



DAUGIAKRITERINIO VERTINIMO BŪDŲ SUDERINAMUMAS

Romualdas Ginevičius¹, Valentinas Podvezko²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, Lietuva
El. paštas: ¹romualdas.ginevicius@adm.vgtu.lt; ²valentinas.podvezko@fm.vgtu.lt

Įteikta 2007-03-03; priimta 2007-11-15

Santrauka. Vertinant tą patį reiškinį įvairiais daugiakriteriniais metodais, gaunami skirtingi rezultatai. Tai leidžia teigti, kad kiekvienas metodas turi savo privalumų ir trūkumų, vidinę logiką, išryškina vis kitokį nagrinėjamo objekto ar nagrinėjamos situacijos aspektą.

Siekiant sumažinti atskirų daugiakriterinio vertinimo būdų (DVB) specifikos įtaką skaičiavimo rezultatams, tikslinga nagrinėjimą reiškinį vertinti keliais būdais, o paskui nustatyti šių vertinimų vidurkį. Dėl to kyla tiek mokslinė, tiek praktinė problema – kokius daugiakriterinio vertinimo būdus įtraukti į vieną „paketą“.

Reikšminiai žodžiai: kompleksinis vertinimas, daugiakriteriniai metodai, koreliacinė analizė, metodų suderinamumas.

THE PROBLEM OF COMPATIBILITY OF VARIOUS MULTIPLE CRITERIA EVALUATION METHODS

Romualdas Ginevičius¹, Valentinas Podvezko²

Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, Lithuania
E-mail: ¹romualdas.ginevicius@adm.vgtu.lt; ²valentinas.podvezko@fm.vgtu.lt

Received 3 March 2007; accepted 15 November 2007

Abstract. When various multiple criteria methods are used to evaluate a particular object or phenomenon, conflicting results are usually obtained. This allows us to state that every method has its advantages and disadvantages as well as its own logic, highlighting some particular aspects of the considered object or situation.

Seeking to reduce the particular effects of various multicriteria evaluation methods (MCEM) on the calculation results, it is rational to estimate the considered object (or phenomenon) by using several methods and, then, to find the average estimate. Therefore, a theoretical as well as practical problem of selecting the appropriate multicriteria evaluation methods to be used as a 'package' arises.

Keywords: complex evaluation, multicriteria methods, correlation analysis, compatibility (concordance) of methods.

1. Įvadas

Pastaruoju metu socialinių reiškinų, kurie pagal savo prigimtį yra sudėtingi ir kompleksiški, kiekybiniam įvertinimui vis plačiau taikomi daugiakriteriniai metodai (Hwang, Yoon

1981; Figueira *et al.* 2005; Завадскас 1987; Ustinovičius, Zavadskas 2004; Zavadskas, Kaklauskas 1996; Ginevičius, Podvezko 2001; Ginevičius, Podvezko 2004a; Ginevičius, Podvezko 2004b; Ginevičius *et al.* 2004a;

Ginevičius *et al.* 2004b; Гинявичюс, Подвезько 2004; Ginevičius, Podvezko 2006; Ginevičius *et al.* 2006; Гинявичюс, Подвезько 2006; Ginevičius, Podvezko 2007a; Ginevičius, Podvezko 2007b; Ginevičius, Podvezko 2007c; Opricovic, Tzeng 2004). Juos taikant pastebėta, kad, sprendžiant tą patį uždavinį, visi jie duoda skirtingą rezultatą. Tai leidžia teigti, kad kiekvienas jų turi savo pranašumą ir trūkumą, vidinę logiką, taigi nagrinėja, išryškina vis kitoki vertinamo reiškinio ar vertinamos situacijos aspektą. Todėl nagrinėjamų variantų rangavimo rezultatai, vienais atvejais mažiau, kitais atvejais daugiau, skiriasi.

Siekiant sumažinti atskirų DVB specifikos įtaką skaičiavimų rezultatams, tą patį nagrinėjamą reiškinį pradėta vertinti keliais būdais, paskui nustatant šių vertinimų vidurkį (Ginevičius *et al.* 2004a; Ginevičius, Podvezko 2006; Ginevičius *et al.* 2006; Гинявичюс, Подвезько 2006; Ginevičius, Podvezko 2007a). Manoma, kad tokiu atveju vienu daugiakriterinio vertinimo būdų trūkumus kompensuoja kitų būdų privalumai.

Dėl to kyla tiek teorinė, tiek praktinė problema – kokius DVB galima įtraukti į vieną „paketą“ vertinant konkretų reiškinį.

