

VILNIAUS UNIVERSITETAS

Inga Žilinskienė

**ADAPTYVUS MOKOMŲJŲ MODULIŲ PERSONALIZAVIMO
METODAS**

Daktaro disertacija

Technologijos mokslai, informatikos inžinerija (07T)

Vilnius, 2013

Disertacija rengta 2008–2013 metais Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institute.

Mokslinė vadovė

Prof. dr. Valentina Dagienė (Vilniaus universitetas, technologijos mokslai, informatikos inžinerija – 07 T).

PADĖKA

Nuoširdžiai dėkoju mokslinei vadovei prof. dr. Valentinai Dagienei už vadovavimą, konsultacijas, pagalbą, optimizmo skiepijimą ir kantrybę studijuojant doktorantūroje bei rengiant disertaciją.

Dėkoju doc. dr. Eugenijui Kurilovui už suteiktas vertingas mokslines konsultacijas, idėjų generavimą, vertingus patarimus, pasiūlymus ir palaikymą doktorantūros studijų metu.

Esu labai dėkinga disertacijos recenzentams prof. habil. dr. Aleksandriui Targamadzei ir doc. dr. Eugenijui Kurilovui už vertingas pastabas, padėjusias tobulinti šį darbą.

Esu dėkinga Matematikos ir informatikos instituto direktoriui prof. habil. dr. Gintautui Dzemydai už paramą ir supratimą, Lietuvos valstybiniam mokslo ir studijų fondui už suteiktą finansinę paramą disertacijos rengimo metu.

Dėkoju Vilniaus universiteto Matematikos ir Informatikos instituto mokslininkams ir kolegoms už pagalbą bei paramą.

Taip pat esu dėkinga draugams už tikėjimą manimi, paskatinimą, pagalbą ir moralinę paramą.

Nuoširdus ačiū Mindaugui, mano vyrui, už visapusišką paramą ir pagalbą, neįkainuojamus patarimus, padrąsinimą, kantrybę ir vertingas dalykines pastabas. Tariu besąlygišką ačiū savo vaikams, Audrėjai ir Geraldui.

Ačiū mamai, tetei ir sesei už supratimą ir visapusišką pagalbą.

Inga Žilinskienė

Turinys

Turinys.....	4
Paveikslų sąrašas	6
Lentelių sąrašas	7
Terminų ir santrumpų žodynelis.....	7
Žymėjimai	10
1 Įvadas.....	11
1.1 Darbo aktualumas	11
1.2 Darbo tikslas.....	13
1.3 Darbo uždaviniai	13
1.4 Tyrimo metodika	13
1.5 Mokslinis naujumas.....	14
1.6 Darbo rezultatų praktinė vertė.....	15
1.7 Ginamieji teiginiai	15
1.8 Darbo aprobavimas.....	15
1.9 Darbo apimtis ir struktūra.....	19
2 Personalizavimas adaptyvaus el. mokymosi kontekste	21
2.1 El. mokymosi komponentai.....	22
2.1.1 Mokomieji objektai, mokomieji moduliai	23
2.1.2 Mokymosi aplinkų apžvalga.....	28
2.1.3 Mokojo modulyje personalizavimo problema.....	35
2.2 El. mokymosi personalizavimo aspektai	38
2.2.1 Naudotojo perspektyva.....	40
2.2.2 Technologinė perspektyva.....	43
2.3 Mokojo modulyje personalizavimo metodų apžvalga.....	49
2.3.1 Ekspertiniai bei daugiakriterinio vertinimo metodai	52
2.3.2 Informacija grįsti metodai	54
2.3.3 Bendradarbiavimu grįsti metodai	58
Išvados.....	66
3 Adaptyvus mokojo modulyje personalizavimo metodas.....	67
3.1 Metodo kūrimo prielaidos	68

3.1.1 Metodo įgyvendinimo reikalavimai.....	68
3.1.2 Mokomojo modulio struktūra.....	68
3.1.3 Besimokančiojo profilis.....	72
3.2 Problemos formulavimas.....	76
3.3 Adaptyvus mokomojo modulio personalizavimo metodas	79
3.3.1 Euristinės funkcijos sudarymas	80
3.3.2 Sprendinio konstravimas dinaminių mokomųjų modulių atveju.....	83
3.3.3 Globalios feromonų atnaujinimo strategijos modifikavimas.....	84
3.3.4 Lokalios paieškos strategijos modifikavimas	86
3.4 Kompiuteriniai eksperimentai ir jų rezultatai.....	88
3.5 Adaptyvaus metodo įvertinimas	96
Išvados.....	98
4 Eksperimentinis aprobavimas ir rekomendacijos	99
4.1 Eksperimento strategija	99
4.1.1 MO paieška, rengimas ir vertinimas.....	100
4.1.2 Mokymosi stilių anketos adaptavimas ir žvalgybinio tyrimo vykdymas	101
4.1.3 El. mokymosi sistemos prototipo kūrimas ir ypatumai	104
4.1.4 Statistinės informacijos rinkimas ir apdorojimas	107
4.2 Eksperimentinio tyrimo įgyvendinimas	108
4.3 Eksperimentinio tyrimo rezultatai ir išvados.....	114
4.3.1 Mokinių darbo efektyvumo tyrimo rezultatai.....	115
4.3.2 Rekomendacijų pagal mokymosi stilius veiksmingumas	117
Išvados.....	118
Bendrosios išvados ir rezultatai.....	119
Literatūros šaltiniai.....	121
Priedai.....	131
1 priedas. Mokomojo kelio sąvokų ir sampratų palyginimas	131
2 priedas. Adaptuota (Honey, 1992)mokymosi stiliaus nustatymo anketa	133
3 priedas. Kompiuterinių simuliacijų programos langas	134
4 priedas. Pradinio ir galutinio testų variantų pavyzdžiai	135
5 priedas. Mokymosi stiliaus nustatymo sistemoje realizacija.....	135

6 priedas. Nepriklausomų imčių <i>t-test</i> rezultatai mokymosi rezultatams tirti	137
7 priedas. Nepriklausomų imčių <i>t-test</i> rezultatai mokymosi laikui	138

Paveikslų sąrašas

1 pav. Disertacijos struktūra	20
2 pav. El. mokymosi komponentų sąveika pagal Beetham (2007)	23
3 pav. Tiesinio medžiagos išdėstymo schema	26
4 pav. Hierarchinio medžiagos išdėstymo schema	26
5 pav. Viki principu išdėstytos medžiagos schema	26
6 pav. Minčių žemėlapiu principu išdėstytos medžiagos schema	27
7 pav. Adaptyviųjų el. mokymosi sistemų bendra schema pagal Vagale (2012)	33
8 pav. Personalizavimo procesas pagal Adomavicius and Tuzhilin (2005)	44
9 pav. Adaptavimo proceso schema pagal Knutov (2009)	45
10 pav. Personalizavimo metodų klasifikacija pagal Hummel ir kt. (2007)	51
11 pav. Socialinio naršymo idėja mokymosi tinkluose	60
12 pav. SKO pagrindimas realių skruzdžių elgsena pagal Dorigo ir kt. (1996)	63
13 pav. Mokymosi proceso schema	68
14 pav. Mokomojo modulio struktūra	70
15 pav. Dinaminio mokomojo modulio schema	71
16 pav. Mokymosi stiliaus grafinis vaizdavimas	73
17 pav. Honey ir Mumford (1992) mokymosi stiliaus modelis	74
18 pav. SKO modifikavimas personalizuoti mokomuosius modulius pagal mokymosi stilius	77
19 pav. SKO modifikavimas personalizuoti dinaminio mokomojo modulio atveju	78
20 pav. Sprendinio konstravimas	78
21 pav. SKO funkcijų modifikavimas ir išplėtimas	79
22 pav. Metodo veikimo pradžios efektyvinimo schema	82
23 pav. Metodu realizuojamos funkcijos besimokančiojo atžvilgiu	88
24 pav. Feromonų palikimo pavyzdys (kompiuterinis eksperimentas)	92
25 pav. Parametro γ įtaka algoritmo veikimui	95
26 pav. Parametro γ reikšmių įtaka algoritmo veikimo efektyvumui: a) $\gamma = 0$; b) $\gamma = 0.7$; c) $\gamma = 1.7$	96
27 pav. Metodo funkcijos mokomojo modulio personalizavimo procese	97
28 pav. Eksperimento vykdymo schema	100
29 pav. Žvalgybinio tyrimo dalyvių pasiskirstymas pagal mokymosi stilius	102
30 pav. Besimokančiųjų pasiskirstymas pagal mokymosi stilius mokymosi veiklų atžvilgiu	103
31 pav. Besimokančiųjų aktyvumas forume pagal jų mokymosi stilius	103
32 pav. El. sistemos principinė schema	105
33 pav. Besimokančiojo mokymosi procesas el. mokymo sistemoje	106
34 pav. Statistinės informacijos rinkimo planas laiko atžvilgiu	108
35 pav. Dvi sistemos prototipo versijos	109
36 pav. Dviejų tyrimo grupių pasiskirstymas pagal mokymosi stilius	115
37 pav. Mokymosi rezultatų vidurkių palyginimas	116
38 pav. Mokymosi laiko vidurkių palyginimas	117
39 pav. Rekomendacijų pagal mokymosi stilius veiksmingumas mokymosi rezultatams	118

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Mokomosios medžiagos struktūros modeliai	26
2 lentelė. Mokymosi aplinkų apžvalga.....	29
3 lentelė. Adaptyviųjų mokymosi sistemų komponentai pagal Henze ir Nejd (2004)	32
4 lentelė. SKO algoritmo taikymo el. mokyme apžvalga	62
5 lentelė. SKO algoritmo idėjos aprašas	64
6 lentelė. Besimokančiųjų mokymosi stiliai ir jų įverčiai	76

Terminų ir santrumpų žodynėlis

Terminų žodynėlis

Adaptyvi mokymosi sistema	Sistema, galinti prisitaikyti arba galinti būti pritaikoma prie besimokančiojo poreikių.
Algoritmas	Veiksmų seka, kurią reikia atlikti norint pasiekti tam tikrą rezultatą.
Besimokančiojo profilis	Paprasčiausia naudotojo modelio forma jo savybėms ir poreikiams atvaizduoti. (D. Dagger, Wade, V., Conlan, O., 2005)
Dinaminis mokymosi modulis	Mokymosi modulis, kurio komponentės laikui bėgant keičiasi.
Mokymo ir mokymosi metodas	Mokytojo ir jo vadovaujamų besimokančiųjų veiklų sistema, padedanti besimokantiejiems įgyti žinių, įgūdžių, lavinti sugebėjimus, formuoti pasaulėžiūrą.
Mokymo(-si) veikla (toliau – MV)	Mokymo(-si) ir vertinimo metodų visuma, kai siekiama numatytų mokymo(-si) tikslų (arba kompetencijų), naudojant MO ir kitas priemones.
Mokymosi kelias (toliau – MK)	Mokomųjų objektų ir mokymosi veiklų seka, kuria įgyvendinami išskelti mokymosi tikslai. (Nguyen & Do, 2008)

Mokymosi kokybė	Įgyvendinant mokymosi tikslus iškeltų kokybės reikalavimų atitikimas, konkrečiomis sąlygomis. (Petrauskienė, 2011)
Mokymosi stiliaus poreikiai	Pagal mokymosi stilių tipologiją besimokančiojo išskiriami dalykai, kuriems teikiama pirmenybė, pvz., besimokantysis vienam mokymo metodui, palyginus su kitais, teikia pirmumą. (McLoughlin, 2002)
Mokymosi stilius (toliau – MSt)	Elgesys, pagal kurį pasireiškia individualus mokymasis. (Campbell et al., 1996)
Mokomasis modulis (angl. <i>Learning Unit</i>) (toliau – MM)	Programinės įrangos paketas mokymui ir mokymuisi, sudarytas iš mokomųjų objektų, mokymosi veiklų, virtualiųjų mokymosi priemonių. (IMS LD, 2003)
Mokomasis objektas (toliau – MO)	Bet kuris skaitmeninis mokymo(-si) išteklius (elektroninio mokymo(-si) elementas) arba jų kombinacija, kurią galima naudoti mokymui(-si) ir taikyti iš naujo kituose mokymo(-si) kontekstuose.
Mokomojo modulio personalizavimas (diferencijavimas)	Mokomojo modulio parinkimas ir/ar adaptavimas pagal besimokančiojo poreikius (mokymosi stilių ir kt.).
Nuotolinis el. mokymasis	Tai el. mokymasis besimokančiojo pasirinktoje vietoje ir pasirinktu laiku vykstantis el. mokymasis, įgyvendinamas savarankišku besimokančiojo darbu, sinchroniškai ar asinchroniškai bendraujant su dėstytoju. (Targamadžė, 2010)
Preferencijos	Dalykui (subjektui / objektui) teikiamas prioritetas pagal kuriuos nors požymius arba jų visumą. (Bendorienė, 2001)

Santrumpos

AEHS (<i>Adaptive Educational Hypermedia Systems</i>)	Adaptyvios edukacinės hipermedijos sistemos
IMS LD (<i>Instructional Management Systems Learning Design</i>)	IMS mokymo(-si) modeliavimo standartas / specifikacija
IMS LIP (<i>Instructional Management Systems Learner Information Package</i>)	IMS informacijos apie besimokantįjį paketo standartas / specifikacija
LOM (<i>Learning Object Metadata</i>)	Mokomųjų objektų metaduomenų standartas
MK	Mokymosi kelias
MM	Mokomasis modulis
MO	Mokomasis objektas
MSt	Mokymosi stilius
SKO	Skruzdžių kolonijos optimizavimo algoritmas
TGM	Technologijomis grįstas mokymasis

Žymėjimai

- α – koeficientas lemiantis santykinę feromonų svarbą.
- β – koeficientas lemiantis santykinę euristinės informacijos svarbą.
- τ_{rs} – feromonų kiekis išdėstytas ant grafo G briaunos $arcs(r,s)$, kur r ir s yra grafo $G(V, B)$ viršūnės.
- G – pilnai jungusis grafas $G(V, B)$, V – viršūnių skaičius, B – briaunų skaičius.
- γ – koeficientas lemiantis santykinę „naujo komponento“ feromonų svarbą.
- ρ – koeficientas lemiantis feromonų „nugaravimo“ greitį.
- ρ_{new} – koeficientas lemiantis „naujo komponento“ feromonų nugaravimo greitį.
- η – euristinė informacija.
- q – atsitiktinis skaičius intervale $[0, 1]$.
- q_0 – parametras lemiantis santykinį svorį „naudojimo“ esamų ir „tyrinėjimo“ naujų sprendinių, $q_0 \in [0, 1]$.
- $N_k(n)$ – grafo $G(V, B)$ viršūnių aibė, kurias gali k skruzdėlė aplankyti iš viršūnės n .
- S – besimokančiojo mokymosi rezultatas, pvz., pažymys.
- S_{geras}
 $pažymys$ – dėstytojo nustatytas mokymosi rezultatas.
- t – laiko vienetas, kuriame išdėstomos MO alternatyvos.
- w_l – mokymosi stilių reikšmės, $l=1, \dots, 4$.
- ψ_{rs} – „naujo komponento“ feromonų kiekis išdėstytas ant grafo G briaunos $arcs(r,s)$, kur r ir s yra grafo G viršūnės.
- Δ – matuojamų dydžių skirtumo žymėjimas.

1 Įvadas

1.1 Darbo aktualumas

El. mokymas(-is) skiriasi nuo tradicinio mokymo(-si) kompleksišku: naudojamos įvairios priemonės (kompiuteris, mobilusis įrenginys, jų programinė įranga, tinklo paslaugos ir t. t.), skaitmeniniai ištekliai (dokumentai, vaizdo, garso įrašai, nuotraukos ir pan.), mokomasi patogiu laiku ir tempu, nepriklausomai nuo mokymo(-si) vietos, skiriasi mokymosi proceso planavimas, jo priežiūra, vertinimas. El. mokymo(-si) kompleksiškas lemia platų tyrimų spektrą: nuo pavienių mokymo(-si) proceso komponentų pvz., mokomųjų objektų, mokomųjų modulių iki sudėtingų nuotolinio mokymo(-si) sistemų, pvz., virtualiųjų mokymo(-si) aplinkų, personalizuotų mokymo(-si) sistemų projektavimo, kūrimo, vertinimo. El. mokymo(-si) tyrimai plačiai atliekami užsienyje (Ishak, Arshad, & Sumari, 2003; Mason, 2008; Mulwa, Lawless, Sharp, Arnedillo-Sanchez, & Wade, 2010) ir vis daugiau tokių tyrimų daroma Lietuvoje (Drasute V., Drasutis, & Baziuke, 2011; Kubilinskienė, 2012; Petrauskienė, 2011; Preidys & Zilinskiene, 2012; Rupšienė, 2009; Sėrikovienė, 2013). Pagrindinis informacinių technologijų naudojimo mokymuisi tikslas – didinti mokymosi kokybę ir efektyvumą, tobulinti besimokančiojo ir mokytojo darbą. Šiuolaikinis mokymasis neįsivaizduojamas be informacinių technologijų ir jų teikiamų galimybių panaudojimo. Vienas iš tokių galimybių pavyzdžių – mokomieji objektai ir mokomieji moduliai. Tačiau be šių el. mokymosi komponentų personalizavimo, individualių mokymosi kelių parinkimo yra galimas tik dalinis kokybinis efektas.

Pagrindinis personalizuoto mokymosi principas teigia, kad nėra unikalios vienintelės mokymo strategijos tinkančios visiems besimokantiesiems, todėl didžiąja dalimi sėkmingas mokymosi tikslų pasiekimas priklauso nuo to, kaip mokymo ir mokymosi procese atsižvelgiama į individualius besimokančiųjų skirtumus. Daugelis autorių akcentuoja, kad mokymosi proceso personalizavimas gerina besimokančiųjų mokymosi efektyvumą,

produktyvumą. Personalizavimas gali būti įgyvendinamas iš dviejų perspektyvų: mokytojo ir besimokančiojo. Žvelgiant iš mokytojo perspektyvos personalizuotas mokymasis įgyvendinamas remiantis mokytojų patirtimi, intuicija, tačiau besimokančiųjų atžvilgiu tai ne visada bus efektyvu.

Personalizuotas el. mokymasis įgalinamas projektuojant adaptyvias ir intelektualias sistemas (Brusilovsky & Peylo, 2003; N. Manouselis & Sampson, 2002; Oppermann, 1994). Vis dažniau šiuolaikinės mokymo sistemos projektuojamos remiantis metodologija *apačia-viršus*, siekiama, kad sistema, analizuodama ir remdamasi istoriniais naudotojų duomenimis, priimtų sprendimus, modeliuotų mokymosi procesą iš besimokančiųjų perspektyvos, t. y. gebėtų adaptuotis kintančioje aplinkoje, mokymo procesą pritaikyti prie besimokančiųjų, mokomąją medžiagą pateikti ne tik dalykiškai tiksliai, kokybiškai, bet ir atsižvelgti į besimokančiojo žinių lygį ir kitus poreikius. Darbe tiriama mokomųjų modulių personalizavimo problema ypatingą dėmesį skiriant mokymosi kelių parinkimui pagal besimokančiųjų mokymosi stilius.

Personalizavimas mokomojo turinio atžvilgiu nagrinėjamas dvejopai: kai besimokančiajam parenkamas tik vienas mokomasis objektas arba kai parenkama visa mokomųjų objektų aibė, t. y. mokomasis modulis. Nors mokslinėje literatūroje pirmasis atvejis įvardijamas kaip mokomojo objekto parinkimo problema, o antrasis kaip mokymosi sekos parinkimo problema, tačiau sprendžiant abi problemas keliamas vienas esminis klausimas – kaip efektyviai, kokybiškai parinkti mokomuosius objektus besimokantiejiems pagal jų poreikius. Vienas būdų minėtai problemai spręsti yra kolektyvinės intelektikos metodų taikymas. Literatūroje randama tyrimų susijusių su mokomojo modulio personalizavimu, kai personalizavimas apibrėžiamas kaip tinkamo besimokančiajam mokymosi kelio parinkimas jame. Remiantis atlikta analize, pastebėta, kad buvo tirti tik statiniai mokomųjų modulių atvejai, tačiau realiame gyvenime, mokomieji moduliai keičiami, pvz., pridedant, šalinat, apjungiant mokomuosius objektus. Be to, pasigendama išsamesnių tyrimų ir įvertinimų, rekomendacijų ir konkrečių realizavimo pavyzdžių.

Darbe tiriamos kolektyvinės intelektikos, skruzdžių kolonijos optimizavimo metodo, taikymo el. mokymuisi galimybės, siekiant sukurti adaptyvų mokomųjų modulių personalizavimo metodą gebantį parinkti optimalius mokymosi kelius besimokantiesiems pagal jų mokymosi stilius ir veikiantį tiek statiniuose, tiek dinaminuose mokomuosiuose moduluose.

1.2 Darbo tikslas

Pasiūlyti adaptyvų mokomųjų modulių personalizavimo metodą, parenkantį mokymosi kelius pagal besimokančiųjų mokymosi stilius, siekiant gerinti besimokančiųjų mokymosi rezultatus ir trumpinti mokymosi laiką.

1.3 Darbo uždaviniai

Darbo tikslui pasiekti formuluojami šie uždaviniai:

1. Ištirti el. mokymosi komponentus (mokomuosius objektus, veiklas, aplinkas, modulius) bei personalizuoto el. mokymosi technologinius ypatumus (adaptyvių sistemų funkcijas, jose naudojamų komponentų savybes).
2. Išanalizuoti esamus personalizuoto mokomojo modulio tinkamumo besimokantiesiems nustatymo metodus.
3. Sukurti adaptyvų mokomųjų modulių personalizavimo metodą, parenkantį mokymosi kelius atsižvelgiant į besimokančiųjų mokymosi stilius, taikant skruzdžių kolonijos optimizavimo algoritmą statinio ir dinaminio mokomojo modulio atvejams.
4. Atlikti sukurto metodo taikymo eksperimentinį aprobavimą.

1.4 Tyrimo metodika

Rengiant analitinę disertacijos dalį buvo atlikta mokslinės literatūros analizė. Šios analizės rezultatai: ištirti mokomojo modulio komponentai, išanalizuoti personalizuoto el. mokymosi technologiniai ypatumai bei atlikta personalizuoto mokomojo kelio tinkamumo nustatymo besimokančiajam metodų apžvalga. Ja remiantis, siekiant darbe iškelto tikslo, buvo pasirinktas vienos iš dirbtinio intelekto metodų grupių – kolektyvinės intelektikos taikymas.

Kuriant adaptyvų mokomųjų modulių personalizavimo metodą, buvo taikomi matematinio modeliavimo ir kompiuterinių simuliacijų metodai. Buvo atlikti du virtualūs eksperimentai. Pirmuoju eksperimentu buvo tiriamas metodo tinkamumas mokomajam moduliui personalizuoti pagal mokymosi stilius. Tyrimas parodė, kad metodas tinkamas jį taikyti parenkant mokymosi kelius. Antrasis eksperimentas buvo skirtas ištirti metodo veikimo efektyvumą dinaminių mokymosi modulių atveju. Nagrinėtas tik vienas atvejis, kai pridedami nauji mokomieji objektai. Jo metu buvo nustatytos efektyvesnio metodo veikimo sąlygos. Kompiuterinių simuliacijų metu gauti duomenys buvo analizuojami aprašomosios statistikos metodais.

Siekiant patikrinti sukurto metodo praktinį taikymą ir suformuluotas hipotezes buvo sukurtas virtualiosios mokymosi aplinkos prototipas, realizuojantis sukurtą metodą. Atliktas kvaziekperimentas, kurio metu buvo dirbama su realiais prototipe sukauptais duomenimis, stebimi 8 klasių mokiniai ir jų veiksmi sistemoje. Analizuojant duomenis taikytas dažnių skaičiavimas ir dviejų nepriklausomų imčių *t-test* statistinės analizės metodas.

1.5 Mokslinis naujumas

1. Sukurtas adaptyvus mokomųjų modulių personalizavimo metodas parenkantis optimalius mokymosi kelius besimokantiesiems pagal jų mokymosi stilius ir veikiantis tiek statiniuose, tiek dinaminuose mokomuosiuose moduluose.
2. Siekiant pritaikyti skruzdžių kolonijos optimizavimo metodą el. mokymui(-si), parenkantį optimalius mokymosi kelius besimokantiesiems pagal jų mokymosi stilius ir veikiantį tiek statiniuose, tiek dinaminuose mokomuosiuose moduluose, skruzdžių kolonijos optimizavimo metodas buvo modifikuotas. Nors parametrai ir funkcijos yra tokios pačios kaip ir originaliame skruzdžių kolonijos optimizavimo metode, darbe siūlomi du originalūs sprendimai:

- a) besimokančiojo profilis aprašomas daugiakriteriniu modeliu $B = (MSt(\{w1, w2, w3, w4\}))$, kur $\{w1, w2, w3, w4\}$ yra mokymosi stilių reikšmės.
- b) Mokomasis modulis priešingai nei kituose moksliniuose tyrimuose, nagrinėjamas kaip dinaminis tyrimo objektas, todėl siekiant efektyvesnio metodo veikimo dinaminėje mokymosi aplinkoje, pasiūlyta nauja metodo modifikacija, grįsta „naujo komponento“ feromono integracija į esamą metodą.

1.6 Darbo rezultatų praktinė vertė

Atlikto empirinio eksperimento rezultatai rodo, kad metodo taikymas mokinių mokyme(-si) el. sistemoje leidžia surasti mokymosi kelius mokomajame modulyje atsižvelgiant į jų mokymosi stilius ir gerina jų mokymosi rezultatus, taip pat trumpina mokymosi laiką.

Pasiūlytas metodas gali būti naudingas kursų kūrėjams, siekiant lengviau prižiūrėti, atnaujinti ir tobulinti mokomuosius modulius ir kursus.

1.7 Ginamieji teiginiai

1. Skruzdžių kolonijos optimizavimo algoritmas yra taikytinas statinių ir dinaminių mokomųjų modulių personalizavimui suformuojant personalizuotus mokymosi kelius grįstus besimokančiųjų mokymosi stiliais.
2. Sukurtas adaptyvus mokomųjų modulių personalizavimo metodas gerina besimokančiųjų mokymosi rezultatus ir trumpina mokymosi laiką.

1.8 Darbo aprobavimas

Disertacijos rezultatai pristatyti šiose mokslinėse konferencijose:

1. *6th World Summit on the Knowledge Society (WSKS 2013)*. Aveiro, Portugal, 2013, June 19–21.

2. *Tarptautinis doktorantų konsorciumas "Informatics and Informatics Engineering Education Research: Methodologies, Strategies and Implementation"*. Druskininkai, 2012 m. gruodžio 3 d. – gruodžio 7 d.
3. *11th European Conference on e-Learning (ECEL'10)*. Groningen, Netherlands, 2012, October 26–27.
4. *10-oji tarptautinė konferencija "Duomenų bazės ir informacinės sistemos" (BalticDB&IS'2012)*. Lietuvos Mokslo Taryba, Vilnius, 2012 m. liepos 8-11 d.
5. *The 3rd Tech-Education conference*, Barcelona, Spain, 2012, July 3–5.
6. *Lietuvos matematikos draugijos 53-oji konferencija*. Klaipėdos universitetas, Klaipėda, 2012 m. birželio 11–12 d.
7. *Tarptautinis doktorantų konsorciumas "Informatics and Informatics Engineering Education Research: Methodologies, Strategies and Implementation"*. Druskininkai, 2011 m. lapkričio 30 d. – gruodžio 4 d.
8. *10th European Conference on e-Learning (ECEL'09)*. Brighton, UK, 2011, November 10–11.
9. *15-oji Kompiuterininkų dienų konferencija*. Klaipėda, 2011 m. rugsėjo 22–24 d.
10. *Lietuvos matematikos draugijos 52-oji konferencija*. Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija, Vilnius, 2011 m. birželio 16–17 d.
11. *Konferencija "Informacinės technologijos mokykloje: varžybos ir bendradarbiavimas"*. Druskininkai, 2010 m. gruodžio 17–19 d.
12. *Tarptautinė konferencija „Mokymosi bendruomenė ir antrosios kartos saityno (Web 2.0) technologijos.“* Lietuvos Respublikos seimas, Vilnius, 2010 m. spalio 1–5 d.
13. *Lietuvos matematikos draugijos 51-oji konferencija*. Šiaulių universitetas, Šiauliai, 2010 m. birželio 17–18 d.
14. *Tarptautinė konferencija „Šiuolaikinis informatikos mokymas bendrojo lavinimo mokykloje: Lietuva ir Europa.“* Druskininkai, 2009 m. lapkričio 6–8 d.

15. *10th International Conference “Models in Developing Mathematics Education”*. Dresden, Saxony, Germany, 2009, September 11–17.

Disertacijos rezultatai pateikti 14 mokslinių publikacijų:

Straipsniai recenzuojamuose periodiniuose moksliniuose žurnaluose:

1. Kurilovas, E., **Zilinskiene, I.**, Dagiene, V. (2014). Recommending Suitable Learning Scenarios According to Learners’ Preferences: An Improved Swarm Based Approach. *Computers in Human Behavior* – in press. Available:
<http://www.sciencedirect.com/science/journal/aip/07475632>
2. Kurilovas E., **Zilinskiene I.** (2013). New MCEQLS AHP Method for Evaluating Quality of Learning Scenarios. *Technological and Economic Development of Economy*, ISSN 2029-4913, 19(1), 78–92.
3. Kurilovas E., **Zilinskiene I.** (2012). Evaluation of Quality of Personalised Learning Scenarios: An Improved MCEQLS AHP Method. *International Journal of Engineering Education*, ISSN 0949-149X, Vol. 28(6), 1309–1315.
4. **Žilinskienė I.**, Kubilinskienė S. (2012). Mokomojo scenarijaus personalizavimas taikant kolektyvinės intelektikos metodus. *Lietuvos matematikos rinkinys. Lietuvos matematikų draugijos darbai*, ISSN 0132-2818, 53, 264–269.
5. **Žilinskienė I.**, Dagiene V. (2011). Mokymosi veikla skaitmeninio raštingumo kontekste. *Pedagogika*, ISSN 1392-0340, 102, 95–103.
6. Kurilovas E., **Žilinskienė I.** (2011). Kokybės vertinimo metodų taikymas mokomiesiems scenarijams vertinti. *Lietuvos matematikos rinkinys. Lietuvos matematikų draugijos darbai*, ISSN 0132-2818, 52, 110–115.
7. **Žilinskienė I.** (2010). Mokymosi objektai matematikai mokytis. *Lietuvos matematikos rinkinys. Lietuvos matematikų draugijos darbai*, ISSN 0132-2818, 51, 176–181.

8. Kubilinskienė S., **Žilinskienė I.** (2009). Mokymo(si) objektų metaduomenų analizė: valdomų žodynų reikšmės. *Informacijos mokslai*, ISSN 1392-0561, Vol. 50, 95–100.

Straipsniai kituose recenzuojamuosiuose leidiniuose:

1. **Zilinskiene I.**, Preidys S. (2013) A Model for Personalized Selection of a Learning Scenario Depending on Learning Styles. *Databases and Information Systems*, ISBN 978-1-61499-160-1, 347–360.
2. **Zilinskiene I.**, Dagiene V., Kurilovas E. (2012). A Swarm-based Approach to Adaptive Learning: Selection of a Dynamic Learning Scenario. In: *Proceedings of the 11th European Conference on e-Learning (ECEL 2012)*. Groningen, the Netherlands, October 26–27, 583–593.
3. Preidys S., **Žilinskienė I.** (2012) Nuotolinio mokymosi kurso personalizavimo modelis mokymosi veiklų atžvilgiu. *Electronic Learning, Information and Communication: Theory and Practice*, Vilnius University, ISBN 978-609-459-030-6, 111–132.
4. Kurilovas E., **Zilinskiene I.**, Ignatova N. (2011). Evaluation of Quality of Learning Scenarios and Their Suitability to Particular Learners' Profiles. In: *Proceedings of the 10th European Conference on e-Learning (ECEL '09)*. Brighton, UK, November 10–11, 380–389.
5. **Žilinskienė I.** (2010) Matematikos mokymas ir Web 2.0 technologijos, *Mokymosi bendruomenė ir antrosios kartos saityno (Web 2.0) technologijos: tarptautinės konferencijos pranešimai*. Vilnius: Matematikos ir informatikos institutas, 103–108.
6. Dagiene V., **Zilinskiene I.** (2009) Localization of Learning Objects in Mathematics. *Proceedings of the 10th International Conference, "Models in Developing Mathematics Education"* September 11–17, Dresden, Saxony, Germany, 129–133.

1.9 Darbo apimtis ir struktūra

Darbą sudaro: terminų ir santrumpų žodynėlis, keturios pagrindinės dalys – skyriai, išvados ir rezultatai, naudotos literatūros sąrašas ir priedai. Darbo apimtis yra 138 puslapiai. Tekste panaudoti 39 paveikslai, 6 lentelės ir 7 priedai. Rašant disertaciją buvo naudotasi 163 literatūros šaltiniais.

Pirmajame skyriuje pateikiamas darbo įvadas. Pristatomas darbo aktualumas, darbo tikslai ir uždaviniai, tyrimų metodai, mokslinis naujumas, praktinė darbo reikšmė, ginamieji teiginiai ir darbo aprobavimas.

Antrajame skyriuje nagrinėjamos teorinės darbo prielaidos, kuriomis buvo remiamasi kuriant ir aprašant adaptyvų mokomojo modulio personalizavimo metodą. Nagrinėjami el. mokymosi komponentai, adaptyvaus personalizuoto mokymosi aspektai, esami personalizuoto mokomojo modulio tinkamumo besimokančiajam nustatymo metodai.

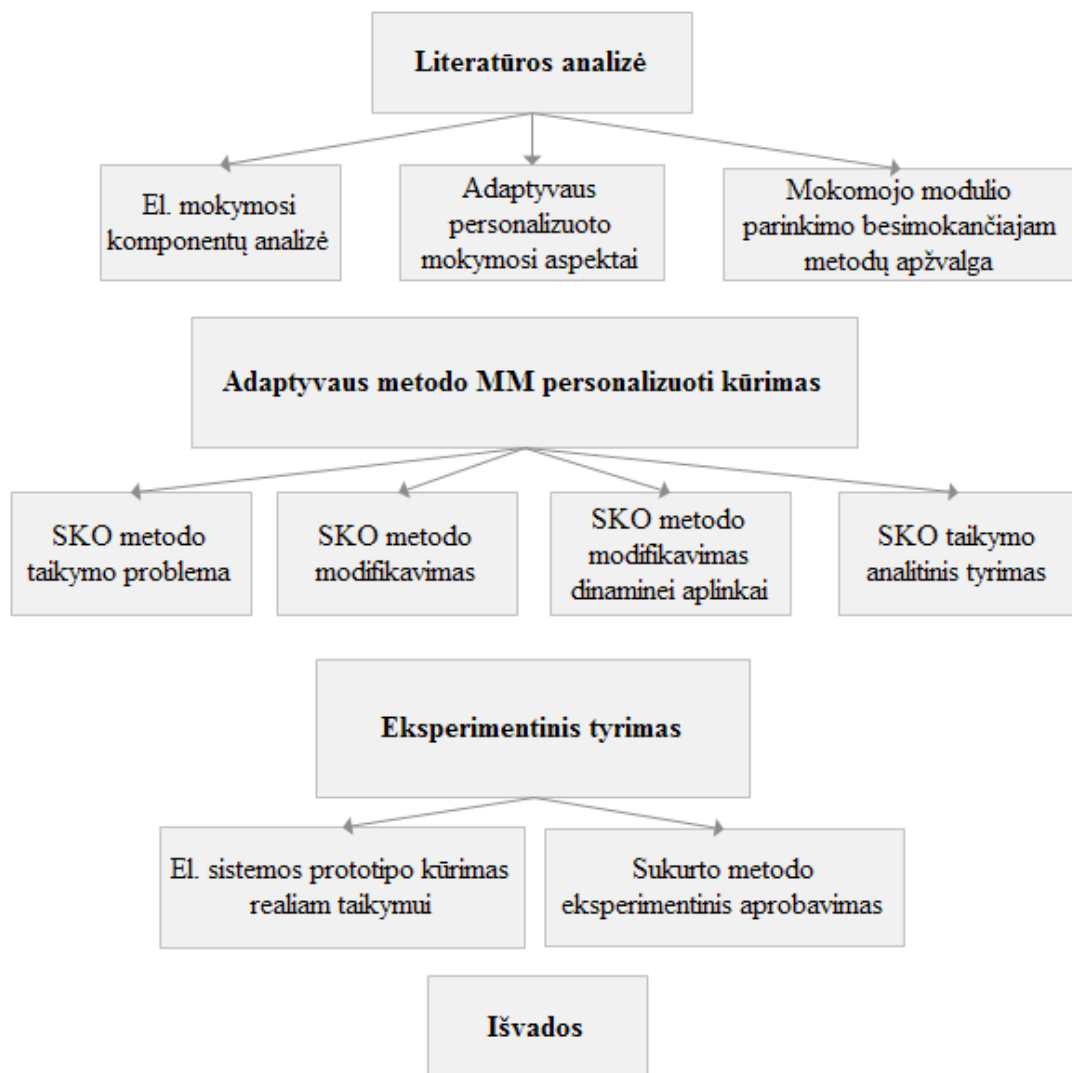
Trečiajame skyriuje aprašomas sukurtas adaptyvus mokomųjų modulių personalizavimo metodas, gebantis suformuoti optimalius mokymosi kelius besimokantiesiems pagal jų mokymosi stilius ir veikiantis tiek statiniuose, tiek dinaminiuose mokomuosiuose moduluose. Skyriuje aprašomos metodo kūrimo prielaidos, mokomojo modulio struktūra, besimokančiojo profilio sudarymo schema, matematinis modelis pateikiama mokomojo modulio personalizavimo problema, aprašomas sukurtas metodas. Taip pat pateikiami atlikti kompiuteriniai eksperimentai ir pristatomi gauti rezultatai.

Ketvirtajame skyriuje, remiantis empirinio eksperimento rezultatais, pateikiamas sukurto metodo vertinimas. Aprašomas įvykdytas eksperimentas, sukurtas el. sistemos prototipas, atskleidžiami metodo taikymo ypatumai.

Darbo pabaigoje pateikiamas rezultatų apibendrinimas ir išvados.

Prieduose pateikiama: mokymosi stilių klausimynas, sukurtos mokymosi aplinkos prototipo langai, atliktų tyrimų aprašai ir rezultatai.

Schematiškai darbo struktūra pateikta 1 pav.



1 pav. Disertacijos struktūra

2 Personalizavimas adaptyvaus el. mokymosi kontekste

El. mokymasis nusakomas skirtingais terminais: e. mokymasis, kompiuterinis (angl. *computer-assisted*) mokymasis, internetinis mokymasis (angl. *Web-based*, taip pat angl. *online*), mokymasis tinkle (angl. *networked learning*), virtualusis mokymasis (Ally 2004). Nichols (2003) teigia, kad el. mokymasis susideda iš „įvairių technologinių priemonių, kurios yra arba pagrįstos žiniatinkliu, platinamos žiniatinkliu arba naudojančios žiniatinklį mokymo tikslais“. Plačiausiai naudojamas – nuotolinio mokymosi terminas (angl. *distance learning*) (Targamadžė, 2010), kuriam, pagal Zhang ir Nunamaker (2003), „keliamas naujas tikslas, sukurti ekonomiškai efektyvią mokymosi infrastruktūrą, kuri įgalintų interaktyvų mokymąsi individualiu greičiu bet kuriuo metu bet kurioje vietoje“. Pastaruoju metu taip pat naudojamas terminas „technologijomis grįstas mokymasis“ (toliau TGM), kuris pagal Manouselis ir kt. (2009), apima socialinių technologinių inovacijų projektavimą, įgyvendinimą ir testavimą siekiant paremti ir išplėsti mokymosi galimybes tiek individualaus žmogaus, tiek organizacijų lygmenyje. Darbe el. mokymasis apibrėžiamas pagal García Barrios (2007) kaip TGM.

Kadangi elektroninis mokymasis, plačiai paplitęs aukštojo mokslo erdvėje, perkeliamas ir į kitas edukacines plotmes: formalųjį, vidurinį, netgi pradinį bei neformalųjį mokymąsi, tai sąlygoja vis platesnį tyrimų tiek mokslinių, tiek praktinių plėtotę. Elektroninio mokymosi taikymas iškelia naujas problemas, kurios apima kelių skirtingų mokslų sandūrą, pvz., informatiką, edukologiją, psichologiją ir kt., tai lemia įvairių problemų skirtingų aspektų tyrinėjimą: technologinių, socialinių ir pan. (Nichols, 2003). Technologiniai aspektai apima programinės įrangos, skirtos edukaciniam procesui projektavimą, įgyvendinimą, parinkimą, vertinimą ir pan. Kita vertus, edukaciniame procese greta technologinių išskyla daugybė ir socialinių-edukologinių problemų, į kuriuos būtina atsižvelgti kuriant, įgyvendinant bei vertinant el. mokymąsi konkrečioje situacijoje (Dagienė & Žilinskienė, 2011).

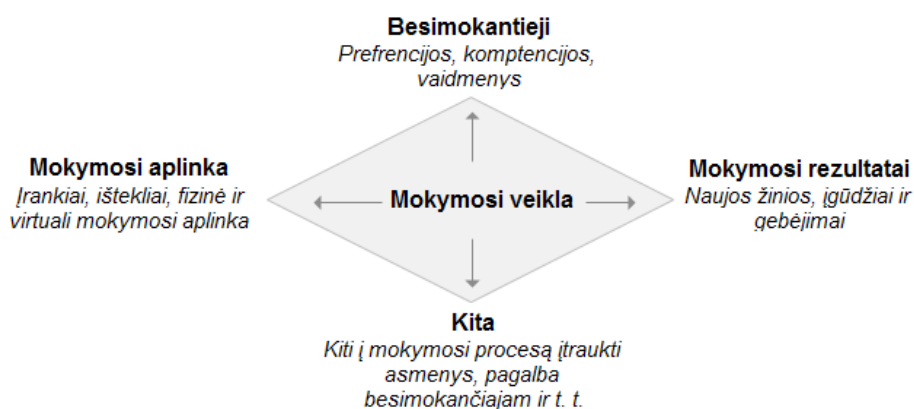
Šio skyriaus tikslai:

1. Ištirti el. mokymosi komponentus, ypatingą dėmesį skiriant: mokomiesiems objektams, moduliams, mokymosi veikloms, mokymosi aplinkoms.
2. Išanalizuoti personalizuoto el. mokymosi technologinius ypatumus. Nagrinėti adaptyvių sistemų funkcijas, jose naudojamų komponentų savybes.
3. Išanalizuoti esamus personalizuoto mokomojo modulio tinkamumo besimokančiajam nustatymo metodus.

2.1 El. mokymosi komponentai

El. mokymo tyrimai apima viską, nuo paramos mokytojams tradicinėje klasėje iki baigto elektroninio kurso pateikimo besimokantiesiems. Jis teikia naujų galimybių projektuojant, kuriant ir pateikiant mokymą ir gali pakeisti mokymosi ir mokymo būdus (Collis & Moonen, 2001; Conole, Oliver, Falconer, Littlejohn, & Harvey, 2007a; Rob Koper & Tattersall, 2004). Dėl savo daugialypės prigimties, el. mokymasis nagrinėjamas skirtingais pjūviais, atitinkamai išskiriant skirtingas jo komponentes. Mason (2008) teigia, kad el. mokymasis gali būti suvokiamas kaip mokymosi paradigma (pabrėžiamas edukologinis aspektas) ir kaip TGM (akcentuojamas technologinis aspektas). 1980 m. Keegan (1980) identifikavo šešis pagrindinius el. mokymosi aspektus, kurie pagal Targamadžė (2010) apibendrinami į tris: 1) fizinį atstumą tarp dėstytojo ir besimokančiojo, 2) technologijų (pedagoginių ir techninių) poreikį, 3) mokymosi proceso dalyvių sąveikos būtinumą. Henry (2001) išskiria tris el. mokymosi komponentus: turinį, informacinės technologijas ir paslaugas. Štuikys ir Brauklytė (2009) teigia, kad el. mokymąsi sudaro trys esminės komponentės: mokymosi tikslai (kompetencijos), mokymo turinys ir mokymosi veiklos. O Dietinger (2003) el. mokymąsi komponentus suskirsto į keturis komponentus: 1) vienas ar daugiau „nuotolinių besimokančiųjų“; 2) multimedijos ir interaktyvaus turinio; 3) programos-mokymosi aplinkos; 4) vieno ar daugiau „nuotolinių dėstytojų“, kurie asistuoja ir padeda

besimokantiejiems. Bendriausią el. mokymosi metu vykstančios komponentų sąveikos apibrėžimą (2 pav.) pateikia Beetham (2007). Anot mokslininkės, mokymosi veikla – tai besimokančiojo interakcija su kitais besimokančiais, naudojant specifinius įrankius ir išteklius, siekiant numatomų rezultatų. Ir kiti mokymosi projektuotojai (angl. *Learning designers*) (Goodyear, 2005; Mason, 2008) išskiria mokymosi veiklą, kaip kartinę ašį mokymosi procese, aplink kurią išdėstomi kiti su ja susiję komponentai: medžiaga ir įrankiai.



