

# Neapibrėžtumo įtaka AHP metodo vertinimams

Irina Vinogradova<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: vinogradova.irina@gmail.com

**Santrauka.** Straipsnyje yra nagrinėjami nuotolinio kurso mokymo medžiagos kokybei įtakojančių kriterijų vertinimas. Darbo tikslas yra supažindinti su neapibrėžtumo įtaką AHP metodo vertinimams taikant nuotolinių kursų kokybei nustatyti. Darbe lyginami intervalinis ir taškinis svorių nustatymo metodai grupiniams vertinimams atlikti.

**Raktiniai žodžiai:** nuotolinis kursas, AHP metodas, neraiškieji skaičiai, kokybės vertinimas, grupinis vertinimas.

## Įvadas

Nuotolinis kursas – studijų dalykas dėstomas pagal išstęstinę programą nuotoliniu būdu naudojant informacines technologijas. Nuotolinio kurso kokybė sudėtingai nustatoma, nes studijavimo eiga gana ilgas procesas ir besimokantieji, bei pats kursas dažnai atnaujinamas. Tokiems uždaviniams spręsti naudojami ekspertiniai vertinimai. Kadangi nuotolinio kurso kokybė priklauso nuo kelių sričių, ekspertai turi joms atitikti.

Praktika rodo, kad kuo didesnė ekspertų grupė, tuo didesnę žmonių grupę tenkins vertinimo rezultatas. Kelių ekspertų nuomonės sudaro palankių sprendimų aibę. Neapibrėžtumas, neraiškiųjų skaičių, sprendimo, aibė padidina tikslumą sprendžiant tokio tipo uždavinius.

Straipsnio tikslas pateikti naują metodą kriterijų svoriams nustatyti grupiniuose vertinimuose naudojant neraiškiuosius skaičius. Straipsnyje metodas naudojamas nuotolinių kursų medžiagos kokybės vertinimui. Patikrinti metodo veikimą lyginant su anksčiau autorių pasiūlytu grupės vertinimo metodu [1].

## 1 AHP metodas neapibrėžtumo sąlygose

Analitinės hierarchijos proceso (AHP) metodą pasiūlė T. Saaty [6]. Analitinės hierarchijos metodas yra uždara loginė konstrukcija, realizuojama paprastomis taisyklėmis, skirta sudėtingų problemų analizei ir geriausiam sprendimui rasti [5]. Priimant sprendimus ir prognozuojant galimus rezultatus, asmuo priimantis sprendimą susiduria su sunkia komponentų (resursų, laukiamos išvados ir tikslai, asmuo arba grupė asmenų ir t. t.) sąveikumo sistema, kurią reikia išanalizuoti. Kuo giliau ekspertas įsigilina į analizuojamą sistemą, tuo tikslesnės bus prognozės ir priimami sprendimai. Teorija

pagrįsta natūraliu žmogaus mąstymu. Susidūriant su dauguma kontroliuojamų ir nekontroliuojamų elementų, sudarančių sudėtingą situaciją, protas jungia jas į grupes pagal savybių skirstymą tarp jų.

Hierarchija, tai keletos lygių sistema, kiekvienas iš kurių susideda iš daugumos elementų, arba faktorių. Pagrindinis hierarchijos klausimas, kaip stipriai atskiri žemiausio lygio faktoriai įtakoja pagrindinį tikslą. Kriterijų svoriai atspindi ekspertų vertintojų nuomonę apie kriterijų svarbą lyginant su kitais kriterijais [2, 4, 8].

Analitinis hierarchijos metodas taikomas kiekvienam ekspertui. Metodo pagrindą sudaro porinio palyginimo matrica [10]. Metodas tikrina matricos suderinamumą naudojant suderinamumo indeksą ir santykį. Saaty pasiūlyta porinio palyginimo skalė yra taškinis vertinimo būdas.

Neapibręztumo teoriją pasiūlė Zadeh [9] sprendžiant neapibręžto žmogaus mąstymo uždavinį. Buvo pasiūlyta neraiškiųjų aibių teorija orientuota į neapibręztumo racionalizavimą. Neapibręztumo taikymas leidžia vertinti ne vieną taškinę reikšmę, bet tinkamų reikšmių intervalą. Toks vertinimo būdas padidina skaičiavimo tikslumą.

