



## DAUGIAKRITERINIO VERTINIMO RODIKLIŲ SVORIŲ NUSTATYMAS, REMIANTIS JŲ TARPUSAVIO SĄVEIKA

**Romualdas Ginevičius**

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40, Lietuva  
El. paštas [romualdas.ginevicius@adm.vtu.lt](mailto:romualdas.ginevicius@adm.vtu.lt)*

*Įteikta 2005-11-04; priimta 2005-12-07*

**Santrauka.** Nustatyti veiksnų svorius, atliekant daugiakriterinius vertinimus, yra keblu, kai veiksnų yra gana daug. Problema galima supaprastinti teigiant, kad šiuos veiksnus išreiškiantys rodikliai, kaip sistemos elementai, yra tarpusavyje susiję. Šios sąsajos suformuoja kiekvieno sistemos elemento potencialą, kuris gali didėti ar mažėti, atsižvelgiant į elementų sąveikos pobūdį.

Visų sistemos elementų sąveikos kryptį ir stiprumui nustatyti užtenka turėti ekspertų nuomonę apie bet kurio sistemos elemento sąveikos kryptį ir ryšį su visais kitais sistemos elementais. Paskui, naudodamiesi dydžių tarpusavio poveikio tranzityvumo savybėmis, galime nustatyti visų likusių elementų ryšių kryptį ir stiprumą, gauname iki galo suderintą sistemą. Žinant kiekvieno sistemos elemento skaičiuojamąjį ir faktinį potencialą, galima nustatyti jų svorius.

**Pagrindiniai žodžiai:** daugiakriteriniai vertinimai, veiksnų svorių nustatymo būdai.

## MULTICRITERIA EVALUATION OF THE CRITERIA WEIGHTS BASED ON THEIR INTERRELATIONSHIP

**Romualdas Ginevičius**

*Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40, Lithuania  
E-mail: [romualdas.ginevicius@adm.vtu.lt](mailto:romualdas.ginevicius@adm.vtu.lt)*

*Received 4 November 2005; accepted 7 December 2005*

**Abstract.** When the number of the criteria used in determining the criteria weights in multicriteria evaluation is sufficiently large some problems can arise. Problem solution may be simplified by assuming that the criteria describing various aspects of the object are interrelated as the elements of the system. These relationships form the potential of each element of the system which can increase or decrease, depending on the relationships between the elements and their nature.

To determine the directionality and strength of interrelationship between the system elements, it is sufficient to have an expert's judgement about the directionality and strength of the relationship between one element and all other elements of the system. Then, basing themselves on the transitivity of interrelationship between values, we can determine the directionality and strength of relationships of the remaining elements. Given the calculated and actual potential of each element of the system, the weights of the elements can be determined.

**Keywords:** multicriteria evaluation, determination of the criteria weights.

### 1. Įvadas

Visi šiuo metu žinomi ir taikomi daugiakriterinio vertinimo veiksnų svorių nustatymo būdai pagrįsti ekspertų nuomone. Vienais atvejais šie svoriai nurodomi tiesiogiai vieneto dalimis, kitais atvejais, vėlgi remiantis ekspertais,

nustatomi atliekant sudėtingus skaičiavimus [1]. Bet kuriu atveju tai yra subjektyvus procesas, todėl rezultatai priklauso nuo daugelio sąlygų, tokių kaip ekspertų kvalifikacija, vertinimo skalės diapazonas ir kt.

Veiksnų svorių nustatymo tikslumui ypač didelę

reikšmę turi veiksmų skaičius ir svorių nustatymo būdas. Šios dvi sąlygos tarpusavyje susijusios. Paprasčiausia taikyti minėtą tiesioginį vertinimą, kai ekspertai vieneto dalimis iš karto nurodo veiksmų svorius. Kai veiksmų nedaug, jie duoda bene geriausią rezultatą [1–3]. Šis būdas yra labai paprastas, suprantamas ir patogus taikyti. Deja, gausybę veiksmų taikyti tampa problemiška. Taip atsitinka dėl to, kad ekspertui vis sunkiau nustatyti didėjančio skaičiaus veiksmų svorių teisingus tarpusavio santykius nagrinėjamo reiškinio atžvilgiu. Dėl to nuomonių nesuderinamumas vis didėja, dažnai jis viršija leistinąsias ribas ir ekspertinių apklausos rezultatų negalima naudoti toliau skaičiuoti.

Ieškant išeities iš tokios padėties, buvo pasiūlyti sudėtingesni, bet tobulesni veiksmų svorių nustatymo būdai. Žinomiausias iš jų yra T. Saaty hierarchijų analizės metodas [4, 5]. Jo esmė ta, kad ekspertas turi lyginti tik du veiksmus, o ne visus iš karto. Deja, išsamesnė taikymo analizė teigia, kad ir jam būdingi panašūs trūkumai. Nurodydamas tik veiksmų poras įtaką tiriamam reiškiniui, išplaukiančią iš jų tarpusavio lyginimo, ekspertas mintyse turi vis dėlto pasverti ir visų kitų veiksmų analogišką įtaką. Kai veiksmų yra ne daugiau kaip 12, ekspertas negali teisingai nustatyti įtakos santykių tarp visų porų veiksmų. Tai liudija faktas, kad tik labai retais atvejais ir tik esant tikrai nedideliame veiksmų skaičiui ekspertui pavyksta teisingai užpildyti rodiklių porinio lyginimo matricą, kuri yra T. Saaty metodo pagrindas. Metodo autorius, matydamas ir suprasdamas šią aplinkybę, numatė, kad, esant ekspertų nuomonių nesuderinamumui, vertinamas keliais etapais, t. y. ekspertams rodomos jų klaidos ir prašoma jas ištaisyti. Vargu ar tai padidina vertinimo tikslumą, kadangi ekspertas, siekdamas matricą suderinti, turi keisti savo nuomonę ir pateikti kitokią veiksmų įvertinimą. Daugėjant veiksmų, taikyti T. Saaty metodą praktiškai neįmanoma.

Taigi kyla klausimas – kaip nustatyti tiriama reiškinio veiksmų svorius mus tenkinančiu tikslumu, kai jų yra gana daug. Ši problema sprendžiama šiame straipsnyje.

## 2. Nagrinėjamo reiškinio veiksmų sistemos tarpusavio sąveika

Daugiakriteriniai metodai paprastai taikomi sudėtingiems, kompleksiniams reiškiniams ar procesams vertinti. Šie sudėtingi reiškiniai ar procesai tikrovėje pasireiškia daugeliu savybių, formų ir pan. Kita vertus, kiekviena ši savybė ar jos pasireiškimo forma apibūdina vieną ir tą patį reiškinį, tik kitu aspektu, išplaukiančiu iš šio reiškinio kaip visumos.

Nė vieno sudėtingo reiškinio, pavyzdžiui, regiono socialinė ir ekonominė plėtra, darbuotojų darbas, įmonių veiklos efektyvumas ir pan., neįmanoma išreikšti vienu dydžiu, rodikliu, kadangi sunku rasti tokią reiškinio savybę, kuri integruotų visus esminius jo aspektus. Minėtus reiškinius mes suvokiame kaip abstrakčius, o konkrečias jų pasireiškimo formas juntame suvokę jų savybes. Pavyzdžiui, kal-

bėdami apie dėstytojo darbo efektyvumą, turime galvoje paskaitų kokybę, mokslinio darbo produktyvumą, dalyvavimą universiteto gyvenime ir pan. [6, 7].

Teigiant, kad sudėtingą reiškinį ar procesą padeda suvokti konkrečios jo savybės bei pasireiškimo formos, išplaukiančios iš jo kaip visumos, kyla klausimas – ar yra ryšys tarp šių savybių ir formų ir, jeigu jis yra, tai koks.

