

## STATYBOS SISTEMŲ TECHNOLOGIŠKUMO NUSTATYMAS AHP METODU

R. Ginevičius, V. Podvezko, A. Andruškevičius

### 1. Įvadas

Statybos įmonių komercinės veiklos rezultatai, taigi ir jų konkurencingumas, labai priklauso nuo pastatų ir statinių statybos technologijos bei organizavimo [1]. Siekiant nustatyti šią priklausomybę, abu juos reikia išreikšti kiekybiškai. Analizė rodo, kad sprendžiant šį uždavinį svarbu žinoti veiksnius, nuo kurių priklauso ir technologija, ir organizavimas. Nustatyta, kad statybos įmonės taikomas technologijas galima išreikšti dviem esminiais dydžiais, apibūdinančiais kiekybinę ir kokybinę jų ypatybes. Kiekybinę ypatybę parodo taikomų technologijų vienalytiškumas, išreiškiamas dviem dydžiais – statybos sistemų (SS) apimčių variacija ir jų skaičiumi, o kokybinę – gamybinę programą sudarančių SS technologiškumas [2–5].

Pirmąjį aspektą kiekybiškai siūloma išreikšti SS apimčių dispersija  $\sigma_2^2$  [2, 6]:

$$\sigma_2^2 = 1 - \sigma^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m (q_i - \bar{q})^2}{m}, \quad (1)$$

čia  $q_i$  – statybos įmonės gamybinę programą sudarančios  $i$ -tasis SS santykinis dydis;  $\bar{q}$  – visų SS santykinų dydžių aritmetinis vidurkis;  $m$  – SS, sudarančių gamybinę programą, skaičius.

Gamybinę statybos įmonės programą sudarančių SS kokybei įvertinti reikia turėti du dalykus – kiekvienos SS taikymo mastą bei technologiškumo svorį. Ieškomasis dydis  $R_i$  bus lygus abiejų šių dydžių sandaugų sumai:

$$R_i = \sum_{i=1}^m q_i \omega_i, \quad (2)$$

čia  $\omega_i$   $i$ -tasis SS technologiškumo svoris.

Statybos įmonės taikomų technologijų integralinė išraiška  $T$  atrodo taip [2].

$$T = \frac{\left[ m - \sum_{i=1}^m (q_i - \bar{q})^2 \right] \sum_{i=1}^m q_i \omega_i}{m \omega_d}, \quad (3)$$

čia  $\omega_d$  – technologiškiausios technologijos svoris.

Formulė (3) rodo, kad kiekvienos SS taikymo mastą galima gauti iš metinės gamybinės programos. Atviru klausimu lieka taikomų statybos sistemų technologiškumo svoriai, kurių analitiškai apibūdinti neįmanoma. Šiame straipsnyje nagrinėjamas jų nustatymas  $T$ . Saaty porinio lyginimo metodu.

### 2. Lietuvoje taikomų statybos sistemų apibūdinimas

Dabartiniu metu Lietuvoje statinių ir pastatų statybai, atsižvelgiant į jų statybos sistemą, taikomos įvairios technologijos – pradedant tradicinėmis ir baigiant pačiomis moderniausiomis. Norint išryškinti naudojamų technologijų įvairovę, matavimo objektu reikia imti ne pačią technologiją, o pagal jas statomų statinių ir pastatų statybinės sistemas, kadangi būtent jos yra statyboje naudojamų medžiagų bei laikančiųjų konstrukcijų statybos technologijos, taip pat konstrukcinių sprendimų kompleksinė charakteristika [7–9]. Analizė rodo, kad technologijos viena nuo kitos gali skirtis konstrukcijų medžiaga bei pastato tipu (1 lentelė, pav.).

Šiuo metu Lietuvoje yra statomi trylikos statybinių sistemų statiniai ir pastatai. Jos skiriasi viena nuo kitos savo technologiškumu. Šį skirtumą galima išreikšti technologiškumo svoriais, išreikštais vieneto dalimis. Juos galima nustatyti įvairiais būdais. Tiksliausias yra  $T$ . Saaty pasiūlytas rodiklių porinio lyginimo metodas.