Šiame darbe yra pasiūlytas metodas grupės porinio palyginimo matricai sudaryti, naudojant neraiškiuosius trikampio skaičius. Trikampio neraiškieji skaičiai, tai trys parametrai  $(l, m, u)$ , kurie apibręžia kokybę tarp 0 ir 1 priklausomybės funkcijos ribose.

Nustatome ekspertų grupės porinio palyginimo matricos neraiškiuosius parametrus iš atskirų ekspertų suderintų porinių palyginimo matricų. Skaičiuojame suderintų ekspertų sprendimo matricų vidutinių reikšmių matricą  $\bar{p}_{ij}$ , kur  $p_{ij}^k$ , tai  $k$ -atojo eksperto kriterijų svoriai,  $r$  – ekspertų skaičius, kai  $j \geq i$ , nes matrica yra atvirkštinė.

$$\bar{p}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^r p_{ij}^k}{r}. \quad (1)$$

Suskaičiuojame matricų vidutinį kvadratinį nuokrypį  $S_{\bar{p}_{ij}}$ ,  $j \geq i$ :

$$S_{\bar{p}_{ij}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^r (p_{ij}^k - \bar{p}_{ij})^2}{r}}. \quad (2)$$

Nustatome neraiškiųjų skaičių trikampio parametrus eksperto grupės matricai:

$$m_{ij} = \bar{p}_{ij}, \quad l_{ij} = m_{ij} - S_{\bar{p}_{ij}}, \quad u_{ij} = m_{ij} + S_{\bar{p}_{ij}}. \quad (3)$$

Taikome D. Chang pasiūlytą išplėstinės analizės metodą neraiškiosios sintezės plėtinio  $S_i$  reikšmei suskaičiuoti ir kriterijų svoriams nustatyti [3, 4].

$S_i$  reikšmė neapibręžto sintetinio išplėtimo pagal  $i$  objektą yra apibręžta, kur  $M_{gi}^j$  trikampio priklausomybės funkcijos neraiškieji skaičiai [3, 4]:

$$S_i = \sum_{j=1}^r M_{gi}^j \otimes \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r M_{gi}^j \right\}^{-1}. \quad (4)$$

Tikimybės laipsnis  $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  išreiškiamas, kaip [3, 4]:

$$\begin{aligned} V(M_2 \geq M_1) &= hgt(M_1 \geq M_2) \\ &= \left\{ 1, \text{ jeigu } m_2 \geq m_1, \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} \right\}. \end{aligned} \quad (5)$$

Tolimesniam slaičiavimui reikia turėti dviejų nelygybių tikimybinį vertinimą  $V(M_2 \geq M_1)$  ir  $V(M_1 \geq M_2)$ .

Neraiškiųjų skaičių tikimybės laipsnis apibrėžiamas [3, 4]:

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ ir } (M \geq M_2) \text{ ir } \dots \text{ ir } (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, \dots, k. \end{aligned}$$

Tegul  $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$ ;  $k \neq n$ . Tada svorių vektorius

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T. \quad (6)$$

Normalizuojame svorių vektorių:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T. \quad (7)$$

## 2 Metodo taikymas grupiniams vertinimams atlikti

Šio darbo autorė pasiūlė diskretinį [1] kriterijų svorių nustatymo metodą.

Šiame skyriuje nuotolinių kursų medžiagai vertinti yra taikomas naujas siūlomas grupės intervalinis svorių nustatymo metodas. Norint patikrinti sukurto metodo efektyvumą, skaičiuojamas koreliacijos koeficientas tarp dviejų metodų suskaičiuotųjų kriterijų svorių.

Nuotolinių studijų kokybė priklauso nuo kokybės (vertinant programos kokybę), pedagoginio, ekonominio, technologinio, vadybinio, organizacinio ir administracinio, kultūros kriterijų [7]. Nuotolinio kurso kokybė, kaip ir visų studijų dalis, priklauso nuo išvardytų kriterijų. Vienas iš svarbiausių, pagrindinių kurso dalių tai kurso medžiaga. Medžiagos kokybės kriterijus vertina dėstytojų ekspertų grupė. Alternatyvos tyrime nelyginamos.

