



## VILNIAUS DARNOS VERTINIMAS SOCIALINIŲ, EKONOMINIŲ, INŽINERINIŲ BEI TECHNINIŲ ASPEKTAIS TAIKANT LOŠIMŲ TEORIJĄ

Edmundas Kazimieras Zavadskas<sup>1</sup>, Jonas Šaparauskas<sup>1</sup>, Artūras Kaklauskas<sup>2</sup>, Zenonas Turskis<sup>1</sup>,  
Tatjana Vilutienė<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Statybos technologijos ir vadybos katedra

<sup>2</sup>Statybos ekonomikos ir nekilnojamojo turto vadybos katedra

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40, Lietuva

El. paštas: [Jonas.Saparauskas@st.vtu.lt](mailto:Jonas.Saparauskas@st.vtu.lt)

Įteikta 2005-01-05; priimta 2005-06-15

**Santrauka.** Šio straipsnio tikslas – įvertinti Vilniaus vystymosi darną lyginant pasirinktus administracinius miesto rajonus (seniūnijas). Iš pradžių visos Vilniaus miesto seniūnijos sugrupuojamos pagal tam tikrus požymius. Išsamiai lyginamai analizei pasirinkta dešimtys seniūnijų grupė, kurią sudaro Fabijoniškės, Justiniškės, Karoliniškės, Lazdynai, Pašilaičiai, Pilaite, Šeškinė, Verkiai, Viršuliškės ir Žirmūnai. Atlikus išsamią literatūros analizę darnai įvertinti sudaryta unikali dvylikos rodiklių sistema. Ji apibūdina verslo aplinką (ekonominiai rodikliai), gyvenimo kokybę (socialiniai rodikliai) ir infrastruktūrą (inžineriniai bei techniniai rodikliai). Remiantis ekspertų apklausomis, kitais informacijos šaltiniais, nustatyti šių rodiklių reikšmės ir reikšmingumai. Dėl problemos sudėtingumo uždaviniui spręsti pritaikyti lošimų teorija – Hurwiczo, Laplace'o, Hodgeso ir Lehmano taisyklės. Skaičiavimai pagal šias taisykles atlikti LEVI 3.0 programa. Nustatyta, jog Viršuliškių seniūnija vystosi darniausiai, tai palankiausia vieta verslui ir gyvenamai statybai plėtoti.

**Raktažodžiai:** Vilnius, darna, rodikliai, vertinimas, lošimų teorija, seniūnijos, LEVI 3.0.

## EVALUATION OF VILNIUS SUSTAINABILITY FROM SOCIAL, ECONOMIC AND ENGINEERING-TECHNICAL POINTS OF VIEW USING THE GAME THEORY

Edmundas Kazimieras Zavadskas<sup>1</sup>, Jonas Šaparauskas<sup>1</sup>, Artūras Kaklauskas<sup>2</sup>, Zenonas Turskis<sup>1</sup>,  
Tatjana Vilutienė<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Construction Technology and Management

<sup>2</sup> Department of Construction Economics and Property Management

Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40, Lithuania

E-mail: [Jonas.Saparauskas@st.vtu.lt](mailto:Jonas.Saparauskas@st.vtu.lt)

Received 5 January 2005; accepted 15 June 2005

**Abstract.** The main purpose of this article is sustainability evaluation of Vilnius development by comparing the selected city's neighbourhoods. Firstly, all neighbourhoods of Vilnius are being grouped according to particular features. For a comprehensive comparative analysis the group of ten neighbourhoods has been chosen. They are "Fabijoniškės", "Justiniškės", "Karoliniškės", "Lazdynai", "Pašilaičiai", "Pilaite", "Šeškinė", "Verkiai", "Viršuliškės" and "Žirmūnai". A thorough literature analysis was carried out and the system of twelve indicators has been developed. This system characterises business environment (economic indicators), quality of life (social indicators) and infrastructure (engineering-technical indicators). Values and weights of indicators were set up by questioning experts and analysing various

information sources. Due to the complexity of the problem under consideration the game theory has been applied, specifically, Hurwicz, Laplace, Hodges and Lehmen rules. Calculations according to these rules by LEVI 3.0 software have been performed. It is estimated that Virsuliskės neighbourhood is developing in the most sustainable way. and the best opportunities for business and residential property development are there.

**Keywords:** Vilnius, sustainability, indicators, evaluation, game theory, neighbourhoods, LEVI 3.0.

## 1. Įvadas

Šiandien pasaulyje populiarus darnaus vystymosi požiūris, kuris taikomas šalies, regiono, miesto ir gyvenamosios vietos mastu. Pavyzdžiui, lyginant atskirus konkretaus miesto administracinius rajonus, galima nustatyti jų vystymosi netolygumus. Tada tampa aišku, kokie rajonai klesti, o kokie linkę degraduoti. Mokslškai tai pagrindžius, miestovaldžiai lengviau nuspręsti, kokiems rajonams skirti daugiau lėšų, kad juos būtų galima padaryti patrauklesnius gyventojams, verslui ir naujoms investicijoms.

Pagal klasikinę sampratą darnus miesto vystymasis susideda iš trijų komponentų: socialinio, ekonominio ir aplinkos. Tačiau miestas yra unikali architektų, inžinierių ir statybininkų sukurta struktūra, todėl reikia išskirti „techniškąjį“ darnos aspektą. Kitaip tariant, vertinant miesto darnos lygį, būtina sukurti ir į skaičiavimus įtraukti dirbtinę miesto aplinką apibūdinančius rodiklius.

## 2. Tiriomojo objekto parinkimas

Darnai įvertinti pasirinktas Vilnius – svarbiausias Lietuvos miestas, nes jame sukonzentruotas didžiausias ekonominis potencialas, jame gyvena daugiausia gyventojų ir sukuriamas ketvirtis šalies BVP.

Vilniaus miestas padalintas į administracinius vienetus – seniūnijas. Iš viso jų yra 21. Vienose seniūnijose koncentruojasi gyvenamieji rajonai (Viršuliškės, Karoliniškės, Lazdynai ir kt.), kituose, pavyzdžiui, Paneriuose, įsikūrusios pramonės įmonės. Skiriasi seniūnijų apgyvendinimo tankis, dominuojančių pastatų aukštingumas ir paskirtis. Dėl šių ir kitų savitumų seniūnijų darnos lygį įvertinti ir palyginti tarpusavyje sudėtinga. Pavyzdžiui, norint palyginti Senamiestį su stambiaplokščiais pastatais apstatytu rajonu, kyla klausimas – rodiklį „pastato amžius“ maksimizuoti ar minimizuoti. Logika diktuoja, kad geriau, kai pastatas yra kuo naujesnis, tada jo nusidėvėjimas nedidelis. Kita vertus, senas, autentiškas pastatas Senamiestyje turi didelę istorinę-architektūrinę vertę. Taigi negalima kategoriškai teigti, jog naujumas neabejotinai yra privalumas. Prasminga seniūnijas pagal tam tikrus bendrus bruožus suklasifikuoti ir tik tada įvertinti tam tikrą seniūnijų grupę. Iš pradžių seniūnijos sugrupuojamos Neries upės krantų atžvilgiu, o po to pagal kitus požymius.

