , kaip ir anksčiau, yra

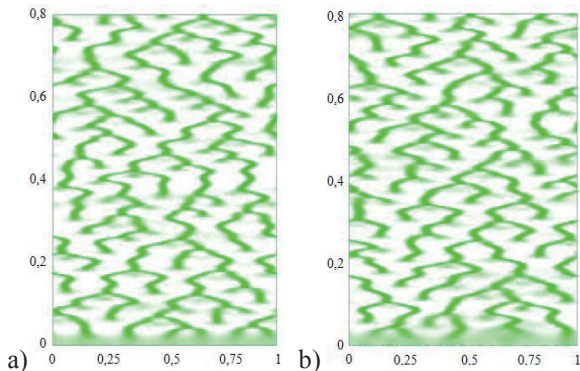


4 pav. Bakterijų tankio dinamikos profiliai, difuzijos koeficientą modeliuojant laipsnine funkcija,  $k = 0,2$  (a),  $k = 0,4$  (b). Kitų parametų vertės tokios kaip 3 pav.

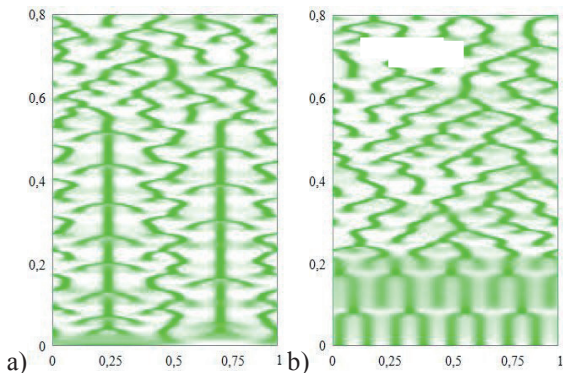
atsitiktinis dydis, tolygiai pasiskirstęs intervale  $[-1, 1]$ . Skaičiavimų rezultatai dviem lygmenims  $\Delta$  vertėms, 0,25 ir 0,5, yra pavaizduoti 5 pav. Šiuose skaitiniuose eksperimentuose kitų parametrų reikšmės nekito ir buvo tokios pačios, kaip modeliuojant struktūrą, pavaizduotą 3a pav., kuomet buvo taikyta  $\Delta = 0,01$ . Lygindami gautąsias bakterijų tankio dinamikos struktūras, matome, kad pradinio bakterijų tankio atsitiktinio išsibarstymo lygmens  $\Delta$  vertė

nulemia tankio židinių formavimąsi tik pradiniam populiacijos evoliucijos etape. Kuo didesnis yra bakterijų tankio išsibarstymas pradžioje, tuo greičiau atsiranda didelio tankio židiniai. Kai  $\Delta = 0,01$  (3a pav.), tankio židiniai išryškėja praėjus maždaug 0,05 bedimensio laiko  $t$  vienetų, kai tuo tarpu priėmus  $\Delta = 0,5$ , židiniai stebimi, kai  $t \approx 0,01$ .

Aptarėme atsitiktinio pradinio bakterijų tankio išsibarstymo įtaką bakterijų kolonijos struktūros dinamikai. Tačiau kolonijos pradinėje būsenoje gali būti stebimos aiškios bakterijų sancaupos (didelio tankio židiniai). Siekiant ištirti pradinių sancaupų santykinio dydžio ir jų skaičiaus įtaką tolimesnei kolonijos raidai, pradinį bakterijų pasiskirstymą modeliuojame sinusoide,  $\varphi(x) = 1 + \sin(2\pi\Pi)$ , parinkdami skirtingus periodus. Skaičiavimų rezultatai dviem  $\Pi$  vertėms, 1 ir 8, yra pavaizduoti 6 pav. Šiuose skaitiniuose eksperimentuose kitų parametrų vertės nekito ir buvo tokios pačios, kaip modeliuojant struktūrą, pavaizduotą 3a pav. Taisyklumas bakterijų pradiniam pasiskirstymui išilgai kontaktinės linijos daro nemenką įtaką kolonijos struktūrai. Tačiau ši įtaka palaipsniui nyksta ir kolonija tvarkosi taip, kaip ir atsitiktinio išsibarstymo atveju (5 pav.).



**5 pav.** Bakterijų tankio dinamikos profiliai dviem pradinio bakterijų tankio išsibarstymo lygmenims  $\Delta$  vertėms: 0,25 (a), 0,5 (b). Kitų parametrų vertės tokios kaip 3 pav.



**6 pav.** Bakterijų tankio dinamikos profiliai, pradinį bakterijų tankio netolygumą modeliuojant sinusoide dviem periodiškumo parametro  $\Pi$  vertėms: 1 (a) ir 8 (b). Kitų parametrų vertės tokios kaip 3 pav.

Apibendrinus, didelio bakterijų tankio židinių judėjimas kolonijoje anksčiau ar vėliau tampa nepriklausomu nuo pradinio bakterijų pasiskirstymo (5 ir 6 pav.).

## Išvados

Modeliuojant švytinčių, lux-genais žymėtų *Escherichia coli* bakterijų populiacijų struktūras prie trijų fazių (oras-skystis-stiklas) kontaktinės linijos galima taikyti Keller-Segel-Maini chemotaksio matematinį modelį. Naudojant šį modelį galima atkartoti dėsningas osciliacijas bei chaotiškas fluktuacijas, kurios stebimos fiziniuose eksperimentuose (2 ir 3 pav.).

Ištyrus bakterijų difuzijos koeficiento netiesiškumo įtaką susidarančiai bakterijų struktūrai, patvirtinta, kad sėkmingam struktūros modeliavimui pakanka taikyti pastovų difuzijos koeficientą (3a ir 4 pav.).

Pradinis bakterijų pasiskirstymas nulemia didelio bakterijų tankio židinių formavimąsi tik pradiniam populiacijos evoliucijos etape. Kuo didesnis yra bakterijų tankio išsibarstymas pradinėje evoliucijos fazėje, tuo greičiau formuojasi didelio tankio židiniai. Pradinis ląstelių pasiskirstymas neturi įtakos populiacijos struktūrai vėlyvesnėse jos evoliucijos fazėse (3a ir 5 pav.).

Pradinėje bakterijų kolonijos gyvavimo fazėje suformuoti didelio tankio židinių dydis ir jų skaičius praktiškai neatsiliepia vėlesnei kolonijos raidai (6 pav.).

Sudarytą matematinį modelį (2)–(4) ir jį atitinkantį bedimensį modelį (5)–(7) bei juos įgyvendinančius kompiuterinius modelius galima sėkmingai taikyti bakterijų kolonijos struktūros dėsningumams tirti. Išsamesniam kolonijos aprašymui matematinį modelį tikslinga formuluoti dvimatėje ir trimatėje erdvės srityse.

## LITERATŪRA

- BUDRENE, E.O., BERG, H.C. (1995). Dynamics of formation of symmetrical patterns by chemotactic bacteria. *Nature*, 1995, vol. 376, p. 49–53.
- EISENBACH, M. (2004). *Chemotaxis*. London: Imperial College Press, 2004. 499 p. ISBN 1860944132.
- HILLEN T., PAINTER K. J. (2009). A user's guide to PDE models for chemotaxis. *Journal of Mathematical Biology*, 2009, vol. 58, no. 1-2, p. 183–217.
- KELLER, E. F.; SEGEL L. A. (1971). Model for Chemotaxis. *Journal of Theoretical Biology*, 1971, vol. 30, p. 225-234.
- KOWALCZYK, R. (2005). Preventing blow-up in a chemotaxis model. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 2005, vol. 305, no. 2, p. 566–588.
- MAINI, P. K.; SOLURSH M. (1991). Cellular mechanisms of pattern formation in the developing limb. *International Review of Cytology*, 1991, vol. 129, p. 91-133.
- MYERSCOUGH, M. R.; MAINI P. K.; PAINTER K. J. (1998). Pattern formation in a generalized chemotactic model. *Bulletin of Mathematical Biology*, 1998, vol. 60, no. 1, p. 1–26.
- RODA, A.; PASINI, P.; MIRASOLI, M.; MICHELINI, E.; GUARDIGLI, M. (2004). Biotechnological applications of bioluminescence and chemiluminescence. *Trends in Biotechnology*, 2004, vol. 22, no. 6, p. 295-303.

- SAMARSKII, A. A. (2001). *The Theory of Difference Schemes*, New York-Basel: Marcel Dekker, 2001. 789 p. ISBN 0824745183.
- ŠIMKUS, R.; KIREJEV, V., MEŠKIENĖ R.; MEŠKYS, R. (2009). Torus generated by *Escherichia coli*. *Experiments in Fluids*, 2009, vol. 46, no. 2, p. 365-369.
- WILLIAMS, T.C. (2011). *Chemotaxis: Types, Clinical Significance, and Mathematical Models*, New York: Nova Science, 2011. 214 p. ISBN 1617284955.

## **COMPUTATIONAL MODELLING OF PATTERN FORMATION OF A COLONY OF LUMINOUS BACTERIA**

**Linus Litvinas, Romas Baronas, Remigijus Šimkus**

### Summary

This paper deals with the mathematical and computational modelling of the pattern formation of a bacterial colony. The developed mathematical model is based on the Keller-Segel-Maini model of chemotaxis. The model is applied for the modelling of quasi-one dimensional spatio-temporal pattern formation along the three phase contact line in the fluid cultures of lux-gene engineered *Escherichia coli*. Regular oscillations as well as chaotic fluctuations similar to experimental ones were computationally simulated. The spatiotemporal patterns were simulated by using the finite difference technique. The effect of the nonlinearity of the diffusion coefficient of the luminous bacteria on the pattern formation was investigated. By varying the input form of the initial conditions the patterns were analyzed with a special emphasis to the influence on the pattern formation.

# Struktūrizuotos mokomosios medžiagos pateikimo virtualioje mokymosi aplinkoje *Sakai* galimybių analizė

## Regimantas Mačiulskis

Šiaulių universiteto matematikos ir informatikos fakulteto informatikos magistras,  
Mster of informatics Faculty of Mathematics and Informatics Šiauliai University,  
Šiauliai, Višinskio g. 19, tel. 8-65213482; e-mail: regimantas.maciulskis@gmail.com

## Sigita Turskienė

Šiaulių universiteto matematikos ir informatikos fakulteto informatikos katedros docentė daktarė,  
Informatics department Faculty of Mathematics and Informatics Šiauliai University Assoc.  
Professor, Doctor  
Šiauliai, Višinskio g. 19, Tel. (370 41) 595 723, e-mail: Sigita@fm.su.lt

*Straipsnyje nagrinėjami Sakai virtualios mokomosios aplinkos (VMA) ypatumai, apžvelgiami svarbiausi mokomosios medžiagos talpinimo aplinkoje įrankiai, išskiriamos problemos ir jų sprendimo būdai.*

*Remiantis mokslinės literatūros ir Sakai aplinkos analize, tiriamos Sakai aplinkos struktūrizuotos mokomosios medžiagos kūrimo ir talpinimo įrankių galimybės, išskiriant privalumus ir trūkumus, plačiai Lietuvoje ir pasaulyje paplitusios Moodle aplinkos galimybių kontekste. Pateikiamos papildomų modulių Melete ir OpenSyllabus atliekamų veiksmų ir jų integravimo į Sakai aplinką galimybės. Atlikta matematinio teksto talpinimo Sakai aplinkoje įrankių galimybių analizė leidžia pasirinkti programinį įrankį pagal nuotolinių studijų kurso specifiką bei kūrėjo žinias. Be to, apžvelgiamos SCORM standarto palaikymo galimybės Sakai aplinkoje.*

## Įvadas

Mokymosi visą gyvenimą memorandumas apibrėžia šiuolaikinę visuomenę kaip besimokančią „nuo lopšio iki karsto“. Tokios visuomenės poreikiams tenkinti nebeužtenka tradicinių studijų teikimo būdų, nes tenka derinti darbą ir studijas, tampa sunku ar neįmanoma mokytis pagal nustatytą aukštosios mokyklos auditorinių užsiėmimų tvarkaraštį. Todėl aukštosiose mokyklose (ir bendrojo lavinimo mokyklose) pradėtos taikyti virtualios mokymo(si) aplinkos (VMA), užimančios vis svarbesnę vietą mokymo(si) procese.

2010 m. Kauno kolegijoje atlikta apklausa rodo, kad dauguma studentų naudojami VMA ir pageidauja, kad visi studijuojamų programų dalykai turėtų atitikimus VMA (Čižienė, 2010). Todėl aktualus VMA pasirinkimas.

Šiuo metu pasaulyje žinoma daug VMA. Nuo 2004 m. kelios nemokamos VMA pradėjo konkuruoti su komercinėmis VMA. 2006 m. labai paplitusios buvo *Lams* (angl. Learning Activity Management System), *Sakai* ir *Moodle* aplinkos (Martin, 2006). 2009 m. tyrimu aiškintasi, kurias VMA vartoja populiariausi pasaulio universitetai. Tyrimo rezultatai rodo, jog dažniausiai naudojamos VMA: *Moodle* (36% tirtų universitetų), *BlackBoard* – 23%, *Sakai* – 20% (Ermalai, 2009).

2005 m. atliktas nuotolinių studijų būklės ir kokybės vertinimo Lietuvos aukštosiose mokyklose tyrimas (Nuotolinių..., 2005) parodė, kad vartojamos *WebCT*, *Moodle*, *Learning Space* aplinkos. *Sakai* sistema tyrime neminama.

2010 m. tyrimo duomenimis, Lietuvos universitetuose naudojamos VMA: *Moodle*, *IBM Workplace Collaborative Learning*, *WebCT*, *Blackboard* (Kurilovas, Vinogradova, 2010). *Sakai* aplinka neminama.

*Moodle* priskiriama mokymosi tvarkymo sistemoms (Boeykens, 2011). *Sakai* jos autorių teigimu, priklauso studijų valdymo sistemai.

Todėl į analizuojamų VMA sąrašą įtraukėme dvi nemokamas, skirtingos paskirties ir populiarumo Lietuvoje aplinkas: *Sakai* ir *Moodle*. *Moodle* aplinka plačiai naudojama Lietuvos ir pasaulio aukštosiose mokyklose. *Sakai* aplinka, kuri užima žymią vietą pasaulyje, Lietuvoje praktiškai nenaudojama. *Sakai* diegimo tyrimai pradėti Šiaulių universitete (Mačiulskis, Turskienė, 2010).

2008 m. (Martin, Martinez, 2011) ekspertų grupė vertino pagrindinių veiksnių atlikimo patogumą *dotLRN*, *Moodle* ir *Sakai* aplinkose. *Sakai* ir *dotLRN* aplinkos surinko panašų įvertinimą, *Moodle* aplinka buvo įvertinta blogiau. 2009 m. atliktos VMA analizės (Bri, Garcia, 2009) duomenimis *Moodle* ir *Sakai* aplinkos turi daug komercinėms sistemoms (pvz., *Blackboard*, *WebCT*) būdingų funkcijų ir papildomai kelias funkcijas, kurių pastarosios neturi.

VMA *Sakai* ir *Moodle* pagrindinių įrankių galimybių lyginamoji analizė (Mačiulskis, Turskienė, 2010) rodo, kad *Sakai* įrankių kiekis ir jų teikiamos paslaugos savo funkcionalumu mažai skiriasi, o bendravimo ir bendradarbiavimo įrankiai yra pranašesni nei *Moodle* aplinkos.

Tyrimus būtina tęsti. Pirma priežastis – *Sakai* aplinkos įrankių galimybių tobulėjimas ir naujų atsiradimas. Antra priežastis – nėra išsamių tyrimų, kurie įvertintų *Sakai* aplinkos mokomosios medžiagos talpinimo galimybes. Pavienių tyrimų yra nedaug ir jų rezultatus sunku apibendrinti.

Šio straipsnio **tikslas** – išanalizuoti *Sakai* aplinkos struktūrizuotos mokomosios medžiagos ir matematinio teksto kūrimo įrankių galimybes ir jų taikymo problemas, plačiai Lietuvoje ir pasaulyje paplitusios *Moodle* aplinkos galimybių kontekste. Išnagrinėti SCORM standarto palaikymo galimybes *Sakai* aplinkoje.

## Nuotolinių studijų kurso mokomosios medžiagos talpinimo įrankių galimybių analizė *Sakai* aplinkoje

Šiuo metu gana populiarus mišrusis nuotolinių studijų teikimo būdas, kai paskaitos, grupinis darbas ir diskusijos vyksta sinchroniškai, panaudojus informacines komunikacines technologijas (vaizdo konferencijas, forumus, socialinius tinklus ir kt.), o studento individualus mokymasis – asinchroniniu būdu. Studentui individualios užduotys bei dalyko mokomoji medžiaga pateikiama VMA (Martin, Martinez, 2011). Todėl svarbu, kad pasirinkta VMA turėtų patogius mokomosios medžiagos kūrimo ir talpinimo įrankius.

Pagrindiniai *Sakai* aplinkos mokomosios medžiagos talpinimo įrankiai aprašyti R. Mačiulskio ir S. Turskienės darbe (2010). Išgilinus į *Sakai* aplinką, pastebima, jog joje stokojama tobulo įrankio struktūrizuotai mokymosi medžiagai kurti ir redaguoti.

Mokymosi medžiagai pateikti aplinkoje galima vartoti aplinkos branduolio *wiki* įrankį. F. C. John (John, 2011) akcentuoja *wiki* įrankio paprastumą, efektyvumą bei būdą besimokančiųjų motyvacijai didinti.

Kaip rodo Kembridžo universiteto patirtis (Tracy, 2007), aplinkos *Sakai wiki* įrankis yra gera priemonė mokomajai medžiagai pateikti, netgi gali būti pranašesnis už kitus įrankius (pvz., greitas ir paprastas naudojimas nepatyrusiems vartotojams).

*Moodle* aplinkoje *wiki* įrankis pateikia platesnį teksto formatavimo meniu, leidžia lengvai ištrinti nereikalingus puslapius. *Sakai wiki* pagrindinės teigiamos savybės yra galimybė matyti sintaksę redaguojant puslapį ir puslapio išsaugojimas skirtingais formatais.

*Sakai* aplinkoje galima greičiau pakeisti *wiki* redagavimo teises, negu *Moodle* aplinkoje (atliekama pagrindiniame teisių nustatymo lange).

Kadangi *Sakai* aplinka turi modulinę architektūrą, tai panagrinėsime kitas mokomosios medžiagos talpinimo galimybes – papildomų modulių diegimą. Jie teikia daugiau galimybių mokomajai medžiagai talpinti ir pateikti VMA. Prieš papildomų modulių galimybių nagrinėjimą, nurodysime kelis jų naudojimo ypatumus skirtingose VMA:

<i>Sakai</i>	<i>Moodle</i>
Gana sudėtingas modulių diegimas	Paprastas modulių diegimas
Yra kelios dešimtys modulių	Yra apie tūkstantis modulių
Moduliai dažnai nesukompilijuojami ar tinkamai neveikia naujausioje aplinkos versijoje	Moduliai veikia daugumoje aplinkos versijų

Pastebime, kad papildomų modulių diegimas bei konfigūravimas *Sakai* aplinkoje yra sudėtingesnis nei *Moodle* aplinkoje.

Plačiau aptarsime dviejų papildomų modulių *Melete* ir *OpenSyllabus* diegimo galimybes.

**Melete** – tai struktūrizuotos mokomosios medžiagos pateikimo nuotolinių studijų kurse modulis, pradėtas kurti 2004 m., platinamas pagal *Apache* licenciją. Mokomoji

medžiaga kuriama nemokamu FCK redaktoriumi, komerciniu *Sferyx* redaktoriumi arba naudojama jau turima medžiaga.

Šiame modulyje realizuota funkcija, kurios dažnai pasigendama kituose įrankiuose (pvz., *OpenSyllabus*) – mokomosios medžiagos eksportavimas. Šiuo metu siūloma eksportuoti medžiagą IMS standartu bei populiariu ir plačiai paplitusiu specifikacijų ir standartų rinkinių e. mokymosi turiniui standartizuoti SCORM 2004 standartu. *Melete* modulis yra gana gerai dokumentuotas, vartotojo vadovas pateikiamas su nuotraukomis, lengvai suprantamas.

Studijuojamo dalyko programa yra esminis universitetinio mokymo elementas. Studentams tai yra pagrindinis informacijos apie studijų dalyką šaltinis (Gerbe, 2009). J. Parkes ir M. B. Harris (Parkes, 2002) išskyrė tris pagrindines funkcijas, kurias atlieka studijų dalyko programa: programa kaip susitarimas tarp dėstytojo ir studento (tvarkaraščio, vertinimo, lankomumo ir kt.); programa kaip ilgalaikis įrašas (kreditų skaičius, kurso aprašas ir t. t. – svarbūs vertinant, akredituojant dalyką); programa kaip mokymo įrankis. J. Parkes ir M. B. Harris išskyrė studijų dalyko programų dalis, kurių reikia aprašytoms funkcijoms atlikti.

Remiantis šiuo bei kitų autorių darbais, buvo sukurtas universalus studijų dalyko aprašo modelis, realizuotas *OpenSyllabus* modulyje. Tai nemokamas *Sakai* modulis, kurio paskirtis ne tik mokomosios medžiagos pateikimas (*Melete* atveju). Pagrindinis šio modulio tikslas – sukurti dėstomo studijų dalyko aprašą, kuris susideda iš šių dalių:

- **Naujienos.** Šioje dalyje pateikiamos su dalyku susijusios naujienos. Jei *OpenSyllabus* vartojamas viso mokymosi proceso metu, čia pateikiamos ir einamos naujienos.
- **Kontakinė informacija.** Čia talpinama kontaktinė informacija apie dėstytojus, asistentus ir koordinatorius.
- **Mokomoji medžiaga.** Šioje dalyje pristatomi bibliografiniai šaltiniai ir nuorodos, kur jų įsigyti, nuorodos į interneto puslapius, įvairios prigimties failai. Skirtingai nei *Melete* modulyje, nuorodos ir failai atveriami naujame puslapyje. *OpenSyllabus* leidžia naršyti bei nurodyti *Sakai* aplinkos kurso resursuose, užduotyse, testuose esančią medžiagą.
- **Įvertinimas.** Čia išvardijamos sudedamosios vertinimo dalys, kurių kiekvienai nurodomas jos svoris baigiamajam vertinimui, tipas (praktinis darbas, egzaminas, testas ir pan.) ir preliminari data. Sukurta įvertinimo dalis gali būti aprašoma išsamiau. Nurodomi įvairūs resursai, kurių reikės ruošiantis darbui, nurodomi *Sakai* aplinkos kurse esančios užduotys, testai ar forumas.
- **Kurso struktūra.** Šioje dalyje aprašomos paskaitos. Paskaitų grupės skirstomos į dalis. Kiekvienai paskaitai galima priskirti anksčiau aprašytus resursus.

*OpenSyllabus* sujungia kitais *Sakai* įrankiais sukurtus resursus (bibliografinius įrašus, failus ir pan.) ir veiklas (testus, forumus ir pan.). Skirtingai nei *Melete* modulyje, *OpenSyllabus* modulyje dažniau nurodoma turima medžiaga, o siūlomas redaktorius naudojamas kursui aprašyti ar kitai mažos apimties medžiagai kurti. Iš darbo patirties



seka, jog jo sąsaja veikia greičiau, nei *Melete*. Šis modulis buvo kuriamas su GWT (*Google Web Toolkit*), todėl daug veiksmų apdorojama naršyklėje.

Taigi *Sakai* aplinkos baziniai įrankiai nesuteikia didelių galimybių struktūrizuotai mokomajai medžiagai pateikti, įdiegus vieną iš minėtų papildomų modulių, sukuriama patogi aplinka minėtam trūkumui panaikinti.

### *Matematinio teksto talpinimo galimybės Sakai aplinkoje*

VMA talpinami įvairių mokslo sričių ir krypčių nuotolinių studijų kursai. Nemaža jų dalis skirta tiksliesiems mokslams. Šių sričių mokomojoje medžiagoje yra daug matematinio teksto. Iš praktinio darbo kyla matematinio teksto talpinimo VMA problema, nes daugelis VMA bazinių įrankių neturi priemonių formulėms kurti. Ne išimtis yra *Sakai* aplinka.

Panagrinėsime keletą priemonių matematinėms formulėms kurti bei vaizduoti *Sakai* aplinkoje. Daugelis iš jų gali būti pritaikyta ir kitose VMA.

*Google chart* įrankis sukurtas *Google* kompanijos kaip vidinis pagalbinis įrankis kitiems *Google* produktams, tačiau vėliau jis tapo prieinamas visiems vartotojams. Paslaugos sąsaja, gavusi Get ar Post užklausą, grąžina paveikslą. Ši paslauga labiau orientuota grafikams brėžti, tačiau ją galima naudoti ir formulėms vaizduoti.

Pavyzdžiui, reikia įrašyti formulę skritulio plotui apskaičiuoti. Pateikiame užklausą: `<http://chart.apis.google.com/chart?cht=tx&chl=\pi*r^2>`.

Norėdami įterpti formulę į kuriamą mokomąją medžiagą, šią užklausą nurodome kaip šaltinį į paveikslą. Pateikę

`<http://chart.apis.google.com/chart?cht=tx&chl=\pi*r^2&chf=bg,lg,20,FF0000,0,FFFFFF,1&chs=50>` užklausą, gauname 1 pav. pavaizduotą formulę.



**1 pav.** Formulė gauta pateikus *Google chart* paslaugą.

*Google chart* yra vienas iš paprastesnių (sistemos derinimo požiūriu) būdų formulėms įkelti į mokomąją medžiagą. Formulės įterpiamos PNG formatu. Į sistemą nereikia įdiegti papildomų modulių ar atlikti kitų paruošiamųjų darbų. Paprastai keičiamas formulių vaizdas, fonas. Vienintelis reikalavimas – *TeX* kalbos žinojimas.

*MimeTeX* programa *LaTeX* kalba užrašytą matematinę išraišką verčia į gif formatą. Programa platinama pagal GPL licenziją. Formulės įterpiamos į tekstą kaip ir *Google chart*. Tai yra paprasta priemonė pradedantiesiems kurti matematinius nuotolinius kursus (John, 2011). Programa teikia galimybių kurti skirtingo dydžio bei įvairių spalvų formules.

*MimeTeX* nereikalauja įdiegti papildomų programų. Programos kodas atitinka ANSI C standartą ir gali būti kompiliuojamas daugelyje programavimo aplinkų. Sukompiliuota programa perkeliama į aplanką. Kreipinys į programą užrašomas taip:

*kelias/mimetex.cgi?formulė.*

Sukurtus formulių paveikslus galima išsaugoti. Tada mokomoji medžiaga pateikiama greičiau, nes nekuriamas paveikslas iš naujo.

*jsMath* programa, platinama pagal *Apache* licenziją, vartojama visose populiariose naršyklėse *Windows*, *Macintosh OS X* ir *Unix* operacinėse sistemose. Ja formulės vaizduojamos *TeX* šriftu, o jei šis šriftas neįdiegtas – *Unicode* ar kitu šriftu. Toks vaizdavimo būdas turi kelis privalumus, lyginant su anksčiau išvardytais būdais:

- keičiant teksto dydį naršyklėje, kokybiškai keičiasi formulių dydis;
- padidinus spausdinamą tekstą, gaunamas aukštos kokybės vaizdas;
- peržiūrint tekstą, nereikia atsisiųsti paveikslų.

*jsMath* vartoja kaskadines stilių lentelės (CSS), *JavaScript* ir *Unicode*. Šios technologijos turi būti palaikomos ir leidžiamos vartoti naršyklėje. *jsMath* nustatymų lange kiekvienas vartotojas gali pasirinkti formulių vaizdavimo būdą (priklausomai nuo to, ar įdiegti *TeX* šriftai, ar norima suteikti prioritetą greičiui, ar kokybei) ir spausdinimo režimą. Nustatymai išsaugomi tik naršymo seansui arba nurodytam laikui.

*wiris* įrankis, skirtingai nei anksčiau aprašyti produktai, yra komercinis. Jis gali būti diegiamas į daugelį VMA, taip pat ir į *Sakai* ar *Moodle* aplinkas.

Didžiausias šio produkto privalumas, lyginant su aptartais prieš tai, yra lengvas bei greitas formulių rašymas grafiniais elementais, kurie suskirstyti į kategorijas. Formulės saugomos kataloge, kuris sukuriamas bei nurodomas diegimo metu. Norint pereiti iš vienos sistemos į kitą, šį katalogą reikia perkopijuoti.

Vartotojui formulės atvaizduojamos PNG paveikslu, todėl, kaip ir dviejuose pirmuosiuose aprašytuose produktuose, didinant teksto matmenis, blogėja formulių kokybė. Padidinto teksto negalima atspausdinti kokybiškai.

**1 lentelė.** Formulių vaizdai, sukurti skirtingais įrankiais

Įrankis	Normalaus dydžio formulė	Išdidintos formulės fragmentas
<i>Google chart</i>	$f = b_0 + \frac{a_1}{b_1 + \frac{a_2}{b_2 + \frac{a_3}{b_3 + a_4}}}$	$b_2 + \frac{a_3}{b_3 + a_4}$
<i>MimeTeX</i>	$f = b_0 + \frac{a_1}{b_1 + \frac{a_2}{b_2 + \frac{a_3}{b_3 + a_4}}}$	$b_2 + \frac{a_3}{b_3 + a_4}$
<i>jsMath</i>	$\mathbf{f} = \mathbf{b}_0 + \frac{\mathbf{a}_1}{\mathbf{b}_1 + \frac{\mathbf{a}_2}{\mathbf{b}_2 + \frac{\mathbf{a}_3}{\mathbf{b}_3 + \mathbf{a}_4}}}$	$b_2 + \frac{a_3}{b_3 + a_4}$
<i>wiris</i>	$f = b_0 + \frac{a_1}{b_1 + \frac{a_2}{b_2 + \frac{a_3}{b_3 + a_4}}}$	$b_2 + \frac{a_3}{b_3 + a_4}$

Iš atliktos aptartų priemonių rezultatų analizės (1 lentelė) seka, jog *Google chart* paslauga tinkama, kai reikia atvaizduoti keletą formulių, neįdiegiant papildomų priemonių į aplinką. *jsMath* produktas tinkamas, kai nuotolinių studijų kurso mokomąją medžiagą reikia dažnai spausdinti, keisti matomo vaizdo dydį. Pastarasis įrankis yra vienintelis iš tirtų įrankių, kuris kokybiškai atvaizdavo formules, padidinus naršyklės vaizdą.

Jei formulių kiekis yra didelis ar neturima *TeX* kalbos žinių, tai *wiris* yra tinkamas produktas, tačiau jis mokamas.

## SCORM standartas *Sakai* ir *Moodle* aplinkose

SCORM yra vienas iš populiariausių ir plačiai vartojamų specifikacijų ir standartų rinkinių e. mokymosi turiniui standartizuoti (Lieponienė, 2010). Tai nėra naujas standartas, jis naudoja egzistuojančias specifikacijas mokomojo turinio ir VMA sąsajoms standartizuoti. *Sakai* aplinkos branduolio moduliai neteikia galimybių SCORM standarto kursams naudoti. Lietuvoje vartojamų VMA *Moodle*, *ATutor*, *Workplace Collaboration Learning system* suderinamumo su SCORM standarto specifikacijomis tyrimas parodė, kad viena, iš nagrinėtų sistemų, būtent mokymo valdymo sistema *Workplace Collaboraration Learning system* palaiko SCORM nuoseklumo ir navigacijos modelį (Lieponienė, 2010). Norint turėti pilną SCORM 2004 palaikymą *Moodle* aplinkoje, reikia diegti papildomus modulius. Tą patį reikia daryti ir *Sakai* aplinkoje. Galima rinktis vieną iš šių modulių: SCORM Cloud, Edia SCORM, Icodeon SCORM.

Tyrimu buvo išbandyti pirmieji du moduliai. SCORM Cloud modulis buvo įdiegtas į *Sakai* aplinką. Edia SCORM modulį galima išbandyti sukūrus vartotoją <http://scorm-player.edia.nl> svetainėje. Pritaikyti įvairias SCORM paketų galimybes demonstruojantys pavyzdžiai iš SCORM Cloud (<http://scorm.com/scorm-explained/technical-scorm/golf-examples/>) ir ADL (Advanced Distributed Learning) įvairių standartų pavyzdžių paketai.

**2 lentelė.** Modulių suderinamumas su SCORM specifikacijomis.

Eil. Nr.	Modulis	Palaikomi standartų rinkiniai
1.	SCORM Cloud	SCORM 1.2 SCORM 2004 2rd Editon SCORM 2004 3rd Editon SCORM 2004 4rd Edition
2.	Edia SCORM	SCORM 2004 3rd Edition
3.	Icodeon SCORM	SCORM 1.2 SCORM 2004 3rd Edition

**SCORM Cloud** – komercinis Rustici software kūrinys, kurį galima integruoti į daugelį VMA, taip ir į *Moodle* ir *Sakai* aplinkas. Kaip minėta, *Moodle* nevisiškai palaiko

SCORM 2004. Todėl kūrėjai, visam palaikymui gauti, siūlo SCORM Cloud įrankį ( 2 lentelė). Šį modulį paprasta integruoti į *Sakai* aplinką, nes pateikiamas jau sukompijuotas paketas, kurio elementus reikia įkelti į atitinkamas vietas. Įkėlus modulį resursų įrankio įkėlimo dialogo meniu, atsiranda naujas punktas, leidžiantis įkelti SCORM paketą. Įkėlus paketą, užduočių moduliui sukuriama nauja užduotis, prie kurios prisegamas įkeltas paketas. Galima nurodyti užduoties vertinimą. Tada SCORM paketo įvertinimas automatiškai susiejamas su įrašu pažymių knygoje. Jei prie užduoties pridedami keli SCORM paketai, tai galutinis pažymys yra šių paketų įvertinimų aritmetinis vidurkis.

SCORM Cloud turi turtingą statistikos rezultatų pateikimo galimybę: apie paketą, vartotojus, vartotojo veiklą pakete ir kt. SCORM Cloud su vartotojų bei kursų skaičiaus ribojimais gali būti bandomas nemokamai neribotą laiką.

**Edia SCORM** – tai nemokamas, atviro kodo modulis, teikiantis galimybių *Sakai* aplinkoje vartoti SCORM 2004 3rd Edition standartų rinkinio paketus. Kiekvienas įvertinimas įkeliamas kaip atskiras pažymys. SCORM paketas skirtingai, nei prieš tai aprašyto įrankio, paleidžiamas ne iš užduočių, bet iš Edia SCORM modulio. Šis įrankis teikia mažiau statistinių duomenų.

**Icodeon SCORM** – tai komercinis modulis, kurį galima integruoti į daug VMA, įskaitant *Moodle* ir *Sakai* aplinkas. SCORM paketas įkeliamas per resursų įrankį taip pat kaip ir SCORM Cloud. SCORM paketą galima vartoti visuose *Sakai* moduluose, kuriuose galima įkelti failą iš resursų. Statistinė informacija įrašoma į duomenų bazę, kurią galima peržiūrėti. Modulis neleidžia suformuoti statistinių duomenų ataskaitų, negalima automatiškai įkelti įvertinimų į pažymių knygą.

Būtina pabrėžti, kad *Sakai* skirtingai nuo kitų VMA, be papildomų modulių nesuderinama su SCORM standartu, todėl reikia diegti papildomus modulius.

Iš tyrimo seka, jei vartojami tik SCORM 2004 3rd Edition paketai ir nereikalinga išsami statistinė ataskaita, galima naudoti nemokamą Edia SCORM modulį. Tačiau šis modulis ne visada korektiškai paleidžia SCORM paketus. SCORM Cloud teikia suderinamumą su visais SCORM standartais. Išsamios statistikos ataskaitos leidžia analizuoti paketo vartojimą, geriau priderinti jį prie besimokančiųjų poreikių. Paketai gali būti įtraukti į jau įprastus besimokantiejiems įrankius, o ne tik paleidžiami iš atskiro modulio. Tačiau šis modulis mokamas.

## Išvados

1. Remiantis tirtais pavyzdžiais ir moksliniais darbais, galima teigti, kad *Sakai* aplinkos baziniai įrankiai nepasižymi didelėmis galimybėmis struktūrizuoti mokomajai medžiagai pateikti. Įdiegus vieną iš papildomų modulių į *Sakai* aplinką, sukonstruojamas geras įrankis mokomajai medžiagai pateikti aplinkoje.
2. Atlikta programinių produktų, įgalinančių *Sakai* aplinkoje kurti bei vaizduoti matematinės formules mokomojoje medžiagoje, analizė suteikia galimybių

tinkamam programiniam produktui, atsižvelgiant į kuriamų nuotolinių studijų kursų specifika bei kūrėjų žinias, pasirinkti.

3. Skirtingai nuo kitų VMA, *Sakai* aplinka be papildomų modulių, nesuderinama su SCORM standartu, todėl privalu diegti papildomus modulius.

## LITERATŪRA

- BOEYKENS, S; NEUCKERMANS, H. Content management systems versus learning environments. [Žiūrėta 2011–03–22]. Prieiga per internetą: <<https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/221858/1/cms+versus+learning+environments+-+full+paper.pdf>>.
- BRI, D.; GARCIA, M.; COLL, H.; LORET J. A Study of Virtual Learning Environments. [Žiūrėta 2011–03–22]. Prieiga per internetą: <<http://www.wseas.us/e-library/transactions/education/2009/28-888.pdf>>.
- ČIŽIENĖ, R.; VITKŪNIENĖ, L. Virtualių mokymosi aplinkų naudojimo Kauno kolegijoje bendratechninių mokslų katedroje analizė: dėstytojų ir studentų požiūris [Žiūrėta 2011–03–22]. Prieiga per internetą: <<http://ojs.kauko.lt/index.php/ssktpd/article/view/97/94>>.
- ERMALAI, I.; VASIU, R. Study Cases on Specific LMSs Used in Romania and Worldwide. [Žiūrėta 2011–03–22]. Prieiga per internetą: <<http://www.wseas.us/e-library/conferences/2009/rodos/COMMUNICATIONS/COMMUNICATIONS17.pdf>>.
- GERBE, O.; RAYNAULD, J. *An Open Syllabus Model*. [Žiūrėta 2011–04–10]. Prieiga per internetą: <<http://neumann.hec.ca/pages/olivier.gerbe/publications/2009gerbeEDMEDIA.pdf>>.
- JOHN, F. C. Lines of Communication: Using a WIKI in a Mathematics Course. [Žiūrėta 2011–03–22]. Prieiga per internetą: <<http://www.informaworld.com/smpp/content~db=all~content=a907461332>>.
- KURILOVAS E., VINOGRADOVA I. (2010). Improvement of Technical Quality of Virtual Learning Environments. *Informacijos mokslai*. Nr. 54, p. 63–72.
- LIEPONIENĖ, L. (2010). Mokymosi eigos valdymas SCORM standartą atitinkančiuose e. mokymosi kursuose. *Informacinių technologijų taikymas švietimo sistemoje 2010: e-studijų patirtis, aktualijos ir perspektyvos*, ISSN 1822–7244, Kauno kolegija, Kaunas.
- MAČIULSKIS, R.; TURSKIENĖ, S. (2010). Nuotolinio mokymosi aplinkų SAKAI ir MOODLE galimybių lyginamoji analizė. *Informacinių technologijų taikymas švietimo sistemoje 2010: e-studijų patirtis, aktualijos ir perspektyvos*, ISSN 1822–7244, Kauno kolegija, Kaunas, p. 62–66.
- MARTIN, L.; MARTINEZ, D. R. ir kt. Usability in e-Learning Platforms: heuristics comparison between Moodle, Sakai and dotLRN. [Žiūrėta 2011–03–22]. Prieiga per internetą: <<http://www.itakora.com/papers/Usability%20in%20eLearning%20Platforms%20heuristics%20comparison.pdf>>.
- MARTIN, W. *VLE 2.0 and future directions in learning environments*. [Žiūrėta 2011–03–22]. Prieiga per internetą: <[http://lamsfoundation.org/lams2006/pdfs/Weller\\_Lams06.pdf](http://lamsfoundation.org/lams2006/pdfs/Weller_Lams06.pdf)>.
- Nuotolinių studijų kokybės vertinimo Lietuvoje ir užsienio aukštosiose mokyklose analizė*. Galutinė ataskaita. [Žiūrėta 2011–03–22]. Prieiga per internetą: <[http://www.skvc.lt/downloads/nuotol/NS\\_ANALIZE.pdf](http://www.skvc.lt/downloads/nuotol/NS_ANALIZE.pdf)>.
- PARKES, J.; HARRIS, M. B. (2002). *The Purposes of a Syllabus*. *College Teaching*, 50 (2), 55–61.
- TRACY, F.; JORDAN, K.; JOHNSTONE K. Using the wiki the wrong way: a case study in plant sciences. [Žiūrėta 2011–03–22]. Prieiga per internetą: <[http://www.dspace.cam.ac.uk/retrieve/509760/Usingthewikithewrongwayacasestudyinplantsciencessolstice\\_paper2007](http://www.dspace.cam.ac.uk/retrieve/509760/Usingthewikithewrongwayacasestudyinplantsciencessolstice_paper2007)>.

## **ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF PUBLICATION OF STRUCTURED TEACHING MATERIAL IN THE VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENT SAKAI**

**Regimantas Mačiulskis, Sigita Turskienė**

### Summary

The article deals with peculiarities of SAKAI virtual learning environment (VLE); the most important tools for publication of teaching material in the VLE are reviewed, the problems and ways for their solution are singled out.

On the base of analysis of scientific literature and SAKAI environment, the possibilities of tools for creation and publication of structured teaching material are explored by singling out advantages and disadvantages in the context of the widely spread VLE in Lithuania and the world – MOODLE. The possibilities of actions carried out by additional modules Melete and OpenSyllabus as well as possibilities of their integration into SAKAI VLE are presented. The analysis of possibilities of publication of a mathematical text in SAKAI allows selecting software tools according to specificity of a distance studies course and knowledge of the one who creates a particular course. Moreover, the possibilities of the SCORM standard support are characterised.

# Dinaminis veninės kraujotakos modeliavimas naudojant *Simulink*

## Antanas Mikuckas

Kauno technologijos universiteto docentas, daktaras  
Kaunas University of Technology, Assoc. Prof., PhD  
Tel. (8 37) 30 03 95  
El. paštas: antanas.mikuckas@ktu.lt

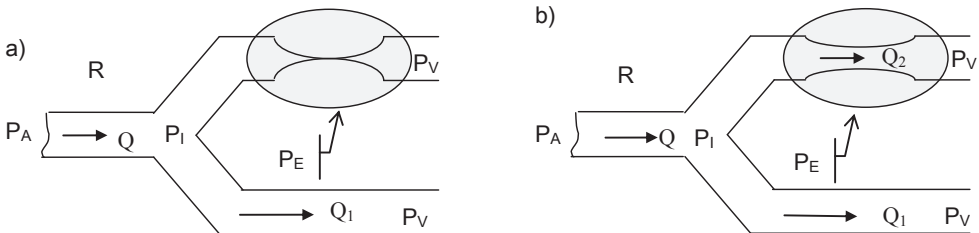
## Irena Mikuckienė

Kauno technologijos universiteto docentė, daktarė  
Kaunas University of Technology, Assoc. Prof., PhD  
Tel. (8 37) 30 03 95  
El. paštas: irena.mikuckiene@ktu.lt

*Esant padidintam audinių spaudimui kraujo srovė kai kuriose venose gali būti šuntuojama per venas su didesniu pralaidumu. Modelis naudojantis Starlingo rezistorių gerai aprašo kraujotaką zonose su padidintu audinių spaudimu. Padidintas kraujo spaudimas sumažina kraujo persiskirstymą. Kraujotakos sistemos sutelktų parametrų modelis leidžia įvertinti kraujo srautų pasiskirstymą. Statinis modelis naudoja nusistovėjusio režimo parametrus ir neįvertina proceso dinamikos. Darbe pristatomas dinaminis modelis susidedanti iš dviejų Starlingo rezistorių su bendra įvestimi. Palyginti modeliavimo rezultatai naudojant statinį ir dinaminį modelius. Parodyta, kad statinis modelis neįvertina kraujo srovės užlaikymo kraujagyslėje su didesniu išoriniu spaudimu. Rezultatų skirtumas naudojant statinį ir dinaminį modelius priklauso nuo audinių spaudimo į kraujagysles gradiento.*

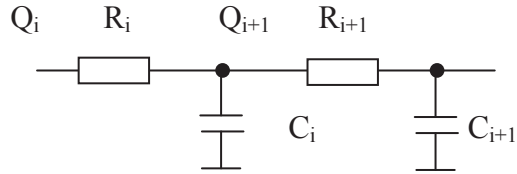
## Įvadas

Esant įvairiems pažeidimams galimi atvejai, kai kraujagysles veikia papildomas audinių spaudimas, kuris sutrikdo kraujo apytaką. Kaip parodyta 1 pav., esant normaliam kraujo spaudimui spazmuota kraujagyslė kraujo nepraleidžia ir kraujas teka per kitą kraujagyslę (Pranevicius, Pranevicius, 2002).



1 pav. Kraujotaka per spazmuotą kraujagyslę.

Paveiksle naudojami pažymėjimai:  $P_A$  – arterinis spaudimas,  $P_V$  – veninis spaudimas,  $P_I$  – įeinančio srauto spaudimas,  $P_E$  – papildomas audinių slėgimas į kraujagysles,  $Q$ ,  $Q_1$ ,  $Q_2$  – kraujo srautai per atitinkamas kraujagysles,  $R$  – kraujagyslės varža.



2 pav. Kraujotakos modeliavimas elektrinėmis grandinėmis

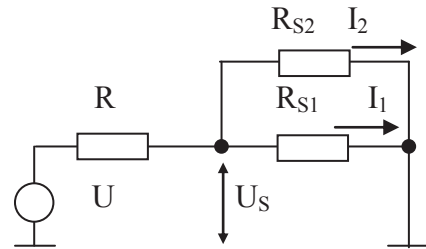
Kaip parodyta 1 pav. a), esant normaliam kraujo spaudimui kraujas per spazmuotą kraujagyslę neteka. Dėl šios priežasties gali atsirasti antrinis pažeidimas ir dar padidėti audinių spaudimas. Šis procesas vadinamas venų vagyste (angl. *venous steal*) (Pranevicius, Pranevicius, 2002; Brienza et al., 1995). Padidėjus kraujotakos spaudimui, kai  $P_1 - P_V > P_E$ , kraujagyslė atsidaro ir kraujas teka per spazmuotą kraujagyslę, kaip parodyta 1 pav., b). Tokiu būdu gali būti kompensuotas neteisingas kraujo pasiskirstymas. Kraujotakos sistema dažniausiai modeliuojama elektrinėmis sutelktų parametų grandinėmis (Formaggia, et al., 2006; Wang, Parker, 2004; Liang, et al., 2009).

