



MOKYMO PROCESĖ NAUDOJAMŲ PASIRENKAMŲJŲ MODULIŲ DAUGIAVARIANTĖS ANALIZĖS METODAI

Artūras Kaklauskas¹, Andrius Gulbinas²,
Mindaugas Krutinis³, Jurga Naimavičienė⁴, Gintautas Šatkauskas⁵

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

El. paštas: ¹Arturas.Kaklauskas@st.vgtu.lt; ²Andrius.Gulbinas@st.vgtu.lt;

³Mindaugas.Krutinis@st.vgtu.lt; ⁴Jurga.Naimaviciene@st.vgtu.lt;

⁵Gintautas.Satkauskas@st.vgtu.lt

Įteikta 2007-06-04; priimta 2007-09-10

Santrauka. Šiuo metu pasaulyje sukurta nemažai sprendimų priėmimo metodų, taikomų įvairiose žmogaus veiklos srityse. Įvairių šalių mokslininkai, savo darbuose nagrinėdami daugiavariantės analizės metodus, neanalizavo tokio tyrimo objekto kaip autoriai: mokymo proceso, jame dalyvaujančių suinteresuotų grupių (studentas, dėstytojas, institucija, darbdavys) ir mokymo proceso efektyvumą veikiančios išorinės aplinkos (ekonominės, socialinės, demografinės, teisinės, technologinės, kultūrinės ir kt.) kaip vienos visumos. Šiame straipsnyje apžvelgiami mokymo proceso pasirenkamųjų dalykų (modulių) daugiavariantės analizės metodai.

Reikšminiai žodžiai: sprendimų parama, daugiavariantė analizė, variantinis projektavimas, rodiklių sistema, nekilnojamasis turtas, statyba.

METHODS FOR MULTIVARIANT ANALYSIS OF OPTIONAL MODULES USED IN TEACHING PROCESS

Artūras Kaklauskas¹, Andrius Gulbinas²,
Mindaugas Krutinis³, Jurga Naimavičienė⁴, Gintautas Šatkauskas⁵

Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al.11, LT-10223 Vilnius, Lithuania

E-mail: ¹Arturas.Kaklauskas@st.vgtu.lt; ²Andrius.Gulbinas@st.vgtu.lt;

³Mindaugas.Krutinis@st.vgtu.lt; ⁴Jurga.Naimaviciene@st.vgtu.lt;

⁵Gintautas.Satkauskas@st.vgtu.lt

Received 4 June 2007; accepted 10 September 2007

Abstract. A lot of decision making methods used in various human activity spheres are currently developed in the world. Different countries scientists in their works did not analyze such research object as the author: tutoring process, participating stakeholders (student, lector, institution, employee) and tutoring external environment (economical, social, demographical, legal, technological, and cultural, etc.), as a whole. In this article optional subjects (modules) multiply criterion proportional evaluation and multiply criterion alternative projecting methods applicable for tutoring process are reviewed.

Keywords: decision support, multiply criteria analysis, variant projecting, criteria system, real estate, construction.

1. Įvadas

Šiuo metu pasaulyje sukurta nemaža sprendimų priėmimo metodų, taikomų įvairiose žmogaus veiklos srityse: lo-

šimų teorijos kriterijus (Valdo, Sevidžo, Gurvico), apibendrintus kriterijus (adityviniai, vidutiniškai svertinės priėmimo sprendimo sėkmės, multiplikatyviniai, kombinuotieji,

naudingumo funkcijos, artumo idealiajam taškui), nuoseklaus optimizavimo metodus (sprendimų suderinamumo (konkordantiškumo), prioritetų nustatymo, nedominuojančių variantų išrinkimo), sintezės metodus [1].

Kalbant apie daugiavariančius sprendimo priėmimo metodus, reikia pažymėti, kad kiekvienas toliau išvardytų metodų faktiškai reprezentuoja grupę metodų, turinčių panašias charakteristikas. Pavyzdžiui, reikšmingumo metodų „šeima“ sudaro mažiausiai devynetas skirtingų metodų.

