

# Daugiaagentė sistema matematikos ir informatikos mokymui

Jaroslav Meleško<sup>1</sup>, Eugenijus Kurilovas<sup>1,2</sup>, Irina Krikun<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Fundamentinių mokslų fakultetas*  
Saulėtekio al. 11, LT-10223, Vilnius

<sup>2</sup> *Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos institutas*  
Akademijos g. 4, LT-08663, Vilnius

E. paštas: jaroslav.melesko@vgtu.lt, jevgenij.kurilov@mii.vu.lt, irina.krikun@gmail.com

**Santrauka.** Straipsnyje siekiama išanalizuoti intelektualių daugiaagenčių sistemų mokymuisi personalizuoti vystymosi tendencijas, bei siūloma tokios sistemos architektūra. Pirma, buvo atlikta sisteminė mokslinės literatūros analizė. Antra, remiantis sisteminė literatūros analize, yra suformuluoti pagrindiniai reikalavimai daugiaagenčiai sistemai mokymo personalizavimui. Trečia, yra siūloma tokios edukacinės sistemos architektūra, pagrįsta penkiais intelektualiais agentais. Jie yra tokie: (1) studento mokymosi stiliaus identifikavimo agentas pagrįstas mokymosi stilių Soloman–Felder rodyklės klausimynu; (2) studento modeliavimo agentas; (3) rekomenduojantis agentas parenkantis tinkamiausius konkrečiam studentui mokymo objektus/komponentus; (4) optimalaus mokymo scenarijaus kūrimo (komponavimo) iš tinkamų komponentų agentas; (5) duomenų gavybos agentas atnaujinantis ir tikslinantis studento modelį ir personalizuotus scenarijus mokymosi proceso metu.

**Raktiniai žodžiai:** mokymosi personalizavimas, intelektualiai daugiaagentė sistema, mokymosi stiliai, mokymosi objektai, intelektualūs agentai, duomenų gavyba, rekomendavimo sistema.

## 1 Įvadas

Straipsnio tikslas yra dvejopas: pirma, atlikti sisteminę literatūros apžvalgą edukacinių intelektualių daugiaagenčių sistemų (angl. *intelligent multi-agent system*) tema ir, antra, išanalizuoti ir pasiūlyti tokios sistemos architektūrą, pagrįstą penkiais agentais: (1) studento mokymosi stiliaus identifikavimo agentas, pagrįstas mokymosi stilių Soloman–Felder rodyklės klausimynu; (2) studento modeliavimo agentas; (3) rekomenduojantis agentas, parenkantis tinkamiausius studentui mokymo objektus/komponentus; (4) optimalaus mokymo scenarijaus iš tinkamų objektų komponavimo agentas; (5) duomenų gavybos agentas, atnaujinantis ir tikslinantis studento modelį ir personalizuotus scenarijus mokymosi proceso metu. Straipsnį sudaro įvadas (1 skyrius); sisteminė edukacinių intelektualių daugiaagenčių sistemų literatūros apžvalgą ir jos rezultatai (2 skyrius); pagrindinių metodų taikomų mokymuisi personalizuoti, mokymosi objektams parinkti, bei sukomponuoti į mokymosi scenarijus aprašymas bei panaudojimas personalizuotos daugiaagentės sistemos architektūroje (3 skyrius). Paskutiniame, 4-ame skyriuje yra pateiktos straipsnio išvados.

## 2 Literatūros analizė

Siekiant nustatyti naujausius rezultatus taikant pažangiąsias daugiaagentes sistemas mokymuisi naudojama sisteminės literatūros apžvalgos metodika (Kitchenham, 2004). Atliekant sisteminę literatūros apžvalgą buvo iškeltas klausimas: „Kokie yra pastarieji intelektualią agentų taikymai mokyme?“ Sisteminė literatūros apžvalga buvo atlikta Clarivate Analytics (buvusi Thomson Reuters) Web of Science duomenų bazėje. Per pastaruosius du metus (2014–2016 m), trisdešimt keturi straipsniai buvo rasti tema „Intelektuali daugiaagentė sistema IR mokymas“. Pagrindiniu straipsnių apžvalgai atrankos faktoriumi iš paieškos rezultatų nustatytas jų aktualumas mokymuisi. Pritaikius sisteminės apžvalgos metodiką, tolimesnei analizei atrinkti 7 straipsniai.

