

# Matematikos mokymosi objektų daugkartinio panaudojamumo kokybės vertinimas eQNet projekte

Silvija Šerikoviė<sup>2,3</sup>, Eugenijus Kurilovas<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius

<sup>2</sup> *Matematikos ir informatikos institutas*

Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius

<sup>3</sup> *Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

Klaipėdos g. 1, LT-35209 Panevėžys

E. paštas: silvija.serikoviene@gmail.com; eugenijus.kurilovas@itc.smm.lt

**Santrauka.** Darbe siekiama išanalizuoti kelis mokslinius metodus ir taikymo principus skaitmeninių matematikos mokymosi objektų (MO) kokybei vertinti. Šie metodai taikomi, siekiant sumažinti ekspertų MO kokybės vertinimo subjektyvumo lygį. Darbe nagrinėjami šie metodai ir principai: (1) daugiakriterinio sprendimo analizės principai MO kokybės kriterijams identifikuoti, (2) technologinių kokybės vertinimo kriterijų klasifikavimo principas, (3) sprendimų priėmimo teorijos neraiškiųjų (angl. *fuzzy*) elementų vertinimo priemonės, (4) kriterijų svorių normalizavimas, ir (5) skaliarizacijos metodas MO kokybės vertinimui. Taikomi metodai yra praktiškai naudojami MO kokybės vertinimui, įgyvendinant Europos mokymosi visą gyvenimą programos eQNet projektą Lietuvos bendrojo lavinimo mokyklose 2010 m. žiemą ir pavasarį.

**Raktiniai žodžiai:** mokymosi objektas, daugiakriterinių sprendimų analizė, ekspertinis vertinimas, kokybės kriterijai.

## 1 Įvadas

Straipsnyje yra nagrinėjami mokslo metodai ir principai mokymosi objektų (MO) kokybei vertinti. Tai yra taip pat vienas pagrindinių eQNet [3] projekto tikslų.

eQNet yra trejų metų (2009–2012 m.) Europos Sąjungos Mokymosi visą gyvenimą programos finansuojamas projektas, kuris yra koordinuojamas Europos mokyklų tinklu (EUN) ir kuriame dalyvauja 9 Europos šalių švietimo ministerijos. Pagrindinis projekto tikslas yra pagerinti MO kokybę Europos mokymosi mainų (angl. *European Learning Resource Exchange, LRE*) sistemoje [8], kurioje šiuo metu yra beveik 130.000 MO iš 25 teikėjų. Projekte siekiama atrinkti potencialiai „gerai keliaujančius“ (angl. „*Travel well*“) MO, kuriuos būtų galima tinkamai naudoti skirtingose Europos šalių mokyklose, nors jie yra sukurti įvairiomis kalbomis įvairioms švietimo sistemoms [3].

eQNet projekto tyrimo grupė, sudaryta iš mokslininkų, švietimo darbuotojų ir ekspertų – vertintojų (mokytojų), nagrinės ir vertins „gerai keliaujančius“ MO, esančius LRE, o taip pat ir nacionalinėse saugyklose.

eQNet suteiks galimybę bendradarbiauti ir keistis daugkartinio naudojimo MO bei sudarys sąlygas tinklo nariams: (1) geriau dalintis informacija ir patirtimi dirbant su „gerai keliaujančiais“ MO atitinkančiais kokybės reikalavimus (pedagoginius, technologinius ir intelektinės nuosavybės); (2) plėtoti naujas sistemas, siekiančias pagerinti MO ir jų metaduomenų kokybę tiek nacionalinėse saugyklose, tiek ir Europos mokyamosi mainų sistemoje, įskaitant augantį vartotojų kuriamų MO ir jų metaduomenų skaičių, taip pat pagerinti LRE turinį panaudojant daugiakriterinį metaduomenų vertimą, panaudojant kai kuriuo atveju ir automatinius metaduomenų vertimo metodus ir technologijas; (3) paskatinti mokyklas bendradarbiauti su kitomis šalimis ir naudoti MO Europos lygiu [3].

Siektini rezultatai: (1) ekspertai nustatys „gerai keliaujančių“ MO kokybės vertinimo kriterijus (ši darbo paketą koordinuoja Lietuvos partneris, t.y., straipsnio autorius); (2) mokytojai aptars MO kokybės vertinimo kriterijus įvertins daugiau nei 3500 MO LRE sistemoje ir (3) papildomai aprašys atrinktus MO metaduomenimis patogesnei paieškai.

