

УДК 681.518:004.93.1'

І.В. ШЕЛЕХОВ, М.С. РУДЕНКО

Сумський державний університет, Суми, Україна

## ІНФОРМАЦІЙНО-ЕКСТРЕМАЛЬНИЙ АЛГОРИТМ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОРОГОВИХ ПАРАМЕТРІВ ЯСКРАВОСТІ МОРФОЛОГІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ОНКОПАТОЛОГІЙ

*Розглядається у рамках інформаційно-екстремальної інтелектуальної технології задача навчання системи підтримки прийняття рішень для діагностування онкопатологій з оптимізацією верхнього та нижнього порогів яскравості пікселів морфологічних зображень тканин пацієнтів, отриманих за методом біопсії. Досліджено вплив порогових значень інтервалу яскравості пікселів зображень на функціональну ефективність навчання діагностичної системи. За результатами фізичного моделювання розпізнавання морфологічних зображень доведено, що обмеження яскравості пікселів рецепторного поля призводить до підвищення достовірності розпізнавання через зменшення впливу фонових завад.*

**Ключові слова:** поріг яскравості пікселів зображення, інформаційно-екстремальна інтелектуальна технологія, система підтримки прийняття рішень, навчання, розпізнавання, онкологічна патологія.

### Вступ

Сучасні методи розпізнавання зображень характеризуються невисокою повною достовірністю розпізнавання зображень і носять, в основному, модельний характер, оскільки вони, як правило, ігнорують апріорно нечітке розбиття класів розпізнавання і не враховують довільні початкові умови формування зображень, які обумовлюють апріорну невизначеність [1,2]. Одним із перспективних шляхів побудови ефективних систем розпізнавання є використання ідей і методів інформаційно-екстремальної інтелектуальної технології (ІЕІ-технологія), яка ґрунтується на максимізації кількості інформації в процесі навчання системи підтримки прийняття рішень (СППР) шляхом введення додаткових інформаційних обмежень [3,4]. У працях [5,6] розглянуто інформаційно-екстремальний алгоритм навчання СППР для діагностування онкопатологій, але авторам не вдалося побудувати безпомилкові вирішальні правила через завади фонових ділянок зображень. Поділ зображення на кадри та їх ідентифікація [7] дозволив підвищити повну ймовірність правильного розпізнавання, але повністю не вирішує проблеми усунення впливу фонових ділянок. Тому доцільним є проведення в процесі навчання СППР оптимізації порогових значень інтервалу яскравості пікселів зображень з метою зменшення впливу їх фонових ділянок на достовірність розпізнавання.

У статті, в рамках ІЕІ-технології, розглядається алгоритм навчання СППР з оптимізацією інтервалів яскравості пікселів морфологічних зображень тканин пацієнтів з онкологічними захворюваннями молочної залози.

### Постановка задачі навчання СППР

Нехай дано алфавіт  $\{X_m^0 \mid m = 1, M\}$  класів розпізнавання, які характеризують онкопатології молочної залози. Як реалізації кожного класу розпізнавання розглядаються морфологічні зображення тканин пацієнтів, одержаних за методом біопсії. Відома навчальна матриця яскравості зображень  $\|y_{m,i}^{(j)}\|, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, n}$ , де  $N, n$  – кількість ознак розпізнавання і випробувань відповідно. При цьому рядок матриці  $\{y_{m,i}^{(j)} \mid i = \overline{1, N}\}$  утворює  $j$ -й вектор-реалізацію зображення (далі просто реалізація), а стовпчик  $\{y_{m,i}^{(j)} \mid j = \overline{1, n}\}$  – навчальну вибірку з генеральної сукупності значень  $i$ -ї ознаки. Крім того, відомий структурований вектор параметрів навчання СППР  $g = \langle x_m, d_m, \delta, \Delta\eta \rangle$ , де  $x_m$  – еталонний вектор-реалізація, вершину якого визначає геометричний центр контейнера класу  $X_m^0$ ;  $d_m$  – радіус контейнера класу  $X_m^0$ , що відновлюється в радіальному базисі простору ознак розпізнавання;  $\delta$  – параметр поля контрольних допусків на ознаки розпізнавання;  $\Delta\eta$  – інтервал порогових значень яскравості пікселів зображень. При цьому задано обмеження на параметри навчання:  $d_m \in [0; d(x_m \oplus x_c) - 1]$ , де  $d(x_m \oplus x_c)$  – кодова відстань між центрами класів  $X_m^0$  і найближчого до нього класу  $X_c$ ,  $\delta \in [0; \delta_H / 2]$ , де  $\delta_H$  – нормоване (експлуатаційне) поле допусків на ознаку розпізна-

вання, і  $\Delta\eta$  змінюються в діапазоні від 0 до 255 градацій яскравості.

