



## EKSPERTŲ ĮVERČIŲ SUDERINAMUMAS

Valentinas Podvezko

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al, 11, LT-10223 Vilnius-40, Lietuva  
Matematinės statistikos katedra. El. paštas lsaulis@fm.vtu.lt*

*Įteikta 2005-03-10; priimta 2005-06-15*

**Santrauka.** Taikant daugiakriterinius metodus labai svarbu nustatyti kriterijų (rodiklių) svorius. Sviurių skaičiavimo pagrindą sudaro ekspertų vertinimai. Rezultatus galima taikyti praktikoje, jei nustatytas pakankamas ekspertų nuomonių suderinamumo lygis. Jį nustato konkordancijos koeficientas, skaičiuojamas lyginamų objektų rangavimo pagrindu. Straipsnyje nagrinėjama konkordancijos koeficiento taikymo galimybė, kai ekspertų vertinimai atlikti ne rangavimo būdu. Nustatyta, kad objektų suderinamumo lygis priklauso nuo ekspertų vertinimo metodo. Didžiausias suderinamumas gaunamas taikant tiesioginį rangavimo metodą. Vienodai įvertintų rodiklių, t. y. susietų rangų įtaka konkordancijos koeficiento reikšmei, taigi ir ekspertų suderinamumo lygiui paprastai nežymi ir nekeičia rezultato.

**Raktažodžiai:** ekspertų vertinimai, rangavimas, nuomonių suderinamumas, konkordancijos koeficientas.

## AGREEMENT OF EXPERT ESTIMATES

Valentinas Podvezko

*Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40, Lithuania  
Department of Mathematical Statistics. E-mail: lsaulis@fm.vtu.lt*

*Received 10 March 2005; accepted 15 June 2005*

**Abstract.** The application of multicriteria methods largely depends on the calculation of the criteria weights based on expert evaluation. The results obtained can be used for practical purposes if expert judgments are in good agreement. This may be determined by the concordance of a coefficient obtained by ranking the available alternatives. The paper considers a possibility to apply the concordance coefficient in cases when expert evaluation is not based on ranking. The calculations reveal the dependence of the agreement of expert estimates on a particular method used. The highest degree of agreement has been obtained by using the direct ranking method. The effect of equally assessed criteria, i. e. the tied ranks on the concordance coefficient and thereby on the level of expert judgments agreement is usually insignificant and cannot change the results of rating.

**Keywords:** expert estimates, ranking, agreement of judgements, concordance coefficient.

### 1. Įvadas

Sprendžiant ekonomines bei socialines problemas, lyginant skirtingų technologijų arba inovacijų projektus, prognozuojant proceso plėtrą, vertinant skirtingas veiklos strategijas arba objekto strateginį potencialą, neįmanoma apsieiti be specialistų (ekspertų) pagalbos. Ekspertų nuomonės ir požiūris į sprendžiamą problemą dažnai skiriasi, gali būti

ir prieštaringi. Jeigu reikia priimti sprendimą ekspertų vertinimų pagrindu, būtina įvertinti ekspertų nuomonių suderinamumo laipsnį. Labai svarbu nustatyti ekspertų nuomonių suderinamumą, taikant daugiakriterinių vertinimų metodus [1–8].

Dviejų ekspertų suderinamumą kiekybiškai gali įvertinti koreliacijos koeficientas. Jei ekspertų skaičius dides-

nis už du, grupės ekspertų suderinamumo lygį rodo konkordancijos koeficientas [9]. Nemažai teorinių ir praktinių darbų skirti konkordancijos koeficientui ir jo taikymo galimybės [10–15]. Bet dar yra ne iki galo išaiškintų klausimų, susijusių su konkordancijos koeficientu ir jo galimybėmis taikyti praktikoje: reikalavimai ekspertų vertinimams, geriausios ir blogiausios koeficiento reikšmės, teorinio  $\chi^2$  skirstinio ribinių galimybių taikymas, vienodai įvertintų rodiklių rangų įtaka konkordancijos koeficiento reikšmei, ryšys su AHP (*Analytic Hierarchy Process*) T. Saaty [16–18] ir ekspertų tiesioginio įvertimo metodais, ekspertų suderinamumo lygio priklausomybė nuo objektų vertinimo metodo ir pasirinktos vertinimo skalės [15]. Šiame darbe atsakyta į daugelį išvardytų klausimų.

