

*Conf. univ. dr. Dohmilă Iu.; drd. Dohmilă E. UTM;  
conf univ., dr. Lupușor N. ICȘC"INCERCOM"Î.S.*

## **Optimizarea structurilor de rezistență pentru casele de locuit individuale**

### **Abstract**

*Research has shown that the performance indicator is a characteristic resistance Policies death resistance structures thatdetermine the quality and performance constructive solution. Thepresented papers fots investigated, structural optimization of resistance to individual houses.*

### **Rezumat**

*Cercetările efectuate au demonstrat că indicatorul de performanță a structurii de rezistență reprezintă o caracteristică decesivă a structurii de rezistență care determină calitatea și performanțele soluției constructive. În lucrarea prezentată au fots efectuate cercetări pentru optimizarea structurii de rezistență pentru casele de locuit individuale.*

### **Резюме**

*Проведенные исследование показало, что усовершенствование несущих способностей конструкции является основной характеристикой которая определяют качество и совершенствование строительство. В представленной работе были проведены исследования оптимизации способностей конструкции для индивидуальных жилых домов.*

## **Introducere**

În urma studiilor realizate, precum și a analizei literaturii de specialitate s-a ajuns la concluzia că indicatorul de performanță a structurii de rezistență reprezintă o caracteristică hotărâtoare a structurii de rezistență care determină calitatea și performanțele soluției constructive.

S-a pus problema optimizării structurii de rezistență pentru casele de locuit individuale cu puține nivele, funcția obiectiv – criteriul de optimizare – s-a stabilit indicatorul de performanță a structurii de rezistență exprimat prin indicele de cost.

În cadrul experimentului preliminar s-a urmărit influența a mai multor factori asupra criteriului de optimizare:

- durata de serviciu (*normată*);
- durata de viață;
- fiabilitate;
- uzură fizică;

- uzură morală;
- rezistență la foc;
- etanșeitate;
- costul investiției făcute de beneficiar;
- costul de întreținere și reparații;
- siguranță la utilizare;

Prin metoda corelație de rang s-au ales următorii factori cu punctaj maxim, care caracterizează în mod complet criteriile de optimizare:

- $x_1$  – durata de serviciu (*normată*);
- $x_2$  – valoarea investiției făcută de beneficiar.

### Realizarea experimentală

Metoda activă de elaborare a modelelor matematice empirice implică obținerea datelor experimentale în urma efectuării unor experimente dirijate.

În cadrul metodelor active datele experimentale reprezintă valorile mărimilor de ieșire pentru anumite combinații ale mărimilor de intrare. În cadrul domeniului de definiție pentru variabilele independente pentru fiecare factor se stabilește un nivel de bază (*nivelul 0*),  $z_{i0}$ , precum și un pas de variație  $\Delta_{z_i}$ . Pasul de variație reprezintă acea valoare a factorului considerat care, adăugată sau scăzută la nivelul zero determină nivelul superior, respectiv inferior ( $z_i^s, z_i^i$ ).

Nivelul zero poate fi considerat și valoarea medie a intervalul de variație a variabilei independente.

Codificarea factorilor exprimă trecerea de la un sistem de coordonate, în unități naturale, la un sistem în cadrul căruia fiecare punct din spațiul factorial, ce reprezintă condițiile ”codificate” de realizare a experimentului are coordonatele ( $\pm 1, \pm 1$ ).

Cele mai des întâlnite modele pentru corelarea unor date experimentale sunt modelele neliniare de forma unui polinom de gradul doi.

Înainte de a începe experimentarea se stabilesc nivelurile factorilor în formă naturală iar apoi se calculează coordonatele naturale ale centrului programului (nivelul zero) și intervalele de variație cu ajutorul relațiilor:

$$z_i^0 = \frac{z_i^s + z_i^i}{2} ; \Delta_{z_i} = \frac{z_i^s - z_i^i}{\alpha} \quad (1)$$

Valorile naturale ale factorilor în punctele +1 și -1 se determină cu relația

$$z_i^0 \pm \Delta_{z_i}. \quad (2)$$

În cadrul cercetărilor se dorește ca în toate direcțiile ale spațiului  $n$  – dimensional informațiile să fie aceleași. Această condiție este satisfăcută în cadrul programului central compus rotabil de ordinul doi. Prin rotabilitate, modelul matematic obținut în urma prelucrării statistice a experimentului factorial permite determinarea răspunsului la distanțe egale de centrul experimentului cu aceeași precizie indiferent de direcție.