Необхідно на етапі навчання СППР знайти оптимальні значення координат вектора параметрів навчання, що забезпечують максимум усередненого за алфавітом класів розпізнавання інформаційного критерію функціональної ефективності (КФЕ) навчання СППР

$$\bar{E} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \max_{G_E} E_m, \quad (1)$$

де  $E_m$  – інформаційний КФЕ навчання системи розпізнавати реалізації класу  $X_m^0$ ;

$G_E$  – робоча (допустима) галузь визначення функції КФЕ.

### Категорійна модель

Вхідний математичний опис СППР, що навчається з оптимізацією порогових значень яскравості пікселів зображень морфологічних тканин, подамо у вигляді теоретико-множинної структури:

$$\Delta = \langle G, T, \Omega, Z, \Theta, Y, X; \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3 \rangle,$$

де  $G$  – простір факторів, що впливають на СППР;

$T$  – множина моментів часу зняття інформації;

$\Omega$  – простір ознак розпізнавання;

$Z$  – простір можливих функціональних станів СППР;

$\Theta$  – простір вхідних реалізацій образів;

$Y$  – вхідна вибірка множина (вхідна навчальна матриця яскравості зображень);

$X$  – бінарна навчальна матриця яскравості;

$\Phi_1 : G \times T \times \Omega \times Z \rightarrow \Theta$  – оператор формування вхідних реалізацій образів;

$\Phi_2 : \Theta \rightarrow Y$  – оператор формування вибіркової множини  $Y$ ;

$\Phi_3 : Y \rightarrow X$  – оператор формування бінарної навчальної матриці  $X$ .

Категорійна модель у вигляді діаграми відображень множин, що застосовуються у процесі навчання з оптимізацією порогових значень яскравості рецепторного поля морфологічних зображень, показано на мал. 1.

У діаграмі (мал. 1) оператор  $\theta : X \rightarrow \tilde{\mathcal{R}}^{[M]}$  буде розбиття  $\tilde{\mathcal{R}}^{[M]}$  простору ознак на класи розпізнавання, яке у загальному випадку є нечітким, а оператор класифікації  $\Psi : \tilde{\mathcal{R}}^{[M]} \rightarrow I^{[l]}$  перевіряє основну статистичну гіпотезу про належність реалізацій  $\{x_m^{(j)} | j = \overline{1, n}\}$  класу  $X_m^0$  і формує множину гіпотез  $I^{[l]}$ , де  $l$  – кількість статистичних гіпотез.

Оператор  $\gamma : I^{[l]} \rightarrow \mathcal{Z}^{[q]}$  шляхом оцінки статистичних гіпотез формує множину точнісних характеристик  $\mathcal{Z}^{[q]}$ , де  $q = l^2$  – кількість точнісних характеристик. Оператор  $\phi : \mathcal{Z}^{[q]} \rightarrow E$  обчислює множину значень інформаційного КФЕ, який є функціоналом від точнісних характеристик. Контур діаграми, який складається з операторів  $\Psi, \gamma, \phi$  і  $\theta$ , оптимізує геометричні параметри розбиття  $\tilde{\mathcal{R}}^{[M]}$  шляхом пошуку глобального максимуму КФЕ в робочій (допустимій) області визначення його функції.

Оптимізація СКД здійснюється за ітераційною процедурою, в якій задіяні оператори  $\theta, \psi, \gamma, \phi, \delta_1$  і  $\delta_2$ . Контур оптимізації порогових параметрів яскравості пікселів замикається операторами  $b_1 : E \rightarrow B$ , де  $B$  – множина градацій яскравості пікселів, і  $b_2 : B \rightarrow Z$ , який відтворює зображення.

