

# THEORY OF FUZZY SETS IN DECISION-MAKING SYSTEMS OF BUILDING MANAGEMENT

P. Gaučas & E. K. Zavadskas

To cite this article: P. Gaučas & E. K. Zavadskas (2000) THEORY OF FUZZY SETS IN DECISION-MAKING SYSTEMS OF BUILDING MANAGEMENT, *Statyba*, 6:4, 237-246, DOI: [10.1080/13921525.2000.10531595](https://doi.org/10.1080/13921525.2000.10531595)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.2000.10531595>



Published online: 26 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 68

---

## NEAPIBRĖŽTŲJŲ AIBIŲ TEORIJS TAIKYMAS PASTATŲ VALDYMO SPRENDIMŲ PRIĖMIMO SISTEMOMS

P. Gaučas, E. K. Zavadskas

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

### 1. Įvadas. Sprendimo priėmimo problematika

Pastatų valdymo, t. y. sprendimų priėmimo bet kurio pastato egzistavimo ciklo momentu efektyvumas priklauso nuo informacijos lygio apie juos veikiančius kiekybinius ir kokybinius veiksnus. Kiekybiniams veiksniams suteikiame skaitines reikšmes, jas vertiname taikydami įprastinius matematinius metodus, tuo tarpu kokybiniams veiksniams suteikti skaitines reikšmes dažnai galime tik remdamiesi savo intuicija, žiniomis ir patirtimi.

Analizės, sprendimo priėmimo efektyvumo lygis labai priklauso nuo informacijos, apibūdinančios analizės objektą ar požiūrį į jį, tikslumo. Kaip teigiama [1], aukščiausias informacijos tikslumo lygis yra pasiekiamas tada, kai ją galima išreikšti skaičiais. Kai kuriuos kriterijus galima tiesiogiai išreikšti fiziniiais dydžiais (kilogramais, metrais, laipsniais ir pan.), kitus kriterijus, tokius, kaip estetika, komfortiškumas, darbo saugumas, funkcionalumas ir pan., galima išreikšti santykinai (balais, procentais ir pan.) [1].

Sprendimų priėmimo uždaviniai statyboje pastaraisiais metais dėl greitos techninės pažangos darosi vis sudėtingesni. Sprendimai apibūdinami daugybe įvairiausių išsiskakojusių ir tarpusavyje susipynusių kriterijų [2]. Sprendimams daro įtaką suinteresuotos grupės, kurių poreikiai ir tikslai skiriasi ir kurios turi subjektyvią nuomonę apie vieną ar kitą pastato savybę. Taigi priimant sprendimus atsižvelgiama į suinteresuotų grupių tikslus bei galimybes [1]. Tačiau turimi tikslai, vertinant galimybes bei aplinkybes, dažnai prieštarauja vieni kitiems [3].

Kai statant pastatą reikia priimti sprendimą, siekiama esamomis sąlygomis minimalių techninių ir ekonominių sąnaudų garantuojant patikimumą ir aukštą kokybę. Taip susidaro prieštaringa situacija. Kokybės reikalavimai logiškai sietini su brangiai kainuojančiu

realizavimu [4]. Taigi būtina sudaryti sprendimų modelį, leidžiantį įvertinti konfliktines bei prieštaringas situacijas.

### 2. Neapibrėžtų aibių teorijos esmė

Priimant, analizuojant bei vertinant sprendimus išryškėja tendencija ignoruoti tokias sąvokas kaip neaiškumas, neapibrėžtumas, netikslumas ir pan. dėl jų nemokslinės ar iracionalios koncepcijos. Pasitaiko gausybė atvejų, kai negalime išvengti neaiškios ir netikslios informacijos vertinimo. Kai reikia parinkti optimalų sprendimą (pvz., būsto variantą), jis turi maksimaliai atitikti strategiją apibūdinančius sprendimo gerumo kriterijus. Tačiau gerumo vertinimas nepaklūsta „juoda – balta“ logikai, o yra neapibrėžta sąvoka. 1965 m. L. Zade pasiūlė neapibrėžtųjų aibių teoriją neaiškių ir netikslų sąvokų, apibūdinančių įvykius ar faktus, santykius tarp objektų ar veiksmų, analizei [5].

Klasikiniai sprendimų priėmimo modeliai teigia, kad šiuos modelius apibūdina toks požymis, kai optimalių arba galimų alternatyvų aibė yra griežtai atskirta nuo neoptimalių alternatyvų aibės. Tokiam griežtam apribojimui reikia nepaprastai tikslios informacijos, kas tik retais atvejais yra įmanoma. Pavyzdžiui, sprendžiant, koks statybos objekto variantas yra geriausias, dažnai neturime visos (apibrėžtos) informacijos apie keliamus tikslus bei jų apribojimus (maksimali kokybė, bet minimali kaina). Kai nėra visos parametrų informacijos ir įvertinimų, nustatančių statybos objektų matmenis, sprendimų priėmimo situacijos neapibrėžtumas yra pagrįstas [2].

Iki šiol atliekant investicinius skaičiavimus buvo atsižvelgiama tik į neaiškumą tam tikrų įvykių pradžios ir būklės atžvilgiu (rizikos būklė). Buvo remiamasi prielaida, kad galimų įvykių arba būklių kiekis yra vienareikšmiškai apibrėžtas. Tačiau tai neturi reikš-

mės nevienareikšmėms nuostatomis: elementų, kuriems pastaroji prielaida galioja, kiekio neįmanoma tiksliai atskirti nuo elementų, kuriems prielaida neturi įtakos, kiekio [4].