Paveiksle kiekviena  $i$ -toji kraujagyslės atkarpa modeliuojama rezistoriumi  $R_i$  ir talpa  $C_i$ . Tai yra dinaminis modelis, plačiai naudojamas arterinės kraujotakos sistemos tyrimui. Modeliuojant veninę kraujotaką žinomi statiniai modeliai.

### Statiniai modeliai

Statinis modelis pateiktas 3 pav. Šiame modelyje užspaustos kraujagyslės vaizduojamos Starlingo rezistoriais (Lopez-Muniz, et al., 1968; Permutt, et al., 1963; Pranevicius, Pranevicius, 2000)  $R_{S1}$  ir  $R_{S2}$ , kurių varžos  $R_S$  kinta priklausomai nuo spaudimo:

$$R_S = \begin{cases} \frac{R_0}{1 - \frac{P_E}{P_i - P_v}}, & \text{kai } P_i - P_v > P_E, \\ \infty, & \text{kai } P_i - P_v \leq P_E, \end{cases}$$



3 pav. Kraujagyslių, pateiktų 1 pav., statinis modelis

kur  $P_E$  – audinių spaudimas į kraujagyslę,  $P_i$  ir  $P_v$  – spaudimai kraujagyslės atkarpos pradžioje ir pabaigoje,  $R_0$  – varža, charakterizuojanti kraujagyslės pasipriešinimą kraujo srautui. Čia įtampos šaltinis  $U$  atitinka spaudimą  $P_A$ ,  $U_S$  – spaudimų skirtumą ( $P_i - P_v$ ), o srovės per Starlingo rezistorius  $I_2$  ir  $I_1$  atitinka kraujo srautus per kraujagysles. Starlingo rezistorių  $R_{S1}$  ir  $R_{S2}$  varžos gali būti skirtingos dėl nevienodo audinių spaudimo į jas. Kadangi naudojame elektrines grandines, toliau spaudimą  $P_E$  žymėsime  $E$ .



$$R_{Sj} = \begin{cases} \frac{R_{0j}U_S}{U_S - E_j}, & \text{kai } U_S > E_j, \\ \infty, & \text{kai } U_S \leq E_j, \quad j = 1, 2. \end{cases}$$

Spaudimas  $U_S$  randamas išsprendus lygčių sistemą:

$$U_S = \frac{R_S U}{R + R_S},$$

$$R_S = \frac{R_{S1} R_{S2}}{R_{S1} + R_{S2}}.$$

Aprašant kraujo srautus per kraujagysles priklausomai nuo įeinančio kraujo srauto spaudimo  $P_I$ , išorinio spaudimo  $P_E$  ir spaudimo  $P_V$  paprastai išskiriamos West'o zonos (West, Dollery, 1965). Pirmojoje zonoje ( $P_E > P_I > P_V$ ) kraujas per kraujagysles neteka. Antrojoje zonoje ( $P_I > P_E > P_V$ ) kraujo srautas yra proporcingas skirtumui ( $P_I - P_E$ ). Trečiojoje zonoje ( $P_I > P_V > P_E$ ) kraujo srautas yra proporcingas skirtumui ( $P_I - P_V$ ). Įvykus lokaliai pažeidimui atsiranda audinių spaudimo gradientas nuo pažeidimo centro link periferijos, sukeltantis kraujo srauto nukreipimą mažiausio pasipriešinimo kryptimi.

Modeliuojant vienos kraujagyslės išsišakojimą į dvi galimi trys atvejai:

- $E_1 > E_2$ , t. y. atvejis kai išorinis spaudimas į pirmąją kraujagyslę žymiai viršija spaudimą į antrąją kraujagyslę;
- $E_1 < E_2$ , t. y. atvejis kai išorinis spaudimas į antrąją kraujagyslę žymiai viršija spaudimą į pirmąją kraujagyslę;
- $E_1 = E_2$ , arba  $E_1 \cong E_2$ , t. y. atvejis, kai išorinis spaudimas į abi kraujagysles yra vienodas arba skiriasi nežymiai.

Pirmuoju atveju  $R_{S1} = \infty$ , ir schema aprašoma lygtimis

$$U_S = \frac{R_S U}{R + R_S},$$

$$R_S = R_{S2} = \frac{R_0 U_S}{U_S - E_2}.$$

Išsprendę lygtis gauname:

$$U_S = \begin{cases} \frac{UR_0 + E_2 R}{R_0 + R}, & \text{kai } U > E_2, \\ U, & \text{kai } U \leq E_2. \end{cases}$$

Srovės per rezistorius  $R_{S1}$  ir  $R_{S2}$ :

$$I_{s1} = 0,$$

$$I_{s2} = \begin{cases} \frac{UR_0 - E_2(R_0 + R) + E_1R}{(R_0 + R)R_0}, & \text{kai } U > E_2, \\ 0, & \text{kai } U < E_2. \end{cases}$$

Antruoju atveju  $R_{s2} = \infty$ , ir schema aprašoma lygtimis

$$U_s = \frac{R_s U}{R + R_s},$$

$$R_s = R_{s1} = \frac{R_0 U_s}{U_s - E_1}.$$

Išsprendę lygtis gauname:

$$U_s = \begin{cases} \frac{UR_0^1 + E_1R}{R_0^1 + R}, & \text{kai } U > E_1, \\ U, & \text{kai } U \leq E_1. \end{cases}$$

Srovės per rezistorius  $R_{s1}$  ir  $R_{s2}$ :

$$I_{s2} = 0,$$

$$I_{s1} = \begin{cases} \frac{UR_0^1 - E_1(R_0^1 + R) + E_2R}{(R_0^1 + R)R_0^1}, & \text{kai } U > E_1, \\ 0, & \text{kai } U < E_1. \end{cases}$$

Trečiuoju atveju gauname:

$$U_s = \frac{UR_0R_0^1 + R(R_0E_1 + R_0^1E_2)}{R_0R_0^1 + R_0R + R_0^1R}.$$

Srovės per rezistorius  $R_{s1}$  ir  $R_{s2}$ , kai  $R_0 = R_0^1$ :

$$I_{s1} = \begin{cases} \frac{UR_0 - E_1(R_0 + R) + E_2R}{(R_0 + R)R_0}, & \text{kai } U > E_1, \\ 0, & \text{kai } U < E_1, \end{cases}$$

$$I_{s2} = \begin{cases} \frac{UR_0 - E_2(R_0 + R) + E_1R}{(R_0 + R)R_0}, & \text{kai } U > E_2, \\ 0, & \text{kai } U < E_2. \end{cases}$$

## Statinio modeliavimo rezultatai

Skaičiuojant kraujo srautus per išsišakojančias kraujagysles buvo priimta, kad  $R_0 = R_0^1 = 30$ ,  $R = 85$ . Tokios įėjimo parametrų reikšmės pasirinktos tam, kad gautus modeliavimo rezultatus būtų galima palyginti su rezultatais, pateiktais literatūroje (Pranevicius, Pranevicius, 2002). Kad būtų patogiau įvertinti arterinio spaudimo ir audinių spaudimo į kraujagysles santykį, buvo priimta  $U = 1$ . Žemiau pateiktos srovių per išsišakojančias kraujagysles priklausomybės nuo arterinio spaudimo (4 pav.), kai viena kraujagyslė nespazmuota ( $E_1=0$ ), o kita užspausta ( $E_2=0,3$ ).

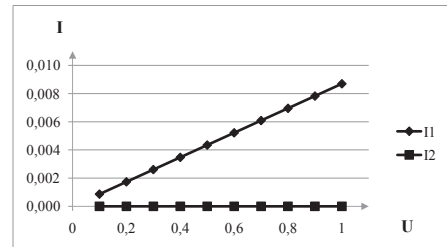
Tai yra tipiškas atvejis, kai audinių spaudimas į vieną kraujagyslę žymiai viršija audinių spaudimą į kitą kraujagyslę. Šie modeliavimo rezultatai skiriasi nuo pateiktų literatūroje (Pranevicius, Pranevicius, 2002), kur teigiama, kad didėjant spaudimui kraujo apytaka per spazmuotas ir nespazmuotas kraujagysles atsistato. Kai skirtumas tarp audinių spaudimo į kraujagysles yra mažesnis ( $E_1 = 0$ ,  $E_2 = 0,2$ ) didėjant spaudimui kraujas pradeda tekėti ir per antrąją kraujagyslę (5 pav.).

Šiuo atveju esant pakankamai dideliame spaudimui antroji, spazmuota kraujagyslė atsidaro. Tačiau, nepaisant to, nepasiekama kraujo srautų per kraujagysles išlyginimo. 6 pav. parodytas kraujo srautų santykis  $S$  tarp spazmuotos ir nespazmuotos kraujagyslių ( $S_1 = I_{S1}/(I_{S1} + I_{S2})$  ir  $S_2 = I_{S2}/(I_{S1} + I_{S2})$ ), kai spaudimai  $E_1 = 0$ , o  $E_2 = 0,1$ .

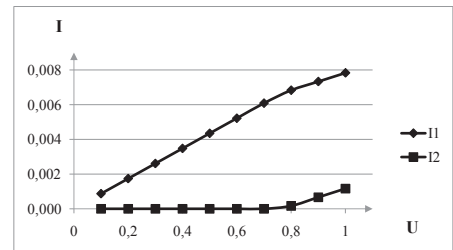
Kai audinių spaudimo į kraujagysles skirtumas dar mažesnis ( $E_1 = 0$ , o  $E_2 = 0,1$ ), modeliavimo rezultatai pateikti 7 pav.

Šiuo atveju padidėjus kraujo spaudimui stebimas ženklus kraujotakos tarp kraujagyslių balanso pagerėjimas. Kraujo srautų santykis skirtingose kraujagyslėse pateiktas 8 pav.

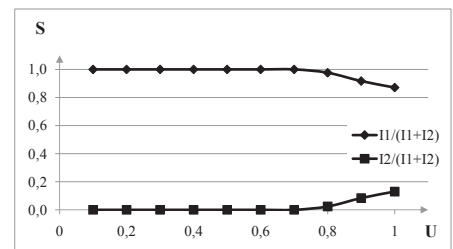
Iš pateiktų modeliavimo rezultatų matosi, kad kraujo srautų pasiskirstymas pažeistoje zonoje priklauso nuo audinių spaudimo gra-



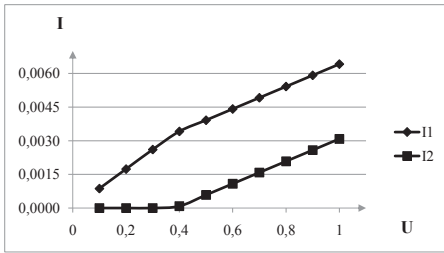
4 pav. Kraujo srautų pasiskirstymas tarp spazmuotos ir nespazmuotos kraujagyslių



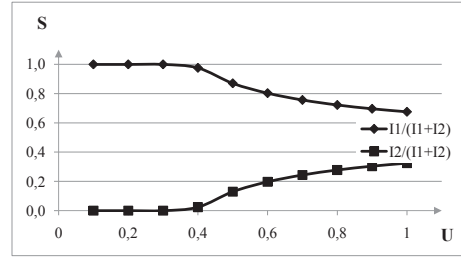
5 pav. Kraujo srautų pasiskirstymas, kai audinių spaudimo skirtumas vidutinis



6 pav. Santykinis kraujo srautų pasiskirstymas tarp spazmuotos ir nespazmuotos kraujagyslių



7 pav. Kraujo srautų pasiskirstymas, kai audinių spaudimo skirtumas mažas



8 pav. Santykinis kraujo srautų pasiskirstymas esant mažam išorinio spaudimo skirtumui

diento. Skaičiuojant kraujo srautus per atskiras kraujagysles naudojant statinį modelį neįvertinami perinamieji procesai ir galimos paklaidos.

### Dinaminis kraujagyslių modelis

Pereinant nuo statinio modelio prie dinaminio reikia elektrinę grandinę, parodytą 2 pav., pakeisti elektrine grandine, pateikta 9 pav.

Šioje grandinėje kondensatorius  $C$  įvertina kraujagyslių elastingumą. Modeliuojant procesus šioje grandinėje reikia spręsti lygčių sistemą:

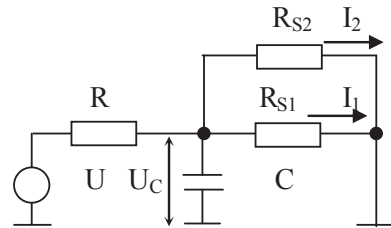
$$\frac{dU_C}{dt} = \frac{U_C}{C} \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_{S1}} + \frac{1}{R_{S2}} \right) - \frac{U}{RC},$$

$$R_{S1} = \begin{cases} \frac{R_0 U_C}{U_C - E_1}, & \text{kai } U_C > E_1, \\ \infty, & \text{kai } U_C \leq E_1, \end{cases}$$

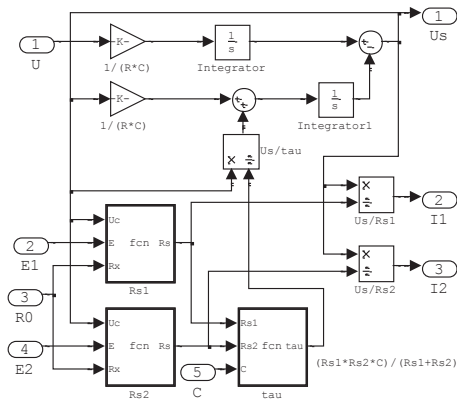
$$R_{S2} = \begin{cases} \frac{R_0 U_C}{U_C - E_2}, & \text{kai } U_C > E_2, \\ \infty, & \text{kai } U_C \leq E_2. \end{cases}$$

Šių lygčių sprendimui buvo sudarytas modelis naudojant *Matlab* modeliavimo paketą *Simulink*. Jo pagrindinės posistemės struktūra pateikta 10 pav.

Pateiktame modelyje numatyta galimybė nustatyti parametrus  $E_1$  ir  $E_2$ , o taip pat rezistoriaus  $R_0$  varžą. Numatyta gali-



9 pav. Elektrinė grandinė modeliuojanti dinaminis procesus kraujotakoje



10 pav. Dinaminis kraujotakos modelis

mybė skaičiuojant  $R_{S1}$  ir  $R_{S2}$  naudoti skirtingus rezistorius  $R_0$  ir  $R_0^1$ . Ši struktūra leidžia ne tik stebėti procesų dinamiką, bet ir panaudoti kaip statinį modelį, nes numatyta išvesties signalų (srovių, atitinkančių kraujo srautus, įtampų, atitinkančių kraujo spaudimą tam tikruose taškuose) išvedimas nusistovėjusiam režime. Tai yra ypač patogu, kai modeliuojama sudėtingesnė kraujagyslių sistema ir statinio modelio formulės yra sudėtingos.

### Dinaminio modeliavimo rezultatai

Atėjus kraujo tvinksniui spaudimas kraujagyslėje pakyla ir kraujas pradeda tekėti ne iš karto. 11 pav. pateikti modeliavimo rezultatai, kai viena kraujagyslė nespazmuota ( $E_2 = 0$ ), o kita spazmuota ( $E_1 = 0,1$ ), o  $U = 1$ .

Matome, kad apskaičiuojant kraujo pasiskirstymą per kraujagysles naudojant nusistovėjusio režimo srovių reikšmes gausime netikslų rezultatą, nes kraujas per spazmuotą kraujagyslę pradeda tekėti vėliau. Kraujo srovės vėlinimas priklauso nuo arterinio spaudimo  $U$ . 12 pav. pateikti modeliavimo rezultatai, kai viena kraujagyslė nespazmuota ( $E_2 = 0$ ), o kita spazmuota ( $E_1 = 0,1$ ), o  $U = 0,5$ .

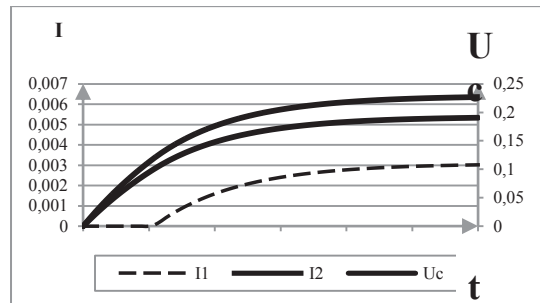
Matome, kad srovė per spazmuotą kraujagyslę vėlinama daugiau. Todėl skaičiuojant kraujo srautų santykį  $S$  naudosiame ne srovių reikšmes nusistovėjusiam režime  $I_1$  ir  $I_2$ , o vidutines jų reikšmes  $I_{11}$  ir  $I_{21}$ :

$$I_{11} = \frac{1}{T} \int_0^T I_1(t) dt, \quad I_{21} = \frac{1}{T} \int_0^T I_2(t) dt.$$

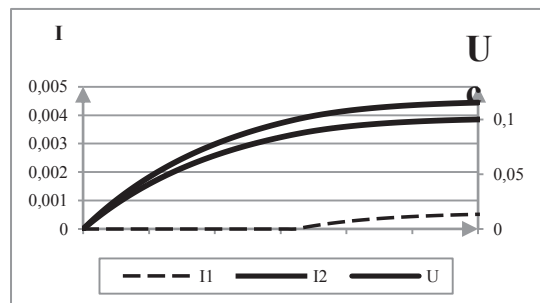
Kraujo srautų santykio  $S_2$ , paskaičiuoto naudojant nusistovėjusio režimo srovės, ir  $S_{21}$ , paskaičiuoto naudojant vidutines srovių reikšmes, pateiktas 13 pav. Santykis buvo skaičiuojamas kai viena kraujagyslė buvo nespazmuota ( $E_2 = 0$ ), o kita spazmuota ( $E_1 = 0,1$ ).

Matome, kad šiuo atveju vertinant kraujo pasiskirstymo atstatymą didėjant kraujo spaudimui galime pervertinti kraujotakos atsistatymą spazmuotoje kraujagyslėje.

Kai spazmuotos abi kraujagyslės, kraujas per jas abi pradės tekėti vė-



11 pav. Kraujo spaudimo  $U_C$  ir kraujo srovių kitimas, kai spaudimas maksimalus



12 pav. Kraujo spaudimo  $U_C$  ir kraujo srovių kitimas, kai spaudimas vidutinis

liau. Vėlinimo laikas priklausys nuo išorinio spaudimo į jas. 14 pav. parodytas kraujo srovių ir spaudimo kitimas, kai abi kraujagyslės spazmuotos ( $E_1 = 0,2$ ,  $E_2 = 0,22$ ), o arterinis spaudimas vidutinis ( $U = 0,5$ ).

Šiuo atveju vidutinės srovių reikšmės dar daugiau skirsis nuo reikšmių nusistovėjusiam režime ir kraujo srautų pasiskirstymo įvertinimas bus klaidingas. 15 pav. parodyti kraujo srautų santykiai, paskaičiuoti naudojant statinį ir dinaminį modelius.

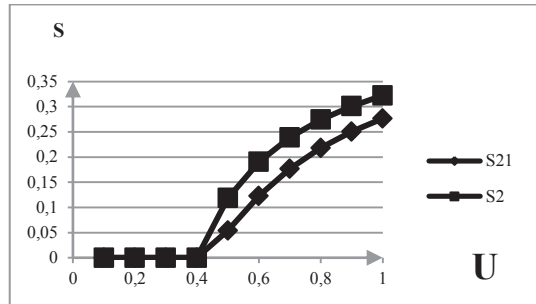
Šiuo atveju įvertinant kraujo pasiskirstymą daroma dar didesnė paklaida, kai naudojamas statinis modelis. Be to, prie tam tikrų arterinio spaudimo reikšmių nepakankamai įvertinamas kraujotakos atsistatymas stipriau spazmuotoje kraujagyslėje, o esant kitoms arterinio spaudimo reikšmėms – pervertinamas.

## Išvados

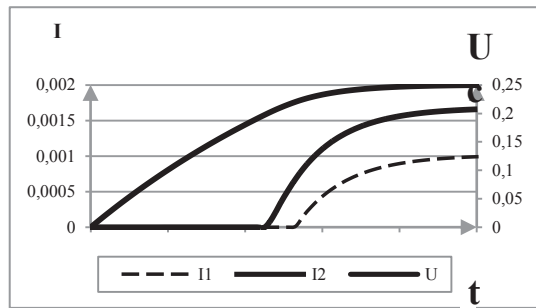
Tyrinėjant veninės kraujotakos sutrikimus esant smegenų pažeidimams naudojami statiniai modeliai. Žinomi ir dinaminiai modeliai, kurie naudojami tyrinėjant arterinę kraujotaką. Šie modeliai yra tiesiniai. Veninės kraujotakos dinaminiai modeliai yra netiesiniai, todėl negalima naudoti žinomų arterinės kraujotakos modelių.

Sudarytas dinaminis veninės kraujotakos modelis naudojant Starlingo rezistorių. Parodyta, kad dinaminį modelį galima naudoti ir statinių parametrų skaičiavimui.

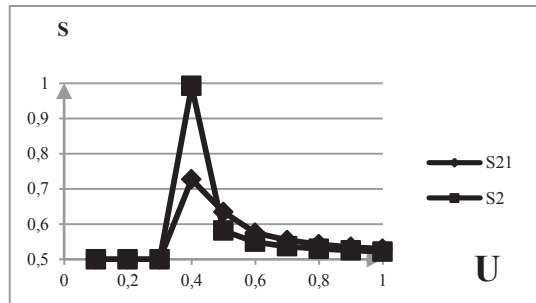
Tirtas kraujotakos atsistatymas didėjant kraujo spaudimui. Palyginti rezultatai naudojant statinį ir dinaminį modelius. Parodyta, kad skaičiuojant kraujo persiskirstymą



13 pav. Kraujo srautų santykis paskaičiuotas naudojant statinį ir dinaminį modelius



14 pav. Kraujo spaudimo  $U_c$  ir kraujo srovių kitimas, kai abi kraujagyslės spazmuotos



15 pav. Kraujo srautų santykis, kai abi kraujagyslės spazmuotos

pažeistose kraujagyslėse didžiausia paklaida naudojant statinį modelį gaunama, kai skirtumas tarp išorinio spaudimo į kraujagysles yra mažas.

Išplėtus modelį (įvedus daugiau kraujagyslių atšakų) galima tyrinėti insulto susidarymo mechanizmus.

## LITERATŪRA

- BRIENZA, N.; AYUSE, T.; O'DONNELL, CP.; PERMUTT, S.; ROBOTHAM, JL (1995). Regional control of venous return: Liver blood flow. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, Vol. 152, No. 2, p. 511-518.
- FORMAGGIA, Luca; LAMPONI, Daniele; TUVERI, Massimiliano; VENEZIANI, Alessandro (2006). Numerical modeling of 1-D arterial networks coupled with a lumped parameters description of the heart. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, Vol. 9, No. 5, p. 273-288.
- LIANG, Fuyou; TAKAGI, Shu; HIMENO, Ryutaro; LIU, Hao (2009). Multi-scale modeling of the human cardiovascular system with applications to aortic valvular and arterial stenoses. *Medical and Biological Engineering and Computing*, Vol. 47, No. 7, p. 743-745.
- LOPEZ-MUNIZ, Raul; STEPHENS, N.L.; BROMBERGER-BARNEA, Baruch; PERMUTT, Solbert, RILEY, Richard (1968). Critical closure of pulmonary vessels analyzed in terms of Starling resistor model. *Journal of Applied Physiology*, Vol. 24, No. 5, p. 625-635.
- PERMUTT, Solbert; RILEY, Richard (1963). Hemodynamics of collapsible vessels with tone: the vascular waterfall. *Journal of Applied Physiology*, Vol. 18, No. 5, p. 924-932.
- PRANEVICIUS, Mindaugas; PRANEVICIUS, Osvaldas (2002). Cerebral venous steal: Blood flow diversion with increased tissue pressure. *Neurosurgery*, Vol. 51, No. 5, p. 1267-1274.
- PRANEVICIUS, Osvaldas; PRANEVICIUS, Mindaugas (2000). Cerebral blood outflow maintenance during intracranial hypertension. US patent 6105582 [interaktyvus]. [žiūrėta 2011 m. gegužės 9 d.]. Prieiga per internetą: < <http://www.freepatentsonline.com/6105582.html>>.
- WANG, Jiun-Jr.; PARKER, Kim H. (2004). Wave propagation in a model of the arterial circulation. *Journal of Biomechanics*, Vol. 37, No 4, p. 457-470.
- WEST John B.; DOLLERY Colin T. (1965). Distribution of blood flow and pressure-flow relation of whole lung. *Journal of Applied Physiology*, Vol. 20 No. 2, p. 175-183.

## DYNAMIC VENOUS FLOW MODELLING USING SIMULINK

**Antanas Mikuckas, Irena Mikuckienė**

### Summary

Focal increases tissue pressure may lead to shunting of blood to areas with better venous drainage. The Starling resistor model describes blood flow in areas of increased tissue pressure. The venous pressure increase equilibrates the effective backpressure and decreases flow diversion. Lumped parameter model of blood flow allows evaluating blood flow distribution. Static model evaluates blood flow distribution using steady state parameters. Dynamic model of blood flow is presented in this paper. The model includes two Starling resistors with common inflow. Results of static model and dynamic model are compared. It is shown that static model does not evaluate blood flow delay in blood vessel with higher tissue pressure. Difference of results obtained from static and dynamic models depends on gradient of tissue pressure.

# Informacinės visuomenės kompiuterija

## Alfredas Otas

Kauno technologijos universiteto docentas, daktaras.

Kaunas University of Technology, Assoc. Professor, PhD

Studentų g. 50, Kaunas, tel. (8 37) 30 03 87 faks. (8 37) 30 03 90

El. paštas [alfredas.otas@ktu.lt](mailto:alfredas.otas@ktu.lt)

*Straipsnyje pristatoma informacinės visuomenės plėtra Europoje ir Lietuvoje. Nagrinėjama, kaip tikslinga supažindinti su informacinės visuomenės plėtros procesais atitinkamų specialybių studentus. Aptariamas informacinių technologijų specialisto profesionalumas, išryškinant, kokios žinios ir kompetencijos būtinos būsimam specialistui, kuris turi tapti aktyviu informacinės visuomenės plėtros dalyviu. Pristatomos Europos ir Lietuvos informacinės visuomenės kūrimo ir plėtros programinės nuostatos. Nagrinėjamos veiklos elektroninėje erdvėje sritys, parodomos naujos galimybės, atsiveriančios informacinių technologijų specialistams.*

## Įvadas

Turime unikalią situaciją – pirmą kartą žmonijos istorijoje sukurtas intelektualaus darbo įrankis – kompiuteris, kurio taikymas vis labiau įtakoja kiekvieno žmogaus veiklos sritis. Šis kaitos procesas visapusiškai veikia visuomenės vystymąsi. Informacinė visuomenė – tai atvira, išsilavinusi ir besimokanti visuomenė, kurios nariai gali, geba ir nori visose savo veiklos srityse veikti šiuolaikinių informacinių technologijų aplinkoje, naudotis šalies bei pasaulio informacijos resursais, o valdžios institucijos užtikrina informacijos prieinamumą ir patikimumą. Informacinėje visuomenėje keičiasi ne tik gamyba, bet ir gyvenimo būdas, vertybių skalė. Palyginus su industrine visuomene, kur daugiau dėmesio buvo kreipiama į gamybą bei prekių vartojimą, informacinėje visuomenėje ugdomas ir naudojamas intelektas, žinios, kas siejama su žymiu protinio darbo dalies augimu.

Būsimam informatikui, kaip aktyviam informacinės visuomenės kūrėjui, būtina suprasti informacinės visuomenės plėtros procesus, išsiaiškinti kas laukia kiekvieno iš mūsų informacinės visuomenės kūrimo ir visuotinės kompiuterizacijos procese; suformuluoti, kaip reikia elgtis, kad vykstantys procesai būtų naudingi tiek visuomenei, tiek kiekvienam iš mūsų; įvertinti šalyje ir pasaulyje vykstančius procesus ir išmokti racionaliai panaudoti savo žinias ir sugebėjimus moksle, darbe ir asmeniniame gyvenime.

Autoritetinga tarptautinė organizacija elektronikos ir elektrotechnikos institutas IEEE Computer Society parengė rekomendacijas informatikos specialistų rengimo programoms *Computing Science Curriculum* 2008 ([www.acm.org/education/curricula.html](http://www.acm.org/education/curricula.html)). Čia įvar-



dijamos ir aprašomos pagrindinės žinios ir informacija, kurias turi gauti informatikos specialistas. Šalia kitų krypčių įvardijamas Socialinių ir profesinių problemų (*Social and Professional Issues*) nagrinėjimas. Straipsnio autorius jau daug metų tiria šias problemas ir pateikia sukaupią informaciją dėstydamas atitinkamus modulius KTU Informatikos ir Socialinių mokslų fakultetų būsimiesiems bakalaurams, VU Komunikavimo fakulteto magistrantams. Dabar KTU Informatikos fakultete vedamas modulis pavadintas „Informacinės visuomenės kompiuterija“. Sukaupias patyrimas apibendrinamas ir pristatomas pateikiamame straipsnyje.

### *Informacinių technologijų specialistų profesionalumas*

Informacinių technologijų specialistų profesionalumo sąvoka turi būti struktūriškai apibrėžta ir nustatyta, ko reikia visapusiškam profesinės veiklos realizavimui. Būtina įvertinti, kaip profesionalumo sąvoka kinta ir kis sparčiai besikeičiančiame pasaulyje. Informacinės technologijos nuolat tobulėja, todėl šios srities profesionalams intensyviau negu dirbantiems kitose sferose mokytis visą gyvenimą. Be to, informatikos specialistui teks prisitaikyti prie skirtingų sričių ir disciplinų, kur taikomi nauji informacinių technologijų sprendimai.

Informacinių technologijų specialistas yra asmuo, kuris dirba konkrečioje informacinių technologijų srityje, ir kurio darbas apibrėžiamas atitinkamomis profesionalumo charakteristikomis. Visas sąvokas ir apibrėžimus būtina formuluoti atsargiai, kad įvestu standartu nebūtų trukdoma pažangai. Neretai atsiranda iššūkiai, kurių pavyzdžiu gali būti multidisciplinarinės problemos, susiformuojančios bendraujant skirtingų sričių specialistams.

Europos Komisija ir Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetas kartu su Europos informatikos profesionalų sąjunga CEPIS subūrė ekspertus iš Europos valstybių vyriausybių, universitetų, informacinių technologijų sektoriaus verslo atstovų ir 2009 metų lapkričio mėnesį Briuselyje suorganizavo Europos e.įgūdžių konferenciją, kurios pagrindinis tikslas – skatinti informacinių technologijų profesionalumą (E-skills, 2009). Konferencijoje buvo plačiai išnagrinėta informacinių technologijų profesionalumo svarba ES ekonomikai ir visuomenei. Buvo akcentuotos tokios netolimos ateities problemos:

- Po krizės Europoje gali grėsti informacinių technologijų specialistų trūkumas, kas trukdys sėkmingai išeiti iš krizės situacijos.
- ES darbo rinkoje 2015 metais paklausa gali viršyti pasiūlą 384 000 informacinių technologijų specialistų.
- Informacinių technologijų specialistų skaičius Europoje 2007 metais buvo 4,7 milijonų ir yra prognozuojama, kad 2015 metais bus tarp 4,95 ir 5,26 mln. priklausomai nuo valstybių veiksmų.

Kiekvienoje šalyje rekomenduojama spręsti klausimus, susijusius su darbo rinka ir jos užpildymu skirtingo lygio kompiuterinės kompetencijos specialistais. Išvardytos proble-

mos 2010 m. liepos 13 dieną buvo aptartos Švietimo ir mokslo ministerijoje surengtoje diskusijoje (ŠMM, 2010), kur buvo akcentuota, kad informacinių technologijų ateitis priklausys nuo dabartinės abiturientų kartos. Kaip gabų jaunimą patraukti į technologines studijas ir garantuoti aukštos klasės profesionalų pasiūlą pažangių inovacijų rinkai, kuriai plėsti panaudojami Europos Sąjungos struktūrinių fondų pinigai? Ieškodama atsakymo į šį klausimą, Švietimo ir mokslo ministerija ėmėsi iniciatyvos užmegzti nuolatinį dialogą su aukštosiomis mokyklomis, verslu, bendrojo lavinimo mokyklomis ir tėvų atstovais dėl specialistų rengimo prioritetinėms informacinių technologijų sritims. Švietimo ir mokslo ministerijos pasiūlytose gairėse raginama sudominti moksleivius tokių specialybių perspektyvomis. Į šiuos procesus kviečiami įsitraukti ir potencialūs darbdaviai, kurie turėtų prisidėti prie studijų programų sudarymo, atnaujinimo, kvalifikacijos standarto rengimo. Lietuvos aukštosios mokyklos į šiuos pasiūlymus reagavo pakankamai santūriai.

Pagal CEPIS profesionalumą apibrėžia šios charakteristikos: žinios, kokybė, etika, atsakingumas, patirtis, gyvenimo kilimas. Kompetencijai įvertinti yra apibrėžiamos tam tikros žinios, kurios būtinos ir suprantamos visiems kvalifikuotiems specialistams. Toks žinių standartas kartu apibrėžia konkrečią kvalifikaciją, kurią suteikia studijų institucija. Kvalifikacinius standartus kuria ir rekomenduoja tarptautinės specialistų organizacijos, jų kūrime dalyvauja mokslo, verslo institucijos. Nors informacinių technologijų studijų objektas, paplitimas ir svarba visuomenei nuolat keičiasi, išlieka fundamentalių kompiuterijos mokslo žinių kiekis, kuris yra pagrindinis ir pakankamai nusistovėjęs. Informacinių technologijų specialistui būtinų žinių kiekis nuolat pasipildo naujais fundamentalių tyrimų rezultatais bei taikymo naujovėmis. Žinių apimties konkrečioms specialybėms standartizavimas yra svarbus unifikuojant studijas, bet kartu gali tapti tam tikru stabdžiu norint dinamiškai atsiliepti studijų procese į informacinių technologijų srities dinamizmą.

CEPIS yra parengusi Europos informatikos specialistų profesionalų sertifikavimo programą EUCIP (*European Certification of Informatics Professionals*) (EUCIP, 2011). Deklaruojami tokie EUCIP programos tikslai:

- Informatiko profesijai nustatyti pramonės skatinamo profesinio išsilavinimo struktūrą ir standartus.
- Sukurti informatikų kompetencijos tobulinimo Europos ilgalaikio paslaugų tinklą.
- Sumažinti Europoje informacinių technologijų profesinių įgūdžių atotrūkį.
- Mokymosi visą gyvenimą ir kompetencijos stiprinimo priemonių taikymas visoms informacinių technologijų ir susijusių sričių specialybėms.

Žinios svarbu, bet būtinas žinojimas, o tai kūrybiškumas – gebėjimas, kurį galima susieti su mąstymo laisve, intuicija, kūrybiniais gebėjimais, vidine motyvacija. Bendro žinių kiekio augimas skatina mokslinių disciplinų specializaciją. Iš esmės pasikeitė situacija: prieš šimtą metų visapusiškas mokslininkas galėjo būti bendrai susipažinęs su beveik visomis mokslo sritimis, o šiais laikais netgi studijuojantys tą pačią discipliną,

tačiau turintys skirtingas specializacijas, ne visada pilnai supras vieni kitus. Kartu specializacijos neturi tapti specialistų visiško uždarmo ir izoliavimosi priemone. Profesionalumo lygis kartu apibrėžia specialisto kokybę.

### *Informacinės visuomenės plėtra Europoje ir Lietuvoje*

Europoje apie informacinę visuomenę imta plačiau diskutuoti, o toliau ir veikti tuometinio Europos komisaro Martyno Bangemano iniciatyva. 1994 metais Korfu saloje vykusiame Europos Tarybos posėdyje M. Bangemanas perskaitė pranešimą „Europa ir globali informacinė visuomenė“. Bangemano pranešimas atkreipė Europos politikų dėmesį savo mastais, konceptualiniu pagrįstumu, atvira socialine orientacija bei iš esmės skirtingu nuo amerikiečių požiūriu. Pranešimo pagrindu Europos parlamentas priėmė Europos perėjimo į informacinę visuomenę veiksmų planą. Teoriniu požiūriu Bangemano pranešimas rėmėsi A. Toffler, Y. Masuda ir kitų mokslininkų idėjomis ir numatė jų realizaciją Europoje (Rytel, 2001).

Europos perėjimo į informacinę visuomenę veiksmų plano esmė – koordinuoti fragmentuotų atskirų valstybių planų realizaciją, siekiant sudaryti naujas galimybes Europos visuomenėms, naujas darbo vietas piliečiams, naujas prekes ir paslaugas vartotojams. Naujausias bendraeuropinis dokumentas, aiškiai apibrėžiantis informacinės visuomenės plėtrą Europoje artimiausiais metais – 2010 m. rugpjūčio 26 d. „Komisijos komunikatas Europos parlamentui, Tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui“. apibrėžiamas skaitmeninės darbotvarkės tikslas – užtikrinti, kad skaitmeninė bendroji rinka, grindžiama sparčiu ir itin sparčiu internetu ir sąveikiomis taikomosiomis programomis, suteiktų tvarios ekonominės ir socialinės naudos (Digital Agenda, 2010). Dokumente akcentuojama, kad krizė paveikė pastaraisiais metais padarytą ekonominę bei socialinę pažangą ir atskleidė struktūrinius Europos ekonomikos trūkumus. Šiandien svarbiausias tikslas – užtikrinti Europos atsigavimą. Susidūrę su demografinio senėjimo problema ir pasauline konkurencija, turime tris galimybes: dirbti daugiau, dirbti ilgiau arba dirbti pažangiau. Europos skaitmeninė darbotvarkė – tai viena iš septynių pagrindinių 2020 m. Europos strategijos iniciatyvų – joje apibrėžiama svarbiausia skatinamoji informacinių ir ryšių technologijų funkcija. Šios darbotvarkės tikslas – parengti veiksmų planą, kad būtų kuo geriau išnaudotos naujų technologijų teikiamos socialinės ir ekonominės galimybės. Skaitmeninė darbotvarkė grindžiama plačiomis konsultacijomis, įvertinami ankstesnių projektų laimėjimai ir praradimai, apibendrinti moksliniai tyrimai, numatomi naujų technologijų tolimesnės raidos keliai.

Dokumente akcentuojamos bendraeuropinės problemos, trukdančios sėkmingai informacinės visuomenės plėtrai. Europai vis dar būdinga nacionalinių interneto rinkų įvairovė, o europiečiai negali naudotis skaitmeninės bendrosios rinkos privalumais, nors kylančias problemas galima išspręsti. Komercinį ir kultūros turinį ir paslaugas turi būti įmanoma laisvai teikti ir kitose šalyse, todėl reikia pašalinti reguliavimo kliūtis. Stan-

dartų nustatymo, viešųjų pirkimų ir valdžios institucijų veiklos koordinavimo srityse esama trūkumų, dėl kurių europiečiams teikiamų skaitmeninių paslaugų ir jų naudojamų prietaisų sąveika nepakankama. Europos piliečiai nesiims jokios sudėtingesnės veiklos internete, jei jie ar jų vaikai negalės visiškai pasikliauti tinklais. Todėl Europoje privalu spręsti problemas, susijusias su tuo, kad plinta elektroninis nusikalstamumas, įskaitant vaikų išnaudojimą, tapatybės vagystes ir kibernetines atakas, ir sukurti tinkamus reagavimo mechanizmus. Europoje vis akivaizdesnė profesionalių informacinių technologijų įgūdžių stoka ir nepakankamas skaitmeninis raštingumas. Dėl šių problemų daugelis piliečių lieka atskirti nuo informacinės visuomenės ir ekonomikos. Europa privalo daugiau investuoti į mokslinius tyrimus ir plėtrą ir užtikrinti, kad geriausios idėjos būtų įgyvendintos rinkoje. Šalia kitų dokumente akcentuojamų sprendimų Europos Komisija pasiūlys, kad Reglamente dėl Europos socialinio fondo (2014–2020 m.) skaitmeninis raštingumas ir gebėjimai būtų paskelbti prioritetu; iki 2012 m. parengs informacinių technologijų specialistų ir naudotojų kompetencijos nustatymo ir pripažinimo priemones, taip pat sukurs Europos informacinių technologijų specialistų kvalifikacijos sistemą, kuria būtų siekiama Europoje kelti informacinių technologijų specialistų kvalifikaciją.

Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2011 m. kovo 16 d. patvirtino „Informacinės visuomenės plėtros 2011–2019 m. programą“. Ją įgyvendinant bus siekiama didinti žmonių gebėjimą naudotis informacinėmis ir ryšių technologijomis, plėsti šių technologijų infrastruktūrą, plėtoti elektroninį turinį ir paslaugas, skatinti naudotis jų galimybėmis. Planuojama, kad mokančiųjų dirbti kompiuteriu turi padaugėti 30 proc. – nuo 57 proc. 2010 m. iki 87 proc. 2019 m. Bus siekiama, kad 2019 m. visos pagrindinės viešosios ir administracinės paslaugos būtų perkeltos į elektroninę erdvę (2010 m. buvo 59 proc.). Programoje numatomas siekis skatinti elektroninio verslo plėtrą, asmens tapatybės kortelės naudojimą elektroninėje erdvėje, gerinti mokymosi elektroninėje erdvėje sąlygas, skatinti žmones naudotis internete teikiama teisine informacija ir daryti įtaką valdžios priimamiems sprendimams. Išskirtinis dėmesys teikiamas Lietuvos kultūros ir lietuvių kalbos puoselėjimui pasitelkiant informacines ir ryšių technologijas. Bus siekiama iki 2019 m. visiems šalies gyventojams sudaryti galimybę gauti prieigą prie plačiajuosčio ryšio, o namuose plačiajuosčių internetą turėtų naudoti apie 80 proc. namų ūkių. Europos Sąjungos ir Lietuvos direktyviniai dokumentai pakankamai ambicingi, išsamūs ir visapusiški.

Dokumentuose numatytas informacinės visuomenės plėtros nuostatas turės realizuoti mūsų universitetų absolventai, todėl būtina pasiekti, kad jie būtų pasirengę efektyviai veikti realizuojant iškeltus informacinės visuomenės plėtros uždavinius.

### *Veikla elektroninėje erdvėje*

Informacinė visuomenė nėra tapati postindustrinei visuomenei, kurioje pagrindinė prekė yra informacija, o ne pramonės gaminiai. Tenka pripažinti, kad informacinės technologijos net išsivysčiusių šalių bendrajame nacionaliniame produkte dar nesukuria

didžiosios dalies: JAV tradicinės pramonės šakos vis dar sukuria daugiau negu pusę BNP, o Japonijoje „Toyota“ vaidina svarbesnį vaidmenį negu „Sony“.

Informacinėje visuomenėje visų rūšių gamyba ir paslaugos paremtos informacinėmis technologijomis. Norint dirbti kasininku prekybos centre, reikia turėti kompiuterinių žinių, bet nebūtina įsiminti kodus. Jei sugenda su pagrindiniu kompiuteriu sujungtas brūkšninių kodų skaitytuvas, parduotuvę galima uždaryti.

Su informacinėmis technologijomis susiję nuostabiausi eksponentinio augimo pavyzdžiai:

- Nuo tada, kai vartotojams buvo pristatytas radijas, vartotojų skaičius pasiekė 50 milijonų per 38 metus.
- Televizoriui 50 milijonų vartotojų pritraukti pririekė 13 metų.
- Žiniatinklui šis plėtros terminas sutrumpėjo iki 4 metų.

Dirbant su informacija, tenka įvertinti jos skirtumus nuo fizinės prigimties prekių. Informaciją perduodant, jos nesumažėja: perkant audio įrašą, tiekėjo sandėlys netuštėja. Blogiausia, kas gali atsitikti bitų ir baitų sandėliui yra tai, kad jame saugoma informacija pasens.

Panaudojant informacinių technologijų galimybes, piliečiams sudaromos galimybės dalyvauti šalies valdyme, gauti reikalingą informaciją ir viešąsias paslaugas internetu. Elektroninė valdžia – tai informacinių technologijų taikymas viešojo sektoriaus veikloje tam, kad pasiekti norimų organizacinių pokyčių, suteikti vartotojams naujų įgūdžių, kurie leistų pagerinti teikiamų viešųjų paslaugų kokybę, sustiprintų valstybėje vykstančius demokratinius procesus ir padidintų piliečių palaikymą valstybės vykdomai politikai. Elektroninės valdžios funkcijos – paslaugų ir informacijos pateikimas gyventojams nuosekliu, paprastu bei individualizuotu būdu. Iš esmės keičiasi valstybės santykiai su piliečiais, privačiomis kompanijomis bei savo tarnautojais. Elektroninės demokratijos principus siekiama diegti visais valstybės veiklos lygiais, pradedant seniūnijomis, tęsiant regionais ir baigiant valstybėmis. Čia ir toliau cituojami autoriaus kartu su bendraautoriais paskelbti straipsniai elektroninės demokratijos plėtros klausimais, siekiant sutrumpinti pateikiamos medžiagos apimtį (Otas, 2009; Pukas, 2006).

Ugdymo proceso veikla plėtojama remiantis informacinių technologijų galimybėmis, nepriešpastatant jų nusistovėjusiems mokymo metodams. Nereikia atsisakyti tradicinių mokymo būdų, bet informacinių technologijų taikymas žymiai pagyvina ugdymo procesą visuose lygiuose. Informacinės visuomenės plėtra kelia švietimo ir mokslo sistamai naujus iššūkius, kurių realizacija reikalauja jei ne keisti, tai bent žymiai išplėsti mokymo ir studijų metodus ir būdus (Otas, 2001).

Piliečių sugebėjimas dirbti elektroninėje erdvėje, naudotis elektroninėmis paslaugomis, didina darbo, mokslo, laisvalaikio kokybę. Piliečiams tampa būtinu kompiuterinis raštingumas (Otas, 2008), (Maskeliūnas, 2009).