Faktas, kad suvokiamos sudėtingo reiškinio savybės ir jas išreiškiantys rodikliai atspindi įvairias jo puses, leidžia tvirtinti, kad jie turi būti tarpusavyje susiję, nes priešingu atveju, juos vėl sujungę, negausime turėtos visumos (1 pav.).

Manant, kad sudėtingą reiškinį, kaip visumą, nusakančios savybės bei jas išreiškiantys rodikliai tarpusavyje susiję, nesunku atsakyti į klausimą – koks tai yra ryšys. Iš 1 pav. matome, kad į juos galima žiūrėti kaip į sistemą, t. y. tiriama reiškinio veiksmų tarpusavio ryšiai bus tokie, kaip sistemos elementų [8]. Tik toks požiūris į nagrinėjamą problemą yra prasmingas, nes priešingu atveju negalime jos analizuoti ir valdyti kryptingai, t. y. siekti pagerinti būsenos.

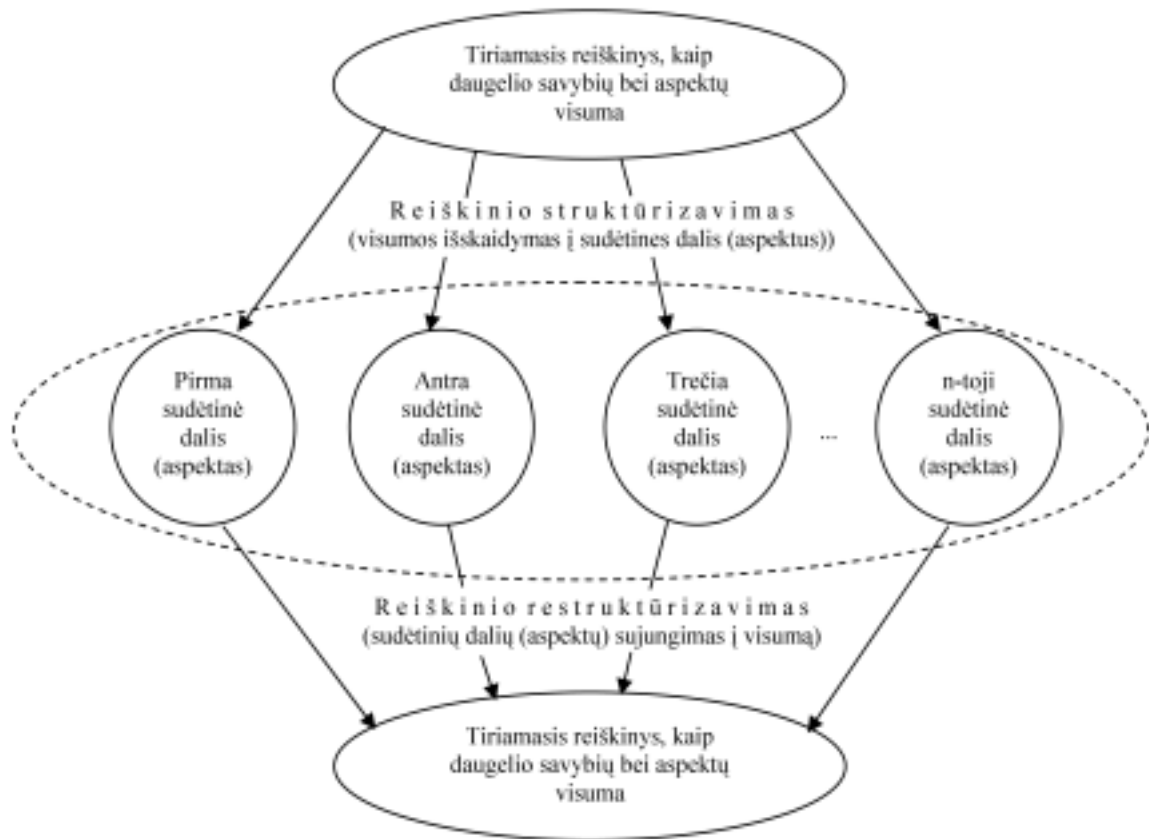
Galimas ir kitoks – paprastesnis požiūris į sudėtingų reiškinų daugiakriterinį vertinimą. Tokiu atveju teigiama, kad visi veiksniai, veikiantys tiriama reiškinį, yra tarpusavyje nepriklausomi (2 pav.). Šiandieną toks požiūris plačiai ir sėkmingai taikomas sudėtingoms techninėms problemoms (racionalių techninių ir organizacinių sprendimų parinkimas, jų prioritėtinės eilės nustatymas ir pan.) spresti [9–11]. Kita vertus, toks požiūris supaprastina realybę ir iškreipia tikrą jos vaizdą. Kaip jau buvo minėta, sudėtingų, kompleksinių darinių vienu dydžiu išreikšti neįmanoma. Todėl jų kiekybinis įvertinimas bus tikslus ir išsamus, kai dariniai bus suskaidyti ne tik į plotį, bet ir į gylį, t. y. struktūrizuojami. O kiekviena tokia struktūra yra sistema, taigi jos elementai tarpusavyje susiję.

## 3. Sistemos veiksmų poveikio tiriamam reiškiniui potencialas

Schemeje, kai visi išskirti nagrinėjamo reiškinio veiksniai veikia tiesiogiai, visas jų poveikio potencialas perteikiamas tiesiogiai ir išsamiai (2 pav.). Iš to išeina, kad kokių nors tarpusavio ryšių tarp sistemos veiksmų nėra. Buvo parodyta, kad iš tikrųjų šie veiksniai, kaip sistemos elementai, yra tarpusavyje susiję. Tokiu atveju 2 pav. pavaizduotas modelis pakis (3 pav.).

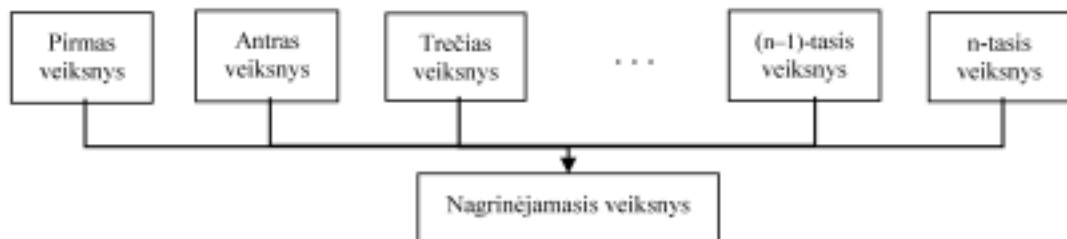
Kyla klausimas – kokią tiesioginį poveikį nagrinėjamam reiškiniui turės veiksmų sąsaja. Galimi du atsakymo variantai – pirma, poveikis liks toks pats, antra, jis pasikeis, t. y. arba sumažės, arba padidės.