### 3. Neapibrėžtųjų aibių taikymo prielaidos priimant sprendimus

Kaip jau buvo minėta, siekiant įvertinti alternatyvas (priimti sprendimą) atsižvelgiant į keliamus tikslus, galimybes bei aplinkybes, susiduriama su konfliketine situacija. Šiuo atveju sprendimą galima suprasti jį suvokiant kaip konfliktą žaidimų teorijoje, kur informacija ne visada yra apibrėžta. Šiai problemai spręsti galime taikyti neapibrėžtųjų aibių teoriją, dėl ko yra galima žaidimo elementus formuluoti neapibrėžtai ir sudaryti naują modelį. Siekiant įvertinti konfliktinius keliamų tikslų, galimybių bei aplinkybių santykius, sistemos įtakos veiksniai padalyti į dvi grupes – vadinauosius vidinius ir išorinius sistemos įtakos veiksnius. Šios dvi grupės atspindi pagrindinius sprendimo priėmimo tikslus. Pirmoji grupė (vidiniai įtakos veiksniai) nusako, ko sprendimų priėmėjas siekia (pvz., maksimizuoja kokybę), antroji grupė nusako, ką sprendimų priėmėjas turėtų įvertinti kaip apribojimą (pvz., minimizuoja kainą). Konflikcinė situacija tarp šių dviejų grupių nusakoma kaip žaidimas (vienas tikslas – maksimizuoti kokybę, kitas tikslas – minimizuoti kainą). Faktas, kad statybos objektą iš vienos pusės charakterizuoja kokybės bei užsakovo poreikius apibūdinantys veiksniai (vidiniai veiksniai) ir iš kitos – objekto projektavimo, statybos, eksploatavimo išlaidos, techniniai reikalavimai (išoriniai veiksniai), yra sisteminio požiūrio pagrindas. Čia susidaro tarpusavio priklausomybės tarp vidinių ir išorinių veiksmių [3].

### 4. Neapibrėžtųjų aibių vertinimo modelio sudarymas

Neapibrėžtųjų aibių teorija leidžia matematiškai aprašyti ir valdyti neapibrėžtus elementus. Atsakymas į klausimą, priklauso elementas neapibrėžtajai aibei ar ne, nepatenka atitinkamai į taip/ne sprendimą, bet reikia laipsniško sprendimo nustatant jo priklausomumą.

Neapibrėžtųjų aibių teorijoje nėra aiškios ribos tarp elementų priklausomumo (reikšmė 1) ir nepriklausomumo (reikšmė 0) apibrėžtajai aibei, kuri būdinga kla-

sikiniam aibės supratimui. Elemento  $x$  priklausomumą aibei  $A$  galime apibrėžti reikšmėmis, kurios yra tarp 0 ir 1. Elemento  $x$  priklausomumo laipsnis aibei  $A$  neapibrėžtosiose aibėse aprašomas priklausomumo funkcija  $\mu_A(x)$ , kuri suteikia elementui  $x$  priklausomumo reikšmes intervalu nuo 0 iki 1 [6, 7].

$$A = \{(x, \mu_A(x)) / x \in X\}.$$

$\mu_A(x)$  elemento  $x$  priklausomumo neapibrėžtajai aibei  $A$  reikšmė.

Paprastai  $A$  reikšmių sritis apribota uždaruju intervalu  $[0,1]$ . Kai kuriais atvejais intervalas gali būti ir kitoks. Alternatyvų erdvės subjektyvus dalijimas į klases vyksta pasirenkant tris taškus  $a_o, a_d, a_m$ , kuriems imamos priklausomumo reikšmės  $\mu(a_o)=0$ ,  $\mu(a_d)=0,5$ ,  $\mu(a_m)=1$ . Alternatyvų aibė suskirstoma į tokias keturias sritis:

$$B_1 \Leftrightarrow x_{ij} \leq a_j,$$

$$B_2 \Leftrightarrow a_m \leq x_{ij},$$

$$B_3 \Leftrightarrow a_o < x_{ij} \leq a_d,$$

$$B_4 \Leftrightarrow a_d < x_{ij} \leq a_m.$$

Elementų priklausomumo reikšmės randamos taikant lygybių sistemą [3]:

$$\mu_j(a) = \begin{cases} 0, & \text{kai } a \leq a_o, \\ Aa^3 + Ba^2 + Ca + D, & \text{kai } a_o \leq a \leq a_d, \\ Ea^3 + Fa^2 + Ga + H, & \text{kai } a_d \leq a \leq a_m, \\ 1, & \text{kai } a_m \leq a. \end{cases} \quad (1)$$

Koeficientai ( $A, \dots, H$ ) apskaičiuojami taikant lygčių sistemą:

$$\begin{aligned} Aa_o^3 + Ba_o^2 + Ca_o + D &= 0, \\ Aa_D^3 + Ba_D^2 + Ca_D + D &= 0,5, \\ Ea_D^3 + Fa_D^2 + Ga_D + H &= 0,5, \\ Ea_m^3 + Fa_m^2 + Ga_m + H &= 1, \\ 3Aa_o^2 + 2Ba_o + C &= 0, \\ 3Ea_m^2 + 2Fa_m + G &= 0, \\ 3Aa_D^2 + 2Ba_D + C - Ea_D^2 - 2Fa_D - G &= 0, \\ 6Aa_D + 2B - 6Ea_D - 2F &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Šių lygčių sudarymo sąlygos bei reikalavimai nuodugnai aprašyti literatūros šaltinyje [3].

Priklausomumo funkcija turi įvykdyti sąlygą  $\mu_j(a_j) \in [0,1]$ , tačiau esant  $a_d$  arti  $a_o$  ar  $a_m$ ,  $\mu_j$  reikšmės išeina už intervalo  $[0,1]$  ribų, todėl turi būti įvykdyta ši nelygybė:

$$-1 + \sqrt{2} \leq \frac{a_m - a_d}{|a_d - a_o|} \leq 1 + \sqrt{2}. \quad (3)$$

Prieštaringa arba konfliktinė situacija egzistuoja ne tiesiogiai tarp keliamų tikslų, galimybių bei aplinkybių, bet tarp sprendimų priėmėjo ir priešininko, atvaizduojamo galimybėmis ar aplinkybėmis. Sprendimų priėmėjas turi įvertinti statybos variantus, atsižvelgdamas į vidinius veiksnius, t. y. keliamus tikslus, kuriuos jis siekia maksimizuoti. Tačiau to nepakanka sprendimui gauti. Toks sprendimas tėra tik vienas elementas sprendimų žaidime, būtent I žaidėjo strategija. Priešininkas (ir kartu II žaidėjas) formuoja savo strategiją atsižvelgdamas į išorinius veiksnius. I žaidėjas disponuoja strategijų aibe ir informacija, liečiančia II žaidėjo strategijų aibę. Apie pastarojo elgesį ir ketinimus I žaidėjas informacijos neturi. Tačiau tai vyksta ne siekiant maksimizuoti laimėjimo naudą ar siekiant nugalėti priešininką, o norint pasiekti žinomą užsibrėžtą tikslą.