[1] darbo tikslas buvo ištirti, ar pedagoginių agentų nurodymai ir atsilepimai paveiks besimokančiųjų savireguliuojamą mokymosi procesą ir pasiekimus mokymosi aplinkoje MetaTutor. Šis tyrimas rodo, kad agentų nurodymai ir atsilepimai mokymosi aplinkoje skatina mokymosi elgesį, pavyzdžiui, savarankiškai reglamentuoja mokymosi strategijas ir laiką mokymosi sesijos metu peržiūrėti atitinkamą medžiagą.

[5] Harley ir kiti ištyrė prognozavimo poveikį besimokančiųjų emocijų bruožą ir asmenybės bruožus kaip agento nukreiptas emocijas. Šie rezultatai rodo, kad kai kurie emociniai ir asmenybės bruožai gali būti naudojami prognozuoti pedagoginių agentų nukreiptas emocijas link konkrečių pedagoginių veiksmų.

[7] Khamparia an Pandey pateikia pokyčių, susijusių su el. mokymosi strategija nuo 1990 iki 2014 apžvalgą. Apskritai, dirbtiniai neuroniniai tinklai buvo plačiau taikomi negu taisyklių pagrįsti argumentai dėl išvesties efektyvumo problemos, problemos kaip prižiūrėti didelę taisyklių bazę ir dėl interpretavimo sunkumų.

[4] Hammami ir Mathkour pasiūlė intelektinės daugiaagentės sistemos pagerinimą – papildomą lentos agentą. Siūlomas intelektualus agentas užtikrina komunikaciją tarp agentų, reglamentuojančių kitas švietimo sistemos dalis. Eksperimentiniai duomenys rodo, kad dauguma studentų buvo patenkinti veikla, susijusia su el. turiniu. Tačiau duomenys taip pat parodė, kad tik keli studentai bendrauja su savo mokytoju ir kitais mokiniais.

[6] Hoppe nagrinėja konkrečios daugiaagentės mokymosi sistemos pristatytos (Müehlenbrock ir kt., 1998) evoliuciją. Aprašoma, kaip perėjimas prie mobiliųjų įrenginių privedė prie įvairių programavimo platformų, kurios savo ruožtu reikalauja lankstesnius protokolus ir sąsajas. Peržiūra rodo, kaip teminiai ir architektūriniai sprendimai išsivystė per pastaruosius du dešimtmečius prisitaikant prie kintančių el. mokymosi technologijų.

[3] Hameed ir kiti pasiūlė daugiaagentės mokymosi sistemos modelį. Sistema yra pagrįsta Agentas–Grupė–Vaidmuo metodu. Tokia notacija naudojama daugiaagentės sistemos Aalaadin, meta-modelio daugiaagentės sistemos (Ferber ir Gutknecht, 1998) organizavime. Ypatingas dėmesys šiame darbe skiriamas atitikimo sistemos reikalavimų ir specifikacijos įvertinimui. Vertinami Saugos ir Gyvumo savybės, užtikrinant, kad sistema padeda išvengti klaidų būsenas (Sauga) ir atlieka savo užduotis (Gyvumo). Formalus sistemos patikrinimas buvo atliktas naudojantis tikrintuvu Uppaal, grindžiamu baigtinio-automato modeliu su teigiamais rezultatais.

