

# Informacijos mokslai

ISSN 1392-0561

VILNIUS UNIVERSITY

# INFORMATION SCIENCES

**2015**

**Vol. 73**

**Research papers**

*Published since 1994*

Vilnius University Publishing House  
2015

ISSN 1392-0561

VILNIAUS UNIVERSITETAS

# INFORMACIJOS MOKSLAI

**2015**  
**73 tomas**

**Mokslo darbai**

*Leidžiami nuo 1994 metų*

Vilniaus universiteto leidykla  
2015

## Redaktorių kolegija (Editorial Board)

### Vyriausioji redaktorė (Editor-in-Chief)

Prof. dr. *Zenona Atkočiūnienė* Vilniaus universitetas, Lietuva (Komunikacija ir informacija 06H)  
Vilnius University, Lithuania (Communication and Information 06H)

### Vyriausiosios redaktorės pavaduotoja (Deputy Editor-in-Chief)

Prof. dr. *Elena Macevičiūtė* Vilniaus universitetas, Lietuva; Švedijos bibliotekininkystės ir informacijos mokslų mokykla, Švedija (Komunikacija ir informacija 06H)  
Vilnius University, Lithuania; The Swedish School of Library and Information Studies Communication and information, Sweden (Communication and Information 06H)

### Atsakingoji sekretorė (Executive Secretary)

Doc. dr. *Renata Matkevičienė* Vilniaus universitetas, Lietuva (Komunikacija ir informacija 06H)  
Vilnius University, Lithuania (Communication and Information 06H)

### Nariai (Editors):

Prof. dr. *Arūnas Augustinaitis* Kazimiero Simonavičiaus universitetas, Lietuva (Komunikacija ir informacija 06H)  
Kazimieras Simonavicius University of Lithuania (Communication and Information 06H)

Prof. dr. *Auksė Balčytienė* Vytauto Didžiojo universitetas, Lietuva (Komunikacija ir informacija 06H)  
Vytautas Magnus University, Lithuania (Communication and Information 06H)

Prof. dr. *Saulius Gudas* Vilniaus universiteto Kauno humanitarinis fakultetas, Lietuva (Informatikos inžinerija 07T; Informatika 09P)  
Vilnius University, Kaunas Faculty of Humanities (Informatic Engineering 07T; Informatic 09P)

Prof. dr. *Renaldas Gudauskas* Lietuvos nacionalinė Martyno Mažvydo biblioteka, Lietuva (Komunikacija ir informacija 06H)  
Martynas Mažvydas National Library of Lithuania (Communication and Information 06H)

Prof. *Cees J. Hamelink* Amsterdamo universiteto Komunikacijos ir žmogaus teisių centras, Nyderlandų Karalystė (Komunikacija ir informacija 06H)  
University of Amsterdam, Centre of Communication and Human Rights (Communication and Information 06H)

Prof. *Lars Höglund* Geteborgo universitetas, Švedija (Sociologija, Socialiniai mokslai 05S)  
Göteborgs University, Sweden (Sociology, Social Sciences 05S)

Prof. *Epp Lauk* Tartu universitetas, Estija (Komunikacija ir informacija 06H)  
Tartu University, Estonia (Communication and Information 06H)

Prof. *Jaako Lehtonen* Juveskiulės universitetas, Suomija (Komunikacija ir informacija 06H)  
University of Jyväskylä, Finland (Communication and Information 06H)

Prof. dr. *Albinas Marčinskas* Vilniaus universitetas, Lietuva (Vadyba ir administravimas 03S)  
Vilnius University, Lithuania (Management and Administration 03S)

Doc. dr. *Audronė Nugaraitė* Vytauto Didžiojo universitetas, Lietuva (Komunikacija ir informacija 06H)  
Vytautas Magnus University, Lithuania (Communication and Information 06H)

Doc. dr. *Marija Prokopčik* Vilniaus universiteto biblioteka, Lietuva (Edukologija 07S)  
Library of Vilnius University, Lithuania (Educology 07S)

Prof. dr. *Marija Stonkienė* Vilniaus universitetas, Lietuva (Komunikacija ir informacija 06H)  
Vilnius University, Lithuania (Communication and Information 06H)

Prof. dr. *Marius Povilas Šaulauskas* Vilniaus universitetas, Lietuva (Filosofija 01H)  
Vilnius University, Lithuania (Philosophy 01H)

Prof. habil. dr. *Laimutis Telksnys* Matematikos ir informatikos institutas, Lietuva (Fiziniai mokslai, Informatika 09P)  
Institute of Mathematics and Informatics, Lithuania (Physical Sciences, Informatic 09P)

Prof. *Tom Wilson* Šefildo universitetas, Didžioji Britanija (Komunikacija ir informacija 06H)  
Sheffield University, Great Britain (Communication and Information 06H)

Prof. *Minka Zlateva* Sofijos Šv. K. Ohridskio universitetas, Bulgarija (Komunikacija ir informacija 06H)  
University of Sofia "St. Kl.Ohridski", Bulgaria (Communication and Information 06H)

### Redakcijos adresas (Address):

„Informacijos mokslų“ redaktorių kolegija (Editing board of "Informacijos mokslai")  
Vilniaus universiteto Komunikacijos fakultetas (Faculty of Communication, Vilnius University)  
Adresas (Address): Saulėtekio al. 9, I rūmai, 603 kab., LT-10222 Vilnius, Lithuania  
Tel. (Ph.) (+370 5) 236 61 19; Faks. (Fax) (+370 5) 236 61 04  
El. paštas (e-mail): zenona.atkociuniene@kf.vu.lt; informacijos.mokslai@kf.vu.lt  
Elektroninio leidinio „Informacijos mokslai“ (ISSN 1392-1487)  
adresas internete (Electronic journal „Informacijos mokslai“ (ISSN 1392-1487)  
on the Internet): <http://www.leidykla.eu/mokslo-darbai/informacijos-mokslai/>

© Vilniaus universitetas, 2015  
© Vilnius University, 2015



# TURINYS

## ŠVIETIMAS ŽINIŲ VISUOMENĖJE

<i>Saulė Jokūbauskienė. „Antrepreneris: antrosios kartos saitynas“: organizacijos įrankių kūrimas mokymosi visą gyvenimą aspektu .....</i>	7
<i>Daina Gudonienė, Danguolė Rutkauskienė. Masinių atvirų internetinių kursų teikimo personalizuotų mokymosi aplinkų lyginamoji analizė .....</i>	16
<i>Paulius Jarmalavičius, Saulius Ragaišis. Scrum metodikos užtikrinamo gebėjimo vertinimas pagal CMMI-DEV .....</i>	26
<i>Eglė Jasutė, Svetlana Kubilinskienė. Konstrukcinio mokymo metodų klasifikavimo modelis.....</i>	34

## INFORMACINĖS TECHNOLOGIJOS MOKYMU IR STUDIJOMS

<i>Eugenijus Kurilovas, Irina Vinogradova. Mobilusis mokymasis naudojant planšetinius kompiuterius: Lietuvos atvejo tyrimas .....</i>	46
---	----

## PROGRAMAVIMO MOKYMAS

<i>Valentina Dagienė, Eimantas Pėlikis, Gabrielė Stupurienė. Informatinio mąstymo įtraukimas į informatikos konkursą: probleminis sprendimas ir lyčių skirtumai .....</i>	55
---	----

## INTERNETINĖS TECHNOLOGIJOS

<i>Tomas Pranckevičius. Debesų kompiuterijos technologijų lygiagrečių skaičiavimo priemonių paslaugos .....</i>	64
---	----

## INFORMACIJOS SISTEMOS IR MODELIAVIMAS

<i>Aurimas Rapečka, Virginijus Marcinkevičius. Knygų paklausos prognozavimo elektroniniame knygyne galimybės .....</i>	74
<i>Stasys Peldžius, Saulius Ragaišis. Programų kūrimo procesų vertinimas naudojant keletą procesų vertinimo modelių.....</i>	84
<i>Dalė Dzemydienė, Ramutė Naujickienė. Daugiakriteris elektroninės sveikatos sistemos paslaugų komunikacijos veiksmingumo vertinimas .....</i>	93
<i>Liutauras Ričkus, Romas Baronas. Biojutiklio su alosterinio fermento sluoksniu kompiuterinis modeliavimas .....</i>	105

## DUOMENŲ ANALIZĖ IR VAIZDAVIMAS

<i>Jelena Zubova, Olga Kurasova. Didelių duomenų vizualizavimo metodai ir įrankiai .....</i>	113
<i>Jevgenij Tichonov, Olga Kurasova, Ernestas Filatovas. Vaizdų klasifikavimas pagal suspaudimo algoritmo poveikį jų kokybei.....</i>	127
<i>Dalė Dzemydienė, Viktoras Paliulionis, Laima Paliulionienė. Žemės paviršiumi judančių objektų stebėjimo ir vizualizavimo daugiasluoksniuose geografiniuose žemėlapiuose galimybės .....</i>	135

# CONTENTS

## EDUCATION IN KNOWLEDGE SOCIETY

<i>Saulė Jokūbauskienė</i> . “Entrepreneur 2.0”: The Initiative of Life Long Learning in Creation of Web 2.0 Tools .....	7
<i>Daina Gudonienė, Danguolė Rutkauskienė</i> . Comparative Analysis of MOOCs Personalized Learning Environments.....	16
<i>Paulius Jarmalavičius, Saulius Ragaišis</i> . Scrum Capability Assessment by CMMI-DEV .....	26
<i>Svetlana Kubilinskienė, Eglė Jasutė</i> . Classification Model of Constructionist Learning Methods .....	34

## INFORMATION TECHNOLOGY FOR EDUCATION

<i>Eugenijus Kurilovas, Irina Vinogradova</i> . Mobile Learning Using Tablet Devices: Lithuanian Case Study .....	46
---	----

## PROGRAMMING LEARNING

<i>Valentina Dagienė, Eimantas Pėlikis, Gabrielė Stupurienė</i> . Introducing Computational Thinking through a Contest on Informatics: Problem-solving and Gender Issues.....	55
---	----

## INTERNET TECHNOLOGIES

<i>Tomas Pranckevičius</i> . Parallel Data Processing Services Based on Cloud Computing Technology.....	64
---	----

## INFORMATION SYSTEMS AND MODELLING

<i>Aurimas Rapečka, Virginijus Marcinkevičius</i> . Possibilities of Demand Forecasting in Electronic Bookstore .....	74
<i>Stasys Peldžius, Saulius Ragaišis</i> . Software Process Assessment Using Multiple Process Assessment Models.....	84
<i>Dalė Dzemydienė, Ramutė Naujikiienė</i> . A Multi-Criteria Evaluation of E-Health Services by Effectiveness of Communication with Participating Groups of Users .....	93
<i>Liutauras Ričkus, Romas Baronas</i> . Computational Modelling of a Biosensor Based on Allosteric Enzyme Layer .....	105

## DATA ANALYSIS AND VISUALISATION

<i>Jelena Zubova, Olga Kurasova</i> . Methods and Tools for Big Data Visualization.....	113
<i>Jevgenij Tichonov, Olga Kurasova, Ernestas Filatovas</i> . Classification of Images According Their Quality After Compression .....	127
<i>Dalė Dzemydienė, Viktoras Paliulionis, Laima Paliulionienė</i> . Real-Time Visualization Possibilities of Mobile Objects in Multilayer Geographical Maps .....	135

## ŠVIETIMAS ŽINIŲ VISUOMENĖJE

### „Antrepreneris: antrosios kartos saitynas“: organizacijos įrankių kūrimas mokymosi visą gyvenimą aspektu

#### Saulė Jokūbauskienė

Komunikacijos fakulteto Bibliotekininkystės ir informacijos mokslų instituto lektorė, daktarė  
Institute of Library and Information Science  
Faculty of Communication, Lecturer, Doctor  
VŠĮ „Think Tank LT“ direktorė, director  
Saulėtekio al. 9, I, 211, Vilnius, Lietuva  
El. paštas: saule.jokubauskiene@kf.vu.lt



*„Naujos sąlygos organizacijoms neišvengiamai kelia ir naujų iššūkių (Ginevičius et al, 2008)“.*

*Šiuolaikinė organizacinė elgsena skatina mažų ir vidutinių įmonių darbinės veiklos sėkmingą kūrimąsi, funkcionavimą, vystymąsi ir plėtrą. Teigiama, kad informacinė erdvė, kurioje informacijos ir ryšių technologijos veikia kaip edukacinės aplinkos, o antrosios kartos saityno įrankiai skirti organizacijos veiklai tobulinti ir jos galimybėms įvertinti, inovatyvus problemų sprendimas lemia pradedančiųjų verslą sėkmę.*

*Straipsnyje aptariamos mokymosi visą gyvenimą iniciatyvos Europos Sąjungoje, analizuojamos žinių visuomenės raidos tendencijos, antreprenerystės būtinumas informacijos ir ryšių technologijų kontekste, besimokančios organizacijos vaidmuo, organizacinio mokymosi kaip kompetencijos įtaka organizacijų veiklai. Taip pat pristatomas šiuo metu vykdomas projektas „Antrepreneris: antrosios kartos saitynas“\*, kuriame atskleidžiamos informacijos ir ryšių technologijų panaudojimo galimybės ir praktika. Lanksčios mokymosi visą gyvenimą sistemos kūrimo poreikis išaiškėja straipsnyje išanalizavus organizacinę elgseną, mokymosi aplinkas. Pateikiama įžvalga, kad orientacija į įrankių kūrimą svarbi tiek individualiems, tiek organizaciniams procesams vystyti ir tobulinti.*

*Dinamiškos žinių ekonomikos sąlygomis siekiama efektyviai panaudoti inovacijas bet kurioje visuomenės veiklos srityje, o gebėjimas tinkamai valdyti informacijos ir ryšių technologijas bei informacijos turinį tampa viena iš esminių kompetencijų. Straipsnyje atskleidžiama, kad šis procesas vyksta per organizacinę mokymąsi, besimokančios organizacijos elgseną ir joje taikomas gerąsias organizacinės žinių vadybos praktikas ir integruotas sistemas. Antrosios kartos saityno įrankių kūrimas neabejotinai skatina skaitmeninės atskirties mažinimą, žmogiškojo kapitalo panaudojimą inovacijų kūrimui.*

**Pagrindiniai žodžiai:** *organizacinė elgsena, antrosios kartos saitynas, žinių vadyba, antreprenerystė, mokymasis visą gyvenimą.*

\* Veikla finansuojama iš Europos Komisijos Mokymosi visą gyvenimą programos, kurią Lietuvos Respublikoje administruoja Švietimo mainų paramos fondas. Publikacijos turinys – tai autorės požiūris. Europos Komisija ir Švietimo mainų paramos fondas nėra atsakingi už šios informacijos naudojimą.

## Temos iširtumas ir aktualumas

Organizacinės elgsenos, žinių vadybos panaudojimo, strateginių kompetencijų, inovacijų taikymo analizė ir įžvalgos yra tęstinė autorės mokslinių tyrimų sritis, kuri plačiau nagrinėta ankstesniuose darbuose (Gudauskaitė, 2007; Jokūbauskienė, 2013a, 2013b), todėl šiame straipsnyje temos iširtumas aptariamas mokymosi visą gyvenimą kontekste, kiti temos aspektai laikomi atskirų tyrimų objektais.

Apibrėžiant mokymosi visą gyvenimą kompetencijų sistemą, verta atkreipti dėmesį į McCallą (1998), kuris teigia, kad kiekviena individo kompetencija paprastai turi ir tamsiąją savo pusę, kuri gali būti žalinga ir neefektyvi tiek pačiam individui, tiek organizacijai (Jokūbauskienė, 2013).

Informacijos ir ryšių technologijos (toliau – IRT) gali būti suprantamos kaip „[...] edukacinė aplinka – informacinė erdvė, supanti besimokantįjį (besimokančiuosius), kuri sudaryta siekiant konkretaus ar kelių konkrečių ugdymo tikslų ir aprūpinta šios informacijos efektyvios komunikacijos kanalais ir priemonėmis“ (Jucevičienė, 2013, cit. iš Gulbinas, 2014).

Galima teigti, kad, didėjant IRT įtakai organizacijų veiklos kokybei, keičiasi informacijos ir žinių visuomenės kūrimo vertybinė orientacija, t. y. esminis prioritetas teikiamas jau ne technologijoms, o informacijos turiniui, jos prieinamumui. Šis postūmis aktualus smulkioms ir vidutinėms įmonėms ir jų strategams, kurie turėtų koncentruotis į profesinės kaitos vertybines orientacijas. Šiame kontekste reikia atkreipti dėmesį, kad lanksčiosios strateginės kompetencijos, kurios reikštų ir sėkmingus gebėjimus pasinaudoti IRT teikiamais įrankiais, platformomis, partnerių paieška ir bendradarbiavimu, suteikia galimybę konkurencingai dalyvauti modernioje darbo rinkoje ir realizuoti savo gebėjimus.

Straipsnio objektas – antrosios kartos saityno įrankių kūrimas mokymosi visą gyvenimą kontekste.

Straipsnio tikslas – pasitelkiant projekcinį pavyzdį, išanalizuoti antrosios kartos saityno įrankių kūrimo procesus mokymosi visą gyvenimą aspektu.

Straipsnyje taikomi metodai – mokslinių tyrimų, literatūros, turinio analizė, lyginimo, sintezės apibendrinimo metodai, projekto „Antrepreneris: antrosios kartos saitynas“ ataskaitų, susitikimų, portale teikiamos informacijos analizė.

## Mokymosi visą gyvenimą iniciatyvos Europos Sąjungoje

Efektyviai ir lanksčiai reaguojant į sparčius globalios aplinkos pasikeitimus ir ekonomikos iššūkius, ypatingas dėmesys mokslinėje literatūroje skiriamas esminių kompetencijų ugdymui besimokančioje visuomenėje (Brion et al., 2012, p. 225–251; Bessant 2012, p. 34–360, cit. iš Tidd 2012). Tuo siekiama sukurti veiksmingą mokymosi visą gyvenimą sistemą, kuri efektyviai pritaikytų IRT galimybes ir užtikrintų dinamiškai visuomenei būtinų žinių bei gebėjimų įgijimą ir tobulinimą. Tinklaveikos sąlygomis klasterių atmaina pasireiškia kaip kompetencijų tinklai arba tam tikra atitinkamų sričių kompetencijų koncentracija.

Vienas efektyvesnių mokymosi visą gyvenimą platformų pavyzdžių – *Ashoka Globalizer* (2010–2013) programa, kuri telkia įtakingiausius socialinių inovacijų projektus ir suteikia galimybę jiems pasiekti globalias rinkas ir konkuruoti tarptautiniu mastu.

Lietuvoje Europos Sąjungos strateginių dokumentų (KOM (2010)2020 galutinis; KOM(2010) 245 galutinis) pagrindinius tikslus ir uždavinius atspindi Lietuvos informacinės visuomenės plėtros 2014–2020 metų programa „Lietuvos Respublikos skaitmeninė darbotvarkė“ (TAR, 2014, Nr. 2014-03386). Pažymėtina, kad šiame dokumente laikomasi gerovės visuomenės ir skaitmeniškumo tendencijų, nes programos tęstinis „strateginis tikslas – naudojantis IRT teikiamomis galimybėmis pagerinti Lietuvos Respublikos (toliau – Lietuva) gyventojų gyvenimo kokybę, didinti įmonių veiklos produktyvumą ir pasiekti, kad iki 2020 metų ne mažiau kaip 85 procentai Lietuvos gyventojų naudotųsi internetu, o 95 procentai įmonių – sparčiuoju internetu (TAR, 2014, Nr. 2014-03386). Pirmasis

iš informacinės visuomenės prioritetų nustato Lietuvos gyventojų gebėjimų naudotis IRT tobulinimą, todėl daroma išvada, kad skaitmeninė kompetencija ir inovacijos Lietuvoje jau dešimtmetį pripažįstami vienu iš pagrindinių prioritetų.

Šiame kontekste svarbu identifikuoti strategines žinių neatitiktis kaip esmines efektyvios veiklos disfunkcijas. Jas įmanoma pašalinti tik tinkamai sumodeliavus kritines bet kurios veiklos srities kompetencijas. Strateginės žinių neatitiktys pateikiamos 1 paveiksle. Analizė rodo, kad ši žinių ir strateginių neatitikčių „permainų erdvė“ išplečiama nuosekliai kuriant besimokančias ir besikeičiančias organizacijas, gebančias kritinių procesų metu įveikti išskylančius sunkumus, pasipriešinimą permainoms, psichologinę įtampą ir organizacinius konfliktus diegiant pokyčius. Tik tokiu būdu įmanoma besimokančios organizacijos mastu sudaryti prielaidas jai integruotis pozityviai ateityje prisiderinant prie kintančio pasaulio ir jame vykstančių strateginių pokyčių, kurie yra neišvengiami tiek pačioje besimokančioje organizacijoje, tiek jai sąveikaujant su žinių

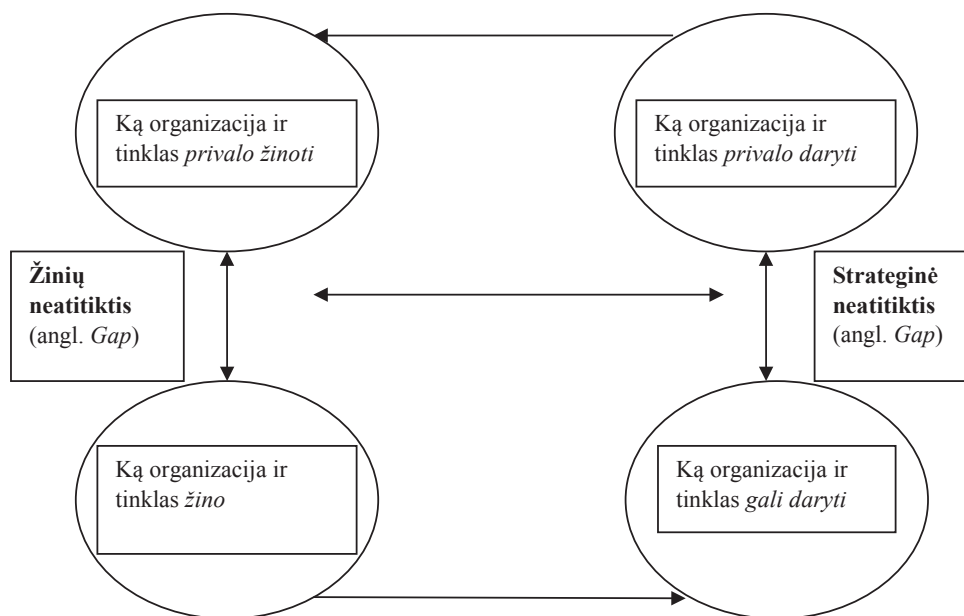
visuomene. 1 pav. nurodyta žinių ir strateginė neatitiktis kaip sąveikaujanti.

Besimokančios organizacijos koncepcija gali būti siejama su besimokančios visuomenės idėjos gimimu. Organizacijų mokymasis ir žinių vadyba šiandien yra svarbiausi kuriant efektyvias organizacijų strategijas bei teorijas. Žinios ir sugebėjimai sukuria pridėtinę organizacijos vertę. Organizacinis mokymasis susideda iš esminių žinių bei įgūdžių atnaujinimo ir raidos procesų. Tai tampa itin svarbu pereinant prie esminio organizacinio sistemos lygmens – besimokančios organizacijos koncepcijos.

Kaip matyti iš strategijos „Europa 2020“ konteksto, žinių visuomenės vystymosi procesus lemiantis veiksnys – tinkamai išplėtotą ir sėkmingai veikiančią mokymosi visą gyvenimą sistemą.

Atsižvelgiant į tai reikia įvertinti Jashaparos (2004) išskirtas keturias žinių vadybos dimensijas: strategija, sistemos ir technologija, organizacinis mokymasis, kultūra (2 pav.).

Organizacinis mokymasis yra integrali žinių visuomenės ir besimokančios organizacijos



1 pav. Strateginės žinių neatitiktys (pagal Leibold, Probst, Gibbert, 2002)



2 pav. *Žinių vadybos dimensijos (Jashapara 2004, p. 12)*

kompetencija, kurią reikia aptarti išsamiau, nes šis procesas daro įtaką individualiam organizaciniams mokymuisi, prisitaikant prie vidinės ir išorinės aplinkos, sisteminio mąstymo, organizacijos veiklos planavimo, įvertinant komplementarius jos valdymo funkcijų ryšius, tikslo ir rezultatų dermę, sisteminį ir lankstų organizacijos atsinaujinimą.

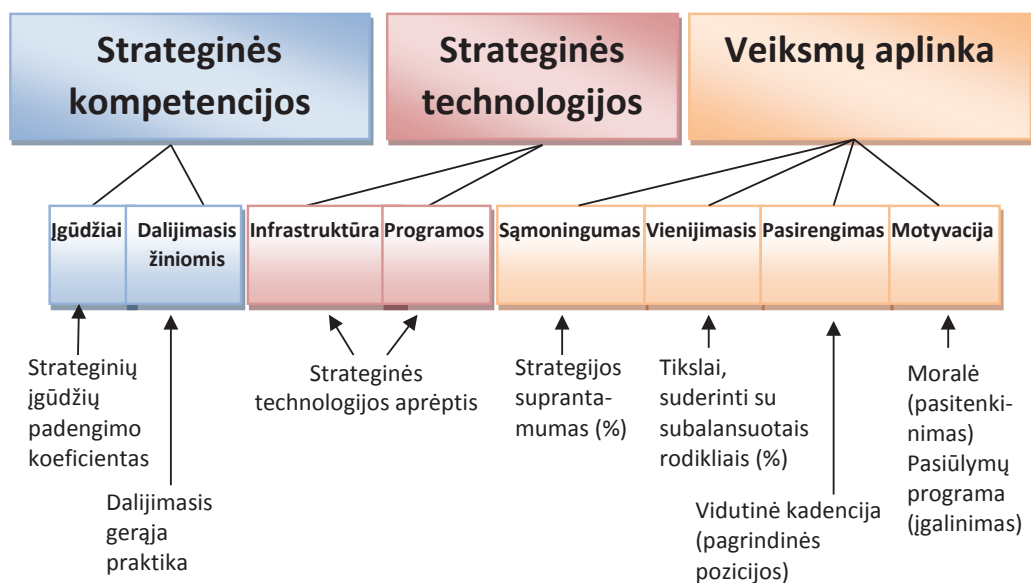
Organizacinis mokymasis yra toks pat senas, kaip ir pačios organizacijos. Tačiau šiaandien jau akivaizdu, kad tik efektyvus ir greitas mokymasis gali suteikti ilgalaikį konkurencinį pranašumą. Greitas mokymasis reiškia ir efektyvių mokymosi sistemų sukūrimą, vertingų organizacijai žinių išsaugojimą ir sklaidimą. Svarbūs tokios mokymosi sistemos elementai yra veiklos įvertinimo metodai, efektyvūs žinių ir įprastinių veiklų sklaidimo procesai, organizacijos vertybių ir normų įtaka organizacijos mokymuisi. Organizacijos, siekiančios išlikti, turi greitai keistis ir gebėti prisitaikyti prie kintančios aplinkos.

## Antrenerystė ir strateginės technologijos

Įvertinant žinių visuomenės raidos tendencijas būtina akcentuoti, kad daugelio valstybių darbo jėgos išgūdžiai nebeatitinka XXI a. ekonomikos realybės reikalavimų, todėl privalu pasinaudoti IRT sistemų sąrangos teikiamais privalumais, t. y. plėtoti bendradarbiavimą, dalintis informacija ir žiniomis, skatinti kūrybiškumą kuriant antrosios kartos saityno įrankius. Antraip nebus įmanoma sėkminga mažų ir vidutinių įmonių veikla, taip pat bus nepakankamai disponuojama integralia valstybės informacijos politika ir interoperabilia infrastruktūra, nepriartėjama prie pasaulinio konkurencinio pranašumo standartų.

Strateginių kompetencijų ir strateginių technologijų bei besimokančios organizacijos veiksmų aplinkos integralumo scheminis vaizdavimas (3 pav.) padeda sustiprinti kompetentingiausių organizacijos narių motyvaciją, o strateginės informacijos ir žinių valdymas leidžia pertvarkyti organizacijos misiją, kurti jos kultūrą bei palaikyti esmines vertybes.





3 p a v. *Mokymosi ir augimo perspektyvos (Kaplan, Norton 2001, p. 93)*

Informacijos ir žinių vadybos bei inovatyvios besimokančios organizacijos tikslai yra artimi, nes organizacijos efektyvumą siekiama pagerinti duomenų, informacijos ir žinių tobulinimo, saugojimo ir skleidimo procesais. Informacijos ir žinių vadyba yra besimokančios organizacijos įgyvendinimo priemonė. Šioje organizacijoje asmeninis ugdymasis yra integruota organizacijos inovacijų dalis, o mokymasis – nuolatinis procesas. Pagrindiniai besimokančios organizacijos objektai yra transformacija, pokytis, funkcijų perdavimas, inovacija, darbo stiliaus keitimas, adaptacija, vadybos stilius, dalyvavimas, darbuotojų dalyvavimo skatinimas (Jokūbauskienė, 2013).

Korporacinės krypties nustatymas, inovacijų taikymas, IRT tinkamas panaudojimas reikalauja planavimo. Žinių visuomenės iššūkiai ir jų kompleksinis, atviras, besivystantis, išorinių veiksnių įtaką patiriantis nuolatinis identifikavimas skatina organizacijas įveikti žinių ekonomikos ir globalios ekonominės krizės keliamus iššūkius. Kritinė problema yra tai, kaip galime padėti organizacijos žmonėms padidinti jų mokymosi ge-

bėjimus ir prisidėti prie kitų žmonių mokymosi. Informacijos ir žinių vadyba suprantama kaip esminė veikla, padedanti įgyti, plėtoti ir išlaikyti intelektualinį organizacijų kapitalą. Tai reiškia, kad sėkminga intelektualinio kapitalo vadyba yra glaudžiai susijusi su žinių vadybos procesais organizacijoje, o tai savo ruožtu leidžia daryti prielaidas, kad sėkmingas informacijos ir žinių vadybos įgyvendinimas ir vykdymas užtikrina intelektualinio kapitalo įgijimą, augimą ir dalijimąsi žiniomis.

Vadinasi, šiame kontekste yra svarbios „[...] edukacinių sistemų, vertybinės ir kultūrinės, teisinės ir administracinės, makroekonominės ir rinkos aplinkų erdvės bei jų tarpusavio sąveika formuojant nacionalinį konkurencingumą, pagrįstą organizacijų inovacijomis ir kompetencija. Jose vykstančių kūrybinių ir inovacinių žinių kūrimo esmę sudaro sklaidos, perdavimo bei naudojimo dimensijos, kurias suponuoja holistinis interaktyvus mokymasis. Nacionalinės inovacijų politikos misija – taikant edukacinėse sistemose veikiančios strateginės žinių vadybos principus užtikrinti žmoniškųjų išteklių kompetencijų plėtra grįstą inovacinį šalies pajėgumą“ (Gudauskas et al., 2010).

## „Antrepreneris: antrosios kartos saitynas“ projekto galimybės ir plėtra

Mokymosi aplinka – tai visuma materialinių, socialinių, psichologinių ir pedagoginių veiksnių, turinčių įtaką mokymo procesui ir rezultatams (Bitinas, 2013, cit. iš Gulbinas, 2014). Taigi, įvardijant mokymosi aplinkas ir siekiant plačiau pritaikyti ir panaudoti IRT technologijas bei inovacijas kuriant smulkias ir vidutines įmones ir praktiškai naudojant jų kuriamus įrankius, svarbu atkreipti dėmesį į besimokančiuosius individus ar jų grupes.

Projekto „Antrepreneris: antrosios kartos saitynas“ (toliau – Projektas) tikslas – sukurti modelį smulkių ir vidutinių verslo įmonių savinininkams, asmenims, kurie nori pradėti privačią praktiką, taip pat neturintiems darbo asmenims, kurie susiduria su finansinės krizės pasekmėmis, tačiau siekia tapti naujos kartos antrepreneriais. Naujos kartos antrepreneriai gali sėkmingai naudoti antrosios kartos saityno technologijas, o pastarosios jų kuriamiems produktams ir paslaugoms suteikia efektyvumo platesnėje europinėje ir tarptautinėje klientų erdvėje.

Projekto rezultatai leidžia dalintis gerąja praktika visiems projekto dalyviams ir besimokantiems ne tik šalyse dalyvėse, bet ir kitose Europos Sąjungos šalyse narėse.

Dabartinis Projekto konsorciumas susideda iš smulkių ir vidutinių įmonių, asociacijų, verslo atstovų, komercijos rūmų ir pan., orientuotų į esminės vertės grandinės žaidėjus, kurie dalijasi žiniomis, kuria inovatyvius produktus ir siekia inovatyvių aukštos kokybės rezultatų numatydami poveikį naujos kartos antrepreneriams.

Projekto koordinadorius (angl. *Cyberall-Access*) telkia inovatyvius gerosios praktikos pavyzdžius, kurių pagrindas – antrosios kartos saitynas ir debesija, ir platformą, skirtą pasaulio antrepreneriams. Kiekvienas projekto partneris yra atsakingas už savo šalyje aktualios informacijos rinkimą ir tinkamą jos pristatymą. Žinoma, gerosios praktikos pavyzdžiai renkami, analizuojami, apibendrinami ir iš kitų Europos Sąjungos šalių narių bei tarptautiniu mastu.

Surinktos informacijos pagrindu rengiamos dvi apibendrinančiomis įžvalgomis grįstos ataskaitos, kurias sudarys:

- a) antrosios kartos saitynu ir debesija grįstų įrankių ir paslaugų, kurios tinkamos aukšto lygmens verslui – esamiems ar potencialiems antrepreneriams;
- b) naujų antreprenerių bei smulkaus ir vidutinio verslo įmonių, kurios efektyviai pasinaudojo antrosios kartos saityno įrankiais ir jais remiantis jų verslo praktikos tapo efektyvios.

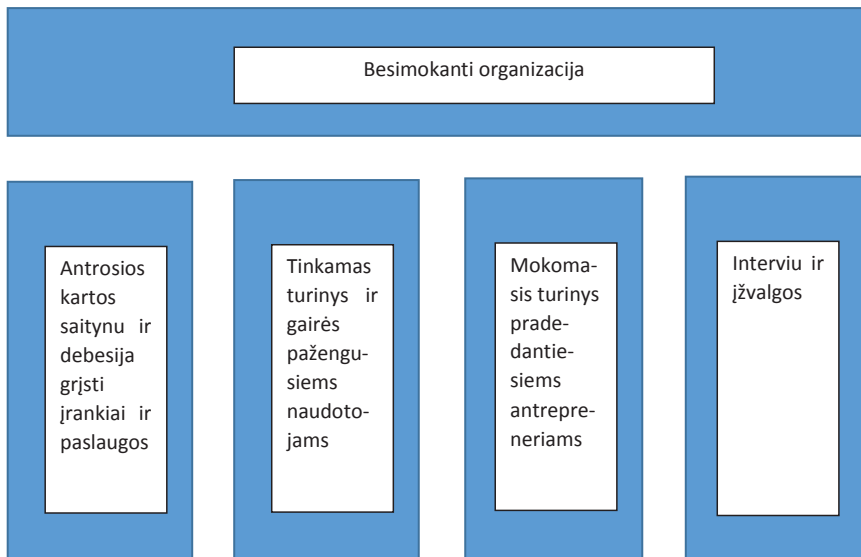
Šios dvi ataskaitos sistemingai pildomos viso projekto metu, jų turinys pasibaigus projektui šių metų rudenį bus paskelbtas interaktyviame portale\*.

Remdamasis surinkta medžiaga, kiekvienas projekto partneris rengia mokomojo turinio dalį, tinkamą edukacinę mokymosi aplinką, grįstą antrosios kartos saityno įrankiais ir pritaikytą lokaliems dalyvių poreikiams, taip pat esamiems ir potencialiems antrepreneriams. Projekto metu svarbūs partnerių ir besimokančiųjų reguliarūs susitikimai, vykstantys skirtingose partnerių šalyse, taip pat grįžtamasis ryšys. Šių metų gegužės 14–15 dienomis partnerių susitikimas vyko Vilniuje Lietuvos nacionalinėje Martyno Mažvydo bibliotekoje. Susitikime, kurį organizavo VšĮ „Think Tank LT“ kartu su nacionaline Martyno Mažvydo biblioteka, Projekto partneriai ir besimokantieji pasidalijo gerąja praktika. Puikių rezultatų pasiekęs verslininkas, sukūręs keliolika efektyvių pradedančiųjų įmonių, VšĮ „Think Tank LT“ valdybos narys Martynas Nikolajevas, supažindino su sėkmingo verslo efektyvumo gairėmis. Sėkmės istorijų turinys, dalijimasis gerąja praktika, žiniomis, sukaupta informacija skatina efektyviai bendradarbiauti, spartina inovacijų ir inovatyvių sprendimų sklaidą ir skatina efektyvesnius žinių vadybos procesus.

Šalia gerosios praktikos ir visų organizuojamų partnerių mobilumo Projekto kontekste svarbios ir įvairios skirtingos lokalsios patirtys. Taip pat kiekviename susitikime ypatinga svarba teikiama interviu ir dalyvių išpūdžių įrašams,

\* <http://www.entrepreneur2.eu/>.





4 pav. Planuojamų Projekto rezultatų scheminis atvaizdas

kurių sklaida internete padėtų tiems, kurie nedalyvavo susitikimuose, gauti vertingų išvalgų.

Projektas „Antrepreneris: antrosios kartos saitynas“<sup>\*\*</sup> – jungtinė Europos Komisijos finansuojama iniciatyva, skirta smulkaus ir vidutinio verslo įmonių asociacijoms ir smulkioms ir vidutinėms įmonėms iš septynių šalių: Graikijos, Airijos, Ispanijos, Čekijos, Turkijos, Slovėnijos ir Lietuvos. *Cyberall Access* – Projekto koordinatorių, aktyvus daugelyje skirtingų sričių, iš jų ir konsultacinėje mokymo paslaugų srityje (saityno dizainas ir vystymas, nuotolinis mokymasis, vertimai, inžinerinis panaudojimas ir pasiekiamumas, renginių organizavimas ir mokymo paslaugos). *Dun Laoghaire-Rathdown* – ši valstybinė organizacijų plėtros agentūra siūlo pagalbą kiekvienam siekiančiam pradėti verslą ar naujoviškiau veikti Dublino regione. Nuo 1889 m. veikianti *Santiago de Compostela Official Chamber of Commerce, Industry and Navigation* yra konsultuojanti ir bendradarbiaujanti institucija, kuri atstovauja bendriems regiono įmonių interesams, juos viešina ir gina. Prahos prekybos rūmai (angl. *Chamber of Commerce*) yra organizacija, repre-

zentuojanti antreprenerystę, ginanti smulkaus, vidutinio ir stambaus verslo organizacijų narių interesus Prahėje ir Čekijos Respublikoje. Kita asociacija įkurta 1952 m. – tai *Eskişehir*, viešojo valdymo institucija, kurios misiją ir galią identifikuoja 5362 užrašytos teisės, susijusios su panašaus profilio institucijomis, valdomomis Turkijos pramonės ir prekybos ministerijos. VŠĮ „Think Tank LT“ teikia strateginius patarimus, projektų valdymo ir praktines konsultacijas bei mokymus, kurie apima informacinės visuomenės, žinių ekonomikos įgyvendinimo strategijas, elektroninės valdžios ir elektroninės demokratijos programas atsižvelgiant į pasaulines tendencijas.

Remiantis Projekto planuojamais rezultatais<sup>\*\*</sup> parengtas šių rezultatų scheminis atvaizdas (4 pav.).

Išanalizavus Projekto teorinius bei praktinius mokymosi visą gyvenimą aspektus, galima teigti, kad žinių visuomenė siejama su globalizacijos fenomenu, kuriam būdinga technologiškai intensyvi aplinka, taigi, jos efektyvesniam naudojimui skirtas Projekto nuotolinis kursas padės pradedantiejiems verslininkams sėkmin-

\* <http://www.entrepreneur2.eu/our-partners.html>.

\*\* <http://www.entrepreneur2.eu/our-outcomes.html>.

gai kurti ir plėtoti inovatyvų verslą pasinaudojant gerąją praktiką ir dalijantis žiniomis.

## Išvados

Apibendrinant galima teigti, kad:

1. Išanalizavus mokymosi visą gyvenimą Europos Sąjungos iniciatyvas, gretinant jas su organizaciniu mokymusi išaiškėja, kad konkurencinio pranašumo ir sėkmingos verslo pradžios siekiančioms organizacijoms vertinga dalintis gerąją praktiką ir žiniomis. Tokiu būdu prisidedama prie kritinės problemos – kaip galime padėti organizacijos žmonėms pagerinti jų mokymosi gebėjimus ir prisidėti prie kitų žmonių mokymosi – sprendimo ir tinkamo informacijos ir ryšių technologijų panaudojimo.
2. Įvardijus sudėtinį besimokančios organizacijos koncepto elementus išaiškėja, kad šis modelis yra tinkamas vertinant organizacijos gebėjimus mokytis. Prieinama prie išvados, kad sistemų ir technologijų vieta mokymosi procese leidžia kurti naujas vertes organizacijai ir imtis inovatyvių sprendimų.
3. Strateginių kompetencijų, tokių kaip gebėjimas mokytis, ir strateginių technologijų bei besimokančios organizacijos

aplinkos integralumas skatina organizacijų veiklos produktyvumą ir konkurencingumą rinkos sąlygomis. Išanalizavus žinių vadybos kontekstą, galima teigti, kad žinių vadybos procesai organizacijoje ir efektyvi mokymosi aplinka lemia tinkamą antrosios kartos saityno įrankių panaudojimą.

4. Apžvelgus projektą „Antrepreneris: antrosios kartos saitynas“ pateikiami numatomi jo rezultatai: a) antrosios kartos saitynu ir debesija grįšti įrankiai ir paslaugos, b) tinkamas turinys ir gairės pažengusiems naudotojams, c) mokomasis turinys pradantiems verslininkams ir d) interviu bei įžvalgos, pateikiamos Projekto ataskaitose ir tinklalapyje. Projekto rezultatai, kurie bus pasiekiami virtualioje erdvėje ir prieinami pradantiems verslininkams, neabejotinai skatins naujų verslo organizacijų ir jų teikiamų paslaugų kūrimąsi, organizacinį mokymąsi remiantis prieinama gerąją praktika. Dalijantis žiniomis, besimokančiųjų grįžtamuju ryšiu bus kuriamas tęstinis suinteresuotų grupių tinklinis bendradarbiavimas, kuris atvers tolesnę mokslinių tyrinėjimų perspektyvą, apžvelgiant ir analizuojant prieinamus projekto rezultatus ir tęstinumą.

## LITERATŪRA

*A Digital Agenda for Europe*. Europos Komisijos komunikatas KOM(2010) 245 galutinis, 42 p. [interaktyvus]. [Žiūrėta 2015 m. gegužės 5 d.] Prieiga per internetą: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=com:2010:0245:fin:en:pdf>>.

*Ashoka Globalizer: discover the world's most exciting innovations (2010-2013)*. [interaktyvus]. [Žiūrėta 2015 gegužės 5 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.ashokaglobalizer.org/about>>.

DRUCKER, P. F. *Innovation and Entrepreneurship*. A Butterworth-Heinemann Title; 2<sup>nd</sup> rev edition, 2007. 272 p. ISBN-13: 978-0750685085

*Eurostat* (2010). Asmenų dalyvavimas mokymosi ir kvalifikacijos tobulinimo procesuose (Lietuva).

GUDAUSKAITĖ, Saulė (2007). Žinių visuomenės link: organizacijos darbuotojo kompetencijų poreikis. *Informacijos mokslai*, t. 40, p. 66–72. ISSN 1392-0561

GUDAUSKAS, R.; KAUSZYLIENĖ, A. Žinių vadyba ir edukacinės inovacijos. Vilnius, 2010. 48 p. ISBN 978-9955-20-569-2

GULBINAS, Rokas (2014). *Socialinio pedagogo informacinėmis ir komunikacinėmis technologijomis praturtintos edukacinės aplinkos pedagoginis pagrindimas*: Daktaro disertacija, Socialiniai mokslai, edukologija (07 S), Lietuvos edukologijos universitetas, Vilnius. 197 p.

JASHAPARA, A. (2004). *Knowledge management. An integrated approach*. Pearson Education Limited, England. 324 p. ISBN 0273 68298 9

JAKUBAVIČIUS, A.; JUCEVIČIUS, R.; JUCEVIČIUS, G.; KRIAUCIONIENĖ, M.; KERŠYS, M. (2008). *Inovacijos versle: procesai, parama, tinkla-veika*. Vilnius, 180 p. ISBN 978-9955-843-00-9

JOKŪBAUSKIENĖ, Saulė (2013a). Informacijos ir komunikacijos specialistų strateginės lyderystės kompetencijų formavimo tendencijos žinių visuomenėje. *Informacijos mokslai*, t. 64, p. 90–112. ISSN 1392-0561.

JOKŪBAUSKIENĖ, Saulė (2013b). *Informacijos ir komunikacijos specialistų strateginės lyderystės kompetencijų formavimas besimokančioje organizacijoje*: Daktaro disertacija, Socialiniai mokslai, Komunikacija ir informacija (08 S), Vilnius. 357 p.

KAPLAN, R. S; NORTON, D. P. (2001). *The strategy-focused organization. How balanced scorecard companies thrive in the new business environment*. Harvard Business School Press. 400 p. ISBN 1-57851-250-6.

Lietuvos informacinės visuomenės plėtros 2014–2020 m. programa „Lietuvos Respublikos skaitmeninė darbotvarkė“ (TAR, 2014, Nr. 2014-03386), Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2014 m. kovo 12 dienos nutarimas Nr. 244 [žiūrėta 2015 m. gegužės 5 d.]. Prieiga per internetą: <[http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=467638&p\\_tr2=2](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=467638&p_tr2=2)>.

LEIBOLD, M.; PROBST, G.; GIBBERT, M. (2002). *Strategic management in the knowledge economy: New approaches and business applications*. Publicis. 353 p. ISBN 3-89578-168-1

McCALL, M. W. Jr. (1998). *High Flyers. Developing the next generation of leaders*. Harvard Business School Press. Boston. 254 p. ISBN 0-87584-336-0.

*Pažangaus, tvaraus ir integracinio augimo strategija: Komisijos komunikatas* 2020 m. Europa. KOM (2010) 2020 galutinis [interaktyvus]. [Žiūrėta 2015 m. gegužės 2 d.]. Prieiga per internetą: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:LT:PDF>>.

TIDD, J. (editor) (2012). *From Knowledge management to strategic competence: assessing technological, market and organisational innovation*. Series on technology management – Vol. 19. Imperial College Press. 418 p. ISBN-13 978-1-84816-883-1

TROSTER, Christian; MEHRA, Ajay; van KNIP-PENBERG, Daan (2014). Structuring for team success: The interactive effects of network structure and cultural diversity on team potency and performance. *Organizational Behavior an Human Decision Processes*, vol. 124, iss. 2, p. 245–255 [žiūrėta 2015 m. gegužės 14 d.]. Prieiga per internetą <<http://www.science-direct.com/science/article/pii/S0749597814000326>>.

## “ENTREPRENEUR 2.0”: THE INITIATIVE OF LIFE LONG LEARNING IN CREATION OF WEB 2.0 TOOLS

Saulė Jokūbauskienė

### Summary

Based on the fact that the key to employment, prosperity and development is entrepreneurship, for the first time associations of SMEs and micro SMEs, start-ups, join a european consultancy and training initiative to advance entrepreneurship based on web 2.0 tools and establish the foreground for successful Entrepreneurs and start-ups.

There is a project “Entrepreneur 2.0” presented in the article. It’s an example and structure of the project follows such a model that first allow micro SME owners, potential start up owners, self-employed people as well as unemployed people that face the implications of the current financial crisis to become the new generation of entrepreneurs capable to exploit Web 2.0 technologies for advancing their products and services more effectively at a wider european and international client portfolio.

*Įteikta 2015 m. birželio 28 d.*

Secondly, the findings and the results of this project allow lessons learned as well as similar practices to be replicated by other players not only in the participating countries but also in the other Member States.

Thirdly, the current consortium consists of VET centers, SMEs, SME associations, Business Representatives, Chambers, etc that form the proper mix and balanced representation of the key value chain players for knowledge sharing and creating and producing innovative high quality results with expected great impact in the new generation of Entrepreneurs (ENTREPRENEUR 2.0).

The article examines the results reached in knowledge society within the current project development period and how the practice correspond to the web 2.0 and knowledge management theory dynamics.

**Keywords:** organizational behaviour, WEB 2.0, knowledge management, entrepreneurship, long life learning.

# Masinių atvirų internetinių kursų teikimo personalizuotų mokymosi aplinkų lyginamoji analizė

## Daina Gudonienė

Vilniaus universiteto Matematikos informatikos instituto doktorantė  
Kauno technologijos universiteto Informatikos fakulteto lektorė  
Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics, Doctoral student  
Kaunas University of Technology, lecturer  
Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: daina.gudoniene@ktu.lt

## Danguolė Rutkauskienė

Kauno technologijos universiteto Informatikos fakulteto docentė  
Kaunas University of Technology, Faculty of Informatics, Assoc. professor  
K. Baršausko g. 59-A334, LT-51392 Kaunas, Lietuva  
El. paštas: danguole.rutkauskiene@ktu.lt

*Sparčiai vykstantys technologijų pokyčiai ir lengviau prieinamas bei spartesnis interneto ryšys sudaro visas prielaidas iš esmės pakeisti įprastinį mokymą bei mokymąsi, plačiau atverti naujas mokymosi galimybes. Vis didesnį visuomenės susidomėjimą kelia palyginti nauja mokymosi koncepcija – masiniai atviri internetiniai kursai (liet. MAIK, angl. MOOC). MAIK suteikia naujų galimybių mokytis bei pasižymi savybėmis, kurios skatina permąstyti nuotolinių kursų organizavimo ir teikimo koncepciją. Tačiau nauja koncepcija kelia naujas problemas: kaip užtikrinti masinių atvirų internetinių kursų kūrimo ir teikimo kokybę, kokie yra esminiai mokymosi platformos elementai, kad būtų užtikrintas kokybiškas masinių atvirų internetinių kursų teikimas. Straipsnyje pateikiama mokymosi elementų svarbos ir efektyvumo masiniuose atviruose internetiniuose kursuose lyginamoji analizė bei personalizuotos mokymosi aplinkos schema.*

**Pagrindiniai žodžiai:** masiniai atviri internetiniai kursai, platforma, mokymasis, analizė.

## Įvadas

Masiniai atviri internetiniai kursai (MAIK) yra nemokami ir visiems laisvai prieinami švietimo išteklių (Alraimi, Zo, Ciganek, 2015), integruojantys interaktyvius mokymosi elementus ir pasiekiami internetu (Raybourn, 2014). MAIK judėjimas yra palyginti naujas reiškinys (Rutkauskienė, 2013; Margaryan, Bianco, Littlejohn, 2015), sukėlęs revoliuciją švietime (Munoz-Merino, Ruiperez-Valiente, Alario-Hoyos, Perez-Sanagustin, Delgado-Koos, 2015) bei pasižymintis laisve rinktis ir mokytis pagal poreikį. Kiekvienas turintis interneto ryšį gali rinktis kursus bet kuriame pasaulio universitete. Taigi, aukštasis mokslas tampa prieinamas žmonėms, negalintiems studijuoti

akivaizdžiai, neturintiems galimybės studijuoti geriausiuose bet kurio žemyno universitetuose dėl ekonominių ar kitų priežasčių (Beaven, Codreanu, Creuze, 2014). McAuley ir kt. (2010) pažymi, kad „iš pragmatinės perspektyvos, MAIK suteikia priėjimą dideliame žmonių skaičiui, kuris kitu būdu būtų negalimas dėl įvairių priežasčių: laiko, geografinės vietovės, formalių sąlygų, finansinių sunkumų.“ Be to, aukštojo mokslo institucijų atvirumas naudingas ir pačioms institucijoms. Institucijos gali teikti mokymosi paslaugas platesnei visuomenei, užsitikrinti geresnę atpažįstamumą, pritraukti naujų besimokančiųjų (Montes, Gea, Bergaz, Rojas, 2014). Norint užtikrinti MAIK kokybę, būtina aiškiai apibrėžti siekiamus kokybės standartus ir jų laikytis (Raposo-Rivas,

Martinez-Figueira, Campos, 2014). Vienas iš esminių reikalavimų MAIK – kurso prieinamumas bei lankstus, į dalyvį orientuotas mokymosi proceso organizavimas skirtingose vietose ir skirtingu laiku. Mokymosi procesas dažniausiai organizuojamas pasitelkiant internetinę mokymosi aplinką.

MAIK idėjos esmė – nemokami ir visiems prieinami aukštojo mokslo ištekliai. Daug autorių analizuoja MAIK teikimo stiprybes ir silpnybes šiuolaikinių universitetų kontekste. Petrauskienė, Rubliauskas (2011), Abarius, Liubinas (2014), Kolowich (2013) nagrinėja šiuolaikinius iššūkius universitetams, pristato naujas rizikas ir galimybes. Tarp įvairių rizikų ir galimybių analizuojamas naujausių technologijų, įskaitant MAIK, komercializavimo poveikis universitetams. Autoriai teigia, kad MAIK gali būti geras kai kurių kursų teikimo institucijose sprendimas. Šis eksperimentinis metodas nėra panacėja ir kaip edukacijos sprendimas turėtų būti vertinamas labai atsargiai. Būtų klaidinga teigti, kad MAIK gali visiškai pakeisti tradicinį mokymosi modelį. Kai kurie autoriai (Kay, Reiman, Dieboold, 2014; Kolowich, 2013) analizuoja tokius MAIK teikimo universitetuose klausimus kaip studento autonomija, parama naujiems studentams, techninis palaikymas, sudėtingumo, privatumo ir konfidencialumo stoka, struktūros trūkumai (kursų įvairovė nuo puikiai parengtų iki visiškai chaotiškų), vertinimas ir įvertinimas, studentų grįžtamasis ryšys, institucijos politika, naudotinos priemonės ir jų galimybė sąveikauti tarpusavyje, patikimumas, ilgaamžiškumas ir laisvos prieigos modeliai naudojant išorinius IT įrankius ir išteklius.

Vienas iš sėkmingų masinių atvirų internetinių kurso teikimo veiksmų yra tinkamai pasirinkta mokymų platforma (Rutkauskienė, Gudonienė, 2013), užtikrinanti pagrindines mokymosi internete funkcijas: bendravimą ir bendradarbiavimą, dokumentų mainus ir saugojimą, savikontrolės ir vertinimo priemones. Kokybiškam MAIK paslaugų teikimui internete MAIK teikimo metodologijoje nėra nurodomos konkrečios platformos. Taip pat nėra mokslininkų pateiktų ir analizuotų MAIK sudedamųjų

dalių ir kurso realizacijos strategijos, t. y. viso to, kas daro teigiamą įtaką kokybiškam masinių atvirų internetinių kursų teikimui internete.

Straipsnio problema: virtualios mokymosi platformos, naudojamos masinių atvirų internetinių kursų teikimui.

Straipsnio tikslas – išanalizuoti naudojamas platformas bei mokymosi aplinkas, susijusias su MAIK teikimu, išnagrinėti jų funkcijas ir pateikti personalizuotos mokymosi aplinkos taikymo modelį.

Uždaviniai:

1. Išanalizuoti ir pateikti struktūruotą MAIK savybių ir skiriamųjų bruožų apibūdinimą.
2. Atlikti platformų lyginamąją analizę.
3. Pateikti personalizuotos mokymosi aplinkos MAIK teikimui schemą.

## **Masinių atvirų internetinių kursų savybės ir skiriamieji bruožai**

Masiniai atviri internetiniai kursai pasižymi tradiciniams nuotoliniams mokymosi kursams nebūdingomis savybėmis (Ingolfsottir, 2014). Viena svarbiausių MAIK savybių – atvirumas ir pasiekiamumas, t. y. mokytis gali bet kas, turintis interneto ryšį. Masiniuose atviruose internetiniuose kursuose mokymosi procesas vyksta nustatytu tempu, o užduotys atliekamos pagal iš anksto numatytą veiklų planą. Dalyviai, sėkmingai baigę kursą, gauna kursų baigimo pažymėjimus.

Wulf, Blohm, Brenner, Leimeister (2014) išskiria keturis pagrindinius MAIK bruožus, padedančius juos atpažinti ir skirti nuo tradicinių nuotolinių kursų:

1. **Didelis dalyvių skaičius.** Masiniai atviri internetiniai kursai gali turėti neribotą dalyvių skaičių.
2. **Atvira prieiga.** Kursai yra orientuoti į globalią tikslinę grupę, todėl dalyviams nekeliama jokie specifiniai reikalavimai, išskyrus atvejus, kai MAIK yra įtrauktas į studijų programą. MAIK yra nemokami arba mokestis yra labai mažas.
3. **Skaitmenizavimas.** Skaitmenizavimas apima mokymosi medžiagą, mokymo



procesą, studentų socialinę sąveiką ir vertinimą.

4. **Didaktinė koncepcija.** Mokymo procesas atliekamas ir žinios plečiamos laikantis iš anksto nustatytų mokymosi siekinių. Dizaino elementai apima kurso planavimą, struktūravimą, socialinės mokymosi sąveikos kontrolę, edukacinių siekinių vykdymą ir vertinimą.

Ne visi internetiniai kursai gali būti įvardijami kaip masiniai atviri internetiniai kursai. Gurbuz, Gudonienė ir Rutkauskienė (2013) pažymi, kad yra dalis kursų, kur pateiktą mokomąją medžiagą galima vertinti kaip nuoseklius kursus, tačiau į MAIK kategoriją jie nepatenka, nes mokytis galima individualiu tempu, nepaisant nustatytų mokymo planų ar terminų. MAIK kategorijai taip pat nepriskiriami ir įvairių universitetų paskaitų vaizdo ir garso įrašai, kurie pateikiami specializuotose internetinėse sistemose.

Masiniai atviri internetiniai kursai taip pat pasižymi ir neigiamomis savybėmis. Viena jų – didžioji dalis dalyvių nebaigia mokymosi kurso (Dillenbourg, Kirchner, Mitchell, Wirsing, 2014). Iškritimas iš mokymosi kurso siejamas su skirtingais poreikiais, susijusiais su mokymosi procesu: vieni ieško specifinės informacijos, kiti praranda motyvaciją ir t. t. Todėl masiniai atviri internetiniai kursai dažnai siejami su žemo edukacinio lygio kursais, manoma, kad tokie kursai gali pakenkti dalyvių įgūdžiams ir motyvacijai mokytis (Balaji, Al-Mahri, Al-Fatnassi, 2015). Be to, MAIK kokybė nėra tinkamai užtikrinama. Taip pat nėra aiškių metodologinių nurodymų ir apibrėžčių, kurios nusakytų, koks turi būti kokybiškas MAIK kursas.

## Personalizuotų mokymosi platformų palyginimas

Personalizuotos mokymosi platformos – tai platformos, pagrįstos individualiu (personalizuotu) mokymusi ir nukreiptos į studento poreikių tenkinimą mokymosi procese (Nair, 2014). Personalizuotos mokymosi platformos suteikia galimybę mokytis individualiai ir naudoti tik tinkamas mokymosi strategijas.

Kay, Reiman, Dieboold ir kt. (2014) analizuoja MAIK teikimo platformas bei jų pritaikymą mokymosi procese, naudojant atvirus internetinius švietimo išteklius. Dauguma šių platformų turi panašias arba identiškąs funkcijas, įskaitant esminį MAIK bruožą – trumpas vaizdo paskaitas su integruotais interaktyviais klausimais. Mokymosi platformos turi daug bendro su virtualiomis mokymosi aplinkomis, tokiomis kaip „Moodle“, „Sakai“, „Blackboard“ ir kt. (Petrauskienė, Rubliauskas, 2011). Dauguma švietimo institucijų yra integravusios virtualias mokymosi aplinkas į savo informacines sistemas, kurios yra skirtos mokymo organizavimui bei yra integruotos su institucinius poreikius tenkinančiomis sistemomis, pvz., studentų duomenų bazėmis, virtualia mokymosi aplinka, socialiniais tinklais, vaizdo paskaitų organizavimo sistemomis ir t. t. pagal institucinį poreikį. Rutkauskienė, Gudonienė, Kubiliūnas (2013) teigia, kad naujosios mokymosi platformos reikalauja naujų kompetencijų naudoti e. mokymo priemones bei įrankius, kurti, tobulinti ar naudoti e. mokymosi mokomąją medžiagą, vertinimo priemones, įvertinti medžiagą ir metodikas, naudoti bendravimo ir bendradarbiavi-



1 p a v. Personalizuotos mokymosi platformos sudedamosios dalys

mo priemonės. Tradicinės didaktinės priemonės turi būti pakartotinais įvertintos, parengtos bei pritaikytos taip, kad būtų sukurta lanksti, turtinga, funkcionali ir inovatyvi mokymosi medžiaga. Kai kuriais atvejais šias priemones užtikrina personalizuota mokymosi platforma. Pagrindiniai masinių atvirų internetinių kursų kūrimui ir teikimui reikalingi elementai pavaizduoti 1 paveiksle. Darnus šių elementų veikimas užtikrina tinkamą ir sklandų mokymosi platformos veikimą. Rutkauskienė, Gudonienė (2013), Kay, Reiman, Dieboold (2014) analizuoja MAIK kūrimui ir teikimui dažniausiai naudojamas platformas. Vienos populiariausių mokymo platformų masiniams atviriems internetiniams kursams teikti yra edX ir „Coursera“. Šios platformos yra orientuotos į vaizdo paskaitų teikimą su integruotais testais ir klausimynais. Integruoti klausimynai padeda studentui peržiūrėjus paskaitos vaizdo įrašą iš karto patikrinti žinias, atsakant į pateiktus klausimus. Atsakymai į klausimus yra vertinami automatiškai, o rezultatai pateikiami iš karto ir užtikrinant grįžtamąjį ryšį. Be to, šios mokymosi platformos užtikrina sąsajas su socialiniais įvairialypiais elementais, papildančiais mokymosi medžiagą (Shen, Kuo, 2015). MAIK platformų savybės ir funkcijos pateikiamos 1 lentelėje.

Šioje lentelėje pateikiamos platformų ir virtualių mokymosi aplinkų charakteristikos, kurios yra labai panašios. Analizuotos personalizuotos mokymosi platformos teikia labai panašias paslaugas bei pasižymi panašiomis savybėmis. Todėl, norint išrinkti tinkamiausią personalizuotą mokymosi aplinką, būtina įvertinti teikiamo masinio atviro kurso savybes ir specifinius dalyvių poreikius. Be to, labai svarbu nustatyti, kokios veiklos bus teikiamos masinių atvirų internetinių kursų metu ir kokios platformos savybės bus išnaudojamos.

Dauguma autorių, analizuojančių virtualias mokymosi platformas, mano, kad suprojektuotos mokymosi aplinkos yra tinkamesnės darbui klasėse, o MAIK platformos yra sukurtos pakeisti tradicinį mokymosi būdą. Tačiau naujos platformos turi daug bendro su virtualiomis mokymosi aplinkomis, bet MAIK naudojamos

mokymosi platformos labiau orientuotos į vertinimo įrankių galimybių plėtrą. Virtualios mokymosi aplinkos turi daugiau funkcijų, kurių trūksta daugumai MAIK platformų. Neseniai atsiradę MAIK skatina virtualias mokymosi aplinkas keistis, pavyzdžiui, „Blackboard“ kūrėjai pridėjo kurso sritis (angl. *CourseSites*). Nors dauguma vartotojų apibūdina ją kaip MAIK platformą, tačiau ši aplinka negali konkuruoti su tokiomis populiariomis svetainėmis kaip edX ir „Coursera“, nes vis dar neatitinka MAIK vaizdo įrašų teikimo kokybės ir funkcijų, t. y. peržiūrėti vaizdo įrašą ir atlikti savikontrolės testą. Tradicinis virtualių mokymosi aplinkų naudojimas turi įtakos ir MAIK technologijų įgyvendinimui, kai kurie universitetai naudoja skirtingus MAIK teikimo modelius, pavyzdžiui, „apverstos klasės“ (*flipped classroom*) modelį.

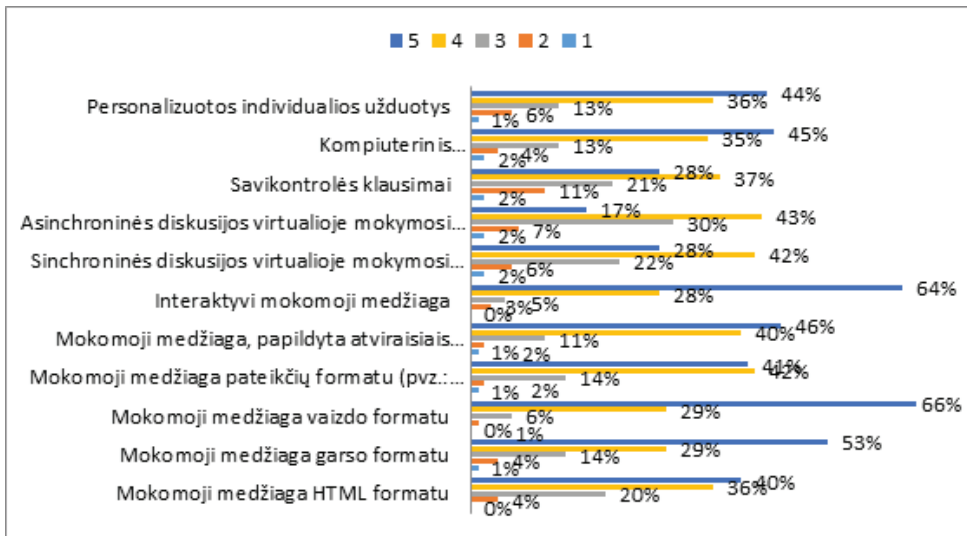
Skirtingas mokymosi platformų savybes atskleidžia tyrimo „Mokymosi objektų efektyvumo vertinimas VMA“ rezultatai. 2014 m. atlikto tyrimo, kuriame dalyvavo 609 respondentai, išvadose teigiama, kad kai kuriems MAIK dalyviams itin svarbu skirtingos mokymosi platformos galimybės pateikti mokymosi medžiagos elementus (2 pav.). Vienas svarbiausių kriterijų renkantis personalizuotą mokymosi aplinką yra galimybė mokymosi medžiagą pateikti interaktyviu formatu. Interaktyvumas suteikia galimybę geriau įsiminti ir naudoti pateikiamas žinias. Interaktyvumas taip pat padeda geriau išlaikyti dėmesį ir sutelktumą mokantis. Labai svarbi ir galimybė mokymosi platformoje naudotis vaizdo formato mokomąja medžiaga. Vaizdo įrašai turi būti lengvai peržiūrimi ir valdomi. Tokie patys reikalavimai taikomi garso įrašų formato mokymosi medžiagai. Šis mokymosi medžiagos pateikimo būdas papildoma mokymosi medžiagą ir įtraukia besimokantįjį, padeda personalizuoti mokymosi elementus ir mokymosi procesą. Studentas gali pasirinkti jam tinkamiausias mokymosi strategijas garso įrašui perklausyti ar vaizdo įrašui peržiūrėti.

MAIK kursų organizavimas yra svarbus ir skatinamas dėl kelių priežasčių. Visų pirma, MAIK suteikia mokymosi procesui dinamiškumo, siūlant dalyviams puikias bendradarbiavimo ir

*I lentelė. MAIK kursų teikimo platformų savybės ir funkcijos*

Bruožai	edX	Coursera	Google kursų kūrimo įrankis	Class2Go	Udemy	Lernanta	Moodle	Sakai
<b>Vaizdo paskaitos</b>								
Saugykla	YouTube	Coursera	YouTube	YouTube&Amazon S3	Udemy YouTube	Netaikoma	YouTube	Netaikoma
Klausymynai su vaizdo galimybe	Ne	Taip	Ne	Ne	Taip	Netaikoma	Taip	Ne
Diskusijos vaizdo teikimo direktorijoje	Taip	Ne	Ne	Ne	Taip	Netaikoma	Taip	Ne
Papildomi dokumentai ir bruožai	Nuorodos į dokumentą	Dokumentai	Dokumentai	Nuorodos į dokumentą	Vaizdo įrašai ir skaidrės	Netaikoma	Nuorodos į dokumentą	Nuorodos į dokumentą
<b>Terminai</b>								
Galimybė nustatyti užduočių atlikimo terminus	Ne	Ne	Taip	Taip	Taip	Nenurodoma	Taip	Taip
<b>Klausimynai</b>								
Ar galimi klausimynai už vaizdo pateikimo lauko?	Taip	Taip	Taip	Taip	Ne	Netaikoma	Taip	Taip
<b>Klausimų tipai</b>								
Keleto atsakymų pasirinkimas (angl. <i>multiple</i> )	Taip	Taip	Taip	Taip	Ne	Ne	Taip	Taip
Trumpi atsakymai	Taip	Taip	Taip	Ne	Ne	Taip	Taip	Taip
Numeracija	Ne	Ne	Ne	Taip	Ne	Ne	Taip	Taip
Galimybė pasirinkti keletą bandymų	Ribota	Ribota	Neribota	Ribota	Netaikoma	Netaikoma	Taip	Taip
<b>Diskusijų forumai</b>								
Ar gali būti reitinguojami?	Teigiamas	Teigiamas / neigiamas	Netaikoma	Nėra	Nėra	Nėra	Nėra	Nėra
<b>Vertinimas ir analizė</b>								
Studentų pažangos apžvalga	Vertinimai skirtingose užduotyse	Vertinimai pateikiami eilėje	Nėra	Vertinimai pateikiami eilėje	Pažanga pateikiama procentais	Pažanga pateikiama procentais	Pažanga pateikiama procentais ir eilėje	Pažanga pateikiama procentais ir eilėje
Dėstytojo pažangos apžvalga	Nėra	Nėra	CSV dok. formate	CSV dok. formate	Netaikoma	Leidžia matyti ir koreguoti visą procesą	Leidžia matyti ir koreguoti visą procesą	Leidžia matyti ir koreguoti visą procesą
Automatinis darbo vertinimas	Taip	Taip	Taip	Ne	Ne	Ne	Taip	Taip
Galimybė studentams vertinti kitų dalyvių darbus	Taip	Taip	Ne	Ne	Ne	Ne	Taip	Taip





2 pav. Mokymosi elementų svarbumas mokymosi platformoje

bendravimo galimybes (Belleflamme, Jacqmin, 2014). Antra, MAIK leidžia universitetui ar kolegijai pateikti savo mokymosi medžiagą platesnei auditorijai, praplečiant institucijos nuomonės visuomenei – taip pašalinant mokymosi barjerus.