Iš klasikinės aibių teorijos yra žinoma, kad dviejų tikslo komponentų ryšiui egzistuoja operatoriai „ir“ ir „arba“. Abu operatoriai apibūdinami kaip sprendimo tikslo jungiamieji ir skiriamieji ryšiai. Esant jungiamajam ryšiui tik iš dalies pasiektas tikslas yra priešzastis to, kad bendras tikslas irgi pasiekiamas tik iš dalies, net jeigu kiti tikslai pasiekiami gerai. Esant skiriamajam tikslo ryšiui tik iš dalies pasiektas tikslas turės mažai įtakos kitam siekiamam tikslui.

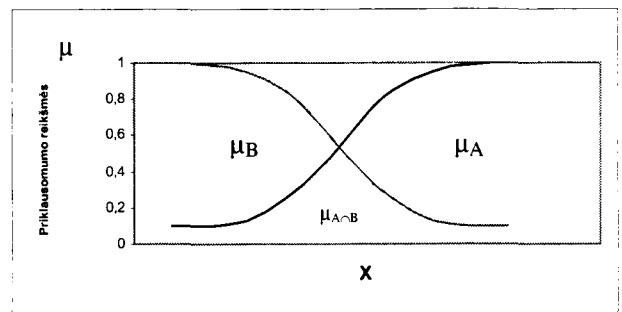
Dažniausiai jungiamajam ryšiui naudojamas minimumo operatorius, o skiriamajam ryšiui – maksimumo operatorius. Motyvas yra tas, kad minimumas ir maksimumas apibendrina loginius operatorius „ir“ ir „arba“ [6, 8]. Problemai spręsti tikslinė funkcija turi būti transformuota į priklausomumo funkciją, kuri rodo tikslinės funkcijos pasiekimo laipsnį skirtingų ieškomų reikšmių atžvilgiu. Šiai priklausomumo funkcijai sudaryti būtinos dvi apibrėžtos tikslinės funkcijos reikšmės: reikšmė, apatinė riba, kuri negali būti peržengta (priklausomybės reikšmė – nulis), ir maksimaliai pasiekama reikšmė (priklausomybės reikšmė lygi vienetui) [4].

Kelių konfliktinių tikslinių funkcijų (žaidimų teorijoje tai suvokiant kaip dviejų žaidėjų strategijas) integracija gali būti įvykdyta vadinamuoju minimumo operatoriumi. Apskritai jungiant dvi priklausomumo funkcijas  $\mu_A(x)$  ir  $\mu_B(x)$  į funkciją  $\mu_C(x)$ , šis operatorius suteikia kiekvienai elemento  $x$  reikšmei minimalią reikšmę, kurią priima viena iš šių priklausomumo funkcijų ( $\mu_A(x)$  ir  $\mu_B(x)$ ).

Jeigu, sprendžiant daugiatakslės optimizacijos problemą, taikomas minimumo operatorius, tai keliamas tikslas maksimizuoti minimalią priklausomybės reikšmę, kurią gauna viena iš priklausomumo funkcijų.

Dviejų neapibrėžtųjų aibių  $A$  ir  $B$  su priklausomumo funkcijomis  $\mu_A$  ir  $\mu_B$  pjūvio aibės priklausomumo funkcija  $\mu_{A \cap B}$  (1 pav.) apibrėžiama per minimumo operatorių [3, 6]:

$$\mu_C(x) = \mu_{A \cap B}(x) = \text{Min}[\mu_A(x), \mu_B(x)].$$



Dviejų neapibrėžtųjų aibių  $A$  ir  $B$  su priklausomumo funkcijomis  $\mu_A$  ir  $\mu_B$  pjūvio aibės priklausomumo funkcijos  $\mu_{A \cap B}$  grafinė interpretacija

Graphical interpretation of sections set dependent function of two  $A$  and  $B$  fuzzy sets with dependent functions  $\mu_A$  and  $\mu_B$

Įvertinimas šioje neapibrėžtųjų aibių teorijos versijoje vyksta trimis pakopomis, remiantis anksčiau išdėstytais vertinimo modelio principais [3].

I pakopa. Yra žinoma alternatyvų aibė. Šioje pakopoje šią aibę identifikuoja kriterijai, kurie kiekybiškai arba kokybiškai aprašo alternatyvas. Būtinai transformavimas į palyginamąją formą. Priklausomumo funkcija čia apskaičiuojama pagal (1)–(3). Tuo gaunama atitinkamai alternatyvai priklausomumo reikšmė pagal kiekvieną kriterijų. Tai yra įgyvendinama tik vidinių veiksnių kriterijams.