R. Benayoun, B. Roy, B. Sussman, J. Figueira, V. Mousseau ir kiti aprašė ELECTRE metodus [2]. Kita gerai žinomų metodų grupė yra PROMETHEE metodai. Juos analizavo J. P. Brans ir B. Mareshal. Daugiakriterinę naudingumo teoriją tyrinėjo Dyer ir kiti mokslininkai. Siskos, Grigoroudis ir Matsatsinis nagrinėja plačiai taikomus UTA metodus [1]. Saaty [3] pristato metodologiją naudingumo funkcijoms analizuoti, AHP (*Analytic Hierarchy Process*) ir naujausią jo papildymą ANP (*Analytic Network Process*). Bana de Costa, Vansnick ir De Corte pristato MACBET (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*) metodologiją, paremtą papildomo reikšmingumo įvertinimo modeliu [4]. Daugiavariančių metodų taikymą, esant neapibrėžtumui, analizuoja Grabish, Greco, Slowinski ir kiti mokslininkai [5]. Be šių metodų, taip pat yra daug daugiavariančių sprendimų priėmimo metodų, tinkamų diskretinėms alternatyvioms problemoms spręsti: reikšmingumo metodai, nustatomos vertės teorija, analitinis hierarchinis metodas, daugiakriterinis metodas, kai informacija neišsami, alternatyvų lyginimas poromis, remiantis įprastiniais kriterijais, supaprastintas daugiakriterinis naudingumo metodas ir kiti [1].

Tikslų nustatymo, pasirenkamų dalykų sudarymo ir jų pateikimo besimokančiajam procesai bei dėl to įgytos žinios ir toliau vykstantis naudojimo procesas sudaro visumą. Gerinant (bloginant) atskirus pasirenkamųjų dalykų sprendimus (procesus), keičiasi ir likusių sprendimų (procesų) racionalumas bei suinteresuotų grupių (studentas, dėstytojas, institucija, darbdavys) tikslų patenkinimo lygis. Todėl būtina tiksliai įvertinti ir apskaičiuoti visų pokyčių įtaką galutiniam vertinimo rezultatui. Tuo tikslu ir taikomi pasirenkamųjų dalykų daugiavariantės analizės metodai.

Pasirenkamųjų dalykų daugiavariančio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodu nagrinėjami pasirenkamųjų dalykų paragrafų ar atskirų dalių prioritetiškumas ir reikšmingumas tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo nagrinėjamas alternatyvas adekvačiai apibūdinančių rodiklių sistemos (reikšminiai žodžiai, puslapių skaičius, paragrafo ar skyriaus sudėtingumas ir kt.), rodiklių reikšmių (reikšminių žodžių pasikartojimas tekste, paragrafo ar skyriaus sudėtingumas ir kt.) ir reikšmingumų dydžių. Rodiklių sistema nustato pačios suinteresuotos vartotojų grupės, o jų reikšmes ir pradinius reikšmingumus automatizuotai nustato intelektinė mokymo sistema. Visą šią informaciją gali pako-reguoti suinteresuotos grupės (studentas, dėstytojas ir pan.), atsižvelgdamos į savo siekiamus tikslus ir esamas galimybes. Todėl alternatyvų įvertinimo rezultatai išsamiai atspindi visų procese dalyvaujančių suinteresuotų grupių bendrai pateiktus pradinius duomenis [6].

