

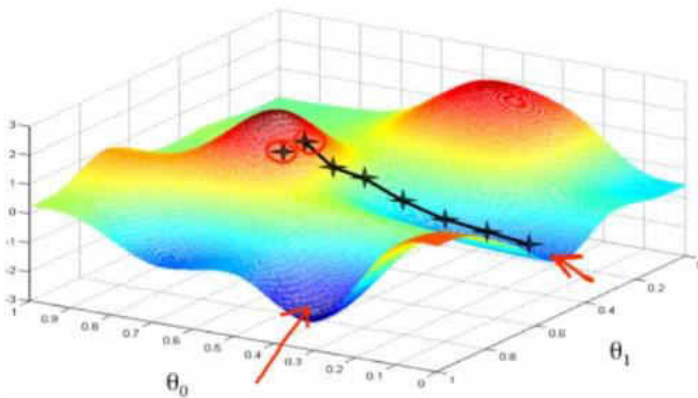


Digitally signed by
Technical Scientific
Library, TUM
Reason: I attest to the
accuracy and integrity of
this document

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

METODE ȘTIINȚIFICE DE OPTIMIZARE EXPERIMENTALĂ A OBIECTELOR ELECTRONICE ȘI DE TELECOMUNICAȚII

Note de curs



Chișinău
2024

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI
FACULTATEA ELECTRONICĂ ȘI TELECOMUNICAȚII
DEPARTAMENTUL TELECOMUNICAȚII ȘI SISTEME ELECTRONICE

**METODE ȘTIINȚIFICE DE OPTIMIZARE
EXPERIMENTALĂ A OBIECTELOR
ELECTRONICE ȘI DE TELECOMUNICAȚII**

Note de curs

Chișinău
Editura „Tehnica-UTM”
2024

CZU 519.6/.8:[621.3+654](075.8)

Ş 50

Lucrarea a fost discutată și aprobată pentru editare la ședința Consiliului Facultății Electronice și Telecomunicații, proces-verbal nr. 6 din 29.06.2023.

În notele de curs sunt expuse metodele științifice de planificare a experimentelor extreme la optimizarea obiectelor multifactoriale din domeniul electronicii și telecomunicațiilor. Sunt luate în considerare principiile de funcționare a metodelor, algoritmi acestora bazați pe planuri experimentale speciale și se oferă o evaluare comparativă a tuturor metodelor. Sunt descrise și etapele succesive ale prelucrării statistice a rezultatelor experimentelor asupra parametrilor obiectelor multifactoriale și principiile pentru luarea deciziilor în baza rezultatelor cercetării.

Pentru fiecare metodă este expus materialul teoretic relevant și exemple practice care vor contribui la studierea fundamentelor teoretice și aspectelor practice ale obiectelor complexe de electronică și telecomunicații.

Notele de curs sunt destinate studenților specialității *Sisteme și comunicații electronice*, Ciclul II, pentru însușirea disciplinei *Managementul investigațiilor științifice*, proiectarea de an și de master, precum și elaborarea lucrărilor de investigație științifică, inclusiv a tezelor de doctor.

Autor: conf. univ., dr. Tatiana Șestacova

Recenzent: conf. univ., dr. Pavel Nistiriuc

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN RM

Șestacova, Tatiana.

Metode științifice de optimizare experimentală a obiectelor electronice și de telecomunicații: Note de curs / Tatiana Șestacova; Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Electronică și Telecomunicații, Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice.

– Chișinău: Tehnica-UTM, 2024. – 39, [1] p.: fig., tab.

Aut. indicat pe verso f. de tit. – Bibliogr.: p. 39 (8 tit.). – 25 ex.

CUPRINS

INTRODUCERE	3
1. METODE DE OPTIMIZARE NEGRADIENTE	7
1.1 Metoda Gauss-Seidel	7
1.2 Metoda simplex	10
1.3 Metoda căutării aleatorii.....	19
2. METODE DE OPTIMIZARE GRADIENTE	22
2.1 Metoda gradientilor	22
2.2 Metoda ascensiunii bruște (Box-Willson)	25
2.3 Metoda determinării indicatorului generalizat de calitate în baza funcției de dezirabilitate Harrington	29
Subiecte pentru evaluările periodice și finale	38
BIBLIOGRAFIE	39

Redactor E. Balan

Bun de tipar 10.01.24	Formatul hârtiei 60x84 1/16
Hârtie ofset. Tipar RISO	Tirajul 25 ex.
Coli de tipar 2,5	Comanda nr. 07