## 2. Dispersinis konkordancijos koeficientas

$r$  ekspertų grupė kiekybiškai vertina  $m$  objektų (rodiklių). Vertinimai  $c_{ij}$  ( $i = 1, \dots, m$ ;  $j = 1, \dots, r$ ) sudaro  $m$  eilučių ir  $r$  stulpelių lentelę (matricą)  $C$ . Ekspertai gali vertinti laukiamąją reikšmę  $c_{ij}$  skirtingu būdu. Vertinti gali būti pritaikyta bet kokia matavimo skalė, pavyzdžiui, rodiklio vienetais, procentais, vieneto dalimis, dešimties balų sistemoje arba porinio lyginimo Saaty skalė. Bet reikia pabrėžti, kad konkordancijos koeficientui skaičiuoti tinka tik ekspertų rodiklių rangavimas. Jei ekspertų vertinimai buvo bet kokio kitokio pavidalo, juos preliminarai reikia ranguoti. Rangavimas yra procedūra, kai pačiam svarbiausiam rodikliui suteikiamas rangas, lygus vienetai, antram pagal svarbumą – rangas du ir t. t., paskutiniui pagal svarbumą – rangas  $m$ ; čia  $m$  – lyginamų rodiklių skaičius. Ekivalentiniams rodikliams suteikiama vienoda reikšmė – eilinių rangų aritmetinis vidurkis. Tada, jeigu dviem rodikliams eilės tvarka rangai būtų, pavyzdžiui, 4 ir 5, bet rodiklių svarbumas, kaip mano ekspertas, vienodas, tai jiems abiem suteikiamas vienodas rangas 4,5.

Dispersinį konkordancijos koeficientą apibrėžė M. Kendall [9]. Koeficiento idėja susieta su kiekvieno rodiklio rangų suma  $c_i$  visų ekspertų atžvilgiu:

$$c_i = \sum_{j=1}^r c_{ij} \quad (i = 1, \dots, m), \quad (1)$$

tiksliau, su dydžių  $c_i$  nuokrypiu nuo bendro vidurkio  $\bar{c}$  kvadratų suma  $S$  (dispersijos analogas):

$$S = \sum_{i=1}^m (c_i - \bar{c})^2. \quad (2)$$

Bendras vidurkis  $\bar{c}$  skaičiuojamas pagal formulę

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^r c_{ij}}{m}. \quad (3)$$

Jei ekspertai vienodai įvertintų visus rodiklių rangus, tai svarbiausias rodiklis turėtų rangą vienetai ir šių rodiklių visų ekspertų rangų suma būtų lygi  $r$ , antrojo pagal svarbumą rodiklio –  $2r$  ir t. t., o paskutinio rodiklio –  $mr$ . Šis atvejis ekspertų nuomonių suderinamumo atžvilgiu yra idealus. Visų  $r$  ekspertų  $m$  rodiklių rangų suma

$$\sum_{i=1}^m c_i = \frac{1}{2} r m (m + 1) \quad (4)$$

ir bendras vidurkis

$$\bar{c} = \frac{1}{2} r (m + 1) \quad (5)$$

priklauso tik nuo  $m$  ir  $r$  dydžių ir nepriklauso nuo suderinamumo lygio. Naudojant žinomų  $m$  natūraliųjų skaičių ir jų kvadratų sumų formules

$$\left( \sum_{i=1}^m i = \frac{(1+m)m}{2}, \quad \sum_{i=1}^m i^2 = \frac{m(m+1)(2m+1)}{6} \right),$$

nesunku įrodyti, kad kvadratų suma  $S$ , apskaičiuota pagal formulę (2), šiuo idealiu suderintu atveju yra lygi:

$$S_{\max} = \sum_{i=1}^m \left( r \times i - \frac{1}{2} r (m + 1) \right)^2 = \frac{r^2 m (m^2 - 1)}{12}. \quad (6)$$

Tai yra didžiausia įmanoma dydžio  $S$  reikšmė, kai ekspertų nuomonės absoliučiai suderintos, t. y. kai visų ekspertų vertinimai vienodi. Priešingas, blogiausias ekspertų vertinimas bus tuo atveju, kai ekspertų vertinimai absoliučiai prieštaringi, t. y. jei kiekvienam objektui vertinti naudojami visi įmanomi rangai nuo vieneto iki  $m$ , kada kiekvieno rodiklio rangų suma vienoda ir sutampa su bendru rangų vidurkiu. Šiuo atveju dydžio  $S$  reikšmė lygi nuliui, nors toks rezultatas praktikoje gali pasitaikyti labai retai ir gali būti traktuojamas kaip teorinis, ribinis. Jei  $S$  yra reali kvadratų suma, suskaičiuota pagal formulę (2), tai konkordancijos koeficientas apibrėžiamas suskaičiuotos  $S$  ir atitinkamos didžiausios  $S_{\max}$  santykiu:

$$W = \frac{12S}{r^2 m (m^2 - 1)}. \quad (7)$$

Jei ekspertų nuomonės suderintos, konkordancijos koeficiento  $W$  reikšmė yra arti vieneto, jei vertinimai labai skiriasi –  $W$  reikšmė yra arti nulio. Kaip pavyzdį suskaičiuosime konkordancijos koeficientą  $W$ , kai ekspertų nuomonės, akivaizdu, suderintos (1 lentelė) ir kai vertinimai praktiškai nesuderinti (2 lentelė).