2 pav. El. mokymosi komponentų sąveika pagal Beetham (2007)

El. mokymasis taip pat grindžiamas įvairių mokymosi ir ugdymo filosofijų bei psichologijų teorijomis, kuriose atsispindi mokymo samprata, turinys, tikslai, jų siekimo būdai (Campanella et al., 2008; Markauskaitė, 1998). Taigi, el. mokymosi metu vyksta sudėtingas procesas, kurio metu sąveikauja skirtingi objektai ir subjektai, apimantis daugelį skirtingų komponentų. Objektai įvardinami: mokymosi aplinkos, mokomieji objektai (MO), MO saugyklos ir pan., kuriomis naudojasi subjektai: mokytojai, besimokantieji. Šis procesas sudėtingas tuo, kad vienoje pusėje yra techniniai, technologiniai objektų požymiai ir galimybės, kitoje, subjektai – kurie apibrėžia savo tikslus, reikalavimus, galimybes. Toliau nagrinėjami šie el. mokymosi komponentai: MO, mokomieji moduliai (MM), mokymosi aplinkos.

2.1.1 Mokomieji objektai, mokomieji moduliai

Literatūros analizė rodo, kad vienas pagrindinių elementų el. mokymesi yra mokymosi medžiaga, kuri įvardinama mokomuoju objektu (MO). MO sąvoka pradėta vartoti daugiau nei prieš penkiolika metų. Jos pradininku laikomas el.

mokymo srities ekspertas W. Hodgins. MO paprastai laikomas bet kuris skaitmeninis išteklius, naudojamas mokymui(-si), ir taikomas iš naujo įvairiuose mokymo(-si) kontekstuose (Dagienė & Kurilovas, 2008; Wiley, 2000). Iš esmės MO yra medžiaga ir (arba) informacija mokyti(s), kuri: a) sudaryta iš atskirų ir nepriklausomų komponentų, kurie gali būti naudojami nepriklausomai vieni nuo kitų arba agreguoti į didesnes struktūras (pvz., paskaitą, kursą); b) aprašyta metaduomenimis, kurie apibrėžia įvairias charakteristikas, reikalingas ieškant, saugant ir naudojant mokymosi objektus. Mokymosi medžiaga el. erdvėje gali būti aprašyta metaduomenimis. Metaduomenys kuriami remiantis standartais ar specifikacijomis ir jų taikomaisiais edukaciniais modeliais. Pagrindinis standartų tikslas yra palengvinti MO paiešką, įsigijimą ir naudojimą, taip pat supaprastinti dalijimąsi MO, atsižvelgiant į kultūrinių ir kalbinių kontekstų įvairovę. Išsamią metaduomenų standartų apžvalgą pateikia Kubilinskienė (2012). Viena pagrindinių problemų susijusių su MO naudojimu el. mokyme yra jų dydis, arba pagal IEEE LOM (2002) tai apibrėžiama kaip MO granuliacija, nes skirtingo dydžio MO apima skirtingą informacijos kiekį, skirtingą struktūrą ir t. t. Rupšienė (2009) teigia, kad MO granuliacijos lygis interpretuojamas dvejopai:

- Į technines priemones orientuotas granuliacijos apibrėžimas, kuriame MO granuliacija suprantama kaip MO laipsnis, pagal kurį maži daugialypės terpės fragmentai yra jungiami, kad būtų sukurtas didesnis MO. Pagal tai kuriami įvairūs agregacijos lygiai ir formuojama MO struktūros hierarchija.
- Į turinį ir mintį orientuotas granuliacijos apibrėžimas, kuriame MO granuliacija suprantama kaip MO laipsnis, pagal kurį srities turinio elementai jungiami MO viduje. Mažiausias granuliacijos laipsnis šiuo atveju siejamas arba su viena sąvoka ar idėja arba su vienu mokymosi tikslu.

Kokios agregacijos MO parenkami mokymuisi, pagal Rupšienė (2009), priklauso nuo mokymosi tipo (paviršutiniškas ar gilus mokymasis), MO paskirties mokymosi procese (tai veikla, kurią besimokantysis turi atlikti, ar tai šaltinis, kurį besimokantysis gali naudoti atlikdamas veiklas, kurios pačios išeina už MO ribų) ir reikšmingų MO išdėstymo (sekos), (kai išdėstymas yra atliktas paties MO viduje, ar išdėstymas atliktas žmogaus, MO išorėje). Paskutinis minimas veiksnys apibrėžia svarbią el. mokymosi problemą: koku būdu parinkti MO ir kaip vertinti, kad sudaryta mokymosi seka (kelias) geriausiai atitinka besimokančiojo poreikius. Darbe nagrinėjama ši problema ir siūlomas metodas jai spręsti.

MO tinkamumas besimokantiesiems vertinamas skirtingais aspektais (Ehlers, 2004; E. Kurilovas & Dagiene, 2010) ir traktuojamas kaip MO kokybės vertinimas. Markauskaitė (1998) skiria du svarbius vertinimo aspektus: techninį ir ugdyimo, Sėrikovienė (2013) pateikia tris aspektus: technologinį, pedagoginį ir autorių teisių. Literatūros apžvalga rodo, kad MO vertinant techniniu aspektu, MO tiriamas kaip programavimo produktas. Jis turi būti korektiškas, be dalykinių bei programavimo klaidų, efektyviai naudojantis kompiuterio resursus, ergonomiškas, patikimas, suderintas su kitomis programomis, lengvai įdiegiamas – t. y. pagal ISO (2001) turi teisingai veikti (išorinė kokybė) ir būti korektiškai parašytas (vidinė kokybė). Daug sunkiau įvertinti ar MO tinkamas besimokančiajam. MO autoriai ir jo vartotojai labai dažnai skirtingai suvokia MO paskirtį, todėl skirtingai vertina jo efektyvumą (ugdyimo kokybės prasme). Bendru atveju, formaliai įvertinti MO tinkamumą besimokančiajam yra sudėtinga, nes nėra aiškūs vertinimo kriterijai. Dažnai sudaromos MO vertinimo anketos (Ehlers, 2004), kuriose pateikiama klausimų apie MO struktūrą, dėstomąją medžiagą ir kt. arba kuriamos ekspertinės sistemos, kuriose MO vertinami tik iš mokytojo pozicijų (Sėrikovienė, 2013). Toks vertinimo būdas atskleidžia tik kai kurias MO savybes ir neatspindi subjektyvaus besimokančiojo požiūrio į MO, kuris mokymosi procese yra svarbus.

Mokomoji medžiaga mokytojo gali būti išdėstyta skirtingai (Amadiou, van Gog, Paas, Tricot, & Mariné, 2009) (1 lentelė). Jos išdėstymą gali lemti mokytojo dėstymo strategija, turimos techninės priemonės, pvz., naudojamos mokymosi aplinkos, jų galimybės ir kt.

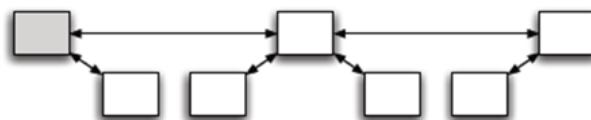
1 lentelė. Mokomosios medžiagos struktūros modeliai

1. Tiesiška – tai viena dažniausiai el. mokymesi naudojamų struktūrų, pvz., mokymasis pereinant nuo PPT skaidrių prie PDF dokumento galėtų būti traktuojamas kaip tiesinis mokymasis, nes dauguma virtualių mokymosi aplinkų, palaiko būtent tokią turinio struktūrą. Tiesinis mokymasis yra optimalus video bei audio failuose, kai turinio dalys gali būti praleidžiamas, peršokant prie tolimesnių turinio detalių.



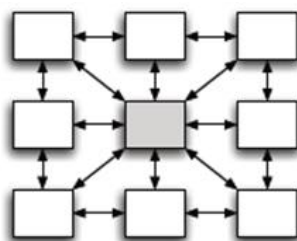
3 pav. Tiesinio medžiagos išdėstymo schema

2. Hierarchiškai – kai mokomojoje medžiagoje įvedama hierarchija, viena mokomoji medžiaga yra svarbesnė, reikšmingesnė nei kita. Šis būdas yra panašus į tiesinį, tik leidžia išskirti tėvinius elementus.



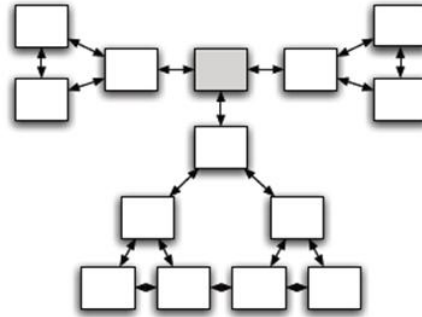
4 pav. Hierarchinio medžiagos išdėstymo schema

3. Viki principu – kai mokymasis vyksta bendradarbiaujant ir komunikuojant. Tai dažniausiai aptinkamas mokomosios medžiagos pateikimo būdas. Turinys iš anksto yra apibrėžtas, tačiau besimokantieji lengvai jį gali praplėsti, todėl galutinis mokomųjų objektų skaičius nėra fiksuotas, tokią situaciją P. Brusilovsky ir Henze (2007) įvardija kaip atvirojo turinio (angl. *Open corpus problem*) problema. Teoriškai mokomoji medžiaga yra susieta tarpusavyje visais galimais ryšiais.



5 pav. Viki principu išdėstytos medžiagos schema

4. Minčių žemėlapiu principu – turinys pateikiamas tinkliška struktūra, kurioje yra viena šaknis iš kurios išvedami kiti mokomosios medžiagos elementai. Dažnai mokomosios medžiagos elementai suformuoja panašaus turinio pogrupius, kurie nebūtinai turi būti susieti su kitomis mokomosios medžiagos grupėmis. Minčių žemėlapiu analogija gali būti pasitelkta siekiant atvaizduoti temų ar grupių panašių elementų sąryšius.



6 pav. Minčių žemėlapiu principu išdėstytos medžiagos schema

MO išdėstymo struktūra paprastai nusako mokytojo mokymo strategiją, kuri nebūtinai sutampa su besimokančiojo mokymosi strategija. Be to, skirtingai išdėstant mokomąją medžiagą gali keistis ir mokymo bei mokymosi metodai, veiklos, sudarant prielaidas tenkinti skirtingus besimokančiųjų poreikius. Pedagoginiams modeliams (įvairioms mokymo ir mokymosi situacijoms, veikloms, besimokančiųjų ir kt. vaidmenims) aprašyti, yra sukurta ir bandoma taikyti mokymosi projektavimo specifikacija IMS LD (2003). Pagal šią specifikaciją mokomoji medžiaga apibrėžiama kaip mokomasis modulis (MM) (angl. *Learning Unit*), apimantis mokomojo turinio ir mokymosi veiklų paketą, kuriame formaliai aprašomi mokymosi proceso dalyviai, jų vaidmenys, mokomoji medžiaga, veiklos, metodai. Pagal IMS LD (2003), MM yra realizuotas tam tikroje el. mokymosi aplinkoje, kurioje pateikti atitinkami MO ir atitinkamos mokymosi veiklos mokymosi tikslui pasiekti. Literatūros analizė rodo, kad specifikacija retai taikoma praktiškai dėl sudėtingo formalių aprašų kūrimo ir įgyvendinimo sudėtingumo, t. y. specialiai suprojektuotų el. sistemų trūkumo.

Nagrinėdamas el. mokymosi evoliuciją Mason (1998) išskyrė tris mokymosi mokymosi kursų grupes: 1) *turinys + pagalba* modelis, kuriame turinys ir

vadovavimas mokymuisi yra atskirtas ir remiasi prielaida, kad turinys yra nesikeičiantis; 2) *apjungtas modelis* (angl. *wrap around model*), kai mokymosi medžiaga sujungiama kartu su veiklomis ir diskusijomis, daugiau laisvės suteikiama besimokančiajam, ir MM yra mažiau iš anksto apibrėžtas, nes besimokančiųjų mokymasis susiformuoja per veiklas ir diskusijas; 3) *integruotasis modelis* (angl. *integrated*) papildo antrąjį, nes apima bendradarbiavimo veiklas, mokymosi medžiagą ir vertinimą. Mokymosi turinys yra dinaminis ir didžia dalimi priklauso nuo besimokančiųjų grupės veiklų. Remiantis Acampora ir kt. (2011) darbais MM turi būti įvardinamas ir nagrinėjamas ne tik kaip turinio elementas, bet ir kaip tam tikras mokymosi veiklų darinys, kuriuo sukuriama prielaidos efektyviam ir kokybiškam mokymuisi.

Personalizuotas el. mokymasis įgalinamas kuriant ir projektuojant adaptyvias ir intelektualias sistemas (Brusilovsky & Peylo, 2003; N. Manouselis & Sampson, 2002; Oppermann, 1994), todėl 2.1.2 skyrelyje toliau nagrinėjamos jų funkcijos ir jose naudojamų komponentų savybės.

2.1.2 Mokymosi aplinkų apžvalga

Šiuo metu yra daugybė el. mokymosi sistemų (Kavcic, 2004; Kelly & Tangney, 2006; Rob Koper & Tattersall, 2004; N. Manouselis, Drachsler, H., Vuorikari, R., Hummel, H. G. K., & Koper, R., 2009), tačiau jas visas galima suskirstyti į keturias pagrindines grupes (2 lentelė). Šių vis plačiau tyrinėjamų el. mokymosi sistemų pagrindinis tikslas – teikti paramą besimokantiesiems siekiant veiksmingo mokymosi (Brusilovsky & Peylo, 2003; S. Graf, 2007; Mulwa, et al., 2010). Kursų valdymo sistemos kaip ir pirmosios internetinės sistemos nepatenkino skirtingų naudotojų poreikių. Šiai problemai spręsti vystėsi nauja tyrimų kryptis – adaptyviųjų internetinių sistemų tyrimai, kuriais bandytas keisti tradicinis požiūris, kad „vienas dydis tinka visiems“ (angl. *one-size-fits-all*) ir ieškoti būdų kaip gali kisti adaptyviosios internetinės sistemos veikimas priklausomai nuo keliamų tikslų, užduočių ir kitų naudotojo apibrėžiamų charakteristikų (Brusilovsky, 1994).

2 lentelė. Mokymosi aplinkų apžvalga

Aprašas	Pastabos
<p>Kursų valdymo sistemos (angl. <i>computer assisted instruction systems, course management systems, web-based course environments</i>), pvz., „Moodle“, „Blackboard“, „WebCT“ ir kt.</p> <p>Naudotojui pateikia iš anksto nustatytą, statišką mokymosi medžiagą ir neatsižvelgia į jo poreikius. Temos dažniausiai yra pateikiamos viena po kitos iš anksto numatyta eilės tvarka. Tokių sistemų svarbios funkcijos yra mokomosios medžiagos paprastas naujinimas, turinio dalijimasis, saugyklos (angl. <i>repositories</i>), bendravimo ir bendradarbiavimo galimybė, įvairių atsiskaitymų, užduočių pateikimo galimybė ir pan.</p>	<p>Pasižymi įvairių savybių rinkiniais, nuo srities nepriklausomos, sukurtas turinys gali būti panaudotas kitose kursų valdymo sistemose, ir pasižymi labai menku adaptyvumu. Virtualios mokymosi aplinkos iš esmės taikomos el. mokymesi taip pateikiama visiems besimokantiesiems vienodi kursai (S. Graf, 2007). Pagrindinis šių sistemų trūkumas – neadaptyvumas.</p>
<p>Adaptyvios hipermedijos mokymosi sistemos (angl. <i>adaptive hypermedia educational systems</i>), pvz., „Interbook“, „ELMART“, „AST“, „ACE“, „MetaDoc“, „Hypadapter“, „Anatom-Tutor“, „C-book“, „KN-AHS“, „PUSH“, „AHA“ ir kt.</p> <p>Tokiose sistemose besimokančiajam mokymosi medžiaga yra pateikiama hipermedijos forma (daug nuorodų konkrečia tema), ir tik nuo vartotojo pasirinkimo priklauso tolesnė mokymosi eiga. Tokios adaptyvios mokymo sistemos turi turėti duomenų bazę, kurioje būtų kaupiami ir saugomi duomenys apie vartotoją (tai gali būti asmeninė informacija, identifikavimo duomenys, mokymosi tikslai, išmuktos ir likusios temos, mokymosi rezultatai, įvertinimai ir pan.). Turint šiuos duomenis galima rezultatų analizę ir tolesnis mokymosi progreso užtikrinimas.</p>	<p>Naudojamos pagrindinės adaptavimo technologijos (Brusilovsky, 1994): 1) adaptyvus turinio parinkimas (ištakos – paieška grįstas informacijos pateikimas, kai informacija skirstoma pagal svarbą ir pateikiama labiausiai tinkanti); 2) adaptyvus naršymo palaikymas (ištakos – naršymu grįstas informacijos pateikimas, kai naudotojas naršo nuo vieno elemento prie kito, sistema gali manipuliuoti nuorodomis (rūšiuoti, paslėpti, anotuoti ir pan.); 3) adaptyvus rodymas (ištakos – intelektinės patarėjo sistemos (IPS), kai naudotojui pateikiamas skirtingas to paties turinio atvaizdavimas.</p>

<p>Intelektualaus patarėjo sistemos (IPS) (angl. <i>intelligent tutoring systems</i>), pvz., „MetaLinks“, „KBS-Hyperbook“, „ActiveMath“, „MLTutor“ ir kt.</p> <p>Tai sistemos, kuriomis siekiama, kad mokymosi eiga būtų valdoma tik pačios sistemos (t. y. sistema pati sprendžia, kokią medžiagą ir kada pateikti vartotojui). Tokiomis sistemomis siekiama prisitaikyti prie konkretaus vartotojo poreikių, atsižvelgiant į vartotojo įgytas žinias, pasiūlyti besimokančiajam individualų mokymosi planą ir pagal patikrintą bei išanalizuotą vartotojo žinių lygį ir poreikius sudaryti mokymo programą. Pagal Brusilovsky ir Millán (2007) tai dirbtiniu intelektu grįsta edukacinė sistema, kuri įgalina palaikyti besimokančiuoju paremtą mokymąsi ir žinių įgijimą.</p>	<p>AEHS plėtotė yra orientuota į turinį (turinio kaip komponento analizę), o intelektinės vadovavimo sistemos koncentruojasi į vidines algoritmines funkcijas (orientuotos į vertinimo-asistavimo analizę) (Brusilovsky & Peylo, 2003). Be to, nors AEHS ir IPS yra skirtingų tyrimų objektai, tačiau kaip teigia Brusilovsky ir Peylo (2003) šie tyrimai daro didelę įtaką šiuolaikiniams modernių adaptyviųjų sistemų tyrimams. Autoriai siūlo nagrinėti adaptyvias ir intelektines tinklo technologijomis grįstas edukacines sistemas, įskaitant abiejų sistemų charakteristikas.</p>
<p>Mokymosi tinklai (angl. <i>learning networks</i>), pvz., „Knowledge Sea II“ ir kt.</p> <p>Mokymosi tinklų projektavimas ir kūrimas yra lankstus, orientuotas į besimokantį ir kylantis iš požiūrio <i>apačia-viršus</i> (Brusilovsky & Henze, 2007; H. Drachsler, Hummel, H. G. K., Van den Berg, B., Eshuis, J., Waterink, W., Nadolski, R. J., Berlanga, A. J., Boers, N., Koper, R., 2009; Nikos Manouselis, Drachsler, Vuorikari, Hummel, & Koper, 2011; Nadolski et al., 2009). Mokymosi tinklas yra naudojamas daugelio besimokančiųjų ir mokymosi veiklos yra teikiamos skirtingų tiekėjų (MO saugyklų, skirtingų dėstytojų, tutorių ir kt.) ar tarpininkų. Kiekvienas naudotojas gali pridėti, taisyti, pašalinti ir vertinti mokymosi išteklius bet kuriuo metu.</p>	<p>Vienas iš naujai besivystančių mokymosi aplinkų tipų. Šių aplinkų raidą paskatino atviro mokymosi turinio (angl. <i>open corpus</i>) samprata, pagal kurią, kaip teigia Brusilovsky ir Henze (2007), mokymosi medžiaga nėra žinoma mokymosi aplinkos projektavimo metu, o vėliau ji pastoviai keičiama ir plečiama. Priešingai nei uždaru turinio grįstose sistemose, kuriose mokymosi medžiaga ir ryšiai tarp jų yra žinomi iš anksto ir ši informacija panaudojama sistemų projektavimo metu, kaip kad AEHS ir IPS.</p>

Pagal Oppermann (1994), sistema vadinama adaptyvia, „jei ji gali automatiškai pakeisti savo pačios charakteristikas priklausomai nuo naudotojo poreikių“. Jameson (2001) pabrėžė dar vieną svarbią savybę: „vartotojo atžvilgiu adaptyvi sistema yra interaktyvi sistema, kuri adaptuoja savo elgesį pagal kiekvieno individualaus naudotojo poreikį remiantis informacija apie naudotoją“. Be to, Papanikolaou ir kt. (2003) išskiria ir kelis adaptavimo lygius, kurie apibrėžia adaptyvios sistemos galimybes: 1) *adaptyvumas* (angl. *adaptivity*) (kai sistema pati keičia išvesties rezultatus naudodama informaciją apie besimokantįjį), 2) *prisitaikomumas* (angl. *adaptability*) (besimokančiajam suteikiama galimybė valdyti keletą sistemos funkcijų ir remiantis tais pakeitimais, sistema adaptuojasi). El. mokymo kontekste adaptavimas yra apibrėžiamas kaip mokymosi aplinkos prisiderinimas prie jos naudotojų, t. y. el. mokymosi metu siekiant patenkinti besimokančiojo poreikių įvairovę ir galimybes, išlaikyti interakciją ir padidinti hipermedijos funkcionalumą ją personalizuojant.

Remiantis mokslinė literatūra, adaptavimo technologijos siekia 1970 metų pradžią, kai dirbtinio intelekto (angl. *artificial intelligence*) idėjos pradėtos taikyti kompiuterinių mokymo sistemų kūrimui. Šių sistemų tikslas – individualizuoti mokymą. Pastaruosius 10–15 metų buvo kuriama ir įgyvendinama vis daugiau adaptyviųjų mokymosi sistemų. Tam buvo pasitelktos internetinių platformų savybės ir architektūros, pvz., socialiniu faktoriumi grįstas naršymas (Dieberger, 1997; Hummel et al., 2007), bendradarbiavimu grįstas filtravimas (Herlocker, Konstan, Terveen, & Riedl, 2004), bei kitos tradicinės adaptyvios technologijos pritaikytos naujame kontekste, pvz., intelektualieji patarėjai (Brusilovsky, 1994), adaptyvios rekomendacijos (Nadolski, et al., 2009). Pasaulinis žiniatinklis kaip informacijos ir paslaugų infrastruktūra suteikia unikalias galimybes naudotojui naudotis vis didėjančiu informacijos srautu, tačiau atitinkamai kelia naujus informacijos valdymo ir personalizavimo iššūkius. Pagrindinės mokymosi tinklų tyrimų kryptys susijusios su atviro turinio (angl. *open corpus problem*) personalizavimu, rekomendavimu.

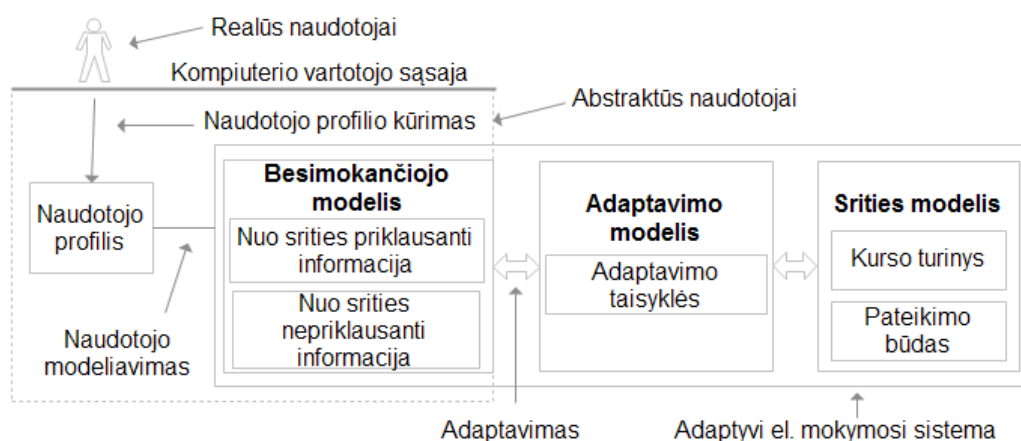
Viena iš adaptyviųjų sistemų kategorijų, ilgai tyrinėtų švietimo kontekste – adaptyviosios edukacinės hipermedijos (AEH) sistemos, kurios skiriamos į intelektines vadovavimo sistemas ir adaptyvias mokomasias internetines sistemas (Brusilovsky & Peylo, 2003; Ishak, et al., 2003; N. Manouselis, Drachsler, H., Vuorikari, R., Hummel, H. G. K., & Koper, R., 2009). Pastarosios yra tarpusavyje susijusios, nes tiek viena, tiek kita sistemos apima tuos pačius architektūrinius elementus (3 lentelė). Henze ir Nejd (2004) pastebėjo, kad nors yra pateikiami bendri AEHS komponentai (Shute & Towle, 2003), tačiau nėra bendro modelio pagal kurį gali būti lyginamos ir analizuojamos adaptyvios mokymosi sistemos, todėl pasiūlė logika grįstą adaptyviųjų edukacinių sistemų komponentinę struktūrą, kurią sudaro keturių elementų (dokumentų sritis, naudotojo modelis, stebėjimo modelis, adaptavimo modelis) aibė, ir pagal kurią šių komponentų atžvilgiu gali būti analizuojamos adaptyvios edukacinės sistemos.

3 lentelė. Adaptyviųjų mokymosi sistemų komponentai pagal Henze ir Nejd (2004)

Elementas	Funkcija
Dokumentų sritis	Apibrėžia ir aprašo mokymosi išteklius ir jų metaduomenis; srities žinių temų aibę (pvz., srities ontologiją).
Naudotojo modelis	Saugo, aprašo informaciją apie individualų naudotoją, taisykles pagal kurias susiejami naudotojai su jų savybėmis.
Stebėjimo modelis	Naudojamas aprašyti sistemos naudotojų interakcijas.
Adaptavimo modelis	Naudojamas aprašyti sistemos adaptyvųjų funkcionalumą.

Remiantis Henze ir Nejd (2004) tyrimais, dokumentų sritis turi reikšmingą įtaką adaptavimo komponentams, kadangi joje koduojamas adaptavimo būdas. Šiose sistemos adaptyvūs elementai „dirba“ su fiksuotu, iš anksto apibrėžtu dokumentų skaičiumi ir visas adaptavimas vykdomas šių dokumentų kontekste. Taigi pagal Brusilovsky ir Henze (2007), García Barrios (2007), Henze ir Nejd (2004) pagrindinis adaptyviųjų sistemų trūkumas yra „uždaro turinio problema“ (angl. *closed corpus problem*), nes tai apriboja šių sistemų adaptyvaus funkcionalumo pakartotinį panaudojimą, t. y. sistemos adaptyvus funkcionalumas yra fiksuojamas projektavimo stadijoje, vėlesnius sistemos

plėtinius ar pakeitimus yra sudėtinga įgyvendinti, t. y. dažnai sistema perprojektuojama, nes dokumentų sritis vis dėlto yra dinamiška, todėl atsiranda dinamiškos, adaptyvios, gebančios atsižvelgti į įvykčius pakitimus, sistemos poreikis. Sistemos adaptyvumą aprašo šios komponentų grupės: dokumentų sritis atvaizduoja tik statinę, šaltinius, jų aibę, o duomenys sukaupti naudotojo, stebėjimo ir adaptavimo modeliuose aprašo visos sistemos dinamiką jos veikimo metu. Stebėjimo modelyje sukaupia informacija yra apdorojama naudotojo ir adaptavimo modelių siekiant priimti geriausiai tinkantį sprendimą, atsižvelgiant į naudotojo poreikius nusakytus naudotojo modelyje. Todėl dinamiškų adaptyvių sistemų įgyvendinimą užtikrina atvirų, praplečiamų ir lanksčių naudotojo, stebėjimo ir adaptavimo modelių komponentų projektavimas (Brusilovsky & Millán, 2007; García Barrios, 2007).



7 pav. Adaptyviųjų el. mokymosi sistemų bendra schema pagal Vagale (2012)

Mokymosi aplinkų raida rodo, kad šiuolaikinis mokymasis yra glaudžiai susijęs su internete esančia medžiaga, kuri gali būti modifikuota bet kuriuo mokymosi proceso metu, pagal P. Brusilovsky ir Henze (2007) įvardinama kaip atviro turinio. Didėjant išteklių skaičiui, technologijos gali padėti ne tik jas įterpti į mokymosi aplinką, bet ir personalizuoti mokymosi medžiagą, automatizuoti daugelį žmogaus atliekamų veiksmų, pvz., palengvinti mokytojui besimokančiųjų mokymosi priežiūros procesą, automatizuoti kaip įmanoma daugiau užduočių, supaprastinti mokomosios medžiagos naujinimą ir kt. (Brusilovsky & Henze, 2007). Be to, kiekvienoje adaptyvioje sistemoje vyksta du pagrindiniai procesai: besimokančiojo modeliavimas ir adaptavimo modelio

sudarymas. Šie procesai yra glaudžiai tarpusavyje susiję, kadangi adaptavimo modelyje priimami sprendimai priklauso nuo besimokančiojo modelyje pateikiamų rezultatų. Vis dėlto, šie komponentai gali būti nagrinėjami kaip nepriklausomi, kadangi tam pačiam besimokančiojo modeliui sistema gali naudoti skirtingas adaptavimo strategijas. Todėl, bet kuri adaptyvi sistema gali būti suskaidyta į dvi dalis: besimokančiojo modeliavimo komponentą ir adaptavimo komponentą. Remiantis iki šiol nagrinėtų adaptyvių sistemų savybėmis, pastebėta, kad adaptavimo modelis yra tiesiogiai susijęs su besimokančiojo ir srities modeliais, tai riboja šių sistemų pakartotinį panaudojimą skirtinguose kontekstuose. Todėl personalizavimas technologiniu požiūriu tiesiogiai susijęs arba su adaptyvių sistemų projektavimu ir kūrimu, arba su adaptavimą užtikrinančių modulių integravimu į el. mokymosi aplinką – intelektualųjų komponentų kūrimu.

Išnagrinėjus adaptyvių sistemų vystymąsi pastebėta, kad adaptyvios sistemos pagal S. Graf (2007) retai naudojamos praktiškai dėl toliau išvardintų priežasčių:

1. Sistemos sukurtos specifiniam turiniui arba specialioms veikloms, pvz., mokytis buhalterijos, matematikos, atlikti adaptyvius testus, apklausas.
2. Turinys negali būti pakartotinai panaudotas, nes susietas su adaptavimo technologijomis.
3. Norint paruošti mokymosi kursą reikia didelių projektuotojo pastangų.
4. Grindžiami specifiniais vartotojo ir mokymosi medžiagos modeliais.

Dėl minėtų priežasčių siekiama kurti sistemas, kurios:

1. Galėtų dinamiškai adaptuotis pagal besimokančiojo įgūdžius ir preferencijas.
2. Įgalintų lankstų ir lengvą naujo turinio įkėlimą ir išsaugotų adaptyvumo savybes.
3. Galėtų teikti rekomendacijas dėstytojui siekiant kuo mažesnio dėstytojo įtraukimo mokymosi kurso kokybei gerinti.

2.1.3 Mokomojo modulio personalizavimo problema

Ankstesniuose skyreliuose atlikta el. mokymosi komponentų apžvalga rodo, kad el. mokymasis yra kompleksinis įvairių komponentų objektas, kurių vienas yra MM. Vykstant el. mokymuisi, t. y. besimokančiajam naudojant MM, keliamas klausimas – kaip technologijos galėtų gelbėti siekiant efektyvesnio mokymosi: minimizuojant mokymosi laiką, gerinant mokymosi rezultatus ir maksimizuojant pasitenkinimą mokymosi procesu. Šiems tikslams įgyvendinti pasitelkiamas personalizuotas mokymasis, o viena iš MM personalizavimo galimybių yra jame galimo mokymosi kelio MK parinkimas besimokančiajam. Mokslinėje literatūroje MK parinkimas ir vertinimas apibrėžiamas ir nagrinėjamas skirtingai. Dažnai randamos sąvokos: mokymosi kelias, mokymosi scenarijus, mokymosi vienetas, mokymosi veikla. Išsami literatūroje naudojamų sąvokų ir jų apibrėžčių apžvalga pateikiama [1 priede](#). MK apibrėžimus galima skirstyti į dvi grupes:

- Apibrėžimai, detalizuojantys MK struktūrą, išskiriami pagrindiniai jo komponentai.
- Apibrėžimai, akcentuojantys MK funkcijas ir požymius, nagrinėjami mokomuoju keliu įgyvendinami tikslai, galimybės.

Dažniausia daugelio mokslininkų nagrinėjama mokymosi kelio parinkimo problema, kai traktuojama, kad MK yra MO seka ir ją reikia optimizuoti (Alian & Jabri, 2009; C. M. Chen, 2008, 2009; Essalmi, Ayed, Jemni, Kinshuk, & Graf, 2010; Fazlollahtabar & Mahdavi, 2009; Gutierrez, Valigiani, Collet, & Kloos, 2007; Hummel, et al., 2007; Hwang, Kuo, Yin, & Chuang, 2010; Koziarkiewicz-Hetmańska & Nguyen, 2011; Ouraiba, Chikh, Taleb-Ahmed, & El Yebdri, 2009; Zhao, 2006).

Kadangi darbe MM traktuojamas kaip programinės įrangos paketas, skirtas mokymui ir mokymuisi, padedantis pasiekti iškeltus mokymo ir mokymosi tikslus bei susidedantis iš MO, mokymosi veiklų, virtualiųjų mokymosi priemonių, tai sudarytame MM gali egzistuoti skirtingi MK, kurie apibrėžiami kaip atitiktis tarp besimokančiojo profilio ir MM dalies, t. y. dalies MO,

mokymosi veiklų, virtualiųjų mokymosi priemonių. MM pateikiant MO, mokymosi veiklų ir kitų priemonių alternatyvų besimokančiajam sudaroma galimybė rinktis, kuris MO ar veikla jam patrauklesnis, pvz., besimokantysis savarankiškai gali spręsti koku būdu jam mokytis, pvz., pradėti nuo užduočių, teorijos ir pan. Šios besimokančiajam suteiktos galimybės remiasi kokybiškos mokymosi aplinkos, vertinant iš besimokančiojo pusės, konstravimo principais (Masoumi & Lindström, 2012):

1) mokymosi įvairovės užtikrinimas – mokymosi aplinka turi būti sukonstruota taip, kad besimokančiajam būtų galimybė rinktis. Rinktis galima tada, kai yra iš ko. Jei pateisinami daugelio besimokančiųjų lūkesčiai, MM tampa vis kokybiškesnis, nes jį sudarantys komponentai tampa vis geriau atitinkantys tikslą, t. y. besimokantieji MM pateiktą mokymosi medžiagą, metodus ir priemones naudoja aktyviai ir tikslingai kol pasiekia mokymosi tikslą. Vadinasi, MM personalizavimo galimybių gerinimas sukuria prielaidas MM kokybės gerinimui, žvelgiant iš besimokančiojo perspektyvos. Skirtingi MK, galimi viename MM, sudaryti iš skirtingų kokybiškų komponentų gali užtikrinti efektyvesnę mokymą(-si).

2) mokymosi mokytis kompetencijos ugdymas – suteikiant pasyvią mokymosi pagalbą, kai besimokantieji gali rinktis pagal savo įžvalgas, skatinama aktyviai dalyvauti mokymosi procese, t. y. rinktis tai, kas geriausia ir naudingiausia konkrečiam besimokančiajam.

3) vertinimo ir grįžtamojo ryšio suteikimas – vienas svarbiausių aspektų, kuris įgalina besimokančiojo refleksiją apie mokymąsi.

4) mokymasis kartu su kitais besimokančiaisiais – mokymasis gali būti tiesioginis arba netiesioginis. Tiesioginis, kai vyksta tiesioginis bendravimas ir bendradarbiavimas tarp besimokančiųjų, netiesioginis – kai mokymuisi pasitelkiama netiesioginė informacija suteikta kitų besimokančiųjų apie mokymąsi, pvz., kitų besimokančiųjų vertinimai apie mokomąjį objektą, kursą ir pan.

Taigi MK parinkimą besimokančiajam galima traktuoti kaip turinio (pagal 2.1.2 skyrelį dokumentų srities) modelio analizę kai iš visų galimų atveju parenkamas labiausiai tinkantis konkrečiam besimokančiajam atsižvelgiant į jo naudotojo modelį. Turinio modelis remiantis 2.1.2 skyrelyje pateikta medžiaga gali būti interpretuojamas kaip žinių žemėlapis (pagal 2.1.1 skyrelyje pateiktą 1 lentelę galimi skirtingi mokomosios medžiagos išdėstymo būdai), pvz., pateikta hierarchinė srities temų struktūra (tai kas turi būti išmokta ir įvertinta) ir atitinkamos nuorodos į mokymosi medžiagą. Taria, kad turinio modelį sudaro tam tikros temos, kurioms išmokti parenkamas atitinkamas turinys (MO), mokymosi veiklos, t. y. MM bendru atveju gali būti atvaizduotas kaip grafas, kuris turi visas galimas jungtis (briaunas) tarp jo viršūnių – MM komponentų. Besimokantieji gali pasirinkti, kuriuos komponentus lankyti, kad pasiektų mokymosi tikslą. Kyla problema, kaip optimizuoti naršymo kelius taip, kad jie geriausiai atitiktų besimokančiojo poreikius. Kitaip tariant, technologijos turi padėti besimokantiesiems surasti optimalų MK medžiagoje. Optimalaus MK paieška mokslinėje literatūroje įvardinama kaip medžiagos išdėstymo problema (angl. *curriculum sequencing*) ir jo tikslas yra parinkti geriausiai besimokančiajam tinkančią žinių ir užduočių seką (Brusilovsky & Peylo, 2003). Taip pat sutinkama MK tinkamumo (angl. *suitability*) besimokančiajam sąvoka (Biletskiy, 2009; N. Manouselis & Sampson, 2002; Ouraiba, et al., 2009), kuri traktuojama kaip atitiktis tarp MM komponentų ir besimokančiojo poreikių. Pagal Brusilovsky ir kt. (1998) išskiriami du MK parinkimo ar sudarymo būdai: a) aktyvus, kai nurodomas mokymosi tikslas, pateikiama, kurie konceptai ar temos turi būti išmoktos ir b) pasyvus kai besimokantysis negali išspręsti iškilusios problemos ar atsakyti klausimo, tada atsiranda pagalba, siūlanti aibę tinkamų objektų, kurie padėtų gilinti besimokančiojo žinias ir išspręsti problemą. Darbe nagrinėjamas MK sudarymo metodas realizuojant aktyvųjį MK parinkimo būdą. Kaip bus įvertinama atitiktis tarp MM komponentų ir besimokančiojo poreikių lemia pasirinkta metodologija. Mokslinėje literatūroje randamus metodus mokslininkai bando sisteminti pateikdami personalizavimo strategijų metodologijas (Gao, Liu, &

Wu, 2010), išskirdami adaptavimo technikas (Brusilovsky & Henze, 2007), apibendrindami, kokios informacijos pagrindu atliekamas personalizavimas (Hummel, et al., 2007) (2.2 ir 2.3 skyreliai). Aprašomiems būdams įgyvendinti pasitelkiami skirtingi požiūriai ir metodai, kurie išsamiau aprašomi 2.3 skyriuje.

2.2 El. mokymosi personalizavimo aspektai

Pagrindinis personalizuoto mokymosi principas teigia, kad nėra unikalios, vienintelės mokymo strategijos tinkančios visiems besimokantiejiems, todėl didžioji dalis sėkmingo mokymosi tikslų pasiekimo priklauso nuo to, kaip mokymo ir mokymosi procese atsižvelgiama į individualius besimokančiųjų skirtumus (Fleming, 2001). Panašiai personalizavimą apibrėžia ir García Barrios (2007) teigdamas, kad personalizavimas yra adaptavimas atsižvelgiant į žinomą naudotoją ir nulemtas konkrečių jo veiksmų siekiant specifinių, individualių tikslų. Mulvenna ir kt. (2000) personalizavimą iš naudotojo pusės apibrėžia kaip informacijos apie naudotoją rinkimo procesą ir surinktos informacijos naudojimą adaptuojant sistemą pagal poreikius ir naudotojo preferencijas. Surinkta informacija apie naudotoją sudaro naudotojo profilį, kuris toliau naudojamas adaptuojant sistemą. Taigi adaptyvus komponentas remiantis 2.1.2 skyrelyje aprašyta adaptyvios sistemos komponentų struktūra turi keisti keletą žinomų esybių ir sąveikauti arba su naudotoju tiesiogiai arba su naudotojo modeliu siekiant sugeneruoti geriausią tinkamą sprendimą patenkinantį naudotojo poreikius arba sąveikos tikslą.

Personalizavimo sąvoka edukologiniu požiūriu siejasi su individualizavimo ir diferencijavimo sąvokomis. Įgyvendinti mokymo proceso individualizavimą siekiama nuo XX a. pradžios, kai buvo pirmieji bandymai organizuoti mokymą suskirstant besimokančiuosius į tipines grupes, pagal jų ypatybes. Prasidėjęs kaip masinės mokyklos pamokinės sistemos modifikacija diferencijuotas mokymas buvo teigiamai įvertintas ir vėliau įvairiomis formomis paplito visame pasaulyje (Šiaučiukienienė, 1997). Šiuo metu gerai žinomos ir apibrėžtos T. Stulpino kitos ugdymo sistemos (programuotas mokymas,

modulinis mokymas, kompiuterinis mokymas, probleminis mokymas, adaptyvaus mokymo sistema, savarankiškas darbas, kt.), susijusios su individualizuoto ugdymo technologijų plėtra (Stulpinas, 1995). XX a. pabaigoje individualizavimo ir adaptyvaus kompiuterinio mokymo sistemų idėjos persikėlė į virtualią erdvę, o individualizavimo sąvoką pakeitė personalizavimas. Ši sąvoka siejama su besimokančiojo aktyviu vadovavimu ir, skirtingai nei individualizavimas, susijusi su paties besimokančiojo įsipareigojimu valdyti mokymąsi ir pasirengimą jam (Ignatova & Kurilovas, 2012; Tavangarian, Leypold, Nölting, Röser, & Voigt, 2004).

Personalizavimas el. mokymesi įgyvendinamas kuriant lanksčias sistemas, kurios pagal Oppermann (1994) skiriamos į *galimas adaptuoti* ir *adaptyvias* ir gali būti sugretintos su 2.1.2 skyrelyje aprašyta Papanikolaou ir kt. (2003) sistemų adaptavimo lygiais. Sistema vadinama *galima adaptuoti*, jei joje pateikiami naudotojo įrankiai, kuriais jis gali keisti sistemos nuostatas. Personalizavimo kontrolė perduodama naudotojui: jis inicijuoja adaptavimą ir juo naudojasi. Sistema vadinama *adaptyvia*, jei ji gali keisti savo nuostatas automatiškai pagal naudotojo poreikius. Pastarosios sistemos turi trūkumų ir privalumų: jei naudotojui paliekama laisvė dirbti su *galima adaptuotis* sistema, naudotojui tai gali būti per sudėtinga užduotis taigi galiausiai nepasinaudojama lanksčios sistemos privalumais. Jei *adaptyvi* sistema kontroliuoja visą mokymosi procesą, naudotojui nepaliekama galimybė rinktis.

Personalizavimas gali būti nagrinėjamas iš dviejų perspektyvų: *naudotojo* (Essalmi, et al., 2010) ir *naudojamų technologijų* (Anand & Mobasher, 2005). Adaptavimas dar vadinamas personalizavimo strategija (Essalmi, et al., 2010), kurios tikslas toks pat – atitiktis tarp besimokančiojo charakteristikų ir mokymosi kurso specifikos. Terminų žodyne¹ termino „adaptuoti“ atitiktis yra „pritaikyti“. Tarptautinių žodžių žodyne rašoma, kad adaptuoti [lot. *adaptare* – pritaikyti], reiškia pritaikyti, pvz., kūrinį; palengvinti, pvz., tekstą (pritaikyti

¹ <http://www.zodynas.lt/terminu-zodynas>

nepakankamai pramokusiam skaitytojui) (Bendorienė, 2001). Todėl daugelis tyrėjų adaptyviose mokymosi sistemose susiejo adaptavimo, personalizavimo procesų ir intelektualiąją paramą (Brusilovsky, 1994; S. Graf, 2007; Karampiperis & Sampson, 2004; Sampson, Karagiannidis, & Kinshuk, 2002).