Elektroninio verslo terminu apibrėžiamas verslo operacijų atlikimas ir įmonės veiklos organizavimas naudojant informacines technologijas duomenų perdavimo tinklų aplinko-

je. Tai prekybos, rinkodaros, teleserviso, telemedicinos, teledarbo, bankininkystės ir kitos veiklos, vykdomos interneto aplinkoje. Elektroninis verslas apima įprastines verslo operacijas ir naujus, tik virtualioje aplinkoje galimus verslo modelius. Vis dažniau prekės ima prarasti savo fizinį pavidalą ir svorį. Jei anksčiau pagrindinėmis prekėmis buvo tokie fiziniai objektai kaip automobiliai, staklės ir kt., tai dabar pagrindine preke tampa duomenys (informacija ir pramogos) bei paslaugos (neretai „patogumas“ vertinamas pagal tai, kiek laisvalaikio jis sukuria). Rinka yra nebe vieša vieta įprastine prasme, bet privatūs santykiai su duomenimis ir technologijomis, kur geografiniai atstumai praranda reikšmę. Elektroninės komunikacijos priemonių išsivystymas leidžia daugybę darbų atlikti neišeinant iš namų. Idėja apie laisvą, neišmatuojamą laiką ima nykti, laikas tampa „suprekintas“. Žiūrovas perka ne filmą, bet jo transliacijos laiką. Reklamos kompanijos moka už eterio laiką, kurio kaina priklauso nuo to, kiek žmonių tuo metu žiūri televizorių (šiuo atveju net ir žiūrovas, o tiksliau, – galimybė pasiekti žiūrovą irgi tampa preke). Laikas kaip prekė įgyja vertę, kurią galima išmatuoti ir naudoti mainuose. Informacinių technologijų dėka erdviniai barjerai nunyko – elektroniniu paštu pasiūsta žinutė tuoj gali būti gauta kitame žemės pusrutulyje. Satelinės komunikacijos pagalba beveik visas pasaulis realiu laiku gali per televiziją matyti Olimpines žaidynes ar kruviną tragediją. Vietos ir erdvės įvaizdis tampa toks pat atviras gamybai ir trumpalaikiam vartojimui kaip ir bet koks kitas įvaizdis.

Džiaugiantis elektroninėje erdvėje suteikiamomis galimybėmis, tenka pripažinti, kad į internetą persikelia ir neigiamos piliečių savybės – atsiranda internetiniai chuliganai ir nusikaltėliai. Turime ir naujus internetinius nusikaltėlius, kurie vagia blogai apsaugotą komercinę informaciją, gadina kompiuterines sistemas ir t.t. Svarbi tampa asmens duomenų bei informacijos apsauga (Abraitis, 2002).

Privatumo teisę kiekvienam Lietuvos Respublikos piliečiui garantuoja:

- Lietuvos Respublikos Konstitucija.
- Lietuvoje ratifikuota Europos žmogaus teisių ir pagrindinių laisvių konvencija.
- Lietuvos Respublikos Civilinis kodeksas.
- Lietuvos Respublikos Asmens duomenų teisinės apsaugos įstatymas.
- Lietuvos Respublikos Visuomenės informavimo įstatymas.

1999 m. LR Konstitucinis teismas apibrėžė, kad teisė į privatų gyvenimą, kuri yra įtvirtinta Europos Žmogaus teisių ir pagrindinių laisvių konvencijos 8 straipsnyje ir LR Konstitucijos 22 straipsnyje, apima privatų, šeimos ir namų gyvenimą, asmens fizinę ir psichinę neliečiamybę, garbę ir reputaciją, asmeninių faktų slaptumą, draudimą skelbti gautą ar surinktą konfidencialią informaciją ir kt. Savavališkai ir neteisėtai kišantis į žmogaus privatų gyvenimą kartu yra kėsinamasi į jo garbę bei orumą.

Vis plačiau dirbant informacinių technologijų aplinkoje būtina įvertinti atsirandančius naujus rizikos faktorius vartotojo sveikatai (Kanapeckas, 2007).

Atskirų piliečių, verslo, valdžios institucijų veikla elektroninėje erdvėje nuolat plečiasi ir būtina mokytis sėkmingai veikti informacinės visuomenės plėtros sąlygomis.

## Etika ir juridika

Kompiuterinės etikos terminas yra sąlyginis, nes tai turėtų būti ne tik kompiuterininkų – profesionalų, bet ir eilinių kompiuterių vartotojų veiklos normos. Kompiuterinė etika – kompiuterinių technologijų socialinės įtakos visuomenei tyrimas, formuluojant to bazėje moralines normas ir aktyvią diegimo politiką, kurios turi laikytis kompiuterinės įrangos projektuotojai ir vartotojai. Pirmą kodeksą sudarė ir priėmė elektronikos ir elektrotechnikos institutas (IEEE) 1979 metais. Kodeksas būtinas, nes inžinieriai, mokslininkai ir technologai savo veiklos rezultatais sudaro gyvenimo sąlygas ir kokybę visiems informacinės visuomenės nariams. Kompiuterinės etikos kodekso esmė – dešimt postulatų, kurių laikytis raginamas kiekvienas informacinių technologijų specialistas. Internetas yra atviros visuomenės tvarinys, taikantis minimalius apribojimus ir draudimus. Jo vartotojai turi laikytis vidinės padoraus elgesio nuostatų. Bendravimo internetu etinės normos nėra unikalios vien kompiuterių tinklų sričiai, bet labai artimos bendražmogiškai moralei ir padorumui, taikomiems naudojant bet kokius bendrus resursus.

Galimybė naudotis tinklais ir jų teikiamomis paslaugomis yra privilegija, kurią privalo pateisinti kiekvienas vartotojas. Tinklo operatorius neturi toleruoti necenzūrinių išsireiškimų, kompiuterinių virusų siuntimo, vartotojų duomenų klastojimo, valstybės įstatymais draudžiamos veiklos. Oficialų tinklo etikos pagrindą sudaro 1995 metų spalio mėn. aukščiausios pasaulinio tinklo institucijos – „Internet Engineering Task Force“ (www.ietf.org) organizacijos išleistas RFC (*Requests for Comments*) dokumentas Nr. 1855. Skirtingai nuo kai kurių kitų RFC dokumentų, pastarasis nepretenduoja į standarto vaidmenį ir yra tik rekomendacija.

Aplamai, etika elektroninėje erdvėje adaptuoja įprastines žmonių veiklos ir bendravimo taisykles įprastinėje erdvėje.

Lietuvos Respublikos Seimas, Lietuvos Respublikos Vyriausybė priėmė tam tikrus teisinius aktus, kurie reglamentuoja veiklą elektroninėje veikloje. Informatikai nelabai mėgsta nagrinėti juridinius aktus, bet jų žinojimas yra svarbus sėkmingai veiklai užtikrinti. Toliau pristatomi trys Lietuvos Respublikos įstatymai, tiesiogiai susiję su informacinės visuomenės plėtros procesų formalizavimu.

„Informacinės visuomenės paslaugų įstatymas“ Lietuvos Respublikos Seime priimtas 2006 m. gegužės 25 d. Nutarimu Nr. X-614. Įstatymas reglamentuoja informacinės visuomenės paslaugų teikimą ir kitą informacinės visuomenės paslaugų teikėjų veiklą. Taigi, informacinės visuomenės paslaugos – paprastai už atlyginimą elektroninėmis priemonėmis ir per atstumą individualiu informacinės visuomenės paslaugos gavėjo prašymu teikiamos paslaugos. Informacinės visuomenės paslaugos gavėjas – kiekvienas fizinis ar juridinis asmuo, įskaitant užsienio juridinio asmens atstovybę ar filialą, kuris naudojasi informacinės visuomenės paslauga. Apibrėžiamas elektroninės formos nediskriminavimo principas, kuris reiškia, kad informacijos teisinė galia negali būti paneigta ar apribota vien tik tuo pagrindu, kad ši informacija yra sukurta, išsiųsta, gauta

ar išsaugota elektroninėmis priemonėmis. Technologinio neutralumo principas nustato, kad teisės normos turi būti taikomos atsižvelgiant į tikslus, kurių siekiama atitinkamomis teisės normomis, ir stengiantis, kad vien tik dėl jų taikymo nebūtų skatinamas arba diskriminuojamas konkrečių technologijų naudojimas. Funkcinio lygiavertiškumo principas reiškia, kad teisės normos turi būti vienodai taikomos informacinės visuomenės paslaugoms, atliekančioms analogiškas funkcijas.

„Elektroninio parašo įstatymas“ reglamentuoja elektroninio parašo kūrimą, tikrinimą, galiojimą, parašo naudotojų teises ir atsakomybę, nustato sertifikavimo paslaugas ir reikalavimus jų teikėjams bei elektroninio parašo priežiūros institucijos teises ir funkcijas. Lietuvos Respublikos Seimas įstatymą priėmė jau 2000 metais. Saugus elektroninis parašas, sukurtas saugia parašo formavimo įranga ir patvirtintas galiojančiu kvalifikuotu sertifikatu, elektroniniams duomenims turi tokią pat teisinę galią, kaip ir parašas rašytiniuose dokumentuose.

„Asmens duomenų teisinės apsaugos įstatymas“ apibrėžia, kad asmens duomenys – bet kuri informacija, susijusi su fiziniu asmeniu – duomenų subjektu, kurio tapatybė yra žinoma arba gali būti tiesiogiai ar netiesiogiai nustatyta pasinaudojant tokiais duomenimis kaip asmens kodas, vienas arba keli asmeniui būdingi fizinio, fiziologinio, psichologinio, ekonominio, kultūrinio ar socialinio pobūdžio požymiai. Duomenys renkami apibrėžtais ir teisėtais tikslais, nustatytais prieš renkant asmens duomenis, ir paskui tvarkomi su šiais tikslais suderintais būdais. Duomenys tvarkomi tiksliai, sąžiningai ir teisėtai, turi būti tikslūs ir nuolat atnaujinami – netikslūs ar neišsamūs duomenys turi būti ištaisyti, papildyti, sunaikinti arba sustabdytas jų tvarkymas. Duomenys saugomi tokia forma, kad duomenų subjektų tapatybę būtų galima nustatyti ne ilgiau, negu to reikia tiems tikslams, dėl kurių šie duomenys buvo surinkti ir tvarkomi. Nustatyti teisėto asmens duomenų tvarkymo kriterijai. Įstatymo normos reikalauja gerbti žmogaus privatumą. Kiekvienas žmogus gali dalyvauti savo duomenų tvarkymo procese: žinoti apie galimą riziką privatumui, stebėti savo duomenų tvarkymą, išsireikalauti atlyginti žalą, kai ją patirs. Žmogus, kontroliuodamas savo asmeninę informaciją, iš dalies įgyvendina savo privatumo teisę.

## *Projektų vykdymas*

Kiekvienas informatikas ir informatikų kolektyvas privalo objektyviai vertinti savo galimybes, patyrimą bei perspektyvas. Monitoringas – tai kiekvienos informacinės visuomenės plėtros sferos objektyvaus kiekybinio vertinimo sistema, kuri turi užtikrinti informacinį pagrindą atskirų situacijos vertinimo dedamųjų objektyviam vertinimui (OTAS, 2005). Šis vertinimas gali būtų pagrindu sisteminių ir projektinių sprendimų koregavimui, viešosios nuomonės apie konkrečius sprendimus formavimui, naujų projektų inicializavimui.

Institucijos veikla planuojama atsižvelgiant į aplinkos analizę, suformuluotą institucijos misiją, strateginius tikslus, aprašomos institucijos vykdomos programos ir nurodomos lėšos joms įgyvendinti. Analizė, apibendrinanti ir sujungianti išvien aplinkos ir



išteklių analizės rezultatus, suklasifikuojanti strategiją lemiančius veiksnius į keturias grupes: stiprybes, silpnybes, galimybes ir grėsmes (SSGG).

Įvairiais laikais vykdytų inžinerinių projektų istorija rodo, kad dauguma jų pasižymi aiškiai nurodomais bendrais bruožais (SCOTT, 2009):

- Visada galima ir būtina nusakyti techninius reikalavimus, projektinius sprendimus, apribojimus.
- Projektų vykdymo rezultatai priklauso nuo vykdytojų techninio ir loginio mąstymo.
- Projektuose figūruoja užsakovas, su juo suderintas darbo grafikas ir biudžetas.
- Pagrindinis projekto tikslas – apjungti atskirų projektuotojų pajėgas, siekiant realizuoti konkretų projektą, kuris yra naudingas užsakovui ar visuomenei.
- Nagrinėjant įvairiose šalyse įvairių institucijų vykdytus projektus, natūraliai kyla klausimas – kodėl kartojame kitų jau ne kartą padarytas klaidas, kurių buvo galima išvengti.
- Štai kompanija „Boing“ veda savo „Juodąją knygą“, kur fiksuojami visi konstrukciniai ir inžineriniai apskaičiavimai. Bendroji praktika rodo, kad tai reti pavyzdžiai.

Tiek Lietuvoje, tiek ir užsienyje neretai garsūs projektai baigiami be rezultatų...

Pradiniam projekto apibrėžimo etape projekto vadovas sukuria projekto vykdymo aplinką, palankią visiems projekto dalyviams dirbti vienoje komandoje. Projektas yra darbas, turintis pradžią ir pabaigą, kurį asmuo ar asmenų grupė turi atlikti.

Valstybės ar savivaldos institucijos pagal poreikį užsako projektus ir paslaugas konkrečioms institucijoms. Viešai skelbiami konkursai konkrečių darbų vykdytojui parinkti. Prieš rengiant paraišką dalyvavimui konkurse galimas vykdytojų kolektyvas turi įvertinti, kad paraiškos rengimas – daug darbo reikalaujantis procesas, o rezultatas toli gražu ne visada garantuotas.

„Lietuvos Respublikos Viešųjų pirkimų įstatymas“ reglamentuoja prekių, darbų, paslaugų viešąjį pirkimą už valstybės, savivaldybių, valstybinio socialinio draudimo fondo biudžeto ir kitų valstybės fondų lėšas, taip pat už valstybės vardu gaunamas arba valstybės garantuojamas užsienio paskolas, už įmonių, įstaigų ir organizacijų, finansuojamų iš valstybės, savivaldybių biudžetų bei valstybinių fondų, lėšas. Įstatymo tikslas – skatinti konkurenciją ir rinkos plėtrą, garantuoti lygiateisiškumo, nediskriminavimo ir skaidrumo principus, suderinti Lietuvos teisę su Europos Sąjungos teisės reikalavimais, užtikrinti lėšų, skirtų viešiesiems pirkimams, racionalų naudojimą. Nustatoma viešųjų pirkimų tvarka, šių pirkimų subjektų teisės, pareigos ir atsakomybė, viešųjų pirkimų kontrolės bei ginčų sprendimo tvarka. Dirbant su skirtingomis organizacijomis gali būti naudojami skirtingi dokumentai, bet jų esmė ta pati. Svarbiausia, kad užsakovas ir vykdytojas vienodai suprastų būsimus sutarties įvykdymo rezultatus.

Dirbant su studentais, tikslinga nagrinėti projektų inicijavimą, dalyvavimą viešuosiuose konkursuose, įvairius projekto vykdymą lydinčius laimėjimus ir neišvengiamus nusivylimus. Būtina skatinti būsimų specialistų kūrybiškumą, parodyti, kad tik aktyvus ir kūrybingas specialistas tikrai pasieks gerų darbo rezultatų.

## Išvados

Informacinės visuomenės plėtros aktualijos akcentuojamos Europos Sąjungos ir Lietuvos Respublikos institucijų nutarimuose ir programinėse nuostatose. Daugiau dėmesio numatoma skirti specialistų rengimui, prognozuojant, kad po krizės Europoje bus juntamas informacinių technologijų specialistų trūkumas.

Užtikrinant rengiamų informacinių technologijų specialistų profesionalumą, būtina akcentuoti, kad būsimajam specialistui nepakanka vien gero informacinių technologijų disciplinų žinojimo. Autoritetingos tarptautinės specialistų organizacijos nurodo žinių sritis, kurios turi būti pateiktos būsimiems informacinių technologijų specialistams. Studentai neretai rezervuoti žiūri į teises, socialines, etines, sveikatingumo žinias, manydami, kad būsima darbinė veikla bus siejama išimtinai betarpiškai su informacinėmis technologijomis. Darbo praktika rodo, kad specialistui būtinos žinios pakankamai plačiame diapazone, nes absolventui tenka bendrauti su skirtingų specialybių atstovais, inicijuoti ir diegti naujus projektus, numatyti ir užtikrinti, kad projektiniai sprendimai būtų visapusiškai naudingi užsakovams ir visuomenei. Būtina mokytis prognozuoti sprendimų diegimo rezultatus ateityje.

Kartu būtina ugdyti visapusiškai išsilavinusį bei aktyvų informacinių technologijų specialistą, nes neretai inžinerinių specialybių absolventai vertinami kaip technokratai, nepasiruošę visapusiškai veiklai ir aktyviam bendravimui visuomenėje.

Būsimi specialistai privalo išmokti dirbti darbo kolektyve, efektyviai bendrauti su partneriais bei užsakovais, siekiant laiku ir rezultatyviai vykdyti projektus, atlikti numatytus tyrimus.

Aptariant su universitetų absolventais įgytų žinių svarbą, dažniausiai būna patvirtinama, kad darbinė veikla patvirtina šiame straipsnyje išsakytas nuostatas, kad negalima apsiriboti vien siauromis specialybės žiniomis, siekiant sėkmingai veikti šiuolaikinių informacinių technologijų aplinkoje.

Studijų modulius, kuriuose nagrinėjama visapusiška informacinių technologijų specialistų veikla informacinės visuomenės plėtros sąlygomis tikslinga įvesti į atitinkamų specialybių studijų planus.

## LITERATŪRA

- E-skills. (2009). [Interaktyvus][žiūrėta 2011 m. Balandžio 14 d.] Prieiga per internetą: <http://www.eskills-pro.eu>
- DIGITAL AGENDA. (2010). <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/10/538&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>
- ŠMM. (2010). Informacinių technologijų ateitis priklausys nuo dabartinės abiturientų kartos. [Interaktyvus][žiūrėta 2011 m. Kovo 21 d. Prieiga per internetą: <http://www.smm.lt/naujienos/pranesimai.htm?id=3150>
- EUCIP. (2011). [Interaktyvus][žiūrėta 2011 m. Balandžio 14 d.] Prieiga per internetą: <http://www.cepis.org/index.jsp?p=640&n=1116>

- RYTEL, Tomas. (2001). Informacinės visuomenės plėtra Japonijoje: Y. Masudos vizija. Vilnius: Mokslo aidai, 2001. P. 138.
- Digital Agenda 2010–2020 for Europe. (Digital Agenda, 2010). [http://ec.europa.eu/information\\_society/digital-agenda/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/digital-agenda/index_en.htm)
- OTAS, Alfredas; STASIUKONIENĖ, Jolanta. (2009). Tipinis e. seniūnijos modelis ir jo realizacijos ypatumai // Informacijos mokslai = Information Sciences : mokslo darbai / Vilniaus universitetas. Vilnius : Vilniaus universiteto leidykla. ISSN 1392-0561. 2009, T. 50, p. 46-50.
- PUKAS, Valdas; STASIUKONIENĖ, Jolanta; OTAS, Alfredas; LUKOŠEVIČIUS, Arūnas; ANDRĖNAS, Alvydas. (2006). Kauno e-regionas: vizija, modelis, projektai // Informacinės technologijos 2006 : konferencijos pranešimų medžiaga / Kauno technologijos universitetas. T. 1. Kaunas : Technologija, 2006. ISBN 9955099933. p. 265-270.
- OTAS, Alfredas. (2001). Informacinės visuomenės iššūkiai mokyklai ir universitetui / // Informacijos mokslai : mokslo darbai. ISSN 1392-0561. 2001, T. 18, p. 11-17.
- MASKELIŪNAS, Saulius; OTAS, Alfredas. (2009). Development of computer literacy in Lithuania // ICT Skills, Education and Certification: the Multi-Stakeholder Partnership : proceedings of the 4th IT STAR Workshop on ICT Skills, Education and Certification: the Multi-Stakeholder Partnership, 27-28 November, 2009, Rome, Italy / Eds. G. Occhini and P. Nedkov. Milan : IT STAR, 2010. ISBN 8890162058. p. 61-68.
- OTAS, Alfredas; TELEŠIUS, Eugenijus. (2008). The digital literacy surveys in Lithuania // Proceedings of the IADIS International Conference ICT, Society and Human Beings 2008, part of the IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems 2008, July 22-24, Amsterdam, the Netherlands. Amsterdam : IADIS, 2008.
- ABRAITIS, Vaidotas. Blažiejus.; OTAS, Alfredas. (2002). Informacijos privatumas ir sauga Lietuvos internete // Informacijos mokslai : mokslo darbai. ISSN 1392-0561. 2002, T. 23, p. 9-21.
- KANAPECKAS, Pranas; MACIULEVIČIUS, Stasys; OTAS, Alfredas; PETRAUSKAS, Vytautas; VALYS, Algis. (2007). Electromagnetic radiation at computerized workplaces // Informacinės technologijos ir valdymas = Information technology and control / Kauno technologijos universitetas. Kaunas : Technologija. ISSN 1392-124X. 2007, T. 36, nr. 4, p. 348-352.
- OTAS, Alfredas. (2005) Matavimai ir monitoringas informacinėje visuomenėje // Informacijos mokslai = Information Sciences : mokslo darbai / Vilniaus universitetas. Vilnius : Vilniaus universiteto leidykla. ISSN 1392-0561. 2005, T. 34, p. 35-42.
- SCOTT, Berkun. (2009) Making Things Happen. Mastering Project Management. O'REILLY. Beijing, Cambridge.

## COMPUTERICS OF INFORMATION SOCIETY

### Alfredas Otas

#### Summary

The development of information society in Europe and Lithuania is presented in the article. We examine how it is advisable to introduce the Information Society development processes relevant for students. The professionalism of information technology specialists is discussed, highlighting what knowledge and competencies are necessary for future professional who has become an active participant in the development of information society. The key information society development attitudes in Europe and Lithuanian are presented. Relevant activity areas in electronic space are shown together with the new opportunities offered for information technology professionals.

# Paciento kontroliuojamos analgezijos proceso imitacinis modelis

## Henrikas Pranevičius

Profesorius habilituotas daktaras

Kauno technologijos universitetas, Verslo informatikos katedra

El. paštas: henrikas.pranevicius@ktu.lt

Prof., Dr. Habil.

Kaunas University of Technology, Department of Business Informatics

## Virginijus Pampikas

Programų sistemų inžinerijos magistras

Kauno technologijos universiteto

El. paštas: virgisp@gmail.com

Software Engineering Master of science

Kaunas University of Technology, Department of Business Informatics

*Straipsnyje pristatomas paciento kontroliuojamos analgezijos modelio sudarymas ir jo panaudojimas atliekant paciento valdomos analgezijos vaistų pompos galimų veikimo algoritmų (paprastojo ir infuzinio) tyrimą, siekiant nustatyti, kuris algoritmas yra veiksmingesnis.*

*Naudojantis hibridinių sistemų bei kvantuotų sistemos būsenų modeliais, buvo sudarytas agregatinis paciento kontroliuojamos analgezijos modelis (PKA). Modelio komponentai buvo aprašyti naudojant PLA formalizavimo metodą. Siekiant įgyvendinti PKA modelį, buvo panaudota agregatinių sistemų modeliavimo programa.*

*Tyrimo metu, naudojant imitacinį PKA modelį, buvo atliekami imitaciniai eksperimentai, kurių metu buvo stebimas analgezijos vaistų koncentracijos kitimas paciento organizme. Lyginant gautuosius rezultatus, buvo siekiama nustatyti tiriamos vaistų pompos algoritmų pranašumus ir trūkumus vienas kito atžvilgiu.*

## **Ivadas**

Šiandieniniame pasaulyje, informacinių technologijų (IT) skvarba siekia beveik visas žmonių buities bei veiklos sritis. Ne išimtis ir medicina, kur naujausių informacinių technologijų taikymas padeda taupyti išlaidas, suteikia pacientams bei gydytojams daugiau komforto, neretai gelbsti gyvybes. Siekiant minėtųjų rezultatų, medicinos srityje ypatingai svarbu kurti patikimą medicininę įrangą ir gydymo metodus. Šiuo atveju, būtina tinkamai įvertinti galimus IT sprendimų taikymus bei jų taikymo pasekmes. Tam tikslui yra kuriami imitaciniai modeliai, kurie padeda atlikti skaičiavimus ir patikrinti imituojamos sistemos teikiamą naudą bei jos veikimo savybes.

Analgezija – viena iš probleminių medicinos sričių. Analgetikai (nuskausminamieji vaistai) naudojami siekiant apmalšinti paciento juntamą skausmą, taip pagerinant jo gyvenimo kokybę. Tačiau, naudojant analgetikus, susiduriama su nepageidaujamo poveikio paciento organizmui rizika.

Siekiant pagerinti žmonių, kuriems būtina pastovi analgezija, gyvenimo kokybę, siūloma išeitis – paciento kontroliuojama analgezija (PKA; angl. *Patient-Controlled Analgesia*). Tai metodas, suteikiantis pacientui galimybę valdyti analgezijos vaistų dozavimą priklausomai nuo jo savijautos. Tokiu būdu pasiekiamas maksimalus įmanomas paciento komforto lygis. Tiesa, visiškos šio proceso kontrolės perleisti pacientui negalima. Todėl yra būtina, kad pacientas būtų stebimas kompetentingų asmenų, o naudojant medicininę įrangą, įrangos veikimo algoritmai su adekvačiais parametru nustatymais, neleistų pacientui viršyti numatytos gaunamo vaisto per tam tikrą laiką dozės. (Franz, 2011) Esant visiems būtiniams priežiūros ir ribojimo mechanizms, paciento kontroliuojama analgezija yra pranašesnė už tradicinės opioidų injekcijas į raumenis. (Chang, 2004; Hill, 1991)

Šiame straipsnyje pristatomas imitacinio PKA modelio sudarymas ir jo panaudojimas atliekant paciento valdomos vaistų pompos algoritmų tyrimus. Tiriama du algoritmai: tradicinis, paremtas boluso principu (PKA algoritmas) ir naujoviškas, paremtas infuzijos principu (iPKA algoritmas) (Pranevičius, 2008).

PKA algoritmo veikimo principas gana paprastas: pacientui pareikalavus vaistų dozės, pompa esant neaktyvioje būsenoje, vaistai suleidžiami per sąlyginai trumpą laiką ir pompa pereina į aktyvią būseną numatytam laiko tarpui. Pompai esant aktyvioje būsenoje, sekančių vaistų dozių pareikalavimai yra atmetami. iPKA algoritmo atveju, vaistai leidžiami numatytą laiką pastoviu tempu. Skirtingai nuo tradicinio algoritmo, iPKA atveju pompai esant aktyvioje būsenoje, kiekvienas sekantis vaistų dozės pareikalavimas nutraukia esamos dozės pristatymą ir pradeda naujos vaistų dozės pristatymą. Tokiu būdu prasitęsia nepertraukiamas vaistų leidimo laikas.

Kadangi PKA modelis turi savybes būtinas hibridinėms agregatų sistemoms, jo sudarymui, bus naudojamas hibridinių agregatų sistemų modeliavimo metodas. (Kofman, 2003b; Pranevičius, 2011) Tyrimo metu gauti rezultatai leido patikrinti šias hipotezes:

- PKA algoritmo atveju, kuo dažniau pacientas reikalautų naujos vaistų dozės, tuo mažesnė tikimybė, kad jis ją gaus;
- iPKA algoritmo atveju, kuo dažniau pacientas reikalautų naujos vaisto dozės, tuo ilgiau truks nepertraukiamas vaisto suleidimas;
- naudojant iPKA algoritmą, vaistų koncentracijos lygio kitimas yra tolygesnis negu PKA algoritmo atveju;
- staigaus vaisto suleidimo atveju, sudėtinga vaisto koncentraciją palaikyti norimame lygyje;
- įmanomas scenarijus, kuomet, naudojant iPKA algoritmą, galima vaisto koncentraciją palaikyti artimą norimai terapinei koncentracijai.

## 1. Paciento kontroliuojamo analgezijos modelis

PKA modelis sudaromas iš kelių skirtingų mažesnių modelių, atliekančių tik jiems būdingas funkcijas. Šie modeliai bus sujungti į vieną bendrą sistemą (1 pav.).

### *Paciento elgsenos modelis*

Imituojamas paciento elgsenys, tai yra, pagal iš anksto numatytus parametrus bei algoritmus, nustatomi laiko momentai, kuomet pacientas pareikalau naujos vaisto dozės. Tyrimo metu bus naudojami du paciento elgsenos algoritmai:

atsitiktinis vaistų pareikalavimo algoritmas, kuomet atsitiktiniais laiko momentais generuojamas vaisto pareikalavimas;

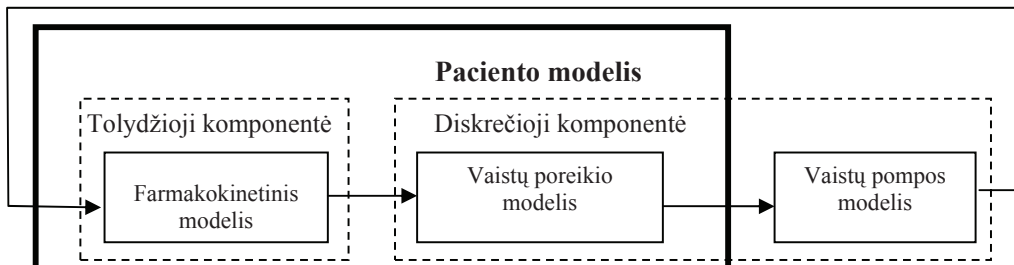
vaisto pareikalavimo algoritmas, priklausantis nuo skausmo lygio, kuomet vaisto pareikalavimo momentas priklauso nuo iš anksto numatytos vaisto koncentracijos paciento organizme.

### *Farmakokinetinis paciento modelis*

Imituojamas vaisto pasiskirstymo paciento organizme procesas. Tai esminė viso imitacinio modelio dalis, leisianti nustatyti vaistų pompos algoritmų veikimo privalumus ir trūkumus.

### *Vaistų pompos modelis*

Pagal anksčiau aptartus PKA ir iPKA algoritmus, gavus užklausas iš paciento elgsenos modelio, generuoja laiko momentus, kuomet bus suleidžiami vaistai.



**Pav. 1.** PKA modelio veikimo schema

Vaistų pareikalavimo laiko momentams generuoti bus naudojami du skirtingi modeliai, realizuojantys, jau aptartus, skirtingus laiko reikšmių generavimo algoritmus. Modelius vadinsime atitinkamai skausmo generatorius A ir skausmo generatorius B.

Skausmo generatorius A remiasi atsitiktinio vaistų pareikalavimo pasiskirstymo algoritmu: iš anksto nusprendžiama, kiek vidutiniškai kartų valandos bėgyje pacientas pareikalau naujos vaistų dozės, tuomet skaičiuojame laiko intervalus iki sekančios vaistų dozės pareikalavimo.

Laiko intervalo skaičiavimui naudojame formulę:

$$\xi_j = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln \zeta, \tag{1}$$

kai  $\xi_j$  – laiko intervalas tarp dviejų vaistų dozės pareikalavimų;

$j = 1, 2, 3 \dots n$  – pareikalautos vaisto dozės numeris;

$n$  – visų pareikalavimų skaičius;

$\lambda$  – koeficientas, nurodantis vaisto dozės pareikalavimo dažnumą per valandą;

$\zeta$  – atsitiktinis skaičius intervale  $[0; 1]$ .

Skausmo generatorius B remiasi vaisto pareikalavimo algoritmu, priklausančiu nuo skausmo lygio: nusprendžiama, kokia yra minimali leistina vaistų koncentracija paciento organizme  $C_{\min}$ , tuomet duotuoju laiko momentu lyginama esama vaistų koncentracija  $C$  su numatyta  $C_{\min}$ . Jei  $C < C_{\min}$ , tuomet skaičiuojamas laiko intervalas iki naujos vaisto dozės pareikalavimo. Laiko intervalo skaičiavimui naudojame formulę:

$$\xi_j = \zeta(b - a) + a, \tag{2}$$

kai  $\xi_j$  – laiko intervalas tarp dviejų vaistų dozės pareikalavimų;

$j = 1, 2, 3 \dots n$  – pareikalautos vaisto dozės numeris;

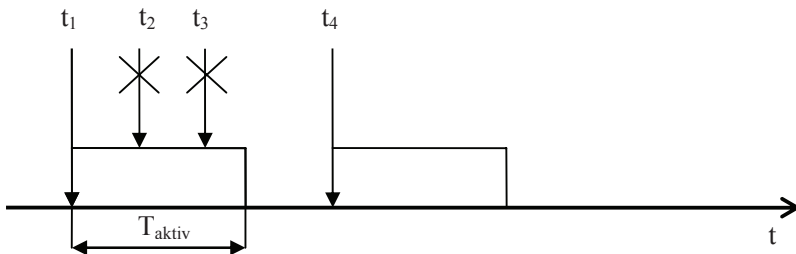
$n$  – visų pareikalavimų skaičius;

$a$  – minimalus galimas laiko intervalas;

$b$  – maksimalus galimas laiko intervalas;

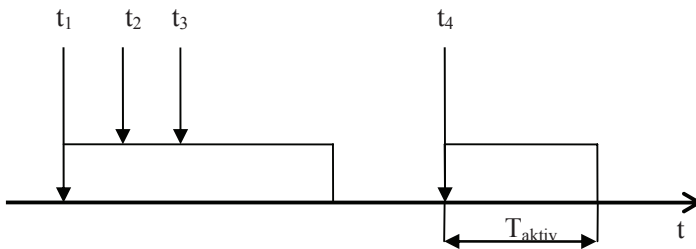
$\zeta$  – atsitiktinis skaičius intervale  $[0, 1]$ .

Vaistų pompos modelis modeliuoja vaistų suleidimo proceso valdymą. T. y. atitinkamai pagal algoritmą, po paciento naujos vaistų dozės pareikalavimo, priklausomai nuo pompos aktyvumo būsenos, skaičiuoja naują laiko momento reikšmę, kuomet pompa pereis į neaktyvią būseną.



**Pav. 2.** Vaistų poreikio PKA pompoje laiko diagrama

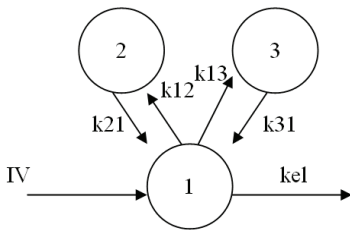
Pagal pav. 2 pateiktą grafiką, matome, kad naudojant PKA algoritmą, pacientui pareikalavus naujos dozės laiko momentu  $t_1$ , pompa perėjo į aktyvią būseną, o anksčiausias laiko momentas, kuomet pompa vėl bus neaktyvi,  $T = t_1 + T_{\text{aktiv}}$ . Pacientui paprašius naujų dozių laiko momentais  $t_2$  ir  $t_3$ , pompa į prašymus nereagavo, išliko aktyvioje bū-



**Pav. 3.** Vaistų poreikio IPKA pompoje laiko diagrama

Laiko momentu  $T$  pompa vėl perėjo į neaktyvią būseną, kas leido sėkmingai paprašyti naujos vaistų dozės laiko momentu  $t_4$ .

Pav. 3 parodyta, kad, kaip ir PKA pompa, iPKA pompa, gavusi pakartotinius užklausimus  $t$  ir  $t$ , toliau išlieka aktyvioje būsenoje, tačiau kiekvieno tokio užklausimo atveju skaičiuojamas naujas laiko momentas  $T = t_{\text{užklausimo}} + T_{\text{aktiv}}$ . Į neaktyvią būseną pompa pereina tik laiko momentu  $T$ . Būtina pastebėti, kad naujos užklausos aktyvios būsenos metu nėra atmetamos, kadangi vaistai yra leidžiami visos aktyvios būsenos metu pastoviu tempu.



**Pav. 4.** Trijų kompartmentų farmakokinetinis modelis

Farmakokinetinio modelio paskirtis – modeliuoti vaistų įsisavinimo, pasiskirstymo, metabolizmo ir pašalinimo iš organizmo procesus. Minėtiems procesams imituoti, naudojami vienos ar kelių kompartmentų modeliai. Kiekvienas kompartmentas atitinka tam tikrą žmogaus kūno dalį – audinių grupę organą, organų sistemą. Šiame PKA modelyje bus naudojamas trijų kompartmentų farmakokinetinis modelis. Pav. 4 vaizduojama trijų kompartmentų modelio schema. Rodyklės, jungiančios kompartmentus, rodo vaistų judėjimo kryptį paciento organizme.

Koeficientai prie rodyklių rodo srauto intensyvumą (kokia vaistų dalis pereina į kitą kompartmentą per laiko vienetą) (Hill, 1991).

Mūsų modelyje laikysime, kad suleidus vaistus į pirmąjį kompartmentą, vaistų koncentracija jame padidėja šuoliškai.

Modelis aprašomas diferencinėmis lygtimis:

$$\begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = k_{21} \cdot X_2 - k_{12} \cdot X_1 + k_{31} \cdot X_3 - k_{13} \cdot X_1 - kel \cdot X_1 \\ \frac{dX_2}{dt} = k_{12} \cdot X_1 - k_{21} \cdot X_2 \\ \frac{dX_3}{dt} = k_{13} \cdot X_1 - k_{31} \cdot X_3 \end{cases}, \quad (3)$$

$X_1$ ,  $X_2$  ir  $X_3$  yra atitinkamų kompartmentų vaistų koncentracija kraujo plazmoje. Vaistų koncentracijos kitimas priklauso nuo vaistų judėjimo tarp kompartmentų inten-

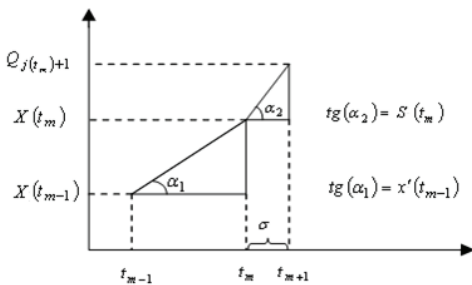
senoje, o laikas  $T$  nepakito. Aktyvios būsenos metu nauji prašymai atmetami siekiant išvengti galimo vaistų perdozavimo, kadangi vaistų dozė suleidžiama per sąlyginai trumpą momentinį laiką.



syvumo ir vaistų šalinimo iš organizmo, priklausančio nuo konstantos *kel*. Vaistų suleidimas *IV* lygčių sistemoje nėra parodytas. Vaistų suleidimo laikas nėra vertinamas. Jei laiko momentu *t* yra suleidžiamas vaistų kiekis *IV*, tai vaistų koncentracija pirmajame kompartamente pakinta:

$$X_1(t + 0) = X_1(t) + IV. \tag{4}$$

Farmakokinetiniai skaičiavimai atliekami juos diskretizuojant ne laiko atžvilgiu, kaip yra įprasta, o vaistų koncentracijos funkcijos reikšmės pokyčio atžvilgiu. Tokiu būdu gauname diskrečią funkcijos reikšmių seką. Diskretizavimui įgyvendinti, pasinaudosime QSS (*Quantized State System*, liet. *kvantuotos būsenos sistema*) modeliu. (Kofman, 2003a) QSS modelis sudarytas iš dviejų pagrindinių elementų: funkcijos reikšmę skaičiuojančio integratoriaus, ir funkcijos reikšmės kvantavimo funkcijos. QSS modelio integratorių galima apibūdinti kaip objektą, kuris priima skaičiuojamos funkcijos diferencialą ir skaičiuoja funkcijos reikšmę apibrėžtame reikšmių tinkelyje. Objekto būsena priklauso nuo pradinės jo būsenos ir įeinančios diferencialo reikšmės. Jei išorinis signalas nesikeičia, sistema veikia kaip normali diferencialinių lygčių sistema. Pasikeitus įėjimo signalui, diferencialo reikšmę aprašanti išraiška irgi kinta. Tokiu atveju, farmakokinetinį modelį galime atvaizduoti, kaip agregatą, sudarytą iš smulkesnių agregatų (pav. 6) – integratorių ir sumatorių, kur sumatoriai, atitinka dešiniąją (3) lygčių sistemos dalį, o integratoriai, atitinka kairiąją (3) lygčių sistemos dalį.



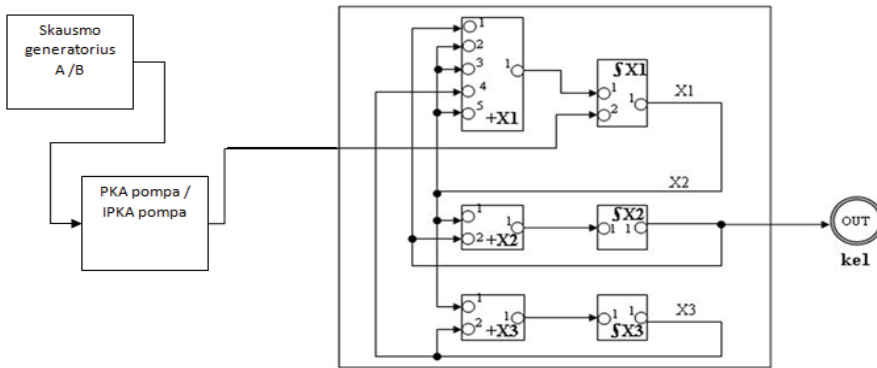
**Pav. 5.** Schema, paaiškinanti  $\sigma$  skaičiavimus

Kadangi integratoriai veikiami išorinių ir vidinių įvykių, įvykių laiko tarpas  $\sigma$ , per kurį funkcija  $\sigma$  pasieks sekančią kvantuotą reikšmę po įvykio, skaičiuojamas taip:

Čia  $X(t_m) \in R$  – apskaičiuota funkcijos  $X$  reikšmė,  $X(t_{m-1})$  – atitinkama reikšmė vienu elementariu laiko intervalu prieš tai,  $Q_j(t_m)+1$  – funkcijos sekanti kvantuota reikšmė,  $S_1(t_m) \in R$  – skaičiuojamos funkcijos išvestinė. Nuo pastarosios reikšmės priklauso ar funkcijos

reikšmės keisis, pasiekus sekantį laiko momentą: didės ( $S(t_m) > 0$ ), mažės ( $S(t_m) < 0$ ) ar nesikeis ( $S(t_m) = 0$ ).  $x'(t_{m-1}) \in R$  yra funkcijos išvestinė vienu elementariu laiko intervalu anksčiau.

Visi aptarti modelio komponentai buvo aprašyti naudojant atkarpomis tiesinių agregatų formalizmą (PLA (Pranevičius, 2008)), kas leidžia PKA modelį atvaizduoti, kaip agregatų sistemą:

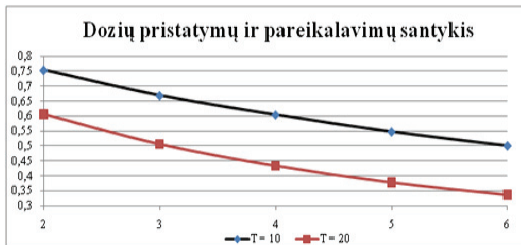


Pav. 6. Agregatinė PKA modelio schema

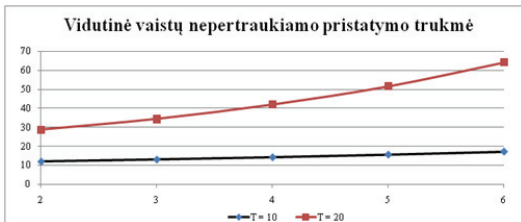
## 2. Imitacinio modeliavimo rezultatai

Modelio realizacijai buvo panaudota agregatinių sistemų modeliavimo programa (autoriai KTU magistrantai Virginijus Pampikas ir Donatas Urbas), kuri leidžia imitacinį modelį realizuoti, agregatus ir jų valdymo logiką aprašant LUA programavimo kalbos skriptai (Pampikas, 2011).

Buvo atlikti statistinės analizės bandymai, siekiant nustatyti pompos algoritmo charakteristikų kitimą priklausomai nuo užklausių kiekio. Tam reikalui buvo atliekama po 1000 imitacijų, kurių trukmė  $T = 24$  valandos, su skirtingais užklausių per valandą kiekiais  $\lambda$ , kai  $\lambda$  kinta intervale  $[2; 6]$ .



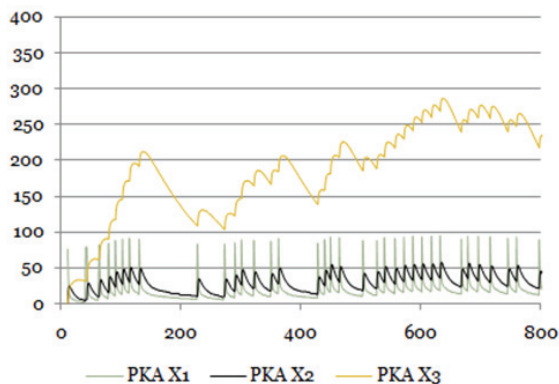
Pav. 7. Dozių pristatymo ir pareikalavimo santykis



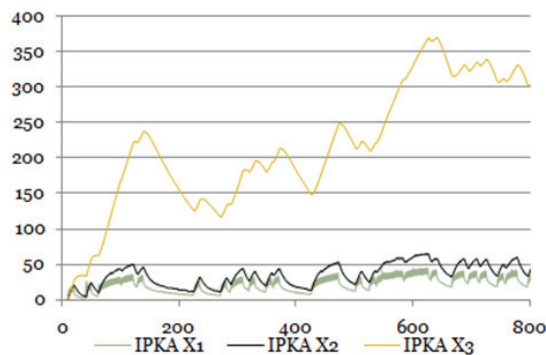
Pav. 8. Vidutinė vaistų nepertraukiamo pristatymo trukmė

PKA algoritmo atveju, didėjant naujos dozės pareikalavimų per valandą kiekiui, sumažėja galimybė gauti prašomą dozę (pav. 7). Tai tampa dar akivaizdžiau, kuomet padidinama pompos aktyvios būsenos trukmė.