Dešinysis Neries krantas: a) seniūnijos (Fabijoniškių, Justiniškių, Karoliniškių, Lazdynų, Pašilaičių, Pilaitės, Šeš-

kinės, Verkių, Viršuliškių ir Žirmūnų), kuriose išikūrę gyvenamieji rajonai. Šiuose rajonuose dominuoja sovietmečiu (1959–1990) pastatyti daugiaaukščiai stambiaplokščiai, mūriniai ir monolitiniai gyvenamieji namai; b) seniūnijos (Žvėrynas, Šnipiškės), kuriose dominuoja mažaukštė statyba, individualūs namai. Šios seniūnijos ypatingos tuo, kad yra netoli miesto centro.

Kairysis Neries krantas: c) seniūnijos (Senamiesčio, Naujamiesčio), esančios centrinėje miesto dalyje. Čia yra daug istorinę-architektūrinę vertę turinčių pastatų; d) seniūnijos (Naujininkai, Paneriai, Vilkpėdė), kuriose susikonzentravusios pramonės įmonės; e) seniūnijos (Grigiškių, Naujosios Vilnios), nutolusios nuo miesto centro; f) kitos seniūnijos (Antakalnio, Rasų) nusidriekusios pagal tą pačią vertikaliąją ašį: Antakalnis į šiaurę ir rytus, o Rasos – į pietus.

Darnai įvertinti ir palyginti pasirinkta pirmoji, didžiausia, grupė, sudaryta iš dešimties seniūnijų (žr. 1 lentelę).

## 3. Reikalavimai rodikliams ir jų rūšys, rodiklių sistemos parinkimo ypatumai

Norint įvertinti miesto darną, reikia sudaryti seniūnijas apibūdinančią rodiklių sistemą. Kyla du klausimai – kokių ir kiek rodiklių reikia parinkti. Šiais klausimais buvo diskutuota daugelyje mokslinių publikacijų.

McMahonas [1] suformulavo tokius reikalavimus darnos rodikliams:

- suprantamumas ir gebėjimas supaprastinti kompleksinę informaciją;
- objektyviai perteikti kasdienius su darba ir gyvenimo kokybe susijusius reikalus;
- gebėti parodyti tam tikro laiko periodo tendencijas, ypač kai pokyčiai vyksta teigiama linkme;
- būti lankstiems, vykstant pokyčiams visuomenėje;
- leisti palyginti rajonus ir miestus tarpusavyje.

Fengas ir Xu [2] pabrėžė, kad:

- rodiklių sistema turi perteikti visus miesto vystymosi aspektus;
- rodiklių sistemos informacija turi būti nuosekli ir renkama iš patikimų šaltinių;
- rodiklių sistema turi būti lanksti, t. y. turėti galimybę sudaryti alternatyvias rodiklių sistemas.

Spangenbergas ir kiti [3] akcentavo:

- rodiklių svarbą nacionaliniu mastu;

- ryšį su pagrindiniais darnos tikslais;
- suprantamumą, aiškumą, paprastumą ir nedviprasmiškumą;
- realumą įgyvendinti įvertinant laiko, techninius ir kitus apribojimus;
- skaičiaus ribotumą (likę rodikliai – neturintys nustatytų ribų ir lengvai taikomi prie ateities pokyčių);
- plačią „Darbotvarkės 21“ aprėptį ir visus darnaus vystymosi aspektus;
- priimtinumą naudoti tarptautiniu mastu;
- atsižvelgimą į informaciją, kuri lengvai prieinama, arba prieinama už protingą kainą, yra atitinkamai dokumentuota, patikima bei reguliariai atnaujinama;
- nepriklausomumą, t. y. kiekvienas rodiklis turi būti prasmingas pats sau.

Atkissonas [4] manė, kad rodikliai turi:

- atspindėti ilgalaikes kultūrinės, ekonominės ir aplinkos būklės kitimo tendencijas;
- būti statistiškai įvertinami;
- patrauklūs vietinės žiniasklaidos priemonėms;
- suprantami paprastam žmogui.

Lietuvos mokslininkai (Burinskienė) [5] rekomenduoja:

- pasirinkti išmatuojamus rodiklius, t. y. išreiškiamus skaičiais, procentais, koeficientais;
- pasirinkti rodiklius, kurių duomenys oficialiai publikuojami, t. y. žinoma duomenų rinkimo metodologija, vartotos sąvokos ir apibrėžimai.

Pažymėtina, jog būta daug bandymų (Tweedas ir Jonesas) [6] sudaryti tokią rodiklių imtį, kuri geriausiai perteiktų miesto darną. Tačiau, nepaisant visų pastangų, egzistuoja daug įvairių rodiklių rinkinių. Siūloma tokia rodiklių rinkinių klasifikacija:

- daug paprastų rodiklių;
- keli sudėtiniai rodikliai;
- sudėtinis ir paprastų rodiklių derinys.

Galima rodiklius grupuoti į pagrindinius ir tarpusavyje susijusius (Spangenbergas) [7]. Pagrindiniai darnos rodikliai yra ekonominiai, socialiniai, aplinkos ir instituciniai. Susijusiųjų kategorijai priklauso socialiniai-ekonominiai, socialiniai-aplinkos, ekonominiai-instituciniai, socialiniai-instituciniai ir aplinkos-instituciniai.

Vieni mokslininkai (Huangas ir kiti) [8] išskiria du darnos rodiklių tipus: prognostinius ir retrospektyvinius. Prognostinis rodiklis teikia tiesioginę informaciją apie ateities būseną ir su ja susijusių socialinių ir ekonominių bei aplinkos rodiklių pokyčius. Retrospektyvinis rodiklis suteikia informacijos apie egzistuojančios politikos efektyvumą arba rodo raidos tendencijas.

Kiti (McMahonas) [1], vertindami, pavyzdžiui, gyvenimo kokybę Bristolyje (JK), rodiklius suskirstė į penkis lygius:

- bendrieji Europos rodikliai;

- svarbiausieji nacionaliniai ir regioniniai rodikliai;
- suinteresuotųjų grupių rodikliai;
- vietiniai, administracinį rajoną ir miestą apibūdinantys rodikliai;
- bendruomenės rodikliai.

Treti (Atkissonas) [4] išskyrė tris jų grupes:

- ribotas pagrindinių rodiklių skaičius (paprasčiausiam darnos įvertinimui);
- gausus antraeilių rodiklių skaičius (papildo pagrindinius rodiklius išsamiam darnos įvertinimui);
- provokuojantys rodikliai (menkai moksliskai pritaikomi, tačiau žaismingai išreiškia darną, pvz., išgertų kavos porcijų vienkartinuose puodeliuose skaičius).

Matyti, kad nėra vieningos nuomonės dėl rodiklių parinkimo ir sistemos sudarymo. Tačiau akivaizdu –parenkant konkrečią rodiklių sistemą reikia atsižvelgti į daugybę sąlygų, kaip antai: konkretaus miesto ypatumai, vertintojo išsilavinimas ir kompetencija, disponuojama informacija, kita.