### 3. Rodiklių svorių įvertinimas

Objektų kompleksinis įvertinimas, jų rangavimas pagal nagrinėjamą tikslą priklauso tiek nuo rodiklių kon-

**1 lentelė.** Lietuvoje taikomos pastatų statybos technologijos

**Table1.** Construction technologies used in Lithuania

Konstruktijų medžiaga	Pastato tipas	Pastato statybos technologija (statybos sistema)
Plytos, Blokeliai Lengvieji blokeliai	Mūras	1. Trisluoksnės išorinės sienos 2. Išorinės sienos iš lengvųjų konstrukcijų 3. Išorinės sienos su apšiltinimu
Betonas	Visiškai surenkamas Monolitinis Surenkamasis-monolitinis	4. Karkasinis skydinis 5. Smulkiųjų skydų klojiniai 6. Karkasinis su įvairiomis sienų konstrukcijomis 7. Karkasinis su fasadinėmis stiklo konstrukcijomis
Metalas	Surenkamasis	8. Karkasinis skydinis 9. Karkasinis su įvairių konstrukcijų sienomis
Medis	Tradicinis visiškai surenkamas	10. Rąstų, rąstelių 11. Karkasinis 12. Klijuotųjų medinių konstrukcijų 13. Skydiniai

krečių reikšmių, tiek nuo jų reikšmingumo, t. y. nuo jų svorių. Pavyzdžiui, normalizuota rodiklio reikšmė santykiškai gali būti labai didelė, bet rodiklio įtaka bendram įvertinimui, bendram tikslui nereikšminga, arba atvirkščiai, rodiklio reikšmė gali būti maža, bet jo įtaka bendram įvertinimui didelė, todėl svorius nustatyti yra labai svarbu kompleksiniam įvertinimui.

Rodiklių svorių reikšmių nustatymo metodai priskiriami subjektyviems, jeigu vertinimo pagrindas yra specialistų (ekspertų) nuomonės [3, 10–19], taip pat objektyviems, jeigu svorių konkrečios reikšmės priklauso nuo rodiklių duomenų masyvo struktūros [10,14,19]. Be to, gali būti nustatomi apibendrinti, integruotai sujungti subjektyvūs ir objektyvūs svoriai [10, 13, 14, 19]. Iš trijų minėtųjų pagrindinis yra subjektyvus įvertinimas, tačiau tam būtina aukšta specialistų (ekspertų) kvalifikacija, nes nuo to priklauso jų nuomonių suderinamumas. Pasaulyje pastaraisiais metais populiariausias ir dažniausiai taikomas rodiklių porinio lyginimo metodas. Jį pasiūlė T. Saaty [16, 17]. Metodas pavadintas Hierarchijos analizės metodu (*Analytic Hierarchy Process, AHP*). Jis duoda galimybę nustatyti vieno lygio hierarchijos rodiklių svorius (reikšmingumus) aukštesnio lygio atžvilgiu arba rodiklių, nestruktūrizuotų hierarchiškai, svorius. Metodo pagrindą sudaro porinio lyginimo matrica. Ekspertai tarpusavyje lygina visus vertinamus rodiklius (technologijos)  $R_i$  ir  $R_j$  ( $i, j = 1, \dots, m$ ), čia  $m$  – lyginamų rodiklių (technologijų) skaičius.

Metodas patogus, nes lengviau lyginti rodiklius po du, o ne juos visus iš karto. Rodiklius lyginti yra nesudėtinga ir kokybiška: nurodoma, kiek vienas rodiklis yra svarbesnis už kitą. Metodas suteikia galimybę ekspertų rodiklių kokybinį įvertinimą pertvarkyti į kiekybinį. Lyginimo rezultatą sudaro kvadratinė matrica  $P = \|p_{ij}\|$  ( $i, j = 1, \dots, m$ ). Saaty pasiūlė taikyti vertinimams praktikoje dažną penkių balų skalę (1-3-5-7-9). Matricos  $P$  elementai pildomi, laikantis šių reikalavimų.

Pirma, matricos  $P$  elementai  $p_{ij} = 1$ , kai abiejų lyginamų rodiklių reikšmingumai tiriamo reiškinio (objekto) atžvilgiu yra vienodi, t. y. abu rodikliai yra vienodai svarbūs. Tokiu atveju visi pagrindinės išrižainės elementai  $p_{ii} = 1$  ( $i = 1, \dots, m$ ), nes kiekvienas rodiklis lyginamas pats su savimi.