[2] En-Naimi ir Zouhair pateikė naują požiūrį link atvejų pagrįsto priežastingumo. Šis metodas grindžiamas vartotojo aplankytų vietų (pėdsakų) dinamiu klasifikavimu ir elgsenos prognozavimu. Tai gali būti atlikta naudojant vartotojo istoriją,

sąveikų chronologiją ir kūrinius paliktus savo navigacijos proceso metu. Šis požiūris pritraukia dinaminį atvejų pagrįsto priežastingumo naudojimą nagrinėjant situacijas (atpažinimas, prognozavimas ir mokymasis). Siūloma daugiaagenčių architektūra yra grindžiama trimis agentų sluoksniais piramidės modeliu. Apatinis sluoksnis leidžia sukurti tikslinius atvejus. Antrasis sluoksnis įgyvendina dinamišką procesą: ieškoti praeities situacijų, panašių į dabartinę. Galiausiai prognozavimo/sprendimo sluoksnis fiksuoja atsakymus siunčiamus iš antrojo sluoksnio tam, kad transformuoti juos į virtualius arba žmogaus siūlomus veiksmus. Po prognozavimo vadovas siūlo tinkamą sprendimą. Tokiu būdu siūloma sistema gali išlaikyti pastovią automatizuotą aplinkos priežiūrą.

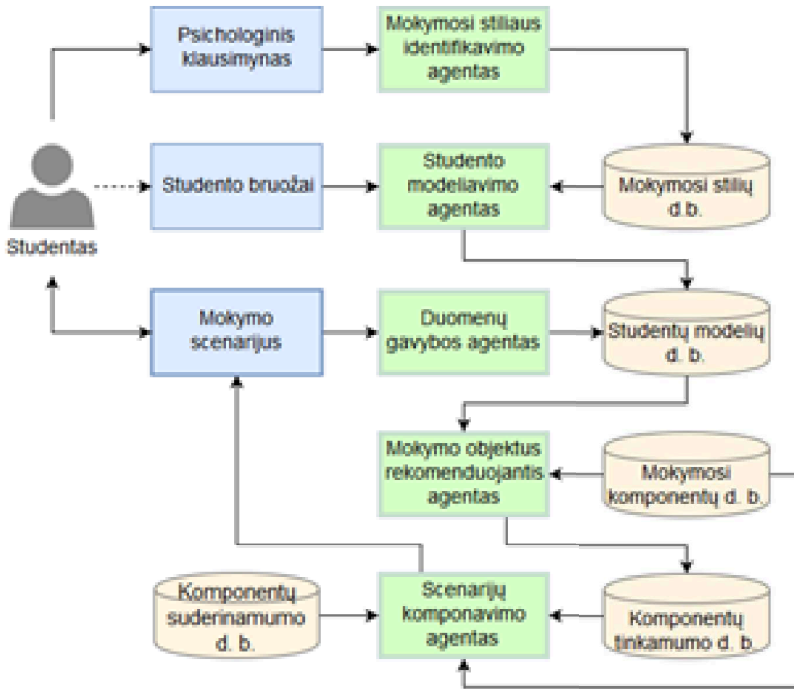
Remiantis pateikta sistemine apžvalga, galima apibendrinti, kad pažangių programinės įrangos agentų ir daugiaagenčių sistemų taikymas švietime aktyviai vystėsi pastaruosius du dešimtmečius. Per dvejus pastaruosius metus (2014–2016), programinės įrangos agentai buvo tiriami ir taikomi spręsti įvairiausių švietimo iššūkius. Tai rodo, kad intelektualūs agentai yra perspektyvus ir efektyvus būdas individualizuoti mokymąsi. Tokie agentai gali pritaikyti mokymosi medžiagą skirtingų mokymosi stilių mokiniais ir įtakoti polinkius į žinių įgijimą intelektiniame, sensoriniame ir emociniame lygmenyje.