Pirmąjį atvejį reikia atmesti, nes grįžtume prie 2 pav. pavaizduoto modelio, t. y. atsisakytume tvirtinimo, kad visi nagrinėjama reiškinį apibūdinantys veiksniai sudaro vieną sistemą, taigi jos elementai (veiksniai) yra tarpusavyje susiję ir vieno veiksmo pokytis veikia kitų pokyčius. Lieka antrasis atvejis, manant, kad veiksmų tarpusavio sąveika



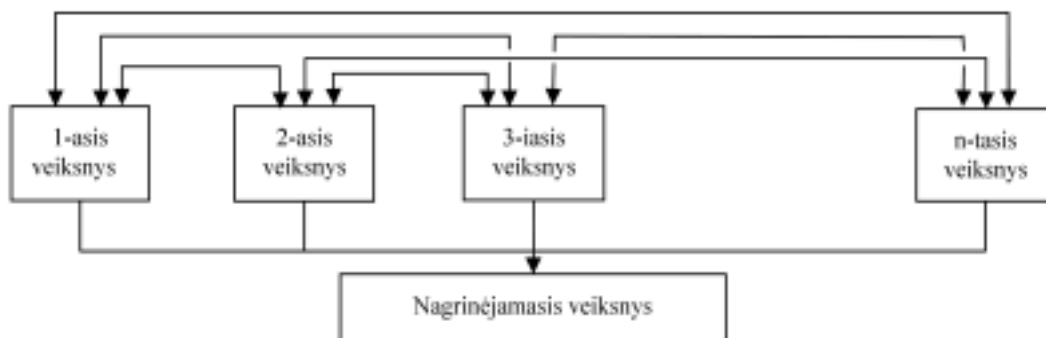
1 pav. Tiriamo reiškinio savybių ir aspektų tarpusavio ryšių prigimtis

Fig 1. The nature of interrelationship between the parameters and aspects of the considered research object



2 pav. Šiandieną taikoma nagrinėjamo reiškinio daugiakriterinio vertinimo principinė schema

Fig 2. Currently used principal scheme of multicriteria evaluation of the research object



3 pav. Transformuotas daugiakriterinio vertinimo modelis

Fig 3. The modified (transformed) model of multicriteria evaluation

daro tiesioginį poveikį nagrinėjamam reiškiniui. Žinoma, teoriškai galima galvoti ir apie galimybę, kad šis poveikis visiems veiksniams bus vienodas, t. y. jis nepriklausys nuo veiksmų sąveikos krypties ir dydžio. Įvertinę tokia galimybę, mes vėlgi grįžtume prie pirmojo atvejo, t. y. prie daugiakriterinio vertinimo, paremto 2 pav. pavaizduotu modeliu.

Realus lieka variantas, kai dėl veiksmų tarpusavio sąveikos jų tiesioginis poveikis nagrinėjamam reiškiniui bus skirtingas. Nuo ko priklauso pokyčio dydis ir koks jo pobūdis? Logiška manyti, kad lemiamą įtaką pokyčiui turės sąveikos dydis. Didžiausią tiesioginį veiksmo poveikį nagrinėjamam reiškiniui turėtume tada, jeigu jis būtų visiškai nepriklausomas nuo kitų sistemos veiksmų. Atvejis, kai šio poveikio svarumas yra lygus vienetui, reikštų, kad veiksmų sistemoje jis yra tik vienas, nes kiti veiksniai įgautų nulinį svarumą. Taip būti negali, todėl galima teigti, kad dėl tarpusavio sąveikos tiesioginio poveikio nagrinėjamam reiškiniui veiksmo potencialas pakinta. Taigi, pirma, veiksnys dėl sąveikos su kitais sistemos veiksniais praranda arba padidina savo tiesioginio poveikio potencialą, antra, prarandama arba padidinama potencialo dalis priklauso nuo sąveikos su kitais veiksniais stiprumo ir pobūdžio. Veiksmų sąveikos pobūdis gali būti dvejopas – arba poveikis, arba priklausomybė. Pirmu atveju veiksnys veikia vieną ar daugiau sistemos veiksmų. Antru atveju, atvirkščiai, jis priklauso nuo vieno ar daugiau sistemos veiksmų.

4 pav. pavaizduoti galimi sistemos veiksmų priklausomybės atvejai.

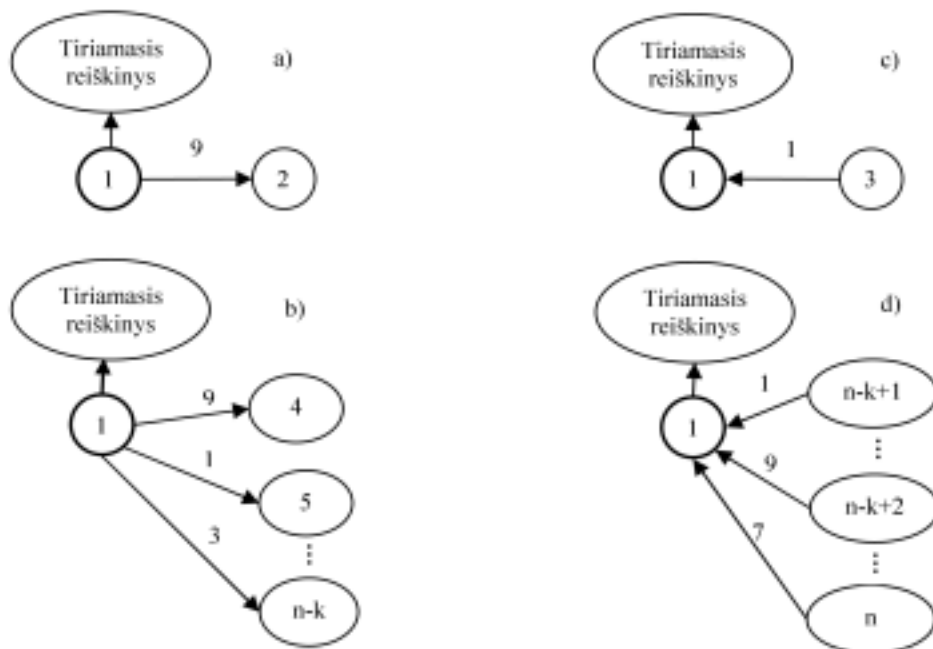
Iš 4 pav. matome, kad veiksmo poveikio nagrinėjamam reiškiniui jėga turėtų priklausyti nuo to, kiek sistemos veiksmų jis veikia, arba nuo to, nuo kelių sistemos veiksmų jis priklauso.

Taigi veiksmo poveikio nagrinėjamam reiškiniui stiprumą lemia trys aspektai – sąveikos pobūdis, stiprumas ir sąveikaujančių veiksmų skaičius. Žinant visus šiuos dydžius, galima nagrinėti, kaip praktiškai vyksta tiesioginio poveikio pokytis. Sujungę 4 pav. pavaizduotus a ir c bei b ir d atvejus, pamatysime, kad veiksniai vienu metu veikia kitus veiksmus ir, kita vertus, jie taip pat veikiami kitų (5 pav.).

Iš 5 pav. aišku, kad tiesioginis pirmo veiksmo poveikis nagrinėjamam reiškiniui priklausys nuo to, koku mastu jis savo tiesioginio poveikio potencialą padidina dėl suminio poveikio kitiems veiksniams ir koku mastu jis jį praranda dėl suminės priklausomybės nuo kitų veiksmų. Didėjantis poveikis šį potencialą didina, didėjanti priklausomybė – mažina.