#### 4. Seniūnijas įvertinančių rodiklių parinkimas ir jų reikšmių skaičiavimas

Vertinant bet kurio Vilniaus administracinio vieneto darną, laikomasi prielaidos, jog seniūnija yra darni, jei yra palankios sąlygos verslui egzistuoti, geros sąlygos gyventi ir pakankamai efektyvi infrastruktūra. Tam sukurta dvylikos rodiklių sistema, sąlygiškai suskaidyta į tris grupes. Pirmoji grupė (1–4) apibūdina verslo aplinką, atroji – gyvenamąją (5–8), o trečioji – infrastruktūrą (9–12) (žr. 1 lentelę).

1. *Seniūnijos teikiamų paslaugų kokybė, balai*; 2. *Inžinerinės komunalinės infrastruktūros būklė, balai*; 3. *Susisiekimas transportu, balai*; 4. *Aplinkos priežiūra, balai*. Šių keturių rodiklių reikšmės gautos atlikus verslo įmonių apklausą. Pavyzdžiui, į pateiktą klausimą – kokia seniūnijos teikiamų paslaugų kokybė – buvo galima atsakyti taip: „gera“, „patenkinama“, „bloga“, „neturi reikšmės“ ir „neturiu nuomonės“. Gauti atsakymai išreikšti procentais nuo apklaustųjų skaičiaus [9–18]. Įvertinimui „gera“ skirta 10 balų, įvertinimui „patenkinama“ – 5 balai, o įvertinimui „blogai“ – 1 balas.

Respondentų atsakymai „neturiu nuomonės“ arba „neturi reikšmės“ buvo atmesti ir į skaičiavimus neįtraukti. Procentai į balus transformuojami skaičiuojant svertinį įvertinimų vidurkį pagal formulę

$$n_{ij} = \frac{B_{ij} + 5P_{ij} + 10G_{ij}}{B_{ij} + P_{ij} + G_{ij}}, \quad (1)$$

čia  $B_{ij}$  –  $ij$ -ojo elemento „bloga“ įvertinimų procentas;  $P_{ij}$  –  $ij$ -ojo elemento „patenkinama“ įvertinimų procentas;  $G_{ij}$  –  $ij$ -ojo elemento „gera“ įvertinimų procentas. Pavyzdžiui,

1 lentelė. Vilniaus miesto seniūnijas apibūdinanti rodiklių sistema [9–25]

Table 1. Index System characterizing neighbourhoods of Vilnius [9–25]

Eil. Nr.	Rodiklis	Mata-vimo vnt.	*	Seniūnija									
				Fabi-joniškės	Justi-niškės	Karoli-niškės	Lazdy-nai	Pašilai-čiai	Pilaitė	Šeš-kinė	Verkiai	Viršu-liškės	Žirmū-nai
I. Verslo aplinką apibūdinantys rodikliai													
1	Seniūnijos teikiamų paslaugų kokybė	Balai	+	6,16	5,83	5,88	6,82	5,53	6,13	6,22	5,97	5,88	4,95
2	Inžinerinės-komunalinės infrastruktūros būklė	Balai	+	6,25	6,66	5,85	6,34	6,86	6,41	7,44	6,70	6,48	6,49
3	Susisiekimas transportu	Balai	+	6,71	6,88	7,68	7,3	7,65	7,57	6,96	7,12	7,96	7,46
4	Aplinkos priežiūra	Balai	+	6,14	5,78	5,96	6,27	6,55	7,5	5,76	6,88	6,47	5,9
II. Gyvenimo kokybę apibūdinantys rodikliai													
5	Gyventojų tankumas	Gyv. sk./km <sup>2</sup>	–	8927	10300	7725	3178	3024	1113	8318	551,7	6480	5565
6	Įmonių tankumas	Įm. sk./km <sup>2</sup>	+	101,95	92,7	81	40,2	54,1	10,63	118,4	9,71	127,2	166,4
7	Nusikalstamumo lygis, 10 000 gyventojų	Sk.	–	9,5	10,9	7,2	8,6	14,1	6,5	10,5	23,1	13,2	23,6
8	Būsto kaina	Lt/m <sup>2</sup>	–	1720	1720	1560	1560	1720	1560	1720	1900	1560	1720
III. Infrastruktūrą apibūdinantys rodikliai													
9	Važiavimo trukmė iki miesto centro	Min.	–	25	33	36	38	40	43	29	26	36	12
10	Pastatų administravimo išlaidos	Lt/m <sup>2</sup>	–	0,0568	0,0531	0,0582	0,0582	0,0531	0,0531	0,0542	0,0653	0,0558	0,0582
11	Pastatų techninė būklė	Balai	+	6,7	6,8	6,0	6,8	6,8	7,1	6,7	6,9	6,7	6,4
12	Pastatų architektūrinė vertė	Balai	+	4	4,1	3,1	3,6	4,3	4,6	4	4,3	3,9	3,7

\*Optimizacijos kryptis: „+“ – maksimizavimas; „–“ – minimizavimas.

Fabijoniškėse 17,0 proc. respondentų atsakė, jog seniūnijos teikiamų paslaugų kokybė yra gera; 39,6 proc. atsakė, kad ji patenkinama; 3,8 proc. teigė, kad ji bloga; o 39,6 proc. respondentų arba iš viso neturėjo nuomonės, arba jiems paslaugų kokybė nebuvo svarbi. Pagal (1) formulę apklausos rezultatai perskaičiuojami į balus:

$$n_{11} = \frac{(3,8 + 5 \times 39,6 + 10 \times 17,0)}{3,8 + 39,6 + 17,0} = 6,16 \text{ balo.}$$

5. *Gyventojų tankumas*, gyv. sk./km<sup>2</sup>. Šis rodiklis apibūdina viešųjų erdvių (parkų, skverų) buvimo galimybę seniūnijoje [19]. Apskaičiuojamas dalijant gyventojų skaičių iš seniūnijos ploto. Pavyzdžiui, Pilaitė užima 14,2 m<sup>2</sup>, joje gyvena 15 800 gyventojų. Vadinasi, gyventojų tankumas lygus 15 800/14,2 = 1 113 gyv./km<sup>2</sup>.

6. *Įmonių tankumas*, įm. sk./km<sup>2</sup>. Šis rodiklis iš dalies apibūdina galimybę susirasti darbo seniūnijos teritorijoje [19]. Apskaičiuojamas dalijant įmonių skaičių iš seniūnijos ploto. Pavyzdžiui, Šeškinėje registruota 521 įmonė, o seniūnija užima 4,4 km<sup>2</sup>. Taigi įmonių tankumas yra 521/4,4 = 118,4 vnt./km<sup>2</sup>.

7. *Nusikalstamumo lygis 10 000 gyventojų, sk.* Apibūdinamas nusikaltimų skaičiumi 10 000 gyventojų [20].