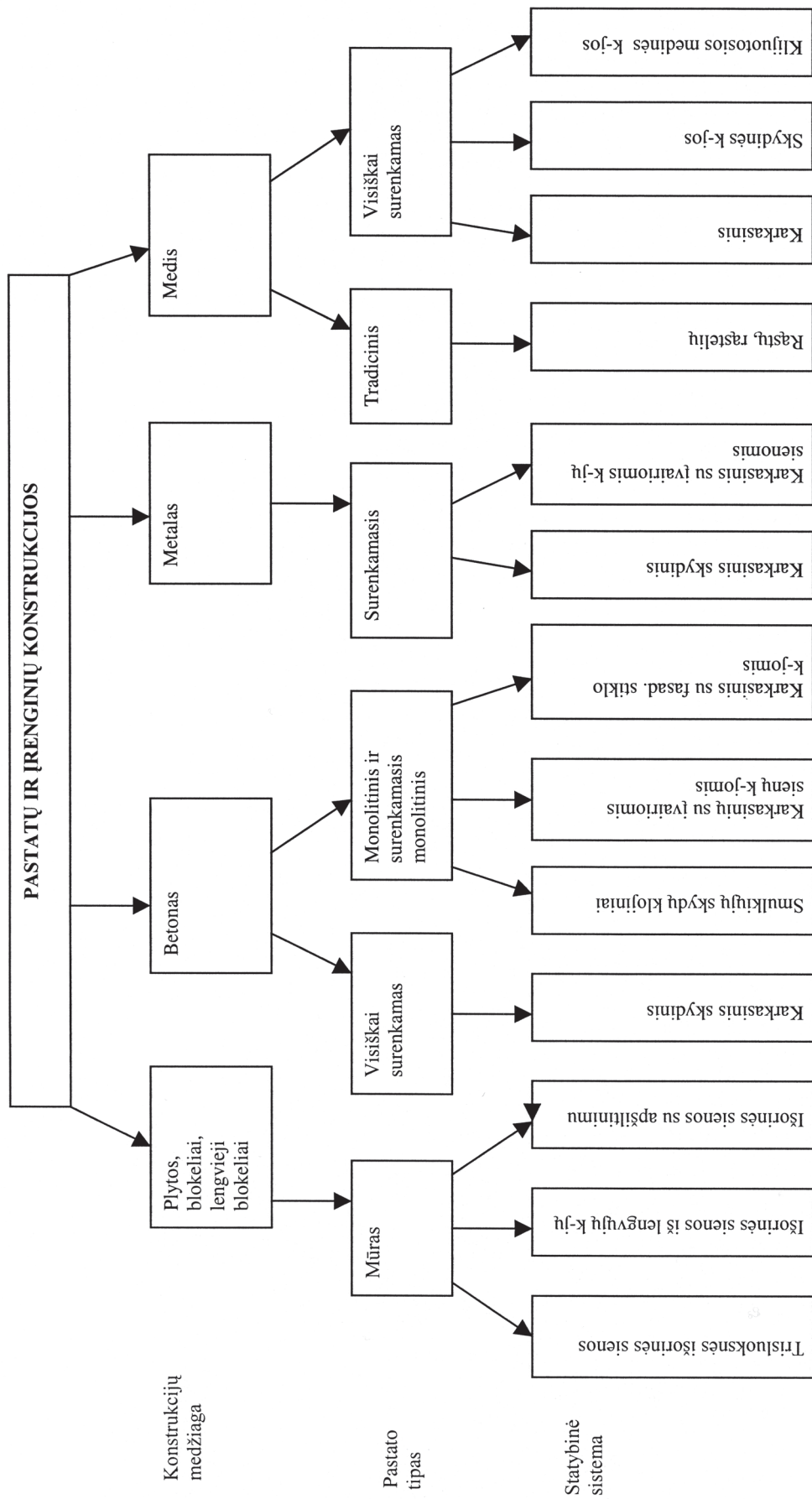
Antra, matricos  $P$  elementai  $p_{ij} = 3$ , kai rodiklis  $R_i$  yra svarbesnis už rodiklį  $R_j$ . Trečia, matricos  $P$  elementai  $p_{ij} = 5$ , kai rodiklis  $R_i$  yra daug svarbesnis už rodiklį  $R_j$ .

