

# Daugiakriterių sprendimų metodų taikymas mokomiesiems scenarijams optimizuoti

Julija Kurilova<sup>1</sup>, Eugenijus Kurilovas<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos institutas*

Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius

<sup>2</sup> *Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Fundamentinių mokslų fakultetas*

Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius

E. paštas: saragosa21@gmail.com, jevgenij.kurilov@mii.vu.lt

**Santrauka.** Straipsnyje yra nagrinėjamos mokomųjų scenarijų (modulių) kokybės vertinimo ir optimizavimo problemos. Mokomųjų scenarijų optimizavimas yra suprantamas kaip jų personalizavimas pagal besimokančiųjų poreikius. Straipsnyje atlikta dviejų populiarių optimizavimo metodų – neraiškiųjų skaičių ir analitinio hierarchinio proceso – lyginamoji analizė, siekiant nustatyti, kuris metodas yra tinkamesnis personalizuotų mokomųjų scenarijų kokybei vertinti. Mokomųjų scenarijų kokybė yra suprantama kaip mokomųjų scenarijų atitikimas besimokančiųjų poreikiams. Tyrimo rezultatai rodo, kad neraiškiųjų skaičių teorija grįsti metodai yra tinkamesni personalizuotų mokomųjų scenarijų kokybei vertinti.

**Raktiniai žodžiai:** mokymosi scenarijai, neraiškieji skaičiai, analitinis hierarchinis procesas, optimizavimas, daugiakriterių sprendimų analizė, ekspertinis vertinimas, mokymosi komponentai.

## 1 Įvadas

Mokomasis scenarijus (modulis) yra suprantamas kaip pedagoginė mokomųjų veiklų seka. Mokomoji veikla šiame darbe yra suprantama kaip bet kuri mokomojo proceso dalis, taikant tam tikrus mokomuosius metodus. Mokomosios veiklos vyksta tam tikroje mokymosi aplinkoje, naudojant tam tikrus mokomuosius objektus [6]. Tokiu būdu, mokomąjį scenarijų (modulį) sudaro mokomasis turinys (mokomieji objektai), taikomi mokymo ir mokymosi metodai ir veiklos bei mokomoji aplinka (dažnai – virtualioji mokymosi aplinka), kurioje vyksta mokomasis procesas. Pagal [9], mokomasis objektas yra bet koks skaitmeninis išteklius, kuris gali būti naudojamas iš naujo mokymuisi palaikyti. Mokomųjų scenarijų optimizavimas yra suprantamas kaip jų personalizavimas pagal besimokančiųjų poreikius. Mokomųjų scenarijų kokybė yra suprantama kaip mokomųjų scenarijų atitikimas besimokančiųjų poreikiams. Ekspertinis kokybės vertinimas yra suprantamas kaip daugiakriteris kokybės vertinimas, kurio tikslas yra atrinkti geriausią alternatyvą, remiantis ekspertų vertinimo skaičiais rezultatais [5]. Darbe yra nagrinėjami ir palyginami du kokybės vertinimo metodai personalizuotų mokomųjų scenarijų vertinimui – grįsti neraiškiųjų skaičių teorija (trikampių neraiškiųjų skaičių [4, 5, 7] ir trapecijos neraiškiųjų skaičių [3, 7]) – bei analitinio hierarchijos proceso [6, 8] metodu. Straipsnį sudaro įvadas (1 skyrius), tyrimo metodika (2 skyrius), mokomojo scenarijaus kokybės modelis (3 skyrius), mokomųjų scenarijų kokybės vertinimo metodai (4 skyrius), personalizuotų mokomųjų scenarijų kokybės vertinimo metodų lyginamoji analizė (5 skyrius) ir išvados (6 skyrius).

## 2 Literatūros analizė

Mokomieji scenarijai gali būti kokybiški pagal vieną ar grupę kokybės kriterijų, ir visiškai nekokybiški – pagal kitus kriterijus. Tuomet tampa visiškai neaišku, kuri mokomųjų scenarijų alternatyva yra kokybiškesnė lyginant su kita. Todėl mokomųjų scenarijų kokybės vertinimas yra tipiškas atvejis, kai turime naudoti daugiakriterių sprendimų analizės (angl. MCDA – Multiple Criteria Decision Analysis) teoriją. Tam, kad sudaryti objektyvią mokomųjų scenarijų alternatyvų eilę pagal jų kokybę (t. y., pagal jų tinkamumo konkrečių besimokančiųjų poreikiams lygmenį) bei įvertinti kiek kiekviena alternatyva yra kokybiška lyginant su „idealia“ kokybe, šiame darbe yra naudojama mokomosios programinės įrangos kokybės vertinimo metodologija [5]. Šią metodologiją sudaro kokybės modelio (t. y., kokybės kriterijų sistemos) kūrimo principai bei ekspertiniai kokybės vertinimo metodai, grįsti neraiškiųjų skaičių teorija arba analitinio hierarchinio proceso (angl. Analytic Hierarchy Process, AHP) metodu. Lyginamosios analizės metodas naudojamas personalizuotų mokomųjų scenarijų kokybės vertinimo metodu (neraiškiųjų skaičių [4, 3, 5, 7] ir AHP [6, 8]) palyginimui.