**1 lentelė.** Vidinių veiksnių priklausomumo reikšmių matrica

**Table 1.** Matrix of dependence values of inherent circumstances

	$K_1$	$K_2$	...	$K_l$	...	$K_k$	$\mu_i$
$X_1$	$\mu_{11}$	$\mu_{12}$	...	$\mu_{1l}$	...	$\mu_{1k}$	$\frac{1}{k} \sum_{l=1}^k \mu_{1l} = \mu_1$
$X_2$	$\mu_{21}$	$\mu_{22}$	...	$\mu_{2l}$	...	$\mu_{2k}$	$\frac{1}{k} \sum_{l=1}^k \mu_{2l} = \mu_2$
...	...	...	...	...	...	...	...
$X_i$	$\mu_{i1}$	$\mu_{i2}$	...	$\mu_{il}$	...	$\mu_{ik}$	$\frac{1}{k} \sum_{l=1}^k \mu_{il} = \mu_i$
...	...	...	...	...	...	...	...
$X_m$	$\mu_{m1}$	$\mu_{m2}$	...	$\mu_{ml}$	...	$\mu_{mk}$	$\frac{1}{k} \sum_{l=1}^k \mu_{ml} = \mu_m$

Priklausomumo reikšmių skaičiavimas vykdomas pagal matricą (1 lent.), kurioje  $X_i$  – alternatyvų aibė, kur ( $i=1, \dots, m$ ),  $\mu_{il}$  – atitinkamo kriterijaus  $K_l$  priklausomumo reikšmė.

Kiekvienai alternatyvai apskaičiuojamas priklausomumo laipsnis  $\mu_i$ . Šiuo atveju ginama nuomonė, kad sprendinys su aritmetiniu vidurkiu (Laplaso kriterijus) (4) yra tinkamas:

$$\mu_i = \frac{1}{k} \sum_{l=1}^k \mu_{il}. \quad (4)$$

2 pakopa. Pirmojoje pakopoje buvo apibendrintos I žaidėjo strategijos. Antrojoje pakopoje tas pats turi būti padaryta II žaidėjui. II žaidėjo strategijų aibė ištaip pat reikšta priklausomumo funkcija. Išoriniai dydžiai, galimybių ir aplinkos kriterijai sudaro II žaidėjo strategijų aibę. Jos atvaizduojamos alternatyvų aibe ir užrašomos kaip priklausomumo reikšmėmis užpildyta matrica (2 lent.).

3 pakopa. Trečiojoje pakopoje slypi algoritmo esmė. Čia turi būti apibendrinti ir operacionalizuoti abiejų pakopų rezultatai.

Kaip buvo minėta, neapibrėžtųjų aibių teorija kaip tinkamą operatorių neapibrėžtosios alternatyvų aibės priklausomumo reikšmių matricą (I žaidėjo strategijos ir II žaidėjo strategijos) sujungimui į vieną neapibrėžtųjų aibių sprendimų matricą siūlo minimumo operatorių, kadangi rezultatas, tenkinantis abi strategijas,

formaliai suprantamas kaip pjūvis per abiejų pusių aibes ir pateikiamas vadinamąja pagrindine matrica (3 lent.).

**2 lentelė.** Išorinių veiksnių priklausomumo reikšmių matrica

**Table 2.** Matrix of dependence values of outward circumstances

	$Y_1$	$Y_2$	...	$Y_j$	...	$Y_n$
$X_1$	$\mu_{11}$	$\mu_{12}$	...	$\mu_{1j}$	...	$\mu_{1n}$
$X_2$	$\mu_{21}$	$\mu_{22}$	...	$\mu_{2j}$	...	$\mu_{2n}$
...	...	...	...	...	...	...
$X_i$	$\mu_{i1}$	$\mu_{i2}$	...	$\mu_{ij}$	...	$\mu_{in}$
...	...	...	...	...	...	...
$X_m$	$\mu_{m1}$	$\mu_{m2}$	...	$\mu_{mj}$	...	$\mu_{mn}$

Iš šios matricos (3 lent.) formuojama galutinė sprendimo priėmimo matrica, vadinamoji neapibrėžtoji žaidimų matrica, kur  $\mu_{ij}^* = \text{Min}(\mu_i, \mu_{ij})$  yra neapibrėžtosios skaičiavimų aibės priklausomumo funkcijos. Sprendimas vyksta minimaksiškumo principu, t. y. iš neapibrėžtosios skaičiavimų aibės priklausomumo funkcijų, pateiktų pagrindinėje sprendimo priėmimo matricoje, reikšmių išrenkama maksimali reikšmė. Sprendimas pateikiamas matricos forma (4 lent.).

3 lentelė. Pagrindinė sprendimo priėmimo matrica

Table 3. General decision-making matrix

	$Y_1$	$Y_2$	...	$Y_j$	...	$Y_n$
$(x_1, \mu_1)$	$\text{Min}(\mu_1, \mu_{11})$	$\text{Min}(\mu_1, \mu_{12})$	...	$\text{Min}(\mu_1, \mu_{1j})$	...	$\text{Min}(\mu_1, \mu_{1n})$
$(x_2, \mu_2)$	$\text{Min}(\mu_2, \mu_{21})$	$\text{Min}(\mu_2, \mu_{22})$	...	$\text{Min}(\mu_2, \mu_{2j})$	...	$\text{Min}(\mu_2, \mu_{2n})$
...	...	...	...	...	...	...
$(x_r, \mu_r)$	$\text{Min}(\mu_r, \mu_{r1})$	$\text{Min}(\mu_r, \mu_{r2})$	...	$\text{Min}(\mu_r, \mu_{rj})$	...	$\text{Min}(\mu_r, \mu_{rn})$
...	...	...	...	...	...	...
$(x_m, \mu_m)$	$\text{Min}(\mu_m, \mu_{m1})$	$\text{Min}(\mu_m, \mu_{m2})$	...	$\text{Min}(\mu_m, \mu_{mj})$	...	$\text{Min}(\mu_m, \mu_{mn})$

### 5. Modelio praktinis pritaikymas

Uždavinį galėtume formuluoti taip. Reikia įvertinti keletą projektuojamų individualių gyvenamųjų namų variantų. Užsakovui yra svarbu namo dydis, naudojamų medžiagų, atliekamų darbų kokybė ir kiek įmanoma mažesnė statybos bei eksploataavimo kaina. Projektuotojai pasiūlė penkis iš principo skirtingus variantus ir kiekvienam variantui pasiūlė po keturis išorinių sienų variantus. Taigi turime įvertinti dvidešimt alternatyvų.