**1 lentelė.** Ekspertų suderintų vertinimų pavyzdys

**Table 1.** Case study of coordinated expert estimates

Ekspertai Objektai	1	2	3	4	5	6	Rangų suma
1	3	4	3	3	3	2	18
2	2	1	2	2	2	3	12
3	4	3	5	4	4	4	24
4	1	2	1	1	1	1	7
5	5	5	4	5	5	5	29

Visų rodiklių bendra rangų suma, suskaičiuota pagal (4) formulę, arba paskutinių 1 lentelės elementų suma

$$\sum_{i=1}^m c_i = 90, \text{ objektų rangų vidurkis, suskaičiuotas pagal (5)}$$

formulę,  $\bar{c} = 18$  arba, skaičiuojant kitaip,  $\bar{c} = 90/5 = 18$ . Rodiklių rangų sumos (1 lentelės paskutinio stulpelio elementai) nemažai skiriasi nuo bendro vidurkio, ekspertų vertinimai praktiškai sutampa, dėl to konkordancijos koeficientas  $W$  turėtų būti artimas vienetui. Kvadratų nuokrypių suma  $S$ , apskaičiuota pagal (2) formulę,  $S = 314$ , didžiausia sumos reikšmė, apskaičiuota pagal (6) formulę,  $S_{\max} = 360$  ir konkordancijos koeficientas  $W = 0,87$  nedaug skiriasi nuo vieneto.

Rangų sumos (2 lentelė) mažai skiriasi tarp savęs, konkordancijos koeficientas turėtų būti labai mažas. Bendra

$$\text{rangų suma } \sum_{i=1}^m c_i = 90, \text{ objektų rangų vidurkis } \bar{c} = 18 \text{ ir}$$

didžiausia sumos  $S$  reikšmė  $S_{\max} = 360$  sutapo su 1 lentelės rezultatais. Kvadratų nukrypimų suma  $S = 2$  ir konkordancijos koeficientas  $W = 0,0056$  mažai skiriasi nuo nulio.

Konkordancijos koeficientas gali būti taikomas praktikoje, jei nustatyta jo ribinė reikšmė, kada ekspertų vertinimus dar galima laityti suderintais. M. Kendall įrodė [9], kad jeigu objektų skaičius  $m > 7$  konkordancijos koeficiento reikšmingumas gali būti nustatytas, naudojant  $\chi^2$  kriterijų.

Atsitiktinis dydis

$$\chi^2 = Wr(m-1) = \frac{12S}{r m (m+1)} \quad (8)$$

pasiskirstęs pagal  $\chi^2$  skirstinį su  $v = m - 1$  laisvės laipsniu. Pagal pasirinktą reikšmingumo lygmenį  $\alpha$  (praktikoje  $\alpha$  reikšmė paprastai 0,05 arba 0,01) iš  $\chi^2$  skirstinio lentelės su  $v = m - 1$  laisvės laipsniu radome kritinę reikšmę  $\chi_{kr}^2$ .

Jei suskaičiuota pagal (8) formulę  $\chi^2$  reikšmė didesnė už  $\chi_{kr}^2$ , tai išeina, kad ekspertų vertinimai yra suderinti.

Kada lyginamų rodiklių (objektų) skaičius  $m$  yra nuo

**2 lentelė.** Ekspertų nesuderintų vertinimų pavyzdys

**Table 2.** Case study of not coordinated expert estimates

Ekspertai Objektai	1	2	3	4	5	6	Rangų suma
1	2	4	3	1	5	3	18
2	3	5	2	4	2	2	18
3	5	1	4	3	1	4	18
4	4	2	5	2	3	1	17
5	1	3	1	5	4	5	19

trijų iki septynių,  $\chi^2$  skirstinį reikia taikyti atsargiai, nes skirstinio kritinė  $\chi_{kr}^2$  reikšmė gali būti didesnė už suskaičiuotą, nors ekspertų nuomonių suderinamumo lygis yra dar pakankamas. Tokiu atveju galima taikyti konkordancijos koeficiento tikimybinės lentelės arba kritinių reikšmių  $S$  lentelės (su  $3 \leq m \leq 7$ ) [9, 11].

Pavyzdžiui, naudodami 1 lentelės duomenis ir skaičiuodami pagal (8) formulę, gauname, kad  $\chi^2 = 0,872 \cdot 6 \cdot (5 - 1) = 20,93$ , o kritinė  $\chi_{kr}^2$  reikšmė, paimta iš skirstinio lentelės su  $v = 5 - 1 = 4$  laisvės laipsniu ir reikšmingumo lygmeniu  $\alpha = 0,05$ , yra 9,49. Suskaičiuota reikšmė  $\chi^2 = 20,93$  daug didesnė už kritinę, todėl ekspertų nuomonės gerai suderintos. Tai rodo ir tikimybinės konkordancijos koeficiento  $W$  lentelė [9]: jei rodiklių skaičius  $m = 5$  ir ekspertų skaičius  $r = 6$ , tai tikimybė, kad reikšmė  $S = 314$  bus pasiekta arba viršyta, lygi praktiškai nuliui, t. y. įvykis realiai neįmanomas ir ekspertų vertinimai labai gerai suderinti.