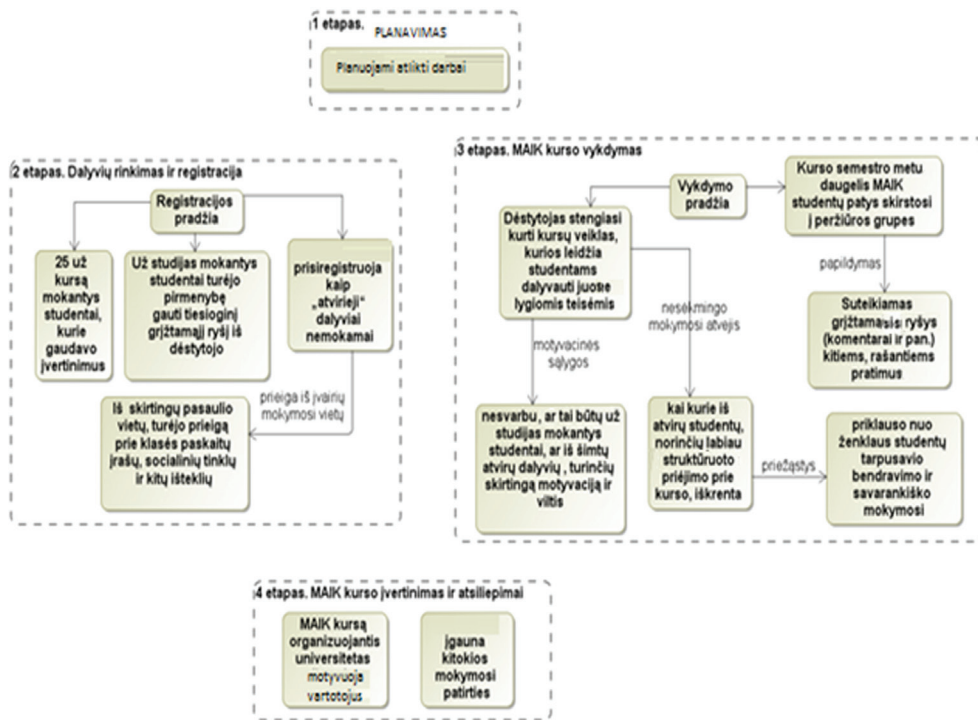
MAIK kurso pateikimo praktiniame pavyzdyje (žr. 3 pav.) matyti personalizuotos mokymosi aplinkos pasirinkimo būtinumas bei paties mokymosi proceso valdymas. Būtent tai ir yra esminis elementas renkantis tinkamą mokymosi platformą. Atkreipiamas dėmesys į pagrindinius elementus, užtikrinančius teigiamą MAIK organizavimo ir teikimo patirtį:

1. Patogi dalyvių registracija į masinį atvirą internetinį kursą (registracija neturi būti komplikauta ar užimanti pernelyg daug laiko ir pastangų, apimanti daug informacijos pateikti reikalaujančius klausimus).
2. Kurso valdymas neturi būti sudėtingas ar painus. Svarbu atskirti pagrindines kurso valdymo sritis ir paskirstyti esmines atsakomybes. Be to, personalizuota mokymosi platforma turi teikti pagrindines mokymosi medžiagos pateikimo, bendravimo ir bendradarbiavimo, užduočių pateikimo

ir vertinimo funkcijas, kurios užtikrintų geresnę mokymosi kokybę ir patenkintų studento poreikius.

3. Galimybė savarankiškai įsivertinti žinias bei gauti vertinamąjį grįžtamąjį ryšį. Įsivertinimo ir vertinimo galimybės yra itin svarbios, kad studentas galėtų gauti objektyvų turimų žinių vertinimą bei objektyviau vertinti savo turimas žinias. Todėl personalizuotos mokymosi platformos turi siūlyti spektrą vertinimo ir įsivertinimo įrankių, padėsiančių studentui geriau valdyti mokymosi patirtis ir pasitikrinti turimų žinių lygį.

Toliau pateiktame masinio atviro internetinio kurso organizavimo modelyje galima išskirti svarbiausias MAIK organizavimo sritis. Parinktas kursas „Informacinės technologijos“ apima keturis etapus: pasiruošimo (inicializacijos), dalyvių registracijos (už kursą mokantys studentai, „atvirieji“ dalyviai), kursų vykdymo (proceso organizavimas, komunikacija su dėstytoju ir pan.) bei MAIK įvertinimo. Kiekvienas etapas pasižymi tam tikromis užduotimis bei veiklomis, kurios reikalauja naudoti specifinius mokymosi proceso valdymo įrankius ir juos integruoti.



3 pav. MAIK organizavimo modelis

## Mokymosi platforma masiniam atviram internetiniam kursui teikti

Brinton, Buccapatnam, Chiang, Poor (2015) teigia, kad masiniam atviram internetiniam kursui teikti naudojama platforma turi pasižymėti svarbiausiu aspektu – atlaikyti didelį studentų srautą. Masiniai atviri internetiniai kursai pritraukia daug besidominčiųjų, todėl į tokius kursus daug jų registruojasi, tačiau dalis vėliau atkrinta (apie 90 proc.) (Nawrot, Doucet, 2014). Tokį didelį pirminį srautą gali atlaikyti tik gerai apgalvota ir suprojektuota mokymosi platforma. Todėl dažnai „atviros švietimo platformos (pvz.: Coursera, edX, Udacity ir kt.) išnaudoja technologines naujoves (pvz.: interaktyvius vaizdo įrašus), kad edukatoriai galėtų teikti MAIK dideliame besimokančiųjų skaičiui“ (Zheng, Rosson, Shih, Carroll, 2015). Tinkama mokymosi platforma masiniams atviriems internetiniams kursams teikti yra tokia platforma, kuri turi SSO (liet. vieningas prisijungimas, angl. *Single sign-on*) funkciją, integruotą

arba integruojamą konferencijų valdymo sistemą, galimybę integruoti socialinius tinklus bei galimybę sisteminti ir kaupti informaciją duomenų bazėse su semantinės duomenų analizės galimybe (4 pav.). Tokia personalizuota mokymosi platforma užtikrina geresnę duomenų pateikimo, sisteminimo ir saugojimo galimybę bei užtikrina studentams įprastos aplinkos (socialinių tinklų) integraciją į mokymosi aplinką, kas padeda geriau orientuotis bei įprasti prie naujosios mokymosi platformos.

Kai kurse studentų bazė yra ypač didelė, dėstytojai kartais tampa priklausomi nuo socialinių visuomenės informavimo priemonių, palaikančių bendradarbiavimą, dalyvavimą ir tarpusavio mokymąsi. Tai skatina didesnę atsakomybę mokymosi klasėje. Kadangi dalyviai gali būti įvertinimų ieškantys studentai, profesiją norintys įgyti asmenys bei įvairaus amžiaus ir iš įvairių vietų žmonės, kursas tampa naudingas dėl idėjų, kylančių iš daugelio regionų, kultūrų ir perspektyvų, įvairovės.

Svarbu nepamiršti, kad, mokant nuotoliniu masiniu būdu, dėstytojams sudėtinga palaikyti visavertį bendravimą su studentais. Limperos, Buckner, Kaufmann, Frisby (2015) teigia, kad įrankiai, skirti sąveikai, naudojami pasitelkiant daugialypius technologinius spendimus, palengvinančius bendravimą. Ramesh, Goldwasser, Huang, Daume, Getoor (2014) pažymi, kad diskusijų forumai yra labai svarbi personalizuotų mokymosi platformų funkcija teikiant masinius atvirus internetinius kursus. Bendravimas diskusijų forumuose yra itin svarbi funkcija, padedanti palaikyti kurso dinamiką ir kokybę, nes masiniai atviri internetiniai kursai yra didelės apimties (Onah, Sinclair, Boyatt, 2014).

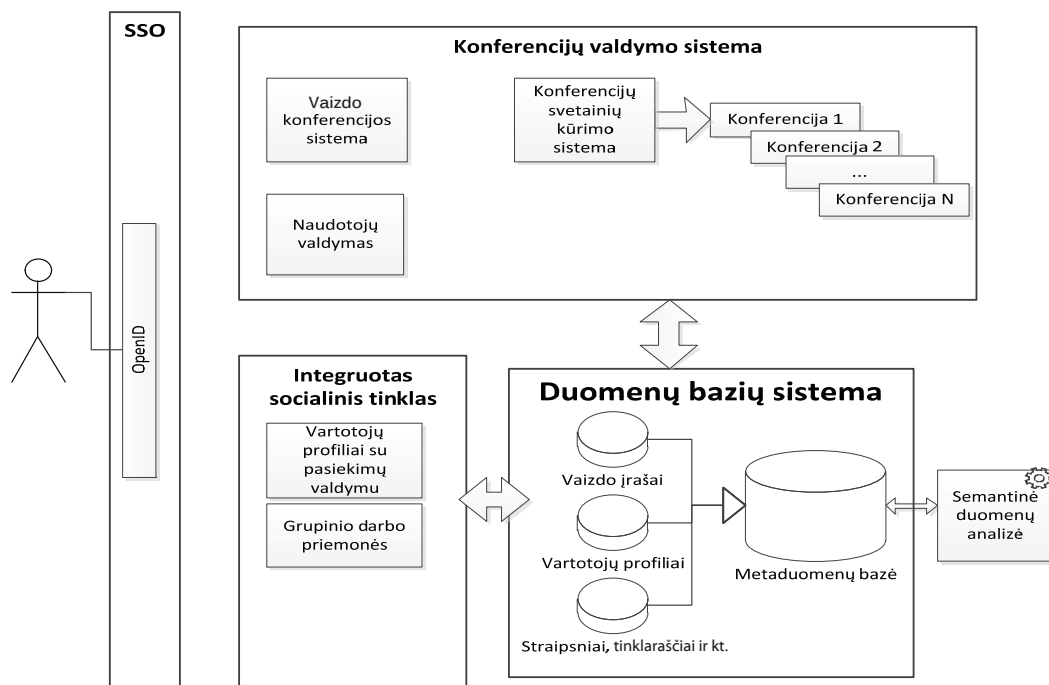
Meinel, Totschnig, Willeims (2013) pabrėžia, kad mokymosi platformos masiniams atviriems internetiniams kursams teikti turi pasižymėti testavimo, įvertinimo ir įsivertinimo funkcijomis, kurios tampa itin svarbios mokymosi procese, norint gauti konstruktyvų grįžtamąjį ryšį. Be to, autoriai teigia, kad tai padeda stebėti kurso koky-

bės rodiklius, identifikuoti netinkamas ar keistinas kurso mokymosi medžiagos dalis, kad kursas taptų patrauklesnis ir naudingas studentams.

Personalizuota mokymosi aplinka yra nukreipta į studento poreikių tenkinimą bei kokybišką mokymosi proceso organizavimą.

## Išvados

1. Masiniai atviri internetiniai kursai pasižymi švietimo atvirumo (prieinamumo), masiškumo ir didaktinėmis savybėmis. Šios savybės juos išskiria iš tradicinių internetinių kursų. Masiniai atviri internetiniai kursai gali būti vertinami kaip laisvi, daug dalyvių turintys kursai, kur neįpareigojama mokytis nustatytu laiku ir nustatytoje vietoje. Be to, masiniai atviri internetiniai kursai gali būti vertinami ir kaip mokymosi medžiagos pateikimo vieta be apribojimo ją peržiūrėti ir pakartotinai naudoti.



4 p a v. Personalizuotos mokymosi aplinkos schema (Rutkauskienė, Gudonienė, 2013)

2. Išanalizavus personalizuotas mokymosi aplinkas pastebėta, kad yra daug panašumo pagal teikiamas paslaugas ir funkcijas. Straipsnyje išskiriamos virtualios mokymosi aplinkos dažnai pasižymi funkcijomis, užtikrinančiomis dalyvių mokymosi proceso organizavimą ir jų mokymosi proceso stebėseną, tačiau kitos aplinkos, pavyzdžiui, EdX, „Coursera“ ir kt., pasižymi savybėmis, nukreiptomis į mokymosi medžiagos pateikimą bei vertinimą. Todėl masinių atvirų internetinių kursų organizatoriai turi itin gerai įvertinti teikiamo kurso apimtį, mokymosi medžiagos pateikimui reikalingus įrankius, studentų poreikius, turimus išteklius ir norimus gauti rezultatus.
3. Masiniams atviriems internetiniams kursams teikti taikoma mokymosi platforma turi užtikrinti mokymosi medžiagos interaktyvumą (mokymosi medžiaga turi būti lengvai prieinama, peržiūrima ar parsisiunčiama, integruojanti daugialypius elementus) bei užtikrinti įprastų aplinkų integraciją į mokymosi platformą (pvz., socialinių tinklų), kad kursų dalyviai galėtų lengviau įsitraukti į mokymosi procesą nepastebėdami itin didelio skirtumo tarp skirtingų ar naujų mokymosi aplinkų.

## LITERATŪRA

- ABARIUS, Povilas; LIUBINAS, Vaidas (2014). Elektroninių mokymosi aplinkų ir akademinė informacinių sistemų integravimas. *Elektroninis mokymasis, informacija ir komunikacija: teorija ir praktika*, nr. 1, p. 22–52.
- ALRAIMI, Khaled M.; ZO, Hangjung; CIGANEK, Andrew P. (2015). Understanding the MOOCs continuance: The role of openness and reputation. *Computers&Education*, vol. 80, p. 28–38.
- BALAJI, Rd; AL-MAHRI, Fatma; AL-FATNASI, Tarek (2015). Social Impact of MOOC's in Oman Higher Education. 3rd. *International Conference of the Omani Society for Educational Technology*.
- BEAVEN, Tita; CODREANU, Tatiana; CREUZE, Alix (2014). Motivation in a Language MOOC: Issues for Course Designer. *Open Research Online*, p. 48–66.
- BELLEFLAMME, Paul; JACQMIN, Julien (2014). An economic appraisal of MOOC platforms: business models and impacts on higher education. *Document de Recherche*. Prieiga per internetą: <<http://www.lameta.univ-montp1.fr/Documents/DR2014-11.pdf>>.
- BRINTON, Christopher; BUCCAPATNAM, Swapna; CHIANG, Mung; POOR, Vincent (2015). Mining MOOC Clickstreams: On the Relationship between Learner Video-Watching Behaviour and Performance. In: *ACD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (SIGKDD)*.
- DAGIENĖ, Valentina; KURILOVAS, Eugenijus (2009). Įvairių šalių informacinių ir komunikacinių technologijų diegimo patirties analizė. *Pedagogika*, 95.
- GUDONIENĖ, Daina; RUTKAUSKIENĖ, Danguolė; KUBILIŪNAS, Ramūnas (2013). Functional architecture of a service-oriented integrated learning environment. In: *Proceedings of the 12th European conference on e-Learning*, SKEMA Business School, p. 431–439.
- GURBUZ, Tarkan; GUDONIENĖ, Daina; RUTKAUSKIENĖ, Danguolė (2013). System architecture model based on service-oriented architecture technology. In: *Information and Software Technologies: 19th international conference, ICIST 2013*. Kaunas: Technologija, p. 102–113.
- INGOLFSDOTTIR, Kirstin (2014). Impact of MOOCs and Other Forms of Online Education. *Proceeding of the IEEE*, vol. 102, no. 11, p. 1639–1643.
- KAY, Judy; REIMANN, Peter; DIEBOOLD, Elliot; KUMMERFELD, Bob (2014). MOOCs: So Many Learners, So Much Potential. *IEEE Ieee Intelligent Systems*, no. 13, p. 1541–1672.
- KOLOWICH, Steve (2013). *The MOOC «Revolution» May Not Be as Disruptive as Some Had Imagined*. The Chronicle of Higher Education [žiūrėta 2015 m. balandžio 3 d.]. Prieiga per internetą: <<http://edf.stanford.edu/readings/mooc-revolution-may-not-be-disruptive-some-had-imagined>>.
- LIMPEROS, Anthony; BUCKNER, Marjorie; KAUFMANN, Renee; FRISBY, Brandi (2015). Online teaching and technological affordance: An experimental investigation into the impact of modality and clarity on perceived and actual learning. *Computers&Education*, vol. 83, p. 1–9.

MARGARYAN, Anoush; BIANCO, Manuela; LITTLEJOHN, Allison (2015). Instructional quality of Massive Open Online Courses (MOOCs). *Computers&Education*, vol. 80, p. 77–83.

MCAULEY, Alexander; STEWART, Bonnie; SIEMENS, George; CORMIER, Dave (2010). *The MOOC model for digital Practise*. CC Attributions, p. 6.

MEINEL, Christoph; TOTSCHNIG, Michael; WILLEMS, Christian (2013). OpenHPI: Evolution of a MOOC platform form LMS to SOA. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Computer Supported Education*, p. 593–598.

MONTES, Rosana; GEA, Miguel; BERGAZ, Roberto; ROJAS, Belen (2014). Generating Life-Learning Communities and Branding with Massive Open Online Courses. *Information Resources Management*, 27 (2), p. 27–46.

MUNOZ-MERINO, Pedro; RUIPEREZ-VALIENTE, Jose; ALARIO-HOYOS, Carlos; PEREZ-SANAGUSTIN, Mar; DELGADO-KLOOS, Carlos (2015). Precise Effectiveness Strategy for analyzing the effectiveness of students with educational resources and activities in MOOCs. *Computers in Human Behavior*, vol. 47, p. 108–118.

NAIR, Uday (2014). Channeling Contemporary e-Learning Practises at Universities in UK towards personalized learning environment. *International Journal of Advanced Research*, vol. 2, iss. 6, p. 767–776.

NAWROT, Ilona; DOUCET, Antoine (2014). Building Engagement for MOOC Students. Introducing Support for Time Management on Online Learning Platforms. In: *WWW Companion '14 Proceedings of the companion publication of the 23rd international conference on World wide web companion*, p. 1077–1082.

ONAH, Daniel; SINCLAIR, Jane; BOYATT, Russell (2014). Exploring the Use of MOOC Discussion Forums. In: *London International Conference on Education (LICE-2014)*.

RAYBOURN, Elaine (2014). A new paradigm for serious games: Transmedia learning for more effective training and education. *Journal of Computational Science*, vol. 5, iss. 3, p. 471–481.

RAPOSO-RIVAS, Manuela, MARTINEZ-FIGU-EIRA, Esther; CAMPOS, Jose-Antonio Sarmiento (2014). A study on the Pedagogical Components of Massive Online Courses. *Comunicar*, 44.

RAMESH, Arti; GOLDWASSER, Dan; HUANG, Bert; DAUMÉ, Hal; GETOOR, Lise (2014). Understanding MOOC Discussion Forums using Seeded LDA. In: *Proceedings of the Ninth Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications*. Maryland, USA, p. 28–33.

RUTKAUSKIENĖ, Danguolė; GUDONIENĖ, Daina (2013). Massive open online courses and open teaching recourses. In: *New Media for Active Learning in the Digital Age: International Conference*, p. 62–64.

SHEN, Chien-wen; KUO, Chin-Jin (2015). Learning in massive open online courses: Evidence from social media mining. *Computers in Human Behavior*, DOI: 1016/j.chb.2015.02.066.

TARGAMADŽĖ, Aleksandras; PETRAUSKIENĖ, Rūta; RUBLIAUSKAS, Dalius (2011). Influence of Technologies on Quality of Distance Learning. *Electronics 26 and Electrical Engineering*, vol. 6(102), p. 131–134.

ZHENG, Saijing; ROSSON, Mary Beth; SHIH, Patrick; CARROLL, John (2015). Understanding Student Motivation, Behaviors, and Perceptions in MOOCs. In: *Motivation and Dynamics of the Open Classroom*, March 14–18, p. 1882–1892.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF MOOCs PERSONALIZED LEARNING ENVIRONMENTS

**Daina Gudonienė, Danguolė Rutkauskienė**

### Summary

Due to the rapid and continuous change of technological development and easy internet connection, there is a huge possibility to change the ordinary learning model and the process of learning as well. Recently, Massive Open Online Courses (MOOCs) gained a huge success and it implemented discussions among information society about the revolution of higher education nowadays. Massive study application form only proves that the number of students is not limited. Open studies mean that for this purpose

only Open Source (OS) applications and software, various open access information resources are used and everyone can participate. To ensure a successful and qualitative learning process, a well selected methods, technologies and innovative course platform shall be used. The article presents comparative analysis of MOOCs personalized learning environments that ensures the highest quality of services on the Internet.

**Keywords:** Massive Open Online Courses (MOOC); platform, eLearning, analysis.

*Įteikta 2015 m. gegužės 20 d.*



# Scrum metodikos užtikrinamo gebėjimo vertinimas pagal CMMI-DEV

## Paulius Jarmalavičius

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakulteto asistentas  
Vilnius University, Faculty of Mathematics and Informatics, Assistant  
Didlaukio g. 47, LT-08303 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: paulius.jarmalavicius@gmail.com

## Saulius Ragaišis

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakulteto docentas  
Vilnius University, Faculty of Mathematics and Informatics, Assoc. Prof.  
Didlaukio g. 47, LT-08303 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: saulius.ragaisis@mif.vu.lt

*IT organizacijoms renkantys programų sistemų kūrimo metodiką svarbu žinoti, kokį brandos lygį / gebėjimo profilį pasirinkta metodika gali užtikrinti. Dažnai pasitaikantis atvejis, kai organizacijos savo veikloje taiko ne vieną konkrečią, bet įvairias metodikas. Nepaisant to, atskirų metodikų užtikrinamo gebėjimo vertinimas yra aktualus, nes tik žinant kiekvienos metodikos stiprybes ir silpnybes galima sėkmingai jas derinti. Viena populiariausių judriųjų metodikų Lietuvoje šiuo metu yra Scrum. Šio straipsnio tikslas yra sudaryti Scrum metodikos užtikrinamo gebėjimo profilį, vertinant pagal CMMI-DEV 1.3 versiją, ir apžvelgti galimus Scrum taikymo kontekstus ir ypatybes.*

**Pagrindiniai žodžiai:** Scrum, CMMI, gebėjimo vertinimas, judriosios metodikos.

## Įvadas

IT organizacijos, siekdamos kuo efektyvesnės veiklos, gali rinktis iš daugelio programų sistemų kūrimo metodikų, pavyzdžiui: *Scrum*, XP, DSDM, RUP. Visos metodikos siūlo savus būdus, kaip reikėtų organizuoti įmonės veiklą. Tačiau naujos metodikos diegimas įmonėje yra svarbi investicija, reikalaujanti daug laiko ir pinigų, todėl, norint išsirinkti labiausiai įmonės poreikius atitinkančią metodiką, labai pageidaujama nustatyti metodikos tinkamumą dar prieš pradėdant ją naudoti. Geriausias būdas sužinoti, ką dominanti metodika organizacijai gali užtikrinti, – turėti šios metodikos užtikrinamo gebėjimo / brandos vertinimą.

Ilgą laiką IT organizacijų veikla buvo pagrįsta tradiciniu krikloliu modeliu, pagal kurį programų sistemų kūrimo projektas vykdomas nuosekliai, iš eilės pereinant visas gyvavimo ciklo stadijas. Ilgainiui pradėjo ryškėti šio modelio trūkumai, iš kurių svarbiausias yra didelė pakeitimų kaina. Tradicinio modelio taikymo problemoms spręsti

buvo sugalvotos iteratyvios, kitaip vadinamos judriosios (angl. *agile*), metodikos. Šių metodikų principai apibrėžti judriųjų metodikų manifeste (Fowler, Highsmith, 2001).

Ilgą laiką buvo manoma, kad judriosios metodikos nėra suderinamos su veiklos vertinimo modeliais (pvz.: CMMI), nes esami vertinimo modeliai pritaikyti tradiciniam programų sistemų kūrimui. Ilgainiui pasirodė nemažai publikacijų (Marcal et al., 2007; Fritzsche, Keil, 2007; Potter, Sakry, 2009; Glazer et al., 2009; Diaz, Garbajosa and Calvo-Manzano, 2009), kurios pademonstravo sėkmingą judriųjų metodikų ir CMMI derinimą. Svarbus žingsnis kalbant apie judriųjų metodikų vertinimą buvo žengtas išleidžiant CMMI 1.3 versiją (CMMI Product Team, 2010), kur buvo įtrauktos pastabos, kaip vertinimo modelio praktikos turėtų būti interpretuojamos judriųjų metodikų kontekste. Pagal CMMI-DEV 1.3 versiją buvo atliktas sėkmingas DSDM Atern judriosios metodikos vertinimas (Peldžius, Ragaišis ir Valaitis, 2013).

Daug IT organizacijų savo veikloje taiko judriųjų metodikų principus. Viena populiariausių judriųjų metodikų Lietuvoje šiuo metu yra *Scrum* (Schwaber, Sutherland, 2013). Nors dažniausiai įmonės taiko įvairių metodikų praktikas, atskirų metodikų užtikrinamo gebėjimo vertinimas yra aktualus, nes tik žinant kiekvienos metodikos stiprybes ir silpnybes galima sėkmingai jas derinti.

Straipsnyje pateikiamas *Scrum* metodikos užtikrinamas gebėjimo profilis, vertinant pagal CMMI-DEV 1.3, ir aptariami galimi šios metodikos taikymo kontekstai. Pirmame skyriuje pristatomi vertinimo modelių principai ir apžvelgiami kitų autorių *Scrum* metodikos vertinimo pagal CMMI modelį darbai. Antrame skyriuje apžvelgiami galimi *Scrum* metodikos taikymo kontekstai, pristatoma taikyta vertinimo metodika, aptariami užtikrinamo gebėjimo vertinimo pagal CMMI-DEV 1.3 rezultatai. Galiausiai pateikiamos išvados.

## 1. Susiję darbai

Atliekant pasirinktos metodikos vertinimą, svarbu suprasti proceso vertinimo modelio ir metodikos tarpusavio santykį. Vertinimo modeliai apibrėžia rinkinį standartinių procesų, kurie detalizuojami jiems būdingomis praktikomis. Tokiu būdu apibrėžiama, *kas* turi būti daroma. Metodika turi apibrėžti, *kaip* tai turi būti daroma.

Išskiriamos dvi vertinimo modelių architektūros: tolydinė ir pakopinė. Tolydinės architektūros modelis leidžia pasirinkti vieną arba kelias proceso sritis ir įvertinti jų gebėjimo lygį. Visų proceso sričių vertinimo rezultatas vadinamas gebėjimo profiliu. Pagal pakopinės architektūros modelį vertinama visos organizacijos branda, nustatomas organizacijos brandos lygis. CMMI sudaro tiek tolydinės, tiek pakopinės architektūros modeliai (CMMI Product Team, 2010).

Ilgą laiką buvo manoma, kad judriosios metodikos nėra suderinamos su vertinimo modeliais, tačiau laikui bėgant pasirodė vis daugiau publikacijų, kuriose pristatomi judriųjų metodi-

kų vertinimai pagal CMMI. Alegria ir Bastaricca (2006) darbe buvo atliktas tyrimas, ar organizacijos, taikydamos judriąsias metodikas, gali pasiekti antrą brandos lygį. Rezultatai parodė, kad judriosios metodikos gali beveik padengti ne tik visas antro brandos lygio proceso sritis, bet ir dalį proceso sričių, priklausančių trečiam brandos lygiui. Fritzsche ir Keil (2007) analizavo, kurios CMMI modelio proceso sritys gali būti padengiamos taikant XP ir *Scrum* metodikas. Rezultatai parodė, kad šios dvi metodikos padengia su projekto valdymu susijusias proceso sritis, tačiau neužtikrina organizacinių proceso sričių padengimo. Chillara ir Deemer (2008) pristatytas *Scrum* metodikos vertinimas pagal CMMI 1.1 versiją. Gauti rezultatai patvirtino ankstesnių darbų autorių nuomonę, kad judriosios metodikos geriausiai padengia su projekto valdymu susijusias proceso sritis. Apžvelgtuose darbuose trūksta vertinimo detalumo. Vertinimai apsiriboja proceso sričių lygmeniu, nedetalizuojant iki tikslų / praktikų lygmens.

Yra darbų, kuriuose pateiktas *Scrum* metodikos vertinimas praktikų lygmeniu. Marcal et al. (2007) ir Potter, Sakry (2009) darbuose pristatytas vertinimas pagal CMMI 1.2 modelio versiją, Garzás, Paulk (2013) – pagal CMMI 1.3. Nė viename iš nagrinėjamų darbų nėra pateikiamas visas *Scrum* metodikos užtikrinamo gebėjimo vertinimas, t. y. nėra įvertintos visos proceso sritys. Marcal et al. (2007) ir Garzás, Paulk (2013) darbuose pateiktas, autorių nuomone, visų su projektų valdymu susijusių proceso sričių vertinimas, Potter, Sakry (2009) darbe peržvelgiamos visos abtro ir tečio brandos lygių proceso sritys, tačiau detalesnis vertinimas pateikiamas tik šešių proceso sričių, kitos, autorių nuomone, *Scrum* metodikoje nėra įgyvendinamos arba įgyvendintos silpnai, todėl vertinimo rezultatai nedetalizuoti. Visų trijų darbų autoriai naudojo vienodą (tribalę) vertinimo skalę, todėl tai leidžia palyginti visuose darbuose gautus vertinimo rezultatus. Apibendrinant galima sakyti, kad, šių trijų darbų autorių nuomone, *Scrum* metodika negali užtikrinti antro brandos lygio, nes aptikta reikšmingų vertintų praktikų įgyvendinimo

trūkumų, tiesa, dėl kai kurių praktikų autorių nuomonės nesutapo.

Apibendrinant visus apžvelgtus darbus būtų galima suskirstyti į tris grupes:

- 1) *Scrum* metodikos vertinimai praktikų lygmeniu;
- 2) *Scrum* metodikos vertinimai proceso sričių lygmeniu;
- 3) *Scrum* metodikos, taikomos su kitomis judriosiomis metodikomis, vertinimai.

Vertinant tik *Scrum* metodikos užtikrinamą gebėjimą, lyginimas su trečios grupės darbais nėra prasmingas, nes taikant kelias metodikas vertinimo rezultatai gaunami skirtingi ir dažniausiai geresni. Tačiau nesutampantys rezultatai pastebėti ir tarp pirmos bei antros grupės darbų. Paaiškinti galima tuo, kad ne visi vertintojai vienodai įsigilino į *Scrum* metodikos detales, o tai lėmė skirtingą jos interpretavimą. Kuo detalesnis (gilesnis) buvo vertinimas, tuo geriau buvo įsigilinta į *Scrum* metodiką, o tai leido pastebėti daugiau trūkumų. Būtent todėl blogiausi vertinimo rezultatai buvo gauti 1 grupės (vertinimų praktikų lygmens) darbuose.

Vertintojai, kurie *Scrum* metodiką vertino proceso sričių lygmeniu, peržvelgė visas proceso sritis, tačiau šiuose darbuose pastebėtas vertinimo detalumo ir suteiktų įverčių argumentavimo trūkumas. Detalesni vertinimai parodė konkrečius *Scrum* metodikos trūkumus, tačiau šių darbų autoriai vertino tik po kelias proceso sritis. Šie trūkumai neleidžia vienareikšmiškai nustatyti, ką *Scrum* metodika organizacijai gali ar ko negali užtikrinti. Tai paskatino atlikti išsamų *Scrum* metodikos vertinimą, vertinant visas proceso sritis ir naudojant oficialų vertinimo metodą SCAMPI (SCAMPI Upgrade Team, 2011b).

## 2. *Scrum* vertinimas

### 2.1. *Scrum* taikymo kontekstai

Galima išskirti du pasitaikančius *Scrum* metodikos taikymo kontekstus:

- tipinė judri (angl. *agile*) aplinka;
- tradicinė projekto aplinka.

Tipinė judri aplinka reiškia, kad tiksliai projekto pabaiga nėra aiški, biudžetas taip pat nėra žinomas arba yra užsakovo rūpestis, t. y. projektas vykdomas tol, kol užsakovas jį finansuoja. Tokioje aplinkoje projekto komandai reikia susitelkti tik į vieną iteraciją, kurios trukmė yra ne didesnė nei vienas mėnuo. Tačiau projektų, kurie būtų vykdomi tokioje aplinkoje, pasitaiko nedažnai, bent jau Lietuvoje. Daug dažnesnis atvejis – tradicinė projekto aplinka, kai projektas turi aiškiai apibrėžtus terminus ir biudžetą. Žvelgiant iš vertinimo pusės, šie du taikymo kontekstai gerokai skiriasi. Tipinėje judrioje aplinkoje dėl nedidelės iteracijos trukmės dauguma tradicinių projektų problemų (pvz.: rizikos daug vėluoti, viršyti biudžetą ar kt.) arba tampa neaktualios, arba *Scrum* metodika puikiai su jomis susitvarko, atlikusi vieną iteraciją. Tradicinėje projekto aplinkoje šios problemos yra daug svarbesnės. Dėl šios priežasties, taip pat ir dėl dažniau pasitaikančio *Scrum* metodikos taikymo tradicinėje projekto aplinkoje, šiame darbe atliktas *Scrum* metodikos vertinimas taikant ją tradicinėje projekto aplinkoje.

### 2.2. Vertinimo metodika

Kaip CMMI produktų rinkinio dalis buvo apibrėžti vertinimo metodų reikalavimai ARC (angl. *Appraisal Requirements for CMMI*) (SCAMPI Upgrade Team, 2011a). Oficialus vertinimo pagal CMMI metodas yra SCAMPI (SCAMPI Upgrade Team, 2011b). Šis metodas iki galo įgyvendina ARC reikalavimus. Nors SCAMPI yra skirtas organizacijos brandos lygiui / gebėjimo profiliui nustatyti bei proceso gerinimo rekomendacijoms pateikti, jis gali būti taikomas ir metodikai vertinti, darant prielaidą, kad organizacijos veikla paremta vertinama metodika, todėl būtent šis metodas pasirinktas *Scrum* metodikai vertinti.

Vertinant praktikas naudojantis SCAMPI, ieškoma praktikos įgyvendinimo indikatorių PII (angl. *Practice Implementation Indicators*), kurie laikomi praktikos įgyvendinimo įrodymais. Pagal surinktus įrodymus praktikai yra priskiriamas vienas iš penkių įgyvendinimo įverčių: visiškai įgyvendinta (FI), didžioji dalis įgyvendinta (LI), iš dalies įgyvendinta (PI), neįgyven-



dinta (NI), dar neįgyvendinta (NY). Šiame darbe nenaudojamas „dar neįgyvendinta“ įvertis, nes jis prasmingas tik vertinant realią organizaciją, kai projektas dar nėra pasiekęs tam tikros stadijos.

Įvertinus praktikas, pagal jų vertinimo rezultatus suteikiamas įvertis susijusiam tikslui. Tikslas gali būti įvertintas kaip pasiektas (S) arba kaip nepasiektas (U). Tikslas laikomas pasiektu tik tuomet, jei visos susijusios praktikos įvertintos kaip visiškai (FI) arba didžiąja dalimi (LI) įgyvendintos ir nustatyti trūkumai neturi didelio neigiamo poveikio tikslo siekimui.

Pagal tikslų įverčius nustatomas proceso srities gebėjimo lygis. Pradinis kiekvienos proceso srities gebėjimo lygis yra 0 (nevykdoma). Kiti gebėjimo lygiai atspindi bendrųjų tikslų pasiekimą, t. y. pasiekus pirmąjį bendrąjį tikslą proceso sritis vertinama 1 gebėjimo lygiu, pasiekus antrąjį bendrąjį tikslą proceso sritis vertinama antruoju gebėjimo lygiu ir t. t. Prie aukštesnio bendrojo tikslo vertinimo galima pereiti, kai bendrasis tikslas yra įvertinamas kaip pasiektas.

### 2.3. Vertinimo rezultatai

*Scrum* metodikos užtikrinamo gebėjimo pagal CMMI-DEV 1.3 profilis pateikiamas 3 lentelėje. Rezultatai nurodyti bendrųjų tikslų lygmeniu. Kadangi pirmo bendrojo tikslo įvertis nustatomas pagal specifinių tikslų įverčius, tai rezultatų lentelėje pateikiami ir susijusių specifinių tikslų įverčiai, iš kurių seka pirmo bendrojo tikslo įvertis. Žymuo „—“ reiškia, kad specifinis / bendrasis tikslas nebuvo vertintas, nes proceso srityje nebuvo tokiu numeriu pažymėto specifinio tikslo arba žemesnių lygių specifinių / bendrųjų tikslų įverčiai buvo nepakankami pereiti prie bendrojo tikslo vertinimo.

Proceso sričių vertinimo pavyzdžiai pateikiami 1 ir 2 lentelėse. Pirmoje lentelėje pateiktas proceso srities, pasiekiančios antrą gebėjimo lygį (pasiekti specifiniai ir antrasis bendrasis tikslas), o 2 lentelėje – proceso srities, nepasiekiančios specifinių tikslų, vertinimas. Detalios visų proceso sričių vertinimo lentelės prieinamos adresu [www.mif.vu.lt/~ragaisis/Vertinimas/](http://www.mif.vu.lt/~ragaisis/Vertinimas/). Suteikti įverčiai nustatyti pagal 2.2 poskyryje apibūztą metodiką.

Vartojami žymenys:

- „SG“ – specifinis tikslas (angl. Specific Goal) ir jo numeris;
- „SP“ – specifinė praktika (angl. Specific Practice) ir jos numeris;
- „GG“ – bendrasis tikslas (angl. General Goal) ir jo numeris;
- „GP“ – bendroji praktika (angl. General Practice) ir jos numeris.

Rezultatai rodo, kad geriausiai *Scrum* metodika užtikrina reikalavimų valdymo, reikalavimų kūrimo, produkto ir proceso kokybės užtikrinimo bei matavimų ir analizės proceso sričių įgyvendinimą. Geresnius rezultatus pasiekti daugiausia trukdo formalumo ir konkretumo trūkumas *Scrum* metodikos apibrėžime. Kaip pavyzdį galima pateikti produkto integravimo proceso sritį. Iš pirmo žvilgsnio *Scrum* metodikoje, kaip ir kitose judriosiose metodikose, integravimas turėtų būti viena iš pagrindinių veiklų, nes sukurto prieaugio integravimas turi būti atliekamas kiekvienoje iteracijoje. *Scrum* metodika nesako, kad integravimas neturi būti vykdomas, tačiau kaip formaliai tai yra daroma – neapibrėžia, todėl aukšto įverčio suteikti negalima. Kiek netikėtai gali atrodyti tiesiogiai su projekto valdymu susijusių proceso sričių vertinimas, pavyzdžiui, projekto planavimas bei projekto stebėjimas ir kontrolė. Kiti autoriai, vertinę *Scrum* metodiką proceso sričių lygmeniu, būtent projekto valdymą išskyrė kaip *Scrum* metodikos stiprybę. Šiame darbe atliktas vertinimas parodė, kad paminėtos proceso sritys nepasiekia net pirmo gebėjimo lygio. Pagrindiniai trūkumai susiję su rizikos identifikavimu, planavimu ir valdymu bei projekto duomenų valdymu ir stebėjimu. Kiti autoriai, atlikę *Scrum* metodikos vertinimą praktikų lygmeniu, nustatė panašius trūkumus. Jei *Scrum* metodika būtų taikoma tipinėje judrioje aplinkoje, visi paminėti trūkumai būtų neaktualūs. Tokioje aplinkoje projekto komandai reikia susitelkti tik į vieną iteraciją, kurios trukmė yra ne didesnė nei vienas mėnuo. Natūralu, kad tokiu trumpu laikotarpiu rizika daug vėluoti, viršyti biudžetą ar kt. arba tampa neaktuali, arba *Scrum* metodika puikiai su ja susitvarko.

1 lentelė. Reikalavimų valdymo proceso srities vertinimas

Specifiniai / bendrieji tikslai ir praktikos	Igyvendinamumo įrodymai	Įvertis
<b>SG 1. Valdyti reikalavimus</b>	<b>Tikslas pasiektas. Nenustatyta jokių trūkumų.</b>	<b>S</b>
SP 1.1. Suprasti reikalavimus	Produkto šeimininkas analizuoja kliento reikalavimus ir sudaro produkto užduočių sąrašą. Detalesnė reikalavimų analizė atliekama planuojant iteraciją.	FI
SP 1.2. Gauti reikalavimų patvirtinimą	Planuojant iteraciją komanda ir produkto šeimininkas susitaria dėl reikalavimų iš produkto užduočių sąrašo įgyvendinimo. Dėl reikalavimų pokyčių paprastai diskutuojama iteracijos peržiūros metu, dalyvaujant visiems suinteresuotiems asmenims, įskaitant klientus. Taip susitariama dėl reikalingų pokyčių ir gaunamas patvirtinimas.	FI
SP 1.3. Valdyti reikalavimų pakeitimus	Reikalavimų pokyčius valdo produkto šeimininkas, atsižvelgdamas į komandos ir kliento siūlymus. Tai atliekama keičiant produkto užduočių sąrašo įrašų prioritetus ir pačius įrašus.	FI
SP 1.4. Valdyti abipusį reikalavimų atsekamumą	Kiekviena iteracijoje vykdoma užduotis yra susijusi su produkto užduočių sąrašo įrašu (reikalavimu), todėl yra aišku, kuri užduotis iš kurio reikalavimo atsiradusi, ir atvirkščiai (į kokias užduotis buvo išskaidytas konkretus reikalavimas).	FI
SP 1.5. Užtikrinti darbo produktų bei reikalavimų atitikimą	Tai atliekama iteracijų peržiūrų metu, kai peržiūrimi atlikti darbai ir tikrinama, ar jie tikrai atitinka reikalavimus. Radus neatitikimų, jie perkeliama į paskesnes iteracijas.	FI
<b>GG 2. Įgyvendinti valdomą procesą</b>	<b>Tikslas pasiektas. Nenustatyta jokių trūkumų.</b>	<b>S</b>
GP 2.1. Sukurti organizacinę politiką	Pagal Scrum reikalavimų šaltinis yra produkto užduočių sąrašas. Scrum tiksliai apibrėžia, kaip yra valdomas šis sąrašas ir kas yra atsakingas už jo valdymą.	FI
GP 2.2. Planuoti procesą	Scrum tiksliai apibrėžia, kaip yra valdomi reikalavimai ir kas yra atsakingas už jų valdymą.	FI
GP 2.3. Suteikti išteklius	Už reikalavimų valdymą atsakingas produkto šeimininkas. Tik jis vienas gali keisti produkto užduočių sąrašą.	FI
GP 2.4. Priskirti atsakomybes	Reikalavimų valdymas yra produkto šeimininko atsakomybė.	FI
GP 2.5. Išmokyti žmones	Scrum meistro viena iš atsakomybių – padėti produkto šeimininkui suprasti, kaip turi būti valdomas produkto užduočių sąrašas (reikalavimai). Taigi Scrum meistras išmoko produkto šeimininką reikalavimų valdymo.	FI
GP 2.6. Valdyti darbo produktus	Scrum tiksliai apibrėžia, kaip yra valdomi reikalavimai, t. y. dirbama su produkto darbų sąrašu.	FI
GP 2.7. Nustatyti ir įtraukti susijusius suinteresuotus asmenis	Scrum numato įtraukti klientus į reikalavimų valdymą. Iteracijų peržiūrų metu, dalyvaujant klientams, yra peržiūrimi likę darbai (reikalavimai). Peržiūros gali turėti įtakos reikalavimų pokyčiams.	FI
GP 2.8. Stebėti ir kontroliuoti procesą	Scrum meistras stebi komandą, kad reikalavimai būtų valdomi taip, kaip apibrėžta Scrum metodikoje.	FI
GP 2.9. Objektiviai įvertinti laikymąsi	Iteracijos retrospektyvos susirinkimas yra skiriamas komandos veiklai vertinti. Iteracijos retrospektyvos susirinkimas vyksta kiekvienos iteracijos pabaigoje.	FI
GP 2.10. Peržiūrėti statusą su aukštesnio lygio vadovybe	Scrum meistras nuolat stebi, ar komanda tinkamai taiko Scrum metodiką.	FI
<b>GG 3. Įtvirtinti apibrėžtą procesą</b>	<b>Scrum nenumato formalaus proceso apibrėžimo sukūrimo praktikų.</b>	<b>U</b>
GP 3.1. Sukurti apibrėžtą procesą	Pačios Scrum metodikos apibrėžimą galima laikyti procesų apibrėžimu, tačiau Scrum metodikoje aprašant procesus trūksta konkretumo, t. y. komandoms, taikančioms Scrum, lieka daug laisvės interpretacijoms (pvz.: naudojant konkrečius metodus, įrankius ar procedūras). Apibrėžtas procesas turi būti visoje organizacijoje suprantamas ir taikomas vienodai, o to Scrum neužtikrina.	PI
GP 3.2. Kaupti su procesu susijusią patirtį	Iteracijos retrospektyvos susirinkimuose komanda aptaria darbo trukdžius. Kai sukuriama ir vėliau įgyvendinama šių trukdžių šalinimo planas, komanda būna įgijusi patirties, kaip reikia / nereikia elgtis tam tikrose situacijose, t. y. sukaupia naudingą patirtį, tačiau Scrum neapibrėžia, kaip naudingos patirties kaupimas galėtų prisidėti prie procesų apibrėžimo.	PI

2 lentelė. Organizacinio dėmesio procesui proceso srities vertinimas

Specifiniai/bendrieji tikslai ir praktikos	Igyvendinamumo įrodymai	Įvertis
<b>SG 1. Nustatyti proceso gerinimo galimybes</b>	<b>Tikslas nepasiektas. Scrum skiria dėmesį tik pačios Scrum metodikos taikymui, o ne visiems organizacijos procesams.</b>	<b>U</b>
SP 1. Apibrėžti organizacinių procesų poreikius	Iteracijos retrospektyvos susirinkime komanda įvertina paskutinę iteraciją, įvardydama pagrindinius teigiamus ir neigiamus dalykus, ir pagal tai nustato procesų poreikius, tačiau orientuodamasi tik į pačios Scrum metodikos taikymą, o ne į visus organizacijos procesus.	PI
SP 1.2. Vertinti organizacinius procesus	Veiklos vertinimas atliekamas iteracijos retrospektyvos susirinkime, įvardijant pagrindinius teigiamus ir neigiamus dalykus. Tačiau šis vertinimas orientuotas tik į pačios Scrum metodikos taikymą, taip pat vertinimas nėra formalus – labiau žodinis.	PI
SP 1.3. Identifikuoti organizacinių procesų gerinimą	Veiklos gerinimo galimybės nustatomos iteracijos retrospektyvos susirinkime, tačiau orientuojantis tik į pačios Scrum metodikos taikymą.	PI
<b>SG 2. Planuoti ir atlikti procesų gerinimą</b>	<b>Tikslas nepasiektas. Scrum orientuojasi tik į pačios Scrum metodikos taikymo gerinimą, o ne į visų organizacijos procesų.</b>	<b>U</b>
SP 2.1. Sukurti veiksmų planus	Iteracijos retrospektyvos susirinkime komanda sukuria veiklos gerinimo planą, tačiau šis planas orientuotas tik į pačios Scrum metodikos taikymą, o ne į visus organizacijos procesus.	PI
SP 2.2. Įgyvendinti veiksmų planus	Kai iteracijos retrospektyvos susirinkime yra sudaromas veiklos gerinimo planas, jis yra įgyvendinamas paskesnėse iteracijose. Už gerinimo plano įgyvendinimą atsakingas Scrum meistras. Jis prižiūri komandos darbą ir stebi, kad būtų įgyvendinta tai, kas apibrėžta gerinimo plane, tačiau gerinimas orientuotas tik į pačios Scrum metodikos taikymą.	PI
<b>SG 3. Diegti organizacinius procesus panaudojant įgytą patirtį</b>	<b>Tikslas nepasiektas. Scrum neapibrėžia organizacinių ir standartinių procesų diegimo praktikų.</b>	<b>U</b>
SP 3.1. Diegti organizacinius procesus	Scrum neapibrėžia.	NI
SP 3.2. Diegti standartinius procesus	Scrum neapibrėžia.	NI
SP 3.3. Stebėti įgyvendinimą	Scrum meistras stebi, kaip komanda taiko šią metodiką, bet dėmesys skiriamas tik Scrum metodikos taikymui.	PI
SP 3.4. Įtraukti įgytą patirtį į organizacinius procesus	Skirtingų komandų Scrum meistrai gali bendradarbiauti, siekdami pagerinti Scrum taikymą visose komandose, bet dėmesys skiriamas tik Scrum metodikos taikymui.	PI

## Išvados

Atlikus detalų *Scrum* metodikos vertinimą pagal CMMI-DEV 1.3 ir galimų šios metodikos taikymų analizę, paaiškėjo, kad vertinimo rezultatai labai priklauso nuo konteksto, kuriame *Scrum* yra taikoma. Gauti vertinimo rezultatai rodo, kad organizacijoms, projektus vykdančioms tradicinėje projekto aplinkoje, nereikėtų rinktis *Scrum* kaip pagrindinės veiklos metodi-

kos, nes tokioje aplinkoje ši metodika negali užtikrinti net antro brandos lygio. Tai reiškia, kad organizacijos veikla dar liktų chaotiška ir nepakankamai valdoma, o projekto rezultatai sunkiai prognozuojami. Kita vertus, tipinėje judrioje projekto aplinkoje taikoma *Scrum* metodika gali užtikrinti gerą projekto valdymą. Daugiausiai naudos *Scrum* metodika duotų derinant geriausiai įvertintas jos praktikas su kitų metodikų praktikomis.

3 lentelė. Scrum užtikrinamas gebėjimas pagal CMMI-DEV 1.3

Proceso sritis (brandos lygis)	SG1	SG2	SG3	GG1	GG2	GG3	Gebėjimo lygis
Konfigūracijos valdymas (2)	U	U	U	U	—	—	0
Matavimai ir analizė (2)	S	S	—	S	U	—	1
Projekto stebėjimas ir kontrolė (2)	U	S	—	U	—	—	0
Projekto planavimas (2)	S	U	S	U	—	—	0
Proceso ir produkto kokybės užtikrinimas (2)	S	S	—	S	U	—	1
Reikalavimų valdymas (2)	S	—	—	S	S	U	2
Sutarčių su tiekėjais valdymas (2)	U	U	—	U	—	—	0
Sprendimų analizė ir priėmimas (3)	U	—	—	U	—	—	0
Integruotas projektų valdymas (3)	U	S	—	U	—	—	0
Organizacijos proceso apibrėžimas (3)	U	—	—	U	—	—	0
Organizacinis dėmesys procesui (3)	U	U	U	U	—	—	0
Organizacijos mokymai (3)	U	U	—	U	—	—	0
Produkto integravimas (3)	U	U	U	U	—	—	0
Reikalavimų kūrimas (3)	S	S	S	S	S	U	2
Rizikos valdymas (3)	U	U	U	U	—	—	0
Techninis sprendimas (3)	U	U	U	U	—	—	0
Validavimas (3)	U	U	—	U	—	—	0
Verifikavimas (3)	U	U	U	U	—	—	0
Organizacijos proceso vykdymas (4)	U	—	—	U	—	—	0
Kiekybinis projekto valdymas (4)	U	U	—	U	—	—	0
Priežasčių analizė ir sprendimas (5)	U	U	—	U	—	—	0
Organizacijos našumo valdymas (5)	U	U	U	U	—	—	0

## LITERATŪRA

ALEGRIA, J. A. H.; BASTARRICA, M. C. (2006). Implementing CMMI using a Combination of Agile Methods. *Clei Electronical Journal*, vol. 9, no. 1, paper 7, p. 7–22.

CHILLARA, S.; DEEMER, P. (2008). *Scrum and CMMI: A High level assessment of compatibility* [interaktyvus]. 7 p. Prieiga per internetą: <<http://www.goodagile.com/resources/BnB-kleine-ScrumCMMI.pdf>>.

CMMI Product Team (2010). *CMMI® for Development, Version 1.3*. Technical Report CMU/SEI-2010-TR-033, SEI. 482 p.

DIAZ, J.; GARBAJOSA, J.; CALVO-MANZANO, J. A. (2009). Mapping CMMI Level 2 to Scrum Practices: An Experience Report. *Cominications in Computer and Information Science*, vol. 42, p. 93–104.

FOWLER, M.; HIGHSMITH, J. (2011). *The Agile Manifesto* [interaktyvus]. 7 p. Prieiga per internetą: <<http://pmp-projects.org/Agile-Manifesto.pdf>>.

FRITZSCHE, M.; KEIL, P. (2007). Agile Methods and CMMI®: Compatibility or Conflict? *E-Informatica Software Engineering Journal*, vol. 1, iss. 1, p. 10–25.

GARZÁS, J.; PAULK, M. C. (2013). Can Scrum help to improve the project management process? A study of the relationships between Scrum and Project Management process areas of CMMI-DEV 1.3 [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <<http://www.javiergarzas.com/2013/03/cmmi-scrum.html>>.

GLAZER, H.; DALTON, J.; ANDERSON, D.; KONRAD, M.; SHRUM, S. (2009). *CMMI® or Agile: Why Not Embrace Both!* SEI. 48 p.

MARCAL, A. S. C.; FREITAS, B. C. C.; SOARES, F. S. F.; BELCHIOR, A. D. (2007). Mapping CMMI Project Management Process Areas to Scrum Practices. In: *SEW 07 Proceedings of the 31st IEEE Software Engineering Workshop*, p. 13–22.

PELDŽIUS, S.; RAGAIŠIS, S.; VALAITIS, V. (2013). Seeking Process Maturity with DSDM Atern. *Computational Science Techniques*, vol. 1, no. 2, p. 193–204.

POTTER, N.; SAKRY, M. (2009). Implementing Scrum (Agile) and CMMI® Together. *The Process Group*, vol. 16, no. 2, p. 6.

SCAMPI Upgrade Team (2011a). *Appraisal Requirements for CMMI® Version 1.3 (ARC, V1.3)*. Technical Report CMU/SEI-2011-TR-006, SEI. 33 p.

SCAMPI Upgrade Team (2011b). *Standard CMMI® Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPISM) A, Version 1.3: Method Definition Document*. Handbook CMU/SEI-2011-HB-001, SEI. 282 p.

SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. (2013). *The Scrum Guide™*. The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game [interaktyvus]. 16 p. Prieiga per internetą: <[https://www.scrum.org/Portals/0/Documents/Scrum Guides/2013/Scrum-Guide.pdf](https://www.scrum.org/Portals/0/Documents/Scrum%20Guides/2013/Scrum-Guide.pdf)>.

## **SCRUM CAPABILITY ASSESSMENT BY CMMI-DEV**

**Paulius Jarmalavičius, Saulius Ragaišis**

### **Summary**

IT organizations, choosing software development methodology, want to know, what maturity level/capability profile chosen methodology can ensure. Usually IT organizations apply more than one specific methodology. Nevertheless, assessment of maturity/capability ensured by separate methodologies is relevant, because successful combination of several methodologies needs awareness about strengths and weaknesses of each methodology. To-

day *Scrum* is one of the most popular agile methodologies in Lithuania. This article presents detailed assessment of the capability ensured by *Scrum* methodology in terms of CMMI-DEV version 1.3. The resulting capability profile as well as the contexts of *Scrum* application and important its properties are discussed.

**Keywords:** Scrum, CMMI, capability assessment, agile methodologies.

*Įteikta 2015 m. gegužės 18 d.*

# Classification Model of Constructionist Learning Methods

## Svetlana Kubilinskienė

Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics, Doctor  
 Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto daktarė  
 Akademijos st. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva  
 University of applied science  
 Vilniaus kolegijos docentė  
 Saltoniškių str. 58, LT-08105 Vilnius  
 El. paštas: s.kubilinskiene@eif.viko.lt

## Eglė Jasutė

Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics, Doctor  
 Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto daktarė  
 Akademijos st. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva  
 El. paštas: egle.jasute@gmail.com

*How the development of a personalised learning environment should be enabled for students? In this paper the definitions of a teaching/learning method, learning activity are analysed, the problem of classification of teaching/learning methods is discussed, and by using comparative analyses the classifications of learning activities and learning methods are presented in a more detailed way. This model is the first step of creating intelligent technologies for future schools. This technology is a recommender system that should interconnect the learning methods and other educational components with students' learning styles. Afterwards, the classification of teaching/learning methods is proposed in this paper. The authors apply their model in classifying learning methods and present an example of expansion of the classification of student-centred learning methods and their learning activities. This classification model will help in later works for creating interconnections between students' learning styles, their preferred learning activities, relevant teaching/learning methods, and LOs types.*

**Keywords:** learning method, learning activity, inquiry-based learning, personalized learning.

## 1. Introduction

Educational institutions should personalise their learning processes according to the main characteristics of their students (Kurilovas *et. al.*, 2014).

Which learning methods are most suitable to achieve a better learning quality and efficiency? We believe that there is no correct answer to this question if we don't apply a personalised learning approach. The authors strongly believe that the "one size fits all" approach does not work any longer in education. It means that, first of all, before starting any learning activities, we should identify students' personal needs: their preferred learning styles, knowledge, interests,

aims, etc. After wards, teachers should help students to find their suitable (optimal) learning paths consisting of learning methods, activities, content, tools, mobile applications etc. according to their needs. But, in real schools practice, we cannot assign a personal teacher for each student. That should be done by intelligent technologies (Kurilovas, 2015).

This is the essence of the "Intelligent Future School" project announced by Vilnius University on June 12, 2015 and currently involving 20 Lithuanian pilot primary and secondary schools.

One of the main intelligent technologies for future schools is a recommender system that should interconnect learning methods and other



educational components with students' learning styles.

In the paper, we try to identify a learning methods' model suitable to interconnect with (Felder & Silverman, 1988) learning styles.

Our society is changing very fast, therefore teachers have to change their attitude to learning and teaching. They have to improve their competencies, learn to engage and involve students. The task for teachers is rather difficult – they have to combine old methods with the new ones to reach desired results. They have to apply the new student-centred methods, at the same time, they must know the theoretical background, a variety of methods and how to apply them. It is important which methods a teacher is choosing and why the chosen method suits his/her teaching style, student's learning style, student's capacity. The choice of a method is determined by other competencies of a teacher (e.g., teaching how to use a tool or create an interactive material). The freedom of choice of methods requires that teachers should know and evaluate them in accordance with the demands presented to the current education. Active methods make great changes in the quality of teaching and learning. The authors try to classify the active teaching/learning methods to bring in clarity in the domain of teaching/ learning methods and activities. The main attention is paid to constructionist student-centred learning/teaching methods. This approach has been used in education for several years (Hattie, 2009). Therefore, there are researches which show that not all methods are suitable for every student (Felder, Silverman, 1988). The analyses of interconnections between students' learning styles, their preferred learning activities, relevant teaching/learning methods, and types of learning objects have to be presented in the future works.

Two research issues are discussed in the presented study: (1) a review of classifications of learning methods, and (2) the development of classification of learning methods applied in formal STEM subject education. A comparative literature analysis is used to review the classifications of methods.

## 2. Review of related works

### 2.1. The educational perspective

Education is influenced by various psychological theories. For many years it has been based on the ideas of behaviourism and focusing on the accumulation of knowledge, lecturing, and reflection. At the same time, other psychological trends have been developed, e.g. a cognitive theory which has changed the approach to teaching. Cognitive teaching ideas are based on the collection, processing, development and are directed to thinking. Basically, the roles of both that of the teacher and the student becomes different. The teacher become an advisor while the student is the information collector, handler and developer (Hubwieser, 2000).

The present-day teacher uses quite a comfortable method that does not require a lot of preparation for teaching, i.e. lecturing. The teacher seeks to integrate cognitive ideas and methods whereby the student is treated as a thinking person, i.e. discussions, problem solving, and collaboration are employed. Thus, both behavioural and cognitive methods of education are adequate when they match teaching and learning goals.

With an increase in information contents, a person is inevitably forced to remember a superfluity of information. Thus, J. Piaget's psychology-based training is constructivism, the main principle of which is experience-based knowledge creation, when the learner is actively involved in teaching and learning (Piaget, 1954). Shifting from teaching to learning shows that the whole educational process turns its focus to learning and new tools that encourage everybody to learn successfully and be motivated. The teacher becomes a counsellor who helps to strengthen the links between different areas of education.

S. Papert (Papert, 1993) examined the topic in more detail and wrote that it was important how children learn in a particular context by using objects created on their own and by others. They focused on the role of ICT in human learning. The new learning theory – construc-

tionism – thus emerged, the main point of which proved the necessity to learn different methods and ways of purposeful selection and absorption of information from ample knowledge and effective usage of the information while creating new knowledge.

A. Baytak claims that the constructionist learning consists of two steps: the internal step when learning is an active process and students construct their knowledge from their experiences, and the external one which is based on research, when students learn best by making artefacts that can be shared with others (Baytak, 2011). The internal step derives from constructivism, the external step relates to constructionism.

The present paper relies on the constructionist approach.

## 2.2. The definition of learning method and learning activity

Learning methods have been studied by researchers of various disciplines (education, engineering, etc.) and perspectives.

N. Gage, D. C. Berliner define methods as repetitive models of teacher activities that can be used for teaching various subjects and can be specific for more than one teacher and useful for learning (Gage, Berliner, 1998). S. Šalkauskis claims a specific relation to students' learning styles in his definition of a method, i.e. rational teaching methods follow teaching goals and match to a student's nature and peculiarities of a subject taught (Šalkauskis, 1992). Plenty of definitions of a method are mainly related to teaching activities, teaching goals, and teaching subjects. In the last decade, however, the method became acknowledged as the entirety of learning activities. The approach as such is presented by D. Leclercq and M. Poumay "a learning/teaching method is the joined description of a student's activity and a tutor's (or teacher's) activity, these actions being complementary and interdependent, in a learning situation" (Leclercq, Poumay, 2005). The same idea is supported in The Classification of Learning Activities of Eurostat (2006): "The method

	S7						
S	S6		SLA		SLA		
U	S5	SLA					
B	S4		SLA	SLA	SLA		
J	S3	SLA	SLA	SLA		SLA	
E	S2		SLA				
C	S1						
T		M1	M2	M3	M4	M5	M6
S		METHODS					

Fig. 1. Relation of a method, learning activity, and a subject (Eurostat, 2006)

is the organisational frame used to learn or to teach (i.e. acquire or transmit ideas, information, knowledge, skills and competences). This can take the form of (educational) programmes, courses, events, or other more or less organised forms". The relation of a method and activity is presented in the following matrix (Fig. 1 below):

The learning activities are defined as "any activities of an individual organised with the intention to improve his/her knowledge, skills and competence". A Single Learning Activity is defined as being "characterised by unity of method and subject". The Subject is what the individual learns. (Eurostat, 2006).

V. Dagienė and I. Žilinskienė have studied the concept of learning activity in the ICT domain. They presented a review of sources and argued that a learning activity can be expressed in three levels: 1) a learning activity as a combination of general components: learning context, teaching and learning methods, teaching applications and participants; 2) a learning activity as an organizational process; 3) a learning activity as a development of competencies (Dagienė, Žilinskienė, 2011).

The presented approaches to a method and learning activities allow the authors to define the concept of a learning method. The learning method (LM) is a system of teacher's and his/her students' activities which help to achieve the learning goals, improve knowledge, skills, and make a mindset to the world.



### 2.3. Review of classifications of methods

The nature of students' and teacher's activities reveals differences between learning and teaching. There are differences of learning at home, in the classroom or library. The main role has to be adopted by good teachers who have to allocate all recourses to class activities on search of the best results.[Pet08]. To make an educational process easier for teachers and students learning methods have to be classified. The review of existing classifications of methods is presented below.

The authors emphasize that learning methods are classified by various aspects of education, i.e. in accordance with students' activities, cognitive processes, educational processes, types of learning activities, and the greatest effect on the learning results. The authors will present herein all these approaches. A comparative analysis of classifications of learning activities was made in the present paper.

#### 2.3.1. Classification of methods according to students' activities

D. Buehl (2004) classified learning methods into eight groups according to students' activities (Fig. 2):

Different learning methods can be combined according to the variety of activities and can be attached to more than one group. Another classification by students' activities is presented by L. Šiaučiukėnienė *et al.* (Šiaučiukėnienė, 2006). They sorted all methods into five groups: reading, writing, questioning, collaboration, and methods that join a variety of activities. A few of such methods are listed in Table 1 below:

#### 2.3.2. Classification of methods by cognitive processes

D. Buehl describes 45 learning methods, that are classified into three groups, based on cognitive processes: preparation to learn, processing of learning material and assessment of learning



Fig. 2. Classification of learning strategies by students' activities (Buehl, 2004)

Table 1. Classification of learning methods by students' activities (Šiaučiukėnienė *et al.*, 2006)

Groups by students' activities	Examples of learning methods
Reading	Learn letters, textbook of my words, the last word is mine, to mark text, "extended" lecture, IDEAL, two side diary, etc.
Writing	Cross-talk, incomplete sentences, words map, network tating, pyramid history, quatrain, free writing, writing process, etc.
Questioning	Questioning words, "Thick" and "Thin" issues, 6W, question chamomile, etc.
Collaboration	Composition, mutual learning, discussion, debate, say, and hear, round table, corners, learn in groups, etc.
Methods which join a variety of activities	Key terms, fish tank, game situations, brainstorming, icebreaker, mind hedgehog, tests, from the whole to parts, interview, role-play, contracts, case study, project, and others.

<p><b>Preparation to learn</b>  <i>Methods for activation and calling of attention</i></p> <p>Graphical visualisation  Advanced marks  Concepts and definitions map  ...</p>	<p><b>Processing of learning material</b>  <i>Methods for selection and systematization</i></p> <p>Graphical visualization  Patchwork  Marking equal  ...</p>	<p><b>Assessment of learning</b>  <i>Methods of integration and application</i></p> <p>Graphical visualization  Concepts and definitions map  Frayerio model  ...</p>
--	---	---

Fig. 3. Learning methods by cognitive processes (Buehl, 2008)

(Buehl, 2004). The examples of classification of these methods are presented in Figure 3 below:

Some of the methods can be attributed to more than one group. It is acceptable since each of the cognitive processes can be improved by the same method only on a different level.

### 2.3.3. Classification of methods by the greatest effect on learning results

A different approach to the classification of learning methods was introduced by J. Hattie and B. Marzano. They used empirical studies and ranked learning methods by their greatest effect on learning results. The top ranked methods by J. A.Hattie and Marzano are shown in Table 2 below:

### 2.3.4. Classification of methods by educational processes

G. Petty described the principles of best lessons and defined the structure of an educational process, the PAR model (Fig. 4.).

Teaching falls into three phases, each requiring appropriate methods. All elements are mandatory the teacher must resort to all of them of each teaching stage.

*Presentation:* the methods used to present a new material to students or encourage them to think it out by themselves. This might involve facts, theories, concepts, stories or any other content. This phase consists of two general parts: orientation and new learning material.

Table 2. Top ranked methods by J. A.Hattie (Hattie et. al., 1996) and B. Marzano (Marzano, 2001)

by J. A.Hattie	by Marzano
<p><i>Whole class interactive teaching:</i> A specific approach to active learning in class which is very teacher-led but very active for students. Students and teachers get feedback throughout.</p> <p><i>Reciprocal teaching:</i> Strategy to help improve reading comprehension for students who find this difficult. It involves them in questioning, summarising, clarifying and predicting.</p> <p><i>Feedback:</i> Students getting feedback on their work from the teacher, from themselves or from their peers.</p> <p><i>Strategy training:</i> Explicit teaching of a particular study or thinking skills.</p> <p><i>Classroom behaviour:</i> The influence of appropriate student behaviour on achievement.</p> <p><i>Prior achievement:</i> Prior achievement of students in the class.</p>	<p><i>Similarities and differences:</i> Tasks that require students to compare and contrast.</p> <p><i>Graphic representations:</i> These include drawings, illustrations and annotated diagrams, but mostly Graphic Organisers.</p> <p><i>Challenging goals:</i> Challenges that require deep thinking and active learning.</p> <p><i>Feedback:</i> Students finding out what they have done well and what they need to improve.</p> <p><i>Note making:</i> Students creating personal and organised notes. Linked to peer explanation.</p> <p><i>Relevant recall questions:</i> Questions designed to connect to students' relevant prior knowledge.</p> <p><i>Manipulative (decisions):</i> Students physically manipulate cards, or objects, or symbols which represent concepts or ideas they are learning about.</p> <p><i>Generating and testing hypotheses:</i> Students have to use higher-order, evaluative thinking. Works very well with Assertive Questioning.</p>

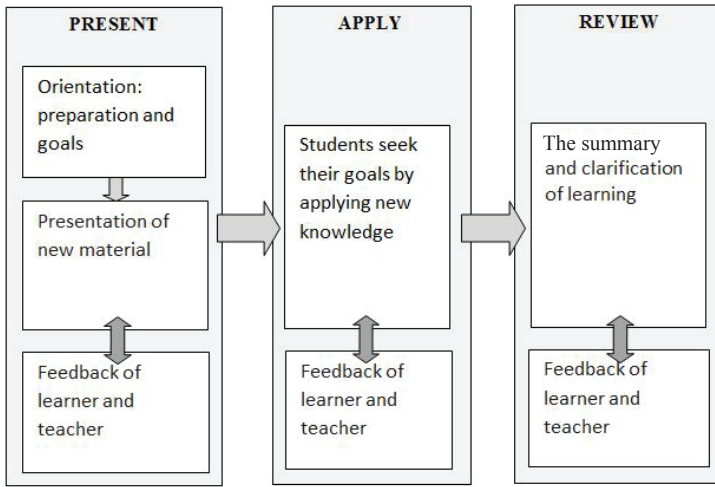


Fig. 4. The PAR model (Petty, 2008)

*Application:* the methods requiring students to apply a new recently presented material. This is the only way to ensure that students conceptualise the new material so that they can understand it, recall it, and use it appropriately in the future.