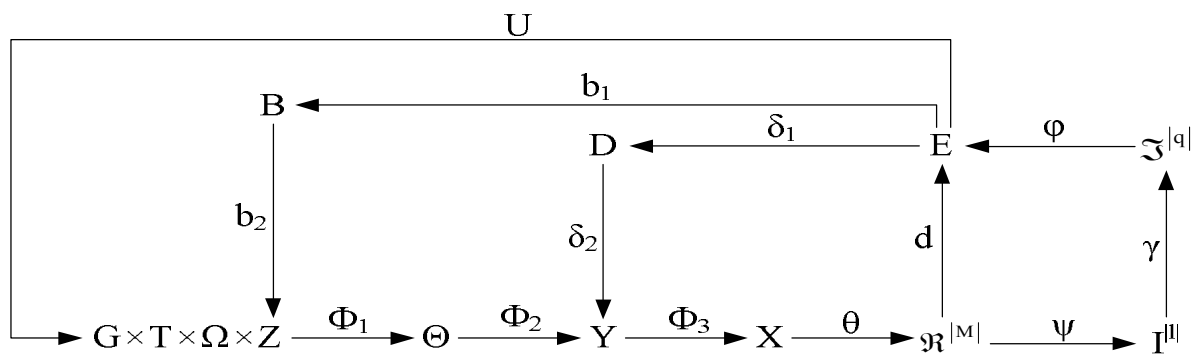


Рис. 1. Діаграма відображення множин в процесі навчання СППР

У діаграмі (рис. 1) оператор  $\theta: X \rightarrow \tilde{\mathcal{R}}^{[M]}$  буде розбиття  $\tilde{\mathcal{R}}^{[M]}$  простору ознак на класи розпізнавання, яке у загальному випадку є нечітким, а оператор класифікації  $\Psi: \tilde{\mathcal{R}}^{[M]} \rightarrow I^{[l]}$  перевіряє основну статистичну гіпотезу про належність реалізацій  $\{x_m^{(j)} | j = \overline{1, n}\}$  класу  $X_m^0$  і формує множину гіпотез  $I^{[l]}$ , де  $l$  – кількість статистичних гіпотез.

Оператор  $\gamma: I^{[l]} \rightarrow \mathcal{Z}^{[q]}$  шляхом оцінки статистичних гіпотез формує множину точнісних характеристик  $\mathcal{Z}^{[q]}$ , де  $q = l^2$  – кількість точнісних характеристик. Оператор  $\phi: \mathcal{Z}^{[q]} \rightarrow E$  обчислює множину значень інформаційного КФЕ, який є функціоналом від точнісних характеристик. Контур діаграми, який складається з операторів  $\Psi, \gamma, \phi$  і  $\tau$ , оптимізує геометричні параметри розбиття  $\tilde{\mathcal{R}}^{[M]}$  шляхом пошуку глобального максимуму КФЕ в робочій (допустимій) області визначення його функції.

Оптимізація СКД здійснюється за ітераційною процедурою, в якій задіяні оператори  $\theta, \psi, \gamma, \phi, \delta_1$  і  $\delta_2$ . Контур оптимізації порогових параметрів яскравості пікселів замикається операторами  $b_1: E \rightarrow B$ , де  $B$  – множина градацій яскравості пікселів, і  $b_2: B \rightarrow Z$ , який відтворює зображення.

### Алгоритм оптимізації порогових значень яскравості зображень

Алгоритм оптимізації інтервалу значень яскравості пікселів зображень  $\Delta\eta = b_{\max} - b_{\min}$ , де  $b_{\min}, b_{\max}$  – верхнє і нижнє порогові значення яскравості відповідно, згідно з діаграмою відображень (рис. 1) здійснюється за трьохциклічною ітераційною процедурою пошуку глобального максимуму КФЕ в робочій області визначення його функції

$$\Delta\eta^* = \arg \max_{G_B} \{ \max_{G_\delta} \{ \max_{G_E} \bar{E} \} \}, \quad (2)$$

де  $G_B$  – допустима область порогових значень яскравості пікселів зображень;

$G_\delta$  – допустима область значень параметра  $\delta$  поля контрольних допусків.