2. Asia-Link programa

Asia-Link programa pradėta įgyvendinti 2002 m. pradžioje Europos Sąjungos (ES) iniciatyva. Ja siekiama skatinti regioninį ir daugiašalį bendradarbiavimą tarp ES šalių narių ir Pietų Azijos, Pietryčių Azijos bei Kinijos aukštojo mokslo institucijų. Asia-Link programa siekiama sukurti aukštojo mokslo bendradarbiavimo tinklą tarp Europos ir Azijos šalių joms reikšmingose srityse. Bendras projekto tikslas – skatinti Europos ir Azijos aukštojo mokslo institucijų bendradarbiavimą, keistis geriausia patirtimi ir ja remiantis kurti integruotas studijų programas. Projektu tai bus pasiekta teikiant nuotolines studijas nekilnojamojo turto ir infrastruktūros kūrimo bei valdymo srityje. Konkrečiai šiuo projektu bus siekiama padidinti dalyvaujančių universitetų lavinimo, mokymo ir mokslinių tyrimų srities pajėgumus, kurių reikia kuriant ir valdant nekilnojamojį turtą ir infrastruktūrą. Ypatingas dėmesys bus skiriamas cunamio padarinių likvidavimui Azijoje (Šri Lankos pavyzdžiu), svirstoma kaip galima išvengti tokių baisių cunamio padarinių Azijoje ateityje. Tai sudarys geresnių sąlygų magistrantams, jauniems ir labiau patyrusiems dėstytojams bei mokslininkams iš ES ir Šri Lankos universitetų geriau suprasti kolegų supančią ekonominę, verslo, techninę, technologinę, kultūrinę, gamtinę ir kitokią aplinką bei galimybes toliau bendradarbiauti tarp šių dviejų regionų nekilnojamojo turto ir infrastruktūros kūrimo bei valdymo srityse.

Nuo 1999 m. VGTU Statybos fakultete buvo pradėtos dvejų metų nuotolinio mokymo magistrantūros studijos. Šiuo metu VGTU dalyvauja kuriant bendras Europos ir Azijos „Nekilnojamojo turto ir infrastruktūros kūrimo bei valdymo“ magistrantūros virtualias nuotolines studijas. Lėšos šiai nuotolinių studijų programai įgyvendinti gautos iš Asia-Link programos. Šiuo projektu siekiama ne tik sukurti nuotolinių studijų magistrantūros programą, bet ir integruoti dalyvaujančių universitetų studijas, plėtoti jų žmogiškuosius išteklius, keistis turima patirtimi. Šio projekto metu kuriant intelektualią biblioteką ir mokymo sistemą buvo pritaikyti daugiavariantės analizės metodai, taikomi pasirenkamiesiems dalykams (moduliams) sudaryti.

3. Pasirenkamųjų dalykų reikšmingumo, naudingumo laipsnio ir prioritetiškumo nustatymas

Nagrinėjamų alternatyvų – pasirenkamųjų dalykų paragrafų ar atskirų dalių – reikšmingumas ir prioritetiškumas skaičiuojami penkiais etapais [7].

1 etapas. Sudaroma įvertinta normalizuota sprendimų matrica D . Šio etapo tikslas – iš lyginamų rodiklių gauti bedimensius (normalizuotus) įvertintus dydžius. Tam taikoma tokia formulė:

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot q_i}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}, \quad i=1, m; \quad j=1, n, \quad (1)$$

čia x_{ij} – i rodiklio reikšmė j sprendimo variantu; m – rodiklių skaičius; n – lyginamų variantų skaičius; q_i – i rodiklio reikšmingumas.

Kiekvieno rodiklio x_i gautų bedimensių įvertintų reikšmių d_{ij} suma visada lygi šio rodiklio reikšmingumui q_i :

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot q_i}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Kitaip sakant, nagrinėjamo rodiklio reikšmingumo q_i reikšmė proporcingai paskirstoma visiems alternatyviems variantams a_j , atsižvelgiant į jų reikšmes x_{ij} .

2 etapas. Apskaičiuojamos j variantą apibūdinančių minimizuojančių (jų mažesnė reikšmė yra geresnė, pavyzdžiui, reikšminiai žodžiai) S_{-j} ir maksimizuojančių (jų didesnė reikšmė yra geresnė, pavyzdžiui, puslapių skaičius ir pan.) S_{+j} įvertintų normalizuotų rodiklių sumos. Jos apskaičiuojamos pagal tokią formulę:

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m d_{+ij}; \quad S_{-j} = \sum_{i=1}^m d_{-ij}; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Šiuo atveju S_{+j} (juo didesnis šis dydis (nagrinėjamo pasirenkamo dalyko „plusai“), tuo daugiau įgyvendintų suinteresuotų grupių tikslų) ir S_{-j} (juo mažesnis šis dydis (nagrinėjamo pasirenkamo dalyko „minusai“), tuo labiau pasiekti suinteresuotų grupių (studentas, dėstytojas, institucija, darbdavys) tikslai) dydžiai išreiškia kiekvieno alternatyvaus dalyko suinteresuotų grupių pasiektų tikslų laipsnį.