2.2.1 Naudotojo perspektyva

Pirmosios adaptyvios mokymosi sistemos buvo kuriamos atsižvelgiant tik į besimokančiųjų žinias ir mokymosi progresą, bet neįvertino dar vieno svarbaus – edukologinio faktoriaus – įtakos mokymuisi. Dabartinėse sistemose vis daugiau atsižvelgiama į skirtingas besimokančiųjų charakteristikas, poreikius, būsenas ir pan. (Sabine Graf, Liu, Kinshuk, Chen, & Yang, 2009). Todėl pradėtos kurti dinaminės edukacinės aplinkos, kuriomis įgalinamas įvairių edukologinių reikalavimų ir aspektų perteikimas ir panaudojimas, t. y. įvairūs edukologiniai pasiūlymai (pvz., pirmiausia siūloma praktinė užduotis, po to teorinė arba atvirkščiai), remiasi įvairiomis besimokančiojo charakteristikomis (Mulwa, et al., 2010). Brown (2007) teigia, kad vienas iš pagrindinių mokymo ir mokymosi principų yra besimokančiųjų skirtybės, kurios lemia daugybę skirtingų mokymosi būdų.

Žvelgiant į personalizavimą iš naudotojo perspektyvos, personalizavimas traktuojamas kaip geriausios mokymo alternatyvos parinkimas pagal individualius besimokančiojo gebėjimus, pvz., naršymo kelio rekomendavimas mokymosi ištekliuose atsižvelgiant į besimokančiojo žinių lygį, tam tikros mokymosi medžiagos dalies paslėpimas atsižvelgiant į jau atliktas besimokančiojo užduotis ir pan. Personalizavimo tikslas – maksimizuoti besimokančiojo pasitenkinimą mokymo ir mokymosi procesu (grįžtamojo ryšio vertinimas), mokymosi greitį (efektyvumą, produktyvumą – greičiau būtų pasiekiami mokymosi tikslai) ir pedagoginį efektyvumą, veiksmingumą (laiko sąnaudų minimizavimas kursui prižiūrėti, jam kuruoti) (Popescu, Trigano, & Badica, 2007).

Literatūros analizė (Essalmi, et al., 2010; Mulwa, et al., 2010; O'Keeffe, 2006; Vagale & Niedrite, 2012) rodo, kad renkama skirtinga informacija apie naudotojus, kuri įvardinama personalizavimo kriterijais, parametrais arba charakteristikomis, pvz., besimokančiųjų žinių lygį, tikslus, mokymosi stilius (toliau – MSt), protines gebėjimų rūšis ar motyvaciją, kitas individualias savybes (Greene, Costa, Robertson, Pan, & Deekens, 2010; Plumm, 2008; Tsai & Tsai, 2010). Essalmi ir kt. (2010) nagrinėdami skirtingų personalizavimo parametrų parinkimo problemą, daro išvadą, kad personalizavimo kriterijų aibės pasirinkimas nėra vienareikšmis ir priklauso nuo nagrinėjamo konteksto ir keliamo tyrimo tikslo. Remiantis apibendrintais mokslininkų tyrimais (Brusilovsky, 1994; Essalmi, et al., 2010; Germanakos, 2005; Mulwa, et al., 2010; Popescu, 2010), pagrindiniai tyrimuose randami personalizavimo kriterijai yra mokymosi žinių lygis ir MSt. Tyrimai atskleidžia, kad mokymosi adaptavimas atsižvelgiant į MSt lemia geresnius mokymosi rezultatus (Dağ & Geçer, 2009; N. Manouselis & Sampson, 2002; Mulwa, et al., 2010; Rasmussen & Davidson-Shivers, 1998; Zapalska & Brozik, 2006), nors randama tyrimų, kuriuose atskleidžiama, kad MSt neturėjo jokios įtakos mokymosi rezultatams (Brown, 2007). Manochehr (2006) atliktame tyrime parodė kokią įtaką mokymuisi daro MSt, kai mokomasi el. erdvėje ir tradiciniu būdu. Tyrimai rodo, kad MSt tradicinėje klasėje buvo nereikšmingas, tačiau el. erdvėje jis buvo labai reikšmingas.

Nors MSt terminas nusistovėjęs ir taikomas daugelio mokslininkų, vis dėlto MSt konceptas apibrėžiamas ir nagrinėjamas skirtingai. MSt apibrėžiamas kaip: 1) atitinkamas elgesio šablonas pagal kurį pasireiškia individualus mokymasis (Campbell et al., 1996); 2) būdas, pagal kurį individas priima informaciją ir vysto naujus įgūdžius (Dunn et al., 1981); ir 3) procesas kuriuo remiantis individas išmoksta naują informaciją ar naujus įgūdžius (Kolb, 1984).

Yra aprašyta nemažai MSt modelių. Išsamią 71 skirtingų MSt klasifikaciją galima rasti Coffield (2004) darbe. Vienas pirmųjų MSt koncepcijų 1960 m. panaudojo R. Dunn (Dağ & Geçer, 2009). Vėliau šį mokslą išplėtojo N. A.

Kolb, kuris dirbo prie mokslinio veikalo „Patirtinio mokymosi teorijos“. Šiuo metu pagrindinės, dažniausiai naudojamos el. mokymosi MSt tipologijos yra Kolb (1984), Honey ir Mumford (1992), Felder ir Silverman (1988).

Žinios apie besimokančiųjų MSt naudingos planuojant, projektuojant, kuriant ir įgyvendinant personalizuotą mokymo ir mokymosi procesą (Calcaterra, Antonietti, & Underwood, 2005; S. Y. Chen & Liu, 2008; Fleming, 2001; Ford & Chen, 2000; Kaplan & Kies, 1995; Stash, Cristea, & Bra, 2004). Pirmiausia, mokytojai gaudami šią informaciją gali stebėti kaip mokosi jų besimokantieji, ir remiantis šia informacija aiškinti bei ruošti mokymosi medžiagą bei planuoti mokymosi veiklas. Antra vertus, besimokantiesiems gali būti teikiama pagalba atitinkanti jų MSt, taip palengvinant mokymąsi. Ši atitikimo hipotezė buvo nagrinėjama Coffield (2004) darbuose, bei jų pagrindu buvo kuriamos adaptyvios sistemos (S. Graf, 2007; Yang & Wu, 2009; Milošević, Brković, Debevc, Krneta, & Cacak, 2007; Popescu, 2010). Atitinkamai plėtojosi automatinio MSt nustatymo tyrimai remiantis besimokančiųjų elgesiu sistemoje (Cha et al., 2006; García, Amandi, Schiaffino, & Campo, 2007; Sabine Graf, et al., 2009; Preidys & Zilinskiene, 2012).

Pasak Popescu (2009), MSt tyrimai susilaukia kritikos dėl tokių priežasčių:

- egzistuoja daugybė skirtingų MSt modelių, daugybė terminų ir konceptų, kai kurie autoriai nepateikia aiškaus apibrėžimo, naudoja terminus netiksliai. Konceptai, apibrėžiamuose MSt modeliuose dažnai persidengia ir nėra jokio atvaizdavimo tarp skirtingų modelių (nėra vieningos taksonomijos).
- aprašomi MSt įrankiai netenkina psichometrinių instrumentų savybių tenkinimo nepakankumo: kai kuriuose įrankiuose naudojamuose MSt nustatyti nėra vidinio nuoseklumo (angl. *internal consistency*), pakartotinės apklausos patikimumo (angl. *test–retest reliability*).
- į anketas atsakantys besimokantieji gali pateikti neadekvačią informaciją apie save (besimokantieji turi būti motyvuoti atsakyti į juos atsakingai ir

sąmoningai siekti mokytis jiems labiausiai tinkamu būdu) (Honey, 1992).

- MSt nėra pastovūs, skirtingose užduotyse, situacijose kontekstuose, laikui bėgant kinta (Wolf, 2003).
- pagal Popescu (2009) visos MSt teorijos buvo sukurtos tradicinio mokymosi kontekste, todėl MSt klausimynai turėtų būti peržiūrėti ir modifikuoti atsižvelgiant į el. mokymosi kontekstą.

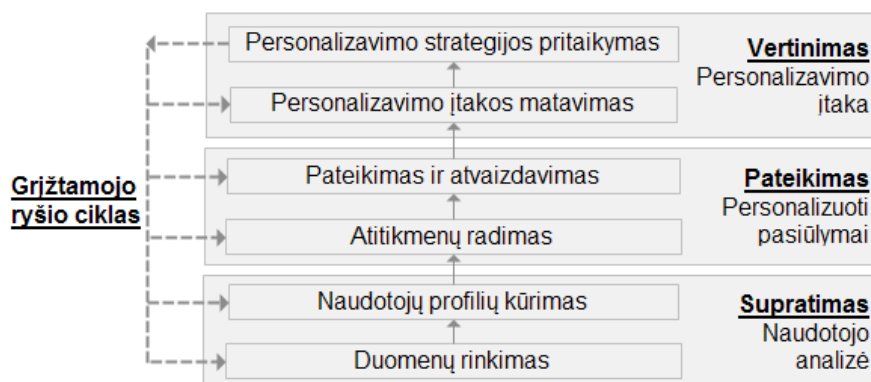
Nors mokslinėje literatūroje randama daug adaptyviųjų mokymosi sistemų, personalizujančių mokymąsi pagal MSt, tačiau tik su keletu jų atlikti empiriniai tyrimai – dažniausiai tokie tyrimai neatliekami arba atliekami mažos imties, eksperimentinėmis sąlygomis, parodant jų efektyvumą (K. A. Papanikolaou & Grigoriadou, 2004).

2.2.2 Technologinė perspektyva

Pagal Adomavicius ir Tuzhilin (2005) personalizavimą, nagrinėjant technologiniu požiūriu, sudaro iteratyvus procesas (8 pav.), kuris gali būti apibrėžtas trimis stadijomis: *supratimo, pateikimo ir matavimo ciklu*.

1. *Naudotojų supratimo stadija* tai yra visos informacijos apie naudotoją surinkimas ir jos konvertavimas į informaciją laikomą vartotojo profilyje.
2. *Personalizuotų siūlymų pateikimo stadija* – naudotojo profilyje sukauptos informacijos apie naudotoją, panaudojimas personalizavimui įgyvendinti, t. y. personalizavimo „variklyje“ (angl. *engine*). Remiantis 2.1.2 skyrelyje pateikta adaptyviųjų sistemų komponentų apžvalga, „variklis“ atitinka adaptavimo modelis, kuris turi surasti labiausiai tinkančius pasiūlymus ir pateikti juos naudotojui. Remiantis šioje stadijoje sukaupta informacija daromos išvados ir prielaidos apie galimą personalizavimo tobulinimą. Kai baigiamas vienas šio proceso ciklas, įgalinamas kitas, kuriame pagerintos personalizavimo technikos arba metodai įgalina geriau personalizuoti, t. y. priimti tobulesnius sprendimus.

3. *Personalizavimo įtakos matavimas* reikalingas siekiant įvertinti ar naudotojas patenkintas / nepatenkintas pateiktais pasiūlymais. Šie matavimai teikia papildomos informacijos apie naudotoją arba identifikuoja personalizuoto pateikimo metodo trūkumus.



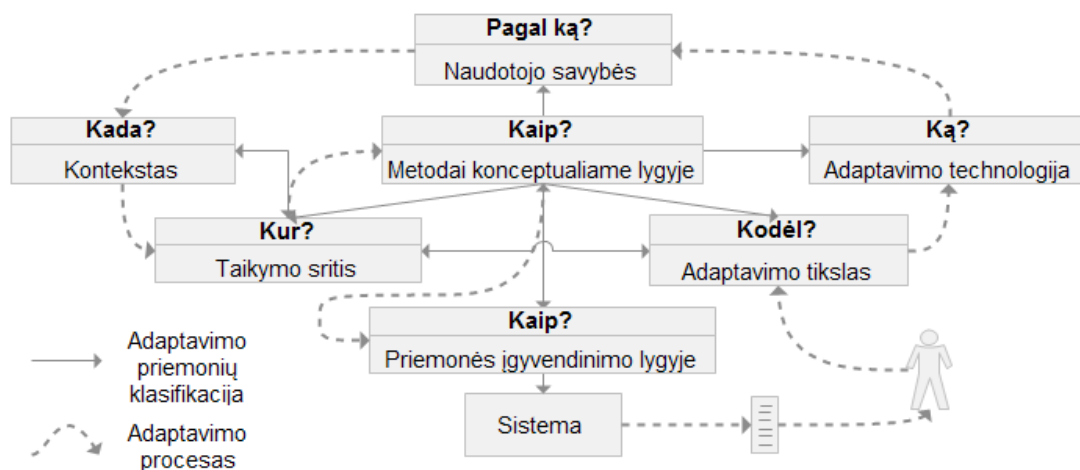
8 pav. Personalizavimo procesas pagal Adomavicius and Tuzhilin (2005)

Šios trys stadijos apima šešias 8 pav. aprašytas techninio įgyvendinimo stadijas. Surinkus duomenis, sukuriama naudotojo profiliai, personalizavimo sistema turi gebėti surasti atitiktį tarp atitinkamo turinio, paslaugų ir naudotojo profilio. Pagrindiniai metodai atitikčiai surasti yra rekomendacinėse sistemose taikomi metodai, statistiniais metodais grįsti spėjamieji metodai, ir taisyklėmis grįstos sistemos, kuriose srities ekspertas nustato taisykles, pagal kurias ir atliekamas rekomendavimas. Tada personalizuota informacija pateikiama naudotojui. Pateikimas galimas keliais būdais: naudojant vizualizacijas, išrikiuotas alternatyvų sąrašas ir pan. Tada, siekiant įvertinti personalizuotų pasiūlymų efektyvumą gali būti naudojamos skirtingos metrikos (pvz., sudaromos apklausos naudotojams, išvados daromos remiantis naudotojų veiksmais sistemoje, gautais jų rezultatais ir t. t.). Rekomendavimo kokybė, pamatuota pagal pasirinktas metrikas, priklauso nuo pasirinktų technologijų ir personalizavimo metodų.

Personalizavimas technologiniu aspektu įgyvendinamas naudojant technologijų adaptyvumo galimybes (Brusilovsky, 1996; Gao, et al., 2010; García Barrios, 2007; Knutov, De Bra, & Pechenizkiy, 2009). Siekiant suklasifikuoti adaptavimo technikas ir metodus Brusilovsky ir kt. (1998) bei Specht (2006) ir

darbus papildė Knutov ir kt. (2009) tyrimas, kuriame mokslininkai suklasifikavo adaptyviose sistemose naudojamus ne tik metodus ir technikas, bet ir išskyrė adaptavimo procesus, jų sąryšius, iškėlė šešis pagrindinius adaptavimo klausimus (kodėl, ką, kaip, pagal ką, kada, kur) (9 pav.). Vienas pagrindinių reikalavimų, keliamų kuriant personalizuojančią sistemą – jos gebėjimas prisitaikyti prie nuolatos kintančios aplinkos, pvz., prie naujų vartotojų, elementų atsiradimo (Adomavicius & Tuzhilin, 2005).

(9 pav.) vaizduoja klausimų seką, į kuriuos turi būti atsakyta įgyvendinant adaptavimo procesą. Procesą iniciuoja naudotojas išskeldamas adaptavimo tikslą ir atsakydamas į klausimą „Kodėl reikalingas adaptavimas?“. Tada toliau nagrinėjami klausimai „Ką“ ir „Pagal ką“, kurie pagal 2.1.2 skyrelyje pateiktą adaptyvių sistemų komponentų struktūrą apima srities ir naudotojo modelius. Klausimai „Kada“ ir „Kur“ apibrėžia konteksto ir taikymo sritis. Paskutiniu klausimu „Kaip“ aprašoma koncepcinio ir įgyvendinimo lygmens metodai (angl. *methods*) ir priemonės (angl. *techniques*) (Knutov, et al., 2009).



9 pav. Adaptavimo proceso schema pagal Knutov (2009)

Konkrečios srities adaptavimas priklauso nuo trijų pagrindinių faktorių: srities modelio, naudotojo modelio ir adaptavimo modelio.

Srities modelio kūrimas (Ką?)

Srities modelis – srities taikymo struktūra, kurioje aprašomi konceptai ir sudaromi konceptų sąryšiai su turiniu, t. y. puslapiai, skyriai, informacijos

vienetai ar kita struktūra susiejanti informaciją apie konceptą. Konceptas vaizduoja abstrakčią konkrečios taikomosios srities informaciją. Šis modelis atsako į klausimą „Ką“, kai pateikiama srities struktūra ir informacija, kuri turi būti adaptuota, susiejant konceptus su atitinkamu informacijos atvaizdavimu. Atsižvelgiant į 2.1.1. skyrelyje aprašytus mokomosios medžiagos struktūros modelius, projektuojamas srities modelis. Daugumoje sistemų (Gutiérrez & Pardo, 2007; Zhao, 2006) suformuojama konceptų hierarchija. Gaunamas rezultatas, kai kiekvienas konceptas yra arba atominis konceptas arba konceptų kompozicija, apimanti susijusius sub-konceptus. Tokiu būdu suformuojamas grafas. Kita daugiau kompleksinė srities modelio projektavimo alternatyva – ontologijų taikymas (C. M. Chen, 2009; Sangineto, Capuano, Gaeta, & Micarelli, 2008). Srities modelis gali būti statinė struktūra sukurta srities eksperto, tada adaptavimas galimas tik pagal apibrėžtą srities modelį. Vis dėlto, plėtojantis atvirojo turinio koncepcijai (Brusilovsky & Henze, 2007) siekiama praplėsti adaptyvias sistemas taip, kad jos galėtų operuoti ir atviro turinio dokumentais, t. y. tada, kai dokumentai, įrankiai ir priemonės, nėra iš anksto žinomi projektavimo metu ir nuolatos keičiasi ir / ar yra praplečiami sistemos naudojimo metu.

Naudotojo modelio kūrimas (Kam?)

Adaptyvaus el. mokymosi tyrimuose besimokantysis aprašomas besimokančiojo modelis (angl. *learner model*) arba besimokančiojo profiliu (angl. *learner profile*). Besimokančiojo profilis pagal Kotinurmi (2001), suprantamas kaip duomenų rinkinys atvaizduojantis reikšmingas besimokančiojo savybes. Nors terminai jau nusistovėję ir dažnai naudojami kaip sinonimai (Esichaikul, Lamnoi, & Bechter, 2011; Kavcic, 2004; Kobsa, 1993; Kotinurmi, 2001; H. Liu, Salem, & Rauterberg, 2009; Nguyen & Do, 2008), vis dėlto, kai kurie autoriai pabrėžia jų skirtybę. García Barrios (2007) skirtingai vertina besimokančiojo modelį ir jo profilį. Jis teigia, kad naudotojo profilis yra paprasčiausia naudotojo modelio forma, kuri naudojama galimas įvardyti atvaizduoti naudotojo savybes. Kita vertus, naudotojo modelis yra

traktuojamas kaip dirbtinis realios besimokančiojo dalies atvaizdavimas, kuris apima modeliavimo procesą, kai žinios apie besimokantįjį yra išgaunamos ir modeliuojamos pasitelkiant įvairius metodus: duomenų gavybos, stochastinius ir pan.

Naudotojo modelis kuriamas taip, kad būtų galima kaupti ir naujinti naudotojo žinias, poreikius, tikslus, veiksmų istoriją, tipą, MSt ir kitas anksčiau minėtas besimokančiojo charakteristikas, kurios gali būti naudingos adaptavimo procese. Šis modelis atsako į klausimą „Pagal ką“, kai informacija apie naudotoją ir naudojimą imama iš srities modelio. Paprastai skiriama nuo srities priklausoma ir nepriklausoma informacija apie naudotoją. Nuo srities priklausančios savybės yra: naudotojo žinios, testo rezultatai ir kt. Nuo srities nepriklausančios savybės yra pažintiniai ir mokymosi stiliai, vartotojo aplinka (vieta, laikas, data ir kt.) ir pan. Žvelgiant iš kitos pusės naudotojo savybės gali būti statinės (amžius, lytis, gebėjimai), gali būti dinaminės (išgaunamos iš interakcijos su sistema: žinios, įgūdžiai, motyvacija, veiklos, tikslai ir pan.). Pagal Knutov (2009) adaptyvi sistema turi veikti su statinėmis ir dinaminėmis naudotojo modelio savybėmis: gali naudoti statines savybes, bet sekti ir keistis atsižvelgiant į dinamines savybes, jas panaudoti tolesniam adaptavimui. Kobsa (2001) pasiūlė išskirti adaptavimą pagal naudotojo duomenis (nurodyti adaptavimo būdą), naudojimosi duomenis (naudotojo interakcijos su sistema informaciją, kuri gali būti panaudota adaptavimo procese) ir aplinkos duomenis (informacija nesusijusi nei su naudotojo modeliu nei su naudojimo procesu ar elgesiu). Kiti mokslininkai teigia, teigia, kad besimokančiojo profilis gali būti sudaromas išreikštiniu arba neišreikštiniu pavidalu (J. Liu & Greer, 2004; Martins, Faria, Vaz de Carvalho, & Carrapatoso, 2008; Mulvenna, Anand, & Büchner, 2000). Išreikštiniu pavidalu surenkama informacija tiesiogiai iš besimokančiojo pasitelkiant apklausas ir grįžtamąjį ryšį. Priešingas metodas, išgauna informaciją apie naudotoją neišreikštiniu pavidalu (netiesiogiai) analizuojant sukauptus besimokančiojo elgesio duomenis ir interakciją sistemoje.

Besimokančiojo modelis nusako aiškiai sumodeliuotas prielaidas apie besimokančiojo charakteristikas. Egzistuoja keletas besimokančiojo modeliavimo ir modelio tobulinimo technikų. Dagger ir kt. (2002) išskiria tris besimokančiojo modelių kūrimo metodus: 1) stereotipinis modelis (angl. *Stereotype Model*) – paprasčiausias būdas siekiant sumodeliuoti besimokančiojo charakteristikas – fiksuotų stereotipų sukūrimas. Modelis naudingas kai greitai reikia informacijos apie besimokantįjį, nebūtinai išsamios, tikslios (Kobsa, 1993). 2) Padengiantysis modelis (angl. *The Overlay Model*) – informacija apie besimokantįjį renkama pildant ir naujinant ją besimokančiajam veikiant sistemoje. Tokiu būdu galima sukurti kiekvienos temos, dalyko ir pan. lankstų besimokančiojo modelį (Brusilovsky, 1996). 3) Apjungiantysis modelis (angl. *The Combination Model*) – stereotipinis ir padengiantis modeliai apjungiami. Besimokantysis iš pradžių gali būti priskiriamas tam tikrai kategorijai pagal stereotipinį modelį ir tada šis modelis palaipsniui keičiamas į padengiantį modelį remiantis papildoma informacija apie besimokantįjį (Kobsa, 1993).

Adaptavimo modelio pasirinkimas (Kaip?)

Sistema gali adaptuoti atvaizdavimą, informacijos turinį ir naršymo struktūrą atsižvelgiant į personalizavimo tikslą ir informaciją apie naudotoją: žinias, poreikius, tikslus, naršymo veiksmų istoriją, tipą, MSt. Todėl adaptavimo modelis turi nurodyti kaip konceptų ryšiai srities modelyje daro įtaką naudotojo naršymui ir atnaujina savybes (pvz., sistema turi vesti naudotoją link / nuo informacijos apie tam tikrą konceptą). Šis modelis gali būti atvaizduotas kaip „mokymo“ modelis apibrėžtas, pvz., pedagoginėmis taisyklėmis ar žinyno struktūra, turi atsakyti į klausimus „Kada“ ir „Kur“ taip pat kelti klausimą „Ką“ interpretuojant srities modelio struktūros apribojimus.

Remiantis Brusilovsky ir Nejd (1996) darbais, kuriuose mokslininkai išskyrė pagrindines adaptavimo priemones Knutov (2009) pateikia išplėstą adaptavimo priemonių sąrašą, pagal kurį skiriami trys galimos sistemos adaptavimo

metodai: 1) turinio adaptavimo; 2) adaptyvaus atvaizdavimo; 3) adaptyvaus naršymo.

Kadangi personalizavimas remiantis 2.2 skyrelyje atlikta analize gali būti įgyvendintas sukuriant adaptavimo „variklį“, toliau bus nagrinėjama mokslinėje literatūroje, kokie metodai naudojami besimokančiajam nustatant atitiktį tarp MK ir besimokančiojo.

2.3 Mokomojo modulio personalizavimo metodų apžvalga

2.2 skyrelyje aprašyti el. mokymosi personalizavimo aspektai, kurie taikomi kuriant adaptyvias sistemas, adaptuojant atvaizdavimą, adaptuojant naršymą ir teikiant adaptyvią pagalbą (2.2.2 skyrelis) (Brusilovsky, Eklund, & Schwarz, 1998; Knutov, et al., 2009; Wong & Looi, 2011). Toliau darbe nagrinėjama adaptyvaus naršymo ir pagalbos taikymo personalizuotam mokymuisi galimybės. Adaptyvaus naršymo pagalba kaip ir mokomojo turinio sekos išdėstymu (angl. *curriculum sequencing*) siekiama vieno tikslo – padėti besimokantiems surasti optimalų mokymosi kelią mokymosi medžiagoje. Tačiau adaptyviu naršymu teikiama pagalba yra mažiau nukreipianti ir daugiau kooperatyvi nei tradicinis turinio sekos išdėstymas, t. y. besimokantysis tik orientuojamas, leidžiant jam pačiam pasirinkti kitą mokomosios medžiagos elementą ar problemą (Brusilovsky & Peylo, 2003).

Literatūros analizė rodo, kad MM gali būti personalizuojami dvejopai: 1) sugeneruojami iš atskirų, pavienių MO, t. y. sudaromi aukštesnio lygio (agregacijos pagal IEEE LOM (2002)) MO, arba 2) iš galimos MO aibės parenkami (angl. *sequencing*) ir įvertinus pagal pasirinktus personalizavimo kriterijus rekomenduojami labiausiai tinkantys. Toliau darbe nagrinėjamas antrasis MM personalizavimo atvejis, kai iš MM esančių MO parenkamas besimokančiajam tinkamiausias MK.

2.1.2 skyriuje ištirti ir aprašyti adaptyvaus el. mokymosi komponentai, kurių vienas pagrindinių – adaptavimo modelis (adaptavimo „variklis“), kuris nusako, kaip besimokančiajam bus parenkamas turinys, veiklos ir aplinkos,

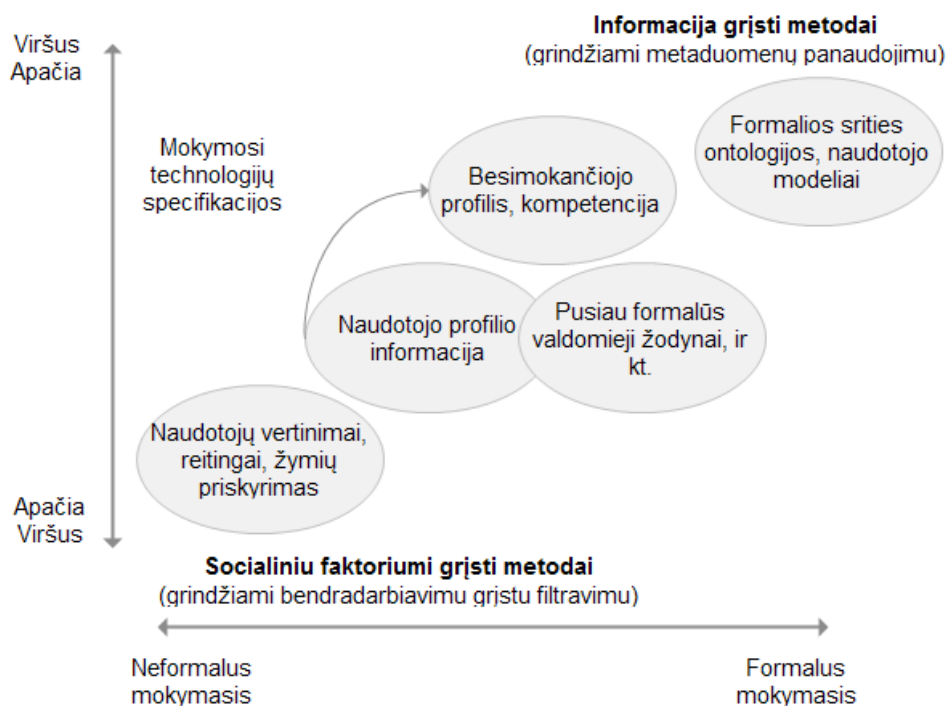
mokymosi metodai. Toliau bus nagrinėjami adaptavimo modeliuose randami metodai. Kadangi MO parinkimas yra vienas iš adaptyviųjų ir intelektinių sistemų tikslų, nagrinėjami šių sistemų adaptavimo varikliuose pritaikyti metodai, pavienių mokslininkų ar mokslininkų grupių atliekami tyrimai ir mokslinių projektų medžiaga.

Šio skyrelio tikslas – išanalizuoti esamus MK tinkamumo besimokančiajam nustatymo metodus, išnagrinėti jų taikymo patirtį ir apibendrinti šios analizės rezultatus.

Mokslinėje literatūroje randamos skirtingos personalizavimo metodų klasifikacijos. Brusilovsky ir Henze (2007) išskiria tris pagrindines metodų grupes pagal adaptavimo technikas: 1) metaduomenimis grįstą adaptavimą – el. mokymosi komponentai apibrėžiami metaduomenimis, kurie naudojami optimaliai atitikčiai surasti ir įvertinti. 2) raktiniais žodžiais grįstą adaptavimą – el. mokymosi komponentai apibrėžiami raktiniais žodžiais, kurie naudojami optimaliai atitikčiai surasti ir įvertinti. 3) bendruomene grįstas adaptavimas – kai išvada apie optimalią atitiktį remiasi ankstesnių naudotojų patirtimi. Kiekviena iš minimų technikų gali būti realizuotos adaptyviose hipermedijos sistemose (naršymu grįstas informacijos pateikimas, kai naudotojas naršo nuo vieno elemento prie kito, sistema gali manipuluoti nuorodomis (rūšiuoti, paslėpti, anotuoti ir pan.)), adaptyviose informacijos pateikimo sistemose (informacijos paieškos mechanizmų taikymas) ir rekomendacinėse sistemose, kuriomis, technologijomis grįsto mokymo tyrimų kontekste, siekiama pasiūlyti mokymosi išteklius besimokantiems. Pastarosios sistemos gali turėti ypatingą edukologinį vaidmenį, įskaitant didelę internete pateikiamų mokymosi išteklių aibę ir išgaunant naudą iš mokytojo ir besimokančiojo bendradarbiavimo (N. Manouselis, Drachsler, H., Vuorikari, R., Hummel, H. G. K., & Koper, R., 2009).

Hummel ir kt. (2007) išskiria dar vieną personalizavimo metodų klasifikaciją, pagal kurią visi metodai galėtų būti suskirstyti į dvi grupes: 1) informacija

grįsti metodai – mokymosi technologijų standartizavimas, metaduomenų, semantinio tinklo taikymas ir 2) socialiniu faktoriumi grįsti metodai – duomenų gavybos, bendradarbiavimu grįsto filtravimo taikymas.



10 pav. Personalizavimo metodų klasifikacija pagal Hummel ir kt. (2007)

10 pav. vaizduojamos dvi ašys, žyminčios kriterijus, pagal kuriuos klasifikuojami informacija ir socialiniu faktoriumi grindžiami personalizavimo metodai. Vienoje ašyje išdėstyti *viršus-apačia* metodologijai, apačioje *apačia-viršus* metodologijai būdingi metodai. Kita ašis žymi *formalaus* ir *neformalaus* mokymosi formas, kuris nors ir skiriamas pagal kelis autorius (Hummel, et al., 2007; N. Manouselis, Drachsler, H., Vuorikari, R., Hummel, H. G. K., & Koper, R., 2009) kaip pagrindinis kriterijus parenkant metodus, vis dėlto pagal Malcolm ir kt. (2003), šis mokymosi formų atskyrimas nėra vienareikšmis, nes tiek viename, tiek kitame yra bendrų požymių, kurių pasireiškimas priklauso nuo susiklosčiusios mokymosi situacijos.

Viršus – apačia metodologija pasižymi tuo, kad didžioji dalis informacijos yra pateikiama ekspertų, sistemos projektuotojų, architektų, priklauso nuo jų požiūrio, suvokimo ir mažai remiasi naudotojų patirtimi. Dažniausiai taikomi ekspertiniai metodai grįsti ekspertiniu vertinimu, kuris suprantamas kaip

apibendrinta ekspertų grupės nuomonė, kurios gavimui pritaikomos specialistų-ekspertų žinios, patirtis ir intuicija. Priešinga šiai metodologijai yra *apačia-viršus* metodologija, kai naudotojų patirtis ir vertinimas lemia optimalaus objekto parinkimą.

Toliau nagrinėjami metodai skirstomi pagal Hummel ir kt. (2007) pateiktą klasifikaciją.

2.3.1 Ekspertiniai bei daugiakriterinio vertinimo metodai

Ekspertinio vertinimo metodas – procedūra, leidžianti suderinti atskirų ekspertų nuomones ir suformuoti bendrą sprendimą. Ekspertinis vertinimas dažniausiai taikomas tam tikros problemos, proceso ar reiškinių, tyrimui reikalaujančiam specialių žinių ir gebėjimų, tyrimo rezultatus pateikiant motyvuotose išvadose ar rekomendacijose. Ekspertinių vertinimų tikslas – iš eksperto gautų žinių sisteminis organizavimas, kodavimas, struktūrinis perdirbimas ir interpretavimas taikant loginius ir matematinius metodus (Sėrikovienė, 2013).

Viena iš dažniausiai taikomų metodų grupių atitikties įverčiui (pvz., kiek mokymosi scenarijus atitinka besimokančiojo poreikius) rasti taikomi ekspertinio vertinimo metodai, sudarant naudingumo funkciją (Biletskiy, 2009; Karampiperis & Sampson, 2005; N. Manouselis & Sampson, 2002). Viena pirmųjų mokslininkų grupių pritaikiusių daugiakriterinę analizę šiai problemai spręsti buvo Manouselis ir Sampson (2002). Projektuodami adaptyvią sistemą KOD (angl. *Knowledge-on-Demand*), jie aprašo MO tinkamumą besimokantiesiems pagal jų MSt naudodami Honey ir Mumford (1992) MSt klasifikaciją, remdamiesi tuo, kad ekspertai įvertina turinio paketą pagal MSt atsižvelgdami tik į mokomosios medžiagos savybes. Karampiperis ir Sampson (2004) išskėlė MO parinkimo problemą intelektualiose valdymo sistemose ir pasiūlė sprendimo modelį, kuris pamėgdžioja mokymo projektuotojo sprendimų procesą, t. y. pagal iš anksto suprojektuotą loginę schemą. Pritaikę daugiakriterinio vertinimo metodus, jie pasiūlė metodą, įvertinantį MO tinkamumą konkrečiam besimokančiajam. Karampiperis ir Sampson (2005)

darbe sukuriama tinkamumo besimokančiajam vertinimo funkcija, sukuriamas automatinis MO parinkimo metodas, kuriame ekspertai įvertina MO tinkamumą pagal MO savybes ir besimokančiojo savybes nurodydami reikšmingus ir nereikšmingus ryšius. Liu ir Greer (2009) pasiūlė individualizuoto MO parinkimo metodiką. Pagal šią metodiką siūloma pasirinkti besimokančiajam tinkamų MO grupę ir įvertina MO tinkamumą remiantis informacija apie MO, istorine informacija besimokantįjį ir mokymosi kontekstu. Metodika apima tris žingsnius: eliminavimas nesusijusių MO priklausomai nuo MO savybių, pedagoginės informacijos ir principų parinkti MO ir galutinai optimizuoti MO parinkimą. Mokomojo objekto tinkamumas vertinamas pagal jo savybes (požymius). Ar MO tinkamas sprendžiama pagal tai, kokiomis savybėmis jis pasižymi ir kokiam kontekste jis bus naudojamas. Galutinis vertinimas atliekamas remiantis ankstesniu MO naudojimu, ekspertų vertinimu, panašių besimokančiųjų patirtimi, MO populiarumu. Alian ir Jabri (2009) pasiūlė trumpiausio adaptyvaus mokymosi kelio parinkimą, kai vertinimas grindžiamas naudingumo funkcijos sudarymu.

Ekspertinių ir daugiakriterinio vertinimo metodų taikymas atskleidžia tokius privalumus:

1. Efektyvus problemos struktūravimas.
2. Vertinimo procese integruojami kiekybiniai ir kokybiniai kriterijai.
3. Priimant sprendimą, aiškus ir skaidrus alternatyvų vertinimas.
4. Taikomas spręsti praktines problemas ir remiasi teoriniais metodais.

Nepaisant paminėtų privalumų ekspertinis vertinimas pasižymi ir tokiais trūkumais:

1. Didėjant vertinamų objektų skaičiui vertinimo efektyvumas mažėja.
2. Sudarytas vertinimo kriterijų medis yra nevienareikšmis.

Mokslinėje literatūroje gausu MO parinkimo pagal besimokančiojo poreikius tyrimų, kuriuose taikomi šie metodai, nes MO atitikimas besimokančiajam yra traktuojamas ir kaip kokybiško mokymosi sukūrimas pateikiant besimokančiajam geriausiai tinkančius MO. Tyrimuose dažniausiai vertinami

pavieniai MO, bet ne jų seka. Tačiau mokymasis vyksta aplinkoje, kurioje kokybę lemia ne tik pavieniai MO, bet ir jų visuma. T. y. geriau, kokybiškiau pateikus MO visumą, galima tikėtis kokybiškesnio mokymosi. Šiame darbe aprašomas tyrimas grindžiamas šiuo principu. Priešingai nei MO vertinimo, MK vertinimo tyrimų mokslinėje literatūroje nerandama, nors, jei MM nagrinėjamas kaip atskirų komponentų kompozicija, įvertinus kiekvieną iš komponentų būtų galima įvertinti ir visą MK (Eugenijus Kurilovas & Zilinskiene, 2013; E. Kurilovas, Zilinskiene, & Ignatova, 2011).

2.3.2 Informacija grįsti metodai

Informacija grįsti metodai naudoja konkrečius raktažodžius arba metaduomenis, įskaitant žinias apie besimokantįjį ar mokymosi veiklą charakteristikas bei remiasi iš anksto suprojektuotais srities modeliais, pvz., ontologijomis. Sistema kaupia informaciją apie lankytus elementus ir rekomenduoja panašius arba susietus su raktažodžiais, arba metaduomenimis, arba tuos, kurie atitinka srities modelyje aprašytas sąlygas. Remiamasi iš anksto nusakytais sąryšiais, reitingais, įverčių rezultatais. Panašumo koeficientai naudojami vertinti atitiktį (Hummel, et al., 2007).

Metaduomenų naudojimas

Metaduomenys yra svarbiausia informacijos infrastruktūros dalis, kuri būtina siekiant sukurti tvarką interneto chaose, naudojant aprašus, klasifikacijas ir struktūrą, kurie padeda sukurti naudingesnes informacijos saugyklas (Duval & Hodgins, 2006). Efektyvios mokymo(-si) išteklių paieškos ir naršymo galimybės gali būti įgyvendintos tik tada, kai bus naudojami standartizuoti metaduomenys (Kubilinskienė, 2012). Šiuolaikinės el. mokymosi specifikacijos grindžiamos edukaciniais metaduomenimis aprašomais standartais, pvz., IEEE LOM (2002). Taip pat metaduomenys gali būti panaudoti personalizuojant mokymosi procesą (Brusilovsky & Henze, 2007; Hummel, et al., 2007; N. Manouselis, Drachsler, H., Vuorikari, R., Hummel, H. G. K., & Koper, R., 2009).

Metaduomenys saugomi skaitmeninėje saugykloje. Besimokantiesiems nurodžius siekiamus mokymosi tikslus ir norimus išteklius, pastarųjų ieškoma kataloge ir pateikiama besimokančiajam. Nors metaduomenys ir įgalina pakartotinį MO panaudojimą nurodant išsamias pirminio panaudojimo sąlygas, tačiau vienas pagrindinių reikalavimų naudojant MO aprašytus metaduomenimis yra tai, kad jie turi būti gerai struktūruoti ir gerai dokumentuoti, t. y. klaidingai aprašytas MO lems klaidingus paieškos rezultatus. Be to, kai kurie autoriai pažymi (Acampora, Gaeta, & Loia, 2011), kad metaduomenis grįstas metodas veikia siekiant išsiaiškinti pažintinį elgesį ir įgyvendinti tikrąjį panaudojimą. Dažnai metaduomenys siejami su ontologijomis, siekiant aprašyti žinių sritį (C. M. Chen, 2009; D. Dagger, Wade, & Conlan, 2002; Karampiperis & Sampson, 2004; Sangineto, et al., 2008; Sun, Ousmanou, & Cross, 2010).

Tai vienas iš dažniausiai mokslinėje literatūroje taikomų metodų, kai MO ar MK atitikimui sudaryti naudojami metaduomenys (Acampora, et al., 2011; Biletskiy, 2009; Conlan, Hockemeyer, Wade, & Dietrich, 2002; Guerrero, Minguillón, Guàrdia, & Sangrà, 2009; J. Liu & Greer, 2004; Milošević, et al., 2007; Ouraiba, et al., 2009). Randama tyrimų (Biletskiy, 2009), kai mokymosi medžiaga ieškoma mokomųjų objektų saugyklose ir pateikiama personalizuota mokymosi medžiagos paieška. Įverčiai pateikti pagal ekspertų aprašytas taisykles, kuriomis remiantis skaičiuojamas galutinis (suminis) vertinimo (tinkamumo) rezultatas. Pvz., (Biletskiy, 2009) naudoja ontologijas ir remiantis daugiakriteriniu požiūriu skaičiuoja suminį įvertį – panašumą tarp mokomųjų objektų kriterijų įverčio ir besimokančiojo modelio. Modelis grindžiamas turimos informacijos palyginimu.

Vienas pagrindinių metaduomenimis grįstų metodų privalumų yra tai, kad jei mokymesi galima detaliai aprašyti žinias, konceptus ir pan., metaduomenims, tai įgalina sąryšių, sąlygų ir priklausomybių sudarymą tarp mokymosi medžiagos ir besimokančiojo modelio. Visa ši informacija yra naudojama rekomenduojant kursus ar personalizuojant mokymąsi per mokymosi išteklių ar

aplinkų adaptavimą besimokančiajam (Baldoni, Baroglio, Brunkhorst, Marengo, & Patti, 2007). Tai reiškia, kad mokymosi aplinkoje visa pateikiama informacija (srities modelis) turi būti išsami. Mokslinėje literatūroje tai vadinama uždaro turinio (angl. *Close Corpus approach*) metodologija, kai visi MO yra standartizuotai aprašyti, struktūruoti ir susieti su srities konceptais. Jei mokymosi sritis mažiau formali, šie metodai tampa neefektyvūs, nes priešinga metodologija, t. y. – atvirojo turinio metodologija (angl. *Open Corpus approach*), žinių srities atžvilgiu mokymosi medžiaga nėra griežtai struktūruota (Manouselis 2009). Pagal Brusilovsky ir Henze (2007) atvirojo turinio metodologija taikoma tada kai nagrinėjama neribota dokumentų aibė, kuri bendruomenės negali būti rankiniu būdu struktūruota ar indeksuota srities konceptais, metaduomenis (H. Drachsler, Hummel, & Koper, 2008).

Pagrindinis šios metodų grupės trūkumas, kad kiekvienas išteklius turi būti aprašytas metaduomenimis. Pvz., pagrindinės tinkamo MS parinkimo problemos gali būti dėl: 1) besimokančiojo modelio ribojimų, 2) turinio pagrindinių savybių analizavimo ir išgavimo (kaip atskirti puikų turinį nuo gero, jei naudojami tie patys raktažodžiai ir metaduomenys). Dauguma realių kategorijų naudojamų gyvenime yra aprašomos ne objektyviomis taisyklėmis, o neraiškiai, pvz., kur yra riba tarp gero ir nuostabaus turinio? 3) Metaduomenys aprašomi žodžiais, o žodžiai nėra vienareikšmiai (kalboje naudojama daug sinonimų, homonimų, akronimų, kurie lemia skirtingas reikšmes skirtinguose kontekstuose). Todėl, griežtai formalizuojant mokymą, kyla problemų dėl objektyvaus įvertinimo.