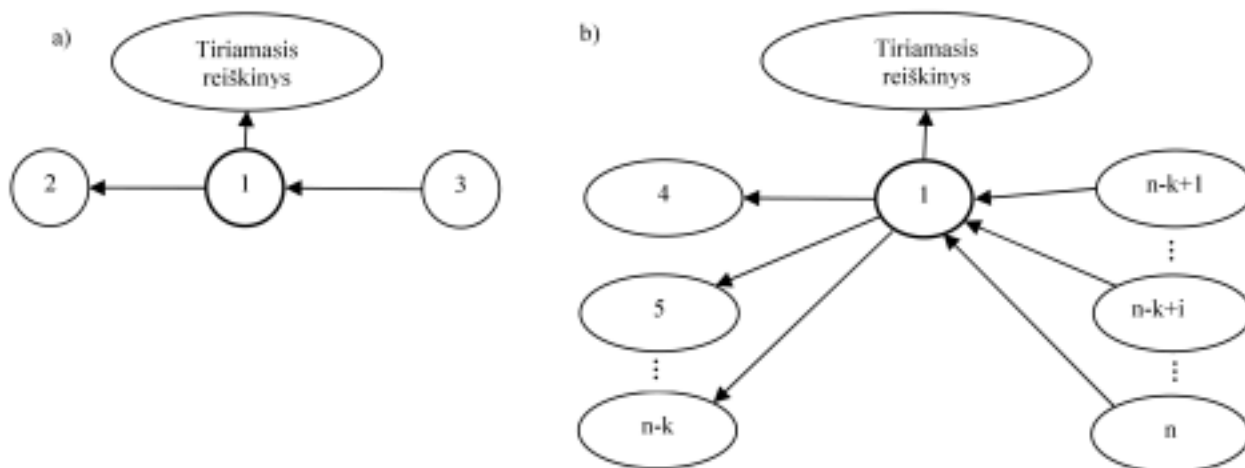
Atlikti tyrimai išryškino šias nagrinėjamo veiksmo poveikio tiriamajam reiškiniui sąlygas:

1. Kai auga suminis veiksmo poveikis kitiems sistemos veiksniams, mažėja suminė jo priklausomybė nuo kitų jos veiksmų, taigi didėja jo poveikis tiriamajam reiškiniui.



**4 pav.** Sistemos veiksmų tarpusavio sąvoka: a, b – nagrinėjamasis veiksnys veikia vieną arba daugelį sistemos veiksmų; c, d – nagrinėjamasis veiksnys priklauso nuo vieno arba daugelio sistemos veiksmų; 1 – nagrinėjamasis veiksnys; 2, 3, ..., n – kiti sistemos veiksniai

**Fig 4.** Interrelationship between the system criteria: a, b mean that the considered criterion affects one or most of the system criteria; c, d mean that the considered criterion depends on one or most of the system criteria; 1 stands for the considered criterion; 2, 3, ..., n denote other system criteria



5 pav. Nagrinėjamojo reiškinio veiksnių tarpusavio sąveika

Fig 5. Interrelationship between the criteria describing the considered object

2. Kai auga suminė veiksnio priklausomybė nuo kitų sistemos veiksnių, taigi kai mažėja suminė jo poveikio jėga kitiems veiksniams, mažėja tiesioginis jo poveikis tiriamajam reiškiniui.

Nustatant sistemos veiksnio poveikį nagrinėjamam reiškiniui, labai svarbi jo poveikio potencialo sąvoka. Iš esmės tai didžiausias galimas veiksnio poveikio dydis. Jis priklauso nuo veiksnių skaičiaus ir nuo to, kelių balų sistema vertinamas veiksnių poveikis. Tyrimai rodo, kad *i*-tojo veiksnio poveikio potencialas  $P_i$  lygus

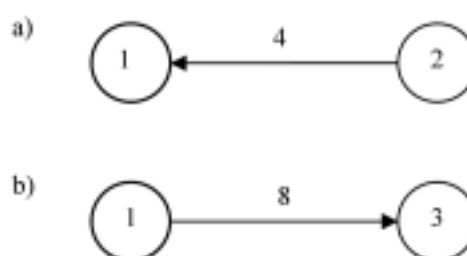
$$P_i = S(n - 1), \tag{1}$$

čia  $P_i$  – *i*-tojo veiksnio poveikio potencialas; *S* – vertinimo skalė (pvz., 10 balų).

**4. Siūloma sistemos veiksnių svorio nustatymo metodika**

Ekspertai, remdamiesi priimta įvertinimo skale, nustato du kiekvieno sistemos veiksnio parametrus – poveikio kryptį ir stiprumą. Kryptis, išreiškiama pliuso arba minuso ženklu, parodo, ar nagrinėjamas veiksnys yra veikiamas, ar jis daro įtaką lyginamam sistemos veiksniai. Neigiamai ryšys įvertiniamas tada, kai nagrinėjamas veiksnys perduoda savo poveikį ir dėl to dalį savo poveikio potencialo praranda; teigiamai įvertinamas, atvirkščiai, tada, kai akumuliuojamas lyginamojo veiksnio poveikis ir kartu poveikio potencialas padidinamas (6 pav.).

Matome, kad a atveju (6 pav.) nagrinėjamas pirmasis veiksnys perima dalį veiksnio 2 potencialo, todėl jų tarpusavio sąveikos įvertinimas bus įrašytas kaip +4. Atveju b nagrinėjamas veiksnys dalį savo potencialo perduoda sistemos veiksniai 3, todėl jų tarpusavio sąveikos įvertinimas bus įrašytas kaip –8. Patirtis rodo, kad, atliekant ekspertinį vertinimą, didelių problemų nekyla, kai veiksnių sąrašas yra nedidelis. Jam augant, sparčiai didėja vertinamų ryšių



6 pav. Nagrinėjamojo, pirmojo, veiksnio poveikio potencialo pokyčiai: a – didinimas, b – mažinimas

Fig 6. Variation of the potential of the 1st considered criterion (a means an increase, b means a decrease)

tarp veiksnių skaičius, todėl vargu ar tokiu atveju ekspertai galės teisingai nurodyti visų jų poveikio kryptį, tuo labiau – stiprumą. Tyrimai rodo, kad tarp sistemos veiksnių ir ryšių tarp jų skaičiaus yra tokia priklausomybė:

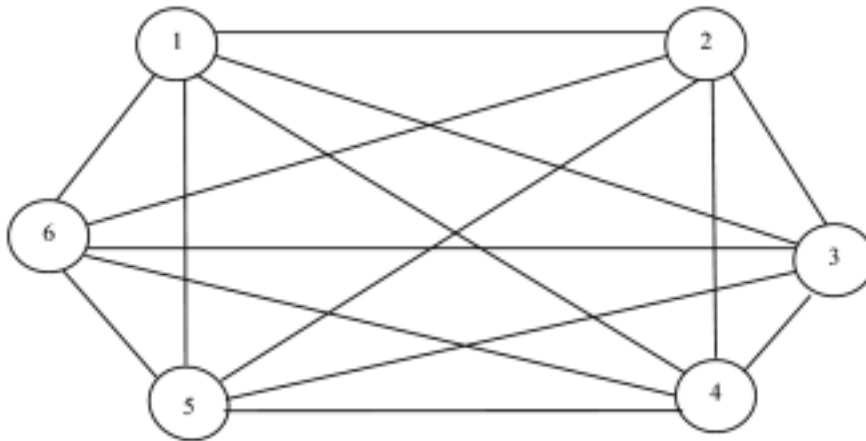
$$R = \frac{n(n - 1)}{2}, \tag{2}$$

čia *R* – nagrinėjamojo reiškinio veiksnių tarpusavio ryšių skaičius, *n* – veiksnių skaičius.

Iš (2) formulės matome, kad, išaugus veiksnių sąrašui vienetu, ryšių padaugės dydžiu *n* – 1. Pavyzdžiui, jeigu *n* = 10, tai *R* = 45. Sąrašui padidėjus vienetu, t. y. iki 11, turėsime 55 ryšius. Tokio veiksnių skaičiaus ekspertinis įvertinimas T. Saaty metodu praktiškai neįmanomas.

Kyla klausimas – ar galima šį uždavinį supaprastinti. Pavaizduokime tarpusavyje susijusių šešių veiksnių sistemą. Pradiniu etapu mes nežinome nei jų poveikio krypties, nei stiprumo (7 pav).