Bet kuriuo atveju visų alternatyvių pasirenkamųjų dalykų „plusų“ S_{+j} ir „minusų“ S_{-j} sumos visada yra atitinkamai lygios visoms maksimizuojančių ir minimizuojančių rodiklių reikšmingumų sumoms:

$$S_{+j} = \sum_{j=1}^n S_{+j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{+ij},$$

$$S_{-j} = \sum_{j=1}^n S_{-j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{-ij}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Taip dar kartą galima patikrinti atliktų skaičiavimų teisingumą.

3 etapas. Lyginamų variantų (pasirenkamo dalyko paragrafų ar atskirų jo dalių) santykinis reikšmingumas (efektyvumas) nustatomas remiantis juos apibūdinančiomis teigiamomis (dalyko „plusais“) S_{+j} ir neigiamomis (dalyko „minusais“) S_{-j} savybėmis. Kiekvieno pasirenkamo dalyko varianto (pasirenkamo dalyko paragrafo ar atskiros jo dalies) a_j santykinis reikšmingumas Q_j nustatomas pagal formulę:

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-\min} \cdot \sum_{j=1}^n S_{-j}}{S_{-j} \cdot \sum_{j=1}^n \frac{S_{-\min}}{S_{-j}}}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (5)$$

4 etapas. Nustatomas pasirenkamo dalyko paragrafo ar atskiros jo dalies prioritetiškumas. Juo didesnis Q_j , tuo di-

desnis nagrinėjamos alternatyvos efektyvumas (prioritetiškumas).

Dalyko alternatyvos a_j reikšmingumas Q_j rodo suinteresuotų grupių (studentas, dėstytojas, institucija, darbdavys) tikslų ir poreikių pasiekimo lygį. Efektyviausios nagrinėjamos alternatyvos reikšmingumas Q_{\max} visada bus didžiausias. Visų kitų alternatyvų reikšmingumai yra mažesni už Q_{\max} , t. y. visų suinteresuotų grupių suminiai tikslai ir poreikiai tenkinami blogiau negu geriausios alternatyvos atveju.

Tačiau praktiškai studentus labiau domina ne nagrinėjamų alternatyvų reikšmingumas ir prioritetiškumas, bet tai, koks yra alternatyvų naudingumo laipsnis ir kokia iš to išplaukianti jų vertė. Kitaip sakant, studentą labiausiai domina alternatyvos, kuris geriausiai patenkins jo poreikius ir tikslus [7]. Šio įvertinimo rezultatams išreikšti vartojama alternatyvos naudingumo laipsnio sąvoka.

Norint tiksliau įvertinti nagrinėjamų alternatyvų gerąsias ir blogąsias savybes, jas palyginti su suinteresuotų grupių poreikiais bei tikslais būtina nustatyti alternatyvų naudingumo laipsnius.

Alternatyvų naudingumo laipsnis tiesiogiai priklauso nuo juos apibūdinančių rodiklių sistemos, reikšmių ir reikšmingumų. Jei pagal vieną alternatyvą gauti geriausi reikšminių žodžių rodikliai, o pagal kitą – nagrinėjamos alternatyvos sudėtingumo, ir atlikus alternatyvų daugiavariantį įvertinimą gautas vienodas jų reikšmingumas, tai ir nagrinėjamų alternatyvų naudingumo laipsniai yra vienodi. Didėjant (mažėjant) nagrinėjamos alternatyvos reikšmingumui, didėja (mažėja) ir jo naudingumo laipsnis. Nustatomieji alternatyvų naudingumo laipsniai lyginami su racionaliausiu alternatyvu. Tokiu atveju visi gauti nagrinėjamų alternatyvų naudingumo laipsniai bus nuo 0 (blogiausias variantas) iki 100 % (geriausias variantas). Taip bus lengviau vizualiai įvertinti nagrinėjamų alternatyvų efektyvumą.