8. *Būsto kaina*, Lt/m<sup>2</sup>. Priimama 2-jų kambarių buto vi-

duotinė vieno kvadratinio metro kaina nerenovuotame daugiakauščiame name, įvertinant, ar pastatas stambiaplokštis, mūrinis ar monolitinis [21]. Pavyzdžiui, Fabijoniškėse vyrauja stambiaplokščiai, mūriniai ir monolitiniai daugiabučiai gyvenamieji namai. 2-jų kambarių buto 1 m<sup>2</sup> kaina stambiaplokščiame name svyruoja nuo 1 440 Lt iki 1 680 Lt [21]. O tokio pat buto 1 m<sup>2</sup> kaina mūriniame ar monolitiname pastate įvairuoja nuo 1 800 iki 2 000 Lt [21]. Taigi apatinė kainos riba imama 1 440, o viršutinė – 2 000 Lt. Tada vidutinė 1 m<sup>2</sup> kaina apskaičiuojama taip: (1 440 + 2 000)/2 = 1 720 Lt.

9. *Važiavimo trukmė iki miesto centro, min.* Šis rodiklis įvertina laiką, sugaištamą važiuojant iš „namų“ į miesto centre vykstantį koki nors kultūrinį renginį visuomeniniu transportu (troleibusais ir autobusais) [22, 23]. Fiktyvios kelionės diena – šeštadienis, menamas atvykimo laikas – apie 18 val. vakaro. Kelionės maršrutas nustatomas taip. Išvykimo vieta: nuo gyvenamųjų namų grupės „svorio“ centro arčiausiai esanti stotelė. Atvykimo vieta: stotelės „Savivaldybė“, „Karaliaus Mindaugo“ arba „Katedra“ (miesto centras). Įvertinamas trumpiausias maršrutas su kuo mažesniu persėdimų skaičiumi. Jei keliaujama su persėdimais, jam skiriama 10 min. Pavyzdžiui, iš Viršuliškių miesto centras pasiekiamas taip. Iš stotelės „Viršuliškės“ (išvykimo laikas 17.35) 19-uoju troleibusu važiuojama iki „Žalgirio

stadiono“ (atvykimo laikas 17.53), o iš ten (išvykimo laikas 17.56) 2-uoju troleibusu pasiekama stotelė „Savivaldybė“ (atvykimo laikas 18.04). Iš viso kelionėje užtrunkama 29 min. Dar pridėdamos 7 minutės, nes pagal tvarkaraštį persėsti skirtos tik 3 minutės. Vadinasi, iš viso sugaištamoms 36 minutės.

10. *Pastatų administravimo išlaidos, Lt/m<sup>2</sup>* [24]. Tai daugiaaukščių gyvenamųjų pastatų administravimo išlaidos.

11. *Pastatų techninė būklė, balai*. Šis rodiklis apibrėžiamas trimis parametrais: sienų, stogo ir langų/durų būklė, kuri išreiškiama balais: 1–3 balai – gerai; 4–6 balai – vidutiniškai; 7–9 balai – prastai [25]. Skaičiuojant šis rodiklis maksimizuojamas, todėl didesnis balų skaičius turėtų reikšti geresnę būklę. Dėl šios priežasties duomenų bazėje naudojami įvertinimai transformuojami pagal tokią formulę:

$$n_{ij} = 10 - t_{ij}. \quad (2)$$

Be to, apskaičiuojamas apibendrintas techninės būklės rodiklis, išvedant iš minėtų parametrų vidurkį. Šis rodiklis apskaičiuojamas, imant bent po penkis namus iš kiekvienos seniūnijoje esančios gatvės, kurioje yra daugiaaukščių gyvenamųjų namų. Pavyzdžiui, skaičiuojant Fabijoniškių gyvenamųjų namų techninę būklę, buvo atsitiktinai atrinkta po penkis gyvenamuosius namus iš Ateities, Didlaukio, Fabijoniškių, Geležinio Vilko, L. Giros, P. Žadeikos, S. Stanevičiaus, Ukmergės, Visorių, Gedvydžių, Šleževičiaus ir Kaimelio gatvių.

12. *Pastatų architektūrinė vertė, balai* [23]. Duomenų bazėje esantys įvertinimai perskaičiuojami pagal (2) formulę. Paskui išvedama vidutinė vertė. Pavyzdžiui, vertinant Fabijoniškių gyvenamųjų namų architektūrinę vertę, buvo nagrinėjami tie patys pastatai, kaip nustatant techninę būklę.

Nustačius rodiklių sistemą ir suteikus skaitines reikšmes sprendžiamas kitas svarbus uždavinys – nustatyti rodiklių reikšmingumus. Tai dažniausiai atliekama ekspertiniais metodais. Teoriniai ir praktiniai ekspertinių metodų taikymo įvairiose srityse aspektai yra plačiai išnagrinėti (Arditi ir kiti [26], Fishburnas [27], Keeney'as [28], Heins'as [29], Rosmulleris ir kiti [30]). Rodiklių svoriai, nustatyti ekspertiniais metodais, rodo, kiek vienas kriterijus svarbesnis už kitą. Šiame darbe rodiklių reikšmingumai nustatyti taikant ekspertinį vertinimo metodą, pasiūlytą Kendallo [31]. Statybos srityje šio metodo taikymo ypatumai buvo nagrinėti Zavadsko [32].

Rodiklių reikšmingumams nustatyti buvo apklausti dešimt Vilniaus Gedimino technikos universiteto (VGTU) mokslininkų, dirbančių miestų planavimo, statybos srityse. Jie yra pakankamai informuoti, suinteresuoti asmenys, galintys apibūdinti svarbiausius miesto darną apibūdinančius veiksnius ir jų reikšmę.

Rodiklių svarba darnai buvo vertinama skaitinėje skalėje nuo 0 iki 10 (10 balų – absoliučiai svarbus rodiklis, 9 – labai svarbus, 8 – svarbus, 7 – dažniausiai svarbus, 6 – dažnai reikalingas, 5 – reikalingas, 4 – dažniausiai nesvarbus, 3 – nesvarbus, 2 – dažniausiai nereikalingas, 1 – šiuo atveju nereikalingas, 0 – neegzistuoja).

Apdorojus anketas gautos šios rodiklių reikšmingumų reikšmės:  $q_1 = 0,0448$ ;  $q_2 = 0,1318$ ;  $q_3 = 0,1291$ ;  $q_4 = 0,0652$ ;  $q_5 = 0,0625$ ;  $q_6 = 0,0652$ ;  $q_7 = 0,1019$ ;  $q_8 = 0,1291$ ;  $q_9 = 0,1087$ ;  $q_{10} = 0,0489$ ;  $q_{11} = 0,0897$ ;  $q_{12} = 0,0231$ .