Ontologijų naudojimas

Ontologija – tam tikros srities sąvokų visumos specifیکavimas išreikštu pavidalu (Gruber, 1993). Ontologijos aprašo, kaip pasaulio konceptai yra susiję ir vaizduoja formalius ryšius. Ontologijomis formalizuojama konkreiti sritis, pvz., mokomojo dalyko konceptų ontologija, kuri perkeliama į kompiuteriui suprantamą formatą (angl. *machine-readable format*) ir nurodo esybes, atributus, sąryšius ir aksiomas (Guarino, 1998). Taksonomijos gali būti

traktuojamas kaip tam tikra ontologijos rūšis, turinti hierarchinę pavadinimų ir aprašų struktūrą. Skiriamos kelios ontologijų rūšys (Guarino, 1998), iš kurių el. mokymo personalizavimo tyrimuose dažniausiai kuriamos taikomosios srities ontologijos pagal tikslą:

1) informacijos paieškai ir jos gavimui (Biletskiy, 2009; Sun, et al., 2010) – panaudojami metaduomenys (pvz., standarto IEEE LOM (2002)) ir sudaroma mokomosios medžiagos ar dokumentų ontologija, atitinkamai sudaroma ontologija apie besimokančiuosius (pvz., standartas IMS LIP (2001));

2) automatiniam dokumentų (mokomosios medžiagos, mokomojo scenarijaus) generavimui (C. M. Chen, 2009; Karampiperis & Sampson, 2004; Sangineto, et al., 2008; Sun, Williams S. A., Ousmanou, & Lubega, 2003) – ontologijos MM personalizuoti panaudojamos srities ir besimokančiojo modeliui aprašyti. Tada kuriamas algoritmas, kuris įvertina atitikimą arba optimalų MK. Pvz., Karampiperis ir Sampson (2004) pasitelkia trumpiausio kelio paieškos algoritmą, kuriame kelias optimizuojamas pagal laiko kriterijų, t. y. kiekvienas mokymosi išteklius turi savo svarbą laiko atžvilgiu, parenkama seka pagrįsta greičiausio kelio idėja. Analogiškai, Sangineto ir kt. (2008) projekte „Diogene“ sukūrė ontologijų grupę (tarp jų viena buvo MSt), kurios buvo panaudotos sudarant automatinį mokymosi kursą. Tinkamumo vertinimas išsamiau straipsnyje neaprašytas. Ontologijų privalumą MK parinkimui atskleidžia tyrimai, kuriuose iš pradžių sukuriama konkrečių sričių ontologijos, o tinkamumo vertinimas modeliuojamas naudojant memetinį algoritmą (Acampora, et al., 2011; C. M. Chen, 2009; Sun, et al., 2010).

Taigi, dažniausiai kuriamos taikomosios ontologijos, aprašančios sąvokas, priklausančias konkrečiai sričiai ir užduotims. Jos įgalina konkrečios srities informacijos rinkimą, apdorojimą, gavimą, perdavimą, tyrimą ir naudojimą. Tačiau dalykinės srities modeliavimas yra daug laiko reikalaujantis procesas ir jei MM praplečiamas naujais MO ar metodais, veiklomis kiekvienam jų reikia praplėsti sukurtą ontologiją arba apjungti keletą ontologijų. Tam įgyvendinti

kurso valdytojui/dėstytojui reikėtų papildomų žinių ir laiko, todėl praktikoje taikoma retai.

2.3.3 Bendradarbiavimu grįsti metodai

Kitose adaptyviose sistemose naudojama skirtinga nei tradiciniuose turinio modeliuose taikoma technologijų grupė. Šių technologijų grupė yra pagrįsta naudotojais, panašumais tarp jų ir jų socialiniu elgesiu tinkle. Viena dažniausiai taikomų technologijų yra bendradarbiavimu grįstas filtravimas, kuris dažniausiai taikomas rekomendacinėse sistemose. Bendradarbiavimu grįstu filtravimu ieškoma panašiai besielgiančių naudotojų, t. y. perkančių tuos pačius produktus, panašiai juos reitinguojančius ir t. t. Kita, vartotojais grįsta personalizavimo strategija – socialinis naršymas. Jame remiamasi prielaida, kad žmogus linkęs sekti minią, t. y. jei išteklius pritraukia daugelį naudotojų, daroma išvada, kad išteklius yra geros kokybės.

Pagrindinis šių metodų grupių privalumas yra tai, kad jie yra visiškai nepriklausomi nuo srities žinių ir vartotojo modelių vaizdavimo. Šių metodų pagrindinė idėja – rekomenduoti elementus atsižvelgiant į tai, kas patiko į juos panašioms vartotojams (Hummel, et al., 2007). Tokiu būdu suformuojama bendra ne pavienių ekspertų nuomonė apie objekto kokybę, jo panaudojimą, bet daugumos. Pagrindinis šių metodų trūkumas – tai, kad bendruomene grįsti metodai neišryškina, neatpažįsta individualių naudotojo bruožų ir nesiadaptuoja pagal juos.

Bendradarbiavimu grįstas filtravimas

Pagal Drachsler ir kt. (2009), naršymo pagalba, kuri yra viena iš Knutov ir kt. (2009) pateiktų adaptavimo strategijų, reikalinga tuomet, kai besimokantieji kelia klausimą: kaip surasti mokymosi veiklas, kurios geriausiai atitinka mano situaciją, ankstesnes žinias, preferencijas? Šios pagalbos įgyvendinimo problemos sprendžiamos ir kitomis metodų grupėmis, plačiai taikomomis rekomendacinių sistemų tyrimuose, artimuose adaptyviųjų sistemų tyrimams, nes pagrindinis juose keliamas tikslas, personalizavimo įgyvendinimas, t. y.

filtruoti vartotojui įdomią informaciją (N. Manouselis, Drachsler, H., Vuorikari, R., Hummel, H. G. K., & Koper, R., 2009). Remiantis Manouselis ir Costopoulou (2007), bendradarbiavimu grįstas filtravimas remiasi ankstesnių vartotojų pateiktais reitingais, tačiau sistemos išvestis gali būti skirtinga: 1) spėjama, kokį reitingą suteiktų vartotojas rekomenduojamam elementui, 2) vartotojui siūloma / rekomenduojama išbandyti („try it“) elementus, 3) pateikiami elementų reitingai (elementų reitingavimas).

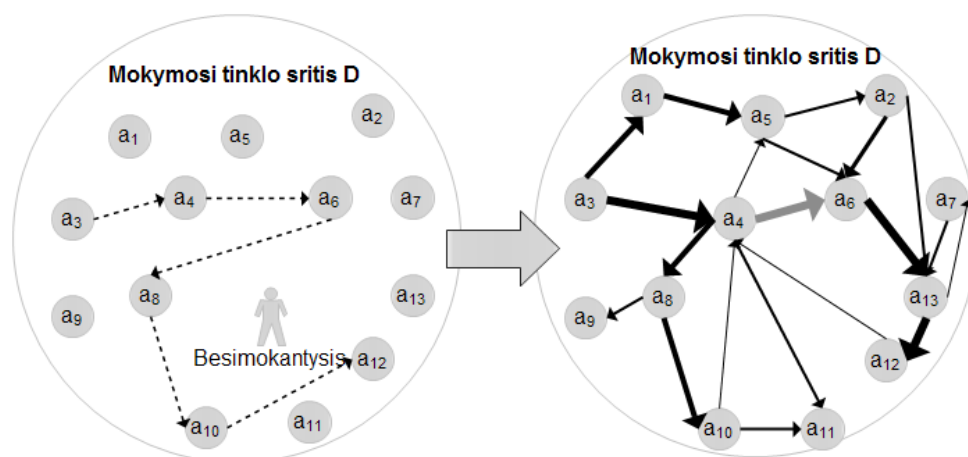
Mokslinėje literatūroje išskiriami pagrindiniai šio metodo privalumai: 1) vartotojui pateikiami tik aukštus reitingus turintys elementai, 2) nereikalingas daug išteklių reikalaujantis semantinio turinio modelių kūrimas ir tvarkymas siekiant įgyvendinti adaptavimą (nenaudojama papildoma informacija apie išteklius, todėl jų neaprašinėjant taupomas laikas). Pagal Hummel ir kt. (2007), pirmieji bandymai buvo daug žadantys, tačiau rekomendavimo efektas menkas, todėl daroma išvada, kad yra nemažai trūkumų ir rekomendavimui tik šio metodo nepakanka, nes:

1. Naudojant bendradarbiavimu grįstus metodus reikalingi dideli duomenų kiekiai.
2. Naujas elementas negali būti apdorotas, kol nėra jokios informacijos apie jo panaudojimą.
3. Naujam naudotojui negalima nieko pasiūlyti, kol nežinomos jo veiklos ir neišmatuotas jo panašumas su kitais naudotojais (kai sunku surasti panašių vartotojų arba tik keli vartotojai reitingavo tą patį elementą).
4. Bendradarbiavimu grįsto filtravimo kokybė mažėja, jei vartotojų aibė yra labai išsklaidyta ir negausi.

Metodas netinka, kai reikalingas tikslus rekomendavimas. Tačiau pagal Manouselis ir Costopoulou (2007) tikslesnis rekomendavimas gali būti pasiektas pasitelkiant daugiakriterinės analizės metodų integraciją su bendradarbiavimu grįsta metodologija.

Socialiniu faktoriumi grįsti metodai

Socialinis naršymas yra kita vartotojais grįsta personalizavimo strategija, kur remiamasi prielaida, kad žmogus seka minią ir jei konkretus objektas pritraukia daugelio naudotojų dėmesį, daroma išvada, kad išteklius yra naudingas. Informacija apie objektus rodoma kitiems naudotojams, kurie seka ankstesnių naudotojų pėdomis. Toks paskirstytasis elgesys, kai nėra bendro koordinatoriaus ir komunikacija vyksta tik lokaliai tarp individų pasireiškiant teigiamam grįžtamajam ryšiui, tikslaus lietuviško pavadinimo neturi (angl. *stimergy*) (Dorigo, Maniezzo, & Colorni, 1996). Kaip socialinis naršymas veikia tinkle, aprašo Manouselis ir kt. (2009) (11 pav.), teigdami, kad naudotojai, pvz., besimokantieji, veikia mokymosi tinkle ir jų progresas yra įrašomas.



11 pav. Socialinio naršymo idėja mokymosi tinkluose

Netiesioginiai matai (mokymosi laikas ar mokymosi rezultatai) bei tiesioginiai matai (reitingavimas ir naudotojų paliktos žymės) suteikia galimybę identifikuoti mokymosi kelius tinkle, kuriais greičiau pasiekiamas mokymosi tikslas arba labiau patinkantys objektai nei kiti (H. Drachsler, Hummel, H. G. K., Van den Berg, B., Eshuis, J., Waterink, W., Nadolski, R. J., Berlanga, A. J., Boers, N., Koper, R., 2009; Vuorikari, 2009). Ši informacija gali būti naudojama kitų besimokančiųjų mokymosi tinkle, pateikiant jiems kolektyvias mokymosi tinkle dalyvavusių besimokančiųjų žinias (angl. *swarm of learners*).

Dirbtinio intelekto metodų grupė, paremta decentralizuotų, save organizuojančių sistemų kolektyviniu elgesiu, vadinama kolektyvine intelektika. Pagrindinė kolektyvinės intelektikos ir kitų daugiaagentinių sistemų savybė yra ta, kad jos nesiremia centralizuotu individualių agentų elgesio valdymu. Kiekvienas agentas, esantis konkrečioje aplinkoje turi ribotas žinias apie ją ir yra kaip „mini ekspertas“, kurio žinios sudaro labai mažą intelektikos dalį visoje agentų aibėje. Be to, agentai tiesiogiai nekomunikuoja, vietoj to, jie keičiasi informacija palikdami pėdsakus / žymes sistemoje. Remiantis individualių agentų reakcijomis į netiesiogiai perduodamą informaciją, visa grupė (angl. *swarm*) palaipsniui pati susiorganizuoja (angl. *self-organize*) ir išsiplėtojęs kolektyvinis elgesys gali pateikti aukštą intelektualumo lygį. Kadangi kolektyvinė intelektika nesiremia centralizuotu valdymu, visos grupės intelektualumas grindžiamas per balansavimą tarp gero turimo sprendinio panaudojimo (angl. *exploitation*) ir tyrinėjimo (angl. *exploration*) naujo nežinomo sprendinio (Dagli & Kilicay, 2007). Remiantis šia savybe, įgyvendinamas dinaminių ar nestabilių sistemų adaptyvumas, kai pavyzdžiui geriausias sprendinys vienu momentu, kitu gali būti neteisingas.

Kaip MK parinkimui gali būti pritaikomi socialinio naršymo metodai atskleidžia AI-Muhaideb ir kt. (2011) atliktas tyrimas, kuriame teigiama, kad egzistuoja du skirtingi evoliucionuojančių skaičiavimų metodai: socialinis ir individualus sekos nustatymas. Jei sprendiniui parinkti integruojami kitų panašių besimokančiųjų patirtys, tuomet toks nustatymas vadinamas socialiniu (angl. *social sequencing*). Jei rezultato paieška grindžiama tik individualiomis vieno besimokančiojo charakteristikomis, tuomet tai vadinama individualios sekos nustatymu (angl. *individual sequencing*). Priklausomai nuo pasirinkto būdo, autoriai skiria ir pasirenkamus metodus, jie teigia, kad esant individualiam sekos nustatymui dažniau taikomi neuroniniai tinklai, genetiniai algoritmai, tačiau antruoju atveju dažniau pasitelkiami kolektyvinės intelektikos metodai. Socialinis sekos nustatymo metodas nenagrinėja individualių besimokančiojo ir išteklių savybių. Optimalaus mokymosi

scenarijaus parinkimas grindžiamas kolektyviniu keliu ir visos besimokančiųjų bendruomenės mokymusi. AI-Muhaideb (2011) analizė rodo, kad dažniausiai mokomojo kelio personalizavimui iš visų grupių buvo taikomas SKO algoritmas, jo modifikacijos, todėl darbe bus tiriamos jo galimybės personalizuojant mokomąjį kelią.

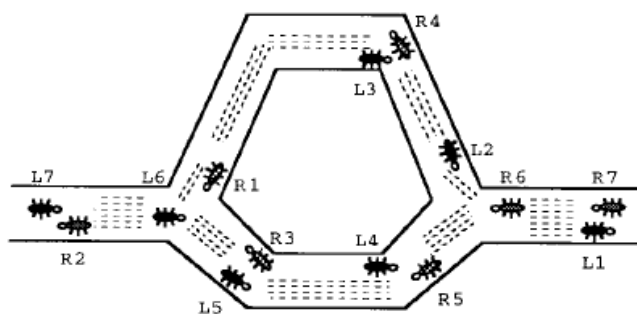
4 lentelė. SKO algoritmo taikymo el. mokyje apžvalga

Autoriai	Pagal mokymosi žinias	Pagal MSt	Dinaminiam MM
(Semet, Lutton, & Collet, 2003)	+	-	-
(Gutierrez, et al., 2007)	+	-	-
(Hummel, et al., 2007)	+	-	-
(C. M. Chen, 2008)	+	-	-
(Wang, Wang, & Huang, 2008)	-	+	-
(Yang & Wu, 2009)	+	+	-
(Nadolski, et al., 2009)	+	-	-
(Feng-Hsu, 2011)	+	-	-
(Vazquez, Gonzalez-Abril, Morente, & Ramirez, 2012)	+	+	-

Mokslinėje literatūroje randama keletas tyrimų, kuriuose nagrinėjamas MK parinkimas skirtingoms besimokančiųjų grupėms pagal MSt ir taikomi SKO metodo variantai. Wang ir kt. (2008) nagrinėdami MO parinkimo besimokančiajam problemą suskirstė visus besimokančiuosius į homogenines grupes ir atsižvelgiant į grupių lankymosi juose dažnį ir modifikavo SKO. Kiti Yang ir Wu (2009), parinko MO besimokantiejiems pagal jų MSt, tačiau iš anksto buvo aprašytas metaduomenimis kiekvienas MO ir atitiktis tarp MO ir besimokančiojo MSt preferencijų. Pagrindinis šių tyrimų trūkumas, kad juose bandoma, kaip ir daugelyje el. mokymosi sistemų, iš anksto suprojektuoti atitiktis tarp besimokančiojo ir mokymosi medžiagos funkciją, kuri išreiškiama tiesine funkcija, ir dažniausiai neatspindi realaus jos pritaikymo. Antra vertus, dažnai ši funkcija grindžiama taisyklėmis (angl. *rule-based approach*), kurios pagal Gao ir kt. (2010) nėra lanksčios ir neatitinka tikrosios personalizavimo sampratos. Atsižvelgiant į atliktų tyrimų spektrą ir gautus

rezultatus, darbe siekiama sukurti metodą, kuris personalizuotų MK pagal besimokančiųjų MSt atsižvelgiant į tikslesnę informaciją apie besimokančiųjų MSt ir veiktų efektyviau dinaminuose MM.

Toliau trumpai pristatoma originaliojo SKO metodo idėja. Skruzdžių kolonijos optimizavimo (SKO) metodas yra pagrįstas idėja, kad skruzdžių kolonija juda nuo vienos viršūnės prie kitos ir jų judėjimo kryptį (sprendimą judėti konkrečia kryptimi) lemia prieš tai paliktų skruzdžių pėdsakai ir patrauklumas, t. y. kiekviena skruzdėlė palikdama informaciją feromonuose nuosekliai ir palaipsniui konstruoja problemos sprendimą (12 pav.). Ši feromonų informacija nukreipia kitas skruzdėles ieškoti sprendinio. Be to, metodas taip pat apima ir sukonstruoto sprendinių, pvz., mokymosi kelių, reikšmės (įtakos galutiniam sprendiniui), mažėjimą (angl. *evaporation*), t. y. laikui bėgant mažinamos visos kelių reikšmės. Ši funkcija reikalinga tam, kad būtų išvengta lokalaus optimumo sprendinio. Taip pat viena svarbių funkcijų metode yra lokaliai paieškos veiksmai (angl. *local search*). Pastarieji yra naudojami tam, kad būtų daroma įtaka globaliam paieškos procesui.



12 pav. SKO pagrindimas realių skruzdžių elgsena pagal Dorigo ir kt. (1996)

Skruzdėlių elgesiui imituoti buvo sukurtas skruzdėlių optimizavimo metodas, kurio esmė paremta dirbtine tarpusavyje lokaliai kontaktuojančių agentų sistemos imitacija. Naudojamos feromonus skruzdėlės sprendžia trumpiausio kelio radimo problemą (12 pav.). Pasiekusios kiekvieną atsišakojimą skruzdės remdamosi feromonais sprendžia kuriuo keliu pasukti. Pradinėje būsenoje visi keliai iki maisto būna vienodi, bet vėliau artimesni keliai dėl to, jog yra dažniau naudojami (skruzdėlės per trumpesnę laiką įveikia tą patį kelią daugiau kartų)

sutrumpėja, ir vėliau šiais keliais pradeda eiti daugiau skruzdėlių. Trumpesniuose keliuose stipriau jaučiami feromonų pėdsakai ir skruzdėlės eina tais keliais, kurie yra optimaliausi. Matematiškai skruzdėlių kolonijų optimizavimo uždavinys nėra sudėtingas ir plačiai taikomas sprendžiant keliaujančio pirklio uždavinį (Dorigo & Gambardella, 1997; Guntsch & Middendorf, 2001; Li, Yu, & Qin, 2009). Pagal cituotus autorius pagrindinis aspektas išskiriantis SKO iš kitų giminingų algoritmų (pvz., PSO) yra jo gebėjimas konstruoti sprendinį iteratyviai.

Klasikinis Dorigo ir kt. (1996) pasiūlytas algoritmas pateikiamas 5 lentelėje.

5 lentelė. SKO algoritmo idėjos aprašas

<p><u>Sprendinio konstravimas.</u></p> <p>Problema formuluojama baigtinėje N komponentų aibėje, kur sprendinys $N = \{n_r, n_s, \dots, n_u\}$ formuojamas kaip svertinis grafas, kuriuo keliauja skruzdėlės sprendiniui sudaryti.</p>
<p><u>Euristinė informacija.</u></p> <p>Žymi sąmoningai parinktą konstantą, kuri išreiškia euristinę pirmenybę judėti nuo viršūnės r iki kitos viršūnės s. Originaliame SKO ji yra lygi</p> $\frac{1}{d_{rs}} \quad (1)$ <p>ir d_{rs} yra atstumas tarp viršūnių r ir s.</p>
<p><u>Feromonų atnaujinimas.</u></p> <p>Kai skruzdėlė baigia savo kelią, feromonai, išdėstyti ant briaunų kuriomis keliavo skruzdėlė yra panaudojami lokaliai informacijos atnaujinimui. Pirmiausia, feromonų kelyje esama informacija susieta su kiekviena briauna (r, s), yra mažinama pagal formulę:</p> $\tau_{rs} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{rs} \quad (2)$ <p>kur $\rho \in (0, 1)$ yra feromonų „nugaravimo“ parametras. Antra, kiekviena skruzdėlė iš naujo pažymi nueitą kelią palikdama konkretų kiekį feromonų $\Delta\tau_{rs}$ ant kiekvienos pereitos jungties.</p>

Lokalaus atnaujinimo taisyklė apibrėžiama:

$$\tau_{rs} \leftarrow \tau_{rs} + \Delta\tau_{rs} \quad (3)$$

Lokali paieška.

k yra skruzdėlė esanti viršūnėje n , kai q yra atsitiktinis skaičius vienodai pasiskirstęs intervale $[0, 1]$, ir $q_0 \in [0, 1]$ yra parametras, apibrėžiantis santykinę svarbą tarp gero sprendinio panaudojimo (angl. *exploitation*) ir dar nežinomų sprendinių tyrinėjimo (angl. *exploration*). Kita viršūnė yra atsitiktinai pasirenkama remiantis toliau pateiktu tikimybinio pasiskirstymu. Kai $q \leq q_0$, skruzdėlė k esanti viršūnėje n pasirenka tolesnę viršūnę s pagal

$$p_{ns}^k = \begin{cases} 1, & \text{jei } s = \arg \max_{u \in N_k(n)} \{ \tau_{nu} \cdot \eta_{nu}^\beta \} \\ 0, & \text{kitu atveju} \end{cases} \quad (4)$$

kitu atveju

$$p_{ns}^k = \begin{cases} \frac{|\tau_{ns}|^\alpha |\eta_{ns}|^\beta}{\sum_{\mu \in N_k(n)} |\tau_{n\mu}|^\alpha |\eta_{n\mu}|^\beta}, & \text{jei } s \in N_k(n) \\ 0, & \text{kitu atveju} \end{cases} \quad (5)$$

čia $N_{k(n)}$ žymima viršūnių aibė, kurias dar reikia pasirinkti skruzdėlei k esančiai viršūnėje n atsižvelgiant į parametrus α ir β . Parametras α lemia, kiek bus atsižvelgta į feromonų kelius. Parametras β lemia, kiek kelią lemia euristinė informacija.

Metodo privalumai:

1. Nereikalingos žinios, informacija apie dokumentų turinį.
2. Nereikalingi papildomų srities modelių kūrimas ir jų aprašai. (formalių ontologijų kūrimas, metaduomenys apie MM, jo komponentus).
3. Lengviau įgyvendinamas socialinis naršymas atviro turinio aplinkoje.
4. Įgalina gerų ir blogų išteklių diferenciaciją.

Trūkumai:

1. Šie metodai nepadedą besimokančiajam atrasti ar pasiūlyti „tinkamą“ išteklių „tinkamu“ metu.
2. Nesuranda papildomo elemento.

Išvados

1. Remiantis mokslinių straipsnių analize įsitikinta, kad personalizuotas mokymasis yra efektyvesnis už nepersonalizuotą, kuris technologiniu požiūriu tiesiogiai susijęs arba su adaptyvių sistemų projektavimu ir kūrimu, arba su adaptavimą užtikrinančių modulių integravimu į el. mokymosi aplinką – intelektualiujų komponentų kūrimu.
2. Adaptyvios sistemos retai naudojamos praktikoje dėl jų uždaro mokojo turinio ir menko adaptyvumo kintančioje mokymosi aplinkoje. Todėl vis didesnis dėmesys skiriamas integraliems intelektualiesiems komponentams, gebantiems dinamiškai adaptuotis ne tik statinėje, bet ir dinaminėje mokymosi aplinkoje. Remiantis literatūros analizės rezultatais, siekiant sukurti mokomųjų modulių personalizavimo metodą, darbe tiriamas statinių ir dinaminių mokomųjų modulių personalizavimas.
3. Daugėja el. sistemų personalizavimo tyrimų grindžiamų metodologija *apačia-viršus*, siekiant, kad sistema sprendimus priimtų čia ir dabar remiantis konkrečiam kontekstui sukauptais duomenimis ir nors sistemų komponentinė struktūra yra artima, tačiau sistemose parenkami ir pritaikomi skirtingi metodai.
4. Atlikus SKO taikymo mokomųjų modulių personalizavimui analizę pastebėta:
 - a) yra naudojami personalizavimui, tačiau išsamesnių tyrimų personalizuoti pagal mokymosi stilius pritaikant daugiakriterinį jų aprašą nerasta.
 - b) nėra tirtas SKO taikymas dinaminiam mokojo modulio atvejui.

3 Adaptyvus mokomojo modulio personalizavimo metodas

Remiantis 2 skyriuje atlikta literatūros apžvalga ir įvertinus joje nustatytus probleminius mokomojo modulio (MM) personalizavimo aspektus, šiame darbe siūlomas adaptyvus MM personalizavimo metodas, grįstas kolektyvinės intelektikos metodo – skruzdžių kolonijos optimizavimo (SKO) – pritaikymu el. mokymosi kontekstui ir praplėtimu optimalaus MK parinkimo besimokantiesiems pagal jų MSt problemai spręsti statiniuose ir dinaminuose MM. Metodą sudaro taikomų prielaidų, reikalavimų ir funkcijų visuma. Šis metodas, leidžia personalizuoti MK ir teikti pagalbą, t. y. MM komponentų rekomendacijas besimokantiesiems mokymosi proceso metu, stebėti ir, remiantis siūlomomis prielaidomis, gerinti MM kokybę.

Ankstesniuose skyriuose aptarti ir aprašyti mokslinėje literatūroje randami metodai, adaptyvios rekomenduojamų komponentų sekų technologijos. Tačiau randami metodai iš dalies suformuoja naują problemą: kaip parinkti MK atsižvelgiant į besimokančiojo MSt ir tenkinti pagrindinę el. mokymosi sąlygą – nuolatinę mokymosi medžiagos kaitą. T. y. pirma, medžiagos kaita ir gausėjimas kelia parenkamo metodo adaptyvumo problemą, kad pasikeitus MM, metodas prisitaikytų prie pasikeitusių sąlygų. Antra, kadangi atitikties funkcija tarp mokymosi medžiagos, veiklų, kitų MM komponentų ir besimokančiojo MSt yra nežinoma, o SKO leidžia įvertinti šią atitiktį remiantis daugumos besimokančiųjų patirtimi ir atsižvelgiant į besimokančiųjų tarpusavio panašumą, todėl tikslinga naudoti kuo tikslesnę informaciją apie kiekvieną besimokantįjį.

Šio skyriaus tikslai:

1. aprašyti metodo kūrimo prielaidas, sudaryti besimokančiojo profilį pagal jo MSt, suformuoti MM struktūrą;

2. aprašyti SKO grįstą MM personalizavimo metodą leidžiantį adaptyviai parinkti MK statiniuose ir dinaminuose MM;
3. įvertinti sukurtą metodą.

3.1 Metodo kūrimo prielaidos

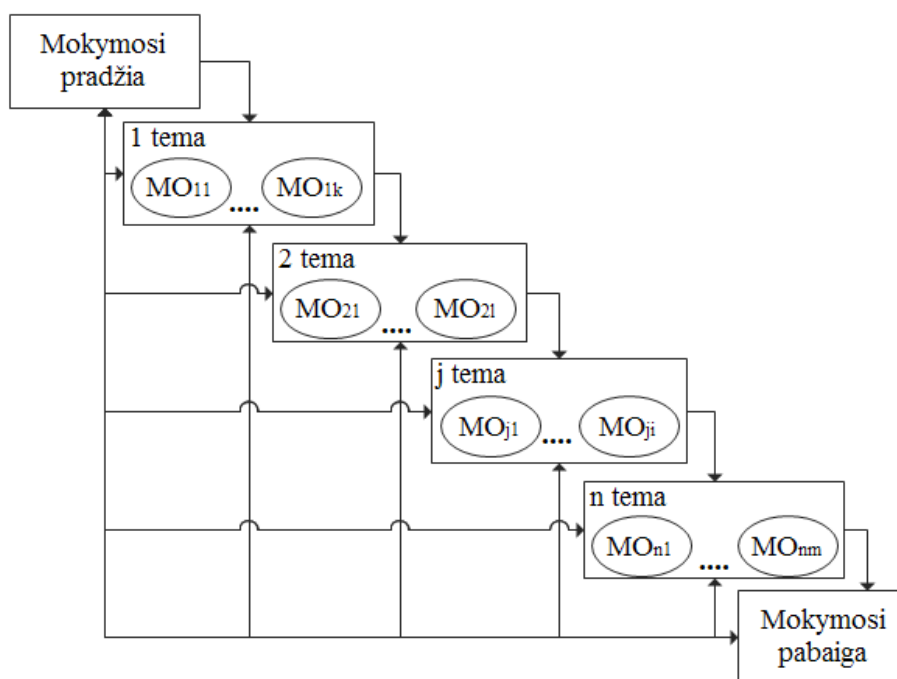
3.1.1 Metodo įgyvendinimo reikalavimai

Sudaromo metodo reikalavimai:

1. informacija apie besimokančiojo žinias, MSt ir kita su besimokančiuoju susijusi informacija, t. y. besimokančiojo profilis yra žinomas iš anksto;
2. MM lanko / mokosi daug besimokančiųjų, t. y. daug vartotojų ir jie aktyviai lankosi; SKO konverguoja, tačiau tam reikalingi didesni duomenų kiekiai;
3. MM struktūrą sudaro, prižiūri, taiso, koreguoja MM tos srities ekspertas;
4. MM sudaro daug komponentų ir jų alternatyvų tai pačiai temai išmolti.

3.1.2 Mokomojo modulio struktūra

Inžineriniu požiūriu mokymasis el. erdvėje nagrinėjamas kaip žinių kūrimo ir gyvavimo ciklas (13 pav.).



13 pav. Mokymosi proceso schema

Besimokantysis veikia MM, nagrinėdamas temas ir iškilus neaiškumą, grįžta, peržiūri, pagilina žinias ir vėl mokosi toliau, kol pasiekia numatytą tikslą (išlaiko egzaminą, įskaitą ar pan.) (Zilinskiene, Dagiene, & Kurilovas, 2012)

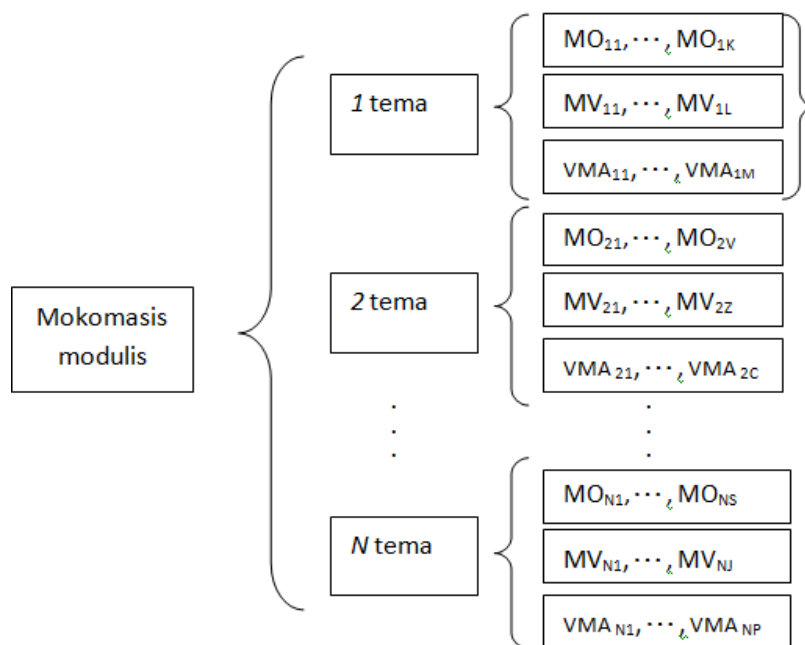
MM gali būti suskaidytas į laiko vienetus (temas, paskaitas, modulius, ciklus), kuriuose pateikiama tam tikra seka išdėstytas turinys. Šią struktūrą sukuria ekspertas ar ekspertų grupė. Galimas naršymas tarp visų laiko vienetų ir visų jame esančių komponentų. Pradžioje pateikiamas MM tikslas ir kiekvienos temos tikslas, paskirtis ir pan. Tada kiekvienoje temoje pateikiami visi anksčiau išdėstyti MM struktūrą galintys sudaryti komponentai ir mokomasis modulis baigiamas vertinimo procesu, siekiant suteikti besimokantiesiems grįžtamąjį ryšį, kuris yra vienas svarbiausių mokymosi aspektų. Vadinasi, pabaigus temą, pamoką, gaunamas grįžtamasis ryšys, kuris gali būti vertinamas formaliai, pvz., pažymiu, arba neformaliai, pvz., „patiko“, „nepatiko“. Kitaip tariant, besimokantysis naudojasi mokomuoju moduliu, jam suteikiamas grįžtamasis ryšys, bet jis taip pat palieka grįžtamąjį ryšį apie savo mokymosi veiklas: kokius komponentus lankė, kiek laiko, kaip dažnai, kokius rezultatus gavo, patiko ar ne, ir pan. Visa ši informacija gali būti panaudota mokomojo modulio planavimui, jo gerinimui.

Mokomasis modulis yra komponuojamas iš šių elementų (Eugenijus Kurilovas & Zilinskiene, 2013; Preidys & Zilinskiene, 2012):

- mokymosi medžiagos – mokomųjų objektų (MO);
- mokymosi veiklų – informacijos priėmimo, simuliacijos, refleksijos ir kt. veiklų;
- mokymosi aplinkos – mokymosi terpės, kurioje organizuojamas el. mokymasis. Kaip buvo pastebėta pastarosios gali būti skirtingos: virtualios mokymosi aplinkos, mokymosi tinklai ir kt.

Pagrindiniai MM komponentai sudaromi, pirmiausia, MM skaidant į temas (1..N temas), kiekvieną temą sudaro trijų komponentų darinys (skirtingų mokomųjų objektų, mokymosi veiklų, virtualiųjų mokymosi aplinkų

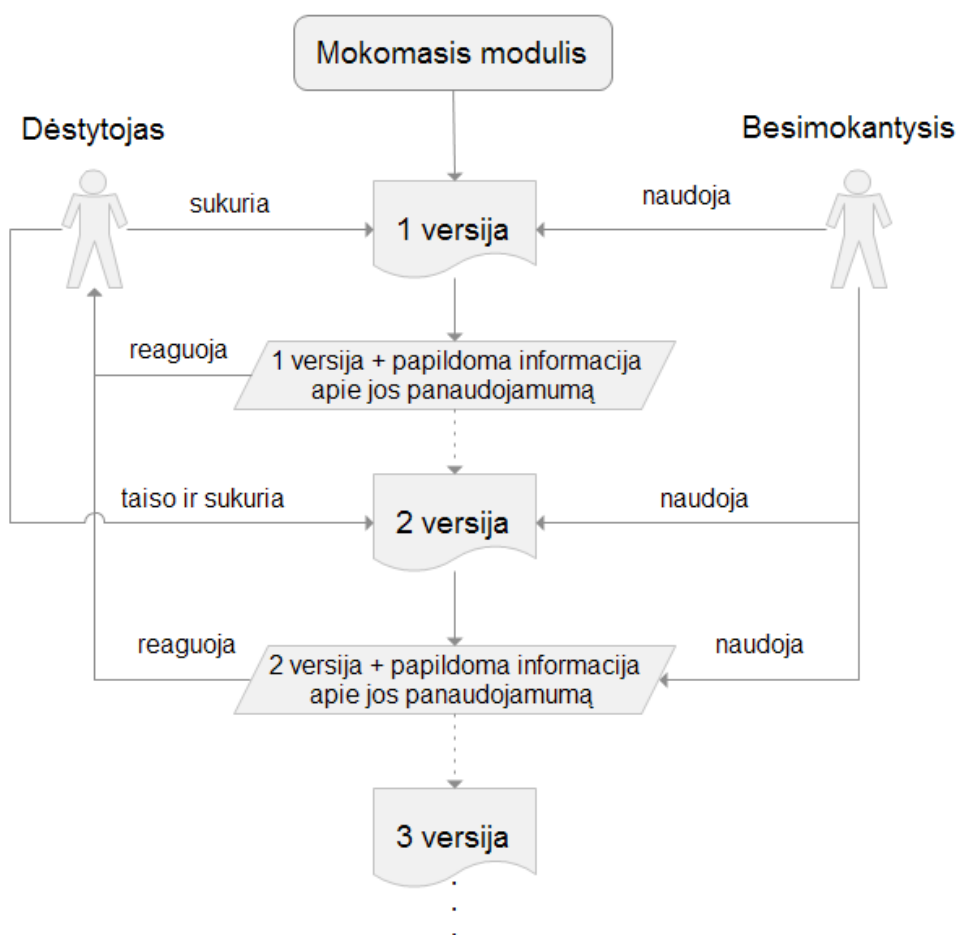
aibės) (14 pav.). Šiuolaikinių mokymosi technologijų gausa lemia ne tik skirtingą mokomosios medžiagos (MO saugyklos), mokymosi veiklų (pvz., panaudojant Web 2.0 įrankius), bet ir mokymosi aplinkų (pvz., virtualios mokymosi aplinkos ir kt.) pasirinkimą.



14 pav. Mokojo modulių struktūra

Vadinasi, jei MM yra pateikiama daugybė skirtingų, bet pedagogiškai tikslingų komponentų skirtų pasiekti konkretų tikslą ar tikslus, sudaroma prielaida personalizuoti mokymosi procesą. T. y. kiekviename MM turėtų egzistuoti kiekvienam besimokančiajam būdinga, tačiau iš anksto nežinoma mokymosi strategija. Besimokantieji yra skirtingi ir kiekvienas jų gali turėti skirtingas žinias, patirtį ir teikti pirmenybę skirtingiems dalykams, todėl MM jie renka skirtingus MO, mokymosi veiklas. Žvelgiant iš dėstytojo, MM kuratoriaus perspektyvos, mokymo scenarijus atrodo taip: pirmiausia sukuriama MM, kuriame patalpinami reikalingi MO, mokymosi veiklos bei įrankiai. Tada besimokantieji jungiasi prie mokymosi aplinkos ir mokosi nuotoliniu būdu. MM tobulinimo procesas – iteracinis, primena evoliucionuojantį sistemos kūrimo ir gyvavimo spiralės modelį (15 pav.): 1 iteracija: sukuriama MM, kurią naudoja besimokantieji; 2 iteracija: gavus grįžtamąjį ryšį apie sukurtą MM

naudojimą – MM tobulinamas (komponentai įterpami nauji, šalinami, apjungiami ir pan.), kuri vėl naudoja besimokantieji; 3 iteracija: analogiška 2 iteracijai. Paprastai, jei tą patį MM dėsto skirtingi dėstytojai – parengiama skirtinga medžiaga, nes dėstytojai rengdami medžiagą vadovaujasi savo mokymo stiliumi.



15 pav. Dinaminio mokomojo modulio schema

Todėl MM gali būti statinis (laike nesikeičiantis) arba dinaminis (besikeičiantis laike). Realiai vyrauja dinaminė mokymosi aplinka, kuri laikui bėgant kinta: MM naudoja kiti besimokantieji, MM yra naujinamas, tobulinamas. Tam reikalinga tokia personalizavimo strategija, kuri galėtų prisitaikyti prie atsiradusių pokyčių. Personalizavimo strategija suprantama kaip pagalba besimokančiajam mokymosi procese, pagal pasirinktą kriterijų parenkant jam tinkamiausią MM komponentą ar komponentus.

Remiantis literatūros analize (2.2.2 skyrius), MM struktūra yra srities modelio atitiktis, kuri dažniausiai aprašoma grafu. Šiame darbe MM aprašomas pilnuoju grafu, kurio visos viršūnės vienos su kitomis tiesiogiai sujungtos. Pilnas n viršūnių grafas turi $n(n-1)/2$ briaunų, ši reikšmė žymima K_n . MM komponentai atvaizduojami grafe. Paprastumo dėlei toliau darbe apsiribojama, kad viršūnės yra MO, o briaunos yra galimi keliai nuo vieno objekto prie kito.

Kiekvienas MO, kaip ir besimokančiojo profilis – parametrizuojamas. Tačiau priešingai nei aprašant juos metaduomenimis, ar mokymosi veiklą – standartais, pvz., IEEE LOM (2002) arba IMS LD (2003), šiame darbe informacija apie mokymosi medžiagą akumuliuojama remiantis besimokančiųjų veiksmais su ja, t. y. kai informacija apie besimokančiųjų elgesį su šiais elementais naudojama mokymosi medžiagai aprašyti. Remiantis tokiu principu mokymosi medžiagą aprašo tik dviejų tipų kintamieji (remiantis 2.3 skyrelyje pateiktų metodų analize): kiekybiniai (laikas praleistas MO, aplankyti MO skaičius, MO lankymo kartai ir pan.) ir kokybiniai (mokymosi rezultatai įrašai) matavimai. Remiantis šia sukaupta informacija galima daryti prielaidas apie vienų ar kitų MO tinkamumą besimokantiesiems.

3.1.3 Besimokančiojo profilis

Šiame darbe besimokančiojo sąvoka suprantama plačiąja prasme ir apibrėžiama, kaip bet kuris asmuo siekiantis konkrečių mokymosi tikslų. Besimokančiojo profilis šiame darbe sudaromas pagal vieną iš mokslinėje literatūroje (2.2.2 skyrius) galimų besimokančiojo modelių – stereotipinį, pagal kurį besimokantieji suskirstomi į kategorijas ir sistema automatiškai pritaiko savo veikseną priklausomai nuo to, kuriai kategorijai besimokantysis priklauso. Šis požiūris naudingas kai reikalinga greita informacija apie besimokantįjį (Kobsa, 1993) ir gali būti apibrėžiamas pagal Germanakos (2005) duomenų modeliu kaip skirtingų kriterijų aibė: dalykinės žinios, motyvacija, mokymosi stilius, ir kt. Besimokančiojo profilio tikslas surinkti informaciją apie besimokančiojo preferencijas, charakteristikas ir veiklas.

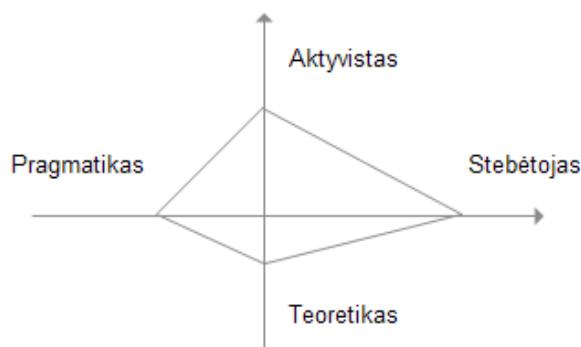
Šiame darbe apibrėžiami du besimokančiojo profilio kriterijai, kurie yra išreiškiami skaitinėmis išraiškomis – motyvacija ir mokymosi stilius. Remiantis literatūros analize, tai dažniausiai naudoti kriterijai ir abu kriterijai nuo srities nepriklausomi (2.2.2 skyrelis). Dėl kuriamo metodo ypatumų (MK suformuoti būtų reikalinga didesnė tyrimo imtis, praktinis metodo taikymas būtų sudėtingas įgyvendinti per trumpą laiką), dalykinės žinios neįtraukiamos.

Motyvacija

Besimokančiojo motyvacija, t. y. informacija gaunama iš besimokančiojo veiksmų sistemoje ir įvardinama kaip pastangos arba motyvacija ir apima du stebimus parametrus: sugaištą laiką MO ir mokomajame modulyje aplankyto MO skaičių, t. y. kiek laiko t buvo sugaišta mokomajame objekte ir kiek k MO buvo aplankyta. Šie kriterijai bus naudojami tik eksperimentiniame tyrime, teoriniame metodo aprašyme – nenagrinėjami.

Mokymosi stilius

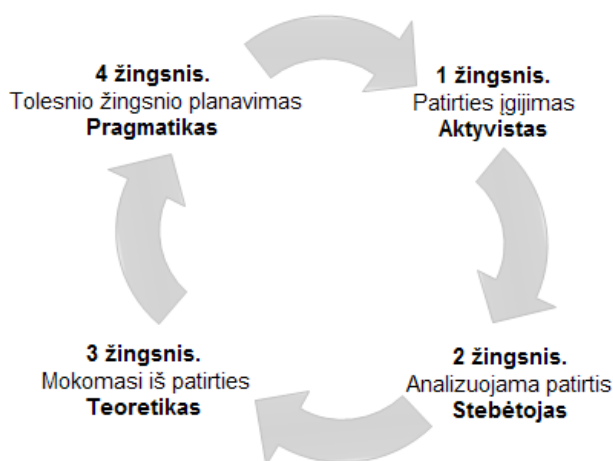
Besimokančiojo mokymosi stilius, kuris įvardinamas kaip savybių rinkinys, kuris veikia besimokančiojo mokymosi strategiją. Naudojamos Honey ir Mumford (1992) MSt klasifikacija, kurios pagrindinė idėja grindžiama faktu, kad skirtingų stilių besimokantieji renkasi skirtingas mokymosi strategijas, t. y. skirtingai renkasi mokymosi medžiagą pagal jos išdėstymą. Teigiama, kad retai konkretus žmogus turi vieną MSt, dažniausiai tai būna kelių MSt rinkinys, kurį galima vaizdžiai iliustruoti Dekarto plokštumoje (16 pav.).