*Review:* the methods employed to encourage students to recall former learning so as to clarify and focus on the key points, ensure understanding, as well as practice and check the recall.

### 2.3.5. Classification of methods by the types of learning activities

D. Leclercq and M. Poumay classify the learning strategy based on eight types of basic teaching and learning activities that they named as learning events in their work. “A learning/Teaching Event is a joined description of paradigms (i.e. simplified description) of a learner’s activity and a teacher’s activity, these

actions being complementary and interdependent, in the learning situation. The learning event describing the activity of the learner (receives, practices, creates, etc.), the teaching event describing the activity of the teacher (transmits, guides, etc.)” (Leclercq, Poumay 2005). These events are visualized in Figure 5 below:

There is none acceptable classification of learning methods. The teacher has to choose from a variety of classifications of methods. The way methods are

grouped shows the bases on which the methods are classified, but does not offer the best methods to involve and engage students. When teachers choose and combine methods they create a specific learning situation where conditions for students to learn are created.

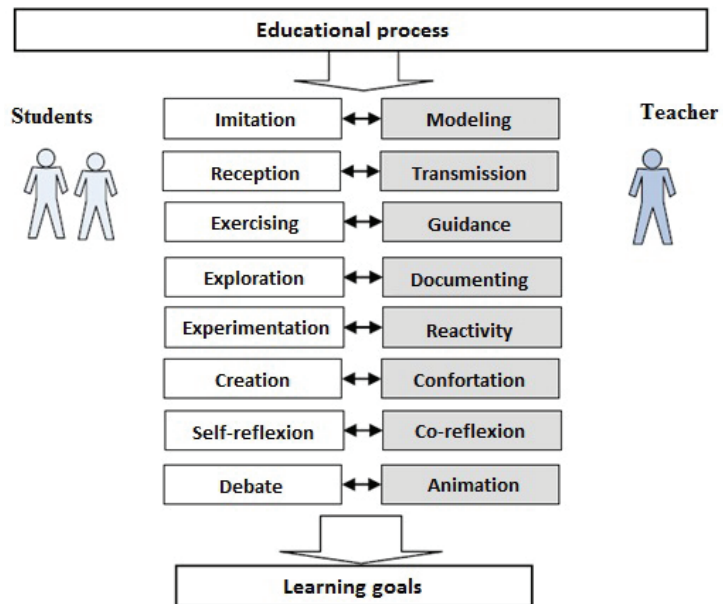


Fig. 5. 8 learning events

### 3. Proposed classification of constructionist learning methods

The comparative analysis of classifications of learning methods has demonstrated that the learning methods are well adapted to the learning process. In Table 3 the authors try to compare all the reviewed classifications of methods. In the last column of Table 3, the authors propose groups of methods that include all the classifications analyzed.

In accordance with the results, we suggest to classify the learning methods by two criteria: **the learning process phases and students' activities** (Fig. 6 below). In this way, the relations between the methodological material, the content learning object, the students learning types, and the teaching methods will be defined more explicitly in future works.

The explanations of learning method types are presented in Table 4 below:

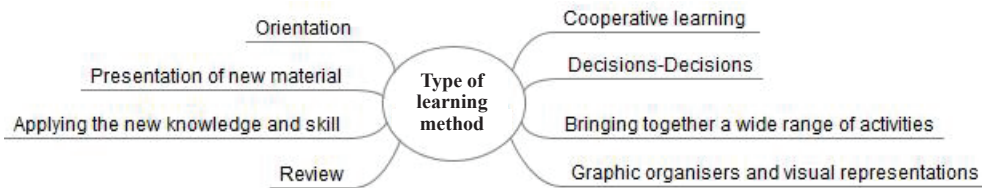


Fig. 6. The model of classification of teaching/learning methods

Table 4. Explanation of the types of learning methods

Type	Description	Methods
Cooperative Learning	Methods with specific collaborating elements enabling students to learn.	Puzzle, Reciprocal teaching, academic controversy, learning together, etc.
„Decisions-Decisions“	Such methods when card sets or text fields, diagrams on an interactive board or computer monitor are used for manipulations.	Joining, grouping, and sorting cards or text fields, pictures: sorting questions, answers, similarities and differences, etc.
Graphic organisers and visual representations	Methods which require to visualize relations between information, processes, results, etc.	Venno diagram, map of thoughts, time bar, etc.
Orientation: preparation for learning	Methods which help students to remember or check knowledge. Such methods often present the structure of a theme, its goals or allow for discussions about them, motivate students.	Reinforcing effort, activating prior knowledge, advance organisers.
Presentation of a new material	Methods which help to present a new material, new abilities and general concepts for students.	Graphical organisers (visual learning, mind mapping), similarities and analogies (models, metaphors).
Applying a new knowledge and skill	Methods where students apply their new knowledge and competencies.	Cooperative learning (group work, peer-expanding), hypothesis testing, similarities and differences, homework and practice (decisions-decisions, manipulation).
Review	Methods which encourage students to recall former learning so as to clarify and focus on the key points, ensure understanding, and practice and check recall.	Formative assessment, medals and missions, assertive questioning, notes, creation of journal, portfolio, etc.
Bringing together a wide range of activities	There is a tree of methods. The structure of this tree is not exactly described. The teacher can choose suitable methods and form a tree of them.	Whole class interactive teaching, Generating and testing hypotheses (inquiry based learning, problem solving, etc.).

Table 3. Comparative analysis of learning methods classifications

By students activities	By students activities	By the greatest effect on learning results	By the greatest effect on learning results	By educational processes	By 8 learning events	By learning processes and students' activities
L. Šiaučiuikėnienė	D. Buehl	A. Hettie <i>et. al.</i>	B. Morzano	G. Petty	D. Leclercq, M. Poumay	
Reading	Interactive reading					
Writing	Writing					
Methods which join a variety of activities	Extensions of student's concepts Creation of collective ideas Discussion	Whole class interactive teaching	Generating and testing hypotheses Challenging goals		Exploration / Documenting Experimentation / Reactivity Creation / Confortation	Bringing together a wide range of activities
Collaboration	Collaboration	Reciprocal teaching			Debate / animation	Cooperative learning
	Presenta-tion of graphical information		Graphical representa-tion			Graphic organizers and visual representations
	Learning to learn	Strategy training		Students seek their goals by applying new knowledge	Exercising / Guidance	Applying new knowledge and skill
			Similarities and differences Manipula-tive			„Decision – Decision“
		Feedback	Feedback Nate making	Feedback The summary and classification of learning	Self-reflexion / Co-reflexion	Review
Questioning		Prior achievement	Relevant recall questions	Orienta-tion preparation and goals	Imitation / Modeling	Orientation
		Prepara-tion to learn		Presenta-tion of new material	Reception / Transmission	Presentation of new material
		Processing of learning material				

Table 5. Subgroups of feedback methods

Feedback	Interactive dialogue	These methods are used during orientation and presentation of a new material.	Persistent questioning, checking in pairs, etc.
	Assessment	The methods used to assess knowledge, competencies and abilities.	Informal assessment in groups or class discussions, etc.
	Self-assessment	The methods used by students to evaluate their own knowledge, competencies and abilities.	Self-assessment working in pairs, self-assessment by comparing data, data validation, etc.
	Finding faults and fixing	The methods used for assessment as well.	Correction of works, drafts, mutual assessment by asking questions, etc.

According to J. Petty's (Petty, 2008) method groups of orientation, presentation of new material, applying new knowledge and skills, and the review include a subgroup of methods called Feedback. Feedback includes the methods when a student receives reflections from other students or the teacher. It can be a question or task, quiz, update, draw-it, mini picture dictionary, list, fast learning, etc. The explanation of this method group is presented in Table 5.

Based on the presented model of the classification, every method can be easily attributed to a specific learning phase. Thus, using the classification model, each learning method can be attached to at least one element according to two criteria: the learning process phase and student's activity.

### 3.1. Example of Inquiry-based learning activities

In this section the authors presented an example of the expansion of the proposed classification of methods by using an appropriate constructive learning method. The authors chose an active student-centred method – inquiry-based learning – to show this expansion.

In recent years, inquiry-based learning has become popular in the European secondary school education. The tradition that has already been long-practiced in the American culture is being very slowly implemented in the European culture. R. Bruder and A. Prescott made a review of the research on inquiry teaching and learning and argue that, in most cases, the IBL implementation significantly influences education (Bruder, Prescott, 2013). The inquiry-based learning method is suitable to learn STEM subjects (Maaß, Artigue, 2013).

The Colburn (2000) and Kremer, and Schulter (2006) distinguish several different approaches to inquiry-based instruction:

*Open Inquiry:* This approach is similar to a guided inquiry, moreover, the students also formulate their own problem to investigate. The open inquiry is in many ways analogous to creating science. Science fair activities are often examples of the open inquiry.

*Guided Inquiry:* The teacher provides the students with problems or questions and necessary materials. The students have to find the appropriate problem-solving strategies and methods.

*Structured Inquiry:* The teacher provides students with a hands-on problem to be investigated, as well as the procedures, and materials, but does not inform them of the expected outcomes. Students are to discover relationships between variables or otherwise generalize from the data collected. These types of investigations are similar to those known as cookbook activities, although a cookbook activity generally includes more direction than a structured inquiry activity about what students are to observe and which data they are to collect.

The inquiry-based method can be defined as one of types of learning methods, i.e. “bringing together a wide range of activities“. This method can be used for one or more lessons. The activities used in inquiry-based learning and teaching are described in several research papers. “Inquiry is a multifaceted activity that involves making observations; posing questions; examining books and other sources of information to see what is already known; planning investigations; reviewing what is already known in light



of experimental evidence; using tools to gather, analyze, and interpret data; proposing answers, explanations and predictions; and communicating the results.” (Maaß, Artigue, 2013)

T. Bell et al.(2010) summarized the activities of inquiry-based learning in the following way:

A1: *Orienting and asking questions*: students make observations or examine the scientific phenomena that catch their interest or arouse their curiosity. Ideally, they develop questions by themselves.

A2: *Hypothesis generation* is the formulation of relations between variables. Stating a hypothesis is a difficult task for many students.

A3: *Planning* in the narrower sense involves the design of an experiment to test a hypothesis and select appropriate measuring instruments for deciding upon the validity of the hypothesis.

A4: *Investigation* as the link to natural phenomena is the empirical aspect of inquiry-based learning. It includes the use of tools to collect information and data, implementation of experiments, and organisation of data pool.

A5: *Analysis and interpretation* of data form the basis of empirical claims and arguments for the proposition of a model.

A6: *Model exploration and creation* is a fundamental aspect of science learning. Models are used in science for several purposes. Students should learn to explore, create, test, revise, and use externalised scientific models that may express their own internalised mental models.

A7: In *conclusion and evaluation* activities, students extract the results from their inquiry. Conclusions might be drawn from the data and used in comparison with models, theories or other experiments.

A8: *Communication* represents the collaborative element of inquiry-based learning. Communication is a process that may span all other processes of scientific inquiry starting with the development of a research question and ending with the presentation or reporting of results.

A9: In a *prediction*, learners express their beliefs about the dynamics of a system, while in a hypothesis the relations of the variables are emphasized. This last category may also symbolise the unfinished inquiry process after reaching a conclusion where new questions and hypotheses arise from the research results.

The classification of inquiry-based learning is presented in Figure 7 below:

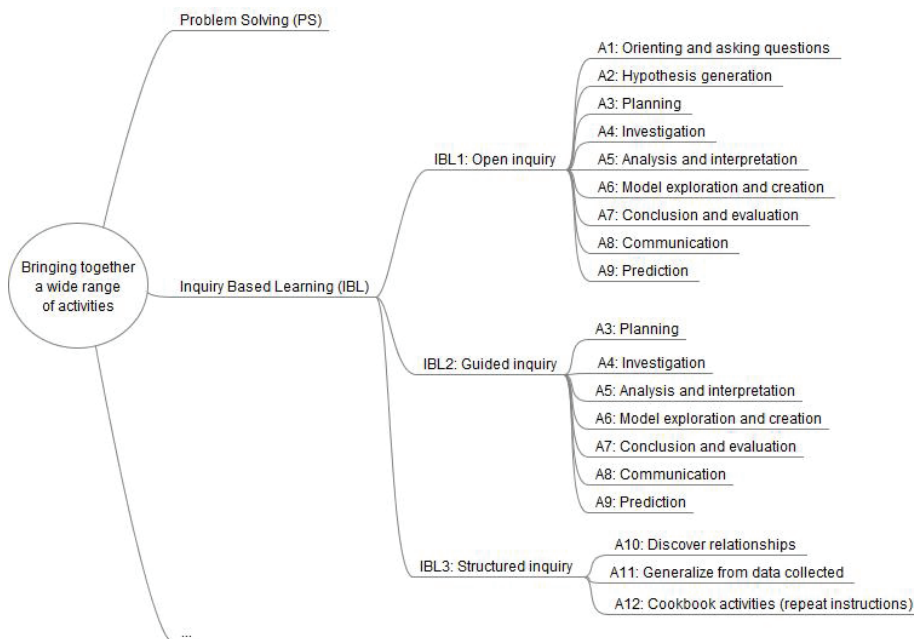


Fig. 7. Activities of IBL forms

## Conclusions

The analysis of sources shows that learning methods are classified by various aspects of education: by students' activities, cognitive processes, educational processes, learning activities, and by the greatest effect on learning results. The comparative analysis of learning methods has demonstrated that these learning methods are well adapted to the learning process. Seeking resort to those results we suggest classifying the learning methods by using two criteria: the learning process phases and students' activities. The classification model of the methods presented herein by the authors could help to organize personalized learning by creating a relationship between the learning activities and students' styles.

## RESOURCES

BAYTAK, Ahmet. *An investigation of the artefacts, outcomes, and processes of constructing computer games about environmental science in a fifth grade science classroom*: Phd Thesis. BiblioLabsII, 2011.

BRUDER, Regina; and PRESCOTT, Anne (2013). Research evidence on the benefits of IBL. *ZDM Mathematics Education*, vol. 45, p. 901–909.

BUEHL, Doug (2009). *Classroom strategies for interactive learning*. 2nd ed. Newark, DE: International Reading Association, 2009.

COLBURN, Alan (2000). An inquiry primer. *Science Scope* 23(6), p. 42–44.

DAGIENĒ, Valentina; and ŽILINSKIENĒ, Inga (2011). Mokymosi veiklos samprata skaitmeninėje plotmėje. *Pedagogika*, t. 102, p. 94–103. ISSN 1392-0340.

FELDER, Richar M.; and SILVERMAN, Linda K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78(7), p. 674–681. Preceded by a preface in 2002.

GAGE, Nathaniel L.; and BERLINER, David C. (1998). *Educational psychology*. 6th ed. Boston, MA: Houghton Mifflin.

HATTIE, John A. C. (2009). *Visible learning. A synthesis of over 800 metaanalyses relating to achievement*. London and New York: Routledge

HATTIE, John; BIGGS, John; and PURDIE, Nola (1996). Effects of learning skills interventions

This model could be used as a repository of learning objects or effective learning resources while searching and browsing for a relevant teaching/learning method.

The use of student-centred methods prevails in schools. Such methods enable students to learn concepts deeper and learn how to learn. The activities of inquiry-based learning forms were also described and presented in this paper. The authors apply their classification model of learning methods and activities to a student-centred learning method, established on inquiry-based learning.

Future work should include interconnection of (Felder & Silverman, 1988) learning styles with the learning methods identified in this paper, and creating the appropriate ontology for a personalised recommender system.

on student learning: a meta analysis. *Review of Educational Research*, vol. 66(2), p. 99–136.

HUBWIESER, Peter (2000). *Didaktik der Informatik*. Grundlagen, Konzepte, Beispiele. Springer.

KREMER, Aangelika; and SCHLUTER, Kirsten (2006). Analyse von Gruppensituationen beim forschend-entdeckenden Lernen. Ergebnisse einer ersten Studie. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 5, p. 145–156.

KURILOVAS, Eugenijus; KUBILINSKIENE, Svetlana; and DAGIENE, Valentina (2014). Web 3.0 -Based Personalisation of Learning Objects in Virtual Learning Environments. *Computers in Human Behavior*, vol. 30, p. 654–662. ISSN: 0747-5632.

KURILOVAS, Eugenijus (2015). Future School: Personalisation plus Intelligence. In *Handbook of Research on Information Technology Integration for Socio-Economic Development*. IGI Global – in print.

LAMBE, Patrick (2007). *Organising Knowledge: Taxonomies, Knowledge and Organisational Effectiveness*. Oxford: Chandos.

LECLERCQ, Dieudonne; and POUMAY, Marieanne. (2005). *The 8 Learning Events Model and its principles*. LabSET, University of Liège, 2005.

MAAB, Katja; and ARTIGUE, Michele (2013). Implementation of inquiry-based learning in day-to-day teaching: a synthesis. *ZDM Mathematics Education*, 45, p. 779–795.

MARZANO, Robert J.; PICKERING, Debra; and POLLOCK, Jane (2001). *Classroom Instruction That Works*. Alexandria, Virginia: ASCD.

PAPERT, Seymour (1993). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful ideas*. Da Capo Press.

PETTY, Geoff (2008). *Evidence-Based Teaching: A Practical Approach*. Publisher: Oxford University Press.

PIAGET, Jean (1945). *The construction of reality in the child*. New York: Ballantine, 1954.

ŠALKAUSKIS, L. (1992). *Rinktiniai raštai*. Vilnius.

ŠIAUČIUKĖNIENĖ, L.; VIŠOCKIENĖ, O.; and TALIJŪNIENĖ, P. (2006). *Šiuolaikinės didaktikos pagrindai*. Kaunas: Technologija.

## KONSTRUKCINIO MOKYMO METODŲ KLASIFIKAVIMO MODELIS

Svetlana Kubilinskienė, Eglė Jasutė

Anotacija

Kaip būtų galima kurti ir įgyvendinti personalizuotą mokymąsi? Šiame straipsnyje nagrinėjami mokymo(si) metodų bei veiklų apibrėžimai, mokymo(si) metodų klasifikacijos problema ir pateikiama mokslinėje literatūroje aprašomos mokymo(si) metodų klasifikacijos. Be to, pasiūlytas apibendrintas ir praplėstas mokymo(si) metodų klasifikavimo modelis. Šis modelis – tai pirmasis intelektualios technologijos kūrimo etapas. Ši technologija – rekomendacinė sistema, jungianti mokymosi metodus ir kitus moky-

mosi komponentus su mokinio mokymosi stiliais. Autoriai pritaiko pasiūlytą metodų klasifikavimo modelį ir pateikia į mokinį orientuoto mokymo(si) metodo ir jo veiklų klasifikavimo pavyzdį. Pasiūlytas modelis padės ateities darbuose susieti mokinio mokymosi stilius su jam tinkamais mokymo(si) metodais, veiklomis ir mokymosi objektais.

**Pagrindiniai žodžiai:** mokymosi metodai, mokymosi veiklos, tyrinėjimais grįstas mokymasis, personalizuotas mokymasis.

Įteikta 2015 m. gegužės 25 d.

# INFORMACINĖS TECHNOLOGIJOS MOKYMU IR STUDIJOMS

## Mobile Learning Using Tablet Devices: Lithuanian Case Study

### Eugenijus Kurilovas

Vilnius University Institute of Mathematics and Informatics, PhD  
 Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto daktaras  
 Akademijos str. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva  
 Vilnius Gediminas Technical University, Information Technologies Department, Associate Professor  
 Vilniaus Gedimino technikos universiteto Informacinių technologijų katedros docentas  
 Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva  
 El. paštas: jevgenij.kurilov@mii.vu.lt

### Irina Vinogradova

Vilnius Gediminas Technical University, Distance Studies Centre, Chief Specialist, PhD  
 Vilniaus Gedimino technikos universiteto Nuotolinių studijų centro daktarė  
 Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva  
 El. paštas: irinav@vgtu.lt

*The paper aims to present the case study of teaching and learning, using tablet devices in Lithuania. It was accomplished while implementing Creative Classrooms Lab – the flagship European project in the area. In the paper, personalised mobile learning activities are analysed using tablet devices. In CCL, the authors created and applied ontologies to interconnect these mobile learning activities with students' learning styles, suitable mobile applications (apps), other Internet tools, and types learning objects. Teachers' and students' opinion on personalised mobile learning activities based on problem solving, collaboration, inquiry-based learning, and flipped class methods, is analysed in the paper. Also, the quality of personalised mobile learning activities is compared with the quality of traditional learning activities based on textbooks and face-to-face knowledge transmission. A novel method for expert evaluation of mobile learning activities based on the Fuzzy AHP method to establish the weights of the mobile learning activity quality criteria, is applied. The research results show that personalised mobile learning activities could help teachers to enhance students' creativity and motivation and thus to improve their learning results.*

**Keywords:** tablet devices, personalised mobile learning activities, ontologies, learning styles, quality, expert evaluation, motivation, learning results.

### 1. Introduction

The paper aims to present the case study of mobile learning activities and learning scenarios, applying tablet devices in primary and secondary education in Lithuania while implement-

ing Creative Classrooms Lab (CCL, 2015) – the flagship EU-funded project in the area.

Mobile learning presents new opportunities for both the design and delivery of learning. These opportunities are enabled by the unique hardware and software capabilities of mobile

devices coupled with convenient size and portability. Among all mobile devices (smart phones, e-readers, basic mobile phones etc.), tablets are mostly used for learning at the moment – 61% (Kurilovas, 2014).

In the paper, the quality of modern mobile learning activities using tablets, based on learning personalisation, problem solving, Web 2.0 enhanced collaboration, content creation, inquiry-based learning and flipped class methods, is compared with the quality of traditional, mostly face-to-face learning activities, usually based mainly on knowledge transmission currently applied at comprehensive schools in Lithuania.

The method of expert evaluation of learning activities based on multiple criteria decision analysis, Fuzzy Analytic Hierarchy Process (AHP) method and its application in CCL project are presented in more detail.

Currently, mobile learning activities and learning scenarios for primary and secondary education are deeply analysed, applied, and evaluated in European Union in CCL project. CCL learning activities and learning scenarios are created using methodology elaborated and applied in parallel large scale EU-funded 7FP iTEC (iTEC, 2014) project.

CCL project is developing innovative teaching and learning scenarios involving the use of tablets in and out of school. It validates these in policy experimentations, involving 9 Ministries of Education in Europe and 45 classes that are already making use of tablets from different suppliers. Ministries of Education also seek to co-design action research pilots with industry partners that are project Associate Partners. CCL is one of the means to help European Ministries of Education to make proper decisions concerning large scale investments in tablet devices and related teacher training.

## **2. Systematic review of scientific literature**

Systematic review of scientific literature, performed by the authors on topics “ ‘Information technologies’ and ‘Personalisation’ ”, and “ ‘Tablet devices’ and ‘Education’ ”, has shown that tablets could have a positive impact on learning person-

alisation and thus on learning quality, but their additive value highly depends on the proper application of suitable learning scenarios and learning activities.

### ***2.1 Learning scenarios and learning activities***

The term of “learning scenario” (also known as “Unit of Learning”) is referred here as an aggregation of learning activities that take place in particular learning environments using particular learning objects. This notion is based on IMS Learning Design (IMS LD, 2003) and (Koper and Tattersall, 2005). According to (Koper and Tattersall, 2005), a Unit of Learning refers to a complete, self-contained unit of education or training, such as a course, a module, a lesson, etc. The IMS LD (2003) conceptual vocabulary clarifies that a Unit of Learning is an abstract term used to refer to any delimited piece of education or training. It is noted that a Unit of Learning represents more than just a collection of ordered resources to learn, it includes a variety of prescribed activities, assessments, services and support facilities, provided by teachers, trainers and other staff members.

A learning design as an integral part of any unit of learning is a description of a method enabling learners to attain certain learning objectives by performing certain learning activities in a certain order in the context of a certain learning environment. According to IMS LD (2003), learning activities are one of the core structural elements of the ‘learning workflow’ model for learning design. They form a link between the roles and learning objects and services in the learning environment. The activities describe a role they have to undertake within a specified environment composed of learning objects and services.

Activities take place in a so-called ‘environment’, which is a structured collection of learning objects, services, and sub-environments. Therefore, we can conclude that learning scenarios could consist of learning activities, learning objects, and learning environment(s) referred here as services package(s).

Thus, we can divide learning scenarios into three components, namely learning activities, learning objects, and learning environments.

## 2.2 Tablets and learning personalisation

A systematic review on “ ‘tablet devices’ and ‘education’ ” has shown that tablet devices could have a positive impact on students’ learning outcomes and motivation. The main challenge here is a proper implementation of suitable teaching / learning methods and activities (Kurilovas, 2014).

According to (Rosabelle *et. al.*, 2007), today’s teachers might prefer tablets over desktop or laptop computers to structure interactive, engaging learning experiences. Given the central role of teaching practice in learning outcomes, advances in the use of tablets in education will be driven not primarily by technology features, but rather by instructional models that reflective educators develop and share with their peers.

Moore *et. al.* (2008) think that the tablet is an attractive technology for use in synchronous distributed learning environments because of its mobility, and its ability not only to serve as an effective note taking device but also as a high-resolution course content viewing device and a tool for interactive assessments.

According to numerous scientific research results, a personalised learning approach is much more effective in comparison with the traditional “one size fits all” approach usually applied at schools currently.

Graf *et. at.* (2006) think that, in order to provide personalisation and adaptivity in technology enhanced learning systems, the needs of learners have to be known by the system first.

Lazarinis *et. al.* (2011) believe that personalisation is based on the characteristics of the individual learners, and learner profiles can be elicited and presented to educators to help them understand their learners.

According to Chen *et. al.* (2012), to provide users with a more suitable and personalised service, personalisation is widely used in various fields. Chen *et. al.* (2012) defined the concept and characteristic of the personalised learning service, and proposed a semantic learning service personalised framework.

Wang and Huang (2013) believe that there has been a growing awareness that courseware should automatically adjust to the profiles of individual learners.

## 3. Research methodology

### 3.1 CCL mobile learning scenarios and learning activities

In CCL (2015), we have prepared a typical problem solving scenario, based on a personalised learning approach, using Web 2.0 based group work, content creation, and flipped class methods for piloting in Lithuanian CCL schools.

The problem solving scenario was implemented by the following steps: (1) Discussing the problem scenario in the groups which promotes communication skills and cooperative learning; (2) Brainstorming ideas to cross the learning boundaries that promote creative learning and knowledge integration; (3) Identifying the learning issues for research, which promotes active learning and critical thinking; (4) Research to construct the action plans, which promotes new knowledge development; and (5) Reporting the research findings to the groups, which promotes peer-to-peer learning to complete the final products.

The personalised learning approach was implemented here by division of learners into distinct groups according to their learning styles. We used the learning styles (or preferences) grouping method applied earlier in evaluating the LS quality by Kurilovas and Zilinskiene (2012), namely, Activist, Theorist, Pragmatist, and Reflector. There are different methods to determine students’ learning styles, e.g. questionnaires, learners’ interviews, analysis of their e-portfolios, data mining etc. In CCL, we have developed an online questionnaire and software to automatically establish students’ learning styles. Its application in Lithuanian CCL schools has shown that there are almost no ‘pure’ Activists, Reflectors, Pragmatists or Theorists in real life – students use mostly “mixtures” of different learning styles.

After wards, students’ learning styles were interconnected with suitable learning activities, types of learning objects, tools and tablet apps. Learners were divided into distinct groups according to their learning styles before or just after the Discussion stage of the problem solving ac-



tivity. This could guarantee that, in their groups, learners could learn using similar suitable learning activities, learning object types, and apps.

Learners were divided into groups applying TeamUp grouping tool, created in iTEC (2014). Collaboration in groups was based on the face-to-face collaboration and Web 2.0 tools. Internal collaboration activities groups were applied in Brainstorming, Identifying the research issues, and Research steps, and combined with the other groups in the Discussion and Reporting steps of the problem solving learning activity.

A flipped class is a pedagogical model in which the typical lecture and homework elements of a course are reversed. Short video lectures are viewed by students at home before the class session, while in-class time is devoted to exercises, projects, or discussions. The value of a flipped class is in the repurposing of class time into a workshop where students can inquire about the lecture content, test their skills in applying knowledge, and interact with one another in hands-on activities. Flipped class activities were applied in Brainstorming, Identifying the research issues, and Research steps of the problem solving learning activity.

In CCL (2015), we have proposed mobile personalised learning activities (let us call it LA<sub>1</sub>) on problem solving in Science, Technology, Engineering, and Mathematics subjects. One of these mobile learning activities e.g. is named “Why ships don’t sink” and conforms to the 10-lesson Lithuanian Physics curriculum topic

on the Archimedes law. In these mobile learning activities, students use tablets in all the stages of their problem solving activity for grouping, research / inquiry-based learning, collaboration, flipping, content creation, and presenting their research results to peers and the teacher. In LA<sub>1</sub>, students use personalised learning methods, suitable content and apps while working with iOS (iPads) and Android (Samsung tablets) operating systems. There were several outdoor activities implemented in these LA<sub>1</sub> such as visiting the sea museum, homework, etc.

Contrary to LA<sub>1</sub>, we consider LA<sub>2</sub> as traditional “one size fits all” learning activity, based on topic explanation in the classroom and students’ home works.

### 3.2 Criteria of the learning activity quality

As mentioned above a typical learning scenario could consist of learning objects, learning activities, and learning environment(s). In this paper, we pay special attention to learning activities, since our aim is to analyse the learning scenario independently of its learning objects and environment(s), used to implement the given learning activities.

In this research, LA<sub>1</sub> and LA<sub>2</sub> use the same learning topics of the Lithuanian curriculum.

We use here learning activity quality criteria that were elaborated earlier while implementing the iTEC (2014) project by Kurilovas and Zilinskiene (2012). These learning activity quality criteria are presented in Fig. 1:

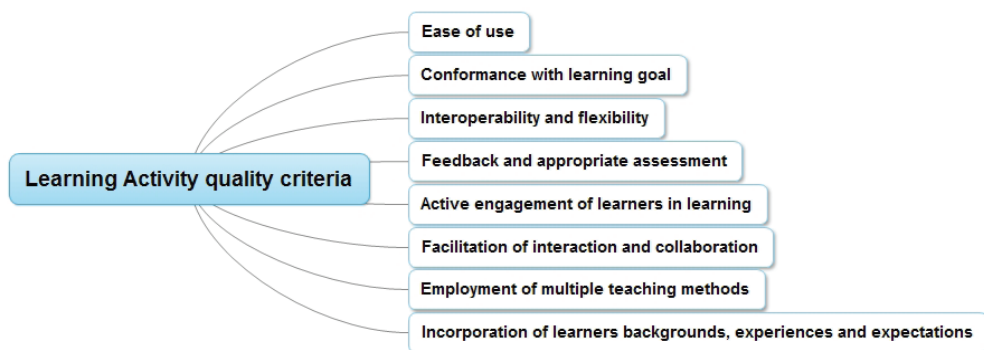


Fig. 1. Learning activity quality criteria (Kurilovas and Zilinskiene, 2012)

### 3.3 Online questionnaire

An online questionnaire was created by the authors and filled in from the 2<sup>nd</sup> to the 16<sup>th</sup> of April 2014 after implementing the first cycle of CCL pilots. In Lithuania, five secondary schools participate in CCL and filled in the questionnaire. The questionnaire consisted of 5 questions concerning different aspects of the proposed CCL learning scenario's impact on the learning motivation and results. The formulation of 4 questions was as follows: "What characteristics of mobile CCL scenarios were helpful in terms of better students' motivation and learning results?", and 4 CCL learning scenario's characteristics were proposed. The last question was the open one and was formulated "Other success factors".

### 3.4 Fuzzy AHP method for estimating the weights of learning activity quality criteria

The weight of the quality criterion reflects the experts' opinion on the criterion's importance level in comparison with the other criteria for the particular needs. It means that the experts could elaborate different weights for any of the 8 learning activity quality criteria presented in Fig. 1.

According to Saaty (1990), Analytic Hierarchy Process (AHP) is a useful method for solving complex decision making problems involving subjective judgment. In AHP, the multi-attribute weight measurement is calculated via a pair-wise comparison of the relative importance of two factors (Lin, 2010). The design of the questionnaire incorporates pair-wise comparisons of decision elements within the hierarchical framework. Each evaluator is asked to express the relative importance of two criteria on the same level by a nine-point rating scale. After that, one has to collect the scores of pair-wise comparison and form pair-wise comparison matrices for each of the evaluators.

According to Saaty (2008), the fundamental scale of absolute numbers is as follows: 1 – equally preferred; 2 – equally to moderately; 3 – moderately preferred; 4: moderately to strongly; 5 – strongly preferred; 6 – strongly to very strongly; 7 – very strongly preferred; 8 – very

strongly to extremely; and 9 – extremely preferred. Then, one has to construct a set of pair-wise comparison matrices (size  $n \times n$ ) for each of the lower levels with one matrix for each element on the level immediately above by using the relative scale measurement. The pair-wise comparisons are done in terms of which element dominates the other. There are  $n(n-1)/2$  judgments required to develop the set of matrices in this step. Reciprocals are automatically assigned in each pair-wise comparison. Then, hierarchical synthesis is used to weight the eigenvectors by the weights of the quality criteria, and the sum is taken over all the weighted eigenvector entries corresponding to those at the next lower level of hierarchy.

Uncertainty allows us to evaluate not only one point, but also the appropriate range of values. Therefore, the authors propose a method to conclude a group pair-wise comparison matrix by using expressionless Fuzzy numbers, analysed in (Kurilovas and Serikoviene, 2012). The pair-wise comparison matrix of expressionless parameters is set by a panel of experts from the individual agreement of experts on pair-wise comparison matrices.

Next, Chang's (1996) proposed advanced Fuzzy AHP method is applied.

### 3.5 Multiple criteria decision analysis and experts utility function

According to Oliver (2000), evaluation can be characterised as "the process by which people make judgements about value and worth". The quality evaluation is referred here as "the systematic examination of the extent to which an entity (part, product, service or organisation) is capable of meeting specified requirements" (ISO/IEC, 1999). The expert evaluation is referred here as a multiple criteria evaluation aimed at selection of the best alternative based on score-ranking results (Kurilovas *et al.*, 2011).

According to Kurilovas *et al.* (2011), one of the suitable vector optimisation methods to be used is the experts' additive utility function represented by equation (1) below including the quality criteria of alternatives, their ratings (values) and weights:

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

Here  $f(X_j)$  is the rating (value) of criterion  $i = 1, 2 \dots m$  for the each of the examined alternatives  $X_j$ , and  $a_i$  are the weights of the quality criteria. The weight  $a_i$  of the quality criterion reflects the expert's opinion on the criterion's importance level in comparison with the other criteria. The following 'normalisation' requirement exists for the weights of the quality criteria in equation (1):

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

According to Zavadskas and Turskis (2010), the normalisation aims at obtaining comparable scales of criteria values. The major the meaning of the utility function is in equation (1), the better the analysed alternative meets the quality requirements in comparison with the ideal (100%) quality (Kurilovas *et. al.*, 2011). The highest value of the function in equation (1) is the best, and the least one is the worst (Zavadskas and Turskis, 2010).

#### 4. Online questionnaire results

The aforementioned questionnaire for Lithuania CCL schools consisted of 5 questions concerning different aspects of the proposed CCL LS impact on the learning motivation and results. The formulation was as follows: "What characteristics of mobile CCL scenarios were helpful in terms of a better students' motivation and learning results?", and the following characteristics were proposed: (1) Identification of students' learning styles using the proposed online tool; (2) Suitable learning activities, methods, learning objects, tools and tablet apps were identified and proposed for students according to their learning styles; (3) A proper set and sequence of learning methods were used (e.g. problem solving, flipping, collaboration, content creation); and (4) The main mobile features of tablets were used (e.g. outdoor activities,

shooting etc.). The last question was the open one: "Other success factors".

The results were as follows:

(1) Positive (40%) and preferable (more positive than negative) (60%) impact. According to comments on the 1<sup>st</sup> question, "Students were interested to know their learning styles. Learning became more productive. Knowing students' learning styles, teachers could select suitable tools, apps and methods". In some classes, "it was hard for students to answer psychological questions, and, therefore, maybe their learning styles were identified not precisely". There were students with different learning styles identified, e.g., in one class, "there were two activists groups, two theorists groups, and one reflectors and one pragmatists group".

(2) Positive (40%) and preferable (60%) impact: "Students were motivated, and this improved their learning results. Students could control their learning by themselves".

(3) Positive (80%) and preferable (20%) impact: "Activists and theorists were happy to learn in groups. The majority of students were satisfied with flipped classroom and mind mapping".

(4) Positive (60%), preferable (20%) and more negative than positive (20%) impact: "One of the lessons took place in the Sea museum, and students used shooting and monitored computer simulations". In some schools, there were legal problems to bring tablets out of school due to insurance problems. In one class, the "Bring Your Own Device" principle had more a negative than positive impact due to interoperability problems.

(5) Other mobile learning activities' Success factors, of other mobile learning activities. Some schools consider that "Students' created content should be placed in cloud. Tablets should be new and qualitative to allow all mobile activities (shooting, using apps, etc.)". Some schools wrote about the "importance of school administration support and understanding".

In the second CCL cycle in Lithuania (October 2014 – January 2015), the most popular and successful tool used in personalised learning activities, was the Augmented Reality. The inquiry learning activity was enhanced by using iPads and Aurasma app. Aurasma is Autonomy's

augmented reality platform, and teachers are among the most active groups using this platform. Aurasma's image recognition technology uses a tablet's camera to recognise the real world images and then overlays rich media on top of them in the form of animations, videos, 3D models, and web pages. Students used Aurasma to create and share their own augmented reality experiences as well as to discover a hidden digital content around them. In CCL, our vision was to enable an augmented world, where each image, object and place has its own Aura.

## 5. Expert evaluation results

### 5.1 Weights of quality criteria

3 experts in the area (i.e., CCL expert teachers) have expressed their opinion on the importance (i.e., weights) of learning activity quality criteria according to the Fuzzy AHP method.

After application of the fundamental scale of absolute numbers in estimating the weights of learning activity quality criteria (see Fig. 1), the criteria importance table is as follows:

### 5.2 Ratings of quality criteria

According to Ounaies (2009), the wide-used measurement criteria of the decision attributes

quality are mainly qualitative and subjective. In this context, decisions are often expressed in the natural language, and evaluators are unable to assign exact numerical values to different criteria.

Assessment can be often performed by the linguistic variables such as 'bad', 'poor', 'fair', 'good' and 'excellent'. These linguistic variables allow reasoning with imprecise information, and they are commonly called fuzzy values. Integrating these different judgments to obtain the final evaluation is not evident. In order to solve this problem, Ounaies (2009) suggested using the fuzzy group decision making theory to obtain final assessment measures. According to their proposal, first, linguistic variable values should be mapped into fuzzy numbers, and, second, into non-fuzzy values.

In the present paper, the authors use trapezoidal fuzzy numbers for evaluating the quality of learning activity alternatives. In the case of using average trapezoidal fuzzy numbers, conversion of linguistic variables into non-fuzzy values of the evaluation criteria should be performed according to (Kurilovas *et. al.*, 2011).

After using the trapezoidal fuzzy numbers application method, the experts' additive utility function (1) should be applied to calculate the

1 table. Experts' opinion on the importance of learning activity quality criteria

Learning activity quality criteria	Expert 1	Expert 2	Expert 3
(1) Ease of use	4	7	5
(2) Conformance with the learning goal	3	3	4
(3) Interoperability and flexibility	8	8	8
(4) Feedback and appropriate assessment	7	6	7
(5) Active engagement of learners in learning	5	2	2
(6) Facilitation of interaction and collaboration	6	5	6
(7) Employment of multiple teaching methods	2	4	3
(8) Incorporation of learners' backgrounds, experiences and expectations	1	1	1

2 table. Ratings of learning activity quality criteria

Learning activity	Ratings of the 8 quality criteria of the learning activity (according to Table 1)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
LA <sub>1</sub>	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
LA <sub>2</sub>	1.0	1.0	0.5	0.5	0.2	0.2	0.5	0.2

weights and ratings (values) of the experts' additive utility function (1) for each alternative of the explored learning activities. Criteria ratings (values) obtained while evaluating LA<sub>1</sub> and LA<sub>2</sub> by the experts using trapezoidal fuzzy numbers, are presented in Table 2:

Thus, according to the experts' opinion, LA<sub>1</sub> has more possibilities for feedback, more actively engages students in learning, facilitates interaction and collaboration, employs multiple teaching methods, and incorporates learners' backgrounds, experiences and expectations in comparison with LA<sub>2</sub>. LA<sub>1</sub>, in its turn, is more easy to use in schools at the moment.

### 5.3 Quality evaluation results

The results of experimental evaluation of the analysed learning activity quality using weights (Table 1) and ratings / values (Table 2) are presented in equation (3) as follows:

$$a_i \cdot f(X_j) = (0.9940 \quad 0.4025) \quad (3)$$

The obtained evaluation results mean that LA<sub>1</sub> meets the quality by 99.40% in comparison with the ideal, and LA<sub>2</sub> – only 40.25%. Therefore, LA<sub>1</sub> is a much better alternative for students in comparison with LA<sub>2</sub>. The LA<sub>1</sub> advantages are better feedback, more active engagement of students in learning, facilitation of interaction and collaboration, employment of multiple teaching methods, and incorporation of learners' backgrounds, personal experiences and expectations.

## REFERENCES

CCL (Creative Classrooms Lab): EU LLP project website (2015). Available at <http://creative.eun.org/>

CHANG, D. Y. (1996). Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP. *European Journal of Operations Research* 95, p. 649–655.

CHEN, Y. B.; WU, C. L.; GUO X. J.; WU J. Y. (2012). Semantic Learning Service Personalized. *International Journal of Computational Intelligence Systems* 5 (1), p. 163–172.

GRAF S.; LIN, T.Y.; JEFFREY, L., KINSHUK (2006). An exploratory study of the relationship between learning styles and cognitive traits. *Lecture Notes in Computer Science* 4227, p. 470–475.

On the experts' opinion, LA<sub>1</sub> based mobile learning using tablets, could have a noticeable additive value for Activists and Pragmatists, and they could be also useful for Reflectors, but they have only a minor additive value for Theorists.

## Conclusion

The research results have shown that modern mobile learning activities applying tablets, based on problem solving, personalisation, collaboration, inquiry learning, and a flipped class are more flexible than the traditional ones, they have more possibilities for feedback, more actively engage students in learning, facilitate interaction and collaboration, employ multiple teaching methods, and incorporate learners' backgrounds, experiences and expectations. Students were motivated while applying the personalised learning approach, suitable tools, learning objects, apps, and a proper set of learning methods.

The research results show that the proposed quality evaluation approach, refined by the original Fuzzy AHP method to establish quality criteria weights, is applicable in the real life situations when educational institutions have to decide on use of particular learning activities for their education needs.

On the other hand, the proposed personalised quality evaluation approach is applicable to the aims of the CCL project in order to select learning activities suitable for different learners.

IMS LD (Learning Design) Information Model. Version 1.0 Final Specification (2003). Available at <http://www.imsglobal.org/learningdesign/>.

ISO/IEC (1999). *International Standard ISO/IEC 14598-1:1999*. Information Technology – Software Product Evaluation – Part 1: General Overview. 1st ed.

iTEC (Innovative Technologies for an Engaging Classroom): EU 7FP project website (2014). Available at <http://itec.eun.org/web/guest/>

KOPER, E. J. R.; TATTERSALL, C. (2005). *Learning Design: A handbook on Modelling and delivering Networked Education and Training*. Heidelberg: Springer.



KURILOVAS, E.; SERIKOVIENE, S. (2012). New TFN Based Method for Evaluating Quality and Reusability of Learning Objects. *International Journal of Engineering Education* 28 (6), p. 1288–1293.

KURILOVAS, E.; VINOGRADOVA, I.; SERIKOVIENE, S. (2011). Application of Multiple Criteria Decision Analysis and Optimisation Methods in Evaluation of Quality of Learning Objects. *International Journal of Online Pedagogy and Course Design* 1 (4), p. 62–76.

KURILOVAS, E.; ZILINSKIENE, I. (2012). Evaluation of Quality of Personalised Learning Scenarios: An Improved MCEQLS AHP Method. *International Journal of Engineering Education* 28 (6), p. 1309–1315.

KURILOVAS, E. (2014). Research on Tablets Applications for Mobile Learning Activities. *Journal of Mobile Multimedia* 10 (3&4), p. 182–193.

LAZARINIS, F.; GREEN, S.; PEARSON, E. (2011). Multi-criteria adaptation in a personalized multimedia testing tool based on semantic technologies. *Interactive Learning Environments* 19 (3), p. 267–283.

LIN, H. F. (2010). An application of fuzzy AHP for evaluating course website quality. *Computers & Education* 54, p. 877–888.

MOORE, E.; UTSCHIG, T. T.; HAAS, K. A.; KLEIN, B.; YODER, P. D.; ZHANG Y.; HAYES, M. H. (2008). Tablet PC Technology for the Enhancement of Synchronous Distributed Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies* 1 (2), p. 105–116.

OLIVER, M. (2000). An introduction to the Evaluation of Learning Technology. *Educational Technology & Society* 3(4), p. 20–30.

OUNAIES, H.Z.; JAMOUSI, Y.; BEN GHEZALA, H.H. (2009). Evaluation framework based on fuzzy measured method in adaptive learning system. *Themes in Science and Technology Education* 1(1), p. 49–58.

ROSCBELLE, J.; TATAR, D.; CBAUDHURY, S. R.; DIMITRIADIS, Y.; PATTON, C.; DIGIANO, C. (2007). Ink improvisation, and interactive engagement: Learning with tablets. *Computer* 40 (9), p. 42–52.

SAATY, T.L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research* 48(1), p. 9–26.

SAATY, 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), p. 251–318.

WANG H. C.; HUANG, T. H. (2013). Personalized e-learning environment for bioinformatics. *Interactive Learning Environments* 21(1), p. 18–38.

ZAVADSKAS, E. K.; TURSKIS, Z. (2010). A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making. *Technological and Economic Development of Economy* 16(2), p. 159–172.

## MOBILUSIS MOKYMASIS NAUDOJANT PLANŠETINIUS KOMPIUTERIUS: LIETUVOS ATVEJO TYRIMAS

Eugenijus Kurilovas, Irina Vinogradova

### Santrauka

Šio darbo tikslas yra pristatyti mokymo ir mokymosi naudojant planšetinius kompiuterius atvejo tyrimą Lietuvoje. Tyrimas buvo atliktas įgyvendinant Kūrybiškų klasių laboratorijos (angl. CCL) projektą – svarbiausią Europos projektą šioje srityje. Šiame straipsnyje yra analizuojamos individualizuotos mobiliosios mokymosi veiklos naudojant planšetinius kompiuterius. Vykdydami CCL projektą autoriai sukūrė ir pritaikė ontologijas tam, kad šios mobiliosios mokymosi veiklos būtų susietos su mokinių mokymosi stiliais, tinkamomis mobiliosiomis programėlėmis (angl. *applications*), kitais internetiniais įrankiais ir mokomųjų objektų tipais. Straipsnyje taip pat analizuojamos mokytojų ir mokinių nuomonės apie individualizuotas mobiliąsias veiklas naudojant problemų sprendimo, bendradarbiavimo, tyrinėjimais grįsto mo-

kymosi bei apverstos klasės metodus. Individualizuotų mobiliųjų mokymosi veiklų kokybė ir yra lyginama su tradicinių mokymosi veiklų, grįstų vadovėliais ir žinių kontaktiniu perdavimu, kokybe. Straipsnyje yra taikomas novatoriškas mobiliųjų mokymosi veiklų ekspertinis vertinimas, grįstas neraiškiųjų skaičių analitinio hierarchinio proceso (angl. *Fuzzy AHP*) metodu mobiliųjų mokymosi veiklų kokybės kriterijų svoriams nustatyti. Tyrimo rezultatai rodo, kad individualizuotos mobiliosios mokymosi veiklos gali padėti mokytojams sustiprinti mokinių kūrybiškumą ir motyvaciją ir pagerinti jų mokymosi rezultatus.

**Pagrindiniai žodžiai:** planšetiniai kompiuteriai, individualizuotos mobiliosios mokymosi veiklos, ontologijos, mokymosi stiliai, kokybė, ekspertinis vertinimas, motyvacija, mokymosi rezultatai.

Įteikta 2015 m. gegužės 21 d.



## PROGRAMAVIMO MOKYMAS

### Introducing Computational Thinking through a Contest on Informatics: Problem-solving and Gender Issues

#### Valentina Dagienė

Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics, Doctor (HP)  
Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto daktarė (HP)  
Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: valentina.dagiene@mii.vu.lt

#### Eimantas Pėlikis

Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics, technician  
Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto laborantas  
Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: eimantas.pelikis@gmail.com

#### Gabrielė Stupurienė

Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics, Doctoral student  
Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto doktorantė  
Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius  
El. paštas: gabriele.stupuriene@mii.vu.lt

*The paper discusses the issue of pupils' cognitive abilities on computational thinking and problem-solving in the annually organized contest Bebras on informatics (computer science) and computer fluency. Running the contest for more than ten years in various countries, we have noticed that the pupils (and their teachers) consider the contest activity very engaging and exciting as well as the learning experience in computational thinking and problem solving. The Bebras contest is a medium to involve pupils of all grades (the Bebras contest is developed to be run in five age groups from the primary to upper secondary school) in task solving activities. The crucial point of the contest is questions (tasks): they focus mainly on the informatics concepts, they are short, attractive, answerable in a few minutes; half of them have the multiple-choice answers and the other half have interactive components (solving by dragging, clicking, sorting, etc.). The performance of the Bebras contest in more than 40 countries during the last years has shown a high acceptance by school students at any level. It also involves a fairly high number of female participants. In the paper, we are going to discuss about how girls and boys have solved the tasks within different age groups, whether there are any differences or similarities, and what particular tasks are (if there are such) for girls and boys.*

**Keywords:** Computational Thinking, Informatics Education, Computer Science Education, Contest, Tasks, Problem Solving, Gender issues.

#### Introduction

Informatics as a subject name is most by used in European countries, meaning the same or almost the same scope as computer science

in the USA or nowadays computing in the UK. Informatics usually means the science behind information technology. Gamification can be considered as a motivational drive to engage pupils in learning informatics (computer science,

computing) as well as an attractive tool to introduce scientific concepts in a playful way. The contest could serve as an educational tool to promote meaningful learning (Armoni, 2011; Carmichael, 2008). Bebras (Beaver in English) is an annual contest held in parallel in schools of many European countries and all over the world (e.g. Australia, Canada, Israel, Japan, Malaysia, Taiwan) with the focus on informatics (computer science) and computational thinking. The Bebras contest was established in 2004 at Lithuanias suggestion (Dagiene, 2006). It involves massively growing numbers of schoolchildren and countries. Since 2004, the Bebras contest has quickly spread across Europe and now is a really international motion.

The main goals of the Bebras contest are to promote pupils interest in informatics from the very beginning of school and lead them to develop computational thinking abilities. Actually, the idea was to involve pupils into informatics task solving activities and to use computational thinking and modern technologies more intensively and creatively (Dagiene, Futschek, 2013).

The contest focuses on five age groups (some countries have three or four groups) with different task collections for each group. The youngest participants are primary school pupils (8–9 years old) and the oldest participants are senior high school pupils (17–19 years old). It is an informatics problem-solving contest with tasks that require problem-solving and algorithmic thinking which is part of the computational thinking development. The tasks are short, answerable in a few minutes through a computerized interface, and requiring deep-thinking skills in the informatics field. However, the tasks should be answered without prior knowledge in informatics, and they are clearly related to fundamental informatics concepts. To solve those tasks, pupils are required to think in and about information, discrete structures, computation, data processing, data visualization, and they should use algorithmic as well as programming concepts. Each Bebras task can both demonstrate the aspect of informatics and test the participants ability of understanding informatics fundamentals (Dagiene, Futschek, 2008).

The real challenge for researchers and educators is to design suitable, attractive, and promotional tasks that cover various areas of informatics, that suit for the age group, that can be answered in a short time, and that do justify the image of computer science. There is an international community of researchers involved in developing the Bebras tasks: more than one hundred educators from over 40 countries.

In Lithuania, similar by as in other participating countries, we strive to implement the contest as a nationwide and efficient event for promoting informatics as an interesting and modern science to pupils and teachers. A lot of data for problem solving have been collected during the contest every year. The data analysis helps to improve the task quality and evaluation issues.

The Bebras contest is designed to promote informatics fundamentals for both boys and girls and equally attract their attention. On average, more than 40% of participants in the Bebras contest in informatics are girls. We would like to focus on solving tasks during the contest and try to figure out whether there are differences in the performance between girls and boys. The collected data show that a large number of girls took part in the contest last year, some countries have almost equal gender numbers (Table 1).

Each Bebras task can be identified according to informatics categories. So far, 6 concepts are distinguished: (1) information comprehension, (2) algorithmic thinking, (3) using computer systems, (4) structures, patterns, and arrangements, (5) logical and informational puzzles, (6) ICT and society. All the tasks have been designed during the intensive international collaboration and discussed by the experts of computer science from more than 30 countries in the annual Bebras workshop. Each task usually focuses on computational thinking and has inside-hidden elements that require problem-solving skills. Solution of informatics tasks serves as a way to increase girls' interest and abilities in engineering fields before the stereotype threat makes that more difficult in later years. The purpose of this paper is to analyze the results of the Bebras contest in order to determine whether boys and girls were equally successful in informatics task solving.

Table 1. Numbers of participants in the autumn contest 2014

Country	Students	Boys (%)	Girls (%)	Country	Students	Boys (%)	Girls (%)
Austria <sup>1</sup>	13 910	41.73	37.03	R. of South Africa	7 019	-	-
Australia <sup>2</sup>	10 434	49.76	37.77	Russia	23 350	-	-
Azerbaijan	4 184	53.32	42.2	Serbia	20 817	58.63	41.37
Belgium	1 464	66.32	33.68	Slovakia	60 654	55.8	44.2
Bulgaria	598	67.56	32.44	Slovenia	16 803	58	42
Canada	4 558	66.37	33.63	Spain	623	-	-
Czech R.	44 083	55.55	44.45	Sweden	7 059	56	44
Estonia	3 026	-	-	Switzerland	10 418	-	-
Finland	5 579	58.24	41.76	Taiwan	8 482	48,83	51,17
France	228 365	51.2	48.8	The Netherlands	18 278	59,5	40,5
Germany	217 506	56.7	43.3	New Zealand	783	-	-
Hungary	9 106	52.7	47.3	Poland	13 278	73,87	26.13
Italy	2 736	-	-	Turkey	1 788	52.96	47.04
Japan	4 572	58.03	41.97	Ukraine	82 548	51.9	48.1
Lithuania	24 985	57.74	42.26	United Kingdom	39 246	-	-
Malaysia	600	45.67	54.33	United States of America	15 311	61	39

<sup>1</sup> 21.24% of participants were of unknown gender.

<sup>2</sup> 12.47% of participants were of unknown gender.

The paper raises the following questions: (1) How girls and boys have performed tasks with respect to each age group? (2) Are there any significant differences in solving tasks between boys and girls and among age groups? (3) Are there any tasks that boys performed much better than girls and vice versa? (4) What about guessing answers: is there a gender difference?

## Related works

Problem solving and computational thinking are important abilities that pupils should acquire in their daily activities by using different means and techniques. J. Wing has made a wide-used definition (2006): Computational thinking involves solving problems, designing systems, and understanding human behavior, by drawing on the concepts fundamental to computer

science. Later (in 2011) she returned to the topic and clarified computational thinking as the thought processes involved in formulating problems and their solutions. Computational thinking skills are supported and enhanced by a number of dispositions or attitudes that are essential dimensions of informatics and digital literacy (Manilla et al, 2014). In order to stimulate the thought process of each pupil, various means are needed. The solving of challenging tasks during a contest can be treated as one of the effective tools. There is very little research specifically exploring gender differences in young children's problem solving and programming abilities exists, most likely because computational thinking is a very little investigated domain as yet.

In most countries of the world, men outnumber women in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) fields (Lee, 2002;

Markert, 1996; Shapiro, 2011). Several reasons have been discussed in recent surveys, for example that informatics demands mathematical skills in which women are less qualified (Su, 2009). Stereotypes and perceptions play an important part in creating psychological discrimination: for example some disciplines, such as social sciences, appeal more to girls, and some others, such as informatics and engineering more to boys (Good, 2010). More other factors can be listed such as gender stereotyping of subject choices at school, a lack of role models for women, a lack of confidence and experience with computers, etc. (Forson, 2003).

One way to avoid long-lasting negative stereotypes is to introduce STEM concepts at a very early age. The research suggests that children who are exposed to the STEM curriculum and programming at an early age demonstrate fewer gender-based stereotypes regarding STEM careers (Metz, 2007; Shapiro, 2011; Steele, 1997).

Some gender differences were found in all spatial abilities and spatial working memory tests (that included both a spatial and verbal processing component). No significant differences were found in a spatial short-term memory or verbal working memory. In addition, the spatial working memory completely mediated in the relationship between gender and spatial abilities, however, there was a direct effect of gender on the unique variance in a three-dimensional rotation ability, and this effect was not mediated by the spatial working memory (Kaufman, 2007).

Task characteristics influence spatial gender differences. For instance, male advantages in mental rotation are larger where the task involves 3D objects versus 2D objects and has strict time limits versus no time limits (Miller, Halpern, 2013). However, other task differences are less understood, such as why mentally rotating objects show gender differences, but mentally folding paper does not reliably (Harris et al., 2013; Voyer et al., 2007). Mental rotation and mental folding, two widely used measures of spatial abilities, both require a dynamic spatial transformation of objects with respect to their internal spatial structure. Mental rotation

and mental folding are also both related to entry the success in the STEM disciplines. Spatial skills help explain individual differences in the ability to learn from a diagram (Höffler, 2010). Problem solving is also supported through spatial thinking, though these studies have predominantly only a measured mental rotation and not mental folding. Spatial thinking appears to help new learners isolate the important components of the problem (Bodner, McMillen, 1986).

Pictures, illustrations, visualization, and various multimedia in education materials are considered effective for enhancing the learner's ability to understand the instruction and thus help him to learn. Apart from learning, pictures also help us to organize thoughts, think, solve problems, integrate new knowledge, recall and remember. Contest tasks are not primarily used as a learning tool or as an instruction that should lead to learning (although they may serve as such). A contest task is a direct, unambiguous assignment that children solve in a short period of time and it is more similar to a testing item rather than to a learning object. By using pictures it is often possible to significantly shorten the verbal part of the task it is considered beneficial (Tomcsányiová, Kabátová, 2013).

Tasks with thoroughly elaborated topics and wordings guarantee the increase of interest and achievements of girls. Kalaš and Tomcsányiová (2009) have noticed that at the age of 10-14 there are no significant differences between boys and girls in their interest in modern informatics education, neither is there any significant difference in their achievements in the field including programming. So it is extremely important and possible to seek a proper motivation and tasks to be attractive for girls (Ilomaki, 2008).

## Research methodology

The collected data enable us to get more than descriptive statistics (e.g. mean of the total score, the number of correct answers, and mean of the spent time). While descriptive statistics can show the difference between the gender or age group, we cannot make any generalizations

about the real situation in the population (almost all pupils in Lithuania). Are these differences statistically significant? For example, the mean of the total score is 41.3 for boys and 39.8 for girls. 1.5 score difference is right for contestants, but would it be the same, if all pupils participate in the contest? The Student's t-test can be applied to check whether two sets of data are significantly different from each other. In our case, the test gives the positive answer, – the 1.5 differences of the total score

mean values between boys and girls are statistically significant (p-value is less than 0.001). It means that boys show better results than girls. On the other hand, the 1.5 point difference in a 100-point scale is not so large. Moreover, the general analysis, such as the mean of the total score does not display the real differences between genders and we need to make a deeper data analysis.

Our analysis was made in the investigation of each task individually by applying the methods of statistical analysis. A procedure (scheme) how to search for differences between gender performances has been developed (Fig. 1).

First and foremost, all the tasks are grouped according to four age groups. Afterwards, the necessary data are taken from a database of the contest management system. Each record consists of the identification number of contestants, age, gender, and solutions of the corresponding task (the answer and time of solution). Then, the task-by-task analysis of student's performance is proceeded.

The SPSS software package was used for statistical analysis and data visualization. It has been noticed that time, presented in the cumulative percentage diagram, shows a pupil's tenden-

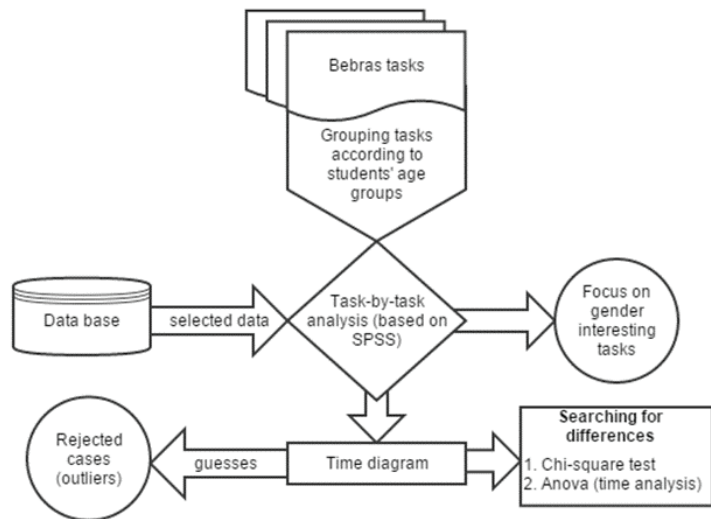


Fig. 1. The procedure for data processing of the contest

cy to guess the right answer. Basing on the time diagram and reading results (Sernas, 2006) we decided that the reasonable student's time limit to read and understand a task is 10 s. The results of pupils who have less than 10 s while solving a task was treated as guesses and they are considered neither right nor wrong these cases are rejected. The rest cases are treated as correct (contestant chose the right answer), incorrect (wrong answer was submitted), or unsolved (there was no answer). Next, the percentage of correct, incorrect, and unsolved cases were compared in order to identify the homogeneity of all answers and the chi-square test was used to determine significant differences between genders.

The descriptive statistics can show how much time each student has spent on average until he has solved the task, but a more interesting approach is to compare boys' and girls' performance. To this end, the ANOVA test of variance can be applied. The reason for doing the ANOVA test is to find out whether there is any difference among the groups with regard to time. In our research, a two-way ANOVA test was used to assess the main effect of the age group and gender as well as to show whether there is any interaction between them.

## Analysing data: gender issues

In this section, we are going to describe the results of students performance, according to gender and age. The key point is to find differences and similarities between girls and boys in computational thinking and problem solving.

### *Performance of tasks by girls and boys according to their age groups*

Two tasks have been solved by all the four age groups. It seems natural that pupils' performance increases with the age. The solution results of one of the common tasks for all groups can serve as a clear evidence of that (Fig. 2).

The smallest difference in the performance of tasks between girls and boys is in the lower grades: the percentage are almost the same at the Benjamin level, while they are very different at the Senior level: only 1/3 of girls succeeded while 2/3 of boys did. It is not clear why girls and boys of lower grades have almost equal computational thinking skills developed, however this competency has declined with the growth of girls (or probably boys computational thinking skills are increasing faster). A similar tendency can be seen with regard to the STEM subjects as well.

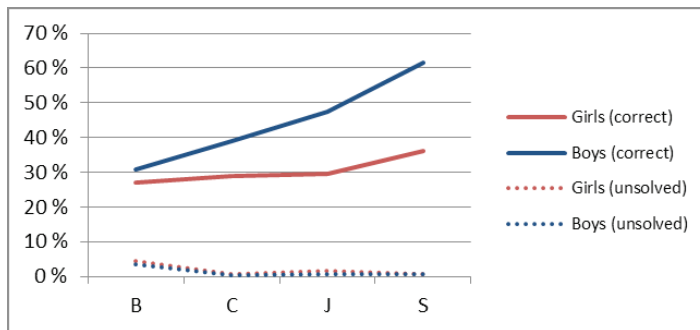


Fig. 2. Students' performance of the task "Spinning toy"

Table 2. The number of tasks according to their significance in each age group

Age group	Number of tasks which show statistically significant differences	Number of tasks which do not show statistically significant differences
Benjamins	2	6
Cadets	7	2
Juniors	8	4
Seniors	11	4

### *Are there any particular tasks that boys have performed much better than girls and vice versa?*

Our data collected from the performance of 84 tasks according to all the age groups have revealed that:

- In 4 tasks girls showed significantly better results than boys (difference is more than 5%)
- In 2 tasks boys showed a significantly better performance (difference is more than 10%)
- In 12 tasks boys were slightly better than girls (difference between 5 and 10%)
- 15 tasks were solved with no gender difference (0–5%)

In fact, the analysis of 21 task of each age group has shown an intimidating tendency that differences between boys and girls are growing with age (Table 2).

Analyzing task-by-task, the largest difference is seen in the performance of „Spinning Toy“ (Fig. 3). The problem is connected with the spatial thinking ability, – a student has to imagine turning the wheel left and right and to trace the ball movement. This task, however, is quite easy, if we recognize that we are actually

searching for a path in a tree.

The differences of correct answers between boys and girls are: for Seniors 25.5%, for Juniors – 18.1%, for Cadets 13.6% (the boys did better), and statistically significant (p-value less than 0.001). In the case of Benjamins, the difference is much smaller – 4.0%, and statistically significant (p=0.002).



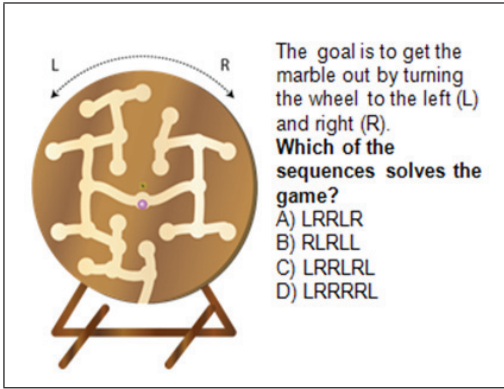


Fig. 3. The "Spinning Toy" task for all the four age groups

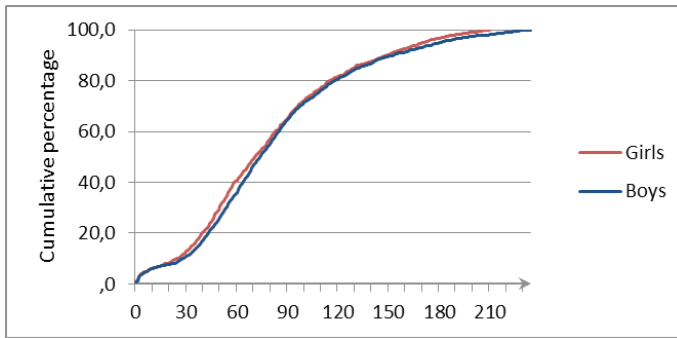


Fig. 4. Time diagram of the task "Spinning toy" (Seniors age group)

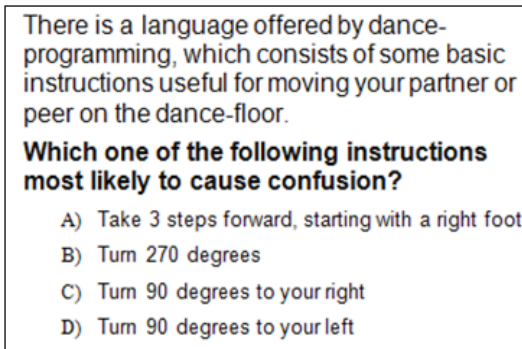


Fig. 5. The task "The importance of an instruction"

The ANOVA test shows that there is no variation in time between genders.

It is interesting that boys and girls solved the "Spinning Toy" task during a very similar time (Fig. 4).

For girls, the largest difference is in performing the task "The importance of an instruction" (Fig. 5) on the Cadets level: 9.8% more of the girls performed better than boys. The task focuses on human machine interaction and understanding of instructions. The language underpinning dance programming is useful to understand the importance of being accurate and distinct in communicating instructions. The computer does not do anything else than it is instructed to do. Therefore

dance programming pinpoints the importance of what you are actually doing. Analyses on more tasks have showed that girls are slightly better in the following instructions or taking clearly defined steps.

The task Domino circles (Fig. 6) deals with a difficult problem "Eulerian Path", however it is clearly defined what it is necessary to be done in order to solve it. The performance of girls was much better (8.7%) than that of boys (on Junior level).

