

## PRELUCRAREA SI REPREZENTAREA DATELOR EXPERIMENTALE

### 1. Scopul lucrării

Lucrarea are drept scop prezentarea problematicii prelucrării datelor experimentale și a reprezentării grafo-analitice a acestora.

### 2. Consideratii teoretice

Orice cercetare experimentală sau proces tehnologic care cuprinde operații de măsurare va genera **DATE EXPERIMENTALE** ce conțin informațiile necesare sub o formă oarecare. Rezultatele tuturor măsurătorilor sunt însă afectate de erori.

Eroarea absolută  $E$  este diferența dintre rezultatul "x" al măsurării și valoarea adevărată "X" a mărimii măsurate:

$$E = x - X \quad (1)$$

Eroarea relativă procentuală  $E_r$  [%] este raportul - exprimat în procente - dintre eroarea absolută și valoarea adevărată "X" a mărimii măsurate:

$$E_r [\%] = \frac{100E}{X} \quad (2)$$

Eroarea sistematică este eroarea care rămâne constantă, atât ca valoare cât și ca semn, la măsurători repetate, în condiții practic identice, sau care variază pe baza unei legi definite, atunci când condițiile se modifică. Aceste erori se pot datora unei reglări sau etalonări incorecte a aparatelor de măsură, unei erori a operatorului (de exemplu o eroare de paralaxă) sau condițiilor experimentale (un aparat se utilizează la o temperatură diferită de cea la care a fost etalonat sau reglat). Este posibil ca erorile sistematice să fie depistate prin măsurarea aceleiași mărimi prin metode diferite. Înaintea prelucrării statistice a datelor experimentale se consideră că erorile sistematice au fost depistate și înlăturate.

Eroarea aleatorie este eroarea care variază imprevizibil, atât ca valoare cât și ca semn, la măsurători repetate, ale aceleiași mărimi, în condiții identice. În general, se consideră că erorile aleatorii și rezultatele pe care le afectează sunt supuse unei legi de repartiție normală.

Eroarea aberantă (grosolană) depășește considerabil eroarea cea mai probabilă, nefiind conformă cu realitatea. Ele sunt greșeli de măsurare ca urmare a nerespectării principiilor de măsurare sau o consecință a unei erori grave a operatorului. Probabilitatea de reproducere a erorilor aberante la o repetare a măsurătorilor este foarte mică. Există astfel posibilitatea depistării și înlăturării lor.

Prelucrarea datelor provenite din măsurători prevede conform normelor STAS următoarele:

- calculul principalilor parametri statistici;
- verificarea normalității repartiției;
- estimarea parametrilor populației;
- determinarea erorilor de măsurare și stabilirea preciziei metodei de măsurare folosite.

Parametrii statistici principali ai unui șir de "n" date  $x_i$  se mai numesc valori tipice de selecție și sunt definiți după cum urmează:

- media aritmetică a sirului de date

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

- eroarea medie pătratică experimentală

$$s = \sqrt{\frac{1}{n+1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \quad (4)$$

- incertitudinea sau eroarea limită a mediei aritmetice

$$\Delta_{\bar{x}} = \pm \frac{t \cdot s}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

unde "t" este coeficientul de amplificare, ce depinde de repartiția erorilor aleatorii, de numărul "n" al măsurătorilor și de nivelul de încredere P\* adoptat. Valori pentru coeficientul "t" sunt prezentate în ANEXA 1.

- rezultatul corectat și probabil al măsurării este:

$$\bar{X}' = \bar{X} + \Delta_{\bar{x}} \quad (2)$$

Se impune ca în cadrul operației de prelucrare a datelor experimentale să fie eliminate erorile aberante. Dacă șirul de "n" date se ordonează în sens crescător sau descrescător valorile posibil a fi aberante sunt cele de la extremitățile șirului. Pentru verificarea valorii  $x_n$  se calculează valoarea  $\lambda$

$$\lambda = \frac{|x_n - x_{n-1}|}{s} \quad (3)$$

unde "s" este abaterea medie pătratică a șirului celor "n" date. Comparând valoarea  $\lambda$  cu valoarea critică  $\lambda_c$  (ANEXA 2) valoarea  $x_n$  se elimină din șirul de date dacă  $\lambda > \lambda_c$  (criteriul Irwin). Dacă valoarea  $x_n$  a fost eliminată, se recalculează abaterea medie pătratică "s" pentru cele "n-1" valori rămase și testul se aplică din nou. Procesul continuă până când nu se mai elimină date ale șirului.

Considerațiile făcute s-au bazat pe ipoteza de normalitate a repartiției datelor. Dacă există îndoieli privind această condiție se impune utilizarea unui test de verificarea normalității.

Dacă cele "n" măsurări  $x_i$  ale mărimii "X" au fost efectuate cu aceeași precizie și dacă rezultatele măsurătorilor se supun unei legi normale de repartiție, atunci estimarea lui "X" este chiar media aritmetică a șirului de date. Erorile de măsurare se determină cu relațiile (1),(2).

Datele experimentale se cumulează în tabele funcționale. Aceste tabele se compun din linii și coloane formând o structură matriceală. Elementele acestui tablou sunt mărimile de intrare "X" și ieșire "Y", rezultate pe parcursul experimentului. În "capul" de tabel se trece denumirea fiecărei variabile, simbolul și unitatea de măsură (fig.1).

Tabel.....

X [U.M.]	Y <sub>1</sub> [U.M.]	Y <sub>2</sub> [U.M.]	Y <sub>3</sub> [U.M.]