Ekspertams keliamas uždavinys – nustatyti 7 pav. nurodytų veiksnių kryptį bei stiprumą. Ekspertinis vertinimas yra subjektyvus, todėl gali būti įvairių nuomonių. Jų paklaidos nustatomos remiantis kriterijais, parodančiais



7 pav. Nagrinėjamojo reiškinio veiksnių ryšių grafas

Fig 7. A graph of the relations between the criteria of the considered objects

nuomonių suderinamumą – konkordancijos, kitais suderinamumo koeficientais [12]. Analizė rodo, kad jie netiksūs, t. y. leistinosios jų ribos svyruoja labai plačiai, todėl mus tenkinančias reikšmes galima gauti esant gana ryškiems ekspertų nuomonių skirtumams. Nuomonės suderinti ypač aktualu, kai daugėja nagrinėjamo reiškinio vertinamųjų veiksnių. Tokiu atveju problema paprastai sprendžiama dirbtinai apribojant veiksnių sąrašą. Kartu mažinamas tyrimų tikslumas bei realios padėties atitiktis.

Ieškant išeities, visų pirma reikia atsakyti į klausimą – ką reiškia ekspertų nuomonių suderinamumas. Jos bus visiškai suderintos, jeigu visi jie nurodytoje vertinimo skalėje duos vienodą veiksnių poveikio krypties ir stiprumo įvertinimą. Tokiu atveju turėsime idealiai suderintą veiksnių sistemą. Ekspertų nuomonių nesuderinamumo rezultatas yra veiksnių sąsajos su nesuderintomis poveikio kryptimis bei stiprumu. Tai tolesnius skaičiavimus padaro neatitinkančius realių sąlygų.

**1 lentelė.** Sistemos veiksnių tarpusavio poveikio kiekybinio vertinimo skalė

**Table 1.** The scale of qualitative evaluation of the system criteria interrelationship

Eil. Nr.	Poveikio apibūdinimas	Poveikio įvertinimas balais
1	Beveik jokio poveikio	1
2	Labai silpnas poveikis	2
3	Silpnas poveikis	3
4	Mažesnis už vidutinį	4
5	Vidutinis poveikis	5
6	Didesnis už vidutinį poveikį	6
7	Stiprus poveikis	7
8	Labai stiprus poveikis	8
9	Beveik absoliutus poveikis	9
10	Absoliutus poveikis	10

Išeitį iš šios situacijos gali pasiūlyti mišrus būdas, kai, naudojant ekspertinio vertinimo ir nuomonių suderinamumo koeficientus, gaunama minimali pradinė adekvati informacija apie dalies sistemos veiksnių tarpusavio ryšių kryptį ir stiprumą, o paskui analitiniu būdu, remiantis tam tikromis veiksnių tarpusavio sąveikos savybėmis bei visos jų sistemos funkcionavimo sąlygomis, nustatomi likusių sistemos veiksnių tarpusavio ryšiai bei stiprumas, jau suderinti su nustatytais pradiniais etapais.

Kyla klausimas – kokia turi būti ta minimali pradinė informacija apie sistemos veiksnių tarpusavio ryšius ir poveikio stiprumą. Tyrimai parodė, kad tai būtų bet kurio vieno veiksnio ryšių kryptys bei jų stiprumas su visais kitais sistemos veiksniais. Tokiu atveju ekspertų vertinamas ryšių

skaičius būtų ne  $\frac{n(n-1)}{2}$  (1), o  $n-1$ , t. y.  $\frac{n}{2}$  kartų mažiau.

7 pav. šie pavaizduotos sistemos dydžiai atitinkamai būtų lygūs 15 ir 5, t. y. 3 kartus mažiau. Lyginti paimekime 7 pav. pateiktos sistemos pirmąjį veiksni. Sakykime, kad ekspertams padedant ir remiantis siūloma vertinimo skale (1 lentelė) nustatytos tokios jo poveikio kitiems sistemos veiksniais kryptys bei stiprumas (8 pav. ir 2 lentelė).

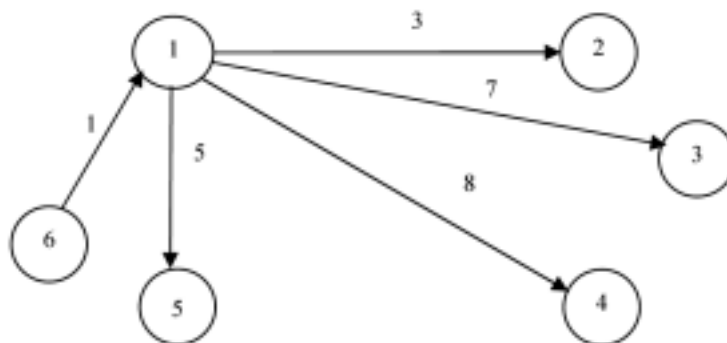
Iš 8 pav. ir 2 lentelės matome, kad pirmasis veiksnys savo poveikį perduoda visiems, išskyrus šeštąjį, nuo kurio jis priklauso ir kurio poveikį perima.

Remdamiesi 8 pav. bei dydžių tarpusavio ryšio tranzitivumo savybėmis [11, 12], nustatysime visų likusių 7 pav. pavaizduotų ryšių kryptį bei stiprumą. Iš jo matome, kad visų sąrašo veiksnių tarpusavio ryšius vaizduojantis tinklas susideda iš daugelio trikampių. Iš viso jų yra 10.

Veiksnių sistemos trikampių skaičių  $N_T$  galima nustatyti pagal formulę

$$N_T = \sum_{i=1}^{n-1} (n-i-1), \quad n-i-1 > 0. \quad (3)$$

Trikampį sudaro trys veiksniai, sujungti tarpusavio ry-



8 pav. Pasirinktojo (pirmojo) veiksnio sąveikos su kitais sistemos veiksniais ekspertinis vertinimas

Fig 8. Expert evaluation of the relationships between the chosen (1st) criterion and other system criteria

2 lentelė Pasirinktojo (pirmojo) veiksnio (7 pav.) sąveika su likusiais sistemos veiksniais

Table 2. The relationship between the chosen (1st) criterion (Fig 7) and other system criteria

Veiksniai	1	2	3	4	5	6
1		-3	-7	-8	-5	1

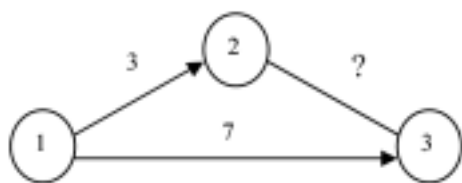
šiais. Kitaip tariant, tai yra mažoji sistema, arba sistemos posistemis. Iš sistemų teorijos žinome, kad visi sistemos posistemiai, kaip ir jų sudaromieji elementai, turi būti suderinti tiek viduje, tiek ir tarp savęs, nes tik tokiu atveju užtikrinama visos sistemos darnaus, t. y. kryptingo, funkcionavimo galimybė.

Kyla klausimas – koku būdu galima suderinti posistemį jo viduje. Tai pasiekiamo subalansavę abu jos parametrus – ją sudarančių veiksnių tarpusavio poveikio kryptį bei stiprumą. Tam tikslui iš 7 pav. paimkime trikampį 1–2–3. Iš ekspertinių vertinimų (8 pav. ir 2 lentelė) žinome dviejų veiksnių iš trijų kryptis ir poveikio stiprumą (9 pav.).