2 lentelės rezultatai:  $\chi^2 = 0,133$  nepalyginti mažesnė už kritinę  $\chi_{kr}^2 = 9,49$  ir ekspertų nuomonės nesuderintos. Tikimybinės konkordancijos koeficiento  $W$  lentelė (su  $m = 5$  ir  $r = 6$ ) rodo, kad praktikoje reikšmė  $S = 2$  bus pasiekta arba viršyta su tikimybe, artima vienetui, t. y. praktiškai visada suskaičiuota  $S$  reikšmė bus didesnė už  $S = 2$  ir ekspertų nuomonės nesuderintos.

$\chi^2$  skirstinio laisvųjų laipsnių skaičius nepriklauso nuo ekspertų skaičiaus  $r$ , nes vertina tik rodiklių rangų sumų skirtumą. Yra galimybė vietoj  $\chi^2$  skirstinio taikyti Fišerio  $F$  skirstinį, kuris turi du laisvųjų laipsnių skaičius ir priklauso ir nuo objektų skaičiaus  $m$  ir nuo ekspertų skaičiaus  $r$  [9].

Praktikoje būna atveju, kai du arba keletas objektų yra labai panašūs ir neįmanoma suteikti pirmenybės nė vienam iš jų. Sako, kad tie objektai yra susiję. Šiuo atveju visiems objektams priskiriamas vienodas rangas – eilinių rangų aritmetinis vidurkis. Pavyzdžiui, jei yra keturi objektai ir jų rangų eilės numeriai 3, 4, 5 ir 6, tai visiems priskiriamas

$$\text{vienodas rangas } \frac{1}{4}(3 + 4 + 5 + 6) = 4,5.$$

Įrodyta [9], kad konkordancijos koeficientas šiuo atveju skaičiuojamas pagal formulę

$$W = \frac{12S}{r^2 m(m^2 - 1) - r \sum_{j=1}^r T_j}. \quad (9)$$

Formulėje (9)  $j$ -ojo eksperto susietų rangų rodiklis  $T_j$  skaičiuojamas pagal formulę

$$T_j = \sum_{k=1}^{H_j} (t_k^3 - t_k), \quad (10)$$

čia  $H_j$  – lygių rangų  $j$ -ojo eksperto skaičius,  $t_k$  – lygių susietų rangų  $k$ -tasis grupės skaičius. Jei susietų rangų nėra, tai  $H_j = 0$ ,  $t_k = 0$ , tada  $T_j = 0$  ir formulės (7) ir (9) sutampa.

Atitinkama  $\chi^2$  reikšmė, suskaičiuota pagal (8) formulę, dabar turi pavidalą:

$$\chi^2 = Wr(m-1) = \frac{12S}{rm(m+1) - \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^r T_j}. \quad (11)$$

Reiškinyje (11) vardiklis gali tik sumažėti palyginti su (8) formule, todėl  $\chi^2$  reikšmė, suskaičiuota pagal (11) formulę, įvertinant susietus rangus, atitinkamai gali tik padidėti ir nebūtina skaičiuoti susietų rangų rodiklį  $T_j$  (10) ir atitinkamą  $\chi^2$  reikšmę (11), jei ekspertų suderinamumas įrodytas ir be susietų rangų vertinamo, t. y. skaičiuojant  $W$  ir  $\chi^2$  reikšmes pagal (7) ir (8) formules.

Suskaičiuosime konkordancijos koeficientą ir įvertinsime ekspertų nuomonių suderinamumą, jei ekspertų vertinime yra vienodų rangų (3 lentelė).

Bendra rangų suma  $\sum_{i=1}^m c_i = 90$ , objektų rangų vidurkis

$\bar{c} = 18$  ir didžiausia sumos  $S$  reikšmė  $S_{\max} = 360$  sutampa su 1 ir 2 lentelių rezultatais. Kvadratų nuokrypių suma  $S = 173,5$  ir konkordancijos koeficiento  $W$  reikšmė, suskaičiuota

pagal (7) formulę,  $W = \frac{12 \cdot 173,5}{36 \cdot 5 \cdot 24} = 0,48$  tarp vieneto ir

**3 lentelė.** Susietų rangų atvejais

**Table 3.** Tied ranks

Ekspertai Objektai	1	2	3	4	5	6	Rangų suma
1	2	3	2,5	2	2,5	3	15
2	4,5	1	2,5	4	2,5	3	17,5
3	2	3	4,5	2	2,5	3	17
4	2	3	1	2	2,5	1	11,5
5	4,5	5	4,5	5	5	5	29

nulio, bet atitinkama  $\chi^2$  reikšmė, suskaičiuota pagal (8) formulę,  $\chi^2 = 11,57$  didesnė už kritinę reikšmę  $\chi_{kr}^2 = 9,49$  su  $v = 5 - 1 = 4$  laisvės laipsniu ir reikšmingumo lygmeniu  $\alpha = 0,05$ , t. y. ekspertų nuomonės gerai suderintos.