Dėl iPKA algoritmo skirtumų lyginant su PKA algoritmu, iPKA pompa visuomet pristatys pareikalautą vaistų dozę. Tačiau, priklausomai nuo pareikalavimų kiekio per valandą, priklauso ir vidutinė nepertraukiamo vaistų pristatymo trukmė. Pastebime, kad padidinus aktyvios būsenos trukmę, didėjant užklausių kiekiui, nepertraukiamo pristatymo trukmė didėja greičiau negu esant trumpesniai aktyvios būsenos laikui



Pav. 9. PKA algoritmo atvejis



Pav. 10. iPKA algoritmo atvejis

Apdorojus imitacinių eksperimentų rezultatus, gavome grafikus, vaizduojančius vaistų koncentracijos kitimą atskiruose kompartmentuose. Modeliavimo rezultatai rodo, kad PKA algoritmo atveju, vaistų koncentracija visuose kompartmentuose kinta šuoliškai ties kiekvienu vaisto suleidimo momentu (pav. 9). Tuo pačiu, šuolio amplitudė, lyginant su iPKA algoritmu (pav. 10), yra didesnė, kas lemia staigesnius vaistų koncentracijos pokyčius paciento organizme.

Kadangi iPKA algoritmo atveju vaistai leidžiami tolygiai, jų koncentracija mus dominančiame antrajame kompartmente (pav. 11) kinta tolygiau ir išlieka pastovesnė, lyginant su PKA algoritmu.

iPKA algoritme vaistų koncentracijos kitimo sparta keičiama keičiant vaistų dozės dydį arba pompos aktyvios būsenos trukmę. Be to PKA algoritmo atveju, suleistų vaistų koncentracijos šuolio pokyčiui įtaką galime daryti tik keisdami suleidžiamų vaistų kiekį.

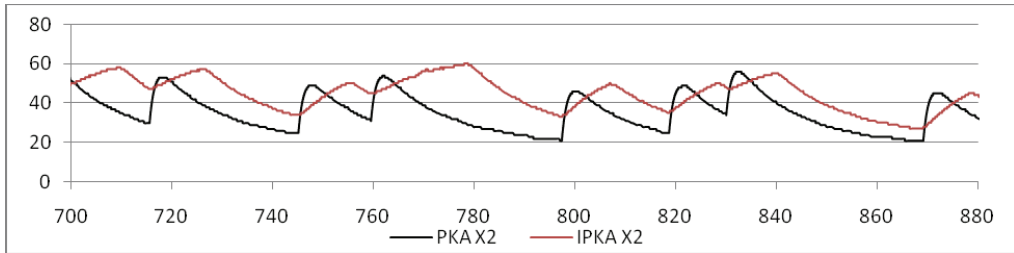
Naudojant imitacinio modelio variacijas su skausmo generatoriumi B (pav. 6), buvo siekiama nustatyti, kaip kinta vaistų koncentracija antrajame paciento orga-

(pav. 8).

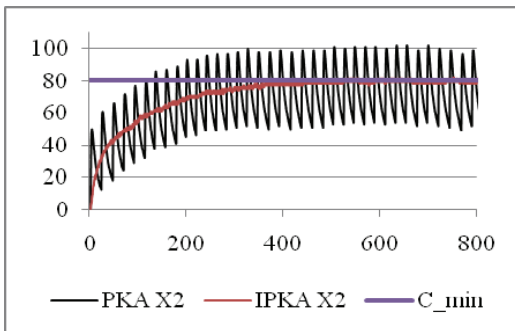
Tolimesniuose eksperimentuose, kuomet buvo stebimas vaistų koncentracijos pasiskirstymo paciento organizme kitimas, buvo naudojami šie imitacinio modelio parametrai:  $k_{el} = 0,158$ ,  $k_{12} = 0,385$ ,  $k_{13} = 0,233$ ,  $k_{21} = 0,228$ ,  $k_{31} = 0,021$ , pirmosios sekcijos tūris –  $V = 13l$ , vaistų dozė – 1 mg, pompos aktyvios būsenos laikas – 10 min., kvantinio lygio dydis –  $\Delta Q = 1$  (Pranevičius, 2009). Imituojant iPKA algoritmo metu vykstantį pastovų vaistų leidimą, vaistų dozė buvo padalinta į 10 dalių ir suleidžiama atitinkamais laiko tarpais pompos aktyvios būsenos metu.

Atliekant vaistų koncentracijos kitimo tendencijų stebėjimą, eksperimentai buvo atliekami su šiais parametrais: imitacijos trukmė – 24 valandos, užklausų kiekis per valandą  $\lambda = \{2, 4, 6\}$ , vaisto dozė  $\{1, 2\}$  mg, aktyvios būsenos trukmė  $T = \{10, 20\}$  min.

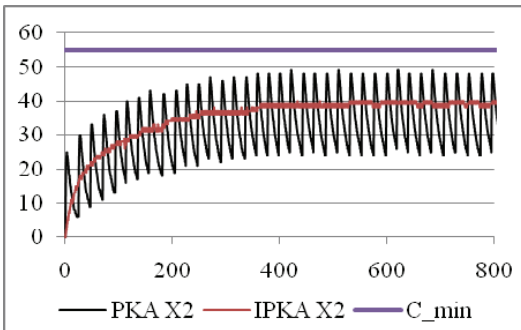
Apdorojus imitacinių eksperi-



**Pav. 11.** Vaisto koncentracijos kitimas antrajame kompartamente



**Pav. 12.** Koncentracijos lygio palaikymas, esant netinkamiems parametrams.



**Pav. 13.** Koncentracijos lygio palaikymas, esant tinkamai parinktiems parametrams

nizmo kompartamente. Eksperimentai buvo atliekami su tokiais parametrais: imitacijos trukmė – 24 valandos, norimas palaikyti koncentracijos lygis  $C_{\min} = \{30, 55, 80\}$  ng/ml, vaistų dozė  $\{1, 2\}$  mg, pompos aktyvios būsenos laikas  $T = \{10, 20\}$  min., laikas iki naujos dozės pareikalavimo  $T_{\text{reik.}} = [1; 5]$  min.

Taip pat esama atvejų, kai dėl netinkamai parinktos vaisto dozės, aktyvios būsenos trukmės, norimo palaikyti koncentracijos lygio parametru, neįmanoma pasiekti norimo koncentracijos lygio (pav. 12), nes suleistas vaistas dėl nepakankamo kiekio iš organizmo pašalinamas greičiau negu pasiekiamas norima koncentracija. Tačiau net ir tokiu atveju, naudojant iPKA algoritmą, paciento juntamas skausmas kinta gerokai tolygiau negu PKA atveju.

Tinkamai suderinus parametrus, iPKA algoritmo pagalba galima gauti rezultatus, kurie rodo, kad paciento skausmo lygis yra sumažinamas iki beveik nejuntamo, o vaistų koncentracijos

lygis palaikomas beveik be nukrypimų, kas tiesiog neįmanoma pasiekti naudojant PKA algoritmą (pav. 13).

## Išvados

Sukurtas PKA imitacinis modelis leidžia tirti vaistų koncentracijos kitimą virtualaus paciento organizme.

Sukurti modeliai, realizuojantys PKA ir iPKA algoritmus, leido atlikti tyrimus, kai vaistai yra pristatomi užduotu pareikalavimo intensyvumu ir atsižvelgiant į vaistų koncentracijos lygį paciento organizme.

## LITERATŪRA

- CHANG, Anne M.; WAN-YIM, Ip; CHEUNG, T. H. (2004). Patient-controlled analgesia versus conventional intramuscular injection: a cost effectiveness analysis. *Journal of Advanced Nursing* 46(5):531-541.
- KOFMAN, Ernesto (2003a). Event Based Simulation and Control of Continuous Systems. Argentina: Universidad Nacional de Rosario, daktaro disertacija.
- KOFMAN, Ernesto; LAPADULA, Marcelo; PAGLIERO Esteban (2003b). PowerDEVS: A DEVS-Based Environment for Hybrid System Modeling and Simulation. Technical Report LSD0306. Argentina: Universidad Nacional de Rosario.
- PRANEVIČIUS, Henrikas (2008). Sudėtingų sistemų formalizavimas ir analizė. Kaunas: Kauno technologijos universitetas, Psl. 13-18.
- PRANEVIČIUS, Henrikas; PRANEVIČIUS, Mindaugas; PRANEVIČIUS, Osvaldas; MAKACKAS, Darius; ŠUTIENĖ, Kristina (2009). Pharmacokinetics of Infusion Pca (ipca). World institute of pain 5th world congress, New York, USA, 2009, March 13-16. HILL, Harlan
- HILL, Harlan F.; IVERSON, Karen; MACKIE, Adam M.; CODA, Barbara A.; CHAMPMAN, Richard (1991). Patient-controlled analgesic administration. A comparison of steady-state morphine infusions with bolus doses. *Cancer*, John Wiley & Sons, Inc., 1991, 67, 873–882.
- FRANZ, Janie F.; LOSEY, Jennifer L. (2011). *Patient-controlled analgesia*. [interaktyvus]. Encyclopedia of Surgery. [žiūrėta 2011-04-30]. Prieiga per internetą:  
< <http://www.surgeryencyclopedia.com/La-Pa/Patient-Controlled-Analgesia.html> >
- PRANEVIČIUS, Mindaugas; PRANEVIČIUS, Osvaldas; PRANEVIČIUS, Henrikas; SIMAITIS, Laurynas (2011). Piece-Linear Aggregates for Formal Specification and Simulation of Hybrid Systems: Pharmacokinetics Patient-Controlled Analgesia. *Electronics and Electrical Engineering*. Kaunas: Technologija, 2011. – No. 4(110). – P. 129-132.
- PAMPIKAS, Virginijus. (2011). Paciento valdomos analgezijos vaistų pompos algoritmų tyrimas. Kaunas: Kauno technologijos universitetas, magistro darbas.

## SIMULATION MODEL OF PATIENT-CONTROLLED ANALGESIA PROCESS

### H. Pranevičius, V. Pampikas

#### Summary

This article contains an analysis of possible operation of algorithms (conventional and infusion) of analgesics pump controlled by a patient. The aim is to find out which algorithm is more effective.

In order to perform the analysis, models of hybrid systems and quantized state system were used and a model of an aggregate imitable patient-controlled analgesia (PCA) was produced.

The PLA formalization model was used to describe the components of the simulation model. In order to implement the simulation PCA model, the program for aggregate systems modelling was used.

During the analysis, the simulation PCA model was used and the simulation experiments were carried out. During these experiments the change of analgesics concentration in a patient's body was observed. The results were compared in order to determine the pros and cons of the algorithms of the analysed drug pump.

# Rekomendacinių sistemų ir jose naudojamų rekomendavimo algoritmų apžvalga

## Aurimas Rapečka

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto doktorantas  
Vilnius University Institute of Mathematics and Informatics, Doctoral student  
Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius  
El. paštas: aurimas.rapecka@mii.vu.lt

## Gintautas Dzemyda

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto profesorius  
Vilnius University Institute of Mathematics and Informatics, Professor  
Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius  
El. paštas: gintautas.dzemyda@mii.vu.lt

*Rekomendacinės sistemos atsirado kaip atsakas į informacijos pertekliaus problemą žiniatinklyje tam, kad jo vartotojai galėtų greičiau ir patogiau surasti reikalingą informaciją. Bendru atveju rekomendacinė sistema yra sistema, kuri naudodama įvairius algoritmus išrenka vartotojui galimai patinkančius produktus ar paslaugas ir juos rekomenduoja. Rekomendacijų kūrimui naudojami įvairūs siauriau ar plačiau paplitę algoritmai. Šiame straipsnyje, analizuojant įvairią mokslinę literatūrą, siekiama išnagrinėti rekomendacinių sistemų sandarą, jų veikimo principus bei apžvelgti populiariausius šiose sistemose naudojamus rekomendavimo algoritmus.*

## Įvadas

Tobulėjant informacinėms technologijoms, didėjant aktyvių interneto vartotojų skaičiui vis daugiau produktų ir paslaugų perkeliama į virtualią aplinką. Įvairūs pasiūlymai internete, siūlantys įsigyti prekę ar pasinaudoti paslauga neišeinant iš namų turėtų taupyti kliento laiką. Tačiau šioje vietoje atsiranda naujos problemos. Pirmiausia, kaip išsirinkti prekę tada, kai visi siūlomi produktai panašūs, o patirties šioje srityje maža, ir antra, kaip surasti reikiamą produktą tarp daugelio kitų, visai nereikalingų produktų. Šioms problemoms spręsti plačiai naudojamos rekomendacinės sistemos (RS). Didžiajai daliai rekomendacijų kūrimui naudojamų algoritmų reikalingos vartotojų, produktų bei vartotojų vertinimų produktams aibės (Jamali, et al., 2009). Šios aibės plačiai paplitusios elektroninėse parduotuvėse ir socialiniuose tinkluose, kur žmonės turi galimybę bendrauti tarpusavyje, išsakyti savo nuomonę ir tokiu būdu tiesiogiai ar netiesiogiai vertinti produktus bei paslaugas. Todėl laikoma, kad tiek elektroninės parduotuvės, tiek socialiniai tinklai yra tinkamiausios terpės RS naudojimui.

Populiariausi ir geriausiai išvystyti socialiniai tinklai su RS yra *Epinions*, *Bebo*, *IMDB* ir kt. Neutrūksta ir RS naudojimo komerciniuose socialiniuose tinkluose pavyz-

džių: komercinis tinklas *Amazon* vartotojams rekomenduoja produktus, atsižvelgdamas į vartotojo pirminių istoriją ir paieškos raidą. Šis RS veikimo principas naudojamas ir komercinėje sistemoje (bei socialiniame tinkle) *eBay*. Tuo tarpu socialinis tinklas *MovieLens* leidžia vartotojams vertinti filmus didelėje duomenų bazėje ir pateikia rekomendacijas pagal vartotojų įverčių raidą (Savickas, 2010). Nereikia pamiršti ir šiuo metu populiariausio socialinio tinklo *Facebook*, kurio vartotojai gauna „Jūsų draugas tai mėgsta“ tipo rekomendacijas. Visa tai rodo, kad RS naudojimas virtualioje erdvėje šiuo metu išgyvena pakilimą.

Šio straipsnio **tikslas** – apibendrinti RS struktūros ypatumus, veikimo principus ir plačiausiai taikomus rekomendavimo algoritmus, rekomendavimo metodų problemines sritis, vystimosi tendencijas, tokiu būdu nustatant naujausias RS vystymo sritis ir perspektyvas, bei ta linkme pakreipiant ir tolimesnius tyrimus.

Reikia atkreipti dėmesį, kad tokiems tyrimams naudojami duomenys yra labai vertingi, todėl didieji socialiniai tinklai ar elektroninės prekybos portalai jų neatskleidžia, tačiau yra ir tyrimams pasiekiamų tokių duomenų rinkinių (angl. *Data Sets*):

1. *MovieLens* filmų įvertinimų duomenų bazė (<http://www.grouplens.org/node/73>).

Čia pateikiamos trys duomenų bazės, kurias sudaro atitinkamai:

- a. 943 vartotojų įvertinimai 1682 filmams – iš viso 100000 įvertinimų;
- b. 6040 vartotojų įvertinimai 3900 filmų – iš viso 1000000 įvertinimų;
- c. 71567 vartotojų įvertinimai 10681 filmui – iš viso 10000000 įvertinimų.

Papildomai pateikiama ir minimali vartotojų demografinė statistika – pavyzdžiui, amžius, lytis, išsilavinimas. *MovieLens* duomenų bazės buvo surinktos Minesotos universitete vykdant *GroupLens* mokslinių tyrimų projektą (*GroupLens*, 2006).

2. *Epinions* produktų įvertinimų duomenų bazė ([http://www.trustlet.org/wiki/Epinions\\_dataset](http://www.trustlet.org/wiki/Epinions_dataset)). Pateikiamos dviejų tipų duomenų bazės – paprastoji, kurioje pateikiama 49290 vartotojų įvertinimai 139738 skirtingiems produktams su 664824 apžvalgoms ir 487181 pasitikėjimo įverčiai ir išplėstinė, kurioje pateikiama apie 132000 vartotojų, kurie pateikė 841372 pasitikėjimo įverčių (717667 pasitikėjimo, 123705 nepasitikėjimo), 1560144 straipsnių ir 13668319 straipsnių įvertinimų.

*Epinions* duomenų bazes surinktos Paolo Massa ir naudotos (Massa, Avesani, 2009) tyrime.

3. *Jester* anekdotų įvertinimų duomenų bazė (<http://www.ieor.berkeley.edu/~goldberg/jester-data/>). Pateikiami 73421 vartotojo įvertinimai 100 anekdotų (vertinimų intervalas [-10; 10]) – viso apie 1000000 įvertinimų. Duomenų bazė naudota tyrime (Goldberg, Roeder, Gupta, Perkins, 2001).

4. *Book Crossing* knygų įvertinimų duomenų bazė (<http://www.informatik.uni-freiburg.de/~ciegler/BX/>). Šiame duomenų rinkinyje sukaupta 278858 vartotojų įvertinimai 271379 knygoms – iš viso 1149780 įvertinimų. Duomenų bazės duomenų tyrimo rezultatai paskelbti 14-oje tarptautinėje WWW '05 konferencijoje (Ziegler, McNee, Konstan, Lausen, 2005).



5. *Sapnai.net* sapnų reikšmių duomenų bazės (<http://www.sapnai.net/db/>). Šio straipsnio autorių renkamos *www.sapnai.net* lankytojų ieškomų sapnų reikšmių duomenų bazės, indeksuojančios vartotoją, ieškomą sapno reikšmę ir užklauskos laiką. Pirmajame duomenų rinkinyje kaupiamos reikšmės, ieškomos sapnų reikšmių kataloge, antrajame rinkinyje – vedamos į paieškos laukelį. Ši duomenų bazė kaupiama ir atnaujinama realiu laiku.

Atsižvelgiant į RS raidą nuo pirmųjų platesnių taikymų praėjusio dešimtmečio pradžioje iki dabartinių taikymo krypčių, straipsnyje atliekama pagrindinės mokslinės literatūros, pradedant nuo pirmųjų straipsnių, kuriuose suformuluoti fundamentalieji RS teorijos elementai, ir baigiant naujausiomis publikacijomis, analizė.

### *Rekomendavimo sistemų sandara ir veikimo principai*

Rekomendacijoms kurti naudojami įvairūs siauriau ar plačiau paplitę algoritmai, kurie skirstomi į dvi dideles grupes: bendrojo filtravimo (angl. *Collaborative filtering*) metodu paremti ir turiniu paremti (angl. *Content-based*) algoritmai (Condliff ir kt., 1999). Savo ruožtu bendrojo filtravimo metodu paremti algoritmai naujausioje literatūroje skirstomi į dar dvi kategorijas: rekomendacijas kuriančius atminties (pvz., produktų vertinimų istorijos) pagrindu (angl. *Memory-based*) ir modeliais pagrįstus (angl. *Model-based*) algoritmus (Ghanzafar, Prugel-Bennet, 2010).

Kiekviena RS turi du subjektus – vartotoją (angl. *User*) ir produktą (angl. *Item*) (Vožalis, Margaritis, 2003). Priklausomai nuo situacijos, vartotojas ir produktas gali būti vadinaimi ir kitaip, pavyzdžiui, pirkėju ir paslauga ar preke ir pan. Šiame straipsnyje vartojamos vartotojo ir produkto sąvokos, kurios turėtų būti suprantamos plačiąja prasme. RS vartotoju laikomas tas subjektas, kuris naudoja šią sistemą pateikdamas jai savo nuomonę (nebūtinai sąmoningai) apie įvairius produktus ir gaudamas naujų produktų rekomendacijas.

Kiekviena RS turi tris pakopas: įvesties (angl. *Input*), filtravimo (angl. *Filtering*) arba generavimo ir išvesties (angl. *Output*) (Vožalis, Margaritis, 2003). RS sudaro trys pagrindiniai elementai: Duomenų gavybos, Informacijos filtravimo ir Rekomendavimo.

Duomenų į RS įvesties mechanizmas priklauso nuo RS naudojamo informacijos filtravimo mechanizmo ir glaudžiai siejasi su duomenų gavybos metodais. Tinkamų ir reprezentatyvių duomenų išskyrimas iš beribės duomenų aibės yra vienas iš kertinių tinkamo RS veikimo (rekomendacijų tikslumo) aspektų. Nors RS įvesties duomenys gali būti labai įvairūs, tačiau literatūroje išskiriamos 3 pagrindinės įvesties duomenų kategorijos:

1. Vertinimai, išreiškiantys vartotojo nuomonę apie produktą. Šis duomenų tipas dažniausiai turi skaitinę išraišką (pvz., 1 – blogai, 5 – puikiai). Kartais naudojamas ir dvejetainis formatas (0 ir 1). Vartotojas šiuos vertinimus palieka sąmoningai (įvertindamas produktus) arba nesąmoningai (palikdamas žymes pirkinių istorijoje ar tinklalapių apsilankimuose).

2. Demografiniai duomenys, išreiškiantys informaciją apie vartotojo amžių, lytį, išsilavinimą ir kt. Šie duomenys yra gana jautrūs etikos srityje, kadangi pagal juos dažnai lengva identifikuoti vartotojo tapatybę.

3. Turinio duomenys, gaunami iš tekstinių vartotojo dokumentų (profilų) analizės.

Informacijos filtravimo pakopoje RS kuria naujų produktų pasiūlymus vartotojams arba tikrina šių produktų tinkamumą vartotojui. Tarkime,  $m$  yra vartotojų skaičius, tada vartotojų aibė užrašoma kaip  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_p, \dots, u_m\}$ , o  $n$  – produktų skaičius. Produktų aibė išreiškiama taip:  $I = \{i_1, i_2, \dots, i_k, \dots, i_n\}$ . Kiekvienas vartotojas yra įvertinęs tik dalį produktų, laukai, kuriuose įvertinimų nėra, lieka tušti. Vartotojų vertinimų produktams procentinė išraiška vadinama duomenų rinkinio tankiu (angl. *Density*) (Canny, 2004) ir praktiškai niekada nebūna aukšta. Literatūroje aprašomuose tyrimuose tik išskirtiniais atvejais įvertinimų tankis siekia 50% (Canny eksperimentai su anekdotų duomenų baze). Dažniausiai įvertinimų tankis yra nuo 1 iki 5 procentų, tačiau jau minėtas Canny kitame tyrime yra atlikęs bandymų su interneto nuorodų duomenų baze, kurioje įvertinimų tankis siekė tik 0,07% (Canny, 2004).

Kiekvieno  $j$ -tojo vartotojo įvertintas  $k$ -tojo produkto vertinimas žymimas kaip  $r_{j,k}$ . Iš šių įvertinimų formuojama  $m \times n$  dydžio vartotojų – įvertinimų (angl. *user-item*) matrica (1 pav.).

	Produktas $i_1$	Produktas $i_2$	Produktas $i_3$	Produktas $i_4$	Produktas $i_5$
Vartotojas $u_1$	5	7	5	7	9
Vartotojas $u_2$	6	7	5	7	9
Vartotojas $u_3$	5	7	6	7	9
Vartotojas $u_4$	6	6	6	6	5
Vartotojas $u_5$	6	6	6	6	5
Žymėjimai					
	Tikslinis vartotojas				
	Panašiausi į tikslinį vartotoją				
	Prognozei naudojami įvertinimai				
	Prognozuojamas įvertinimas				

1 pav. Pavyzdinė vartotojų – įvertinimų matrica

Didžioji dalis filtravimo algoritmų tiria eilutes, kurios fiksuoja kiekvieno vartotojo įvertinimus skirtingiems produktams ir ieško panašumų tarp vartotojų įvertinimų tiems patiems produktams. Pasiremdama filtravimo rezultatais RS generuoja pasiūlymą tiksliniam vartotojui. Tai galima matyti ir pavyzdinėje įvertinimų matricoje, pateiktoje 1 pav. Šiuo atveju RS tikslas – prognozuoti vartotojo  $u_1$  įvertinimą produktui  $u_5$ . Šis vartotojas jau yra įvertinęs produktus  $i_1, i_2, i_3$  ir  $i_4$ . RS, pasiremdama vartotojų vertinimų istorija, ieško vartotojų, kurie šiuos produktus įvertino panašiausiai. Šioje vietoje turi būti nustatytas panašumo slenkstis, kurį peržengus, vartotojas laikomas tinkamu rekomendacijai. Panašumo rodiklis dažniausiai apskaičiuojamas naudojant Pearsono koreliacijos koeficiento formulę, kuri bus plačiau panagrinėta kitame šio straipsnio skyriuje. Panašumo rodiklis tarp varto-

tojų gali būti bet koks skaičius iš intervalo  $[0;1]$  (Shardanand, Maes, 1995). Kuo rodiklis artimesnis vienetui, tuo vartotojai (jų vertinimų istorija) panašesni. Didelėse įvertinimų duomenų bazėse panašumo rodiklis tik retais atvejais būna aukštas. Literatūroje aprašomuose tyrimuose naudojamas 0,2-0,4 panašumo slenkstis (kitu atveju rekomendacijoms kurti tiesiog neužtektų panašių vartotojų – labai sumažėtų galimų rekomendacijų skaičius). Lietuvoje tyrime (Savickas, 2010) naudojamas 0,3 vartotojų panašumo slenkstis.

Išvesties pakopoje RS gali pateikti dviejų tipų išvestį – prognozę arba rekomendaciją (Vozalis, Margaritis, 2003).

1. Prognozė išreiškiama skaitiniu pavidalu  $r_{a,j}$ , kuris reiškia prognozuojamą vartotojo  $u_a$  įvertinimą produktui  $i_j$ .

2. Rekomendacija išreiškiama kaip  $N$  produktų, kurie vartotojui turėtų būti tinkamiausi, sąrašas.

Šioje vietoje dažnai kyla klausimas, kaip nustatyti rekomendacijos patikimumą, kas ypač aktualu atliekant empirinius tyrimus be realių vartotojų ir neturint galimybės sulaukti tiesioginio šių vartotojų atsiliepimo. Daugelyje bandymų naudojamas pagrindinis metodas – turint įvertinimų duomenų bazę (vartotojų – įvertinimų matricą), dalis jos įvertinimų atskiriama – perkeliama į naują matricą, kuri naudojama RS spėjinių rezultatams patikrinti. Dažniausiai „slepama“ apie 10–20% įvertinimų – toks skaičius leidžia pakankamai tiksliai nustatyti RS tikslumą. Tam skaičiuojama vidutinė absoliučioji paklaida arba vidutinė absoliučioji vartotojo paklaida, taip pat įverčių apimtis. Šie skaičiai priklauso nuo konkretaus tiriamo atvejo, todėl bendru atveju sunku pasakyti, kada RS rekomendavimo algoritmas gali būti laikomas tinkamu. Pavyzdžiui, darbe (Savickas, 2010) atliktuose tyrimuose VAP siekė apie 0,9 (geresniam supratimui – vidutinis prognozuojamas įvertinimas nuo tikrojo skyrėsi 1 balu iš 5 galimų), o pritaikius siūlomus algoritmo patobulinimus rezultatus pavyko pagerinti maždaug 4%. Savo ruožtu aktyvių vartotojų įverčių apimtis pakilo nuo 40 iki 63%. Šiame darbe tyrimams naudotas bendrojo filtravimo metodas, išsamiau apžvelgiamas kitame straipsnio skyriuje.

### *Bendrojo filtravimo metodo veikimo principai*

Didžioji dalis RS rekomendavimo algoritmų remiasi bendrojo filtravimo metodu (Vozalis, Margaritis, 2003; Ghanzafar, Prugel-Bennet, 2010). Šis metodas remiasi jau minėta vartotojų – įvertinimų matrica, vartotojų vertinimų produktams istorijoje ieškodamas panašumų tarp vartotojų. Panašumo tarp vartotojų reikšmės apskaičiuojamos naudojant Pearsono koreliacijos koeficientą (1) (Rashid, et al., 2006).

$$p(g, r) = \frac{\sum_{p \in pr} (g(p) - \bar{g})(r(p) - \bar{r})}{\sqrt{\sum_{p \in pr} (g(p) - \bar{g})^2 \sum_{p \in pr} (r(p) - \bar{r})^2}} \quad (1)$$

Čia  $g$  – vartotojas gaunantis rekomendaciją  $r$  – vartotojas, kurio panašumas tikrinamas. Sumos ženklas formulėje rodo, kad panašumas skaičiuojamas naudojant visus

produktus  $p$ , kuriuos abu vartotojai yra įvertinę.  $g(p)$  ir  $r(p)$  yra vartotojų įverčiai konkrečiam produktui  $p$ , o visų vartotojų suteiktų įverčių produktams vidurkiai –  $\bar{g}$  ir  $\bar{r}$ . Formulės skaitiklis yra vartotojų bendrų įvertintų produktų įverčių nuokrypio nuo įverčių vidurkio, sandaugų suma, o formulės vardiklis normalizuoja gautąjį rezultatą tam, kad jis priklausytu intervalui  $[0;1]$ . Kuo rezultatas artimesnis 0, tuo vartotojai mažiau panašūs ir atvirkščiai.

Apskaičiavusi panašumus tarp vartotojo  $g$  ir visų vartotojų  $r$ , sistema generuoja rekomendacijas produktams  $p$ , naudodama Resniko spėjimo formulę (2) (O'Donovan, Smyth, 2005). Prieš tai rankiniu būdu nustatomas vartotojų panašumo slenkstis, apibrėžiantis kokią dalį vartotojų RS gali naudoti rekomendacijos kūrimui.

$$g(i) = \bar{g} + \frac{\sum_{r \in R(i)} (r(i) - \bar{r}) p(g, r)}{\sum_{r \in R(i)} |p(g, r)|} \quad (2)$$

Šia formule apskaičiuojamas prognozuojamas  $g$  vartotojo įvertinimas produktui  $i$ , kurio šis vartotojas dar nėra įvertinęs, tačiau kurį yra įvertinę panašūs vartotojai. Formulės skaitiklis yra panašumo rodiklio tarp vartotojų  $g$  ir  $r$  bei vartotojo  $r$  produkto  $i$  įverčio nuokrypio nuo įverčių vidurkio sandaugų suma visiems panašumo slenkstį peržengusiems vartotojams. Iš šios formulės lengva pastebėti, kad didžiausią įtaką rekomendacijos tikslumui daro panašumo tarp vartotojų reikšmė – kuo vartotojai panašesni, tuo prognozuojamas įvertinimas bus panašesnis į tikrąjį.

Paskutinis etapas – išvestis. Šiame etape RS sukuria matricą (analogišką įvesties matricai), tačiau išvesties matricoje RS užpildo tuščias įvesties matricos reikšmes, kitaip sakant RS įveda spėjamus įvertinimus vartotojų dar neįvertintiems produktams.

Reikia pabrėžti, kad bendrojo filtravimo metodas leidžia kurti tiek prognozes, tiek rekomendacijas – nors sistema prognozuoja tik produkto įvertinimą (pateikia prognozę), tačiau pateikus vartotojui, tarkime, kelis RS manymu aukščiausius įvertinimus turinčius produktus, gaunama rekomendacija.

### ***Bendrojo filtravimo metodo problematika***

Tyrimuose, atliktuose taikant bendrojo filtravimo metodą, išskiriamos kelios pagrindinės šio metodo problemos, susijusios su generuojamų rekomendacijų tikslumu.

**1. Tuščių įvertinimų problema.** Kaip minėta anksčiau, įvertinimų tankis vartotojų – produktų matricoje dažniausiai siekia vos kelis procentus, kartais ir dar mažiau. Pagrindinė tai lemianti priežastis – didelis produktų skaičius. Pavyzdžiui, tyrimams plačiai naudojamos dvi laisvai platinamos filmų įvertinimų duomenų bazės: EachMovie (Canny, 2004) ir MovieLens (Savickas, 2010). Pirmosios duomenų bazės, kurioje 1628 filmai ir 72916 vartotojų, įvertinimų tankis – 3%. Antrosios, kurioje 1050 filmų, 943 vartotojai, įvertinimų tankis – 2,8%. Savaimė suprantama, kad vienam vartotojui įvertinti tokį skaičių filmų būtų sudėtinga, daugelis iš jų įvertinę tik kelis, geriausiu atveju – keliolika. Plačiau taikomi du

šios problemos sprendimo būdai: tuščių reikšmių ignoravimas ir šių reikšmių užpildymas (dažniausiai standartiniai statistiniai algoritmais) standartinėmis reikšmėmis.

**2. Naujų vartotojų problema.** Vos prisiregistravęs vartotojas negali suteikti pakankamai informacijos RS, nes jo įvertinimų istorija yra labai trumpa arba iš viso neegzistuoja. Tokiu atveju sunku nustatyti panašius vartotojus, dėl to rekomendacijos būna labai netikslios arba apskritai neįmanoma rekomenduoti. Šios problemos sprendimas dažniausiai paliekamas pačiam vartotojui, registravimosi metu prašant įvertinti kelis jau išbandytus produktus.

**3. Pasitikėjimo rekomendacijomis problema.** Didelė dalis vartotojų skeptiškai žiūri į RS teikiamas rekomendacijas, nes nesupranta, kokių būdu jos sukurtos, kokių vartotojų vertinimais buvo pasiremta. Dėl šios priežasties kuriamos sistemos, kurios atrenka keliančius pasitikėjimą vartotojus (Svirmelytė, 2010). Šie modeliai vadinami pasitikėjimo modeliais, tačiau dėl trūkumų nėra labai populiarūs. Pagal šių modelių koncepciją, vartotojas pats turi pasirinkti tuos vartotojus, kuriais pasitiki ir iš kurių nori gauti rekomendacijas (Guha, 2004). Kitaip sakant, vos pradėjęs naudoti RS (registruodamasis į elektroninę parduotuvę ar socialinį tinklą), vartotojas turi pažymėti vartotojus, kuriais pasitiki. Darbe (Svirmelytė, 2010) atliktame tyrime remtasi Epinions socialinio tinklo vartotojų duomenų baze, kurioje yra 49290 vartotojų ir 487181 pasitikėjimo rodikliai. Reikia pastebėti, kad vidutiniškai vartotojas pasitiki tik 10-čia kitų vartotojų, kas sudaro vos 0,02% visų vartotojų. Taigi, jei tinklas didelis ir turi daug vartotojų, pasitikėjimą keliančių vartotojų dalis yra labai maža, todėl rekomendacijos nėra tikslios, o įverčių apimtis labai maža.

**4. Panašių produktų rekomendavimo ir mažos įverčių apimties problema.** Ši problema, kurioziška, kyla būtent todėl, kad rekomendacijoms teikti RS naudoja panašių vartotojų informaciją taip pat dėl to, kad vartotojai yra įvertinę per mažai produktų. Pasiremdama panašių vartotojų įvertinimais, RS visada rekomenduoja tik panašius produktus tiems, kuriuos vartotojas ar jam panašūs vartotojai yra įvertinę, tokiu būdu mažindama siūlomą asortimentą. Maža to, dalies, galbūt, tinkamų produktų RS apskritai negali rekomenduoti, nes per mažai panašių vartotojų yra juos įvertinę. Šioje vietoje susiduriama su dilema: iš vienos pusės galima mažinti panašumo tarp vartotojų slenkstį, tokiu būdu padidinant įverčių apimtį (galimų pasiūlyti produktų skaičių), tačiau sumažinant rekomendacijų tikslumą. Ir atvirkščiai – didinant panašumo tarp vartotojų slenkstį ir rekomendacijų tikslumą, kardinaliai mažėja rekomenduojamų produktų skaičius.

Ši problema dažnai sprendžiama apjungiant bendrojo filtravimo metodu paremtas RS su turiniu paremtomis RS.

### *Turiniu paremti rekomendavimo metodai*

RS neapsiriboja vien reitingų analize ir rekomendacijas bei prognozes kuria ne vien remdamiesi jais. Patobulėjus technologijos tapo įmanoma tekstinių dokumentų anali-

zė, kuri anksčiau reikalaujavo daug technologinių išteklių. Vienas plačiausiai taikomų turiniu paremtų rekomendavimo metodų (dalyje literatūros laikoma, kad šis metodas gali būti taikomas ir hibridinėms RS) – Bajeso metodas. Atsižvelgiant į jo populiarumą, šiame straipsnyje šis metodas nagrinėjamas plačiau.

Šis metodas reikalauja daug skaičiavimo išteklių, tačiau dėl efektyvių skaičiavimo algoritmų sukūrimo šis metodas taikomas vis plačiau. Pagal Bajeso teoremą, tikimybė, kad produktas  $d$  gali priklausyti klasei  $C_j$  apskaičiuojama taip:

$$P(C_j|d) = \frac{P(C_j)P(d|C_j)}{P(d)} \quad (3)$$

Kur  $P(C_j|d)$ ,  $P(C_j)$ ,  $P(d|C_j)$ ,  $P(d)$  yra tikimybės, literatūroje atitinkamai vadinamos aposteriorine (hipotezės) (angl. *posterior*), apriorine (angl. *prior*), įvykio  $d$ , esant teisingai hipotezei (angl. *likelihood*) ir įvykio  $d$  (angl. *evidence*) tikimybėmis. Kadangi produkto savybės laikomos nepriklausomomis ir jų yra ne viena ( $F_1, \dots, F_h$ ), tada (3) formulė perrašoma į (4).

$$P(C_j|d) = \frac{P(C_j) \prod_{i=1}^h P(F_i|C_j)}{P(F_1, \dots, F_h)} \quad (4)$$

čia,  $P(C_j)$  – klasės tikimybė, kuri, jei klasė kartojasi dažniau, gali būti žinoma, arba paskirstoma po lygiai visoms klasėms, atsižvelgiant į tai, jog visų klasių tikimybių suma lygi 1. Jei klasėse yra jau suklasifikuotų produktų, klasės tikimybę galima apskaičiuoti pagal (5) formulę

$$\hat{P}(C_j) = \frac{A_j}{A} \quad (5)$$

kurioje,  $A_j$  – produktų, priklausančių klasei  $C_j$  skaičius,  $A$  – visų suklasifikuotų produktų skaičius.

Antrasis (4) formulės skaitiklio narys gaunamas remiantis produkto savybių stebėjimais ir apskaičiuoja suminę kiekvieno produkto savybės priklausymo  $C_j$  klasei tikimybę. Formulės vardiklis išreiškia visų savybių egzistavimo produkte tikimybę. Naudojant (4) formulę apskaičiuojamos produkto priklausymo kiekvienai klasei tikimybės ir produktas priskiriamas tai klasei, kuriai aposteriorinė tikimybė gaunama didžiausia (Ghanzanfar ir kt., 2010).

Bajeso metodą patogų naudoti tada, kai produktai turi daug ir įvairių savybių (savybių spektrai dažnai išrenkami būtent atliekant dokumentų turinio analizę). Tačiau ir šioje srityje kyla įvairių problemų. Pirmiausia, iš savybių spektro dažnai būna sudėtinga išskirti reikšmingas ir mažiau reikšmingas savybes. Tais atvejais, kai galima išskirti daug produkto savybių, naudojama faktorinė analizė (Korean, 2009). Faktorizavimo modeliai yra alternatyvus būdas, kuris bando paaiškinti ir nuspėti produktų reitingus, atsižvelgdamas į 20–100 faktorių. Pavyzdžiui, filmų atveju šie faktoriai galėtų būti tokie kaip filmo kategorija, veiksmo dalis filme, tikslinė filmo auditorija ir pan. Atsižvelgdama į vartotojus, faktorinė analizė matuoja kiekvieno faktoriaus ir filmo įvertinimo priklausomybę,

taip išskirdama esminius faktorius. Viena sėkmingiausių faktorinės analizės modelių realizacijų – matricų faktorizavimas. Dažniausiu atveju šis metodas charakterizuoja produktus ir vartotojus faktorių vektoriais. Didelis produkto ir vartotojo faktorių atitikimas veda į rekomendaciją. Šis metodas tapo populiariu tik paskutiniu metu.

### *Etikos problemos*

RS naudojimo sritis – gana jautri etikos atžvilgiu. Nors šiuo metu šiai problemai skiriama mažai dėmesio, tačiau jau pasirodė pirmieji straipsniai, atkreipiantys dėmesį į tai, jog RS kurdamos rekomendacijas renka ir manipuliuoja asmeniniais vartotojo duomenimis (Kligienė, Rapečka, 2011). Pasirodė ir siūlymai, kaip kurti rekomendacijas saugant vartotojų duomenis (pagrindinė problema yra ne vartotojo duomenų naudojimas, o kaupimas ir perdavimo trečiosioms šalims grėsmė) (Canny, 2002). Deja, vyriausybės vis dar mažai dėmesio skiria vartotojų duomenų apsaugai internete, priimtos direktyvos vis dar neveikia – skaitmeninio pėdsako (angl. *Digital Footprint*) šnipinėjimas ir stebėjimas neribojamas. Tačiau atsižvelgiant į tai, kad tyrimai skaitmeninės etikos klausimu jau pradėti (Europos Komisija inicijavo tyrimą 2030 metų skaitmeninės Europos scenarijui numatyti) (European Commission, 2010), tikėtina, jog vartotojų privatumo saugojimo politika ateis ir iki RS taikymo sričių, ypač prie jų taikymo socialiniuose tinkluose, aplinkoje, šiuo metu keliančioje daugiausia diskusijų vartotojų privatumo klausimais.

### *Išvados*

Tyrimas parodė, kad RS naudojimas virtualiose terpėse šiuo metu išgyvena pakilimą – dėl palankios aplinkos ypač plačiai šios sistemos naudojamos elektroninėse parduotuvėse bei socialiniuose tinkluose. Šiandien bene visi didesni socialiniai tinklai produktų rekomendavimui naudoja vienokio ar kitokio tipo RS.

Nors RS naudojamų rekomendavimo algoritmų yra daug, tačiau visus juos galima suskirstyti į dvi dideles kategorijas: bendrojo filtravimo (angl. *Collaborative filtering*) metodu paremti ir turiniu paremti (angl. *Content-based*) algoritmai. Kartais abiejų tipų RS apjungiamos ir kuriamos hibridinės RS, dažnai pateikiančios geresnius rekomendavimo rezultatus.

Nereikia pamiršti, kad RS savo veikimui naudoja gana jautrius etikos požiūriu vartotojų duomenis – asmeninę informaciją, todėl iškyla vartotojų privatumo problema. Nors šiuo metu į šiuos aspektus kreipiamas nedaug dėmesio, tačiau pirmieji darbai šioje srityje jau pasirodė.

Šio tyrimo metu buvo išskirti pagrindiniai RS sandaros elementai, apžvelgti veikimo principai, taip pat rekomendacijų generavimui naudojami dviejų tipų algoritmai. Suformuluotos pagrindinės RS probleminės sritys bei šios problematikos sprendimo būdai. Tolimesni tyrimai turi būti atliekami su realiomis įvertinimų duomenų bazėmis,

ieškant rekomendavimo algoritmų optimizavimo kelių ir atkreipiant dėmesį į vartotojų privatumo saugojimą. Pagrindinės tyrimų kryptys turėtų būti bendrojo filtravimo metodų problematikos sprendimas, ypatingai sutelkiant dėmesį ties naujų vartotojų, tuščių įvertinimų ir mažos įverčių apimties problematika. Kita tyrimų kryptis – Bajeso ir kitų metodų taikymo turiniu paremtų rekomendacijų kūrimui optimizavimas.

## LITERATŪRA

- Adomavicius, G., Tuzhilin, A. (2005). Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions [Žurnalas] *IEEE Trans: Knowledge and Data Engineering*, 2005 m.
- Canny, J. (2004). Collaborative Filtering with Privacy via Factor Analysis. Berkley, 2004 m.
- Condliff, M. K., Lewis, D., Madigan D. (1999). Bayesian Mixed-Effects Models for Recommender Systems. *JAV*, 1999 m.
- Ghanzafar M. A., Prugel-Bennett A., (2010). An Improved Switching Hybrid Recommender System Using Naive Bayes Classifier and Collaborative Filtering. [Konferencija]. Hong Kong, 2010.
- Goldberg, K., Roeder, T., Gupta, D., Perkinc, C., (2001). A Constant Time Collaborative Filtering Algorithm. *Information Retrieval*, 4(2), 2009 m, p. 133-151.
- GroupLens Data Sets (2006). Summary & Usage License. [interaktyvus] [žiūrėta 2011 m. birželio 25 d.]. Prieiga per internetą: <[http://www.grouplens.org/system/files/README\\_100K.txt](http://www.grouplens.org/system/files/README_100K.txt)>
- Guha, R. (2004). Propagation of trust and distrust [Konferencija]. *WWW'04*. 2004 m, p. 403-412.
- Jamali, M, Ester, M. (2009). Using a Trust Network to Improve Tom-N Recommendation [Konferencija]. New York: *RecSys.*, 2009 m. p. 181-188.
- Kligienė, N., Rapečka, A., (2011). Challenges of Digital Era: Potential and Pitfalls of Social Media. Ethics and Trust in Collaborative Cross-Domains [Konferencija]. *COLLA 2011, The First International Conference on Advanced Collaborative Networks, Systems and Applications*. 2011 m., p. 34-39.
- Korean Y., Bell R., Volinskiy Ch. (2009). Matrix Factorization techniques for Recommender Systems. [Konferencija]. *IEEE*, 2009 m.
- Massa, P. and Avesani, P. (2009). Trust metrics in recommender systems. *Computing with Social Trust*, Springer, 2006 m. p. 259-285.
- O'Donovan J., Smyth B. (2005). Trust in Recommender Systems [Konferencija]. San Diego: *IUI.*, 2005 m.
- Rashid, A. M. [et al.] (2006). ClustKNN: A highly scalable hybrid model & memory based algorithm [Konferencija]. Philadelphia: *WEBKDD'06*, 2006 m., p. 1-10.
- Savickas, T. (2010). Panašumo modelių efektyvumas socialiniuose tinkluose. Magistro baigiamasis darbas. Vilnius: *VGTU*, 2010 m. 57 p.
- Shardanand, U., Maes, P. (1995). Social Information Filtering: Algorithms for Automating „Word of Mouth“ [Konferencija]. Denver, 1995 m, p. 210-217.
- Svirnelytė, J. (2010). Pasitikėjimo modelių tikslumo tyrimas socialiniuose tinkluose. Magistro baigiamasis darbas. Vilnius: *VGTU*, 2010 m. 55 p.
- Vozalis, E., Margaritis, K. G. (2003). Analysis of recommender systems algorithms [Konferencija]. Athens: *HERCMA*, 2003 m..
- Ziegler, C., McNeer, S., Konstan, J., Lausen, G., (2005). Improving Recommendation Lists Through Topic Diversification [Konferencija]. *Proceedings of the 14th International World Wide Web Conference (WWW '05)*, May 10-14, 2005 m.