DVB sujungimas į vieną „paketą“ bus korektiškas, jeigu reikšmės gautos taikant skirtingus būdus, tarpusavyje koreliuoja. Padėtį komplikuoja tai, kad vienu atveju geriausia gauto įvertinimo reikšmė atitinka variantų lyderį, kitu atveju, atvirkščiai, ji atitinka mažiausią reikšmę. Kuo artimesnė koreliacijos koeficiento modulio reikšmė vienetui, tuo didesnis pagrindas sujungti taikomas daugiakriterinio vertinimo būdus į vieną „paketą“.

2. Taikomų daugiakriterinių vertinimo būdų apžvalga

Kiekybinių metodų pagrindą sudaro rodiklių, charakterizuojančių lyginamų objektų, statistinių duomenų (arba ekspertų vertinimų) matrica $R = \|r_{ij}\|$ ir rodiklių reikšmingumo (svorių) reikšmės ω_i , $i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, n$, čia m – rodiklių skaičius, n – lyginamų objektų (alternatyvų) skaičius.

Taikant kiekybinius daugiakriterinius vertinimo metodus nustatoma, kokio pavidalo – maksimizuojamo arba minimizuojamo – yra kiekvienas rodiklis. Geriausios maksimizuojamųjų rodiklių reikšmės – didžiausios, minimizuojamųjų geriausios reikšmės – mažiausios. Kiekybinių daugiakriterinių metodų kriterijai dažniausia jungia bedimenses rodiklių (normalizuotas) reikšmes \tilde{r}_{ij} ir rodiklių svorius į vieną dydį – metodo kriterijų. Dauguma metodų taiko pradinių duomenų (rodiklių reikšmių) skirtingą specifinę normalizaciją arba duomenų transformaciją.

Metodai skiriasi pagal savo sudėtingumą. Tipinis, žinomiausias ir dažniausiai taikomas yra SAW (*Simple Additive Weighing*) metodas (Hwang, Yoon 1981; Завадскас 1987; Ustinovičius, Zavadskas 2004; Ginevičius *et al.* 2004a; Ginevičius *et al.* 2006; Ginevičius, Podvezko 2007a). Metodo kriterijus S_j tiksliai išreiškia kiekybinių daugiakriterinių metodų idėją – rodiklių reikšmių ir jų svorių jungimą į vieną dydį.

Skaičiuojama visų rodiklių pasvertų normalizuotų reikšmių suma S_j kiekvienam j -ajam objektui. Ji nustatoma pagal formulę (Hwang, Yoon 1981; Ginevičius, Podvezko 2006; Ginevičius *et al.* 2006):

$$S_j = \sum_{i=1}^m \omega_i \tilde{r}_{ij}, \quad (1)$$

čia ω_i – i -ojo rodiklio svoris; \tilde{r}_{ij} – i -ojo rodiklio normalizuota reikšmė j -ajam objektui ($\sum_{i=1}^m \omega_i = 1$).

Pradinius duomenis normalizuoti šiuo atveju galima pagal formulę (Ginevičius, Podvezko 2001; Ginevičius *et al.* 2006):

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}}, \quad (2)$$

čia r_{ij} – i -ojo rodiklio reikšmė j -ajam objektui.

Geriausia kriterijaus S_j reikšmė yra didžiausia.

Paprasčiausias iš taikomų metodų yra visų rodiklių vietų suma (VS). Metodo kriterijus V_j kiekvienam j -ajam objektui nustatomas pagal formulę (Ginevičius, Podvezko 2001; Ginevičius, Podvezko 2006; Ginevičius *et al.* 2006):

$$V_j = \sum_{i=1}^m m_{ij}, \quad (3)$$

čia m_{ij} – i -ojo rodiklio vieta j -ajam objektui ($1 \leq m_{ij} \leq m$). Geriausia kriterijaus V_j reikšmė yra mažiausia. Kriterijaus V_j reikšmės nepriklauso nei nuo pradinių duomenų normalizavimo būdo, nei nuo jų skalės transformavimo, nei nuo rodiklių svorių ω_i reikšmių ($i = 1, \dots, m$). Bet būtina metodo taikymo sąlyga yra išankstinis rodiklių pobūdžio (maksimizuojamųjų arba minimizuojamųjų) nustatymas. Arba galima pertvarkyti minimizuojamuosius rodiklius į maksimizujamuosius pagal formulę (Hwang, Yoon 1981; Завадскас 1987; Ustinovičius, Zavadskas 2004; Zavadskas, Kazlauskas 1996; Ginevičius, Podvezko 2004a; Ginevičius *et al.* 2006; Ginevičius, Podvezko 2007a):

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{\min_j r_{ij}}{r_{ij}}, \quad (4)$$

čia r_{ij} – i -ojo rodiklio reikšmė j -ajam objektui Tada pati mažiausia rodiklio reikšmė įgis didžiausią reikšmę, lygią vienetui.

