

EVOLUȚIA TEORIEI ERORILOR DE MĂSURARE

Ion CERNICA, Nicolae Claicnet

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: Într-o ordine firească se prezintă cele mai importante fapte și momente, care au jucat un rol decisiv în evoluția teoriei erorilor de măsurare. Se arată aportul unor renumiți matematicieni și fizicieni ai lumii la dezvoltarea acestei teorii și fundamentarea științifică a metodei celor mai mici pătrate. Pentru contribuțiile importante aduse la dezvoltarea ulterioară a teoriei erorilor de măsurare, Adrien-Marie Legendre, Carl Friederich Gauss și Pierre-Simon Laplace pot fi considerați drept percursori ai teoriei.

Cuvinte cheie: evoluție, măsurare, eroare, teorie.

1. Introducere. Formularea problemei

Pentru a înțelege prezentul și viitorul unei științe, trebuie să cunoști nu numai noțiunile și principiile fundamentale, ci și geneza, evoluția ei istorică. Numai astfel poți să te convingi că știința dată se află în continuă ascensiune și perfecțiune.

Fiind pătrunși de importanța acestei idei, autorii își propun să prezinte în continuare doar o parte din lungul și asprul drum parcurs de teoria erorilor de măsurare. În evoluția acestei teorii se evidențiază trei perioade principale: perioada antică, perioada Renașterii și perioada cuprinsă între secolele XVIII și XIX.

2. Perioada antică

Măsurarea a reprezentat din cele mai vechi timpuri un element esențial în evoluția cunoașterii obiectelor și fenomenelor lumii reale. Pentru a efectua măsurări, oamenii de știință au creat de-a lungul timpului un întreg arsenal de metode și mijloace de măsurare, care în prezent nu prezintă nimic misterios.

Arhimede (287-212 î. Hr.) a fost probabil unul dintre primii cercetători, care a înțeles de ce metodele și aparatele de măsurare existente pe timpul său nu pot să asigure o fiabilitate adecvată măsurărilor. Din cauza preciziei insuficiente a măsurărilor efectuate, cercetătorii antici au căutat să determine intervale de valabilitate pentru mărimile măsurate. Cu această ocazie Aristarh din Samos (cca 310-230 î. Hr.) scria [1]: „Raportul dintre diametrul Soarelui și diametrul Pământului este mai mare decât $19 : 3 = 6,33$, dar mai mic decât $43 : 6 = 7,17$ ”.

Este absolut sigur că grecii antici cunoșteau deja cauzele erorilor de măsurare și aveau o viziune chiar destul de clară asupra erorilor sistematice și întâmplătoare. În legătură cu cauzele care conduc la apariția erorilor de măsurare, Ptolomeu (cca 90-168 d. Hr.) scria în lucrarea sa „Megale syntaxis” (Almageste) [1]: „Practic, toate horoscoapele aplicate de mai toți observatorii precauți, admit erori; aparatele pentru observarea Soarelui, datorită deplasării întâmplătoare a poziției sale sau a gnomonului, pe când ceaurile de apă, datorită obturării sau curgerii neuniforme a apei”.

3. Epoca Renașterii

Problema prelucrării observațiilor a apărut inițial în domeniul astronomiei, în special, după descoperirea întâmplătoare a lunetei în 1600 de către un copil ce se juca în atelierul lui Lippershey din Olanda [1]. În scurt timp, luneta avea să devină cel mai important instrument științific al acelei epoci și, în special, al profesorului de fizică și de inginerie militară din Padua, Galileo Galilei (1564-1642), care pe baza observațiilor făcute asupra cerului a reușit să dea o descriere matematică mișcării corpurilor cerești. Aceasta avea să fie opera cea mai importantă a vieții sale, expusă în întregime în lucrarea „Dialoguri cu privire la două științe noi” [1], publicată după condamnarea sa, dar schițată și în lucrarea „Dialog cu privire la cele două sisteme cosmologice principale” [1], care constituie cauza directă a conflictului său cu biserica.

O altă problemă importantă, abordată de către Galileo Galilei în „Dialoguri”, este și cea cu privire la posibilitatea evaluării erorilor de măsurare. Bazându-se pe experiența acumulată în observațiile astronomice, el a reușit să formuleze câteva proprietăți importante ale erorilor de măsurare, cunoscute astăzi ca *postulatele generale ale teoriei erorilor de măsurare*:

- erorile întâmplătoare sunt inevitabile în observațiile obținute cu diverse mijloace de măsurare;
- erorile mici au șanse mai mari de apariție decât cele mari;
- măsurările tind să se distribuie aproximativ egal la stânga și la dreapta unei valori „de referință”;

- majoritatea valorilor observate tind să se grupeze în jurul acestei valori de referință.
Prin valoare „de referință” Galileo Galilei înțelegea, probabil, valoarea adevărată a mărimii măsurate.