Patikslinkime  $W$  ir  $\chi^2$  reikšmes, įvertindami susietų rangų įtaką. Suskaičiuosime kiekvieno eksperto susietų rangų rodiklių  $T_j$  reikšmes pagal (10) formulę:

$$T_j = \sum_{k=1}^{H_j} (t_k^3 - t_k), \quad T_1 = (3^3 - 3) + (2^3 - 2) = 30,$$

$$T_2 = 3^3 - 3 = 24, \quad T_3 = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 12,$$

$$T_4 = 3^3 - 3 = 24, \quad T_5 = 4^3 - 4 = 60,$$

$$T_6 = 3^3 - 3 = 24 \quad \text{ir} \quad \sum_{j=1}^r T_j = 174.$$

Konkordancijos koeficiento, suskaičiuoto pagal (9) formulę,  $W = \frac{12 \cdot 173,5}{36 \cdot 5 \cdot 24 - 6 \cdot 174} = 0,636$  reikšmė padidėjo,

kaip ir reikšmė  $\chi^2 = 15,26$ , todėl ekspertų nuomonės gerai suderintos. Susietų rangų įtaka ir skaičiuoti taikytos (9) ir (11) formulės mažai keičia  $W$  ir  $\chi^2$  reikšmes ir dar labiau rodo ekspertų vertinimų suderinamumo lygį.

Susietų rangų skaičiavimas ir taikymas gali pakeisti ekspertų suderinamumo rezultatą ir patvirtinti suderinamumą, kai suskaičiuota  $\chi^2$  reikšmė šiek tiek mažesnė už kritinę reikšmę.

Parodysime vieną iš praktikos paimtą pavyzdį. Vertinant universiteto mokslo-pedagoginių darbuotojų ir padaliniių darbo efektyvumą 13-kai ekspertų buvo pasiūlyta įvertinti 12 rodiklių (veiksnių). Vertinti reikėjo skirtingais būdais [15]. Rangavimo metodų įvertinimai ir rodiklių pavadinimai pateikti 4 lentelėje.

Konkordancijos koeficientas  $W = 0,638$ , pagal (8) formulę suskaičiuota  $\chi^2$  reikšmė  $\chi^2 = 91,27$  daug didesnė už kritines  $\chi_{kr}^2 = 24,725$  reikšmes, paimtas iš  $\chi^2$  skirstinio lentelės su  $v = 12 - 1 = 11$  laisvės laipsniu ir reikšmingumo lygmeniu  $\alpha = 0,01$ , todėl ekspertų nuomonės gerai suderintos. Parodysime, kaip reikia taikyti konkordancijos koeficientą, jei ekspertai vertino rodiklius kitokiais būdais.

### 3. Suderinamumo nustatymas ne rangavimo atveju

Rangavimas nėra vienintelis objektų lyginimo būdas. Ekspertai gali vertinti objektus (rodiklius) objektų skalės matavimo vienetais, procentais, bet kokioje balų sistemoje, taip pat gali tiesiogiai įvertinti svorių reikšmes, kad visų objektų svorių suma būtų lygi vienetui, taikant objektų po-

**4 lentelė.** Darbo efektyvumo veiksnių svarbos rangavimas**Table 4.** Ranking of the criteria describing the efficiency of work

Eil. Nr.	Rodikliai	Ekspertai												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Mokslinės publikacijos	1	6	1	1	1	1	1	1	3	2	3	2	1
2	Dalyvavimas tarptautinėse programose	3	7	5	2	4	2	8	3	9	3	5	1	2
3	Taikomasis mokslų tiriamasis darbas	4	8	3	3	6	10	2	5	4	4	6	3	4
4	Dalyvavimas mokslų konferencijose	9	9	4	8	7	7	6	2	6	9	9	6	7
5	Darbas mokslų žurnalų redakcijose, mokslų darbų recenzavimas	11	10	10	9	10	11	9	10	11	11	10	5	11
6	Dalyvavimas doktorantūros procese	5	1	9	6	2	4	10	4	7	6	11	4	9
7	Paskaitų skaitymas bakalaurantams	6	3	6	5	9	5	4	9	1	5	4	9	6
8	Paskaitų skaitymas magistrantams	2	2	2	4	5	3	3	8	2	8	2	8	3
9	Vadovavimas baigiamiesiems darbams	8	4	8	11	3	6	5	7	8	7	7	7	8
10	Mokslų metodinės literatūros leidimas	7	5	7	7	8	9	7	6	5	1	1	10	5
11	Publicistinės publikacijos	10	11	11	12	11	12	12	12	12	12	8	12	12
12	Dalyvavimas universiteto gyvenime (senate, tarybose, komitetuose ir pan.)	12	12	12	10	12	8	11	11	10	10	12	11	10