Iš 9 pav. matome, kad neaiški liko ryšio 2–3 kryptis ir poveikis. Pabandysime juos nustatyti nepadedami ekspertų. Žinome, kad posistemis turi būti suderintas. Tai pasiekime naudodami darinių pusiausvyros kaip jų stabilumo sąlygą. Galima pateikti įvairių reiškinių, pagrįstų šiuo principu, pavyzdžių: strypinės sistemos statybinėje mechanikoje, įmonės tarpšakiniai balansai ir pan. Tik tokiu atveju visos šios sistemos lieka stabilios. Šį principą galima pri-

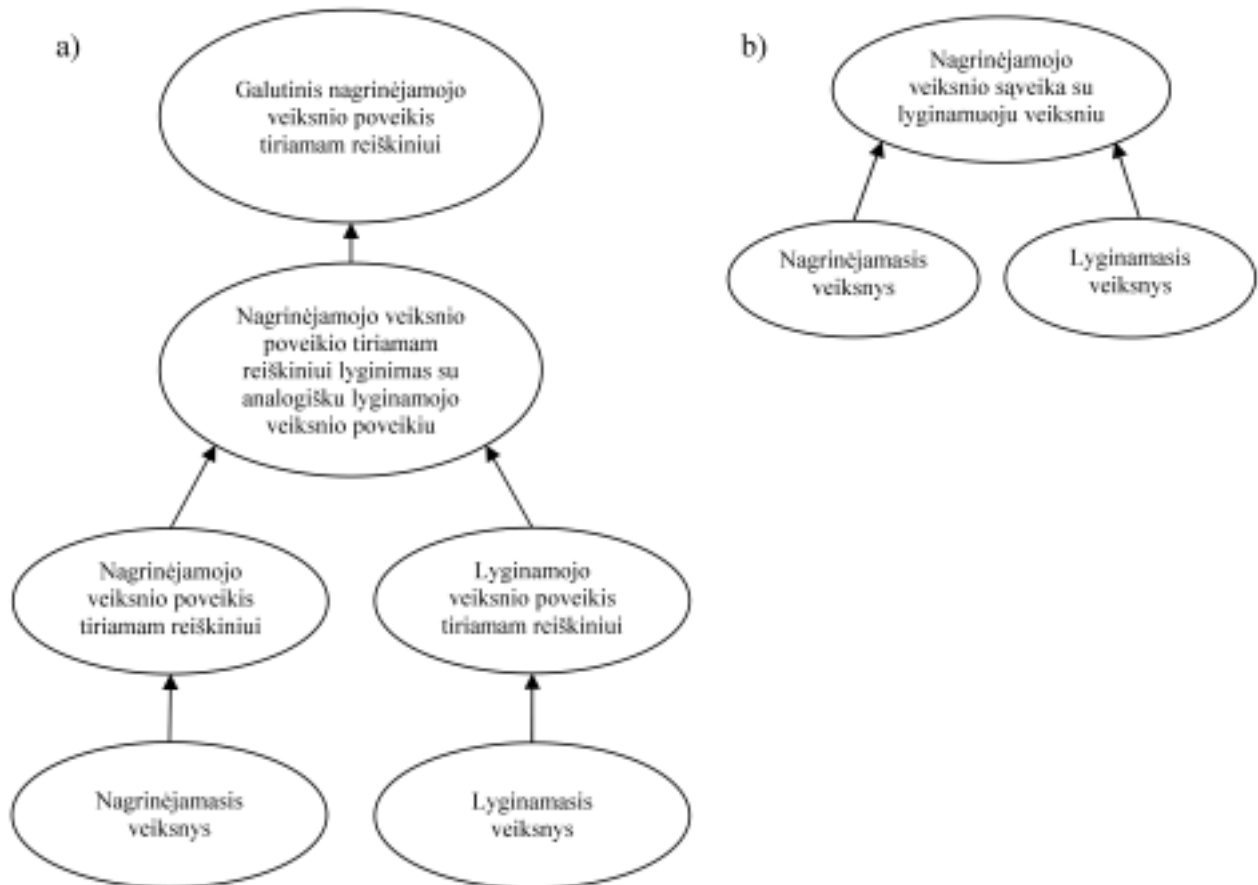
taikyti ir dabar. Siekiant išvengti nesusipratimų, būtina pabrėžti siūlomo požiūrio skirtumus, lyginant su plačiai paplitusiu hierarchijų analizės metodu [4, 5]. Šiuo atveju nurodoma nagrinėjamo veiksnio poveikio kryptis bei stiprumas, palyginti su kitu veiksnium, t. y. turime netiesioginį poveikio vertinimą. Mūsų atveju ekspertas nustato nagrinėjamo veiksnio poveikio kryptį ir stiprumą kitam veiksniumi, t. y. turime tiesioginį vertinimą. Sakykime, nagrinėjamas reiškinys – dėstytojo darbo efektyvumas. Paimkime du esminius veiksnius – mokslinio darbo produktyvumą ir dėstyto kokybę. Ieškant pirmojo veiksnio svarumo nagrinėjamo reiškinio atžvilgiu hierarchijų analizės metodu, bus atsakoma į klausimą – ar ir kiek mokslinio darbo produktyvumas, palyginti su dėstyto kokybe, bus svarbesnis darbo efektyvumui. Mūsų atveju ekspertas turės nurodyti, ar ir kiek mokslinio darbo produktyvumas veikia dėstyto kokybę, o gal priklauso nuo jo. Abu veiksnių tarpusavio lyginimo principiniai modeliai pateikiami 10 pav. Matome, kad tiesioginis būdas, palyginti su hierarchijų analize, ekspertams yra paprastesnis ir suprantamesnis.

Skaičiai, pateikti virš ryšių 9 pav., iliustruoja vieno veiksnio poveikio reikšmingumą kitam veiksniumi. Rodyklės kryptis rodo, kuris veiksnys veikia ir kuris yra veikiamas. Matome, kad pirmasis veiksnys atitinkamą savo poveikio potencialo dalį perdavė tiek antrajam, tiek ir trečiajam veiksniams. Antrojo ir trečiojo veiksnių tarpusavio sąveikos kryptys priklauso nuo to, kuris iš jų mažiau priklauso nuo pirmojo veiksnio. Šio poveikis antrajam veiksniumi įvertintas 3 balais, o trečiajam – 7 balais, vadinasi, antrasis veiksnys, palyginti su trečiuoju, nuo pirmojo veiksnio priklauso mažiau. Taigi antrasis veiksnys veikia trečiajį, o ne



9 pav. Ekspertams padedant nustatytų posistemio veiksnių poveikio kryptys bei reikšmingumai

Fig 9. The directionality of the subsystem’s criteria determined by experts



**10 pav.** Veiksnių tarpusavio poveikio nustatymo principiniai būdai: a – hierarchijų analizė; b – tiesioginio lyginimo būdas

**Fig 10.** Major techniques for determining the interrelationship between the criteria: a – hierarchical analysis; b – direct comparison

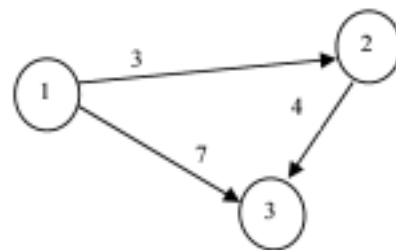
atvirkščiai. Šią išvadą patvirtina ir dydžių tarpusavio poveikio tranzityvumo savybės. Iš jų išplaukia, kad jeigu ant-rasis dydis priklauso nuo pirmojo dydžio, o trečiasis dydis – nuo antrojo, tai šis, trečiasis, dydis taip pat priklauso nuo pirmojo dydžio [13, 14]. Bėlieka nustatyti antrojo veiksnio reikšmingumą trečiojo veiksnio atžvilgiu taip, kad būtų užtikrinta nagrinėjamo posistemio pusiausvyra (9 pav.). Jį gausime paėmę nagrinėjamo, pirmojo, veiksnio poveikio kitiems dviem veiksniais skirtumą, t. y.  $7 - 3 = 4$ . Turime gerai subalansuotą, tarpusavyje suderintą ir stabilų posistemį (11 pav.).