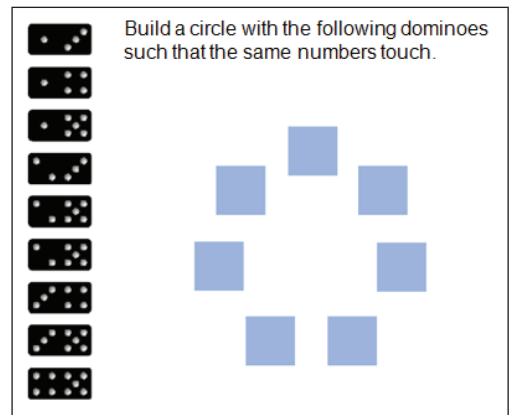


Fig. 6. The task "The importance of an instruction"

In 2014, some researchers from Lithuania, Finland, and Sweden established that in the case of Benjamins, there was no great difference in the performance of boys and girls, but girls performed better than boys in several tasks, related with the instruction and rules, e.g. „The importance of an instruction“ (Lithuania and Finland). In all the three countries, boys solved better 3 tasks, one of which is „Spinning Toy“ (Dagiene et al., 2014).

**What about guessing answers: are there any gender differences?**

According to the Bebras contest evaluation rules students get penalty points for guessing answers (scores are given for the right solution and extracted for a wrong solution). So it is risky to choose the answer, when you are not sure of the right solution.

According to pupils’ reading ability, we have made a presumption that 10 s is the limit that students should spend for task reading. Also, the time diagram has showed an increased rate of an-

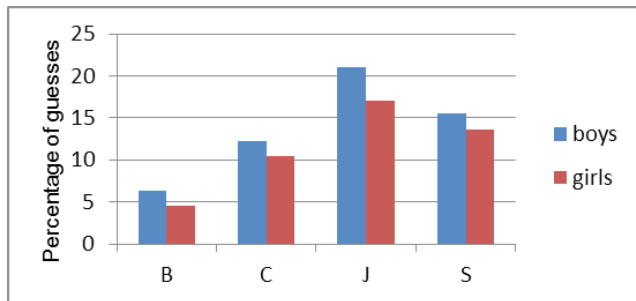


Fig.7. The tendency of guess according to the age group and gender

**REFERENCES**

ARMONI, M. (2011). CS Contests for Students: Why and How? *Inroads*, 2(2), p. 22–23.

BODNER, G. M.; MCMILLEN, T. L. B. (1986). Cognitive restructuring as an early stage in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), p. 727–737.

CARMICHAEL, G. (2008). Girls, Computer Science, and Games. *SIGCSE Bull.*, 40(4), p. 107–110.

Bebras. International Contest on Informatics and Computer Literacy <http://bebras.org/?q=about>, accessed May 1st, 2015.

swers submitted in the first 10 seconds. We judge by guesses of all those students who have spent less than 10 s per task. Boys tend to guess more than girls in all the four age groups (Fig. 7). The largest difference of 3.9% is between Juniors: on the average 17.1% of girls and 21.0% of boys submitted the answer in the first 10 s.

**Conclusion**

The results of the research indicate that both girls and boys can have a successful and rewarding experience exposed while solving the Bebras tasks.

In summary, we can state that: (1) boys and girls show different results in tasks, which require spatial thinking. It takes the same amount of time to solve a task, but boys do it better. (2) Pupils’ performance of tasks increases with the age, but boys of lower grades have almost equal results as girls of upper grades. (3) A guess is frequent in multiple-choice questions: about 10% of contestants try to guess the right answer and boys do it more frequently.

Reducing the stereotype threat is a difficult but important challenge faced by teachers and parents.

However, a lasting research is necessary in order to determine whether these girls, who had a successful introduction to informatics, exhibit less gender inhibiting stereotypes in informatics later in life.

DAGIENE, V. (2006). Information technology contests – introduction to computer science in an attractive way. *Informatics in Education*, 5(1), p. 37–46.

DAGIENE, V.; FUTSCHEK, G. (2008). Bebras international contest on informatics and computer literacy: Criteria for good tasks. *LNCS*, vol. 5090, p. 19–30.

DAGIENE, V.; FUTSCHEK, G. (2013). Bebras, a contest to motivate students to study computer science and develop computational thinking. In *Proceedings of WCCE 2013: Learning while we are connected*, p. 139–141.

- DAGIENĖ, V.; MANNILA, L.; PORANEN, T.; ROLANDSSON, L.; STUPURIENĖ, G. (2014). Reasoning on children's cognitive skills in an informatics contest: findings and discoveries from Finland, Lithuania, and Sweden. *LNCS*, vol. 8730, p. 66–77. ISSN 0302-974. Cham: Springer International Publishing, ISBN 9783319099576.
- FORSON, C.; OZBILGIN, M. (2003). Dot-com women entrepreneurs in the UK. *Entrepreneurship and Innovation*, p. 13–24.
- GOOD, J. J.; WOODZICKA, J. A.; WINGFIELD, L. C. (2010). The Effects of Gender Stereotypic and Counter-Stereotypic Textbook Images on Science Performance. *Journal of Social Psychology*, 150 (2), p. 132–147.
- HARRIS, J.; HIRSH-PASEK, K.; NEWCOMBE, N. (2013). Understanding spatial transformations: similarities and differences between mental rotation and mental folding. *Cognitive Processing*, 14 (2), p. 105–115.
- HÖFFLER, T. N. (2010). Spatial ability: its influence on learning with visualizations – a meta-analytic review. *Educational Psychology Review*, 22(3), p. 245–269.
- KALAS, I.; TOMCSANYIOVA, M. (2009). Students' Attitude to Programming in Modern Informatics. *Informática na Educa-ção: teoria & prática*, Porto Alegre, 12(1), p. 127–135.
- KAUFMAN, S., B. (2007) Sex differences in mental rotation and spatial visualization ability. *Intelligence*, vol. 35 (3), p. 211–223.
- LEE, J. D. (2002). More than Ability: Gender and Personal Relationships Influence Science and Technology Involvement. *Sociology of Education*, 75(4), p. 349–373. <http://dx.doi.org/10.2307/3090283>
- ILOMAKI, L. (2008). *The effects of ICT on school: teachers' and students' perspectives*: Ph.D. thesis, University of Turku.
- MARKERT, L. R. (1996). Gender related to success in science and technology. *The Journal of Technology Studies*, 22(2), p. 21–29.
- METZ, S. S. (2007). Attracting the engineering of 2020 today. In R. Burke & M. Mattis (Eds.). *Women and minorities in science, technology, engineering and mathematics: Upping the numbers*. Northampton, MA: Edward Elgar Publishing, p. 184–209.
- MILLER, D.; HALPERN, D. (2013). The new science of cognitive sex differences. *Trends in the Cognitive Sciences*, 18(1), p. 37–45.
- MANNILA, L.; DAGIENE, V.; DEMO, B.; GRGURINA, N.; MIROLO, C.; ROLANDSSON, L.; SETTLE, A. (2014). Computational thinking in k-9 education. In: Goldweber, M. (ed.): *ITICSE '14 Proceedings of the 2014 conference on Innovation & technology in computer science education*. p. 1–29.
- SHAPIRO, J.; WILLIAMS, A. (2011). The role of stereotype threats in undermining girls' and women's performance and interest in STEM fields. *Sex Roles*. New York: Springer, 66 (3–4), p. 175–183.
- STEELE, C. M. (1997). A threat in the air: How stereotypes shape intellectual identity and performance. *American Psychologist*, 52, p. 613–629.
- SU, R.; ROUNDS, J.; ARMSTRONG, P. (2009). Men and Things, Women and People: A Meta-Analysis of Sex Differences in Interests. *Psychological Bulletin* 135(6): 859–884.
- ŠERNAS, V. (2006). The competency of rational silent reading, its synthesized development (in Lithuanian). *Santalka: filologija, edukologija*, 14 (2), p. 54–65.
- TOMCSÁNYIOVA, M., KABATOVÁ, M. (2013) Categorization of pictures in tasks of the bebras Contest. In *Informatics in Schools: Sustainable Informatics Education for Pupils of all Age*, Berlin: Springer, p. 184–195.
- VOYER, D.; POSTMA, A.; BRAKE, B.; IMPERATO-MCGINLEY, J. (2007) Gender differences in object location memory: a meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(1), p. 23–38.
- WING, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), p. 33–36.
- WING, J. (2011). *Research notebook: Computational thinking – What and why? The Link*. Carnegie Mellon University, Pittsburgh. Retrieved from <https://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why>.

## INFORMATINIO MĄSTYMO ĮTRAUKIMAS Į INFORMATIKOS KONKURSA: PROBLEMIS SPRENDIMAS IR LYČIŲ SKIRTUMAI

Valentina Dagienė, Eimantas Pėlikis, Gabrielė Stupurienė

Santrauka

Straipsnyje apžvelgiami kognityviniai merginų ir vaikinių skirtumai sprendžiant informatikos užduotis informatiniam mąstymui ugdyti. Trumpai pristatomas tarptautinis informatikos konkursas „Bebras“, kreipiamas dėmesys, kaip šis konkursas padeda ugdyti mokinių informatinio mąstymo gebėjimus. Nagrinėjama, *Įteikta 2015 m. gegužės 20 d.*

kaip įvairaus tipo uždavinius sprendžia vaikinai ir kaip merginos, kur ir kokie skirtumai pasireiškia. Išnagrinėtas didžiulis duomenų masyvas (24 875 dalyviai), analizė atlikta taikant įvairius statistinius metodus.

**Pagrindiniai žodžiai:** informatinis mąstymas, informatikos ugdymas, konkursas, užduotys, probleminių uždavinių sprendimas, lyčių problema.

# INTERNETINĖS TECHNOLOGIJOS

## Parallel Data Processing Services Based on Cloud Computing Technology

**Tomas Pranckevičius**

Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics, Doctoral student  
 Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto doktorantas  
 Akademijos str. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva  
 El. paštas: Tomas.Pranckevicius@mii.vu.lt

*In this article, the Cloud Computing technology and the modern parallel computing are analyzed. The architecture, performance and infrastructure of conceptual models of Cloud Computing technology are presented. An analytical review of literature is made with the focus on a new generation parallel computing tools – Hadoop, Spark and H2O. Some comparison criteria are selected. According to the criteria, a comparative analysis of the modern parallel and data intensive computing paradigms is made, based on the cloud computing technology. The analysis established their advantages and disadvantages.*

**Keywords:** Cloud computing technology, Spark, Hadoop MapReduce, H2O, data classification.

### Introduction

The analysis of large data and data mining deals with understanding and using new ways and tools how to process, operate, and reuse large multidimensional statistical or technical data sets, generated by many different sources, such as science, sales, insurance, research, transport, finance, social media and anything found on the internet. One of today's computing advancements and issues is based on data processing challenged mostly due to large multidimensional data, algorithms for data classification to provide data analytics. The purpose of this research is to investigate the issues and advantages of the Cloud computing technology impact on parallel data processing; i.e. this paper reviews theory, technology, and current state issues of Cloud Computing technology, using Hadoop and Spark programming frameworks.

### Cloud Computing technology

The computer industry in terms of information technology witnessed several major fractures. Firstly, the computing technology began slowly migrate from universities and public institutions to the first personal computers. Mostly all mainframe computers have been decentralized to client-server systems, and accelerated appearance of the first personal computer at homes, and with a rapid spread of technological progress. Then there was the so-called second technological transformation, when computers were connected to the global network, which today is called the Internet. The third and crucial turning point is when users started to share the available IT infrastructure and services in the form of purchasing or renting it from the Cloud computing service providers. In technological terms, it is a transition from a client – server to

centralized systems with distributed parallelism, like a cyclical return to the past, but this is done in order to optimize time or cost and focus on the core of enterprise assets. For example, every day millions of users open their e-mail or edit documents online and store files, use social networks or media sites, create data backups, use e-health care systems, e-government, and other services. Business related customers could use virtual machines and physical provision, data analysis and analytic services and everything happens independently of the location (Electronic Privacy Information Center, 2015).

Mostly all of these services are based on Cloud computing technologies, because the information is out on the Internet or somewhere in the data center. A user based approach to Cloud computing is simple, – just the hardware and software set through the internet as a service. Users may enter the web address, access the remote systems and use any services or applications provided by local or remote data centers. To do that, mostly there is a need to have access to the network and all remote assets including data, software and hardware capabilities are available.

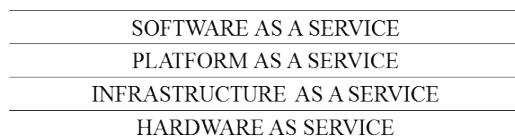
Officially the term “Cloud Computing” was introduced by *John McCarthy* the first time in 1966. John McCarthy’s vision was providing computing facilities to the end users as a service (Cloud computing: state-of-the-art and research challenges, 2010) (Parkhill, 1966). Later the term “Cloud” was discussed again by the *Google* founder and developer Eric Schmidt in 2006. His vision was based on a new sales model as most of the services can be delivered to all the users over the internet and worldwide independent of the location (Cloud computing: state-of-the-art and research challenges, 2010). Cloud computing technologies are becoming more reasonable to use in today’s information technology world and there are many advantages such as cost reduction impact: virtualization, lesser quantity of hardware, less energy consumption, no up-front investment and pay-as-you-go model, lower operating costs, rapid allocation and de-allocation, scalability when service demands are changing, accessibility through different

devices and reducing business risk while outsourcing from infrastructure providers. On the hand, disadvantages are related to trust and data protection, centralization of infrastructure, high costs of network broadband between different locations, and investment costs for infrastructure. Independent the mentioned and not mentioned disadvantages, the popularity of Cloud computing technologies is increasing and large numbers of users are starting to use it.

Cloud computing architecture can be expressed by a layered model and represented in the way of Figure 1 which explains four elements or four abstractions: hardware, infrastructure, platform and application (The NIST Definition of Cloud Computing, 2011). The hardware layer is responsible for managing the physical resources of the Cloud Computing technology.

The infrastructure layer creates a pool of resources using virtualization technologies (Popek, Goldberg, 1974). The infrastructure layer contains a distributed storage and processing of computer clusters. It is usually built of commodity hardware and located in data centers. The platform layer consists of the operating system and application frameworks, such as Hadoop. The application layer runs actual applications under earlier described layers. In addition Cloud computing has its characteristics. The authors of *National Institute of Standards and Technology* (The NIST Definition of Cloud Computing, 2011) have defined the core characteristics of the Cloud Computing technology mentioned in Figure 2.

These Cloud Computing characteristics are based on possibilities to extend computation capabilities on demand and self-service based without special interaction of planning



*Fig. 1. Cloud Computing architecture and a service model*



ON-DEMAND SELF-SERVICE
BROAD NETWORK ACCESS
RESOURCE POOLING
RAPID ELASTICITY AND MEASURED SERVICE

Fig. 2. Cloud computing characteristics

or maintenance of infrastructure, to ensure the availability over the network, to provide computing resources for different consumers in the sense of location independence or automatically monitor, control and optimize resources.

The Cloud computing technology has four levels of service models available in a private, community, public or hybrid cloud. These models are based on organization, management, ownership and premises dependence (The NIST Definition of Cloud Computing, 2011).

The Cloud computing also includes many different and necessary components which are usually invisible to the end users: network, databases, identity management, monitoring, run time, security, storage, capacity scheduling, redundancy and high availability, process automation.

Figure 3 illustrates cloud management in the virtual computing environment which is one of the core foundations of cloud computing technology development. This kind of transition enables us to virtualize hardware, networks, and operating systems available and creates an underground level of services to the end user.

### Serial and Parallel computing

Serial and parallel computing models are different from the stand point of architecture level. Serial computations are mostly used for single machines or super computers, because there are no distributed systems and each job has to be performed only sequentially.

In order to be able to run applications algorithms on serial computers, they have to be divided into parts se-

rially applied to be processed by a single processor as it is shown in Figure 3. Serial computing was not as efficient as it was expected because the processing of alarge data set took a long time. In addition computing processors started to be used for computing clusters with 1000s of machines running simultaneously in large data centers and with a new level of the Cloud Computing technology adopted. Consequently, there was a need to create applications to the new computation architecture and parallel computing started to be used.

Parallel computing (Valentina Dagienė, Gintautas Grigas, Tatjana Jevsikova, 2009) is different as compared to serial computing, because it is used to process instructions or action groups in parallel which allows us to run the applications and process the data by processors at the same time. However it requires to create parallel algorithms to run applications. MPI and OpenMPI standards have to be used for creating parallel algorithms (Yukiya Aoyama, Jun Nakano, 1999) which enables us to devide the algorithm in to parts and process the data at different nodes.

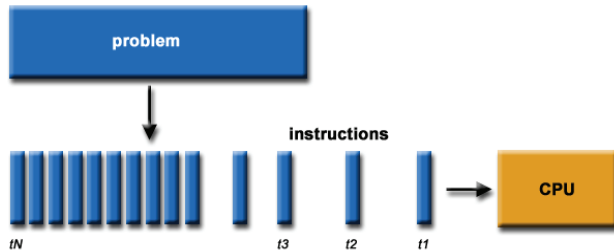


Fig. 3. The principal model of serial computing (Barney, 2012)

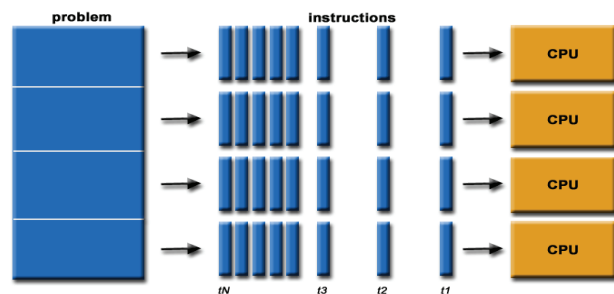


Fig. 4. The principal model of parallel computing (Barney, 2012)



According to this approach an algorithm could be processed faster than before, because all the tasks are divided into parts among the available computer cluster nodes. Such a principal model of parallel computing is illustrated in Figure 4. A significant advantage of this model is that it enables us to run an algorithm much faster than before, but a disadvantage is that the application cannot finish this algorithm until the last processor does not return the result to the master processor.

The speedup coefficient of the parallel algorithm could be measured by the following relationship (Čiegis, 2005):

$$S_p = \frac{T_0}{T_p}$$

where  $T_0$  is the best parallel algorithm processing time,  $T_p$  is a workload measurement of the algorithm using number  $p$  of processors or nodes.

In the best case,  $S_p$  is growing while the number of processors  $P$  is growing too and the processing data size is the same. This could happen because of efficiency of the processing parallel algorithm (Čiegis, 2005).

Another important aspect of parallel computing is coefficient of performance (Čiegis, 2005). It measures the capacity of nodes used in computation of parallel algorithm.

$$E_p = \frac{S_p}{p}$$

In other words, the coefficient of performance defines how efficiently nodes are used to run the parallel algorithm in the meaning of time. The size of data in serial and parallel computing plays an important role while it is not efficient always to transfer large data sets through the network (Ni, 2013).

## Hadoop MapReduce

Development of computing resources, increasing usage of internet and lack of very fast data-intensive computing systems have created conditions to find Hadoop and to run as the software framework for Cloud Computing

technologies. Historically Hadoop was created by *Google* founders (*Mike Cafarella and Doug Cutting*) in 2005 with the main purpose to solve a searching and indexing problem on the internet and today it is continuously developed by open source organization – Apache Software Foundation (Apache Software Foundation). Today, the pioneers such as Windows Azure and Amazon Elastic Computing Cloud use applications of large multidimensional data-intensive computing systems as a framework of tools of Hadoop MapReduce.

Implementation of Hadoop is customizable and is based on the application requirements. Hadoop framework technically is independent of any data processing algorithm or programming language and theoretically there are no limits, but it is new and more investigations and research should be done to achieve new realization opportunities, to adopt more machine learning algorithms. One of the ways how the Hadoop MapReduce framework can be used is classification algorithms applicable to a large scale of data (Parallel Implementation of Classification Algorithms based on Cloud Computing Environment, 2012). It is about the search that puts a query and returns a list of results. All the results could be ranked in order of relevance to the query which is often based on popularity, recommendations, ranking, and classification. A very high end usage of Hadoop is known with even a more advanced computing system, named IBM Watson. Watson uses IBM's DeepQA software with Hadoop to provide distributed computing (Jackson, 2011). It is a question answering system that uses the natural language and returns a precise answer to the question. It applies advanced natural language processing, information retrieval, knowledge representation, automated reasoning, and machine learning technologies to the field of open domain question answering (IBM, 2011).

This kind of software framework enables processing automation, fault tolerance, high availability, and scalability between computer nodes or even physical racks. Hadoop itself has the core elements: Hadoop Distributed File System (HDFS), processing model MapReduce,

Hadoop Common and Hadoop YARN.

The Hadoop MapReduce model consists of five phases: gathering unstructured data from the input source, importing it to the HDFS file system, running a map (grouping), reduce (collect and sort data) and write the output. Data sources could be dictionaries, articles, literary works, databases, taxonomies, internet, etc. Hadoop is a framework of a distributed processing computation model.

In order to enter data in to Hadoop, firstly all data have to be converted to HDFS. Only this type of a distributed file system is designed to start parallel computing. There are significant differences in comparison with other distributed file systems and advantages are considered as highly fault-tolerant and to be deployed on low-cost hardware (White, 2012). HDFS files have to be divided into 64 or 128 MB fragments and only afterwards can be delivered to the nodes (creates 3 copies) to implement data-intensive processing. Besides, MapReduce can be scaled up to 1000s of nodes.

MapReduce is a responsible programming model for data-intensive computing. Hadoop

Common is responsible for libraries and utilities needed by other Hadoop modules. Hadoop YARN provides a management platform for computing resources and is responsible for scheduling applications to run (Hortonworks).

In addition Hadoop is running four services and of them each has a single purpose. Name Node is responsible for tracking the directory tree of all files in the file system. Data Node is responsible for storing all the data in the HDFS system and for redundancy purposes it creates more copies of several nodes. Job Tracker sends MapReduce tasks to the nodes which received data packets are located in the same shelf unit or rack. Task Tracker service accepts all map, reduce, shuffle operations from Job Tracker.

Hadoop MapReduce processes every task and return the result to the disk after a mapping and reduction actions are completed, in other words, it is a two-stage and disk-based architecture. The MapReduce framework allows us to run applications with large multidimensional data much faster than ever before. The Hadoop MapReduce framework consists of three main phases: gathering unstructured data, importing them to the

HDFS file system, and running mapping and reduction. The map phase performs all mappings of entries and the reduce phase collects and sorts data from the map phase and writes the output. The structure of the MapReduce framework consists of the following elements: HDFS, nodes, tasks, and libraries.

The process of MapReduce: for instance we have a set of documents  $D_1, \dots, D_N$ . The mapping process analyses document  $D$  according to conditions  $T_1, \dots, T_N$  and assigns the value to each key and then creates the output in pairs



Fig. 5. MapReduce phases



Fig. 6. High level architecture of Hadoop

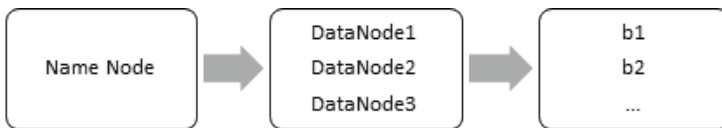


Fig. 7. HDFS phases

$(T_p, D_p) \dots, (T_N, D_N)$ . The reduce process writes the output (key, value) pair on condition  $T(T_p, D1) \dots, (T_N, D_N)$ . The result (key, value) is given in pairs  $(T, (D_1, \dots, D_N))$ .

## Spark

The Spark is a new generation open source cluster computing framework in comparison to Hadoop, but its origin is derived from MapReduce (Apache Software Foundation). Spark was invented by *Matei Zaharia* at the University of California in 2009. This project was moved and currently is managed by Apache Foundation with a high priority, because of its importance and growing popularity. It is known as one of the best frameworks to run applications with large multidimensional data and machine learning algorithms (Apache Software Foundation). In 2014, Spark was tested for a large scale sorting and achieved a new world record. Spark could approximately process 100 times faster than MapReduce, but it processes all data in the memory, so it needs a lot of computing resources. In comparison Hadoop MapReduce returns the result back to the disk after a map and reduce action is completed, in other words, it is a two-stage and disk-based architecture. Spark uses memory as the standard database, – loads and processes in the memory until a further action is started. In this case, there are always possibilities for computing performance degradations and it depends on the size of data.

Spark could be used to run MapReduce and keeps all the most important aspects of data distribution, fault tolerance and parallelization. In comparison to Hadoop MapReduce, Spark

The structure of Spark consists of four elements: Shark SQL, Spark Streaming, MLlib, and GraphX graph. All the components are targeted at large scale commodity clusters or cloud computing technologies.

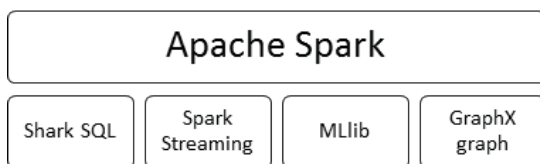


Fig. 8. High level architecture of Apache Spark

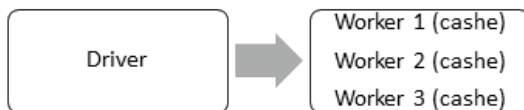


Fig. 9. High level overview of the Apache Spark processing model

Shark SQL – Query structured data as a distributed data set and it makes easy to run SQL queries along the complex analytical algorithms. Spark Streaming – enables scalable and fault-tolerant real time streaming applications. MLlib is a scalable machine learning library. GraphX graph supports graphs and graph-parallel computation.

## H2O

H2O software is on top of other frameworks designed to run data engines in the memory for large data intensive computations such as machine learning algorithms. H2O uses HDFS and it supports other file systems. H2O offers even more variety of possibilities including MapReduce, Spark, MLlib, SQL, and HDFS.

H2O is able to run Hadoop and Spark. H2O architecture is structured to be as a higher level layer that covers other computational frame-

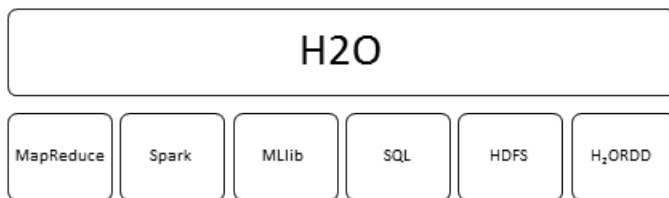
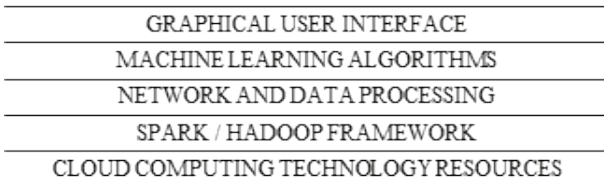


Fig. 10. High level architecture model of H2O components



*Fig. 11. Conceptual layered model of H2O and Cloud Computing technology*

works based on user needs and it has friendly graphical user interface. This will create more place for data science communities not only because of GUI, but also because of supported and mostly known programming languages such as R (Jessica Lanford, Tomas Nykodym, Ariel Rao, Amy Wang, 2015).

H2O offers a set of tools under the open source license with a higher level layer application, including the graphical user interface for self-service in a large-scale data analysis industry, especially to run a large-scale matrix and machine learning algorithms. The Cloud computing technology with Hadoop, Spark, and H2O frameworks provides essential technological advantages for data analysis industry and could be useful in a variety of machine-learning algorithms.

### **Comparison of Hadoop, Spark, and H2O**

In this section, the comparison of Hadoop MapReduce, Spark, and H2O is presented. The comparison aspects are as follows: API, data processing architecture (data flow model) and operations, compatibility, machine learning algorithms, hardware provisioning, fault tolerance, supported programming languages and interfaces, and a possibility to run classification and dimensionality reduction algorithms.

The comparison analysis shows (see Table 1), that Hadoop, Spark and H2O are very similar, but have several essential differences, since Hadoop MapReduce supports two-stage disk-based data processing architecture, while Spark and H2O has caching in the memory which means that data partitions are read from RAM

instead of the disk (Neumann, 2014). Another difference are based on hardware requirements, which are more or less the same. The data must be proportionally equal to the memory to be able to accomplish optimal speedup and performance. Hardware requirements always depend on the size of the data and the distance between the hardware components. The last and essential difference

was found regarding graphical user interface. Spark and H2O are best prepared for it, but Hadoop MapReduce itself are not. H2O as an open-source project offers a license-free solution, including useful documentation, running instructions and examples. On the other hand, usage of Hadoop MapReduce could be a better option in terms of costs because it requires less hardware. However if data intensive computations have to be done not so often then using the Cloud Computing technology with the “pay as you go” model would a better price effect case. Hadoop is very useful for iterative operations because of the cost paid for the data reloading from disk at each iteration. Spark is designed to have a global cash mechanism, it can achieve a better performance in regard of time since the in-memory access over the distributed machines of a cluster will proceed during the entire iterative process. The performance has been evaluated for Spark over Hadoop while, the memory consumption, other system performance criteria are not deeply analyzed in the literature. The experiments have shown that although Spark is, in general faster than Hadoop in iterative operations (Lei Gu, Huan Li, 2013), it has to pay more for memory consumption.

In table 2 the comparison and possibilities to run classification and dimensionality reduction algorithms are presented. Hadoop Map Reduce, Spark, and H2O have a common execution engine and similar libraries (Mahout and MLlib) and both could be considerably consolidated to focus on large-scale machine learning algorithms.

Mahout library was previously used only by Hadoop MapReduce and now it switched to Spark. Mahout was modified and now supports

*Table 1. Comparison of Spark and Hadoop MapReduce (Apache Software Foundation), (Hortonworks), (Jessica Lanford, Tomas Nykodym, Ariel Rao, Amy Wang, 2015)*

Spark	Hadoop MapReduce	H2O
<b>Supported API and interoperability</b>		
R, Scala, JavaScript, Java and Python, Spark SQL (Shark)	R, Scala, JavaScript, Java, Python, Hive SQL	R, Java, Scala, Python, JSON, Hadoop, Spark
<b>Operations</b>		
Map, filter, Group By, count, collect, reduce, save	Map, filter, Group By, count, collect, reduce, save	Map, filter, Group By, count, collect, reduce, save
<b>Data processing architecture</b>		
In-memory	Two-stage disk-based	In-memory
<b>Deployment possibilities</b>		
Commodity servers Cloud computing Single computer	Commodity servers Cloud computing Single computer	Commodity servers Cloud computing Single computer
<b>Hardware provisioning</b>		
Cores 8-16	Cores 4	Cores 8-16
Memory 8 GB to hundreds of gigabytes	Memory 24 GB	Memory 8 GB to hundreds of gigabytes
Disks 4-8 one TB disks	Disks 4-6 one TB disks	Disks 4-8 one TB disks
Network 10 GB or more	Network 1 GB Ethernet all-to-all	Network 10 GB or more
<b>Graphical user interface</b>		
Yes	No	Yes
<b>Supported file systems</b>		
HDFS	HDFS	HDFS
<b>Documentation</b>		
Yes	Yes	Yes
<b>Fault-tolerance</b>		
Yes	Yes	Yes

*Table 2. Comparison of classification and dimensionality reduction algorithms based of MapReduce, Spark and H2O (Apache Software Foundation), (Jessica Lanford, Tomas Nykodym, Ariel Rao, Amy Wang, 2015)*

Name of the algorithm*	MapReduce	Spark	H2O
<b>Classification</b>			
Logistic regression classifier	-	-	+
Naive Bayes classifier	+	+	+
Random forest classifier	+		+
Hidden Markov models	-	-	-
Multilayer Perception	-	-	-
Gradient Boosting	-	-	+
<b>Dimensionality reduction</b>			
Singular Value Decomposition	+	+	+
Stochastic SVD	+	+	+
PCA (via Stochastic SVD)	+	+	+
QR Decomposition	+	+	+

\* Based on *Mahout 0.10.0 Features* (Apache Software Foundation)

Spark, while MLlib only is supported by Spark. In this analysis, only classification and dimensionality reduction algorithms were selected. The main idea of this comparison is to identify the current state of algorithm deployment of Hadoop MapReduce, Spark and H2O for future experimental analysis.

Predictably, after this investigation the Cloud Computing technology could be applied to parallel data processing as a service to run machine learning algorithms within the remote limits.

## Conclusions

Research of this paper was aimed to clarify findings and make the literature analysis of using parallel data processing services, based on Cloud computing technologies.

The critical problem is not only a large-scale data processing parallelization in a distributed computing cluster, but also to find new ways how to reduce data movement between hard drives, networks and memory.

The findings indicate that Cloud Computing technologies offer new ways for parallel computing models that could be successfully used to work with data intensive sets including machine learning algorithms, but requires to have access to the Cloud Computing resources.

The findings indicate that modern parallel computing frameworks Spark and Hadoop are attractive for parallelization of large multidimensional data in a distributed computing cluster environment according to the Cloud Computing technology. The existing algorithms and parallel strategies cannot be easily applied directly to the Cloud Computing technology platform and require specific customization.

According to this research there are tools with graphical user interfaces available for self-service in the large-scale data analysis industry, especially to run large-scale matrix and machine learning algorithms. The tools could be more flexible as having graphical user interfaces, well-adjusted to new algorithms and visualization.

The Cloud computing technology with Hadoop, Spark and H2O frameworks provides essential technological opportunities for data analysis industry and could be useful in a variety of machine learning algorithms. Data analysis is a solid way to gain a clear understanding of processes and objects from many different ways and can be accessed by everybody. Self-services, based on Cloud Computing, could empower scientists, developers, and data analysts to carry out data exploration and increase their popularity, and the usage of data intensive technologies.

## REFERENCES

Apache Software Foundation. Apache Spark. [Online] [Cited: March 5, 2015.] <https://spark.apache.org/>.

Hadoop. [Online] [Cited: February 1, 2015.] [www.hadoop.apache.org](http://www.hadoop.apache.org).

*Mahout 0.10.0 Features.*

BARNEY, B. (2012). Introduction to Parallel Computing. *Lawrence Livermore National Laboratory*. [Online] 06 12, 2012. [Cited: 06 18, 2012.] [https://computing.llnl.gov/tutorials/parallel\\_comp/](https://computing.llnl.gov/tutorials/parallel_comp/).

ČIEGIS, R. (2005). *Lygiagrečių algoritmai ir tinklės technologijos*. Vilnius : Technika, 2005.

*Cloud computing: state-of-the-art and research challenges*. Qi Zhang, Lu Cheng, Rouf Boutaba.

(2010). s.l. : The Brazilian Computer Society, 2010, Internet Service Applications, p. 7–18.

Electronic Privacy Information Center (2015). Types of Cloud Computing Services. [Online] 2015. [Cited: May 20, 2015.] <http://epic.org/privacy/cloud-computing/>.

POPEK, G. J.; GOLDBERG, R. P. (1974). *Formal Requirements for Virtualizable Third Generation Architectures*. 1974.

Hortonworks. Apache Hadoop YARN – Concepts and Applications. [Online] [Cited: February 25, 2015.] <http://hortonworks.com/blog/apache-hadoop-yarn-concepts-and-applications/>.

*Cluster planning guide*. s.l. : Hortonworks.



- IBM. 2011. *DeepQA Project: FAQ*. 2011.
- JACKSON, J. (2011). *IBM Watson Vanquishes Human Jeopardy Foes*. s.l. : PC World, IDG News, 2011.
- LANFORD, J.; NYKODYM, T.; RAO, A.; WANG, A. (2015). *Generalized Linear Modeling with H2O's R*. s.l. : H2O.ai, 2015.
- GU, L.; LI H. (2013). *Memory or Time: Performance Evaluation for Iterative Operation on Hadoop and Spark*. Zhangjiajie: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2013. 978-0-7695-5088-6.
- NI, Z. (2013). *Comparative Evaluation of Spark and Stratosphere*. s.l. : KTH Information and Communication Technology, 2013.
- Parallel Implementation of Classification Algorithms Based on Cloud Computing Environment*. Lijuan Zhou, Hui Wang, Wenbo Wang. (2012). 2012, *TELEKOMNIKA*, vol. 10, p. 1087–1092.
- PARKHILL, D. (1966). *The challenge of the computer utility*. s.l. : Addison-Wesley, 1966.
- The NIST Definition of Cloud Computing*. Peter Mell, Timothy Grance. (2011). s.l. : U.S. Department of Commerce, 2011, Computer security: Special Publication 800-145.
- DAGIENĖ, V.; GRIGAS, G.; JEVSIKOVA, T. (2009). Anglų–lietuvių kalbų kompiuterijos žodynėlis, Matematikos ir informatikos institutas. *LIKIT*. [Tinkle] 2009 m. [Cituota: 2012 m. 06 17 d.] <http://www.likit.lt/term/enc.html>.
- WHITE, T. (2012). *Hadoop: The Definitive Guide*. s.l. : O'REILLY, 2012.
- AOYAMA, Y.; NAKANO, J. (1999). RS/6000 SP: Practical MPI Programming. [www.redbooks.ibm.com](http://www.redbooks.ibm.com). [Online] August 1999. [Cited: September 8, 2012.] <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg245380.pdf>.

## DEBESŲ KOMPIUTERIJOS TECHNOLOGIJŲ LYGIAGREČIŲ SKAIČIAVIMO PRIEMONIŲ PASLAUGOS

**Tomas Pranckevičius**

Santrauka

Straipsnis skirtas debesų kompiuterijos technologijos ir lygiagrečių skaičiavimo priemonių paslaugų apžvalgai. Pristatomi debesų kompiuterijos technologijų architektūros, charakteristikų, infrastruktūros koncepciniai modeliai. Atliekama naujos kartos lygiagrečių skaičiavimo priemonių – Hadoop Map Reduce, Spark ir H2O – literatūros analizė. Nu-

statomi palyginimo kriterijai ir pagal šiuos kriterijus atliekama lygiagrečių skaičiavimo priemonių lyginamoji analizė. Aprašomi jų privalomai ir trūkumai.

**Pagrindiniai žodžiai:** Debesų kompiuterijos technologijos, Spark, Hadoop MapReduce, H2O, duomenų klasifikavimas

*Įteikta 2015 m. gegužės 20 d.*

# INFORMACIJOS SISTEMOS IR MODELIAVIMAS

## Knygų paklausos prognozavimo elektroniniame knygyne galimybės

### Aurimas Rapečka

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto doktorantas  
Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics, Doctoral student  
Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: Aurimas.Rapecka@mii.vu.lt

### Virginijus Marcinkevičius

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto daktaras,  
Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics, PhD.  
Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: Virginijus.Marcinkevicius@mii.vu.lt

*Šiame straipsnyje analizuojami įvairūs paklausos prognozavimo metodai ir atliekama turimos pirkimų istorijos analizė, kurios rezultatai leidžia optimaliai pritaikyti prognozavimo trumpuoju laikotarpiu metodus, taip sukuriant naujų knygų prognozavimo trumpuoju laikotarpiu modelį. Pabaigoje šio modelio prototipas testuojamas su realia pirkimo istorija ir atsižvelgiant į gautus analizės ir atliktų eksperimentų rezultatus siūlomas optimalus prototipo pritaikymas el. knygynei.*

**Pagrindiniai žodžiai:** paklausos prognozavimas, prognozavimo metodai, prognozavimas internete.

### Įvadas

Elektroniniams knygyams labai svarbu laiku patenkinti atsiradusią paklausą. Siekiant greitai pristatyti prekes klientams, svarbu gana tiksliai šią paklausą prognozuoti. Pirkėjai nemėgsta laukti ir ieško kitų elektroninių parduotuvių, kurios pristatytų norimą knygą greičiau. Šiuo metu analizuojamas knygynas siekia turėti bent po vieną egzempliorių iš knygų asortimento. Deja, ir to nepakanka, kai į rinką pateikiamos naujos knygos, nes jų pirkimo intensyvumas didžiausias būna pardavimo pradžioje. Pardavėjas negali iš leidėjų užsakyti didelių kiekių knygų, kadangi neparduotas knygas reikėtų gražinti, o tai susiję su papildomomis darbo ir pinigėmis pardavėjo bei leidėjo sąnaudomis. Taigi, būtina naujos knygos platinimo pradžioje kuo tiksliau prognozuoti optimalų užsakymo dydį, bei mo-

kėti reaguoti į paklausos dinamiką trumpuoju laikotarpiu.

Darbo tikslas – analitiškai ir eksperimentiškai iširti konkretaus Lietuvoje veikiančio el. knygyno pardavimo duomenų rinkinį ir paklausos prognozavimo naudojantis šiuo rinkiniu galimybes. Šiame straipsnyje pateikiami esminiai atliktos analizės aspektai. Aptariami įvairūs paklausos prognozavimo metodai, o taip pat atliekama turimos pirkimų istorijos analizė, kurios rezultatai leidžia optimaliai pritaikyti prognozavimo trumpuoju laikotarpiu metodus, taip sukuriant naujų knygų prognozavimo trumpuoju laikotarpiu modelį. Pabaigoje šio modelio prototipas testuojamas su realia pirkimo istorija ir atsižvelgiant į gautus analizės ir atliktų eksperimentų rezultatus siūlomas optimalus prototipo pritaikymas el. knygynei.

## Prognozavimo metodų tipai ir metodai

Didžioji dalis pasaulinių įmonių naudoja kokius nors paklausos prognozavimo būdus, tačiau kiekviena įmonė turi savitus metodus, labai priklausančius nuo įmonės konteksto, todėl praktiškai neįmanoma rasti įmonių, kurios naudotų universalius ir kitoms įmonėms tinkamus paklausos prognozavimo būdus (Yu, Liu, Huang, An, 2010).

Bendru atveju visus paklausos prognozavimo metodus galima išskirti į keturias dideles grupes (Mentzer, 1984):

1. Apklausomis pagrįsti metodai.
2. Eksperimentais pagrįsti metodai.
3. Priežastimis ir ryšiais pagrįsti metodai.
4. Inžineriniais sprendimais pagrįsti prognozavimo metodai.

Inžineriniais sprendimais pagrįstų prognozavimo metodų tipas visiškai skiriasi nuo kitų minėtų. Tokio tipo prognozavimo metoduose yra visiškai pašalintas subjektyvumo veiksnys (Vaidyanathan, 2011).

Labai paplitęs inžinerinių prognozavimo metodų pavyzdys – laiko eilučių metodai. Laiko eilutės analizuoja paklausos istorinius duomenis vien tik pagal paklausos pasiskirstymą laike, dažnai eliminuojamos net geografinius veiksnys.

Bendru atveju laiko eilutės yra proceso stebėjimų, atliktų tam tikrais intervalais, rinkinys (Hamilton, 1994). Laiko eilutėmis grindžiami metodai prognozuoja paklausą  $Z_t$ , remdamiesi ankstesnio laikotarpio metu sudarytu modeliu. Pačia paprasčiausia laiko eilute gali būti laikomi stacionarūs duomenys. Matematiškai tai gali būti išreikšta (1) formule:

$$Z_t = L + n_t \quad (1)$$

čia:  $Z_t$  – duomenys,  $L$  – nekintamas duomenų lygmuo,  $n_t$  – triukšmo  $t$  periodu lygmuo.

Kitas nesudėtingas modelis yra tendencija, kai duomenų kaita visą laiką juda į vieną pusę (didėjimo ar mažėjimo kryptimis). Tokia kaita gali būti tiek linijinė, tiek varijuojanti.

Paskutinis ir sudėtingiausias mokslinėje literatūroje aptariamas modelis vadinamas ciklu. Ciklas – tai eilučių

tendencija, kuri kinta ne tik trumpesniu laikotarpiu, pavyzdžiui, per mėnesį, bet ir kartojasi ilgesniais laiko tarpais, pavyzdžiui, kiekvienais metais (Small, Tse, 2002).

Taigi, labiausiai paplitę modeliai apima lokalias tendencijas, sezoniskumą ir triukšmą. Tradicinės laiko eilutės stengiasi išskirti šiuos komponentus ir kiekvieno poveikį įvertinti atskirai.

Vienas iš būdų dirbti su tendencingais paklausos duomenimis yra šių duomenų įtraukimas į linijinį metodą su regresija (2):

$$Z'_t = Tt + I \quad (2)$$

čia:  $I$  – regresijos komponentas,  $T$  – kaitos (angl. *trend*) komponentas. Regresijos metu šie du parametrai parenkami taip, kad sukurtojo  $Z'_t$  vidutinė kvadratinė paklaida (*MSE*) būtų mažiausia.  $k$  laikotarpio prognozė išreiškiama (3):

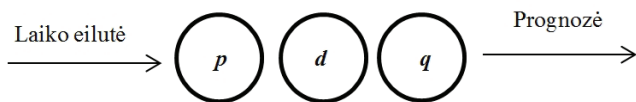
$$Z'_{t+k} = T(t+k) + I \quad (3)$$

Bendru atveju ši procedūra yra bandymas iš turimos laiko eilutės išskirti regresijos, kaitos ir triukšmo komponentus. Šis metodas gali būti naudojamas keliems periodams, taip pat jis gali būti perskaičiuojamas atsiradus naujų duomenų. Naudojant šį modelį svarbu, kad einamojoje laiko eilutėje nebūtų didelių pasikeitimų.

## Autoregresinis integruotas slankiųjų vidurkių metodas

Vienas iš geriausiai vertinamų laiko eilučių analizės metodų – autoregresinis integruotas slankiųjų vidurkių (*ARIMA*) metodas (Wei, 1994). Šio meto esmė – autoregresijos, diferencijavimo ir slankiojo vidurkio galimybių sujungimas (1 pav.).

Bendru atveju, kai apima visas tris dalis, modelis užrašomas *ARIMA*( $p, d, q$ ), čia:  $p$  – autoregresijos komponentas,  $d$  – diferencijavimo eilė,  $q$  – slankiojo vidurkio narių skaičius.



1 pav. *ARIMA* metodo veikimo principas

Remiantis autoregresija, kiekviena laiko eilutės reikšmė yra tiesinė prieš tai buvusių reikšmių funkcija.

Diferencijavimas naudojamas tam, kad būtų galima išskirti informacinę reikšmę laiko eilutėse turinčius šuolius ir suvesti eilutę į stacionarų pavidalą.

Slankiojo vidurkio komponentas įvertina laiko eilutės kaitą: kartais paklausa būna maždaug vienodo lygio, tačiau ilgesniu laikotarpiu pastebimas didesnis ar mažesnis paklausos pokytis. Tai gali lemti, pavyzdžiui, kainos pokytis arba nedidelių konkurentų mažose teritorijose atsiradimas. Tokiems atvejams prognozuoti naudojamas slankiojo vidurkio (angl. *Simple Moving Average*) metodas (Ellis, Parbery, 2005).

Šis metodas įvertina kelių išskirtų laikotarpių vidurkius ir pagal juos apskaičiuoja prognozuojamo laikotarpio paklausą:

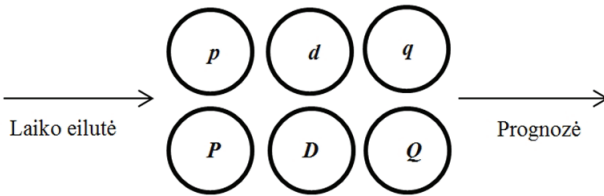
$$Z'_{t+1} = \frac{1}{M} \sum_{i=t+M-1}^t Z_i. \quad (4)$$

Sudėtingiausia čia  $M$  – laikotarpių skaičius  $M$  parinkimas. Nuo šių laikotarpių skaičiaus labai priklauso prognozavimo tikslumas. Praktikoje  $M$  dažniausiai parenkamas bandymu būdu stebint paklausos prognozavimo paklaidų tendencijas.

Esant aiškiai išreikštiems sezoniskumo pokyčiams, naudojamas išplėstinis *ARIMA* modelis, kuriame įterpiamos ir sezoniskumo komponentai (5):

$$ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q); \quad (5)$$

čia:  $P$  – sezoniskumo autoregresijos komponentas,  $D$  – sezoninio diferencijavimo eilė ir  $Q$  – sezoninė slankiojo vidurkio komponentas (2 pav.).  $P, D, Q$  negali būti didesni už 1, taip pat jų su-



2 pav. Sezoninio *ARIMA* metodo veikimo principas

mos ir santykiai turi kitų apribojimų.

*ARIMA* metodas yra gana lankstus ir realizuotas daugelyje duomenų analizės įrankių. Šio metodo sudėtingumo (apsiribojančio skaičiavimų ištekliams ir galimybėmis) ir efektyvumo santykis yra pakankamai geras ir tai nulemia šio metodo pritaikomumą daugelio kasdieniškų prognozavimo uždavinių sprendimui.

## Tikslumas ir klaidų įvertinimas

Bendru atveju laikoma, kad prognozė yra tiksli tuomet, kai prognozavimo klaida yra santykinai maža. Nustatant prognozavimo tikslumą svarbu suprasti skirtumą ir tarp prognozavimo paklaidos bei triukšmo. Triukšmas dažniausiai yra visiškai nekontroliuojamas ir gali daryti didelę įtaką prognozių paklaidai.

Prognozavimo paklaida  $e_t$  apskaičiuojama įvertinus skirtumą tarp realios laikotarpio  $t$  paklausos ir prognozuotos to paties laikotarpio paklausos (6):

$$e_t = Z_t - Z'_t. \quad (6)$$

Turėdami  $n$  stebėjimų  $Z_t$  ir prognozuodami  $Z'_t$  galime apskaičiuoti (6) formule išreikštą paklaidą, kuri yra tinkama konkrečios prognozės tikslumui apskaičiuoti. Praktiškai visi paklaidos įverčiai yra vienoks ar kitoks (6) formule apskaičiuotų paklaidų vidurkis. Toliau paminėti keli labiausiai paplitę prognozių tikslumo įverčiai:

1. Vidutinis nuokrypis (angl. *Mean Deviation*) (Gorard, 2005):

$$MD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i. \quad (7)$$

2. Absoliutinis vidutinis nuokrypis (angl. *Mean Absolute Deviation*) (Oberuc, 2011):

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i|. \quad (8)$$

3. Vidutinė kvadratinė paklaida (angl. *Mean Squared Error*) (Wang, Bovik, 2009):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2. \quad (9)$$

4. Vidutinė kvadratinė paklaida (angl. *Root Mean Squared Error*):

$$RMSE = \sqrt{MSE} . \quad (10)$$

5. Vidutinė procentinė paklaida (angl. *Mean Percent Error*):

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{Z_i} . \quad (11)$$

6. Absoliutinė procentinė paklaida (angl. *Mean Absolute Percent Error*):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|e_i|}{Z_i} . \quad (12)$$

7. Akaike informacinis kriterijus (angl. *Akaike Information Criterion, AIC*):

$$AIC = 2k - 2Ln(L); \quad (13)$$

čia:  $k$  yra modelio parametru skaičius, o  $L$  – maksimizuota modelio tikėtumo funkcijos reikšmė.

Akaike informacinis kriterijus įvertina informacijos praradimą taikant modelį realiems duomenims ir gali būti apibūdintas kaip aprašantis kompromisą tarp modelio konstrukcijos poslinkio ir variacijos, arba abstrakčiau šnekant – modelio tikslumo ir sudėtingumo (Paplauskaitė, 2009). *AIC* yra konservatyvus kriterijus – jis linkęs parinkti funkcijų klasę, kuri yra ne mažiau sudėtinga nei tikroji.

8. Akaike informacinis kriterijus su korekcija (angl. *Akaike Information Criterion with Correction, AICc*) (Hurvich & Tsai, 1898) yra *AIC* patobulinimas, išreiškiamas (14):

$$AICc = AIC + \frac{2k(k+1)}{n-k-1} ; \quad (14)$$

čia:  $n$  – rinkinio dydis,  $k$  – modelio parametru skaičius.

El. knygyno tyrimui pateiktoje pirkimo istorijoje užfiksuota 84 140 knygų pardavimų ir parduotų 15 020 skirtingų knygų. Tyrimams pateiktas rinkinio formatas pavaizduotas 3 paveiksle.

Papildomai pateikiami ir žodiniai knygų, kategorijų ir leidėjų pavadinimai bei autoriaus asmenvardis. Šiame straipsnyje aprašytame tyrimo siekiame prognozuoti trumpalaikę paklausą per septynias dienas, todėl turime šiek tiek pertvarkyti duomenų rinkinį, knygos pardavimo *UNIX* laiką perskaičiuodami į pardavimo dieną rodantį skaičių. El. knygynas nepateikė duomenų apie knygų atsiradimo prekyboje laiką, todėl knygos atsiradimo prekyboje momentu laikome pirmojo jos pardavimo laiką. Naujo formato duomenyse papildomai išskiriamos metų, mėnesio ir dienos reikšmės, kurios gali praversti stebint pardavimo sezoniškumą.

Norint sukurti optimalų prognozavimo modelį reikia detalai iširti turimus duomenis. Konvertavus duomenų rinkinį į palankesnę tyrimui formatą nuspręsta panaikinti ir pirmojo knygos pardavimo įrašus, taip siekiant neiškreipti statistikos ir atmesti tas knygas, kurios buvo nupirktos tik vieną kartą per egzistavimo istoriją. Taip pat nuspręsta atmesti ir kelias knygų pardavimo įrašų anomalijas, atsiradusias dėl klaidingo pardavimo laiko užfiksavimo. Atlikus šiuos veiksmus, įrašų skaičius duomenų rinkinyje sumažėjo iki 47 205.

Iš viso knygų prekybos istorijos grafiko (4 pav.) pastebima, kad prekybos pikas jaučiamas pirmosiomis dienomis po pirmojo knygos pardavimo ir vėliau palaipsniui mažėja. Reikia pažymėti, kad gana didelė knygų paklausa pastebima net dvejus metus po knygos išleidimo. Tai šiek tiek netikėtas analizės rezultatas.

Per pirmas 7 dienas įvykdyta 1482 iš 47 205 pirkimų, arba 3,14 proc., per pirmas 30 dienų – 4923, arba 10,43 proc. visų pirkimų, o per pirmas 100 dienų – 11 521, arba 24,41 proc.

Laikas	Pirkimo ID	Knygos ID	Kategorijos ID	Autoriaus ID	Leidėjo ID	Kaina
--------	------------	-----------	----------------	--------------	------------	-------

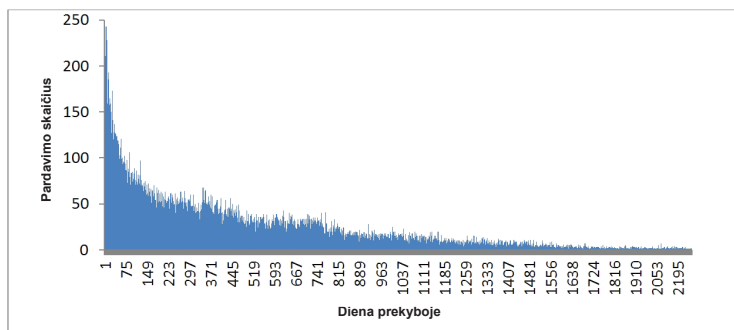
3 pav. Tyrimams pateikto duomenų rinkinio struktūra

Grafikas (5 pav.) specialiai sudarytas knygos pirmo atsiradimo prekyboje eilės tvarka, todėl galima įvertinti populiarių objektų atsiradimo tikimybę prekybinio laiko tėkmėje. Iš šio grafiko matome, kad labai populiarios knygos prekyboje atsiranda beveik atsitiktinai.

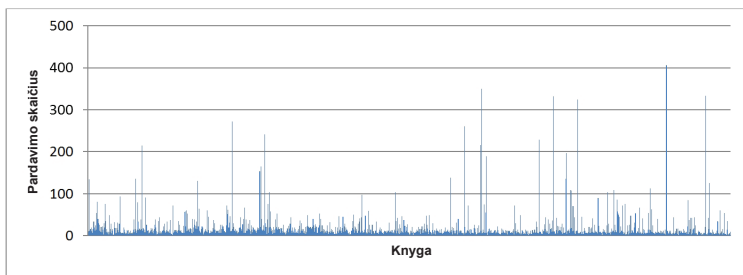
Statistinis duomenų tyrimas nerodo labai didelio duomenų rinkinio specifiškumo, todėl prognozavimui turėtų tikti populiariausi prognozavimo metodai. Pažymėtina, kad dėl rinkinio nehomogeniškumo prognozavimui reikėtų taikyti sudėtingesnius metodus, pavyzdžiui, autoregresijos metodą arba *ARIMA*.

### Optimalaus *ARIMA(p, q, d)* modelio parinkimas viso asortimento paklausai prognozuoti

Modeliuojant *ARIMA(p, q, d)* metodu, svarbu teisingai parinkti  $p$ ,  $q$  ir  $d$  reikšmes. Nuo šių



4 pav. Knygų pardavimo skaičiaus priklausomybė nuo buvimo prekyboje trukmės (visas laikotarpis)



5 pav. Konkrečių knygų pardavimo skaičiai

reikšmių parinkimo priklauso modelio efektyvumas. Viso asortimento paklausos prognozavimo atveju šie komponentai parenkami intuityviai pagal toliau aprašytą veiksmų seką ir patikrinami eksperimentiškai.

Pirmiausia, pagal laiko eilutės grafiką nustatomas laiko eilutę generuojančio proceso stacionarumas. Jei procesas nestacionarus, reikia naudoti transformacijas, kurios suveda jį į stacionarų pavidalą. Labiausiai paplitęs transformacijos metodas – proceso diferencijavimas, kai kiekviena eilutės reikšmė pakeičiama šios ir ankstesnės reikšmės skirtumu. Jei atlikus diferencijavimą procesas netampa stacionarus, diferencijavimas kartojamas. Suvedus procesą į stacionarų pavidalą, nustatoma ir  $d$  reikšmė, kuri lygi pritaikytų diferencijavimo procedūrų skaičiui. Dažniausiai  $d$  lygus 0 arba 1. Teisingas  $p$  ir  $q$  reikšmės padeda nustatyti autokoreliacijos ir dalinės autokoreliacijos funkcijos. Autokoreliacijos funkcija

pateikia pradinių duomenų ir pastumtų (angl. *lag*) per tam tikrą narių skaičių duomenų koreliacijos koeficiento reikšmių seką. Tam, kad būtų teisingai nustatytas *ARIMA* modelis, būtina diferencijuoti seką, o paskui patikrinti autokoreliacijos (*ACF*) ir dalinės autokoreliacijos funkcijų (*PACF*) grafikus. Jei autokoreliacijos ir dalinės autokoreliacijos funkcijų reikšmės artimos nuliui, nė viena neviršija dvigubos standartinės paklaidos reikšmės,  $p$ ,  $q$  ir  $d$  reikšmės parinktos teisingai (Daukšytė, 2011).

Modelis kuriamas dviem atvejais: tuomet, kai turime pardavimo kiekius ketvirčiais, ir tuomet, kai turime pardavimo kiekius mėnesiais. Modelio efektyvumas įvertinamas *RMSE* ir *AICC* įverčiais,

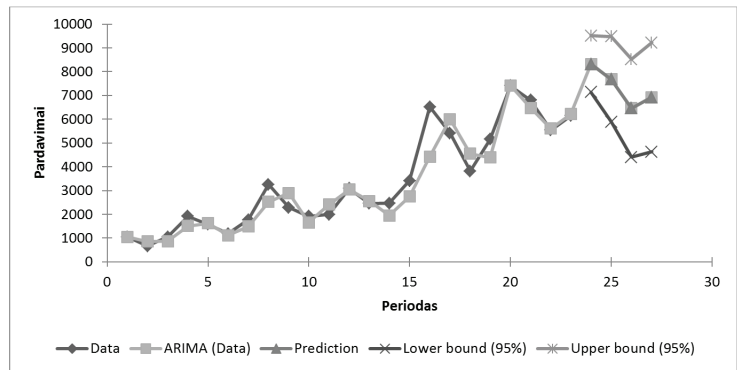


pateikiamais 1 lentelėje. Geriausio surasto modelio  $ARIMA(5,4,1)$  ketvirčių prognozės ir realių duomenų palyginimo rezultatai pateikiami 6 pav., o skaitiniai prognozės ir realių duomenų skirtumai šiam modeliui – 7 paveiksle.

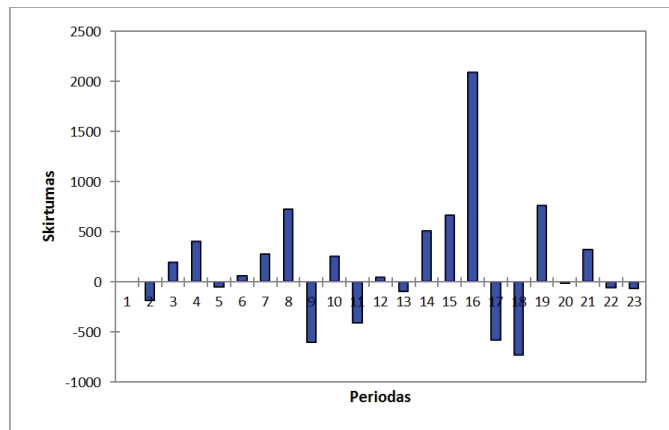
Aktualesni modelio parinkimo proceso rezultatai pateikiami 1 lentelėje.

Geriausiai savaitinių paklausą prognozuojančio modelio prognozių palyginimas su realiais duomenimis pateikiamas 8 paveiksle.

Iš atliktos analizės galima pastebėti, kad geriausi prognozavimo rezultatai gaunami tuomet, kai atitinkamai turima 5 ketvirčių, 17 mėnesių ir 16 savaitinių pardavimo duomenų. Tai ilgesnis nei metų laikotarpis, kuris ypač aktualus mėnesio paklausai prognozuoti. Pastebimas ryškus laikotarpių skirtumas, kai, pavyzdžiui, 1 mėnesio paklausa prognozuojama į 17 mėnesių istorinę



6 pav.  $ARIMA(5, 4, 1)$  ketvirčių prognozės palyginimas su realiais duomenimis



7 pav.  $ARIMA(5, 4, 1)$  ketvirčių prognozės ir realių duomenų neatitikimai

1 lentelė. Modelių efektyvumas prognozuojant ketvirčių paklausą\*

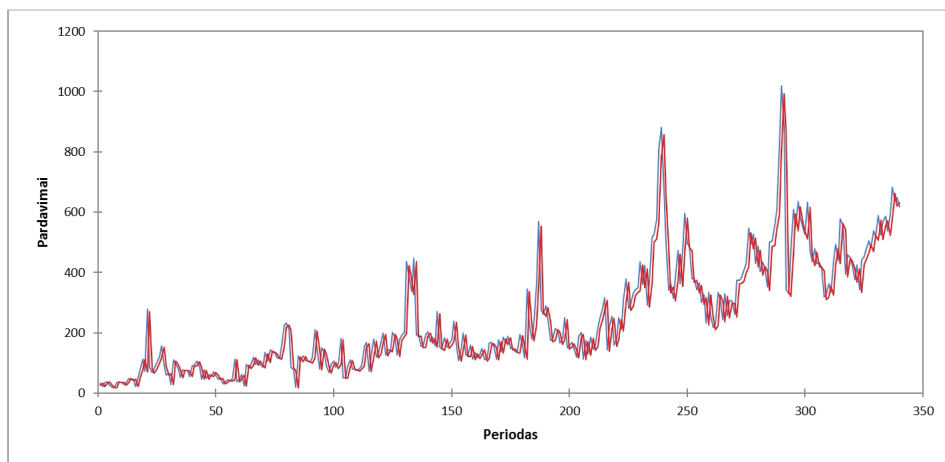
	TSR	1,0,0	2,3,1	2,2,1	5,0,0	5,0,2	5,4,1	5,0,1	5,4,1
RMSE	692	1143	802	877	843	881	727	676	607
AICC	-	413	394	391	412	381	411	369	370

\* Skaičiai antraštiniuose langeliuose atitinka  $ARIMA(p, q, d)$  metodo  $p, q, d$  parametrus

2 lentelė. Modelių efektyvumas prognozuojant savaitinių paklausą\*

	1,0,0	1,1,0	5,1,0	5,1,1	12,1,0	12,1,1	16,1,1	16,3,0	16,0,0
RMSE	74,59	73,81	72,39	70,80	70,09	70,09	69,75	69,74	69,69
AICC	3904	3899	3894	3865	3887	3873	3878	3898	3893

\* Skaičiai antraštiniuose langeliuose atitinka  $ARIMA(p, q, d)$  metodo  $p, q, d$  parametrus



8 pav. *ARIMA(16, 1, 1)* savaitių prognozės palyginimas su realiais duomenimis

paklausą. Neturint tokio ilgo laikotarpio duomenų, prognozės tikslumas smarkiai sumažėja.

### Optimalaus *ARIMA(p, q, d)* modelio parinkimas individualių knygų paklausai prognozuoti

Kitas prognozavimo žingsnis – tinkamiausių modelių parinkimas individualių knygų paklausos prognozei.

Individualių knygų paklausos prognozavimo modelio parinkimo būdas gerokai skiriasi nuo viso asortimento paklausos prognozavimo modelio parinkimo. Tikėtina, kad kiekvienai atskirai knygai gali tikti skirtingas prognozavimo modelis, todėl tenka skaičiuoti skirtingų modelių rezultatų vidurkius.

Tinkamam modeliui eksperimentiškai nustatyti naudojami paskutinių metų laikotarpio duomenys, sugrupuoti savaitėmis. Iš viso duomenų rinkinio atskiriamos „neprognozuojamos“ knygos, t. y. tos, kurios parduodamos santykinai rečiau nei kartą per savaitę – knygų parduota mažiau nei 50 per paskutines 52 savaites. Atlikus tokią atranką, buvo išskirtos 42 populiarios knygos, kurioms individualiai eksperimentų būdu atrandamas geriausias rezultatus demonstruojantis modelis.

Eksperimentuojant nuosekliai keičiamos  $p$ ,  $q$ ,  $d$  reikšmės ir fiksuojami modelio rezultatai

pagal *AICC* įvertį. Parametrų kitimo intervalai atliekant eksperimentus:

$$p \in [0;6];$$

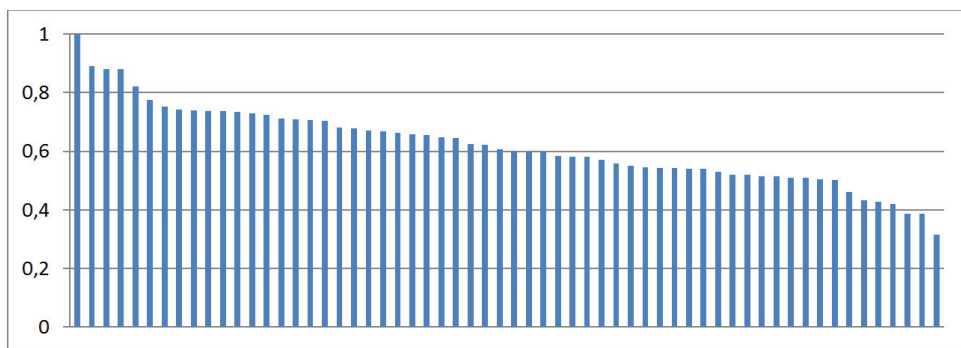
$$q \in [1;6];$$

$$d \in [0;1].$$

Rezultatams įvertinti nenaudojamas *RMSE* įvertis, nes knygų pardavimo skaičiai smarkiai skiriasi ir vidurkinant rezultatai būtų iškreipti, o rezultatų rangavimas esant mažiems reikšmių skirtumams taip pat nebūtų tikslus. *AICC* yra mažiau jautrus knygų pardavimo skaičiaus įvertis.

Pažymėtina, kad didelė dalis modelių netinka konkrečių knygų eilutėms, todėl į bendrą modelių efektyvumo vertinimą įtraukti tik tie, kurie rezultatus gavo bent 20-iai knygų. Taip pašalinti prastą suderinamumą turintys modeliai. Galutiniai eksperimentų rezultatai pateikiami 3 lentelėje ir 9 paveiksle.

Iš 9 pav. pateikto grafiko matome, kad normuotu efektyvumu išsiskiria tik vienas modelis, tačiau santykinai gerus rezultatus demonstruoja dar trys modeliai. Iš 3 lentelėje pateiktos eksperimentų rezultatų suvestinės aiškėja, kad geriausias prognozavimo rezultatus pasiekė *ARIMA(4, 3, 1)* modelis, kurį ir rekomenduojama naudoti prognozuojant individualių knygų paklausą savaitės laikotarpiu.



9 p a v. Normuotas modelių efektyvumo grafikas

### Praktinei modelio realizacijai tinkama programinė įranga

Bendrasis *ARIMA* metodas yra realizuotas daugelyje tiek nemokamos, tiek mokamos programinės įrangos paketų. Dažnu atveju metodą apimantis paketas yra platesnės programinės įrangos dalis. Suvestinė pateikiama 4 lentelėje.

Iš 4 lentelėje pateiktos programinės įrangos suvestinės daugiausiai dėmesio verta kreipti į nemokamą programinę įrangą. Šiuo atveju mokama programinė įranga gali išsiskirti naudotojui palankia aplinka, tačiau *ARIMA* metodo veikimas ir demonstruojami rezultatai nuo programinės įrangos, kurioje šis metodas realizuotas, nepriklauso.

3 lentelė. Geriausiai ir blogiausiai knygų pardavimų prognozuojantys modeliai

<i>p</i>	<i>q</i>	<i>d</i>	<i>AICC</i> vidurkis	Sąlyginis efektyvumas
4	3	1	195	100 %
1	4	1	200	98 %
4	2	1	200	98 %
1	6	1	201	97 %
2	2	0	203	96 %
<...>				
2	3	0	222	86 %
0	3	0	223	85,5 %
0	4	0	223	85,5 %
0	2	0	227	83,5 %
0	1	0	241	76,5 %

4 lentelė. *ARIMA* metodo realizacija labiau paplitusioje programinėje įrangoje

Paketas	Programinė įranga	Komercinio naudojimo apribojimai	Tiesioginis ryšys su serveriu
<i>XLSTAT</i> <sup>1</sup>	<i>Microsoft Excel</i>	Mokama	Nėra
Vidinis	<i>MatLab</i> <sup>2</sup>	Mokama	Įmanomas per <i>SQL</i>
<i>forecast</i> <sup>3</sup>	<i>R</i> <sup>4</sup>	Nėra	Tiesioginis, per <i>SQL</i> , per <i>R.NET</i> <sup>5</sup>
<i>Arima Forecasting</i> <sup>6</sup>	<i>Wessa</i> (per interneto naršyklę)	Nėra	Nėra
Vidinis	<i>NCSS</i> <sup>7</sup>	Mokama	Nėra
Vidinis	<i>Cronos</i> <sup>8</sup>	Nėra	Nėra
<i>strategico</i> <sup>9</sup>	<i>R</i>	Nėra	Tiesioginis, per <i>SQL</i> , per <i>R.NET</i>
<i>PEERForecaster</i> <sup>10</sup>	<i>Microsoft Excel</i>	Mokama	Nėra

<sup>1</sup> <http://www.xlstat.com/en/>.