Visuose variantuose numatyta stogus dengti bitumo čerpėmis ir apšiltinti 20 cm storio akmens vatos sluoksniu, taip pat plastikiniai langai su dvigubu stiklo paketu. Visose alternatyvose grindys ant grunto apšiltinamos 5 cm storio putų polistirolo sluoksniu. Pamatai numatyti surenkamieji, cokolis apšiltinamas 10 cm storio putų polistirolo sluoksniu. Numatyti keturi skirtingi išorinių sienų variantai:

4 lentelė. Neapibrėžtoji žaidimų sprendimų priėmimo matrica

Table 4. Decision-making in fuzzy games matrix

	$Y_1$	$Y_2$	...	$Y_j$	...	$Y_n$	Min-max
$X_1$	$\mu^*_{11}$	$\mu^*_{12}$	...	$\mu^*_{1j}$	...	$\mu^*_{1n}$	$\text{min}(\mu^*_{1n})$
$X_2$	$\mu^*_{21}$	$\mu^*_{22}$	...	$\mu^*_{2j}$	...	$\mu^*_{2n}$	$\text{min}(\mu^*_{2n})$
...	...	...	...	...	...	...	...
$X_r$	$\mu^*_{r1}$	$\mu^*_{r2}$	...	$\mu^*_{rj}$	...	$\mu^*_{rn}$	$\text{min}(\mu^*_{rn})$
...	...	...	...	...	...	...	...
$X_m$	$\mu^*_{m1}$	$\mu^*_{m2}$	...	$\mu^*_{mj}$	...	$\mu^*_{mn}$	$\text{min}(\mu^*_{mn})$

1 variantas. Trisluoksnis silikatinių plytų mūras. Vidinė atitvaros dalis – 250 mm silikatinių plytų mūras, apšiltinamasis sluoksnis akmens vatos (130 mm), įrengiamas 40 mm oro tarpas, apdailinama skaldytų silikatinių plytų 68 mm storio mūru.

2 variantas. Trisluoksnis mūras. Vidinė atitvaros dalis – 190 mm silikatinių blokelių mūras, apšiltinamasis sluoksnis akmens vatos (130 mm), įrengiamas 40 mm oro tarpas, apdailinama skaldytų silikatinių plytų 68 mm storio mūru.

3 variantas. Dujų silikato 400 mm storio blokelių mūras siūles užpildant specialiais (mažo šilumos laidumo) kljais bei aptinkuojant išorinę atitvaros dalį specialiu (vadinamuoju šiltu) tinku.

4 variantas. Vidinė atitvaros dalis – 250 mm silikatinių plytų mūras, apšiltinama pagal firmos „Termosnaigė“ technologiją. Mūras iš išorinės atitvaros pusės apšiltinamas 80 mm storio akmens vatos sluoksniu įrengiant medinį karkasą, kuris aptaisomas dar vienu apšiltinamuoju sluoksniu, kurį sudaro 7 mm faneros sluoksnis, 30 mm putų poliuretano sluoksnis bei keraminės apdailos plytelės.

Variantų kainos apskaičiuotos neįvertinant sklypo kainos bei apdailos kainos. Bendri alternatyvas aprašantys duomenys pateikti 5 lentelėje. Remiantis aprašytu modeliu duomenys skirstomi į vadinamuosius vidinius ir išorinius sistemos įtakos veiksnius. Pastatų fizinės charakteristikos (plotas, tūris), kurias užsakovas siekia maksimizuoti, laikysime vidiniais sistemos įtakos veiksniais (6 lentelė). Remdamiesi (1)–(4) formulėmis sudarome priklausomumo reikšmių matricą bei įvertiname kiekvienos alternatyvos priklausomumą. Skaičiavimų rezultatai pateikiami 7 lentelėje.

Tokius veiksnius, kaip objekto kaina bei eksploataavimo kaina, kuriuos užsakovas nori minimizuoti ir kurie tampa tam tikru apribojimu, laikysime išoriniais sistemos įtakos veiksniais (8 lentelė).

Šiuo etapu nustatome priklausomumo reikšmes išoriniams sistemos įtakos veiksniais (taip pat pagal (1)–(4) formules) ir sudarome išorinių veiksmių priklausomumo reikšmių matricą (9 lentelė).

5 lentelė. Bendrieji variantų duomenys

Table 5. General data of variants

Variantai	Samatinė kaina, Lt	Darbo sąnaudos, žm. val.	Bendras plotas, m <sup>2</sup>	1m <sup>2</sup> kaina, lt/m <sup>2</sup>	Tūris, m <sup>3</sup>	Aitvarų plotas, m <sup>2</sup>	Išorinių sienų plotas, m <sup>2</sup>	Stogo plotas, m <sup>2</sup>	Langų plotas, m <sup>2</sup>	Rūšio sienų plotas, m <sup>2</sup>	Grindų ant grunto plotas, m <sup>2</sup>	Šilumos nuostoliai, kWh	Šilumos nuostoliai, kWh/m <sup>2</sup>	Sienų šilumos laidumo koeficientas, W/m <sup>2</sup> K
1 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	325 738	4235	270	1208	703	863	232	291	75,5	73	191	31 451	116,64	0,236
1 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliu	312 807	4003	270	1160	703	863	232	291	75,5	73	191	31 193	115,68	0,224
1 projekto variantas. Mūras iš blokelių	307 879	3835	270	1142	703	863	232	291	75,5	73	191	32 451	120,35	0,283
1 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	320 598	3639	270	1189	703	863	232	291	75,5	73	191	32 982	122,31	0,308
2 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	371 997	4573	296	1255	1193	979	315	292	76,01	72,8	151	33 233	112,09	0,236
2 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliu	363 730	4384	296	1227	1193	979	315	292	76,01	72,8	151	32 887	110,92	0,224
2 projekto variantas. Mūras iš blokelių	359 392	4156	296	1212	1193	979	315	292	76,01	72,8	151	34 589	116,67	0,283
2 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	345 637	3890	296	1166	1193	979	315	292	76,01	72,8	151	35 308	119,09	0,308
3 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	391 502	4598	319	1227	995	818	302	214	35,22	139,16	128	27 678	86,76	0,236
3 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliu	380 347	4400	319	1192	995	818	302	214	35,22	139,16	128	27 347	85,73	0,224
3 projekto variantas. Mūras iš blokelių	365 986	4161	319	1147	995	818	302	214	35,22	139,16	128	28 978	90,84	0,283
3 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	384 337	4082	319	1205	995	818	302	214	35,22	139,16	128	29 682	93,05	0,308
4 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	311 820	4199	255	1223	705	801	312	201	52,5	102,6	132,9	28 300	110,98	0,236
4 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliu	309 950	3985	255	1215	705	801	312	201	52,5	102,6	132,9	27 957	109,64	0,224
4 projekto variantas. Mūras iš blokelių	308 542	3905	255	1210	705	801	312	201	52,5	102,6	132,9	29 642	116,24	0,283
4 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	310 643	3910	255	1218	705	801	312	201	52,5	102,6	132,9	30 357	119,05	0,308
5 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	328 817	4489	260	1265	718	832	285	231	39,5	83	129	25 142	96,70	0,236
5 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliu	314 552	4186	260	1210	718	832	285	231	39,5	83	129	24 829	95,50	0,224
5 projekto variantas. Mūras iš blokelių	312 558	4146	260	1202	718	832	285	231	39,5	83	129	26 368	101,42	0,283
5 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	316 921	3849	260	1219	718	832	285	231	39,5	83	129	27 021	103,93	0,308