MD-2004, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, 168, UTM
MD-2045, Chișinău, str. Studenților, 9/9, Editura „Tehnica-UTM”

INTRODUCERE

Găsirea condițiilor sau valorilor optime ale parametrilor unui obiect de cercetare este una dintre cele mai frecvente probleme științifice și tehnice. Ele apar când, în timpul implementării tehnice a unui anumit obiect sau proces, este necesar să se găsească cele mai bune (optime într-un anumit sens) condiții pentru implementarea lor. De exemplu, putem evidenția căutarea condițiilor pentru atingerea eficienței maxime, a celei mai bune fiabilități și durabilitate a produsului, sau găsirea parametrilor optimi de semnal și a tipului de modulație pentru a realiza un raport minim semnal-zgomot în rețelele de televiziune digitală etc.

Pentru a rezolva probleme de optimizare în diferite activități de gestionare, proiectare și planificare, este setat un criteriu de optimitate (funcția obiectiv) $Y(X)$, în funcție de vectorul parametrilor gestionați X_i :

$$Y(X) = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n).$$

În acest caz, ca obiect de cercetare este folosit modelul cibernetic „cutia neagră”, descris în detaliu în [1, 2]. Conform acestui model, factorii de intrare controlați și măsurați X_i acționează la intrarea obiectului, iar la ieșire există un *parametru de optimizare* sau *funcție-obiectiv* Y care depinde de aceștia. În plus, în practică, obiectul studiat este supus influenței unor factori *aleatori necontrolați* care au efect destabilizator asupra obiectului și afectează, de asemenea, funcția-obiectiv. Prin urmare, toate metodele de planificare experimentului și de prelucrare a rezultatelor sunt dezvoltate în așa fel, încât să excludă (sau cel puțin să minimizeze) influența factorilor aleatorii și să ia în considerare efectul acestora din punct de vedere statistic.

Problemă de optimizare: găsirea unor astfel de parametri $X^0 = (X_1^0, X_2^0, X_3^0, \dots, X_n^0)$, în care funcția obiectiv $Y(X)$ atinge extreme.

Presupunem că $Y_{opt}(X) = Y_{max}(X)$.

În general, la rezolvarea problemelor de optimizare, în funcție de proprietățile obiectului studiat, sunt posibile 2 variante:

1) Dependența analitică $Y(X)$ este cunoscută. Aceasta presupune construirea unui model fizic al obiectului sau procesului în baza unui studiu amănunțit al mecanismului fenomenelor (de exemplu, legile propagării undelor radio sau analiza spectrală), care să facă posibilă obținerea unui model matematic din forma unui sistem de ecuații diferențiale.

Apoi punctul extrem X^0 poate fi găsit prin decizia sistemului de ecuații diferențiale:

$$\frac{dY(X)}{dX_i} = 0, \quad i = 1, 2, \dots,$$

Soluția sistemului este punctul staționar X^0 , în care gradientul funcției $Y(X)$ devine zero:

$$\text{grad } Y(X) = \frac{dY}{dX_1} l_1 + \frac{dY}{dX_2} l_2 + \dots + \frac{dY}{dX_n} l_n = 0,$$

l_i - vectorul de referință al lui X_i .

2) Dependența analitică de $Y(X)$ nu este cunoscută, sunt posibile numai studii *experimentale* ale suprafeței de răspuns $Y(X)$. Apoi se efectuează un studiu local al suprafeței de răspuns pe baza rezultatelor unui număr de experimente, special planificate în apropierea punctului de bază.



În această situație apar următoarele **probleme**:

- a) cum să recunoașteți extremele locale ale suprafeței de răspuns și să ajungeți la extrema globală;
- b) care este precizia localizării extremumului, deoarece pe măsură ce numărul de factori crește, precizia determinării extremului scade.

Fiecare metodă de optimizare rezolvă aceste probleme cu propriile sale capacități.

Vom lua în considerare metode de optimizare cu condiția ca dependența funcțională să fie necunoscută și doar un studiu experimental al comportamentului obiectului este posibil. În practică, acesta este cazul cel mai des.

Principalele metode de optimizare experimentală pot fi combinate în 2 grupe: metode gradient și non-gradient, reprezentate sub forma unei diagrame în figura 1.

Împărțirea metodelor în 2 grupuri este destul de arbitrară.

Metodele gradient pentru căutarea unui extremum implică deplasarea de-a lungul suprafeței de răspuns strict în *direcția gradientului* funcției-obiectiv, în timp ce coordonatele pașilor către extremum sunt calculate, ținând cont de valorile gradientului funcției pentru fiecare dintre factorii controlați.