### 3 Intelektualių technologijų taikymas daugiaagentinėje sistemoje

Pasak [8], mokymą reikia personalizuoti pagal pagrindinius mokinio bruožus ir poreikius. Mokiniai skiriasi bruožais ir poreikiais: žiniomis, intelektu, interesais, motyvacija, tikslais, kognityviniais bruožais, mokymosi disciplina ir mokymosi stiliumi. Pagerintas mokymas tai prisitaikymas prie individualaus mokinio, personalizavimas ir sistemos intelektika. Mokymo personalizavimas tai pritaikytų konkrečiam žmogui mokymo objektų, veiklų ir scenarijų kūrimas arba parinkimas pasinaudojant rekomendavimo sistema pagal jo profilį. Edukacine intelektika tai intelektualių sistemų ir metodų pritaikymas mokymo kokybei ir efektyvumui gerinti. Mokymo personalizavimui yra prasminga naudoti mokinio modelį. Tikslųjų mokslų srityje yra rekomenduojama naudoti Felderio ir Silvermano mokymosi stilių modelį (angl. *Felder and Silverman Learning Styles Model*), nes šitas studento modelis yra labiausiai tinkamas tiksliesiems mokslams. Tam galima naudotis psichologiniu klausimynu, pavyzdžiui Soloman–Felder mokymosi stilių rodyklės klausimynu (angl. *Soloman–Felder Index of Learning Styles Questionnaire*). Visa informaciją apie mokinį turi būti saugoma jo individualiame profilyje (modelyje).

Šitas užduotis gali atlikti pirmasis programinis agentas (1). Po klausimyno rezultatų gavimo ir atviro mokymosi stilių modelio sukūrimo gali pradėti veikti antrasis programinis agentas (2). Gautas modelis yra papildomas kitais studento bruožais (žiniomis, interesais, kognityviniais bruožais, tikslais ir t. t.).

Tinkamiausių mokymo komponentų parinkimui arba sukūrimui, pasinaudojant sudarytu papildytu mokinio modeliu, galima taikyti rekomendavimo sistemą. Šita rekomendavimo sistema turi būti pagrįsta ontologijomis. Sistema formuluos mokymo objektų ir kitų mokymosi scenarijų komponentų tinkamumo mokymosi stiliams sąrašus pagal ekspertų įvertinimą. Tikimybiniai tinkamumo rodikliai turėtų būti nustatyti visiems mokymosi komponentams kiekvieno mokinio atžvilgiu. Toks tikimybinis me-



1 pav. Daugiaagentės sistemos architektūra pagrįsta penkiais programiniais agentais.

todas yra pasiūlytas [8]. Kuo aukštesnis tikimybinis rodiklis, tuo geriau konkretus mokymo komponentas tinka konkrečiam studentui. Šitie rodikliai turi būti panaudoti visų mokymosi komponentų susiejimui su kiekvienu studentu. Tai atliks trečiasis programinis agentas (3).

Optimalus mokymosi scenarijus arba kursas tai tinkamiausių suderintų mokymosi komponentų (3 agento) derinys. Ketvirtas programinis agentas (4) sudarys mokymosi scenarijus iš mokymo objektų ir kitų mokymosi komponentų. Scenarijaus suderinamumui užtikrinti yra prasminga sukurti papildomą ontologiją kuri susietų mokymo objektus ir kitus komponentus pagal jų suderinamumą. Šią ontologiją turėtų būti integruotą į ketvirtąjį intelektualų agentą.

Edukacinės duomenų gavybos metodai turi būti panaudoti mokinių elgesiui elektroninėje mokymo erdvėje analizuoti. Gauta tokiu būdu informacija gali skirtis nuo tuo, kaip mokiniai vertina save patys psichologiniuose klausimynuose. Taip pat, žinios apie mokinių bus nuolat papildomos ir tikslinamos jam besimokant ir besinaudojant įvairiomis mokymo sistemos funkcijomis. Šita nuolatinė informacijos srovė turi būti panaudota nenustojamam mokymo kokybės ir efektyvumo gerinimui. Šią užduotį atliks penktasis intelektualus agentas (5). Konceptualus intelektualios sistemos modelis yra pateiktas (pav. 1).