Skaičiavimai rodo, kad šio kriterijaus taikymas tikslingas pradiniu vertinimo etapu, nors dažnai VS metodo rezultatai, t. y. objektų rangavimas, mažai skiriasi nuo sudėtingų matematinių metodų.

Kitas nesudėtingas metodas yra visų rodiklių normalizuotų reikšmių geometrinis vidurkis Π_j (metodas GV). Jis nustatomas pagal formulę (Ginevičius, Podvezko 2001; Ginevičius *et al.* 2006):

$$\Pi_j = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m \tilde{r}_{ij}}, \quad (5)$$

Objektų prioritetų seka, nustatyta remiantis (5) formule, nepriklauso nuo rodiklių svorių ω_i , todėl šis dydis į formulę neįtraukiamas. Geriausia kriterijaus Π_i , reikšmė – didžiausia.

Įmonių veiklos kompleksiniam vertinimui kartu su paprasčiausiais metodais buvo pritaikyti tobulesni metodai – TOPSIS (Hwang, Yoon 1981; Завадскас 1987; Ustinovičius, Zavadskas 2004; Ginevičius *et al.* 2004a; ГИНЯВИЧЮС, Подвезько 2006; Opricovic, Tzeng 2004) ir VIKOR (Ginevičius *et al.* 2006; Ginevičius, Podvezko 2007c; Opricovic, Tzeng 2004).

Šiuos metodus galima taikyti ir maksimizuojantiems rodikliams (kurių geriausios reikšmės yra didžiausios), ir minimizuojantiems rodikliams (kurių geriausios yra minimalios reikšmės).

TOPSIS metodas naudoja vektorinę normalizaciją:

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n r_{ij}^2}} \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n), \quad (6)$$

čia \tilde{r}_{ij} i -ojo rodiklio normalizuota j -ojo objekto reikšmė.

Geriausias sprendinys (variantas) V^* ir blogiausias V^- skaičiuojami pagal formules:

$$V^* = \{V_1^*, V_2^*, \dots, V_m^*\} = \{(\max_j \omega_i r_{ij} / i \in I_1), (\min_j \omega_i \tilde{r}_{ij} / i \in I_2)\},$$

$$V^- = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_m^-\} = \{(\min_j \omega_i r_{ij} / i \in I_1), (\max_j \omega_i \tilde{r}_{ij} / i \in I_2)\},$$

čia I_1 – maksimizuojamųjų rodiklių indeksų aibė; I_2 – minimizuojamųjų rodiklių indeksų aibė, ω_i – i -ojo rodiklio svoris ($\sum_{i=1}^m \omega_i = 1$).

Skaičiuojamas kiekvieno lyginamojo varianto bendras atstumas D_j^* iki geriausių sprendinių ir D_j^- iki blogiausių sprendinių pagal formules:

$$D_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\omega_i \tilde{r}_{ij} - V_i^*)^2}, \quad (7)$$

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\omega_i \tilde{r}_{ij} - V_i^-)^2}. \quad (8)$$

Pagrindinis TOPSIS metodo kriterijus C_j^* skaičiuojamas pagal formulę:

$$C_j^* = \frac{D_j^-}{D_j^* + D_j^-} \quad (j = 1, \dots, n) \quad (9)$$

$$(0 \leq C_j^* \leq 1).$$

Geriausią variantą atitinka didžiausia C_j^* kriterijaus reikšmė. Lyginamuosius variantus reikia išdėstyti (ranguoti) mažėjančia tvarka.

Kompromisinio klasifikavimo metodas VIKOR, kaip ir TOPSIS metodas, vertina atstumą iki geriausio („idealiausiu“) sprendinio varianto ir siūlo kompromisinius variantus, jei vertinimo kriterijai yra priešaringi.

VIKOR metodas (maksimizuojantiems rodikliams) naudoja normalizaciją

$$\tilde{r}_{ij} = (\max_j r_{ij} - r_{ij}) / (\max_j r_{ij} - \min_j r_{ij}) \quad (10)$$

$$(0 \leq \tilde{r}_{ij} \leq 1).$$

Metodas naudoja tris vertinimo kriterijus S_j , R_j , Q_j ($j = 1, \dots, n$).

Kriterijai S_j ir R_j skaičiuojami pagal formules:

$$S_j = \sum_{i=1}^m \omega_i \tilde{r}_{ij}, \quad (11)$$

$$R_j = \max_i (\omega_i \tilde{r}_{ij}). \quad (12)$$

Pagrindinis apibendrintas kriterijus Q_j skaičiuojamas pagal formulę:

$$Q = \frac{v(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + \frac{(1-v)(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)}, \quad (13)$$

čia $S^* = \min_j S_j$, $S^- = \max_j S_j$, $R^* = \min_j R_j$,

$R^- = \max_j R_j$. v yra daugumos kriterijus, strateginis svoris (mūsų atveju $v = 0,5$).