## 3 Mokomojo scenarijaus kokybės modelis

Šiame darbe į mokomojo scenarijaus kokybės kriterijus yra žiūrima ne kaip į paprastą kriterijų aibę, bet kaip į kriterijų sistemą, t. y. svarbūs yra ne tik patys kriterijai, bet ir jų tarpusavio sąryšiai. Kokybės kriterijų sistema yra vadinama kokybės modeliu. Kaip ir kiekviena daugiakriterė sistema, mokomojo scenarijaus kokybės modelis turi būti kuriamas naudojant daugiakriterių sprendimų analizės metodus. Remiantis [1], mokomojo scenarijaus kokybės vertinimo modelio kūrimas turi būti grįstas šiais bendrais MCDA principais: (1) sąvokos siejimas su tikslu; (2) vienodas suprantamumas; (3) matuojamumas; (4) nepertekliškumas; (5) vertinimo nepriklausomumas; (6) išsamumo ir glaustumo balansas; (7) operacionalumas; (8) paprastumo ir sudėtingumo balansas. Be to, atsižvelgiant į žinomą technologinių kokybės kriterijų klasifikavimo principą, grįstą tarptautiniu programinės įrangos kokybės standartu [2], technologinius mokomojo scenarijaus kokybės kriterijus galime skirstyti į „vidinės kokybės“ ir „naudojimo kokybės“ kriterijus. Personalizuoti mokomieji scenarijai pasižymi aukšto lygio atitikimu konkrečių besimokančiųjų poreikiams. Besimokančiųjų poreikiai yra pvz. (1) turimos žinios; (2) tikslai ir interesai; (3) prielaidos, išankstiniai duomenys, biografiniai faktai; (4) mokymosi stiliai; (5) individualūs kognityviniai bruožai (operatyviosios atminties dydis, indukcinio samprotavimo gebėjimas, asociatyvūs mokymosi įgūdžiai); (6) mokomasis kontekstas. Todėl į kokybės modelį turi įeiti kriterijai, susiję su personalizavimu, o vertinant personalizuotų mokomųjų scenarijų kokybę, šie kokybės kriterijai turi turėti aukštesnį svorį. Toks mokomojo scenarijaus kokybės modelis yra pateiktas [6].

## 4 Mokomųjų scenarijų kokybės vertinimo metodai

### 4.1 Kokybės vertinimo metodas, grįstas neraiškiųjų skaičių teorija

Kokybės kriterijų įverčiams ir svoriams išreikšti yra plačiai naudojami vertinimo kriterijų atributai. Jie dažniausiai būna kokybiniai ir subjektyvūs. Sprendimai šioje

sirtyje yra dažnai išreiškiami žodžiais, ir vertintojai negali priskirti kokybės kriterijams tikslią skaitinę reikšmę. Vertinimas dažnai gali būti atliekamas šiomis žodinėmis išraiškoms: „blogai“, „prastai“, „patenkinamai“, „gerai“ ir „puikiai“. Šios išraiškos yra netikslios ir neaiškios, paprastai vadinamos neraiškaisiais (angl. Fuzzy) kintamaisiais [7]. Kokybės kriterijų įverčiams (svoriams) nustatyti turime naudoti ne lingvistinius kintamuosius (atributus), bet skaičius. Todėl siūloma naudoti neraiškiųjų skaičių teoriją, o tiksliau – trikampio [4, 5] arba trapecijos [3] neraiškiųjų skaičių metodus mokomųjų scenarijų kokybei vertinti. Pagal [7], trikampio neraiškieji skaičiai yra atsitiktinių skaičių aproksimacija. Jie nusakomi triada  $M = (l, m, u)$ , t. y., labiausiai tikėtina reikšmė  $m$ , apatine riba  $l$  ir viršutine riba  $u$ . Trikampių neraiškiųjų skaičių metode trys reikšmės nusako skirstinio analogą, taip vadinamą trikampę priklausymo funkciją (a). Skirtingai nuo trikampių neraiškiųjų skaičių, trapecijos neraiškieji skaičiai yra neraiškieji skaičiai, aprašomi keturiais taškais  $M = (a, b, c, d)$  tokiu būdu (b).