Ketvirta, matricos  $P$  elementai  $p_{ij} = 7$ , kai rodiklis  $R_i$  yra gerokai svarbesnis už rodiklį  $R_j$ . Penkta, matricos  $P$  elementai  $p_{ij} = 9$ , kai rodiklis  $R_i$  nepalyginti svarbesnis už rodiklį  $R_j$ .

Lyginiai įvertinimai ( $p_{ij} = 2; 4; 6; 8$ ) naudojami kaip tarpiniai, kompromisiniai variantai, kada, eksperto nuomone, nagrinėjama situacija skiriasi nuo tipinės.

Matricos  $P$  elementus  $p_{ij}$  galima traktuoti kaip rodiklių  $R_i$  ir  $R_j$  reikšmių santykius, o po reikšmių normalizacijos – kaip rodiklių nežinomų svorių santykius. Taip būtų idealiau atveju, pavyzdžiui, atliekant bet kurį fizikos arba technikos eksperimentą, kada galima išmatuoti rodiklių reikšmes (ilgio, svorio ir t. t.). Tokiu atveju elementų  $p_{ij}$  skalė būtų visų racionaliųjų skaičių aibė. Ekspertų vertinimo rodiklių lyginimo matrica atrodo taip:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2m} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \dots & p_{mm} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\omega_1}{\omega_1} & \frac{\omega_1}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_1}{\omega_m} \\ \frac{\omega_2}{\omega_1} & \frac{\omega_2}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_2}{\omega_m} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \frac{\omega_m}{\omega_1} & \frac{\omega_m}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_m}{\omega_m} \end{pmatrix} \quad (4)$$



Civilinių ir pramoninių pastatų statybinių sistemų klasifikacija  
 Classification of construction systems of civil and industrial buildings

Matome, kad idealiu atveju, kai elementai yra nežinomų svorių santykiai, matrica  $P$  yra atvirkštinė simetri-  
nė (*reciprocal*), t. y.  $p_{ij} = 1/p_{ji}$ . Iš tikrųjų  $p_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$ , o

$$p_{ji} = \frac{\omega_j}{\omega_i}. \text{ Iš to išeina, kad galima pildyti matricos dalį,}$$

esančią virš pagrindinės įstrižainės arba po ja. Nepasi-  
kartojančių matricos  $P$  elementų skaičius yra  $m(m-1)/2$ .

Matricos  $P$  atvirkštinis simetriškumas idealiu atveju  
yra suprantamas: pavyzdžiui, jeigu vienas daiktas yra tri-  
skart sunkesnis už kitą, tai šis yra triskart lengvesnis arba  
1/3 sunkesnis už pirmą. Tokiu atveju bet kokių dviejų stulpelių  
atitinkami elementai bus proporcingi. Tai reiškia,  
kad atitinkamų stulpelių elementų santykiai bus vienodi.  
Pavyzdžiui, paimkime pirmojo ir antrojo stulpelių ele-  
mentų santykį:

$$\frac{p_{i1}}{p_{i2}} = \frac{\frac{\omega_i}{\omega_1}}{\frac{\omega_i}{\omega_2}} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (i = 1, \dots, m).$$

Analogiškai bus proporcingi ir bet kurių dviejų eilu-  
čių elementai.

Labai svarbu užtikrinti lyginimo matricos suderina-  
numą. Matrica  $P$  bus suderinta, jei iš jos būtinų minima-  
lių elementų kiekio galima gauti likusius. Pavyzdžiui, jei-  
gu elementas  $R_1$  yra triskart svarbesnis (didesnis) už ele-  
mentą  $R_2$ , o elementas  $R_2$  dukart svarbesnis už  $R_3$ , tai  
elementas  $R_1$  yra šešiskart svarbesnis už  $R_3$ . Suderintos  
matricos stulpelių (ir eilučių) elementai bus proporcingi.  
Būtina lyginimo matricos suderinamumo sąlyga – matri-  
cos elementų svarbumo tranzityvumas: jeigu elementas  
A yra svarbesnis (didesnis) už elementą B, o elementas B  
yra svarbesnis (didesnis) už elementą C, tai elementas A  
yra svarbesnis (didesnis) už elementą C.