**Aurimas Rapečka, Gintautas Dzemyda**

## Summary

Recommender systems developed in response to the problem of information overload on the Web. Recommender systems help users to find relevant information quickly and conveniently. In general, recommender system is a system using a different algorithm to select products or services that user can like the and recommend them. To build recommendations wider variety of distributed algorithms are used. In this article are analysis of various scientific literature to examine the structure of the recommender systems, their operating principles and an overview of the most popular recommender algorithms used in the recommender systems.

# Tinklinių verslo ir informacinių sistemų modelių konstravimo ir derinimo metodologiniai aspektai

## Vitalija Rudzkiėnė

Mykolas Romeris universitetas, Verslo ekonomikos katedra, profesorė, dr., Ateities g. 20, Vilnius, tel. (8 5) 2714 733, vital@mruni.lt, <http://vital.home.mruni.eu/>  
Mykolas Romeris University, Department of Business Economics, professor, dr., Ateities str. 20,

## Adomas Kanopka

Mykolas Romeris universitetas, Verslo ekonomikos katedra, lektorius, Ateities g. 20, Vilnius, tel. (8 5) 2714 733, adomas.kanopka@gmail.com, <http://en-gb.facebook.com/adomas.kanopka>  
Mykolas Romeris University, Department of Business Economics, lecturer, Ateities str. 20,

*Į verslo veiklą įjungus internetą ir informacines sistemas daugelis verslo organizacijų tapo tinklinėmis. Sėkmingai jų veiklai būtina suderinti verslo veiklos ir informacinių-sistemų architektūros modelius. Sudėtingų verslo tinklinių procesų ir IS planavimo metodų derinimą sunkina tai, kad dažnai verslo procesus siekiama aprašyti paprastais priežasties–pasekmės modeliais ar pusiausvyros lygtimis, pamirštant jų stochastinę prigimtį, tinklinę sąveiką ir vertės kūrimo principus.*

*Straipsnyje nagrinėjama tinklinių sistemų modeliavimo metodologija, grindžiama konceptualių modelių, ontologijų ir tinklinių sistemų savybėmis, taip pat išnagrinėti tinklinių sistemų kriterijai, ontologijomis grindžiamų konceptualių modelių kūrimo principai. Šie teoriniai principai detalizuojami nagrinėjant e3 vertės kūrimo modelio metodologiją, kurios pagrindinis dėmesys nukreiptas į tinklinių verslo sistemų ekonominės vertės kūrimo, keitimosi ir vartojimo nustatymą bei ištyrimą. E3 metodologija iliustruojama sudarant Lietuvos elektros energijos rinkos fragmento konceptualų vertės modelį. Aptariami IS planavimo proceso, pagal vertės modelio kūrimo ideologiją, pagrindiniai aspektai.*

## Įvadas

Vis plačiau pripažįstama, kad netikėti socialinio – ekonominio visuomenės gyvenimo posūkiai, įvykę per kelis pastaruosius dešimtmečius, vis didesnį pagreitį įgaunantis technologijų plėtos progresas verslo procesų suvokimą, vertinimą, o kartu ir prognozavimą bei išvalgas daro vis sudėtingesnes. Tenka pripažinti, kad mokslas dažnai patiria nesėkmes bandydamas pateikti tikslias valdymo schemas. Viena klaidas lemiančių priežasčių yra ta, kad socialiniai – ekonominiai reiškiniai visada vyksta tam tikru laiku ir tam tikroje vietoje, todėl jie negali būti įvertinti atsietai nuo juos suformavusių ekonominių, socialinių, technologinių, ekologinių, kultūrinių ir politinių veiksnių. Kai naujai atsiradusias problemas bandoma spręsti pagal analogijas, analogiškais metodais,

tikusiais anksčiau, kitu laiku ir kitoje vietoje, veikiant kitokiems faktoriams, gero rezultato tikėtis neverta. Tik įvertinus tinklinius ryšius bei refleksinį socialinės srities mokslų poveikį kitų sričių, tarp jų ir technologijų, vystymui bei įvardijus su tuo susijusius veiksnius, galima atskleisti, kodėl taip nevienodai ekonomikos ir verslo dėsniai reiškiasi skirtingu laiku ir skirtingose vietose, kodėl vadybos metodai, kurie kažkada ir kažkur pasirodė esą labai efektyvūs, tapo tokiais netinkamais ir neefektyviais (Berman, Haggan, 2006; Burinskienė, Rudzkienė, 2010). Analizę apsunkina ir tai, kad ekonomikos procesai vyksta netolygiai, kinta laike ir erdvėje, tiesiškai ir cikliškai tuo pačiu metu. Tai daro procesų analizę ir prognozę, o kartu ir valdymo mechanizmus metodologiškai komplikuotais ir daugiaplaniais.

Sudėtingų tinklinių procesų vystymosi tendencijų supratimą, o juo labiau jų valdymą, sunkina tai, kad dažnai siekiama juos aprašyti paprastais priežasties–pasekmės modeliais ar pusiausvyros lygtimis, pamirštant jų tikimybinę prigimtį, nenumatytų veiksnių įtaką (Schekattkat, Yocarini, 2006). Visgi, nepaisant viso sudėtingumo, analizė reikalinga ne tik siekiant bendro pažinimo, bet ir praktiniams tikslams.

Didžiausi sunkumai kyla tada, kai reikia sukurti informacines sistemas (IS), skirtas tinklinių verslo procesų valdymui. Tinkamas IS pritaikymas verslo tikslams yra būtina sąlyga sėkmingam verslo, o taip pat ir valstybės ekonomikos vystymui. Į verslo veiklą įjungus internetą ir informacines sistemas daugelis verslo organizacijų tapo tinklinėmis ir sėkmingai jų veiklai verslo modelius tenka derinti su informacinių-komunikacinių technologijų modeliais. Pastaruoju metu trumpėjantys produktų ir paslaugų gyvavimo ciklai verčia greičiau keisti ir verslo modelius. Tinklinėse organizacijose daugelis teikiamų paslaugų tampa e-paslaugomis, o jų teikimui taikomos informacinės-komunikacinės sistemos (IKS). IKS tenka labai greitai prisitaikyti prie kintančių verslo sąlygų, todėl jų konstravimo metodologija yra nuolat evoliucionuojanti ir keičiasi kartu su verslo sistemomis. Tačiau verslo modelių suderinimas su IS planavimo metodologijomis, tokiomis kaip UML (*Unified Modeling Language*) ar II (*Information Ingeneering*) (Hruby, 2006) nėra toks paprastas. Vienas iš naujesnių verslo modelių tinkančių tinklinėms organizacijoms ir turinčių galimybes derinti verslo procesus su IS planavimo metodologijomis yra e3-vertės kūrimo metodologija (Gordijn, Akkermans 2001). Ši tinklinės verslo veiklos modeliavimo ir konstravimo metodologija grindžiama ontologijomis ir bendrais tinklinių sistemų ir konceptualaus modeliavimo principais.

Šiuolaikiniuose duomenų modeliuose, pagrįstuose klasikine ANSI/SPARC schema (Jardine, 1976), išskiriami trys modeliavimo lygiai: konceptualus, loginis ir fizinis. Konstruojant konceptuales tinklinių verslo sistemų modelius tenka įvertinti šių sistemų ir verslo procesų specifines savybes.

## Tinklinių sistemų konceptualaus modelio konstravimo ypatumai

### Tinklinės sistemos

Eilę metų gamtos ir technologijų moksluose sėkmingai taikomi sistemų analizės metodai verslo srityje dažnai pasirodydavo besą neefektyvūs. Esmė ta, kad verslo sistemos, skirtingai nei tikslieji mokslai, ne tik funkcionuoja laike, bet ir turi galimybę priimti sprendimus, t.y. pasirinkti alternatyvius vystymosi kelius. Todėl socialiniuose moksluose verslo sistemų analizė papildoma kognityvinėmis idėjomis, kurios leidžia įvertinti sprendimo priėmimo problemas. Toks sistemų teorijos papildymas ne tik atskleidžia naujus šios teorijos aspektus, bet ir sukuria naujus požiūrius. Žvelgiant iš trečios kartos sistemų pozicijos, svarbiausiu kriterijumi H. Maturana ir F. Varela (Maturana, Varela, 1980) siūlo laikyti sistemos savikūrą. Sistema gali būti vadinama save kuriančia (auto-poiesis), jeigu ji tenkina penkias sąlygas:

1. Sistema pasižymi tinkline struktūra, t. y. elementai veikia vienas kitą (priežasties – pasekmės santykio prasme).
2. Tinklo elementų vaidmenį atlieka procesai.
3. Procesams būdinga fizinė prigimtis.
4. Procesai apsprendžia sistemos atsistatymą, t.y. šių procesų rezultatas yra nuolatinis atsinaujinimas ir galimi sistemos pokyčiai.
5. Tinklo ribas apibrėžia tinklo elementai, kurie yra tinkliniu ryšiu susieti su visais kitais sistemos elementais.

Kas sudaro socialinės ar verslo sistemos tinklą? Apie 1980 m. N. Luhmann padarė išvadą, kad socialinė sistema – tai komunikacijų kūrimas ir palaikymas. Socialinės save kuriančios sistemos elementai yra ne veiksmas ar asmenys, o komunikacijos (Luhmann, 1995). Tačiau vienos sistemos komunikacijos elementai negali būti tiesiogiai perkelti į kitą sistemą. Pavyzdžiui, mokslinės sistemos elementai negali būti tiesiogiai perkelti į verslo sistemą, verslo sistema negalės jų panaudoti. Daugeliu atveju mokslo rezultatus ar publikacijas gali suprasti ir aptarti tik mokslininkai. Norint juos pateikti praktikams, reikia pateikti tokiu pavidalu, kuris tiktų jų komunikavimo sistemai.

Verslo sistemos tinklas suvokiamas kaip tam tikros vietos ir laiko sąlygota heterogeniška erdvė su įsiliejančiomis hierarchinėmis struktūromis, kurias formuoja vietos bendruomenė, socialiniai, politiniai, technologiniai, ekologiniai ir kultūriniai veiksniai bei lokali aplinka.

Sistemų skirtumus galima apibrėžti sąvokomis *programa*, *kodas*, *pamatinė samprata*, *funkcija*. Kiekviena socialinė sistema vykdo specialią programą su aibe apribojimų, kurie apibrėžia galimą komunikavimo turinį. Pavyzdžiui, biudžeto subalansavimo ar infliacijos suvaldymo siekiai yra svarbios ekonominės sistemos programos, kadangi jos gali paaiškinti iki tol neaiškius fenomenus arba sukurti naują mokslinės sistemos metodą. Vi-

sas komunikavimas sistemos viduje vyksta remiantis specifiniu sistemos kodu. Tarkim, mokslinės sistemos kodas yra tiesa/melas, ekonominės sistemos mokus/nemokus (*payment/non-payment*). Šie kodai susiję su kiekvienos sistemos pamatinėmis sampratomis ar bendriausiomis sistemos komunikavimo temomis, tokiomis kaip ekonominės sistemos pinigų srautų ar mokslo sistemos tiesos problema. Simbolinių pamatinių sampratų pagalba sistema nustato ar „svetimas“ komunikacijos elementas gali būti prijungtas prie komunikavimo sistemos viduje. Jei prijungimas neturi prasmės, tai elementas nebus prijungtas prie sistemoje vykstančios komunikacijos. Paskutinė sistemos sąvoka yra funkcija. Kiekviena sistema atlieka specifinę funkciją kaip atsaką į visuomenėje kylančius iššūkius, tačiau aplinka įtakoja jų sprendimų priėmimą apibrėždama tikslų ribas.

### *Sistemų modeliai*

Šiuolaikiniame moksle vis plačiau pripažįstama, kad mokslo žinių prototipas yra ne empiriniai ar teoriniai dėsniai, bet modeliai kartu su išvardytomis realaus pasaulio sistemomis, kurioms šie modeliai gali būti taikomi. Modeliai, iš esmės, yra abstrakčios konstrukcijos, kuriomis mėginama pavaizduoti tik kai kurias realaus pasaulio savybes.

Modeliavimo procese galima išskirti du žingsnius:

1. Modelio sudarymą (konstravimą),
2. Modelio savybių tyrimą ir išvadų formulavimą.

Kiekviename iš šių žingsnių sprendžiami skirtingi uždaviniai ir taikomi skirtingi metodai. Į modelių įtraukiami tik esminiai elementai ir aspektai, o atmetama visa kita (be galinė dauguma). Ar aspektai esminiai ar neesminiai, nustatoma pagal tyrimo tikslus, kitaip sakant, kiekvienas modelis sudaromas tam tikram tikslui. Pradėdamas modeliuoti, tyrėjas apibrėžia tikslą, išskirdamas jį iš begalinės visų kitų tikslų aibės. Praktiškai, modeliavimo procesas pradėdamas nuo paprastesnių modelių ir, jeigu gautas tikslumas netenkina, judama link sudėtingesnių. Tačiau modelio tobulinimas susijęs su papildomomis išlaidomis. Kai pastebima, kad modelio tikslinimo išlaidos viršija gautą dėl modelio tikslumo efektą, modelio tobulinimas nutraukiamas.

Modelio tikslinimas pateikia visą eilę modelių: apytikslį, tikslų, dar tikslesnį ir t. t. Judant šia eilute gaunamas vis tobulesnis modelis. Modelių sudarymas ir tobulinimas reikalauja vis sudėtingesnių metodų ir technologijų.

Konceptualaus modeliavimo lygmens tikslas – ištirti koncepcijas ir aukšto lygio statines struktūras. Pavyzdžiui, tai gali būti įmonės ar organizacijos interesų sričių modelis, kurį sudaro atskiros sritys (koncepcijos) ir priežastiniai koncepcijų porų ryšiai. Loginis modelis pateikia informacijos struktūrą, apibrėžia koncepcijų tipus, jų atributus ir įvertina ryšius tarp koncepcijų. Fiziniame modelyje atsispindi duomenų savybės ir konstruojamos galimos taikymo schemas.

Kompleksinių sistemų modeliavimo procesas tampa korektiškesnis, aiškesnis ir lengviau pritaikomas, kai pradėdama nuo konceptualaus modelio, kuris naudoja žmonėms

lengvai suprantamas koncepcijas ir kalbą. Modeliavimo procesą tęsiant nuo konceptualaus iki fizinio lygmens su kiekvienu lygiu didėja struktūrizuotos informacijos kiekis. Būtent, dėl šios priežasties lengviau pradėti nuo konceptualaus duomenų modelio, kuriame apibrėžiamos koncepcijos ir duomenų tarpusavio ryšiai, o po to pereinama prie loginio duomenų modelio (nustatant modelio detales), ir, galiausiai, sukuriamas fizinis modelis jau tiksliai žinant, kaip sukurtas modelis bus įdiegtas.

### Ontologijos

Vis plačiau ir sėkmingiau taikant konceptualų modeliavimą, palaipsniui buvo padarytos išvados, kad kiekvienu konkrečiu atveju modelio sudarymo metodai turėtų būti papildyti kitais metodais, susiejančiais modeliavimo būdus su problemine sritimi. Klasikiniai konceptualaus modeliavimo metodai pirmiausia yra orientuoti į semantinę probleminės srities struktūros apibrėžimą, o patys semantiniai aspektai vertinami tik interpretuojant modelį.

Pagrindinė modeliavimo problema yra ta, kad sudarantys modelį tyrėjai skirtingai supranta ir aprašo probleminę sritį. Tai ypač būdinga socialiniams mokslams ir verslo modeliams. Dar daugiau, modeliuojant taikomi skirtingi modeliavimo būdai, skirtingi klasifikavimo metodai ir t.t. Dėl dviprasmiškumo, atskirų reiškinių ignoravimo ar pernelyg didelio sureikšminimo, sukonstruotus modelius dažnai sunku suderinti su griežtomis matematikos taisyklėmis ir panaudoti juos gaunant pagrįstas nagrinėjamos probleminės srities išvagas ir prognozes.

Mokslinėje literatūroje (Maskeliūnas, 2003; Conesa et al, 2003; Trinkūnas, Vasilecas, 2007) nagrinėjami ir pateikiami įvairūs metodai, skirti konceptualaus modelio konstravimo priemonių rinkinio praplėtimui. Vienu iš labiausiai pasiteisinusių metodų yra universalių metateorijų konstravimas, kurios užtikrina platų modeliavimo galimybių spektrą probleminės srities modelio sudarymo ir analizės etapais. Tam tikslui pastaruoju metu daugelis tyrėjų sudaro ir taiko ontologijas.

Žodis „ontologija“ kilęs iš graikiško žodžio „ontos“ (viskas) ir filosofijoje priskiriamas filosofinių žinių sričiai, aprašant bendrus būties pagrindus, principus, struktūrą ir dėsnius. Ontologijos siejamos su kategorine realaus pasaulio struktūra. Nuo pat Aristotelio laikų manoma, kad daiktai priklauso fundamentaliai skirtingoms ontologijų kategorijoms. Iki šiol nėra vienareikšmiškos nuomonės kas sudaro ontologijų struktūrą. Tipinė kategorijų struktūra yra hierarchinė (Lowe, 1995).

Dalykine prasme ontologija dažnai suprantama, kaip specializuota žinių bazė arba kaip formali konceptualaus modelio specififikacija (Studer, 1998):

$$O = \langle Con, Rel, Rules \rangle, \quad (1)$$

čia:  $O$  – ontologijos sistema,  $Con$  – nagrinėjamos srities koncepcijų aibė,  $Rel$  – ryšių (arba procesų) tarp koncepcijų aibė,  $Rules$  – aksiomų (arba būsenu) rinkinys (dėsniai ir taisyklės, kurie aprašo koncepcijų egzistavimo dėsnius ir principus).

Praktinį ontologijų taikymą apsunkina jų apibrėžimo nevienareikšmiškumas. Literatūroje pateikiama įvairių ontologijos apibrėžimų, kai kurie jų, dėl skirtingų požiūrių, netgi prieštarauja vienas kitam (Gruber, 1995). Ontologijų taikymą konkrečiai sričiai riboja tai, kad taikant dažnai nelieka jų semantinio apibrėžtumo, atsiranda dideli prasminiai ir kokybiniai nuostoliai.

Žvelgiant konceptualaus modelio sudarymo aspektu, ontologiją galima suprasti kaip semantikos priemonių klasių formalizuoto aprašymo, tikslinimo ir semantinių klasių su užduotomis savybėmis konstravimo būdą. Toks formalizuotas aprašymas grindžiamas ontologijos loginiu neprieštaringumu, pilnumu ir t. t. Taip ontologija suprantama kaip metalygio formalizavimo būdų apibendrinimo priemonė. Egzistuoja keli ontologijų lygiai (tipai):

1. Bendras lygis – metaontologija  $O^{meta}$ . Šio lygio ontologijoms būdingos bendros sąvokos, kurios naudojamos kitų lygių ontologijoms kurti.
2. Dalykinės ontologijos  $O^{domain}$ , kurių pagalba formaliai aprašoma dalykinės sritys, tikslinamos bendros sąvokos.
3. Taikomosios ontologijos  $O^{appl}$ , skirtos konkrečios problemos ar uždavinio konceptualaus modelio konstravimui.

Formaliai šią ontologijų sistemą galima išreikšti pavidalu:  $S = \langle O^{meta}, O^{domain}, O^{appl} \rangle$ .

Kadangi ontologijos iš esmės siejamos su kategorinėmis struktūromis, jų sudarymui bene tinkamiausias matematinis būdas – kategorijų teorija. Kategorijų teorijos rėmuose ontologijų formalizacijai galima pritaikyti grafų teorijos metodus.

Pagal grafų teoriją kiekvieną grafą  $G=(N,E)$  sudaro aibė mazgų  $N=\{1, \dots, m\}$ , sujungtų kraštinėmis  $E$ . Kelią nuo mazgo  $z_i$  į mazgą  $z_k$  apibrėžia atskirų kraštinių seka  $\{(z_1, z_2), (z_2, z_3), \dots, (z_{m-1}, z_m)\}$ . Medį galima apibrėžti kaip netiesioginį grafą, kur kiekviena mazgų pora sujungta tiksliai viena kraštine.

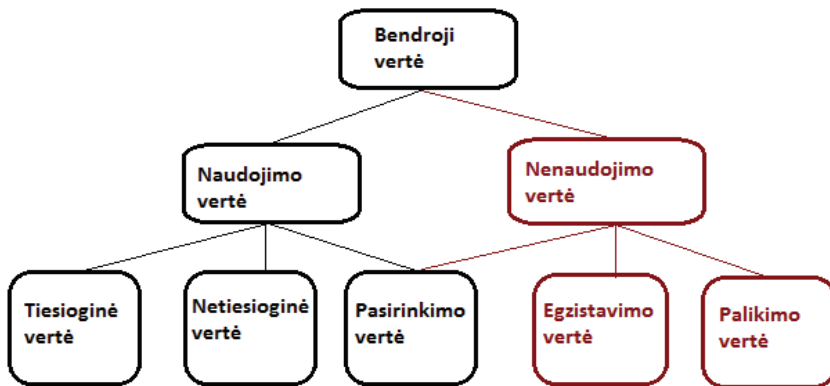
Konceptualaus modelio kūrimui ontologijų sistema naudojama kaip modelio sudarymo bazė. Konceptijų ryšiai yra ne mažiau svarbūs nei pačios koncepcijos. Ryšių nustatymas ir pobūdžio įvertinimas yra sunkiausias konceptualaus modelio kūrimo etapas.

Sukurtą modelį galima pritaikyti procesų prognozavimui ar tendencijų nustatymui. Prognozuojant tikimybiškai įvertinamas tam tikrų įvykių, kurie sukelia problemas arba nuostolius, pasirodymas. Įvykių pasirodymas reiškia, kad įvykių aibės  $A$  elementai  $a_i, a_j$  įgijo konkrečias reikšmes ir realizavosi juos siejantis ryšys  $R: a_i R a_j$ . Kartu gali realizuotos ir netiesioginiai ryšiai. Prognozė ir galimų problemų atskleidimas leidžia sukurti ir valdymo mechanizmą. Šio uždavinio sprendimui sudaromas prognozavimo modelis su papildomais elementais, įvertinantis įvykius nulėmusias sąlygas. Toks modelis lyginamas su žinomais tokio tipo ir struktūros modeliais.

## Verslo sistemų modeliai

### Vertės tipologija ir suinteresuotos šalys

Verslo procesų tikslas visada susijęs su kuriama verte. Diskusijos dėl vertės koncepcijos principinių etinių ir filosofinių aspektų vyksta jau nuo antikos laikų. Šiose diskusijose buvo atskleidžiami normatyviniai principai, skirti žmonių elgsenos vertinimui. Ekonomikos bei vadybos teorijose vertės koncepcija įgijo kitokią prasmę nei filosofijoje ar etikoje. Čia ji siejama su daiktų verte. Daugeliu atveju vertės koncepcijai priskiriama pagrindinė vieta organizacijos veikloje (Neap and Celik, 1999; Haksever et al., 2004; Brytting and Trollestad, 2000). Vertės koncepcijos sąvoka, jos dedamųjų dalių ir reikšmės samprata kito priklausomai nuo laikmečio ir vyraujančių ekonominių paradigmu. Vertė buvo išskaidyta į „vartojimo vertę“ ir „mainų vertę“, kurios, kaip pabrėžė Adam Smith, dažnai nesutampa. Kitokią vertės apibrėžimą pateikė žinomas ekonomistas Alfred Marshall, kuris vertę apibrėžė kaip ribinių kaštų ir ribinės naudos kainų pusiausvyrą. Vadybos moksle vertė varijuoja nuo paprasčiausios kainos iki sudėtingai sukonstruotų apibrėžimų, tačiau vertės ir kainų skirtumai juose išlieka. Taigi, ekonominė vertė gali būti išmatuota pinigų kiekiu, kurį individas sutinka mokėti už prekę ar paslaugą arba sutinka priimti kaip kompensaciją už prekės ar paslaugos atidavimą. Rinka sugeba atskleisti tik vieną bendrosios ekonominės vertės komponentą – tiesioginę vertę (1 pav.). Tiesioginės naudos komponentas linkęs dominuoti kitų verčių atžvilgiu.



1 pav. Vertės komponentai.

Kaip matyti iš 1 pav., bendrąją vertę sudaro dvi dalys: naudojimo ir nenaudojimo vertė. Naudojimo vertė skirstoma į tiesioginio ir netiesioginio naudojimo vertes. Netiesioginio naudojimo vertė siejama su specialiomis funkcijomis. Pavyzdžiui, miškai tiekia ne tik mediena, bet ir sugeria anglis dvideginį, sudaro sąlygas bioįvairovės išsaugojimui.



Pasirinkimo vertė siejama su galimybe naudotis ateityje. Pasirinkimo vertė siejasi ir su naudojimo, ir su nenaudojimo verte. Nenaudojimo vertę sudaro egzistavimo ir palikimo vertės. Egzistavimo vertę sudaro žinojimas, kad tokia prekė ar paslauga yra. Palikimo vertė gaunama atsisakius naudotis dabar, ar suvokus, kad vietovė yra apsaugota (existence value) ir ja galės naudotis ateities kartos (bequest value).

Kita koncepcija, kuri išpopuliarėjo pastarųjų dešimtmečių vadybos teorijose yra, taip vadinamoji, „suinteresuotųjų šalių“ (toliau bus trumpinama SH) (stakeholders) koncepcija, kurią 1984 m. pasiūlė Freeman: „A stakeholder in an organization is any group or individual who can affect or is affected by the achievement of the organization’s objectives“ (Freeman, 1984). Ši koncepcija nėra vienareikšmiška ir dėl jos iki šiol vyksta diskusijos. SH teorija į organizaciją (sistemą) žvelgia kaip į sudėtingą sistemą, dažniausiai išskirdama aprašomuosius, instrumentinius ir normatyvinius aspektus. Aprašomieji aspektai pabrėžia atskirų SH grupių interesus. Instrumentiniai aspektai išryškėja tiriant SH ryšius ir jų derinimą, o normatyviniai pasireiškia įstatymiškai apibrėžtais SH interesais (Donaldson and Preston, 1995). Tokiu būdu, SH teorija padeda ne tik apibrėžti organizacijos tikslus, bet ir derinti SH grupinius interesus (Evan and Freeman, 2005).

SH teorija išskiria penkias SH grupes: savininkus (akcininkus), darbuotojus, vartotojus, tiekėjus, visuomenę plačiąja prasme. Visos šios grupės svarbios organizacijos išlikimui ir veiklai. Viena iš vadybos problemų – nutarti, kokie svoriai turėtų būti suteikti kiekvienos grupės interesams ir kurios nors grupės interesai yra prioritetiniai.

### 3.2 E3- vertės modelis

Vertės ir suinteresuotų šalių koncepcijos atspindi pastaruosiu metu populiarėjančiame e3-vertės modeliavimo metode (Gordijn, Akkermans, 2001). Nors yra sukurta daug verslo modelių, daugelis jų skirti verslo procesų vertinimui (Petri tinklai, aktyvaus ciklo diagramos ir kt.). Tuo tarpu vertės modeliai ir procesų modeliai turi esminių skirtumų: verslo modeliai apibūdina vertės perspektyvas, o verslo procesų modeliai – procesų perspektyvas.

Pagal e3-vertės metodologiją pirmiausia identifikuojamas ir analizuojamas daugiamačis tinklas, kuriame vertė kuriama, ja keičiamasi ir vartojama. Pagrindinis šios metodologijos dėmesys skiriamas tinklinių verslo sistemų ekonominės vertės kūrimo, keitimosi ir vartojimo nustatymui. Sukurti modeliai vizualizuojami ir atliekama finansinė jų jautrumo analizė. Vizualizacijos metodais yra parodoma sukurtos vertės perspektyva, kas ją kuria ir kas su kuo keičiasi (Gordijn, Akkermans, 2001). E3 metodologija remiasi prielaida, kad kiekvienas aktorius (koncepcija) siūlo kažkurio tipo ekonominę vertę – pinigus, prekes, paslaugas, pajėgumus ir kažką gauną grąžos. E3-vertės metodologija buvo pritaikyta eilėje tinklinių verslo sričių, tokių kaip bankininkystė, telekomunikacijos, žiniaklaida.

E3-vertės ontologiją apibrėžia eilė koncepcijų. Šios koncepcijos pateikiamos kaip verslo aktoriai, kuriuos sudaro verslo vienetai, atsakingi už verslo pelningumą ar nuostolius. Rinkos segmentą sudaro grupė aktorių, turinčių tuos pačius poreikius. Aktoriai ir rinkos segmentai gali keistis vertės objektais (pavyzdžiui, pinigais). Pasikeitimas realizuojamas

per verslo uostus (*ports*). Vertės sąsajas sudaro įeinantys ir išeinantys uostai, kurie priklauso tam pačiam aktoriui ar rinkos segmentui. Pasikeitimas verte vyksta sujungiant du uostus. Vertės veikla (vertę kurianti veikla) grafiškai vaizduojama kaip tam tikrų geometrinų figūrų rinkinys. Scenarijaus kelias prasideda nuo startinio stimulo, kuris, paprastai, atspindi kokį nors poreikį. Scenarijaus įvykdymui aprašyti taikomi AND ir OR loginės funkcijos. Sudėtingesnių, daugelio žingsnių scenarijų sudarymui buvo sukurti vartojimo planai (UCM) (Buhr, 1998). Šiems planams realizuoti reikalingos pagalbinės koncepcijos. Šiuo atveju scenarijaus kelias nurodo kuriomis vertės sąsajomis yra keičiamasi objektais. Kiekvienas scenarijaus kelias yra dalinamas į vieną ar kelis segmentus.

E3-vertės metodologija padeda atsiriboti nuo smulkių proceso detalių ir sukonzentruoti dėmesį į scenarijų įgyvendinimą, todėl gerai tinka verslo struktūros analizei. Tačiau ši metodologija netinka, kai reikia analizuoti rinką ar ieškoti problemų sprendimo būdų. Šių apribojimų išvengimui e3-vertės metodologija gali būti jungiama su kitomis metodologijomis, pavyzdžiui, tikslo siekimo metodologija, Porterio aplinkos jėgų ontologija ir kt.

### *Vertės metodologijos taikymas: Lietuvos atsinaujinančių elektros išteklių rinkos konceptualus verslo scenarijų modelis*

Kaip jau buvo minėta, e3-vertės metodologija gali būti pritaikyta daugelyje verslo sričių. Viena iš svarbių sričių – elektros energijos gamyba, tiekimas ir vartojimas. Dėl elektros energetikos sektoriaus inovacijų, nuolatinės plėtros ir tinklinės prigimties jam gali būti taikoma e-3 vertės modeliavimo metodika. Literatūroje pateikiamas e3-vertės modelio Ispanijos elektros rinkai fragmentas (Kartseva et al, 2005).

Metodologiniu požiūriu elektros rinkos analizė pradedama nuo praktinės ontologijos sudarymo. Lietuvos elektros energijos ontologija apimtų keletą pagrindinių koncepcijų:

- gamintojai: šiluminės (Lietuvos, Mažeikių, Vilniaus, Kauno, Klaipėdos, Panevėžio, įmonių), hidroakumuliacinė, hidroelektrinės, biokuro elektrinės, vėjo jėgainės ir jų rodikliai;
- elektros birža;
- vartotojai: gyventojai, pramonė, transportas, žemės ūkis, prekyba ir kt.;
- perdavimo operatorius (AB LitGrid);
- paskirstymo operatoriai (AB „VST“ ir AB Rytų skirstomieji tinklai);
- importuotojai;
- eksportuotojai;
- kainos struktūra.

Galutinės vartotojo kainos struktūroje galima išskirti tokias dedamąsias kainos dalis: gamybos, perdavimo paslaugos, skirstymo paslaugos, tiekimo paslaugos, vartojimo mokesčių dalį.

Atsinaujinančių elektros išteklių (vėjo energijos, hidroenergijos, saulės energijos, biudujų ir komunalinių atliekų energijos) atveju gamintojai naudoja subsidijuojamas technologijas.

Elektros išteklių rinką galima nagrinėti iš skirtingų pusių. Žvelgiant mikroekonomikos teorijos aspektu vertinama tam tikrų veiksmų (koncepcijų) įtaka vieno gyventojų energijos suvartojimui ( $Q/N$ ). Šis funkcinis modelis užrašomas lygtimi (Griffin, Craig, 2005):

$$Q / N_i = f(I/N_i, \gamma(L)P_i, Z_i), \quad (2)$$

čia:  $I/N$  – realios pajamos vienam gyventojui (per capita),  $\gamma(L)P$  – ankstesnio laikotarpio energijos kainos,  $Z$  – techninio efektyvumo indeksas.

Energijos kainų aspektu, literatūroje nagrinėjami įvairūs kainų komponavimo variantai. Pavyzdžiui, Gately (Gately, 1993) pasiūlė bet kokias kainų eilutes suskaidyti trimis komponentais:  $P_{\max}$ ,  $P_{rec}$ ,  $P_{cut}$ . Kadangi Gately apibrėžiamos kainos matuojamos logaritmine skale, tai šių komponentų suma kartu su pradine kaina  $P_1$  sudaro bendrą kainą, išmatuotą logaritminėje skalėje:

$$P = P_{\max} + P_{rec} + P_{cut} + P_1, \quad (3)$$

čia:  $P_{\max}$  – maksimali kaina,  $P_{rec}$  – atstatymo kaina,  $P_{cut}$  – kainos sumažėjimas,  $P_1$  – pradinė kaina.

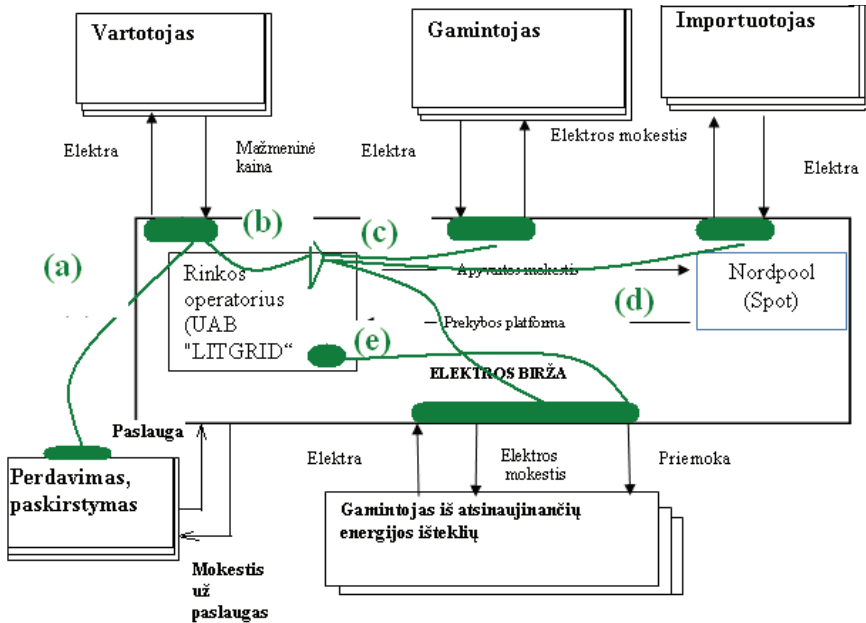
Pagal ši dekompozicijos algoritmą galimi du kainų didėjimo būdai: didinant maksimalią kainą arba mažinant atstatymo kainą. Jei kainų didėjimas nepasiekia naujos maksimalios kainos, tai vertinama kaip kainos atsistatymas. Kainos sumažėjimą  $P_{cut}$  sudaro visų ankstesnių kainų sumažėjimų suma.

Tačiau abu pateikti modeliai (2 ir 3) neleidžia įvertinti nei energijos suvartojimo, nei kainų formavimo mechanizmų. Juose neatsiskleidžia suinteresuotosios šalys (įmonės ir asmenys), kurias, nagrinėjamu elektros rinkos atveju, sudaro gamintojai, perdavimo ir paskirstymo sistemų operatoriai ir vyriausybė, kuri subsidijuoja gamybą.

E3 metodologijos principais pagrįsta Lietuvos elektros rinkos konceptualaus modelio schema pateikta 2 pav.

Raidėmis a, b, c, d, e pažymėti galimi scenarijai. Scenarijus prasideda tada, kai galutinis vartotojas nutaria įsigyti elektros energijos. Elektros birža elektros energiją įsigyja ir parduoda, organizuoja paskirstymą galutiniam vartotojui ir gauna už tai elektros mokestį. Scenarijų keliai išsiskirsto į sub-kelius. Energija gali būti įsigyjama iš paprasto gamintojo (neatsinaujinančių šaltinių, termofikacinių arba AB Lietuvos elektrinės – c kelias) arba iš atsinaujinančius šaltinius naudojančio gamintojo – e kelias ir t. t. Dėl ribotos straipsnio apimties šie scenarijai detaliam neanalizuojami, apie juos plačiau galima paskaityti e3-vertės metodologinėje literatūroje, pavyzdžiui (Gordijn, Akkermans, 2007 Kartseva et al, 2005).

Konceptualaus modelio, sukurto pagal e3 vertės metodologiją, privalumas tas, kad šis konceptualus vertės modelis leidžia ne tik atskleisti rinkos veikėjus (aktorių), bet ir vizualiai parodyti kainų formavimo mechanizmą, kuris gali būti pritaikytas prognozei ir



2 pav. Lietuvos elektros energijos rinkos konceptualaus modelio fragmentas su scenarijų linijomis

įžvalgoms. Tačiau, kaip ir daugelis modelių, jis nėra išsamus ir visapimantis. Modelio trūkumas tas, kad jis parodo tik tiesiogiai kuriamą vertę ir tik tam tikroms suinteresuotoms šalims. Kadangi energetika susijusi su iškastinio kuro naudojimu, pasižymi didele tarša ir neigiamu poveikiu aplinkai, netiesioginė vertė turi didelę svarbą. Be to, tai, kas pelninga vienai visuomenės grupei gali būti nuostolinga visos visuomenės atžvilgiu.

### Informacinio sistemos modelio konstravimas

Detalus konceptualaus modelis labai palengvina informacinės sistemos kūrimo darbus. Šio modelio kūrimas pradedamas nuo aktorių (konceptijų) diagramos, t. y. iš veiklos diagramos pašalinant sąsajas ir vertės pasikeitimus. Žvelgiant formaliai, šiame etape realizuojama dalykinės srities ontologija.

Kaip parodė atlikti empiriniai tyrimai (Berman, Haggan, 2006) planavimas turi tiesioginį poveikį bendram verslo ir IT žinių vystymui, o taip pat verslo strategijų suderinamumui. IS planavimo procesas pradedamas nuo vertės modelio paradigmos, o tai vėliau padeda koordinuoti persipinančius procesus ir juos palaikyti. Pagal vertės modelio kūrimo ideologiją išskiriami trys aspektai: vertės aspektas, procesų aspektas ir IS aspektas. Visi šie aspektai aprašo vieną ir tą pačią sociotechnologinę sistemą ir papildo vienas kitą. Šiuos aspektus sieja procesiniai ryšiai, t. y. kai IS sistema pradeda

vykdyti procesus (procesų aspektas), šie, savo ruožtu, įjungia vertės grandines (vertės aspektas). Tačiau šio tipo požiūris pavojingas tuo, kad IS specifikacija gali atspindėti vienos veikiančių asmenų grupės požiūrį. Kaip rodo literatūros šaltiniai (pvz., Zlatev, Vombacher 2005) kol kas nėra sukurtos IS planavimo metodologijos, kurios pagrinda sudarytų tinklinis vertės modelis, tačiau dabartinės metodologijos gali įvertinti atskirus jo aspektus. IS planavimo metodologijoje išskirtini šie žingsniai:

1. Apibrėžiama tinklą sudarančių organizacijų aibė (tinklinis verslo modelis),
2. Įvertinamos kuriamos vertės charakteristikos (vertės modelis),
3. Sudaromas tinklinis organizacijų aibės vertės modelis,
4. Įvertinami teisinės sistemos keliami reikalavimai,
5. Apibrėžiamas tinklo elementų koordinavimas ir sprendimo paramos sistema.

## Išvados

Informacinių sistemų plėtra, trumpėjančios produktų ir paslaugų gyvavimo ciklai, keičia ne tik verslo aplinką, bet verčia keisti ir verslo modelius. Šių modelių kūrimas grindžiamas konceptualaus modeliavimo principais, ontologijomis ir tinklinių sistemų metodologijomis. Tinklinėse organizacijose daugelis teikiamų paslaugų tampa e-paslaugomis, o jų teikimui taikomos informacinės-komunikacinės sistemos (IKS). Todėl IS konstravimo metodologija yra nuolat evoliucionuojanti ir keičiasi kartu su verslo sistemomis. Kylančios IS ir tinklinių verslo sistemų planavimo ir tarpusavio derinimo problemos sprendžiamos kuriant bendrą sociotechnologinę sistemą, kurioje derinami vertės, procesų ir IS aspektai.

## LITERATŪRA

- BERMAN, Saul J.; HAGGAN, Jeff (2006). How technology-driven business strategy can spur innovation and growth. *Journal of Strategy and Leadership*, 2006, 34(2), p. 28-34.
- BRYTTING, Tomas ; TROLLESTAD, Claes (2000). Managerial Thinking on Value-Based Management, *International Journal of Value-Based Management*, 2000, Vol. 13 No. 1, pp. 55-77.
- BUHR, Raymond J. A. (1998). Use Case Maps as Architectural Entities for Complex Systems. *IEEE Trans. Softw. Eng.*, 1998, 24(12).
- BURINSKIENĖ, Marija; RUDZKIENĖ, Vitalija (2010). Methodology for strategic vision reconstruction of the e-government model // *The 6th International Scientific Conference "Business and Management" 2010 : selected papers*. May 13-14, 2010, 2010, Vol. II. Vilnius : Technika, p. 796-801.
- CONESA Jordi, Xavier de PALOL, OLIVÉ (2003). Antoni. Building Conceptual Schemas by Refining General Ontologies. *14th International Conference on Database and Expert Systems Applications - DEXA '03*. 2003, LNCS 2736, p. 693-702.
- DONALDSON, Thomas; PRESTON, Lee E. (1995). The stakeholder theory of the modern corporation: Concepts, evidence and implications. *Academy of Management Review* 1995, 20, p. 65-91
- EVAN, William M., and R. Edward FREEMAN. (2005). A Stakeholder Theory of the Modern Corporation: Kantian Capitalism. *In Contemporary Issues in Business Ethics*. 5th ed. Edited by Joseph R. DesJarl-

- dins and John J. McCall. Belmont, CA: Wadsworth, 2005, p. 76-84. ISBN: 9780534584641.
- FREEMAN, R. Edward (1984). Strategic Management: A stakeholder approach. Boston: Pitman, 1984. 276 p. ISBN 0273019139.
- GATELY, Dermot. (1993). The imperfect Price-Reversibility of World Oil Demand. *The Energy Journal*, 1993, 14(4), p. 163-182.
- GORDIJN, Jaap., AKKERMANS, Hans. (2001). E3-value: Design and evaluation of e-business models. *IEEE Intelligent Systems*, 2001, 16 (4), p. 11-17.
- GORDIJN Jaap and AKKERMANS Hans. (2007). Business Models for Distributed Energy Resources In a Liberalized Market Environment. *The Electric Power Systems Research Journal*, 2007, Vol. 77(9), p.1178-1188.
- GRIFFIN, James M.; CRAIG T. Shulman. (2005). Price Asymmetry in Energy Demand Models. A Proxy for Energy-Saving Technical change? *The Energy Journal*, 2005, 26(2), p.1-21
- GRUBER Thomas (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *International Journal of Human-Computer Studies*, November, 1995, Vol. 43, Issues 4-5, p. 907-928.
- HAKSEVER Cengiz, CHAGANTI Radha and COOK Ronald. (2004). A Model of Value Creation: Strategic View. *Journal of Business Ethics*, 2004, Volume 49, Number 3, p. 295-307
- HRUBY, Pavel (2006). Model-Driven Design Using Business Patterns. Springer, 2006. 368 p. ISBN 978-3-540-30154-7.
- JARDINE A. Donald (Ed.). (1976). The ANSI/SPARC DBMS model : proceedings of the second SHARE. *Working Conference on Data Base Management Systems*, Montreal, Canada, 1976, April 26-30, 225 p., ISBN 0720407192.
- KARTSEVA Vera, GORDIJN Jaap and TAN Yao-Hua (2005). Towards a Modelling Tool for Designing Control Mechanisms in Network Organisations. *International Journal of Electronic Commerce*, 2005, Vol. 10(2), p. 57-84.
- LOWE, Jonathan. (1995). Ontology. In *The Oxford Companion to Philosophy*, ed. Ted Honderich, Oxford & New York: Oxford University Press, 1995, p. 634-635.
- LUHMANN, Niklas. *Social Systems* (1995). (Translated by John Bednarz, Jr. with Dirk Baecker). Stanford University Press, 1995. 684 p. ISBN: 9780804726252
- MASKELIŪNAS, Saulius (2003). Ontologijų naudojimas interneto technologijomis grindžiamoms paslaugoms intelektualizuoti. *Informacijos mokslai*. Vilnius: Vilniaus universitetas, 2003, 26, p. 154-159.
- MATURANA, Humberto R.; VARELA Francisco J. (1980). *Autopoiesis and Cognition: The realization of The Living*. Publisher: Reidel, 1980, p.141. ISBN 90-277-1016-3.
- NEAP Halil Shevket, CELIK, Tahir (1999). Value of a Product: A Definition. *International Journal of Value-Based Management*, 1999, Volume 12, Number 2, p. 181-191.
- SCHETTKAT, Ronald; YOCARINI, Laura (2006). The shift to Services Employment: A Review of the Literature. *Structural Change in Economic Dynamics*, 2006, 17(2), p. 127-147.
- STUDER Rudi., BENJAMINS Richard; FENSEL Dieter (1998). Knowledge Engineering: Principles and methods. *Data and knowledge engineering*. 1998, 25, p.161-197.
- TRINKŪNAS, Justas; VASILECAS Olegas (2007). Ontologijos vaizdavimui ir koncepciniam modeliavimui skirtų kalbų analizė (Analysis of Ontology and Conceptual Modeling Languages). *Informacinės technologijos 2007*, Kaunas: Technologija, 2007, p.217-221.
- ZLATEV Zlatko; VOMBACHER Andreas (2005). Consistency between e3-value Models and Activity Diagrams in a Multi-Perspective Development Method. *International Conference on Cooperative Information Systems*, 2005, 31 Oct-4 Nov, Agia Napa, Cyprus.