## 2 Tyrimo metodika

Viena iš pagrindinių savybių įtakančių aukštą MO veiksmingumo ir efektyvumo lygį yra MO daugkartinis panaudojamumas. Tam, kad MO būtų daugkart naudojamas jis turi atitikti šiuos principus: (1) sąveikumas (angl. *Interoperability*): MO gali būti naudojamas įvairiose virtualiose mokymosi aplinkose (VMA) arba saugyklose; (2) lankstumas (angl. *Flexibility*): MO gali būti naudojamas įvairiose pedagoginėse situacijose, ir (3) MO turi turėti modifikavimo galimybių (angl. *Modifiability*): MO pagal esamą pedagoginę situaciją gali būti pakeičiamas tokiu, kad atitiktų mokytojo bei mokinio poreikius [4].

Daugkartinio panaudojamumo (arba MO gebėjimo „gerai keliauti“ įvairiose situacijose bei švietimo sistemose) sąvoka atvaizduoja bendrą autorių MO kokybės supratimą. Tai reiškia, kad aukštos kokybės MO gali būti daugkartinio panaudojamumo (arba „gerai keliaujantis“), tačiau daugkartinis panaudojamumas nėra vienintelis kokybę nusakantis veiksnys.

Pagrindinė problema nagrinėjama šiame straipsnyje yra kaip nustatyti tinkamus daugkartinio panaudojamumo MO kokybės vertinimo kriterijus ir kuriuos mokslinius metodus taikyti MO kokybės vertinimui.

Ekspertų vertinančių MO kokybę problemos sprendime dažnai būna keli ar dar daugiau kokybės kriterijų, kurie nusako konkrečios alternatyvos savybes ir kuriuos reikia optimizuoti priimant sprendimą. Dažniausiai kriterijai būna prieštaringi – kai vieno kriterijaus reikšmė mažinama, kito gali didėti. Priimant sprendimą kriterijus tenka subalansuoti, pavyzdžiui, pasiekti ir priimtą interaktyvumo lygį ir dizainą bei naudojimo paprastumą ir t.t. Todėl siūloma naudoti daugiakriterinių sprendimų analizės (angl. *Multiple Criteria Decision Analysis – MCDA*) metodais grįstą MO kokybės vertinimo modelį. MO kriterijų vertinimo modelyje siūloma naudoti ekspertų naudingumo funkciją (1) įvertinant MO vertinimo kriterijus, jų reitingą (vertę) ir svorį [6]. Šis metodas yra žinomas kaip „skalarizacijos metodas“.

Rezultatas priklauso nuo daugumos kriterijų, tad yra ieškoma galimybė pakeisti daugelio kriterijų uždavinį vienakriteriniu, sudarytu susumavus visus kriterijus ir jų

svorius:

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

kur  $f_i(X_j)$  yra reitingas (t.y. raiškūsis (angl. *non-fuzzy*) kintamasis)  $i$  kriterijus kiekvienos vertinamos alternatyvos  $X_j$ . Svoriai turėtų būti „normuoti“ pagal „normalizavimo“ reikalavimą:

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

Naudingumo funkcija (1) įvertina MO kokybės lygį lyginant su idealia (t.y., 100%) kokybe.

### 3 Literatūros analizė ir tyrimų rezultatai

Šiame skyriuje siekiama pritaikyti anksčiau minėtą mokslinį modelį ir MO kokybės vertinimo metodą bei pateikti matematikos MO eksperimentinio vertinimo rezultatus.

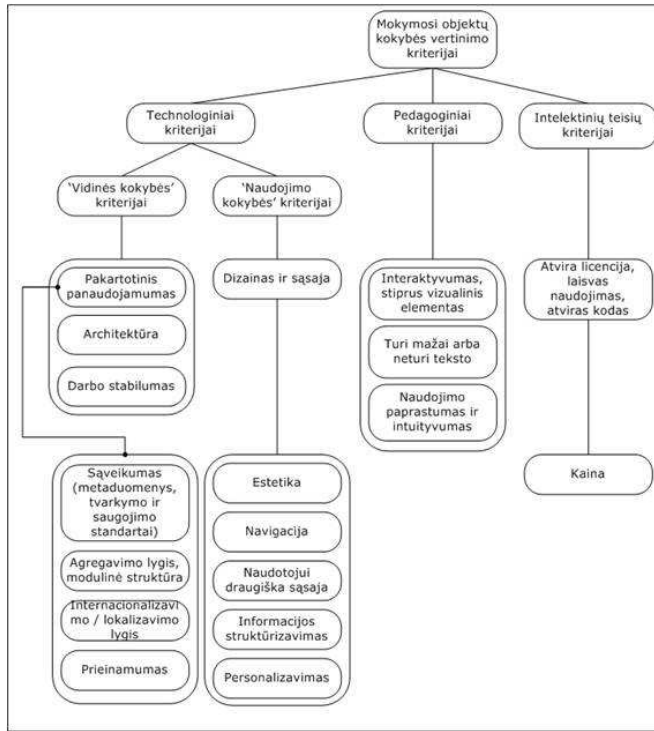
#### 3.1 Mokymosi objektų kokybės vertinimo modelis