6 lentelė. Vidiniai sistemos įtakos veiksniai

Table 6. Inherent influence circumstances of system

Variantai	Bendras plotas, m <sup>2</sup>	Tūris, m <sup>3</sup>	Atitvarų plotas, m <sup>2</sup>	Išorinių sienų plotas, m <sup>2</sup>	Stogo plotas, m <sup>2</sup>	Langų plotas, m <sup>2</sup>	Rūsio sienų plotas, m <sup>2</sup>	Grindų ant grunto plotas, m <sup>2</sup>
1 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	270	703	863	232	291	75,5	73	191
1 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliais	270	703	863	232	291	75,5	73	191
1 projekto variantas. Mūras iš blokelių	270	703	863	232	291	75,5	73	191
1 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	270	703	863	232	291	75,5	73	191
2 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	296	1193	979	315	292	76,01	72,8	151
2 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliais	296	1193	979	315	292	76,01	72,8	151
2 projekto variantas. Mūras iš blokelių	296	1193	979	315	292	76,01	72,8	151
2 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	296	1193	979	315	292	76,01	72,8	151
3 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	319	995	818	302	214	35,22	139,16	128
3 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliais	319	995	818	302	214	35,22	139,16	128
3 projekto variantas. Mūras iš blokelių	319	995	818	302	214	35,22	139,16	128
3 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	319	995	818	302	214	35,22	139,16	128
4 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	255	705	801	312	201	52,5	102,6	132,9
4 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliais	255	705	801	312	201	52,5	102,6	132,9
4 projekto variantas. Mūras iš blokelių	255	705	801	312	201	52,5	102,6	132,9
4 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	255	705	801	312	201	52,5	102,6	132,9
5 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	260	718	832	285	231	39,5	83	129
5 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliais	260	718	832	285	231	39,5	83	129
5 projekto variantas. Mūras iš blokelių	260	718	832	285	231	39,5	83	129
5 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	260	718	832	285	231	39,5	83	129
$a_o$	255	703	801	232	201	35,22	72,8	128
$a_d$	287	948	890	273,5	246,5	55,615	105,98	159,5
$a_m$	319	1193	979	315	292	76,01	139,16	191

7 lentelė. Vidinių sistemos įtakos veiksnių priklausomumo reikšmių matrica

Table 7. Matrix of inherent influence dependence circumstances system

K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	$\mu_i$
0,139	0,000	0,279	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000	0,427
0,139	0,000	0,279	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000	0,427
0,139	0,000	0,279	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000	0,427
0,139	0,000	0,279	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000	0,427
0,705	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,303	0,751
0,705	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,303	0,751
0,705	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,303	0,751
0,705	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,303	0,751
1,000	0,642	0,026	0,934	0,055	0,000	1,000	0,000	0,457
1,000	0,642	0,026	0,934	0,055	0,000	1,000	0,000	0,457
1,000	0,642	0,026	0,934	0,055	0,000	1,000	0,000	0,457
1,000	0,642	0,026	0,934	0,055	0,000	1,000	0,000	0,457
0,000	0,000	0,000	0,996	0,000	0,386	0,424	0,017	0,228
0,000	0,000	0,000	0,996	0,000	0,386	0,424	0,017	0,228
0,000	0,000	0,000	0,996	0,000	0,386	0,424	0,017	0,228
0,000	0,000	0,000	0,996	0,000	0,386	0,424	0,017	0,228
0,017	0,003	0,080	0,703	0,254	0,031	0,064	0,001	0,144
0,017	0,003	0,080	0,703	0,254	0,031	0,064	0,001	0,144
0,017	0,003	0,080	0,703	0,254	0,031	0,064	0,001	0,144
0,017	0,003	0,080	0,703	0,254	0,031	0,064	0,001	0,144