## **FUNDAMENTALS AND CHALLENGES IN COORDINATION OF NETWORKED BUSINESS AND INFORMATION SYSTEMS MODELLING**

**Vitalija Rudzkienė, Adomas Kanopka**

### Summary

Availability and speed of information delivered nowadays by internet, outspreads of user-friendly information systems induce business networks to grow. Implementing technological solutions such as internet-based interconnections business networks have much more advantages than independent organizations and, at the same time, have some problems in combining business models with information systems architecture.

The paper discusses the fundamentals of methodology for assessment of business networks. The methodology is based on principles of conceptual modelling, ontology creation and networking systems. Methodological point of view is applied for considering value-based business systems with main focus on how economic value is created, exchanged and consummated within of a network. Conceptual model of Lithuania's electricity market illustrates e3-value methodology. On the basis of this analysis requirements for adaptation information systems planning methodology for business networks ideas are considered for the purpose of enable alignment between a business models and information systems architecture.

# Informacinių sistemų kainos ir naudos analizės interpoliacinių funkcijų parinkimo klausimu

## Algis Saulis

Vilniaus Gedimino technikos universiteto  
Informacinių sistemų katedros docentas, daktaras  
Vilnius Gediminas Technical University,  
Department of Information Systems, Assoc. Prof., Doctor  
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40  
Tel. +370 5 2370622  
El. paštas: asaulis@vgtu.lt

*Straipsnyje nagrinėjamos informacinių sistemų ekonominio modelio, aprašančio sąnaudų, naudos ir pelno priklausomybes nuo apibendrinto sistemos kokybės parametro, savybės naudojant įvairias interpoliacines funkcijas. Ištirtos skaičiuotų rezultatų priklausomybės nuo interpoliacinių funkcijų geometrinių charakteristikų, nustatyti tiriamų funkcijų panaudojimo apribojimai ir pateiktos rekomendacijos jų pasirinkimui. Pasiūlytas metodas apatinėms sistemos skaičiuojamų charakteristikų riboms rasti. Apibrėžtos sistemos, kuriai taikomas aprašomas modelis, leistinos realių parametru išsibarstymo ribos. Modelis gali būti naudojamas racionalių investicijų nustatymui modernizuojant ar plečiant organizacijų informacines sistemas.*

## Įvadas

Projektuojant, įsigyjant ar modernizuojant informacines sistemas (IS), neišvengiamai susiduriama su sistemos ekonominiu įvertinimu. Ekonominis įvertinimas dažnai lemia, kokia tai bus sistema ir, ar ji iš viso bus. Tai atsispindi įvairių autorių (Willcocks, 1996; Irani, 2002; Stewart et al., 2007) darbuose.

Įvairios IS labai skiriasi savo dydžiu, atliekamomis funkcijomis, techniniais parametrais. Skiriasi ir sistemų vertinimo metodai bei tų metodų praktinio panaudojimo galimybės. Jau prieš ketvirtą amžiaus buvo žinoma virš 50 IS vertinimo metodų (Renkema ir Berghout, 1996), o šiuo metu jų priskaitoma dar daugiau (Wehrs, 1999; Lewis, 2007). Kiekvienas vertinimo metodas remiasi tam tikromis prielaidomis, akcentuoja skirtingus vertės aspektus, turi savo apribojimus, susijusius su sistemos techniniais ir ekonominiais reikalavimais (Ben-Menachem ir Gaviouis, 2008; Silvius, 2008;). McAuly, Doherty, Keval (2002) pastebėjo, kad tą pačią sistemą įvairūs vertintojai gali traktuoti nevienodai, subjektyviai pasirinkdami vertinimo kriterijus.

Kainos ir naudos analizė yra svarbi sistemos ekonominio vertinimo dalis. Ši analizė parodo, kaip įvertintos kainos ir kokia tikėtina projekto nauda jo gyvavimo ciklo metu.



Kainos ir naudos analizė pagrindžia sistemos finansavimą. Analizė atveria galimybes sistemos optimizavimui, t. y. kainos sumažinimui arba gavimui geresnės sistemos už tą pačią kainą (Dewaraj ir Kohli, 2002).

IS greitai sensta, todėl yra pastoviai modernizuojamos. Tačiau modernizacijos laipsnis gali būti labai įvairus. Žymia dalimi tai priklauso nuo organizacijos finansinių galimybių. Peffers ir Saarinen (2002) pastebėjo, kad ne visada didesnės investicijos duoda didesnę naudą. Tos pačios investicijos vienoje organizacijoje gali duoti teigiamą rezultatą, o kitoje neigiamą. Galutinis rezultatas priklauso nuo to, kaip investicijos yra panaudojamos.

Kainos ir naudos palyginimui būtina abu dydžius išreikšti tais pačiais vienetais. Kai na paprastai nustatoma piniginiiais vienetais. Galima tiksliai įvertinti kainas, mokamas šiandien. Sunkiau yra pasakyti, kokios sąnaudos bus ateityje. Dar sunkiau yra tiksliai apskaičiuoti naudą. Nauda bus gaunama ateityje, ir ta nauda yra ne tik finansinė. Reikia įvertinti darbo sąlygų pagerėjimą, aukštesnę apdorotos informacijos kokybę, organizacijos įvaizdžio pagerėjimą ir kitus nematerialinius privalumus. Ne visada tai pavyksta išreikšti piniginiiais vienetais. Darbe aprašomas modelis galės būti taikomas tada, kai griežtai neapibrėžiami naudos komponentai nėra esminiai. Ši sąlyga paprastai tenkinama IS modernizacijos atveju, kai plečiamos sistemos funkcijos, įsigyjama nauja techninė ir programinė įranga, gerinami esamos IS techniniai parametrai.

Matematinio modeliavimo metu IS kaina ir jos nauda paprastai laikomos tiesiškai priklausančiomis nuo atskirų sistemos charakteristikų. Tai dažnai tenkina projektuotojus, ypač neturint pakankamai tikslių duomenų analizei (Benyon-Davies et al., 2004). Tiksliesni skaičiavimai rodo, kad remtis tik tiesinėmis priklausomybėmis galima toli gražu ne visada. Netiesinė analizė atveria platesnes galimybes. Netiesinis matematinis IS modelis leistų nustatyti sistemos parametru dydžius, užtikrinančius ekonomiškai efektyviausios sistemos gavimą (pvz., nešančios didžiausią pelną).

Darbe nagrinėjamas IS išplėtimo (modernizacijos) atvejis. Investicijos efektyvumas vertinamas gauto papildomo pelno terminais.

$$P = N - K,$$

kur  $P$  – pelnas,  $N$  – sukurta nauda,  $K$  – sąnaudos.

Visi dydžiai čia gali būti išreikšti piniginiiais vienetais. Kelių sistemos variantų palyginimui reikia turėti funkcijas  $N(x)$ ,  $K(x)$ , kur  $x$  – sistemos kokybės parametras. Sistemos kokybės parametru laikysime svarbiausią sistemos parametru, jeigu tokį galima išskirti konkrečios analizės atveju, arba tam tikrą išvestinį apibendrintą parametru. Tokių parametru sudarymas yra nagrinėtas Vasileco *et al.* (2006, 2007), Sanga ir Venter (2009) darbuose, kur sistemos kokybės parametras aprašomas kaip tiesinė įvairių grupių parametru kombinacija su normalizuotais svoriais. Ieškosime

$$P(x) \rightarrow \max,$$

esant tam tikriems  $x$  apribojimams (technologiniams, organizaciniais, finansiniams). Šio uždavinio sprendimui tiktų apibendrintas modelis, susiejantis sistemos technines ir ekonomines charakteristikas. Toks modelis bendru atveju nėra žinomas. Ankstesniame autoriaus

darbe (Saulis, 2009) buvo pasiūlyta naudoti ir sąnaudų funkcijas modeliuoti antros eilės polinomais. Metodo privalumas yra tas, kad interpoliacinių funkcijų nustatymui užtenka turėti sistemos charakteristikų reikšmes tik prie dviejų skirtingų kokybės parametro reikšmių, o visi ieškomi dydžiai randami analitiškai. Tačiau interpoliacinių polinomų panaudojimas nors ir nesudėtingas, bet galimas ne visais atvejais. Šiame darbe aptariamas platesnis interpoliacinių funkcijų ratas ir nustatomos tinkamiausios funkcijos įvairiems analizės atvejams. Tyrimui naudotas teorinis analitinis metodas ir skaitinis eksperimentas.

### Interpoliacinės funkcijos

Fizinė modeliuojamų dydžių prigimtis apsprendžia kai kuriuos reikalavimus modeliuojamoms funkcijoms. Jos turi eiti per koordinatų sistemos pradžią, būti tolydinės ir nemažėjančios prie teigiamų argumento reikšmių bei tenkinti šiuos reikalavimus:

$$\begin{aligned} F(0) &= 0, \\ F(x) > 0, F'(x) &\geq 0, \text{ kai } x > 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Reikalavimai (1) yra keliami tik ribotoje nagrinėjamoje srityje. Nauda ir sąnaudos gali būti modeliuojamos skirtingų tipų funkcijomis.

Interpoliacinėmis funkcijomis naudosisime elementarias monotones nagrinėjamoje srityje funkcijas, einančias per koordinatų sistemos pradžią ir nusakomas dviem parametrais. Parametrų nustatymui reikia žinoti funkcijų reikšmes dviejuose taškuose  $(x_1, y_1)$  ir  $(x_2, y_2)$ . Šie taškai gali apriboti ir nagrinėjamą sritį. Funkcijų, tenkinančių minėtas sąlygas,

#### 1 lentelė. Interpoliacinių funkcijų charakteristikos

Funkcija	$a$	$b$	Pradiniai taškai	Apribojimai
Vertikali parabolė $y = ax^2 + bx$	$a_V$	$b_V$	$\frac{y_2}{y_1} < \left(\frac{x_2}{x_1}\right)^2$	$x < \frac{-b}{2a}$ , kai $\frac{y_2}{y_1} < \frac{x_2}{x_1}$
Horizontali parabolė $x = ay^2 + by$	$a_H$	$b_H$	$\frac{x_2}{x_1} < \left(\frac{y_2}{y_1}\right)^2$	$x < \frac{-b^2}{4a}$ , kai $\frac{y_2}{y_1} > \frac{x_2}{x_1}$
Apskritimo lankas $y = b \pm \sqrt{R^2 - (x-a)^2}$	$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{a_H} - \frac{b_V}{a_V} \right)$	$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{a_V} - \frac{b_H}{a_H} \right)$	$0 < x_2 < a$ $0 < y_2 < b$	$x < a$ $x < R+a$
Eksponentinė $y = ax e^{bx}$	$\frac{y_2}{x_2} \exp(-bx_2)$	$\frac{1}{x_2 - x_1} \ln \left( \frac{x_1 y_2}{x_2 y_1} \right)$	neribojami	$x < \frac{-1}{b}$ , kai $\frac{y_2}{y_1} < \frac{x_2}{x_1}$
Logaritminė $y = a \ln(bx+1)$	$\frac{y_2}{\ln(bx_2+1)}$	$y_1 \ln(bx_2+1) - y_2 \ln(bx_1+1) = 0$	$\frac{y_2}{y_1} < \frac{x_2}{x_1}$	nėra
Valdomo kreivumo $y = ax^n + bx$	$\frac{x_1 y_2 - x_2 y_1}{x_1 x_2^n - x_2 x_1^n}$	$\frac{x_2^n y_1 - x_1^n y_2}{x_1 x_2^n - x_2 x_1^n}$	$\frac{y_2}{y_1} < \left(\frac{x_2}{x_1}\right)^n$	$x < \left(\frac{-b}{ak}\right)^{\frac{1}{n-1}}$ , kai $a < 0$

Naudoti žymėjimai:  $a_V = \frac{x_1 y_2 - x_2 y_1}{x_1 x_2 (x_2 - x_1)}$ ;  $b_V = \frac{x_2^2 y_1 - x_1^2 y_2}{x_1 x_2 (x_2 - x_1)}$ ;  $a_H = \frac{y_1 x_2 - y_2 x_1}{y_1 y_2 (y_2 - y_1)}$ ;  $b_H = \frac{y_2^2 x_1 - y_1^2 x_2}{y_1 y_2 (y_2 - y_1)}$ ;

galima parinkti pakankamai daug. Šiame darbe nagrinėsime vertikalią ir horizontalią paraboles, apskritimą, eksponentinę, logaritminę ir valdomo kreivumo funkcijas. Šių funkcijų taikymo sritis, parametų skaičiavimas ir apribojimai pateikti 1 lentelėje.

Kai naudos ir sąnaudų kitimo pobūdis skiriasi (jų antrosios išvestinės yra skirtingų ženklų), patogu naudoti skirtingas interpoliacines funkcijas. Pelno funkcija turi maksimumą, kai nauda viršija sąnaudas tik prie nedidelių kokybės parametro reikšmių. Tai dažnai sutinkama praktikoje. Mat nedidelis sistemos kokybės pagerinimas gali atnešti nemažą naudą, tuo tarpu, kai žymus pagerinimas jau nebus praktiškai panaudotas. Sąnaudų priklausomybė gali būti priešinga – čia tik nedidelis kokybės pagerinimas gali nebrangiai kainuoti.

### Skaitinis eksperimentas

Nagrinėjamas metodas efektyviausiai panaudojamas, kai ieškoma vieno (svarbiausio duotoje situacijoje) sistemos parametro optimalios reikšmės, užtikrinančios didžiausią pelną.

Pateikiamame pavyzdyje nagrinėjamas turimos IS išplėtimas sukuriant daugiau kompiuterizuotų darbo vietų. Kiek reikės darbo vietų, kad gautume didžiausią pelną? Yra žinoma, kad vienas papildomas kompiuteris sistemos gyvavimo ciklo metu sukurtų 10 tūkst. litų naudą, o 20 kompiuterių – 140 tūkst. litų. Mažesnė santykinė nauda gaunasi dėl to, kad įsigijus 20 kompiuterių aptariamoje organizacijoje jie nebūtų pilnai apkrauti. Vieno kompiuterio pirkimo ir priežiūros kaina – 4 tūkst. litų, o 20 kompiuterių – 100 tūkst. litų. Čia didesnės santykinės sąnaudos atsiranda todėl, kad papildomai tektų plėsti ir kompiuterių tinklą.

Sistemos kokybės parametru laikysime naujų kompiuterizuotų darbo vietų (kompiuterių) skaičių, o analizės sritį (1-20). Sukurta nauda gali būti modeliuojama visomis 1 lentelėje pateiktomis funkcijomis. Kuo šios funkcijos skiriasi analizuojamoje srityje? Vizualiai jos yra panašios. Skirtumus galima išvelgti funkcijų kreivume ir jo pasiskirstyme. Geometriškai paprasčiausia funkcija yra pastovų kreivumą turintis apskritimas, todėl jį galime laikyti etalonu kitų funkcijų palyginimui. Naudos interpoliacinių funkcijų analizės rezultatai pateikti 2 lentelėje. Lentelėje pateikiamas didžiausias santykinis skaičiuotos naudos skirtumas nuo apskritiminės interpoliacijos ( $\Delta y\%$ ), vidutinis funkcijos kreivumas ( $\nu k$ ), kreivumo pokytis analizuojamoje srityje ( $\Delta k$ ), teorinė funkcijos taikymo riba ( $x_m$ ).

Panašiai analizuojant sąnaudų interpoliacines funkcijas pastebėtas įdomus dėsninumas. Visos funkcijos, pirmuoju atveju turėjusios didesnę kreivumą nei apskritimas, čia jį turi mažesnę. Be to, surūšiuojus naudos funkcijas pagal vidutinį kreivumą didėjimo tvarka, o sąnaudų funkcijas – mažėjimo, gautume tą patį sąrašą. Žinoma, tai nieko bendra neturi su nauda ar sąnaudomis, o yra tik išgaubtų ir įgaubtų funkcijų geometrinės savybės.

**2 lentelė.** Naudos interpoliacinės funkcijos

Funkcija	$\Delta y\%$	$vk$	$\Delta k$	$x_m$
Apskritimo lankas		$6,43 \cdot 10^{-7}$	0	1549
Vertikali parabolė	5,81	$1,43 \cdot 10^{-6}$	$4,72 \cdot 10^{-6}$	32,2
Horizontali parabolė	-0,1	$6,37 \cdot 10^{-7}$	$-2,3 \cdot 10^{-8}$	
EkspONENTINĖ	4,20	$1,05 \cdot 10^{-6}$	$1,98 \cdot 10^{-6}$	53,3
Logaritmė	1,65	$7,53 \cdot 10^{-7}$	$4,5 \cdot 10^{-7}$	

Didžiausio pelno ir jį atitinkančio kokybės parametro (kompiuterių skaičiaus) skaičiavimo rezultatai, naudojant įvairias interpoliacines funkcijas, pateikti 3 lentelėje. Lentelės eilutės ir stulpeliai surūšiuoti funkcijų vidutinio kreivumo mažėjimo tvarka. Matyti aiški koreliacija tarp gautų rezultatų ir funkcijų kreivumo. Naudojami didesnio kreivumo funkcijas gauname mažesnę kokybės parametro ir didesnę pelno reikšmę. Atsižvelgdami į tai, kad nagrinėjamu atveju kokybės parametras turi būti sveikas skaičius, optimalus kompiuterių skaičius yra 15 arba 16, o didžiausias pelnas  $44380 \pm 3000$  Lt.

**3 lentelė.** Optimalus kokybės parametras ir didžiausias pelnas

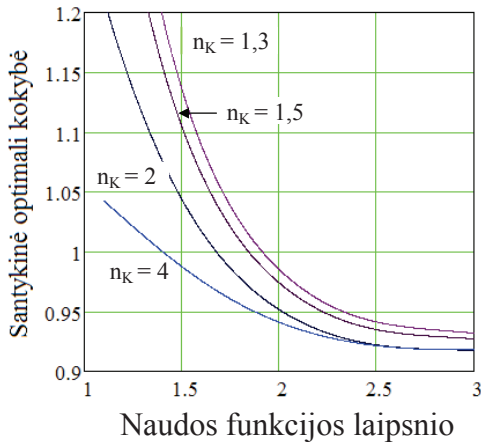
Sąnaudų f-ja Naudos f-ja	Horizontali parabolė		Apskritimo lankas		EkspONENTINĖ		Vertikali parabolė	
	Vertikali parabolė	14,71	47385 Lt	14,71	47303 Lt	14,72	46137 Lt	14,75
EkspONENTINĖ	14,90	45857 Lt	14,90	45775 Lt	14,94	44611 Lt	14,99	44280 Lt
Logaritmė	15,45	43875 Lt	15,45	43793 Lt	15,61	42648 Lt	15,72	42334 Lt
Apskritimo lankas	15,90	42908 Lt	15,92	42824 Lt	16,22	41719 Lt	16,39	41427 Lt
Horizontali parabolė	15,93	42858 Lt	15,94	42778 Lt	16,26	41672 Lt	16,43	41382 Lt

Realaus naudos ir sąnaudų pasiskirstymo mes nežinome, jis gali sutapti, ar būti artimas kuriai nors interpoliacinei funkcijai, bet gali ir skirtis. Koks galimas realių ir interpoliuotų reikšmių skirtumas, kad skaičiuotos optimalaus kokybės parametro ir didžiausio pelno reikšmės dar būtų pakankamai tikslios? Tuo tikslu buvo atliktas skaitinis tiriamos sistemos modeliavimas naudojant įvairias valdomo kreivumo funkcijas

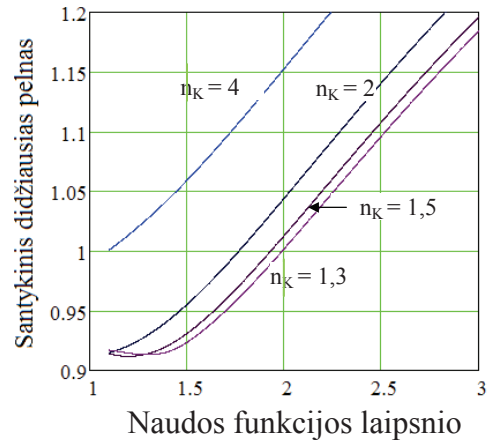
$$y = ax^n + bx, \quad n > 1. \quad (2)$$

Šios funkcijos patogios tuo, kad tolygiai didindami funkcijų laipsnio rodiklį  $n$ , gauname tolygų vidutinio kreivumo didėjimą.

Santykinės optimalios kokybės (skaičiuoto optimalaus kokybės parametro ir anksčiau gauto vidutinio kokybės parametro santykio) priklausomybių nuo naudos funkcijos laipsnio rodiklio  $n_N$  ir sąnaudų funkcijos rodiklio  $n_K$  diagramos parodytos 1 pav. Matome, kad didelis kreivumas nėra pavojingas, ir tik mažas kreivumas iššaukia didelius rezultatų skirtumus. 10% skirtumas pasiekiamas, kai  $n_N = n_K = 1,5$ . Didžiausio pelno skaičiavimų tyrimas rodo priešingas tendencijas (2 pav.). Čia tik mažų kreivumų atveju nukrypimai nėra dideli, o prie didelių kreivumų skirtumai smarkiai išauga. Gauti rezultatai leidžia



1 pav. Optimalios kokybės skaičiavimo tikslumas



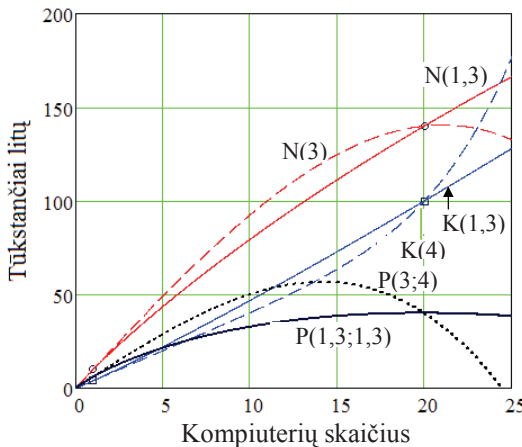
2 pav. Didžiausio pelno skaičiavimo tikslumas

pakankamai tiksliai įvertinti mažiausią modeliuojamos sistemos optimalaus kokybės parametro vertę ir žemiausią didžiausio pelno vertę.

Kas bus, jeigu sistemos projektavimui naudosime bet kokias 3 lentelėje gautas kokybės parametro reikšmes, tačiau reali sistema atitiks funkcijai (2) su  $n_N = n_K = 1,3$  (vidutinis naudos funkcijos kreivumas  $vk_N = 5,58 \cdot 10^{-7}$ , sąnaudų  $-vk_K = 5,8 \cdot 10^{-7}$ )? Šiuo atveju negausime didžiausio pelno, blogiausiu atveju tik jo 98%.

Jeigu reali sistema atitiks atitiks funkcijai (2) su  $n_N = 3, n_K = 4$  ( $vk_N = 1,54 \cdot 10^{-5}$ ,  $vk_K = 1,16 \cdot 10^{-6}$ ), gausime nemažiau 96% didžiausio pelno. Toks tikslumas turėtų tenkinti projektuotojus. Ribinės naudos (N), sąnaudų (K) ir pelno (P) funkcijų (2) kreivės, atitin-

kančios skliaustuose nurodytiems atitinkamų funkcijų laipsnio rodikliams, parodytos 3 pav.



3 pav. Sistemos analizės ribinės funkcijos

Jeigu realios naudos ir sąnaudų reikšmės bus ribinių kreivių apibrėžtuose plotuose, modeliavimas nagrinėtomis interpoliacinėmis funkcijomis ( $vk_N = 6,37 \cdot 10^{-7} \div 1,43 \cdot 10^{-6}$ ,  $vk_K = 8,3 \cdot 10^{-7} \div 9,8 \cdot 10^{-7}$ ) bus pakankamai tikslus. Didesnis tikslumas gali būti gautas, turint daugiau duomenų apie sistemą, pvz., žinant naudą ir sąnaudas dar viename taške. Tuomet galėsime interpoliacines funkcijas parinkti tiksliau.

Nebūtina kartoti skaičiavimus su įvairiomis interpoliacinių funkcijų kombinacijomis. Konkrečių funkcijų pasirinkimas priklauso tik nuo to, kokie yra pagrindiniai analizės reikalavimai. Galimi variantai pateikti 4 lentelėje.

**4 lentelė.** Interpoliacinių funkcijų parinkimas

Pagrindiniai reikalavimai	Naudos funkcija	Sąnaudų funkcija
Analitinių skaičiavimų paprastumas	Vertikali parabolė	Vertikali parabolė
Nebuvimas apribojimų	Logaritminė	Eksponentinė
Artimiausios vidurkiui reikšmės	Logaritminė	Horizontali parabolė
Ribinių skaičiavimų galimybė	Valdomo kreivumo	Valdomo kreivumo

### Išvados

Informacinių sistemų kūrimo sąnaudų, gautos naudos ir pelno modeliavimui pasiūlytos šešios skirtingos interpoliacinės funkcijos, priklausančios nuo apibendrinto sistemos kokybės parametro. Sistemos pelningumo modeliavimo rezultatų skirtumas, naudojant įvairias interpoliacines funkcijas, neviršijo 7% nuo vidurkio, o optimalaus kokybės parametro skaičiavimo – 5,5%. Nustatyta, kad naudojant didesnio vidutinio kreivumo interpoliacines funkcijas, teorinė didžiausio pelno reikšmė gaunasi didesnė, o jai atitinkanti kokybės parametro reikšmė – mažesnė. Apatinės IS optimalaus kokybės parametro ir didžiausio galimo pelno ribos bei leistinos realių charakteristikų išsibars-tymo ribos gali būti nustatytos modeliuojant sistemą valdomo kreivumo funkcijomis. Pateiktos rekomendacijos konkrečių interpoliacinių funkcijų pasirinkimui.

Modelis gali būti plečiamas įtraukiant į jį daugiau IS parametrų, susietų su sistemos ekonominėmis charakteristikomis, ir modeliuojant sudėtingesnius šių dydžių tarpusavio ryšius.

### LITERATŪRA

- BEN-MENACHEM, Mordechai; GAVIOUS, Ilanit (2008). Economic Desirability and Traceability of Complex Products. *The Electronic Journal Information Systems Evaluation*, 2008, Vol. 11, Issue 3, p. 201–212, [žiūrėta 2011 m. sausio 15 d.]. Prieiga per internetą < www.ejise.com >. ISSN 1566-6379.
- BENYON-DAVIES, Paul; OWENS, Ian; WILLIAMS, Michael (2004). Information systems evaluation and the information systems development process. *Journal of Enterprise Information Management*, 2004, Vol. 17, No. 4, p. 276–282. ISSN 1741-0398.
- DEVARAJ, Sarv; KOHLI, Rajiv (2002). *The IT Payoff: Measuring the business value of information technology investments*. Prentice Hall, 2002. 167 p. ISBN 13-065074-9.
- IRANI, Zahir (2002). Information systems evaluation: navigating through the problem domain. *Information & Management*, 2002, Vol. 40, Issue 1, p. 11–24. ISSN 0378-7206.
- LEWIS, James P. (2007). *Fundamentals of Project Management*. 3rd ed. AMACOM, 2007. 163 p. ISBN 10-0814408796.
- MCAULAY, Laurie; DOHERTY, Neil; KEVAL, Natasha (2002). The stakeholder dimension in information systems evaluation. *Journal of Information Technology*, 2002, Vol. 17, Issue 4, p. 241–255. ISSN 0268-3962.

- PEFFERS, Ken; SAARINEN, Timo (2002). Measuring the Business Value of IT Investments: Inferences from A Study of Senior Bank Executives. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 2002, Vol. 12, Issue 1, p. 17–38. ISSN 1091-9392.
- RENKEMA, Theo J.W.; BERGHOUT, Egon W. (1997). Methodologies for information system investment evaluation at the proposal stage: a comparative view. *Information and Software Technology*, 1997, Vol. 39, Issue 1, p. 1–13. ISSN 0950-5849.
- SANGA, C.; VENTER, I. M. (2009). Is a Multi-criteria Evaluation Tool Reserved for Experts? *The Electronic Journal Information Systems Evaluation*, 2009, Vol. 12, Issue 2, p.151–162, [žiūrėta 2011 m. sausio 15 d.]. Prieiga per internetą < www.ejise.com >. ISSN 1566-6379.
- SAULIS, Algis. (2009) Netiesinis matematinis informacinių sistemų kainos ir naudos analizės modelis. *Informacijos mokslai*. Vilnius: VU leidykla, 2009, No. 50, p. 294-300. ISSN 1392-0561.
- SILVIUS, A. J. Gilbert (2008). The Business Value of IT: A Conceptual Model for Selecting Valuation Methods. *Communications of the IIMA*, 2008, Vol. 8, Issue 3, p. 57–65. ISSN 1543-5970.
- STEWART, Walter; COULSON, Sheri; WILSON, Robert (2007). Information Technology: When is it Worth the Investment? *Communications of the IIMA*, 2007, Vol.7, Issue 3, p. 119-122. ISSN 1543-5970.
- VASILECAS, Olegas; SAULIS, Algis; DEREŠKEVIČIUS, Saulius (2006). Evaluation of information systems procurement: goal and task-driven approaches. *Information Technology and Control*, 2006, Vol. 35, No. 3, p. 229–234. ISSN 1392-124X.
- VASILECAS, Olegas; SAULIS, Algis; PALIULIS, Narimantas Kazimieras; VAIČIULIS, Rimgaudas Stanislovas (2007). Managerial Aspects of the Evaluation of Information Systems Procurement. *Organizacijų vadyba: sisteminiai tyrimai*, 2007, No. 41, p. 169–181. ISSN 1392-1142.
- WEHRS, William E. (1999) A Road Map for IS/IT Evaluation, in Mahmood, A. and Szweczak, E. (Eds.) *Measuring Information Technology Investment Payoff: Contemporary Approaches*. Idea Group Publishing, 1999, p. 24–61. ISBN 187828942X.
- WILLCOCKS, Leslie (1996). Investing In Information Systems: Evaluation and Management. Chapman and Hall, 1996. 384 p. ISBN 10-041272670X.

## ON THE SELECTION OF INTERPOLATION FUNCTIONS FOR COST-BENEFIT ANALYSIS OF INFORMATION SYSTEM

**Algis Saulis**

Summary

The paper analyses features of economic model describing dependencies of cost, benefit and profit from generalised quality parameter of information system. The system was simulated using different interpolation functions. Dependencies of calculated results from geometric characteristics of interpolation functions are investigated and limitations of functions application are defined. An influence of system parameters scattering is evaluated and the method defining the lower limits of calculated characteristics is proposed. Recommendations to choose the best interpolation functions for different situations are presented. The model can be used to estimate rational investments during development of business information systems.

# Veiklos eigų realizavimas naujienu turinio valdymo sistemose

## Andrius Stašauskas

Vilniaus universiteto Programų sistemų magistrantas, Nacionalinė elektros technikos verslo asociacija, Informacinės sistemos vadybininkas,  
Vilnius University, Master of Software Engineering, The National Association of the Electrical Engineering Business, Information System Manager, Gedvydžių 18-29, Vilnius, +37067520090, andrius@stasauskas.lt

*Straipsnyje nagrinėjami skirtingi naujienu tarnybų darbo pobūdžiai ir apibrėžiama šiuolaikinio naujienu kambario sąvoka. Veiklos eigų įgyvendinimo metodai yra tiriami jų modeliavimo aspektu. Atlikti ir analizuojami du tyrimai: išorinė ir vidinė analizė. Išorinė analizė parodo populiariausias turinio valdymo sistemas, išryškina dažniausiai naudojamus praktiškiausius veiklos eigų įgyvendinimo metodus. Vidinė analizė skirta pažvelgti į veiklos eigų įgyvendinimo metodų vidines savybes ir jas įvertinti. Taip pat pateikiamos metodų pritaikomumo sąlygos naujienu tipo turinio valdymo sistemoms. Tyrimų rezultatai parodo stipriąsias veiklos eigų įgyvendinimo metodų savybes bei išryškina silpnąsias, tobulintinas sritis pagal sudarytas charakteristikas. Analizė leidžia nustatyti, kuris metodas yra naudotinas kuriant įvairias veiklos eigų posistemas naujienu turinio valdymo sistemose. Atlikti matavimai ir padarytos išvados gali būti panaudoti kaip gairės naujoms su naujienu tarnybomis susijusioms turinio valdymo sistemoms kurti bei įdiegti veiklos eigų posistemas į jau esamas sistemas. Raktiniai žodžiai: veiklos eigos, darbų sekos, turinio valdymas, turinio valdymo sistema, naujienu tarnyba, naujienu kambarys.*

## Įvadas

Norėdamos efektyviai tvarkyti duomenis, informaciją ir žinias, kompanijos negali išsiversti be įrankių, palengvinančių šį darbą – turinio valdymo sistemų. Turinio valdymo sritis organizacijoms yra aktuali, nes kompiuterizuotos sistemos įgalina automatizuoti žmogaus darbą ir sumažinti kompanijos išlaidas. Tiek Europoje, tiek ir visame pasaulyje turinio valdymas yra tyrimų objektas. 2007–2013 metams Europos bendroji mokslinių tyrimų ir technologijų plėtros programa (FP7) informacijos ir ryšių technologijų teminėje srityje numato skaitmeninio turinio valdymo tyrimus ir jų rėmimą (The Council of Europe, 2006). Skaitmeninio turinio valdymo, į kurį įeina ir veiklos eigų valdymas, tyrimus akcentuoja bei remia Jungtinės Karalystės Informacinių sistemų komitetas (Hobona, 2008) ir NATO Advanced Study Institute programa (Dogac, Kalinichenko, Ozsu, 1998). Šios programos skatina TVS tyrimus, knygų apie turinio valdymą leidybą, diskusijas, seminarus ir mokymus (Rockley, 2002; Hackos, 2002).



Kompanijose yra nusistovėjusi veiklos eigų, arba darbų sekų, forma. Dažnai veiklos eigos valdomos be jokios automatizacijos. Vadybininkai perduoda užduotis kitiems darbuotojams tiesiogiai. Jie išleidžia daug laiko stebėdami ir perduodami užduotis. Daugelis nepriklausomų tyrimų po atliktų auditų nurodo automatizuotas veiklos eigas kaip pagrindinę priežastį kurti kompiuterinę turinio valdymo sistemą (Hill, 2007). Išlaikyti vientisumui tarp darbuotojų ir jų kuriamo turinio reikia gerai suprojektuotų, lanksčių taisyklių, kurios leistų veiklos eigai išlikti nuosekliai suderinamai su verslo reikalavimais ir taisyklėmis, darbų strategija ir procedūromis. Turinio valdymo sistemose veiklos eigos realizuojamos vis iš naujo arba remiantis pirmuoju surastu sprendimu, ypač jeigu turinys yra specifinio pobūdžio – naujienos. Įvairių sistemų realizacijos skirtingos ir vieningos teorijos nėra, bet yra išskiriami skirtingi veiklos eigų tipai ir automatizavimo etapai (Hill, 2007; Wadle, 2006; Drupal, 2011). Išsamesnės veiklos eigų analizės nėra, todėl neaišku, ar pasirinkta konkreti realizacija padės pasiekti norimą rezultatą. Vis dėlto veiklos eigos palengvina dokumentų valdymą, leidžia pagreitinoti procesus. Veiklos eigų realizacijų modeliai ir formavimo metodiniai nurodymai galėtų padėti priimant svarbius, bet nebūtinai sudėtingus, sprendimus dar prieš integruojant veiklos eigas į TVS.

Šio darbo tikslas yra pateikti veiklos eigų įgyvendinimo modelių pritaikomumo sąlygas naujienų tipo TVS. Taip pat pasiūlyti metodinius nurodymus, kaip šiose sistemose įgyvendinti veiklos eigas. Reikia išsiaiškinti, kaip metodai leidžia aprašyti veiklos eigas ir kurie yra dažniausiai naudojami. Tiriama sritis yra specifinė – naujienų tarnybos. Todėl pirmiausia reikia nagrinėti naujienų tarnybų darbo specifiką. Remiantis ja, o taip pat jau žinomais veiklos eigų įgyvendinimo metodais, galima sudaryti charakteristikas metodų savybėms matuoti ir objektyviai tirti metodų pritaikomumo sąlygas naujienų tipo TVS.

## 1. Naujienų tarnybos

Tyrimai rodo, kad daugelis žmonių naujienas pasiekia internete. Dalis žmonių skaito ir tradicinę spaudą, žiūri televiziją ar klauso radijo, tačiau daugelis iš jų vis tiek stengiasi peržvelgti naujienas internete. Naujienų tarnyba nagrinėjama kaip organizacija, turinti naujienų sklaidos įrankius internete. Paprastai yra patogiau, jeigu tarnyba turi automatizuotus naujienų valdymo įrankius ar visa jos veikla yra kompiuterizuota. Bet sistema be žmonių nieko nereiškia, todėl svarbu, kas ir kur ją naudoja (Paterson, 2007).

Bet kuri naujienų tarnyba turi savo naujienų kambarį (angl. *news room*). Jei tai TV, radijo arba popierinės spaudos naujienų tarnyba, tuomet naujienų kambarys dažniausiai yra vienoje konkrečioje vietoje. Tai vadinamasis standartinis naujienų kambarys.

Jeigu naujienų tarnyba straipsnius publikuoja internete, naujienų kambario sąvoka gali įgyti daug platesnę reikšmę. Šiuolaikinis naujienų kambarys yra daugiau virtualus. Jo ribos išsiplečia nuo centrinėje patalpoje dirbančių žurnalistų iki korespondentų kituose miestuose ir pačių skaitytojų. Šis kambarys gali būti tik virtualus – visai neturėti konkrečios darbo vietos. Tuomet korespondentai nurodymus gauna tik nuotoliniu būdu.

Jeigu nėra kompiuterizuotos sistemos, su kiekvienu žmogumi tenka kontaktuoti telefonu. Tačiau naujienų veiklų eigos ir jų valdymas gali būti kompiuterizuojami. Kompiuterinė sistema gali pranešti suinteresuotiems darbuotojams apie naujienas, nurodymus, leidžia patvirtinti ar atmesti užduotis, atlieka kitus darbus. Toliau kalbant apie naujienų kambarį numatoma, kad jis gali būti virtualus (Savalli, 2006).

Virtualus naujienų kambarys kuriamas remiantis trimis koncepcijomis:

1. Tęstinio naujienų publikavimo ir susiejimo,
2. Žmonių kaip korespondentų ir klientų,
3. Daugialypės informacijos technologijų.

Tęstinis naujienų publikavimas reiškia, kad informacijos apie tą patį įvykį gali daugėti, ji gali keistis. Todėl atsiradus naujiems duomenims, yra tęsiama senoji naujiena. Taip pat ji yra susiejama su kitais informacijos vienetais, publikuotais seniau, tačiau turinčiais bendrą kontekstą. Didelį vaidmenį atlieka ir skaitytojai, komentuojantys naujienas, pranešantys duomenis iš įvykio vietos, kai kur net įtakojantys tarnybos pateikiamą informaciją. Vis tik naujienų pateikimas yra verslas, o skaitytojai – klientai, į kuriuos reikia atsižvelgti. Šios koncepcijos apima visą naujienų kambario darbą ir joms įgyvendinti svarbu turėti konkrečiai apibrėžtą naujienų kambario struktūrą, darbus ir roles. Svarbu žinoti ir tai, koks turinys ir kokie dokumentai kuriami.

Kyla klausimas, kokiais būdais įmanoma arba yra lengviau kurti informacijos (trumpųjų naujienų, straipsnių, reportažų) kontrolę turinio valdymo sistemoje. Neaišku, kaip turėtų būti patogiau ir lengviau programuojamas darbuotojų, turinčių įvairias roles, darbas. Todėl toliau nagrinėjama, kokie yra veiklos eigų įgyvendinimo metodai. Jie yra tiriami atsižvelgiant į naujienų tarnybos darbą ir darbuotojus ar skaitytojus, kuriančius turinį.

## ***2. Veiklos eigų įgyvendinimo metodai***

Veiklos eigų sistema gali būti atskira TVS dalis, arba atskira sistema. Toliau tiriama veiklos eigų posistemė, naudojama TVS. Tokia posistemė yra atsakinga už koordinavimą, planavimą, planų ir personalo užduočių vykdymą. Veiklos eigų posistemė tiesiogiai veikia tris TVS sritis: turinio surinkimą, valdymą ir publikavimą.

Surinkimo srityje veiklos eigos reguliuoja turinio surinkimą, kūrimą ir agregavimą (McGovern, Norton, 2001). Valdymo srityje veiklos eigos sukuriama standartinėms valdymo užduotims, pavyzdžiui, atsarginėms kopijoms daryti ar archyvavimui (Boiko, 2004; Hill, 2007). Dažniausiai TVS veiklų eigų sistema apsiriboja procesu, kurio metu informacija yra peržiūrima ir publikuojama. Valdydama turinį, organizacija siunčia jį per įvairias veiklos eigas, kad būtų užtikrinamas jo tikslumas, sąsajos su kitu turiniu, svarbumas. Valdydama funkcionalumą, organizacija integruoja jį į įvairias veiklos eigas, kad būtų užtikrinama, jog viskas veikia kaip planuota, kad egzistuoja duomenų šaltiniai, užtikrinamas naujumas. Veiklos eigos yra procesai, skirti turinio tėkmei tarp

paruošimo ir pateikimo būdų bei personalo, pasidalinusių į roles, užtikrinti. Veiklos eigų ir darbuotojų suderinimas būtinas norint efektyviai paleisti TVS. Be veiklos eigų sunku suvaldyti procesus, užtikrinti jų gerą darbą. Sunku užtikrinti ir atsakomybes bei atskaitomybę, kurie irgi turi būti valdomi.

Yra keli siūlomi veiklos eigų įgyvendinimo metodai:

1. Trigeriai, sąlygos ir veiksmai (angl. *triggers, conditions, actions*) (Plone, 2011; WebGUI, 2011; Boiko 2004);
2. Sprendimai, sąlygos ir būsenos (angl. *decisions, conditions and states*) (Brüning, 2009; Tick, 2011; Drupal, 2011; Aalst, Hee, 2002; Ambler, 2011; OMG, 2011);
3. Petri tinklai (angl. *Petri net*) (Tick, 2011; Aalst, Hee, 2002; Adomaitis, 2007);
4. Prijungimo taškai-įvykiai, delegatai ir rolės (angl. *hooks-events, delegates, roles*) (Jonsson, 2001; Drupal, 2011; Bergmann, 2009).

Kiekvienas iš šių metodų pabrėžia tam tikrą veiklos eigų įgyvendinimo pusę. Kartais yra naudojami skirtingi metodai, norint kaip įmanoma geriau, greičiau ir patikimiau įgyvendinti veiklų eigas (Hobona, 2008; Dogac, Kalinichenko, Ozsu, 1998; Hill, 2007). Toliau detaliau nagrinėjami šių metodų siūlomi modeliai. Taip pat jie yra nagrinėjami veiklos eigų modeliavimo ir naujienų tarnybų darbo aspektais.

### 2.1. Trigeriai, sąlygos ir veiksmai

Šis veiklos eigų įgyvendinimo metodas remiasi trigeriais. Veiksmai, trigeriai ir sąlygos yra pagrindiniai blokai, iš kurių šiuo metodu yra kuriamos veiklos eigos. Kartu jie įgalina aprašyti daugelį procesų ir sudaro modelį. Šiuo metodu galima sukurti darbo eigų užduotis, kur kiekviena užduotis turi galutinį veiksmų ir pabaigos taisyklių rinkinį; įvykiais grįstus veiksmus, kurių pagalba galima siųsti pranešimus ir automatizuoti darbo eigos žingsnius; darbus, kurie atlieka numatytas užduotis, ir taisykles, kas bus juos atlikus; taisykles, kurios nustato formas ir laukus, rodomus skirtingoms naudotojų grupėms.

### 2.2. Sprendimai, sąlygos ir būsenos

Šį metodą sudaro sprendimai, sąlygos ir būsenos. Sprendimas dažniausiai yra akto-riaus (veiksno atlikėjo) valios išraiška, kurios metu tam tikras objektas vykdo veiksmą ar būsenos pasikeitimą. Pasikeitimas vykdomas, jeigu tenkinamos apibrėžtos sąlygos. Jeigu trigerių modelis remiasi įvykiais ir veiksmiais, tai sprendimų modelyje yra svarbios objektų ir būsenų sąvokos. Tai yra aprašomos objektų, veiksmų ar sistemos būsenos, ir perėjimai tarp jų modeliuojami tikrinant sąlygas. Priklausomai nuo sąlygų, įvyksta sprendimas būsenos pasikeitimui, arba įvykdomi veiksmai nekeičia būsenos. Šis modelis naudojamas UML diagramų kontekste (OMG, 2011; Ambler, 2011). Programuojant sprendimus, sąlygas ir būsenas galima ne tik pavaizduoti diagramose, bet ir aprašyti deklaratyviai. Naudojant OCL galima numatyti diskretesnę ir daugiau apimančią modelį, aprašyti jį vien tik klasių diagramomis su apribojimais (Brüning, 2009).

### 2.3. Petri tinklai

Dar vienas veiklų eigų įgyvendinimo modelis yra *Petri* tinklai. Klasikinis *Petri* tinklas – tai orientuotas dvipusis grafas, turintis du mazgų tipus: vietas ir perėjimus (angl. *places and transitions*). Vieta yra žymima apskritimu. Perėjimas žymimas kvadratu. Rodyklės gali rodyti iš vietos į perėjimą, ir iš perėjimo į vietą. Bet jos negali rodyti iš perėjimo į perėjimą ar iš vietos į vietą. Tokios architektūros modelio veiklos eigos gana lengvai programuojamos. Tačiau žurnalistai dažniausiai nesupranta, kaip kuriamas *Petri* tinklas, todėl veiklos eigas į sistemą vis tiek turi įvesti programuotojas. Naujienu TVS, kur veiklos eigoms kurti reikalingi žurnalistui suprantama sistema, *Petri* tinklai beveik nenaudojami (Aalst, Hee, 2002; Adomaitis, 2007).