5 etapas. Alternatyvos a_j naudingumo laipsnis N_j nustatomas pagal tokią formulę:

$$N_j = (Q_j : Q_{\max}) \cdot 100 \%, \quad (6)$$

čia Q_j ir Q_{\max} – alternatyvų reikšmingumai apskaičiuoti pagal (2) formulę.

Alternatyvos a_j naudingumo laipsnis N_j išreiškia šiuo alternatyva suinteresuotų grupių tikslų pasiekimo lygį. Juo daugiau ir reikšmingesni pasiekta tikslų, tuo proporcingai didesnis alternatyvos naudingumo laipsnis. Kadangi studentus labiausiai domina, kokių laipsniu nagrinėjami variantai yra vieni už kitus efektyvesni (labiau atitinkantys jo poreikius ir tikslus), tai praktikoje išrenkant racionaliausią sprendimą geriau vartoti alternatyvos naudingumo, o ne reikšmingumo sąvoką.

Išanalizavus pateiktą metodą galima padaryti išvadą, kad juo remiantis gana paprasta įvertinti, po to ir išrinkti racionaliausias pasirenkamo dalyko alternatyvas, aiškiai matant fizinę šio proceso prasmę. Bet to, juo remiantis suformuotą apibendrintasis (redukuotasis) rodiklis Q_j tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo lyginamų rodiklių reikšmių x_{ij} ir reikšmingumų q_i santykinės įtakos galutiniam rezultatui (1 lentelė).

4. Pasirenkamųjų dalykų daugiavariantčio alternatyvaus projektavimo metodas

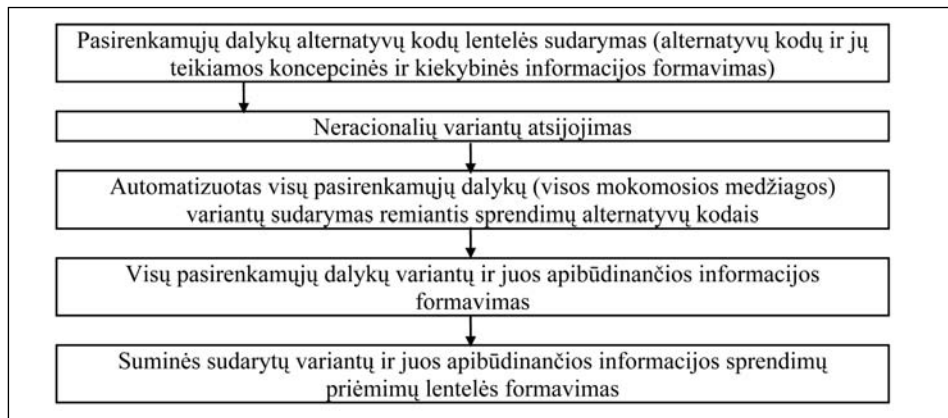
Atlikdami visų nagrinėjamų dalykų, t. y. visos mokomosios medžiagos alternatyvų variantinių projektavimą ir daugiavariantę analizę susiduriame su gausybe informacijos, kurią reikia kompleksiskai įvertinti. Galimų alternatyvų skaičius gali siekti dešimtis tūkstančių. Kiekviena alternatyva apibūdinama kiekybine ir koncepcine informacija [8]. Koku būdu, esant tokiai informacijos gausybei, galima automatizuotai sudaryti alternatyvius variantus? Šiam tikslui yra naudojamas alternatyvų daugiavariantčio projektavimo metodas. Siekiant išspręsti šiame tyrime iškeltus uždavinius, buvo siekiama atlikti automatizuotą daugiavariantį visos mokomosios medžiagos alternatyvų projektavimą (žr. pav.).

Trumpai panagrinėsime šiuos etapus [3].

Siekiant sumažinti informacijos apimtį, naudojamą automatizuoto alternatyvaus projektavimo metu, įvedami al-

ternatyvų kodai. Šiuo atveju kiekvienai i sprendimo j alternatyvai priskiriamas kodas a_{ij} , kuris teikia išsamią koncepcinę ir kiekybinę informaciją apie nagrinėjamą alternatyvą. Taigi automatizuoto alternatyvaus projektavimo metu naudojant kodus sumažėja apdorojamos informacijos kiekis ir geriau matoma fizinė skaičiavimų prasmė.