$G_E$  – робоча (допустима) область значень КФЕ.

Ідея алгоритму полягає у послідовній оптимізації спочатку нижнього (або верхнього) порогу, а потім – іншого порогу яскравості.

Вхідною інформацією для алгоритму (2) є навчальна матриця яскравості  $\{y_{m,i}^{(j)}\}$  морфологічних зображень тканин пацієнтів.

Розглянемо основні етапи реалізації інформаційно-екстремального алгоритму навчання СППР з оптимізацією верхнього порогового значення яскравості пікселів морфологічних зображень тканин пацієнтів, який включає паралельну оптимізацію системи контрольних допусків (СКД) на ознаки розпізнавання:

1) обнуління лічильника зміни верхнього (максимального) порогу яскравості пікселів зображень:  $b_{\max} = 0$ ;

2)  $b_{\max} = b_{\max} + 1$ ;

3) обчислюється верхнє порогове значення яскравості пікселів зображень за формулою

$$\eta_B = 255 - h \cdot b_{\max}, \quad (3)$$

де  $h$  – крок зміни порогового значення яскравості;

4) обробка вхідних зображень в полярній системі координат для поточних порогів їх яскравості за формулою [8]

$$\Theta_j = \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j} \theta_i, \quad (4)$$

де  $\Theta_j$  – усереднене значення яскравості пікселів, що входять у коло зчитування  $j$ -го радіусу,  $j = \overline{0, R}$ ;

$\theta_i$  – значення яскравості кольорової складової в  $i$ -му пікселі;

$N_j$  – загальна кількість пікселів в  $j$ -му колі зчитування;

$R$  – радіус кола зчитування;

5) формується вхідна реалізація зображення у вигляді усередненої функції яскравості RGB-складових зображень від радіусів рецепторного поля;

6) формується вхідна навчальна матриця  $\|y_{m,i}^{(j)}\|$ , реалізації якої складаються з дискрет усереднених функцій яскравості для RGB-складових зображень;

7) реалізується інформаційно-екстремальний алгоритм паралельної оптимізації СКД на ознаки розпізнавання [5,6], який дозволяє знайти для кожного верхнього порогу яскравості оптимальне значення параметру  $\delta^*[b_{\max}]$ ;

8) якщо поточне значення критерію (1)  $\bar{E}[b_{\max}]$  належить робочій області  $G_E$ , то виконується пункт 8, інакше – пункт 2;

9) якщо  $\bar{E}[b_{\max}] < \bar{E}^*$ , де  $\bar{E}^*$  – максимальне значення КФЕ в робочій області, то виконується пункт 2, інакше – пункт 9;

$$10) b_{\max} = b_{\max}^* ;$$

11) обчислення згідно з формулою (3) оптимального верхнього порогу яскравості пікселів зображень

$$\eta_B^* = 255 - h \cdot b_{\max}^* ;$$

12) КІНЕЦЬ.

Аналогічну схему має алгоритм пошуку оптимального мінімального порогу яскравості пікселів зображень, який обчислюється за формулою

$$\eta_H = h \cdot b_{\min} .$$

Як критерій оптимізації параметрів функціонування системи розпізнавання було використано модифікований інформаційний критерій Кульбака, який має вигляд [3,4]

$$E_m^{(k)} = \log_2 \frac{2 - (\alpha^{(k)} + \beta^{(k)})}{\alpha^{(k)} + \beta^{(k)}} \cdot \left[ 1 - (\alpha^{(k)} + \beta^{(k)}) \right], \quad (5)$$

де  $\alpha^{(k)}$ ,  $\beta^{(k)}$  – помилки першого та другого роду відповідно, обчислені на  $k$ -му кроці навчання при відповідних порогових значеннях яскравості пікселів зображень.