Geriausius vertinimo variantus atitinka mažiausios S_j , R_j ir Q_j kriterijų reikšmės, t. y. lyginamuosius variantus reikia išdėstyti didėjančia tvarka.

3. Daugiakriterinio vertinimo būdų rezultatų suderinamumas

Kiekvienas daugiakriterinis metodas turi savo vidinę logiką, privalumus, ypatumus, vertinimo kriterijus ir išreiškia nagrinėjamo objekto specifiką. Metodų kriterijų reikšmės, t. y. skaičiavimo rezultatai pagal atitinkamas formules, kinta skirtinguose intervaluose. Vienu kriterijų geriausia reikšmė – didžiausia, kitų – mažiausia. Todėl nagrinėjamų objektų rangavimo rezultatai pagal įvairių daugiakriterinio vertinimo būdus tarpusavyje skiriasi (Ginevičius *et al.* 2004a; Ginevičius, Podvezko 2007b). Šių būdų specifikos įtaką skaičiavimo rezultatams galima sumažinti, pavyzdžiui, nustatant visų vertinimų vidurkį. Dėl to kyla klausimas – kokiu pagrindu į vieną „paketą“ jungti daugiakriterinio vertinimo būdus: visus automatiškai ar atrinkti pagal tam tikrų kriterijų. Pačiu paprasčiausiu tokiu rodikliu galėtų būti koreliacinio ryšio tarp įvairių naudojant DVB suskaičiuotų reikšmių stiprumas (Ginevičius *et al.* 2004a). Toliau pateikiamų uždavinių skaičiavimo rezultatų analizė rodo, kad jis gali būti gana skirtingas.

1 lentelė. Nefinansinių įmonių komercinės veiklos duomenys

Table 1. The data on the commercial activities of non-financial enterprises

Eil. Nr.	Veikla	Finansiniai rodikliai								
		Einamasis likvidumas	Kritinis likvidumas	Bendras likvidumas	Įsiskolinimo koeficientas	Manevringumo koeficientas	Debetinis įsiskolinimas	Viso kapitalo apyvarta	Ilgalaikio kapitalo apyvarta	Atsargų apyvarta
1.	Statyba	1,2	0,8	1,1	2,1	1,0	6,4	1,5	3,2	6,5
2.	Apdirbamoji pramonė	1,4	0,7	1,2	2,2	0,8	7,5	1,2	2,1	5,4
3.	Maisto produktų ir gėrimų gamyba	1,5	0,8	1,3	2,3	0,9	6,8	1,4	2,9	5,5
4.	Tekstilinė pramonė	1,2	0,6	1,1	2,1	0,9	5,0	0,9	1,7	3,8
5.	Medžio apdirbimo pramonė (išskyrus baldų)	0,8	0,4	0,5	1,5	1,0	8,6	1,0	1,5	6,8
6.	Metalo gaminių gamyba	0,9	0,3	1,2	2,2	0,5	10,5	0,8	1,1	4,3
7.	Elektros gaminių gamyba	0,9	0,6	0,6	1,6	1,3	5,9	1,2	2,3	5,7
8.	Cheminių gaminių gamyba	1,6	0,7	2,8	3,8	0,5	9,9	1,2	1,8	6,7
9.	Guminių ir plastmasinių gaminių gamyba	1,2	0,6	1,0	2,0	0,9	9,9	1,5	2,7	6,8
10.	Baldų ir kitų gaminių gamyba	1,1	0,6	0,9	1,9	1,0	5,7	1,2	2,3	5,4

2 lentelė. Rodiklių svorių reikšmės

Table 2. The values of the criteria weights

Rodiklio Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rodiklio svoris	0,106	0,088	0,222	0,070	0,052	0,040	0,216	0,170	0,034

3.1. Nefinansinių įmonių komercinės ir ūkinės veiklos daugiakriterinis vertinimas

Dešimties skirtingų sričių įmonės lyginamos pagal devynis finansinius rodiklius (Гинявичюс, Подвезько 2004). Įmonių veiklas apibūdinantys rodikliai duoti 1 lentelėje.

Rodiklių svoriai ω_i , kurie buvo suskaičiuoti, taikant porinio palyginimo AHP Saaty metodą (Figueira *et al.* 2005; Ginevičius *et al.* 2004b; Гинявичюс, Подвезько 2004; Saaty 1980), pateikti 2 lentelėje.

Visų penkių taikomų daugiakriterinių metodų kriterijų reikšmės, suskaičiuotos pagal (1–13) formules, jas atitinkančios vietos ir koreliacijos koeficiento ρ reikšmės tarp SAW, VS, GV, TOPSIS, VIKOR metodų duoti 3 lentelėje. Trijų metodų (SAW, GV, TOPSIS) geriausia kriterijaus reikšmė, kaip buvo minėta, yra didžiausia, taigi koreliacijos koeficientas turi būti teigiamas, likusiems dviem metodams (VS, VIKOR) – neigiamas.

