

УДК 681.518:004.93'1

А.М. Скаковська¹, О.С. Радивоненко²¹ Сумський державний університет, Суми² Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ», Харків

ОПТИМІЗАЦІЯ НОРМОВАНОГО ПОЛЯ ДОПУСКІВ НА ПАРАМЕТРИ НАСТРОЙКИ ЕЛЕКТРОННО-ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ

На прикладі задачі відновлення електронно-оптичного зображення, розглядається визначення оптимальної в інформаційному сенсі області значень параметрів настройки в рамках інформаційно-екстремальних інтелектуальних технологій.

Ключові слова: електронно-оптична система, нормовані допуски, параметри функціонування.

Вступ

В роботі [1] наведено алгоритм відновлення електронно-оптичного зображення в рамках інформаційно-екстремальних інтелектуальних технологій (ІЕІТ), який ґрунтується на оцінці інформаційної здатності системи класифікаційної настройки. Недоліком цього алгоритму є можливість появи коливального процесу при зміні значення параметра настройки в області його екстремального значення, що призводить до зменшення оперативності процесу відновлення електронно-оптичного зображення. З метою усунення цього недоліку розглянемо в рамках ІЕІТ оптимізацію нормованого поля допусків на параметр настройки складної електронно-оптичної системи.

Постановка проблеми

Нехай функціональний стан електронно-оптичної системи характеризується триальтернативною системою оцінок параметра настройки I_L -струму об'єктивної лінзи: “МЕНШЕ НОРМИ” – клас X_M^0 , “НОРМА” – клас X_N^0 і “БІЛЬШЕ НОРМИ” – клас X_B^0 . На рис. 1 наведено розташування цих класів в області значень параметра I_L . Тут A_0 , A_H , A_B – номінальне значення параметра, нижній і верхній нормовані (експлуатаційні) допуски на параметр настройки відповідно.

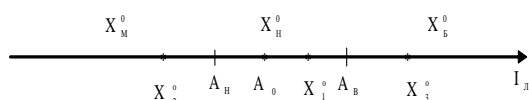


Рис. 1. Параметри настройки електронно-оптичної системи

Нормовані допуски A_H і A_B , задають область прийнятної з практичних міркувань фокусності зображення – область X_N^0 . Допуски A_H і A_B є індивідуальними характеристиками кожної електронно-оптичної системи, які залежать від її технічного стану і умов функціонування, тому після кожного вхо-

ду системи в робочий режим необхідно здійснювати їх визначення з метою формування вхідних даних для алгоритму відновлення електронно-оптичного зображення. Для визначення допусків A_B і A_H застосуємо алгоритм дискримінантного класифікаційного аналізу за ІЕІТ [2], який дозволяє побудувати оптимальні в інформаційному сенсі роздільні гіперповерхні між двома сусідніми класами. За основний клас, який забезпечується поточним значенням струму I_L і відповідає основній гіпотезі γ_1 : функціональний стан електронно-оптичної системи “НОРМА”, приймемо клас X_1^0 (рис. 1). За “сусіда” зліва приймемо клас X_2^0 , який належить області X_M^0 , тобто відповідає гіпотезі γ_2 – “МЕНШЕ НОРМИ”, і за “сусіда” справа – клас X_3^0 , який відповідає гіпотезі γ_3 – “БІЛЬШЕ НОРМИ”. Оскільки на початку функціонування електронно-оптичної системи значення A_0 і допуски A_H і A_B невідомі, то послідовне формування класів X_2^0 і X_3^0 доцільно здійснювати шляхом допускової оцінки зміни однієї з об'єктивних інтегральних характеристик зображення, наприклад, максимальної контрастності зображення, яку визначимо за формулою:

$$\Delta\eta = \max_{\{i,j\}} \eta - \min_{\{i,j\}} \eta, \quad (1)$$

де $\max_{\{i,j\}} \eta$, $\min_{\{i,j\}} \eta$ – максимальна і мінімальна яскравості рецепторного поля відповідно.

За зображення класу X_2^0 вибирається зображення, для якого середня контрастність $\Delta\eta \leq \Delta\eta_{\text{доп}}$ при значеннях $I_L < A_0$ і за зображення класу X_3^0 – зображення, для якого відповідно $\Delta\eta \leq \Delta\eta_{\text{доп}}$ при $I_L > A_0$. Тут $\Delta\eta_{\text{доп}}$ – гранична середня контрастність зображення, яке відповідає класу X_1^0 .

Теоретичні та методологічні положення

Метою роботи є обчислення та оптимізація поточних нормованих допусків на параметри функціонування електронно-оптичної системи, що дозволяє підвищити якість і оперативність відновлення зображення.