Kodai su jų teikiama koncepcine ir kiekybine informacija naudojami visoms pasirenkamųjų dalykų sprendimų alternatyvoms apibūdinti. Šių kodų visuma sudaro pasirenkamojo dalyko alternatyvų kodų lentelę, kuria remiantis galima paprastesniu būdu sudaryti alternatyvius variantus. Jei gu pasirenkamojo dalyko alternatyvų kodų lentelėje sprendimus apibūdinanti informacija išreiškiama kodais, tai i sprendimo j alternatyvos a_{ij} kodo lentelėje alternatyvos kodas apibūdinamas koncepcine ir kiekybine informacija. Šiuo atveju sudarant pasirenkamojo dalyko alternatyvas naudojama po n_i alternatyvų iš kiekvieno i sprendimo. Tad maksimalų sudarytų alternatyvų skaičių galima nustatyti pagal tokią išraišką:



Pasirenkamųjų dalykų daugiavariantčio alternatyvaus projektavimo pagrindiniai etapai

Main stages of multivariate alternative planning of optional subjects

1 lentelė. Pasirenkamojo dalyko daugiavariantės analizės rezultatai

Table 1. The results of multivariate analysis of an optional subject

Nagrinėjami kriterijai	*	Reikšmingumas	Nagrinėjamos dalyko alternatyvos					
			1	2	...	j	...	n
X_1	$?_1$	q_1	d_{11}	d_{12}	...	d_{1j}	...	d_{1n}
X_2	$?_2$	q_2	d_{21}	d_{22}	...	d_{2j}	...	d_{2n}
X_3	$?_3$	q_3	d_{31}	d_{32}	...	d_{3j}	...	d_{3n}
...
X_i	$?_i$	q_i	d_{i1}	d_{i2}	...	d_{ij}	...	d_{in}
...
X_m	$?_m$	q_m	d_{m1}	d_{m2}	...	d_{mj}	...	d_{mn}
	S_{+1}	S_{+2}		...		S_{+j}	...	S_{+n}
	S_{-1}	S_{-2}		...		S_{-j}	...	S_{-n}
	Q_1	Q_2		...		Q_j	...	Q_n
	P_1	P_2		...		P_j	...	P_n
	N_1	N_2		...		N_j	...	N_n

* Ženklas $?_i$ (+ (-)) parodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) rodiklio reikšmė labiau atitinka studento reikalavimus

2 lentelė. Suminė sudarytų pasirenkamųjų dalykų variantų ir juos apibūdinančios informacijos sprendimų priėmimo lentelė

Table 2. Summary table of ready variants of optional subjects and their illustrative information for decision making

Sudaryti pasirenkamųjų dalykų (PD) variantai	Pasirenkamųjų dalykų variantus apibūdinanti informacija							
	Koncepcinė	Kiekybinė						
		Reikšminis žodis X_1	X_2	X_3	...	X_j	...	X_n
1 PD variantas	K_1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	...	x_{1j}	...	x_{1n}
2 PD variantas	K_2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	...	x_{2j}	...	x_{2n}
3 PD variantas	K_3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	...	x_{3j}	...	x_{3n}
...	
i PD variantas	K_i	x_{i1}	x_{i2}	x_{i3}	...	x_{ij}	...	x_{in}
...	
K PD variantas	K_K	x_{K1}	x_{K2}	x_{K3}	...	x_{Kj}	...	x_{Kn}
Kriterijų reikšmingumai		q_1	q_2	q_3	...	q_j	...	q_n

$$k = \prod_{i=1}^c n_i, \quad (7)$$

čia: c – sprendimų skaičius, naudojamas pastato gyvavimo procesui sudaryti; n_i – i sprendimo alternatyvų, kurias galima naudoti sudarant pasirenkamąjį dalyką, skaičius.