**5 lentelė.** Rodiklių rangavimas pertvarkius vertinimus pagal dešimties balų sistemą**Table 5.** Ranking of the criteria when the evaluation data obtained by other methods are transformed into 10-point scale

Eil. Nr.	Rodikliai	Ekspertai												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Mokslinės publikacijos	1	6	1	1,5	1,5	1	4	1,5	2	4,5	3	2,5	1,5
2	Dalyvavimas tarptautinėse programose	3	7,5	4,5	1,5	5	7,5	6	5,5	5,5	8,5	1,5	2,5	1,5
3	Taikomasis mokslų tiriamasis darbas	3	7,5	2,5	3,5	5	5	5	5,5	5,5	8,5	5,5	2,5	4
4	Dalyvavimas mokslų konferencijose	6	9	4,5	10,5	7	6	9	1,5	2	10,5	9	5,5	7
5	Darbas mokslų žurnalų redakcijose, mokslų darbų recenzavimas	9	10	10	6	10	11,5	11	9,5	9,5	12	5,5	7	12
6	Dalyvavimas doktorantūros procese	9	1	7,5	3,5	1,5	4	11	5,5	2	6,5	9	2,5	7
7	Paskaitų skaitymas bakalaurantams	6	3	7,5	10,5	9	7,5	1,5	5,5	12	2,5	5,5	11,5	9,5
8	Paskaitų skaitymas magistrantams	6	2	2,5	10,5	5	3	1,5	5,5	9,5	1	9	8	4
9	Vadovavimas baigiamiesiems darbams	9	4,5	7,5	10,5	3	2	3	5,5	9,5	4,5	12	5,5	9,5
10	Mokslų metodinės literatūros leidimas	3	4,5	7,5	6	8	9	8	9,5	5,5	2,5	1,5	9	4
11	Publicistinės publikacijos	11,5	11,5	11,5	8	11	11,5	11	12	9,5	10,5	11	11,5	11
12	Dalyvavimas universiteto gyvenime (senate, tarybose, komitetuose ir pan.)	11,5	11,5	11,5	6	12	10	7	11	5,5	6,5	5,5	10	7

rinio lyginimo metodus. Jei nuomonių suderinamumui nustatyti norime taikyti konkordancijos koeficientą  $W$ , bet koks objektų vertinimas turėtų būti pertvarkytas į rangavimą. Tai nesunku padaryti, nes kiekvienas metodas nustato kartu ir objektų svarbumo eilės tvarką. Reikia pabrėžti, kad kiti objektų vertinimo metodai dažnai nustato keletui objektų vienodą reikšmę, t. y. šių objektų rangai sutaps ir skaičiuoti reikės taikyti formules (9–11), vertinančias susietus rangus.

Pavyzdžiui, tas pats universiteto mokslų-pedagoginių darbuotojų ir padalinių darbo efektyvumo vertinimo uždavinys buvo spęstas, įvertinant 12 rodiklių dešimties balų sistemos pagrindu. Pertvarkyti į rangavimo būdą vertinimai pateikti 5 lentelėje.

Tie patys 13 ekspertų įvertino rodiklius pagal kitokią skalę ir, kaip matome, 4 ir 5 lentelės nemažai skiriasi tarp savęs. Konkordancijos koeficientas, suskaičiuotas pagal (7) formulę be susietų rangų vertinimo  $W = 0,417$ , taip pat  $\chi^2$  reikšmė, suskaičiuota pagal (8) formulę,  $\chi^2 = 59,6$  daug didesnė už kritinę  $\chi_{kr}^2 = 24,725$ , paimtą iš  $\chi^2$  skirstinio lentelės su  $v = 12 - 1 = 11$  laisvės laipsniu ir reikšmingumo lygmeniu  $\alpha = 0,01$ , todėl ekspertų nuomonės gerai suderintos. Jei įvertintume susietų rangų įtaką ir skaičiuoti taikytume (9) ir (11) formules, tai  $W$  ir  $\chi^2$  reikšmės tik padidės, kuo padidins ir ekspertų suderinamumo laipsnį. Bet  $W$  ir  $\chi^2$  reikšmės sumažėjo palyginti su atitinkamomis tiesiogiai