16 pav. Mokymosi stiliaus grafinis vaizdavimas

MSt gali būti parenkamas pagal bet kurią MSt klasifikaciją, tačiau šiame darbe remiamasi Honey ir Mumford (1992) MSt tipologija, nes: 1) tai yra antra pagal dažnį MSt tipologija naudojama el. tyrimuose, ji autorių išplėtota iš, gerai žinomos mokymosi teorijoje, Kolbo teorijos; 2) tipologija buvo pradėta taikyti pradinuose šios disertacijos tyrimuose ir siekiant išlaikyti nuoseklumą, nebuvo keičiama; 3) pagal Cassidy (2004) (Cassidy, 2004), tipologija sudaryta remiantis principu, kad MSt pasireiškia lanksčiai, o poreikiai – stabilūs.

Toliau trumpai pateikiami visų MSt aprašai pagal Honey ir Mumford (1992) modelį (17 pav.).



17 pav. Honey ir Mumford (1992) mokymosi stiliaus modelis

Aktyvistas – jiems patinka išbandyti ką nors nauja ir jie noriai dalyvauja eksperimentuose. Jie atviri, neskeptiški ir kupini entuziazmo. Jų filosofija: „aš pabandysiu viską padaryti“. Tokie besimokantieji linkę pirma veikti ir tik paskui analizuoti pasekmes. Kai tik susijaudinimas atlikus užduotį nuslūgsta, jie pradeda nekantriai laukti naujos užduoties. Jie iniciatyvūs kilus naujoms problemoms, bet vykdymas ir ilgalaikis naudojimas to, kas jau padaryta, jiems nusibosta. Jie labai komunikabilūs, nuolat įsitraukia į darbą su kitais žmonėmis, tuo pat metu mėgindami sukoncentruoti visą veiklą savo rankose.

Pragmatikas – entuziastingai išbando idėjas, teorijas ir technikas, kad praktiškai nustatytų jų veiksmingumą. Jie ryžtingai ieško naujų idėjų, išnaudoja visas galimybes pritaikyti jas eksperimentuose. Jie mėgsta, greitai ir ryžtingai

įgyvendinti idėjas, kurios juos patraukia. Jie nekenčia ilgų apmąstymų ir begalinių diskusijų, tai praktiški, žemiški žmonės, kurie mėgsta priimti konkrečius sprendimus ir spręsti problemas. Jų filosofija: „Visada yra geresnis būdas“ ir „Jeigu tai veikia – tai yra gerai“.

Stebėtojas – stebėtojas stengiasi būti mažiau aktyviu, kad turėtų galimybę apgalvoti situaciją ir panagrinėti ją įvairiais požiūriais. Nuodugniems apmąstymams jie naudoja savarankiškai sukauptus ir iš kitų žmonių gautus duomenis. Tai, paskendę apmąstymuose žmonės, siekiantys išnagrinėti visus niuansus ir potekstes, o tik paskui imtis veiklos. Jiems patinka aptarimų ir pasitarimų metu stebėti kitų veiksmus, klausytis jų ir suvokti diskusijos esmę. Jiems jų pačių veiksmai – tai dalis plataus paveikslo, apimančio praeitį ir dabartį, jų pačių ir kitų žmonių stebėjimą.

Teoretikas – remdamasis stebėjimais ir patirties refleksija, formuoja kartais gana sudėtingas, bet logikos požiūriu korektiškas teorijas. Jie vadovaudamiesi logika problemas nagrinėja etapais. Sujungia pavienius faktus ir stebėjimus į darnias teorijas, siekia tobulumo ir nenurimsta, kol visi duomenys nebūna klasifikuoti ir įtraukti į racionalią schemą. Jiems patinka analizės ir sintezės procesas, sekasi kurti fundamentinius spėjimus, teorijas, modelius ir sisteminių mąstymą. Jie stengiasi būti nešališki, analizuoti ir laikytis racionalaus objektyvizmo. Jų požiūris į problemas grindžiamas logika.

Daugelis autorių tyrinėja ir bando sudaryti tiesiogines atitiktis tarp besimokančiojo mokymosi stiliaus ir mokomosios medžiagos. Tačiau tokia metodologija sunkiai realizuojama realiame pasaulyje, nes nusakant tiesioginę mokymosi stiliaus įtaką mokymosi procesui tiesine funkcija suprastinami realybėje esantys besimokančiųjų elgesio, atsižvelgiant į mokymosi stilius, modeliai, todėl sukurti modeliai nepasitvirtina taikant juos praktiškai.

Toliau darbe, sudarant besimokančiojo profilio mokymosi stiliaus kaip poreikių rodiklius remiamasi prielaida, kad kuo tikslesnė informacija žinoma apie besimokančiojo MSt, tuo tiksliau atliekamas personalizavimas, todėl kiekvieno

besimokančiojo mokymosi stiliaus kintamąjį sudaro keturi nepriklausomi požymiai $\{w_1, w_2, w_3, w_4\}$, kiekvienas jų žymi, konkretaus mokymosi stiliaus proporciją. Tokiu būdu mokymosi stilius aprašomas daugiakriteriniu pavidalu (Žilinskienė & Kubilinskienė, 2012). (6 lentelė)

6 lentelė. Besimokančiųjų mokymosi stiliai ir jų įverčiai

Besimokantysis	Aktyvistas	Pragmatikas	Stebėtojas	Teoretikas
	(w ₁)	(w ₂)	(w ₃)	(w ₄)
B ₁	0.6	0.3	0.0	0.1
B ₂	0.0	0.7	0.3	0.1
⋮				
B _k	0.0	0.1	0.2	0.8

Kadangi mokymosi stiliui nustatyti paprastai naudojami klausimynai, buvo tirta, ar pagal lietuvių kalbai pritaikytą (2 priedas) 40 klausimų MSt nustatymo klausimyną skiriasi skirtingų MSt atstovų elgesys mokymosi sistemoje. Buvo nustatyta, kad egzistuoja statistiškai reikšmingas skirtumas tarp skirtingų Mst atstovų elgesio mokymosi sistemoje. Atlikto tyrimo aprašas pateikiamas 4.1.2 skyrelyje.

Daroma prielaida, kad besimokantysis siekia konkretaus tikslo T (pvz., išlaikyti testą, egzaminą ar pan.), kurio pasiekimą lemia jo MSt. Tikslas apibrėžiamas kaip priklausomybė nuo MSt kriterijaus: $T = \{Mst\}$. Vadinasi, kiekvienas besimokantysis yra aprašomas svorių aibe. Tačiau, priešingai nei kituose darbuose, šiame darbe siūloma įvesti mokymosi stiliaus daugiakriterinį aprašą, kai besimokančiojo mokymosi stilius yra daugiakriterinė aibė $B = Mst(\{w_1, w_2, w_3, w_4\})$, o $\{w_1, w_2, w_3, w_4\}$ yra MSt reikšmės.

3.2 Problemos formulavimas

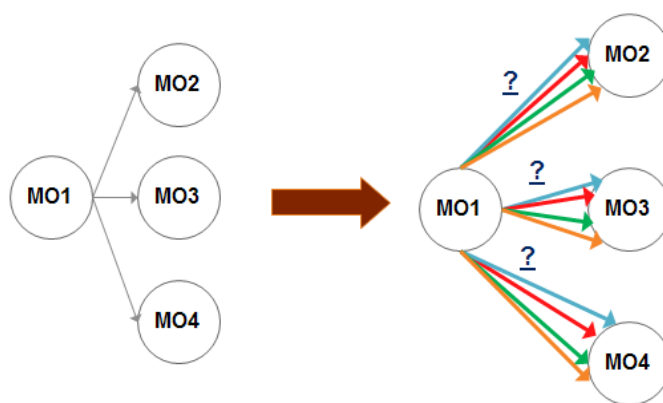
Toliau pristatoma SKO algoritmo modifikavimo metodika, pagal kurią personalizuojamas MM. Metodika apima originalaus SKO metodo praplėtimą ir pritaikymą MM personalizavimo uždaviniui spręsti. Pagrindinis metodo principas vadinamas netiesiogine socialine interakcija (R. Koper, 2005). Ji aprašo asinchroninę komunikaciją tarp dalyvių, pvz., skruzdėlės (šis terminas

naudojamas metaforiškai) naudoja cheminę medžiagą – feromonus – palikdamos pėdsakus nuo skruzdėlyno iki maisto šaltinio. Optimizavimo teorijoje siekiama sukurti metodus, kuriais galima būtų vertinti situaciją globaliai, t. y. surasti naudingumo funkciją, pagal kurią apskaičiuojamos reikšmės būtų lyginamos su turimomis ir išrenkamos optimalios. *Apačia-viršus* metodologija grįstuose kolektyvinės intelektikos metoduose, grupės dalyvis gali įvertinti situaciją tik konkrečioje aplinkoje, t. y. lokaliai. SKO metode nėra globalaus vertinimo – nė viena skruzdėlė nežino kaip gerai visas būrys veikia. Bendru atveju, feromonų komunikavimo metodas reiškia, kad sėkmingesni keliai bus labiau patrauklesni ir tai lems automatišką feromonų akumuliaciją. Iš to seka, kad populiacijos elgesys lems geriausiai tinkantį jiems elgesį – viskas bus atlikta lokaliame lygmenyje.

Todėl, daroma prielaida, kad kiekviena besimokančiųjų grupė, pasižyminti panašiomis savybėmis išskiria sau būdingą mokymosi kelią. Pagrindinė siūlomo metodo idėja – feromonai yra naujinami skirtingų MSt besimokantiesiems taip siekiant sukurti adaptyvų mokymosi stiliumi grįstą MK rekomendavimo metodą.

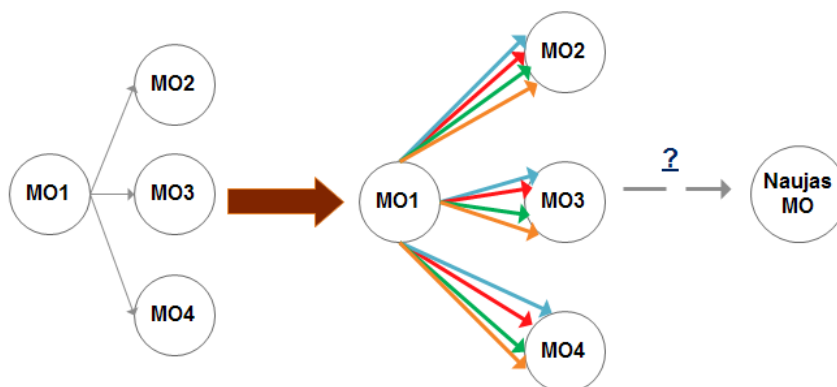
Toliau pateikiami SKO algoritmo funkcijų modifikavimo aprašai:

1. Algoritmo pritaikymas el. mokymo kontekste papildant jį daugiakriteriniu aprašu siekiant mokomojo kelio personalizavimo besimokantiesiems pagal jų mokymosi stilius (18 pav.).



18 pav. SKO modifikavimas personalizuoti mokomuosius modulius pagal mokymosi stilius

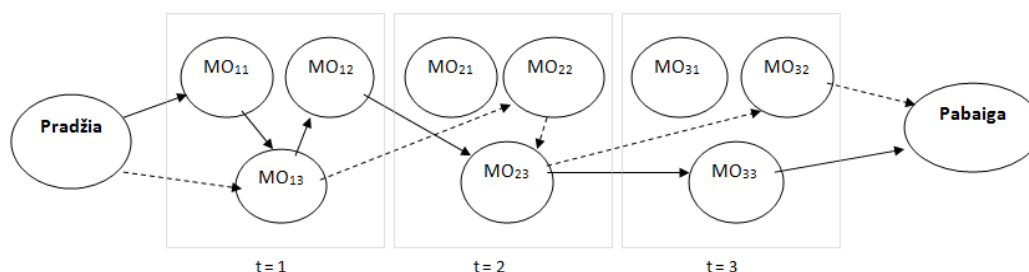
2. Algoritmo pritaikymas dinaminio MM atvejui (19 pav.). Darbe tiriamas tik vienas atvejis – naujo MO įterpimo atvejis.



19 pav. SKO modifikavimas personalizuoti dinaminio mokomojo modulio atveju

Toliau formaliai apibrėžiami šie elementai: mokomasis modulis, mokymosi kelias, dinaminis mokomasis modulis, besimokantysis, besimokančiojo rezultatai, besimokančiojo mokymosi trukmė, optimizavimo problema.

Mokomasis modulis – $MM_T(MO_{ij})$, $i=1, \dots, n$, $j=1, \dots, m$, pilnai jungusis grafas $G(V, B)$, V – viršūnių skaičius (šiam darbe traktuojamas kaip MO), B – briaunų skaičius (šiam darbe traktuojamas kaip MK dalis). Dvi viršūnės modelyje V_p ir V_g (V_p, V_g) identifikuojamos kaip pradinė ir galutinė viršūnės, atitinkamai – V_p ir V_g yra MO (20 pav.).



20 pav. Sprendinio konstravimas

Dinaminis mokomasis modulis – mokymosi modulis, kurio komponentai laikui bėgant gali kisti.

Besimokantysis – $B = Mst(\{w1, w2, w3, w4\})$, kur $\{w1, w2, w3, w4\}$ mokymosi stilių reikšmės. Besimokančiojo mokymosi rezultatai – BM_R . Besimokančiojo mokymosi trukmė – BM_{TR} .

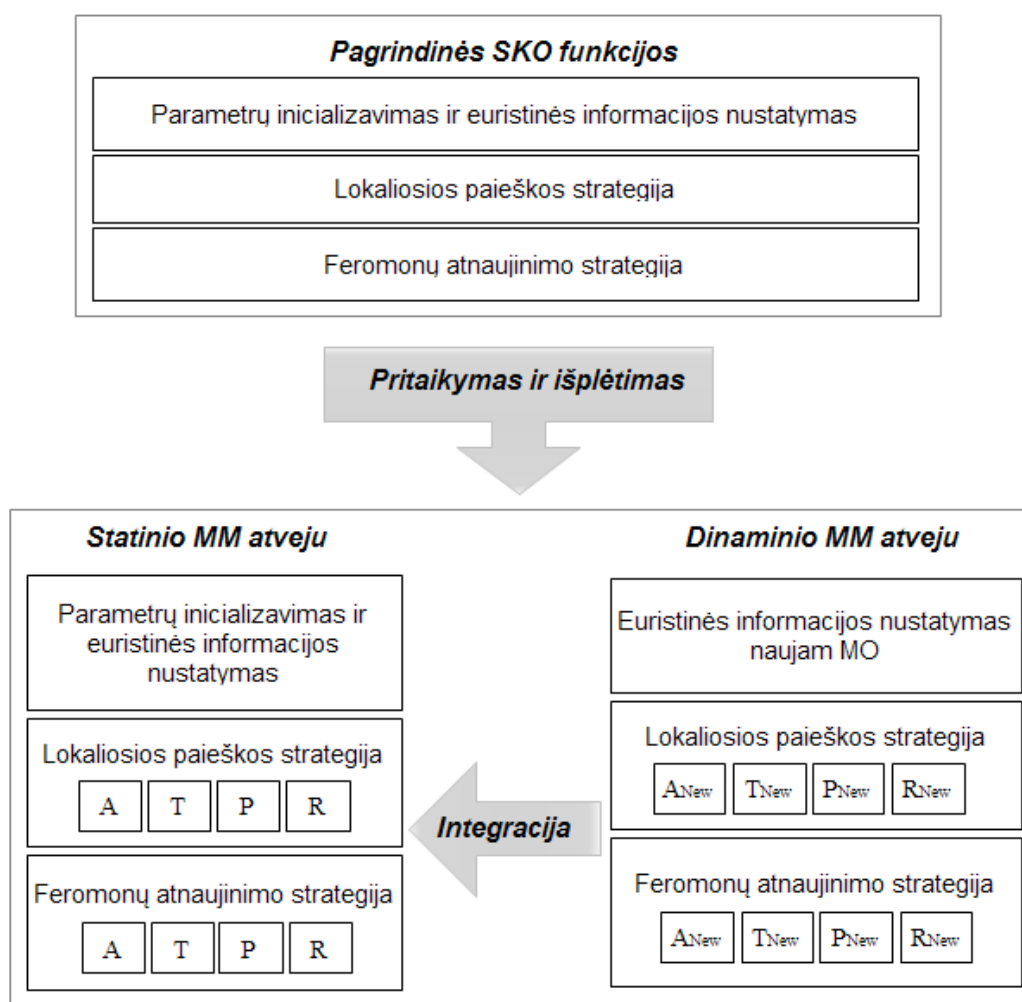
Mokymosi kelias – aibė $MK (V_p, MO_{11}, \dots, MO_{nm}, V_g)$, kur MO_{ij} – MO pasirinkti konkretaus besimokančiojo, $i=1, \dots, n, j=1, \dots, m$.

Optimizavimo uždavinys – MM_T rasti tokį kelią MK_{opt} nuo viršūnės V_p iki viršūnės V_g , kuris tenkintų tokias sąlygas:

1. $\min BM_{TR}$ (minimizuoti besimokančiojo mokymosi trukmę),
2. $\max BM_R$ (maksimizuoti besimokančiojo mokymosi rezultatus).

3.3 Adaptyvus mokomojo modulio personalizavimo metodas

Siekiant sukurti metodą, sprendžiantį 3.2 skyrelyje aprašytą problemą, modifikuojamos šios SKO funkcijos: euristinės informacijos, feromonų naujinimo (statiniu ir dinaminu MM atvejais) ir lokalsios paieškos (21 pav.).



21 pav. SKO funkcijų modifikavimas ir išplėtimas

Remiantis pateikta SKO metode esančių funkcijų modifikavimo ir praplėtimo schema (21 pav.), toliau aprašoma kiekviena iš modifikuojamų SKO funkcijų. Pagrindinė šio metodo idėja – feromonai yra naujinami skirtingų Mst besimokantiesiems taip siekiant sukurti adaptyvų mokymosi stiliumi grįstą MK rekomendavimo metodą.

3.3.1 Euristinės funkcijos sudarymas

Šioje stadijoje inicializuojami pradiniai parametrai: euristinė informacija η_{rs} , α , β ir „garavimo“ greičio parametrai (angl. *evaporation rate*) ρ . Kiekvienas MO yra priskirtas konkrečiam laiko vienetui (angl. *time slot*) t , kuris, kaip buvo aprašyta 3.2 skyrelyje, gali atitikti pamoką, temą, paskaitą ir pan., kurioje mokymosi komponentai išdėstomi pagal norimas pedagogines taisykles: pagal laiką, pagal temas, pagal veiklas ir t. t. Toks MO išdėstymas suteikia loginę MM struktūrą, tačiau nenusako konkretaus mokymosi proceso būdingo konkrečiam besimokančiajam, be to, atitinka realius mokymosi proceso terminus: paskaita, pamoka ir pan.

Kiekviename mokymosi vienetė turi būti bent keletas MO alternatyvų tam pačiam tikslui pasiekti.

Euristinė informacija η_{rs} išreiškia numanomą perėjimo nuo r -ojo MO prie tolesnio s -ojo MO taisyklę ir yra apibrėžiama taip:

$$\eta_{rs} = \frac{1}{e^{|\Delta t|}} \quad (6)$$

Δt yra laiko vienetų skirtumas tarp r -ojo ir s -ojo MO. Tokiu būdu aprašyta euristinė informacija apibrėžia korektišką tolesnio MO pasirinkimo tikimybę, kuri yra išdėstoma ant briaunų B (tikslumo dėlei jungtys toliau žymimos $arc(r, s)$).

Eksponentinė funkcija pasirinkta todėl, kad būtų skatinamas nuoseklus palaipsninis perėjimas nuo vieno laiko vieneto prie kito: t. y. nuo pirmosios

temos prie antros, nuo antros prie trečios, bet ne nuo pirmos prie, pvz., dvyliktos ir t. t.

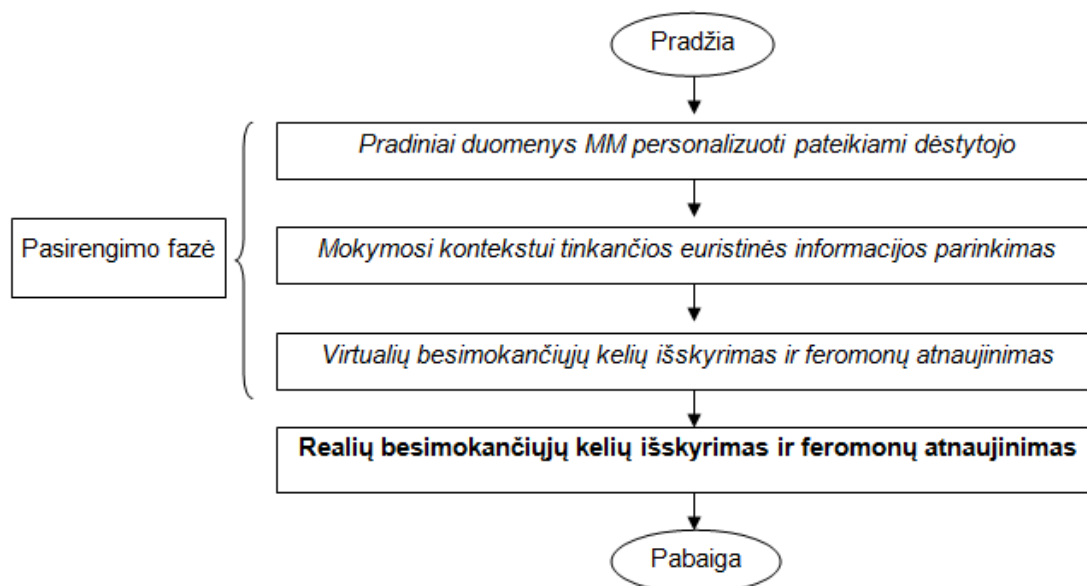
Parametrai α ir β apibrėžia paliekamų feromonų kelių ir euristinės funkcijos svarbą. Bendru atveju, turi būti nustatyti abu parametrai, α ir β nelygūs nuliui, kur didesnės α reikšmės lemia didesnę tikimybę skruzdėlei pasirinkti kitų skruzdėlių sudarytą kelią, tokiu būdu intensyvinant skruzdėlių kooperaciją. Kuo didesnė parametro β reikšmė, tuo svarbesnė euristinės informacijos funkcija.

Euristinė informacija pateikta anksčiau 6 formule yra automatiškai išdėliojama mokomojo modulio struktūroje. Kitas euristinės informacijos išdėliojimas gali būti išdėstomas atsižvelgiant į konkretų kontekstą, pedagogines taisykles ir reikalavimus, pvz., kuri mokomoji medžiaga yra privaloma, kuri ne, t. y. parenkamas ekspertų, tokiu būdu suderinant ekspertines (pvz., mokytojų, dėstytojų) su automatiškai parenkama euristine informacija. Remiantis pedagoginiais kriterijais, ekspertai gali išdėlioti euristinę informaciją keliais būdais:

1. Ekspertai remdamiesi savo patirtimi pažymi svarbią medžiagą: pasirenka, kurie MO yra svarbūs.
2. Ekspertai remdamiesi savo patirtimi pažymi MM mokymosi kelią, kuris turėtų būti, jų nuomone, efektyviausias.
3. Ekspertai remdamiesi savo patirtimi pažymi svarbią medžiagą įvertindami ją iš besimokančiojo pozicijų pagal MSt.
4. Ekspertai remdamiesi savo patirtimi pažymi MM mokymosi kelią įvertindami jį iš besimokančiojo pozicijų pagal MSt.

Paskutiniems būdams įgyvendinti gali būti pasitelkiami ekspertinio vertinimo metodai (Eugenijus Kurilovas & Zilinskiene, 2013).

Bendruoju atveju, kuo tikslesnė ir objektyvesnė euristinė informacija pateikiama mokomajame modulyje, tuo greičiau ir tiksliau įvykdomas mokymosi kelio personalizavimas. Jau buvo pastebėta, kad, kaip ir daugeliui kitų, kolektyvine intelektika grįstų metodų algoritme svarbi veikimo pradžios problema (angl. *cold start*). Todėl, remiantis aukščiau pateiktomis galimybėmis išdėstyti euristinę informaciją MM siūloma tokia mokymo pradžios gerinimo schema apimanti tris žingsnius (22 pav.): 1) Dėstytojas pažymi tinkamus pagal pasirinktus kriterijus mokomuosius objektus atsižvelgdamas į mokymosi kontekstą. 2) Parenka euristinės informacijos išdėliojimą, strategiją. 3) Kadangi pirmieji besimokantieji apsilankę mokomajame modulyje lemia kitų elgesį, tikslinga būtų, kad pirmieji apsilankę MM būtų patys geriausiai, tokiu būdu palikdami kokybiškus pėdsakus apie jiems tiksius mokomuosius objektus. Visi šie aspektai, susiję su euristinės informacijos išdėstymu lemia greitesnį algoritmo mokymą ir greitesnį personalizavimo procesą.



22 pav. Metodo veikimo pradžios efektyvinimo schema

Remiantis literatūros analize ir atliktais empiriniais (bandymų klaidų metodu) tyrimais nustatyta, kad parametrai turi svarbią įtaką algoritmo veikimui. Darbe nėra tirta parametrų optimizavimo problema.

3.3.2 Sprendinio konstravimas dinaminių mokomųjų modulių atveju

MM, kurio komponentės laikui bėgant keičiasi vadinamas dinaminis MM, t. y. jame esančių viršūnių aibė gali kisti: atsirasti nauji MO, pašalinti seni, apjungti, išskaidomi MO. Iš esmės galimi trys variantai MM keisti:

1. Nauji MO pridedami arba modifikuojami. Įterpus naują elementą arba kai modifikuojamas esamas, kyla problema kaip akumuliuoti daugiau informacijos apie jo tinkamumą konkrečiam mokymosi stiliui, t. y. kaip pritraukti besimokančiuosius (skruzdėles SKO terminais) aplankyti juos ir kaip išsaugoti feromonus sugeneruotus iki įvykusios modifikacijos. Idėja, siūloma darbe, grindžiama prielaida, kad MO mokymosi keliuose yra keičiami arba modifikuojami į kokybiškesnius (t. y. interaktyvesni, ir pan.). Atitinkamai, atliktos modifikacijos suteikia galimybę mokytis kokybiškiau (efektyviau). Kalbant SKO terminais, egzistuoja ryšiai tarp esamų MO ir informacijos, kuria remiantis atliekama rekomendacija, nuo kurio MO pereiti prie kito MO. Taigi, naujas MO neturi jokios informacijos, susietos su kitais MO. Dėl to, įterpus naują MO, visi ryšiai turi būti peržiūrėti, atsiradę nauji ryšiai pridedami ir siekiant efektyvesnio naujojo MO aprobavimo, turi būti įvestas naujas parametras „naujas parametras“ siekiant patraukti besimokančiuosius link savęs ir validuoti atliktas MM modifikacijas.
2. Esantis elementas yra pašalinamas. Kai pašalinamas egzistuojantis MO, visi su juo susieti sąryšiai yra pašalinami. Tai reiškia, kad visa sukaupta informacija prarandama. Problema, gali kilti tuomet, kai pašalinamas MO, turintis daug sukauptos informacijos ir dėstytojas turi būti informuojamas apie tai, nes gali būti pašalintas kokybiškas ir svarbus MO žvelgiant iš konkretaus besimokančiojo MSt perspektyvos.
3. Keletas MO yra sujungiami arba išskaidomi. Kartais yra prasminga sujungti arba išskaidyti MO (Drasute V., et al., 2011). Atitinkamai, informacija sukaupia ant su šiais objektais susijusių jungčių taip pat turi

būti perskaičiuojama. Šiuo atveju, kai elementas yra apjungiamas gali būti suteikiama maksimali sukauptų feromonų dalis. Kai MO išskaidomas, sukaupta feromonų dalis išdėstoma ant atsiradusių jungčių vienodomis dalimis.

SKO metodas praplečiamas žemiau aprašomomis strategijomis ir grindžiamas Guntsch & Middendorf (2001) darbais, kuriuose buvo tiriamos SKO modifikavimo strategijos dinaminiam keliaujančio pirklio uždaviniui spręsti.

3.3.3 Globalios feromonų atnaujinimo strategijos modifikavimas

Siūlomame metode globalios feromonų atnaujinimo strategijos grindžiamos trimis sąlygomis:

1. Skruzdėlė palieka feromonus tik tada, jei pabaigusi kelią ji gauna gana gerą rezultatą, kuris, priklausomai nuo konteksto, gali būti skirtingas: $S > S_{geras pažymys}$. Tai daroma tam, kad būtų paliekami tik kokybiški feromonai, t. y. neakumuliuojami feromonai generuojantys blogus mokymosi rezultatus.
2. $S_{geras pažymys}$ reikšmė gali būti nurodyta dėstytojo.
3. Kiekviena skruzdėlė pagal 1 sąlygą palieka feromonus priklausomai nuo mokymosi stiliaus ir mokymosi rezultatų.

Todėl, modifikuojama feromonų atnaujinimo strategija, kurią sudaro taisyklė apimanti nugaravusių feromonų (7 formulės antrąja taisykle apibrėžiamas feromonų nugarinimas kiekviename kiekvieno mokymosi stiliaus kelyje) ir naujųjų skruzdėlės k paliktų feromonų kiekius, kurie paliekami ant šios skruzdėlės aplankytyjų briaunų ir apskaičiuojami padauginant skruzdėlės mokymosi stiliaus santykinę reikšmę iš gauto mokymosi rezultato skirtumo (7 formulės pirmąja taisykle nusakomas feromonų pridėjimas ant to kelio, kurį praėjo skruzdėlė ir pasiekė gerą mokymosi rezultatą).

Formulėse ρ yra feromonų nugaravimo laipsnis, kuris yra vienas iš SKO parametrų. Jis nurodo, kaip greitai egzistuojantys feromonai nugaruoja nuo

MK. Feromonų kelio intensyvumas τ_{rs} išreiškiamas per santykinį svorį tarp viršūnės r ir viršūnės s .

Feromonų atnaujinimo strategija statinio MM atveju:

$\forall l, w_l$ – mokymosi stilius, $l=1, \dots, 4$.

1) jei $rs \in$ praeitam keliui ir (7)

$$\text{jei } S \geq S_{\text{geras pažymys}}, \tau_{rs}^l(t) = \rho \tau_{rs}^l(t-1) + w_l \Delta S,$$

$$\Delta S = S - S_{\text{geras pažymys}}$$

2) kitu atveju $\tau_{rs}^l(t) = \rho \tau_{rs}^l(t-1)$

Feromonų atnaujinimo strategija dinaminio MM atveju:

$\forall l, w_l$ – mokymosi stilius, $l=1, \dots, 4$.

1) jei $rs \in$ praeitam keliui ir (8)

$$\text{jei } S \geq S_{\text{geras pažymys}}, \tau_{rs}^l(t) = \rho \tau_{rs}^l(t-1) + w_l \Delta S,$$

$$\Delta S = S - S_{\text{geras pažymys}}$$

2) kitu atveju $\tau_{rs}^l(t) = \rho \tau_{rs}^l(t-1)$

3) ant praeito kelio, $\psi_{rs}^l(t) = \psi_{rs}^l(t-1) - (1 - \rho_{\text{naujas komponentas}}) w^l \psi_{rs}^l(t-1),$

Dinaminio MM atveju feromonų atnaujinimo strategija apima tris taisykles:

- 1) pirmoji taisyklė apibrėžia pridedamų feromonų kiekį ant viso naujojo kelio, kurį praėjo skruzdėlė ir pasiekė gerą mokymosi rezultatą, tik su skirtingu feromonų nugaravimu.
- 2) antroji taisyklė aprašo nugarinamus feromonus lokaliai kiekvienoje kiekvieno mokymosi stiliaus naujojo kelio dalyje, analogiškai kaip ir statinio MM atveju, tik čia nugarinimas vyksta ir senuose, ir naujuose keliuose.
- 3) trečioji taisyklė dinaminio MM atveju aprašo „naujo komponento“ feromonų kiekio ψ_{rs} skaičiavimo ir pridėjimo sąlygas. Ši taisyklė taikoma tol, kol neišgaruoja „naujo komponento“ feromonas.

Nugarinimas turi būti atliekamas pagal besimokančiojo MSt rinkinį. Tarkime, jei teoretikams netinka įterptas naujas komponentas, t. y. perėję šį komponentą jie negavo naudos (nepagerino mokymosi rezultato), tai teoretikų kelias būtų „nugarinamas“, o jei praktikams tiko – pasiliktu. Feromono „nugarinimas“ atliekamas dėl naujo nugarinimo parametro $\rho_{\text{naujas komponentas}}$ ir atliekamas pagal besimokančiojo mokymosi stilius grindžiamas idėja, kad jei komponentą aplankė besimokantysis su stipriai išreikštu mokymosi stiliumi ir pagerino mokymosi rezultata, tai jis nuo naujojo kelio nuima daug „naujo komponento“ feromono, kuris pamažu pakeičiamas įprastu feromonu. Jei komponentą aplankė besimokantysis su silpnai išreikštu mokymosi stiliumi ir pagerino mokymosi rezultata, tai jis nuo naujojo kelio nuima mažai „naujo komponento“ feromono.

Pasiūlyta strategija siekiama pagrindinio tikslo: patraukti besimokančiuosius nuo šalia egzistuojančių MO prie naujojo MO siekiant patikrinti jo tinkamumą atitinkamiems MSt besimokantiesiems.

3.3.4 Lokalių paieškos strategijos modifikavimas

Kiekviename žingsnyje skruzdėlė, kalbant SKO terminais, atlieka tikimybę grįžtą veiksmą siekdama nuspręsti, kurią viršūnę lankyti toliau. Pagal bendrąją tikimybinę taisyklę tikimybė pasirinkti konkrečią jungtį $arc(r, s)$ didėja didėjant feromonų kiekiui τ_{rs} ir euristinės informacijos η_{rs} reikšmėms. Remiantis pasiūlytomis sąlygomis ir modifikuotomis taisyklėmis, metodui realizuoti, tikimybinis sprendimas atliekamas taip: skruzdėlė k esanti viršūnėje n renkasi kitą viršūnę s į kurią judės, jei $q \leq q_0$,

$$p_{ns}^k = \begin{cases} 1, & \text{if } s = \arg \max_{u \in N_k(n)} \left\{ \sum_{l=1}^4 (\alpha w_l \cdot \tau_{nu}^l + \gamma w_l \psi_{nu}^l) + \beta \eta_{nu} \right\} \\ 0, & \end{cases} \quad (9)$$

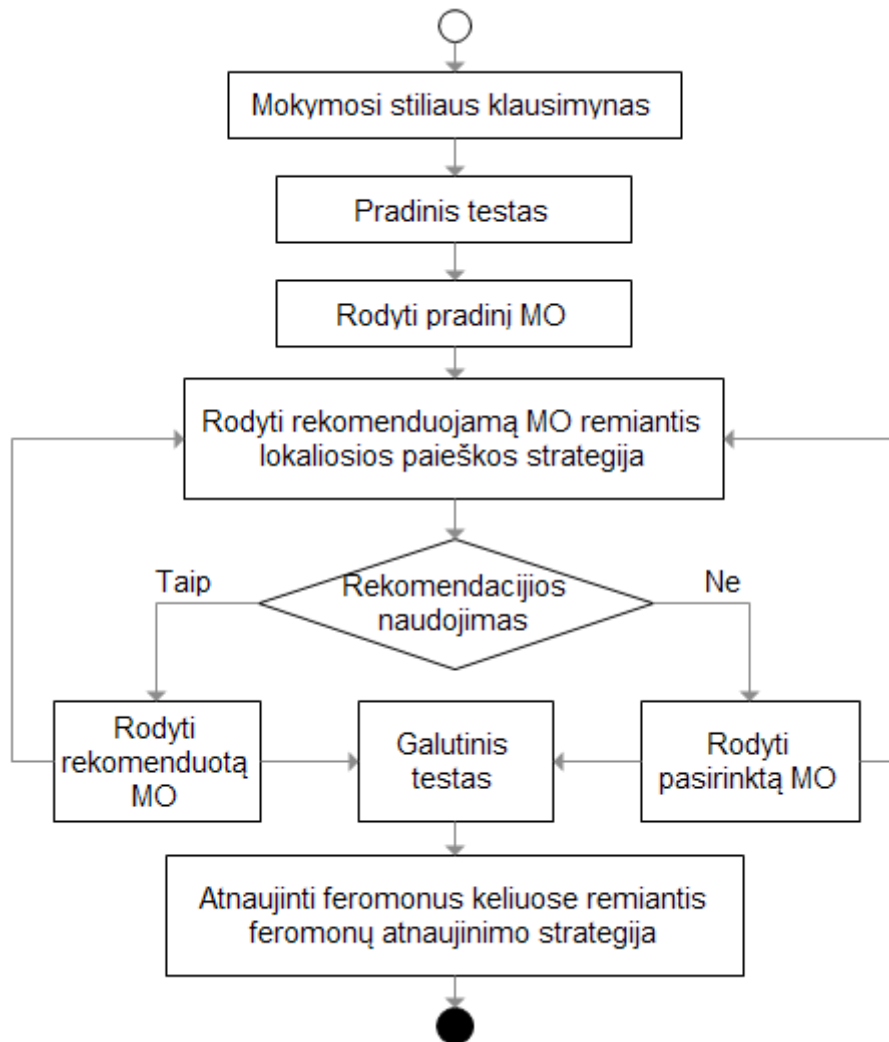
priešingu atveju:

$$p_{ns}^k = \frac{\sum_{l=1}^4 (\alpha w_l \tau_{ns}^l + \gamma w_l \psi_{ns}^l) + \beta \eta_{ns}}{\sum_{\mu \in N_n^k} \left(\sum_{l=1}^4 (\alpha w_l \tau_{n\mu}^l + \gamma w_l \psi_{n\mu}^l) + \beta \eta_{n\mu} \right)}, \text{ jei } s \in N_k(n) \quad (10)$$

ψ_{ns} , $\psi \in (0,1)$. ψ_{ns} – yra „naujo komponento“ feromonas, pasiūlytas modelyje siekiant inicijuoti skruzdėles (besimokančiuosius) aplankyti naują ar modifikuotą MO. Tai suteikia galimybę surinkti grįžtamąjį ryšį apie įterptąjį MO ir jo tinkamumą naujam optimaliam sprendiniui – naujam mokymosi keliui pagal mokymosi stilius. Taigi, „naujo komponento“ feromonai modeliuojami taip, kad MO aplankytų keli skirtingų MSt besimokantieji ir jei įterptas MO buvo naudingas, besimokantieji palieka MSt feromonų siekiant pažymėti naująjį optimalų kelią.

Žvelgiant iš besimokančiojo perspektyvos, metodu įgalinamas MM personalizavimas rekomenduojant jo komponentus, o kartu sudarant ir personalizuotą MK mokomajame modulyje (23 pav.). Besimokantysis atlieka būtinus veiksmus, pvz., prisiregistruoja, užpildo anketas, išsprendžia testą, kol patenka į pradinį MM komponentą. Atsižvelgiant į besimokančiojo profilį metodas pradeda rekomenduoti tolesnius MM komponentus, pvz., MO. Besimokantysis gali arba naudotis rekomendacijomis, arba ne. Pagal 2.2.2 skyrelyje atliktą literatūros analizę, šis būdas pagal Knutov ir kt. (2009) grindžiamas vienu iš adaptyvaus naršymo metodų grupių– adaptyviu naršymu, kuriuo besimokančiajam teikiama „neagresyvi“ pagalba mokymosi metu, t. y. besimokantysis sprendžia pats, kaip mokytis ir ką naudoti mokomajame modulyje.

Siekiant ištirti ar pasiūlytas metodas leidžia suformuoti besimokantiesiems personalizuotus mokymosi kelius pagal mokymosi stilius ir SKO galima pritaikyti dinaminių mokomųjų modulių personalizavimui buvo atlikti du kompiuteriniai eksperimentai, kurie aprašomi tolesniame skyrelyje.



23 pav. Metodu realizuojamos funkcijos besimokančiojo atžvilgiu

3.4 Kompiuteriniai eksperimentai ir jų rezultatai

Kompiuteriniai (virtualūs) eksperimentai gali būti pagalbiniė priemonė ir būdas tirti realaus pasaulio reiškinius, kurie dažnai yra sudėtingi ir kompleksiniai. Realių eksperimentų kūrimas, įgyvendinimas, testavimas ir peržiūra dažnai yra brangus procesas, todėl prieš išbandant įvairias teorijas realiame kontekste dažnai taikomi kompiuteriniai eksperimentai. Eksperimentiniai tyrimai su besimokančiaisiais reikalauja itin didelio pasirengimo, kadangi šie tyrimai negali būti paprastai pakartojami arba įgyvendinti bet kuriuo laiku. Kita vertus, vykdant kompiuterinius eksperimentus išvengiama kai kurių etinių ir praktinių apribojimų kylančių realiuose eksperimentuose. Skirtingai nuo pastarųjų, kompiuterinio simuliacinio eksperimentuose išvengiama realių dalyvių priežiūros ir galima sudaryti griežtas eksperimentines sąlygas. Taip pat įgalina

pakartoti tyrimus su sintetiniais duomenimis, tačiau turi apribojimą, nes neužtikrina tiesioginio kompiuteriniais eksperimentais gautų rezultatų perkėlimo į realų kontekstą.

1 kompiuterinis eksperimentas

Pirmojo kompiuterinio eksperimento tikslas – patvirtinti pirmojo ginamojo teiginio pirmąjį aspektą:

Skrudžių kolonijos optimizavimo algoritmas yra taikytinas statinių mokomųjų modulių personalizavimui suformuojant personalizuotus mokymosi kelius grįstus besimokančiųjų mokymosi stiliais.

Siekiant ištirti ar pasiūlytas modelis leidžia suformuoti besimokantiesiems personalizuotus mokymosi kelius pagal jų mokymosi stilius, buvo sukurta simuliacinė programa ([3 priedas](#)) realizuojanti ankstesniuose skyriuose aprašytą metodą. Programa buvo sukurta *Java* programavimo kalba naudojant *Swing* bibliotekas ir pasiūlyto SKO metodo realizaciją *Java* kalba. Eksperimento metu kuriamos virtualios skrudėlės modeliuojančios besimokančiuosius. Besimokantieji „mokosi“ sukurtame virtualių mokomųjų objektų lauke – mokomajame modulyje. MO pažymimi pagal tinkamumą įvairiems mokymosi stiliams. Pagal pasiektus rezultatus besimokantieji palieka feromonų pėdsakus. Suformuoti feromonų pėdsakai atvaizduojami ekrane naudojant *GraphViz*² programinę įrangą. Aprašomame kompiuteriniame eksperimente vertinimo funkcija yra iš anksto apibrėžiama per MO tinkamumą konkretiems mokymosi stiliams. Toliau pateikiamas kompiuterinio eksperimento įgyvendinimo aprašas.

Virtualūs besimokantieji

Simuliacinėje aplinkoje generuojami virtualūs besimokantieji su skirtingais mokymosi stiliais, t. y. kiekvienam virtualiam besimokančiajam priskiriant 2 mokymosi stilius su atsitiktinai priskirtu svoriu [0,0; ...; 1,0], 3.1.3 skyrelyje

² <http://www.graphviz.org/>

aprašytu būdu. Buvo pasirinkti tik 2 mokymosi stiliai dėl MK atvaizdavimo įgyvendinamumo. Tyrimui buvo generuojami ne visų MSt virtualūs besimokantieji, bet turintys du labiausiai išreikštus MSt požymius, t. y. tos reikšmės, kurios yra dominuojančios, o nedominuojančios buvo konvertuojamos į nulius. Pvz., aktyvistai simuliacinėje sistemoje buvo žymimi raudonai, pragmatikai – mėlynai. Kiekvienas besimokantysis praėjęs mokymosi kelią gaudavo galutinį įvertinimą, kuris remdamasis aprašytu metodu, palikdavo arba nepalikdavo pėdsako kitiems besimokantiesiems. Galutinis vertinimas V_G skaičiuojamas kaip santykis tarp besimokančiojo surinktų balų (faktinio vertinimo V_F) ir maksimalaus šiam besimokančiajam galimo balo (teorinio vertinimo V_T) – $V_G = \frac{V_F}{V_T}$. Kiekvienam besimokančiajam kelių perrinkimo būdu buvo apskaičiuotas jam naudingiausias kelias, t. y. surasta maksimali V_T reikšmė.

Mokymosi medžiaga

Pagal 3.1.2 skyriuje aprašytą MM struktūrą sukuriama virtuali mokymosi aplinka, kurioje MO išdėstyti 6 laiko vienetais (24 pav.): 1 laiko vienetas: įvadinis MO – edukologine prasme atitinka mokomojo dalyko aprašus, keliamus tikslus ir reikalavimus; 2 laiko vienetas: 2 MO, kurie pažymimi MO₁₁ ir MO₁₂; 3 laiko vienetas: 3 MO, žymimi MO₂₁, MO₂₂ ir MO₂₃; 4 laiko vienetas: 3 MO, žymimi MO₃₁, MO₃₂ ir MO₃₃; 5 laiko vienetas: 4 MO žymimi MO₄₁, MO₄₂, MO₄₃ ir MO₄₄; 6 laiko vienetas: paskutinis MO, kuriame besimokantysis gauna grįžtamąjį ryšį – vertinamas pažymiu.