Skaičiavimai parodė, kad koreliacinis ryšys, remiantis SAW ir kitas DVB suskaičiuotas kriterijų reikšmes, yra stiprus. Mažiausias ryšys yra tarp SAW ir VS metodų, nes VS metodo kriterijaus reikšmės nepriklauso nuo rodiklių svorių ω_i ir vietos vertinamos vieneto tikslumu. Remiantis koreliacinio ryšio tarp daugiakriterinio vertinimo būdais suskaičiuotų reikšmių stiprumu, galima teigti, kad visi jie gali būti sujungti į vieną „paketą“ tam, kad būtų suskaičiuotas vertinimų vidurkis ir nustatytos apibendrintos vietos (3 lentelė).

3.2. Europos Sąjungos naujų narių konkurencingumo daugiakriterinis vertinimas

Europos Sąjunga 2000 m. priėmė Lisabonos strategiją. Šiame dokumente pabrėžiama, kad Europos Sąjungos šalių atsilikimą ir ekonominio vystymo stagnaciją galima įveikti ir 2010 m. pagal pagrindinius rodiklius susilyginti su JAV lygiu tik tokiu atveju, jeigu kiekviena ES šalis labai padidins savo konkurencingumą.

Tuo tikslu Europos Sąjungos Komisija 2004 m. įvertino naujų narių ir šalių kandidačių konkurencingumo lygį (Lietuvos mokslas... 2006; The Lisbon... 2004). Remiantis aštuoniais šalių konkurencingumo rodikliais buvo įvertintos 12 ES šalių. Rezultatai pateikti 4 lentelėje.

Iš 4 lentelės matome, kad Europos Sąjungos Komisijos taikyta metodika yra netiksli. Pavyzdžiui, pirmą vietą pagal Lisabonos indekso vidurkį užėmė Estija, nors jai tenka geriausios tik trijų rodiklių reikšmės. Panašus vertinimas buvo atliktas taikant daugiakriterinius metodus. Tam tikslui tiesioginio vertinimo būdu buvo nustatyti konkurencingumo rodiklių svoriai (Ginevičius, Podvezko 2004b; Гинявичюс, Подвезько 2006) (5 lentelė).

Daugiakriteriniam vertinimui buvo taikomi penki metodai – SAW, VS, GV, TOPSIS ir VIKOR. Visų jų kriterijų reikšmės, suskaičiuotos pagal (1–13) formules, jas atitinkančios vietos ir koreliacijos koeficiento ρ reikšmės tarp SAW ir VS, GV, TOPSIS, VIKOR metodų pateiktos 6 lentelėje.

3 lentelė. Nefinansinių įmonių komercinės ir ūkinės veiklos daugiakriterinio vertinimo rezultatai

Table 3. The results of multicriteria evaluation of commercial-economic activities of non-financial enterprises

DVB \ Veiklos Nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ρ
SAW	Reikšmė	0,116	0,103	0,118	0,087	0,072	0,077	0,087	0,138	0,108	0,094	1
	Vieta	3	5	2	8	10	9	7	1	4	6	
VS	Reikšmė	34	46	31,5	65,5	64,5	65	57	34	40	57,5	-0,92
	Vieta	2–3	5	1	10	8	9	6	2–3	4	7	
GV	Reikšmė	0,112	0,102	0,112	0,085	0,079	0,075	0,089	0,119	0,108	0,094	0,97
	Vieta	3	5	2	8	9	10	7	1	4	6	
TOPSIS	Reikšmė	0,45	0,38	0,48	0,28	0,12	0,26	0,25	0,76	0,39	0,30	0,96
	Vieta	3	5	2	7	10	8	9	1	4	6	
VIKOR	Reikšmė	0,269	0,381	0,185	0,718	0,950	0,972	0,752	0	0,371	0,581	-0,99
	Vieta	3	5	2	7	9	10	8	1	4	6	
Viečių vidurkis		2,9	5	2,8	8	9,2	9,2	7,4	1,3	4	6,2	-
Bendra vieta		3	5	2	8	9–10	9–10	7	1	4	6	