Pristatomo MO kokybės vertinimo modelio kriterijų parinkimo principai yra susiję su šiais MCDA sandaros principais: (1) sąvokos siejimas su tikslu; (2) vienodas suprantamumas; (3) matuojamumas; (4) nepertekliškumas; (5) vertinimo nepriklausomumas; (6) išsamumo ir glaustumo balansas; (7) operacionalumas; (8) paprastumas Vs sudėtingumas [2].

Kita vertus, atsižvelgiant į technologinių kokybės kriterijų klasifikavimo principus, technologinius MO kokybės kriterijus galime skirstyti į „vidinės kokybės“ ir „naudojimo kokybės“ kriterijus. „Vidinė kokybė“ – tai savybė, kuri aprašo programinės įrangos kokybę nepriklausomai nuo jos panaudojimo konkrečiu atveju, o „naudojimo kokybės“ vertinamas programinės įrangos naudojimo metu gautas rezultatas. Bet MO kokybės vertinimo modelis (kriterijų rinkinys) turėtų suteikti ekspertams (sprendimų priėmėjams) aiškų žinojimą, kurie ekspertai turi analizuoti kokius MO kokybės kriterijus, parenkant geriausią MO atitinkantį jų poreikius. Programų sistemų inžinerijos ekspertai turėtų analizuoti „vidaus kokybės“ kriterijus, pagrįstus informatikos inžinerijos mokslo žiniomis, o programuotojai ir vartotojai (pvz., mokytojai) turėtų analizuoti „naudojimo kokybės“ kriterijus, remiantis vartotojų atsiliepimais. Autoriai išnagrinėjo šiuos du principus savo darbuose [5, 6], ir šie kokybės vertinimo kriterijai yra pateikti MO kokybės vertinimo modelio technologinėje dalyje (žr. 1 pav.).

Kita vertus, mokslinėje literatūroje (pavyzdžiui, [1, 7, 9, 11, 12]) yra nagrinėjami pedagoginiai MO kokybės kriterijai. Šie kriterijai yra: (1) MO interaktyvumas, stiprus vizualinis elementas (MO turi animacijos, vaizdo elementus ir trumpus vaizdo įrašus); (2) teksto nepertekliškumas, jo nepriklausomumas arba maža priklausomybė nuo kalbos (nėra daug teksto arba jis lengvai išsiverčia) ar MO yra daugiakalbis; (3) naudojimo paprastumas ir intuityvumas. Nustatyta, kad intelektinės nuosavybės teisių kriterijus taip pat yra svarbus MO kokybės vertinimui [5].

Todėl autoriai siūlo MO kokybės vertinimo kriterijų medį (modelį), remiantis minėtų literatūros šaltinių analize, MCDA grįstais MO kokybės vertinimo kriterijų iden-



1 pav. MO kokybės vertinimo kriterijų modelis (kriterijų medis).

tifikavimo principais [2] ir technologinės kokybės kriterijų klasifikavimo principu. Siūlomas MO kokybės vertinimo kriterijų medis (modelis) yra pateiktas 1 pav.

### 3.2 Mokymosi objektų kokybės vertinimo metodas

Plačiai naudojami vertinimo kriterijų atributai dažniausiai būna kokybiniai ir subjektiniai [6, 10]. Sprendimai šioje srityje yra dažnai išreiškiami žodžiais, ir vertintojai negali priskirti kokybės kriterijams tikslių skaitinę reikšmę. Vertinimas dažnai gali būti atliekamas šiomis žodinėmis išraiškomis: „blogai“, „prastai“, „patenkinamai“, „gerai“ ir „puikiai“. Šios išraiškos yra netikslios ir neaiškios ir paprastai vadinamos neraiškaisiais (angl. *fuzzy*) kintamaisiais. Todėl autoriai siūlo naudoti neraiškiųjų skaičių (*fuzzy*) teoriją [10]. Joje žodinės išraiškos keičiamos į raiškiasias (non-fuzzy) kintamųjų išraiškas: „puikiai“ = 0,850; „gerai“ = 0,675; „patenkinamai“ = 0,500; „prastai“ = 0,325; „blogai“ = 0,150 [6].