Ekspertų vertinimo patikimumas išreiškiamas ekspertų nuomonių konkordacijos koeficientu, apibūdinančiu individualių nuomonių sutapimo laipsnį:

$$W = \frac{12S}{r^2 \times (n^3 - n) - r \sum_{k=1}^r T_k}, \quad (3)$$

$$S = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{k=1}^r t_{jk} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r t_{jk} \right)^2, \quad (4)$$

$$T_k = \sum_{l=1}^{H_l} (h_l^3 - h_l), \quad (5)$$

čia  $S$  – kiekvieno rodiklio įvertinimo rezultatų nuokrypio kvadratų suma;  $T_k$  –  $k$  ranžiruotėje susijusių rangų rodiklis;  $H_l$  – lygių rangų grupių skaičius  $k$  ranžiruotėje;  $h_l$  – lygių rangų,  $l$  susijusių rangų grupėje, skaičius vertinant  $k$  ekspertui;  $t_{jk}$  –  $k$  eksperto  $j$  rodikliui priskiriamas rangas;  $r$  – ekspertų skaičius;  $n$  – vertinamų rodiklių skaičius.

Konkordacijos koeficientas lygus 1, jei visos ekspertų ranžiruotės vienodos; lygus 0, jei visos ranžiruotės skirtingos, t. y. visiškai nesutampa.

Tačiau žinome, kad konkordacijos koeficiento dydis yra atsitiktinis, todėl ekspertų nuomonių suderinamumui įvertinti tikslinga apskaičiuoti konkordacijos koeficiento reikšmingumą  $\chi_{a,v}$ .

Konkordacijos koeficiento reikšmingumas nustatomas pagal formulę:

$$\chi^2 = \frac{12S}{r \times n \times (n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^r T_k}. \quad (6)$$

Kendallas [31] įrodė, kad jeigu rodiklių skaičius  $n > 7$ , tuomet konkordacijos koeficiento reikšmingumo  $\chi^2 = W \times r \times (n-1)$  dydžiui būdingas pasiskirstymas su laisvės laipsnių skaičiumi  $v = n - 1$ , čia  $n$  – rodiklių skai-

čius ir  $r$  – ekspertų skaičius. Taip pat buvo įrodyta, kad apskaičiuota  $\chi^2$  reikšmė turi būti didesnė negu lentelinė  $\chi^2_{lent}$ , kuri nustatoma atsižvelgiant į laisvės laipsnių skaičių ir pasirinkto reikšmingumo lygį (pvz.,  $\alpha = 0,01$  arba  $P = 1\%$ ), kuris parodo ekspertų nuomonių nesutapimo atvejo tikimybę.

Jei  $\chi^2_{\alpha, \nu} > \chi^2_{lent}$ , ekspertų suderintų nepriklausomų ranžiruočių hipotezė priimama ir tai reiškia, kad konkordacijos koeficiento reikšmingumas egzistuoja a lygiu ir ekspertų nuomonių suderinamumas yra pakankamas. Ir atvirkščiai, jeigu  $\chi^2_{\alpha, \nu} < \chi^2_{lent}$ , ekspertų nuomonės nesutampa, t. y. jos iš esmės skirtingos ir suderintų ranžiruočių hipotezė negali būti priimta.

Šiuo atveju turime  $n = 12$ ,  $\nu = 11$  ir parinktas reikšmingumo lygis yra  $\alpha = 0,01$ , todėl išvardytos sąlygos turi būti įvykdytos.

Pagal (3) formulę apskaičiuojamas konkordacijos koeficientas:

$$T_1 = T_4 = T_5 = T_7 = T_8 = 2^3 - 2 = 6; T_2 = T_9 = T_{10} = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 12; T_3 = 0; T_6 = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (3^3 - 3) = 36.$$

$$\sum_{k=1}^r T_k = 6 \times 5 + 12 \times 3 + 36 = 102;$$

$$W = \frac{12 \times 8097}{10^2 (12^3 - 12) - 10 \times 102} = 0,570.$$

Pagal (6) formulę nustatomas konkordacijos koeficiento reikšmingumas:

$$\chi^2 = \frac{12 \times 8097}{10 \times 12 (12 + 1) - \frac{102}{12 - 1}} = 62,7.$$

Nustatomas lentelinis konkordacijos koeficiento reikšmingumas ir atliekamas lyginimas:

$\chi^2_{lent} = 24,7$  iš [33], kai laisvės laipsnių skaičius lygus 11, o priimto reikšmingumo lygis lygus 0,01. Kadangi  $62,7 > 24,7$ , kai  $\alpha = 0,01$  ir  $\nu = 11$ , ekspertų nuomonės suderintos esant 99% tikimybei.

## 5. Daugiatiksliai sprendimų priėmimo metodai, seniūnijų įvertinimas taikant lošimų teoriją

Darnos lygis įvertinamas vienu skaičiumi. Kuo tas skaičius didesnis, tuo miesto (seniūnijos) darnos lygis aukštesnis, o suinteresuotų grupių (verslininkų, gyventojų) poreikiai labiau patenkinti. Kitaip tariant, darnos lygis yra kompromisinis sprendinys, kompleksiskai įvertinantis visus rodiklius. Tokį sprendinį galima gauti taikant daugiatikslius sprendimų priėmimo metodus.

1896 m. V. Pareto [34] pirmasis pritaikė klasikinius daugiatikslių optimizacijos ir prioritetiškumo nustatymo metodus bei naudingumo funkcijas. Daugiatikslių analizės metodai buvo sukurti XX a. septintajame dešimtmetyje sprendžiant visuomenės ir aplinkos problemas. Politinėms ir ekonominėms problemoms spręsti 1977 m. T. L. Saaty [35] pasiūlė originalius sprendimų priėmimo modelius, naudojančius nepakankamą informaciją. Savo naujausiuose veikaluose T. L. Saaty nagrinėjo vertinimo problemas neapibrėžtumo sąlygomis, sukūrė ir taikė AHP metodą išteklių paskirstymo uždaviniui spręsti [36]. Daugiatikslių sprendimų priėmimo metodų yra įvairių, todėl jie gali būti skirtingai suklasifikuoti. Klasifikuojama pagal naudojamos skaičiuoti informacijos pobūdį (deterministiniai, stochastiniai, neapibrėžtų aibių) ar sprendimų priėmėjų skaičių (vienas ar grupė). Skirtingi mokslininkai pateikia savas metodų klasifikacijas [37–39].

Suformuluoto uždavinio alternatyvų rodikliai yra diskretūs, nežinomi rodiklių pasiskirstymo dėsniai ir galimos jų kitimo ribos, todėl čia pritaikyti lošimų teorijos metodai (Waldo, Hurwiczo, Laplace'o, Hodgeso ir Lehmano taisyklės). Jie taip pat priklauso daugiatikslių sprendimų priėmimo metodų grupei.