**6 lentelė.** Vieno iš ekspertų rodiklių svoriai ir atitinkantys rangai

**Table 6.** Weights of the criteria elicited from one of the experts and their respective ranks

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Svoriai	0,289	0,168	0,125	0,069	0,012	0,035	0,069	0,069	0,037	0,090	0,021	0,015
Rangai	1	2	3	6	12	9	6	6	8	4	10	11

**7 lentelė.** Rodiklių rangavimas, pertvarkant Saaty porinio lyginimo vertinimus

**Table 7.** Ranking of the criteria by transforming weights obtained by T. Saaty's pairwise comparison

Eil. Nr.	Rodikliai	Ekspertai												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Mokslinės publikacijos	1	6	1	3	1	1	1	1	3	3	1	2	1
2	Dalyvavimas tarptautinėse programose	2	7,5	3	1	4	2	8	2	4	1	4	1	2
3	Taikomasis mokslų tiriamasis darbas	3	7,5	5	2	3	8	5	5	5	4	3	4	4
4	Dalyvavimas mokslų konferencijose	6	9	9	5	2	3	6	4	8	10	6	3	9
5	Darbas mokslų žurnalų redakcijose, mokslų darbų recenzavimas	12	10	10	9	7	11	11	10	11	9	10	5	5
6	Dalyvavimas doktorantūros procese	9	1	2	4	5	4	4	3	7	8	11	6	3
7	Paskaitų skaitymas bakalaurantams	6	3,5	8	12	10	6	7	8	1	5	8	9	10
8	Paskaitų skaitymas magistrantams	6	2	7	7	6	5	3	6	2	7	2	7	7
9	Vadovavimas baigiamiesiems darbams	8	3,5	4	6	9	7	2	7	6	6	7	8	6
10	Mokslų metodinės literatūros leidimas	4	4	6	8	8	9	9	9	9	2	9	10	8
11	Publicistinės publikacijos	10	11,5	11	11	11	12	12	12	12	12	5	12	12
12	Dalyvavimas universiteto gyvenime (senate, tarybose, komitetuose ir pan.)	11	11,5	12	10	12	10	10	11	10	11	12	11	11

nio rangavimo reikšmėmis, taip pat sumažėjo ir ekspertų suderinamumo lygis.

Rodiklių kiekybiniai reikšmingumams (svoriams) nustatyti buvo pritaikytas AHP (*Analytic Hierarchy Process*) – porinio lyginimo T. Saaty metodas [16–18]. Metodas nustato kiekvieno eksperto atskirai vertinamą suderinamumą. 13-os ekspertų suderinamumo lygis buvo priimtinas, t. y. jų suderinamumo santykis [16] buvo mažesnis už 0,1. Rodiklių svorių reikšmių pavyzdys, gautas Saaty metodo pagrindu, naudojant vieno iš ekspertų rodiklių porinio lyginimo anketą, pateiktas 6 lentelėje. Ten pat nurodyti ir atitinkami rangai rodikliai, nustatyti pagal svorių mažėjimą.

Visų 13 ekspertų rodiklių rangai, pertvarkant Saaty svorius, pateikti 7 lentelėje.

Konkordancijos koeficientas, suskaičiuotas pagal (7) formulę nevertinant susietų rangų,  $W = 0,618$ , taip pat  $\chi^2$  reikšmė, suskaičiuota pagal (8) formulę,  $\chi^2 = 88,37$  daug didesnė už kritinę  $\chi_{kr}^2 = 24,725$ , paimta, kaip ir anksčiau, iš  $\chi^2$  skirstinio lentelės su  $v = 12 - 1 = 11$  laisvės laipsniu ir reikšmingumo lygmeniu  $\alpha = 0,01$ , todėl ekspertų nuomonės gerai suderintos, nors suderinamumo lygis sumažėja, palyginti su tiesioginiu rangavimu. Susietų rangų įtaka konkordancijos koeficiento  $W$  ir  $\chi^2$  reikšmėms labai maža, todėl (9)–(11) formules taikyti šioje situacijoje nėra būtina.

Skaiciavimo rezultatai rodo, kad ekspertų suderinamumo lygis priklauso nuo rangų nustatymo metodų taikymo. Nors pagal visus tris metodus įrodytas ekspertų vertinimų suderinamumas, bet suderinamumo laipsnis skirtingas. Nuo taikomų metodų priklauso ir galutinis rodiklių prioritetingumas, jų eilės tvarka nagrinėjamo tikslo atžvilgiu, taip pat ir rodiklių reikšmingumo (svorių) reikšmės. Šią problemą, kaip ir taikomų metodų stabilumą, reikia tirti papildomai.

#### 4. Išvados

1. Objektų (rodiklių) ekspertų vertinimų rezultatus galima taikyti praktikoje, jei nustatytas pakankamas ekspertų nuomonių suderinamumo lygis. Jis vertinamas konkordancijos koeficientu.