4 lentelė. Naujų Europos Sąjungos narių konkurencingumo vertinimo rezultatai

Table 4. The results of evaluating the competitiveness of new EU member-states

Šalis	Lisabonos indeksas		Konkurencingumo rodikliai							
	Vieta	Reikšmė	Visuomenių informacinis vystymas	Moksliniai tyrimai ir inovacijos	Rinkos liberalizacija	Paslaugų tinklo vystymas	Finansinių paslaugų sektorius	Komercinė aplinka	Socialinis vienalytiškumas	Harmoninga subalansuota plėtra
Estija	1	4,64	4,92	3,82	4,40	4,8	5,43	4,90	4,20	4,44
Slovėnija	2	4,36	4,38	3,92	4,06	5,21	4,69	3,76	4,24	4,60
Latvija	3	4,34	3,62	3,86	4,44	4,35	4,84	4,87	4,47	4,29
Malta	4	4,20	4,42	2,99	4,03	4,81	5,27	4,00	4,83	3,24
Čekija	5	4,16	3,62	3,34	4,01	5,19	4,03	4,18	4,40	4,48
Vengrija	6	4,12	3,24	3,47	4,10	4,57	4,87	4,41	4,19	4,09
Lietuva	7	4,05	3,36	3,57	4,10	4,51	4,67	4,38	3,69	4,17
Slovakija	8	3,89	3,29	3,34	3,84	4,50	4,39	3,43	3,83	4,53
Lenkija	9	3,68	2,95	3,53	3,75	4,00	4,26	3,56	3,42	3,99
Turkija	10	3,45	2,61	2,72	3,68	4,01	3,99	3,84	3,45	3,33
Rumunija	11	3,35	2,91	2,88	3,04	3,48	3,77	3,65	3,74	3,33
Bulgarija	12	3,25	2,66	2,94	3,26	3,54	3,64	3,81	3,07	3,08
ES vidurkis		4,97	4,61	4,41	4,69	5,81	5,52	4,74	4,81	5,16

5 lentelė. Naujų Europos Sąjungos šalių konkurencingumo rodiklių svoriai

Table 5. Weights of competitiveness criteria of new EU member-states

Rodiklio Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Svoris ω_i	0,10	0,20	0,15	0,12	0,10	0,20	0,03	0,10

6 lentelė. Naujų Europos Sąjungos šalių konkurencingumo vertinimo daugiakriteriniais metodais rezultatai

Table 6. The results of multicriteria evaluation of the competitiveness of new EU member-states

Šalis	SAW		VS		GV		TOPSIS		VIKOR	
	S_j	Vieta	V_j	Vieta	Π_j	Vieta	C_j^*	Vieta	Q_1	Vieta
Estija	0,0984	1	19	1	0,0977	1	0,931	1	0	1
Slovėnija	0,0913	3	29	2	0,0919	2	0,653	3	0,504	6
Latvija	0,0928	2	27,5	3	0,0916	3	0,729	2	0,196	2
Malta	0,0854	7	40	6	0,0875	4	0,520	7	0,623	7
Čekija	0,0845	6	47	4	0,0851	7	0,518	6	0,462	5
Vengrija	0,0870	4–5	40,5	5	0,0866	5	0,585	5	0,346	4
Lietuva	0,0870	4–5	43,5	7	0,0855	6	0,598	4	0,335	3
Slovakija	0,0812	8	565	8	0,0819	8	0,416	8	0,800	9
Lenkija	0,0788	9	71	9	0,0776	9	0,382	9	0,787	8
Turkija	0,0731	10	795	10	0,0724	10	0,226	10	0,941	12
Rumunija	0,0703	11–12	835	11	0,0706	11	0,122	12	0,927	11
Bulgarija	0,0703	11–12	87	12	0,0685	12	0,155	11	0,892	10
ρ	1,0		–0,987		0,992		0,995		–0,932	

Iš 6 lentelės matome, kad koreliacijos koeficiento ρ tarp SAW ir visų kitų metodų modulio reikšmės artimos vienetui, todėl juos galime jungti į vieną „paketą“ ir nustatyti apibendrintas nagrinėjamų šalių konkurencingumo vietas.

3.3. Šešių nagrinėjamų (hipotetinių) objektų daugiakriterinio vertinimo pavyzdys

Ne visada koreliacijos koeficientas tarp įvairių daugiakriterinių metodų kriterijų reikšmių yra reikšmingas, t. y. kai jo modulio reikšmė artima vienetui. Pavyzdžiui, jeigu kelių rodiklių reikšmės praktiškai nesiskiria, o vieno rodiklio reikšmė šiek tiek didesnė, tai skaičiuojant pagal vietų sumą, nagrinėjamas objektas gali užimti palyginti aukštą vietą, nors kiti daugiakriteriniai metodai objektą vertins žemiau. Taip atsitiks dėl likusių rodiklių santykiškai mažų reikšmių.

Ši atvejį iliustruoja šešių objektų penkių rodiklių duomenys (7 lentelė). Pirmas objektas, A_1 yra geriausias pagal pirmųjų dviejų rodiklių reikšmes ir užima pirmą vietą, nors šių rodiklių reikšmės praktiškai nesiskiria nuo atitinkamų kitų objektų šių rodiklių reikšmių. Antra vertus, dėl kitų rodiklių reikšmių pirmasis objektas aukštos vietos užimti negali. Lyginamų objektų vietas, atitinkančios 7 lentelę, pateiktos 8 lentelėje.