**Waldo taisyklė** [40]. Ši taisyklė dar žinoma kaip maksimumo kriterijus. Pagal Waldo taisyklę optimalus sprendinys lygus:

$$S_1^* = \left\{ S_{1i} \mid S_{1i} \in S_1 \cap \left\{ S_{1i0} \mid a_{i0j0} = \max_i \min_j a_{ij} \right\} \right\}. \quad (7)$$

**Hurwiczo taisyklė** [41, 42]. Sprendimas pagal šią taisyklę grindžiamas blogiausiu ir geriausiu rezultatu. Minimumo ir maksimumo elementai vienijami į pasvertą vidurkį su parametru  $\lambda$ . Kai  $\lambda = 0$ , tai gaunamas sprendinys, nutolęs nuo optimalaus sprendinio. Kuo  $\lambda$  didesnis, tuo sprendinys arčiau optimalaus. Kai  $\lambda = 1$ , atsižvelgiama tik į maksimalius dydžius. Šiame darbe iškeliamo hipotezę, kad visi variantai vienodai nutolę nuo optimalaus, todėl priimame  $\lambda = 0,5$ . Pagal Hurwiczo taisyklę optimalus sprendinys lygus:

$$S_1^* = \left\{ S_{1i} \mid S_{1i} \in S_1 \cap \left\{ \begin{array}{l} S_{1i0} \mid h_{i0} = \max_i h_i; \\ h_i = (1 - \lambda) \min_j a_{ij} + \\ + \lambda \max_j a_{ij}; \quad 0 \leq \lambda \leq 1 \end{array} \right\} \right\}. \quad (8)$$

**Laplace'o taisyklė** [43]. Pagal šią taisyklę parenkamas optimalus sprendinys lygus:

$$S_1^* = \left\{ S_{1i} \mid S_{1i} \in S_1 \cap \left\{ \begin{array}{l} S_{1i0} \mid \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{i0j} = \\ = \max_i \left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \right) \end{array} \right\} \right\}. \quad (9)$$

**Hodgeso ir Lehmano taisyklė** [44]. Pagal šią taisyklę parenkamas optimalus sprendinys lygus:

$$S_i^* = \left\{ S_{i_i} \mid S_{i_i} \in S_i \cap \left\{ \begin{array}{l} S_{i_0} \left| \lambda \sum_{j=1}^n q_j a_{i_0 j} + \right. \\ \left. + (1-\lambda) \min_i a_{i_0 j} = \right. \\ \left. = \max_i \left[ \begin{array}{l} \lambda \sum_{j=1}^n q_j a_{ij} = \\ = (1-\lambda) \min_j a_{ij} \end{array} \right] \right. \right\} \right\} \quad (10)$$

Paprastai rodikliai turi skirtingas dimensijas, todėl jie negali būti tiesiogiai palyginti tarpusavyje. Išimtinis atvejis – kai visi rodikliai įvertinami balų sistema, bet tada neišvengiama subjektyvumo. Todėl rodikliai vertinami balais tik būtinais atvejais. Norint palyginti skirtingos dimensijos rodiklius, naudojama vadinamoji normalizacijos procedū-

ra. Esti įvairių normalizavimo būdų [45]. Šiam uždaviniui pritaikytos tiesinio normalizavimo formulės: (6) – kai geriausia maksimali rodiklio reikšmė ir (7) – kai geriausia minimali rodiklio reikšmė:

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max_i a_{ij}}, \quad b_{ij} = \frac{\min_i a_{ij}}{a_{ij}}. \quad (6, 7)$$

Šios formulės leidžia išlaikyti rodiklių reikšmių proporcingumą.

Waldo, Hurwiczo, Laplace'o Hodgeso ir Lehmano taisyklės bei tiesinio normalizavimo metodas pritaikyti ir uždavinys išspręstas panaudojus LEVI 3.0 programą, kuri buvo pristatyta daugelyje mokslinių publikacijų ir knygų [46–49].

Toliau pateikiami minėtos programos spausdiniai: sprendimų priėmimo matrica (žr. 1 pav.), sprendimo rezultatai (žr. 2 pav.). Sudarytos variantų prioritetų eilutės (žr. 2 lentelę).

Var.	x1(+)	x2(+)	x3(+)	x4(+)	x5(-)	x6(+)	x7(-)	x8(-)	x9(-)	x10(+)	x11(+)	x12(+)
1	6.16	6.25	6.71	6.14	8927.00	101.95	9.50	1720.00	25.00	5.68	6.70	4.00
2	5.93	6.66	6.88	5.78	10300.00	92.70	10.80	1720.00	33.00	5.31	6.80	4.10
3	5.88	5.85	7.68	5.96	7725.00	81.00	7.20	1960.00	36.00	5.82	6.00	3.10
4	6.82	6.34	7.30	6.27	3178.00	40.20	8.60	1960.00	38.00	5.82	6.80	3.60
5	5.53	6.86	7.65	6.95	3024.00	54.10	14.10	1720.00	40.00	5.31	6.80	4.30
6	6.13	6.41	7.57	7.50	1113.00	10.63	6.50	1960.00	43.00	5.31	7.10	4.60
7	6.22	7.44	6.96	5.76	8318.00	118.40	10.50	1720.00	29.00	5.42	6.70	4.00
8	5.97	6.70	7.12	6.88	551.70	9.71	23.10	1900.00	26.00	6.53	6.90	4.30
9	5.88	6.48	7.96	6.47	6480.00	127.20	13.20	1960.00	36.00	5.58	6.70	3.90
10	4.95	6.49	7.46	5.90	5565.00	166.40	23.60	1720.00	12.00	5.82	6.40	3.70

1 pav. Sprendimų priėmimo matrica

Fig 1. Decision making matrix

Favourable variant according to Hodges-Lehmann: **9 (λ = 0.5)**

VAR	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	Result
9	0.048	0.132	0.128	0.085	0.062	0.085	0.132	0.128	0.185	0.049	0.090	0.023	
9	5.98	6.48	7.96	6.47	6480.00	127.20	13.20	1960.00	36.00	5.58	6.70	3.90	0.99

Favourable variant according to Hurwicz

VAR	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	Result
9	0.048	0.132	0.128	0.085	0.062	0.085	0.132	0.128	0.185	0.049	0.090	0.023	
9	5.98	6.48	7.96	6.47	6480.00	127.20	13.20	1960.00	36.00	5.58	6.70	3.90	0.99

Favourable variant according to Laplace: **6**

Unequivocal solution

VAR	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	Result
6	7.10	4.00											0.72
9	6.70	3.90											0.68
5	6.80	4.30											0.57
8	6.80	3.60											0.56
7	6.70	4.00											0.56
1	6.70	4.00											0.48
2	6.80	4.90											0.47
10	6.40	3.70											0.45
8	6.90	4.30											0.44
3	6.80	3.90											0.41

2 pav. Sprendiniai pagal Hodgesą ir Lehmaną, Waldą, Hurwiczą, Laplace'ą

Fig 2. Calculation outputs according to Hodges and Lehman, Wald, Hurwicz, Laplace

**2 lentelė.** Variantų prioritetų eilės pagal Hodgesą ir Lehmaną, Waldą, Hurwiczą, Laplace'ą (kai  $\lambda = 0,5$ )

**Table 2.** Rank of variants' priorities according to Hodges and Lehman, Wald, Hurwicz, Laplace (when  $\lambda = 0,5$ )

Taikyti metodai	Variantų prioritetų eilės
Waldo taisyklė	$V_9 \succ V_4 \succ V_5 \succ V_1 \succ V_2 \succ V_6 \succ V_7 \succ V_8 \succ V_3 \succ V_{10}$
Hurwiczo taisyklė	$V_9 \succ V_4 \succ V_5 \succ V_3 \succ V_6 \succ V_7 \succ V_8 \succ V_2 \succ V_{10} \succ V_1$
Laplace'o taisyklė	$V_6 \succ V_9 \succ V_5 \succ V_4 \succ V_7 \succ V_1 \succ V_2 \succ V_{10} \succ V_8 \succ V_3$
Hodgeso ir Lehmano taisyklė	$V_9 \succ (V_1; V_2; V_3; V_4; V_5; V_6; V_7; V_8; V_{10})$

## 6. Išvados

Nustatyta, kad lošimų teorijos metodai tinkami kompleksiskai vertinant socialinius, ekonominius ir inžinerinius-techninius miesto darnos rodiklius.