<sup>2</sup> <http://se.mathworks.com/products/matlab/>.

<sup>3</sup> <http://cran.r-project.org/web/packages/forecast/index.html>.

<sup>4</sup> <http://www.r-project.org/>.

<sup>5</sup> <https://rdotnet.codeplex.com/>.

<sup>6</sup> [http://www.wessa.net/rwasp\\_arimaforecasting.wasp](http://www.wessa.net/rwasp_arimaforecasting.wasp).

<sup>7</sup> <http://www.ncss.com/software/ncss/>.

<sup>8</sup> <http://www.stat.cmu.edu/~abrock/oldcronos/>.

<sup>9</sup> <https://code.google.com/p/strategico/>.

<sup>10</sup> <http://peerforecaster.com/>.

Norint realizuoti tiesioginį rekomenduojamų modelių ryšį su serverio duomenų baze, rekomenduojama naudoti *R* paketo *forecast* arba *strategico* bibliotekas. Programinės įrangos ryšio su serveriu tipas gali būti pasirinktas priklausomai nuo serveryje naudojamos programinės įrangos.

Nesant tiesioginio ryšio su serveriu būtinybės, galima naudoti internetinį analizės įrankį *Wessa*, kuriame realizuota *Arima Forecasting* funkcija.

## Rezultatų apibendrinimas ir išvados

Elektroniniams knygynams labai svarbu laiku patenkinti atsiradusią paklausą. Tam reikia pakankamai tiksliai ją prognozuoti, siekiant užtikrinti greitą pristatymą. Pirkėjai nemėgsta laukti ir ieško kitų elektroninių parduotuvių, kurios pristatytų norimą knygą kiek įmanoma greičiau. Todėl būtina kuo tiksliau prognozuoti paklausą trumpuoju laikotarpiu.

Vienas iš geriausiai vertinamų laiko eilučių analizės metodų – autoregresinis integruotas slankiųjų vidurkių (*ARIMA*) metodas. Šio meto esmė – autoregresijos, diferencijavimo ir slankiojo vidurkio komponentių sujungimas. *ARIMA* metodas yra gana lankstus ir realizuotas daugelyje duomenų analizės įrankių. Šio metodo ir efektyvumo santykis yra pakankamai geras. Tai lemia metodo pritaikomumą daugelyje sričių.

Iš tyrimams pateikto duomenų rinkinio su knygų prekybos istorija pastebėta, kad prekybos pikas jaučiamas pirmosiomis dienomis po pirmojo knygos pardavimo ir vėliau palaipsniui mažėja. Reikia pažymėti, kad gana didelė knygų paklausa pastebima net dvejus metus po knygos išleidimo. Tai šiek tiek netikėtas analizės rezultatas. Pardavimo sezoniskumas juntamas, tačiau nėra labai akivaizdus. Mėnesio dienų sezoniskumo nepastebėta.

Galima pastebėti gana ryškių tiek knygų, tiek jų atributų populiarumo šuolių. Ilgalaikiai grafikai parodo, kad populiarumo tendencijų atpažinimas (pavyzdžiui, populiarus autorius ar leidykla) gali turėti teigiamos įtakos naujų

knygų paklausos prognozei. Knygų atributų specifika labiau pasireiškia trumpuoju laikotarpiu.

Bendru atveju veiklos ir pasirinkimo laisvė riboja nedidelis turimų duomenų kiekis. Nors visas duomenų rinkinys nėra labai mažas, tačiau dėl didelio knygų kiekio kiekvienos knygos pirkimo įrašų skaičius yra per mažas tikslioms prognozėms.

Sudėtingiausia naujų knygų paklausos prognozavimo problema yra tai kad neturima jokios tiesioginės informacijos, kuri leistų numatyti bent apytikslę naujai leidžiamos knygos paklausą. Šiuo atveju tenka ieškoti panašumų su kitomis, jau seniau prekybos sistemoje esančiomis knygomis ir pagal šių knygų paklausą prognozuoti naujai leidžiamos knygos paklausą. Tyrimo metu nustatyta, kad didžiausią paklausos priklausomybę turi naujos ir anksčiau išleistų knygų autoriaus bendrumas. Mažesnę ir tarpusavyje beveik vienodą paklausos priklausomybę turi knygos leidyklos ir knygos priklausomybės kategorijai bendrumai. Mažiausią įtaką prognozės tikslumui daro knygos priklausomybė kainos grupei.

Seniau prekyboje esančių knygų prognozavimo uždavinys yra gana standartinis ir dažnai pastebimas praktikoje, kai ateinančio laikotarpio paklausa prognozuojama remiantis praėjusio(-ių) laikotarpio(-ių) tos pačios knygos paklausa. Kadangi prognozavimui reikalingos pirkimo istorijos apimtys gana mažos, nuspręsta prognozavimą modeliuoti ne tik 7 dienų laikotarpiui, bet ir ilgesniam – mėnesio ar net ketvirčio.

Nustatyta, kad geriausių viso asortimento paklausos prognozavimo rezultatus demonstruoja šie *ARIMA* ( $p, g, d$ ) modeliai:

1. Ketvirčių: *ARIMA* (5, 4, 1).
2. Mėnesių: *ARIMA* (17, 0, 1).
3. Savaičių: *ARIMA* (16, 1, 0),  
*ARIMA* (16, 3, 0), *ARIMA* (16, 1, 1).

Geriausių individualių komponentių paklausos prognozavimo savaitės laikotarpiu rezultatus demonstruoja šie *ARIMA* ( $p, g, d$ ) modeliai:

1. Individualioms knygoms: *ARIMA (4, 3, 1)*.
2. Autoriams: *ARIMA (4, 2, 1)*; *ARIMA (0, 4, 0)* (nerekomenduojama naudoti).
3. Kategorijoms: *ARIMA (6, 2, 1)*, *ARIMA (4, 2, 1)*, *ARIMA (3, 2, 1)*.
4. Leidykloms: *ARIMA (5, 2, 1)*, *ARIMA (3, 2, 1)*.

## LITERATŪRA

DAUKŠYTĖ, L. (2011). *Europos šalių gamintojų kainų indekso prognozavimas*. VDU, Kaunas.

ELLIS, C. A.; & PARBERY, S. A. (2005). Is smarter better? A comparison of adaptive, and simple moving average trading strategies. *Research in International Business and Finance*, 19(3), p. 399–411.

FENG, Y.; & GALLEGRO, G. (1995). Optimal Starting Times for End-of-Season Sales and Optimal Stopping Times for Promotional Fares. *Management Science*, 41(8), p. 1371–1391.

GORARD, S. (2005). Revisiting a 90-year-old Debate: The Advantages of the Mean Deviation. *British Journal of Educational Studies*, 53(4), p. 41–430.

HAMILTON, J. D. (1994). *Time Series Analysis*. New Jersey: Princeton University Press.

HURVICH, C. H.; & TSAI, C.-L. (1998). Regression of Time Series Model Selection in Small Shapes. *Biometrika*, 76(2), p. 297–307.

MENTZER, J. T., & JR, J. E. (1984). Familiarity, application, and performance of sales forecasting techniques. *Journal of Forecasting*, p. 27–36.

OBERUC, R. E. (2011). *Dynamic Portfolio Theory and Management*. McGraw-Hill, Inc.

PAPLAUSKAITĖ, E. (2009). *Akcijų kainų kitimo modeliai: atsitiktinis klaidžiojimas ir ARIMA*. VDU, Kaunas.

Šiame straipsnyje pateikti tyrimo rezultatai tinkami tik konkretaus elektroninio knygyno duomenų rinkiniui, tačiau eksperimentų eiga yra universali, tinkama ir kitų el. knygynų bei el. parduotuvių pardavimo duomenų rinkinių analizei.

PINDYCK, R. S.; & RUBINFELD, D. L. (1998). *Econometric Models and Economic Forecasts*. McGraw-Hill, Inc.

SMALL, M.; & TSE, C. (2002). Applying the method of surrogate data to cyclic time series. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 164(3–4), p. 187–201.

TAYLOR, J. W. (2007). Forecasting daily super-market sales using exponentially weighted quantile regression. *European Journal of Operational Research*, 178(1), p. 154–167.

VAIDYANATHAN, R. (2011). *Retail Demand Management: Forecasting, Assortment Planning and Pricing*. PhD Thesis. University of Pennsylvania.

WANG, Z.; & BOVIK, A. (2009). Mean squared error: Love it or leave it? A new look at Signal Fidelity Measures. *Signal Processing Magazine*, 26(1), p. 98–117.

WEI, W. W. (1994). *Time Series Analysis*. Boston: Pearson.

WILLEMAIN, T. R. (1991). The effect of graphical adjustment on forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*, 7(2), p. 151–154.

YU, X.; LIU, Y.; HUANG, X.; & AN, A. (2010). A quality-aware model for sales prediction using reviews. In: *Proceedings of the 19th international conference on World wide web*. New York, p. 1217–1218.

## POSSIBILITIES OF DEMAND FORECASTING IN ELECTRONIC BOOKSTORE

**Aurimas Rapečka, Virginijus Marcinkevičius**

### Summary

In this paper, the efficiency of various demand forecasting algorithms is analyzed. The key goal of analysis is to determine effective and not effective algorithms in the data set used for analysis and to create the best model for demand forecasting in electronic bookstore. Analytic reviews of basic principles of demand forecasting are

*Įteikta 2015 m. gegužės 23 d.*

presented and an effective algorithm in the data set used for experiments is determined. In this case, coefficients of ARIMA model were experimentally selected and this model was experimentally tested with real data set.

**Keywords:** demand forecasting, forecasting methods, online forecasting.

# Programų kūrimo procesų vertinimas naudojant keletą procesų vertinimo modelių

## Stasys Peldžius

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakulteto lektorius, daktaras  
Vilnius University, Faculty of Mathematics and Informatics, Lector, PhD  
Naugarduko g. 24, LT-03225 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: stasys.peldzius@mif.vu.lt

## Saulius Ragaišis

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakulteto docentas, daktaras  
Vilnius University, Faculty of Mathematics and Informatics, Assoc. Professor, PhD  
Naugarduko g. 24, LT-03225 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: saulius.ragaišis@mif.vu.lt

*Populiariausi programų kūrimo proceso vertinimo modeliai yra ISO/IEC 15504 ir CMMI. Įmonės, norėdamos būti oficialiai pripažintos platesnėje aplinkoje, renkasi vieną iš šių dviejų modelių. Tačiau jos susiduria su problema, kad skirtingi užsakovai reikalauja vertinimų pagal skirtingus modelius. Todėl įmonėms aktualu turėti instrumentą, kuris atvaizduotų jos vertinimo rezultatus iš vieno procesų vertinimo modelio į kitą, kaskart neatliekant realaus įmonės procesų vertinimo.*

*Toks instrumentas yra autorių sukurtas tarpinis procesų vertinimo modelis. Jo pritaikomumas tiesiogiai priklauso nuo to, kiek procesų vertinimo modelių jis apima. Šiame straipsnyje analizuojami ISO/IEC 15504-5:2006, ISO/IEC 15504-7:2008, CMMI-DEV V1.3 ir ISO/IEC 15504-5:2012 modelių įtraukimai į tarpinį procesų vertinimo modelį. Kaip darbo rezultatą įmonė, turėdama įvertinimą pagal vieną iš šių modelių, gali gauti įvertinimus pagal visus kitus modelius.*

**Pagrindiniai žodžiai:** programų kūrimo proceso vertinimas, tarpinis procesų vertinimo modelis, CMMI, ISO/IEC 15504.

## Įvadas

Programų kūrimo proceso vertinimo modelių atsiradimą inicijavo užsakovų poreikiai turėti objektyvius kriterijus renkantis tinkamiausią projekto vykdytoją. Jau nuo pat modelių kūrimo pradžios ne mažiau svarbus buvo vertinimo modelių tinkamumas proceso gerinimui. Kuo proceso branda / gebėjimas didesnis, tuo įmonės projektuose mažiau aptinkama defektų, gerokai mažėja darbo sąnaudos, tiksliau prognozuojami projekto terminai ir biudžetas. Plačiausiai naudojami programų kūrimo proceso vertinimo modeliai yra tarptautinis standartas ISO/IEC 15504 ir CMMI, kuris yra tapęs standartu *de facto* (Pino, 2007).

Pažymėtina, kad modelio pasirinkimą dažniausiai lemia ne paties modelio savybės, bet išorinės aplinkybės, pavyzdžiui, jei įmonė siekia dirbti su

JAV užsakovais, ji neabejotinai renkasi CMMI. Lietuvos įmonės dažniausiai pasirenka CMMI (Balandis, 2005), kadangi jis yra nemokamas ir turima daug papildomos informacijos apie jo taikymą, o valstybės remiamuose projektuose skatinama naudoti ISO/IEC 15504 (Bendinskas, 2005), nes jis yra tarptautinis procesų vertinimo standartas.

Įmonės susiduria su problema, kad skirtingi užsakovai reikalauja skirtingų procesų vertinimo modelių. Todėl įmonėms aktualu turėti instrumentą, kuris atvaizduotų jos vertinimo rezultatus iš vieno modelio į kitą, kaskart neatliekant realaus įmonės procesų vertinimo. Pavyzdžiui, įmonė, turinti savo procesų gebėjimo vertinimą pagal ISO/IEC 15504 modelį, galėtų automatiškai gauti savo procesų gebėjimo vertinimą pagal CMMI-DEV modelį ar naujesnę (senesnę) ISO/IEC 15504 versiją.



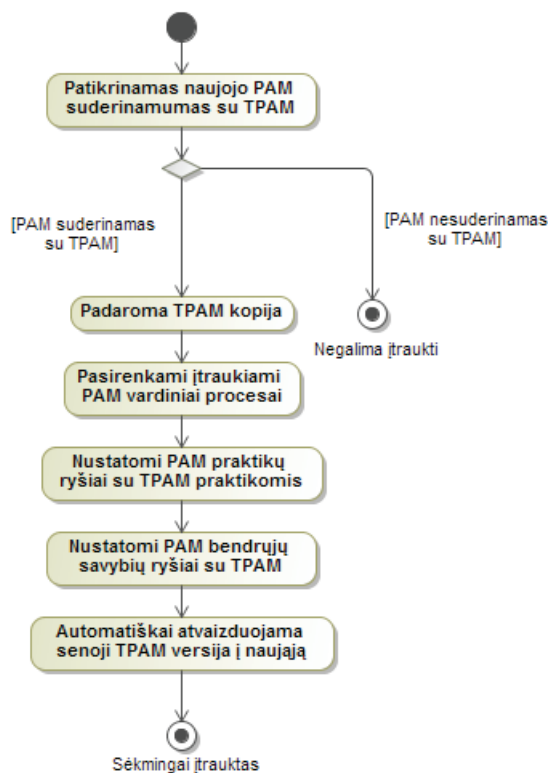
Atvaizduoti vertinimo rezultatus tarp modelių galima tik tuomet, kai modeliai yra suderinami. Pirmi bandymai suderinti CMMI ir ISO/IEC 15504 vertinimo modelius prasidėjo daugiau kaip prieš dešimt metų. Pradžioje buvo analizuojama, ar jie apskritai yra suderinami (Rout, 1998). Vėliau buvo pradėti nagrinėti jų tarpusavio ryšiai (Paulk, 1999). Esminius tyrimus atliko T. Rout (2001) – buvo pateiktas CMMI V.1.1 brandos lygių atvaizdis į ISO/IEC 15504-2:1998 gebėjimo profilius.

Tuo metu, kai buvo pradėti kurti modelių tarpusavio atvaizdžiai, pradėta kurti ir bendrus modelius. Jais buvo siekiama sukurti naują procesų vertinimo modelį (toliau vadinama PAM), kuris jungtų visus tuo metu buvusius modelius. Plačiausiai žinomas toks modelis yra SEPRM (Wang, 2000), tačiau jis turėjo esminių trūkumų, dėl kurių neišpopuliarėjo (Peldžius, 2011).

Autorių sukurtas tarpinis programų kūrimo procesų vertinimo modelis (toliau vadinamas TPAM) naudojamas siekiant gauti kelis vertinimo rezultatus, atlikus vieną įmonės procesų vertinimą, taip išsprendžiant keleriopo vertinimo problemą. Tai nėra naujas modelis, kaip buvo SEPRM. Jo esminis skirtumas nuo SEPRM yra tas, kad jame modeliai yra susiejami tarpusavyje, nustatant ryšius tarp jų praktikų, todėl galima atlikti vertinimo rezultatų atvaizdavimus tarp įtrauktų modelių praktikų. Tokio modelio idėja buvo aptarta straipsnyje (Peldžius, 2012).

Šiame straipsnyje analizuojami ISO/IEC 15504-5:2006, ISO/IEC 15504-7:2008, CMMI-DEV V1.3 ir ISO/IEC 15504-5:2012 modelių įtraukimai į TPAM. Įtraukimas atliekamas pagal 1 paveiksle pateiktą algoritmą, kuris detalai aprašytas šaltinyje (Peldžius, 2014).

## 1. ISO/IEC 15504-5:2006 ir ISO/IEC 15504-7:2012 įtraukimas



1 pav. Naujo vertinimo modelio įtraukimo į TPAM algoritmas

Pradedant modelių įtraukimą, pirmiausia reikia nuspręsti, kuris modelis bus įtrauktas pirmas ir taps TPAM šerdimi, nes visos šio modelio praktikos automatiškai taps ir TPAM praktikomis, o visi kiti vėlesni modeliai turės būti atvaizduojami būtent į šias praktikas, o įtraukiant naujas praktikas jų formulotės turės būti taip pat derinamos prie šio modelio. Pirmuoju modeliu yra pasirinktas ISO/IEC 15504-:2006.

Toks sprendimas priimtas dėl keleto priežasčių:

- ISO/IEC 15504 yra *de jure* tarptautinis standartas.
- ISO/IEC 15504-5:2006 yra pirmasis pavyzdinis PAM, suderintas su ISO/IEC 15504-2 dalimi.
- Ši modelio versija naudoja ISO/IEC 12207:1995 kaip etaloninį procesų modelį (toliau tekste PRM). Šis PRM yra plačiai naudojamas ir kituose vertinimo modeliuose: „Automotive SPICE“, „SPiCE for SPACE“ (S4S) ir kituose PAM. Todėl reikėtų mažiau pastangų TPAM papildyti naujais vertinimo modeliais.

- Nauda iš kelių to paties modelio versijų, įtrauktų į TPAM, gali būti tik tuomet, kai yra abi ISO/IEC 15504-5 versijos (2006 ir 2012), taip pat svarbi ir istorinė jų išleidimo tvarka, nes dažniausiai naujesnės versijos yra detalesnės, išsamesnės, todėl naudinga pradėti nuo senesnės versijos.

Įtraukus ISO/IEC 15504 tolydinį modelį, kartu buvo įtrauktas pakopinis ISO/IEC 15504-7:2012. ISO/IEC 15504 pakopiniame modelyje yra du nauji vardiniai procesai: QNT.1 „Kiekybinis proceso efektyvumo valdymas“ ir QNT.2 „Kiekybinis proceso gerinimas“, juos įtraukiant jokios buvusios TPAM praktikos nepasikeitė, nes šie procesai yra tiesiog pridėti prie tolydinio modelio vardinių procesų ir jų dalykinė sritis nedengia kitų vardinių procesų.

## 2. CMMI-DEV V1.3 įtraukimas

Trečiasis įtrauktas modelis – CMMI-DEV V1.3. Nuspręsta neįtraukti senesnės CMMI-DEV V1.2 versijos, nes jos įtraukimas šiuo metu mažai naudingas tiek teoriškai, tiek praktiškai: pokyčiai tarp CMMI V1.2 ir V1.3 nėra esminiai, išskyrus 4 ir 5 gebėjimo lygių atsisakymą, kas irgi nedaro jokios įtakos TPAM struktūrai ir atvaizdavimams. Pagal SEI (angl. *Software Engineering Institute*) pateiktą medžiagą tik 10 organizacijų turi galiojančius sertifikatus pagal CMMI-DEV V1.2, kurie buvo gauti 2012 metais, o naujesnės versijos dar nėra (CMMI, 2015), todėl netrukus nebegalios ir nebus prasmės atlikti atvaizdavimų į senesnę CMMI-DEV versiją.

CMMI-DEV yra suderinamas su TPAM: jo dalykinė sritis taip pat yra programinės įrangos kūrimas. Pagal CMMI-DEV vertinimo modelį

galima vertinti ir sistemas kuriančias įmones, tačiau įtraukimo metu praktikos interpretuojamos iš programinės įrangos kūrimo perspektyvos.

Visos CMMI-DEV proceso sritys yra įtrauktos į TPAM, nes organizacijoms turėti galimybę atvaizduoti visus vertinimo rezultatus pagal CMMI-DEV yra taip pat svarbu, kaip ir pagal ISO/IEC 15504. Įtraukiant CMMI buvo pasirinktas proceso sričių įtraukimas pagal priklausymą brandos lygiams. Pirmiausia buvo įtrauktos proceso sritys iš 2 brandos lygio, paskui iš 3 lygio ir t. t. Detaliau analizuojamas „Reikalavimų specifikavimo“ (RD) proceso srities specifinių praktikų įtraukimas. Pirmasis specifinis tikslas yra SG1 „Specifikuoti kliento reikalavimus“, o pirmoji specifinė praktika SP 1.1 „Išsiaiškinti poreikius“. Reikia patikrinti TPAM inžinerinių procesų praktikas (šiuo atveju realiai tikrinamos ISO/IEC 15504-5 praktikos), ar jose yra aprašomi reikalavimai išsiaiškinti užsakovų poreikius, lūkesčius, apribojimus ir sąsajas visoms programinės įrangos gyvavimo ciklo fazėms, jeigu jau egzistuoja TPAM praktika, turinti SP 1.1 praktikos požymių, reikia nustatyti, kiek procentų esamos praktikos dengia naują praktiką. Šios praktikos įtraukimas pateikiamas 1 lentelėje.

Išnagrinėjus TPAM praktikas nustatyta, kad nėra išreikštinai reikalaujama išsiaiškinti poreikius, tačiau yra iš dalies susijusi TPAM praktika ISO.ENG.1.BP1 „Išsiaiškinti kliento reikalavimus ir prašymus“, nes užsakovų lūkesčiai ir apribojimai apibendrintai vadinami prašymais. Todėl ši CMMI-DEV praktika dalijama į dvi praktikas, nes dalis jos yra dengiama, o dalis yra nauja, taip pat į dvi dalis dalijama ENG.1.BP1 praktika, kur viena dalis sutampa su dalimi CMMI praktikos. Kadangi daugiau ryšių

1 lentelė. CMMI RD SP 1.1 įtraukimas į TPAM

CMMI praktika	%	TPAM praktikos
SP 1.1 „Išsiaiškinti poreikius“. Išsiaiškinti susijusių asmenų poreikius, lūkesčius, apribojimus ir sąsajas visoms programinės įrangos gyvavimo ciklo fazėms.	70	RD_SP 1.1 „Išsiaiškinti poreikius“. Išsiaiškinti kliento poreikius ir sąsajas visoms programinės įrangos gyvavimo ciklo fazėms.
	30	ENG.1.BP1_1 „Išsiaiškinti kliento lūkesčius, apribojimus ir kitus prašymus“. Gauti kliento lūkesčius, apribojimus ir kitus prašymus tiesiogiai ir nuolat bendraujant su klientu ir naudotojais.

su TPAM praktikomis nerasta, nauja praktika CMMI.RD.SP1.1 „Išsiaiškinti poreikius“ yra įtraukiama į TPAM, ši praktika dengia 70 proc. originalios CMMI-DEV RD praktikos SP 1.1 „Išsiaiškinti poreikius“. Jų pavadinimai lieka tokie patys, bet įtrauktos praktikos turinys susiaurinamas, kaip parodyta 1 lentelėje. Ši praktika įtraukiama į tą patį vardinį procesą, kuriame yra praktika ISO.ENG.1.BP1\_1, t. y. į ENG.1 „Reikalavimų išsiaiškinimas“. Taip pat papildžius TPAM vardiniam procesui nauja praktika, kurioje apibrėžtų veiklų iki tol nebuvo, reikia praplėsti proceso rezultatus, nes įgyvendinus naują praktiką jie papildys. Naujasis rezultatas: „Poreikiai yra išsiaiškinti“.

Įtraukiant CMMI-DEV į TPAM buvo susidurta su skirtingo detalumo praktikų įtraukimo problema.

### 2.1. Skirtingo detalumo praktikų įtraukimas

Praktikų detalumas gali būti dviejų rūšių. Pirmas variantas – kai pirmame modelyje yra bendresnė praktika, o antrame keletas detalesnių praktikų ir jų visuma iš esmės dengia pirmo modelio bendresnę praktiką. Pavyzdžiui, ISO/IEC 15504 procesuose yra praktikos, kurios reikalauja, kad nuolat būtų įtraukiami suinteresuoti asmenys (peržiūroms, patvirtinimams): SUP.2.BP5 „Pateikti verifikavimo rezultatus užsakovams“, SUP.7.BP6 „Patikrinti dokumentus“, o CMMI atveju tik proceso valdyme reikalaujama, kad nuolat būtų bendradarbiaujama ir viskas koordinuojama su suinteresuotais asmenimis. Galima teigti, kad CMMI ir ISO/IEC 15504 reikalavimai sutampa, tiesiog CMMI aprašo bendresnę veiklą. Tokiais atvejais į tar-

pių modelį įtraukiamos detalesnės praktikos, o bendresnė praktika netraukiama. Dažnai taip pasitaiko, kai CMMI atveju yra viena specifinė praktika, o ISO/IEC 15504 atveju tokią veiklą aprašo net visas procesas. Pavyzdžiui, CMMI „Produkto integravimo“ (PI) proceso srities SP 1.2. „Sukurti produkto integravimo aplinką“ yra labai bendra specifinė praktika, kuri atvaizduojama į visą TPAM vardinį procesą RIN.4 „Infrastruktūra“, kurio praktikos suskaidomos pagal infrastruktūros gyvavimo ciklą (identifikuoti infrastruktūros poreikį, apibrėžti jos reikalavimus, įsigyti infrastruktūrą, sukurti infrastruktūrą ir t. t.), šiuo atveju integravimo aplinkos. Taip pat PI proceso srities specifinė praktika SP 3.4 „Supakuoti ir pristatyti produktą ar jo dalį“ yra atvaizduojama viso TPAM vardinio proceso SPL.2 „Produkto laida“. Tas pats atvejis yra ir su „Integruoto projektų valdymo“ (IPM) proceso srities specifine praktika SP 1.3 „Įdiegti projekto darbo aplinką“, kuri dengia visas TPAM vardinio proceso RIN.4 „Infrastruktūra“ praktikas darbo aplinkos kontekste. Šiuo atveju RIN.4 yra detalesnis bet kokios infrastruktūros požiūriu, o CMMI atveju yra po vieną specifinę praktiką, tačiau konkrečios infrastruktūros, todėl TPAM priklausančios RIN.4 vardinio proceso praktikos suskaidomos pagal infrastruktūros rūšis. 2 lentelėje pateikiamas RIN.4.BP1 praktikos išskaidymas tarpiniame modelyje. Pirmas „%“ stulpelis reiškia, kiek TPAM praktika dengia CMMI-DEV praktiką, o antras „%“ stulpelis reiškia, kiek TPAM praktika dengia RIN.4.BP1 „Nustatyti infrastruktūros apimtį“ praktiką, šių dengimų suma turi būti 100 proc. kadangi šios trys praktikos visiškai padengia RIN.4.BP1.

2 lentelė. RIN.4 „Infrastruktūra“ proceso RIN.4.BP1 „Nustatyti infrastruktūros apimtį“ praktikos skaidymas įtraukiant CMMI-DEV

CMMI-DEV proceso sritis	CMMI-DEV specifinė praktika	%	TPAM praktika	%
„Produkto integravimas“ (PI)	SP 1.2. „Sukurti produkto integravimo aplinką“	10	RIN.4.BP1_1 „Nustatyti produkto integravimo infrastruktūros apimtį“	20
„Integruotas projektų valdymas“ (IPM)	SP 1.3. „Sukurti projekto darbo aplinką“	15	RIN.4.BP1_2 „Nustatyti projekto infrastruktūros apimtį“	20
„Organizacijos proceso apibrėžimas“ (OPD)	SP 1.6. „Sukurti darbo aplinkos standartus“	25	RIN.4.BP1_3 „Nustatyti darbo aplinkos infrastruktūros apimtį“	60

Kitas praktiškų skirtingo detalumo atvejais, kai abiejuose modeliuose yra po vieną praktiką ir viename ji yra konkreti, o kitame bendresnė, tokiu atveju į TPAM yra įtraukiamos abi praktikos, tik bendresnė praktika papildoma, kad ji nevertinama konkretesnės praktikos kontekste, nes ta dalis vertinama atskiroje praktikoje. Abi praktikas reikia įtraukti į TPAM, nes nebūtų galima atlikti atvaizdavimo tarp jų. Formaliai, jei X modelyje yra detali praktika *c*, o Y modelyje yra praktika *abc*, tokiu atveju į tarpinį modelį įtraukiama *c* praktika ir *abc* prirašant, kad nevertinamas *c* kontekstas, nes abstrakčios praktikos negalima suskaidyti į dvi praktikas. Tokiu atveju *c* praktika 100 proc. dengs TPAM *c* praktiką ir 0 proc. *abc-c* praktiką, o Y modelio *abc* praktika dengs 66 proc. *abc-c* ir 34 proc. *c* praktikos. Padengimo procentinė dalis turi būti nustatoma ekspertiškai įvertinus, kokią dalį konkreti praktika sudaro bendresnėje praktikoje. Pavyzdžiui, ISO/IEC 15504 praktika ENG.1.BP5 „Nustatyti kritinius reikalavimus“: rašoma, kad reikia išrinkti sveikatos, saugos ir saugumo, aplinkos ir kitus reikalavimus, kurie turi kritinę reikšmę kokybei. CMMI atveju nėra tokios detalios praktikos, kur būtų išvardyta, kas yra kritiniai reikalavimai, tačiau tikėtina, kad, CMMI vykdant reikalavimų išsiaiškinimo ir prioretizavimo reikalavimus, kritiniai reikalavimai bus nustatyti. Į TPAM yra įtraukiama ir detali praktika, o bendresnėje praktikoje pridedama, kad joje nevertinamas konkretesnės praktikos turinys.

## 2.2. CMMI-DEV įtraukimo apibendrinimas

Į TPAM buvo įtrauktos visos CMMI-DEV proceso sritys. Visos naujos TPAM praktikos įtrauktos ar atnaujintos senuose vardiniuose procesuose, naujas vardinis procesas atsirado tik vienas – „Sprendimų analizė ir pasirinkimas“ (DAR), nes ISO/IEC 15504 nėra išreikštinai aprašyta šios proceso sritys praktiškų.

Apibendrinant CMMI įtraukimo procesą galima teigti, kad sudėtingiausia ir daugiausia laiko reikalaujanti užduotis yra surasti ryšius tarp CMMI-DEV ir TPAM praktiškų. Visas CMMI-DEV yra iki galo atvaizduotas į TPAM

praktikas. Tik keletas CMMI-DEV praktiškų (vykdyti kolegų peržiūras, stebėti duomenų valdymą, vertinti alternatyvius sprendimus) nebuvo atvaizduotos į senas TPAM praktikas ir buvo įtrauktos kaip naujos.

Įtraukus CMMI-DEV, TPAM tampa tinkamas atlikti gebėjimo profilio pagal CMMI-DEV atvaizdavimus į kitus priklausančius TPAM modelius (ISO/IEC 15504-5 ir ISO/IEC 15504-7). Taip pat ir kitų priklausančių modelių gebėjimo profilius galima atvaizduoti pagal CMMI-DEV modelį. Šiame poskyryje nagrinėjamas toks pavyzdinis CMMI-DEV gebėjimo profilis, kur visos inžinerinės proceso sritys pasiekia 1 gebėjimo lygį ir visos specifinės praktikos yra iki galo vykdomos. Tokį gebėjimo profilį norima atvaizduoti į ISO/IEC 15504 per TPAM. Gautas ISO/IEC 15504-5:2006 gebėjimo profilis atvaizduojant per TPAM pateikiamas 2 pav., kur „GL“ reiškia gebėjimo lygį.

CMMI-DEV inžinerinių procesų sritis yra platesnė nei ISO/IEC 15504 inžinerinių procesų grupė, todėl buvo atvaizduota ir į kitų grupių procesus. Iš gauto profilio matoma, kad didžioji dalis ISO/IEC 15504-5:2006 inžinerinių procesų nepasiekia 1 gebėjimo lygio, nors atlikus išsamius modelių atvaizdavimus gauta, kad CMMI dengia visus inžinerinius ISO/IEC 15504 procesus. Taip atsitinka dėl to, kad likusią nepadengtą inžinerinių procesų dalį dengia „Reikalavimų valdymo“ (REQM) proceso sritis, kuri CMMI-DEV modelyje yra priskirta prie projekto valdymo kategorijos, todėl ši proceso sritis neįtraukta į gebėjimo profilį.

Atliekant pavyzdinį priešingą atvaizdavimą, imamas ISO/IEC 15504-5:2006 gebėjimo profilis su visais inžinerinės grupės programų kūrimo procesais, kur visi procesai pasiekia 1 gebėjimo lygį ir visos bazinės praktikos yra vykdomos. Gautas CMMI-DEV gebėjimo profilis pateikiamas 3 pav., kur „ST“ reiškia specifinį tikslą. CMMI-DEV inžinerinės proceso sritys „Validavimas“ (VAL) ir „Verifikavimas“ (VER) nėra padengtos, nes ISO/IEC 15504-5:2006 atitinkami procesai priklauso palaikymo procesų grupei.

ISO/IEC 15504-5:2006 procesai	Bazinės praktikos											PA 1.1				GL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	N	P	L	F		
ENG.1 Reikalavimų išsiaiškinimas	100	100	100	100	100	100											0
ENG.4 Programinės įrangos reikalavimų analizė	100	100	100	100	100	100											1
ENG.5 Programinės įrangos projektavimas	100	50	100	100	100	100											0
ENG.6 Programinės įrangos projekto realizavimas	100	100	100	100	100	100											0
ENG.7 Programinės įrangos integravimas	100	100	100	100	100	100											1
ENG.8 Programinės įrangos testavimas	100	100	100	100	100	100											1
ENG.11 Programinės įrangos instaliavimas	100	100	100	100	100	100											1
OPE.2 Kliento palaikymas		100	100	100	100	100											0
SUP.2 Verifikavimas	100	100	100	100	100	100											1
SUP.3 Validavimas	100	100	100	100	100	100	100										1
SUP.7 Dokumentavimas						10											0
SPL.2 Produkto laida	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100						1
MAN.5 Rizikos valdymas			30														0
RIN.4 Infrastruktūra	20	20	20	20	20	20											0
REU.2 Pakartotinio panaudojamumo valdymas		10			40												0

2 pav. ISO/IEC 15504-5:2006 gebėjimo profilis, gautas iš CMMI-DEV 1 gebėjimo lygio inžinerinių proceso sričių

CMMI-DEV V1.3 proceso sritys	Specifinės praktikos															ST1	ST2	ST3	GL
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5					
Produkto integravimas (PI)	100	40	100			0	0			0	100	100	40		LI	NI	LI	0	
Reikalavimų specifikuojimas (RD)	30	80				100	100	100		10	0	30	20	0	LI	FI	NI	0	
Techninis sprendimas (TS)	100	80				95	0	80	90	100	0				FI	LI	PI	0	
Reikalavimų valdymas (REQM)	100	100	100	37	70										LI			1	

3 pav. CMMI-DEV V1.3 gebėjimo profilis, gautas iš ISO/IEC 15504-5:2006 1 gebėjimo lygio inžinerinių procesų

### 3. ISO/IEC 15504-5:2012 įtraukimas

Į TPAM yra svarbu įtraukti ir naujausią ISO/IEC 15504-5 versiją. Tai palengvins organizacijoms migravimą nuo 2006 metų prie 2012 metų versijos. Įtraukiant ISO/IEC 15504-5:2012 į TPAM, reikia pasirinkti procesų įtraukimo tvarką. Pirmiausia buvo pasirinkti programinės įrangos kūrimo procesai. Naujoje versijoje daugiau dėmesio skirta programinės įrangos kūrimui: ISO/IEC 15504-5:2006 procesas ENG.5 „Programinės įrangos projektavimas“ padalytas į du naujus procesus: DEV.2 „Programinės įrangos architektūros projektavimas“ ir DEV.3

„Programinės įrangos detalus projektavimas“. Taip pat buvo detalizuotos ir bazinės praktikos.

ISO/IEC 15504-5:2006 buvo suprojektuotas taip, kad tiktų tiek organizacijoms, užsiimančioms sistemų vystymu, tiek organizacijoms, kuriančioms išskirtinai programinę įrangą. Pagal pakopinį ISO/IEC 15504-7 modelį, organizacijos, išskirtinai kuriančios programinę įrangą, norėdamos gauti pirmąjį brandos lygį neprivalo vertinti sistemos procesų: ENG.2 „Sistemos reikalavimų analizė“, ENG.3 „Sistemos architektūros projektavimas“, ENG.9 „Sistemos integravimas“ ir ENG.10 „Sistemos testavimas“.



Vadovaujantis ta pačia taisykle, galima teigti, kad organizacijos, išskirtinai kuriančios programinę įrangą, turi vertinti ISO/IEC 15504-5:2012 ENG.1 „Suinteresuotų asmenų reikalavimų apibrėžimo“ procesą iš programinės įrangos kūrimo perspektyvos, o ENG.2 „Sistemos reikalavimų analizės“, ENG.3 „Sistemos architektūros projektavimo“, ENG.5 „Sistemos integravimo“ ir ENG.6 „Sistemos parengimo testų“ procesai nevertinami, nes yra skirti sistemoms kuriančioms organizacijoms. Įtraukus ISO/IEC 15504-5:2012 programinės įrangos procesus (DEV) į TPAM pastebėta, kad nors naujoje versijoje yra nemažai struktūrinių pakeitimų, tačiau procesų dalykinė apimtis iš esmės neprasipletė, o tik tapo detalesnė.

Norint patikrinti ISO/IEC 15504-5:2012 atvaizdavimo galimybes, sudaromas ISO/IEC 15504-5:2012 gebėjimo profilis iš visų pirmojo gebėjimo lygio programinės įrangos procesų grupės (DEV) darant prielaidą, kad visos bazinės praktikos yra vykdomos. CMMI-DEV gebėjimo profilis, gaunamas atvaizduojant ISO/IEC 15504-5:2012 gebėjimo profilį per TPAM, pateikiamas 4 paveiksle.

Paryškintos procentinės vertės vaizduoja skirtumą nuo ISO/IEC 15504-5:2006 versijos, kurios CMMI gebėjimo profilis buvo pateiktas 3 pav. Reikia pažymėti, kad keleto proceso sričių specifinių praktikų padengimas yra sumažėjęs, taip yra dėl to, kad ISO/IEC 15504-5:2012 atsirado dvi procesų grupės iš buvusios inžinerinių procesų grupės.

Tokiu būdu galima gauti ISO/IEC 15504-5:2006 (ir 2012 versijos) bei CMMI-DEV V1.3 gebėjimo profilius atvaizduojant vertinimo rezultatus per TPAM.

#### 4. Kitų modelių įtraukimas į TPAM

TPAM tampa ypač naudingas, kai modelių įtraukiama kuo daugiau. Įtraukus CMMI-DEV į TPAM, galima įtraukti ir kitus CMMI modelius, kurie yra tokios pačios struktūros: TMMi (TMMi, 2012), P-CMM (P-CMM, 2001), CMMI-SVC (CMMI-SVC, 2010), CMMI-ACQ (CMMI-ACQ, 2010). Įtraukus ISO/IEC 15504-5:2012, galima įtraukti ir kitus SPICE šeimos modelius: „Automotive SPICE“ (AutomotiveSPICE, 2010), „SPICE for SPACE“ (S4S) (Cass, 2001), „Test SPICE“ (TestSPICE, 2015; Steiner, 2012), „MediSPICE“ (Walker, 2009; Caffery, 2010), „Enterprise SPICE“ (EnterpriseSPICE, 2010), „Nuclear SPICE“ (Varkoi, 2014).

Kai kurių SPICE grupės modelių („Automotive SPICE“, „MediSPICE“ ir kitų) praktikos daugiausia sutampa su ISO/IEC 15504-5:2006 modeliu, todėl beliktų įtraukti tik naujas praktikas į TPAM, kurių nėra ISO/IEC 15504-5:2006. Tuomet organizacija, turėdama vieno iš šių modelių įvertinimą, nesunkiai galėtų gauti gebėjimo profilius pagal kitus modelius, kartu ir pagal CMMI. Pavyzdžiui, ISO/IEC 15504-5:2006 ir „Automotive SPICE“ procesų šaltinis yra ISO/IEC 12207: 2004 Amd 1/ Amd 2, tiesiog „Automotive SPICE“ įtraukė kai kuriuos kitus procesus, kurių ISO/IEC 15504-5:2006 neįtraukė.

„Enterprise SPICE“ buvo sukurtas kaip vertinimo modelis, kuris tinkamas iš esmės bet kokia komercine veikla užsiimančios organizacijos procesams vertinti ir gerinti. Kadangi TPAM yra konstruojamas vertinti tik organizacijas ar jų skyrius, kuriančius programinę įrangą, todėl įtraukiant „Enterprise SPICE“, jo procesus

CMMI-DEV V1.3 proceso sritys	Specifinės praktikos															S11	S12	S13	GL
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5					
Produkto integravimas (PI)	100	40	100			0	0			0	100	100	0		LI	NI	LI	0	
Reikalavimų specifikuojimas (RD)	0	10				100	100	100		10	0	30	0	0	LI	FI	NI	0	
Techninis sprendimas (TS)	100	80				100	0	80	90	90	0				FI	LI	PI	0	
Reikalavimų valdymas (REQM)	90	0	0	100	70										LI			1	

4 pav. CMMI-DEV gebėjimo profilis, gautas iš ISO/IEC 15504-5:2012 1 gebėjimo lygio programinės įrangos kūrimo procesų



reikia traktuoti programinės įrangos kūrimo kontekste. Šis modelis turi naują procesų rūšį – specialiųjų taikymų sritį. Įtraukiant „Enterprise SPICE“ modelį į TPAM, specialiųjų taikymų sritis nebus įtraukiama, nes ji tikslina kitus procesus, todėl būtų pažeista taisyklė, kad kiekviena įtraukiamo modelio praktika yra unikali. Norint vertinti specialiąją taikymų sritį, ją reikia įtraukti kaip atskirą modelį, o ne „Enterprise SPICE“ dalį, tokiu atveju būtų galima įvertinti, kaip specialiąją taikymo sritį dengia CMMI ar ISO/IEC 15504.

## Išvados ir rezultatai

Pasinaudojus apibrėžta naujų modelių įtraukimo metodika, buvo sėkmingai įtrauktos naujausios CMMI-DEV ir ISO/IEC 15504 versijos.

## LITERATŪRA

AUTOMOTIVESPICE (2010). *Automotive SPICE4® Process Assessment Model*. Prieiga per internetą: <[http://www.automotivespice.com/fileadmin/software-download/automotiveSIG\\_PRM\\_v45.pdf](http://www.automotivespice.com/fileadmin/software-download/automotiveSIG_PRM_v45.pdf)>.

BALANDIS, Osvaldas; LAURINSKAITĖ, Laura (2005). Software Process Improvement in Lithuania – UAB Sintagma Case Study. *Information Technology and Control*, vol. 34, no. 2A, p. 195–201.

BENDINSKAS, Vitolis; MIKALIŪNAS, Gediminas; MITAŠIŪNAS, Antanas; RAGAIŠIS, Saulius (2005). Towards Mature Software Process. *Information Technology and Control*, vol. 4, no. 2A, p. 209–214.

CAFFERY, Fergal Mc; DORLING, Alec (2010). Medi SPICE development. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, vol. 22, no. 4, p. 255–268.

CASS, A; VOLCKER, C; WINZLER, L (2001). SPICE for SPACE : A Process Assessment and Improvement Method for Space Software Development. *In eesa bulletin*, vol. 107, p. 112–119.

CMMI-ACQ (2010). *CMMI® for Acquisition*, Version 1.3 CMMI-ACQ, V1.3.

*CMMI Institute Published Appraisal Results* [interaktyvus]. [Žiūrėta 2014-03-20]. Prieiga per internetą: <<https://sas.cmmiinstitute.com/pars/pars.aspx>>.

CMMI-SVC (2010). *CMMI® for Services*, Version 1.3 CMMI-SVC, V1.3.

Ateityje bus įtraukti ir kiti modeliai, pirmiausia „Automotive SPICE“, kuris ypač populiarus Europos automobilių pramonėje. Kuo daugiau PAM bus įtraukta į TPAM, tuo daugiau vertinimo rezultatų pagal skirtingus PAM bus galima gauti. Organizacijos, pasinaudamos TPAM, galės efektyviau pasirėngti oficialiems vertinimams, nes iš anksto žinos tikėtinus vertinimo rezultatus.

Naudojant tarpinį programų kūrimo procesų vertinimo modelį, galima atvaizduoti vertinimo rezultatus pagal skirtingus proceso vertinimo modelius. Tikslūs vertinimo rezultatai gaunami, kai organizacija vertina programų kūrimo procesus pagal tarpinį modelį, o vertinimo rezultatus pagal kitus modelius gauna atlikę atvaizdavimus.

ENTERPRISESPICE (2010). *Enterprise SPICE® An Integrated Model for Enterprise-wide Assessment and Improvement*. 183 p. Prieiga per internetą: <<http://enterprisespice.com/>>.

PAULK, Mark (1999). Analyzing the Conceptual Relationship Between ISO/IEC 15504 (Software process Assessment) and the Capability Maturity Model for Software. In *International Conference on Software Quality*, Cambridge.

P-CMM (2001). *People Capability Maturity Model Version 2.0*. 718 p.

PELDŽIUS, Stasys; RAGAIŠIS, Saulius (2011). Tarpinio programų kūrimo proceso modelio reikavimams. *Informacijos mokslai*, t. 56, p. 138–145.

PELDŽIUS, Stasys (2012). Tarpinio programų kūrimo proceso vertinimo modelio formalizuotas aprašymas. In: *Informacinės technologijos 2012: 17-osios tarpuniversitetinė magistrantų ir doktorantų konferencijos medžiaga*, p. 89–92. Vilnius. ISSN 2029-249X. 2012

PELDZIUS, Stasys; RAGAIŠIS, Saulius (2014). Tool for Usage of Multiple Process Assessment Models. *Communications in Computer and Information Science*, Vol. 447: Software Process Improvement and Capability Determination. 14th International Conference, SPICE 2014, Vilnius, Lithuania, November 4–6, p. 106–117.

PINO, Francisco; GARCÍA, Félix; PIATTINI, Mario (2007). Software process improvement in small and medium software enterprises: a systematic review. *Software Quality Journal*, vol. 16, no. 2, p. 237–261.

ROUT, Terence (1998). SPICE and the CMM: is the CMM compatible with ISO/IEC 15504. In: *AquIS'98*, Venice, Italy, March 1998.

ROUT, Terence; TUFFLEY, Angela; CAHILL, Brent (2001). *CMMI Evaluation: Capability Maturity Model Integration Mapping to ISO/IEC 15504 2:1998*. Software Quality Institute, Griffith University, Brisbane.

STEINER, Michael; BLASCHKE, Monique; PHILIPP, Michael; SCHWEIGERT, Tomas (2012). Make test process assessment similar to software process assessment – the Test SPICE approach. *Journal of Software: Evolution and Process*, vol. 24, no. 5, p. 471–480.

*TestSPICE v1.0* [interaktyvus]. [Žiūrėta 2015-04-20]. Prieiga per internetą: <<http://www.iscn.com/capadv/DirTree/testspice.php>>.

TMMI (2012). *Test Maturity Model integration (TMMi) Release 1.0*. Sud. Erik van Veenendaal. 219 p.

VARKOI, Timo; NEVALAINEN, Risto; MÄKINEN, Timo (2014). Toward nuclear SPICE – integrating IEC 61508, IEC 60880 and SPICE. *Journal of Software: Evolution and Process*, vol. 26, no. 3, p. 357–365.

WALKER, David (2009). *CMMI and Medical Device Engineering*. Carnegie Mellon University and SEI. 49 p.

WANG, Yingxu; KING, Graham (2000). *Software engineering processes: Principles and Applications*. CRC Press LLC. 708 p.

## SOFTWARE PROCESS ASSESSMENT USING MULTIPLE PROCESS ASSESSMENT MODELS

Stasys Peldžius, Saulius Ragaišis

### Summary

The most popular process assessment models worldwide are the International Standard ISO/IEC 15504 and CMMI. Companies seeking wider official recognition choose between these two models. It should be noted that the choice of the model usually depends not only on the characteristics of the model itself, but also on external circumstances. Companies face the problem that different customers require process assessment according to different models. Therefore, it is important for companies to have an ins-

trument that would transform company's assessment results according to one process assessment model to another model without actual reassessment each time. The transitional process assessment model can be used to automatically transform assessment results between different process assessment models.

**Keywords:** software process assessment, Transitional Process Assessment Model, CMMI, ISO/IEC 15504.

*Įteikta 2015 m. gegužės 19 d.*

# Daugiakriteris elektroninės sveikatos sistemos paslaugų komunikacijos veiksmingumo vertinimas

## Dalė Dzemydienė

Mykolo Romerio universitetas  
Verslo ir medijų mokyklos profesorė  
Mykolas Romeris University  
Business and Media School, Professor  
Ateities g. 20, LT-08303 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: daledz@mruni.eu

## Ramutė Naujikienė

Mykolo Romerio universitetas  
Verslo ir medijų mokyklos docentė  
Mykolas Romeris University  
Business and Media School, Assoc. professor  
Ateities g. 20, LT-08303 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: riman@mruni.eu

*Šio straipsnio tikslas – pasiūlyti elektroninės (e.) sveikatos sistemos teikiamų paslaugų ir komunikacijos su vartotojais vertinimo metodiką. Sprendžiamos dvi problemos: kaip parinkti tinkamus vertinimo rodiklius, kurie galėtų atspindėti realią e. paslaugų teikimo situaciją sveikatos sistemoje, įvertinti e. sveikatos IS sąveikumo galimybes bei parinkti tinkamus rodiklių vertinimo metodus. Buvo analizuota e. sveikatos sistemos infrastruktūra, oficialiai teikiamų statistinių duomenų struktūra ir daugiakriteriai vertinimo metodai. Dirbančių šioje srityje ekspertų apklausa leido parinkti rodiklius ir nustatyti jų svorinius koeficientus. Rodiklių parinkimas buvo atliekamas dėmesį skiriant pacientų poreikių užtikrinimui įvertinti, kad tinkamai būtų galima atspindėti e. sveikatos paslaugų prieinamumą skirtingoms vartotojų grupėms. Gauti rezultatai iliustruoja pasiūlytos metodikos funkcionalumą, e. sveikatos sistemos komunikacijos rodiklių svorinių palyginimų reikšmes, o tai galėtų būti pravartu gerinant e. sveikatos paslaugų kokybę.*

**Pagrindiniai žodžiai:** elektroninės (e.) paslaugos, e. sveikatos sistema, komunikacija, informacinių sistemų sąveikumas.

## Įvadas

Jau visą dešimtmetį kuriama ir diegiama e. sveikatos sistema, įgyvendinant Europos Sąjungos (ES) direktyvų tikslus ir ES visuomenės sveikatos programos uždavinius – gerinti gyventojų sveikatą bei pertvarkyti sveikatos sistemą remiantis šiuolaikine visuomenės sveikatos samprata ir informacinių technologijų (IT) efektyvesniu taikymu. Nors Lietuva pirmoji iš Baltijos šalių patvirtinto e. sveikatos 2007–2015 m. plėtros strategiją, tačiau tikėtina didėjanti grąža, kad investicijos į e. sveikatos sistemą duos kasmet didėjančią naudą, kuri po 10 metų tris kartus viršis įdėtą lėšas, dar nedavė tinkamų rezultatų. Ar mes galime pasakyti, kad sukurta nacionalinė medicininių duomenų bazė leidžia sumažinti 20–30 proc. gydymo

klaidų? Nors siekiant efektyvaus ir veiksmingo darbo sveikatos sektoriuje, sveikatos priežiūros sistemoje, medicinoje ypatingas dėmesys skiriamas IKT priemonėms (Achieving..., 2010; Jankauskienė ir kt., 2014), tačiau Lietuvoje e. sveikatos paslaugos gyventojams ir pacientams smarkiai atsilieka nuo kitų viešųjų e. paslaugų įgyvendinimo (Mikulskienė ir kt., 2014).

Sveikatos priežiūros įstaigų darbuotojai turi pildyti per 400 popierinių formų ir statistinių ataskaitų formų, kuriose yra apie 1400 duomenų įrašų. Teikiant sveikatos priežiūros paslaugas pildoma daugybė registracijos žurnalų. Sveikatos apsaugos valdymo institucijos neturi pakankamos operatyvios informacijos, reikalingos efektyviam einamosios situacijos vertinimui ir sprendimų priėmimui. Plėtojant e. sveikatos sistemą visa informacija, reikalinga statistikai,

valdymui, epidemiologiniams tyrimams, planavimui ir administravimui, iš sveikatos priežiūros įstaigų turi būti gaunama per nacionalinę e. sveikatos sistemą be papildomų išteklių, taip išvengiant papildomų pastangų, įvedimo dubliavimo, laiko sąnaudų ir svarbiausia – užtikrinant informacijos, gaunamos iš vieno šaltinio, patikimumą.

Siekiant sutvarkyti informacijos srautus, panaikinti dubliavimą ir informacijos pateikimą keliais kanalais turi būti kuriamos ir diegiamos sveikatos priežiūros įstaigose pildomų dokumentų, ataskaitų, žurnalų ir formų tvarkymo bei automatinės ataskaitų generavimo, naudojant sveikatos priežiūros įstaigų bei nacionalinės e. sveikatos sistemos duomenis ir informaciją, analizės ir pateikimo priemonės.

E. sveikatos terminas reiškia ne tik technologinę plėtrą, bet ir sąmoningumo lygį, mąstymo būdą, požiūrį ir atsidavimą globaliai, tinklinei veiklai ir mąstymui, leidžiančiam iš esmės pagerinti sveikatos apsaugos paslaugas lokaliu, regioniniu ir pasauliniu lygiu, pasitelkiant informacines ir komunikacijų technologijas. Pasaulio šalys, suprasdamos informacinių technologijų reikšmę, daug dėmesio skiria jų diegimui į sveikatos apsaugą (EK komunikatas Nr. 356, 2004).

Šio mokslinio tyrimo tikslas – pateikti e. sveikatos paslaugų komunikacijos rodiklių vertinimo metodiką, grindžiamą daugiakriteriais paslaugų vertinimo metodais, pasitelkiant statistinių duomenų struktūrą ir nustatant paslaugų komunikacijos rodiklių reikšmingumą. Atliktas ekspertinis vertinimas nustačius daugelio kriterijų reikšmingumą pagal ekspertų teikiamus prioritetus. Buvo suklasifikuoti rodikliai, kurie atspindėtų e. sveikatos paslaugų prieinamumą, efektyvumą skirtingoms su šia sistema susijusioms vartotojų grupėms. Pateiktos sveikatos sistemos teikiamų e. paslaugų ir komunikacijos rodiklių svorinių palyginimų reikšmės bei apibendrinti tyrimo rezultatai, kurie turės įtakos gerinant e. sveikatos paslaugų kokybę. Svarbiu veiksmu, skatinančiu naudotis e. sveikatos paslaugomis ir didinančiu paslaugų veiksmingumą, tampa e. paslaugos poveikis gyventojams, kurių siūloma vertinti pagal paslaugos pateikimo kokybę – suprantamą ir paprastą e. paslaugos atli-

kimo eigą; vartotojų technines ir skaitmeninio raštingumo galimybes – kompiuterinę, programinę įrangą ir interneto prieigą.

Straipsnyje pateikiami tyrimo rezultatai, kurie paaiškina, kaip reikėtų efektyviau panaudoti informacinių technologijų bei skaitmeninių komunikacinių tinklų galimybes gyventojų sveikatos administravimo problemoms spręsti.

### **Informacinių sistemų sąveikumo reikalavimų svarba teikiant administravimo e. paslaugas sveikatos sektoriuje**

Norint sėkmingai išspręsti duomenų integravimo problemas svarbu užtikrinti skirtingose sveikatos priežiūros organizacijose jau veikiančių informacinių sistemų sąveikumą (1 pav.). Sąveikumo užtikrinimas grindžiamas integruota išskirstytų informacinių sistemų (IS) sąveikos infrastruktūra, kurios pagrindas – sukurti bendrą e. paslaugų platformą, kad šių paslaugų portalas leistų organizuoti saugią ir veiksmingą išskirstytų IS, registrų ir duomenų bazių (DB) sąveiką (Dzemydienė, Naujikiene, 2007). E. paslaugų teikimo sąveikumo schema apibrėžiama kaip visuma standartų ir rekomendacijų, nusakanti būdus, kaip organizacijos turi susitarti ir organizuoti sistemų darbą, kad galėtų tarpusavyje bendrauti (Pardo, 2011, Dzemydienė ir kt., 2010).

Naujos IKT keičia vartotojų kompiuterizavimo ir interneto paslaugų taikymo galimybes, taip pat daro įtaką e. sveikatos sistemų vartotojų (gyventojų, pacientų, gydytojų, administratorių) vaidmeniui, didinant gebėjimų ir galimybių reikšmingumą. Kuriamą e. sveikatos sistemos architektūrą stengiamasi padaryti atvirą ir evoliucionuojančią, lanksčiai reaguojančią į naujus vartotojų poreikius.

E. sveikatos sistemos plėtojama architektūra turėtų būti projektuojama atsižvelgiant į visus šios sistemos vartotojų tipus, t. y. gyventojus, pacientus, medicinos įstaigas aptarnaujantį personalą ir gydytojus. Personalizuotos paslaugos ir jų tęstinumas laike bet kurių paslaugas teikiančių institucijų atžvilgiu yra pagrindinė strategijos įgyvendinimo kryptis. Tai kelia didelius

duomenų integravimo nacionaliniu mastu, sistemos valdymo užtikrinimo ir bendradarbiavimo būdų reikalavimus (Įsakymas Nr. V-811, 2007).

E. sveikatos sistemų sąveikumas gali būti suprantamas kaip programinės įrangos gebėjimas keistis skirtingų e. dokumentų formatų duomenimis, dalytis informacija ir žiniomis, užtikrinant funkcinį jų suderinamumą (Gascó, 2010). IS sąveikumo reikalavimai ypač svarbūs teikiant e. paslaugas internetu.

IS sąveikumo reikalavimai apima gana daug nagrinėtinų kriterijų, kurie perteikiami atvirųjų standartų ir įvairių iniciatyvų priemonėmis, siekiant sukurti administravimo e. paslaugų tinklą, užtikrintį saugumo, asmens ar organizacijų tinkamą identifikavimą esant tokių sistemų sąveikai. E. paslaugų teikimo ir sistemų sąveikos galimybių struktūra ir jos komponentai iliustruojami 1 pav. Naudojantis išoriniu tinklu, kai e. paslaugas gali teikti įvairios organizacijos, viena iš būtinų sąlygų yra IT sistemų sąveikumas.

Norint teikti kokybiškas į vartotoją orientuotas e. paslaugas, ne mažiau svarbi kliento ir paslaugos teikėjo komunikacija, kurią sudaro šie pagrindiniai komponentai: reguliavimo normos ir darbo tikslai, darbo procesas, bendravimo kalba, IS architektūra ir keitimasis pranešimais, paslaugos teikėjo ir kliento komunikavimas (Goldkhul, Röstlinger, 2010).

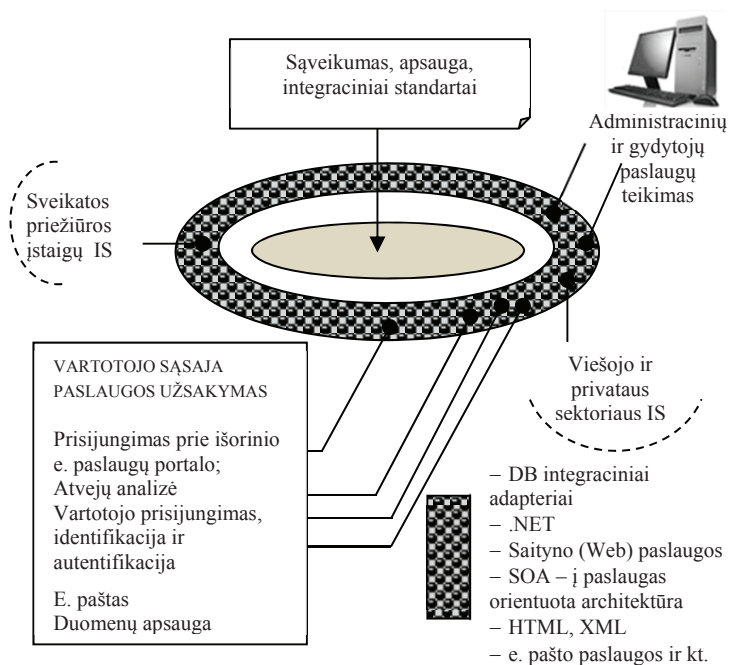
Pagal Lietuvos sveikatos apsaugos ministerijos įsakymą Nr. V-836, priimtą 2007-10-16, nacionalinės e. sveikatos sistemos (NESS) branduolio katalogams ir klasifikatoriams priskiriama:

- pacientų katalogas;
- sveikatos priežiūros ir farmacijos specialistų praktikos licencijų katalogas;

- sveikatos priežiūros ir farmacijos įstaigų katalogas;
- vaistų katalogas;
- medicinos prietaisų katalogas;
- sveikatos priežiūros paslaugų klasifikatorius;
- ligų ir sveikatos problemų klasifikatorius;
- susistemintos medicininės terminijos žodynas.

Sveikatos apsaugos ministerijos reguliavimo sričiai priskirti registrai, gaunantys ir teikiantys informaciją NESS branduolio katalogams ir klasifikatoriams, yra:

- sveikatos priežiūros ir farmacijos specialistų praktikos licencijų registras;
- valstybės jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių ir darbuotojų apšvitęs registras;
- Lietuvos Respublikos profesinių ligų valstybės registras;
- žmogaus audinių ir organų donorų bei recipientų registras;
- Lietuvos Respublikos vaistinių preparatų registras.



1 pav. E. sveikatos paslaugų teikimo infrastruktūros komponentų sąveika



E. sveikatos sričiai priskirtų registrų ir informacinių sistemų sąveikos detalizuota schema pateikiama 2 paveiksle.

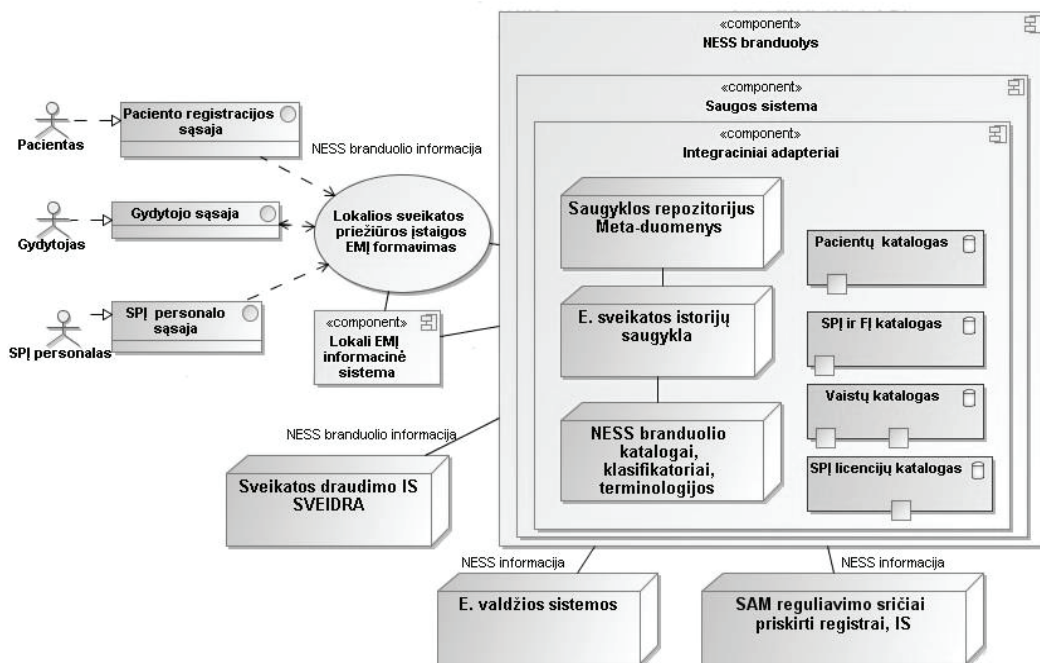
NESS sudaro sąlygas visiems dalyviams naudoti vieningus sveikatos informacijos registrus ir klasifikatorius, užtikrina unifikuotą prieigą prie registrų ir klasifikatorių duomenų tokią teisę turintiems NESS dalyviams aiškiai apibrėžtu formatu. Sistema turi užtikrinti duomenų vienareikšmį ir efektyvų procesų vykdymą. NESS branduolio katalogų, klasifikatorių ir terminologijų naudotojai yra bet kuri suinteresuota įstaiga, sudarusi susitarimą su NESS branduolio savininku – Sveikatos apsaugos ministerija arba jos įgaliota institucija.

NESS branduolio integracinis bei saugos sluoksniai užtikrina saugią ir patikimą Sveikatos apsaugos ministerijos reguliavimo sričiai priskirtų registrų ir informacinių sistemų tarpusavio sąveiką bei jų sąveiką su kitais

valstybės registrais ir informacinėmis sistemomis.

NESS branduolio katalogų ir klasifikatorių duomenų saugojimo ir tvarkymo funkcijos atskiriamos nuo lokalių įgaliotų institucijų veiklos procesų automatizavimo funkcijų – registrų objektų saugojimas ir duomenų tvarkymo funkcijos įgyvendinamos sukuriant NESS branduolio katalogus ir klasifikatorius. NESS branduolio kataloguose ir klasifikatoriuose kaupiami ir tvarkomi tik tie registro objektus apibūdinantys duomenys, kurie yra reikalingi NESS procesų veiklai užtikrinti ir yra svarbūs visiems NESS naudotojams. NESS branduolio katalogai ir klasifikatoriai neapima visų registruose kaupiamų duomenų.

Papildomi duomenys apie registravimo ir licencijavimo procedūras bei patvirtinamuosius dokumentus, kurie svarbūs tik šias procedūras atliekančioms institucijoms, yra kaupiami ati-



Santrumpos: NESS – nacionalinė e. sveikatos sistema; SAM – Sveikatos apsaugos ministerija; SVEIDRA – sveikatos draudimo IS; SPI – sveikatos priežiūros įstaiga; EMJ – e. medicininis įrašas – tai medicininis įrašas, sukurtas lokaliaose sveikatos priežiūros įstaigų IS; ESĮ – e. sveikatos įrašas, išsamus tęstinis elektroninis medicininis įrašas nuo gimimo iki mirties

2 p a v. E. sveikatos sričiai priskirtų registrų ir informacinių sistemų sąveikos schema



tinkamuose registruose. Registrai automatizuoja įgaliotų institucijų veiklos procesus ir sudaro prielaidas valdyti pačius procesus ir teikti duomenis apie jų būklę. NESS atžvilgiu registrai yra išorinės informacinės sistemos, kurių rezultatas – sukurti NESS branduolio katalogai ir klasifikatoriai. Šios informacinės sistemos daugeliu atveju yra pirminiai NESS branduolio katalogų ir klasifikatorių duomenų šaltiniai. Visi NESS branduolio katalogų ir klasifikatorių objektai, apskaitomi atskiruose registruose ir (ar) informacinėse sistemose, sujungiami ir saugomi NESS branduolyje.

### Administracinės naštos mažinimas ir e. sveikatos sistemos paslaugų prieinamumo vertinimas

E. sveikatos sistema turėtų pagerinti teikiamas paslaugas ir mažinti administracinę naštą. Daugelyje mokslinių tyrimų rodiklis „administracinės naštos sumažinimas“ yra įvertintas kaip labiausiai piliečių pageidaujamas (Verdegem, Hauttekeete, 2007). 2011 m. vasario 23 d. Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas

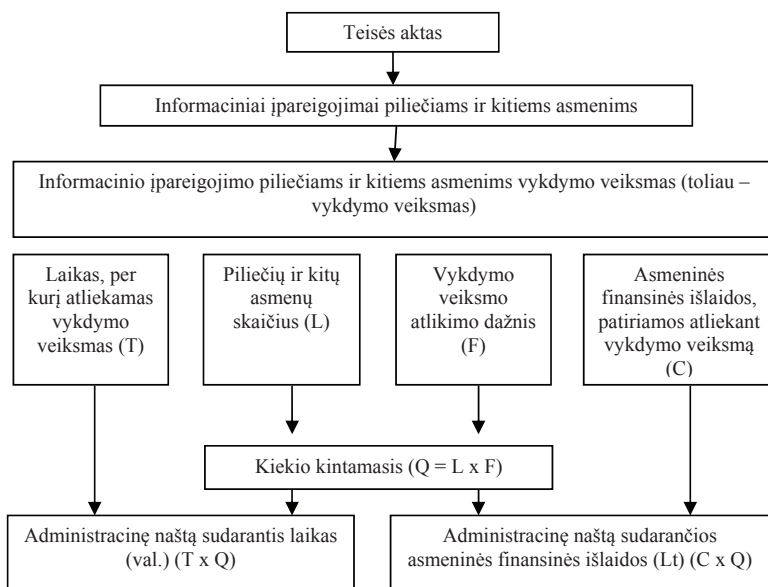
Nr. 213 „Dėl administracinės naštos piliečiams ir kitiems asmenims nustatymo ir įvertinimo metodikos patvirtinimo“ pateikia teisės akto sukeltos administracinės naštos piliečiams ir kitiems asmenims apskaičiavimo struktūrą (3 pav.).