Medžiagos vertinimui sudaroma kokybės kriterijų sistema iš šešių kriterijų:

1. Kriterijus (KR1) – medžiaga atitinka programos reikalavimams;
2. Kriterijus (KR2) – medžiagos aktualumas, patikimumas;
3. Kriterijus (KR3) – medžiaga pritaikyta įvairiems mokymosi stiliams;
4. Kriterijus (KR4) – medžiaga nuosekliai išdėstyta, aiški kurso struktūra;
5. Kriterijus (KR5) – žinių savikontrolės pratimai;
6. Kriterijus (KR6) – galutinio atsiskaitymo užduotys.

Sudaroma anketa, kurioje ekspertas lygina kriterijus poromis Satty pasiūlyta 9 balų skalės sistemoje [1, 8]. Kiekvienam ekspertui sudaroma porinio palyginimo matrica (1 lentelė), patikrinamas jos suderinamumas ir suskaičiuojami kriterijų svoriai. Jeigu porinių palyginimų matrica nesuderinta, kriterijų palyginimo vertinimą reikia pakartoti, kol matrica bus suderinta.

Kriterijus vertino grupė iš 5 ekspertų (E1, E2, E3, E4, E5).

Pirmas metodas suskaičiuoja visų ekspertų matricų kriterijų svorių vidutinę reikšmę  $W1$  [1] (2 lentelė).

Antras metodas skaičiuoja grupės ekspertų porinių palyginimo sprendimų matricų vidutinę reikšmę (1) ir matricų vidinį kvadratinį nuokrypį (2), kai  $j \geq i$ .

**1 lentelė.** Vieno eksperto porinio palyginimo matrica.

	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6
KR1	1.00	0.20	0.50	0.25	2.00	4.00
KR2	5.00	1.00	4.00	2.00	7.00	9.00
KR3	2.00	0.25	1.00	0.50	4.00	5.00
KR4	4.00	0.50	2.00	1.00	5.00	7.00
KR5	0.50	0.14	0.25	0.20	1.00	2.00
KR6	0.25	0.11	0.20	0.14	0.50	1.00

**2 lentelė.** Grupės ekspertų kriterijų svoriai ir jų vidutinė reikšmė.

	E1	E2	E3	E4	E5	W1
KR1	0.43	0.09	0.27	0.38	0.37	0.306
KR2	0.26	0.42	0.42	0.22	0.1	0.284
KR3	0.13	0.15	0.09	0.15	0.05	0.113
KR4	0.1	0.26	0.15	0.15	0.17	0.165
KR5	0.05	0.05	0.05	0.07	0.08	0.06
KR6	0.03	0.03	0.03	0.04	0.22	0.071

Sudaroma grupės ekspertų porinio palyginimo matrica naudojant neraiškiuosius skaičius, intervalus (3), kai  $j \geq i$  (3 lentelė).

Suskaičiuojamos neraiškiosios sintezės plėtinio  $S_i$  reikšmės (4):

$$\begin{aligned}
 S_1 &= (9.81, 19.8, 29.7) \otimes (0.01, 0.02, 0.03) = (0.09, 0.31, 0.81), \\
 S_2 &= (10.2, 18, 36.4) \otimes (0.01, 0.02, 0.03) = (0.1, 0.28, 0.99), \\
 S_3 &= (5.05, 8.87, 13) \otimes (0.01, 0.02, 0.03) = (0.05, 0.14, 0.35), \\
 S_4 &= (6.94, 11.3, 18.1) \otimes (0.01, 0.02, 0.03) = (0.06, 0.18, 0.49), \\
 S_5 &= (2.95, 4.3, 6.11) \otimes (0.01, 0.02, 0.03) = (0.03, 0.07, 0.17), \\
 S_6 &= (1.9, 2.33, 3.54) \otimes (0.01, 0.02, 0.03) = (0.02, 0.04, 0.1).
 \end{aligned}$$