Kiekvienas MO buvo pažymėtas naudingumo feromonu kiekvienam besimokančiojo mokymosi stiliui: kiekvienam MO priskiriamas tinkamumo mokymosi stiliui svoris. Ši prielaida grindžiama darbais, kuriuose teigiama, kad kiekvienam mokymosi stiliui būdingas konkretaus tipo MO (Magoulas, Papanikolaou, & Grigoriadou, 2003; N. Manouselis & Sampson, 2002; Kyparisia A. Papanikolaou, Grigoriadou, Kornilakis, & Magoulas, 2003). Taigi, simuliacinėje programoje buvo iš anksto pažymėti konkrečiam

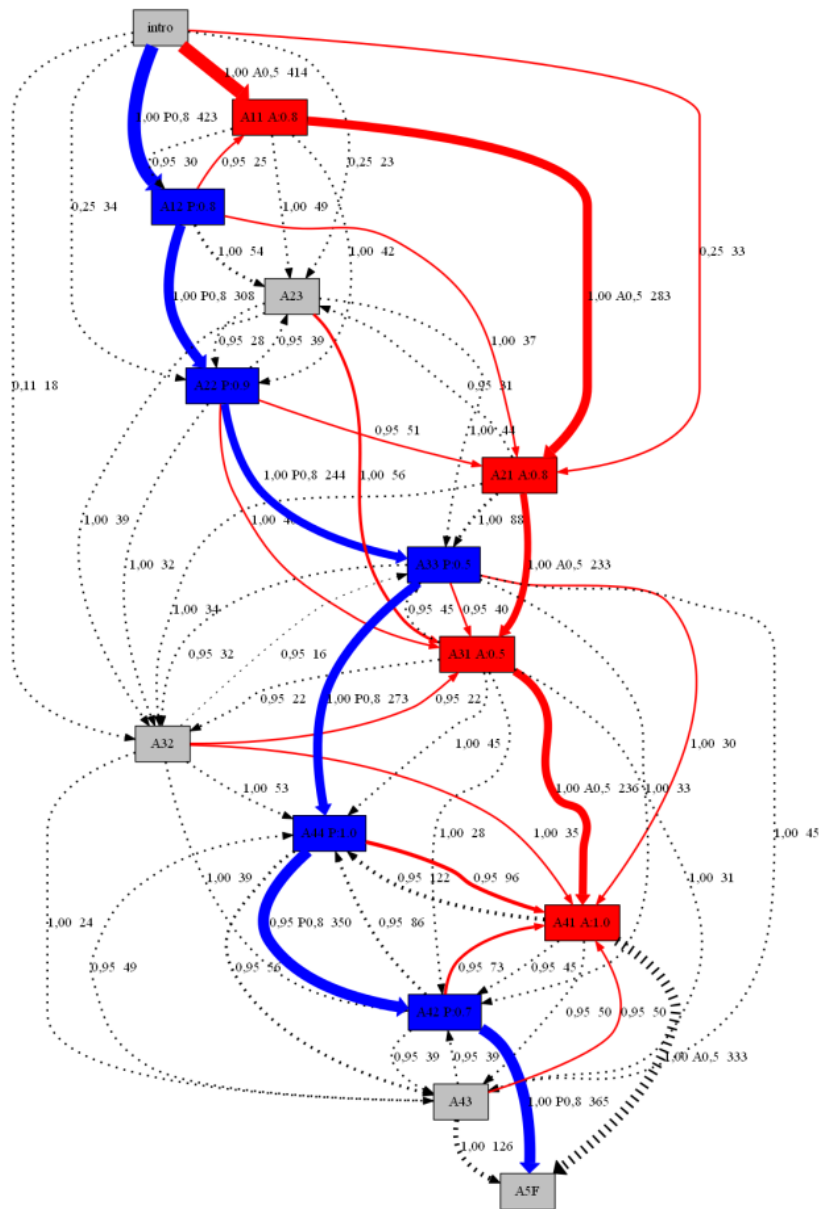
mokymosi stiliui naudingiausias kelias, t. y. toks kelias, kurį jis palankęs surinks didžiausią rezultatą – balą. Balai skaičiuojami atsižvelgiant į besimokančiojo MSt tipų svorius ir pasirinkto MO tinkamumą atitinkamiems mokymo stiliams. Kadangi naudoti tik dviejų tipų stiliai, virtualių besimokančiųjų keliai žymimi raudona ir mėlyna spalvomis. Tada generuojami virtualūs besimokantieji su konkrečiu MSt rinkiniu. Kiekvienas besimokantysis „leidžiamas“ per sukonstruotą mokymosi aplinką ir stebima visų „besimokančiųjų“ įtaka MK formavimuisi.

Tyrimo rezultatai

24 pav. pateikiamas pavyzdys, kaip atrodo besimokančiųjų su skirtingais MSt svoriais aplankyti MO – suformuoti MK – atvaizduojant atitinkamų feromonų pėdsakus atsižvelgiant į jų tipą bei kiekį. Raudona spalva žymimi aktyvistai, mėlyna – pragmatikai, juoda punktyrine linija žymimi keliai, kuriuos praėjo mažiau skruzdėlių nei nurodytas skaičius. Paveiksle greta kelių įrašyti skaičiai reiškia: pirmasis euristinės informacijos reikšmę, antrasis – besimokančiojo mokymosi stiliaus santykinę reikšmę, trečiasis rodo tuo keliu praėjusių besimokančiųjų skaičių.

Kompiuterinio eksperimento metu buvo nustatyta, kad naudojant aprašytą schemą SKO, algoritmas veikia, t. y. leidžia suformuoti besimokančiajam personalizuotus mokymosi kelius pagal mokymosi stilius, t. y. suranda pakankamai gerą sprendinį ir jį stabilizuoja, t. y. konverguoja. Gauti tyrimo rezultatai rodo, kad SKO gali būti taikomas MK personalizavimui statiniame MM.

Vykdamas eksperimentus pastebėta, kad siūlomo SKO metodo veikimas, jo efektyvumas priklauso nuo jame esančių parametrų reikšmių. Darbe nėra tirtas naudojamų parametrų optimizavimo uždavinys, o apsibrėžta šiomis parametrų reikšmėmis gautomis klaidų bandymų metodo taikymu:
 $\alpha = 0.7, \beta = 1.0, q_0 = 0.09, S_{geras pažymys} = 0.7, \rho = 0.9.$



24 pav. Feromonų palikimo pavyzdys (kompiuterinis eksperimentas)

2 kompiuterinis eksperimentas

Antrosios kompiuterinės simuliacijos tikslas – patvirtinti pirmojo ginamojo teiginio antrąjį aspektą:

Skrudžių kolonijos optimizavimo algoritmas yra taikytinas dinaminių mokomųjų modulių personalizavimui suformuojant personalizuotus mokymosi kelius grįstus besimokančiųjų mokymosi stiliais.

Kompiuterinio eksperimento tikslas – siekiant parodyti „naujo komponento“ feromonu ψ_{rs} praplėsto metodo taikymą 3.2 skyrelyje aprašytai problemai spręsti, buvo atlikti kompiuteriniai eksperimentai, kai įterpiami nauji MO. Eksperimentui atlikti buvo taikoma ta pati pirmajame eksperimente aprašyta virtuali mokymosi aplinka su virtualiais besimokančiais (taip pat generuojami besimokantieji, ta pati mokomojo modulio struktūra). Eksperimento metu buvo tiriama „naujo komponento“ feromono svorį lemiančio parametro γ įtaka naujų optimalių MK sudarymui. Taigi, manoma, kad parametro reikšmė γ lemia, kiek stiprus atraktorius bus naujas MO. Eksperimento metu pastebėta, kad „naujo parametro“ feromonai turi nugaruoti greičiau negu kiti feromonai, nes: 1) jei „naujo komponento“ feromonai užsilieka per ilgai įterptą MO pradeda lankyti per daug skruzdėlių (besimokančiųjų) ir jis tampa pagrindinio kelio dalimi, net jei sprendinys tampa neoptimalus; 2) „naujas komponentas“ turi būti suderintas su mokymosi stiliais, kadangi yra nežinomas įterptojo MO tinkamumas jų atžvilgiu ir keliamas tikslas atlikti kuo greitesnį MO tinkamumo besimokantiejiems pagal jų mokymosi stilius patikrinimą. Be to, greičiau nugaravus „naujo komponento“ parametru $\rho_{naujas\ komponentas}$ vis didesnę įtaką įgauna pagrindinis nugaravimo parametras ρ . Kompiuterine simuliacija buvo nustatytos šios algoritmo parametro reikšmės, kurių dalis buvo paimtos iš pirmosios simuliacijos ir papildytos nauju parametru $\rho_{naujas\ komponentas}$:

$$\alpha = 0.7, \beta = 1.0, q_0 = 0.09, S_{geras\ pažymys} = 0.7, \rho = 0.9, \rho_{naujas\ komponentas} = 0.8.$$

Sukonstruotoje aplinkoje ir priklausomai nuo aplankytų MO virtualieji besimokantieji atsižvelgiant į jų MSt gauna pažymį, kuris skaičiuojamas dalijant gautą pažymį iš maksimalaus tam besimokančiajam iš anksto priskirto galimo gauti pažymio.

Apibrėžiamas Δ – iteracijų (realybėje atitiktų besimokančiųjų skaičių) skaičiaus skirtumas tarp dviejų eksperimentavimo fazių:

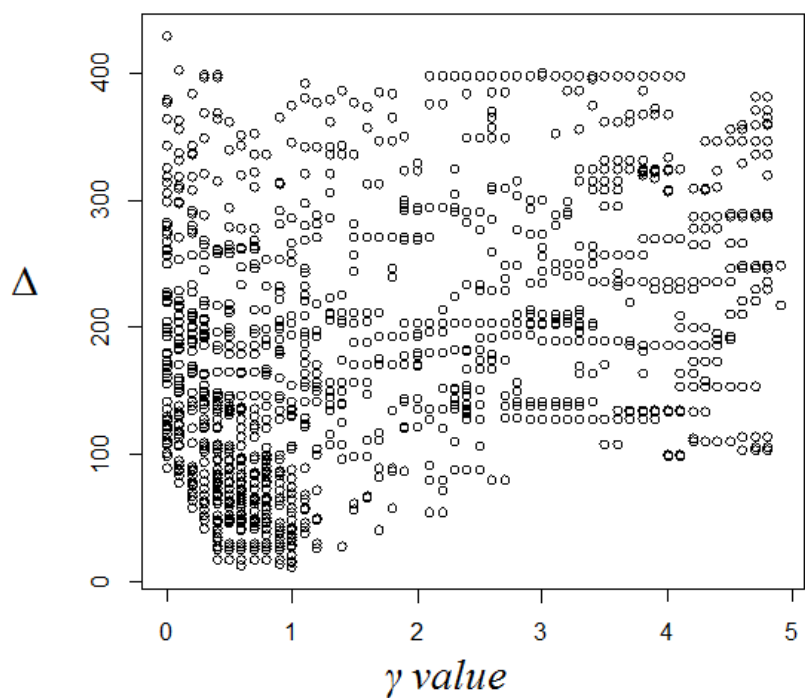
- 1) pirmoje fazėje, kai mokomajame modulyje nėra įterptas naujas MO, leidžiami virtualūs besimokantieji tol, kol gaunami geri mokymosi rezultatai (daugiau nei 16 virtualių besimokančiųjų iš paskutiniųjų 24 gauna pažymį didesnę nei 0,925, t. y. daugiau nei 70 proc. virtualių besimokančiųjų gauna pakankamai gerus pažymius). Kai ši sąlyga patenkinama, procesas stabdomas ir įterpiamas naujas galimai tinkantis besimokantiesiems MO. Hipotetiškai tariama, kad naujai įterptas MO padidina galimų surinkti virtualiam besimokančiajam taškų skaičių (pasididinti pažymį), todėl optimalus kelias keičiasi.
- 2) Tada pradama vykdyti antroji fazė, kurios metu vėl leidžiami virtualūs besimokantieji, kol gaunami geri mokymosi rezultatai (daugiau nei 16 virtualių besimokančiųjų ir paskutiniųjų 24 gauna pažymį didesnę nei 0,925, t. y. kol vėl daugiau nei 70 proc. virtualių besimokančiųjų gauna analogiškus arba geresnius pažymius).

Skirtumas rodo, kiek iteracijų (besimokančiųjų) turėjo praeiti, kad būtų išgaunamas tas pats mokymosi efektyvumas arba kitaip tariant virtualių besimokančiųjų skaičius Δ tarp pirmos ir antros fazės buvo matuojamas siekiant išmatuoti siūlomo pakeitimo įtaką matuojant virtualių besimokančiųjų reakciją į naują MO. Skaičiuoti 100 kompiuterinių eksperimentų vykdymo vidurkiai.

Tyrimo rezultatai

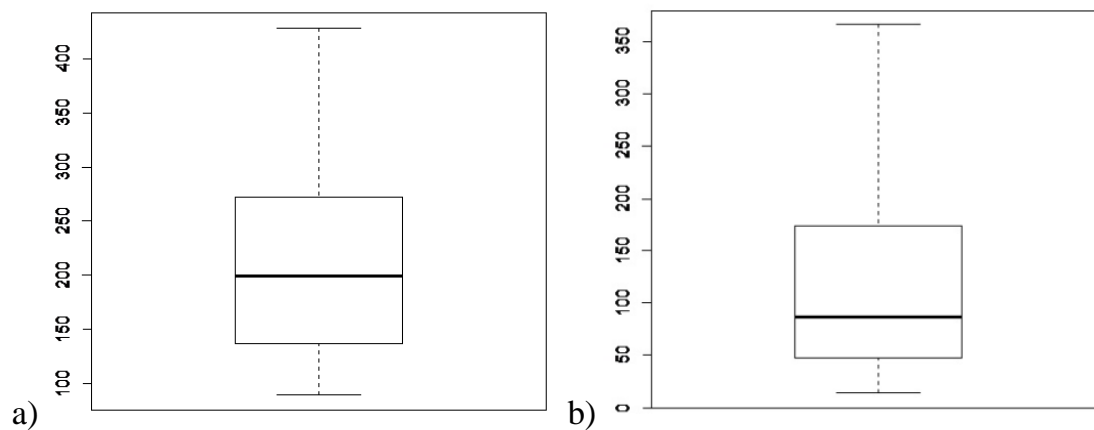
Pastebėta, kad „naujo komponento“ feromonu praplėstas algoritmas veikia efektyviau, kai $\gamma \in [0.4, 1]$ (25pav.). Atliktas tyrimas rodo, kad kai $\gamma = 0$, t. y. neatsižvelgiant į įterptąjį elementą, iteracijų skaičius svyruoja apie 100. Didėjant γ reikšmei (atsižvelgiant į įterptąjį elementą) besimokančiųjų skaičius mažėja ir kai $\gamma \in (0.4, 1)$ iteracijų skaičius stabilizuojasi ir sumažėja iki 30. Kai $\gamma > 1$, algoritmas nesprendžia problemos, t. y. jei naujai įterpti MO turi per

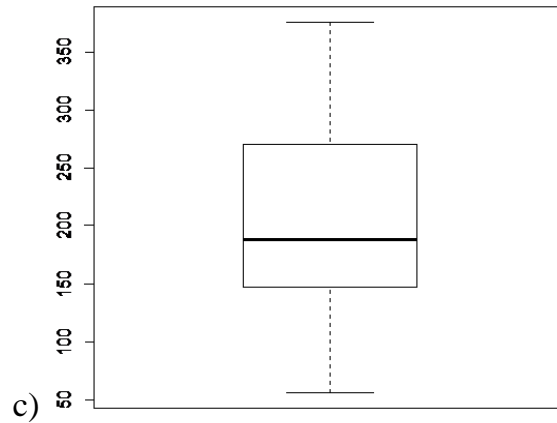
didelę įtaką, gali būti išgadinti jau esami optimalūs keliai. Parametro γ reikšmių įtaka besimokančiųjų skaičiui vaizduojama 25 pav.



25 pav. Parametro γ įtaka algoritmo veikimui

Skaičiavimams vizualizuoti pritaikytos stačiakampės diagramos, kuriose rodoma, kaip nuo γ parametro reikšmių priklauso iteracijų skaičius, t. y. besimokančiųjų kiekis (26 pav.):





26 pav. Parametro γ reikšmių įtaka algoritmo veikimo efektyvumui: a) $\gamma = 0$; b) $\gamma = 0.7$; c) $\gamma = 1.7$

3.5 Adaptyvaus metodo įvertinimas

Metodo taikymo kontekstas

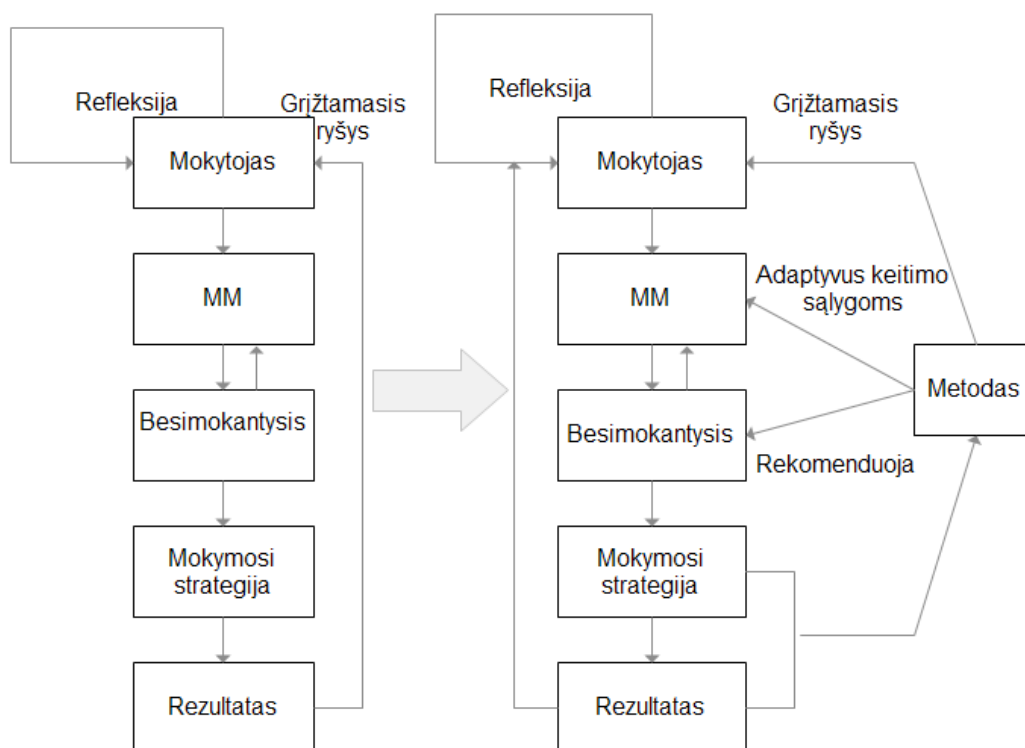
Metodas gali būti taikomas įvairiuose mokymo kontekstuose pvz., formaliame mokymesi ir neformaliajame mokymesi, kai mokymasis vyksta nuotoliniu būdu virtualiose mokymosi aplinkose, mokomųjų objektų arba mokymosi kursų, pvz., MOOC (angl. *Massive Open Online Courses*), saugyklose. Šiose sistemose metodas integruojamas kaip intelektualus komponentas.

Metodu realizuojamos funkcijos

Siūlomas adaptyvus metodas mokomajam moduliui personalizuoti parenkant besimokančiajam mokymosi kelius, atsižvelgiant į jo mokymosi stilius, remiasi pagrindiniu principu, kad nors iš anksto ir žinomas besimokančiojo mokymosi stilius, vis dėlto kokios yra tikslios (galima pateikti išreikštiniu būdu) besimokančiojo preferencijos mokymosi stiliaus atžvilgiu iš anksto nusakyti sudėtinga.

Metodo kūrimo tikslas – mokomųjų modulių personalizavimas suteikiant pagalbą besimokančiajam. Metodu realizuojama pasyvi pagalba besimokančiajam – rekomenduojamas MK, tačiau besimokantysis turi galimybę rinktis ir nerekomenduotus elementus (23 pav.). Sukurtas metodas realizuoja skirtingas funkcijas tarpininkaujant tarp trijų pagrindinių el.

mokymosi komponentų – besimokančiųjų, mokytojo ir MM, kurie veikdami tarpusavyje, sudaro prielaidas kokybiškesniam mokymuisi pvz., MM kokybei (27 pav.). Terminas „metodas“ naudojamas apibrėžti adaptyvų mechanizmą parenkant personalizuotą MK mokomajame modulyje.



27 pav. Metodo funkcijos mokomojo modulio personalizavimo procese

Siūlomu adaptyviu metodu sudaromos prielaidos mokomojo modulio kuratoriui stebėti ir tobulinti MM: nenaudojamus mokomojo modulio komponentus šalinti ir vietoje jų talpinti jo nuomone kokybiškesnius ir galbūt labiau tinkančius besimokantiesiems, siekiant išlaikyti mokymosi ir įvairovės principą. Nuolatinis grįžtamasis ryšys apie MM komponentų panaudojimą, iš besimokančiųjų perspektyvos, apima netiesioginio mokymosi iš besimokančiųjų principo įgyvendinimą.

Metodas sudaro mokymosi proceso automatizavimo ir personalizavimo galimybes. Sukurto metodo rezultatas yra svarus indėlis į el. mokymosi teoriją, nes metodas leidžia įvertinti mokomųjų objektų tinkamumą besimokančiajam, žvelgiant iš jų perspektyvos (naudojant kokybines ir kiekybines kriterijų

reikšmes), atsižvelgiant į besimokančiųjų MSt elgesio skirtumus. Metodas nesusiejamas su MO charakteristikomis, nepriklauso nuo MO granuliacijos, dydžio ir t. t., todėl išvengiama mokomojo modulio komponentų kokybinio vertinimo (ekonominė nauda dėstytojo laiko atžvilgiu) ir metodas leidžia stebėti mokomojo modulio kokybę, jų vartotojų atžvilgiu, ir tobulinti jį siekiant personalizuoto mokymosi. Metodas įgalina MK parinkimą tiek statiniu, tiek dinaminiu atveju.

Darbe siūlomas MM personalizavimo metodas pasižymi šiomis savybėmis:

- metodas adaptyvus, t. y. geba prisitaikyti prie kintančios aplinkos, kai keičiami MM komponentai, nereikalaujant jų aprašų metaduomenimis;
- veikia nepriklausomai nuo mokomojo dalyko;
- mokymosi metu besimokantysis gali spręsti ar naudotis metodo teikiama pagalba ar ne;
- metodui įgyvendinti reikalingos minimalios dėstytojo laiko sąnaudos;
- metodą galima integruoti į kitas struktūras: valdymo sistemas, virtualias mokymosi aplinkas, saugyklas, siekiant didinti tų aplinkų adaptyvumą ir veiksmingumą.

Išvados

1. Sukurtas adaptyvus mokomojo modulio personalizavimo metodas leidžia suformuoti mokymosi kelius grįstus besimokančiųjų pagal jų mokymosi stilius.
2. Pasiūlytas metodas leidžia efektyviau rekomenduoti mokymosi kelią besimokančiajam atsižvelgiant į jo mokymosi stilius dinaminio mokomojo modulio atveju, nustatytas optimalių siūlomo naujojo parametro reikšmių intervalas.
3. Metodas įgalina stebėti besimokančiųjų veiklą ir mokomojo modulio tinkamumą besimokantiesiems, žvelgiant iš jų perspektyvos.

4 Eksperimentinis aprobavimas ir rekomendacijos

3 skyriuje aprašytas teorinis adaptyvus metodas mokomajam moduliui personalizuoti, kurio tikslas, siekiant kokybiškesnės besimokančiųjų mokymosi veiklos, surasti galimai efektyviausią mokymosi kelią – aprobuotas empiriškai eksperimentu. Prototipe realizuotas metodas vertinamas edukologiniu aspektu: jo naudingumu mokymosi procesui. Šioje dalyje aprašoma kaip siūlomas metodas pritaikomas el. mokymosi sistemoje, pateikiama anketinių ir statistinių duomenų analizė, aprašomas sukurtas prototipas. Pristatomi apibendrinti eksperimentinio tyrimo rezultatai, aptariamos tolesnės mokomojo modulio personalizavimo galimybės ir galimų tyrimų plėtra.

4.1 Eksperimento strategija

Empirinio tyrimo tikslas – ištirti siūlomo metodo naudingumą besimokančiųjų mokymosi procesui. Keliami klausimai:

1. Kokią įtaką mokymasis naudojant sistemą su rekomendacijomis turėjo besimokančiųjų mokymosi rezultatams?
2. Kokią įtaką mokymasis naudojant sistemą su rekomendacijomis turėjo besimokančiųjų mokymosi trukmei?
3. Kokią įtaką mokymasis naudojant sistemą su rekomendacijomis turėjo besimokančiųjų mokymosi rezultatams atsižvelgiant į jų mokymosi stilius?

Atsakymams į iškeltus klausimus atsakyti atliktas kvaziekperimentas (tyrimo apribojimai aprašyti 4.2 skyrelyje), jo rezultatai įvertinti naudojant dviejų nepriklausomų imčių *t-test* statistinį analizės metodą.

Tyrimui įgyvendinti buvo pasirinkta žemiau aprašoma eksperimento strategija, susidedanti iš 4 pasirengimo etapų (28 pav.).

1 etapas. MO paieška, rengimas ir vertinimas

2 etapas. Mokymosi stilių anketos adaptavimas ir žvalgybinio tyrimo vykdymas

3 etapas. El. mokymosi sistemos prototipo kūrimas

4 etapas. Statistinės informacijos rinkimas ir apdorojimas

28 pav. Eksperimento vykdymo schema

4.1.1 MO paieška, rengimas ir vertinimas

Mokomoji medžiaga buvo rengiama remiantis pagrindinio ugdymo 8 ir 9 klasių matematikos veiklos srities bendrosiomis ugdymo programomis „Reiškiniai, lygtys, nelygybės, sistemos“ mokyti temas „Tiesinės lygtys“ ir „Nepilnosios kvadratinės lygtys“.³

Mokomosios medžiagos buvo ieškoma naudojantis Lietuvos ir užsienio elektroninių mokymosi išteklių saugyklomis^{4,5,6,7,8,9} bei mokytojų parengtomis pamokomis¹⁰. Kiekvienai temai buvo rengiami MO, tenkinantys šiuos reikalavimus:

1. Kiekvienoje temoje pateikiami MO yra skirtingo tipo pagal LOM (2002) aprašo 5.2 skyrelio „Mokymosi išteklių tipas“ aprašą: demonstracija, pratybos, praktinė užduotis, pateiktis, testas, mokymosi svetainė, paveikslas.
2. Kiekvieno MO turinys leidžia siekti iškeltą tai temai mokymosi tikslą: dalis MO skirti teorinei medžiagai, dalis pratyboms, praktiniams įgūdžiams ugdyti ir tobulinti.

³

http://portalas.emokykla.lt/bup/Puslapiai/pagrindinis_ugdymas_matematika_bendrosios_nuostatos.aspx

⁴ <http://portalas.emokykla.lt/Puslapiai/SMPas.aspx>

⁵ <http://lemill.net/>

⁶ <http://portalas.emokykla.lt/vkk/default.aspx>

⁷ <http://www.merlot.org/merlot/index.htm>

⁸ <http://www.tes.co.uk/>

⁹ <http://lreforschools.eun.org/web/guest;jsessionid=19890620BD0D4115B9589BB854169C06>

¹⁰ <http://www.youtube.com/watch?v=IHIRgrLZW8A>

3. MO pateikiami panašaus semantinio tankio. Semantinis tankis apibūdina MO glaustumo laipsnį, kuris gali būti išreiškiamas MO informacijos kiekiu, jo dydžio arba veikimo trukmės santykiu. (Longmire, 2000)

Visų sukurtų MO kokybė buvo vertinta ekspertų: vertino 5 mokytojai-ekspertai ir 3 el. mokymosi srities mokslininkai. Iš pateiktų vertinti 42 MO (23 tema „Tiesinės lygtys“ ir 19 „Kvadratinės lygtys“) atrinkti 13 MO temai „Tiesinės lygtys“ ir 6 MO „Kvadratinės lygtys“.

Kadangi besimokantiejiems buvo pateikiami pradiniai ir galutiniai testai, mokytojų-ekspertų buvo paprašyta juos parengti. Buvo sudaryti 8 pradiniai testo ir 8 galutiniai testų variantai. Variantų pavyzdžiai pateikiami [4 priede](#).

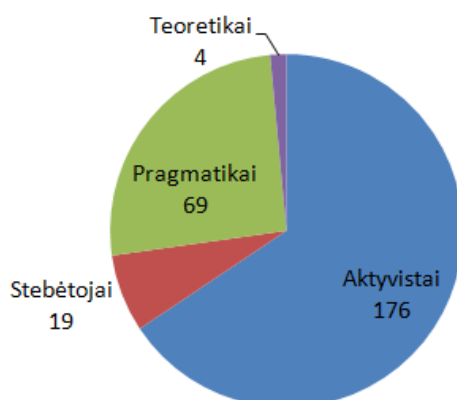
4.1.2 Mokymosi stilių anketos adaptavimas ir žvalgybinio tyrimo vykdymas

Kadangi metodu siekiama mokomąjį modulį personalizuoti, atsižvelgiant į besimokančiųjų mokymosi stilius, pagal Honey ir Mumford (1992), pateiktą MSt klasifikaciją (3.1.3 skyrelis), buvo adaptuota, sutrumpinta stiliaus nustatymo anketos versija¹¹. ([2 priedas](#)) Tačiau jos tinkamumas buvo tirtas atliekant žvalgybinį tyrimą, kuriuo buvo siekiama išsiaiškinti, ar egzistuoja statistiškai reikšmingas skirtumas ar pagal adaptuotą lietuvių kalbai Honey ir Mumford MSt nustatymo anketą suskirstytų besimokančiųjų atliekamų veiklų sistemoje.

Tyrimui buvo atrinktas vienos aukštosios mokyklos nuotolinio mokymosi kursas, įgyvendintas 2012 m., kuriame dalyvavo 264 studentai (toliau besimokantieji) ir kurie mokėsi virtualioje mokymosi aplinkoje „Moodle“. Mokymosi stilius buvo nustatytas adaptuota sutrumpinta Honey ir Mumford (1992) pateikta mokymosi stiliaus nustatymo anketos versija ir buvo naudotas tik stipriausiai išreikštas mokymosi stilius. Užpildytų anketų duomenys

¹¹ http://www.peterhoney.com/eshop_product.aspx?pid=1015

saugomi ir apdorojami serveryje patalpintoje duomenų bazėje. Besimokančiųjų pasiskirstymas pagal MSt pateikiamas 29 pav.



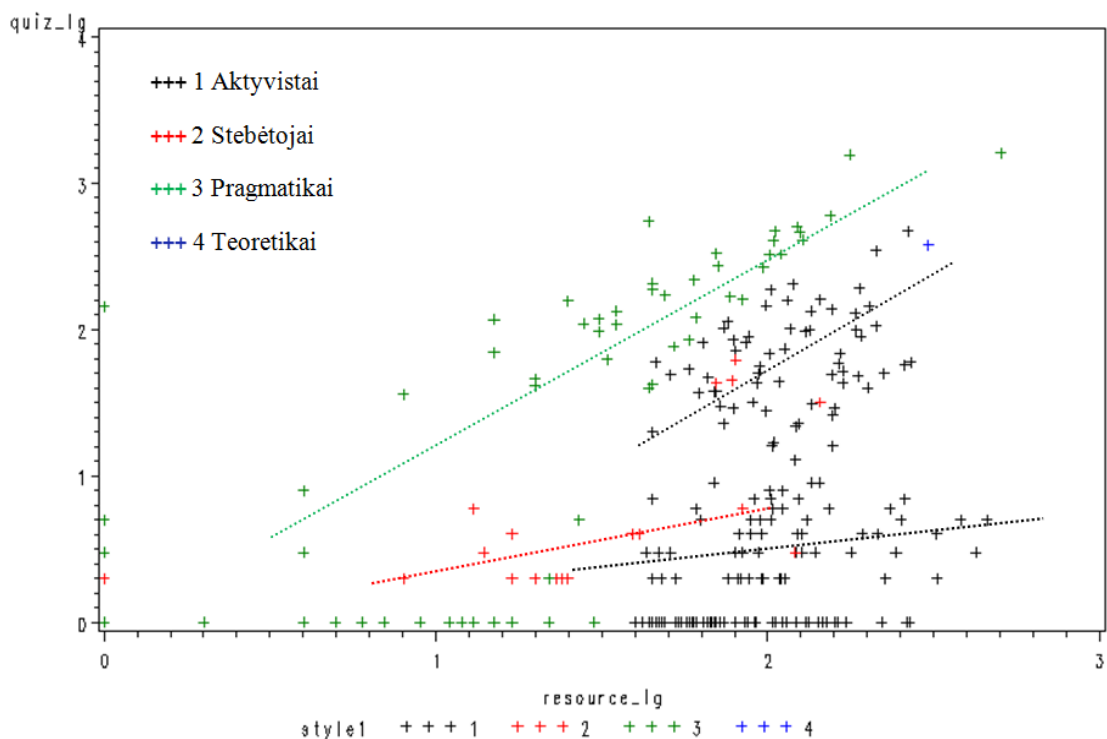
29 pav. Žvalgybinio tyrimo dalyvių pasiskirstymas pagal mokymosi stilius

Kadangi teoretikų buvo per mažai pagrįsti statistinius skaičiavimus, imtis buvo sumažinta iki 260, pastarųjų neįtraukiant. Todėl vienas šio atlikto tyrimo trūkumas – nepadengiama visų MSt grupių aibė. Nuotolinis mokymosi kursas buvo pateiktas mokymosi aplinkoje „Moodle“ ir sudarytas iš standartinių veiklų: mokymosi išteklių, apklausų / testų ir forumo. Buvo nagrinėjama, ar yra statistiškai reikšmingas besimokančiųjų elgesio skirtumas šių trijų veiklų atžvilgiu, kai elgesys tiriamas besimokančiųjų MSt atžvilgiu. Kadangi išsamesnės informacijos apie mokymosi išteklius (turinio pobūdį, t. y. video, skaidrės, pdf dokumentai ir pan.) „Moodle“ nekaupiami, remtasi tik besimokančiųjų apsilankymų kartais kiekviename iš medžiagos tipų. Statistiniai skaičiavimai buvo atlikti SAS statistiniu paketu.

Tyrimo rezultatai

Atliktas tyrimas parodė, kad šių trijų besimokančiųjų grupių pagal MSt elgesio skirtumai virtualioje mokymosi aplinkoje egzistuoja nepriklausomai nuo mokymosi medžiagos, dokumento tipo. Gauti rezultatai rodo, kad besimokančiųjų elgesys remiantis šiomis trimis MSt grupėmis yra statistiškai reikšmingas. Tai reiškia, kad nors mokymuisi daro įtaką daug faktorių, mokymosi stilius yra vienas jų – besimokantiejiems el. erdvėje būdingas iš anksto neįvertinamas elgesys, todėl metodas turi integruoti socialinį mokymosi

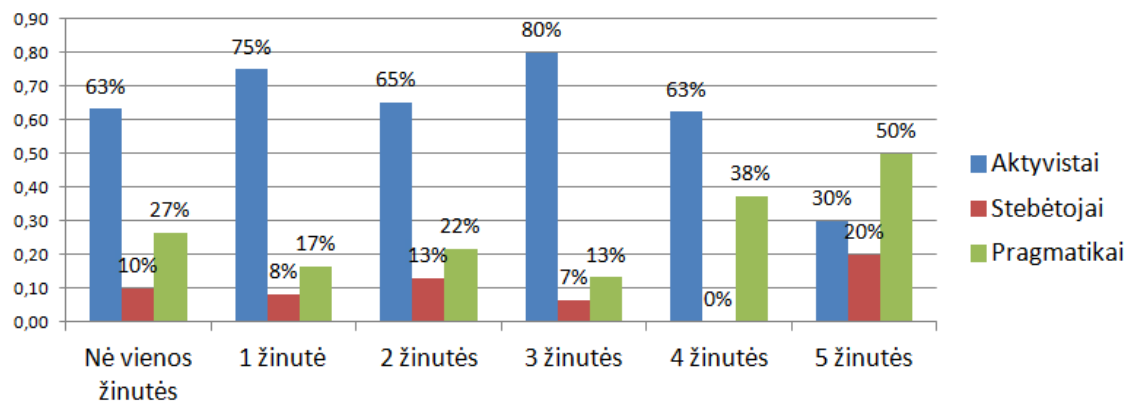
bruožą – elgesį, veiklą mokymosi metu. Besimokantieji dalyvavo nuotoliniame kurse, kuriame buvo dviejų tipų veiklos: mokomosios medžiagos peržiūra ir testavimasis. Buvo stebima, kaip sistemoje jų atžvilgiu veikia besimokantieji (30 pav. ir 31 pav.).



30 pav. Besimokančiųjų pasiskirstymas pagal mokymosi stilius mokymosi veiklų atžvilgiu

Gautų rezultatų interpretacija

Didžiausią dalį, tarp besimokančiųjų, sudarantys aktyvistai aktyviai lankosi forumuose (30 pav.) ir linkę lankytis visose veiklose, tačiau chaotiškai.



31 pav. Besimokančiųjų aktyvumas forume pagal jų mokymosi stilius

Be to, pastebimas aktyvistų „skilimas“ į dvi grupes. Tai galėtų reikšti, kad daliai besimokančiųjų išreikštas ne vienas mokymosi stilius, o keli mokymosi stiliai, pvz., „aktyvistas-pragmatikas“. Tai pagrindžia siūlomame metode realizuojamą daugiakriterinio mokymosi stiliaus aprašo būtinumą. Antra grupė stebėtojai, išsiskiria tuo, kad jie nelinkę lankytis forumuose (31 pav.), tačiau nuosekliai lankosi pateiktoje medžiagoje ir nelinkę nieko nedaryti: aktyvesni nagrinėdami teorinę medžiagą, tačiau taip pat nagrinėja ir užduotis. Trečia grupė – pragmatikai. Jie linkę lankytis forumuose, tačiau rečiau nei aktyvistai. Be to, jie linkę aiškintis, ko jiems reikia testui / atsiskaitymui atlikti, o tik po to aiškinasi mokomąją medžiagą. Rezultatų apie MSt įtaką mokymosi rezultatams negauta, nes nepakako duomenų.

4.1.3 El. mokymosi sistemos prototipo kūrimas ir ypatumai

Sukurtas el. mokymosi sistemos prototipas, skirtas darbui internete, veikia bet kurioje Windows OS interneto naršyklėje. El. mokymo sistemos vartotojo sąsaja elementari: paprastas prisijungimas prie sistemos, aiškiai pateikiama mokymosi stiliaus nustatymo anketa, elementari naršymo per MO sistema, aiškus rekomendavimo elementų atvaizdavimas, mokymosi kurso baigimo mygtukas. El. mokymosi sistemos prototipo langai pateikiami [5 priede](#).

Techiniai ir programiniai įrangos reikalavimai:

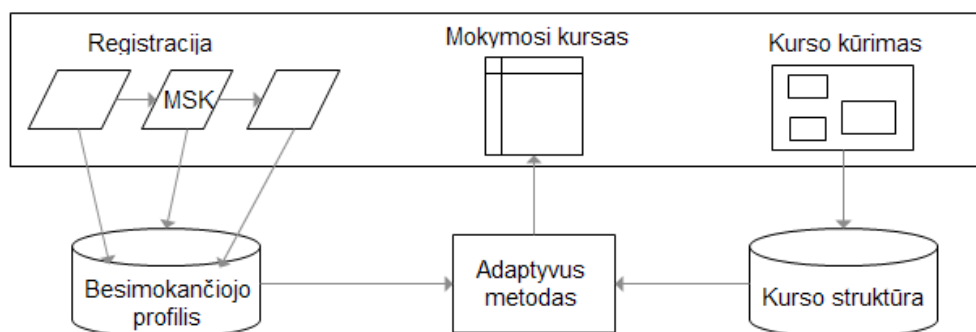
- 1) operacinės sistemos: *Windows XP, Windows Vista, Windows 7*;
- 2) naršyklės: *Internet Explorer, Mozilla, Firefox*;
- 3) minimalūs reikalavimai kompiuteriui.

El. sistema suprogramuota *Java* kalba, nes buvo siekiama nepriklausyti nuo OS, pasirinkta programavimo kalba suteikia daug internetinių sistemų kūrimo galimybių. Sistema buvo patalpinta *bebras.lt* serveryje, o duomenys buvo saugomi taip:

- 1) kiekvieno besimokančiojo duomenų failas buvo išsaugotas *.json* formatu (dėl įgyvendinimo paprastumo);

- 2) *.json* formatu taip pat buvo saugomi mokomųjų objektų ir jų tarpusavio ryšių duomenys (kaupiami feromonai), taip pat įrašomi įrašų failai (angl. *log files*) tekstiniu formatu.

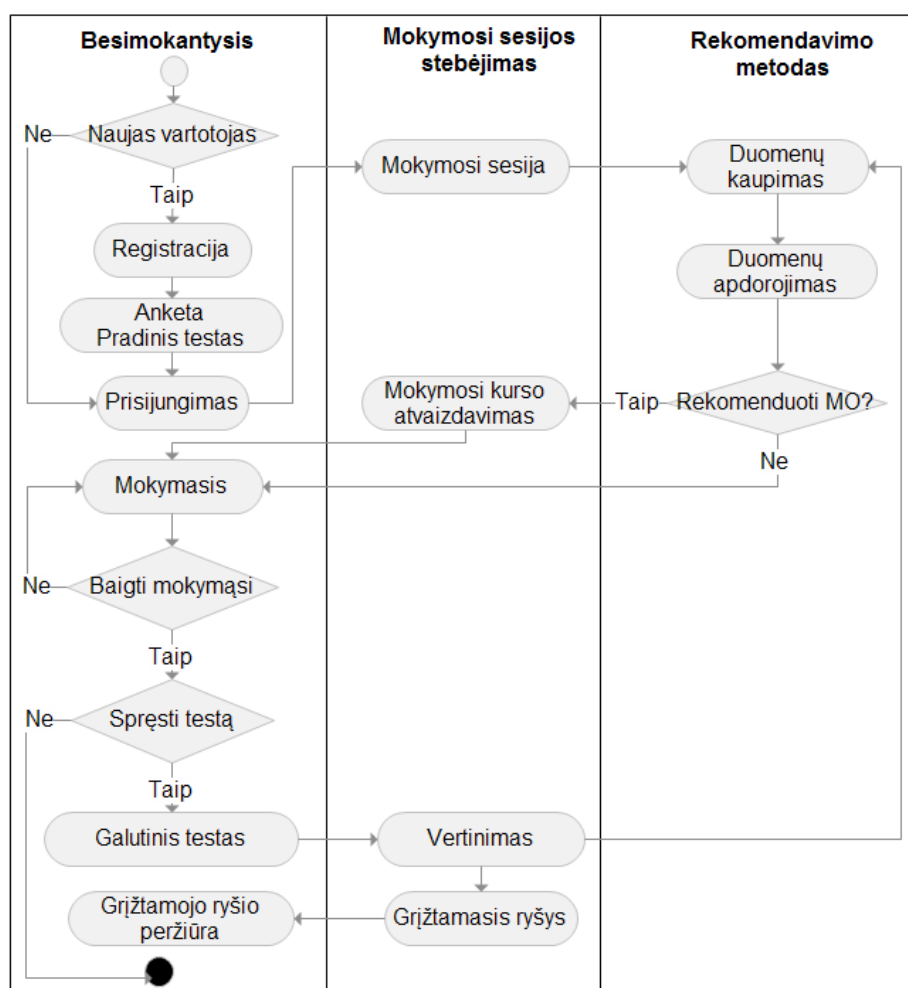
Sukurtos el. sistemos struktūriniai elementai, siekiant personalizuoti sukurtą mokomąjį modulį, pateikiami 32 pav. Pirmiausia, besimokantysis turi prisiregistruoti el. mokymosi sistemoje ir užpildyti MSt klausimyną (MSK) ([2 priedas](#)). Informacija kaupiama besimokančiojo profilyje. Antra, kurso kuratorius-mokytojas kuria mokymosi kursą iš mokomųjų objektų pagal pateikto mokymosi kurso struktūrą, kuri saugoma komponente „Kurso struktūra“. Trečia, sistemoje įgalinamas mokymosi medžiagos personalizavimas ir rekomendavimas pagal besimokančiojo profilį ir kurso struktūrą.