Galimi trys posistemio elementų tarpusavio sąveikos atvejai, nuo kurių priklauso, kokį veiksmą – sudėties ar atimties – reikia naudoti nežinomo, trečiojo, posistemio ryšio poveikio stiprumui nustatyti (12 pav.).

Iš 12 pav. matome, kad 1 ir 2 atvejais ryšio 2–3 stiprumas  $c$  bus nustatomas kaip ryšių 1–2 ir 1–3 stiprumų  $a$  ir  $b$  skirtumas, t. y.  $c = a - b$  ( $c = b - a$ ). Atveju 3 stiprumas  $c$  bus lygus:

Remdamiesi 8 ir 11 pav., patikrinsime, ar posistemis iš tikrųjų yra darnus (3 lentelė).

Iš 3 lentelės matome, kad matrica įstrižainės atžvilgiu



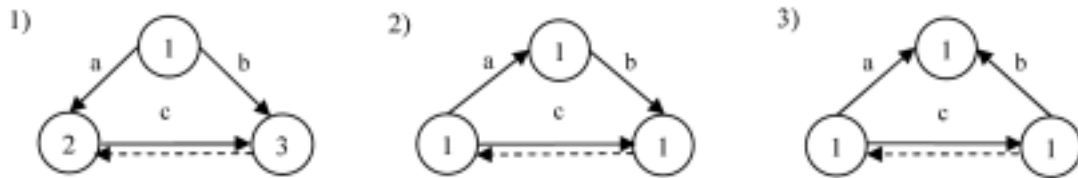
**11 pav.** Suderintas veiksnių posistemis

**Fig 11.** A coordinated subsystem of the criteria

yra simetriška t. y. veiksnių, esančių virš įstrižainės, tarpusavio poveikio reikšmės atitinka jų reikšmes, esančias žemiau įstrižainės, tik su priešingu ženklu. Tokiu atveju matricos eilutė ar stulpelis parodo suminį veiksnio poveikį ar priklausomybę nuo visų kitų lyginamųjų veiksnių.

Iš 3 lentelės taip pat matome, kad matrica leidžia nustatyti kiekvieno veiksnio suminį reikšmingumą bei viso posistemio suderinamumą. Posistemis yra suderintas ir stabilus, kadangi suminis jo veiksnių reikšmingumas su pliuso ženklu yra lygus jų suminiam reikšmingumui su minuso ženklu, t. y. lygus 0.





12 pav. Posistemio elementų tarpusavio sąveikos atvejai

Fig 12. Cases of interrelationship between the subsystem criteria

3 lentelė. Posistemio veiksnių tarpusavio poveikio matrica

Table 3. A matrix of interrelationship of the subsystem criteria

Veiksniai	1	2	3	Iš viso
1		-3	-7	-10
2	+3		-4	-1
3	+7	+4		-11
Iš viso	+10	+1	+11	0

Remdamiesi 1–2–3 trikampio, kaip posistemio, pusiausvyros nustatymo metodu, rasime visų likusių 7 pav. posisteminių ryšių kryptį bei reikšmingumus. Kitu reikia imti tą posistemį, t. y. trikampį, kurio dviejų veiksnių ryšių kryptys bei reikšmingumai jau žinomi ir t. t. Skaičiavimai rodo, kad tokių skaičiuojamųjų trikampių skaičių  $N_T$  galima išreikšti ir remiantis veiksnių sistemos ryšių skaičiumi  $R$ :

$$N_T = R - (n - 1). \tag{4}$$

Apskaičiavę gausime grafą (13 pav.).

Nustatę visų sistemos veiksnių poveikio kryptį ir reikšmingumus, remdamiesi 13 pav., sudarysime bendrą matricą ir joje patikrinsime, ar tenkinamos visos veiksnių sistemos pusiausvyros sąlygos (4 lentelė).

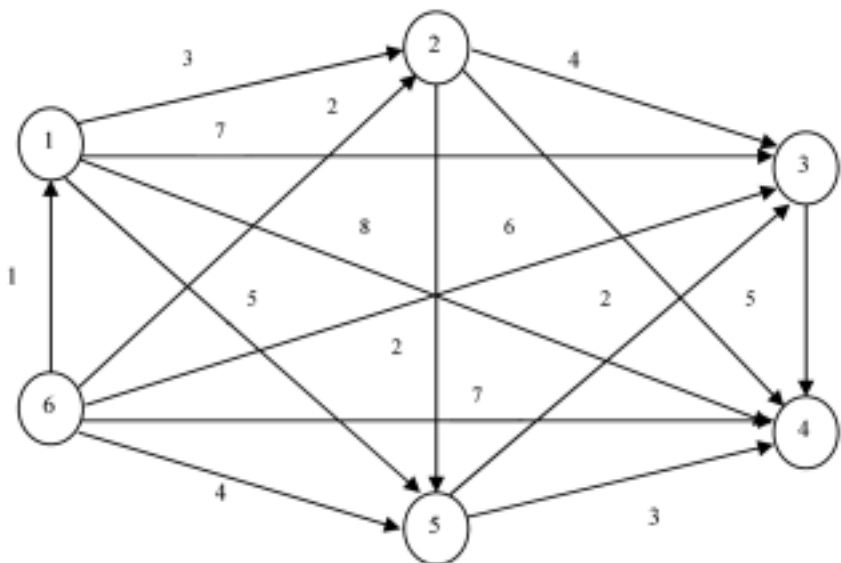
Iš 4 lentelės matome, kad sistemos veiksnių suminis reikšmingumas su pliuso ženklu yra lygus sistemos veiksnių reikšmingumui su minuso ženklu, todėl ji yra iki galo suderinta.

Suminis veiksnio poveikis arba suminė priklausomybė parodo jo dominavimą kitų sistemos veiksnių atžvilgiu. Iš to išplaukia logiška išvada, kad kuo didesnę kitų veiksnių poveikį jis perima, tuo labiau jis veikia nagrinėjamą reiškinį. Taigi 4 lentelėje pavaizduotoje matricoje reikšmingiausias turėtų būti ketvirtasis veiksnys. Paskui eina trečias, penktas bei antras, šeštas ir pirmas. Naudojantis šia aplinkybe, galima nustatyti veiksnių svorius. Tam tikslui reikia nustatyti faktišką kiekvieno sistemos veiksnio potencialą. Tą padaryti galima pagal formulę

$$P_i^f = P_i - S_i^f, \tag{5}$$

čia  $P_i^f$  –  $i$ -tojo sistemos veiksnio faktiškas poveikio potencialas;  $S_i^f$  –  $i$ -tojo veiksnio suminis poveikis arba priklausomybė.

Dydžio  $P_i^f$  suma duoda bendrą veiksnių sistemos poveikio potencialą  $P$ , t. y.  $\sum_{i=1}^n P_i^f = P$ . Nesunku pastebėti,



13 pav. Nagrinėjamo reiškinio suderinta veiksnių sistema

Fig 13. A coordinated subsystem of the criteria describing the considered object

**4 lentelė.** Nagrinėjamojo reiškinio veiksmų sąveikos pusiausvyros suvestinė matrica

**Table 4.** A summary matrix of the balanced interrelationship of the criteria describing the considered object

Veiksniai Veiksniai	1	2	3	4	5	6	Iš viso	$P_i^f$	$\omega_i$
1		-3	-7	-8	-5	+1	-22	+28	0,09
2	+3		-4	-5	-2	+2	-6	+44	0,14
3	+7	+4		-1	+2	+6	+18	+68	0,23
4	+8	+5	+1		+3	+7	+24	+84	0,25
5	+5	+2	-2	-3		+4	+6	+56	0,19
6	-1	-2	-6	-7	-4		-20	+30	0,10
Iš viso	+22	+6	-18	-24	-6	+20	0	300	1,0

kad jis bus lygus visų sistemos veiksmų potencialų  $P_i$  sumai, t. y.  $P = \sum_{i=1}^n P_i = n P_i$ .