Lyginimo matricos suderinamumo sąlygą galima iš-  
reikšti ir matematiškai. Iš tikrųjų idealiu atveju daugin-  
dami matricą  $P$  iš svorių stulpelio  $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)^T$   
ir naudodami lygybę (4), gausime  $P\omega = m\omega$ , t. y. spren-  
džiamas žinomas matematikos uždavinys apie matricos  
 $P$  tikrinius vektorius  $\omega$  su tikrine reikšme  $\lambda = m$ :

$$P\omega = \lambda\omega, \quad (5)$$

čia  $m$  lyginimo matricos  $P$  eilė arba lyginamų rodiklių  
skaičius.

Žinoma, kad atvirkštinės simetrinės  $m$  eilės matricos  
didžiausia tikrinė reikšmė  $\lambda_{\max} \geq m$  [16]. Idealium atveju,

kai matrica yra suderinta ir stulpelių elementai yra pro-  
porcingi,  $\lambda_{\max} \geq m$  ir matricos suderinamumą apibūdi-  
na skirtumas  $\lambda_{\max} - m$  bei matricos  $P$  eilė. Suderinamu-  
mo indeksas  $S_I$  apibrėžiamas taip:

$$S_I = (\lambda_{\max} - m)/(m-1). \quad (6)$$

Matricos suderinamumas tuo geresnis, kuo mažesnė  
 $S_I$  reikšmė. Idealium atveju  $S_I = 0$ . Tokia matrica prakti-  
koje gaunama labai retai, net jeigu visiškai tenkina ele-  
mentų tranzityvumo sąlygą. Kiekybiškai atvirkštinės si-  
metrinės matricos suderinamumo laipsnį galima nustatyti  
palyginus vertinimo matricos suskaičiuotą suderinamu-  
mo indeksą su tokios pat eilės atsitiktinai sugeneruotos  
(pagal skalę 1-3-5-7-9) atvirkštinės simetrinės matricos  
suderinamumo indeksu. Matricos suderinamumo indek-  
so ir atsitiktinio indekso vidurkio  $S_A$  santykis vadina-  
mas suderinamumo santykiu, rodančiu matricos suderi-  
namumo laipsnį:

$$S = \frac{S_I}{S_A}. \quad (7)$$

Matrica bus suderinta, jeigu santykio  $S$  reikšmė ma-  
žesnė arba lygi 0,1.

Iš lygybes (5) matome, kad T. Saaty lyginimo metodo  
svoriai yra tikrinio vektoriaus, atitinkančio didžiausią tik-  
rinę reikšmę  $\lambda_{\max}$ , normalizuotos komponentės.

Suderinamumo santykis  $S$  duoda galimybę nustatyti  
kiekvieno atskiro eksperto įvertinimo neprieštarinumą.  
Kita vertus, atskirų ekspertų nuomonės gali būti priešta-  
ringos. Ekspertų grupės suderinamumas įmanomas, jei-  
gu visa grupė kompromisų būdu suderins savo nuomo-  
nes ir suformuos vieną vienintelę suderintą lyginimo ma-  
tricą. Šitas procesas yra ilgas, sudėtingas ir ne visada įma-  
nomas. Nustatyti ekspertų grupės suderinamumą galima  
taip pat naudojant konkordancijos koeficientą  $W$  [3, 11,  
12, 15]. Būtina konkordancijos koeficiento taikymo sąly-  
ga yra visų rodiklių rangavimas, kurį atlieka visi eksper-  
tai. Rodiklių rangai nustatomi prieš lyginant rodiklius po-  
romis: tokiu atveju galima pradėti lyginti rodiklių svar-  
bumo eilės tvarka. Nesunku paskirstyti rodiklius ir nu-  
stačius jų svorių reikšmingumą: rodiklių išdėstymas jų  
dydžių mažėjimo tvarka parodo rodiklių rangus. Tokiu  
būdu konkordancijos koeficiento skaičiavimo pagrindą  
sudaro matrica  $E = \|e_{ik}\|$ ,  $i=1, \dots, m; k=1, \dots, r$  (čia  $m$  –  
rodiklių skaičius,  $r$  – ekspertų skaičius). Jeigu apskaičiuota  
konkordancijos koeficiento reikšmė patvirtina ekspertų  
nuomonių suderinamumą, rodiklių svoriai bus visų eks-  
pertų atitinkamų svorių reikšmių vidurkiai.