Jeigu sudarydami pasirenkamojo dalyko alternatyvas nagrinėsime po 10 alternatyvių variantų iš kiekvieno 10 sprendimų, tai pagal (7) formulę galima sudaryti iki 10 milijardų alternatyvių pasirenkamųjų dalykų variantų. Šiuo ir kitais atvejais visas sudarytas alternatyvas gana sudėtinga kompleksiskai išanalizuoti, o dažnai ir nėra prasmės. Todėl būtina mažinti alternatyvaus projektavimo variantų skaičių. Tuo atveju, kai iš visų c sprendimų n_i alternatyvų galima sudaryti k derinius ((7) formulė), tada taikant daugiavariantės analizės metodus iš kiekvieno sprendimo tolesniems alternatyvų variantams sudaryti išrenkama po p efektyviausių alternatyvų. Taip atsijojami neracionalūs variantai. Geriausios kiekvieno pasirenkamojo dalyko sprendimų alternatyvos grupuojamos pagal prioritetiškumą.

Toliau, remiantis c sprendimų atrinktomis racionaliomis p alternatyvomis, sudaromi pasirenkamųjų dalykų variantai. Iš pradžių dalyko alternatyvos sudaromos remiantis sprendimų alternatyvų kodais. Sudarant pasirenkamojo dalyko variantus, pirmasis variantas sudaromas iš geriausių pagal prioritetiškumą sprendimų variantų. Paskutinis variantas sudaromas iš blogiausių pagal prioritetiškumą sprendimų variantų. Tarpinės alternatyvos sudarytos iš tarpinių variantų. Kadangi šiuo atveju deriniai sudaromi naudojant po p alternatyvų iš kiekvieno c sprendimo, didžiausią sudarytų alternatyvų skaičių galima nustatyti pagal tokią formulę:

$$K = \prod_{i=1}^c p, \quad (8)$$

čia: c – sprendimų skaičius; p – kiekvieno sprendimo geriausių alternatyvų skaičius.

Sumuojant skirtingų sprendimų to paties rodiklio (pavyzdžiui, reikšminio žodžio, puslapių skaičiaus) reikšmes į vieną kompleksinę, įvertinami šių sprendimų reikšmin-

gumai. Pavyzdžiui, vieno reikšminio žodžio ir kito reikšminio žodžio reikšmingumai nėra vienodai svarbūs. Analogiškai, puslapių skaičius viename pasirenkamame dalyke ir kitame taip pat nėra vienodai reikšmingas. Šie sprendimų reikšmingumai nustatomi taikant ekspertinius, finansinės analizės ir kitus metodus. Šiuos reikšmingumus būtina suderinti dviem kryptimis: horizontaliaja (t. y. tarp rodiklių) ir vertikaliaja (t. y. tarp sprendimų). Tokiu būdu sudaroma suminė pasirenkamojo dalyko variantų ir juos apibūdinančios informacijos sprendimų priėmimo lentelė (2 lentelė).

Šiuo metodu sudarydami pasirenkamųjų dalykų alternatyvas, vartotojai, atsižvelgdami į koncepcinę informaciją ir taikydami ekspertiniais metodais, gali gana nesudėtingai papildyti ar pakoreguoti rodiklių reikšmingumus ir kokybinių rodiklių reikšmes, atsižvelgę į studento prioritetus ir esamą situaciją.

Kai sprendimų variantai tarpusavyje turi mažai, bet įvairių derinių ir todėl pasirenkamųjų dalykų variantus galima greičiau suformuoti rankiniu nei automatizuotu būdu, tada racionalu pasirenkamojo dalyko alternatyvas sudaryti rankiniu būdu [9].

Tuo atveju, kai visų c sprendimų p variantų negalima derinti tarpusavyje, jie grupuojami į tokias grupes, kuriose sprendimų variantus būtų galima derinti tarpusavyje. Tada alternatyvoms sudaryti taikomas anksčiau minėtas variantų sudarymo metodas.