Dabar galime nustatyti kiekvieno sistemos veiksmo svorį pagal formulę

$$\omega_i = \frac{P_i^f}{P}, \quad (6)$$

Iš 13 pav. ir 4 lentelės matome, kad nagrinėjamojo veiksmo svarba koreliuoja su veiksmų, kurių poveikio potencialą jis perima, skaičiumi.

Skaičiavimai parodė, kad siūloma svorių nustatymo metodika, pagrįsta veiksmų tarpusavio sąveika, leidžia apimti didesnę jų skaičių ir tuo pačiu metu padidina rezultatų tikslumą.

## 5. Išvados

1. Daugiakriteriniams vertinimams didelę įtaką turi rodiklių svorių nustatymas. Tai atlieka ekspertai. Patirtis rodo, kad ekspertinių vertinimų tikslumas krinta, daugėjant veiksmų. Šiuo metu plačiausiai taikomas T. Saaty porinio lyginimo metodas šios problemos irgi neišsprendžia, nes augant nagrinėjamų veiksmų skaičiui, neįmanoma taip užpildyti bazinės matricos, kad ji būtų suderinta. Tai galima tvirtinti, kad šiuo metu nėra tobulo ir priimtino daugiakriterinio vertinimo rodiklių svorių nustatymo metodikos. Apie tai liudija literatūroje pateikiama T. Saaty metodikos kritika ir išvada, kad ji taip plačiai taikoma todėl, kad nėra tobulesnės.

2. Ieškant išeities iš šios situacijos, buvo pastebėta, kad daugiakriterinis vertinimo objektas – socialiniai reiškiniai ar procesai, yra sudėtingi, kompleksiški. Tikrovėje išryškėja daugelis jų savybių, formų ir pan. Tuo pat metu kiekviena ši savybė ar ją išreiškiantis rodiklis apibūdina vieną ir tą patį reiškinį, tik kitu aspektu, išplaukiančiu iš šio reiškinio kaip visumos. Faktas, kad suvokiamos nagrinėjamo objekto savybės bei jas išreiškiantys rodikliai, nusako vieno ir to paties reiškinio įvairias puses ir leidžia tvirtinti, kad šie

dydžiai tarpusavyje turi būti susiję, nes priešingu atveju, juos vėl sujungę, neperteiksime nagrinėjamos visumos. Tai gi į juos galima žiūrėti kaip į sistemą.

Tam tikros daugiakriterinio vertinimo veiksmius išreiškiančių dydžių, kaip sistemos elementų, savybės gali padėti supaprastinti jų svorio nustatymo procedūrą ir padidinti tikslumą.

Pagrindinė bet kurios sistemos savybė – stabilumas, kuri užtikrina visų pirma vidinę jos pusiausvyrą. Mūsų atveju tai pasieksime, jeigu bus subalansuoti du esminiai parametrai – jų sudarančių elementų tarpusavio kryptys bei stiprumas. Iš šios aplinkybės išplaukia, kad tokiai sistemai reformuoti reikalinga tik tam tikros ribotos apimties informacija apie tam tikro jos elementų skaičiaus tarpusavio ryšius. Ją suteikia ekspertai. Visų kitų sistemos elementų tarpusavio ryšių kryptis ir stiprumas išplauks iš jos pusiausvyros reikalavimo.

3. Nustatant sistemos veiksmų svarbą, būtina žinoti jų poveikio potencialą. Iš esmės tai didžiausias galimas poveikio dydis. Be šio, skaičiuojamojo, potencialo reikia žinoti ir faktinį, kuris nustatomas kaip skaičiuojamojo potencialo ir potencialo, įvertinančio suminę veiksmo priklausomybę nuo kitų sistemos veiksmų arba suminį jo poveikį kitiems sistemos veiksmams, skirtumas. Žinant abu šiuos dydžius, nesunku nustatyti kiekvieno sistemos veiksmo svorį.

4. Skaičiavimai parodė, kad siūloma daugiakriterinio vertinimo rodiklių svorių nustatymo metodika, pagrįsta jų tarpusavio sąveika, leidžia apimti didesnę jų skaičių bei labai padidina rezultatų tikslumą.

## Literatūra

- Ginevičius, R.; Podvezko, V. Ekspertinių metodų tikslumo įvertinimas. *Inžinerinė ekonomika*, Nr. 5(40). Kaunas: KTU leidykla, 2004, p. 7–12.
- Завадская, Э. К. Системотехническая оценка технологических решений строительного производства. Ленинград: Стройиздат, 1991.

3. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys' (2005). Edited by Figueira, S.; Greco, S.; Ehrgott, M. Springer.
4. Saaty, T. L. The Analytic Hierarchy Process. M. Graw-Hill, New York, 1980.
5. Saaty, T. L. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the AHP. RWS Publication, Pittsburgh, PA, USA, 1994.
6. Ginevičius, R.; Podvezko, V.; Ginevičienė, V. B. A complex evaluation of the work productivity of university teaching staff. In: 8th Baltic Region Seminar on Engineering Education. Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania, 2–4 September 2004: seminar proceedings. Clayton: Monash University, 2004. ISBN 0-7326-2258-1, p. 44–46.
7. Ginevičius, R.; Podvezko, V.; Ginevičienė, V. B. Quantitative evaluation of university teaching staff work efficiency. In: New Teaching and Learning Methods: How Effective Are They?: New Methods and Curricula in Engineering Education in a New Europe: proceedings of the International Symposium. Valladolid 14–16th October 2004. Valladolid, 2004. ISBN 84-688-8888-5, p. 82–93.
8. Saaty, T.; Kearns, K. P. Analytical Planning: the Organization of Systems. Pergamon Press, Oxford–New York–Toronto–Sydney–Frankfurt, 1982. 225 p.
9. Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Raslanas, S.; Malienė, V. Die Anwendung der mehrkriteriellen Methode bei der Bewertung von Erholungsgrundstücken. *Statyba*, VII t., Nr. 4. Vilnius: Technika, 2001, p. 327–333.
10. Zavadskas, E. K.; Ustinovičius, L.; Peldschus, F. Development of Software for Multiple Criteria Evaluation. *Informatica*, Vol 14, No 3, p. 259–272.
11. Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Banaitis, A.; Kvederytė, N. Housing Credit Access Model: The Case for Lithuania. *European Journal of Operational Research*, Vol 155, 2004, p. 335–352.
12. Podvezko, V. Ekspertinių įverčių suderinamumas. *Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas*, XI t., Nr. 2. Vilnius: Technika, 2005, p. 101–107.
13. Ginevičius, R. Sudėtingų reiškinių ir dydžių hierarchinis struktūrizavimas dalinių rodiklių nuoseklaus lyginimo būdu. *Verslas: teorija ir praktika*, III t., Nr. 4. Vilnius: Technika, 2003, p. 147–154.
14. Ginevičius, R.; Podvezko, V. Hierarchinių struktūrų formavimas taikant jų elementų tranzityvumą. *Verslas: teorija ir praktika*, V t., Nr. 3. Vilnius: Technika, 2004, p. 85–89.

**Romualdas GINEVIČIUS.** Doctor Habil, Professor. Rector of Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Author of 10 books, monographs, about 200 research articles. Research interests: market, economy, theory of organizations.