На підготовчому етапі формуються зображення, які відповідають класам X_1^0 , X_2^0 і X_3^0 . За клас X_1^0 приймається сфокусоване зображення, для якого обчислюється максимальна контрастність $\Delta\eta$ за формулою (1). Для формування класу X_2^0 зменшується струм $I_{Л1}$ з кроком $\Delta I_{Л1}$, обчислюється поточна максимальна контрастність і перевіряється умова $\eta_{\text{доп}} \leq 0,95 \eta_1$. Поточний клас зображення, для якого виконується це відношення, визначається як X_2^0 . Аналогічно формується зображення класу X_3^0 за умови збільшення струму $I_{Л1}$. Визначення нормованого поля допусків здійснюється шляхом послідовної побудови роздільної гіперповерхні для класу X_1^0 між класом X_2^0 (допуск A_H), і між класом X_3^0 (допуск A_B). Розглянемо основні етапи побудови роздільної гіперповерхні між класами X_1^0 і X_2^0 .

1. Формування масиву реалізацій зображення класу X_1^0 $\{g_{1,i}^{(j)}\}$, $j = \overline{1, n_{\min}}$, де n_{\min} – мінімальний обсяг репрезентативної вибірки, який визначається кількістю рядків рецепторного поля.

2. Визначення еталонної реалізації $g_1 \in X_1^0$ шляхом усереднення реалізацій $\{g_{1,i}^{(n)}\}$.

3. Вибір системи контрольних допусків $\{\delta_{k,i}\}$ на значення еталонної реалізації g_1 . При цьому $|\delta_{k,i}| \leq |\delta_{n,i}|$, де $\delta_{n,i}$ – нормоване поле допусків для i -го рецептора.

4. Формування навчальної вибірки – бітового масиву $\{BM1[j, i]\}$, $j, i = \overline{1, 512}$, шляхом порівняння значень кожної реалізації масиву $\{g_{1,i}^{(j)}\}$ з відповідними контрольними допусками $\{\delta_{k,i}\}$:

if $g_{1,i}^{(j)} \in \delta_{k,i}$ then $BM1[j, i] := 1$ else $BM1[j, i] := 0$.

5. Формування бітового еталонного вектора x_1 , шляхом статистичного усереднення відповідних стовпчиків матриці $\{BM1[j, i]\}$.

6. Формування навчальної вибірки для класу

X_2^0 – масиву $\{BM2[j, i]\}$, яке здійснюється аналогічно пунктам 1, 2, 4 для класу X_1^0 .

7. Формування еталонного вектора x_2 шляхом усереднення відповідних стовпців матриці $\{BM2[j, i]\}$, яке здійснюється аналогічно п. 5.

8. Побудова оптимальної роздільної гіперповерхні для класу X_1^0 , в якості якої розглядається гіперсфера з центром у вершині вектора x_1 , шляхом пошуку максимуму інформаційного критерію функціональної ефективності процесу навчання, в якості якого розглянемо, наприклад, інформаційну міру Шеннона в такій модифікації:

$$E_1 = 1 + 0,5 \left(\frac{D_1}{D_1 + \beta} \log_2 \frac{D_1}{D_1 + \beta} + \frac{D_2}{\alpha + D_2} \log_2 \frac{D_2}{\alpha + D_2} + \frac{\alpha}{\alpha + D_2} \log_2 \frac{\alpha}{\alpha + D_2} + \frac{\beta}{D_1 + \beta} \log_2 \frac{\beta}{D_1 + \beta} \right), \quad (2)$$

де D_1, D_2, α, β – точнісні характеристики процесу навчання: перша і друга достовірності, помилки першого та другого роду відповідно.

Пошук оптимального радіуса d_1^* за ІЕІТ здійснюється за алгоритмом:

а) $d := 0$;

б) $d := d + 1$;

в) обчислення E_1 за формулою (2);

г) порівняння за умови, що $D_1, D_2 \geq 0,5$:

if $E_1[d] \geq E_1[d-1]$ then п.б else ;

if $((D_1 > 0,5) \text{ and } (D_2 > 0,5))$ then п.8б ;

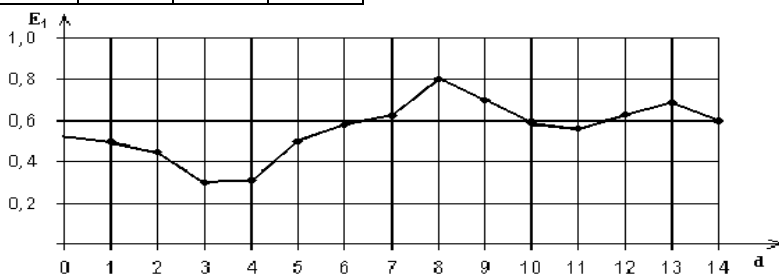
д) визначення екстремального значення радіуса роздільної гіперповерхні: $d_1^* = d_1 - 1$.