Fig.1

O alta etapă în procesul de prelucrare a datelor experimentale este prezentarea acestora în grafice. Avantajele acestei reprezentări comparativ cu tabelul sunt: o prezentare mult mai sugestivă a modului de variație a mărimilor de ieșire, posibilitatea aprecierii unei dependențe teoretice cunoscute, posibilitatea estimării aproximative a formulei pentru curba experimentală etc. Această reprezentare constituie problema directă. Problema inversă, care apare în cadrul unor experimentări, este determinarea dintr-o reprezentare grafică a unei mărimi când se cunoaște o alta.

Elementele componente importante ale unui grafic sunt scările și rețeaua grafică.

Din posibilitățile de reprezentare grafică ne vom referi doar la scările metrice,

logaritmice și semilogaritmice.

Referindu-ne la un sistem rectangular, axa orizontala Ox corespunde, în general, mărimii de intrare " $\alpha$ " dintr-un proces de măsurare, iar axa verticală Oy, unei mărimi de ieșire " $\beta$ ". Ecuatiile care descriu posibilitățile de realizare a scărilor menționate sunt ( $k_1, k_2$  sunt scaările celor două axe;  $\alpha$  și  $\beta$  sunt mărimile de reprezentat pe cele două axe):

$$\begin{aligned} x &= k_1 \cdot \alpha \\ y &= k_2 \cdot \beta \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} x &= k_1 \cdot \log \alpha \\ y &= k_2 \cdot \log \beta \end{aligned} \quad (5)$$

sau combinații de forma :

$$\begin{aligned} x &= k_1 \cdot \alpha \\ y &= k_2 \cdot \log \beta \end{aligned} \quad (6)$$

Cele două scări au unitatea de măsură rezultată din ecuațiile anterioare :

$$\begin{aligned} [K_1] &= \frac{[x]}{[\alpha]} \\ [K_2] &= \frac{[y]}{[\beta]} \end{aligned} \quad (7)$$

Rețeaua grafică are scopul de a ușura identificarea în plan a coordonatelor punctelor care reprezintă mărimea variabilelor reprezentate grafic. Se întâlnesc rețele rectangulare, polare, oblice etc. Marcarea scării grafice pe axele de coordonate se poate face prin rețea, linii de diviziune sau prin combinarea liniilor de rețea cu liniile de diviziune. În figura 2 este reprezentată o scară metrică și diviziunile aferente pentru marcarea.

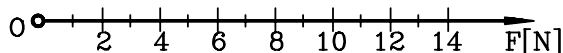


Fig.2

Mărimea intervalului între două diviziuni trebuie să fie de minimum 1 mm. Valoarea numerică corespunzătoare punctului de origine al scării trebuie notată pentru fiecare dintre scările grafice. Unitățile de măsură aferente valorilor numerice respective se înscriu prin simbolul lor o singură dată.

Axele de coordonate se trasează cu linie groasă. Liniile de rețea și diviziune se trasează cu linie subțire. Dacă într-o diagramă se reprezintă mai multe relații funcționale, se recomandă ca dreptele sau curbele respective să fie trasate cu tipuri diferite de linii. Se admite ca punctele caracteristice să fie marcate printr-un cerc, cruce, triunghi etc.

Se recomandă ca variabila independentă să fie indicată pe axa orizontală, iar sensul pozitiv, de creșterea mărimilor variabile să corespundă direcțiilor spre dreapta și în sus, pornind de la intersecția axelor.

Datele experimentale din tabelele funcționale devin în final coordonatele unor puncte în sistemul de axe xOy (fig.3).

Modul de variație al mărimii de ieșire poate fi reprezentat prin mulăimea discretă a acestor puncte (fig.3) sau poate fi aproximat printr-o curba ( $\Gamma$ ) de o anumită ecuație (fig.4) trasată pe baza intuiției experimentatorului sau determinată pe cale analitică (metoda celor mai mici pătrate, regresie liniară).

Măsurătorile asistate de calculator oferă, prin software-ul asociat, atât facilități de prelucrarea datelor experimentale cât și de reprezentare grafică sau tabelară.

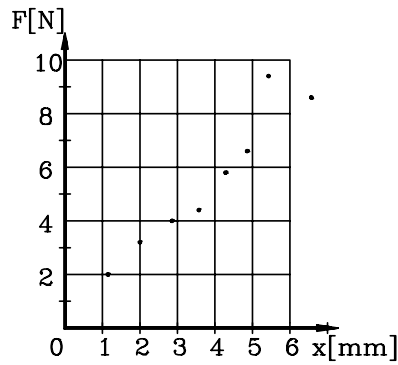


Fig.3

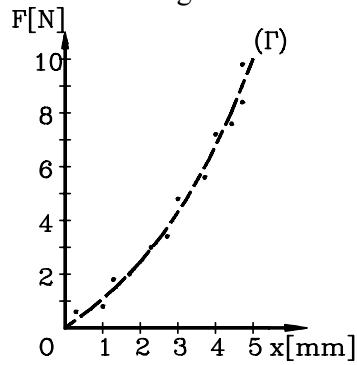


Fig.4

### 3. Mersul lucrării. Prelucrarea datelor experimentale

- 3.1. Se stabilesc pe baza descrierii unui experiment care sunt mărimile de intrare și de ieșire;
- 3.2. Se calculează parametri statistici principali;
- 3.3. Se elimină valorile afectate de erori aberante;
- 3.4. Se reprezintă datele experimentale în tabele și grafice;
- 3.5. Se scriu datele experimentale într-un fișier care se importă și se prelucrează în LabView și MO Excel.

### 4. Intrebari recapitulative

- 4.1. Ce reprezintă eroarea absolută ?
- 4.2. Care sunt erorile care pot afecta o operație de măsurare?
- 4.3. Definiți media aritmetică de sondaj a șirului de date;
- 4.4. Definiți abaterea medie pătratică de sondaj;
- 4.5. Prezentați o modalitate de eliminare a erorilor aberante.