7 lentelė. Šešių nagrinėjamų (hipotetinių) objektų duomenų pavyzdys

Table 7. Sample data on six (hypothetical) objects

Objektai	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
Rodikliai						
R_1	3,05	2,97	3,01	3,02	2,99	3,00
R_2	197	195	192	193	190	194
R_3	3 745	3 739	3 752	3 748	3 750	3 738
R_4	9	34	25	42	54	38
R_5	114	609	512	424	498	587

Kaip matome iš 8 lentelės, vertinimas pagal vietų sumą duoda tik labai apytikrą rezultatą. Šis uždavinys buvo išspręstas taikant ir kitus, tikslesnius, daugiakriterinio vertinimo būdus. Tam tikslui visų pirma buvo pasirinkti rodiklių svoriai (9 lentelė).

Daugiakriteriniam vertinimui vėlgi buvo taikyti tie patys metodai – SAW, VS, GV, TOPSIS, VIKOR. Visų jų kriterijų reikšmės, suskaičiuotos pagal (1–13) formules, jas atitinkančios vietos ir koreliacijos koeficiento ρ reikšmės tarp SAW ir VS, GV, TOPSIS, VIKOR metodų pateiktos 10 lentelėje.

Iš 10 lentelės matome, kad koreliacijos koeficientas, apskaičiuotas tarp vietų sumos ir SAW metodų kriterijų reikšmių, yra artimas nuliui. Palyginti maža koreliacijos koeficiento reikšmė gauta ir tarp SAW bei VIKOR metodų. Galima daryti išvadą, kad šiuo atveju į „paketą“, kuriuo remiantis nustatoma nagrinėjamo reiškinio objekto apibendrinta prioritėtinė eilė, VS ir VIKOR metodai negali būti įtraukti. Iš 10 lentelės taip pat matyti, kad prioritėtinė eilė, sudaryta remiantis daugiakriterinio vertinimo metodais be VS ir VIKOR,

8 lentelė. Šešių lyginamų objektų vietas

Table 8. Ranks (positions) of six compared objects

Objektas	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
Rodiklis						
R_1	1	6	3	2	5	4
R_2	1	2	5	4	6	3
R_3	4	5	1	3	2	6
R_4	6	4	5	2	1	3
R_5	6	1	3	5	4	2
Vietų suma	18	18	17	16	18	18
Vieta	2–5	2–5	6	1	2–5	2–5

9 lentelė. Rodiklių svorių reikšmės

Table 9. The values of the criteria weights

Rodiklio Nr.	1	2	3	4	5
Svoris ω_i	0,19	0,21	0,18	0,24	0,18

10 lentelė. Šešių objektų daugiakriterinio vertinimo rezultatai

Table 10. Ranks of six objects determined by multicriteria evaluation

Objekto Nr.		1	2	3	4	5	6	ρ
SAW	Reikšmė	0,1159	0,1768	0,1598	0,1745	0,1927	0,1803	1
	Vieta	6	3	5	4	1	2	
VS	Reikšmė	18	18	17	16	18	18	-0,078
	Vieta	3–6	3–6	2	1	3–6	3–6	
GV	Reikšmė	0,0976	0,1766	0,1605	0,1717	0,1855	0,1794	0,988
	Vieta	6	3	5	4	1	2	
TOPSIS	Reikšmė	0,077	0,728	0,583	0,672	0,833	0,771	0,994
	Vieta	6	2	5	4	1	3	
VIKOR	Reikšmė	0,9225	0,7917	0,3488	0	0,5251	0,6122	-0,431
	Vieta	6	5	2	1	3	4	
Vietų suma		22,5	17,5	19	14	10,5	15,5	–
Bendra vieta pagal 5 metodus		6	4	5	2	1	3	–
Vietų suma be VS ir VIKOR		18	8	15	12	3	7	–
Bendra vieta pagal 3 metodus		6	3	5	4	1	2	–

skiriasi nuo prioritetinės eilės, sudarytos pagal visus penkis metodus. Tai leidžia teigti, kad siūlomo DVB sujungimo į vieną „paketą“ būdas yra prasmingas.

4. Išvados

Vertinant tą patį nagrinėjamą reiškinį skirtingais daugiakriterinio vertinimo būdais, gaunami skirtingi rezultatai. Taip yra todėl, kad kiekvienas jų turi savo pranašumų ir trūkumų, vidinę logiką, išryškina vis kitokią objekto ar nagrinėjamos situacijos objektą.

Siekiant sumažinti įvairių daugiakriterinio vertinimų būdų specifiką, nagrinėjamą reiškinį bandoma vertinti keliais būdais, o paskui nustatyti šių vertinimų vidurkį.