Dėl veiksmo vykdymo patiriama administracinė našta apskaičiuojama padauginant laiką (T), per kurį pilietis atlieka šį vykdymo veiksmą, ir asmenines finansines išlaidas (C), kurias pilietis patiria atlikdamas šį vykdymo veiksmą, iš kiekio kintamojo (Q), kuris parodo vykdymo veiksmo atlikimo dažnį (F) ir jį atliekančių piliečių skaičių (L) (LRV nutarimas Nr. 213, 2011). Apskaičiuojama pagal (1) ir (2) formules:

$$AN_{vv} = T_{vv} \times Q \quad (1)$$

$$AN_{vv} = C_{vv} \times Q \quad (2)$$

$AN_{vv}$  – dėl vykdymo veiksmo patiriama administracinė našta;  $T_{vv}$  – laikas, per kurį pilietis atlieka šį vykdymo veiksmą (valandomis);  $C_{vv}$  – asmeninės finansinės išlaidos, kurias pilietis patiria atlikdamas šį vykdymo veiksmą (litais);



Šaltinis: LRV Nutarimas Nr. 213, 2011.

3 pav. Administracinės naštos piliečiams ir kitiems asmenims apskaičiavimo struktūra

Q – kiekio kintamasis, kuris apskaičiuojamas pagal (3) formulę:

$$Q = L \times F, \quad (3)$$

L – piliečių, privalančių atlikti atitinkamą vykdymo veiksmą, skaičius; apskaičiuojant šį kintamąjį, daroma prielaida, kad visi piliečiai, kurie privalo vykdyti informacinį įpareigojimą, šio reikalavimosi laikosi;

F – vykdymo veiksmo atlikimo dažnis per vienus kalendorinius metus.

Administracinę naštą sudarantis laikas ir administracinę naštą sudarančios asmeninės finansinės išlaidos yra reikšmingi rodikliai ir sveikatos administravimo sistemos komunikavimo procese, galintys piliečiams sumažinti administracinę naštą, kai yra komunikuojama internetu.

Svarbus uždavinys yra kurti ir plėtoti su sveikata susijusias e. paslaugas ir IRT produktus, mažinant gyventojams administracinę naštą ir gerinant teikiamų paslaugų kokybę.

Informacinės visuomenės plėtros komitetas prie Susisiekimo ministerijos pateikia gyventojų naudojimosi su sveikata susijusiomis e. paslaugomis dinamikos duomenis (4 pav.). Šių paslaugų rūšys – registravimasis pas gydytoją internetu, informacijos apie gydymo įstaigas ir suteiktas sveikatos priežiūros paslaugas paieška, naudojimas sveikatos draudimo kortelių išdavimo paslauga ir pan. 2014 metais tik 19 procentų gy-

ventojų naudojami e. sveikatos sistemos paslaugomis (4 pav.). Siekiama, kad šis rodiklis 2015 m. sudarytų 30 procentų (Lietuvos informacinės visuomenės..., 2015).

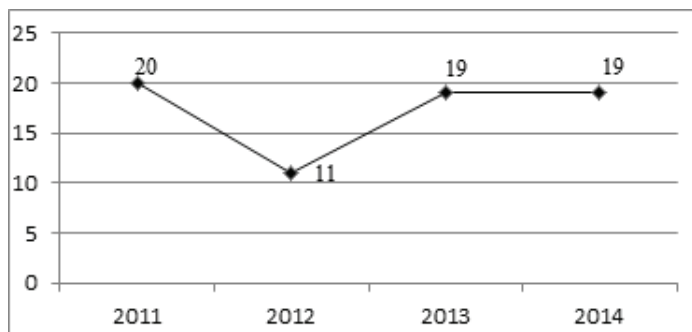
Mažas gyventojų aktyvumas e. erdvėje didina naudojimosi e. sveikatos paslaugomis administracinę naštą. Eikvojamas asmeninis laikas, finansinės išlaidos kelionėms yra reikšmingi rodikliai, kurie gyventojams komunikuojant internetu sumažėtų dėl teikiamų e. sveikatos paslaugų, kartu sumažėtų ir administracinė našta.

### Ekspertinis e. sveikatos sistemos komunikacijos rodiklių reikšmingumo vertinimas

Sveikatos priežiūros sistemos ir jos organizacijų valdymo tobulinimas apima: sveikatos priežiūros vadybininkų profesionalų rengimą; valdymo decentralizaciją (sveikatos priežiūros valdymo dalininkų ir steigėjų funkcijų perdavimą savivaldybėms); konkurencijos ir sveikatos priežiūros įstaigų autonomijos didinimą; valdymą, pagrįstą vertybių sistema; investicijas į visuomenės sveikatą (poveikis elgsenos ir gyvenamosios veiksniais); racionalų sveikatos priežiūrai skiriamų išteklių paskirstymą; nacionalinę sveikatos priežiūros paslaugų kokybės sistemą (Janušonis, 2011; Magnussen ir kt., 2009).

Vykdoma sveikatos priežiūra privalo turėti tiesioginę sąsają su sveikatos priežiūros lygiateisiškumu, efektyvumu, kokybe ir finansavimu. Teikiant sveikatos priežiūros paslaugas, procesas ne mažiau svarbus (o kartais svarbesnis) nei turinys. Tinkama etinė elgsena visuose vadybiniuose lygmenyse yra svarbi, kad reformos vyktų sėkmingiau (Janušonis, 2011).

Piliečiams, besikreipiantiems į sveikatos priežiūros organizacijas, svarbu laiku gauti kokybiškas e. sveikatos paslaugas. IKT paremta administravimo sistema internetu gali užtik-



Šaltinis: Informacinės visuomenės plėtros komiteto prie Susisiekimo ministerijos duomenys, 2015

4 pav. Gyventojų, kurie naudojami e. sveikatos paslaugomis, aktyvumas 2011–2014 m. (proc. nuo bendro gyventojų skaičiaus)

rinti administruojamos paslaugos skaidrumą, atsižvelgiant į besikreipiančių asmenų poreikius.

Šis tyrimas atliktas siekiant įgyvendinti vartotojų lūkesčius atitinkančias sveikatos priežiūros sistemos administravimo paslaugas – numatyti priemones, kaip būtų galima efektyviau įgyvendinti ir plėtoti e. sveikatos komunikaciją, paremtą IKT administravimo sistema, bei įvertinti e. sveikatos administravimo sistemos komunikacijos rodiklius, kurie užtikrintų e. paslaugų teikimo internetu kokybę ir tenkintų piliečių lūkesčius.

Tyrimui atlikti buvo pasirinktas kokybinis tyrimo metodas. Buvo apklausta 10 ekspertų sveikatos administravimo sistemos vadybininkų, dirbančių įvairiose sveikatos priežiūros organizacijose. Siekta išsiaiškinti vadybos specialistų nuomonę, kokie svarbiausi ir dažniausiai vartotojų pageidaujami rodikliai e. sveikatos administravimo srityje.

Tyrimo metu paaiškėjo, kokie sveikatos administravimo komunikacijos rodikliai piliečių pageidaujami, ir įvertintas sveikatos administravimo komunikacijos rodiklių reikšmingumas.

Sėkmingam sveikatos paslaugų internetu administravimui užtikrinti ekspertai išrinko ir pasiūlė dažniausiai gyventojų pageidaujamų 15 rodiklių sąrašą:

- laiku gaunamos gydytojo paslaugos užtikrinimas;
- registracija pas sveikatos priežiūros specialistų IKT priemonėmis portale;

- registravimo informacijos patikimumas;
- informacijos saugumas;
- registracijos grįžtamasis ryšys per mobiliąsias ir kompiuterines technologijas;
- patogi darbui portalo aplinka;
- pacientui prieinamos informacijos turinio aiškumas;
- efektyvus, skaidrus ir laiku atliekamas paslaugų administravimas;
- kokybiškas pacientų ir administruojančių specialistų bendradarbiavimo valdymas;
- administravimo paslaugų kokybės, orientuotos į pacientą, gerinimas taikant naujas technologijas;
- privatumo teisė / asmens informacijos apsauga;
- draugiška pacientui aplinka teikiant IKT konsultacijas tiesiogiai;
- teisės aktų taikymas laiku;
- administravimo veiklos konsultacija telefonu;
- vieno langelio principo taikymas.

Ekspertų sveikatos administravimo komunikacijos rodiklių vertinimas pateikiamas 1 lentelėje. Rodikliai buvo reitinguojami dešimties balų skale – nuo 1 iki 10. Penkiolikos rodiklių sąraše ekspertai galėjo reitinguoti 10 rodiklių.

Rodiklių svorio  $k$  reikšmės išreikštos suminio skaičiaus, parodančio, kiek kartų atskiras rodiklis buvo paminėtas (keliami kvadratu), ir balų sumos, kokį jis surinko, santykiu (Augustinaitis ir kt., 2009). Kuo rodiklio balas

1 lentelė. Sveikatos administravimo sistemos komunikacijos rodiklių vertinimo rezultatai

Ekspertai	Sveikatos administravimo sistemos rodikliai ir jų reitingas														
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
1-as ekspertas	1	8	2	3		9	7				6		5	4	10
2-as ekspertas	2		10	5		7	1	8			3	9	4	6	
3-ias ekspertas	1	2	8	10			3						7	5	9
4-as ekspertas	2	10	9	1	4	3	6	5	7	8	4		3		
5-as ekspertas	1		4	7	8	6	3		2	5				9	10
6-as ekspertas		7	4	9			5	8	3	1		2		10	6
7-as ekspertas	1	2			10		3	8			4	7	9	5	6
8-as ekspertas	1	2	4	3		5		6	8		7		9		10
9-as ekspertas	1	2	4		3			5		8	6	9	10		
10-as ekspertas	1	4	8	3	9	6		7	5			10		2	

yra mažesnis, tuo aukštesnė jo vieta reitingų eilėje (žr. 4 formulę).

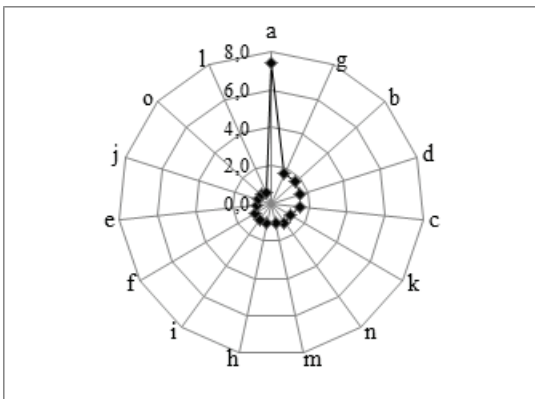
$$k = \frac{m^2}{\sum_{i=1}^m x_i} \quad (4)$$

čia:  $m$  – suminis skaičius, parodantis, kiek kartų visi ekspertai paminėjo rodiklį,  $x_i$  – rodikliui suteiktas rangas,  $i = 1, 2, \dots, m$ .

Apskaičiuotos sveikatos administravimo sistemos komunikacijos rodiklių svorio  $k$  reikšmės pateikiamos 5 paveiksle.

Apskaičiuotos sveikatos komunikacijos rodiklių svorio  $k$  reikšmės kinta nuo 7,4 iki 0,7. Sveikatos administravimo sistemos komunikacijos rodiklių reikšmingumą ekspertai įvertino sudarydami šią eilės tvarką (5 pav.):

- a) laiku gaunamos gydytojo paslaugos užtikrinimas;
- g) pacientui prieinamos informacijos turinio aiškumas;
- b) registracija pas sveikatos priežiūros specialistą IKT priemonėmis portale;
- d) informacijos saugumas;
- c) registravimo informacijos patikimumas;
- k) privatumo teisė / asmens informacijos apsauga;
- n) administravimo veiklos konsultacija telefonu;
- m) teisės aktų taikymas laiku;



5 pav. Sveikatos administravimo sistemos komunikacijos rodikliai (a–o) ir jų reikšmingumas (k)

- h) efektyvus, skaidrus ir laiku atliekamas paslaugų administravimas;
- i) kokybiškas pacientų ir administruojančių specialistų bendradarbiavimo valdymas;
- f) patogi darbui portalo aplinka;
- e) registracijos grįžtamasis ryšys per mobiliąsias ir kompiuterines technologijas;
- j) administravimo paslaugų kokybės, orientuotos į pacientą, gerinimas taikant naujas technologijas;
- o) vieno langelio principo taikymas;
- l) draugiška pacientui aplinka teikiant IKT konsultacijas tiesiogiai.

Apskaičiuotos sveikatos komunikacijos rodiklių svorio  $k$  reikšmės parodo, kad piliečiams yra ypač svarbu laiku gauti sveikatos administravimo sistemos paslaugas, kurių turinys lengvai suprantamas – paprasta ir aiški navigacija užsakant paslaugą internetu.

## E. sveikatos paslaugų pasiekiamumo vertinimo rodikliai

E. sveikatos sistemos komunikaciniai rodikliai Lietuvoje atsilieka nuo ES šalių. Informacija apie sveikatos paslaugas ir jų teikėjus yra ribota; įstaigos, užuot pasikeitusios informacija, siuntinėja pacientus nepasitikėdamos tyrimų rezultatais arba tyrimai dažnai dubliuojami neturint išsamios informacijos. ES ir IRT skaitmeninės darbotvarkės veiksmų planai skatina efektyviau panaudoti didžiules informacinių technologijų, kompiuterizuotos medicininės įrangos bei skaitmeninių komunikacinių tinklų galimybes gyventojų sveikatos apsaugos problemoms spręsti (Įsakymas Nr. V-811, 2007).

Vienas iš e. sveikatos sistemos pranašumų yra tas, kad piliečiai gali atlikti daugelį reikalingų veiksmų, susijusių su e. sveikatos administravimo paslaugomis internetu, ir jiems patogiu laiku. Informacinės sistemos tinkamą palaikymą ir operatyvų darbą lemia daugelis veiksnų. Pagrindiniai išskiriami tokie:

- personalo kvalifikacija, kompiuterizacijos lygmuo;
- gebėjimai tenkinti funkcinius ar nefunkcinius veiklos reikalavimus – laiku ir gerai atlikti tam tikrus darbus;

- informacinių paslaugų pobūdis ir jų kokybė;
- pakankamas finansavimas ir pan.

Vertinant e. paslaugų efektyvumo ir veiksmingumo santykį tenka ieškoti būdų, kaip įvertinti įeigos veiksmus, išeigos rezultatus ir visą jų pateikties kontekstą sveikatos sektoriuje (6 pav.).

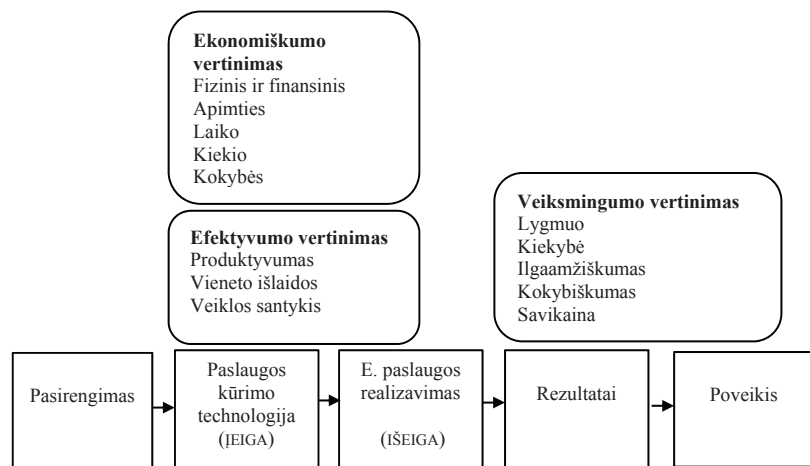
IS naudingumą (ekonomiškumą, efektyvumą, veiksmingumą) rekomenduojama skaičiuoti atsižvelgiant į tai, kokios papildomos išteklių sąnaudos dings pašalinus numatytas šalinti kompiuterizuojamos veiklos problemas, kokios tikėtinos žalos bus išvengta dėl tam tikrų grėsmių ir kokia bus geresnių sėkmės rodiklių finansinė nauda. Ekonomiškumas suprantamas kaip panaudotų išteklių, reikalingų tam tikram rezultatui pasiekti (suteikti paslaugą), minimizavimas išlaikant tam tikrą rezultato kokybę.

Kompiuterizuojant e. sveikatos paslaugas darbo efektyvumas didės. Naudą sveikatos priežiūros specialistams ir administravimo kokybės gerinimui parodo darbo procesams darantys įtaką šie rodikliai:

- registravimo metu nebereikės pakartotinai įvesti tos pačios informacijos (pvz., paciento identifikavimo duomenų), todėl bus tvarkoma mažiau informacijos ir sumažės aprašomojo darbo krūvis;
- atsisakius popierinių ambulatorinių kortelių išnyks jų saugojimo bei sandėliavimo

problema, sumažės popierinių dokumentų srautai tarp sveikatos priežiūros įstaigų ir pačiose įstaigose;

- sumažės įvairių tarnybų darbo krūvis, dalis standartinių procedūrų bus automatiškai dokumentuojama arba perduodama į informacijos saugyklas;
- išnyks duomenų siuntimo (transportavimo) problema, kas ne tik taupo siuntimo išlaidas, bet ir prisideda prie duomenų saugumo;
- e. receptas padės spręsti lėšų taupymo problemas, taip pat efektyvins patį vaistų išrašymo procesą;
- e. registracijos sistema, net įdiegta vienos klinikos mastu, ne tik palengvins personalo darbą, pagerins medikų laiko planavimą, bet ir gerokai sutrumpins registracijos laiką bei sumažins klaidų kiekį;
- sumažės rankinio darbo klaidų tikimybė;
- laiku įkėlus duomenis į sistemą bus visiškai išspręsta statistinės informacijos apdorojimo ir perdavimo problema, taip pat užtikrintas nepavėluotas tikslios informacijos perdavimas, padidės apie pacientus ir jų sveikatos problemas teikiamos informacijos patikimumas, ši informacija bus gaunama sparčiau;
- sukauptų duomenų analizė padės optimizuoti įstaigų administravimą, išteklių naudojimą ir planavimą, palyginti konkrečių skyrių darbo efektyvumą.



6 pav. E. paslaugos efektyvumo ir veiksmingumo santykis pagal įeigą, išeigą ir rezultatus sveikatos sektoriuje

Pagal LR SAM 2007-10-16 įsakymą Nr. V-836, nustatyti uždavinių įgyvendinimo vertinimo kriterijai (žr. 2 lentelę).

Reikėtų e. paslaugos įgyvendinimo rezultatus vertinti ir pagal techninius kriterijus: informacijos judėjimo greitį, techninį patikimumą,

2 lentelė. E. sveikatos sistemos veiksmingumo vertinimo kriterijai

Kriterijų grupės	Sąsajos su sveikatos IS	Rodiklio aprašymas
Pagrindiniai veiksmingumo kriterijai	Į NESS integruotos posistemės	tvarkomų gyventojų e. sveikatos įrašo (ESI) santykis su visų gyventojų skaičiumi
		e. sveikatos portalo lankomumo augimas pagal atskiras naudotojų grupes: gyventojai, pacientai, gydytojai ir e. sveikatos technologijų specialistai
		gyventojų, kurie naudojami savo ESI duomenimis, santykis su visų gyventojų skaičiumi
		gyventojų, kurie naudojami savo e. sveikatos sistema interaktyviai, santykis su visų gyventojų skaičiumi
Sveikatos sistemoje dirbančių specialistų galimybių vertinimo kriterijai	Vidinė NESS infrastruktūra	šeimoms gydytojų, naudojančių e. sveikatos sistemos ESI, santykis su visais šeimoms gydytojais
		ambulatorines paslaugas teikiančių specialistų, naudojančių e. sveikatos sistemos ESI, santykis su visais ambulatorines paslaugas teikiančiais specialistais
		ligoninių specialistų, naudojančių e. sveikatos sistemos ESI, santykis su visais ligoninių specialistais
Sveikatos priežiūros įstaigų IS rodikliai		SPI, naudojančių integruotas į e. sveikatos sistemą lokalias IS, skaičius
		SPI, naudojančių integruotas į e. sveikatos sistemą lokalias IS, santykis su visų SPI skaičiumi
		SPI, naudojančių integruotas į e. sveikatos sistemą lokalias IS, santykis su visų SPI, lokaliai naudojančių IS, skaičiumi
		SPI, neturinčių IS ir registruotų e. sveikatos sistemos naudotojais, santykis su visų SPI skaičiumi
Darbo su vaistais ir vaistinėmis vertinimas	NESS integravimas su receptų IS ir vaistinių tinklo IS	išrašytų ir realizuotų e. receptų kompensuojamiems vaistams santykis su visų kompensuojamiems vaistams išrašytų receptų skaičiumi
		išrašytų ir realizuotų e. receptų visiems vaistams, naudojant sprendimų palaikymo priemones, santykis su visų išrašytų receptų skaičiumi
Duomenų tarpinstitucinio apsikeitimo sąveikumo vertinimas	NESS integravimas su Sodros IS ir institucijų darbo apskaitos sistemomis	e. duomenų ir dokumentų (pvz., nedarbingumo lapelių, įvairių pažymų, išrašų) tarpinstitucinių apsikeitimų (perdavimo) santykis su visu jų skaičiumi

naudojamų programų ir skirtingos architektūros kompiuterinės įrangos suderinamumą, transakcijos saugumą, asmeninės informacijos apsaugą, vartotojo identifikavimą bei vartotojui palankią aplinką.

Sprendžiant e. sveikatos paslaugų veiksmingumo problemas reikės įvertinti informacinių technologijų, duomenų saugumo ir sąveikumo, paslaugų kokybės bei gyventojų lūkesčių tenkinimo pokyčius. Diegiant naujas e. sveikatos paslaugas ar tobulinant esamas iškyla spręstini uždaviniai:

- įsisavinti naujas informacines technologijas, kurias reikės įdiegti siekiant novatoriškų sprendimų;

- pasiūlyti naujas e. paslaugų teikimo schemas, nekaupiant perteklinės informacijos, o panaudojant tą, kuri saugoma standartizuotose duomenų bazėse, valdant e. asmenų atpažintį bei įgyvendinant e. sveikatos informacinių sistemų sąveikumą vidiniuose ir išoriniuose organizacijų tinkluose;
- išaiškinti rodiklius, kurie turės įtakos paslaugos prieigos ir paslaugos teikimo kokybei;
- didinti sveikatos e. paslaugų veiksmingumą, skatinti gyventojus naudotis sveikatos paslaugomis, atskleidžiant rodiklius, darančius neigiamą įtaką gyventojų aktyvumui.



## Išvados

Elektroninė sveikatos sistema siekia sukurti sąveikią IS ir e. paslaugas teikiančią platformą. E. paslaugų portalui keliami reikalavimai – organizuoti saugų ir veiksmingą visų e. sveikatos sistemų darbą. E. sveikatos portalo moduliai turėtų būti adaptuoti daugiau diferencijuotoms e. paslaugoms, prisitaikant prie įvairaus gyventojų ir pacientų pasirėngimo lygmens taikyti IRT.

E. sveikatos sistema pagal dabartinių paslaugų kūrimo lygmenį yra pasiekusi tokį etapą, kuris išorinio vartotojo požiūriu yra daugiau registracinio pobūdžio. Reikalingas SPI integruotas duomenų srautų valdymas, kuris turėtų pereiti į tokio lygmens paslaugas, kurios teiktų diagnostines, patariamąsias, operatyvios pagalbos paslaugas. Dar ne visos SPI yra integruotos į bendrą e. sveikatos sistemą.

Įgyvendinant e. sveikatos administravimo komunikacijos paslaugas svarbu teikti piliečių

lūkesčius tenkinančias paslaugas. Kadangi daugelyje e. sveikatos sričių didėja veiklos procesų įvairovė, tobulėjančios IKT leidžia supaprastinti šių procesų valdymą ir informacijos pateikimo būdus.

Sveikatos komunikacijos rodiklių svorio *k* reikšmės parodo, kad piliečiams yra ypač svarbu laiku gauti gydytojo paslaugą, tai didžiausią reikšmę turintis rodiklis – 7,4. Reikšmingu rodiklių pirmo penketo sąrašė yra šie: pacientui prieinamos informacijos turinio aiškumas, registracija pas sveikatos priežiūros specialistą IKT priemonėmis portale, informacijos saugumas, registravimo informacijos patikimumas, privatumo teisė ir asmens informacijos apsauga, administravimo veiklos konsultacijos telefonu.

Sveikatos administravimo rodiklių svorio *k* reikšmės parodo, kad gyventojams palankių portalo sąsajų ir paslaugų diegimas neabejotinai darys įtaką administracinės naštos mažinimui ir e. sveikatos administravimo sistemos tobulinimui.

## LITERATŪRA

*Achieving Efficiency Improvements in the Health Sector through the Implementation of Information and Communication Technologies*. Final Report. Directorate for Employment Labour and Social affairs. OECD 2010.

AUGUSTINAITIS, A.; RUDZKIENĖ, V.; PETRAUSKAS, R. A.; DAGYTĖ, I.; MARTINAITYTĖ, E.; LEICHTERIS, E.; MALINAUSKIENĖ, E.; VIŠNEVSKA, V.; ŽILIONIENĖ, I. (2009). *Lietuvos e. valdžios gairės: ateities įžvalgų tyrimas*. Vilnius: Mykolo Romerio universiteto Leidybos centras. 347 p.

DZEMYDIENĖ, D.; NAUJIKIENĖ, R. (2011). Daugelio kriterijų grįžtamojo ryšio vertinimo modelis elektroninių viešųjų paslaugų įgyvendinimo situacijos analizei. *Informacijos mokslai*, t. 56, p. 19–30.

NAUJIKIENĖ, R. (2011). Indicators Influencing the Usability of Public E-services. *Social Technologies* 11. In *ICT for Social Transformations: Conference Proceedings*. Vilnius: Mykolo Romerio universitetas, p. 106–107.

DZEMYDIENĖ, D.; NAUJIKIENĖ, R.; JASIŪNAS E.; KALINAUSKAS, M. (2010). Evaluation of Security Disturbance Risks in Electronic Financial Payment Systems. *Intellectual Economics*, vol. 2 (8), p. 21–29.

DZEMYDIENĖ, D.; NAUJIKIENĖ, R. (2007). Elektroninių viešųjų paslaugų teikimo pavyzdžių analizė. *Informacijos mokslai*, t. 42–43, p. 26–32.

EK komunikatas (2004). *E-Health – Making Healthcare Better for European Citizens: An Action Plan for a European e-Health Area*, Nr. COM/2004/356 [interaktyvus] [žiūrėta 2015-04-18]. Prieiga per internetą: <<http://eur-lex.europa.eu>>.

EK komunikatas (2010). 2011–2015 m. Europos e. valdžios veiksmų planas IRT naudojimas siekiant pažangios, darnios ir novatoriškos valdžios. Briuselis, Nr: COM/2010/743.

GASCÓ, M. (2010). *Approaching E-Government Interoperability: Social Science Computer Review* [interaktyvus] [žiūrėta 2015-02-18]. Prieiga per internetą: <<http://ssc.sagepub.com/>>.

GOLDKUHL, G.; RÖSTLINGER, A. (2010). Development of public e-services – a method outline [interaktyvus]. Paper accepted to the 7th Scandinavian Workshop on E-Government (SWEG-2010) [žiūrėta 2015-04-18]. Prieiga per internetą: <<http://www.vits.org/publikationer/dokument/722.pdf>>.

JANKAUSKIENĖ, D.; ROTOMSKIENĖ, R.; TAMOŠIŪNAITĖ, R.; STOKAITĖ, V.; MAČIULIENĖ, M. (2014). *Sveikatos priežiūros darbuotojų ir gyventojų įtraukimo bei dalyvavimo e. sveikatos sistemoje masas ir tendencijos Lietuvoje*. Vilnius: Mykolo Romerio universitetas, p. 216.

JANKAUSKIENĖ, D.; JAKUBČIONYTĖ, A. (2014). Sveikatos priežiūros įstaigų personalo dalyvavimas e. sveikatos sistemoje. *Sveikatos politika ir valdymas*, nr. 1(6), p. 80–98.

JANUŠONIS, V. (2011). Sveikatos priežiūros reformos: teoriniai požiūriai ir praktiniai aspektai. *Sveikatos mokslai*, 2011, nr. 21(4), p. 5–11.

JANUŠONIS, V. (2011). Įrodymais pagrįstas sveikatos priežiūros organizacijų valdymas. *Tiltai* [interaktyvus]. Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla, nr. 4(57), p. 1–10 [žiūrėta 2015-03-20]. Prieiga per internetą: <[http://www.ku.lt/leidykla/files/2012/09/tiltai\\_2011\\_457.pdf](http://www.ku.lt/leidykla/files/2012/09/tiltai_2011_457.pdf)>.

MAGNUSSEN, J.; VRANGBAEK, K.; SALTMAN, R. B. (2009). *Nordic health care systems: recent reforms and current policy challenges*. Berkshire: Open University Press.

MIKULSKIENĖ, B.; PITRĖNAITĖ-ŽILĖNIENĖ, B.; JANKAUSKIENĖ, D. (2014) E. sveikatos dalyvių funkcijų pasiskirstymo svarba: dalyvių vaidmenų rinkinys. *Sveikatos politika ir valdymas*, nr. 2(7), p. 7–30.

Lietuvos informacinės visuomenės plėtros 2014–2020 metų programos „Lietuvos Respublikos skaitmeninė darbotvarkė“ vertinimo kriterijų pokyčių 2014 m. įvertinimo ataskaita [interaktyvus] [žiūrėta 2015-05-10]. Prieiga per internetą: <[http://www.ivpk.lt/uploads/IVP%20programos%20statistika/IVP\\_ataskaita\\_2015\\_02\\_05.pdf](http://www.ivpk.lt/uploads/IVP%20programos%20statistika/IVP_ataskaita_2015_02_05.pdf)>.

LR Vyriausybės nutarimas (2011). Dėl administracinės naštos piliečiams ir kitiems asmenims nustatymo ir įvertinimo metodikos patvirtinimo. Nr. 213.

LR Sveikatos apsaugos ministro įsakymas (2007). Dėl Lietuvos e. sveikatos 2007–2015 metų plėtros strategijos patvirtinimo. Nr. V-811.

LR Sveikatos apsaugos ministerija (2007). Lietuvos e. sveikatos strategija: kontekstas argumentacija ir įgyvendinimo rekomendacijos.

LR Sveikatos apsaugos ministerijos įsakymas Nr. V-836, 2007-10-16. Dėl Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerijos reguliavimo sričiai priskirtų registų ir informacinių sistemų sąveikos schemos patvirtinimo. *Valstybės žinios* [interaktyvus], 2007-10-23, Nr. 109-4470 [žiūrėta 2015-03-20]. Prieiga per internetą: <[http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=306833&p\\_tr2=2](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=306833&p_tr2=2)>.

PARDO, T. A.; NAM, T.; BURKE, G. B. (2011). *E-Government Interoperability: Interaction of Policy, Management, and Technology Dimensions*. *Social Science Computer Review* [interaktyvus] [žiūrėta 2015-03-20]. Prieiga per internetą: <<http://ssc.sagepub.com/>>.

VERDEGEM, P.; HAUTEKEETE, L. (2007). User Centered e-Government: Measuring user Satisfaction of online Public Services. *IADIS International Journal on WWW/Internet* [interaktyvus], no. 5(2), p. 165–180 [žiūrėta 2014-04-09]. Prieiga per internetą: <[http://www.iadis.net/dl/final\\_uploads/2007520112.pdf](http://www.iadis.net/dl/final_uploads/2007520112.pdf)>.

## A MULTI-CRITERIA EVALUATION OF E-HEALTH SERVICES BY EFFECTIVENESS OF COMMUNICATION WITH PARTICIPATING GROUPS OF USERS

Dalė Dzemydienė, Ramutė Naujikienė

### Summary

The development of information communication technology (ICT) allows the simplification of administrative processes in health sector. ICT affect the variety of methods of information collection, dissemination and management. It is important to provide services corresponding to the needs of citizens while implementing e-health administration system. While providing e-services it is important to create an interoperable e-services platform that enables the organization of distributed information systems (IS) and interaction of the data bases (DB). It is particularly important to

use ICT-based solutions, and understand user communication patterns. To promote the active participation of citizens in the improvement of communication processes shaping the diversity of opinions and offering alternative solutions. The paper presents the health administration field communication indicators and their significance assessment – which makes health communication processes more efficient.

**Keywords:** e-services, e-health, information communication technology (ICT), administration of e-health system, interoperability.

*Įteikta 2015 m. gegužės 15 d.*

# BIOJUTIKLIO SU ALOSTERINIO FERMENTO SLUOKSNIU KOMPIUTERINIS MODELIAVIMAS\*

## Liutauras Ričkus

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakulteto doktorantas  
Vilnius University, Faculty of Mathematics and Informatics, PhD student  
Naugarduko g. 24, LT-03225 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: liutauras.rickus@mif.vu.lt

## Romas Baronas

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakulteto profesorius, daktaras  
Vilnius University, Faculty of Mathematics and Informatics, Professor, PhD  
Naugarduko g. 24, LT-03225 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: romas.baronas@mif.vu.lt

*Biojutikliai yra analitiniai įrenginiai medžiagų koncentracijai matuoti. Kuriant naujus biojutiklius reikia atlikti daug eksperimentų. Siekiant sumažinti atliekamų fizinių eksperimentų skaičių taikomas kompiuterinis biojutiklių veikimo modeliavimas. Darbe matematiškai modeliuojamas ampermetrinio biojutiklio su alosteriniu fermentu veikimas. Matematinio modelio pagrindą sudaro reakcijos-difuzijos lygtys su netiesiniais reakcijos nariais. Matematinis modelis aprašo biojutiklio veikimą vienmatėje erdvėje. Dėl netiesiškumo modelis analiziškai sprendžiamas tik konkrečioms parametru reikšmėms, todėl skaičiavimams naudojamas skaitinis baigtinių skirtumų metodas. Šio darbo tikslas – nustatyti, kokiomis savybėmis pasižymi biojutiklis su alosterinio fermento sluoksniu, kokiomis sąlygomis reikia naudoti sudarytąjį modelį, o kokiomis – paprastesnius modelius.*

**Pagrindiniai žodžiai:** biojutiklis, alosterinis fermentas, kompiuterinis modeliavimas.

## Įvadas

Biojutiklis yra analitinis matavimo įrenginys medžiagos koncentracijai tirpale nustatyti. Aptikimui naudojamas biologinės kilmės fermentas (Sheller, Schubert, 1922; Thevenot, Toth ir kt., 2001). Biojutikliai plačiai naudojami medicinoje, farmacijoje, maisto pramonėje ir kitose srityse, nes yra labai jautrūs ir palyginti pigūs (Cooper, Cass, 2004). Ampermetrinis biojutiklis veikia, kai substratas (analizuojamoji medžiaga) reaguoja su fermentu ir sudaro kompleksą, kuris skyla ir susidaro produktas. Taip pat kompleksas, susijungęs su kita substrato molekule, gali sudaryti kitą kompleksą, kurio skilimo reakcija yra skirtingo greičio nei pirmo-

jo. Biojutiklis, reaguodamas į elektrochemiškai aktyvų produktą, sukuria srovę, proporcingą produkto koncentracijai ant elektrodo paviršiaus (Baronas ir kt., 2010; Sheller, Schubert, 1922). Matematinis biojutiklių veikimas aprašomas netiesinėmis diferencialinėmis lygtimis dalinėmis išvestinėmis su netiesiniais reakcijos nariais. Tokiais atvejais analiziniai sprendiniai egzistuoja tik esant specifinėms parametru reikšmėms (Baronas ir kt., 2010; Britz, 2005).

Kuriant biojutiklius, labai svarbu perprasti juose vykstančius reiškinius. Kad pavyktų sukurti efektyvų ir patikimą biojutiklį, tikslinga turėti biojutiklio modelį (Corcuera ir kt., 2004; Ferreira ir kt., 2003). Nuo 1970 metų,

\* Autoriai nuoširdžiai dėkoja profesoriumi Juozui Kuliui už naudingas mokslines diskusijas ir vertingus patarimus modeliuojant biojutiklių veikimą.

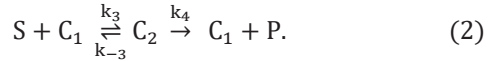
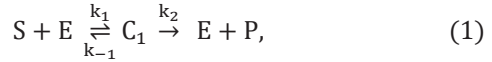
kai buvo pradėtas taikyti biojutiklių modelia-  
vimas, sukurta nemažai matematinių konkrečių  
biojutiklių veikimo modelių (Mell, Maloy,  
1975; Kernevez, 1980; Kulys, 1981; Bartlett,  
Whitaker, 1987; Šimelevičius, Baronas, 2011).  
Išsami biojutiklių modelių apžvalga pateikta  
R. Barono ir kt. knygoje (2010) ir T. Schul-  
meisterio straipsnyje (1990).

Nemaža dalis biologinės kilmės fermentų  
yra alosteriniai (*allos steros* – graikiškai kita  
vieta). Alosteriniai fermentai yra baltymai,  
kurie turi kelis centrus. Šie fermentai gali keisti  
reakcijos greitį priklausomai nuo substrato  
koncentracijos (Murray, 2001; Hammes, Wu,  
1974). Yra tyrimų, kuriuose analizuojamos  
alosterinių fermentų reakcijos bei jų veikimas  
(Hammes, Wu, 1974; Ropp, Traut, 1991).  
Daugumoje šių darbų nagrinėjama arba aloste-  
rinių fermentų reakcijos (Traut, 2008), arba  
konkrečių fermentų ar baltymų grupių veikimas  
(Kuhert ir kt., 2011) ir paprastai neatsižvelgia-  
ma į medžiagų difuziją. Dažniausiai nagrinė-  
jamos lėtosios alosterinės reakcijos (Kærn,  
Hunding, 1999).

Modeliuojant biojutiklį reikia atsižvelgti ne  
tik į alosteriją, bet ir į medžiagų biochemines  
reakcijas bei difuziją (Schulmeister, 1990). Šio  
darbo tikslas – sukurti biojutiklio su alosteriniu  
fermento sluoksniu matematinį modelį ir ištirti,  
kokiomis savybėmis pasižymi šis jutiklis. Mo-  
delis apsiriboja alosteriniais fermentais, kurie  
turi iki dviejų katalizinių centrų (Hill, 1910).  
Alosterinio fermento reakcijai daro įtaką daug  
parametrų, todėl šiame darbe siekiama minimi-  
zuoti rezultatą veikiančių parametrų skaičių.

## Matematinis modelis

Darbe nagrinėjamas biojutiklis yra elektro-  
das, kurio paviršius padengtas palyginti plonu  
alosterinio fermento sluoksniu. Modeliuojamas  
fermento sluoksniu, kuriame vyksta biochemi-  
nės reakcijos ir medžiagų difuzija, o išorėje yra  
tirpalas, kuriame palaikoma vienoda medžiagų  
koncentracija. Reakcijos mechanizmas apra-  
šomas taip (Murray, 2001):



Šiame modelyje alosterinio fermento mo-  
lekulės E jungiasi su substratu S ir sudaro  
substrato ir fermento kompleksą  $C_1$ . Šis komp-  
leksas gali atgal skilti į fermentą E ir produktą  
P arba susijungus su substratu S sudaryti kitą  
substrato ir fermento kompleksą  $C_2$ , kuris skyla  
atgal į kompleksą  $C_1$  ir produktą P. Visos  $k_i$ ,  
kur  $i \in \{-3; -1; 1; 2; 3; 4\}$ , yra reakcijų grei-  
čiai,  $k_1$  nurodo, koku greičiu susidaro komp-  
leksas  $C_1$ ,  $k_2$  – greitį, kuriuo  $C_1$  skyla į E ir P, o  
 $k_{-1}$  – koku greičiu  $C_1$  kompleksas grįžta į  
pradinę būseną S ir E. Atitinkamai  $k_3, k_4$  nuro-  
do, koku greičiu susidaro  $C_2$  kompleksas, ko-  
kiu greičiu jis skyla į  $C_1$  kompleksą ir produktą  
P, bei  $k_{-3}$  yra greitis, kuriuo  $C_2$  kompleksas  
grįžta į pradinę būseną  $C_1$  ir S.

Laikant, kad elektrodas yra simetriškas, o  
fermentas yra pasiskirstęs homogeniškai, gali-  
ma sukonstruoti vienmatį biojutiklio modelį  
(Schulmeister, 1990).

## Pagrindinės lygtys

Medžiagų koncentracijų pokyčius vykstant  
biocheminėms reakcijoms galima aprašyti lyg-  
timis, naudojantis masių dėsniumi (Gutfreund,  
1995; Bartlett, Whitaker, 1987). Koncentracijų  
pokyčius dėl difuzijos galima aprašyti remian-  
tis Fiko dėsniumi (Gorban ir kt. 2011). Gauname  
tokias reakcijos-difuzijos lygtis:

$$\frac{\partial s}{\partial t} = D_s \frac{\partial^2 s}{\partial x^2} - k_1 s e + (k_{-1} - k_3 s) c_1 + k_{-3} c_2, \quad (3)$$

$$\frac{\partial c_1}{\partial t} = k_1 s e - (k_{-1} + k_2 + k_3 s) c_1 + (k_{-3} + k_4) c_2, \quad (4)$$

$$\frac{\partial c_2}{\partial t} = k_3 s c_1 - (k_{-3} + k_4) c_2, \quad (5)$$

$$\frac{\partial e}{\partial t} = -k_1 s e + (k_{-1} + k_2) c_1, \quad (6)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = D_p \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + k_2 c_1 + k_4 c_2, \quad (7)$$

$t > 0, x \in (0, d),$

čia  $d$  yra fermento sluoksnio storis,  $x$  – atstumas nuo elektrodo, o  $t$  yra laikas. Lygtyse fermento koncentracija žymima  $e(x, t)$ , o  $c_1(x, t)$ ,  $c_2(x, t)$  žymi kompleksų koncentracijas,  $D_p$  ir  $D_s$  – difuzijos koeficientus,  $s(x, t)$  ir  $p(x, t)$  – atitinkamai substrato ir produkto koncentracija, visi  $k$  – atitinkamus reakcijų greičius.

### Pradinės sąlygos

Biojutiklio pradinės sąlygas taikome tirpale atsiradus substrato molekulių. Tuo metu produkto bei substrato ir fermento kompleksų  $c_1$  bei  $c_2$  fermento sluoksnyje nėra. Pradinės sąlygas formuojame taip ( $t = 0$ ):

$$s(d, 0) = s_0, \quad (8)$$

$$c_1(x, 0) = c_2(x, 0) = p(x, 0) = 0, \quad (9)$$

$$s(x, 0) = 0, \quad x \in [0, d], \quad (10)$$

čia  $e_0$  žymi pradinę fermento koncentraciją, o  $s_0$  yra substrato koncentracija tirpale, kuri nekinta.

### Kraštinės sąlygos

Substrato koncentraciją tirpale  $s_0$  laikysime nekintančia. Produktas ant elektrodo ( $x = 0$ ) paviršiaus dalyvauja elektrocheminėje reakcijoje, todėl jo koncentraciją laikysime lygia nuliui. Kitos medžiagos nedalyvauja elektrocheminėje reakcijoje elektrodo paviršiuje. Gaunamos tokios kraštinių sąlygos ( $t > 0$ ):

$$s(d, t) = s_0, \quad p(d, t) = 0, \quad (11)$$

$$p(0, t) = 0, \quad D_s \frac{\partial s}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0.$$

### Pagrindinės prielaidos

Bendras fermento kiekis proceso metu nekinta, todėl

$$\frac{\partial c_1}{\partial t} + \frac{\partial c_2}{\partial t} + \frac{\partial e}{\partial t} = 0 \quad (12)$$

ir suintegravę šią sąlygą gauname

$$e + c_1 + c_2 = e_0. \quad (13)$$

Sąlygą (13) pritaikę lygčių sistemai (3)–(7), ją galime supaprastinti:

$$\frac{\partial s}{\partial t} = D_s \frac{\partial^2 s}{\partial x^2} - k_1 s e_0 + (k_1 s + k_{-1} - k_3 s) c_1 + (k_1 s + k_{-3}) c_2, \quad (14)$$

$$\frac{\partial c_1}{\partial t} = k_1 s e_0 - (k_{-1} + k_1 s + k_2 + k_3 s) c_1 + (k_{-3} - k_1 s + k_4) c_2, \quad (15)$$

$$\frac{\partial c_2}{\partial t} = k_3 s c_1 - (k_{-3} + k_4) c_2, \quad (16)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = D_p \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + k_2 c_1 + k_4 c_2. \quad (17)$$

Papildę sąlyga, jog substrato koncentracija yra gerokai didesnė už fermento koncentraciją  $e_0 \ll s_0$ , galime teigti, kad kažkuriuo laiko momentu substrato ir fermentų kompleksų  $c_1$  ir  $c_2$  koncentracijos pasieks pusiausvyrą. Tai leidžia (14)–(17) lygčių sistemą perrašyti taip:

$$\frac{\partial s}{\partial t} = D_s \frac{\partial^2 s}{\partial x^2} - e_0 s \frac{k_2 k'_m + k_4 s}{k_m k'_m + k'_m s + s^2}, \quad (18)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = D_p \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + e_0 s \frac{k_2 k'_m + k_4 s}{k_m k'_m + k'_m s + s^2}, \quad (19)$$

čia  $k_m$  ir  $k'_m$  yra Michaelis–Menten konstantų atitiktinys (1) ir (2) reakcijoms. Jų reikšmės atitinkamai yra:

$$k_m = \frac{k_2 + k_{-1}}{k_1}, \quad k'_m = \frac{k_4 + k_{-3}}{k_3}. \quad (20)$$

### Biojutiklio atsakas

Ampermetrinio biojutiklio atsakas yra elektros srovės stipris, kuris yra tiesiogiai proporcingas produkto koncentracijos  $p(0, t)$  srautui elektrodo paviršiuje (Scheller, Schubert, 1992; Turner ir kt., 1987). Srovė taip pat yra tiesiogiai proporcinga elektrodo paviršiaus plotui. Elektrodo paviršiaus plotas nėra svarbus biojutiklio savybių tyrimui, todėl į jį neatsižvelgsime ir vietoje srovės naudosime srovės tankį (Baronas ir kt., 2010). Biojutiklio srovės tankį galime apskaičiuoti remdamiesi Faradėjaus ir Fiko dėsniais:

$$i(t) = n_e F D_p \frac{\partial p}{\partial x} \Big|_{x=0}, \quad (21)$$

čia  $n_e$  yra krūvio mainuose elektrodo paviršiuje dalyvaujančių elektronų skaičius,  $F$  – Faradėjaus konstanta  $F = 96486 \frac{\text{C}}{\text{mol}}$ . Laikome, kad sistema pasiekia pusiausvyrą, kai  $t \rightarrow \infty$ :

$$I = \lim_{t \rightarrow \infty} i(t), \quad (22)$$

$I$  – žymi biojutiklio pusiausvriosios srovės tankis.

## Bedimensis modelis

Gautas modelis priklauso nuo nemažo skaičiaus parametru. Nekeisdami modelio tikslumo sumažinkime tiriamų parametru skaičių, kad modelis taptų bedimensis. Tam atliekami tokie keitimai:

$$T = \frac{tD_s}{d^2}, \quad S = \frac{s}{k_m}, \quad P = \frac{p}{k_m}, \\ X = \frac{x}{d}, \quad k = \frac{k_4}{k_2}, \quad K_m = \frac{k_m}{k_m}, \quad K'_m = \frac{k'_m}{k_m}. \quad (23)$$

Įrašę (23) reikšmes į reakcijos lygtis (18) ir (19) gauname:

$$\frac{\partial S}{\partial T} = \frac{\partial^2 S}{\partial X^2} - \sigma^2 \frac{S(K'_m + kS)}{K'_m + K'_m S + S^2}, \quad (24)$$

$$\frac{\partial P}{\partial T} = \frac{D_p}{D_s} \frac{\partial^2 P}{\partial X^2} + \sigma^2 \frac{S(K'_m + kS)}{K'_m + K'_m S + S^2}. \quad (25)$$

čia  $\sigma^2$  yra bedimensis difuzijos modulis (Schulmeister, 1990),

$$\sigma^2 = \frac{e_0 k_2 d^2}{k_m D_s}. \quad (26)$$

Atsižvelgiant į bedimensio modelio (23) keitimus pradinės sąlygos (8)–(10) perrašomos taip:

$$S(1, 0) = S_0, \quad S(X, 0) = 0, \\ X \in [0, 1], P(X, 0) = 0, \quad X \in [0, 1], \quad (27)$$

čia  $S_0 = s_0/k_m$ . Atitinkamai kraštinės sąlygos perrašomos taip ( $T > 0$ ):

$$S(1, T) = S_0, \quad P(1, T) = 0, \\ P(0, T) = 0, \quad D_s \frac{\partial S}{\partial X} \Big|_{X=0} = 0. \quad (28)$$

Biojutiklio bedimensis atsakas (20) ir (21) naudojant pakeitimus (23) transformuojamas į:

$$i'(T) = \frac{\partial P}{\partial X} \Big|_{X=0} = \frac{i(t)d}{n_e F D_p k_m}, \\ I' = \lim_{T \rightarrow \infty} i'(T), \quad (29)$$

čia bedimensis srovės tankis  $i'(T)$  elektrodo paviršiuje ir atitinkamai bedimensis biojutiklio pusiausvriosios srovės tankis  $I'$ .

## Priartėjimas prie Michaelis-Menten kinetikos

Tiriant biojutiklio modelį svarbu žinoti, kokiomis sąlygomis jis elgiasi kaip plačiau žinomas modelis. Todėl nustatysime, kokiomis sąlygomis modelis elgiasi pagal gerai žinomą Michaelis-Menten kinetiką. Reakcijos (1) ir (2) tampa Michaelis-Menten kinetika, jei kompleksas  $C_2$  nesusidaro, kitaip tariant,  $k_4 \approx 0$  ir komplekso  $C_2$  grįžtamoji reakcija yra spartesnė nei jo susidarymo, tai yra  $k_{-3} \gg k_3 s^2$ . Jei šios prielaidos tenkinamos, tai

$$k'_m = \frac{k_4 + k_{-3}}{k_3} \approx \frac{k_{-3}}{k_3} \gg s^2. \quad (30)$$

Žinoma, kad substrato koncentracija niekada negali būti didesnė už pradinę substrato koncentraciją  $s_0$ , todėl iš sąlygos  $s \leq s_0$  išeina, kad  $k'_m \gg s_0^2$ . Nagrinėdami reakcijos greitį  $v(s)$

$$v(s) = e_0 s \frac{k_2 k'_m + k_4 s}{k_m k'_m + k'_m s + s^2} \quad (31)$$

ir pritaikę jam sąlygas  $k_4 \approx 0$  ir  $k'_m \gg s_0^2 \geq s^2$  gauname, jog reakcijos greitis yra apytiksliai toks:

$$v(s) = \frac{e_0 k_2 s + \frac{k_4 s}{k'_m}}{k_m + s + \frac{s^2}{k'_m}} \approx \frac{e_0 k_2 s}{k_m + s} = \frac{V_{max} s}{k_m + s}, \quad (32)$$

čia  $V_{max} = e_0 k_2$ . Matome, kad reakcijos greitis atitinka Michaelis–Menten kinetikos formulę.

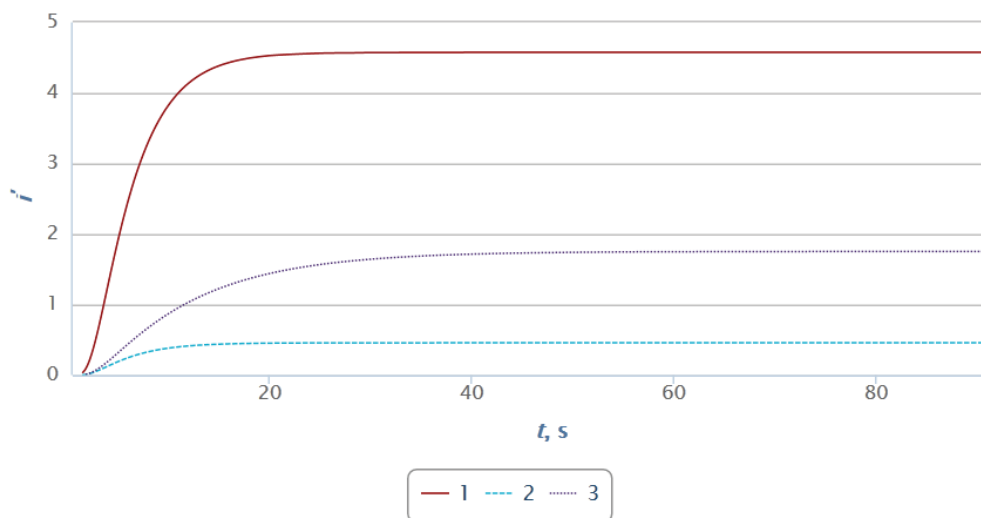
Analogiškai gaunamas Michaelis-Menten kinetikos bedimensis modelis iš (23)–(25). Bedimensiame modelyje sąlygą  $k_4 \approx 0$  keičiame sąlyga  $k \approx 0$ , o sąlygą  $s_0^2 \ll k'_m$  keičiame sąlyga  $S_0^2 \ll K'_m$ . Lygtį (31) perrašome bedimense lygtimi:

$$V(S) = \frac{\sigma^2 S}{1+S}, \quad (33)$$

kurioje bedimensis reakcijos greitis pažymėtas  $V(S)$ , kai tenkinamos sąlygos:

$$k \approx 0 \text{ ir } S_0^2 \ll K'_m. \quad (34)$$





1 pav. Bedimensės srovės  $i'$  priklausomybė nuo laiko  $T$ , kai  $\sigma^2 = 1$ , o  $S_0$  reikšmės yra 10 (1), 0.1 (2) ir 1 (3) ir  $K'_m = S_0$

## Skaitinis modeliavimas

Kadangi sprendžiamos netiesinės diferencialinės lygtys dalinėmis išvestinėmis, apskaičiuoti alosterinių biojutiklių atsaką analiziškai galima tik esant specialioms sąlygoms (Kernez, 1980; Schulmeister, 1990; Britz, 2005). Alosterinių biojutiklių uždavinys buvo išspręstas skaitiniu baigtinių skirtumų metodu (Britz, 2005; Samarskii, 2001). Fermento sluoksnis buvo diskretizuotas naudojant tolygų diskretųjį tinklą, sudarytą iš 200 taškų. Modelis realizuotas naudojant Java programavimo kalbą. Skaičiavimuose naudotas laiko žingsnis  $\delta T$  parenkamas pagal parametrus, kad tenkintų sąlygą (Baronas ir kt., 2010):

$$\delta T = \frac{\sigma^2}{10k}. \quad (35)$$

Simuliacijos pabaigos laikas  $T_R$  parinktas toks, po kurio srovės pokytis pasidaro nyksta- mai mažas ir tenkina sąlygą:

$$T_R = \min_{i_j > 0} \left\{ t_j : \left| \frac{i_j - i_{j-1}}{i_j} \right| < \varepsilon \right\},$$

$$t_j = \delta T i_j, \quad i_j = i'(t_j), \quad j = 1, 2, \dots \quad (36)$$

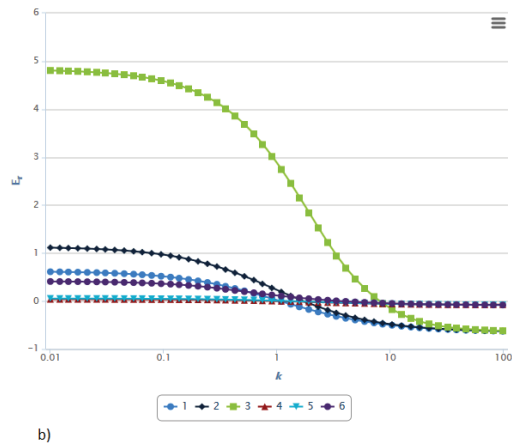
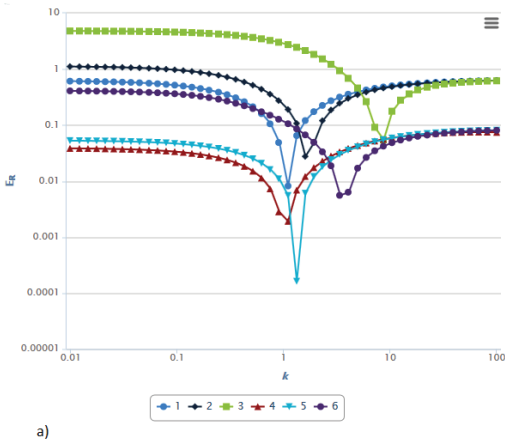
čia  $I_R$  yra biojutiklio pusiausvyros srovės tankis,  $I_R = i'(T_R) \approx I'$ . Darbe naudojama reikšmė  $\varepsilon = 10^{-9}$ .

Modelio tyrime nagrinėjama parametro  $k$  reikšmė, kuri parodo reakcijos greičių santykį ir priklausomybę nuo pradinės substrato koncentracijos. Tyrimo metu naudojamos paramet- rų  $D_P = D_S$  reikšmės yra lygios, todėl jų santy- kis laikomas vienetu.

Srovė per tam tikrą laiką pasiekia pusiaus- vyvą. Tai matyti 1 pav., kuriame pavaizduotas laikinis srovės kitimas.

## Rezultatai

Alosteriniams fermentams mūsų nagrinė- jamas modelis yra tikslesnis ir priklauso nuo daugiau paramet- rų nei Michaelis-Menten kine- tika. Rasime, kokiomis sąlygomis modelis (24)–(29) yra tikslesnis. Parametrai, kurių nėra Michaelis-Menten kinetikoje:  $k$  – reakcijos greičių santykis,  $K'_m$  – Michaelis-Menten kine- tikos konstantų atitikmenų santykis. Mode- liams palyginti naudojame santykinę biojutiklio pusiausvyros srovės paklaidą  $E_R$  ir santykinį pokytį  $E_r$ :



2 pav. Santykinės paklaidos  $E_R$  a) ir santykinio pokyčio  $E_r$  b) priklausomybė nuo parametro  $k$  esant parametru reikšmėms  $\sigma^2 = 1$  (1), (2), (3), o  $\sigma^2 = 10$  (4), (5), (6).

Taip pat  $S_0 = K'_m = 0, 1$  (1) ir  $S_0 = K'_m = 1$  (4), (2) ir  $S_0 = K'_m = 10$  (5), o (3) ir (6)

$$E_R = \left| \frac{l'_* - l'}{l'} \right| \text{ ir } E_r = \frac{l'_* - l'}{l'}, \quad (37)$$

čia  $l'_*$  – pusiausvyros srovės tankis esant Michaelis-Menten kinetikai. Ši reikšmė gauta taikant modelį (24)–(29) su (34) sąlygomis.

Antrame paveiksle pavaizduotos santykinės paklaidos  $E_R$  ir santykinio pokyčio  $E_r$  priklausomybės nuo  $k$  esant skirtingoms  $S_0$  ir  $\sigma^2$  reikšmėms,  $K'_m = S_0$ . Matomi (2 pav., a) santykinų paklaidų ekstremumai. Slenkstine  $k$  reikšme vadinsime tokią reikšmę, kuriai esant  $E_r$  keičia ženklą. Slenkstinė reikšmė parodo, kiek kartų  $E_r$  keičia ženklą. Matome (2 pav., b), kad ženklas keičiamas tik vieną kartą. Suskaičiuoti  $k$  slenkstinę reikšmę galima sudarius lygtį, kurios vienoje pusėje (24) lygties reakcijos greičio narys, o kitoje – greičio narys (33). Suskaičiuota  $k$  reikšmė yra lygi  $s_0/(1 + s_0)$ , tačiau skaitiniame modeliavime matome, kad jai turi įtakos ir kiti parametrai –  $\sigma^2$  ir  $K'_m$ . Tai reiškia, kad difuzija daro įtaką biojutiklio srovės tankio atsakui.

Teigiama  $E_r$  reikšmė parodo, kad alosterija padidina biojutiklio jautrį, o neigiama sumažina. Iš 2 pav., b, matome, jog  $E_r$  reikšmė yra teigiama, kai  $k$  yra mažesnis nei slenkstinė reikšmė, ir neigiama,  $k$  esant didesnei nei slenkstinė reikšmė. Iš tiesų  $k$  yra reakcijos greičių  $k_2$  ir  $k_4$  santykis. Kai

$k_2 > k_4$  arba esant mažam  $k$ , dalis fermento reaguoja lėčiau, nei Michaelis–Menten kinetikos atveju ir tai yra logiška, nes alosterijos atveju komplekso  $C_2$  produkto gamybos procesas yra lėtesnis. Kai  $k$  didesnė nei slenkstinė reikšmė, tai alosterijos poveikis yra didesnis nei standartinė Michaelis-Menten kinetika, kas irgi yra suprantama. Dalis fermento pasikeičia ir aktyviau dalyvauja reakcijoje, tai parodo skaitinio modeliavimo rezultatai.

Antro paveikslo 1, 2 ir 3 kreivės vaizduoja skirtingas  $S_0$  koncentracijų priklausomybes nuo  $k$ . Akivaizdžiai matyti, jog kai  $k \rightarrow \infty$ , santykinės paklaidos dydis nepriklauso nuo pradinės koncentracijos  $S_0$ . Tai reiškia, jog esant didesnėms  $k$  reikšmėms galima taikyti paprastesnį Michaelis-Menten kinetikos modelį. Aišku,  $k$  slenkstis priklauso nuo  $S_0$  ir  $k$  reikšmės, kuri praktikoje negali būti begalinė.

Pastebima priklausomybė: kuo didesnė substrato koncentracija, tuo tikslesnis mūsų modelis, kai  $k \rightarrow 0$ . Taip pat iš 2 pav. gerai matoma, jog didėjant  $\sigma^2$  santykinė paklaida mažėja. Tai reiškia, jog pakankamai padidinus  $\sigma^2$  galima naudoti Michaelis–Menten kinetikos modelį. Kadangi  $\sigma^2$  priklauso ne tik nuo medžiagos fermento savybių, ją galima paveikti kuriant biojutiklius, pavyzdžiui, keičiant fermento sluoksnį arba fermento kiekį.

## Išvados

Bedimensis matematinis modelis (23)–(29) yra tinkamas biojutikliams su alosterinio fermento sluoksniu modeliuoti.

Skaitinio modeliavimo rezultatai parodė, jog esant didelei  $k_4$  parametro reikšmei galima taikyti paprastesnius matematinius modelius;

kitaip tikslinga taikyti tikslesnį modelį (23)–(29).

Didinant fermento kiekį arba fermento sluoksnio storį galima pasiekti tokią būseną, kai nebereikia atsižvelgti į alosterines fermento savybes ir tikslinga naudoti paprastesnius Michaelis-Menten kinetikos matematinius modelius.

## LITERATŪRA

- BARONAS, R.; IVANAUSKAS, F.; KULYS, J. (2010). *Mathematical Modeling of Biosensors*. Dordrecht: Springer. ISBN 978-90-481-3243-0.
- BARTLETT, P. N.; WHITAKER, R. G. (1987). Electrochemical immobilisation of enzymes. Part I: Theory. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, vol. 224, no. 1–2, p. 27–35.
- BRITZ, D. (2005). *Digital Simulation in Electrochemistry*. Berlin: Springer. 338 p. ISBN 978-3540239796.
- COOPER, J.; CASS, T. (2004). *Biosensors*. Second Edition. Oxford University Press. ISBN 978-0199638451.
- GOEKE, A.; SCHILLI, C.; WALCHER, S.; ZERZ E. (2012). Computing quasi-steady state reductions. *Journal of Mathematical Chemistry*, vol. 50, p. 1495–1513.
- GORBAN, A. N.; SARGSYAN H. P.; WAHAB H. A. (2011). Quasichemical Models of Multicomponent Nonlinear Diffusion. *Mathematical Modelling of Natural Phenomena*, vol. 6 (05), p. 184–262.
- GUTFREUND, H. (1995). *Kinetics for the Life Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press. 346 p. ISBN 9780521485869.
- HAMMES, G. G.; WU, C. W. (1974). Kinetics of allosteric enzyme. *Annual Review of Biophysics and Bioengineering*, vol. 3, p. 1–33.
- HILL, A.V. (1910). The possible effects of the aggregation of the molecules of haemoglobin on its dissociation curves. *J. Physiol (Lond.)* 40, i–vii.
- KÆRN, M.; HUNDING, A. (1999). The Effect of Slow Allosteric Transitions in a Coupled Biochemical Oscillator Model. *Journal of Theoretical Biology*, vol. 198, p. 269–281.
- KERNEVEZ, J. P. (1980). *Enzyme Mathematics: Studies in Mathematics and its Applications*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company. 276 p. ISBN 978-0444861221.
- KUHNERT, N.; DAIRPOOSH, F.; JAISWAL, R.; MATEI, M.; DESHPANDE, S.; GOLON, A.; NOUR, H.; KARAKÖSE, H.; HOURANI, N. (2011). Hill coefficients of dietary polyphenolic enzyme inhibitors: can beneficial health effects of dietary polyphenols be explained by allosteric enzyme denaturing? *Journal of Chemical Biology*, vol. 4(3), p. 109–116.
- MURRAY, J. D. (2001). *Mathematical Biology*. I: An Introduction. Third Edition. Springer. ISBN 0-387-95223-3.
- ROPP, P. A.; TRAUT, T. W. (1991). Purine nucleoside phosphorylase: Allosteric regulation of a dissociating enzyme. *Journal of Chemical Biology*, vol. 266, p. 7682–7687.
- SAMARSKII, A. A. (2001). *The Theory of Difference Schemes*. New York: Marcel Dekker. 761 p. ISBN 978-0824704681.
- SHELLER, F. W.; SCHUBERT, F. (1992). *Biosensors*. Amsterdam: Elsevier Science. 360 p. ISBN 9780080875590.
- SCHULMEISTER, T. (1990). Mathematical modelling of the dynamic behaviour of amperometric enzyme electrodes. *Selective Electrode Reviews*, vol. 12, p. 203–260.
- ŠIMELEVIČIUS, D.; BARONAS, R. (2011). Amperometrinių biojutiklių su sinerginių substratų stiprinimu kompiuterinis modeliavimas. *Informacijos mokslai*, t. 56 p. 174–181.
- THEVENOT, D. R.; TOTH, K.; DURST, R. A.; WILSON, G. S. (2001). Electrochemical biosensors: recommended definitions and classification. *Biosens. Bioelectron*, vol. 16, p. 121–131.
- TRAUT, T. (2008). *Allosteric regulatory enzymes*. Springer Science & Business Media. ISBN 978-0-387-72891-9.
- TURNER, A. P. F.; KARUBE, I.; WILSON, G. S. (1987). *Biosensors: Fundamentals and Applications*. Oxford: Oxford University Press. 770 p. ISBN 000-0198547455.

## COMPUTATIONAL MODELLING OF A BIOSENSOR BASED ON ALLOSTERIC ENZYME LAYER

Liutauras Ričkus, Romas Baronas

### Summary

In this study computational modelling of biosensors with allosteric enzyme is investigated. The operation of the biosensor was simulated using non-stationary reaction-diffusion equations. This model involves the allosteric enzyme layer where the allosteric enzyme reactions as well as the mass transport by diffusion take place. In the convective region the analyte concentration is assumed to be constant. Nu-

meric experiments show that developed mathematical model is suitable for a modeling of biosensors with an allosteric enzyme layer. It was found, that the Michaelis-Menten kinetic models could be applied for biosensors with allosteric enzyme by increasing the enzyme concentration and enzyme layer thickness.