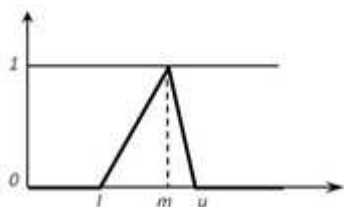
$$\mu_M(x) = \begin{cases} 0, & \text{jeigu } x < l, \\ \frac{x-l}{m-l}, & \text{jeigu } x \in [l, m], \\ \frac{x-u}{m-u}, & \text{jeigu } x \in [m, u], \\ 0, & \text{jeigu } x \in [l, u], \end{cases} \quad \mu_M(x) = \begin{cases} 0, & \text{jeigu } x < a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{jeigu } a \leq x \leq b, \\ 1, & \text{jeigu } b \leq x \leq c, \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{jeigu } c \leq x \leq d, \\ 0, & \text{jeigu } x > d. \end{cases}$$

(a) trikampių neraiškiųjų skaičių skirstiniai      (b) trapecijos neraiškiųjų skaičių skirstiniai

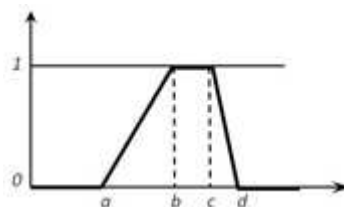
Trikampiai neraiškieji skaičiai pavaizduoti 1 pav., o trapecijos – 2 pav.

Lingvistinių kintamųjų konversija, kuri pagrįdžiama šaltinyje [7] aprašomu būdu, į trikampus ir trapecijos neraiškiuosius skaičius yra pateikta 1 lentelėje.

Pagal [4, 3, 6, 5], galimas sprendimas būtų transformuoti daugiakriterių uždavinį į vieno kriterijaus uždavinį, sumuojant visų kriterijų reikšmes padaugintas iš jų svorių. Svoris rodo kriterijaus svarbą, lyginant su kitu kriterijumi. Šis metodas yra žinomas kaip „skaljarizacijos metodas“. Ekspertų naudingumo funkciją galima išreikšti



**1 pav.** Trikampiai neraiškieji skaičiai



**2 pav.** Trapecijos neraiškieji skaičiai

**1 lentelė.** Lingvistinių kintamųjų konversija į trikampus ir į trapecijos neraiškiuosius skaičius.

Lingvistiniai kintamieji	Trikampiai neraiškieji skaičiai	Trapecijos neraiškieji skaičiai
Puikiai	(0.700, 0.850, 1.000)	(0.800, 1.000, 1.000, 1.000)
Gerai	(0.525, 0.675, 0.825)	(0.600, 0.800, 0.800, 1.000)
Patenkinamai	(0.350, 0.500, 0.650)	(0.300, 0.500, 0.500, 0.700)
Prastai	(0.175, 0.325, 0.475)	(0.000, 0.200, 0.200, 0.400)
Blogai	(0.000, 0.150, 0.300)	(0.000, 0.000, 0.000, 0.200)

formule (1):

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

kur  $f_i(X_j)$  yra kriterijaus  $i$  reikšmė (angl. Non-Fuzzy Value) kiekvienai iš nagrinėjamų alternatyvų ( $X_j$ ). Tam, kad būtų gauta alternatyvų vertinimo išraiška procentais, kriterijų svoriai  $a_i$  turi būti normalizuoti pagal normalizavimo reikalavimą (2) [4, 3, 6, 5]:

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

Pagal [4, 3, 6, 5], normalizavimo tikslas yra gauti kriterijų svorių reikšmes, kurias galėtume palyginti tarpusavyje. Tokiu būdu, kuo didesnė yra funkcijos (1) reikšmė, tuo geresnė yra nagrinėjama alternatyva lyginant su idealia (t. y., 100 proc.) kokybe.

## 4.2 Kokybės vertinimo metodas, grįstas analitiniu hierarchiniu procesu

AHP metodą pasiūlė T.L. Saaty [8]. AHP yra sprendimų priėmimo metodas, kuris apima vertinimo kriterijų hierarchijos sudarymą, santykinių svorių priskyrimą kiekvienam kriterijui, alternatyvų palyginimą pagal kiekvieną kriterijų bei visų alternatyvų apibendrintų reitingų sudarymą. AHP yra porinio palyginimo metodas, kai vienu metu yra patogu vertinti dvi alternatyvas [6, 8].