## 4 Išvados

Straipsnyje buvo atlikta sisteminė literatūros apžvalga edukacinių intelektualių daugiaagentių sistemų tema ir buvo pasiūlyti tokios sistemos architektūrą pagrįsta pen-

kiais intelektualiais programiniais agentais. Sisteminė apžvalga parodė, kad egzistuoja dauguma būdų ir technologijų, kurias prasminga naudoti mokymo sistemų lankstumui ir efektyvumui gerinti. Bet šioje srityje yra būtini tolimesni tyrimai ir, visų pirma, reikalingi eksperimentiniai duomenys matuojantys individualizuotų mokymosi sistemų bei jas sudarančių technologijų įtaką mokymosi kokybei. Straipsnyje pasiūlyta intelektualios mokymo sistemos architektūra remiasi penkiais programiniais agentais. Šitie agentai atlikdami savo funkcijas įgyvendina svarbiausius mokymosi personalizavimo metodus ir technologijas, kurios gerina mokslo proceso kokybę ir efektyvumą.

## Literatūra

- [1] M.C. Duffy and R.Azevedo. Motivation matters: interactions between achievement goals and agent scaffolding for self-regulated learning within an intelligent tutoring system. *Comp. Human Behav.*, **52**:338–348, 2015.
- [2] E.M. En-Naimi and A. Zouhair. Intelligent dynamic case-based reasoning using multi-agents system in adaptive e-service, e-commerce and e-learning system. *Int. J. Knowl. Learn.*, **11**(1):42–57, 2016.
- [3] M. Hameed, N. Akhtar and M.S. Missen. Role based multi-agent system for e-learning (MASEL). *Int. J. Adv. Comp. Sci. Appl.*, **7**(3):194–200, 2016.
- [4] S. Hammami and H. Mathcour. Adaptive e-learning system based on agents and object petri nets (AELS-A/OPN). *Comp. Appl. Eng. Educ.*, **23**(2):170–190, 2015.
- [5] J. M. Harley, C. K. Carter, N.Papaionnou, F.Bouchet, R. S. Landis, R.Azevedo and L. Karabachian. Examining the predictive relationship between personality and emotion traits and students agent-directed emotions: towards emotionally-adaptive agent-based learning environments. *User Mod. User-Adapted Inter.*, **26**(2-3):177–219, 2016.
- [6] H.U. Hoppe. A framework system for intelligent support in open distributed learning environments-a look back from 16 years later. *Int. J. Art. Int. Educ.*, **26**(1):504–511, 2016.
- [7] A. Khamparia and B. Pandey. Knowledge and intelligent computing methods in e-learning. *Int. J. Tech. Enh. Learn.*, **7**(3):221–242, 2015.
- [8] E. Kurilovas. Evaluation of quality and personalisation of VR/AR/MR learning systems. *Behav. Inf. Techn.*, **35**(11):998–1007, 2016.

## SUMMARY

### Multi-agent system for computer science and engineering education

*J. Meleško, E. Kurilovas, I. Krikun*

The paper aims to analyse application trends of intelligent multi-agent systems to personalise learning. First of all, systematic literature review was performed. Based on the systematic review analysis, the main trends on applying multi-agent systems to personalise learning were identified. Second, main requirements and components for an educational multi-agent system were formulated. Third, based on these components a model of intelligent personalized system is proposed. The system employs five intelligent agents: (1) learning styles identification software agent, (2) learner profile creation software agent, (3) pedagogical suitability software agent, (4) optimal learning units/scenarios creation software agent, and (5) learning analytics/educational data mining software agent.

*Keywords:* educational data mining, learning analytics, learning personalisation, systematic literature review, personalised recommendations.