### 2.4. Prijungimo taškai-įvykiai, delegatai ir rolės

Norint integruoti veiklos eigas į jau esančią sistemą, logiškas sprendimas yra naudoti programinius įvykius ir delegatus. Esminis tokios sistemos komponentas yra prisijungimas, arba prisijungimo taškas. Jis programavimo aplinkoje aprašomas įvykiais, o kompiuteriui pateikiamos struktūros vadinamos delegatais. Įvykius įvykiui, sistema pasitikrina įvykio tipą pagal jį aprašančią struktūrą – delegatą – ir jungiasi prie objekto, perduodama jam informaciją. Kiekvienas objektas yra atsakingas už įvykių aprašymą ir jų vykdymą. Taip galima lengvai integruoti skirtingus naujienu tarnybos skyrius: vienas skyrius tiesiog perduoda informaciją kitam, o sistema atitinkamai atlieka veiksmus, automatiškai perduoda dalį informacijos atgal, dalį į poskyrius. Automatizacija, pagrįsta realiai veikiančiais procesais naujienu tarnyboje, yra pagrindinis metodo privalumas (Jonsson, 2001). Įgyvendinant įvykių metodą, sistemoje dažnai atsiranda vienas objektas, kuris saugo tam tikrus taisyklių rinkinius. Kartais įvairiose sistemose jis vadinamas veiklos eigų varikliu (pvz., eZ Publish). Taip pat jis centralizuoja veiklų eigų valdymą į vieną vietą – objektą, į kurį gali kreiptis visi kiti objektai norėdami sužinoti, ar jie gali perduoti valdymą kitam objektui, ar ne (Drupal, 2011; Bergmann, 2009).

### 2.5. Metodų tinkamumas naujienu TVS

Apžvelgti keturi metodai ir išnagrinėtas metodų tinkamumas programuoti veiklos eigas TVS, galimybė aprašyti naujienu tarnybos procesus, ir ar tas aprašymas suprantamas žurnalistams. Bet sunku suprasti, kokiais konkrečiais atvejais ir kam kiekvienas metodas tinka. Todėl kyla klausimas, kuris iš metodų taikytinas norint integruoti veiklos eigas naujienu tipo turinio valdymo sistemose. Reikalingi išsamesni tyrimai, parodantys, kurie metodai yra dažniausiai naudojami įvairiose sistemose. Taip pat reikia kokybiškai ir objektyviai iširti, kaip jie tinkami tam tikro pobūdžio naujienu tarnybų procesams aprašyti sistemoje.

### 3. Veiklos eigų įgyvendinimo metodų pritaikomumas naujų tipo TVS

Veiklos eigų metodų pritaikomumo sąlygoms pateikti reikia žinoti du dalykus. Pirmiausia reikia išanalizuoti veiklos eigų įgyvendinimo metodų gerumą. Tokiu būdu tyrimams galima išsirinkti aktualiausius veiklos eigų įgyvendinimo metodus. Antra, turi būti aiškiai apibrėžta, kokias sritis, objektus, veiksmus, informaciją apima naujų tipo TVS. Tolimesniuose skyriuose yra analizuojamas veiklos eigų įgyvendinimo metodų gerumas ir sritys, aktualios naujų tarnybų TVS. Veiklos eigų įgyvendinimo metodas apsprendžia, ar sistema yra patraukli naudotojams, nes jis turi įtakos sistemos išvaizdai ir funkcionalumui. Galima pamatuoti įvairius sistemos, kuri naudojasi veiklos eigų įgyvendinimo metodu, išorinius aspektus. Jie parodo, kaip sistema, o kartu ir joje naudojami metodai, yra vertinami. Galima išskirti objektyvius vertinimo kriterijus kiekvienam iš metodų ir įvertinti, kaip gerai kiekvienas iš jų leidžia apibrėžti įvairius naujų TVS aspektus. Šiems tikslams pasiekti yra atliekamos dvi analizės: išorinė ir vidinė.

#### 3.1. Išorinė analizė, charakteristikos ir matavimai

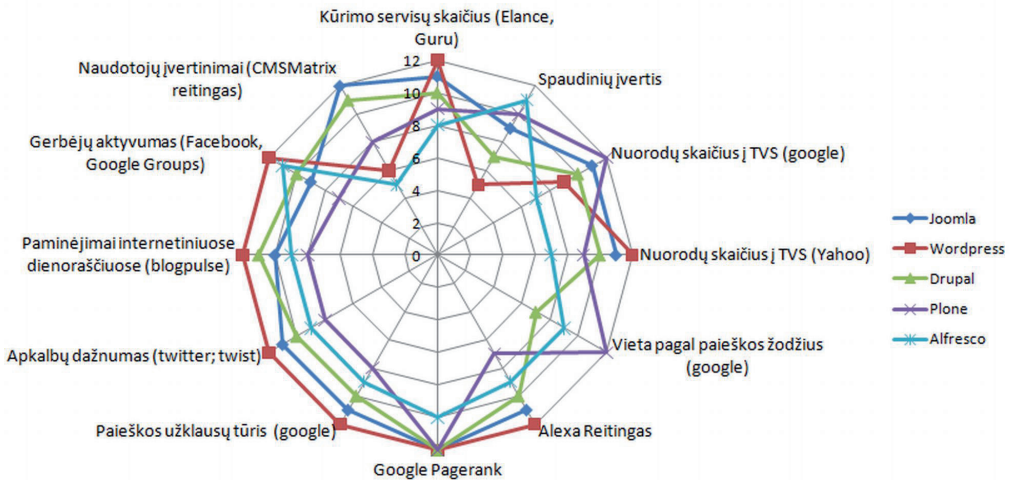
Išorinė analizė skirta tirti veiklos eigų įgyvendinimo metodų išorinius aspektus. Ji atskleidžia, kurios TVS yra populiariausios, įvertina veiklos eigų įgyvendinimo metodus. Atliekant išorinę analizę remiamasi *Ric Shreves* tyrimais (Shreves, 2008). Jie nagrinėja labiausiai naudojamas TVS. Pasirenkamos aukščiausius reitingus *CMSMatrix* turinčios sistemos, kurios yra prieinamos testavimui ir veiklos eigas yra įgyvendinusios vienu iš tiriamų metodų. Pasirenkama po 3 sistemas, naudojančias veiklos eigų įgyvendinimo metodą kaip pagrindinį:

1. Trigeriai, sąlygos ir veiksmai: *Plone, WebGUI, MySource Matrix*;
2. Sprendimai, sąlygos ir būsenos: *Drupal, Alfresco, Magnolia CMS*;
3. Petri tinklai: *COSA BPM, YAWL, Kontinuum*;
4. Prijungimo taškai-įvykiai, delegatai ir rolės: *Wordpress, Joomla, ez Publish*.

*Petri* tinklais grįstų veiklos eigų įgyvendinimo metodų nenaudoja populiariosios TVS. Turbūt taip yra dėl to, kad *Petri* tinklais grįstas modelis yra sunkiau programuojamas. Čia sistemos sugrupuotos pagal pagrindinį naudojamą veiklos eigų įgyvendinimo metodą sistemose. Visi tyrimai atlikti 12-ai turinio valdymo sistemų. Po kiekvieno matavimo sudaromas TVS sąrašas pagal to matavimo rezultatus. Tuomet bendroje lentelėje pagal TVS sąrašą atitinkamoms TVS sistemoms priskiriami taškai, lygūs atvirkštiniam vietos numeriui (geriausia 12 taškų, blogiausia – 1). Po visų tyrimų kiekvienai sistemai atskirai suskaičiuotas visų priskirtų taškų vidurkis, pagal kurį nustatoma galutinė TVS pozicija. Iš 12 tirtų TVS išrenkamos trys populiariausios. Su jomis atliekami detalesni tyrimai. Išrinkti populiariausias TVS padeda tokios charakteristikos: pritaikomumas, matomumas paieškai, populiarumas, žmonių aktyvumas, reputacija. Dėl tikslumo kiekviena charakteristika turi keletą matų, kurie laikomi lygiaverčiais ir yra vertinami atskirai.

### 3.2. Išorinės analizės matavimų rezultatų apibendrinimas

Tyrimai rodo, kad išoriškai populiariausios sistemos yra *Joomla* ir *Wordpress*. Beje, *Drupal* gavo beveik tokį patį įvertinimą kaip ir *Joomla*. Neabejotinai trys pačios geriausios sistemos yra *Joomla*, *Drupal* ir *Wordpress*. Tačiau tai nelabai atspindi veiklos eigas, kurios yra daugiau specifinės šių TVS funkcijos. Beje pirmas dvi vietas užėmusiose sistemose veiklų funkcionalumas gana ribotas ir mažai akcentuojamas. Jose veiklos eigos įgyvendinamos įvykiais grįstomis technologijomis. Taip yra todėl, kad šios sistemos iš pat pradžių nebuvo planuotos valdyti veiklos eigų ir joms pritaikyti kitą modelį būtų sudėtinga.



1 pav. Populiariausių TVS matavimų spindulinė diagrama

Kaip matome 1 pav., *Wordpress* lenkia kitas sistemas. Jos populiarumas pakilo būtent per 2010 metus, prieš kuriuos ji dar gerokai atsiliko nuo savo stipriausių konkurenčių. Prie to tikrai prisidėjo galimybė susikurti savo dienoraštį tiesiog internetiniame *Wordpress* puslapyje. Tačiau reikia panagrinėti diagramą atidžiau. Tiek matuojant vietą pagal paieškos žodžius, tiek nuorodų skaičių į TVS bei spaudinių įvertį, o taip pat žiūrint į naudotojų įvertinimus, buvo naudojamas žodis *workflow* arba vertinama būtent veiklos eigų sritis. Tai yra sritys, kur *Wordpress* gavo labai mažus įvertinimus. Šiose srityse pirmąją *Plone*, *Alfresco* ir *Joomla*. *Drupal* vis dar daugelyje matavimų atsilieka nuo *Joomla* ir kitų sistemų, tačiau yra neblogai vertinamas jos veiklos eigų įgyvendinamumas. Paieškoje dažniausiai sutinkama yra *Plone* sistema, kuri vis populiarėja. Jai turbūt trukdo tik tai, kad naudojama *Python* pagrindu sukurta *Zope* posistemė, o tai yra mažiau populiaru nei PHP.

**1 lentelė.** Veiklos eigų įgyvendinamumo metodų vertinimas pagal juos naudojančias sistemas

	<b>Įvykiai</b>	<b>Sprendimai ir būsenos</b>	<b>Trigeriai</b>	<b>Petri</b>
<i>Joomla</i>	10,58			
<i>Wordpress</i>	10,08			
<i>Drupal</i>		10,00		
<i>Plone</i>			8,77	
<i>Alfresco</i>		8,77		
<i>eZ Publish</i>	7,67			
<i>YAWL</i>				6,56
<i>Magnolia CMS</i>		5,54		
<i>WebGUI</i>			5,46	
<i>MySource Matrix</i>			5,00	
<i>Kontinuum</i>				3,25
<i>COSA BPM</i>				3,22
<b>Bendras įvertinimas</b>	9,44	8,10	6,41	4,34

1 lentelėje matome, skirtingus veiklos eigų įgyvendinimo metodus ir jų įvertinimus pagal sistemas, kurios naudoja šiuos metodus. Pirmauja įvykiais grįstos sistemos. Nuo jų nedaug atsilieka būsenomis ir sprendimais grįstas veiklos eigų įgyvendinimo metodas, kurį naudoja *Drupal* ir *Alfresco*. Nors įvykiais grįstą metodą lengviausia užprogramuoti, sprendimais grįstas metodas leidžia daug detaliau aprašyti veiklos eigas ir užduotis, sąlygas ir būsenas. Taip pat pastarasis metodas naudojamas ir UML, o šis modeliavimo įrankis yra dažniausiai naudojamas pasaulyje veiklos eigų modelių aprašymams.

Nuo šių dviejų metodų gerokai atsilieka trigerių ir *Petri* tinklų veiklos eigų įgyvendinimo metodai. *Petri* tinklai yra sunkiau suprantami nei kiti metodai. Trigeriais grįstos sistemos kartais netgi geriau atspindi veiklos eigų filosofiją, tačiau šiame tyrime pasirinkta tik viena *Plone* sistema, grįsta šiuo metodu, todėl šis metodas galutinėje lentelėje įvertintas prasčiau. Bet tai nereiškia, kad jis yra prastas.

Pirmasis veiklos eigų įgyvendinimo metodų trejetukas yra toks:

1. Trigeriai, sąlygos ir veiksmai;
2. Sprendimai, sąlygos ir būsenos;
3. Prijungimo taškai-įvykiai, delegatai ir rolės.

Atliekant vidinę analizę tiriami šie trys metodai. *Petri* tinklai nėra nagrinėjami, nes jie mažai kur naudojami ir prasčiau vertinami, veiklos eigas įgyvendinti naudojantis jais yra sudėtingiau nei kitais metodais.

### 3.3. Vidinė analizė ir metodiniai nurodymai

Išorinė analizė išryškina tris dažniausiai naudojamus praktiškiausius veiklos eigų įgyvendinimo metodus. Sudarytos charakteristikos ir matavimai labiau remiasi žmonių patirtimi. Vidinė analizė padeda objektyviau pažvelgti į veiklos eigų įgyvendinimo metodų vidines savybes. Jos pagalba matuojama, kuris metodas geriausiai tinka realizuoti veiklos eigas naujienų TVS. Yra keletas sričių, iš kurių yra sudarytas visas tarnybos, o kartu ir TVS, darbas: veiklos struktūrizavimas, rolių kūrimas ir naudojimas, darbų skirstymas ir vykdymas, dokumentų ir naujienų valdymas, turinio kūrimas ir kontrolė. Šios sritys pasirenkamos vidinės analizės charakteristikomis, o matai aprašomi kaip smulkesnės naujienų tarnybų darbo sritys. Vertinama priklausomai nuo to, kaip metodas atitinka kurį nors matą: puikiai (5 balai), gerai (4) arba pusiau (3) atitinka, beveik neatitinka (2) arba visai neatitinka (1). Vidinės analizės metu vertinamas tinkamumas įgyvendinti veiklos eigas naujienų TVS. Remiamasi standartiniais veiksmiais ir įvykiais, kurie vyrauja naujienų kambaryje ir naujienų tarnybos darbe (Hill, 2007; Paterson, 2007; Savalli, 2006).

### 3.4. Vidinės analizės matavimų rezultatų apibendrinimas

Įvairių metodų profiliai diagramoje (2 pav.) labai panašūs. Tai rodo, jog visi metodai daugiau ar mažiau yra panašiai tinkami veiklos eigoms įgyvendinti. Būtent todėl jie yra naudojami įvairiose TVS sistemose. Vidinis tyrimas taip pat parodė įvykių metodo pranašumą kaip ir išorinis metodų tyrimas (1 ir 2 lentelės).

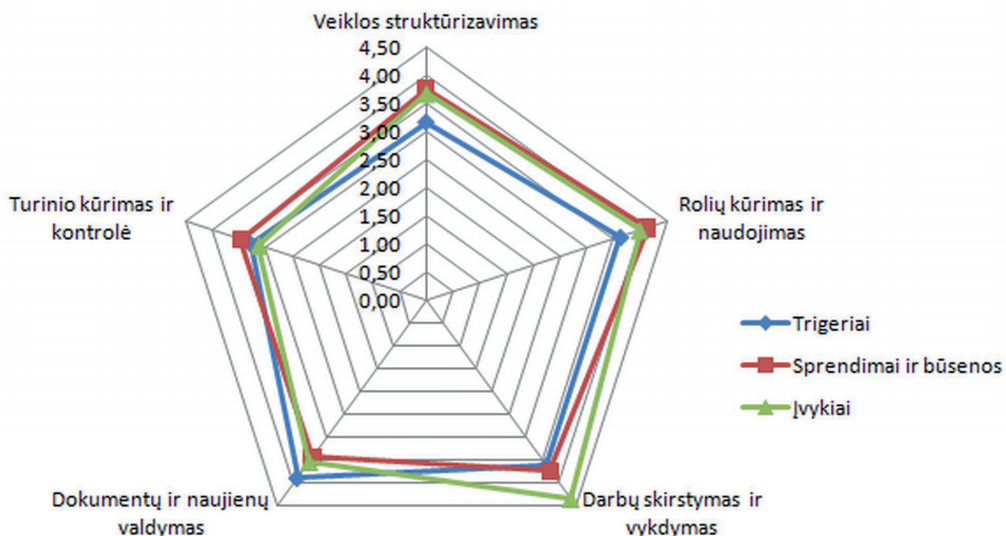
**2 lentelė.** Veiklos eigų įgyvendinimo metodų bendrasis įvertinimas

Charakteristika	Trigeriai	Sprendimai ir būsenos	Įvykiai
Veiklos struktūrizavimas	3,17	<b>3,75</b>	3,67
Rolių kūrimas ir naudojimas	3,63	<b>4,13</b>	4,00
Darbų skirstymas ir vykdymas	3,63	3,75	<b>4,38</b>
Dokumentų ir naujienų valdymas	<b>3,89</b>	3,44	3,56
Turinio kūrimas ir kontrolė	3,27	<b>3,45</b>	3,14
<b>Bendras:</b>	<b>3,52</b>	<b>3,70</b>	<b>3,75</b>

Tačiau daugeliu atvejų sprendimų metodo matavimai lenkia įvykių veiklos eigų įgyvendinimo metodą. Įvykių metodas toks populiarus išoriniame tyrime pasirodė tik todėl, kad jį naudoja dvi populiariausios TVS – *Joomla* ir *Wordpress*, o sprendimų metodas būtų gavęs dar didesnius įverčius, jei be *Drupal* būtų dar bent viena labai populiarus TVS. Trigierių metodas tiek išoriniame, tiek vidiniame tyrime pasirodė prasčiausiai.

Naujienų tipo TVS turėtų būti kuriama taip, kad saugotų visiems trims metodams reikalingą informaciją, o naudojantis kito metodo galimybėmis skirtingu būdu prieitų prie informacijos, kai reikalingos tam tikros specifinės tų metodų funkcijos. Veiklų eigoms planuoti galėtų būti pasirinktas vienas konkretus veiklos eigų įgyvendinimo metodas. Gilesni metodų matavimų rezultatai yra spindulinėje diagramoje (2 pav.).





2 pav. Veiklos eigų įgyvendinimo metodų diagrama

Diagrama rodo, jog daugelyje sričių sprendimų metodas yra geriausias pasirinkimas. Įvykių metodas tinka taip pat gerai, jei norima aprėpti kiek įmanoma daugiau sričių ir turėti tokią naujiųjų TVS sistemą, kur būtų įmanoma integruoti įvairius naujiųjų kambario darbo aspektus. Sprendimų ir įvykių metodai tinka, jei naujiųjų tarnyboje vyrauja daug laikinos informacijos. Stipriausia sritis – rolių kūrimas ir naudojimas

#### 4. Vidinės ir išorinės analizės rezultatų palyginimas ir metodų pritaikomumo sąlygos

Renkantis tam tikrą metodą konkrečiai funkcijai ar veiklų eigoms naujiųjų TVS įgyvendinti, visų pirma reikia atkreipti dėmesį į tai, kaip metodai veikia. Trigerių metodas imponuoja, jog pirmiausia įvyksta trigerio įvykis, tada tikrinama tam tikra sąlyga ir vykdomas veiksmas. Naudojantis šiuo metodu, dažniausiai reikia apibrėžti visus trigerius iš anksto. Trigerių metodu veiksmų perdavimo seka yra ne visai natūrali, daugiau deklaratyvi. Veiksmo perdavimas inicijuojamas gali būti tik tada, kai egzistuoja tam tikras trigeris, pavyzdžiui, ateina e. laiškas ar naudotojas paspaudžia mygtuką. Dėl nesudėtingo įgyvendinimo ir dinamiškumo, trigerių metodas gali būti naudojamas, kaip ir įvykių metodas, kuriant internetines svetaines.

Būsenų metodas gerokai skiriasi nuo trigerių. Čia pirmiausia turi būti apibrėžtos objektų būsenos. Tuomet būsenos gali pereiti iš vienos į kitą. Sistemoje, kurioje naudojamas būsenų veiklos eigų įgyvendinimo metodas, tikrinamos įvairios sąlygos ir tuomet priimami sprendimai, kurie dažniausiai įtakoja arba draudžia būsenos pasikeitimą.

Kadangi UML siūlo identiškus įrankius veiklos eigoms aprašyti grafiniu metodu (kartu su OCL), būsenų metodas išsiskiria labiau žmogišku veiklos eigų įgyvendinimu, natūralesniu veiklos eigų aprašymu. Galima sakyti, jis verčia deklaratyviai nustatyti veiklos eigas kaip perėjimus tarp būsenų.

Įvykių metodas yra panašus į trigerių. Tačiau pastarajame veiklų eiga vykdoma sistemos, kuri laukia trigerio iš tam tikro objekto. Kitaip nei trigerių metodu, veiklos eigos planavimas yra natūralesnis, nes nereikia aprašyti įvykių. O dažnai pačios veiklos eigos deklaratyviai apibūdinti išvis nereikia. Tai yra šio metodo privalumas, nes iš anksto nebūtina žinoti, kokia veiklos eiga yra, ji gali keistis TVS vystymo eigoje. Dėl šio ir kitų privalumų, tokių kaip lengvas jo naudojimas sistemoje, įvykių metodas yra dažniau naudojamas nei trigerių. Tačiau iš anksto žinant, kaip turi veikti sistema, žinant roles ir dokumentų būsenas, būsenų metodo naudojimas įneša į sistemą daug daugiau aiškumo ir žmogui ją lengviau suprasti.

Sprendimų metodas tinka aprašyti labiau statines veiklų eigas, kai naujiųjų tarnybos darbo pobūdis mažai kinta. Tačiau jis visiškai netinka, jei dokumentai ir naujienos specializuotos ir turi daug papildomos kontekstinės informacijos. Trigerių metodas labiausiai tinka, jei naujiųjų kambaryje mažai redaktoriaus ir korespondentų iniciatyvos, naujiųjų tarnybos darbe daugiau vyrauja išoriniai stimulai, tokie kaip skaitytojų komentarai. Savo ruožtu įvykių metodas tinka visose situacijose, jis yra lengviausiai programuojamas, jį lengva integruoti į jau esančias sistemas. Ir nors jis nėra pats geriausias pasirinkimas, jeigu norima kokybiškos sistemos, įvykių metodą naudoti patartina, jeigu naujiųjų TVS norima sukurti pigiau ir greičiau.

## 5. Rezultatai

Pagrindiniai darbo rezultatai yra šie:

1. Apžvelgti 4 veiklos eigų įgyvendinimo metodai ir parodyta, kaip jų pagalba įgyvendinamos veiklų eigos, atsižvelgiant į naujiųjų tarnybos darbo pobūdį.
2. TVS populiarumui matuoti buvo pasiūlytas charakteristikomis ir matais bei 12 balų vertinimo sistema paremtas išorinės analizės tyrimas, įvairūs įverčiai perskaičiuoti naudojantis Bayeso ir kitomis formulėmis su svoriais.
3. Vidinis turinio valdymo tyrimas atliktas trimis iš keturių aukščiausių matavimų rezultatus išorinėje analizėje gavusiems metodams. Buvo išskirtos naujiųjų tarnybų funkcijos ir funkcijų įgyvendinimas kiekvienu metodu įvertintas remiantis penkiabale vertinimo sistema.
4. Darbe pateikti veiklos eigų įgyvendinimo naujiųjų TVS metodiniai nurodymai. Detalizuota, kurioms skirtingoms funkcijoms įgyvendinti yra tinkamas kiekvienas iš metodų. Parodoma, kaip turėtų būti tiriamas naujiųjų tarnybos darbas ir parenkami metodai veiklos eigoms įgyvendinti.

## 6. Išvados

Naujiųjų kambarys pamažu tampa virtualiu, arba virtualiai valdomu, jį galima automatizuoti. Naujiųjų tarnybų darbą veikia išorinės jėgos, kitos naujiųjų tarnybos, skaitytojai, aplinka ir pačios naujiūros. Naujiųjų tarnyboms TVS sukurti reikalingos veiklos eigos, o pastarąsias įgyvendinti – įvairūs metodai.

Išorinė analizė atskleidė išorinius veiksnius, tokius kaip įvairių bendruomenių aktyvumas ar paieškos rezultatai, kurie tiesiogiai ar netiesiogiai parodo ne tik TVS, bet ir naudojamų metodų konkurencingumą. Sistemų populiarumą neabejotinai įtakoja ir kiti veiksniai, todėl išorinė analizė specializuota ir įvairūs matai parinkti sutinkamai su veiklų eigų TVS aspektais. Vidinis tyrimas objektyviai parodė, jog imant skirtingą metodais įgyvendinamų funkcijų aibę galima gauti aukštus metodo įvertinimus. Vidinė analizė atskleidžia, kad tik pora metodų yra labiausiai patartini naudoti, jeigu jie naudojami atskirai. Todėl kuriamą sistemą reikia planuoti taip, kad skirtingi veiklos eigų metodai būtų naudojami kartu. Pagrindinei veiklos eigų įgyvendinimo posistemai reikia pasirinkti vieną metodą, o kitus – atskiroms funkcijoms.

Papildomai atlikus išorinę analizę su daugiau TVS, galima būtų gauti detalesnį vaizdą, galbūt pamatyti, jog yra ir kitų metodų, kuriuos naudoja neaptartos, tačiau gali būti taip pat populiarios TVS. Vidinės analizės kokybę ir objektyvumą galima pagerinti atliekant detalesnius naujiųjų tarnybų charakteristikų matavimus. Šiame darbe atlikti matavimai ir padarytos išvados gali būti naudojami atliekant kitus tyrimus, kaip gairės naujoms sistemoms kurti bei senoms vystyti ir kaip pagrindas vystyti veiklos eigų turinio valdymo sistemose teoriją. Pateikti veiklos eigų metodų tyrimai, nurodymai ir rekomendacijos gali būti naudojami kuriant naujiųjų tipo TVS arba diegiant veiklos eigas į jau esamą sistemą.

Ateityje veiklos eigos gali remtis ne tik algoritmais, bet ir statistiniais metodais. Tai yra užduotys, perduodamos valdymą kitoms užduotims ar keisdamos būsenas, gali naudotis statistiniais, neuroniniais tinklais. Taip pat gali būti panaudota ir trečiosios interneto kartos technologija – semantinis tinklas. Pastarasis leistų pagerinti daugelį naujiųjų TVS darbo aspektų, labiau įtraukti skaitytojus ir žymiai suasmeninti tiek naujiųjų pateikimą, tiek reklamą naujiųjų portale, glaudžiai apjungti naujiųjų TVS su socialiniais tinklais.

## LITERATŪRA

- A. Dogac, L. Kalinichenko, T. Ozsu, A. Sheth. NATO advanced study institute on workflow management systems and interoperability. ACM, 1998.
- A. Rockley. Managing Enterprise Content: A Unified Content Strategy. New Riders Press, 2002.
- A. Afonin, D. Adomaitis. Paprasti ir spalvotieji Petri tinklai. Kauno technologijos universitetas, 2007.
- B. Boiko. Content Management Bible. URL: <http://metatorial.com/pageb.asp?id=download&careatpl=downloads.xml>, Wiley, 2004.
- C. T. Savalli. Newsroom of the Future. 2006.
- C. Paterson. International news on the internet: Why more is less. Ethical Space, 2007.

- Drupal Workflow Engine. 2008. URL: <http://drupal.org/node/24249>. 2011-01-02.
- G. Hobona. UK Workflow Research. URL: [http://www.gim-international.com/issues/articles/id1095-UK\\_Workflow\\_Research.html](http://www.gim-international.com/issues/articles/id1095-UK_Workflow_Research.html). 2008.
- G. McGovern, R. Norton. Content Critical: Gaining Competitive Advantage Through High-Quality Web Content. FT Press, 2001.
- Hannon Hill Corporation. Using Workflows in a Content Management System. 2007.
- J. T. Hackos. Content Management for Dynamic Web Delivery. Wiley, 2002.
- J. Wadle. Workflow and System Integration in the Content Management Process. Omnibus Systems, 2006.
- József Tick. Workflow Model Representation Concepts. Institute for Software Engineering, John von Neumann Faculty, Budapest Tech, 2011.
- Kutz, D. O., Herring, S. C.. Micro-longitudinal analysis of Web news updates. Proceedings of the Thirty-Eighth Hawai'i International Conference on System Sciences. IEEE, 2005.
- New workflows in Plone 3. 2009. URL: <http://plone.org/documentation/kb/new-workflows-in-plone-3>. 2011-01-03
- Object Management Group, Inc. OMG Unified Modeling Language (OMG UML), Superstructure. Version 2.4. OMG, Jan 2011 vasaris.
- Poynter. Idea O'Matic - 60 Ideas in 60 Minutes, 2006.
- R. Shreves. The 2008 Open Source CMS Market Share Report, Published by water&stone. URL: <http://www.waterandstone.com/downloads/2008OpenSourceCMSMarketSurvey.pdf>. 2009-04-12.
- Scott W. Ambler. UML 2 Activity Diagramming Guidelines. 2011.
- S. Bergmann. Design and Implementation of a Workflow Engine. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, 2009.
- The Council of Europe. Seventh Framework Programme for research and technological development. 2006.
- WebGUI workflow. 2011. URL: <http://www.webgui.org/community-wiki/workflow>. 2011-01-03
- W. Aalst, K. Hee. Workflow Management. Models, Methods, and Systems. Massachusetts Institute of Technology, 2002.

## USING WORKFLOWS IN NEWS CONTENT MANAGEMENT SYSTEMS

**Andrius Stašauskas**

### Summary

In this paper different news services are analyzed and a concept of a modern newsroom is defined. Methods of different workflows implementations are investigated considering the modeling aspect of workflow activities. There are two studies done and analysed in this work: the external and internal analysis. The former analysis reveals the most popular content management systems. It also highlights common and practical methods of creating workflows. The aim of internal analysis is to evaluate methods using inherent characteristics. There are also researched best practices of creating workflows in terms of news' content management systems in this paper. The results of this work show which workflows implementation methods' properties are strong. Weaknesses and areas for improvement are also highlighted in the paper. The analysis allows determining which workflows implementation method could or should be used for the development of various workflow subsystems in news related content management systems. Measurements and conclusions drawn may be used as guidelines for the development of new content management systems, and integrating workflow subsystems into existing systems. Keywords: workflow, activity sequencing, content management, content management system, news agency, newsroom

# Informacijos ir informacinių technologijų saugos magistratūros programa

## **Algimantas Venčkauskas**

Kauno technologijos universiteto docentas, daktaras  
Kaunas University of Technology, Assoc. Professor, PhD  
Donelaičio g. 20, LT-44239 Kaunas  
Tel. (8 37) 300 389  
El. paštas: algimantas.venckauskas@ktu.lt

## **Stasys Maciulevičius**

Kauno technologijos universiteto docentas, daktaras  
Kaunas University of Technology, Assoc. Professor, PhD  
Donelaičio g. 20, LT-44239 Kaunas  
Tel. (8 37) 300 389  
El. paštas: stasys.maciulevicius@ktu.lt

## **Jevgenijus Toldinas**

Kauno technologijos universiteto docentas, daktaras  
Kaunas University of Technology, Assoc. Professor, PhD  
Donelaičio g. 20, LT-44239 Kaunas  
Tel. (8 37) 300 389  
El. paštas: eugenijus.toldinas@ktu.lt

*Informacinėms technologijoms tapus neatsiejama šiuolaikinės visuomenės vystymosi dalimi, didėja informacijos saugos nuo įvairių pavojų – informacijos praradimo, nepageidaujamo ar nesankcionuoto jos skleidimo ar pakeitimo ir pan. – svarba. Norint užtikrinti elektroninės informacijos ir elektroninėje erdvėje teikiamų paslaugų konfidencialumą, vientisumą ir prieinamumą, elektroninių ryšių tinklą, informacinių sistemų ir ypatingos svarbos informacinės infrastruktūros apsaugą nuo incidentų ir kibernetinių atakų, reikia šalyje užtikrinti informacijos saugos specialistų rengimą. Straipsnyje, išnagrinėjus Vakarų universitetų informacijos saugos studijų programas ir patirtį, pristatoma KTU Informatikos fakultete parengta Informacijos ir informacinių technologijų saugos magistrantūros programa.*

## **Informacijos saugos problemos ir specialistų poreikis**

Šiuolaikinėje visuomenėje informacinės technologijos (IT) naudojamos praktiškai visose veiklos srityse – tiek privačiame, tiek valstybiniame sektoriuje: gamyboje, paslaugų sferoje, mokyme, vykdam valstybines funkcijas ir t. t. IT turi padėti tinkamai atlikti kontrolę, užtikrinančią informacijos saugą nuo įvairių pavojų, pvz., nepageidau-

tino ar nesankcionuoto informacijos skleidimo, pakeitimo ar netekimo. Ypač sparčiai besivystančios integruotos informacijos kaupimo ir apdorojimo technologijos – debesų kompiuterija (*Cloud Computing*), virtualizacijos sistemos, paskirstytosios duomenų saugojimo sistemos (duomenų centrai) – kelia papildomus reikalavimus informacijos saugai užtikrinti. Todėl informacijos saugos problemos aktualios visoms IT naudojimo sritims, o informacijos ir IT saugos specialistai reikalingi visose šiose srityse. Informacijos ir IT saugos specialistų veikla apima įvairias sritis – pradedant informacijos saugos vadyba ir baigiant technologinių sprendimų kūrimu, jų realizacija ir palaikymu.

Lietuvos Respublikos nacionalinis elektroninių ryšių tinklų ir informacijos saugumo incidentų tyrimo padalinys CERT-LT, apibendrinamas 2010 metų veiklą (CERT-LT..., 2010), teigia, kad didžiausia problema, su kuria tais metais susidūrė Lietuvos interneto naudotojai, buvo kenkėjiška programinė įranga. Nors virusai ir toliau išlieka didžiausiu kompiuterių naudotojų rūpesčiu, tačiau daugėja ir pavojingesnių reiškinių – elektroninės paslaugos trikdymo atakų (angl. *DoS – Denial-of-Service*), neteisėto informacinės sistemos išteklių naudojimo (angl. *Web Site Defacement*) arba neteisėto prisijungimo prie informacinės sistemos ar elektroninių ryšių tinklo (angl. *System Compromise/Intrusion*) bandymų, elektroninių duomenų iškraipymo (angl. *Phishing*), jų pasisavinimo ar neteisėto panaudojimo (angl. *Spyware*) atvejų. Žvelgdamas į ateitį, CERT-LT prognozuoja, kad atsiras dar sudėtingesnis kenkėjiškas programinis kodas, gebantis išnaudoti programinės įrangos spragas, dėl ko bus apsunkintas apsaugos programų darbas, bus sunkiau aptikti tas spragas. Sparčiai augant vartotojų skaičiui socialiniuose tinkluose, turėtų dar labiau plisti kenkėjiškas kodas ir didėti privačios bei konfidencialios informacijos vagystės. Prognozuojama, kad reikėtų laukti dar sudėtingesnių ir aktyvesnių saugumo atakų, organizuotų *botnet* tinklais, tad saugumo atakų padaroma žala gali didėti.

Igyvendindama Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2008–2012 metų programos įgyvendinimo priemonių (Lietuvos Respublikos..., 2009), patvirtintų Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2009 m. vasario 25 d. nutarimu Nr. 189, 3 lentelės 65 punktą, Lietuvos Respublikos Vyriausybė parengė Elektroninės informacijos saugos (kibernetinio saugumo) plėtros 2011–2019 metais programą (Elektroninės informacijos..., 2011). Šioje programoje pabrėžiama, kad stinga ir, tikėtina, ateityje vis labiau stigs kvalifikuotų elektroninės informacijos saugos specialistų.

Valstybės kontrolės atliktame tyrime „Strateginės informacijos sauga“ (Gamulis, Kiškina, 2009) konstatuota daug problemų, susijusių su Lietuvos kibernetiniu saugumu, pabrėžiama, kad Lietuvos universitetuose nėra informacijos saugos specialistų rengimo programų. Šio tyrimo išvadose tarp kitų kibernetinio saugumo stiprinimo krypčių ir priemonių pabrėžta būtinybė „skatinti fundamentaliuosius ir projektinius tyrimus kibernetinės erdvės apsaugos srityje“ ir „parengti galimybių studiją, kuri įvertintų sąlygas parengti specialias IT saugumo specialistų mokymo programas Lietuvos universitetuose“.

Informacijos saugos specialistų rengimo svarba pažymėta ir studijoje „Aukščiausios kvalifikacijos specialistų (magistrantų) pasiūlos ir paklausos atitikimo sisteminis įverti-

nimas“, atliktoje Lietuvos socialinės apsaugos ir darbo ministerijos Darbo ir socialinių tyrimų instituto (Ruževskis ir kt., 2008).

JAV Vyriausybės Darbo departamento Darbo statistikos biuro prognozėmis iki 2018 m. specialistų, turinčių magistro kvalifikaciją, poreikis išaugs 18,3% (Lacey, 2009). To paties Darbo statistikos biuro prognozėmis Kompiuterių tinklų ir sistemų, kurių viena iš specializacijų yra kompiuterių sauga, specialistų poreikis iki 2018 m. augs 30 %, o ypač aukštos kvalifikacijos sistemų analitikų – 53% (Occupational..., 2010-11). Tokios pačios IT saugos specialistų poreikio augimo tendencijos laukiamos Europos sąjungoje ir Lietuvoje.

Todėl būtina parengti elektroninės informacijos saugos specialistų rengimo ir jų kvalifikacijos tobulinimo programą ir ją įgyvendinti, išnaudojant Lietuvos Respublikos švietimo sistemos potencialą, rengti informacijos apsaugos teisės specialistus bei plėtoti mokslinius tyrimus šioje srityje.

Tuo tarpu dabartiniu metu tik Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultete žengti pirmieji žingsniai šia kryptimi: nuo 2008 m. Informacinių technologijų magistrantūros programoje yra Informacijos saugos specializacija (Venčkauskas, 2009). Čia studijuojami bendrieji IT klausimai, o informacijos saugos dalykams skiriama tik dalis studijų laiko. Be to, šioje magistrantūros studijų programoje gali studijuoti asmenys, neturintys informatikos ar informatikos inžinerijos bakalauro kvalifikacijos (pastarieji turi būti įgiję bendrąjį kompiuterinių technologijų išsilavinimą). Kituose Lietuvos universitetuose atskiri informacijos dalykai studijuojami įvairiose studijų programose.

Į KTU Informacinių technologijų magistrantūros programos Informacijos saugos specializaciją 2008 m. buvo priimta 22, 2009 m. – 15 ir 2010 m – 20 studentų, baigusiu informatikos, informatikos inžinerijos ar gretutines bakalauro studijas iš KTU, VU, VGTU ir ŠU, ne KTU absolventai sudarė iki 30% priimtųjų. Ne informatikos, informatikos inžinerijos ar gretutines bakalauro studijas baigusiu stojančiųjų nebuvo.

### *Informacijos saugos specialistų rengimas*

Priklausomai nuo informacijos saugos specialisto darbo vietos ir funkcijų specifikos, jo pareigybė vadinama įvairiai: informacinių technologijų saugos specialistas, duomenų saugos specialistas, informacijos saugos analitikas, informacijos saugos pareigūnas, kompiuterių saugos specialistas, informacijos saugos vadovas, informacinių technologijų saugos analitikas ir t.t. JAV Vyriausybės Darbo departamento Darbo statistikos biuras taip apibrėžia reikalavimus informacijos saugumo specialistams: „Gebėti planuoti, įgyvendinti, atnaujinti ir stebėti kompiuterių tinklų ir informacijos saugumo priemonės. Užtikrinti tinkamą saugumo kontrolę, kuri apsaugotų skaitmeninius failus ir IT infrastruktūrą. Turi gebėti reaguoti į kompiuterių saugumo pažeidimus“ (Standard..., 2010). Kadangi informacijos saugos specialistų veiklos sritis yra plati, jiems keliami reikalavimai išmanyti platų spektrą informacijos saugos įgyvendinimo būdų ir saugos užtikrinimo priemonių: teisinių, moraliinių-etinių, organizacinių (administracinių), fizinių ir techninių (aparatinųjų ir programinių).

Tarptautinės informacinių ir ryšių technologijų specialistų rengimo ir sertifikavimo organizacijos SANS (*SysAdmin, Audit, Network, Security*) institutas (SANS..., 2011), Tarptautinis informacinių sistemų saugumo sertifikavimo konsorciumas (International Information Systems Security Certification Consortium, Inc., (ISC)<sup>2</sup> (ISC..., 2011) pagal ANSI, ISO, IEC standartų reikalavimus taip apibrėžia žinių, gebėjimų ir įgūdžių, kuriuos privalo turėti informacijos ir IT saugos specialistai, sritis:

- prieigos kontrolė (*Access Control*);
- kriptografija (*Cryptography*);
- telekomunikacijų ir kompiuterių tinklų sauga (*Telecommunications and Network Security*);
- saugių sistemų kūrimas (*Application Development Security*);
- saugos priemonių eksploatavimas ir administravimas (*Operations Security*);
- saugos architektūra ir projektavimas (*Security Architecture and Design*);
- veiklos tęstinumo ir atstatymo po incidentų planavimas (*Business Continuity and Disaster Recovery Planning*);
- informacijos saugos ir rizikos valdymas (*Information Security Governance and Risk Management*);
- informacijos saugos teisinis reglamentavimas, tyrimas ir laikymasis (*Legal, Regulations, Investigations and Compliance*);
- fizinė (aplinkos) sauga (*Physical (Environmental) Security*).

Istoriškai susiklostė, kad daugelyje pasaulio universitetų informatikos specialistų rengimo programose iš pradžių pagrindinis dėmesys buvo skiriamas pačių informacinių technologijų dalykams, o kompiuterių saugos klausimai beveik nenagrinėjami. Išryškėjus informacijos saugo problemų reikšmei, saugos klausimai ilgainiui buvo įtraukti į daugelio Europos ir Amerikos universitetų programas tiek bakalauro, tiek ir magistro studijose. Rengiant informacijos saugos modulių programas, taikomos įvairios metodologijos. Dažnai informacijos saugos dalykai įtraukiami į esančias programas ir šios pamažu išsivysto į specialias IT saugos programas. Pirmiausia apibrėžiamos specialistų pareigybės, vaidmenys ir reikiamų žinių sritys, nustatomi tarpusavio ryšiai ir tada parengiama mokymo programa (Whitman, 2004). Informacijos saugos mokymui gali būti naudojami perspektyvūs nuotolinio mokymo metodai (Lahoud, 2006).

Dabartiniu metu kai kuriuose Europos Sąjungos šalių ir JAV universitetuose yra specialios informacijos, IT arba kompiuterių saugos magistrantūros studijų programos: Ročesterio technologijos institute (*Computing Security...*, 2011) – Skaičiavimų saugos ir informacijos apsaugos, Londono Royal Holloway universitete (*MSc in...*, 2011) ir Lulea technologijos universitete (*Master Programme...*, 2011) – Informacijos saugos; Liverpulio universitete (*Master of Science in Information...*, 2011) – Informacijos sistemų vadybos. Iš Baltijos šalių tik Talino technologijos universitete yra Kibernetinės saugos programa (*Master of Science in Cyber...*, 2011).



Išanalizavę minėtų Europos bei JAV universitetų informacijos ir informacinių technologijų saugos magistrų rengimo programas, matome, kad į jas įtraukti tokie moduliai, kaip „Kompiuterinių sistemų sauga“, „Kompiuterių virusai ir kenkėjiškos programos“, „Kriptografija“, „Saugūs duomenų perdavimo tinklai“, „Saugios duomenų bazių sistemos“, „Saugos vadyba“, „Programinės įrangos sauga“ ir t.t.

### *Informacijos ir informacinių technologijų saugos magistrantūros programa*

Atsižvelgiant į informacijos saugos svarbą ir šios srities specialistų trūkumą Lietuvoje, galime tvirtinti, kad informatikos ar informatikos inžinerijos bakalaurams reikalinga atskira magistrantūros studijų programa, kurioje visas studijų laikas būtų skirtas informacijos ir IT saugos dalykų studijoms. Todėl Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultete nuspręsta sustiprinti informacijos ir informacinių technologijų saugos specialistų rengimą magistrantūros studijose.

Pagrindinės tokios krypties specialistų uždaviniai, tiesiogiai organizuojant ir užtikrinant veiksmingą informacijos saugos sistemos funkcionavimą, yra:

- formuluoti reikalavimus informacijos saugos sistemai jos kūrimo procese;
- dalyvauti saugos sistemų projektavimo, diegimo, bandymų ir priėmimo eksploatuoti procesuose;
- planuoti, organizuoti informacijos saugos sistemas ir užtikrinti saugų kompiuterinių sistemų funkcionavimą;
- paskirstyti būtinus saugos rekvizitus vartotojams;
- stebėti saugos sistemų ir jų elementų funkcionavimą;
- organizuoti saugos sistemų funkcionavimo patikimumo patikrinimus;
- mokyti vartotojus ir kompiuterinių sistemų personalą saugaus informacijos apdorojimo taisyklių;
- kontroliuoti, kaip vartotojai ir kompiuterinių sistemų personalas laikosi elgesio su saugoma informacija taisyklių jos kompiuterizuoto apdorojimo procese;
- imtis atitinkamų priemonių, esant nesankcionuotos prieigos prie informacijos bandymams ir saugos sistemos funkcionavimo taisyklių pažeidimams;
- kurti ir plėtoti inovatyvius informacijos saugos metodus ir technologijas.

Įvertinant tai, informacijos ir informacinių technologijų saugos magistrantūros studijų programai keliamas tikslas – rengti aukštos kvalifikacijos informatikos inžinerijos specialistus, kurie gebės savarankiškai ir kvalifikuotai dirbti informacijos saugos užtikrinimo srityje: vykdyti mokslo tiriamuosius darbus, vertinti, planuoti, projektuoti ir įgyvendinti saugias informacinių technologijų sistemas, spręsti programinės įrangos saugos problemas, spręsti saugos problemas, susijusias su socialine inžinerija, projektuoti

ir įgyvendinti informacijos saugos vadybos sistemas, planuoti ir įgyvendinti veiklos tęstinumą ir kompiuterių sistemų atstatymą.

Įvertinant stojančiųjų kontingentą, valstybinių ir verslo struktūrų poreikius ir siekiant paruošti aukštesnės kvalifikacijos Informacijos ir informacinių technologijų saugos specialistus tikslinga parengti atskirą magistrantūros programą, į kurią būtų priimami informatikos ar gretutinių specialybių bakalai.

Šios programos magistrantūros studijas galės pasirinkti bakalai, turintys informacinių technologijų ir programavimo žinių ir įgūdžių ir baigę informatikos (I100), informacijos sistemų (I200), programų sistemų (I300), sveikatos informatikos (I500), matematikos ir kompiuterių mokslo (I900), informatikos inžinerijos (E100) arba elektronikos ir elektros inžinerijos (H600) kryptių studijas.