5. Išvados

Įvairių šalių mokslininkai, savo darbuose nagrinėdami daugiavariantės analizės metodus, neanalizavo tokio tyrimo objekto kaip autoriai: mokymo proceso, jame dalyvaujančių suinteresuotų grupių (studentas, dėstytojas, institucija, darbdavys) ir mokymo proceso efektyvumą veikiančios išorinės aplinkos (ekonominės, socialinės, demografinės, teisinės, technologinės, kultūrinės ir kt.) kaip vienos visumos. Šiuo metu VGTU dalyvauja kuriant bendras Europos ir Azijos „Nekilnojamojo turto ir infrastruktūros kūrimo bei valdymo“ magistrantūros virtualias nuotoline studijas. Lėšos šiai nuotolinių studijų programai įgyvendinti

yra gautos iš *Asia-Link* programos. Projekto metu kuriamai intelektualiai bibliotekai ir mokymo sistemai buvo pritaikyti daugiavariantės analizės metodai. Šie metodai leidžia automatizuotai sudaryti daugelį alternatyvių nagrinėjamų pasirenkamųjų dalykų variantus, kur kiekvienas iš jų yra apibūdinamas koncepcine ir kiekybine informacija. Metodai taip pat buvo pritaikyti autorių VGTU Statybos fakulteto nuotolinio mokymo magistrantūros studijose.

Literatūra

- FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Editors). Multiple criteria decision analysis. USA. *Springer Science+Business Media*, 2005, p. 133–260.
- BENAYOUN, R.; ROY, B.; SUSSMAN, B. ELECTRE. Note de travail 49, Sema-Metra International, *Direction Scientifique*, 1966.
- SAATY, T. *The Analytical Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York, 1980.
- VANSNICK, J. On the problem of weight in multiple criteria decision making (the noncompensatory approach). *European Journal of Operational Research*, 1986, Vol 24, p. 288–294.
- GRECO, S.; FIGUEIRA, J. Dealing with interaction between bipolar multiple criteria preferences in outranking methods. *Research Report 2003-11*, INESC-Coimbra, Portugal, 2003.
- HSINCHUN, C.; YI-MING, C.; RAMSEY, M.; YANG, C. C. An intelligent personal spider (agent) for dynamic internet/intranet searching. *Decision Support Systems*, 1998, Vol 23, Issue 1, p. 41–58.
- ZAVADSKAS, E. K.; SIMANAUŠKAS, L.; KAKLAUSKAS, A. *Sprendimų paramos sistemos statyboje*. Vilnius: Technika, 1998. 235 p.
- ALEXANDROV, V.; DIMOV, I.; KARAIVANOVA, A.; TAN, C. J. K. Parallel Monte Carlo algorithms for information retrieval. *Mathematics and Computers in Simulation*, 2003, Vol 62, Issues 3–6, p. 289–295.
- BRUSILOVSKY, P. Course sequencing for Static courses? Applying ITS Techniques in Large-Scale Web-Based Education, Lecture Notes in Computer Science, Intelligent Tutoring Systems. In *Proceedings of the 5th International Conference, ITS 2000 Montreal*, Canada, June 19–23, 2000.

Arturas KAKLAUSKAS. Doctor Habil, Professor, the Head of the Department of Construction Economics and Property Management of Vilnius Gediminas Technical University. His domain of research and interests are pollution, sustainable development, analysis, modelling and forecasting of construction and real estate sector, facilities and real estate management, total quality analysis, e-learning, knowledge and decision support systems.

Andrius GULBINAS. Associate Professor in the Department of Construction Economics and Property Management at Vilnius Gediminas Technical University. His research interests include international projects management, building economy.

Mindaugas KRUTINIS. Associate Professor in the Department of Construction Economics and Property Management at Vilnius Gediminas Technical University. Research interests: multicriteria analysis, web-based decision support systems, international trade, e-export.

Jurga NAIMAVIČIENĖ. Assistant in the Department of Construction Economics and Property Management at Vilnius Gediminas Technical University. Her domain of research and interests are real estate management and valuation system of real estate and business in Lithuania, intelligent systems and buildings.

Gintautas ŠATKAUSKAS. Associate Professor in the Department of Construction Economics and Property Management at Vilnius Gediminas Technical University. Research interests: Real Property Valuation.