Pentru un model cu două variabile independente programul central compus rotabil cuprinde trei secțiuni:

- patru puncte experimentale ale programului factorial (-1,-1); (1,-1); (-1,1); (1,1);
- patru puncte experimentale ale programului compus,  $\alpha = 1.414$  (-1.414;0); (1.414, 0); (0, -1.414); (0, 1.414);
- cinci puncte centrale pentru a estima  $y$  cu precizie egală în interiorul cercului cu raza 1.

Aceste trei secțiuni reprezintă experiențele în matricea de experimentare.

Efectuarea experiențelor duce la obținerea de informații asupra variabilei dependente  $y$ , în situații diferite rezultate din combinarea diverselor nivele codificate ale variabilelor independente.

Programul central compus rotabil pentru două variabile independente are următoarea expresie matematică:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{12} x_1 x_2 \quad (3)$$

unde  $b_0, b_1, b_2, b_{11}, b_{22}, b_{12}$  sunt **coeficienții regresiei** calculați printr-o metodă de programare central compozițional rotabilă,  $x_1$  și  $x_2$  sunt **variabile independente** codificate, iar  $y$  – **variabila dependentă**.

Statistica matematică conține relații specifice pentru calculul coeficienților ecuației în condițiile asigurării unei abateri minime față de valoarea medie înregistrată. Pentru două variabile independente coeficienții ecuației de mai sus pot fi calculați cu relațiile:

$$b_0 = 0.2 \sum y_i - 0.1 (\sum x_{1i}^2 y_i + \sum x_{2i}^2 y_i); \quad (4)$$

$$b_1 = 0.125 \sum x_{1i} y_i; \quad (5)$$

$$b_2 = 0.125 \sum x_{2i} y_i; \quad (6)$$

$$b_{11} = 0.125 \sum x_{1i}^2 y_i + 0.01875 (\sum x_{1i}^2 y_i + \sum x_{2i}^2 y_i) - 0.1 \sum y_i; \quad (7)$$

$$b_{22} = 0.125 \sum x_{2i}^2 y_i + 0.01875 (\sum x_{1i}^2 y_i + \sum x_{2i}^2 y_i) - 0.1 \sum y_i; \quad (8)$$

$$b_{12} = 0.125 \sum x_{1i} x_{2i} y_i, \quad (9)$$

În relațiile de mai sus suma se calculează pentru  $i = 1 \dots 13$ , iar constantele pentru calcul sunt indicate din literatura de specialitate.

Verificarea semnificației coeficienților este importantă pentru un model matematic, deoarece poate confirma sau infirma modelul creat.

Se folosește **testul Student** care compară media unei variabile aleatoare cu abaterea standard medie. Pentru zona de centru a programului, în care toate variabilele independente au valoare de cod zero, se calculează dispersia  $s_0^2$ .

$$s_0^2 = \sqrt{\frac{\sum (y_{i0} - \overline{y_0})^2}{n_0 - 1}} \quad (10)$$

unde  $y_{i0}$  – valorile variabilei dependente în centrul regiunii de experimentare;

$\overline{y_0}$  – media valorilor din centrul regiunii experimentale;

$n_0$  – numărul experiențelor centrale.

Calculul dispersiei coeficienților de regresie ( $s_{bi}^2$ ) se face cu relația generală:

$$s_{bi}^2 = \frac{s_0^2}{\sum_{u=1}^{n_0} x_{iu}^2} \quad (11)$$

Calculul intervalului de încredere al coeficienților,  $|\Delta b_i|$  se face cu relația  $|\Delta b_i| = t_{\alpha;n} \times s_{bi}$ , în care  $t_{\alpha;n}$  – criteriul Student pentru pragul de semnificație  $\alpha$  și numărul  $n$  de grade de libertate,  $s_{bi}$  – abaterea medie pătratică a coeficientului de regresie.

Verificarea semnificației coeficienților de regresie se face prin condiția ca valoarea absolută a coeficienților  $b_i$  să fie superioară intervalului

de încredere  $|b_i| \geq |\Delta b_i|$ . Dacă relația de mai sus nu este îndeplinită, valoarea calculată a coeficientului de regresie nu este statistic diferită de zero, deci termenul care cuprinde factorul sau interacțiunea se neglijează.