Statybos technologijos kompleksiniam įvertinimui reikėjo nustatyti 13 rodiklių (technologijų) svorius. Ekspertams buvo pasiūlyta rodiklių porinio lyginimo anketa. Užpildytas lyginimo matricos pavyzdys pateiktas 2 lentelėje.

Didžiausia tikrinė matricos reikšmė  $\lambda_{\max} = 14,02$ , suderinamumo indeksas  $S_I = 0,085$ , suderinamumo santykis  $S = 0,054 < 0,1$ .

Iš išdalintų ekspertų anketų 12-oje suderinamumo santykis  $S$  buvo mažesnis už 0,1, t. y. atskirų ekspertų įvertinimai nebuvo priešaringi.

Minėtų ekspertų rodiklių rangavimo rezultatas pateikiamas 3 lentelėje.

Ekspertų nuomonių suderinamumo lygį nustato konkordancijos koeficientas  $W$ . Naudojant ekspertų rodiklių rangavimo duomenis, pateiktus 3 lentelėje, konkordanci-

jos koeficiento  $W$  reikšmė [11, 12] = 0,584. Atitinkamą apskaičiuotą skirstinio  $\chi^2$  reikšmę skaičiuojame pagal formulę [12]

$$\chi^2 = (m-1)rW. \quad (8)$$

Mūsų atveju  $\chi_{sk}^2 = 84,14$ , t. y. skaičiuojamoji reikšmė didesnė už  $\chi_{lent}^2 = 21,03$  teorinę reikšmę (paimtą iš  $\chi^2$  skirstinio lentelės su laisvės laipsniu  $\nu = m-1$  ir reikšmingumo lygmeniu  $\alpha = 0,05$ , čia  $m = 13$  – technologijų skaičius), todėl hipotezė apie ekspertų nuomonių suderinamumą priimama.

Kiekvieno eksperto suskaičiuotą pagal Saaty metodą rodiklių svorių vidurkiai ir atitinkamos rodiklių vietos pateikiamos 4 lentelėje.

**2 lentelė.** Eksperto rodiklių porinio lyginimo pavyzdys

**Table 2.** A sample of expert pairwise comparison of criteria

Rodiklio numeris	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1/2	2	1/8	1	1/4	1/5	1/8	1/8	1/6	1/7	1/3	1/6
2	2	1	2	1/7	1	1/2	1/3	1/7	1/6	1/4	1/6	1	1/5
3	1/2	1/2	1	1/9	1/2	1/4	1/5	1/9	1/8	1/6	1/7	1/3	1/7
4	8	7	9	1	8	6	6	1	2	5	3	7	4
5	1	1	2	1/8	1	1/3	1/4	1/8	1/7	1/5	1/6	1/2	1/6
6	4	2	4	1/6	3	1	1	1/6	1/6	1/4	1/5	1	1/5
7	5	3	5	1/6	4	1	1	1/6	1/5	1/2	1/4	3	1/4
8	8	7	9	1	8	6	6	1	2	5	3	7	4
9	8	6	8	1/2	7	6	5	1/2	1	4	2	6	4
10	6	4	6	1/5	5	4	2	1/5	1/4	1	1/3	4	1/3
11	7	6	7	1/3	6	5	4	1/3	1/2	3	1	5	3
12	3	1	3	1/7	2	1	1/3	1/7	1/6	1/4	1/5	1	1/5
13	6	5	7	1/4	6	5	4	1/4	1/4	3	1/3	5	1