**3 lentelė.** Grupės neraiškiųjų skaičių porinių palyginimų sprendimo matrica.

	1 KR.	2 KR.	3 KR.
1 KR.	(1,1,1)	(0.09, 2.54, 4.99)	(1.75, 3.9, 6.05)
2 KR.	(0.2, 0.39, 11.2)	(1, 1, 1)	(2.74, 4, 5.26)
3 KR.	(0.17, 0.26, 0.57)	(0.19, 0.25, 0.37)	(1, 1, 1)
4 KR.	(0.24, 0.39, 1.02)	(0.29, 0.42, 0.72)	(0.54, 0.91, 2.99)
5 KR.	(0.15, 0.2, 0.3)	(0.14, 0.22, 0.44)	(0.25, 0.36, 0.61)
6 KR.	(0.14, 0.21, 0.38)	(0.12, 0.18, 0.39)	(0.19, 0.29, 0.58)
	4 KR.	5 KR.	6 KR.
1 KR.	(0.98, 2.54, 4.1)	(3.33, 5, 6.67)	(2.66, 4.8, 6.94)
2 KR.	(1.38, 2.4, 3.42)	(2.27, 4.6, 6.93)	(2.58, 5.6, 8.62)
3 KR.	(0.33, 1.1, 1.87)	(1.63, 2.8, 3.97)	(1.73, 3.46, 5.19)
4 KR.	(1, 1, 1)	(2.2, 3.8, 5.4)	(2.66, 4.8, 6.94)
5 KR.	(0.19, 0.26, 0.45)	(1, 1, 1)	(1.22, 2.26, 3.3)
6 KR.	(0.14, 0.21, 0.38)	(0.3, 0.44, 0.82)	(1, 1, 1)

Suskaičiuojami tikimybės laipsniai (5):

$$\begin{array}{lll}
 V(S_1 \geq S_2) = 1, & V(S_1 \geq S_3) = 1, & V(S_1 \geq S_4) = 1, \\
 V(S_1 \geq S_5) = 1, & V(S_1 \geq S_6) = 1, & V(S_2 \geq S_1) = 0.97, \\
 V(S_2 \geq S_3) = 1, & V(S_2 \geq S_4) = 1, & V(S_2 \geq S_5) = 1, \\
 V(S_2 \geq S_6) = 1, & V(S_3 \geq S_1) = 0.61, & V(S_3 \geq S_2) = 0.65, \\
 V(S_3 \geq S_4) = 0.88, & V(S_3 \geq S_5) = 1, & V(S_3 \geq S_6) = 1, \\
 V(S_4 \geq S_1) = 0.75, & V(S_4 \geq S_2) = 0.79, & V(S_4 \geq S_3) = 1, \\
 V(S_4 \geq S_5) = 1, & V(S_4 \geq S_6) = 1, & V(S_5 \geq S_1) = 0.24, \\
 V(S_5 \geq S_2) = 0.25, & V(S_5 \geq S_3) = 0.63, & V(S_5 \geq S_4) = 0.48, \\
 V(S_5 \geq S_6) = 1, & V(S_6 \geq S_1) = 0.02, & V(S_6 \geq S_2) = 0.00, \\
 V(S_6 \geq S_3) = 0.33, & V(S_6 \geq S_4) = 0.18, & V(S_6 \geq S_5) = 0.69.
 \end{array}$$

Suskaičiuojama minimumo reikšmė, gaunamas kriterijų svorių vektorius  $W'$ .

$$W' = (1, 0.97, 0.61, 0.75, 0.24, 0).$$

Normalizavus vektorių  $W'$  gauname  $W_2$  vektoriaus kriterijų svorius

$$W_2 = (0.28, 0.272, 0.17, 0.21, 0.066, 0.001).$$

Palyginsime dviejų metodų gautus kriterijų svorius  $W_1$  ir  $W_2$ .

Tam suskaičiuosime koreliacijos koeficientą  $r_{W_1W_2} = \frac{\sum(W_{1i} - \overline{W_1})(W_{2i} - \overline{W_2})}{\sqrt{\sum(W_{1i} - \overline{W_1})^2 \sum(W_{2i} - \overline{W_2})^2}}$ .  
 $r_{W_1W_2} = 0.9096$ .