Pagal Hodgeso ir Lehmano, Waldo bei Hurwiczo taisykles gauta, jog darniausiai vystosi Viršuliškių seniūnija. Skaičiavimai pagal Laplace'o taisyklę Pilaite' nurodo kaip darniausią seniūniją. Vis dėlto pagal prioritetiškumą kitas variantas (pagal Laplace'ą) yra Viršuliškės.

Apibendrinus skaičiavimo rezultatus, galima teigti, jog iš pasirinktų seniūnijų Viršuliškės yra palankiausia vieta verslui plėtoti ir žmonėms gyventi. Tai patvirtina miesto valdžios veiksmai tobulinti transporto infrastruktūrą, nekilnojamojo turto plėtotojai čia planuoja statyti daugiakubius gyvenamuosius namus.

Vertinant tik inžineriniu-techniniu aspektu lyderio poziciją užimtų Pilaite, nes čia didžiausia pastatų architektūrinė vertė, geriausia techninė pastatų būklė ir mažiausios pastatų administravimo sąnaudos.

## Literatūra

- McMahon, S. K. The development of quality of life indicators – a case study from the City of Bristol, UK. *Ecological Indicators*, Vol 2, 2002, p. 177–185.
- Feng, S.; Xu, L. D. Decision support for fuzzy comprehensive evaluation of urban development. *Fuzzy Sets and Systems*, 105, 1999, p. 1–12.
- Spangenberg, J. H.; Pfahl, S.; Deller, K. Towards indicators for institutional sustainability: lessons from an analysis of Agenda 21. *Ecological Indicators*, 2, 2002, p. 61–77.
- Atkisson, A. Developing indicators of sustainable community: lessons from sustainable Seattle. *Environment Impact Assessment Review*, 16, 1996, p. 337–350.
- Burinskienė, M. Sustainable development in masterplans of Lithuanian cities. *Statyba* (Civil Engineering), Supplement “Urban development and roads”, No 7. Vilnius: Technika, 2000, p. 3–9.
- Tweed, Ch. and Jones, Ph. The role of models in arguments about urban sustainability, *Environmental Impact Assessment Review*, Vol 20, Issue 3, June 2000, p. 277–287.
- Spangenberg, J. H. Environmental space and the prism of sustainability: frameworks for indicators measuring sustainable development. *Ecological Indicators*, Vol 2, 2002, p. 295–309.
- Huang, S. L.; Wong, J. H.; Chen, T. Ch. A framework of indicator system for measuring Taipei's urban sustainability. *Land-scape and Urban Planning*, Vol 42, 1998, p. 15–27.
- Neighbourhood „Fabijoniškės“. [http://www.vilnius.lt/I/v\\_sklaida/fabijoniskes.gif](http://www.vilnius.lt/I/v_sklaida/fabijoniskes.gif) [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- Neighbourhood „Justiniškės“. [http://www.vilnius.lt/I/v\\_sklaida/justiniskes.gif](http://www.vilnius.lt/I/v_sklaida/justiniskes.gif) [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- Neighbourhood „Karoliniškės“. [http://www.vilnius.lt/I/v\\_sklaida/karoliniskes.gif](http://www.vilnius.lt/I/v_sklaida/karoliniskes.gif) [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- Neighbourhood „Lazdynai“. [http://www.vilnius.lt/I/v\\_sklaida/lazdynai.gif](http://www.vilnius.lt/I/v_sklaida/lazdynai.gif) [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- Neighbourhood „Pašilaičiai“. [http://www.vilnius.lt/I/v\\_sklaida/pasilaiciai.gif](http://www.vilnius.lt/I/v_sklaida/pasilaiciai.gif) [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- Neighbourhood „Pilaite“. [http://www.vilnius.lt/I/v\\_sklaida/pilaite.gif](http://www.vilnius.lt/I/v_sklaida/pilaite.gif) [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- Neighbourhood „Šeškinė“. [http://www.vilnius.lt/I/v\\_sklaida/seskinė.gif](http://www.vilnius.lt/I/v_sklaida/seskinė.gif) [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- Neighbourhood „Verkiiai“. [http://www.vilnius.lt/I/v\\_sklaida/verkiiai.gif](http://www.vilnius.lt/I/v_sklaida/verkiiai.gif) [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- Neighbourhood „Viršuliškės“. [http://www.vilnius.lt/I/v\\_sklaida/virsuliskes.gif](http://www.vilnius.lt/I/v_sklaida/virsuliskes.gif) [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- Neighbourhood „Žirmūnai“. [http://www.vilnius.lt/I/v\\_sklaida/zirmunai.gif](http://www.vilnius.lt/I/v_sklaida/zirmunai.gif) [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- 2000–2002: Vilnius is our city. Vilnius major's report to citizens. Vilniaus miesto savivaldybė, 82 p.
- Crime rate in neighbourhoods. <http://www.vilnius.lt/zinios/Image45.gif> [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- Residential property prices in Lithuania. [http://www.oberhaus.lt/documents/3e6ab4048998467\\_Busto\\_apzvalga\\_2003\\_2004.pdf](http://www.oberhaus.lt/documents/3e6ab4048998467_Busto_apzvalga_2003_2004.pdf) [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- Traffic schedules. <http://213.197.143.125/m.asp?k=0&k=1> [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- Vilnius city map. [http://www.vilnius-transport.lt/images/mrweb\\_1.gif](http://www.vilnius-transport.lt/images/mrweb_1.gif) [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- Bureau of Vilnius city. Act No. 643V <http://www.vilnius.lt/dokum/00V0-643.htm> [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- Buildings in Vilnius. <http://www.vilnius.lt/paveldas/seniunijos.php> [revised 02 11 2004 (in Lithuanian)].
- Arditi, D.; Gunaydin, H. M. Perception of process quality in building projects. *Journal of Management in Engineering*, Vol 15(2), 1998, p. 43–53.
- Fishburn, P. C. Utility theory for decision-making. New York, Wiley, 1970.