2. Konkordancijos koeficientas vertina objekto rangų sumos kvadratų nuokrypį nuo bendro vidurkio, todėl  $\chi^2$  skirstinys, susijęs su konkordancijos koeficientu ir kiekybiškai nustatantis ekspertų suderinamumo lygį, priklauso tik nuo vieno parametro – lyginamų objektų skaičiaus.

3. Konkordancijos koeficientas gali būti apskaičiuotas tik lyginamų objektų rangavimo atveju; kitokiu būdu atliktus ekspertų vertinimus prieš skaičiuojant konkordancijos koeficientą, reikia pertvarkyti į rangavimą.

4. Hierarchinės analizės – porinio lyginimo T. Saaty AHP metodas nustato suderinamumo lygį kiekvienam ekspertui atskirai. Visos ekspertų grupės suderinamumą,

taikant konkordancijos koeficientą, šiuo atveju galima nustatyti, jei pradžioje suskaičiuotume rodiklių Saaty svorius ir po to ranguotume rodiklius svorių mažėjimo pagrindu.

5. Skaičiavimai rodo, kad objektų suderinamumo lygis priklauso nuo ekspertų vertinimo metodo. Didžiausias suderinamumas pastebimas, taikant tiesioginį rangavimo metodą.

6. Vienodai įvertintų rodiklių, t. y. susietų rangų įtaka konkordancijos koeficiento reikšmei, taigi ir ekspertų nuomonių suderinamumo lygiui, paprastai yra nedidelė ir nekeičia rezultato.

### Literatūra

1. Hwang, C. L.; Yoon, K. Multiple Attribute Decision Making-Methods and Applications. A State of the Art Survey, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1981.
2. Zavadskas, E. K. Complex estimation and choice resource saving decisions in construction (Комплексная оценка и выбор ресурсосберегающих решений в строительстве). Vilnius: Mokslas, 1987 (in Russian).
3. Zavadskas, E. K. Multiple criterion estimation of technological decisions in building production (Системотехническая оценка технологических решений строительного производства). Leningradas: Stroiizdat, 1991 (in Russian).
4. Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Banaitienė, N. Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė. Vilnius: Technika, 2001.
5. Ustinovičius, L.; Zavadskas, E. K. Assesment of investment profilability in construction from technological perspectives (Statybos investicijų efektyvumo sistemotechninis įvertinimas). Vilnius: Technika, 2004 (in Lithuanian).
6. Ginevičius, R.; Podvezko, V. Complex evaluation of economical-social development of Lithuanian regions. *Statyba* (Civil Engineering), VII t., Nr. 4. Vilnius: Technika, 2001, p. 304–309.
7. Ginevičius, R.; Podvezko, V.; Mikelis, D. Quantitative Evaluation of Economic and Social Development of Lithuanian Regions. *Economics*, Vol 65, Vilnius: VU leidykla, 2004, p. 67–81.
8. Ginevičius, R.; Podvezko, V. Complex evaluation of efficiency of economical activities in construction enterprises. *Statyba* (Civil Engineering), VI t., Nr. 4. Vilnius: Technika, 2000, p. 278–288 (in Lithuanian).
9. Kendall, M. Rank correlation methods. London: Griffin, 1970.
10. Бешелев, С. Д.; Гурвич, Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. Москва: Статистика, 1974.
11. Евланов, Л. Г.; Кутузов, В. А. Экспертные оценки в управлении. Москва: Экономика, 1978.
12. Евланов, Л. Г. Теория и практика принятия решений. Москва: Экономика, 1984.
13. Ginevičius, R. Statybos įmonių organizacinių valdymo struktūrų situacinė analizė ir formavimas. Vilnius: Technika, 1996.
14. Ustinovičius, L.; Jakučionis, S. Application of multicriteria decision methods in restoration of buildings in the Old Town. *Statyba* (Civil Engineering), VI t., Nr. 4, Vilnius: Technika, 2000, p. 227–236 (in Lithuanian).
15. Ginevičius, R.; Podvezko, V. Assessing the Accuracy of Expert Methods. *Engineering Economics* No 5(40). Kaunas: Technologija, 2004, p. 7–12.
16. Saaty, T. The Analytical Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York, 1980.
17. Saaty, T. L. Fundamentals of the Analytical Hierarchy Process. Pittsburg: RWS Publications, 2001.
18. Ginevičius, R.; Podvezko V.; Andruškevičius, A. Determining of technological effectiveness of building systems by AHP method. *Technological and Economic Development of Economy* (Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas), X t., Nr. 4. Vilnius: Technika, 2004, p. 135–141 (in Lithuanian).

**Valentinas PODVEZKO.** Doctor, Associate Professor. Dept of Mathematical Statistics. Vilnius Gediminas Technical University. Author and co-author of over 50 publications. Research interests: sampling and forecasting models in economics.