**Keywords:** biosensor, allosteric enzyme, computational modeling

*Įteikta 2015 m. gegužės 23 d.*

# DUOMENŲ ANALIZĖ IR VAIZDAVIMAS

## Didelių duomenų vizualizavimo metodai ir įrankiai

### Jelena Zubova

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto doktorantė  
Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics, Doctoral student  
Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: jelena.zubova@mii.vu.lt

### Olga Kurasova

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto vyresnioji mokslo darbuotoja  
Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics, Senior researcher  
Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: olga.kurasova@mii.vu.lt

*Straipsnyje nagrinėjami dideliems duomenims skirti vizualizavimo metodai ir įrankiai. Identifikuojama, su kokiais uždaviniais susiduriama analizuojant ir vizualizuojant didelius duomenis. Apibrėžiama didelių duomenų sąvoka. Aptariamos technologijos didelių duomenų analizei atlikti. Pateikiama didelių duomenų vizualizavimo įrankių apžvalga. Įrankių funkcionalumas pademonstruotas pavyzdžiais, siekiant išryškinti privalumus ir trūkumus.*

**Pagrindiniai žodžiai:** dideli duomenys, vizualizavimo metodai, vizualizavimo įrankiai, interaktyvi vizualizacija.

### Įvadas

Šiuolaikiniame pasaulyje būtų sunku atrasti žmogaus veiklos sritį, kurioje nebūtų kaupiami ir analizuojami duomenys. Besivystant naujoms technologijoms, duomenų labai sparčiai daugėja, kartu didėja ir poreikiai analizuoti turimus duomenis (Dzemyda ir kt., 2008). Pastaruoju metu įvairiose mokslinių tyrimų srityse nuolat generuojami didžiuliai duomenų kiekiai, kurie yra saugomi saugyklose. Labai dažnai ne tik duomenų kiekis yra didelis, bet ir šie duomenys nuolatos atnaujinami bei papildomi naujais. Be to, duomenų tipų ir šaltinių įvairovė taip pat yra labai plati. Tokie duomenys yra vadinami dideliais duomenimis. Su sunkumais apdorojant ir analizuojant didelius duomenis susiduriama įvairiose srityse, pavyzdžiui, medicinoje, finansų, ekonomikos srityse, inžinerijoje ir

pan. Didelių duomenų analizės uždaviniams, tokiems kaip klasterizavimas, klasifikavimas, statistinė ir vizuali analizė, kuriami įvairūs metodai. Didelių duomenų vizualizavimas yra vienas iš didžiausių uždavinių, su kuriais susiduria duomenų analitikai ir mokslininkai todėl, kad metodai ir įrankiai, skirti įprastiems duomenims vizualizuoti, yra netinkami didelių duomenų vizualiai analizei (Jin, 2015; Zhang ir kt., 2012). Vizualus didelių duomenų vaizdavimas leidžia aptikti, išrinkti ir efektyviai panaudoti naudingą informaciją. Gautas duomenų vaizdas leidžia pamatyti duomenų grupavimosi tendencijas, duomenų išskirtis. Tai gali padėti sprendžiant duomenų klasifikavimo ir klasterizavimo uždavinius. Šio darbo tikslas – iširti didelių duomenų vizualizavimo būdus, metodus, naudojamus įrankius, siekiant nustatyti jų pranašumus ir trūkumus.

## 1. Duomenų analizė didelių duomenų eroje

Dideliais duomenimis (angl. *Big Data*) vadinami tokie duomenų rinkiniai, kuriuos dėl jų dydžio ir sudėtingos struktūros apdoroti paprastomis duomenų apdorojimo programomis ir įrankiais tampa gana sudėtinga ar net neįmanoma (Sherman, 2014; Kurasova ir kt. 2014). Didelių duomenų sąvoka vartojama gana dažnai, tačiau ne visada ji apibrėžiama teisingai (Jagadish, 2015). Kartais dideli duomenys charakterizuojami tik jų apimtimi. Nors pats žodis „didelis“ reiškia dydį, apimtį, tačiau dideli duomenys yra apibūdinami daugiau nei viena charakteristika (1 pav.):

- Apimtis – viena iš didelių duomenų charakteristikų, nusakanti duomenų dydį.
- Įvairovė – charakteristika, nusakanti duomenų tipų įvairumą.
- Greitis – ši sąvoka suprantama kaip duomenų atsinaujinimo, didėjimo ir apdorojimo poreikio tenkinimas.
- Nepastovumas – charakteristika, vartojama norint apibūdinti nuolatinį duomenų kitimą ir atsinaujinimą.
- Tikrumas – ši sąvoka siejama su duomenų bei jų analizės teisingumu bei tikslumu.
- Sudėtingumas – siejamas su nuolatos augančiais duomenų kiekiais, jų įvairumu bei problemomis, atsirandančiomis analizuojant šiuos duomenis.



1 pav. Didelių duomenų charakteristikos

Duomenų analizė – pagrindinis didelių duomenų uždavinys. Didelių duomenų apdorojimo schema pateikiama 2 paveiksle. Pagrindiniai duomenų apdorojimo žingsniai pavaizduoti kairėje paveikslo dalyje, dešinėje pusėje išdėstytos duomenų savybės, kurios padaro duomenų apdorojimą sudėtingą ir komplikuoatą. Iš schemos matyti, kad duomenų apdorojimą sudaro daug žingsnių, kiekviename susiduriama su tam tikrais uždaviniais, reikalaujančiais tinkamų sprendimo būdų.

Pirmajame duomenų rinkimo žingsnyje turi būti nuspręsta, iš kokių šaltinių bus renkami duomenys: interneto (naršymo ar paieškos istorija, pirkimas elektroninėse parduotuvėse), mobiliųjų telefonų (diegiamos programėlės, integruoti jutikliai ir pan.), socialinių tinklų (Facebook, Twitter, LinkedIn ir pan.), medicininių prietaisų (kompiuterinės tomografijos vaizdai, genetinių tyrimų duomenys ir pan.) (Huang ir kt. 2015). Šiame etape turi būti pasirūpinta duomenų nuasmeninimu ir kitais duomenų tvarkymo teisiniais dalykais. Duomenų analizės etapui turi būti atrinkta reikiama informacija, išgryninta, susieta su galbūt jau turimais duomenimis, surinktais iš kitų šaltinių, ir viskas susisteminta. Paskutinis rezultatų interpretavimo žingsnis yra svarbus tuo, kad skelbiami rezultatai turi būti patikimi, patikrinti ir teisingi.

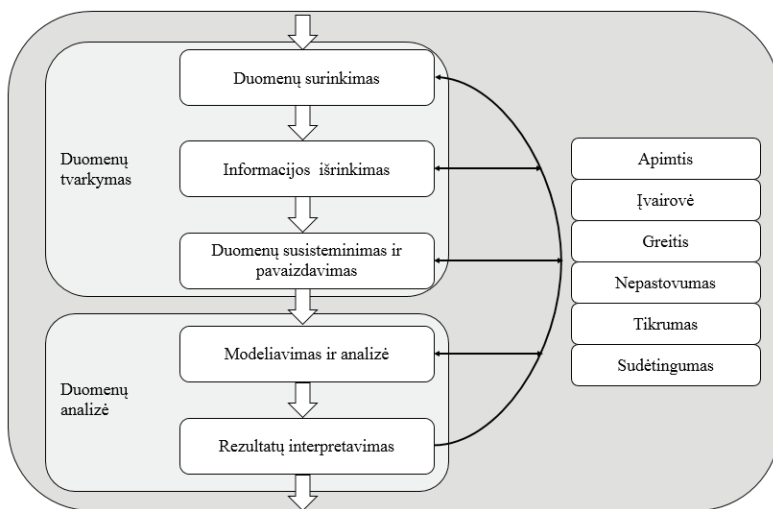
Didelių duomenų saugojimas ir apdorojimas skiriasi nuo tradicinių duomenų analizės būdų. Kai pavienių kompiuterių išteklių neužtenka, į pagalbą pasitelkiamos paskirstytosios ir lygiagrečiosios sistemos arba paskirstytoji duomenų tyryba (angl. *Distributed Data Mining*). Analizuojamus duomenis suskirsčius tam tikrais būdais, duomenų tyrybos uždavinys lygiagrečiai sprendžiamas kompiuterių klasteriuose ar griduose. Kompiuterių klasteris – tai į vieną bendrą tinklą sujungti kompiuteriai, kurie geba vykdyti paskirstytus skaičiavimus. Gridas – kaip ir klasteris, yra laisvai prieinama, suderinta infrastruktūra, tačiau ją sudaro atskiri skaičiavimo klasteriai (Chudzij ir kt., 2014). Pagrindinis šių sistemų principas – „skaldyk ir valdyk“. Stengiamasi didelę užduotį suskaidyti į smulkesnes, daug



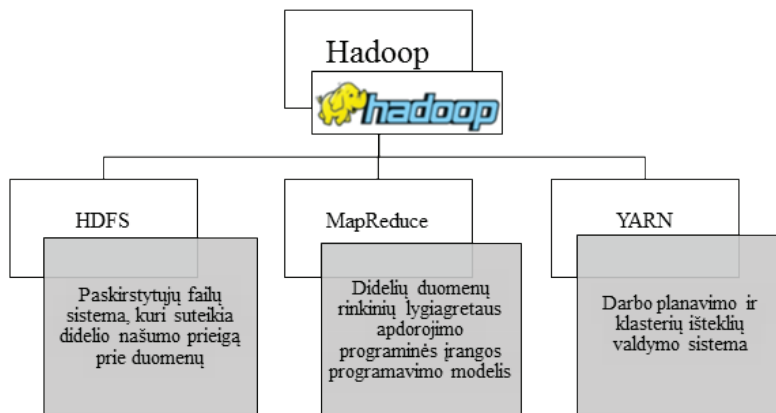
lengviau išsprendžiamas ir nepriklausomas dalis, kurios yra vykdomos lygiagrečiai. Tarpiniai rezultatai sujungiami ir gaunamas galutinis rezultatas. Vienas charakteringas tokių sistemų pavyzdys – *Apache Hadoop* programinė įranga.

*Apache Hadoop* – tai atvirojo kodo programinė įranga, skirta kintamo dydžio didelių duomenų paskirstytiems skaičiavimams (<https://hadoop.apache.org>). *Apache Hadoop* programinės įrangos biblioteka – tai sistema, leidžianti apdoroti didelės apimties duomenų rinkinius kompiuterių klasteriuose, naudojant paprastus programavimo modelius. *Apache Hadoop* apima tris modulius, kurie pavaizduoti 3 paveiksle.

*Hadoop* paskirstytųjų failų sistema (angl. *Hadoop Distributed File System, HDFS*) logiškai atskiria failų sistemos duomenis ir metaduomenis. Palyginus su tradicinėmis paskirstytųjų failų sistemomis, *HDFS* turi du svarbius pranašumus: (1) aukštą klaidų toleravimo lygį – skirtingai nei tradicinėse paskirstytųjų failų sistemose, kurios naudoja duomenų apsaugos mechanizmus, *HDFS* saugo duomenų kopijas keliuose duomenų mazguose, kas leidžia aptikus klaidą atkurti duomenis iš kitų duomenų mazgų; (2) didelės apimties duomenų naudojamą – *Hadoop* klasteriai gali talpinti petabaitų (PB) dydžio duomenų rinkinius.

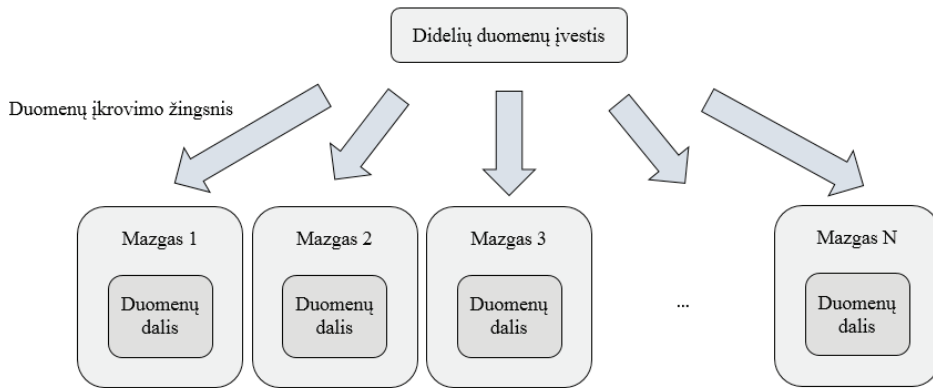


2 p a v. Didelių duomenų apdorojimo schema

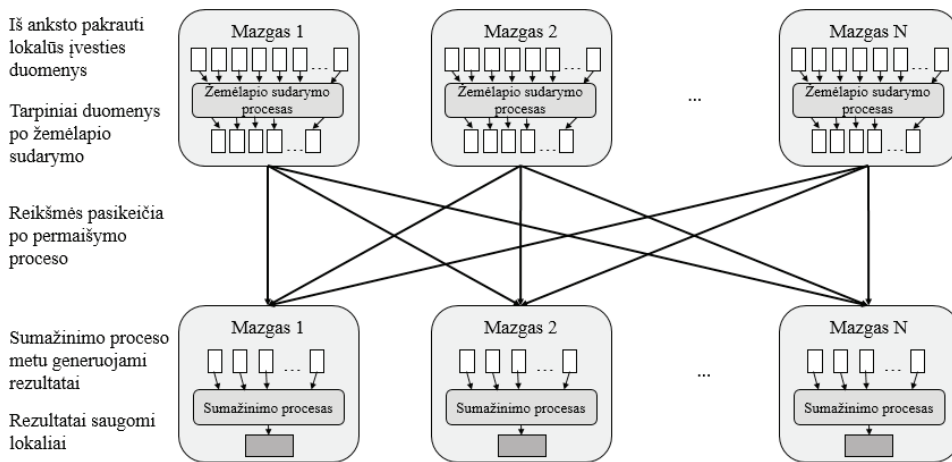


3 p a v. *Apache Hadoop* moduliai

*MapReduce* struktūroje programavimą sudaro du pagrindiniai žingsniai: *Map()* (žemėlapijo sudarymo procesas) ir *Reduce()* (sumažinimo procesas). Žemėlapijo sudarymo procese pagrindinis įvesties duomenų mazgas padalijamas į kelis mažesnius mazgus. Mažesni mazgai taip pat gali būti suskaidyti į dar smulkesnius mazgus, kuriuose duomenų analizės užduotys yra vykdomos lygiagrečiai ir gaunami tarpiniai rezultatai (4 pav.). Sumažinimo proceso žingsnyje tarpiniai rezultatai yra sujungiami ir gaunamas galutinis duomenų analizės rezultatas (5 pav.) (Huang ir kt. 2015).



4 p a v. Duomenų paskirstymas



5 p a v. MapReduce veikimo schema

## 2. Didelių duomenų vizualizavimo įrankių apžvalga

Nors ir yra sukurtos tokios technologijos kaip *Hadoop*, skirtos didelių duomenų analizei, šiame straipsnyje apsiribota tik nekomercinių vizualizavimo įrankių apžvalga bei jų taikymu vizualizuojant duomenis, naudojant tik asmeninį kompiuterį.

Vienas svarbus didelių duomenų apdorojimo etapas yra jų vizualizavimas. Šiame etape nereikėtų daryti tokių klaidų:

- *Nevizualizuoti visų duomenų.* Duomenų vizualiai analizei turi būti atrinkti tik

tie duomenys, kurie yra reikalingi. Pertekliniai, neturintys didelės reikšmės duomenys vizualiai analizei neturi būti atrenkami.

- *Nevizualizuoti „neteisingų“ duomenų.* Vizualizavimui turi būti naudojami tik tarpusavyje glaudžiai susiję duomenys. Turi būti apsvaistyta, kurie duomenys turi didžiausią įtaką atliekamam tyrimui.
- *Pateikti duomenis tvarkingai.* Labai svarbu tinkamai parinkti duomenų vizualizavimo metodą: grafiką, diagramą, matricą, žemėlapij ir pan. Duomenis patogiu pateikti sugrupuotus, surūšiuotus pagal dydį,

svarbą ir kt., naudoti spalvas kategorijoms ar klasteriams žymėti (Mittelstadt ir kt. 2014).

Su didelių duomenų vizualios analizės uždaviniais gali susidoroti ne visi duomenų vizualizavimo įrankiai. Todėl svarbu iš gausybės siūlomų įrankių parinkti tinkamą. Šiame straipsnyje bus detalai nagrinėjami šie didelių duomenų vizualizavimo įrankiai:

- *ManyEyes* (<http://www-969.ibm.com/software/analytics/manyeyes/>),
- *ZingChart* (<http://www.zingchart.com/>),
- *D3.js* (<http://d3js.org/>),
- *Tableau public* (<https://public.tableau.com/s/>),
- *Visualize free* (<http://visualizefree.com/>),
- *Flare* (<http://flare.prefuse.org/>).

Didelių duomenų analizės įrankis *ManyEyes* sukurtas *IBM Research and the IBM Cognos Software Group*. Šis įrankis suteikia platformą įvairioms vizualizacijoms kurti, siekiant iliustruoti duomenų tarpusavio priklausomybes. *ManyEyes* – tai internetinė svetainė, todėl norint ją naudoti nereikia instaliuoti jokios programinės įrangos. Suteikiama galimybė dalintis su kitais naudotojais tiek duomenimis, tiek vizualizavimo rezultatais.

Duomenų vizualizavimo įrankis *ZingChart* – tai *JavaScript* diagramų biblioteka, leidžianti kurti interaktyvias *Flash* arba *HTML5* diagramas. Siūloma daugiau nei 100 grafikų tipų. Naudotojas turi siūlomus *JavaScript* scenarijus įkelti į savo kuriamą *HTML* dokumentą.

*D3.js* – tai *JavaScript* biblioteka duomenų vizualizacijoms kurti. *D3.js* padeda vizualizuoti duomenis naudojant *HTML*, *SVG* ir *CSS*.

*Tableau public* – tai nemokama programinė įranga, skirta interaktyvioms duomenų vizualizacijoms kurti ir joms įkelti į kuriamą internetinę svetainę, nereikalaujant programavimo įgūdžių. Nors tai į kompiuterį instaliuojama programa, tačiau sukurti grafikai saugomi viešame serveryje. Čia pat yra galimybė naudotojams tarpusavyje dalintis sukurtomis vizualizacijomis.

*Visualize free* įrankis – nemokama alternatyva komerciniam vizualizavimo įrankiui *InetSoft*. Tai internetinė svetainė, į kurią galima

įkelti norimus vizualizuoti duomenis ir, pasirinkus siūlomą vizualizavimo būdą, gauti interaktyvią duomenų vizualizaciją.

*Flare* – tai *ActionScript* biblioteka, skirta kurti duomenų vizualizacijoms, veikiančioms *Adobe Flash Player* sistemoje. Tai atviro kodo programa, kurią naudoja gerai žinomos organizacijos, tokios kaip *IBM Visual Communication Lab* ir *BBC News*.

### 3. Duomenų vizualizavimas įvairiais įrankiais

Šiame skyriuje bus pademonstruotos vizualizavimo įrankių *ManyEyes*, *ZingChart*, *D3.js*, *Tableau public*, *Visualize free* ir *Flare*, skirtų dideliems duomenims vizualizuoti, funkcionalumas, naudojant realius testinius duomenis, nusakančius studentų žinių apie elektros srovės mašinas lygmenį. Duomenys charakterizuojami šiais požymiais (<https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/User+Knowledge+Modeling>):

- STG – laikas studijuojant šio dalyko medžiagą,
- SCG – kartojimų skaičius studijuojant šio dalyko medžiagą,
- STR – laikas studijuojant kitas su šiuo dalyku susijusias disciplinas,
- LPR – kitų disciplinų, susijusių su šiuo dalyku, egzaminų rezultatas,
- PEG – šio dalyko egzamino rezultatas,
- UNS – duomenų klasė (žinių lygmuo), galimos klasės reikšmės: labai žema, žema, vidutinė, aukšta.

Nors šie duomenys nėra didelės apimties ir neturi kitų dideliems duomenims būdingų savybių, tačiau šio tyrimo tikslas yra parodyti vizualizavimo įrankių galimybes, o ne spręsti konkrečių duomenų vizualizavimo uždavinį.

#### **Duomenų vizualizavimas *ManyEyes* sistema**

*ManyEyes* svetainėje duomenų vizualizavimo procesas realizuojamas trimis pagrindiniais žingsniais:

- 1) Duomenų pateikimas. Duomenis, kuriuos norima vizualizuoti, reikia nukopijuoti į tam skirtą duomenų įvedimo langą.

Nukopijuoti duomenys atvaizduojami lentelėje su stulpelių pavadinimais bei duomenų tipais (6 pav.).

- 2) Duomenų vizualizavimo metodo pasirinkimas. Sistemoje galima rinktis iš 15 skirtingų grafikų, diagramų ir žemėlapių (7 pav.). Keletas vizualizavimo metodais gautų rezultatų pateikiama 8–10 pav. Visi vizualizavimo metodai pasižymi tuo, kad

galima atvaizduoti tik parametų vidurkių arba apskaičiuotų sumų reikšmes. Duomenų pasiskirstymo, susidarantių klasių, skirtingų objektų panašumų ar skirtumų nustatyti neįmanoma.

- 3) Duomenų bei gautų vizualizavimo rezultatų dalijimasis. Aprašytais bei vizualizuotais duomenimis galima dalytis su kitais svetainės naudotojais.

**Step 1: Add your data.**  
Upload the data you want to visualize.

```

UNS,STG,SCG,STR,LPR,PEG
Labai_žemas,0,0,0,0,0
Aukštas,0,08,0,08,0,1,0,24,0,9
Žemas,0,06,0,06,0,05,0,25,0,33
Vidutinis,0,1,0,1,0,15,0,65,0,3
Žemas,0,08,0,08,0,08,0,98,0,24

```

What is the format of your data?  Spreadsheet  Free Text

Your data in columns:

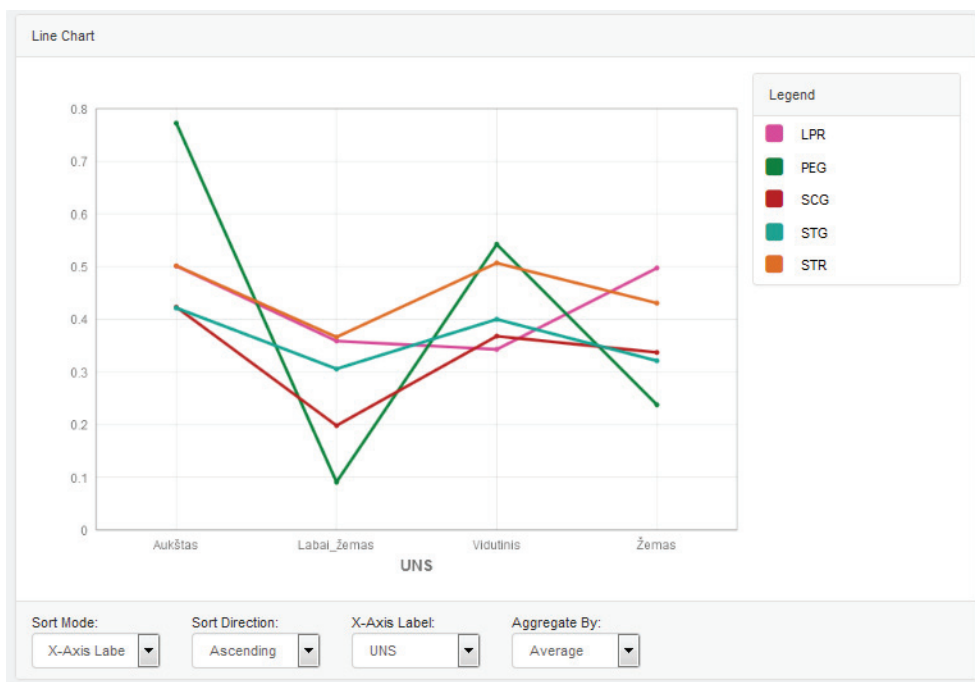
UNS	STG	SCG	STR	LPR	PEG
Text	Numeric	Numeric	Numeric	Numeric	Numeric
Labai_žemas	0	0	0	0	0
Aukštas	0.08	0.08	0.1	0.24	0.9
Žemas	0.06	0.06	0.05	0.25	0.33
Vidutinis	0.1	0.1	0.15	0.65	0.3
Žemas	0.08	0.08	0.08	0.98	0.24
Vidutinis	0.09	0.15	0.4	0.1	0.66
Vidutinis	0.1	0.1	0.43	0.29	0.56
Labai_žemas	0.15	0.02	0.34	0.4	0.01
...	...	...	...	...	...
Aukštas	0.66	0.9	0.76	0.87	0.74

Next, choose your visualization >

6 pav. Duomenų įkėlimas ManyEyes sistemoje

**Step 2: Choose your visualization.**  
Select a visualization from our collection, ranked from most relevant to least.

7 pav. Vizualizavimo metodai ManyEyes sistemoje



8 p av. Linijinis grafikas, gautas ManyEyes sistema



9 p av. Stulpelinė diagrama, gauta ManyEyes sistema



10 pav. Taškinė diagrama, gauta ManyEyes sistema

### Duomenų vizualizavimas ZingChart sistema

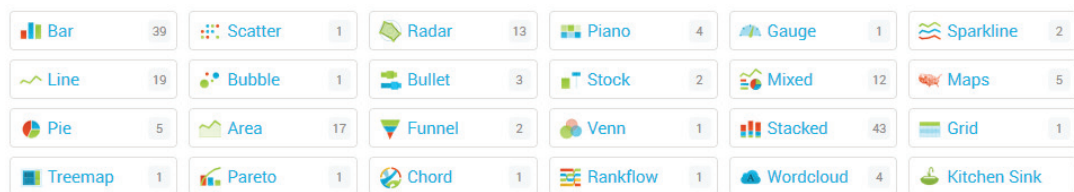
ZingChart sistemoje yra pateikta keliolika diagramų bei grafikų tipų, kuriais galima pasinaudoti vizualizuojant norimus duomenis. Galima rinktis iš stulpelinių diagramų, taškinių grafikų, žemėlapių ir kitų dažniausiai naudojamų vizualizavimo metodų (11 pav.). 12 paveiksle pateiktas vienas grafiko pavyzdys, gautas ZingChart sistema. Šiuo įrankiu naudotis paprasta, bet kai duomenų apimtis gana didelė, ne visais metodais pavyksta atvaizduoti norimus

duomenis, nes šiame įrankyje nėra įgyvendintų dimensijos mažinimo metodų.

Grafikų ir diagramų objektai gali būti išreikšiami fiksuotais dydžiais arba procentine išraiška. Kiekviena vizualizacija gali būti modifikuojama keičiant objektų spalvas, grafikų ir diagramų tipus, įtraukiant norimas objektų grupes.

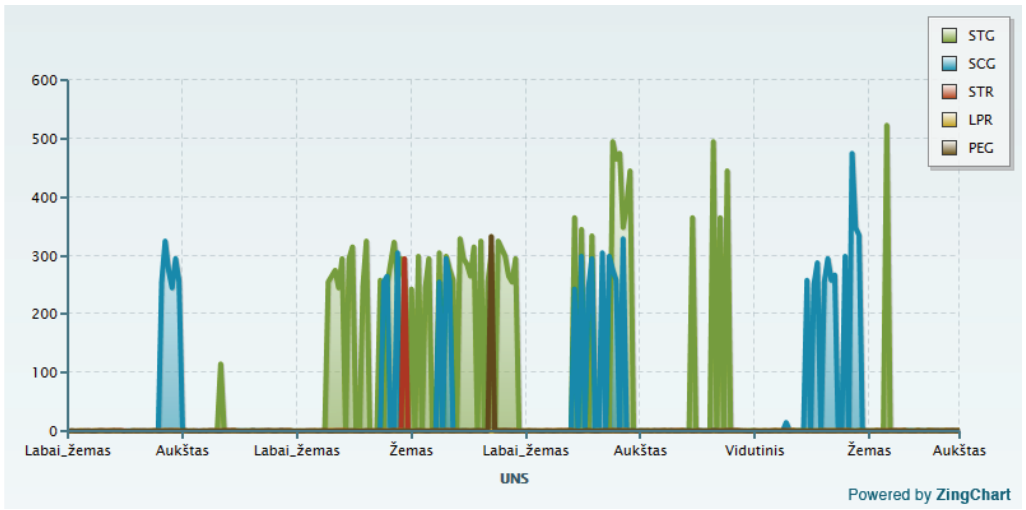
### Duomenų vizualizavimas D3.js sistema

D3.js sistema siūlo gana platų vizualizavimo metodų pasirinkimą (13 pav.). Keletas pavyzdžių pateikiama 14 ir 15 paveiksluose.



11 pav. Vizualizavimo metodai ZingChart sistemoje

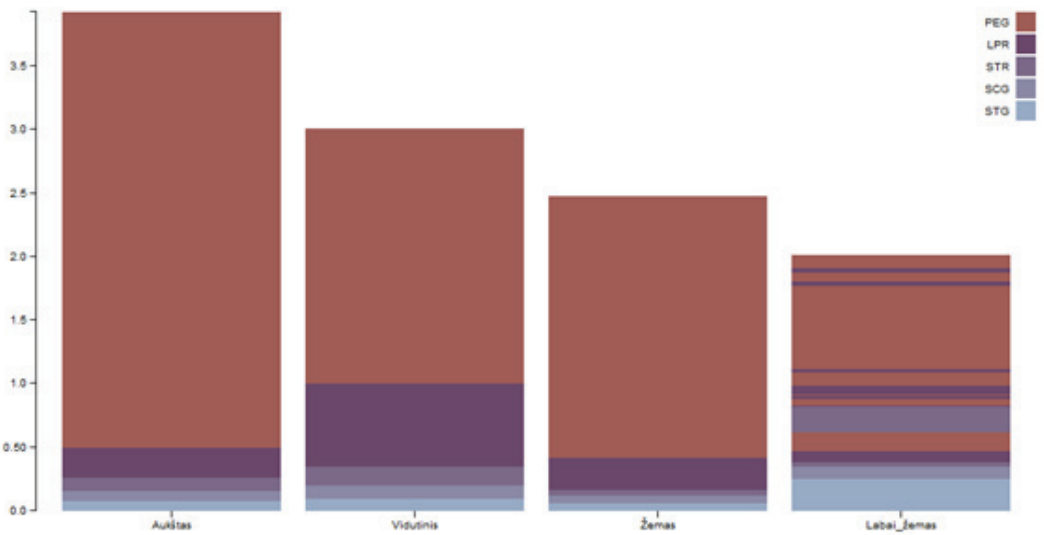




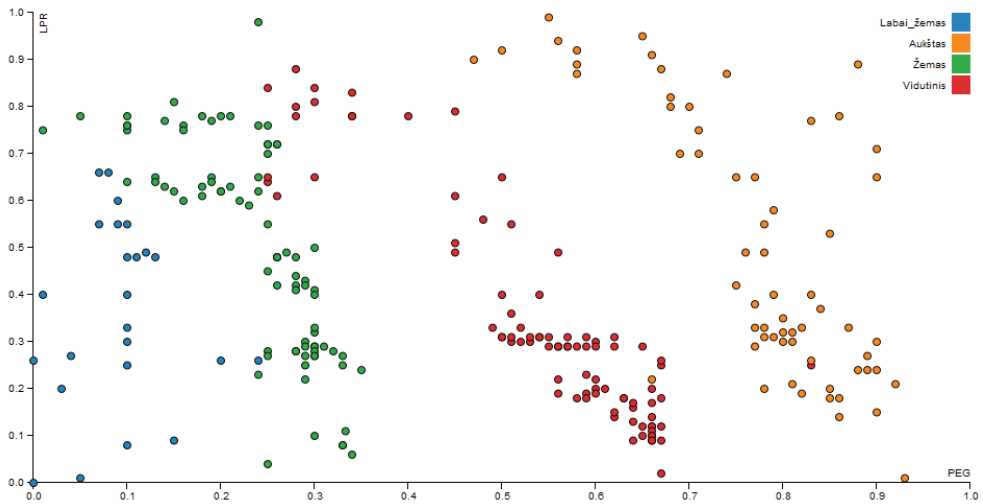
12 p av. Grafikas, gautas ZingChart sistema



13 p av. D3.js sistemas siūlomi vizualizavimo metodai



14 p av. Juostinė diagrama, gauta D3.js sistema

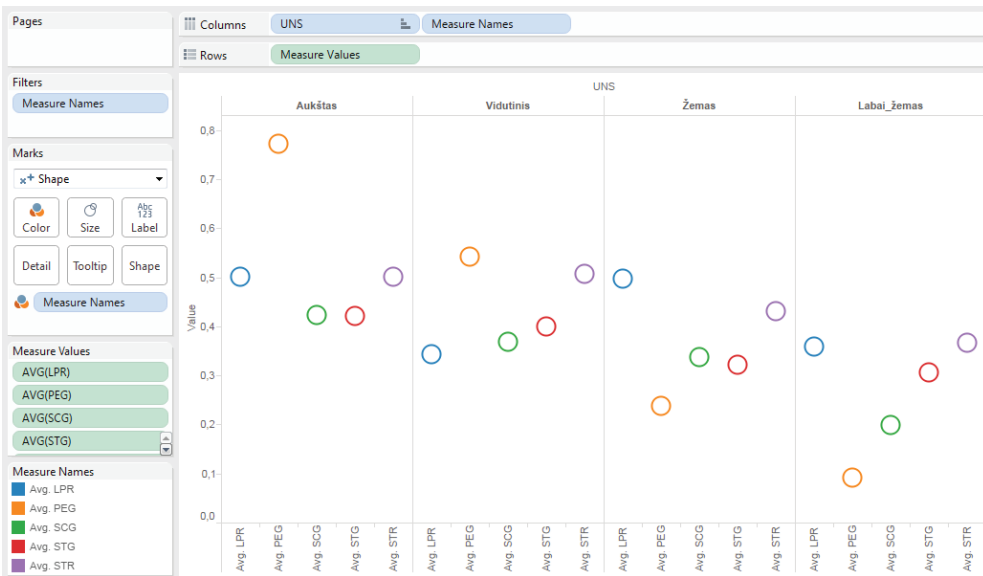


15 p a v. Taškinė diagrama, gauta D3.js sistema

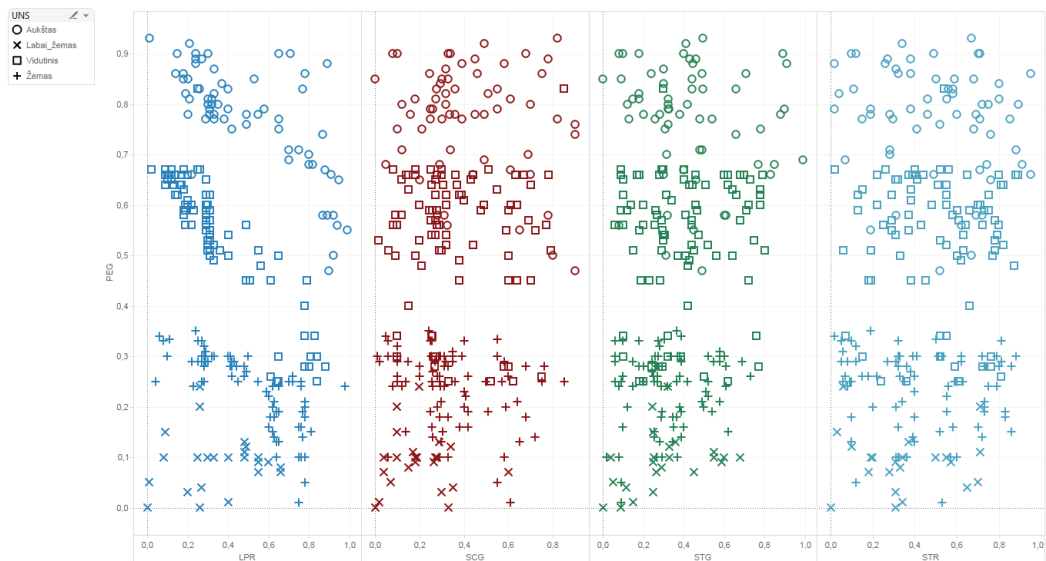
Šios juostinės diagramos duomenys importuoti iš .csv formato failo. Diagramoje duomenys sugrupuoti pagal žinių lygmenį. Pagal atvaizduotus rezultatus galima matyti, kokią kiekvienos žinių lygmens klasės dalį užima kiti duomenų požymiai.

**Duomenų vizualizavimas Tableau public sistema**

Įdiegiama Tableau public programėlė siūlo 24 duomenų vizualizavimo metodus – juostines, stulpelines ir taškines diagramas, žemėlapius, linijinius grafikus ir kt. Testinių duomenų



16 p a v. Tableau public programos langas su testinių duomenų vidurkių taškine diagrama



17 p a v. Taškinė diagrama, gauta Tableau public programa

vizualizavimo pavyzdžiai pateikimi 16 ir 17 paveiksluose. *Tableau public* įrankiu naudoti gana paprasta, patogi vartotojo sąsaja, atliekami pakeitimai iškart atvaizduojami grafikuose.

16 paveiksle pateiktoje taškinėje diagramoje pavaizduoti vizualizuojamų duomenų vidurkiai kiekvienoje žinių lygmens klasėje. Iš grafiko galima matyti tiesioginę priklausomybę tarp žinių lygmens ir duomenų požymių vidutinių reikšmių, pavyzdžiui, aukščiausio žinių lygmens duomenų parametų vidurkiai yra didesni nei vidutiniai.

Taškinėje diagramoje (17 pav.) galima matyti elektros srovės mašinos dalyko egzamino rezultato ryšį su kitomis vizualizuojamų duomenų parametų reikšmėmis, kurios yra suskirstytos į žinių lygmens klases, žymimas skirtingais simboliais.

#### Duomenų vizualizavimas Visualize free sistema

Norint vizualizuoti savo duomenis *Visualize free* įrankiu, būtina registracija, po kurios galima įkelti savo duomenis ir juos vizualizuoti arba pasinaudoti siūlomais duomenų rinkiniais,

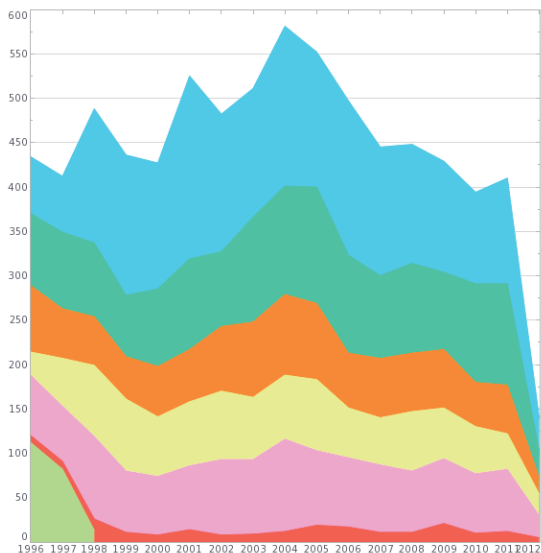
peržiūrėti jau sukurtas vizualizacijas. Įrankiu gautų rezultatų pavyzdžiai pateikiami 18 paveiksle.

#### Duomenų vizualizavimas Flare sistema

Įdiegus *Flare* įrankio biblioteką, galima naudoti visais siūlomais vizualizavimo metodais. Keletas *Flare* svetainėje esamų vizualizavimo pavyzdžių pateikiama 19 ir 20 paveiksluose: 19 paveiksle pavaizduotos duomenų klasių tarpusavio priklausomybės, 20 paveikslas rodo *Flare* išeities kodo medžio žemėlapi. Kiekvienas stačiakampis atitinka vieną failą. Taip pat yra matomos paketų zonos. Stačiakampio dydis atitinka failo dydį baitais. Paspaudus pasirinktą stačiakampį, galima atsisiųsti norimą failą iš *Flare* saugyklos.

1 lentelėje pateikta šiame skyriuje nagrinėtų didelių duomenų vizualizavimo nekomercinių įrankių apžvalga: įrankių naudotojo sąsajos galimybės, išorinių duomenų šaltinių naudojimo bei duomenų analizės galimybės. Dauguma apžvelgtų duomenų vizualizavimo įrankių yra interneto svetainės (Paakkonen ir kt. 2015).

### Students by Area of Study



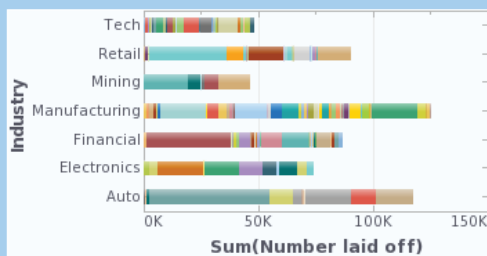
Major	
<input type="checkbox"/>	Business
<input type="checkbox"/>	Human Sciences
<input type="checkbox"/>	Undeclared
<input type="checkbox"/>	Cultural Studies
<input type="checkbox"/>	Liberal Arts
<input type="checkbox"/>	Engineering
<input type="checkbox"/>	Sciences

		Detail by Major			
		1996	1997	1998	1999
Liberal Arts	Art	6	8	12	14
	Arts and Science				
	Education		2	59	62
	Elementary Education				
	English	14	15	20	24
	History	11	8	15	10
	Humanities		1		1
	Interdisciplinary	1		1	2
	Journalism	16	14	20	14
	Justice	14	10	19	25
	Linguistics	1	3	1	3
	Music		1	2	2
	Theatre	1	1	2	1
Sciences	Applied Physiology	1			
	Biological Sciences	18	25	21	19
	Chemistry	6	10	8	7
	Earth Science	2	3		2
	Fisheries			1	
	Fisheries Science	4	4	5	3
	General Science	3	1	6	1
	Geography	8	6	7	11
	Geography-Education				
	Geology	6	6	6	4
	Mathematics	14	12	8	6

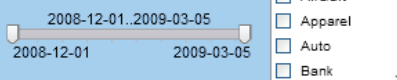
### Layoffs



#### Top 7 Industries



#### Date Announced

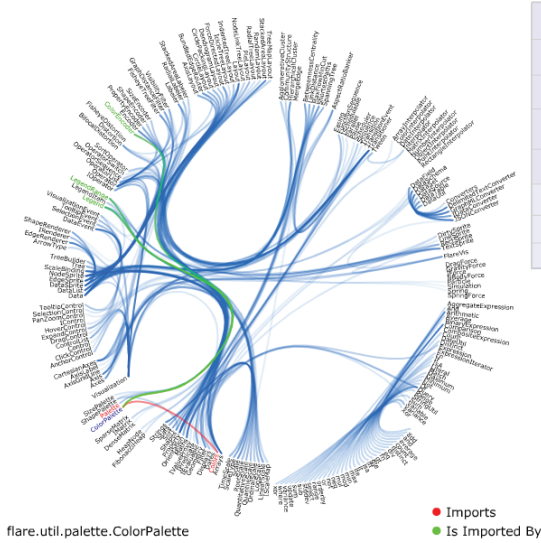


Industry
<input type="checkbox"/> Aircraft
<input type="checkbox"/> Apparel
<input type="checkbox"/> Auto
<input type="checkbox"/> Bank

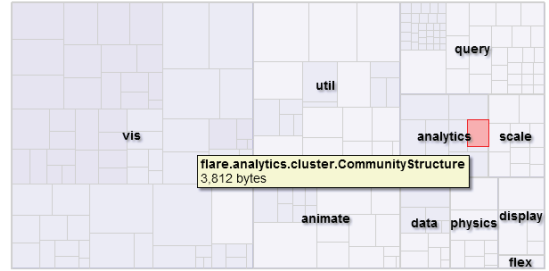
Layoff Announcements by Company and Date		
Company	Laid off ↓	Date Announced
General Motors	47000	2/17/09
Bank of America	35000	12/11/08
Circuit City Stores Inc.	34000	1/16/09
Caterpillar Inc.	20000	1/26/09

18 p a v. Duomenų vizualizavimo pavyzdžiai, gauti Visualize free sistema

### Flare Dependency Graph



### Flare Package Map



20 p.v. Duomenų vizualizavimo pavyzdys (paketu žemėlapis), pateiktas Flare sistemoje

19 p.v. Duomenų vizualizavimo pavyzdys (priklausomybių grafas), pateiktas Flare sistemoje

1 lentelė. Didelių duomenų vizualizavimo nekomercinių įrankių apžvalga

Duomenų vizualizavimo įrankis	Vartotojo sąsajos galimybės	Duomenų šaltiniai	Duomenų analizės galimybės
ManyEyes	Interneto svetainė		Duomenų vizualizavimas taikant 15 skirtingų metodų
ZingChart	Interneto svetainė (HTML5)	CSV duomenų formatai	Duomenų vizualizavimas taikant 24 skirtingus metodus
D3.js	Interneto svetainė	CSV, JSON duomenų formatai	Duomenų vizualizavimas
Tableau public	Programinė įranga	XLS, CSV duomenų formatai	Duomenų vizualizavimas taikant 24 skirtingus metodus, dalijimasis rezultatais
Visualize free	Interneto svetainė	XLS, CSV duomenų formatai	Duomenų vizualizavimas, interaktyvios vizualizacijos, dalijimasis rezultatais
Flare	Atviro kodo programinė įranga	TAB, JSON, XML duomenų formatai	Duomenų vizualizavimas, interaktyvios vizualizacijos, dalijimasis rezultatais

## Išvados

Straipsnyje apžvelgti didelių duomenų vizualizavimo įrankiai *ManyEyes*, *ZingChart*, *D3.js*, *Tableau public*, *Vizualize free* ir *Flare* bei šių įrankių siūlomi vizualizavimo metodai – juostinės, stulpelinės ir taškinės diagramos, žemėlapiai, linijiniai grafikai ir kt. Išnagrinėjus visus minėtus duomenų vizualizavimo įrankius ir jų siūlomus metodus, galima teigti, kad vieno geriausio ir tinkamiausio duomenų vizualizavimo įrankio nėra. Kiekvienas įrankis turi savo ypatumų (lengva navigacija, patogi vartotojo sąsa-

ja, didelis vizualizavimo metodų pasirinkimas, interaktyvių vizualizacijų kūrimo galimybės) ir trūkumų (ne visais įrankiais pavyksta atvaizduoti norimus duomenis dėl dimensijos mažinimo metodų stokos, dėl didelių kiekių gaunamas vaizdas labai perkrautas). Vizualizavimo priemonių bibliotekos leidžia į savo internetinę svetainę įkelti kodų fragmentus, kurie duomenis pateikia įvairiomis vaizdinėmis formomis. Esama vizualizavimo įrankių įvairovė suteikia duomenų tyrėjams galimybę išsirinkti reikiamą įrankį, atsižvelgiant į vizualizuojamų duomenų specifiką bei siekiamą gauti rezultatą.

## LITERATŪRA

CHUDZIJ, L.; TREIGYS, P. (2014). Saityno paslaugomis grindžiamas daugiamačių duomenų analizės įrankis. Iš: *Mokslo taikomųjų tyrimų įtaka šiuolaikinių studijų kokybei: VII respublikinės mokslinės-praktinės konferencijos mokslinių straipsnių leidinys*. Vilnius: Vilniaus kolegija, p. 23–30.

DZEMYDA, G.; KURASOVA, O.; ŽILINSKAS, J. (2008). *Daugiamačių duomenų vizualizavimo metodai*. Vilnius: Mokslo aidai.

HUANG, T.; LAN, L.; FANG, X.; AN, P.; MIN, J.; WANG, F. (2015). Promises and Challenges of Big Data Computing in Health Science. *Big Data Research*, vol. 2(1), p. 2–11.

JAGADISH, H. V. (2015). Big Data and Science: Myths and Reality. *Big Data Research*, vol. 2(2), p. 49–52.

JIN, X.; WAH, B. W.; CHENG, X.; WANG, Y. (2015). Significance and Challenges of Big Data Research. *Big Data Research*, vol. 2(2), p. 59–64.

KURASOVA, O., MARCINKEVIČIUS, V., MEDVEDEV, V., RAPEČKA, A., STEFANOVIČ, P.

(2014). Strategies for big data clustering. In: *Proceedings of IEEE 26th International Conference on Tools with Artificial Intelligence, ICTAI 2014*, p. 740–747.

MITTELSTADT, S.; STOFFEL, A.; KEIM D. (2014). Methods for Compensating Contrast Effects in Information Visualization. *Computer Graphics Forum*, vol. 33(3), p. 231–240.

PAKKONEN, P.; PAKKALA, D. (2015). Reference Architecture and Classification of Technologies, Products and Services for Big Data Systems. *Big Data Research*, p. 1–21.

SHERMAN, C. (2014). What's the Big Deal About Big Data? In: *Online Searcher 38.2. ProQuest Central*, p. 10–17.

ZHANG, L.; STOFFEL, A.; BEHRISCH, M.; MITTELSTÄDT, S.; SCHRECK, T.; POMPL, R.; WEBER, S.; LAST, H.; KEIM, D. (2012). Visual analytics for the big data era – a comparative review of state-of-the-art commercial systems. In: *Proceedings of IEEE Symposium on Visual Analytics Science and Technology*, p. 173–182.

## METHODS AND TOOLS FOR BIG DATA VISUALIZATION

Jelena Zubova, Olga Kurasova

### Summary

In this paper, methods and tools for big data visualization have been investigated. Challenges faced by the big data analysis and visualization have been identified. Technologies for big data analysis have been discussed. A review of methods and tools for big

data visualization has been done. Functionalities of the tools have been demonstrated by examples in order to highlight their advantages and disadvantages.

**Keywords:** big data, visualization methods, visualization tools, interactive visualization.

Įteikta 2015 m. gegužės 15 d.



# Vaizdų klasifikavimas pagal suspaudimo algoritmo poveikį jų kokybei

## Jevgenij Tichonov

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto doktorantas  
Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics, Doctoral student  
Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: jevgenij.tichonov@mii.vu.lt

## Olga Kurasova

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto vyresnioji mokslo darbuotoja  
Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics, Senior researcher  
Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: olga.kurasova@mii.vu.lt

## Ernestas Filatovas

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Fundamentinių mokslų fakulteto Grafinių sistemų katedros docentas, daktaras  
Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Fundamental Sciences, Associate professor, Doctor  
Saulėtekio al. 11–615, LT-10223 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: Ernest.Filatov@gmail.com

*Straipsnyje nagrinėjamas vaizdų klasifikavimo uždavinys, kuriuo siekiama klasifikuoti vaizdus pagal suspaudimo algoritmo poveikį jų kokybei. Aptariami vaizdų kokybės įvertinimo matai bei vaizdų klasifikavimo metodai. Eksperimentiniu tyrimu siekiama nustatyti, kokie originalius vaizdus apibūdinantys požymiai turi būti naudojami klasifikuojant šiuos vaizdus pagal jų kokybę po suspaudimo JPEG algoritmu. Vaizdo kokybė po suspaudimo vertinama struktūrinio panašumo (SSIM) indekso metodu. Nustatyta, kad tiksliausi klasifikavimo taikant atraminių vektorių klasifikatorių rezultatai gauti, kai originalūs vaizdai yra apdorojami kraštų aptikimo filtrais.*

**Pagrindiniai žodžiai:** vaizdų klasifikavimas, vaizdų kokybė, vaizdų suspaudimas, SSIM indekso metodas, klasifikavimo tikslumas, kraštų aptikimo filtrai.

## Įvadas

Skaitmeniniais fotoaparatais gauti aukštos kokybės vaizdai užima daug išorinės atmintinės, todėl įprastai jie yra suspaudžiami algoritmais prarandant dalį informacijos apie vaizdą, dėl to labai sumažėja vaizdo dydis, iš dalies prarandama vaizdo kokybė. JPEG formatas (Wallace, 1992) yra labiausiai paplitęs vaizdų saugojimo formatas (Viraktamath, Attimarad, 2011), pripažintas standartu, jį naudoja skaitmeninių fotoaparataų gamintojai. Skaitmeninių vaizdų suspaudimo algoritmas JPEG taip pat naudojamas viešose vaizdų saugyklose, socialiniuose tinkluose ir ki-

tur. JPEG algoritmu suspaudžiamų vaizdų informacijos praradimas yra mažesnis, palyginti su kitais algoritmais (Mateika, Martavičius, 2007). Be to, naudojant vaizdo fiksavimo technologijas, skaitmeninių vaizdų apdoravimo įrangą, galima varijuoti tarp daugelio JPEG algoritmo parametrų, parenkant geriausiai tinkančius konkrečiam vaizdai. Šie parametrai reguliuoja suspaudimo lygį, o kartu ir suspausto vaizdo kokybę. Tačiau net esant vienodoms parametrų reikšmėms, priklausomai nuo vaizdo turinio, gaunami skirtingos kokybės ir dydžio vaizdai (Haseeb, Khalifa, 2006; Viraktamath, Attimarad, 2011). Iš anksto nustatyti, kaip JPEG algoritmo parametrų

reikšmės paveiks tam tikrą vaizdą, yra sudėtinga. Vaizdo kokybei nustatyti yra sukurti skaitiniai matai (Ponomarenko et al., 2009), kurie gerai atspindi žmogaus regos sistemos vaizdo kokybės suvokimą. Pagal šių matų reikšmes vaizdus galima suskirstyti į kelias klases, pavyzdžiui, kokybiški ir nekokybiški vaizdai po suspaudimo. Būtų tikslinga dar prieš suspaudimą nustatyti, kurie vaizdai, esant tam tikroms algoritmų parametrų reikšmėms, bus kokybiški po suspaudimo, o kurie – ne. Jei vaizdas pakliūva į kokybiškų vaizdų klasę, galima teigti, kad parinktos suspaudimo algoritmo parametrų reikšmės yra tinkamos ir jas galima taikyti siekiant gauti aukštos kokybės suspaustą vaizdą. Priešingu atveju, jei vaizdas priskiriamas nekokybiškų vaizdų klasei, reikia ieškoti kitų šių parametrų reikšmių. Įprastai suspaudimo algoritmo parametrų reikšmių nustatymo procedūra atliekama rankiniu būdu, t. y. naudojant vaizdų apdorojimo programinę įrangą keičiamos parametrų reikšmės, stebimas gautas rezultatas ir ieškoma tokių reikšmių rinkinių, kad suspausto vaizdo kokybė ir dydis tenkintų naudotoją. Ši procedūra reikalauja daug laiko, jei norima apdoroti didelius kiekius vaizdų, todėl būtų tikslinga ją automatizuoti, t. y. sukurti klasifikatorių, kuris automatiškai dar nesuspauštus vaizdus suskirstytų į klases pagal tai, ar jie po suspaudimo bus kokybiški, ar ne. Šio darbo tikslas – nustatyti, kokie vaizdų požymiai turi būti naudojami vaizdams klasifikuoti, siekiant juos priskirti tinkamai klasei pagal jų kokybę po suspaudimo.

## 1. Vaizdų kokybės vertinimas ir jų klasifikavimas

### 1.1. Vaizdų kokybės matai

JPEG yra populiariausias vaizdų suspaudimo prarandant dalį informacijos algoritmas ir vaizdų saugojimo formatas. Suspaudžiant vaizdus sumažėja ne tik jų dydžiai, bet ir kokybė. Vaizdo dydį galima išmatuoti užimamų baitų skaičiumi, tačiau kokybės matavimas nėra toks paprastas dalykas. Vienas svarbiausių vaizdų kokybės rodiklių yra subjektyvi žmonių nuomonė (angl. *Mean Opinion Score* – MOS), tačiau tam

reikia daug žmogaus darbo, be to, vertindama didelės raiškos vaizdus žmogaus akis nesugeba pastebėti smulkių defektų, atsiradusių suspaudus vaizdą. Yra pasiūlyta įvairių skaitinių matų (Ponomarenko et al., 2009), iš kurių populiariausi yra MSE (angl. *Mean Square Error*), PSNR (angl. *Peak Signal to Noise Ratio*) (Salomon, 2002) ir SSIM (angl. *Structural Similarity*) (Wang et al., 2004). MSE – tai originalaus ir suspausto vaizdo skirtumų kvadratų vidurkis. PSNR vertina didžiausią galimą skirtumą tarp originalaus ir suspausto vaizdo. Tačiau maža MSE ir didelė PSNR reikšmės ne visada garantuoja gerą vaizdo kokybę (Hore, Ziou, 2010).

SSIM indekso metodas yra pranašesnis, nes juo gaunamas rodiklis geriau atspindi žmogaus vaizdo suvokimo ypatybes, palyginti su kitais populiariausiais matais (Ponomarenko et al., 2009). SSIM indekso metodas ir jo plėtiniai plačiai naudojami vaizdų apdorojimui, jų klasifikavimui ir atkūrimui (Rehman et al., 2012; Fernando et al., 2013). Metodas atsižvelgia į tris vaizdo charakteristikas: apšvietimo lygį, kontrastą ir struktūrą. Turint originalaus vaizdo fragmentą  $x$  ir atitinkamą iškraipyto vaizdo fragmentą  $y$ , SSIM reikšmė apskaičiuojama pagal formulę:

$$S(x, y) = [l(x, y)]^\alpha \times [c(x, y)]^\beta \times [s(x, y)]^\gamma,$$

čia  $l(x, y)$  – apšvietimo lygis,  $c(x, y)$  – kontrastas,  $s(x, y)$  – struktūra,  $\alpha > 0$ ,  $\beta > 0$  ir  $\gamma > 0$  – parametrai, naudojami siekiant reguliuoti santykinę kiekvieno parametro svarbą. SSIM reikšmė apskaičiuojama kiekvienam lokaliai vaizdo fragmentui, tokiu būdu sudaromas SSIM indekso žemėlapis. Viso vaizdo SSIM reikšmė gaunama apskaičiuojant lokalių fragmentų SSIM reikšmių vidurkį. Galimos SSIM reikšmės yra intervale  $[-1, 1]$ .

### 1.2. Vaizdų klasifikavimo metodai

Klasifikavimo metodais siekiama tiriamus vaizdus priskirti vienai iš klasių pagal jų skaitinius duomenis. Tarkime, vaizdas yra aprašomas  $d$ -mačiu vektoriumi  $S = (s_1, s_2, \dots, s_d)$ , o  $Y_1, Y_2, \dots, Y_l$  žymi klases, kurioms gali priklausyti vaizdas,  $l$  – klasių skaičius. Dažnai klasifikavimo uždaviniai yra sprendžiami dviem etapais:

- 1) Remiantis vaizdą aprašančiu vektoriumi  $S$ , nustatomi vaizdo požymiai  $x_n$  ir sudaromas vektorius  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , čia  $n \leq d$ . Įprastai siekiama rasti kuo mažesnę požymių skaičių  $n$ , neprarandant daug informacijos apie vaizdą. Iš požymių reikšmių galima sudaryti vaizdus atitinkančius daugiamačius vektorius  $X_1, X_2, \dots, X_m$ , čia  $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$ ,  $m$  – analizuojamų vaizdų (vektorių) skaičius. Kiekvienas vektorius  $X_i, i = 1, \dots, m$ , yra priskiriamas vienai iš klasių  $Y_j, j \in [1, \dots, l]$ .
- 2) Sukuriamas klasifikatorius, remiantis vaizdus charakterizuojančiais vektoriais  $X_1, X_2, \dots, X_m$ . Klasifikatoriumi vadinamas vektorių  $X_1, X_2, \dots, X_m$  atvaizdis į klasių žymių aibę  $Y_1, Y_2, \dots, Y_l$ . Pagal sukurtą klasifikatorių vaizdas, kurio klasė nėra žinoma, priskiriamas vienai iš žinomų klasių.

Sukūrus klasifikatorių, reikia nustatyti, ar jis tinkamai klasifikuoja duomenis. Tam yra įvairių matų, tačiau vienas iš dažniausiai naudojamų – bendras klasifikavimo tikslumas (angl. *accuracy*). Tai santykis tarp teisingai klasifikuotų duomenų skaičiaus ir visų klasifikuojamų duomenų skaičiaus. Jam atvirkštinis matas yra neteisingai klasifikuotų duomenų santykis (angl. *misclassification rate*).

Klasifikavimo tikslumui nustatyti naudojamas kryžminis patikrinimas (angl. *cross-validation*), kurio metu visa klasifikuojamų duomenų imtis yra padalijama į  $k$  lygių dalių, paskui atliekamas klasifikatoriaus mokymas, naudojant  $k-1$  imties dalis, ir testavimas, naudojant likusią duomenų dalį. Testavimo metu duomenys, nenaudoti mokymui, pateikiami sukurtam klasifikatoriui, nustatoma, kiek duomenų buvo teisingai klasifikuota, ir apskaičiuojamas klasifikavimo tikslumo matas. Procedūra kartojama  $k$  kartų, tokiu būdu užtikrinama, kad kiekviena iš  $k$  dalių yra panaudojama testavimui. Apskaičiuota gautų klasifikavimo matų vidutinė reikšmė parodo, kiek procentų vaizdų buvo priskirta tinkamai klasei.

Šiuo metu yra sukurta įvairių klasifikavimo metodų, tokių kaip *Naive Bayes*, įvairių klasifikavimo medžių, taisyklėmis pagrįstų klasifi-

katorių ir kt. (Alpaydin, 2009), tačiau vienas iš tiksliausių išlieka atraminių vektorių klasifikatorius (angl. *support vector machine* – SVM) (Vapnik, Cortes, 1995). Šio klasifikatoriaus idėja – sukurti tokią hiperplokštumą, kuri duomenis atskirtų į dvi klases. Kuriant hiperplokštumą, mokymo aibės objektai suskirstomi į dvi dalis taip, kad atstumas tarp artimiausių elementų, priklausančių skirtingoms klasėms, iki tos hiperplokštumos būtų maksimalus. Sukurta hiperplokštuma priklauso vien tik nuo mokymo aibės poaibio, sudaryto iš vadinamųjų atraminių vektorių. Konstruojant tinkamiausią hiperplokštumą, sprendžiamas optimizavimo su apribojimais uždavinys. Dažnai skirtingų klasių duomenys negali būti tiesiškai atskirti, todėl taikomos įvairios branduolio (angl. *kernel*) funkcijos, kurios klasifikuojamus duomenis transformuoja į kitą erdvę, kurioje įmanoma tiesiškai atskirti klases. Dažniausiai naudojamos branduolio funkcijos: tiesinė, polinominė, gausinė, sigmoidinė. SVM klasifikatorius yra plačiai taikomas vaizdams klasifikuoti. Šis klasifikatorius gali būti efektyviai naudojamas, kai požymiai yra daugiamatės histogramos (Chapelle et al., 1999), kai vaizdai klasifikuojami į kategorijas pagal juose esančias tekstūras ir objektus (Zhang et al., 2007). SVM klasifikatorius taikomas ir didelių vaizdų aibėms klasifikuoti (Mensink et al., 2012; Sanchez, Perronnin, 2011; Yuanqing et al., 2011).

## 2. Vaizdų klasifikavimo eksperimentinis tyrimas

Vaizdų klasifikavimo eksperimentiniam tyrimui panaudota SUN2012 (Xiao et al., 2010) skaitmeninių vaizdų duomenų bazė, sudaryta iš 16 873 skirtingų vaizdų. Eksperimentams atsitiktinai buvo atrinkta 400 skirtingų vaizdų, kurių matmenys ne mažesni nei  $1024 \times 768$  taškų. Atrinkti vaizdai buvo suspaudžiami JPEG algoritmu ir apskaičiuota suspaustų vaizdų kokybė, lyginant juos su originaliais vaizdais SSIM indekso metodu. Gautos SSIM reikšmės svyruoja nuo 0,816 (kokybės nukentėjo labiausiai) iki 0,977 (kokybės nukentėjo mažiausiai). Iš

eksperimentiniame tyrime naudojamų vaizdų buvo sudarytos dvi klasės: į pirmą klasę atrinkta 60 vaizdų, kurių kokybė pakito mažiausiai (SSIM reikšmės svyruoja nuo 0,955 iki 0,977), o į antrą – 60 vaizdų, kurių kokybė pakito daugiausiai (SSIM reikšmės svyruoja nuo 0,816 iki 0,9). Šių klasių duomenys toliau bus naudojami mokant klasifikatorių. Vaizdų klasifikavimui bus naudojamas atraminių vektorių klasifikatorius su gausine branduolio funkcija. Kitų branduolio funkcijų naudojimas iš esmės nepagerintų tiriamų vaizdų klasifikavimo rezultatų. Klasifikavimo tikslumas bus vertinamas atliekant kryžminį patikrinimą, kai mokymo imtis dalijama į  $k = 10$  dalių.

Toliau aprašyti eksperimentai siekiant nustatyti, kokie vaizdų požymiai turi būti naudojami sudarant mokymo ir testavimo duomenų aibes klasifikavimui. Atlikti trys tyrimai, kai vaizdai klasifikuojami nenurodant jokių specifinių požymių, klasifikuojami pagal SSIM indekso žemėlapius ir taikant kraštų aptikimo filtrus.

### 2.1. Vaizdų klasifikavimas nenurodant specifinių požymių

Pradžioje daroma prielaida, kad klasifikatorius sugebės atskirti pirmos ir antros klasės vaizdus, nenurodant jokių specifinių požymių vaizduose. Siekiant sumažinti skaičiavimų kiekį, mokymo imties vaizdų matmenys sumažinami iki  $256 \times 192$  taškų, naudojant tiesinę interpoliaciją. Gautų vaizdų trimačiai RGB reikšmių masyvai yra užrašomi vektoriais (1 pav.), kur kiekvienas vektorius apibūdina atitinkamą vaizdą.

Visi vektoriai užrašomi į naują dvimatį masyvą, nurodant kiekvieno objekto klasę. Atliekamas klasifikatoriaus mokymas bei kryžminio patikrinimo metu nustatomas klasifikavimo tikslumas. Šio eksperimento metu gautas

tikslumas tesiekia 51 proc. (1 lentelė). Kaip ir buvo tikėtasi, neišskiriant vaizdų požymių, o tiesiog pateikiant taškų spalvines charakteristikas, klasifikatorius nesugeba tinkamai atskirti kokybiškų vaizdų nuo nekokybiškų.

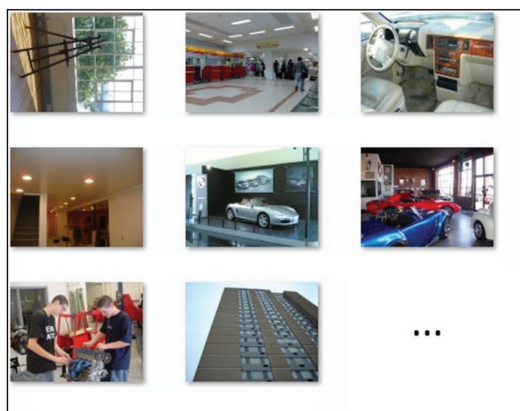
### 2.2. Vaizdų klasifikavimas pagal SSIM žemėlapius

Tam, kad vizualiai niekuo neišsiskiriančioms vaizdų klasėms (2 pav., 3 pav.) būtų galima išskirti požymius, verta nagrinėti originalių ir suspaustų vaizdų SSIM indekso žemėlapius (angl. *SSIM index map*), pagal kuriuos apskaičiuojamos SSIM reikšmės. Pirmos ir antros klasės originalių ir JPEG algoritmu suspaustų vaizdų SSIM indekso žemėlapiai akivaizdžiai skiriasi (4 pav., 5 pav.). Galima pastebėti, kad pirmos klasės vaizdų SSIM indekso žemėlapiuose dominuoja balta spalva, antros klasės atvejais spalvų įvairovė yra didesnė. Daroma prielaida, kad apmokius klasifikatorių ne mokymo imties vaizdais, kaip tai daroma 2.1 poskyryje, o SSIM indekso žemėlapiais, klasifikavimo tikslumas turėtų būti didelis.

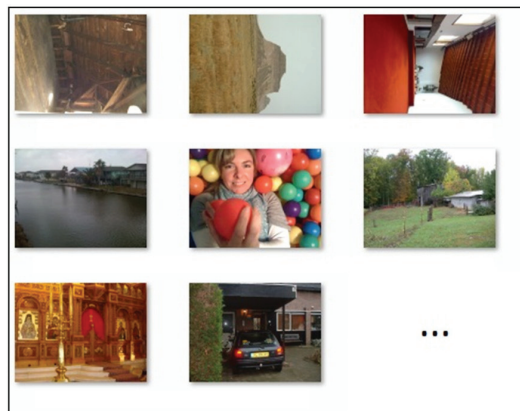
Mokymo imties vaizdų SSIM indekso žemėlapiai sumažinami iki  $256 \times 192$  taškų, naudojant tiesinę interpoliaciją. Gautų vaizdų trimačiai RGB reikšmių masyvai yra užrašomi vektoriais (1 pav.), čia vienas vektorius atitinka vieną vaizdą. Visi vektoriai užrašomi į naują dvimatį masyvą, nurodant kiekvieno objekto klasę. Atliekamas klasifikatoriaus mokymas. Gautas 97,5 proc. klasifikavimo tikslumas (1 lentelė). Kaip ir tikėtasi, klasifikatorius vaizdus labai tiksliai priskyrė tinkamoms klasėms. Taigi, galima teigti, kad siekiant gauti didelį originalių vaizdų klasifikavimo tikslumą, iš originalių vaizdų reikia sudaryti vaizdus, panašius į SSIM indekso žemėlapius, ir juos naudoti klasifikavimui.

$$\left[ \begin{array}{ccc} R_{11} & \dots & R_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ R_{m1} & \dots & R_{mn} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{ccc} G_{11} & \dots & G_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ G_{m1} & \dots & G_{mn} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{ccc} B_{11} & \dots & B_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ B_{m1} & \dots & B_{mn} \end{array} \right] \Rightarrow (R_{11}, \dots, R_{mn}, G_{11}, \dots, G_{mn}, B_{11}, \dots, B_{mn})$$

1 pav. RGB reikšmių masyvo užrašymas vektoriais



2 p a v. Pirmos vaizdų klasės pavyzdžiai



3 p a v. Antros vaizdų klasės pavyzdžiai



4 p a v. Pirmos klasės originalių ir JPEG algoritmu suspaustų vaizdų SSIM indekso žemėlapiai (fragmentas)



5 p a v. Antros klasės originalių ir JPEG algoritmu suspaustų vaizdų SSIM indekso žemėlapiai (fragmentas)

### Vaizdų klasifikavimas taikant kraštų aptikimo filtrus

Kaip žinoma, JPEG algoritmas mažina tarpinių spalvų skaičių bei keičia vaizdo struktūrą. Taigi, panaudojus kraštų aptikimo (angl. *Edge Detection*) filtrą originaliam vaizdai, galima išryškinti tas vietas, kurias JPEG algoritmas labiausiai paveiks mažindamas tarpinių spalvų skaičių ir keisdamas struktūrą. Šiame eksperimentiniame tyrime naudojami du klasikiniai kraštų aptikimo filtrai: Sobelio

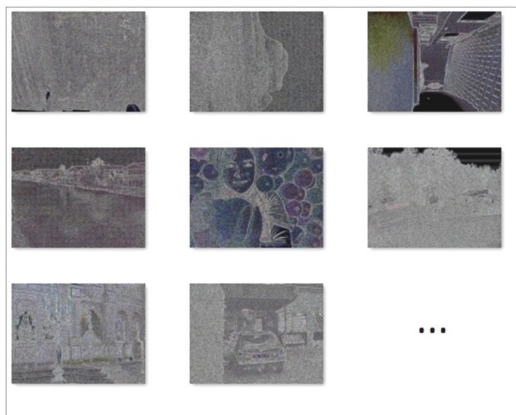
(angl. *Sobel Edge Detection*) ir Laplaso (angl. *Laplacian Edge Detection*) (Maini, Aggarwal, 2009).