4. Secolele XVIII-XIX

De multe ori precizia insuficientă a măsurărilor efectuate a condus la contradicții între teorie și practică. A fost nevoie să se construiască mijloace de măsurat cu caracteristici metrologice superioare și în același timp să se elaboreze la sfârșitul secolului al XVIII-lea și începutul secolului al XIX-lea și o teorie adecvată a măsurărilor și erorilor de măsurare. Un aport considerabil la dezvoltarea acestei teorii au adus Adrien-Marie Legendre, Carl Friederich Gauss și Pierre-Simon Laplace.

Adrien-Marie Legendre (1752-1833) a avut realizări remarcabile în matematică, care au fost concretizate prin fundamentarea pentru prima dată a teoriei prelucrării observațiilor, aplicată ulterior tot în astronomie. Studiile sale asupra erorilor de măsurare, împreună cu principiile metodei celor mai mici pătrate, sunt cuprinse în lucrarea sa „*Nouvelles méthodes pour la détermination des orbites des comètes*” (*Noi metode pentru determinarea orbitelor cometelor*) [2], apărută la Paris în anul 1805.

De fapt metoda celor mai mici pătrate a fost descoperită în anul 1795 de genialul matematician german *Carl Friederich Gauss* (1777-1855), care, după spusele sale, o aplica zilnic, începând cu 1802, în calculele astronomice a orbitelor unor planete mici. Studiile sale cu privire la mișcarea corpurilor cerești, împreună cu fundamentarea matematică a metodei celor mai mici pătrate, sunt sintetizate în lucrarea „*Theoria motus corporum coelestium in sectionibus Solem ambientium*” (*Teoria mișcării corpurilor cerești ce se rotesc în jurul Soarelui după secțiuni conice*) [3], publicată în 1809.

Pe lângă multe alte probleme teoretice, Gauss propune la 1797 și formula repartiției normale a erorilor întâmplătoare, care este folosită și astăzi la prelucrarea rezultatelor măsurărilor. Repartiția normală apare de fapt pentru prima oară în 1733 într-o lucrare a matematicianului francez *Abraham de Moivre* (1667-1754), cunoscut mai mult pentru formula sa din domeniul numerelor complexe. Cu toate că repartiția normală era cunoscută până la Gauss, aportul lui la fundamentarea teoriei acestei distribuții importante este atât de mare încât foarte mult timp repartiția normală s-a numit „*legea lui Gauss*”. Termenul contemporan de „repartiție normală” s-a înrădăcinat în știință abia la sfârșitul secolului al XIX-lea, mai exact, în anul 1894, datorită eforturilor matematicianului englez *Karl Pearson* (1857-1936), fondatorul statisticii matematice.

În lucrările sale ulterioare, Gauss aprofundează aspectul algebric al metodei celor mai mici pătrate, deducând o serie de formule necesare evaluării preciziei de măsurare. Pentru contribuțiile importante aduse la dezvoltarea ulterioară a teoriei erorilor de măsurare, Gauss este considerat drept precursor al acestei teorii.

Printre cei care au contribuit substanțial la progresul teoriei erorilor de măsurare se numără și *Pierre-Simon Laplace* (1749-1827), celebru matematician, fizician și astronom francez, unul dintre cei mai mari oameni de știință pe care i-a avut omenirea vre-o dată. În celebra sa lucrare „*Théorie analytique des probabilités*” (*Teoria analitică a probabilităților*) [4], publicată în 2 volume la Paris în anul 1812, Laplace pune în valoare numeroase rezultate fundamentale din domeniul teoriei probabilităților și al statisticii matematice. El are meritul de a fi dat o nouă fundamentare teoretică metodei celor mai mici pătrate și de a fi prezentat o analiză precisă din punct de vedere matematic a ideii potrivit căreia probabilitatea este raportul dintre numărul evenimentelor favorabile și al celor posibile. Pentru acest motiv, Laplace este considerat astăzi unanim drept fondator al teoriei erorilor de măsurare, alături de Gauss.

Dezvoltarea teoriei erorilor de măsurare, a metodei celor mai mici pătrate și a teoriei matematice a probabilităților a fost impulsionată, în mare măsură, de studiile matematicienilor *Friedrich Wilhelm Bessel* (1784-1846), *Pafnuti Lvovici Cebâșev* (1821-1894) și *Augustin-Louis Cauchy* (1789-1857). Astfel, prin efortul câtorva generații de mari matematicieni, la sfârșitul secolului al XIX-lea a fost creată teoria erorilor de măsurare.

5. Concluzii

Rezultatele obținute în lucrare constituie o bază reală pentru extinderea cercetărilor în domeniul genezei teoriei erorilor de măsurare.

Bibliografie

1. Bernal, J. D. *Știința în istoria societății*. București: Editura Politică, 1964. -1001 p.
2. Legendre, A.-M. *Nouvelles méthodes pour la détermination des orbites des comète*. Paris, 1805.
3. Gauss, C. F. *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus Solem ambientium*, 1809.
4. Laplace, P.-S. *Théorie analytique des probabilités*, Paris, 1812.