32 pav. El. sistemos principinė schema

Besimokančiojo veiklos el. mokymo sistemos prototipe sudaro 7 fazes (33 pav.): 1) mokiniai registruojasi sistemoje; 2) užpildo stiliaus nustatymo testą adaptuotą pagal Honey ir Mumford (1992) – siekiama nustatyti konkretaus besimokančiojo MSt, MSt kategorizuojant į keturias grupes; 3) atlieka pradinį testą (angl. *Pre-test*) – juo siekiama išsiaiškinti mokinių jau turimas žinias; 4) mokosi temą „Tiesinės lygtys“; 5) mokosi temą „Nepilnosios kvadratinės lygtys“; 6) atlieka galutinį testą (angl. *Post-test*) – juo siekiama išsiaiškinti mokinių galutines žinias; 7) baigia darbą sistemoje. Naujas besimokantysis prisijungia prie sistemos naudodamas jam sugeneruotą prisijungimo vardą ir slaptažodį. Tokiu būdu sukuriama besimokančiojo profilis: dalis informacijos apie besimokantį yra gaunama iš anksto, pvz.,

vardas, pavardė, išankstinės žinios, kitos, pvz., informacija apie MSt, elgesį aplinkoje gaunamos mokymosi proceso metu. Kai besimokantysis prisiregistruoja sistemoje pirmiausiai turi būti nustatytas jo mokymosi stilius. Jis bus naudojamas kaip kriterijus stebint besimokančiojo elgesį sistemoje. Tada, turi būti išspręstas pradinis testas. Gaunami rezultatai saugomi duomenų bazėje ir yra naudojami rekomendavimo metode apdorojant duomenis ir rekomenduojant personalizuotą mokymosi kelią. Besimokančiajam prisijungus, pradedama ir stebima jo darbo sesija, atitinkamai kaupiami duomenys apie jo elgesį sistemoje: lankyti objektai, praleistas laikas juose. Jei rekomendacijos aktyvuotos, sistema besimokančiajam rekomenduoja MO. Kai besimokantysis baigia darbą sistemoje, jo mokymasis vertinamas išspręsdus galutinį testą. Grįžtamasis ryšys apie galutinio testo rezultatus suteikiamas pateikiant galutinį testo rezultatą.



33 pav. Besimokančiojo mokymosi procesas el. mokymo sistemoje

El. sistemos prototipe buvo realizuota adaptyvi nuorodos paryškimo strategija rekomendavimo tikslui pasiekti. Ši strategija yra neagresyvi personalizavimo strategija, kuri neskatina besimokantįjį sekti nurodytu keliu, tačiau kiekviename žingsnyje jį informuoja apie esamas geresnes, galimai jam labiau tinkančias, parinktis. Sukurtame sistemos prototipe mokiniai gali patys rinktis bet kurį turinio elementą, tačiau pagal mokymosi stiliaus preferencijas yra išskiriami, pažymimi tie MO, kurie galbūt būtų naudingesni.

4.1.4 Statistinės informacijos rinkimas ir apdorojimas

Šiame etape buvo renkama informacija reikalinga 3 skyriuje aprašytam metodui įgyvendinti:

1. *Anketa mokymosi stiliams nustatyti.* ([2 priedas](#)) Mokinių užpildytų anketų rezultatai yra įrašomi. Anketą sudaro 40 klausimų. Pagal 2 priede pateikiamą atsakymų lentelę kiekvienam mokiniui apskaičiuojami MSt taškai. Vienas atsakymas – 1 taškas. Toliau duomenys apdorojami pagal Honey ir Mumford (1992) pateikiamą lentelę.

2. *Jau turimas žinias įvertinantis testas*, atliekamas prieš mokymosi sistemoje pradžią.

3. *Galutiniai testai*, skirti įvertinti žinių ir gebėjimų pokytį konkrečiose temose.

Maksimalus galimas surinkti taškų skaičius abiejuose testuose – 12, minimalus – 0. Teisingas atsakymas – 1 taškas. Mokinių testų rezultatai yra įrašomi.

4. *Tranzakciniai įrašų (log) failų duomenys*, kuriuose kaupiama visa besimokančiojo ir sistemos interakcijos informacija, sukaupta per konkretų laikotarpį. Įrašų failų duomenys gaunami iš kelių išteklių:

- a) besimokančiojo veiklos – nuorodos paspaudimas. Kaupiami duomenys apie kiekvieno besimokančiojo mokymosi veiklos konkrečiame MO laiką (trukmę), MO identifikavimo kodą (ID). Skaičiuojama, kuriuos MO, t. y. kiek MO lankė, besimokančiojo ID;
- b) besimokančiojo reakcijos į metodo rekomendaciją: besimokantysis į rekomendaciją gali reaguoti arba nereaguoti. Reagavimas traktuojamas,

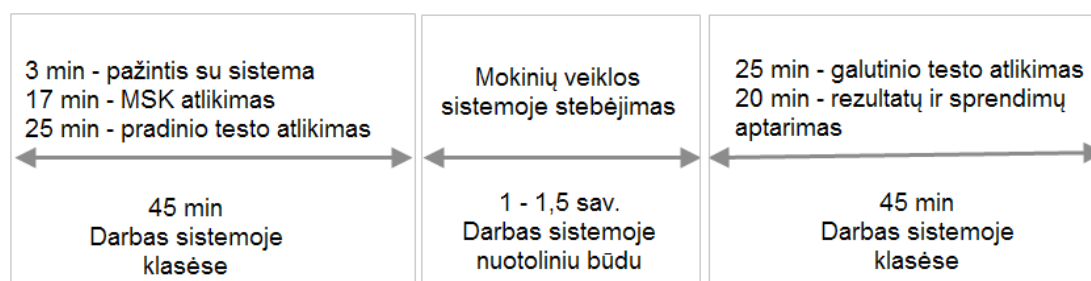
kai besimokantysis pasirenka jam rekomenduojamą MO, nereagavimas – kai nesirenka. Kaupiama informacija apie rekomenduojamo MO pasirinkimo laiką, MO ID, besimokančiojo ID, reakcijos į rekomendavimą tipą: pasirinktas rekomenduotas MO ar nepasirinktas rekomenduotas MO.

Šie įrašai bus analizuojami siekiant išsiaiškinti mokinių naršymo kelius ir jų reakcijas į rekomendacijas (tais atvejais, kai mokiniai priklausys „rekomenduojamųjų“ grupei).

4.2 Eksperimentinio tyrimo įgyvendinimas

Naudotojai ir sritys

Vykdytame eksperimente dalyvavo 619 aštuntų klasių mokinių. Buvo atrinktos mokyklos taip, kad mokinių matematikos mokymosi rezultatai, pagal vidurkius, būtų panašūs. Eksperimente dalyvavę mokiniai buvo suskirstyti į kontrolinę (88 mokiniai) ir eksperimentinę grupę (531 mokinys). Pamokos buvo suplanuotos taip, kad mokiniai naudodamiesi el. mokymosi sistema galėtų mokyti / pakartoti temas „Tiesinės lygtys“ ir „Nepilnosios kvadratinės lygtys“. Pradiniai ir galutiniai testai buvo atliekami klasėse. Mokymasis sistemoje, tarp pradinio ir galutinio testo, vyko nuotoliniu būdu. Eksperimentas truko 3 mėn. nuo 2013 m. kovo mėn. iki 2013 m. birželio mėn. Kiekviena grupė supažindinta su sistema darbo pradžioje.



34 pav. Statistinės informacijos rinkimo planas laiko atžvilgiu

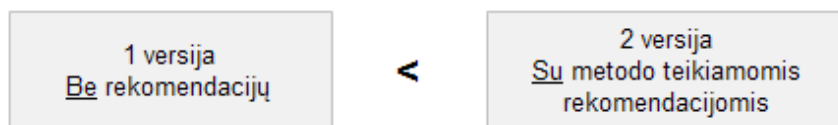
Eksperimentui įgyvendinti buvo pasirinkta 34 pav. pateikiama strategija, kurią sudarė 3 etapai: pirmame etape buvo su mokiniais dirbama klasėse po 45 min (1 pamoka), kurių metu mokiniai buvo supažindinti su el. sistema, darbu joje,

atliktas mokymosi stiliaus klausimynas ir pradinis testas. Antras etapas, priklausomai nuo susiklosčiusios situacijos (tvarkaraščiai, ekskursijos ir kt.), truko nuo 1 iki 1,5 savaitės. Šio etapo metu mokiniai sistemoje dirbo nuotoliniu būdu, pvz., namuose. Trečias etapas buvo organizuojamas, vėl klasėse, po 45 min. Šioje pamokoje mokiniai atliko galutinį testą ir likusios minutės buvo skirtos refleksijai apie mokymąsi ir rezultatus.

Dvi sistemos versijos

Pagrindinis šio tyrimo tikslas yra parodyti, kad sukurtas adaptyvus mokomojo modulio personalizavimo metodas, rekomenduojant mokymosi kelius, gerina mokinių mokymosi rezultatus: gaunami aukštesni rezultatai, trumpėja mokymosi laikas. Eksperimentas buvo projektuojamas suformuojant dvi sistemos prototipo versijas (35 pav.):

- 1) 1 versija – kai sistema neturi pakankamai duomenų apie mokomojo modulio panaudojimą, kad vyktų adaptavimasis. Šioje sistemoje mokiniai matys visus temos MO ir nebus pateikiama jokių rekomendacijų;
- 2) 2 versija – kai sistema turi duomenų apie mokomojo modulio panaudojimą, vyksta adaptavimasis ir įgalinamas MO rekomendavimas pagal mokymosi stilius. Taigi, bus galima stebėti ir įvertinti MO rekomendavimo, lyginant darbo su pirmąja sistema, rezultatus. Kai pamažu sistema pradės teikti rekomendacijas besimokantiesiems, konkretūs MO labiau išryškės, siekiant pasiūlyti nagrinėti mokiniui tolesnį MO.



35 pav. Dvi sistemos prototipo versijos

Nors struktūriškai išskirtos dvi sistemos versijos, tačiau jų vartotojų sąsaja yra identiška, tokiu būdu siekiant išvengti vartotojo sąsajos pakitimo įtakos mokinių darbui. Kiekviena versija mokėsi atitinkamas mokinių skaičius: 1 versija dirbo 88 mokinių, 2 versija – 531 mokinių. Tyrimu buvo planuota ir

tikėtasi gauti, kad mokinių dirbusių su 2-ąja sistemos versija – v.2, rezultatai ir vertinimai pagal vidurkį bus aukštesni nei 1-osios sistemos versijos – v.1, t. y. $v.1 < v.2$. Siekta parodyti, kad mokymasis pagal siūlomą mokymosi kelio rekomendavimo metodą gerina mokymosi rezultatus ir trumpina mokymosi trukmę.

Duomenų rinkimas

Toliau pateikiamas eksperimento duomenų rinkimo failo aprašas.

Mokinių imties klasterizavimas

Duomenų analizei buvo pasirinkta tokia mokinių klasterizavimo schema:

- 1) Testinė grupė (žym. TG) – visi testinės grupės mokiniai, kurie nesinaudojo rekomendacijomis.
- 2) Kontrolinė grupė (žym. MG) skaidoma į tris grupes, kurios buvo įvardintos mokinių tipais:
 - 1) MG00 – kontrolinės grupės mokiniai, kurie turėjo galimybę naudotis rekomendacijomis, bet nesinaudojo, t. y. laikytasi mažiau nei 30% rekomendacijų.
 - 2) MG0307 – kontrolinės grupės mokiniai, kurie naudojami rekomendacijomis nuo 30 % iki 70%.
 - 3) MG100 – kontrolinės grupės mokiniai, kurie naudojami rekomendacijomis daugiau nei 70%.
- 3) XX00 – mokinių grupė, kurių mokinių profiliuose nėra įrašyta pradinio arba galutinio testo rezultato.
- 4) XX01 – mokinių grupė, kuri sistemoje lankėsi labai nedaug, t. y. įvestas kriterijus – aplankyta mažiau nei 4 MO (<5). Buvo daroma prielaida, kad jei mokinys mažai dirbo sistemoje ir pagerino savo mokymosi rezultatus, tai jis mokymuisi nenaudojo pasiūlytos sistemos.
- 5) XX02 – mokinių grupė, kuri iš pradinio testo gavo daugiau kaip 10 taškų iš 12 (>10). Kadangi šių mokinių rezultatai yra geri, pastarieji buvo priskirti prie gambiausių ir iš tyrimo imties pašalinti.

Taip pat mokiniai buvo klasterizuojami pagal mokymosi stilius, kurių reikšmės buvo nustatomos intervale nuo 0 iki 1, dešimtųjų tikslumu: *lstA* – atitikimas Aktyvisto profiliui; *lstT* – atitikimas Teoretiko profiliui; *lstP* – atitikimas Praktiko profiliui; *lstR* – atitikimas Stebėtojo profiliui.

Testų rezultatai

Pradiniai (*test00Result*) ir galutiniai (*testOfResult*) testai buvo vertinami skalėje nuo 0 iki 12. Jei testas nelaikytas, gaunama išvestis: -1.

Duomenų apie mokinių mokymosi veiklas sistemoje aprašymas

Siekiant surinkti mokinių mokymosi laiką sistemoje buvo įvesti šie matavimai, kurie buvo matuojami kiekvienam mokiniui:

- *totalTime* – visas mokinio praleistas laikas sistemoje, peržiūrint mokomuosius objektus. Siekiant išvengti išskirčių, buvo numatyta maksimali mokymosi trukmės riba sekundėmis – $120 \cdot 60 = 7200$ s. Vidutinė mokymosi kurso trukmė ekspertų įvertinta 2 val. = 120 min.
- *counter* – aplankytų unikalių MO skaičius. Šis matavimas rodo, kiek buvo aplankyta skirtingų MO.
- *rec_followed* – kiek kartų buvo pasinaudota rekomenduojamais MO.
- *rec_total* – kiek kartų buvo pasinaudota skirtingais MO, kai rekomendacijos sistemoje buvo įjungtos.
- *countWithTime(60)* – MO kiekis, kuriuose mokinys praleido daugiau nei 60 s.
- *countWithTime(120)* – MO kiekis, kuriuose mokinys praleido daugiau nei 120 s.
- *getDelta()* – mokymosi rezultatų skirtumas tarp galutinio ir pradinio testo, jei nėra bent vieno testo išvedama -1.
- *getEfficiency()* – kiek reikėjo mokymosi sekundžių vienam mokymosi rezultatui pagerinti 1 tašku. Skaičiuojama $getEfficiency() = totalTime/delta$.
- *getNormalizedLST()* – mokinio mokymosi stiliaus normalizuotos reikšmės intervale nuo 0 iki 1, dešimtųjų tikslumu.

- *getImprPerc()* – pagerėjimo potencialo išnaudojimo procentas buvo matuojamas šia strategija:
 - *segment* – mokiniai klasterizuojami pagal pradinio testo rezultatus į tris grupes: t00-03 grupė – mokiniai, kurių pradinio testo rezultatas buvo tarp 0 ir 3 taškų; t04-06 grupė – mokiniai, kurių pradinio testo rezultatas buvo tarp 4 ir 6 taškų; t07-12 grupė – mokiniai, kurių pradinio testo rezultatas buvo tarp 7 ir 12 taškų);
 - *delta* – buvo stebima, kiek pagerėjo mokinių mokymosi rezultatai, t. y. skirtumas tarp pradinio ir galutinio testo rezultato. Išskirtos 4 grupės: d00-02 grupė – mokiniai, kurie pasigerino savo rezultatus intervale nuo 0 iki 2; d03-04 grupė – mokiniai, kurie pasigerino savo rezultatus intervale nuo 3 iki 4; d05-07 grupė – mokiniai, kurie pasigerino savo rezultatus intervale nuo 5 iki 7; d08-12 grupė – mokiniai, kurie pasigerino savo rezultatus intervale nuo 8 iki 12).

Taip pat buvo skaičiuojamas mokymosi laikas iš kliento kompiuterio, kas 10 sekundžių, atsiunčiant patvirtinimą į sistemą. Techninė realizacija – interneto naršyklėje veikiantis mokymosi aplinkos puslapis kas 10s siunčia informaciją apie kliento žiūrimą mokomąjį objektą.

Duomenų analizė ir analizės metodai

Ankstesniame skyriuje aprašyta duomenų rinkimo strategija leidžia surinkti pakankamai duomenų siekiant palyginti pirmos ir antros sistemos naudojimo versijas ir įvertinti siūlomą metodą edukologiniu aspektu. Šios sistemos versijos lyginamos remiantis dviem pagrindinėmis charakteristikomis:

- 1) Mokinio darbo efektyvumas (Kriterijai: mokymosi rezultatai ir mokymosi trukmė).
- 2) Rekomendacijų pagal mokymosi stilius veiksmingumas (Kriterijus: mokymosi rezultatai).

Kiekvienai iš šių charakteristikų, buvo skaičiuotos žemiau pateikiamos metrikos.

Mokinių darbo efektyvumas

Siekiant įvertinti ar siūlomas adaptyvus metodas turi teigiamą įtaką mokinių interakcijai mokymosi sistemoje, palyginus su sistema be rekomendacijų, apibrėžiamos šios metrikos:

- teigiamas pažymių pokyčio vidurkis, t. y. mokinių, kurie mokydami 1 sistemos versija pagerino savo galutinio testo pažymį, pažymių vidurkis.
- teigiamas pažymių pokyčio vidurkis pasirinkus rekomendacijas, t. y. mokinių, kurie mokydami 2 sistemos versija ir naudodami rekomendacijomis pagerino savo galutinio testo pažymį, pažymių vidurkis.
- sugaišto laiko vidurkis naudojant abi sistemos versijas.

Toliau bus vertinamos šiomis metrikomis pagrįstos hipotezės:

- 1) H_1 : sistema su rekomendavimu padidina *teigiamą pažymių pokyčio vidurkį*, palyginus su sistema be rekomendacijų.
- 2) H_0 : nėra jokio skirtumo tarp *teigiamo pažymių pokyčio vidurkio* abiejose sistemose: su rekomendacijomis ir be rekomendacijų.
- 3) H_1 : sistema su rekomendavimu sumažina *pamokoje sugaišto laiko vidurkį*, palyginus su sistema be rekomendacijų.
- 4) H_0 : nėra jokio skirtumo tarp *pamokoje sugaišto laiko vidurkio* naudojant abi sistemas (su rekomendacijomis ir be rekomendacijų).

Nepriklausomų imčių *t-test* buvo taikomas siekiant patikrinti suformuluotas hipotezes. Statistiškai reikšmingi rezultatai 1 ir 3 hipotezėms rodytų, kad mokinių darbas su rekomendacijomis lėmė efektyvesnį darbą (mokymosi procesą), palyginus su sistema be rekomendacijų. Jei pagal testo rezultatus gausis, kad teigiamas pažymių pokyčio vidurkis reikšmingai skiriasi, kai vadovaujama rekomendacijomis nei, kad jomis nesivadovaujama, galima būtų teigti, kad siūlomas adaptyvus rekomendavimo metodas lemia geresnius mokymosi rezultatus. Gautiems rezultatams apdoroti taikytas SPSS statistinis paketas.

Rekomendacijų pagal mokymosi stilius veiksmingumas

Siekiant įvertinti ar siūlomas metodas turi teigiamą įtaką mokinių mokymosi rezultatams pagal mokinių mokymosi stilius tirti gautų pažymių vidurkiai pagal mokinių mokymosi stilius. Daroma prielaida, kad metodas turi daryti įtaką mokymosi rezultatams, atsižvelgiant į mokinių MSt rinkinį: kai mokymosi stiliai išreikšti ir neišreikšti.

Tyrimo apribojimai

Kvaziekperimentinio tyrimo rezultatai ribojami dėl:

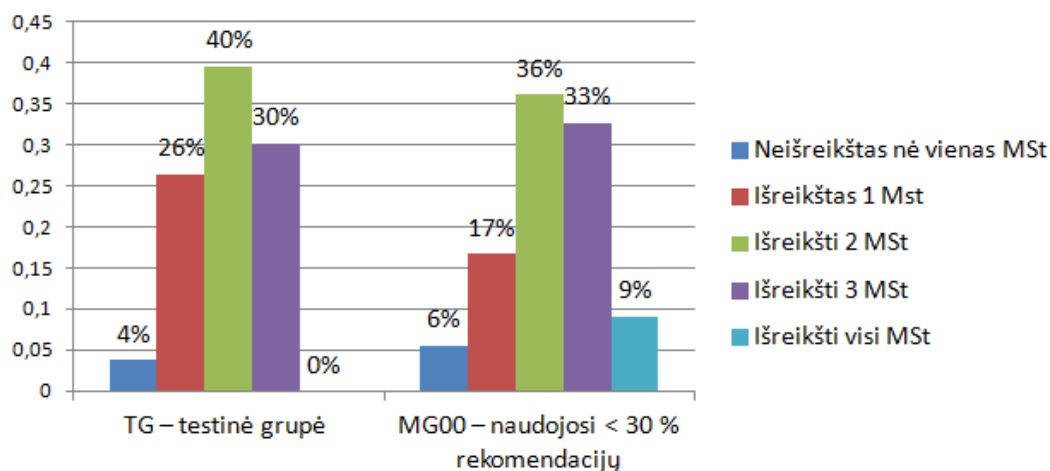
- 1) prototipe realizuoto SKO metodo ypatumų – nepateiktas metode aprašomų algoritmo parametrų reikšmių validumas, nes parinktos parametrų reikšmės neturi mokslinio validumo įrodymo.
- 2) Organizacinių sąlygų:
 - 1) ribota mokinių imtis neleido praktiškai įgyvendinti pilno teorinėje dalyje pasiūlyto metodo ir atlikti gilesnės duomenų analizės;
 - 2) nebuvo galima atsitiktiniu būdu suformuoti eksperimentinės ir kontrolinės grupės dydžio ir nubyrejimo;
 - 3) nebuvo suplanuotas pradinis grupių tolygumo matavimas;
 - 4) tyrime buvo naudojamos standartinės mokymosi pasiekimų vertinimo priemonės, grupių procentinio skaidymo aprašai, kurie neturi mokslinio patikimumo ir validumo įrodymų.

4.3 Eksperimentinio tyrimo rezultatai ir išvados

Eksperimentinio tyrimo metu buvo sudaryta 619 mokinių imtis, tačiau apdorojant realių duomenų kiekis, kuris buvo panaudotas pristatyti eksperimentinio tyrimo rezultatus sumažėjo iki 390. Dalis duomenų buvo pašalinti iš tyrimo dėl:

1. mokinių, kurie neatliko pirmo arba antro testo, t. y. negauti šių matavimų duomenys (testų rezultatai sistemoje užfiksuoti -1, mokinių tipo grupė XX00);
2. mokinių, kurie mažai mokėsi sistemoje. Mokinių tipo grupė XX01.

3. mokinių, kurie iš pirmo testo surinko labai gerą taškų skaičių (daugiau negu 10 taškų). Daroma išvada, kad jiems pagalba nereikalinga. Mokinių tipo grupė XX02.
4. techninių sistemos klaidų nebuvo įrašyti keliolikos mokinių įrašai.



36 pav. Dviejų tyrimo grupių pasiskirstymas pagal mokymosi stilius

Siekiant patikrinti anksčiau aprašytas hipotezes, buvo analizuojama ši informacija: pagal mokinių tipus *type* ir pradinio testo rezultatus *segment* analizuojamas mokymosi rezultatų pagerėjimo pasiskirstymas pagal matą *delta*, t. y. analizuojami mokinių įrašai, kurie pradėdami nuo to paties pradinio testo rezultato gauna didesnę *delta*. Tada pagal *type* žiūrimas mokymosi rezultatų pagerėjimo vidurkis *efficiency*.

Kadangi testinė grupė TG gavosi gana maža, tai ji buvo sujungta su ta mokinių grupe, kuri nesinaudojo rekomendacijomis, t. y. su MG00 grupe. Grupės buvo apjungtos dėl panašumo pagal: MSt pasireiškimą kiekvienoje grupėje (36 pav.).

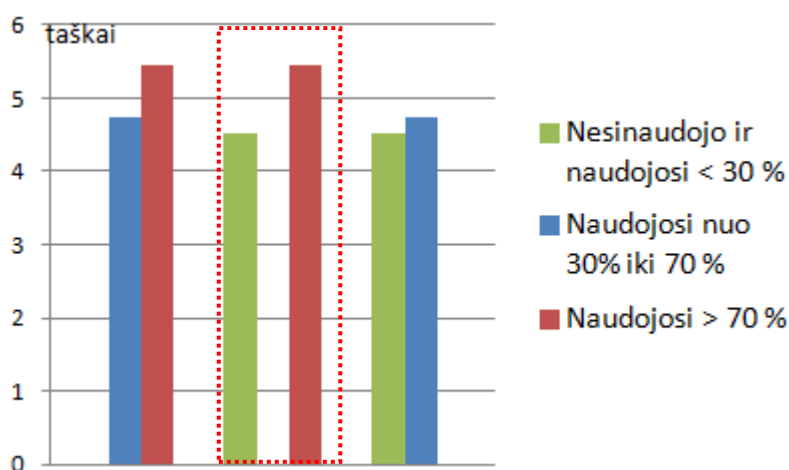
4.3.1 Mokinių darbo efektyvumo tyrimo rezultatai

Skyrelyje pristatomi kvaziekperimentinio tyrimo rezultatai. Tikrinama iškelta hipotezė, kad mokymosi aplinka su įdiegtu metodu gerinama mokinių mokymosi rezultatus ir trumpina jų mokymosi laiką. Tam buvo tirta, ar sistema su pasiūlytomis rekomendacijomis daro poveikį mokymosi rezultatams ir mokymosi greičiui. Kaip buvo aprašyta ankstesniuose skyriuose, duomenims rinkti naudotas mokinių testavimas – kiekybiškai išreikšti duomenys gauti

naudojant ekspertų sudarytas užduotis, ir mokinių darbo sistemoje kiekybiniai duomenys.

Kvaziekperimentinio tyrimo hipotezių tikrinimui naudotos dviejų nepriklausomų imčių *t-test* statistinis metodas. Šis kriterijus leidžia nustatyti, ar kintamojo vidurkio skirtumai tarp grupių yra statistiškai reikšmingi. Statistiškai reikšmingas skirtumas (SPSS pakete žymima *Mean Difference*) tarp vidurkių buvo fiksuotas, kai stebimas reikšmingumo lygmuo *p* neviršijo 0,05 (žymima *Sig. 2 - tailed*). Duomenys apdoroti SPSS statistinio paketo programa skirta Windows OS. Tuo pačiu *t-test* statistinį metodą galima naudoti kaip instrumentą matuoti metodo patikimumą.

Šiame tyrime buvo lyginamos trys grupės: TG+MG00, MG0307 ir MG100. Lyginant šių trijų grupių rezultatų vidurkius (37 pav.), pastebima, kad mokiniai, kurie daugiau naudojami rekomendacijomis, pasiekė aukštesnių mokymosi rezultatų (diagramoje lyginamos visos grupės).

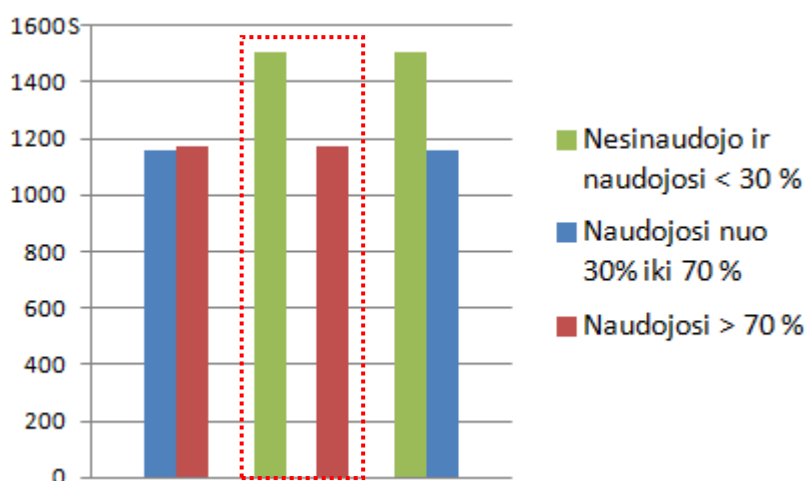


37 pav. Mokymosi rezultatų vidurkių palyginimas

Statistinis gautų duomenų tyrimas rodo, kad nors egzistuoja mokymosi rezultatų pagerėjimas, priklausomai nuo mokinių pasinaudojimo rekomendacijomis, tačiau statistiškai reikšmingas skirtumas gautas tik tarp dviejų grupių: TG+MG00 ir MG100 (37 pav. dviejų grupių stulpeliai pažymėti raudonu stačiakampiu), kai reikšmingumo lygmuo $p=0,002 \leq 0,05$, statistiškai

reikšmingas rezultatų pagerėjimas gautas tik tarp dviejų grupių, t. y. tų, kurie nesinaudojo ir tų kurie naudojami daugiau nei 70%. [6 priedas](#)

Lyginant visų grupių mokymosi laiko vidurkius (38 pav. diagramoje lyginamos visos grupės) pastebima, kad tie mokiniai, kurie nesinaudojo rekomendacijomis sugaišo daugiau laiko nei tie, kurie naudojami, tačiau tie, kurie naudojami daugiau nei 70 % sugaišo daugiau už tą mokinių grupę, kuri rekomendacijomis naudojami mažiau – nuo 30 % iki 70 %. Mokinių grupę, kuri naudojo daugiau nei 70 % rekomendacijų sugaišo trumpiau negu grupę nesinaudojusi rekomendacijomis ir tarp šių dviejų grupių gautas statistiškai reikšmingas skirtumas (38 pav. dviejų grupių stulpeliai pažymėti raudonu stačiakampiu), kai reikšmingumo lygmuo $p=0,002 \leq 0,05$. [7 priedas](#)

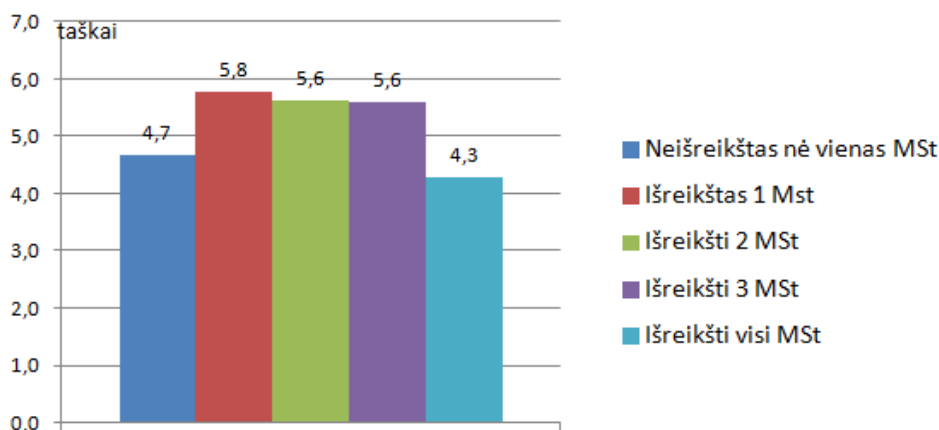


38 pav. Mokymosi laiko vidurkių palyginimas

4.3.2 Rekomendacijų pagal mokymosi stilius veiksmingumas

Siekiant įvertinti sukurto metodo teikiamų rekomendacijų pagal mokinių mokymosi stilius (mokymosi stiliai aprašomi daugiakriteriniu būdu), nagrinėti ryšiai tarp MSt ir gaunamų mokymosi rezultatų. Daroma išvada, kad metodas turi įtakos mokymosi rezultatams, atsižvelgiant į mokinių mokymosi stilius: rekomendacijos buvo naudingesnės mokiniams, turintiems nuo vieno iki trijų išreikštų MSt. Interpretuojama, kad, jei mokinys turi visus keturis išreikštus arba neturi nė vieno išreikšto mokymosi stilius, rekomendacijos tampa nebeveiksmingos. (39 pav.). Išsamesnė analizė negalima dėl duomenų

trūkumo, todėl gilesnei rekomendacijų pagal mokymosi stilius analizei reikalingas papildomas tyrimas.



39 pav. Rekomendacijų pagal mokymosi stilius veiksmingumas mokymosi rezultatams

Išvados

1. Žvalgomojo tyrimo rezultatai parodė, kad egzistuoja statistiškai reikšmingas skirtumas tarp skirtingų mokymosi stilių grupių veiklų el. sistemoje taikant adaptuotą mokymosi stilių nustatymo klausimyną. Remiantis tyrimo rezultatais patvirtinamas mokymosi stilių aprašymo daugiakriteriniu būdu tikslingumas ir parodo, kad nors mokymuisi daro įtaką daug faktorių, mokymosi stilius yra vienas jų.
2. Atlikto eksperimento rezultatai rodo, kad lyginant skirtingų mokinių grupių mokymosi rezultatų vidurkius tie, kurie naudojo daugiau nei 70% rekomendacijų pasiekė geresnių mokymosi rezultatų nei mokiniai, kurie nesinaudojo.
3. Taip pat tie, kurie naudojami rekomendacijomis, pastebėta, kad sugaišo mažiau laiko pasiekti tokiems patiems rezultatams, negu tie, kurie nesinaudojo rekomendacijomis. Geresni mokymosi rezultatai ir trumpesnis mokymosi laikas stebimi tarp visų grupių, tačiau statistiškai reikšmingi rezultatai gauti tik tarp dviejų grupių.

Bendrosios išvados ir rezultatai

1. Sukurtas adaptyvus mokomųjų modulių personalizavimo metodas optimaliems mokymosi keliams pagal besimokančiųjų mokymosi stilius parinkti. Metodas tinka statiniams ir dinaminiam mokomiesiems moduliams.
2. Skruzdžių kolonijos optimizavimo metodas el. mokymui(-si) modifikuotas taip, kad galėtų būti taikomas optimaliems mokymosi keliams pagal besimokančiųjų mokymosi stilius parinkti ir tiktų tiek statiniams, tiek dinaminiam mokomiesiems moduliams. Nors parametrai ir funkcijos yra tokios pačios kaip ir originaliame skruzdžių kolonijos optimizavimo metode, darbe siūlomi du originalūs sprendimai jo taikymo el. mokyme(-si):
 - a) Besimokančiojo profilis aprašomas daugiakriteriniu modeliu $B = (Mst(\{w_1, w_2, w_3, w_4\}))$, kur $\{w_1, w_2, w_3, w_4\}$ mokymosi stilių reikšmės.
 - b) Mokomasis modulis, priešingai nei kituose moksliniuose tyrimuose, nagrinėjamas kaip dinaminis tyrimo objektas, todėl siekiant efektyvesnio metodo veikimo dinaminėje mokymosi aplinkoje, pasiūlyta nauja metodo modifikacija, grįsta „naujo elemento“ feromono integracija į esamą metodą.
3. Atliktų kompiuterinių eksperimentų rezultatai patvirtino, kad pasiūlytas metodas tinka iškeltai problemai spręsti, parenkant mokymosi kelius besimokantiesiems pagal jų mokymosi stilius. Pasiūlyta feromonų atnaujinimo strategija yra unikali, gauti naudingi rezultatai papildė ankstesnius šios srities tyrimų rezultatus.
4. Žvalgomojo tyrimo rezultatai parodė, kad egzistuoja statistiškai reikšmingas skirtumas tarp skirtingų mokymosi stilių grupių veiklų el. sistemoje taikant adaptuotą mokymosi stilių nustatymo klausimą.

Remiantis tyrimo rezultatais patvirtinamas mokymosi stilių aprašymo daugiakriteriniu būdu tikslingumas ir parodoma, kad, nors mokymuisi daro įtaką daug faktorių, mokymosi stiliai yra vienas svarbiausių.

5. Atlikto empirinio eksperimento rezultatai rodo, kad metodo taikymas besimokančiųjų mokymui(-si) el. sistemoje leidžia parinkti personalizuotus mokymosi kelius atsižvelgiant į jų mokymosi stilius, gerina besimokančiųjų mokymosi rezultatus, taip pat trumpina mokymosi laiką.

Literatūros šaltiniai

- Acampora, G., Gaeta, M., & Loia, V. (2011). Hierarchical optimization of personalized experiences for e-Learning systems through evolutionary models. *Neural Computing & Applications*, 20(5), 641-657.
- Adomavicius, G., & Tuzhilin, A. (2005). Personalization technologies: a process-oriented perspective. *Commun. ACM*, 48(10), 83-90.
- Al-Muhaideb, S., & El Menai, M. (2011). Evolutionary computation approaches to the Curriculum Sequencing problem. *Natural Computing*, 10(2), 891-920.
- Alian, M., & Jabri, R. (2009). A Shortest Adaptive Learning Path in eLearning Systems: Mathematical View. *Journal of American Science*, 5(6), 32-42.
- Amadiou, F., van Gog, T., Paas, F., Tricot, A., & Mariné, C. (2009). Effects of prior knowledge and concept-map structure on disorientation, cognitive load, and learning. *Learning and Instruction*, 19(5), 376-386.
- Anand, S., & Mobasher, B. (2005). Intelligent Techniques for Web Personalization. In B. Mobasher & S. Anand (Eds.), *Intelligent Techniques for Web Personalization* (Vol. 3169, pp. 1-36): Springer Berlin/Heidelberg.
- Atif, Y., Benlamri, R., & Berri, J. (2003). Dynamic Learning Modeler. *Educational Technology & Society*, 6(4), 60-72.
- Baldoni, M., Baroglio, C., Brunkhorst, I., Marengo, E., & Patti, V. (2007). Reasoning-Based Curriculum Sequencing and Validation: Integration in a Service-Oriented Architecture. In E. Duval, R. Klamma & M. Wolpers (Eds.), *Creating New Learning Experiences on a Global Scale* (Vol. 4753, pp. 426-431): Springer Berlin Heidelberg.
- Beetham, H. (Ed.). (2007). *An approach to learning activity design*. London: Routledge.
- Bendorienė, A., Bogušienė, V., Dagtė, E., ir kt. (Ed.) (2001) Tarptautinių žodžių žodynas. Vilnius: Alma Littera.
- Biletskiy, Y., Baghi, H., Keleberda, I., Fleming, M. (2009). An adjustable personalization of search and delivery of learning objects to learners. *Expert Systems with Applications*, 36(5), 9113-9120.
- Brown, E. (2007). *The use of learning styles in adaptive hypermedia*. PhD Thesis, University of Nottingham, UK.
- Brusilovsky, P. (1994). The construction and application of student models in intelligent tutoring systems. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 32(10), 70-89.
- Brusilovsky, P. (1996). Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 6(2), 87-129.
- Brusilovsky, P., Eklund, J., & Schwarz, E. (1998). Web-based education for all: a tool for development adaptive courseware. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30(1-7), 291-300.
- Brusilovsky, P., & Henze, N. (2007). Open Corpus Adaptive Educational Hypermedia. In P. Brusilovsky, A. Kobsa & W. Nejdl (Eds.), *The Adaptive Web* (Vol. 4321, pp. 671-696): Springer Berlin Heidelberg.
- Brusilovsky, P., & Millán, E. (2007). User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems. In P. Brusilovsky, A. Kobsa & W. Nejdl (Eds.), *The Adaptive Web* (Vol. 4321, pp. 3-53): Springer Berlin / Heidelberg.

- Brusilovsky, P., & Peylo, C. (2003). Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13(2), 159-172.
- Calcaterra, A., Antonietti, A., & Underwood, J. (2005). Cognitive style, hypermedia navigation and learning. *Computer & Education*, 44(4), 441-457.
- Campanella, S., Dimauro, G., Ferrante, A., Impedovo, D., Impedovo, S., Lucchese, M. G., Trullo, C. A. (2008). Quality enhancement in e-learning activities: improvements by mean of a newly engineered e-learning survey. *WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education*, 5(4), 242-251.
- Cassidy, S. (2004). Learning styles: an overview of theories, models and measures. *Educational Psychology*, 24(4), 419-444.
- Cha, H. J., Kim, Y. S., Park, S. H., Yoon, T. B., Jung, Y. M., & Lee, J. H. (2006). Learning styles diagnosis based on user interface behaviors for the customization of learning interfaces in an intelligent tutoring system *Proceedings of the 8th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Lecture Notes in Computer Science*. (Vol. 4053, pp. 513-524). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Chen, C. M. (2008). Intelligent web-based learning system with personalized learning path guidance. *Computers & Education*, 51(2), 787-814.
- Chen, C. M. (2009). Ontology-based concept map for planning a personalised learning path. *British Journal of Educational Technology*, 40(6), 1028-1058.
- Chen, S. Y., & Liu, X. (2008). An integrated approach for modeling learning patterns of students in web-based instruction: a cognitive style perspective. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 15(1), Article No. 1.
- Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., & Ecclestone, K. (2004). *Learning styles and pedagogy in post-16 learning. A systematic and critical review*. London: Learning and Skills Research Centre.
- Collis, B., & Moonen, J. (2001). Flexible Learning in a Digital World: Experiences and Expectations. *Open Learning: The Journal of Open and Distance Learning*, 17(3), 217-230.
- Conlan, O., Hockemeyer, C., Wade, V., & Dietrich, A. (2002). Metadata Driven Approaches to Facilitate Adaptivity in Personalized eLearning systems. *The Journal of Information and Systems in Education*, 1, 38-44.
- Conole, G., Oliver, M., Falconer, I., Littlejohn, A., & Harvey, J. (2007a). Designing for learning. In G. Conole & M. Oliver (Eds.), *Contemporary perspectives in e-learning research: themes, methods and impact on practice*. F. Lockwood: Routledge Falmer.
- Contamines, J., & Paquette, G. (2010). Competency Equilibrium and Instructional Scenarios' Quality *Visual Knowledge Modeling for Semantic Web Technologies: Models and Ontologies* (pp. 245-262): IGI Global.
- Ćukušić, M., Alfirević, N., Granić, A., & Garača, Ž. (2010). e-Learning process management and the e-learning performance: Results of a European empirical study. *Computers & Education*, 55(2), 554-565.
- Dağ, F., & Geçer, A. (2009). Relations between online learning and learning styles. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 862-871.
- Dagger, D., Wade, V., & Conlan, O. (2002). Towards a Standards-based Approach to e-Learning Personalization using Reusable Learning Objects. In M. Driscoll & T. C. Reeves (Eds.), *World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2002* (pp. 210-217). Montreal, Canada: AACE.