**3 lentelė.** Rodiklių rangavimo rezultatas

**Table 3.** Ranking of the criteria

Eksperto Nr. Rodikliai	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vietų vidurkis	Vieta
1	13	12	13	12	12	11	13	11	13	9	13	9	11,75	13
2	11	10	11	10	11	13	12	10	6	8	8	8	9,83	11
3	10	13	12	13	10	12	11	13	11	7	12	7	10,92	12
4	5	1	2	11	1	1	1	2	5	1	3	6	3,25	2
5	6	11	10	7	5	10	10	4	3	13	10	1	7,5	8
6	3	8	5	6	4	8	9	8	7	4	6	5	6,08	5-6
7	2	7	4	3	3	7	7	3	9	3	1	4	4,42	4
8	4	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	3	1,92	1
9	1	3	3	2	8	3	3	7	8	5	5	2	4,17	3
10	12	6	8	9	13	6	6	9	12	12	11	10	9,5	10
11	9	4	9	8	9	4	4	5	10	10	4	13	7,42	7
12	7	9	7	5	6	9	8	12	4	11	9	11	8,25	9
13	8	5	6	4	7	5	5	6	2	6	7	12	6,08	5-6

**4 lentelė.** Rodiklių svorių vidurkiai ir atitinkamos vietos

**Table 4.** Average criteria weights and ranks

Rodiklis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Svorių vidurkiai	0,020	0,034	0,025	0,147	0,071	0,079	0,111	0,162	0,114	0,038	0,070	0,049	0,077
Rodiklių vietos	13	11	12	2	7	5	4	1	3	10	8	9	6

**4. Išvados**

Atlikta analizė parodė, kad kalbant apie statybos technologiją, reikia skirti du lygmenis – pastato ir statybos įmonės. Atskiro statinio ar pastato statybos technologiją rodo jo statybinė sistema, kuri yra jo statybai naudojamų medžiagų bei laikančiųjų konstrukcijų statybos, taip pat konstrukcinių sprendimų kompleksinė charakteristika.

Statybos įmonė, vykdydama metinę gamybinę programą, vienu metu gali statyti pačių įvairiausių statybinių sistemų pastatus ir statinius, t. y. vienu metu gali taikyti pačias įvairiausias technologijas. Ieškant visai įmonei integralaus rodiklio, apimančio metinę gamybinę programą, reikia įvertinti tris dydžius – taikomų technologijų mastą, apimčių variaciją bei technologiškumą.

Analizė parodė, kad Lietuvoje taikomos technologijos viena nuo kitos skiriasi konstrukcijų medžiaga bei pastato tipu. Iš viso išskirta 13 technologijų.

Statybinių sistemų arba technologijų technologiškumui nustatyti galima taikyti T. Saaty porinio lyginimo metodą. Apskaičiuoti visų technologijų technologiškumo svoriai vieneto dalimis.

Skaičiavimai rodo, kad labiausiai technologiški yra pastatai, kurių konstrukcinė medžiaga yra metalas, pastato tipas – surenkamasis, o statybinė sistema – karkasinė skydinė. Paskui eina pastatai, kurių konstrukcinė medžiaga yra betonai, pastato tipas – visiškai surenkamas, o statybinė sistema – karkasinis skydinis. Trečią vietą užima pastatai, kurių konstrukcinė medžiaga yra metalas, pastato tipas – surenkamasis, o statybinė sistema – karkasinė su mūrinių konstrukcijų sienomis.

Mažiausiai technologiški yra pastatai, kurių konstrukcinė medžiaga yra plytos, blokeliai arba lengvieji blokeliai, pastato tipas – mūras, o statybinė sistema – trisluoksnės išorinės sienos, išorinės sienos iš lengvųjų konstrukcijų arba išorinės sienos su šiltinimu.

**Literatūra**

- Zavadskas, E. K.; Karablikovas, A.; Kriukelis, V. ir kt. Pastatų statybos technologija: vadovėlis aukštosios mokykloms. Vilnius: Alma littera, 2000. 262 p.
- Ginevičius, R.; Andruškevičius, A. Statybos įmonės technologijos kiekybinis įvertinimas. *Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas*, Nr. 3. Vilnius: Technika, 2004, p. 83–87.