Pirmiausia mokymo imties vaizdai yra apdorojami Sobelio kraštų aptikimo filtru. Apdorotų vaizdų matmenys sumažinami iki  $256 \times 192$  taškų, naudojant tiesinę interpoliaciją. Gauti vaizdai konvertuojami iš RGB spalvų sistemos į pilkąją skalę, o gauti dvimačiai pilkosios skalės reikšmių masyvai yra užrašomi vektoriais. Gautas klasifikavimo tikslumas 72,5 proc. (1 lentelė).





6 pav. Pirmos klasės vaizdai, apdoroti Laplaso kraštų aptikimo filtru (fragmentas)



7 pav. Antros klasės vaizdai, apdoroti Laplaso kraštų aptikimo filtru (fragmentas)

1 lentelė. Vaizdų klasifikavimo tikslumas

Vaizdų požymiai	Klasifikavimo tikslumas, %
RGB reikšmės	51,0
SSIM žemėlapiai	97,5
Taikant Sobelio kraštų aptikimo filtrą	72,5
Taikant Laplaso kraštų aptikimo filtrą	82,3

Kai klasifikatorius apmokomas vaizdais, apdorotais Laplaso kraštų aptikimo filtru, sumažinus vaizdų matmenis ir konvertavus į pilkąją skalę, gautas klasifikavimo tikslumas siekia 82,3 proc. (1 lentelė). Vaizdai, apdoroti Laplaso kraštų aptikimo filtru, pateikiami 6 pav. ir 7 pav. Kaip ir tikėtasi, klasifikavimo efektyvumas labai padidėjo, lyginant su pirmuoju eksperimentu.

## Išvados

Straipsnyje nagrinėta vaizdų požymių parinkimo problematika. Atlikti eksperimentiniai tyrimai, kuriuose vaizdai klasifikuojami atraminių vektorių klasifikatoriumi, kai klasifikavimui naudojami vaizdus apibūdinantys duomenys sudaromi skirtingais būdais. Eksperimentiniai tyrimai leido padaryti šias išvadas:

- Kai suspaustų vaizdų kokybė skiriasi, bet nėra akivaizdžiai matomų požymių, o klasifikavimui naudojamos tik RGB reikšmės, klasifikavimo tikslumas yra labai mažas (tik 51 proc.).
- Apmokius klasifikatorių SSIM indekso žemėlapių, sudarytų lyginant originalius ir suspaustus vaizdus, duomenimis, gautas labai didelis klasifikavimo tikslumas (per 97 proc.). Tačiau atsižvelgiant į tai, kad vaizdus priskirti klasėms reikia dar prieš suspaudimą, o tokių vaizdų SSIM indekso žemėlapiai dar nėra žinomi, todėl šis klasifikuojamų duomenų sudarymo būdas nėra tinkamas. Tačiau mūsų tyrimas parodė, kad siekiant gauti didelį originalių vaizdų klasifikavimo tikslumą reikia iš originalių vaizdų gauti SSIM indekso žemėlapių analogus.
- Kraštų aptikimo filtrai leidžia iš originalių vaizdų gauti vaizdus, panašius į SSIM indekso žemėlapius. Klasifikavimo, naudojant šiais filtrais apdorotus vaizdus, tikslumas siekia 82 proc.
- Tikslus originalių vaizdų klasifikavimas dar prieš suspaudimą leidžia nustatyti, ar suspaudimo procedūra ir parinktos suspaudimo algoritmo parametrų reikšmės leis išlaikyti kokybišką vaizdą.



Tolimesniuose tyrimuose tikslinga kurti kitus originalių vaizdų apdorojimo mechanizmus, leisiančius gauti SSIM indekso žemėlapių analogus ir tokiu būdu pasiekti geresnius klasifika-

vimo rezultatus. Taip pat tikslinga sudaryti klasifikatoriaus apmokymo objektų imtis naudojant kitus kokybės vertinimo metodus.

## Literatūra

ALPAYDIN, E. (2009). Introduction to Machine Learning. The MIT Press, Cambridge.

CHAPELLE, O.; HAFFNER, P.; VAPNIK, N. (1999). Support vector machines for histogram-based image classification. *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 10, no. 5, p. 1055–1064.

FERNANDO, A.; WORRALL, S. T.; EKMEK-CIO, E. (2013). *3DTV: Processing and Transmission of 3D Video Signals*. John Wiley & Sons, Inc.

HASEEB, S.; KHALIFA, O. (2006). Comparative Performance Analysis of Image Compression by JPEG 2000. *Information Technology Journal*, vol. 5, no. 1, p. 35–39.

HORE, A.; ZIOU, D. (2010). Image quality metrics: PSNR vs SSIM. *20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*. Istanbul, p. 2366–2369.

MAINI, R.; AGGARWAL, H. (2009). Study and Comparison of Various Image Edge Detection Techniques. *International Journal of Image Processing*, vol. 3, no. 1, p. 1–11.

MATEIKA, D.; MARTAVIČIUS, R. (2007). Analysis of the compression ratio and quality in aerial images. *Aviation*, vol. 11, no. 4, p. 24–28.

MENSINK, T.; VERBEEK, J.; PERRONNIN, F.; CSURKA, G. (2012). Metric learning for large scale image classification: Generalizing to new classes at near-zero cost. In *Proceedings of the 12th European conference on Computer Vision*. Part II. Berlin; Heidelberg: Springer, p. 488–501.

PONOMARENKO, N.; BATTISTI, F.; EGIAZARIAN, K.; ASTOLA, J.; LUKIN, V. (2009). Metrics performance comparison for color image database. In *Proceedings of the 4th International Workshop on Video Processing and Quality Metrics*, p. 14–16.

REHMAN, A.; ROSTAMI, M.; WANG, Z.; BRUNET, D.; VRSCAY, E. R. (2012). SSIM-inspired image restoration using sparse representation. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, vol. 1, p. 1–12.

SALOMON, D. (2002). *A Guide to Data Compression Methods*. Berlin; Heidelberg: Springer.

SANCHEZ, J.; PERRONNIN, F. (2011). High-dimensional signature compression for large-scale image classification. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, p. 1665–1672.

VAPNIK, V.; CORTES, C. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning*, vol. 20, no. 3, p. 273–297.

VIRAKTAMATH, V.; ATTIMARAD, V. (2011). Performance Analysis of JPEG Algorithm. In *International Conference on Signal Processing, Communication, Computing and Networking Technologies (ICSCCN 2011)*, p. 629–633.

WALLACE, G. K. (1992). The JPEG still picture compression standart. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 38, no. 1, p. 18–34.

WANG, Z.; BOVIK, A.; SHEIKH, H.; & SIMONCELLI, E. (2004). Image quality assessment: From error visibility to structural similarity. *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 4, p. 600–612.

XIAO, J.; HAYS, J.; EHINGER, K.; OLIVA, A.; TORRALBA, A. (2010). SUN Database: Large-scale Scene Recognition from Abbey to Zoo. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, p. 3485–3492.

YUANQING, L.; FENGJUN, L.; SHENGHUO, Z.; MING, Y. (2011). Large-scale image classification: Fast feature extraction and SVM training. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, p. 1689–1696.

ZHANG, J.; MARSZALEK, M.; LAZEBNIK, S.; SCHMID, C. (2007). Local Features and Kernels for Classification of Texture and Object Categories: A Comprehensive Study. *International Journal of Computer Vision*, vol. 73, p. 213–238.

## CLASSIFICATION OF IMAGES ACCORDING THEIR QUALITY AFTER COMPRESSION

**Jevgenij Tichonov, Olga Kurasova, Ernestas Filatovas**

### Summary

In this paper we have investigated an image classification problem where we aim to classify images according to their quality after compression. Measures for image quality estimation and methods of image classification have been discussed. The aim of experimental investigation is to determine which features describing the original images have to be used in the

classification of the images into two classes with good and bad quality after compression. Quality of images after compression is estimated by a structural similarity (SSIM) index method. We conclude that when using the support vector machine the most accurate classification results have been obtained with pre-processed images by edge detection filters.

*Įteikta 2015 m. gegužės 20 d.*

# Žemės paviršiumi judančių objektų stebėjimo ir vizualizavimo daugiasluoksniuose geografiniuose žemėlapiuose galimybės

## Dalė Dzemydienė

Mykolo Romerio universiteto profesorė, daktarė  
Ateities g. 20, LT-08303 Vilnius, Lietuva  
El. paštas: daledz@mruni.eu

## Viktoras Paliulionis

IĮ „Komtera“, GIS inžinierius, daktaras  
Goštauto g. 12-146, Vilnius, Lietuva  
El. paštas: viktpal@gmail.com

## Laima Paliulionienė

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos instituto inžinierė tyrėja  
Akademijos g. 4, Vilnius, Lietuva  
El. paštas: laima.paliulioniene@mii.vu.lt

*Straipsnyje nagrinėjamos judančių objektų stebėjimo ir vizualizavimo galimybės naudojant daugiasluoksnius žemėlapius, taikomus geografinėse informacinėse sistemose (GIS). Pateikiami su mobiliuoju įrenginiu susijusių išmaniųjų paslaugų integravimo realizaciniai sprendimai. Kadangi galima pasitelkti internete veikiančios GIS „Google Earth“ programos priemones realiuoju laiku vizualizuoti judančius objektus geografiniame žemėlapyje, straipsnyje bandoma parodyti išplėtotas daugiasluoksnių žemėlapių taikymo galimybes. „Google Earth“ programoje naudojamą geografinių objektų žymėjimo kalbą KML galima pritaikyti stebimo objekto koordinacių žymėjimui ne tik šiame žemėlapyje, bet ir prie nustatytų koordinacių jungti įvairius vaizduojamus žemėlapių sluoksnius bei kitas paslaugas. Integruojamų paslaugų priemones padės sujungti į visumą mobilių objektų stebėjimo geografinės informacinės sistemos „Akis-GE“ modulis, kuris tampa pagrindiniu sistemos komponentu. Gauti rezultatai demonstruoja mobiliojo ryšio priemonėmis perteikiamų duomenų, susijusių su stebimo objekto koordinatėmis ir jo judėjimo maršrutu, animavimo galimybes realiu laiku, naudojant kelių sluoksnių žemėlapius, kurie gali suteikti dar ir papildomos informacijos apie toje vietovėje vykstančius reiškinius ir situacijas.*

**Pagrindiniai žodžiai:** mobiliosios technologijos, geografinės informacinės sistemos (GIS), išmaniosios paslaugos, judančių objektų stebėsena, geografinių žymėjimų kalba KML.

## Įvadas

Mobiliosios paslaugos, kurios teikiamos kartu su mobiliaisiais įrenginiais, labai išplečia įvairių paslaugų naudojimo perspektyvą, nes jas galima gauti skirtingose geografinėse vietovėse, neprisirišant prie matomų ir apčiuopiamų tinklų ar jų jungčių. Belaidžio ryšio technologijos užtikrina pagrindinių komponentų sąveikos funkcijas: sistema dirba kliento-serverio architektūros pagrindu, su tuo susijusios naudojamos išskirs-

tytų komponentų sąveikos organizavimo architektūros technologijos, palaikomas daugelio lygių vartotojų poreikių ir paslaugų užtikrinimo funkcionalumas.

Mobiliųjų technologijų laimėjimais grindžiamų paslaugų atsiradimas susijęs su tokiais teigiamais veiksniais, kaip naujų aukšto lygio duomenų pateikimo formų atsiradimas, paslaugų granuliarumas, t. y. padalijimas į modulius ir išskirstymas, suasmenintas paslaugų teikimas

(personalizacija), tokių paslaugų prieinamumas ir paprastumas naudoti (Andziulis ir kt., 2012; Laosuwan ir kt., 2011; Dzemydienė, Dzindzalieta, 2010; Dzemydienė, Dzindzalieta, 2011).

Teikiamos mobiliosios paslaugos gali priklausyti nuo vietovės, todėl tokių paslaugų teikimas glaudžiai susijęs su mobilių (judančių) objektų vietos nustatymu. Judančių objektų stebėjimas ir jų judėjimo vizualizavimas pats savaime yra svarbi paslauga, kuri gali būti naudinga tiek verslo įmonėms, tiek fiziniams asmenims. Įmonėms svarbu žinoti savo transporto priemonių, vertingų daiktų arba darbuotojų buvimo vietą. Tai leidžia efektyviau planuoti darbo išteklius, didinti darbo našumą. Gyventojams taip pat gali būti naudinga žinoti, kur yra jų vaikai, artimieji ar draugai. Šiuo atveju vietos žinojimas gali būti ne tik pramoga, bet ir saugumą užtikrinanti priemonė. Tobulėjančios ir pingančios bevielio duomenų ryšio bei vietos nustatymo technologijos tokias paslaugas padarė prieinamas daugumai.

Judančių objektų stebėjimo sistemos integruoja GIS, interneto, bevielio ryšio ir vietos nustatymo technologijas (Paliulionis, 2005; Paliulionis, 2007). Projektuojant šias sistemas, svarbu pasirinkti tinkamas priemones, nes tai gali lemti projekto sudėtingumą, realizavimo kainą, sukurtos sistemos prieinamumą ir patogumą vartotojui. Judančių objektų stebėjimo sistemų realizavimo klausimai plačiai nagrinėjami mokslinėje literatūroje. Pavyzdžiui, darbe (Laosuwan ir kt., 2011) pabrėžiama būtinybė kurti ne tik transporto priemonių, bet ir žmonių stebėjimui skirtas sistemas, kurios veiktų naudojant mobiliuosius telefonus, o ne atskirus GPS imtuvus, ir siūloma nebrangi sistema „CMOTS“ (Cheap Mobile-Object Tracking System), skirta objektams stebėti naudojant GPS/GPRS sistemą ir „Google Map“ internetinę paslaugą. Darbe (Mouza, Rigaux, 2002) nagrinėjama, kaip dirbti su didelėmis judančių objektų duomenų bazėmis, kaip analizuoti iš anksto pateikiamas užklausas (pavyzdžiui, „informuoti apie objektus, kurie per artimiausias dvi valandas atsidurs 2 km spinduliu nuo nurodyto taško“) ir pranešti apie įvykius, atitinkančius užklausą. Pasiūlyta sistemos architektūra bei nagrinėjamas įvykių, tenkinančių

užklausą, aptikimo algoritmas. Darbe (Etienne ir kt., 2012) kalbama apie duomenų tyrybą didelėse erdvinėse laikiniuose duomenų bazėse (angl. *spatio-temporal databases*), kai siekiama nustatyti dėsningumą judančių objektų elgsenoje. Tam naudojama statistinė išsaugotų trajektorijų analizė. Nustačius elgsenos šablonus, galima aptikti ir neįprastas situacijas, t. y. nukrypimus nuo šabloninio elgesio. Darbe (Waga ir kt., 2012) siūlomos sistemos GIS modulyje realizuoti keli išsaugotų objektų judėjimo maršrutų vaizdavimo būdai – pagal laiką, greitį, koordinates, aukštį virš jūros lygio ir pan., taip pat realizuotas objekto kelio skaidymas į atkarpas, klasifikavimas, panašumų tarp maršrutų paieška.

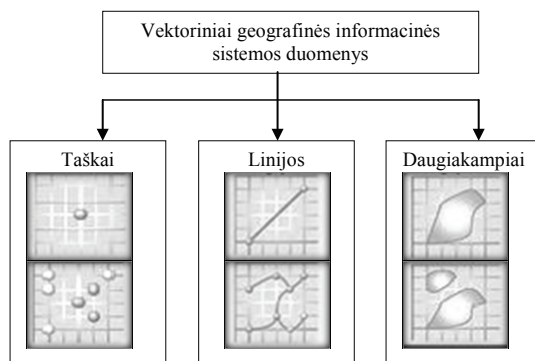
Lietuvoje taip pat yra įmonių, siūlančių judančių objektų (dažniausiai transporto priemonių) stebėjimo paslaugas. Vienas iš realiai veikiančių mobilių objektų stebėjimo pavyzdžių yra sistema „LocTracker“\*. Kartu su judančių objektų buvimo vietos stebėjimu šioje sistemoje teikiamos ir kitos vežėjams aktualios paslaugos, pavyzdžiui, vykdoma darbo laiko ir degalų apskaita, todėl stebėjimui naudojami specialūs įrenginiai, kurie montuojami į transporto priemones ar tvirtinami prie kitų stebimų objektų. Šie įrenginiai turi dviejų tipų ryšius – palydovinį (GPS), kuris užtikrina didelį (kelių metrų) tikslumą, ir mobilųjį, kuris naudojamas ten, kur GPS signalas nepasiekiamas, pavyzdžiui, jeigu jį užstoja pastatai, tuneliai, kalnai, tankus miškas ir pan.

Nagrinėjamosiose sistemose yra labai svarbus GIS komponentas, nes jis atlieka tiek erdvinio duomenų tvarkymo, tiek jų vaizdavimo ir analizės funkcijas. Geografinės informacijos sistemos, turinčios daug specialių funkcijų, būna gana sudėtingos ir brangios. Be to, kiekvieno gamintojo GIS programinė įranga turi savo specifiką, todėl šios sistemos dažnai yra nesuderinamos tarpusavyje.

Šio darbo tikslas yra išplėtoti judančių objektų buvimo vietos nustatymo ir vaizdavimo paslaugas, perteikiant ir animuojant judančių objektų stebėsenos dinamiką daugiasluoksniuose geografiniuose žemėlapiuose. Pagrindiniai sistemos projektavimo principai grindžiami

\* <http://www.locator.lt/loctracker>.

„Google Earth“\* programos galimybėmis ir joje naudojamos KML kalbos priemonėmis parodant, kaip jos gali būti panaudotos tokioms paslaugoms programuoti. Mes tęsiame darbus, kurie aprašyti V. Paliulionio 2007 m., ir toliau plėtojame pasiekimus, gautus kuriant GIS „Akis-GE“ architektūrą, prie šių galimybių komponuodami išmaniąsias paslaugas, atsižvelgdami į naujausias technologijas ir vis labiau plintančius išmaniuosius įrenginius, turinčius daugiau galimybių. Straipsnyje išnagrinėtos KML kalbos savybės, leidžiančios pavaizduoti dinamiškus pokyčius žemėlapyje, animuoti duomenis, turinčius laiko atributą, ir tai matyti daugiasluoksniuose žemėlapiuose.



1 pav. Vektoriųjų duomenų vaizdavimo geografiniuose žemėlapiuose elementai

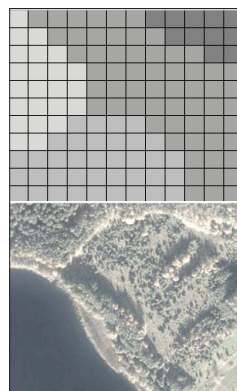
### Vizualizavimo priemonių, naudojamų geografinių duomenų vaizdavimui ir jų integravimui teikiant išmaniąsias paslaugas, apžvalga

Geografinių informacinių sistemų kūrimui turi įtakos kompiuteriniai technologiniai sprendimai, programinė įranga, duomenys ir metodai. Duomenys gaunami iš aerofotografinių, topografinių matavimų ir stebėjimų, perteikiamų iš Žemės palydovų nuotraukų, nuotolinių jutiklių, globalios pozicionavimo sistemos (GPS).

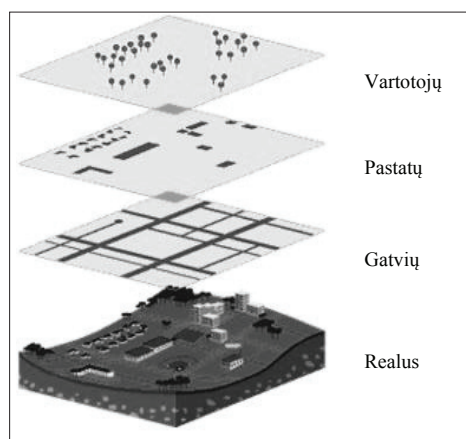
Duomenys, perteikiami GIS priemonėmis, turi labai didelę įvairovę. Dažniausiai naudojami duomenys išreiškiami taškais ir linijomis. Tai vadinamieji vektoriniai duomenys. Jungdami šiuos elementus gauname sudėtingesnes geografines figūras, pavyzdžiui, daugiakampius (poligonus) (1 pav.) ilgumoje bei platumoje, taip pat ir trimatėje erdvėje išsidėsčiusius objektus.

Rastriniams duomenims saugoti ir vaizduoti naudojamas tinklelis iš kvadratinių laukelių ir spalvinė žymimo ploto gama, nusakanti objektų, priklausančių tai kategorijai, išsidėstymo plokštumoje ploto ribas (2 pav.).

Duomenų saugojimas ir vaizdavimas geografiniuose žemėlapiuose atliekamas atsižvelgiant į jų kokybę ir nesuplakant visų galimų objektų sudėtingose schemose vadinamaisiais sluoksniais (3 pav.).



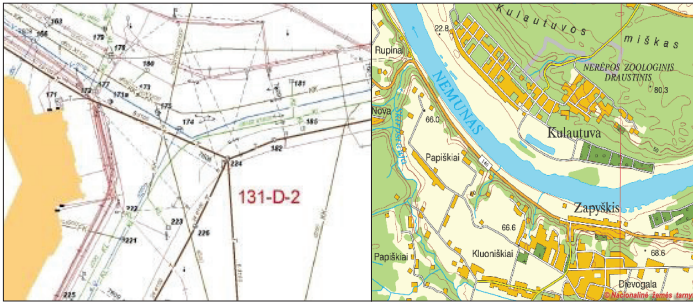
2 pav. Rastrinių duomenų žymėjimas



3 pav. Sluoksniais vaizduojami duomenys geografinėse sistemose

\* <http://earth.google.com>.





4 pav. GIS topografinių žymėjimų galimybės

Kartografiniai duomenys labai naudingi daugelyje veiklos sričių. Topografiniai žymėjimai (4 pav.) padeda susigaudyti vietovėje, teminiuose žemėlapiuose vaizduojami specialiojo turinio objektai arba reiškiniai (pavyzdžiui, augalijos žemėlapyje – augalija, klimatiniuose žemėlapiuose – temperatūros, kritulių pasiskirstymas, vėjų stiprumas ir kryptys, hidrologiniuose žemėlapiuose – vandens telkiniai, jų vandens savybės ir pan.).

Jeigu žemėlapių atvaizdavimą vaizdų ir brėžinių pavidalu susiejame su GIS ir stebimo objekto rodymu tame geografiniame žemėlapyje, tuomet gauname labai naudingas geografines paslaugas, kurios gali būti teikiamos judant objektui ir gaunant išsamią informaciją apie realybėje esančius objektus, pavyzdžiui:

- paslauga, suteikianti nuorodą į žemėlapi, kuriame galite parodyti, kur jūs gyvenate, dirbate ar kur yra jūsų biuras, parduodamas nekilnojamas turtas ar parduotuvė;
- paslauga, kuri leidžia statinį žemėlapi (\*.jpeg arba \*.png formato paveiksluko pavidalu) integruoti į jūsų interneto svetainę;
- paslauga, kuria dinaminis žemėlapis integruojamas į jūsų interneto svetainę, parodant jūsų registruotus objektus. Tai „gyvas“ žemėlapis. Jame yra valdymo įrankiai (didinimas, mažinimas, perstumimas), todėl vartotojas turi galimybę didinti, mažinti, stumdyti ir spausdinti vaizduojamą žemėlapio teritoriją.

Iliustracinio žemėlapio, susiejimo su vietos nustatymo paslauga, atveju vartotojas gali

ne tik naudoti žemėlapio valdymo – didinimo, mažinimo, perstumimo, atstumų matavimo ir spausdinimo įrankius, bet ir, pavyzdžiui, rasti aplink (pasirinktu atstumu) esančius objektus. Geografinių žemėlapių paslaugų susiejimas su mobiliisiais įrenginiais galimas įvairiais būdais. Pavyzdžiui, pasiklydus mieste, galima mobiliajame telefone gauti žemėlapi arba

automatiškai per GPS nustatant buvimo vietą, arba nurodžius gatvę ir namo numerį, šalia kurio esate. Galimas daugialypės aplinkos (angl. *multimedia*) ir daugiafunkčių įrenginių pranešimų sprendimas, leidžiantis perduoti administravimo ir viešojo administravimo daugialypės aplinkos turinį mobiliuosiuose įrenginiuose. Naudingas yra sprendimas, įgalinantis administruoti SMS ir kitokius pranešimus perduodant pavojaus ir avarijų signalus, taip pat ir atpažinti daugialypės terpės turinį.

### Judančių objektų stebėjimo ir susiejimo su daugiasluoksniais žemėlapiais sistemos architektūriniai sprendimai

Mūsų plėtojamoje sistemoje objekto buvimo vieta nustatoma naudojant GPS imtuvą arba išmanųjį įrenginį, turintį vietos nustatymo galimybę. Informacija apie šią vietą perduodama į „Akis-GE“ serverį mobiliuoju internetu. Serveris geba dinamiškai generuoti KML failus, kuriuose aprašomas objekto padėties pasikeitimas. Programa „Google Earth“ periodiškai kreipiasi į serverį, gauna šį KML failą ir iš karto pavaizduoja žemėlapyje pasikeitusią objekto padėtį. Be to, tam tikro laikotarpio objekto judėjimas gali būti animuojamas pagal išsaugotus kelionės duomenis.

Pasitelksime „Google Earth“ programos galimybes stebėti judančių objektų koordinates ir vizualizavimo realiuoju laiku funkcijas bei parodysime, kaip galima integruoti ir panaudoti paslaugų teikimui judančių objektų stebėjimo siste-



mos „Akis-GE“ modulį (5 pav.). Sistemos veikimo pagrindas yra mobilieji įrenginiai, turintys vietos nustatymo galimybę. Mobilieji įrenginiai privalo turėti GPS imtuvą ir interneto (arba mobilųjį) ryšį. Šiuose įrenginiuose turi būti įdiegta programinė įranga, skirta duomenims priimti iš GPS imtuvo ir persiųsti juos į „Akis-GE“ serverį. Galimi keli stebėjimo režimai:

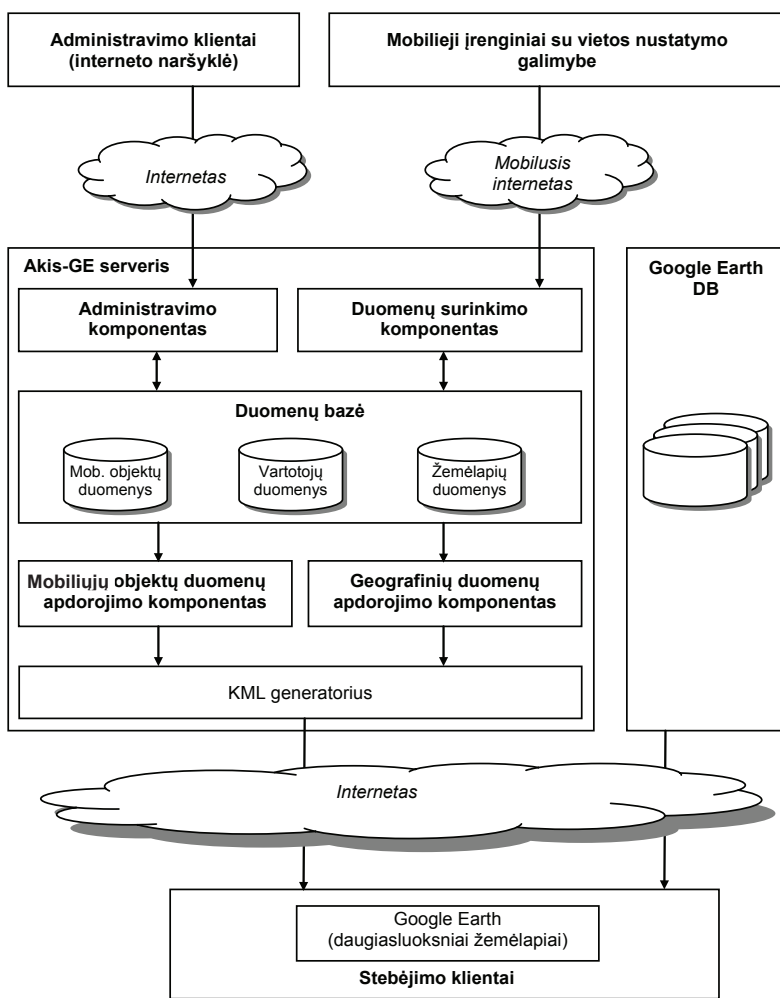
- nuolatinis stebėjimas, kai duomenys į serverį siunčiami nustatytais laiko intervalais;
- įvykiais pagrįstas stebėjimas, kai duomenys siunčiami įvykiams, pavyzdžiui, pajudėjus iš vietos, atvykus į paskirties vietą, išvykus iš nurodytos vietos ir pan.;
- rankinis duomenų siuntimas, kai vartotojas pats išsiunčia vietos nustatymo duomenis; kartu gali būti siunčiama tekstinė žinutė.

Mobilieji įrenginiai siunčia į serverį HTTP POST pranešimus, kuriuose nurodomi GPS duomenys, objekto identifikatorius ir galima papildoma informacija. Siekiant supaprastinti mobiliojo įrenginio programinės įrangos realizavimą ir taupant jo išteklius, į serverį siunčiami neapdoroti NMEA 0184 formato GPS duomenys.

„Akis-GE“ serveris sudaro duomenų bazę, administravimo komponentas, duomenų su-

rinkimo komponentas ir duomenų apdorojimo komponentai. DB saugomi:

- mobiliųjų objektų duomenys (koordinatės, laikas, greitis, judėjimo kryptis, įvykiai ir kita dinaminė informacija). Saugomi ne tik paskutiniai objekto duomenys, bet ir tam tikro laikotarpio duomenys;
- registruotų vartotojų duomenys (statinė informacija apie stebimus objektus ir jų savininkus);
- žemėlapių duomenys, prireikus papildantys „Google Earth“ duomenų bazes (gatvės, svarbūs vietovės taškai ir kt.).



5 pav. „Akis-GE“ modulio integravimas su „Google Earth“ programos funkcijomis per KML suprogramuotus modulius

*Administravimo komponentas* skirtas naujiems sistemos vartotojams ir įrenginiams registruoti bei kitoms sistemos darbo administravimo funkcijoms atlikti. Kiekvienam naujai registruotam įrenginiui arba jų grupei sistema priskiria unikalų identifikatorių bei suformuoja hiper tekstinę nuorodą, kurią paspaudus automatiškai generuojamas ir įkeliamas į programą „Google Earth“ KML failas objektams stebėti.

*Duomenų surinkimo komponentas* priima iš mobiliųjų įrenginių siunčiamus duomenis. Jis turi *NMEA/XML analizatorių* (angl. *parser*), kuris iš NMEA 0183 arba XML formato GPS duomenų išgauna informaciją apie objekto koordinates, datą, laiką, judėjimo greitį bei kryptį. Korektiški duomenys įrašomi į mobiliųjų objektų duomenų bazę. Kai kuriuose įrenginiuose (pavyzdžiui, naudojančiuose „Android“ operacinę sistemą) galima realizuoti ir kitokių duomenų surinkimo, analizės ir siuntimo būdą. Atitinkama programėlė, galbūt naudojanti savo (nebūtinai NMEA) duomenų formatą, gali pati apdoroti duomenis ir jau apdorotus persiųsti serveriui tam tikru XML grindžiamu formatu. Todėl analizatorius turi gebėti priimti ir iššifruoti ir tokius duomenis.

*KML generatorius* apdoroja HTTP GET užklausas iš klientų, pagal jas iš *mobiliųjų objektų duomenų apdorojimo komponento* ir *geografinių duomenų apdorojimo komponento* gauna duomenis ir generuoja reikiamą KML dokumentą. KML dokumente įrašomi ne tik stebimo objekto vietos pokyčiai, bet ir papildoma informacija, kurią norima pavaizduoti šalia to objekto ir kuri yra aktuali vartotojui, pavyzdžiui, kai kurie stacionarūs objektai (mokykla, kurioje mokosi stebimas vaikas, paskirties objektas, į kurį važiuoja stebimas automobilis ir pan.). Ši informacija KML dokumente turi hierarchinę struktūrą, ji vaizduojama „Google Earth“ žemėlapyje fone kaip atskiri sluoksniai, ir taip gauname daugiasluoksnius žemėlapius. KML dokumento turinys keičiasi priklausomai nuo objekto buvimo vietos.

Vartotojo sąsaja šioje architektūroje padalinta į dvi dalis: *administravimo klientai*, skirti naujiems mobiliesiems objektams registruoti ir

konfigūruoti per interneto naršyklę, ir *stebėjimo klientai*, skirti duomenims žemėlapyje stebėti ir vizualizuoti naudojant „Google Earth“ programą.

Pasiūlytoje sistemos architektūroje „Google Earth“ atlieka pagrindines funkcijas: realiuoju laiku vizualizuoja stebimų objektų judėjimą ir leidžia peržiūrėti nurodyto laikotarpio duomenis apie objektą ir pavaizduoti juos žemėlapyje bei naudojant laiko skalę animuoti šiuos duomenis arba parodyti, kur objektas buvo nurodytu laiku.

Nors yra „Google Earth“ versijos, skirtos išmaniesiems telefonams su „Android“ ir iOS (Apple) operacinėmis sistemomis, tačiau jose KML formatas realizuotas ne iki galo, nėra galimybės automatiškai atnaujinti judančio objekto vietos, todėl tokie įrenginiai netinka judančių objektų stebėjimo klientui.

„Akis-GE“ serverio programinė įranga sukurta naudojant Visual C++ programavimo kalbą ir MySQL duomenų bazių valdymo sistemą. Papildomi žemėlapių duomenys buvo eksportuoti į KML formatą iš programos „Akis“ ir saugomi serveryje kaip atskiri KML failai. Šie duomenys papildė „Google Earth“ programoje esamus žemėlapius. Sąveikai tarp serverio ir „Google Earth“ naudojama KML kalbos 2.2 versija. Kliento bandymams naudota „Google Earth“ 7.1 versija. Buvo sukurta programinė įranga kompiuteriams su „Windows“ operacine sistema ir mobiliesiems įrenginiams su „Windows“ ir „Android“ operacinėmis sistemomis. Ši programinė įranga priima duomenis iš GPS imtuvo ir siunčia juos į „Akis-GE“ serverį.

## **Geografinių žymėjimų kalbos KML taikymo ypatumai**

Standartinė „Google Earth“ versija neturi priemonių vartotojo sąsajai išplėsti, todėl mūsų sistemoje užklauskos bus formuojamos atskirame tinklalapyje, o serveris generuos reikiamus

\* <http://www.gisakis.lt>.

KML failus. Šie failai automatiškai įtraukiami į „Google Earth“ sluoksnių sąrašą. Galima pasinaudoti tuo, kad KML dokumente objekto aprašas gali būti HTML kalba parašytas tekstas su hipertekstinėmis nuorodomis į kitus tinklalapius. Užklauso rezultatus galima vizualizuoti „Google Earth“ priemonėmis.

Pagrindines galimybes integruoti judančių objektų stebėjimo paslaugas suteikia geografinių žymėjimų kalba KML (angl. *Keyhole Markup Language*), kuri yra XML pagrindu generuojama kalba, skirta geografinėi informacijai vaizduoti. KML formato duomenis gali atvaizduoti tiek „Google Earth“ programa, tiek kitos programos, pavyzdžiui, „Google Maps“, „Google Mobile“, „WorldWind“. „Google Earth“ programa palaiko KML formatą be apribojimų. Šioje programoje KML failai įtraukiami kaip žemėlapių sluoksniai ir pavaizduojami virtualiame Žemės gaublyje virš palydovinių vaizdų ir kitos erdvinės informacijos (įskaitant trimatę).

KML kalba aprašomi tiek vektoriniai erdviniai duomenys (taškai, linijos, daugiakampiai, trimačiai objektų modeliai), tiek rastriniai duomenys (JPEG, PNG, TIFF ir kitų formatų failai). KML kalboje erdvinį objektą aprašo jo erdviniai atributai (pvz., vieta, forma), aprašomoji informacija, vizualizavimo stilius ir kt. Aprašomoji informacija gali būti arba paprastas tekstas, arba HTML formato tekstas, apimantis lenteles, vaizdus, hipertekstines nuorodas ir kai kuriuos kitus HTML kalbos elementus.

Šiuo metu, be KML kalbos, yra plačiai naudojama atvirojo standarto GML kalba, kuri yra ISO standartas (ISO 19136:2007). Tai taip pat XML grindžiama modeliavimo kalba, skirta geografinės informacijos sistemoms. Tai yra ir apsiekitimo geografiniais duomenimis internete standartas. GML apima įvairius geografinės informacijos tipus (vektorinius ir rastrinius duomenis), leidžia įtraukti jutiklių rodmenis ir kitokią dinaminę informaciją. Tačiau KML kalba yra daug paprastesnė, nors geometriniai elementai abiejose kalbose vaizduojami analogiškai. Skirtingai nuo GML, kurioje duomenys atskirti nuo grafinio atvaizdavimo, KML kalbo-

je naudojant stilius galima aprašyti, kaip objektai turi būti pateikti žemėlapyje. Be to, KML kalba turi valdymo elementus, kuriais galima aprašyti kai kuriuos peržiūros veiksmus (pavyzdžiui, periodinius atnaujinimus, žemėlapio centravimą ir kt.).

KML dokumentas gali turėti nuorodas į kitus KML dokumentus, kurie gali būti tame pačiame arba kitame kompiuteryje, esančiame pasauliniame tinkle (saityne). KML kalboje nuorodas aprašo `<NetworkLink>` elementas su URL adresu, vienareikšmiškai identifikuojančiu objektus pasauliniame tinkle. Atidarant KML dokumentą, automatiškai įkeliami ir atvaizduojami kito dokumento, kurį nurodo `<NetworkLink>` nuoroda, duomenys. Galima nurodyti, kad duomenys pagal `<NetworkLink>` nuorodą būtų įkeliami periodiškai. Jeigu KML dokumento duomenys dinamiškai keičiasi, šie pokyčiai automatiškai atvaizduojami ir „Google Earth“ programoje.

KML kalba turi nuoseklių pokyčių mechanizmą; kalboje yra numatytos konstrukcijos, leidžiančios KML faile, įkeltame su `<NetworkLink>` nuoroda, dinamiškai keisti duomenis, įkeliant kitą KML failą, kuriame reikalingi pokyčiai aprašyti naudojant `<NetworkLinkControl>` elementą.

Derinant `<NetworkLink>` nuorodas, `<NetworkLinkControl>` elementus ir periodinius atnaujinimus, galima gana paprastai ir efektyviai realizuoti judančių objektų stebėjimą realiuoju laiku. Toliau pateikti programuojamo algoritmo žingsniai ir pavyzdžiai iš sistemos „Akis-GE“ – trys KML failai A, B ir C, demonstruojantys, kaip KML kalba užrašomas objektų grupės nuoseklių padėties pokyčių mechanizmas.

### **Programuojamo algoritmo žingsniai:**

**1 žingsnis** užtikrina tinklo nustatymo ir geografinio internetinio žemėlapio prijungimo priemonės: failas A įkeliams į „Google Earth“, o šio failo pirma `<NetworkLink>` nuoroda įkelia failą B, kuriame yra pradinė stebimo objekto būseną (koordinatės, laikas, greitis). Failą B automatiškai generuoja serveris, URL adreso vietoje nurodoma užklausa serveriui.

**Failas A (įkeliamas į Google Earth):**

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2">
<Document>
  <name>Akis-GE: Stebėjimas</name>
  <NetworkLink>
    <name>Objektų sąrašas</name>
    <Link>
      <!-- Automatiškai generuojamo failo B URL adresas: -->
      <href>http://localhost/kmlgen.exe?t=0&groupid=12345</href>
    </Link>
  </NetworkLink>
  <NetworkLink>
    <name>Atnaujinimai</name>
    <Link>
      <!-- Automatiškai generuojamo failo C URL adresas -->
      <href>http://localhost/kmlgen.exe?t=1&groupid=12345</href>
      <refreshMode>onInterval</refreshMode>
      <refreshInterval>4</refreshInterval> <!-- Intervalas sekundėmis -->
    </Link>
  </NetworkLink>
</Document>
</kml>
```

**2 žingsnis** pakeičia objekto vietą žemėlapyje: failo A antra *<NetworkLink>* nuoroda įkelia failą C, kuriame aprašyta, kokius pokyčius reikia atlikti anksčiau įkeltame faile B. Šie pokyčiai automatiškai atvaizduojami „Google Earth“ pro-

gramoje – pasikeičia objekto vieta žemėlapyje, o papildomą informaciją (laiką, greitį) galima pamatyti spustelėjus objektą pele. Failą C, kaip ir failą B, automatiškai generuoja serveris, URL adreso vietoje nurodoma užklausa serveriui.

**Failas B (automatiškai sugeneruojamas pradinis failas):**

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2">
<Folder id="folder1">
  <name>Objektai</name>
  <Placemark id="point1">
    <name>Objektas1</name>
    <description>Nėra koordinačių</description>
    <Point>
      <coordinates>0,0,0</coordinates>
    </Point>
  </Placemark>
  <Placemark id="point2">
    <name>Objektas2</name>
    <description>Nėra koordinačių</description>
    <Point>
      <coordinates>0,0,0</coordinates>
    </Point>
  </Placemark>
</Folder>
</kml>
```

**3 žingsnis** atnaujina informaciją, kartojant užklausas į serverį, fiksuojant objekto judėjimo koordinates ir jas perteikiant žemėlapyje. Užklausos į serverį pagal antrą *<NetworkLink>*

nuorodą atliekamos periodiškai (pateiktame pavyzdyje kas 4 sek.), ir žemėlapiio lange tai atrodo kaip objekto judėjimas, kurį ir mato vartotojas.

**Failas C (Automatiškai generuojami atnaujinimai):**

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2">
<NetworkLinkControl>
  <cookie>lasttime=20150520163040</cookie>
  <Update>
    <!-- Failo B URL adresas: -->
    <targetHref>http://localhost/kmlgen.exe?t=0&groupid=12345</targetHref>
    <Change>
      <Placemark targetId="point1">
        <description>2015-05-20 16:30:40 50 km/h</description>
        <Point>
          <coordinates>25.26612,54.69422,0</coordinates>
        </Point>
      </Placemark>
    </Change>
  </Update>
</NetworkLinkControl>
</kml>
```

Šis mechanizmas yra efektyvus tuomet, kai objektų būsenų pasikeitimai nėra labai dažni. Tuomet siunčiama informacija ne apie visus objektus, o tik apie tuos, kurių būseną pasikeitė po paskutinės užklauso. Kad žinotume, kada buvo paskutinė užklausa, naudojamas elementas `<cookie>`, kuriam priskyrėme paskutinio kreipimosi į serverį laiką. Šio elemento reikšmė siunčiama serveriui kartu su užklausa. Serveris negeneruoja pakeitimų, jei po ankstesnės užklauso objekto būseną nepasikeitė.

Judančių objektų stebėjimo sistemose svarbu ne tik pavaizduoti esamą objekto vietą, bet ir pateikti vartotojui tam tikro laikotarpio kelionės duomenis. „Google Earth“ turi patogų laiko duomenų vaizdavimo įrankį – laiko skalę, kuri leidžia tiek naviguoti laike, tiek animuoti laiko duomenis. Norint pavaizduoti programoje „Google Earth“ tam tikro laikotarpio objekto stebėjimo duomenis, sistemoje „Akis-GE“ pagal serverio duomenų bazėje saugomus praeities duomenis generuojamas KML failas, kuriame kiekvienas kelionės taškas turi datos ir laiko žymą. Naudojant „Google Earth“ laiko skalės įrankį, galima pavaizduoti objekto buvimo vietą tam tikru laiku arba vaizdžiai animuoti kelionę žemėlapyje.

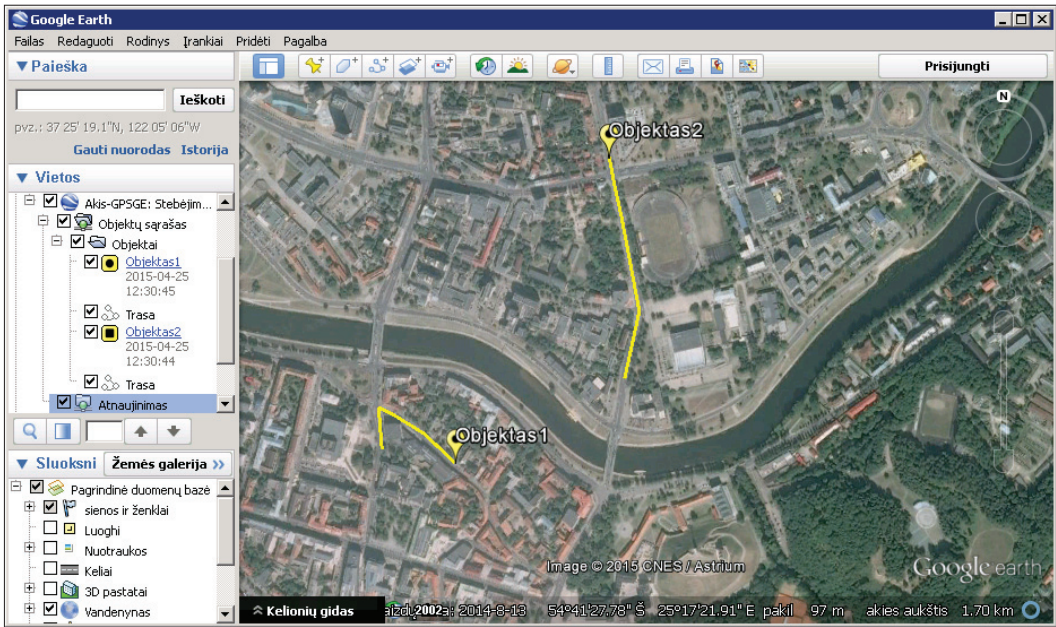
Objektų sekimo paslauga galima naudotis užregistravus stebimą objektą tam skirtame tinklalapyje. Tuomet vartotojui pateikiama nuoroda

su URL adresu, kurią paspaudus „Google Earth“ programoje sukuriamas dinaminis sluoksnis, periodiškai atnaujinantis stebimo objekto duomenis. Šią nuorodą vartotojas gali persiųsti kitiems asmenims, kuriems nori suteikti teisę stebėti užregistruotą objektą. Nuorodą galima paskelbti viešai, tuomet objektą galės stebėti visi norintys.

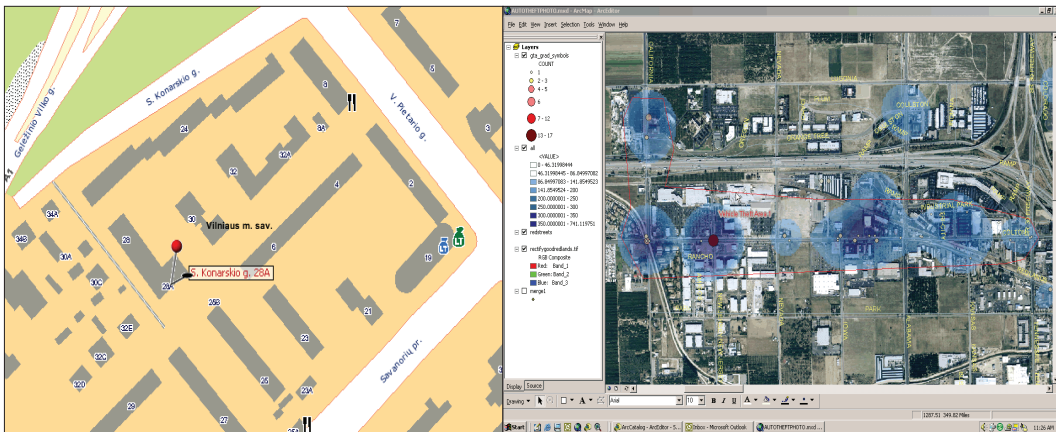
Vartotojas gali užregistruoti iš karto kelis objektus ir gauti vieną nuorodą visai stebimų objektų grupei. „Google Earth“ programos langas, kuriame pavaizduotos dviejų judančių objektų buvimo vietos bei linijos, jungiančios paskutinius judėjimo trasų taškus, pateikiamas 6 paveiksle. Į „Google Earth“ programą taip pat galima įkelti „Akis-GE“ serveryje saugomus papildomus KML formato žemėlapių duomenis: gatvių pavadinimus, degalines bei kitus objektus. „Google Earth“ programoje galima vizualizuoti nurodyto laikotarpio stebimo objekto duomenis.

Siūlomoje architektūroje „Google Earth“ klientas gali būti pakeistas bet kuria kita programa, palaikančia KML formatą. Deja, kol kas programa „Google Earth“ mobiliesiems įrenginiams su „Android“ ir iOS operacinėmis sistemomis ne visiškai palaiko KML formatą, nėra galimybės automatiškai atnaujinti judančio objekto vietos. Kai ji visiškai palaikys šį formatą, bus galima stebėti objektus ir per išmaniuosius mobiliuosius įrenginius.





6 p a v. Dviejų objektų judėjimo trajektorijos vaizdavimas „Google Earth“ žemėlapyje



7 p a v. Integruojamos vizualizavimo galimybės skirtingo detalumo žemėlapiuose

Taip pat prie objekto judėjimo nustatomų koordinacių prijungus kitų žemėlapių sluoksnius vaizdus, GIS erdvinė duomenų analizė gali padėti rasti ir perteikti įvairių trūkumų turinčių problemų analizės duomenis, susijusius su geografine vietoje, ir perteikti jų sprendimo būdus (7 pav.).

Analizė gali būti atliekama tiek naudojant specializuotas GIS funkcijas, tiek pasitelkiant vizualizavimo galimybes.

„Google Earth“ programa turi ir tam tikrų ribojimų – pavyzdžiui, nėra galimybės išplėsti kai kurį funkcionalumą. Pavyzdžiui versijose, skirtose išmaniesiems telefonams su „Android“



ir „iOS“ operacinėmis sistemomis, ne iki galo realizuotas KML formatas, nėra galimybės automatiškai atnaujinti judančio objekto vietos, todėl tokie įrenginiai kol kas netinka judantiems objektams stebėti. Tačiau daugeliu atvejų „Google Earth“ ir KML kalbos teikiamų galimybių pakanka judančių objektų stebėjimui realizuoti ir tuo pagrindu įvairioms išmaniosioms paslaugoms kurti.

## Išvados

Straipsnyje parodyta, kaip galima pasinaudoti objektų stebėjimo galimybėmis teikiant išmaniąsias mobiliąsias paslaugas ir taikant GIS daugiasluoksnius žemėlapius. GIS vizualizavimo galimybės aprašytos Lietuvoje kuriamos ir palaikomos GIS sistemos „Akis-GE“ architektūros priemonėmis. Integruojant „Akis-GE“ funkcines galimybes su „Google Earth“ programa, KML kalbos priemonėmis buvo suprojektuoti ir suprogramuoti moduliai, kurie leido judančių objektų buvimo vietos vaizdavimą perkelti į daugiasluoksnių žemėlapių struktūras. Straipsnyje pateikiamos KML kalbos savybės, leidžiančios pavaizduoti dinaminį pokyčius žemėlapyje, animuoti duomenis, turinčius laiko atributą. Aprašyta judančių objektų stebėjimo sistema „Akis-GE“, kuri leidžia stebėti kelis

objektus vienu metu ir kurioje duomenims atvaizduoti naudojama „Google Earth“ programa.

Tiriant galimybes panaudoti programą „Google Earth“ judantiems objektams stebėti, išryškėjo kai kurie šios programos privalumai ir trūkumai. Tai yra pigus ir paprastas sistemos realizavimo būdas, nes sistemai sukurti nereikalinga brangiai kainuojantys GIS programinė įranga ir žemėlapiai. „Google Earth“ yra nemokama ir visur prieinama programa, todėl stebėti judančius objektus galima iš bet kurio prijungto prie interneto kompiuterio. Ji pateikia viso pasaulio žemėlapius, todėl realiuoju laiku galima stebėti objektus, esančius bet kurioje Žemės vietoje. Esamus „Google Earth“ žemėlapius galima išplėsti papildomais žemėlapių duomenimis. „Google Earth“ vartotojo sąsaja leidžia patogiai naviguoti ne tik dvimačiame, bet ir trimačiame žemėlapyje, pasirinkti žiūrėjimo tašką bei kampą.

URL adresais vaizduojami duomenys gali būti bet kur pasauliniame tinkle, todėl be jokių esminių architektūros pakeitimų sistema galima išskirstyti ir panaudoti ne vieną, o kelis serverius, surenkančius informaciją iš judančių objektų. Sąveikai su klientu nenaudojama programinė sąsaja, o pakanka tik KML formato duomenų, todėl „Google Earth“ klientą galima pakeisti kitu klientu, palaikančiu KML formatą.

## LITERATŪRA

ANDZIULIS, A., JAKOVLEV, S., ADOMAITIS, D., DZEMYDIENĖ, D. (2012). Integration of mobile control systems into intermodal container transportation management. *Transport*, vol. 27, iss. 1, p. 40–48.

DZEMYDIENĖ, D.; DZINDZALIETA, R. (2010). Development of Architecture of Embedded Decision Support Systems for Risk Evaluation of Transportation of Dangerous Goods. *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 6(4), p. 654–671.

DZEMYDIENĖ, D.; DZINDZALIETA, R. (2011). Mobilųjų objektų komunikacijos modeliavimas

ir valdymas taikant spalvotuosius Petri tinklus. *Socialinės technologijos: mokslo darbai* (Social technologies: research papers), nr. 1(1), p. 193–204.

ETIENNE, L.; DEVOGELE, T.; BOUJU, A. (2012). Spatio-temporal trajectory analysis of mobile objects following the same itinerary. In: *Advances in Geo-Spatial Information Science*. Edited by Yee Leung. CRC Press, p. 47–58.

ISO 19136:2007 Geographic information – Geography Markup Language (GML) [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 m. gegužės 17 d.]. Prieiga per internetą: <[http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=32554](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=32554)>.

KML [interaktyvus], [žiūrėta 2015 m. gegužės 17 d.]. KML Documentation. Prieiga per internetą: <<http://www.opengeospatial.org/standards/kml>>.

LAOSUWAN, T.; CHUNPANG, P.; PROMKORNYANG, O. (2011). Development of a Cheap Mobile-Object Tracking System using GPS/GPRS System. *International Journal of Geoinformatics*, vol. 7 iss. 2, p. 67–71.

MOUZA, C.; RIGAUX, P. (2002). Web Architectures for Scalable Moving Object Servers. In *Proceedings of the 10th ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems*, New York: ACM Press, p. 17–22.

PALIULIONIS, V. (2005). Vietos nustatymu grindžiamų paslaugų realizavimo būdas. *Informacijos mokslai*, t. 34, p. 315–320.

PALIULIONIS, V. (2007). Judančių objektų stebėjimas realiuoju laiku naudojant „Google Earth“. *Informacijos mokslai*, t. 42–43. Vilnius, p. 114–120.

WAGA, K.; TABARCEA, A.; MARIESCU-ISTODOR, R.; FRĂNTI, P. (2012). System for real time storage, retrieval and visualization of GPS tracks. In *Proceedings of Int. Conf. System Theory, Control and Computing (ICSTCC)*, Sinai, Romania, vol. 2, October, p. 1–5.

## REAL-TIME VISUALIZATION POSSIBILITIES OF MOBILE OBJECTS IN MULTILAYER GEOGRAPHICAL MAPS

Dalė Dzemydienė, Viktoras Paliulionis, Laima Paliulionienė

### Summary

This paper deals with problems and possibilities of the real-time visualization of mobile objects using geographic information systems (GIS), and discusses e-services with these possibilities. In order to visualize mobile objects in real time, we propose to use Google Earth software and XML-based Keyhole Markup Language (KML). The proposed mobile object tracking system Akis-GE architecture is presented. In the proposed system, the location of an object is determined using a GPS receiver or smart device with geo-location capabilities. The information about its location is transferred to the Akis-GE server via mobile Internet. The server can dynamically generate KML files that contain the information about changes

in the object's location. The server answers to Google Earth client requests about updated positions, and the client displays the objects on the map. The moving of objects can also be animated later using the saved travel data of the requested time interval. The major advantage of the system is that it can be implemented without the use of expensive GIS software and digital maps, as Google Earth software with maps is free and worldwide accessible. This enables anyone to create applications and e-services that use Google Earth and Akis-GE architecture.

**Keywords:** mobile technology, geographic information systems (GIS), smart services, monitoring of moving objects, Geography Markup Language KML.

*Iteikta 2015 m. gegužės 16 d.*

## „KOMPIUTERININKŲ DIENŲ 2015“ KONFERENCIJŲ MOKSLO DARBŲ RECENZENTAI

- Prof. dr. **Arūnas Andziulis** (Klaipėdos universiteto Jūrų technikos fakultetas)
- Dr. **Raimondas Baltrušaitis** (Mykolo Romerio universiteto Socialinės politikos fakulteto Komunikacijos ir informatikos institutas)
- Prof. habil. dr. **Romas Baronas** (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakultetas)
- Doc. dr. **Dalia Baziukė** (Klaipėdos universiteto Nuotolinio mokymo ir informacinių sistemų centras)
- Doc. dr. **Linas Bukauskas** (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakultetas)
- Doc. dr. **Rita Butkienė** (Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultetas)
- Prof. dr. **Rimantas Butleris** (Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultetas)
- Prof. dr. **Albertas Čaplinskas** (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Doc. dr. **Vytautas Čyras** (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakultetas)
- Prof. dr. **Valentina Dagienė** (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Dr. **Renata Danielienė** (Informacinių technologijų institutas)
- Prof. dr. **Vitalij Denisov** (Klaipėdos universiteto Informatikos fakultetas)
- Dr. **Valdas Dičiūnas** (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakultetas)
- Prof. dr. **Dalė Dzemydienė** (Mykolo Romerio universiteto Socialinės politikos fakulteto Komunikacijos ir informatikos institutas)
- Prof. dr. **Saulius Gudas** (Vilniaus universiteto Kauno humanitarinis fakultetas)
- Dr. **Saulė Jokubauskienė** (Vilniaus universiteto Komunikacijos fakultetas)
- Dr. **Anita Juškevičienė** (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Doc. dr. **Kęstutis Kapočius** (Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultetas)
- Doc. dr. **Olga Kurasova** (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Dr. **Algirdas Lančinskas** (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Doc. dr. **Kristina Lapin** (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakultetas)
- Doc. dr. **Juozas Laučius** (Vilniaus Gedimino technikos universiteto Fundamentinių mokslų fakultetas)
- Dr. **Virginijus Marcinkevičius** (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Dr. **Saulius Maskeliūnas** (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Dr. **Dainora Maumevičienė** (Kauno technologijos universiteto Socialinių, humanitarinių mokslų ir menų fakultetas)
- Doc. dr. **Regina Misevičienė** (Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultetas)
- Prof. dr. **Alfonsas Misevičius** (Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultetas)
- Dr. **Ramutė Naujikienė** (Mykolo Romerio universiteto Socialinės politikos fakulteto Komunikacijos ir informatikos institutas)
- Prof. dr. **Lina Nemuraitė** (Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultetas)
- Doc. dr. **Tomas Petkus** (Lietuvos edukologijos universiteto Gamtos, matematikos ir technologijų fakultetas)
- Dr. **Saulius Preidys** (Vilniaus universiteto Elektroninių studijų ir egzaminavimo centras)
- Dr. **Lina Pupeikienė** (Vilniaus Gedimino technikos universiteto Fundamentinių mokslų fakultetas)
- Doc. dr. **Saulius Ragaišis** (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakultetas)
- Doc. dr. **Arūnas Ribikauskas** (Vilniaus Gedimino technikos universiteto Fundamentinių mokslų fakultetas)
- Doc. dr. **Danguolė Rutkauskienė** (Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultetas)
- Prof. habil. dr. **Leonidas Sakalauskas** (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)
- Prof. habil. dr. **Antanas Žilinskas** (Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas)

## Atmena autoriams

Leidinyje spausdinami originalūs kitur ne-skelbti moksliniai straipsniai, kuriuose na-grinėjama informacijos ir komunikacijos mokslų srities problematika, analizuojama informacijos ir žinių visuomenės pobūdis, jos teisiniai, socialiniai, technologiniai aspektai, informacijos ir žinių visuome-nės kultūros, švietimo, ekonomikos ir informacijos bei žinių vadybos klausimai, pateikiami organizacijos komunikacijos vadybos, kultūros, žiniasklaidos ir naujųjų medijų, globalios ir tarpkultūrinės komu-nikacijos, mokslotyros tyrimai. Skelbia-mos naujų knygų, mokslinių tyrimų recen-zijos, apžvalgos.

Straipsniai turi atitikti moksliniams tekstams keliamus reikalavimus. Juose turi būti aptartas nagrinėjamos problemos ištir-tumas, nurodomas mokslinio tyrimo tikslas, objektas, metodai, pateikti tyrimų rezulta-tai, išvados. Straipsnį autorius pasirašo, nu-rod savo gyvenamosios vietos adresą.

Straipsniai publikuojami lietuvių ir an-glų kalbomis. Jie turi būti parengti laikan-tis tokios struktūros ir reikalavimų:

- 1) Straipsnio antraštė turi būti informaty-vi. Jei reikia, rekomenduojamos paan-traštės.
- 2) Autorius ar autoriai bei duomenys apie juos (autorius (-ių) vardas ir pavardė, mokslinis vardas ir laipsnis, mokslo įstaigos pavadinimas, adresas, telefo-no ir fakso numeris, elektroninio pašto adresas).
- 3) Trumpa anotacija lietuvių kalba (600–800 spaudos ženklų).
- 4) Pagrindinių žodžių sąrašas.
- 5) Straipsnio tekstas (rekomenduojama straipsnio apimtis 35 000–60 000 spau-dos ženklų).
- 6) Literatūros sąrašas pateikiamas abėcė-liškai pagal bibliografinių nuorodų stan-dartus ISO 690:1987 (e) *Dokumentai. Bibliografinės nuorodos. Turinys, for-ma ir struktūra* ir LST ISO 690-2:1999 *Informacija ir dokumentai. Biblio-grafinės nuorodos. D. 2: Elektroniniai dokumentai ir jų dalys*.

Nuorodos į literatūrą tekste teikiamos lenktiniuose skliaustuose, nurodant auto-rius pavardę ir leidimo metus, pavyz-džiui: (Pavardenis, 2007).

### ***Dokumentų aprašų pavyzdžiai:***

#### *Knygos aprašas*

WEILL, Peter; ROSS, Jeanne (2004). *IT governance: how top performers manage IT decision rights for superior results*. Boston: Harvard Business Schools Press. 288 p. ISBN 1591392535.

#### *Straipsnio aprašas*

TINSLEY, Catherine; O'CONNOR, Kathleen; SULLIVAN, Brandon (2002). Tough guys finish last: the perils of a distri-butive reputation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, No. 88, p. 621–645.

#### *Elektroninio leidinio aprašas*

*Research methods tutorials* [interakty-vus]. [S.l., s.a.] [žiūrėta 2007 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.socialresearchmethods.net/tutorial/tutorial.htm>>.

Aprašai kirilika netransliteruojami ir netranskribuojami.

7) Išsami santrauka anglų kalba (straipsnio pavadinimas, autoriaus vardas ir pavardė ir straipsnio santrauka (600–800 spaudos ženklų).

Rankraštis pateikiamas dviem spausdintais egzemplioriais, viena skaitmenine .doc arba .rtf forma, dviejų eilučių intervalu, šriftas – *Times New Roman* 12 pt. Straipsnyje panaudotų nuotraukų ar iliustracijų failai pateikiami atskirai. Galima pateikti jų originalus arba kokybiškas jų kopijas, tinkamas reprodukuoti popieriuje.

Visi straipsniai vertinami dviejų mokslinių recenzentų. Rankraščiai negražinami.

Netinkamai parengti straipsniai negražinami, o jų autoriai apie tai informuojami raštu arba elektroniniu paštu.

Straipsniai publikuojami tik autoriui (autoriams) pasirašius licencinę sutartį.

*Straipsniai įteikiami ir išleisti tomai įsigijami šiuo adresu:*

„Informacijos mokslų“ redaktorių kolegija  
Vilniaus universiteto  
Komunikacijos fakultetas,  
Saulėtekio al. 9, I rūmai, 603 kab.  
Tel. (+370 5) 236 61 19  
Faks. (+370 5) 236 61 04  
El. paštas: zenona.atkociuniene@kf.vu.lt  
informacijos.mokslai@kf.vu.lt

*Siunčiant paštu nurodyti tokį adresą:*

„Informacijos mokslų“ redaktorių kolegija  
Vilniaus universiteto  
Komunikacijos fakultetas,  
Universiteto g. 3,  
LT-01513 Vilnius

---

Nuo 2007 m. mokslo darbai „Informacijos mokslai“ yra įtraukti į tarptautinę IISA duomenų bazę, kurioje referuojamų leidinių moksliniai straipsniai gali būti pripažinti tinkami vertinant mokslo darbuotojų, kitų tyrėjų ir dėstytojų kvalifikaciją (Lietuvos mokslo tarybos 2005 m. gruodžio 19 d. nutarimas Nr. VI–24).

## Guidelines for authors

“Informacijos mokslai” is a regional journal that covers topics on information and communication such as information and knowledge society, its legislative, technological aspects, cultural and economical problems of information and knowledge society, information and knowledge management questions, theoretical and practical researches on organisational communication management, investigations of culture and media, world and intercultural communication, works on scientometrics.

Only original scholar articles and surveys discussing all kinds of problems of communication and information, book reviews and academic chronicles are accepted.

The paper must contain all the necessary parts of a scientific paper – aims, objective, methods, results, conclusions, and the list of references. The paper should be signed by the author (or authors) with indication of address of residence.

The publishing languages are Lithuanian and English.

Papers should be arranged as follows:

- 1) title,
- 2) author's name and surname, academic affiliation, office or private postal address, telephone and fax, e-mail address,
- 3) abstract (600–800 typographical units in Lithuanian or English, depending on the language of the submission),
- 4) keywords (up to five),
- 5) text,
- 6) reference list (alphabetically ordered sources in Latin alphabet should be placed before references in Cyrillic, notes must be placed as footnotes),
- 7) summary in English (for submissions in Lithuanian) or in Lithuanian (for submissions in English) of no less than 600–800 typographical units.

References in “Informacijos mokslai” should meet the requirements of the international standard ISO 690:1987 (E). *Documents. Bibliographic references. Contents, format, and structure* and the Lithuanian standard LST ISO 690-2:1999. Only mandatory data elements are recommended to use in the references. References in the text should indicate the author and the year of publishing, for example: (Surname, 2007).

### ***Please use the following style for references:***

#### *A book:*

WEILL, Peter; ROSS, Jeanne (2004). *IT governance: how top performers manage IT decision rights for superior results*. Boston: Harvard Business School Press. 288 p. ISBN 1591392535

#### *Article in a journal:*

TINSLEY, Catherine; O'CONNOR, Kathleen; SULLIVAN, Brandon (2002). Tough guys finish last: the perils of a distributive reputation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, No. 88, p. 621–645.



*Online Publication:*

*Research methods tutorials* [interactive]. [S.l., s.a.] [accessed 20 May 2007]. Access through Internet: <<http://www.socialresearchmethods.net/tutorial/tutorial.htm>>.

Papers should be submitted in two hard copies (in double-spaced format), and an .rtf file on a diskette or via e-mail must be presented to the editing board. Tables, pictures and other graphic information should be presented on separate pages.

*Address for submitting articles  
and for purchase of published ones:*

Editing Board of “INFORMACIJOS MOKSLAI”  
Faculty of Communication  
Vilnius University  
Saulėtekio Ave., Building 1, Room 603  
Articles may be submitted by e-mail:  
[zenona.atkociuniene@kf.vu.lt](mailto:zenona.atkociuniene@kf.vu.lt)  
[informacijos.mokslai@kf.vu.lt](mailto:informacijos.mokslai@kf.vu.lt)

Submissions are peer-reviewed. Papers are reviewed by two reviewers. Rejected submissions will not be returned.

Papers before publishing are signed by the authors.

The corresponding author must sign the License to Publish form upon acceptance of the manuscript and return it to the editorial office. Failure to do so will result in a delay of the publication of the paper.

*Visiting address:*

Editing Board of “INFORMACIJOS MOKSLAI”  
Faculty of Communication  
Vilnius University  
Universiteto str. 3,  
LT-01513 Vilnius, Lithuania

---

Since 2007, the scientific journal “Informacijos mokslai” is abstracted and indexed in the IISA international database and included in the list of Lithuanian serials that meet the requirements for scientific publications (Lithuanian Science Council, 19 December 2005, decision No. VI–39).

INFORMACIJOS MOKSLAI 2015 73

Mokslo darbai

Lietuvių kalbos redaktorė *Jolanta Storpirštienė*

Anglų kalbos redaktorė *Janina Kazlauskaitė*

Viršelio dailininkas *Gediminas Markauskas*

Už straipsnių turinį atsako autoriai

15 aut. l.; 9,5 sp. l.

Tiražas 200 egz.

Išleido Vilniaus universitetas

Universiteto g. 3, LT-01513 Vilnius

Spausdino UAB „BMK leidykla“

J.Jasinskio g. 16, Vilnius