Vertinimo kriterijaus svoris atspindi ekspertų nuomonę apie kriterijaus svarbą, lyginant su kitais kriterijais. Pavyzdžiui, pačiu paprasčiausiu (bendru) atveju, kai visų MO vertinimo kriterijai yra vienodai svarbūs, ekspertai pagal normalizavimo reikalavimą (2) galėtų jiems skirti vienodą svorį  $a_i = 0,125$  (žr. pirmus tris (q) stulpelius 1 lentelėje). Bet jei mes skiriame ypatingą dėmesį MO daugkartinio panaudojamumo kriterijui (twq), mes galime, pavyzdžiui, skirti didesnę svorį 1-am ir 6-am MO kokybės kriterijams (žr. 4–6 stulpelius 1 lentelėje), nes šie kriterijai apsprendžia MO

**1 lentelė.** MO bendros kokybės (q) ir „gerai keliaujančių“ MO kokybės (twq) eksperimentinio vertinimo rezultatai.

MO vertinimo kriterijai	MO <sub>1q</sub>	MO <sub>2q</sub>	MO <sub>3q</sub>	MO <sub>1twq</sub>	MO <sub>2twq</sub>	MO <sub>3twq</sub>
<i>Technologiniai kriterijai:</i>						
1. Daugartinis panaudojamumas	0.675	0.850	0.675	0.1350	0.1700	0.1350
2. Dizainas ir sąsaja	0.675	0.850	0.850	0.0675	0.0850	0.0850
3. Darbo stabilumas	0.675	0.500	0.675	0.0675	0.0500	0.0675
4. Architektūra	0.675	0.500	0.500	0.0675	0.0500	0.0500
<i>Pedagoginiai kriterijai:</i>						
5. Interaktyvumas	0.850	0.500	0.325	0.0850	0.0500	0.0325
6. Teksto nepertekliškumas	0.675	0.850	0.325	0.1350	0.1700	0.0650
7. Naudojimo paprastumas ir intuityvumas	0.850	0.850	0.500	0.0850	0.0850	0.0500
<i>Intelektinių teisių kriterijai:</i>						
8. Atvira licencija, ekonominis efektyvumas	0.850	0.850	0.850	0.0850	0.0850	0.0850
<i>Vertinimo rezultatai:</i>	<i>0.7406</i>	<i>0.7188</i>	<i>0.5875</i>	<i>0.7275</i>	<i>0.7450</i>	<i>0.5700</i>

daugartinį panaudojamumą. Šiuo atveju padidėjęs svoris gali būti, pavyzdžiui, du kartus didesnis lyginant su kitais – 0,2, o visi kiti kriterijų svoriai pagal normalizavimo reikalavimą (2) turi būti lygūs 0,1.

Lietuvos matematikos mokytoja ekspertė (straipsnio autorė) taikė pateiktą vertinimo modelį ir metodą eQNet projekte (žr. 1 lentelė). MO buvo parinkti iš Lietuvos MO saugyklų ir vertinami atsižvelgiant į minėto modelį ir metodą (žr. formulę (1)). 1 lentelėje pateikti trijų MO vertinimai: MO<sub>1</sub>: „Koordinacių metodas“ (galima rasti internete adresu <http://mkp.emokykla.lt/imo/lt/mo/250/>); MO<sub>2</sub>: „Daugiakampių plotai“ (galima rasti internete adresu <http://mkp.emokykla.lt/imo/lt/mo/431/>); ir MO<sub>3</sub>: „Intervalų metodas“ (galima rasti internete adresu <http://mkp.emokykla.lt/imo/lt/mo/316/>).

Pastaba: kaip paaiškinta anksčiau, remiantis normalizavimo reikalavimu pirmuose trijuose (bendros MO kokybės) stulpeliuose pateiktos reikšmės yra padaugintos iš vienodo svorio 0,125, o likusiose (gerai keliaujančių MO kokybės) yra padaugintos atitinkamai iš svorių 0,2 ( $a_1$  ir  $a_6$ ) arba 0,1 (visi kiti).

Šie rezultatai rodo, kad MO<sub>1</sub> atitinka 74,06% bendros kokybės (q), lyginant su idealia, MO<sub>2</sub> – 71,88%, o MO<sub>3</sub> – 58,75%. Daugartinio panaudojamumo (twq) vertinimo rezultatai rodo, kad MO<sub>1</sub> atitinka 72,75% (twq) kokybės lyginant su idealia, MO<sub>2</sub> – 74,50%, o MO<sub>3</sub> – 57,00%. Todėl MO<sub>1</sub> yra geriausia alternatyva (tarp įvertintų) bendrosios kokybės požiūriu, tačiau MO<sub>2</sub> yra geriausias MO „gerai keliaujančių“ kokybės atžvilgiu.