- Dagger, D., Wade, V., Conlan, O. (2005). Personalisation for all: making adaptive course composition easy. *Educational Technology & Society*, 8(3), 9-25.
- Dagienė, V., & Kurilovas, E. (2008). *Informacinės technologijos švietime: patirtis ir analizė*. Vilnius: Matematikos ir informatikos institutas.
- Dagienė, V., & Žilinskienė, I. (2011). Mokymosi veiklų samprata skaitmeninėje erdvėje. *Pedagogika*, 102, 94-103.
- Dagli, C., & Kilicay, N. (2007). Understanding Behavior of System of Systems Through Computational Intelligence Techniques *Systems Conference, 2007 1st Annual IEEE* (pp. 1-7). Honolulu, Hawaii.
- Dieberger, A. (1997). *International Journal of Human Computer Studies*, 46(6), 805-825.
- Dietinger, T. (2003). *Aspects of E-Learning Environments*. PhD Thesis, Graz University of Technology, Austria.
- Dorigo, M., & Gambardella, L. M. (1997). Ant colony system: a cooperative learning approach to the traveling salesman problem. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 1(1), 53-66.
- Dorigo, M., Maniezzo, V., & Colorni, A. (1996). Ant system: optimization by a colony of cooperating agents. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics*, 26(1), 29-41.
- Drachsler, H., Hummel, H., & Koper, R. (2008). Using Simulations to Evaluate the Effects of Recommender Systems for Learners in Informal Learning Networks *Proceedings of the 2nd Workshop on Social Information Retrieval for Technology Enhanced Learning: SIRTEL '08 at the 3rd European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2008)* (Vol. 382). Maastricht, The Netherlands: CEUR Workshop Proceedings.
- Drachsler, H., Hummel, H. G. K., Van den Berg, B., Eshuis, J., Waterink, W., Nadolski, R. J., Berlanga, A. J., Boers, N., Koper, R. (2009). Effects of the ISIS Recommender System for navigation support in self-organised Learning Networks. *Journal of Educational Technology and Society*, 12(3), 122-135.
- Drasute V., Drasutis, S., & Baziuke, D. (2011). A Method for Rational Provision of Learning Syllabus. *Informatics in Education*, 10(2), 183-193.
- Duval, E., & Hodgins, W. (2006). Standardized uniqueness: oxymoron or vision of the future? *IEEE Journal on Computer*, 39(3), 96-98.
- Ehlers, U. (2004). Quality in e-learning from a learner's perspective. *European Journal of Open and Distance Learning*. Retrieved from <http://www.eurodl.org/index.php?tag=120&article=230&article=101>
- Esichaikul, V., Lamnoi, S., & Bechter, C. (2011). Student Modelling in Adaptive E-Learning Systems. *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal*, 3(3), 342-355.
- Essalmi, F., Ayed, L. J. B., Jemni, M., Kinshuk, & Graf, S. (2010). A fully personalization strategy of E-learning scenarios. *Computers in Human Behavior*, 26(4), 581-591.
- Fazlollahtabar, H., & Mahdavi, I. (2009). User/tutor optimal learning path in e-learning using comprehensive neuro-fuzzy approach. *Educational Research Review*, 4(2), 142-155.
- Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78(7), 674-681.
- Feng-Hsu, W. (2011). Personalized recommendation for web-based learning based on ant colony optimization with segmented-goal and meta-control strategies *IEEE*

- International Conference on Fuzzy Systems* (pp. 2054-2059). Taipei IEEE Computer Society.
- Fleming, N. D. (2001). *Teaching and learning styles: VARK strategies*. Christchurch, New Zealand: N.D. Fleming.
- Ford, N., & Chen, S. Y. (2000). Individual Differences, Hypermedia Navigation, and Learning: An Empirical Study. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 9(4), 281-311.
- Gao, M., Liu, K., & Wu, Z. (2010). Personalisation in web computing and informatics: Theories, techniques, applications, and future research. *Information Systems Frontiers*, 12(5), 607-629.
- García Barrios, V. M. (2007). *Personalisation in Adaptive E-Learning Systems. A Service-Oriented Solution Approach for Multi-Purpose User Modelling Systems*. PhD Thesis, Graz University of Technology, Austria.
- García, P., Amandi, A., Schiaffino, S., & Campo, M. (2007). Evaluating Bayesian networks' precision for detecting students' learning styles. *Computers & Education*, 49(3), 794-808.
- Germanakos, P., Mourlas, C., Panayiotou, C., Samaras, G. (2005). Personalization systems and processes review based on a predetermined user interface categorization. *Proceedings of the III International Conference on Communication and Reality, Digital Utopia in the Media: From Discourses to Facts* (pp. 431-444). Barcelona, Spain: University Ramon Llull.
- Goodyear, P. (2005). Educational design and networked learning: Patterns, pattern languages and design practice. *Australasian Journal of Educational Technology*, 21(1), 82-101.
- Graf, S. (2007). *Adaptivity in Learning Management Systems Focussing on Learning Styles*. PhD Thesis, Vienna University of Technology, Austria.
- Graf, S., Liu, T. C., Kinshuk, Chen, N. S., & Yang, S. J. H. (2009). Learning styles and cognitive traits – Their relationship and its benefits in web-based educational systems. *Computers in Human Behavior*, 25(6), 1280-1289.
- Greene, J. A., Costa, L. J., Robertson, J., Pan, Y., & Deekens, V. M. (2010). Exploring relations among college students' prior knowledge, implicit theories of intelligence, and self-regulated learning in a hypermedia environment. *Computers & Education*, 55(3), 1027-1043.
- Gruber, T. R. (1993). A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. *Knowledge Acquisition*, 5 (2), 199-220.
- Guarino, N. (1998). Formal Ontology and Information Systems. In N. Guarino (Ed.), *Formal Ontology in Information Systems* (pp. 3-15). Trento, Italy: IOS Press.
- Guerrero, A. E., Minguillón, J., Guàrdia, L., & Sangrà, A. (2009). Metadata for describing learning scenarios under the European Higher Education Area paradigm. In M. A. Sicilia & M. D. Lytras (Eds.), *Metadata and Semantics* (pp. 69-79): Springer US.
- Guntsch, M., & Middendorf, M. (2001). Pheromone Modification Strategies for Ant Algorithms Applied to Dynamic TSP In E. Boers (Ed.), *Applications of Evolutionary Computing* (Vol. 2037, pp. 213-222): Springer Berlin/Heidelberg.
- Gutiérrez, S., & Pardo, B. (2007). Sequencing in Web-Based Education: Approaches, Standards and Future Trends. In L. Jain, R. Tedman & D. Tedman (Eds.), *Evolution of Teaching and Learning Paradigms in Intelligent Environment* (Vol. 62, pp. 83-117). Berlin, Heidelberg: Springer

- Gutierrez, S., Valigiani, G., Collet, P., & Kloos, C. D. (2007). Adaptation of the ACO heuristic for sequencing learning activities *Proceedings of the EC-TEL 2007 poster session*. Crete, Greece.
- Helic, D. (2007). Formal Representations of Learning Scenarios: A Methodology to Configure E-Learning Systems. *Journal of Universal Computer Science*, 13(4), 504-531.
- Henry, P. (2001). E-learning technology, content and services. *Education + Training*, 43(4/5), 249-255.
- Henze, N., & Nejdil, W. (2004). A logical characterization of adaptive educational hypermedia. *New Review of Hypermedia and Multimedia*, 10(1), 77-113.
- Herlocker, J. L., Konstan, J. A., Terveen, L. G., & Riedl, J. T. (2004). Evaluating collaborative filtering recommender systems. *ACM Transactions on Information Systems* 22(1), 5-53.
- Honey, P., Mumford, A. (1992). *The manual of learning styles*. Maidenhead: Peter Honey.
- Hummel, H. G. K., Van Den Berg, B., Berlanga, A. J., Drachsler, H., Janssen, J., Nadolski, R., & Koper, R. (2007). Combining social-based and information-based approaches for personalised recommendation on sequencing learning activities. *International Journal of Learning Technology*, 3(2), 152-168.
- Hwang, G. J., Kuo, F. R., Yin, P. Y., & Chuang, K. H. (2010). A Heuristic Algorithm for planning personalized learning paths for context-aware ubiquitous learning. *Computers & Education*, 54(2), 404-415.
- IEEE LOM. (2002). Standard for Learning Object Metadata (pp. 44): The Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Ignatova, N., & Kurilovas, E. (2012). Informacinėmis ir komunikacinėmis technologijomis grįsto mokymo ir mokymosi individualizavimo kryptys Lietuvos švietimo kontekste. *Pedagogika*, 106, 21-29.
- IMS LD. (2003). IMS Learning Design Information Model.
- IMS LIP. (2001). IMS Learner Information Packaging Information Model Specification.
- Ishak, Z., Arshad, M. R. M., & Sumari, P. (2003). Adaptive hypermedia system in education: review of available technologies *Proceedings of the 2003 Joint Conference of the Fourth International Conference on Information, Communications and Signal Processing* (Vol. 3, pp. 1767-1771). Singapore: IEEE Computer Society.
- ISO. (2001). Software Engineering – Product Quality – Part 1: Quality Model. *ISO/IEC 9126-1:2001(E)*.
- Yang, Y. J., & Wu, C. (2009). An attribute-based ant colony system for adaptive learning object recommendation. *Expert Systems with Applications*, 36(2, Part 2), 3034-3047.
- Jameson, A. (2001). *Systems That Adapt to Their Users: An Integrative Perspective*. Saarbrücken: Sarland University.
- Kaplan, E. J., & Kies, D. A. (1995). Teaching styles and learning styles: which came first? . *Journal of Instructional Psychology*, 22(1), 29–33.
- Karampiperis, P., & Sampson, D. (2004). Adaptive instructional planning using ontologies *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 126-130). Joensuu, Finland: IEEE Computer Society.
- Karampiperis, P., & Sampson, D. (2005). Adaptive Learning Resources Sequencing in Educational Hypermedia Systems. *Educational Technology & Society*, 8(4), 128-147.

- Kavcic, A. (2004). Fuzzy user modeling for adaptation in educational hypermedia. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, 34(4), 439-449.
- Keegan, D. (1980). On defining distance education. *Distance Education*, 1(1), 13-36.
- Kelly, D., & Tangney, B. (2006). Adapting to intelligence profile in an adaptive educational system. *Interacting with Computers*, 18(3), 385-409.
- Knutov, E., De Bra, P., & Pechenizkiy, M. (2009). AH 12 years later: a comprehensive survey of adaptive hypermedia methods and techniques. *New Review of Hypermedia and Multimedia*, 15(1), 5-38.
- Kobsa, A. (1993). User modeling: Recent Work, Prospects and Hazards. In M. Schneider-Hufschmidt, Kühme, T., Malinowski, U. (Ed.), *Adaptive User Interfaces: Principles and Practice* (pp. 111-128). Amsterdam: North-Holland.
- Kobsa, A. (2001). Generic User Modeling Systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11(1-2), 49-63.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Koper, R. (2005). Increasing Learner Retention in a Simulated learning network using Indirect Social Interaction. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 8(2). Retrieved from <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/8/2/5.html>
- Koper, R., & Tattersall, C. (2004). New directions for lifelong learning using network technologies. *British Journal of Educational Technology*, 35(6), 689-700.
- Kotinurmi, P. (2001). User Profiles and their Management. Retrieved from http://www.tml.tkk.fi/Studies/Tik-111.590/2001s/papers/paavo_kotinurmi.pdf
- Kozierkiewicz-Hetmańska, A., & Nguyen, N. (2011). A method for learning scenario determination and modification in intelligent tutoring systems. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, 21(1), 69-82.
- Kubilinskienė, S. (2012). *Išplėstas skaitmeninių mokymosi išteklių metaduomenų modelis*. PhD Thesis, Vilnius University, Lithuania.
- Kurilovas, E., & Dagiene, V. (2010). Multiple Criteria Evaluation of Quality and Optimisation of e-Learning System Components *Electronic Journal of e-Learning*, 8(2), 141-150.
- Kurilovas, E., & Zilinskiene, I. (2013). New MCEQLS AHP method for evaluating quality of learning scenarios. *Technological and Economic Development of Economy*, 19(1), 78-92.
- Kurilovas, E., Zilinskiene, I., & Ignatova, N. (2011). Evaluation of quality of learning scenarios and their suitability to particular learners' profiles *Proceedings of the 10th European Conference on E-Learning* (pp. 380-389). UK: University of Brighton.
- Li, X., Yu, D., & Qin, J. (2009). An improved ant colony algorithm and simulation *Control and Decision Conference* (pp. 2838-2841). Guilin, Chinese IEEE Computer Society.
- Liu, H., Salem, B., & Rauterberg, M. (2009). A survey on user profile modeling for personalized service delivery systems *Proceeding of IADIS International Conference on Interfaces and Human Computer Interaction* (pp. 45-51). Algarve, Portugal.
- Liu, J., & Greer, J. (2004). Individualized Selection of Learning Object. In L. Aroyo, Dicheva, D. (Ed.), *Proceedings of SW-EL'04: Workshop on Applications of Semantic Web Technologies for Web-based ITS* (Vol. Master of Science, pp. 29-34). Maceió, Brazil.

- Longmire, W. (2000). Content and Context: Designing and Developing Learning Objects. *Learning Without Limits*, 3, 21-30.
- Magoulas, G. D., Papanikolaou, K., & Grigoriadou, M. (2003). Adaptive web-based learning: accommodating individual differences through system's adaptation. *British Journal of Educational Technology*, 36(4), 511-527.
- Malcolm, J., Hodkinson, P., & Colley, H. (2003). The interrelationships between informal and formal learning. *Journal of Workplace Learning*, 15(7/8), 313 - 318.
- Manochehr, N. N. (2006). The Influence of Learning Styles of Learners in E-Learning Environments: An Empirical Study. *Computers in Higher Education Economics Review*, 18, 10-14.
- Manouselis, N., & Costopoulou, C. (2007). Analysis and Classification of Multi-Criteria Recommender Systems. *World Wide Web*, 10(4), 415-441.
- Manouselis, N., Drachsler, H., Vuorikari, R., Hummel, H., & Koper, R. (2011). Recommender Systems in Technology Enhanced Learning. In F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira & P. B. Kantor (Eds.), *Recommender Systems Handbook* (pp. 387-415): Springer US.
- Manouselis, N., Drachsler, H., Vuorikari, R., Hummel, H. G. K., & Koper, R. (2009). A Sneak Preview to the Chapter Recommender Systems in Technology Enhanced Learning. In H. D. R. Vuorikari, N. Manouselis & R. Koper (Ed.), *Proceedings of the 3rd International Workshop on Social Information Retrieval for Technology-Enhanced Learning* (pp. 510-535). Aachen, Germany.
- Manouselis, N., & Sampson, D. (2002). Dynamic Knowledge Route Selection for Personalized Learning Environments Using Multiple Criteria. *Proceedings of IASTED International Conference in Applied Informatics* (pp. 351-365). Innsbruck, Austria: ACTA Press.
- Markauskaitė, L. (1998). Kompiuterizuotas mokymas ir intelektualios mokymo sistemos. *Informatika*, 34, 3-19.
- Martins, A. C., Faria, L., Vaz de Carvalho, C., & Carrapatoso, E. (2008). User Modeling in Adaptive Hypermedia Educational Systems. *Educational Technology & Society*, 11(1), 194-207.
- Mason, R. (1998). Models of online courses. *ALN Magazine*, 2(2). Retrieved from http://www.networkedlearningconference.org.uk/past/nlc1998/Proceedings/Mason_1.72-1.80.pdf
- Mason, R. (2008). *e-Learning and Social Networking Handbook: Resources for Higher Education*: Taylor & Francis.
- Masoumi, D., & Lindström, B. (2012). Quality in e-learning: a framework for promoting and assuring quality in virtual institutions. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28(1), 27-41.
- McLoughlin, C. (2002). Learner Support in Distance and Networked Learning Environments: Ten Dimensions for Successful Design. *Distance Education*, 23(2), 149-162.
- Milošević, G., Brković, M., Debevc, M., Krneta, R., & Cacak, S. (2007). Adaptive learning by using scos metadata. *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects*, 3, 163-174.
- Mulvenna, M. D., Anand, S. S., & Büchner, A. G. (2000). Personalization on the Net using Web mining: introduction. *Communications of the ACM*, 43(8), 122-125.

- Mulwa, C., Lawless, S., Sharp, M., Arnedillo-Sanchez, I., & Wade, V. (2010). Adaptive educational hypermedia systems in technology enhanced learning: a literature review. *Proceedings of the 2010 ACM conference on Information technology education* (pp. 73-84). Midland, Michigan, USA: ACM.
- Nadolski, R., Van den Berg, B., Berlanga, A., Drachsler, H., Hummel, H., Koper, R., & Sloep, P. (2009). Simulating Light-Weight Personalised Recommender Systems in Learning Networks: A Case for Pedagogy-Oriented and Rating-Based Hybrid Recommendation Strategies *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* (Vol. 12).
- Nguyen, L., & Do, P. (2008). Learner Model in Adaptive Learning *Proceedings of World Academy of Science, Engineering And Technology* (Vol. 35, pp. 396-401). Venice, Italy.
- Nichols, M. (2003). A theory for eLearning. *Journal of Educational Technology and Society*, 6(2), 1-10.
- O'Keefe, I., Brady, A., Conlan, O., Wade, V. (2006). Just-in-time Generation of Pedagogically Sound, Context Sensitive Personalized Learning Experiences. *International Journal on E-Learning (IJeL)*, 5(1), 113-127.
- Oppermann, R. (1994). Adaptively supported adaptability. *International Journal of Human Computer Studies*, 40(3), 455–472.
- Ouraiba, E. A., Chikh, A., Taleb-Ahmed, A., & El Yebdri, Z. (2009). Automatic personalization of learning scenarios using SVM *2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 183-185). Riga, Latvia: IEEE Computer Society.
- Papanikolaou, K. A., & Grigoriadou, M. (2004). Accommodating learning style characteristics in Adaptive Educational Hypermedia Systems In P. De Bra, Nejdil, Wolfgan. (Ed.), *Third International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based systems*. Eindhoven, Netherlands: Springer.
- Papanikolaou, K. A., Grigoriadou, M., Kornilakis, H., & Magoulas, G. D. (2003). Personalizing the Interaction in a Web-based Educational Hypermedia System: the case of INSPIRE. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 13(3), 213-267.
- Petrauskienė, R. (2011). *Informacinių technologijų taikymo nuotolinio mokymosi kokybei gerinti metodai ir priemonės*. PhD Thesis, Kauno technologijos universitetas, Kaunas.
- Plumm, K. M. (2008). Technology in the classroom: burning the bridges to the gaps in gender-biased education? *Computers & Education*, 50(3), 1052–1068.
- Popescu, E. (2009). Addressing Learning Style Criticism: The Unified Learning Style Model Revisited. In M. Spaniol, Q. Li, R. Klamma & R. H. Lau (Eds.), *Advances in Web Based Learning – ICWL 2009* (Vol. 5686, pp. 332-342): Springer Berlin Heidelberg.
- Popescu, E. (2010). Adaptation provisioning with respect to learning styles in a Web-based educational system: an experimental study. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(4), 243-257.
- Popescu, E., Trigano, P., & Badica, C. (2007). Towards a Unified Learning Style Model in Adaptive Educational Systems *Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (Vol. 804-808 pp. 804-808). Niigata: IEEE Computer Society.
- Preidys, S., & Zilinskiene, I. (2012). Nuotolinio mokymosi kurso personalizavimo modelis mokymosi veiklų atžvilgiu *Elektroninis mokymasis, informacija ir*

- komunikacija: teorija ir praktika* (pp. 111-132). Vilnius, Lithuania: Vilniaus universiteto Elektroninių studijų ir egzaminavimo centras.
- Rasmussen, K. L., & Davidson-Shivers, G. V. (1998). Hypermedia and learning styles: Can performance be influenced? *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 7(4), 291-308.
- Rupšienė, I. (2009). *Generatyvinių mokymo(si) objektų kūrimo metodai, pagrįsti aukšto lygmens abstrakcijomis*. Kauno technologijos universitetas. PhD Thesis, Kauno technologijos universitetas, Kaunas.
- Sampson, D. G., Karagiannidis, C., & Kinshuk. (2002). Personalised learning: educational, technological and standardisation perspective. *Interactive Learning Environments Educational Multimedia*, 4, 24–39.
- Sanginetto, E., Capuano, N., Gaeta, M., & Micarelli, A. (2008). Adaptive course generation through learning styles representation. *Universal Access in the Information Society*, 7(1), 1-23.
- Semet, Y., Lutton, E., & Collet, P. (2003). Ant colony optimisation for E-learning: observing the emergence of pedagogic suggestions *Proceedings of the 2003 IEEE Swarm Intelligence Symposium* (pp. 46-52). Indianapolis, USA.
- Sėrikovienė, S. (2013). *Mokomųjų objektų pakartotinio panaudojamumo kokybės vertinimo metodų taikymo tyrimas*. PhD Thesis, Vilniaus Universitetas, Vilnius.
- Shute, V., & Towle, B. (2003). Adaptive E-Learning. *Educational Psychologist*, 38(2), 105-114.
- Specht, M., & Burgos, D. (2006). Implementing Adaptive Educational Methods with IMS Learning Design *Proceedings of Adaptive Hypermedia*. Dublin, Ireland.
- Stash, N. V., Cristea, A. I., & Bra, P. M. D. (2004). Authoring of learning styles in adaptive hypermedia: problems and solutions *Proceedings of the 13th international World Wide Web conference on Alternate track papers & posters* (pp. 114-123). New York, NY, USA: ACM.
- Stulpinas, T. (1995). *Ugdymo sistemos*. Šiauliai: Šiaulių pedagoginis institutas.
- Sun, L., Ousmanou, K., & Cross, M. (2010). An ontological modelling of user requirements for personalised information provision. *Information Systems Frontiers*, 12(3), 337-356.
- Sun, L., Williams S. A., Ousmanou, K., & Lubega, J. (2003). Building personalised functions into dynamic content packaging to support individual learners. *Proceedings of the 2nd European Conference on e-Learning* (pp. 439-448). Glasgow, Scotland.
- Šiaučiukienienė, L. (1997). *Mokymo individualizavimas ir diferencijavimas*. Kaunas: Technologija.
- Štuikys, V., & Brauklytė, I. (2009). Aggregating of Learning Object Units Derived from a Generative Learning Object. *Informatics in Education*, 8(2), 295-314.
- Targamadžė, A., Petrauskienė, R. (2010). Impact of Information Technologies on Modern Learning. *Information Technologies and Control*, 39(3), 169-175.
- Tavangarian, D., Leypold, M., Nölting, K., Röser, M., & Voigt, D. (2004). Is e-Learning the Solution for Individual Learning? *Electronic Journal of e-Learning*, 2(2).
- Tsai, M. J., & Tsai, C. C. (2010). Junior high school students' Internet usage and self-efficacy: a re-examination of the gender gap. *Computers & Education*, 54(4), 1182–1192.

- Vagale, V., & Niedrite, L. (2012). Learner Model's Utilization in the e-Learning Environments. In A. Caplinskas, Dzemyda, G., Lupeikiene, A., Vasilecas, O. (Ed.), *DB&Local Proceedings*, (Vol. 924, pp. 162-174). Vilnius: Zara.
- Vazquez, J. M. M., Gonzalez-Abril, L., Morente, F. V., & Ramirez, J. A. O. (2012). Performance improvement using adaptive learning itineraries. *Computational Intelligence*, 28(2), 234-260.
- Vuorikari, R., Koper, R. . (2009). Ecology of social search for learning resources. *Campus-Wide Information Systems*, 26(4), 272-286.
- Wang, T., I., Wang, K., Te, & Huang, Y., Min. (2008). Using a style-based ant colony system for adaptive learning. *Expert Systems with Applications*, 34(4), 2449-2464.
- Wiley, D. (2000). Connecting Learning Objects to Instructional design Theory: a definition, a Metaphor, and a Taxonomy, from <http://www.reusability.org/read/>
- Wolf, C. (2003). Towards 'Learning Style'-Based E-Learning in Computer Science Education. *Proceedings of the Australasian Computing Education Conference* (pp. 273-279). Adelaide, Australia: Australian Computer Society, Inc.
- Wong, L.-H., & Looi, C.-K. (2011). Swarm intelligence: new techniques for adaptive systems to provide learning support. *Interactive Learning Environments*, 20(1), 19-40.
- Zapalska, A., & Brozik, D. (2006). Learning styles and online education. *Campus-Wide Information Systems*, 23(5), 325-335.
- Zhang, D., & Nunamaker, J. F. (2003). Powering E-Learning In the New Millennium: An Overview of E-Learning and Enabling Technology. *Information Systems Frontiers*, 5(2), 207-218.
- Zhao, C., Wan, L. (2006). A Shortest Learning Path Selection Algorithm in E-learning *Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 94-95). Kerkrade IEEE Computer Society.
- Zilinskiene, I., Dagiene, V., & Kurilovas, E. (2012). A Swarm-based Approach to Adaptive Learning: Selection of a Dynamic Learning Scenario *Proceedings of the 11th European Conference on e-Learning* (pp. 583–593). Groningen, the Netherlands.
- Žilinskienė, I., & Kubilinskienė, S. (2012). Mokomojo scenarijaus personalizavimas taikant kolektyvinės intelektikos metodus. *Lietuvos matematikos rinkinys. Lietuvos matematikų draugijos darbai*, 53, 264–269.

Priedai

1 priedas. Mokomojo kelio sąvokų ir sampratų palyginimas

Sąvoka	Apibrėžtis	Pastabos
<i>Apibrėžimai, detalizuojantys MK struktūrą</i>		
Mokymo scenarijus (angl. <i>An instructional scenario</i>)	Agreguotas išteklius sudarytas iš mokomųjų objektų, rolių ir veiklų. (Contamines & Paquette, 2010)	Kelių skirtingų komponentų struktūra
Mokymosi scenarijus (angl. <i>A learning scenario</i>)	Kaip žemiau pateikiamų elementų kombinacija: <i>Specifinis darbo sistema būdas</i> siekiant konkrečių mokymosi tikslų. Paprastai šis būdas yra aprašomas mokymosi veiklų aibe, kurios turi būti atliktos, kad būtų pasiektas tikslas. <i>Vartotojų rolės</i> , aktyvios darbo sistema metu, pvz., mokytojai, pagalbininkai, besimokantieji. <i>Sistemas įrankiai, savybės ir paslaugos</i> , reikalingos įgyvendinti veiklas. <i>Mokymosi turinys</i> mokymosi tikslui pasiekti. (Helic, 2007) Esybė, sukomponuota iš elementų aibės, kuri padeda besimokančiajam mokymosi proceso metu. (Zaina and Bressan 2008)	Kelių skirtingų komponentų struktūra
	Kaip MK, sudarytas iš MO. (Atif, 2003) Kaip MO medis, kur skyriai sudaro mokymosi scenarijaus komponentus. Kiekvienas skyrius yra sukomponuotas iš poskyrių, kiekvienas poskyris gali būti sukomponuotas iš MO reiškiančių apibrėžtis ar pedagogines veiklas. (Essalmi, et al., 2010) Mokomųjų objektų seka. (Kozierkiewicz-Hetmańska & Nguyen, 2011)	Vieno komponento struktūra Agreguotas 4 lygio MO pagal (IEEE LOM, 2002)
Mokymosi veikla (angl. <i>Learning activity</i>)	Mokymosi veikla – darinys apimantis tris elementus: kontekstą, užduotis, ir mokymosi metodus (Conole 2007)	Edukologiniai aspektai
	Veikla – trijų komponentų darinys, apimantis turinį, kuris pateikiamas edukacinėje sistemoje, veikėjus, dalyvaujančius mokymosi veikloje (besimokantysis ar besimokančiųjų grupė, mokytojas ir pan.), ir	Kelių skirtingų komponentų struktūra

	atitinkamus ryšius tarp jų. (Karampiperis & Sampson, 2004)	
Mokymosi kelias (angl. <i>learning path</i>)	Mokymosi kelias – tai visų galimų mokymosi veiklų kombinacijų aprašas siekiant ugdyti kompetencijas. (Hummel, et al., 2007)	Vieno komponento struktūra
Mokymosi išteklių išdėstymas (angl. <i>Learning resources sequencing</i>)	Mokymosi išteklių seka. (Karampiperis & Sampson, 2005)	
Žinių kelias (angl. <i>Knowledge route</i>)	Mokymosi išteklių seka. (N. Manouselis & Sampson, 2002)	Agreguoto 4 lygio MO pagal (IEEE LOM, 2002) vertinimas
Mokymosi modulis (angl. <i>Unit of learning</i>)	Mokomosios programinės įrangos paketas, įgyvendinantis atitinkamus mokymo ar mokymosi metodus ir susidedantis iš mokomųjų objektų, mokymosi veiklų ir virtualiųjų mokymosi priemonių. (IMS LD, 2003)	Kelių skirtingų komponentų struktūra ir sąsajos tarp jų
Apibrėžimai, detalizuojantys MK požymius		
Mokymosi planas (angl. <i>learning plan</i>)	Mokymosi planas yra besimokančiojo veiksmų seka siekiant pasiekti iškeltus tikslus. (Nguyen & Do, 2008)	Procesas
El. mokymosi scenarijus (angl. <i>An e-learning scenario</i>)	Operacinis planas, pagal kurį įgalinamas mokymosi patirties valdymas. (Čukušić, Alfirević, Granić, & Garača, 2010)	Procesas
Mokymosi kelias (angl. <i>Learning path</i>)	Mokymosi kelias – atitiktis tarp besimokančiojo profilio bei jo preferencijų, iš vienos pusės, ir mokymosi medžiagos ir pedagoginių reikalavimų, iš kitos pusės. (Al-Muhaideb & El Menai, 2011)	Funkcija
Mokymosi scenarijus (angl. <i>A learning scenario</i>)	Kaip kompetencijų ugdymas. (Guerrero, et al., 2009)	Procesas

2 priedas. Adaptuota (Honey, 1992) mokymosi stiliaus nustatymo anketa

Anketa mokymosi stiliams nustatyti

Pažymėkite , jei sutinkate su teiginiu. Jei nesutinkate, pažymėkite **X**.

1. Man patinka tiksliai/tikrai žinoti ir suprasti.
2. Man labai patinka rizikuoti.
3. Aš sprendžiu problemas po truputį, pažingsniui, bet ne spėliojau.
4. Aš mėgstu ir renkuosi paprastus dalykus labiau negu kažką sudėtingo.
5. Aš labiau mėgstu pradėti daryti kaip suprantu negu apmąstyti prieš darant.
6. Aš nepriimu kitų sakomų tiesų. Mėgstu pats viską patikrinti.
7. Man svarbūs tie dalykai, kurie pritaikomi praktiškai.
8. Aš aktyviai siekiu išbandyti naujus dalykus ar veiklas.
9. Kai tik išgirstu apie naują idėją, tuoj pat pradedu ieškoti būdų ją įgyvendinti.
10. Aš mėgstu laikytis konkrečių terminų, tvarkaraščių, fiksuotų užduočių.
11. Aš mėgstu tyrinėti objektą tol, kol ištiriu jį. Nemėgstu pateikti išankstinių išvadų.
12. Aš priimu sprendimus nuosekliai, prieš tai pasverdamas galimus kitus sprendimus.
13. Aš nemėgstu nestruktūruotų užduočių, man patinka, kai yra pateikiami tam tikri šablonai.
14. Diskusijose aš mėgstu pereiti tiesiai prie diskusijos tikslo.
15. Man patinka iššūkiškai ir išbandyti ką nors naujo, kito ir skirtingo.
16. Man patinka apmąstyti problemą prieš priimant konkrečias išvadas.
17. Aš manau, kad man sunku pateikti novatoriškas idėjas.
18. Aš siekiu surinkti kiek galima daugiau informacijos, kad galėčiau judėti į priekį.
19. Aš mėgstu veikti neplanuotai, negu, kad susiplanavus veiklą iš anksto.
20. Aš vertinu kitų žmonių pateiktas idėjas pagal tai, kiek jos įgyvendinamos praktiškai.
21. Aš manau, kad negalima remtis sprendimu vien todėl, kad kažkas jaučiasi, kad yra teisus. Žmogus turi pats apmąstyti visus faktus.
22. Aš esu reiklus sau, man svarbu, kaip aš atlieku darbus – esu truputį perfekcionistas.
23. Diskusijose, aš mėgstu siūlyti savo idėjas.
24. Diskusijose siūlau tik tas idėjas, kurios žinau, kad turi praktinę vertę.
25. Prieš sprenddamas problemą, stengiuosi pažvelgti į ją iš skirtingų perspektyvų.
26. Dažniausiai aš kalbu daugiau nei klausau.
27. Dažnai aš galiu pasiūlyti praktinių problemos sprendimo būdų.
28. Aš tikiu, kad tikslus loginis mąstymas yra būdas išspręsti problemas.
29. Jei turiu parašyti atsiskaitomąjį darbą, prieš tai parengiu kelis juodraščius ir tik tada pateikiu galutinį variantą.
30. Aš mėgstu apmąstyti visas alternatyvas prieš priimant sprendimą.
31. Aš nemėgstu nestandartinių „nerealų idėjų. Jos yra nepraktiškos.
32. Gyvenu pagal principą: „Geriau apsidairyti prieš šokant“.
33. Aš paprastai daugiau klausau negu kalbu.
34. Man nėra skirtumo, kaip atlieku darbus. Svarbiausia, kad veiktų.
35. Mane erzina taisyklės ir planai, nes jie trukdo veikti.
36. Paprastai aš esu vakarėlio „siela“.
37. Aš darau viską ką galiu, kad tik užbaigčiau darbą.
38. Man patinka išsiaiškinti, suprasti, kaip veikia daiktai.
39. Aš mėgstu diskusijas ir susitikimus, kuriuose laikomasi taisyklių ir tvarkaraščių.
40. Aš rūpinuosi mažiausiai, jei daiktai/situacijos tampa nekontroliuojami.

Ačiū!

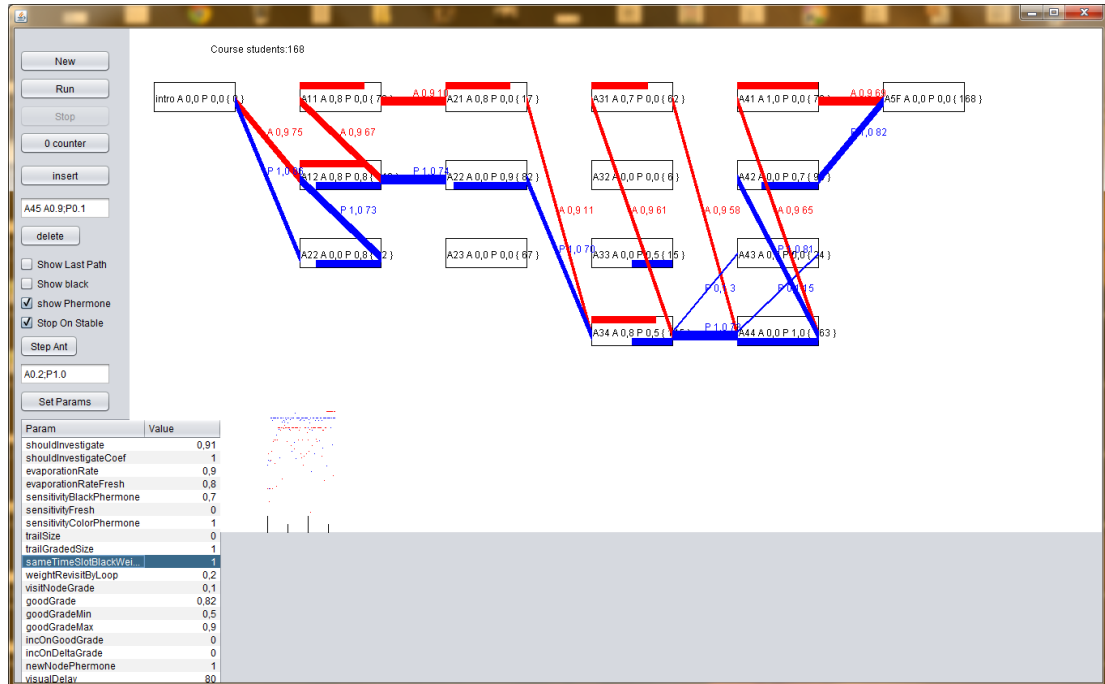
Atsakymų lentelė

1	4	2	11
3	7	5	12
6	9	8	16
10	14	15	18
13	20	19	21
17	24	23	25
22	27	26	29
28	31	35	30
38	34	36	32
39	37	40	33

Theorist	Pragmatist	Activist	Reflector

	Activist		Reflector		Theorist		Pragmatist	
Very strong preference	7	10	9	10	8	10	9	10
Strong preference	6	6	8	8	7	7	8	8
Moderate preference	4	5	6	7	6	6	6	7
Low preference	2	3	4	5	4	5	4	5
Very low preference	0	1	0	3	0	3	0	3

3 priedas. Kompiuterinių simuliacijų programos langas



4 priedas. Pradinio ir galutinio testų variantų pavyzdžiai

Pradinis testas v0

Išspręskite šias užduotis popieriaus lape ir atsakymus surašykite į laukelius. Atsakymai gali būti tik skaičiai. Jei atsakymą gaunate su kableliu, įrašykite jį kablelį pakeisdami tašku, pvz., 3.2

$7 - (x - 2) = -8(3 - 4x)$
x= <input type="text"/>
$(5 - x)(x - 2) - 5 = (x - 3)^2 - (x - 4)(3 + 2x)$
x= <input type="text"/>
$2x - \frac{x - 1}{4} = -\frac{3 - 5x}{3} - 4$
x= <input type="text"/>
$(x - 4.5)(x + 5.4)6 = \frac{1}{3}(18x^2 + 81)$
x= <input type="text"/>
$(x : 2 + 7)^2 = 3x + 49$
x1= <input type="text"/> x2= <input type="text"/>
$4x^3 + x^2 = 0$
x1= <input type="text"/> x2= <input type="text"/>
<input type="button" value="→"/>

5 priedas. Mokymosi stiliaus nustatymo sistemoje realizacija

localhost:8080/index

localhost:8080/index

Mokymosi kurso valdymo sistema

Sveiki, stud3, prisijungę prie elektroninio nuotolinio mokymosi kurso. Šis kursas, skirtas temų "Tiesinės lygtys" ir "Kvadratinės lygtys" kartojimui.

Norėdami pradėti mokytis, pirmiausia turite:

1. Užpildyti **mokymosi stiliaus klausimyną**. Tik užpildę jį galėsite tęsti darbą ir pereiti prie kitų užduočių.
2. Atlikti **pradinį testą**, skirtą patikrinti pradines Jūsų žinias.
3. Atlikę šiuos veiksmus, rinkitės **mokymosi medžiagos peržiūrą** ir pradėkite mokytis **Tęsti kursą**.
4. Mokymasis baigiamas, kai atliksite **galutinį testą**.

Pildyti mokymosi stiliaus nustatymo klausimyną

Baigti darbą su sistema

localhost:8080/questioneer

Klausimynas

Šis klausimynas skirtas nustatyti Jūsų mokymosi stilių. Bėgant metams tikriausiai Jums yra būdingi mokymosi įpročiai, kuriuos Jūs taikote skirtingose situacijose. Šis klausimynas padės įvertinti šiuos įpročius ir remiantis jais palengvinti Jūsų mokymąsi. Klausimynas, sukurtas visame pasaulyje žinomų autorių Peter Honey and Alan Mumford yra adaptuota jo lietuviška versija.

Atsakyti į šį klausimyną truks nuo 5 iki 10 min. Kuo tikslesnius, sąžiningesnius rezultatus pateiksite, tuo tiksliau, remiantis Jūsų atsakymais bus pateikiamos mokymosi rekomendacijos siekiant palengvinti Jūsų mokymąsi. Čia nėra nei teisingų nei klaidingų atsakymų.

Jei sutinkate su teiginiu, pasirinkite "Taip"
Jei nesutinkate su teiginiu, pasirinkite "Ne"
Kiekvienam teiginiui turite pasirinkti atsakymą. **Užpildę anketą, spustelėkite apačioje esančią rodyklę, kad pateiktumėte rezultatus.**

Nuoširdus ačiū už Jūsų atsakymus :)

0. Aš mėgstu pateikti absoliučiai tikslią informaciją.	<input type="radio"/> Taip <input type="radio"/> Ne
1. Aš dažnai elgiuosi spontaniškai neatsižvelgdamas į galimas pasekmes.	<input type="radio"/> Taip <input type="radio"/> Ne
2. Man labiau patinka spręsti problemas pagal planą, žingsnis po žingsnio, o ne spėliojant.	<input type="radio"/> Taip <input type="radio"/> Ne
3. Aš stengiuosi patikrinti idėjas, kad įsitikčiau, jog jos yra veiksmingos praktikoje.	<input type="radio"/> Taip <input type="radio"/> Ne
4. Aš dažniausiai imuosi ką nors daryti impulsyviai iš anksto daug nemąstęs.	<input type="radio"/> Taip <input type="radio"/> Ne
5. Aš griežtai analizuoju pagrindinius spėjimus, principus ir teorijas, susiejantįs faktus ir įvykius.	<input type="radio"/> Taip <input type="radio"/> Ne
6. Mokantis svarbu, kad tuos dalykus galėtum pritaikyti praktiškai.	<input type="radio"/> Taip <input type="radio"/> Ne
7. Man patinka daug kalbėti.	<input type="radio"/> Taip <input type="radio"/> Ne

localhost:8080/index

Mokymosi kurso valdymo sistema

Sveiki, stud3, prisijungė prie elektroninio nuotolinio mokymosi kurso. Šis kursas, skirtas temų "Tiesinės lygtys" ir "Kvadratinės lygtys" kartojimui.

Norėdami pradėti mokytis, pirmiausia turite:

1. Užpildyti **mokymosi stiliaus klausimyną**. Tik užpildę jį galėsite tęsti darbą ir pereiti prie kitų užduočių.
2. Atlikti **pradinį testą**, skirtą patikrinti pradinės Jūsų žinias.
3. Atlikę šiuos veiksmus, rinkitės **mokymosi medžiagos peržiūrą** ir pradėkite mokytis **Tęsti kursą**.
4. Mokymasis baigiamas, kai atliksite **galutinį testą**.

Mokymosi stiliaus klausimynas
Jūsų mokymosi stiliaus analizės rezultatai: Activist=0,30 Pragmatist=0,80 Reflector=0,50 Theorist=0,50

Mokymosi stiliai

Stilius	Reikšmė
Aktyvistas	0,30
Pragmatikas	0,80
Stebetojas	0,50
Teoretikas	0,50

- **Aktyvistai** mėgsta įsitraukti į naujus dalykus, problemas, išnaudoti naujas galimybes. Jiems nepatinka sėdėti be darbo, stebėti ir nedalyvauti.
- **Teoretikai** juos domina požūriai ir teorijos. Jie mėgsta dirbti turėdami aiškų tikslą ar priežastį.
- **Stebėtojai** (mąstytojai) daug laiko skiria situacijų, dalykų apmąstymams. Jie nekenčia spaudimo ir staigaus persiorientavimo nuo vieno darbo prie kito.

Pamoka

localhost:8080/lo?id=P0_MOK0

Įvadas

Lygčių sprendimas be atskliaudimo (video medžiaga)

Patarimai lygtims spręsti (medžiaga svetainėje)

Ekvivalentūs lygčių pertvarkiai

Lygties sprendimas vaizdžiai, schematiškai

Lygčių sprendimas su atskliaudimu (video medžiaga)

Lygčių sprendimo ypatingi atvejai

Lygčių sprendimo teorija su pavyzdžiais

Kurso tikslas

Trumpai apie mokymosi kursą

Šis kursas, skirtas temų "Tiesinės lygtys" ir "Kvadratinės lygtys" kartojimui. Mokymosi medžiagą sudaro:

1. Temos "Tiesinės lygtys" mokymosi medžiagą sudaro: 8 mokymosi objektai, skirti pakartoti teorinę medžiagą ir 5 mokymosi objektai praktiniams įgūdžiams ugdyti.
2. Temos "Kvadratinės lygtys": 4 mokymosi objektai teorinei medžiagai ir 2 praktiniams įgūdžiams ugdyti.

Teorijai skirti objektai yra skirtingi savo sudėtingumu bei pateikimo būdu, vienuose yra pateikiama medžiaga tekstu, kitur video, kitur schematiškai. Rinkitės tą medžiagą, kuri Jums patraukliausia, Jums paprasčiausia suprasti ir mokytis. Taip pat ir mokymosi objektai praktiniams įgūdžiams yra skirtingi – rinkitės, kuris iš jų Jums patraukliausias mokymuisi.

6 priedas. Nepriklausomų imčių *t-test* rezultatai mokymosi rezultatams tirti

Group Statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
pradinis - nesinaudojo, arba galutinis naudojosi mažiau negu 30 proc rekom testas 30-70 proc rekom		197	4,51	2,666	0,190
		63	4,75	2,874	0,362

Independent Samples Test

		for Equality of		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Difference	Std. Error Difference	Confidence	
									Upper	Lower
pradinis - galutinis testas	Equal variances assumed	4,183	0,042	-0,593	258	0,554	-0,233	0,393	-1,008	0,541
	Equal variances not assumed			-0,571	98,476	0,569	-0,233	0,409	-1,045	0,578

Group Statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
pradinis - nesinaudojo, arba galutinis naudojosi mažiau negu 30 proc rekom testas daugiau negu 70 proc rekom		197	4,51	2,666	0,190
		130	5,45	2,776	0,243

Independent Samples Test

		for Equality of		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Difference	Std. Error Difference	Confidence	
									Upper	Lower
pradinis - galutinis testas	Equal variances assumed	0,777	0,379	-3,048	325	0,002	-0,933	0,306	-1,536	-0,331
	Equal variances not assumed			-3,023	268,388	0,003	-0,933	0,309	-1,541	-0,325

Group Statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
pradinis - 30-70 proc rekom galutinis daugiau negu 70 proc rekom testas		63	4,75	2,874	0,362
		130	5,45	2,776	0,243

Independent Samples Test

		for Equality of		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Difference	Std. Error Difference	Confidence	
									Upper	Lower
pradinis - galutinis testas	Equal variances assumed	1,683	0,196	-1,624	191	0,106	-0,700	0,431	-1,550	0,150
	Equal variances not assumed			-1,605	119,062	0,111	-0,700	0,436	-1,564	0,164

7 priedas. Nepriklausomų imčių *t*-test rezultatai mokymosi laikui

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
time nesinaudojo, arba naudojosi mažiau negu 30 proc rekom	197	1.505,03	1.685,408	120,080
30-70 proc rekom	63	1.158,41	1.133,941	142,863

Independent Samples Test

		Equality of		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Interval of the	
								Upper	Lower	
time	Equal variances assumed	5,130	0,024	1,525	258	0,129	346,613	227,335	-101,055	794,280
	Equal variances not assumed			1,857	155,931	0,065	346,613	186,626	-22,028	715,254

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
time nesinaudojo, arba naudojosi mažiau negu 30 daugiau negu 70 proc rekom	197	1.505,03	1.685,408	120,080
	130	1.174,62	1.033,055	90,605

Independent Samples Test

		Equality of		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Interval of the	
								Upper	Lower	
time	Equal variances assumed	15,364	0,000	2,000	325	0,046	330,410	165,174	5,466	655,354
	Equal variances not assumed			2,196	323,425	0,029	330,410	150,428	34,469	626,351

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
time 30-70 proc rekom daugiau negu 70 proc rekom	63	1.158,41	1.133,941	142,863
	130	1.174,62	1.033,055	90,605

Independent Samples Test

		Equality of		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Interval of the	
								Upper	Lower	
time	Equal variances assumed	0,738	0,391	-0,099	191	0,921	-16,203	163,772	-339,237	306,832
	Equal variances not assumed			-0,096	113,111	0,924	-16,203	169,172	-351,359	318,954