## 5 Personalizuotų mokomųjų scenarijų kokybės vertinimo metodų lyginamoji analizė

Mokomąjį scenarijų sudaro daug mokomųjų komponentų, pvz. mokomieji objektai, taikomos mokomosios veiklos bei mokomoji aplinka (t. y. technologijų rinkinys), kurioje vyksta mokomasis procesas, o mokomųjų scenarijų kokybė yra suprantama kaip jų atitikimas konkrečių besimokančiųjų poreikiams. Realioje pedagoginėje praktikoje mokytojai (dėstytojai) turi sudaryti tiek personalizuotų mokomųjų scenarijų (modulių), kiek yra mokinių (studentų) jų klasėje (grupėje), t. y. kiekvienam besimokančiajam turi būti parengtas jam optimalus (tinkamiausias) mokomasis scenarijus. Šiuos personalizuotus scenarijus sudaro skirtingų personalizuotų mokomųjų komponentų kombinacijos, kurių gali būti daug, todėl realioje pedagoginėje praktikoje egzistuoja daug įvairių personalizuotų mokomųjų scenarijų alternatyvų, kurias reikia vertinti ir siūlyti besimokantiesiems. Taikant neraiškiųjų skaičių teorija grįstus metodus (skyrius 4.1), yra patogu vertinti daugelį skirtingų scenarijų alternatyvų vienu metu, tokiu būdu sudarant scenarijų tinkamumo konkretiems besimokantiesiems sąrašus pagal ekspertų naudingumo funkcijos (1) reikšmes. Pagal AHP grįstus metodus (skyrius 4.2), vienu metu yra patogu lyginti dvi mokomųjų scenarijų alternatyvas. Todėl akivaizdu, kad AHP grįsti metodai sunkiai taikytini situacijose, kai reikia įvertinti ir pasiūlyti kiekvienam besimokančiajam jam tinkamiausią personalizuotą scenarijų iš daugelio galimų alternatyvų.

## 6 Išvados

Personalizuoti mokomieji scenarijai gali būti sudaromi iš skirtingų personalizuotų mokomųjų komponentų. Šių komponentų kombinacijų gali būti daug, todėl realioje pedagoginėje praktikoje yra daug įvairių personalizuotų mokomųjų scenarijų alternatyvų. Atlikto tyrimo rezultatai rodo, kad taikant neraiškiųjų skaičių teorija grįstus metodus, yra patogu vertinti daugelį skirtingų scenarijų alternatyvų vienu metu, sudarant scenarijų tinkamumo konkreitiems besimokantiesiems sąrašus pagal ekspertų naudingumo funkcijos reikšmes. Pagal AHP grįstus metodus vienu metu yra patogu lyginti dvi mokomųjų scenarijų alternatyvas, todėl šie metodai yra sunkiai taikytini situacijose, kai reikia įvertinti ir pasiūlyti kiekvienam besimokančiajam jam tinkamiausią personalizuotą mokomąjį scenarijų iš daugelio galimų alternatyvų. Todėl personalizuotiems mokomiesiems scenarijams vertinti siūloma naudoti neraiškiųjų skaičių teorija grįstus metodus.

## Literatūra

- [1] V. Belton and T.J. Stewart. *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [2] *International Standard ISO/IEC 9126-1:2001(E) Software Engineering – Product Quality. Part 1: Quality Model*. 2001.
- [3] E. Kurilovas and S. Serikoviene. New MCEQLS TFN method for evaluating quality and reusability of learning objects. *Techn. Econ. Devel. Econ.*, **19**(4):706–723, 2013.
- [4] E. Kurilovas, S. Serikoviene and R. Vuorikari. Expert centred vs learner centred approach for evaluating quality and reusability of learning objects. *Comp. Human Beh.*, **30**:526–534, 2014.
- [5] E. Kurilovas, I. Vinogradova and S. Serikoviene. *Int. J. Online Pedagog. Course Design*, **1**(4):62–76, 2011.
- [6] E. Kurilovas and I. Zilinskiene. New MCEQLS AHP method for evaluating quality of learning scenarios. *Techn. Econ. Devel. Econ.*, **19**(1):78–92, 2013.
- [7] H.Z. Ounaies, Y. Jamoussi and H.H. Ben Ghezala. Evaluation framework based on fuzzy measured method in adaptive learning system. *Themes Sci. Techn. Educ.*, **1**(1):49–58, 2009.
- [8] T.L. Saaty. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Eur. J. Oper. Res.*, **48**(1):9–26, 1990.
- [9] D.A. Wiley. *Connecting Learning Objects to Instructional Design Theory: A Definition, a Metaphor, and a Taxonomy*. Utah State University, 2000.

### SUMMARY

#### Application of multiple criteria decision methods to optimise learning scenarios

J. Kurilova, E. Kurilovas

In the paper, learning scenarios (units) quality evaluation and optimisation problems are analysed. Learning scenarios optimisation is referred here as its personalisation according to learners needs. In the paper, comparative analysis of two popular optimisation methods based on Fuzzy numbers theory and Analytic Hierarchy Process is performed, aiming to measure what method is the most suitable to evaluate the quality of personalised learning scenarios. Learning scenarios quality is referred here as its suitability to learners needs. Research results show that Fuzzy numbers theory-based methods are more suitable to evaluate the quality of personalised learning scenarios.

*Keywords:* learning scenarios, Fuzzy numbers, Analytic Hierarchy Process, optimisation, multiple criteria decision analysis, expert evaluation, learning components.