Informacijos ir informacinių technologijų saugos magistrantūros studijų programa savo apimtimi ir struktūra atitinka Magistrantūros studijų programų bendrųjų reikalavimų aprašą (Magistrantūros..., 2010). Programos turinys bus išdėstomas per 2 studijų metus (4 semestrus); programos modulių (dalykų) (įskaitant studijų dalykus bei baigiamąjį darbą) apimtis – 80 (120 ECTS) kreditų. Baigę šią studijų programą magistras gaus dviejų kryptių žinių: informatikos inžinerijos ir informacijos saugos projektavimo, organizavimo ir įgyvendinimo. Jiems bus suteikiamas informatikos inžinerijos magistro kvalifikacinis laipsnis.

Į magistrantūros programos studijų planą įtraukti tokie 4 kreditų (6 ECTS kreditų) moduliai:

- Informacijos saugos tyrimo problemos analizė ir specifikuojimas,
- Informacinių technologijų saugos metodai,
- Kriptografinės sistemos,
- Programų sauga,
- Kompiuterių tinklų sauga,
- Informacijos saugos sprendimo kūrimas,
- Duomenų bazių ir elektroninių dokumentų sauga,
- Saugumo patikros ir etiško įsilaužimo technologijos,
- Informacijos saugos vadyba,
- E. paslaugų sauga,
- Informacijos saugos sprendimo prototipo realizavimas ir tyrimas,
- Nusikaltimai elektroninėje erdvėje ir jų tyrimo metodikos,
- Informacijos saugos sistemų projektavimo metodologija,
- Virtualios infrastruktūros sauga.

Modulių turinys sudaromas taip, kad jie kartu spręstų tokius uždavinius:

- suteikti žinias apie informacijos saugos teorinius pagrindus ir metodus.
- suteikti žinias apie IT saugos technologijas.

- suteikti žinias apie IT saugos vadybą ir teisinius dalykus.
- suteikti žinias apie IT mokslinių tyrimų metodologiją,
- išugdyti gebėjimus vykdyti mokslo tiriamuosius darbus informacijos ir IT saugos srityje,
- išugdyti gebėjimus taikyti inovatyvias informacijos saugos metodus ir technologijas,
- išugdyti gebėjimus analizuoti, vertinti, projektuoti ir įgyvendinti saugias informacinių technologijų sistemas,
- išugdyti gebėjimus vertinti, projektuoti ir įgyvendinti informacijos saugos vadybos sistemas,
- išugdyti gebėjimus tirti ir vertinti kompiuterinius (IT) nusikaltimus,
- išugdyti gebėjimus pagrįsti daromas išvadas ir jas deramai pateikti įvairaus išsilavinimo suinteresuotiems asmenims,
- išugdyti gebėjimus savarankiškai dirbti ir mokytis, pažinti ir kritiškai vertinti teorines bei praktines naujoves, suvokti etinius ir socialinius savo žinojimo ir jo pagrindu priimamų sprendimų padarinius ir atsakomybę už juos.

Kauno technologijos universitete sukaupti pakankami intelektualiniai ir materialieji ištekliai. Universitete vykdomas projektas „Informacinių technologijų infrastruktūros, skirtos studijų programoms, moksliniams tyrimams ir technologinei plėtrai, sukūrimas (IT NKP INFRA)“ (finansavimo ir administravimo sutarties Nr. VP2-1.1-ŠMM-04-V-02-005). Panaudojant šio projekto lėšas, kuriama specializuota Informacijos ir IT saugos laboratorija su specialia technine ir programine įranga, skirta laboratoriniams ir mokslo tiriamiesiems darbams informacijos ir IT saugos srityje magistrantūros ir bakalauro studijose atlikti. Geras sąlygas studijoms sudarys ir KTU dalyvavimas Microsoft Developer Network Academic Alliance ir IBM Academic Initiatives ir EMC Academic Alliance programose, atveriančiose galimybes naudotis šių firmų operacinių sistemų, programavimo kalbų, projektavimo priemonių, programų sistemų licencijomis atliekant kursinius ar baigiamuosius projektus.

## *Išvados*

1. Sparčiai plečiantis informacinių technologijų taikymui įvairiausiose veiklos srityse, didėja priemonių, užtikrinančių informacijos saugą nuo įvairių pavojų (pvz., informacijos sugadinimo, jos nepageidautino ar nesankcionuoto informacijos skleidimo, pakeitimo ar netekimo) svarba.
2. Tyrimai rodo, kad kompiuterių saugos pažeidimų skaičius nemažėja, atsiranda naujų pavojingų reiškinių, įtakojančių ir Lietuvos kibernetinį saugumą.
3. Lietuvos Respublikos Vyriausybės parengtoje Elektroninės informacijos saugos (kibernetinio saugumo) plėtros 2011–2019 metais programoje pabrėžiama kva-

- lifikuotų elektroninės informacijos saugos specialistų stoka ir tokių specialistų rengimo ir jų kvalifikacijos tobulinimo būtinybė. Tuo tarpu Lietuvos universitetuose nėra programų, skirtų informacijos saugos specialistams rengti.
4. Išanalizavus Europos bei JAV universitetų informacijos ir informacinių technologijų saugos magistrų rengimo programas, KTU Informatikos fakultete parengta Informacijos ir informacinių technologijų saugos magistrantūros programa.
  5. Jau sukaupia informacijos saugos dalykų dėstymo patirtis, plečiama laboratorinė bazė su specialia technine ir programine įranga, fakulteto katedrų profesorių ir docentų kvalifikacija įgalins parengti kvalifikuotus elektroninės informacijos saugos specialistus. Tam padės ir KTU dalyvavimas *Microsoft Developer Network Academic Alliance* ir *IBM Academic Initiatives* ir *EMC Academic Alliance* programose.

## LITERATŪRA

- CERT-LT apibendrina 2010 metų veiklą* [interaktyvus], [žiūrėta 2011.04.28]. Prieiga per internetą: <<https://www.cert.lt/doc/2010.pdf>>.
- Computing Security and Information Assurance MS*. [interaktyvus], [žiūrėta 2011.05.04]. Prieiga per internetą: <<http://www.rit.edu/programs/computing-security-and-information-assurance-ms>>.
- Elektroninės informacijos saugos (kibernetinio saugumo) plėtros 2011–2019 metais programa* [interaktyvus], [žiūrėta 2011.04.20]. Prieiga per internetą: <<http://kaveikiavaldzia.lt/docs/2011/04/14/51251>>.
- Gamulis, R.; Kiškina, I. (2009). Išankstinio tyrimo ataskaita. Strateginės informacijos sauga, 2009 m. kovo 16 d., Vilnius. 26 p. [interaktyvus], [žiūrėta 2011.05.10]. Prieiga per internetą: <[http://www.vkontrolė.lt/auditas\\_ataskaita.php?3081](http://www.vkontrolė.lt/auditas_ataskaita.php?3081)>.
- (ISC)<sup>2</sup> Certification Programs* [interaktyvus], [žiūrėta 2011.04.28]. Prieiga per internetą: <<https://www.isc2.org/credentials/default.aspx>>.
- Lacey, T. A.; Wright, B. (2009). Occupational employment projections to 2018, The Bureau of Labor Statistics of the U.S. Department of Labor [interaktyvus], [žiūrėta 2011.01.14], Prieiga per internetą: <<http://www.bls.gov/opub/mlr/2009/11/art5full.pdf>>
- LAHOUD, H. A.; and TANG, X. (2006). Information security labs in IDS/IPS for distance education. Iš „Proceedings of the 7th Conference on information Technology Education (Minneapolis, Minnesota, USA, October 19 – 21, 2006)“. SIGITE '06. ACM, New York, NY, p. 47–52.
- Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2008–2012 metų programos įgyvendinimo priemonės. *Valstybės žinios*, 2009, Nr. 33, p. 3-143.
- Magistrantūros studijų programų bendrųjų reikalavimų aprašas*, patvirtintas Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministro 2010 m. birželio 3 d. įsakymu Nr. V-826 [interaktyvus], [žiūrėta 2011.05.03]. Prieiga per internetą: <[http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_bin?p\\_id=374821](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_bin?p_id=374821)>
- Master of Science in Cyber Security. Tallinn University of Technology* [interaktyvus], [žiūrėta 2011.05.03]. Prieiga per internetą: <[http://www.masterstudies.com/University-Courses-Executive-Diploma-Program-Certificate/Engineering-and-Technology/Computer-Science-Information-Technology-\(IT\)/MSc-in-Information-Systems/Estonia/Tallinn-University-of-Technology/Master-of-Science-in-Cyber-Security/](http://www.masterstudies.com/University-Courses-Executive-Diploma-Program-Certificate/Engineering-and-Technology/Computer-Science-Information-Technology-(IT)/MSc-in-Information-Systems/Estonia/Tallinn-University-of-Technology/Master-of-Science-in-Cyber-Security/)>
- Master of Science in Information Systems Management (ISM). University of Liverpool* [interaktyvus], [žiūrėta 2011.05.03]. Prieiga per internetą: <[http://www.masterstudies.com/MSc-Masters-Degree/Engineering-and-Technology/Computer-Science-Information-Technology-\(IT\)/MSc-in-Information-Systems/University-of-Liverpool/Master-of-Science-in-Information-Systems-Management-\(ISM\)/](http://www.masterstudies.com/MSc-Masters-Degree/Engineering-and-Technology/Computer-Science-Information-Technology-(IT)/MSc-in-Information-Systems/University-of-Liverpool/Master-of-Science-in-Information-Systems-Management-(ISM)/)>
- Master Programme in Information Security. Luleå University of Technology* [interaktyvus], [žiūrėta

- 2011.05.03]. Prieiga per internetą: <[http://www.masterstudies.com/MBA-MSc-Masters-Degree/Engineering-and-Technology/Computer-Science-Information-Technology-\(IT\)/MSc-in-Information-Systems/Sweden/Lule%C3%A5-University-of-Technology/Master-Programme-in-Information-Security/](http://www.masterstudies.com/MBA-MSc-Masters-Degree/Engineering-and-Technology/Computer-Science-Information-Technology-(IT)/MSc-in-Information-Systems/Sweden/Lule%C3%A5-University-of-Technology/Master-Programme-in-Information-Security/)>
- MSc in Information Security. Royal Holloway University of London* [interaktyvus], [žiūrėta 2011.05.03]. Prieiga per internetą: <<http://www.isg.rhul.ac.uk/files/5779%20MSc%20Information%20Security%20brochure%20for%20web.pdf>>
- Occupational Outlook Handbook, 2010-11 Edition, The Bureau of Labor Statistics of the U.S. Department of Labor [interaktyvus], [žiūrėta 2011.01.14.]. Prieiga per internetą: <<http://www.bls.gov/oco/pdf/ocos305.pdf>>
- Ruževskis, B.; Blažienė, I.; Pocius, A.; Zabarauskaitė, R. ir kt. (2008). Aukščiausios kvalifikacijos specialistų (magistrantų) pasiūlos ir paklausos atitikimo sisteminis įvertinimas. Vilnius. 2008. 256 p.
- SANS Technology Institute Master of Science in Information Security Engineering or Management Programs* [interaktyvus], [žiūrėta 2011.04.27]. Prieiga per internetą: <<http://www.sans.org/masters-degree/>>
- Standard Occupational Classification, The Bureau of Labor Statistics of the U.S. Department of Labor* [interaktyvus], [žiūrėta 2011.01.14.]. Prieiga per internetą: <<http://www.bls.gov/soc/2010/soc151122.htm>>
- VENČKAUSKAS Algimantas, TOLDINAS Jevgenijus, KRIVICKIENĖ Vita. (2009). Kompiuterių ir operacinių sistemų saugos modulio programos sudarymas. *Informacijos mokslai*, t. 50, p.187-193.
- WHITMAN, M. E.; and MATTORD, H. J. (2004). Designing and teaching information security curriculum. Proceedings of the 1st Annual Conference on information Security Curriculum Development (Kennesaw, Georgia, October 08 – 08, 2004). InfoSecCD '04. ACM, New York, NY, p. 1–7.

## MASTER CURRICULUM IN INFORMATION AND INFORMATION TECHNOLOGY SECURITY

**Algimantas Venčkauskas, Stasys Maciulevičius, Jevgenijus Toldinas**

### Summary

The rapid growth and widespread use of electronic data processing and electronic business causes the need for better methods and tools of protecting the computers and the information they store, process and transmit. More professionals are needed to join the computer security industry to police and protect cyberspace. Facing today's security disasters and cyber crime Lithuanian Government prepared Electronic Information Security (Cyber Security) Development Program for 2011-2019 where needs of education on information security are highlighted.

In this paper we analyze information security needs, education in information security problems, and experiences of western universities in this area. On the basis of USA and EU university curriculums in information security and own experience in teaching information security courses the curriculum in Information and Information Technology Security in Kaunas University of Technology was developed.

# Integruotos pagrindinių programavimo dalykų mokymo aplinkos formavimo principai ir problemos

## Daiva Vitkutė-Adžgauskienė

Vytauto Didžiojo universiteto Informatikos fakulteto dekanė, docentė, daktarė  
Vytautas Magnus University, dean of Informatics department, Assoc. Professor, PhD  
Vileikos g. 8, LT-44404 Kaunas, tel. (+370 37) 327 897, el. paštas: d.vitkute@if.vdu.lt

## Antanas Vidžiūnas

Vytauto Didžiojo universitetas, docentas, daktaras  
Vytautas Magnus University, Assoc. Professor, PhD  
Vileikos g. 8, LT-44404 Kaunas, tel. (+370 37) 327897, el. paštas: a.vidziunas@if.vdu.lt

*Straipsnyje analizuojama integruotos pagrindinių programavimo dalykų mokymo aplinkos sukūrimo universitetuose problema. Remiantis šiai temai skirtų darbų apžvalga ir asmenine autorių darbo patirtimi, aptariami programavimo dalykų dėstymo metodai, mokymo programų parengimo principai, mokymui naudojamų aplinkų struktūra ir kalbos. Išsamiai aptariama, kokios priežastys trukdo parengti unifikuotą daugumos programavimo dalykų poreikiams pritaiktą mokymo aplinką, kaip bandoma šią problemą išspręsti ir kokias galimybes tam atveria naujos programavimo technologijos. Apibendrinant atliktą analizę ir remiantis ACM (Association for Computing Machinery) asociacijos tipinių mokymo programų rekomendacijomis siūlomas Vytauto Didžiojo universitete išbandytas pradinių programavimo dalykų aukštesniame loginiame lygmenyje mokymo būdas C# kalba ir aptariami tokiam mokymui pritaiktų įvadinų dalykų programų sudarymo principai.*

## Įvadas

Pastaraisiais metais daugumoje išsivysčiusių šalių ir Lietuvoje susidarė paradoksalinė situacija: informacinių technologijų vaidmuo įvairiose veiklos srityse ir net buityje sparčiai didėja, šios srities specialistų atlyginimai didesni už daugumos kitų sričių specialistų atlyginimus, jų poreikis didėja, o pasirenkančiųjų šias studijas skaičius nuolat mažėja. Dauguma šią problemą tyrusių autorių (Stephenson, 2011) pažymi, kad pagrindinė tokios situacijos priežastis universitetuose siūlomų informatikos mokymo programų sudėtingumas, abstraktumas, nepakankama sąsaja su praktinės veiklos poreikiais ir nepaprastai sparti IT raida.

Tai pat reikėtų pažymėti, kad populiarumo mažėjimo tendencijos būdingos ne visoms informatikos specialybėms. Atskirų sričių specialybių, kurios susijusios su naujomis programų inžinerijos ir IT taikymo sritimis, populiarumas dargi didėja (Computer

Software..., 2011). Todėl siekiant informatikos specialistų mokymo programos geriau suderinti su studentų lūkesčiais, būtina reguliariai jas peržiūrėti ir atnaujinti atsižvelgiant į sparčius IT ir darbo rinkos pokyčius.

Ruošiantys informatikos specialistus Lietuvos universitetai, kaip ir dauguma pasaulio universitetų, vadovaujasi 2001 ir 2008 metais ACM asociacijos parengtomis tipinėmis mokymo programomis (Computer Science..., 2011). Programavimo dalykų reikšmę ruošiant šios srities specialistus iliustruoja tai, kad iš keturiolikos pagrindinių informatikos mokslo žinių net dešimt skiriama įvairioms programavimo ir programų sistemų inžinerijos problemoms.

Pagrindinis faktorius, lemiantis programavimo problemų studijų efektyvumą, jose naudojamos mokymo aplinkos, kurias sudaro programavimo kalbos, pagalbinių bibliotekų rinkiniai, programų parengimo, verifikavimo, palaikymo bei kitos priemonės. Iki pastarojo dešimtmečio parengti universalią mokymo aplinką, kuri tiktų daugelio programavimo problemų (algoritmų aprašymo, programavimo paradigmu, programų sistemų inžinerijos ir kitų) studijoms organizuoti, buvo problematiška. Universitetuos dar ir dabar naudojamo kelios skirtingos mokymo aplinkos ir metodikos (Van Roy, Haridi, 2004) sudarytos įvairių programavimo kalbų pagrindu, o tai mažina studijų efektyvumą, nes daug laiko ir pastangų tenka skirti šių aplinkų įsisavinimui ir jų specifinių savybių analizei.

Tai aktuali problema, todėl svarbu išsamiai aptarti, kaip ją galima būtų išspręsti naudojant naujų programavimo technologijų siūlomas priemones. Šiai problemai skirtuose darbuose dažniausiai apsiribojama reikalavimų pradinių programavimo studijų aplinkoms analize (*Felleisen, Findler 2001, Bennedsan, Caspersen 2008*), o specialių programavimo dalykų mokymo aplinkoms ir jų integravimo problemoms skiriama nepakankamai dėmesio.

### *Reikalavimai programavimo pagrindų mokymo aplinkai*

Programavimo pagrindų studijos turi supažindinti informatikos specialybių studentus su pagrindinėmis programavimo problemomis, programų parengimo priemonėmis ir suteikti pirmuosius praktinio programavimo įgūdžius. Aprašant tokios paskirties žinių struktūrą, iki pastarojo dešimtmečio ACM parengtose tipinėse programose buvo vadovaujama dar 1976 metais suformuota matematinė programavimo mokymo metodika (Dijkstra, 1997), kurioje siūloma į programavimą žiūrėti kaip į algoritmų aprašymui pritaikytą matematikos šaką. Taip parengtose mokymo programose sukuriamas griežtas algoritmų aprašymo teorinis pagrindas ir keliami minimalūs reikalavimai mokymo aplinkai: pakanka turėti tekstų rengyklę ir elementarios programavimo kalbos, kurioje yra kelios pagrindinės valdymo struktūros ir manipuliavimo elementarių duomenų tipų bei masyvų reikšmėmis priemonės, kompiliatorių.

Naujausiose tipinėse programose programavimo pagrindų žinių struktūra gerokai pakeista ir išplėsta. Jose algoritmų aprašymo ir tokiems aprašymams naudojamų val-

dymo ir duomenų struktūrų analizei numatyta tik pusė teorinių užsiėmimų laiko, o kita pusė skiriama įvairių programų inžinerijos problemų apžvalgai: programavimo paradigoms, programų patikimumo, klaidų kontrolės ir įvykių valdomiems procesams (Computer Science..., 2011). Tokiam mokymui reikalingos ir kitokios mokymo aplinkos bei programavimo kalbos su turtingomis pagalbinių priemonių bibliotekomis, tipinių programų struktūrų šablonais ir kitais programų inžinerijos instrumentais.

Problemos analizei skirtuose darbuose tokias aplinkas dažniausiai siūloma parengti naudojant plačiausiai naudojamas praktinio programavimo kalbas, o jų tinkamumas praktinio programavimo poreikiams įvertinamas apibendrinant žiniatinklyje skelbiamus duomenis apie įvairių sričių programuotojų paklausą. Pavyzdžiui, autoriaus atliktos analizės rezultatai, kurie sutampa ir su kitų autorių paskelbtais duomenimis rodo, kad programuotojų C, C++ ir Java kalbomis poreikis daugiau kaip du kartus didesnis už bet kurią kitą kalbą naudojančius programuotojus. Su kitomis kalbomis dirbančių programuotojų paklausą įvertinantys santykiniai koeficientai C ir C++ kalbų atžvilgiu pateikti pirmoje lentelėje.

**1 lentelė.** Populiariausių sričių programuotojų paklausą įvertinantys santykiniai koeficientai

Kalbos	C ir C++	Java	Php	JavaScript	C#	Python
Paklausos koeficientai	1	0,84	0,36	0,28	0,27	0,22

Programavimo C ir C++ kalbomis paklausa aiškinama dideliais įvairių skaitmeninių prietaisų ir sisteminio programavimo poreikiais, kuriems šios kalbos pritaikytos geriausiai. Tačiau pradinio mokymo tikslams jas naudoti nerekomenduojama, nes yra didelė rizika parengti nesaugias programas, sudėtinga vykdymo klaidų kontrolės sistema, naudojama daug alternatyvių struktūrų, kurios išbarstytos siaurai specializuotų pagalbinių bibliotekų rinkiniuose.

Visų šių trūkumų neturi sudėtingų taikomųjų programų sistemų kūrimui pritaikytos Java ir C# kalbos, tačiau jų taikymas pradiniam mokymui kritikuojamas dėl palyginti didelio pradinė žinių apie jose naudojamus principus poreikio. Pradinė žinių poreikį galima gerokai sumažinti pradiniam mokymui naudojant konsolės programų šablonus, kuriose yra tikrai viena programos klasė ir analizuojamos tik vidiniams duomenų tipams taikomi veiksmi.

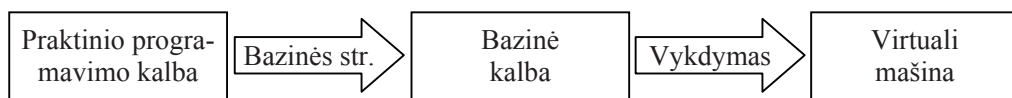
### *Specializuotos mokymui kalbos*

Naudojant populiarias praktinio programavimo kalbas mokymui, daugiausiai kyla problemų dėl jose naudojamų priemonių gausos ir griežtų reikalavimų pradinėms žinioms apie kompiuterių įrangos struktūrą ir jos valdymo principus. Todėl nuolat bandoma parengti specialias mokymui pritaikytas programavimo kalbas, kurios neturėtų šių trūkumų. Sėkmingiausias tokios kalbos projektas yra 1970 metais sukurta Pascal kalba, kuri apie du dešimtmečius buvo pagrindinis programavimo pagrindų įrankis daugumoje Europos ir JAV universitetų, o Lietuvoje buvo plačiai naudojama dar ir pastarojo



dešimtmečio pradžioje. Vėliau jos atsisakyta dėl nepakankamo naujų programavimo priemonių ir technologijų palaikymo.

Taip pat kuriamos programavimo kalbos, kurias būtų galima lengvai įsisavinti ir naudoti praktiniams tikslams neturint specialaus pasirengimo. Tokių kalbų pirmtakas yra Basic kalba, kurią vėliau pakeitė ABC ir Python kalbos. Patobulintas pastarosios kalbos atmainas įvairių sričių specialistai naudoja ir praktiniam programavimui. Šios kalbos informatikos specialybių studentų programavimo pagrindų studijoms netinka dėl griežtų reikalavimų programos struktūrai stokes, tačiau jos populiarios kitų specialybių studijose.



**1 pav.** Specializuotos programavimo koncepcijų mokymo aplinkos struktūra

Dar viena mokymo kalbų grupė parengta siekiant pademonstruoti atskirų programavimo paradigmu privalumus ir jų taikymo galimybes: *SmallTalk* (objektinis programavimas), *Lisp* (funkcinis programavimas), Prolog (loginis programavimas) ir kitos. Kadangi atskirų programavimo aplinkų parengimas kiekvienai paradigmai sukuria organizacinių problemų, siūlomos integruoto paradigmu mokymo priemonės. Tokio problemos sprendimo pavyzdys yra pirmajame paveiksle parodyta schema (Reinfelds, 2002; Van Roy, Haridi, 2004), kurioje programos vykdomos bazinės kalbos valdomoje virtualioje mašinoje, o visos praktinio programavimo kalbos apibrėžiamos kaip bazinės kalbos išplėtimai, gaunami papildant šią kalbą naujomis sintaksinėmis struktūromis. Bazinė kalba siūloma parinkti funkcinę arba loginę kalbą, nes jose tikslesnis naudojamų paradigmu teorinis pagrindimas ir paprastesnė sintaksė. Toks mokymo būdas, kuriam būdingos sprendžiamų uždavinių matematinio specifikuojimo priemonės, naudingas teorinių informatikos pagrindų ir matematikos specialybių studijose.

Įdomu pastebėti, kad panaši programų vykdymo virtualioje mašinoje koncepcija realizuojama ir plačiai praktiniam programavimui naudojamose Java ir dotNet technologijose. Tiksliai joje kitokia bazinės kalbos paskirtis. Tai žemo loginio lygmens kalba, kuri užtikrina programų universalumą, jų nepriklausomumą nuo fizinių kompiuterių įrangos savybių. Be to šiose technologijose virtuali mašina ne tik vykdo praktinio programavimo kalba aprašytas instrukcijas bet, ir leidžia naudotis virtualioje mašinoje sukauptomis pagalbinėmis priemonėmis bibliotekomis. Tokia struktūra labai perspektyvi ne tik programavimo technologijų organizavimo, bet ir jų mokymo požiūriu.

### **Specialių programavimo dalykų mokymo aplinkos poreikiai**

Analizuojant mokymo aplinkoms keliamus reikalavimus specialių programavimo problemų studijose, tikslinga išskirti tokias jų grupes, kuriose siekiama panašių tikslų: programų inžinerijos, sisteminio ir taikomojo programavimo. Lengviausia apibrėžti reikalavimus

sisteminio programavimo grupei, nes visos plačiai naudojamos OS parašytos C kalba, kuri net ir sukurta siekiant palengvinti tokių sistemų kūrimą. Kadangi sisteminio programavimo temos įtraukiamos į pirmųjų dviejų metų studijų programas, dažnai rekomenduojama, kad ir programavimo pagrindų mokymo aplinkoje būtų naudojama kuri nors C šeimos kalba.

Formuojant programų inžinerijos problemų mokymo aplinkas, lemiamas vaidmuo tenka sudėtingos struktūros programų projektavimo, jų palaikymo ir reinžinerijos priemonėms. Jose turi būti galimybė iliustruoti visų programų kūrimo etapų poreikius: nuo formalių specifikacijų parengimo iki dokumentacijos parengimo. Iš antroje lentelėje pateikto programų inžinerijos studijose naudojamų programavimo kalbų savybių aprašymo matyti, kad absoliuti jų dauguma skirta objekcinio programavimo technologijai. Tikrai sparčiai programų inžinerijoje prarandančiose populiarumą C++ ir Object Pascal kalbose dar naudojama hibridinė technologija, kurioje derinamos procedūrinio ir objekcinio programavimo priemonės. Todėl, siekiant išsaugoti programavimo dalykų nuoseklumą, tikslinga jau programavimo pagrindų studijas orientuoti į objektinę technologiją, o kitas technologijas taikomosios informatikos studijų programose paliesti tik jų principinių galimybių analizės aspektu.

Geriausiai programų inžinerijos poreikius atitinka Java ir C# kalbos, kurių principinės galimybės panašios. Svarbus abiejų kalbų privalumas tai, kad jose naudojami tik realizuojamai technologijai pritaikytos virtualios mašinos išteklių. Taip sudaromos puikios sąlygos mokymo aplinkos funkcionalumui padidinti ir daugiaplatforminėms programoms, kurios gali dirbti įvairių operacinių sistemų terpėse, kurti. Šių kalbų populiarumą didina dar ir tai, kad jos gerai aprūpintos įvairiems taikomojo programavimo poreikiams (kompiuterinei grafikai, kompiuterinei grafikai, sąsajai su duomenų bazėmis ir kitomis) pritaikytomis specialiomis bibliotekomis. Svarbu pažymėti, kad taikomojo programavimo studijoms nepakanka bendrų programavimo kalbose ir jų bibliotekose pateikiamų priemonių. Taip pat būtina naudoti siaurai specializuotas vaizdinio projektavimo sistemas.

**2 lentelė.** Programų inžinerijos problemų iliustravimui naudojamų kalbų savybės

Kalba	Technologija	Bendrinės struktūros	Atmintinės valymas	Metodų perkrova	Lygiagretūs procesai#	Pagalbinių bibliotekų orientavimas
C++	Hibridinė	*	Programinis	Yra	*	OS
C#	Objektinė	Yra	Automatinis	Yra	Numatyti	Virtualiai mašiniai
Eiffel	Objektinė	Yra	Automatinis	Nėra	Nėra	OS
Java	Objektinė	Yra	Automatinis	Yra	Numatyti	Virtualiai mašiniai
Object Pascal	Hibridinė	Nėra	Programinis	Nėra	Nėra	OS
Smalltalk	Objektinė	Nėra	Automatinis	Nėra	*	OS

**Pastaba:** simbolis \* žymi savybes, kurios tiesiogiai nepalaikomos, bet gali būti realizuojamos kitomis priemonėmis.

Java technologija geriau aprūpinta laisvai platinamomis atvirojo kodo priemonėmis, tačiau C# atstovaujama dotNet technologija taip pat turi nemažai privalumų, joje įdiegta daugiau perspektyvių naujovių. Pavyzdžiui, joje leidžiamas netiesioginis kintamųjų tipų aprašymas, rinkinių tvarkymui integruota užklausų kalbą LinQ, tekstų tvarkymui galima naudoti reguliariąsias išraiškas. Taip pat reikėtų atkreipti dėmesį ir į tai C# kalbos atstovaujama dotNet technologija palaiko keletą kitų programavimo kalbų (VB.Net, C++/CLI, JScript.NE, Python ir kitas), kas sudaro puikias sąlygas programų sistemų komponavimui iš skirtingomis kalbomis parengtų modulių. Tai gerokai išplečia šios kalbos naudojimo programavimo problemų studijoms galimybes.

### *Integruotos mokymo aplinkos organizavimo tikslai ir priemonės*

Atlikus žiniatinklyje pateiktą Lietuvos universitetų (KTU, VU ir VGTU) informatikos specialybių studijų programų analizę, galima pastebėti, kad juose vadovaujama klasikine matematine programavimo pagrindų metodika. Todėl įvadinuose dalykuose dėmesys sukoncentruojamas paprastų duomenų struktūrų aprašymui ir tipiniams jų tvarkymo algoritmams procedūrinio programavimo priemonėmis, naudojant Turbo Pascal, C ir C++ kalbas. Prie aktualių praktinio programavimo problemų, naudojant taikomuosius paketus ir Java arba dotNet technologijas pereinama tik vėlesnėse studijose. Tokiu būdu parengtose mokymo programose daugumai programavimo dalykų tenka ruošti ir specifines tik jų poreikiams pritaikytas mokymo aplinkas.

Didelis dėmesys procedūrinio programavimo kalboms pradinėse studijose paaiškinamas kitų dalykų, kur naudojami programavimo elementai (algoritmų teorija, diskrečiosios struktūros ir kiti) naudojami tik algoritmams aprašyti. Tačiau reikėtų pažymėti, kad procedūrinio programavimo priemonių studijoms nebūtina naudoti procedūrinės kalbas. Tam puikiai tinka ir objektinio programavimo kalbos, kuriose šios priemonės naudojamos klasių funkcionalumui aprašyti.

Iki pastarųjų metų panaši situacija, susijusi su kelių kalbų naudojimu jau pradinėse studijose, buvo ir Vytauto Didžiojo universiteto informatikos fakultete. Abstrakčios ir nesusijusios su praktinio programavimo poreikiais įvadinių programavimo dalykų mokymo programos buvo pagrindinė žemo pirmųjų kursų studentų pažangumo priežastis. Situacija keičiama parengiant integruotą įvadinių dalykų ir programų inžinerijos mokymo aplinką, kurioje daugumoje dalykų būtų naudojama viena aukštesnio loginio lygmens kalba. Tai atitinka ir tipinės 2008 metų ACM programos rekomendacijas bent pusę užsiėmimų programavimo pradmenų studijose skirti inžinerijos klausimams. Taip pat įvertinama, kad dauguma pirmakursių, nors neturi didesnės programavimo patirties, bet jau mokykloje būna susipažinę su elementariomis programavimo

sąvokomis. Todėl programavimo pradmenų dalyką siūloma skirti tokioms temoms, kurias patogu nagrinėti C# kalbos pavyzdžiu:

- programavimo paradigmu apžvalgai, virtualių mašinų ir **dotNet** technologijos koncepcijai;
- kalbos leksikai, baziniams duomenų tipams ir jiems taikomiems veiksams;
- objektinei programos struktūrai ir jos sąsajai su duomenų šaltiniais;
- pagrindinėms veiksmų sekų valdymo priemonėms;
- statinių ir dinaminių reikšmių rinkinių klasėms ir jų metodų panaudojimui;
- programos vykdymo klaidų kontrolei.

Suteikus pradines žinias apie programos struktūrą ir duomenų rinkinių apdorojimo principus, antrajame programavimo dalyke, kuris tradiciškai vadinamas „Duomenų tipų ir struktūrų“ dalyku, galima objektinio programavimo priemonėmis išsamiai analizuoti, kaip kuriamos ir modifikuojamos pirmajame dalyke naudotos abstrakčios struktūros. Išsamios algoritmu parengimo ir jų analizės studijos, kurios informatikos specialybių studentams taip pat būtinos, sukcentruotos diskrečiosioms struktūroms ir algoritmu teorijai skirtuose dalykuose. Toks studijų programos organizavimo būdas leidžia nuosekliai ugdyti studentų teorines ir praktines žinias, kurios reikalingos tolimesnėms programų inžinerijos ir taikomojo programavimo studijoms, sudaro sąlygas joms tęsti toje pačioje mokymo aplinkoje.

Aptartos struktūros įvadiniai programavimo dalykai šiais metais buvo išbandyti VDU organizuotuose perkvalifikavimo kursuose ir sulaukė teigiamo klausytojų įvertimo.

## ***Išvados***

Daugumoje Lietuvos universitetų jau pradinėse programavimo dalykų studijoms naudojamos kelios programavimo kalbos. Kadangi tai apsunkina šių dalykų įsisavinimą, neigiamai įtakoja studentų pažangumą ir mažina informatikos specialybių populiarumą, aktuali yra pradinių programavimo studijų modernizavimo problema. Ši problema sprendžiama ir kitų šalių universitetuose. Jos sprendimui siūlomi įvairūs būdai, kurie grindžiami kelių dalykų poreikiams pritaikytų mokymo aplinkų arba specialių mokymo tikslams pritaikytų programavimo kalbų sukūrimu. Straipsnyje pateikta įvairių mokymui naudojamų programavimo kalbų analizė rodo, kad geriausiai programavimo mokymo programų parengimui tinka aukštesnio loginio lygmens Java ir C# kalbos. Abstrakčios ir nesusijusios su praktinio programavimo poreikiais įvadinių programavimo dalykų mokymo programos universitetuose dažnai yra pagrindinė žemo pirmųjų kursų studentų pažangumo priežastis. Tokia situacija VDU sėkmingai keičiama įdiegiant integruotą įvadinių dalykų ir programų inžinerijos mokymo aplinką, kurioje daugumos dalykų dėstymui naudojama C# kalba.

## LITERATŪRA

- Bennedsan, Jens; Caspersen, Michael (2008). Reflections on the teaching of programming. Springer. Computer Science Curriculum 2008 [žiūrėta 2011 balandžio 28 d.]. Prieiga per internetą: <[www.acm.org/education/curricula/ComputerScience2008.pdf](http://www.acm.org/education/curricula/ComputerScience2008.pdf)>.
- Computer Software Engineers and Computer Programmers [žiūrėta 2011 gegužės 5 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.bls.gov/oco/ocos303.htm>>.
- Deitel H., DEITEL P. (2000). C++, How to programm. Third edition. New York: Prentice Hall.
- Dijkstra, Edsger W. (1997). A discipline of programming. Prentice Hall.
- Felleisen M., Findler R M (2001). How to Design Programs: An Introduction to Computing and Programming. MIT Press.
- REINFELDS, Juris. (2002) Teaching of programming with a programmer's theory of programming. In Informatics Curricula, Teaching Methods, and Best Practice (ICTEM 2002). Kluwer Academic Publishers.
- Stephenson, Peter. Promising New Pedagogical Approaches for Teaching High School Computer Science [žiūrėta 2011 gegužės 5 d.].
- Prieiga per internetą: <<http://c2474712.cdn.cloudfiles.rackspacecloud.com/CuricPedFinal1.pdf>>.
- Van Roy, Peter; Haridi Seif. (2004) Concepts, techniques and models of computer programming. Mit Press.

## PRINCIPLES AND PROBLEMS IN DEVELOPING AN INTEGRATED ENVIRONMENT FOR PROGRAMMING STUDIES

**Daiva Vitkutė-Adžgauskienė, Antanas Vidžiūnas**

### Summary

The paper analyses the problem of designing an integrated learning environment, aimed at delivering basic programming knowledge at the university level. Discussion and analysis on the teaching of programming disciplines, as well as on the main principles of learning programme design, structure of learning environments and corresponding languages is presented, based on literature overview and author's experience. A thorough analysis of reasons, hampering the development of a unified learning environment suitable for the majority of programming disciplines, is presented, along with the analysis of possible solutions for this problem, enabled by new programming technologies. A model of teaching introductory programming disciplines at a higher logical level using C#, is presented as a summary of the accomplished analysis, and also taking into account the recommendations of the ACM (Association for Computing Machinery) association for typical learning programs. This model has already been trialed at Vytautas Magnus University. Also, design principles for building introductory programming courses, aligned with such teaching approach, are presented.

## *Knygoje spausdinamų mokslo darbų recenzentai*

- Prof. Romas Baronas (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakultetas)
- Prof. Romualdas Baušys (Vilniaus Gedimino technikos universiteto Fundamentinių mokslų fakultetas)
- Doc. Jonas Blonskis (Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultetas)
- Doc. Rita Butkienė (Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultetas)
- Prof. Rimantas Butleris (Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultetas)
- Prof. Albertas Čaplinskas (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Doc. Vytautas Čyras (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakultetas)
- Prof. Valentina Dagienė (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Prof. Vitalij Denisov (Klaipėdos universiteto Gamtos ir matematikos mokslų fakultetas)
- Prof. Gintautas Dzemyda (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Prof. Dalė Dzemydienė (Mykolo Romerio universiteto Socialinės informatikos fakultetas)
- Prof. Rimantas Gatautis (Kauno technologijos universiteto Elektroninio verslo tyrimo centras)
- Dr. Vaidas Giedrimas (Šiaulių universiteto Matematikos ir informatikos fakultetas)
- Prof. Saulius Gudas (Vilniaus universiteto Kauno humanitarinis fakultetas)
- Prof. Akira Imada (Bresto valstybinis technikos universitetas, Baltarusija)
- Prof. Algimantas Juozapavičius (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakultetas)
- Dr. Irma Kaukienė (Vilniaus Gedimino technikos universiteto Fundamentinių mokslų fakultetas)
- Prof. Egidijus Kazanavičius (Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultetas)
- Doc. Nerutė Kligienė (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Doc. Olga Kurasova (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Doc. Kristina Lapin (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakultetas)
- Doc. Juozas Laučius (Vilniaus Gedimino technikos universiteto Fundamentinių mokslų fakultetas)
- Doc. Algirdas Laukaitis (Vilniaus Gedimino technikos universiteto Fundamentinių mokslų fakultetas)
- Prof. Joana Lipeikienė (Vilniaus pedagoginio universiteto Matematikos ir informatikos fakultetas)
- Doc. Audronė Lupeikienė (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Doc. Stasys Maciulevičius (Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultetas)
- Doc. Daiva Makutėnienė (Vilniaus Gedimino technikos universiteto Fundamentinių mokslų fakultetas)
- Dr. Saulius Maskeliūnas (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Doc. Regina Misevičienė (Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultetas)
- Ramutė Naujikiienė (Mykolo Romerio universiteto Socialinės informatikos fakultetas)
- Doc. Lina Nemuraitė (Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultetas)
- Dr. Viktoras Paliulionis (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Prof. Darius Plikynas (Verslo ir vadybos akademija)
- Prof. Henrikas Pranevičius (Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultetas)

Prof. Šarūnas Raudys (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakultetas)  
Doc. Arūnas Ribikauskas (Vilniaus Gedimino technikos universiteto Fundamentinių mokslų fakultetas)  
Prof. Mifodijus Sapagovas (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)  
Doc. Eugenijus Telešius (Informacinių technologijų institutas)  
Prof. Laimutis Telksnys (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)  
Doc. Raimundas Vaitkevičius (Vytauto Didžiojo universiteto Socialinių mokslų fakultetas)  
Prof. Olegas Vasilecas (Vilniaus Gedimino technikos universiteto Fundamentinių mokslų fakultetas)  
Doc. Antanas Vidžiūnas (Vytauto Didžiojo universiteto Informatikos fakultetas)  
Prof. Antanas Žilinskas (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)  
Dr. Julius Žilinskas (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)

# Development and Certification of Skills for European Educators

## e-GUARDIAN v.2



### LET'S BE SAFE ON THE INTERNET!



Lietuvos kompiuterininkų sąjunga  
Lithuanian Computer Society



**e-GUARDIAN**

*Let's be safe on the Internet!*



Education and Culture DG  
Lifelong Learning Programme



# PROJECT „ DEVELOPMENT AND CERTIFICATION OF SKILLS FOR EUROPEAN EDUCATORS FOCUSED ON SAFE ICT AND CYBER THREAT PREVENTION “

## About project

---

International project of innovation transfer under Leonardo da Vinci programme “Development and certification of skills for European Educators focused on Safe ICT and Cyber threat prevention” (LLP-LDV-TOI-2010-LT-0071) seeks to help the European teachers to acquire more knowledge about the Internet threats and measures to pass these threats.



## Main purpose of the project

---

The project partners seek to join their experience and the training products and adapt them to the other partner countries.

The aim is that the teaching product prepared became a standard in the field of the safer Internet teaching not only in partners' countries, but also in the entire European Union.

## e-GUARDIAN certification

---

Certification programme contains e-GUARDIAN programme, the manual of this programme, student's manual, assessment instrument of initial knowledge (tests), distance course, and final tests.



The modification of e-GUARDIAN programme v.2 is provided for the certification of European teachers' knowledge on safer Internet. This programme is adapted to pedagogues of educational institutions, who seek to safely use their computers and the Internet, to teach their students, and to protect them from the Internet threats.

# Syllabus of e-GUARDIAN

---

The programme is prepared as a classificatory of knowledge and consists of five parts.

## 1. General e. safety knowledge

General knowledge on informational technology safety is determined in this part. It is required to know the main Internet threats, to understand that these threats are inseparable from contemporary website opportunities, and that appropriate education of users, will help to avoid them.

## 2. Privacy and data processing

Knowledge on data and information safety are provided in this part. It is necessary to understand the rules of creation and usage of passwords, the processing of data safety and distribution. It is also necessary to know about backup copying and recovery of lost data.

## 3. Safety measures and network security

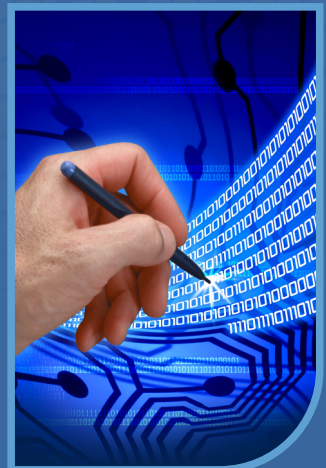
The required knowledge about safety, when using computer networks, is indicated in this part. It is necessary to understand the usage of common resources on networks, to know how to use safety measures, provided in the operational system – antivirus and other measures, preventing from harmless program equipment, the Internet Firewall, to know how to download and to install updates.

## 4. Juveniles and beginners online

This part of the programme requires understanding the benefits and limits of security program equipment, teaches to educate juveniles and new users about safety online. It is necessary to know various methods to educate, monitor, and control the usage of content and services online.

## 5. Social networks and safe usage of the Internet

It is necessary to know how to ensure your safety and privacy, when you are online, and how to safely use e-services. It is focused on safety and privacy on social networks, on recognition of communication threats, on appropriate and safe usage of communication measures.



## About Leonardo da Vinci Programme

---

Leonardo da Vinci programme is aimed at the support and the promotion of the cooperation of EU countries, by the improvement of professional training. The main purpose of the programme is to unify the institutions of various European countries, including professional training institutions, employers' organisations, and other public organisations of all levels, by preparing the procedures of future professional training.

Projects of innovation transfer are multilateral projects, provided for the improvement of education and training systems, focusing on the transfer of innovations in the field of professional training, including the linguistic, cultural and legal adaptation of innovative products and processes to the national needs, created in various conditions. The aim of these projects is to improve the quality and attractiveness of professional training system, applying and integrating innovative content or results of previous Leonardo da Vinci programme and other successfully implemented projects into the state and (or) private professional training systems and companies in national, local, regional or sector level.

Leonardo da Vinci sub-programme is a part of Lifelong Learning Programme, and this programme is administered by Education Exchanges Support Foundation in Lithuania. More information on the webpage: [www.smpf.lt](http://www.smpf.lt).

*This project has been funded with the support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.*

## Partners

---

The e-GUARDIAN project partners are:

Association „Langas jateitj“ (Lithuania),  
Public Institution Information Technologies Institute (Lithuania),  
The Latvian Information and Communications Technology Association (Latvia),  
Bremen University (Germany),  
Association APTES (Switzerland).

## Contacts

---

Lithuania, LT-44156 Kaunas  
Information Technologies Institute  
CEO Dr. Eugenijus Telešius

Phone +370 (37) 750102  
Mob. phone +370 (686) 46217  
E-mail: [info@ecd.lt](mailto:info@ecd.lt)



[www.ecdl.lt/eguardian](http://www.ecdl.lt/eguardian)

[www.langasiateiti.lt/eguardian](http://www.langasiateiti.lt/eguardian)

---

## **XV kompiuterininkų konferencijos mokslo darbai**

Sudarytojai

prof. Albertas Čaplinskas ir dr. Saulius Maskeliūnas

Viršelyje panaudota Augustino Plikio nuotrauka

Už straipsnių turinį atsako autoriai

Formatas 70×100/16; 13,50 sp. l.

Išleido leidykla „Žara“

a. d. 2699 LT-03007 Vilnius

El. paštas: [info@zara.lt](mailto:info@zara.lt)

Svetainė internete: [www.zara.lt](http://www.zara.lt)

Spausdino UAB „Spaudos praktika“

Chemijos g. 29, LT-51333, Kaunas