- Ginevičius, R. Statybos įmonių organizacinių valdymo struktūrų situacinė analizė ir formavimas. Vilnius: Technika, 1995. 335 p.
- Kieser, A.; Kubicek, H. Organisation, 3, völlig neubearbeitete Auflage. Walter de Gruyter: Berlin, New York, 1992. 530 S.
- Гинявичюс, Р. Количественная оценка технологии строительного производства. Вильнюс: Техника, 1995. 50 с.
- Bartosevičienė, V. Ekonominė statistika. Kaunas: Technologija, 2004. 180 p.
- Литвинов, О. О. Технология строительного производства. Киев: Виша школа, 1983. 479 с.
- Меньшикова, Б. И. Модельный метод оценки равномерности работ и эффективности организационно-технологических решений. В кн.: Вопросы организации планирования и управления строительством. Межвузовский тематический сборник трудов. Ленинград, 1985, с. 64–70.
- Маклакова, Т. Г. Конструкции гражданских зданий. Москва: Стройиздат, 1986. 135 с.
- Hwang, C-L and Yoon, K. Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications. A State of the Art Survey. Berlin: Springer – Verlag, 1981.
- Бешелев, С. Д.; Гурвич, Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. Москва: Статистика, 1974.
- Евланов, Л. Г. Теория и практика принятия решений. Москва: Экономика, 1984.
- Fan, Z.; Ma, J. and Tian, PA. Subjective and Objective Integrated Approach to the Determination of Attribute Weights. In: 4th Conferense of International Society for Decision Support Systems. Lausanne, 1997, p. 128–137.
- Ustinovičius, L. Determining integrated weights of attributes. *Statyba*, Vol VII, No 4. Vilnius: Technika, 2001, p. 321–326.
- Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Banaitienė, N. Pastatų gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė. Monografija. Vilnius: Technika, 2001. 280 p.
- Saaty, T. L. The Analytic Hierarchy Process. NewYork: St. Louis u.a., 1980.
- Saaty, T. L. Multicriteria Decision making: The analytic Hierarchy Process. Pittsburgh: RWS Publications, 1993.
- Ginevičius, R.; Podvezko, V. Complex Evaluation of economical-social development of Lithuanian regions. *Statyba*, Vol VII, No 4. Vilnius: Technika, 2001, p. 304–309.
- Гинявичюс, Р.; Подвезько, В. Влияние весов частных критериев на результаты многокритериальной оценки. *Вісник НАУ*, № 3. Киев, 2004, с. 37–41.

## **DETERMINING OF TECHNOLOGICAL EFFECTIVENESS OF BUILDING SYSTEMS BY AHP METHOD**

**R. Ginevičius, V. Podvezko, A. Andruškevičius**

### **S u m m a r y**

The successful performance of construction enterprises as well as their competitiveness are largely determined by the construction technology and management methods used. In this respect two levels referring to a building or structure itself and to a construction enterprise as a whole should be distinguished. The technology of a building or structure embraces its construction system generally characterizing building materials, design solutions and load-bearing structures and enclosures used in the construction of this particular building. The problem of selecting a general technological criterion for the whole construction enterprise arises.

A construction enterprise fulfilling its annual program can simultaneously construct buildings and structures based on various construction systems, i.e. it can use various technologies. Searching for an integrated criterion to describe an enterprise as a whole three main issues including the variation of the applied technologies and their volumes and technological effectiveness should be taken into consideration.

In the paper the problem of determining technological effectiveness of construction systems is considered. A method of pairwise comparison developed by T. Saaty was used to address this problem. The calculations were made for all thirteen technologies currently used in Lithuanian construction industry. Based on the suggested approach the weight of technological effectiveness was determined for each of them in the parts of one.

**Romualdas GINEVIČIUS.** Doctor Habil, Professor. Rector of Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40 Lithuania. E-mail: romualdas.ginevicius@adm.vtu.lt

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

**Valentinas PODVEZKO.** Doctor Associate, Professor. Dept of Mathematical Statistics. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al.11, LT-10223 Vilnius-40, Lithuania. E-mail: lsaulis@fm.vtu.lt

Doctor (1984). Author and co-author of over 50 publications. Research interests: sampling and forecasting models in economics.

**Algirdas ANDRUŠKEVIČIUS.** Doctor. Dept of Building Technology and Management. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40, Lithuania. E-mail: admin@giedra.lt

Doctor of Science (1994). Author of more than 80 papers. Research interests: building technology and management.