8 lentelė. Išoriniai sistemos įtakos veiksniai

Table 8. Outward influence circumstances of system

Variantai	Samatinė kaina, Lt	Darbo sąnaudos, žm. val.	1m <sup>2</sup> kaina, lt/m <sup>2</sup>	Šilumos nuostoliai, kWh	Šilumos nuostoliai, Wh/m <sup>2</sup>	Išorinių sienų U, W/m <sup>2</sup> K
1 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	325 738	4235	1208	31 451	116,64	0,236
1 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliais	312 807	4003	1160	31 193	115,68	0,224
1 projekto variantas. Mūras iš blokelių	307 879	3835	1142	32 451	120,35	0,283
1 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	320 598	3639	1189	32 982	122,31	0,308
2 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	371 997	4573	1255	33 233	112,09	0,236
2 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliais	363 730	4384	1227	32 887	110,92	0,224
2 projekto variantas. Mūras iš blokelių	359 392	4156	1212	34 589	116,67	0,283
2 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	345 637	3890	1166	35 308	119,09	0,308
3 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	391 502	4598	1227	27 678	86,76	0,236
3 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliais	380 347	4400	1192	27 347	85,73	0,224
3 projekto variantas. Mūras iš blokelių	365 986	4161	1147	28 978	90,84	0,283
3 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	384 337	4082	1205	29 682	93,05	0,308
4 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	311 820	4199	1223	28 300	110,98	0,236
4 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliais	309 950	3985	1215	27 957	109,64	0,224
4 projekto variantas. Mūras iš blokelių	308 542	3905	1210	29 642	116,24	0,283
4 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	310 643	3910	1218	30 357	119,05	0,308
5 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	328 817	4489	1265	25 142	96,70	0,236
5 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliais	314 552	4186	1210	24 829	95,50	0,224
5 projekto variantas. Mūras iš blokelių	312 558	4146	1202	26 368	101,42	0,283
5 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	316 921	3849	1219	27 021	103,93	0,308
$a_o$	307 879	3639	1142	24 829	85,73	0,224
$a_d$	349 691	4119	1203	30 068	104,02	0,266
$a_m$	391 502	4598	1265	35 308	122,31	0,308

9 lentelė. Išorinių sistemos įtakos veiksnių priklausomumo reikšmių matrica

Table 9. Matrix of outward influence dependence circumstances system

Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
0,883	0,321	0,442	0,307	0,065	0,945
0,990	0,677	0,940	0,341	0,087	1,000
1,000	0,892	1,000	0,182	0,008	0,213
0,938	1,000	0,671	0,126	0,000	0,000
0,138	0,002	0,019	0,102	0,191	0,945
0,258	0,127	0,226	0,135	0,230	1,000
0,329	0,441	0,392	0,013	0,064	0,213
0,572	0,830	0,901	0,000	0,022	0,000
0,000	0,000	0,222	0,818	0,998	0,945
0,049	0,110	0,632	0,855	1,000	1,000
0,222	0,434	0,994	0,654	0,947	0,213
0,021	0,557	0,481	0,555	0,896	0,000
0,994	0,375	0,269	0,744	0,228	0,945
0,998	0,703	0,353	0,786	0,277	1,000
1,000	0,812	0,418	0,561	0,073	0,213
0,997	0,806	0,321	0,459	0,022	0,000
0,843	0,036	0,000	0,997	0,784	0,945
0,982	0,395	0,420	1,000	0,824	1,000
0,991	0,456	0,513	0,942	0,606	0,213
0,967	0,877	0,313	0,887	0,504	0,000

10 lentelė. Pagrindinė sprendimo priėmimo matrica

Table 10. General decision-making matrix

Variantai	$\mu_i$	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Minimaksiškumas
1 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	0,427	0,427	0,321	0,427	0,307	0,065	0,427	0,065
1 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliais	0,427	0,427	0,427	0,427	0,341	0,087	0,427	0,087
1 projekto variantas. Mūras iš blokelių	0,427	0,427	0,427	0,427	0,182	0,008	0,213	0,008
1 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	0,427	0,427	0,427	0,427	0,126	0,000	0,000	0,000
2 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	0,751	0,138	0,002	0,019	0,102	0,191	0,751	0,002
2 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliais	0,751	0,258	0,127	0,226	0,135	0,230	0,751	0,127
2 projekto variantas. Mūras iš blokelių	0,751	0,329	0,441	0,392	0,013	0,064	0,213	0,013
2 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	0,751	0,572	0,751	0,751	0,000	0,022	0,000	0,000
3 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	0,457	0,000	0,000	0,222	0,457	0,457	0,457	0,000
3 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliais	0,457	0,049	0,110	0,457	0,457	0,457	0,457	0,049
3 projekto variantas. Mūras iš blokelių	0,457	0,222	0,434	0,457	0,457	0,457	0,213	0,213
3 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	0,457	0,021	0,457	0,457	0,457	0,457	0,000	0,000
4 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228
4 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliais	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228
4 projekto variantas. Mūras iš blokelių	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	0,073	0,213	0,073
4 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	0,022	0,000	0,000
5 projekto variantas. Trisluoksnis plytų mūras	0,144	0,144	0,036	0,000	0,144	0,144	0,144	0,000
5 projekto variantas. Trisluoksnis mūras su blokeliais	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144
5 projekto variantas. Mūras iš blokelių	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144
5 projekto variantas. Technologija „Termosnaigė“	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,000	0,000
Maksimali reikšmė								0,228

Kadangi tarp minėtų veiksmų grupių susidaro konfliktinė situacija, yra logiškas anksčiau aprašyto modelio naudojimas taikant minimumo operatorių  $\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$ . Taigi kitu etapu sudaroma pagrindinė sprendimo priėmimo matrica (10 lentelė). Iš neapibrėžtosios skaičiavimų aibės priklausomumo funkcijų, pateiktų pagrindinėje sprendimo priėmimo matricoje, reikšmių išrenkama maksimali reikšmė. Skaičiavimai parodė, kad šiuo atveju, atsižvelgiant į keliamus tikslus bei esamas galimybes, iš pasiūlytų alternatyvų yra du optimalūs variantai, t. y. šių alternatyvų priklausomumas pagrindinei sprendimų aibei yra didžiausias.

7. Išvados

Modelio pritaikymo sritis – variantų vertinimas, pvz., statybos ir technologinių metodų parinkimas, mechanizavimo sprendimas, organizaciniai vietos parinkimo sprendimai ir statybos aikštelės įrengimo variantų parinkimas, statybos objektų įvertinimas.

Optimalumu laikomos pjūvių aibės, susidedančios iš dviejų kokybės požymių klasių, t. y. vidinių ir išorinių veiksmų, kurie vertinami atitinkamai pagal jų priklausomumo funkcijas, reikšmės.