28. Keeney, R. L.; Raiffa, H. Decision with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs. New York, John Wiley & Sons, 1976.
29. Heins, W.; Röling, M. W. M. Application of multiattribute theory in a safety monitor for the planning of maintenance jobs. *European Journal of Operational Research*, 1995, 86(2), p. 270–280.
30. Rosmuller, N.; Beroggi, G. E. G. Group decision-making in infrastructure safety planning. *Safety Science*, 2004, 42(4), p. 325–349.
31. Kendall, M. G. Rank Correlation Methods. 4-th ed. Griffin, London, 1970.
32. Zavadskas, E. K.; Peldschus, F.; Kaklauskas, A. Multiple criteria evaluation of projects in construction. Technika, Vilnius, 1994.
33. Kruopis, J. Statistics (Matematinė statistika). Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla, 1993. 412 p. (in Lithuanian).
34. Pareto, V. Manual of Political Economy. New York: A. M. Kelley, 1971.
35. Saaty, T. L. Mathematical models of conflict situations (Математические модели в конфликтных ситуациях). Moscow: Sov. Radio, 1977 (in Russian).
36. Saaty T. L.; Vargas L. G.; Dellmann K. The allocation of intangible resources: The Analytic Hierarchy Process and linear programming, *Socio-Economic Planning Sciences*, 37, 2003, p. 169–184.
37. Hwang, C. L.; Yoon, K. Multiple (Attribute) Decision Making. Methods and Applications, Berlin, Heidelberg, New York, 1981. 259 p.
38. Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Banaitienė, N. Multiple criteria analysis of a building life cycle (Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė). Vilnius: Technika, 2001. 379 p. (in Lithuanian).
39. Zavadskas, E. K. Multiple criteria solutions in construction (Mehrkriterielle Entscheidungen im Bauwesen). Vilnius: Technika, 2000. 208 p. (in German).
40. Wald, A. Statistical decisions functions which minimize the maximum risk, *Annals of Mathematics*, 1945, p. 265–280.
41. Hurwicz, L. Optimality Criteria for Decision Making under Ignorance, Cowles Commission Paper, Statistics, 370, 1951, p. 45–52.
42. Peldschus, F.; Zavadskas, E. K. Matrix games in building technology and management (Matriciniai lošimai statybos technologijoje ir vadyboje). Vilnius: Technika, 1997. 134 p. (in Lithuanian).
43. Arrow, K. J. Bayes and Minimax Solutions of Sequential Decision Problems, *Econometrica*, 1949, p. 213–243.
44. Hodges, J. L.; Lehman E. L. The Use of Previous Experience in Reaching Statistical Decision, *Annals of Mathematics studies*, 1952, p. 396–407.
45. Peldschus, F. Sensitivity investigations to methods of the multiple criteria decisions. *Statyba (Civil Engineering)*, Vol 7, No 4. Vilnius: Technika, 2001, p. 276–280 (in German).
46. Zavadskas, E. K.; Ustinovičius, L.; Turskis, Z.; Peldschus, F.; Messing D. LEVI 3.0 – multiple criteria evaluation program for construction solutions. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol VIII, No 2. Vilnius: Technika, 2002, p. 184–191.
47. Peldschus, F.; Zavadskas, E. K.; Ustinovičius, L.; Turskis, Z. Game theory in building technology and management. Monograph (Lošimų teorija statybos technologijoje ir vadyboje). Vilnius: Technika, 2004. 196 p. (in Lithuanian).
48. Peldschus, F.; Messing, D.; Zavadskas, E. K.; Ustinovičius, L.; Turskis Z. LEVI 3.0 – Multiple criteria evaluation program under uncertainty. *Technological and economic development of economy (Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas)*, Vol 8, No 1. Vilnius: Technika, 2002, p. 3–12 (in Lithuanian).
49. Zavadskas, E. K.; Peldschus, F.; Ustinovičius, L. Development of software for multiple criteria evaluation. *Informatika*, Vol 14, No 2, 2003, p. 259–272.

**Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS.** Doctor Habil, Professor, Dr honoris causa of Poznan, Sankt Petersburg and Kiev, Vice Rector of Vilnius Gediminas Technical University. Member of Lithuanian Academy of Sciences, President of Lithuanian Operational Research Society, President of Alliance of Experts of projects and buildings of Lithuania. Department of Construction Technology and Management. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT–10223 Vilnius-40, Lithuania.

E-mail: Edmundas.Zavadskas@st.vtu.lt

In 1973 Doctor (building structures). Professor at the Department of Construction Technology and Management. In 1987, Dr Habil degree (problems of building technology and management). Research visits to Moscow Civil Engineering Institute, Leipzig and Aachen Higher Technical Schools. He maintains close academic links with the universities of Aalborg (Denmark), Salford and Glamorgan (UK), Poznan University of Technology (Poland), Leipzig Higher School of Technology, Economics and Culture (Germany). Member of international organizations. Member of steering and programme committees of many international conferences. Member of editorial boards of some research journals. Author of monographs in Lithuanian, English, German and Russian.

Research interests: building technology and management, decision-making theory, automation in design, expert systems.

**Jonas ŠAPARAUSKAS.** Doctor, Associate Professor, Department of Construction Technology and Management. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT–10223 Vilnius-40, Lithuania.

E-mail: Jonas.Saparauskas@st.vtu.lt

First degree in civil engineering, Vilnius Gediminas Technical University (1997). Master of Science (1999). Doctor (2004). Research visits to Leipzig Higher School of Technology, Economics and Culture (Germany, 2000 and 2001) and Eindhoven University of Technology (The Netherlands, 2002). Researcher in International Project „Intelligent cities“ (2004), Member of the EWG-MCDA Working Group within EURO. Author of about 15 scientific articles. Research interests: construction technology and organisation, project management, multiple criteria decision making and sustainable urban development.

**Artūras KAKLAUSKAS.** Doctor Habil, Professor. Department of Construction Economics and Property Management. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT–10223 Vilnius-40, Lithuania.

E-mail: Arturas.Kaklauskas@st.vtu.lt

Academic Experience (Vilnius Gediminas Technical University): PhD Student (1987-1989), senior lecturer (1990-1995), associate professor (1995-2000), Chairman of the Department of Construction Technology and Management (1996-2001), professor (2000-), Chairman of the Department of Construction Economics and Property Management (2001-). A.Kaklauskas is participating in four Framework 5 and two Framework 6 programs and is the leader of the CIB Study group SG1 “The Application of Internet Technologies in Building Economics”. Research interests: Internet based and e-business systems (property, construction and export), decision making theory, decision support systems, etc. A.Kaklauskas is the author of 107 research publications and 5 monographs.

**Zenonas TURSKIS.** Doctor of Technical Science, senior research fellow of Construction Technology and Management laboratory of Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT–10223 Vilnius-40, Lithuania.

E-mail: zenonas.turskis@st.vtu.lt

Research interests: building technology and management, decision-making theory, computer- aided automation in design, expert systems. Author of 20 scientific articles.

**Tatjana VILUTIENĖ.** Doctor, Associate Professor, Department of Construction Technology and Management. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT–10223 Vilnius-40, Lithuania.

E-mail: Tatjana.Vilutiene@st.vtu.lt

First degree in civil engineering, Vilnius Gediminas Technical University (1998). Master of Science (2000). Doctor (2004). Research interests: construction management, multiple criteria decision making and facilities management. Author of 16 research articles.