Metodele de optimizare non-gradient implementează deplasarea până la extrem prin „sondare” experimentală, adică studierea suprafeței de răspuns *fără* a calcula parametrii de gradient ai funcției-obiectiv.

Toate metodele de optimizare presupun implementarea de experimente după un anumit principiu și algoritm de căutare a extremului funcției-obiectiv. Deși toate metodele sunt diferite, ele au anumite proceduri generale similare pe care se bazează algoritmii de realizare.

Este important!

Proceduri generale:

1. determinarea **punctului de baza (inițial)** al experimentelor;
2. selectarea **pasul de variație ΔX_i** a factorilor controlați;
3. determinarea **mărimii pasului de probă și de lucru.**

Vom lua în considerare în detaliu fiecare dintre metodele de optimizare din figura 1.

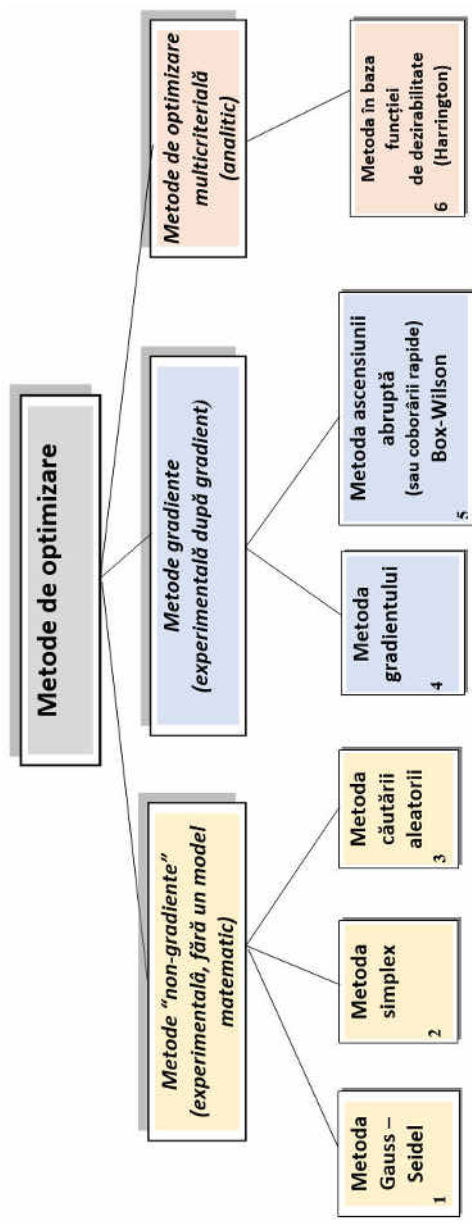


Fig. 1. Clasificarea metodelor de optimizare experimentale

BIBLIOGRAFIE

1. Șestacova Tatiana. Metode de prelucrare preliminară a datelor experimentale. Note de curs. Chișinău: Editura „Tehnica-UTM”, 2022. - 65 p. Disponibil: <http://repository.utm.md/handle/5014/20556>

2. ȘESTACOVA, T. Planificarea experimentelor științific și modelarea matematică. Note de curs. Chișinău: „Tehnica-UTM”, 2023, 63 p.

Disponibil: <http://repository.utm.md/handle/5014/25119>

3. Șestacova Tatiana. Metode de modelare matematică și optimizare experimentală a parametrilor obiectelor electronice. Ghid pentru lucrările de laborator. Chișinău: Editura „Tehnica-UTM”, 2022 34 p. Disponibil: <http://repository.utm.md/handle/5014/21949>.

4. Dolgov Iu. Modelarea statistică: Manual. Tiraspol: Poligrafist, 2014. – 352 p.

5. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. 2-е изд. М.: Наука, 1996.

6. Методы оптимизации в примерах в пакете MathCAD 15. Ч. II: Учеб. пособие / И.В. Кудрявцева, С.А. Рыков, С.В. Рыков. СПб.: НИУ ИТМО, ИХиБТ, 2015. - 178 с.

7. George E.P. Box, William G. Hunter and J. Stuart Hunter. Statistics for Experimenters - An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building (John Wiley and Sons, Inc. 2015). ISBN 0-471-09315-7.

8. Dharmaraja Selvamuthu, Dipayan Das. Introduction to Statistical Methods, Design of Experiments and statistical quality control.- Springer, New Delhi, 2018.