În ultima etapă privind modelarea matematică se realizează verificarea concordanței modelului. Obiectivul acestei verificări îl constituie determinarea posibilității de utilizare a modelului pentru studiul optimizării sau dacă este nevoie de un alt tip de model matematic. Ipoteza

despre concordanța modelului se verifică cu ajutorul testului Fischer, a cărei valoare calculată se determină cu relația:

$$F_c = \frac{s_{conc}^2}{s_0^2}, \quad (12)$$

unde:  $s_{conc}^2$  - dispersia de concordanță  $s_0^2$  - dispersia reproductibilității rezultatelor.

Modelul matematic este adecvat atunci când este îndeplinită relația:

$$F_c < F_{\alpha, \nu_1, \nu_2} \quad (13)$$

În continuare se studiază corelațiile optime între durata de serviciu și costul investiției făcute de beneficiar și indicatorul de performanță a structurii de rezistență exprimat prin indicele de cost.

Cercetările s-au efectuat conform unui program de ordinul doi, central compus rotabil cu două variabile independente:

- $x_1$  – durata de serviciu,  $D_n$ , ani, cu domeniul de definire 25 ...150 ani;
- $x_2$  – costul investiției făcute de beneficiar,  $C_{in}$ , lei/m<sup>2</sup>Ad, cu domeniul de definire 662751 ... 1248597 lei/m<sup>2</sup>Ad.

Limitele de variație și codificarea factorilor sunt prevăzute în tabelul de mai jos.

Tabelul 1 Valori reale și codificate ale factorilor

Valoare codificată \ Valoare reală	-1.414	-1	0	+1	+1.414
$X_1$	25	43.3	87.5	131.7	150
$X_2$	662751	748514.8	955674	1162833.12	1248597

S-a considerat ca funcție de răspuns (funcție scop) indicatorul de performanță a structurii de rezistență, exprimat prin indicele de cost,  $I_{ps}$ , lei/(m<sup>2</sup>Ad x ani).

Programul experimental și rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2 Matrice de experimentare

Nr. Crt.	Valori codificate		Valori reale		Funcția scop $I_{ps}$ , (lei/m <sup>2</sup> Ad x ani)
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	D <sub>n</sub> , ani	C <sub>in</sub> , lei/m <sup>2</sup> Ad	
1	-1	-1	43.3	748514.88	17286.72
2	+1	-1	131.7	748514.88	5683.48
3	-1	+1	43.3	1162833.12	26855.27
4	+1	+1	131.7	1162833.12	8829.41
5	-1.414	0	25	955674	38226.86
6	+1.414	0	150	955674	6371.16
7	0	-1.414	87.5	662751	7574.3
8	0	+1.414	87.5	1248597	14269.68
9	0	0	87.5	955674	10921.97
10	0	0	87.5	955674	10807.5
11	0	0	87.5	955674	10904.25
12	0	0	87.5	955674	10987.62
13	0	0	87.5	955674	10834.27

Datele obținute au fost prelucrate statistic cu ajutorul unui pachet de programe specializate.

Ecuția generală propusă pentru funcția de răspuns este un polinom de gradul doi cu două necunoscute de forma:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{12} x_1 x_2 \quad (14)$$

unde  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_{11}$ ,  $b_{22}$ ,  $b_{12}$  sunt coeficienții regresiei calculați printr-o metodă de programare central compozițional rotabilă,  $x_1$  și  $x_2$  sunt variabile independente codificate, iar  $y$  – variabila dependentă.

Stabilirea coeficienților de regresie s-a făcut prin metoda regresiei multiple, semnificația lor fiind testată cu ajutorul testului Student, repartiția  $t$ , eliminându-se cei ne semnificativi.

Valoarea tabelată pentru test este 2.18 ce corespunde unei probabilități de 95%, adică un nivel de semnificație  $\alpha = 0.05$  și  $v = 13$

grade de libertate. Se consideră un coeficient ca fiind semnificativ, dacă relația  $|t_c| \geq t_{\text{Tab}}$  este îndeplinită.