Tad kyla klausimas – kokių pagrindu į vieną „paketą“ jungti šiuos būdus – visus automatiškai, ar atrinkti pagal tam tikrą kriterijų. Skaičiavimai rodo, kad tikslingas antras kelias. Šiuo atveju paprasčiausiu tokiu kriterijumi galėtų būti koreliacinio ryšio tarp įvairiais daugiakriterinio vertinimo būdais suskaičiuotas reikšmių stiprumas.

Literatūra

Figueira, J.; Greco, S. and Ehrgott, M. 2005. *Multiple criteria decision analysis: state of the art survey*. Springer.

Ginevičius, R.; Podvezko, V. 2001. Complex evaluation of economical – social development of Lithuanian regions, *Statyba [Civil Engineering]* 7(4): 304–309.

Ginevičius, R.; Podvezko, V. 2004a. Complex evaluation of the use of information technologies in the countries of Easters and Central Europe, *Journal of Business Economics and Management* 5(4): 183–191.

Ginevičius, R.; Podvezko, V. 2004b. Quantitative assessing the accuracy of expert methods, *Engineering Economics* 5(40): 7–12.

Ginevičius, R.; Podvezko, V. and Mikelis, D. 2004a. Quantitative evaluation of economic and social development of lithuanian regions, *Economics, Research papers* 65: 67–81.

Ginevičius, R.; Podvezko, V.; Andruškevičius, A. 2004b. Statybos sistemų technologiškumo nustatymas AHP metodų, *Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas [Technological and Economic Development of Economy]* 10(4): 135–341.

Ginevičius, R.; Podvezko, V. 2006. Assessing the financial state of construction enterprises, *Ūkio technologinis ir ekonominis vys-*

- tymas* [Technological and Economic Development of Economy] 12(3): 188–194.
- Ginevičius, R.; Butkevičius, A.; Podvezko, V. 2006. Complex evaluation of economic development of the Baltic States and Poland, *Ekonomickž Časopis* [Journal of Economics] 9: 918–930.
- Ginevičius, R. and Podvezko, V. 2007a. Complex assessment of sustainable development of state regions with emphasis on ecological and dwelling conditions, *Ekologija* [Ecology] 53(Supplement): 41–48.
- Ginevičius, R. and Podvezko, V. 2007b. The effect of complex evaluation the reliability of calculation results, in *The 4th International Scientific Conference Business and Management '2006. The 14th International Scientific Conference Enterprise Management: Diagnosis, Strategy, Efficiency. Selected papers. October 5-6, 2006 Vilnius, Lithuania*. Vilnius: Technika, 27–30.
- Ginevičius, R. and Podvezko, V. 2007c. Some problems of evaluating multicriteria decision methods, *International Journal of Management and Decision Making* 8(5/6): 527–539.
- Hwang, C. L.; Yoon, K. 1981. *Multiple attribute decision making methods and applications. A state of the art survey*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- Lietuvos mokslas ir pramonė. Pramoninkų konfederacijos diena KTU*. 2006. Kaunas: Technologija.
- Opricovic, S.; Tzeng, G–H. 2004. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKON and TOPSIS, *European Journal of Operational Research* 156: 445–455.
- Saaty, T. L. 1980. *The analytic hierarchy process*. New York: M.Graw-Hill.
- The Lisbon Review 2004. An Assessment of Policies and Reforms in Europe*. 2004. World Economic Forum
- Ustinovičius, L.; Zavadskas, E. K. 2004. *Statybos investicijų efektyvumo sistemotechninis įvertinimas*. Vilnius: Technika.
- Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A. 1996. *Multicriteria analysis of building system*. Vilnius: Technika.
- Гинявичюс, Р.; Подвезько, В. 2004. Влияние весов частных критериев на результаты многокритериальной оценки, *Вісник Національного Авіаційного Університету* 3: 37–41.
- Гинявичюс, Р.; Подвезько, В. 2006. Комплексная оценка конкурентоспособности новых стран Европейского Союза и стран кандидатов, в *International Scientific Conference UNITECH'06, Gabrovo, 24-25 November 2006, Proceedings* 3: 148–151.
- Завадскас, Э. К. 1987. *Комплексная оценка и выбор ресурсосберегающих решений в строительстве*. Вильнюс: Моклас.

Romualdas Ginevičius. Doctor Habil, Professor. Rector of Vilnius Gediminas Technical University (VGTU). A graduate of Vilnius Gediminas Technical University (former Vilnius Civil Engineering Institute) engineering economy (1969), Doctor (1975). Doctor Habil (1997, VGTU). Author of 10 books, monographs, about 150 research articles published in Lithuania and abroad. Member of International Academy of Information. Research interests: market, economy, theory of organizations.

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.