9. Визначення нижнього нормованого допуску A_H за формулою $A_H = d_1^* \cdot \chi$, де $\chi = \frac{I_{Л1} - I_{Л2}}{d(x_1 \oplus x_2)}$, $I_{Л1}, I_{Л2}$ – значення струму об'єктивної лінзи, які визначають зображення класів X_1^0 і X_2^0 відповідно, $d(x_1 \oplus x_2)$ – міжцентрова кодова відстань. Аналогічно здійснюється визначення верхнього нормованого допуску A_B .

Алгоритм визначення та оптимізації нормованих допусків для струму об'єктивної лінзи реалізовано для растрового електронного мікроскопа після його виходу в робочий режим при прискорюючій напрузі 40 кв. В табл. 1 наведено значення точнісних характеристик і критерію E_1 , обчисленого за формулою (2). Аналіз табл. 1 показує, що робоча область значень критерію (2) знаходиться в межах від 4 до 8, в якій екстремальне значення радіуса $d_1^* = 7$.

Таблиця 1
Значення точнісних характеристик

d	D ₁	α	D ₂	β	E ₁
1	0,00	1,00	1,00	0,00	0,50
2	0,11	0,89	1,00	0,00	0,40
3	0,31	0,69	0,94	0,06	0,22
4	0,61	0,39	0,86	0,14	0,18
5	0,83	0,17	0,75	0,25	0,31
6	0,97	0,03	0,64	0,36	0,55
7	0,97	0,03	0,54	0,49	0,71
8	0,98	0,02	0,51	0,49	0,61
9	1,00	0,00	0,31	0,69	0,80
10	1,00	0,00	0,17	0,83	0,75
11	1,00	0,00	0,06	0,94	0,70

Рис. 2. Залежність критерію функціональної ефективності від радіуса роздільної гіперсфери класу X₁⁰

З рис. 2 видно, що для робочої області від $d = 4$ до $d = 10$ оптимальний радіус $d_{1,3}^* = 8$. При $\Delta I_{1,3} = 13$ мА A_B дорівнює 1287 мА. Тоді розрахункове номінальне значення дорівнює $A_0 = (A_H + A_B)/2 = 1281$ мА.

Висновки

Запропонований підхід до визначення нормованих допусків на параметр настройки в рамках алгоритму дискримінантного класифікаційного аналізу за ІЕІТ дозволяє визначати в просторі параметрів області функціонування складної електронно-оптичної системи, яка характеризується найвищою функціональною ефективністю системи, що настроюється.

ОПТИМИЗАЦИЯ НОРМИРОВАННОГО ПОЛЯ ДОПУСКОВ НА ПАРАМЕТРЫ НАСТРОЙКИ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

А.Н. Скаковская, О.С. Радивоненко

На примере задачи восстановления электронно-оптического изображения, рассматривается нахождение оптимальной в информационном смысле области значений параметров настройки в рамках информационно-экстремальных интеллектуальных технологий.

Ключевые слова: электронно-оптическая система, нормированные допуски, параметры функционирования.

OPTIMIZATION OF THE NORMALIZED FIELD OF ADMISSIONS ON PARAMETERS ADJUSTMENT OF THE ELECTRON-OPTICAL SYSTEM

A.N. Skakovskaya, O.S. Radivonenko

The definition of the optimum field of meaning of the adjustment parameters in the informational sense within the Information-extreme intellectual technologies is considered on the example of restoration of the electron-optical image task.

Keywords: electron-optical system, rationed admittances, parameters of functioning.

Оскільки для класу X_1^0 значення струму $I_1 = 1,280$ А, а для класу $X_2^0 - I_2 = 1,268$ А, то різниця

$$\Delta I_{1,2} = I_1 - I_2 = 12 \text{ мА}.$$

Отже A_H визначимо за формулою

$$A_H = A - \frac{\Delta I_{1,2} \cdot d_{1,2}^*}{d(x_1 + x_2)} = 1273 \text{ мА}.$$

На рис. 2 наведено залежність критерію (2) від радіуса роздільної гіперсфери класу X_1^0 , оптимальної для розподілу реалізацій класів X_1^0 і X_3^0 .

Список літератури

1. Соколов О.Ю. Класифікація зображень в контейнерному просторі ознак розпізнавання / О.Ю. Соколов, А.М. Скаковська // Східно-Європейський журнал передових технологій. – X., 2008. – № 1(31). – С. 50-52.
2. Довбиш А.С. Основи проектування інтелектуальних систем: Навчальний посібник / А.С. Довбиш. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 171 с.

Надійшла до редколегії 25.05.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Є.А. Лавров, Сумський державний університет, Суми.