Ši analizė rodo, kad sisteminiai sprendimai lemia sprendimų kokybės augimą, visgi dėl informacijos stokos ir kompleksiško reikia matematinio apdorojimo. Veiksniai arba parametrai, kuriais remiantis priimamas sprendimas, sujungiami į dvi parametru grupes.

Tokioje situacijoje šią neaišką informaciją apdoroti padeda tik neapibrėžtųjų aibių teorija. Objektiviai egzistuojančių neapibrėžtumų modeliavimas priimanant sprendimus vyksta praplečiant klasikines matematinės sąvokas neapibrėžtumo sąvokomis. Šio algoritmo optimalumo sąvoka remiasi dviejų kokybės požymių klasių pjūvio aibe.

Kaip šių tyrimų išvados pateikiamos šios pastabos:

1. Sistemiškas sprendimas – naujas sprendimo būdas statybos srityje, kai, atsižvelgiant į visas statybos fazes (planavimą, projektavimą, vykdymą, naudojimą), pasiekiamas aukštas kompleksiško lygis, kuris efektyviai leidžia keisti sprendimo lankstumą.

2. Kompetentingai skirstant įtakos veiksmius arba vertinimo parametrus pagal du aspektus (vidinius – išorinius) įmanoma atskleisti sprendimo užduoties konfliktinį pobūdį, kurį galima interpretuoti žaidimų teorija ir vertinti taikant neapibrėžtųjų aibių teoriją.

## Literatūra

1. E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas. Pastatų sistemotechninis įvertinimas. V.: Technika, 1996. 280 p.
2. J. Ester. Systemanalyse und mehrkriterielle Entscheidung. 1 Auflage. Verlag Berlin, 1987. 231 p.
3. K. D. Schwab. Ein auf dem Konzept der unscharfen Mengen basierendes Entscheidungsmodell bei mehrfacher Zielsetzung. TH Aachen, 1983. 177 p.
4. Ю. Блех, У. Гетце. Инвестиционные расчеты. Калининград: Янтар. сказ, 1997. 450 с.
5. Л. Заде. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 171 с.
6. H. J. Zimmermann, J. Angstenberger. Fuzzy Technologien: Prinzipien, Werkzeuge, Potentiale. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1993. 245 p.
7. P. Kortmann. Fuzzy-Modelle zur Systemidentifikation. Ortsrichtberichte VDI, Reihe 8: Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik. 1997. 150 p.
8. H. H. Bothe. Fuzzy Logic. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 1997. 297 p.

Įteikta 2000 06 29

## THEORY OF FUZZY SETS IN DECISION-MAKING SYSTEMS OF BUILDING MANAGEMENT

P. Gaučas, E. K. Zavadskas

### Summary

The task of decision-making in constructing industry becomes more difficult because of rapid technical upgrowth. According to aims, circumstances and opportunity decisions are determined. Disagreement situation arises at this point. Uprising opportunities and influence of circumstances of aims, they are often contradicting each other. Constructing a building, one must look for decision of more favourable conditions for situation and minimum expenditure, but to guarantee a high reliability, so disagreement situation arises. Exact requirements of quality logically are bound up with expensive realisation [4]. Decision must be optimum and as much as possible satisfy "goodness" indications of decision. However, "goodness" valuation is indefinite conception and disobeys black-and-white logic [Zadeh]. In this case one can understand decision like a conflict in the game theory, where the information is not always defined. To solve the problem the fuzzy sets theory can be used. Using the game theory, elements can be formulated indefinitely and a new model can be made [3]. Trying to estimate the aims of conflicts, the circumstances that influence the decision are divided into two groups. The first group – circumstances of inherent influence – defines what a decision-maker must attain (for example, to maximise quality) and describes strategy of the first player. The second group – circumstances of outward influence – defines what a decision-maker must estimate as a limitation (for example, to minimise price) and describes strategy of the second player. Dependence between inherent and outward circumstances in this step is formed.

There is no clear limit in fuzzy sets theory between dependence (circumstance 1) and independence (circumstance 0) of elements on definite set. Dependence degree of element  $x$  on  $A$  set, is described by  $\mu_A(x)$  function (1), (2).

The valuation in fuzzy sets theory takes place at three levels. At the first level meanings of dependence on inherent circumstances are calculated (1), (2), and matrix is determined (Fig 2). According to formula (3), dependence degree on each alternative is calculated. In the second level meanings of dependence on outward circumstances are calculated according to the formula (1), (2) and the matrix is filled in (Fig 3).

At the third level the results of first two levels are summed. Using operator of minimum general matrix of decisions-making is determined (Fig 4), According to the general matrix, the indefinite matrix of decision-making is determined (Fig 5). Minimax principle makes the decision.

The received result is optimal, because it satisfies the aim causing the conflict. In the paper, the example of a private house is selected, using the described method.

This method may be used to make decisions, when the task is of conflicting character. Competently distributing circumstances of influence or parameters of valuation by two aspects (inherent and outward) it can be explained the mean of conflicting character, and interpretation using the described method can be made.

.....  
**Paulius GAUČAS**, PhD student. Dept of Building Technology and Management. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: [Gaucas@hotmail.com](mailto:Gaucas@hotmail.com)

A graduate of Vilnius Gediminas Technical University, MSc (1997). Research visits to Leipzig Higher School of Technology, Economics and Culture (Germany, 1997, 1999). Research interests: new decision-making model of fuzzy sets method.

.....  
**Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS**, Doctor Habil, Professor, Rector of Vilnius Gediminas Technical University. Member of Lithuania Academy of Sciences, Member of Ukrainian Academy of Technological Cybernetics. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: [Rector@adm.vtu.lt](mailto:Rector@adm.vtu.lt)

In 1973 Dr degree in building structures. Assistant, Senior Assistant, Associate Professor, Professor at the Dept of Construction Technology and Management. In 1987, Dr Habil at Moscow Civil Engineering Institute (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 organisations. 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.