Koreliacijos koeficiento reikšmė artima vienetui  $r_{W_1W_2} \approx 1$ . Galima padaryti išvadą, kad abu metodai davė panašų rezultatą ir antras metodas gali būti naudojamas grupiniuose sprendimo priėmimuose.

### 3 Išvados

Straipsnyje buvo pasiūlytas naujas grupės sprendimo priėmimo metodas. Nuotolinių kursų medžiagos kokybei nustatyti buvo taikomi du vertinimo metodai.

Skurto metodo palyginimas su anksčiau autorės pasiūlytu metodu parodė šių dviejų metodų suderinamumą ir patvirtino, kad sukurtas metodas gali būti naudojamas grupiniuose sprendimo priėmimuose.

Tyrimas parodė, kad kurso medžiagos kokybė daugiausiai priklauso nuo to, kaip:

- (1) medžiaga atitinka programos reikalavimams;
- (2) medžiaga aktuali, patikima,
- (3) kaip nuosekliai išdėstyta ir aiški kurso struktūra;
- (4) medžiaga pritaikyta įvairiems mokymosi stilium.

Reikia pastebėti, kad kurso medžiagos kokybė mažiau priklauso nuo žinių savikontrolės pratimų ir galutinio atsiskaitymo užduočių.

## Literatūra

- [1] E. Kurilovas, I. Vinogradova ir I. Žilinskienė. Analitinio hierarchinio proceso (AHP) metodo taikymas nuotolinių mokymo kursų naudotojų sąsajos kokybei vertinti. In *XV kompiuterininkų konferencijos mokslo darbai*, pp. 877–888, Klaipėda, 2011 m. rugsėjo 22–24 d. ISBN 978-9986-34-261-8.
- [2] H.-F. Lin. An application of fuzzy ahp for evaluating course website quality. *Computers and Education*, **54**:877–888, 2010.
- [3] S. Mahmoodzadeh, J. Shahrabi, M. Pariazar and M.S. Zaeri. Project selection by using fuzzy AHP and TOPSIS technique. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, **30**:333–338, 2007.
- [4] S. Nukala and S.M. Gupta. A fuzzy ahp-based approach for selecting potential recovery facilities in a closed loop supply chain. In *Proceeding of the SPIE International Conference on Environmentally Conscious Manufacturing V*, pp. 58–63, Boston, Massachusetts, October 23–24, 2005.
- [5] V. Podvezko. Application of AHP technique. *Journal of Business Economics and Management*, **10**(2):181–189, 2009.
- [6] T.L. Saaty. *The Analytic Hierarchy Process*. McGrawHill, New York, 1980.
- [7] I. Vinogradova ir E. Kurilovas. Nuotolinių studijų kokybės vertinimas. In *III respublikinės mokslinės – praktinės konferencijos mokslinių straipsnių rinkinys „Mokslo taikomųjų tyrimų įtaka šiuolaikinių studijų kokybei“*, pp. 99–103, Vilnius, 2010. ISSN 2029-2279.
- [8] J. Yang and P. Shia. Applying analytic hierarchy process in firm’s overall performance evaluation: A case study in China. *International Journal of Business*, **7**(1):29–46, 2002.
- [9] L. Zadeh. Fuzzy sets. *Information Control*, **8**:338–353, 1965.
- [10] V. Žukauskienė. Neapibrėžtų aibių teorijos elementų taikymai daugiakriteriuose uždaviniuose. In *14-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“. 2011 metų teminės konferencijos Matematikos sekcijos straipsnių rinkinys*, 2011. ISBN 978-9955-28-836-7.

## SUMMARY

### Uncertainty influence on AHP method ratings

I. Vinogradova

The paper deals with the evaluation of the criteria impacting distance learning course content quality. The goal of the paper is to introduce the improved AHP method with Fuzzy triangle numbers used to determine the quality of distance learning courses. In the paper, the interval and discrete methods for weights determination are compared.

*Keywords:* distance learning course, AHP method, fuzzy number, evaluation of quality, group evaluation.