Ecuția de regresie este:

$$y = 10895.135 - 9334.132x_1 + 2772.718x_2 + 5213.129x_1^2 - 473.663x_2^2 - 1065.655x_1x_2 \quad (15)$$

Coeficienții ecuației:

$$b_0 = 10895.135$$

$$b_1 = -9334.132$$

$$b_2 = 2772.718$$

$$b_{11} = 5213.129$$

$$b_{22} = -473.663$$

$$b_{12} = -1605.655$$

Test parametri ecuație regresie

Valoarea tabelată pentru test este: 2.18

Valorile testului Student:

$Tb_0 = 338.982$	- $b_0$	semnificativ
$Tb_1 = -367.348$	- $b_1$	semnificativ
$Tb_2 = 109.121$	- $b_2$	semnificativ
$Tb_{11} = 191.284$	- $b_{11}$	semnificativ
$Tb_{22} = -17.380$	- $b_{22}$	semnificativ
$Tb_{12} = -44.683$	- $b_{12}$	semnificativ

Se observă semnificația fiecărui coeficient, comparându-se cu valoarea tabelată și sesizând influența efectivă a acestora asupra variabilei dependente y.

Modelul matematic este:

$$y = 10895.135 - 9334.132x_1 + 2772.718x_2 + 5213.129x_1^2 - 473.663x_2^2 - 1065.655x_1x_2 \quad (16)$$

Coeficienții ecuației:

$$b_0 = 10895.135$$

$$b_1 = -9334.132$$

$$b_2 = 2772.718$$

$$b_{11} = 5213.129$$

$$b_{22} = -473.663$$

$$b_{12} = -1605.655$$

Verificarea concordanței modelului s-a făcut cu testul Fischer – Snedecor față de coeficienții de corelație multiplă obținuți și folosind valoarea tabelată a coeficientului  $F_{\text{Tab}} = 6.1$  ce corespunde unei probabilități

de 95% (nivel de semnificație  $\alpha = 0.05$ ) și gradelor de libertate  $\nu_2 = 4$  și  $\nu_1 = 7$ .

Valorile obținute calculate  $F_c$  îndeplinesc condiția  $F_c \leq F_{Tab}$ , deci modelul poate fi considerat adecvat și confirmat.

Coeficientul de corelație obținut are valoarea de 0.9806, ceea ce indică influența importantă a variabilelor independente asupra variabilei dependente.

Tabelul 3

Nr. Exp	$Y_{m\grave{a}s}$	$Y_{calc}$	$(Y - Y_{calc})^2$	$(Y - Y_{med})^2$	A
1	17286.7200	20590.3609	10914043.196 2	12075555.5001	19.1109
2	5683.4800	5133.4059	302581.5155	66068448.0625	9.6785
3	26855.2700	29347.1077	6209255.1231	170133935.731 6	9.2788
4	8829.4100	7467.5328	1854709.5079	24823512.5824	15.4243
5	38226.8600	34516.7085	13765224.346 1	596098572.916 9	9.7056
6	6371.1600	8119.7818	3057678.3207	55362081.9249	27.4459
7	7574.3000	6027.4720	2392676.8679	38905533.0049	20.4221
8	14269.6800	13868.7197	160769.1818	209718.2025	2.8099
9	10921.9700	10895.1351	720.1119	8350712.8576	0.2457
10	10807.5000	10895.1351	7679.9108	9025397.8929	0.8109
11	10904.2500	10895.1351	83.0814	8453439.9504	0.0836
12	10987.6200	10895.1351	8553.4567	7975597.2921	0.8417
13	10834.2700	10895.1351	3704.5604	8865268.0516	0.5618
<b>Total</b>	179552.490 0	179546.764 8			
<b>Medie</b>	13811.7300	13811.2896			

Coeficient de corelație: **0.9806**

### Concluzii

Din analiza modelului matematic se desprind următoarele aspecte semnificative:



- studiul ecuației de regresie sugerează faptul că indicatorul de performanță a structurii de rezistență depinde de fiecare parametru independent: durata de serviciu ( $x_1$ ) și costul investiției făcute de beneficiar ( $x_2$ ), precum și de interacțiunea dintre acestea. Variabila dependentă care este indicatorul de performanță exprimat prin indicele de cost scade odată cu creșterea duratei de serviciu și crește odată cu creșterea costului investițiilor făcute de beneficiar, influența parametrului  $x_1$  fiind mai accentuată;
- modelul conține de asemenea ambele forme pătratice, dar cu semne diferite ceea ce indică influențe opuse asupra funcției de răspuns; influența coeficientului parametrului  $x_1$  este mai mare decât a coeficientului parametrului  $x_2$ ;
- coeficientul  $b_{12}$  exprimă efectul de interacțiune a celor doi factori de influență modelul analizat; aceștia sunt corelați și acționează în sensul micșorării indicelui de cost;
- suprafața de răspuns este de tip minimax - paraboloid hiperbolic, suprafața șa alungită - coeficienții ecuației canonice având semne diferite, centrul figurii aflându-se în apropierea centrului experimentului, punctul critic este un punct șa.