## 4 Išvados ir rekomendacijos

Iš čia pateiktų tyrimų rezultatų matyti, kad MCDA požiūriu pagrįstas MO vertinimo modelis pateiktas 1 pav. ir metodas išreikštas formule (1) yra taikytini realaus gyvenimo situacijose, kai švietimo institucijos turi priimti sprendimus dėl jų poreikių atitinkančius MO įsigijimo rinkoje ar nemokamose saugyklose. Siūlomas požiūris yra objektyvesnis lyginant su kitais naudotais nagrinėtoje literatūroje, tikslus ir naudotinas pasirenkant kokybiškas MO alternatyvas.

Kita vertus, naudojant siūlomą „gerai keliaujančių“ MO kokybės vertinimo metodą, taikomą eQNet projekte, galima pasirinkti „gerai keliaujančius“ MO iš virtualiųjų

mokymosi aplinkų ar saugyklų bei juos naudoti kituose švietimo kontekstuose ir šalyse.

## Literatūra

- [1] *Becta: Quality principles for digital learning resources*. 2007.
- [2] V. Belton and T.J. Stewart. *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [3] *eQNet: Quality Network for a European Learning Resource Exchange project website*. 2010. Available from Internet: <http://eqnet.eun.org>.
- [4] E. Kurilovas. Interoperability, standards and metadata for e-Learning. In G.A. Papadopoulos and C. Badica(Eds.), *Intelligent Distributed Computing III*, Studies in Computational Intelligence, vol. 237, pp. 121–130, Berlin, Heidelberg, 2009. Springer-Verlag.
- [5] E. Kurilovas and V. Dagiene. Learning objects and virtual learning environments technical evaluation criteria. *Electronic Journal of e-Learning*, **7**(2):127–136, 2009.
- [6] E. Kurilovas and S. Serikoviene. Learning content and software evaluation and personalisation problems. *Informatics in Education*, **9**(1):91–114, 2010.
- [7] T.L. Leacock and J.C. Nesbit. A framework for evaluating the quality of multimedia learning resources. *Educational Technology & Society*, **10**(2):44–59, 2007.
- [8] *LRE: European Learning Resource Exchange service for schools web site*. 2010. Available from Internet: <http://lreforschools.eun.org/LRE-Portal/Index.iface>.
- [9] *MELT: EU eContent emphplus programme’s Metadata Ecology for Learning and Teaching project web site*. 2008. Available from Internet: <http://melt-project.eun.org>.
- [10] H.Z. Ounaies, Y. Jamoussi and H.H. Ben Ghezala. Evaluation framework based on fuzzy measured method in adaptive learning system. *Themes in Science and Technology Education*, **1**(1):44–58, 2009.
- [11] F. Paulsson and A. Naeve. *Establishing technical quality criteria for Learning Objects*. 2006. Available from Internet: [http://www.frepa.org/wp/wp-content/files/Paulsson-Establ-Tech-Qual\\_finalv1.pdf](http://www.frepa.org/wp/wp-content/files/Paulsson-Establ-Tech-Qual_finalv1.pdf).
- [12] J. Vargo, J.C. Nesbit, K. Belfer and A. Archambault. Learning object evaluation: Computer mediated collaboration and inter-rater reliability. *International Journal of Computers and Applications*, **25**(3):198–205, 2003.

## SUMMARY

### **Evaluation of multiple criteria quality of mathematics learning objects in eQNet project**

*S. Šerikoviėnė, E. Kurilovas*

The paper is aimed to analyse the application of several scientific approaches, methods, and principles for evaluation of quality of digital learning objects (LOs) for Mathematics subject. The authors analyse the following approaches to minimise subjectivity level in expert evaluation of LOs quality, namely: (1) principles of multiple criteria decision analysis for identification of quality criteria, (2) technological quality criteria classification principle, (3) fuzzy group decision making theory to obtain evaluation measures, (4) normalisation requirement for criteria weights, and (5) scalarisation method for LOs quality evaluation. The applied approaches have been used practically for evaluation of LOs while implementing European Lifelong Learning programme’s eQNet project in Lithuanian comprehensive schools in winter and spring 2010.

*Keywords:* learning object, multiple criteria decision analysis, expert evaluation, quality criteria.