$x_1 = 1.067$ ,  $x_2 = 1.118$  – valori codificate;  $y = 7664,959$

$x_1 = 135$  ani,  $x_2 = 1187278$  lei/m<sup>2</sup>Ad – valori naturale.

curbele de nivel constant sunt hiperbole alungite după axa care corespunde unei mărimi mai mici după valoarea absolută a coeficientului din ecuația canonică; în acest caz valoarea criteriului de optimizare crește la deplasarea din centrul figurii (*punct șa*) pe una din axe și se micșorează la deplasarea pe altă axă; direcția de mișcare fiind dependentă de scopul ales – maximum sau minimum.

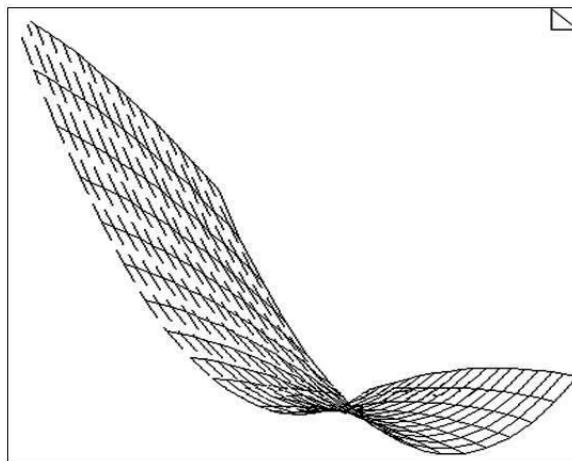
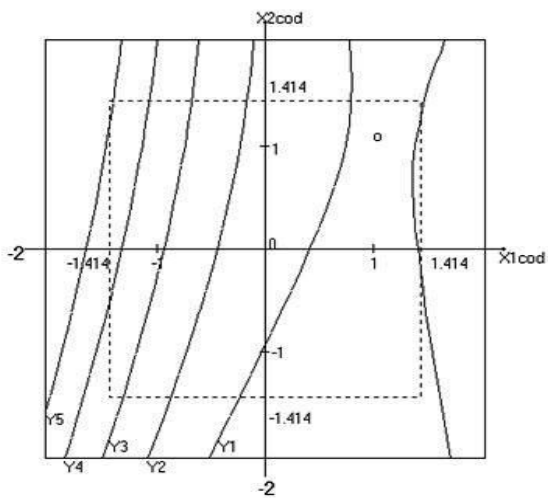


Fig. 1



$X_{c1} = 1.067$   
 $X_{c2} = 1.118$

**Punct sa**

$Y_1 = 8000.$   
 $Y_2 = 16000.$   
 $Y_3 = 24000.$   
 $Y_4 = 32000.$   
 $Y_5 = 40000.$

Fig. 2

Grafo 3D pentru funcția  $y = f(x_1, x_2)$ .  
 $X_1$  variază între  $[-2; 2]$ .  $X_2$  variază între  $[-2; 2]$ .

## **Bibliografie**

1. Iu. Dohmilă – Teză de doctorat „Tehnologii performante pentru realizarea clădirilor de locuit individuale în Republica Moldova”, România, Iași – 2001.
2. Concepția politică națională locative; Chișinău 1994.
3. A. Cristian - Locuțiune – juridic, legal, urbanistic – norme, prescripții, măsurători – Probleme practice.
4. I. Opriș – „Modele de analiză și prognoză a costurilor”, - Editura Dacia, Cluj ,1990.
5. D. Teodorescu – „Modele stohastice optimizate” – Editura Academiei, București, 1980.
6. Krajewki, Ritzman – „Operations management strategy and analysis”, – Addison – Wesley Publishing Company, 1990.