## Результати фізичного моделювання

Реалізацію вище наведеного алгоритму навчання СППР розглянемо на прикладі розпізнавання морфологічних зображень тканин пацієнтів, одержаних за методом біопсії. Багатовимірною навчальною матрицею яскравості зображень  $\|y_{m,i}^{(i)}\|$  формувалася шляхом зчитування значень яскравості пікселів в полярних координатах. Навчальна матриця яскравості складалася із 90 реалізацій оброблених у полярних координатах зображень розміром  $150 \times 150$  пікселів, які утворили алфавіт із трьох класів розпізнавання (мастопатія, рак і фіброаденома). З метою оцінки функціональної ефективності навчання СППР за вище наведеним алгоритмом спочатку було реалізовано алгоритм паралельної оптимізації СКД на ознаки розпізнавання без оптимізації поро-

гових значень яскравості пікселів морфологічних зображень. На рис. 2 показано побудований графік залежності ненормованого усередненого за алфавітом класів розпізнавання КФЕ (1) за Кульбаком від параметра поля контрольних допусків на ознаки розпізнавання.

На рис.2 заштрихована ділянка на графіку позначає робочу (допустиму) область визначення функції усередненого критерію (5), в якій помилки першого і другого роду не перевершують першу і другу достовірності відповідно. Аналіз рис. 2 показує, що оптимальне значення поля контрольних допусків дорівнює  $\delta^* = \pm 25$  градацій яскравості при максимальному усередненому КФЕ навчання СППР  $\bar{E}_\delta^* = 0,85$ .

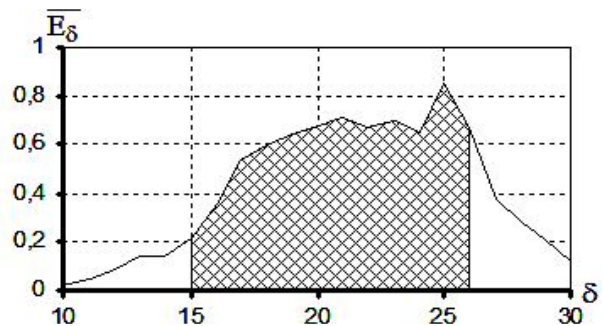


Рис. 2. Графік залежності КФЕ від параметра поля контрольних допусків без оптимізації інтервалу яскравості пікселів зображень

З метою збільшення функціональної ефективності навчання діагностичної СППР було реалізовано вище наведений алгоритм навчання з оптимізацією верхнього та нижнього порогів яскравості пікселів зображень. Яскравість пікселя  $J$  обчислювалася за формулою [9]

$$J = 255(0,21(R/255)^\gamma + 0,72(G/255)^\gamma + 0,07(B/255)^\gamma)^{1/\gamma}, \quad (6)$$

де  $R, G, B$  – яскравості червоної, зеленої та голубої складових відповідно;

$\gamma = 2,2$  – параметр, що використовується для перетворення з кольорового зображення в монохромне.

На рис. 3 показано графік залежності усередненого за алфавітом класів розпізнавання КФЕ (5) від верхнього порогу  $b_{\max}$  яскравості пікселів зображень з паралельною оптимізацією СКД на ознаки розпізнавання при незмінному нижньому порозі  $b_{\min} = 0$ . Аналіз рис. 3 показує, що до 70 градацій

яскравості КФЕ не має робочої області визначення його функції. В робочій області оптимальне значення верхнього порогу яскравості пікселів зображень дорівнює  $b_{\max}^* = 96$  градаціям яскравості при максимальному значенні усередненого КФЕ  $E_{b_{\max}}^* = 1,6$ , що майже вдвічі перевершує його максимальне значення при навчанні СППР без оптимізації порогів яскравості пікселів зображень.

Результати оптимізації нижнього порогу яскравості пікселів зображень показано на рис. 4. При цьому в навчальну матрицю  $\|y_{m,i}^{(j)}\|$ , що формується під час оптимізації, включаються пікселі які мають яскравість менше ніж верхній оптимальний поріг  $b_{\max}^* = 96$ , отриманий на попередньому кроці та більші ніж поточний нижній поріг яскравості.

Аналіз рис. 4 показує, що максимальне значення КФЕ навчання СППР збільшилося у порівнянні з рис.3 і дорівнює  $E_{b_{\min}}^* = 2,1$ , яке досягається при оптимальному нижньому порозі яскравості

$b_{\min}^* = 78$  та оптимальному верхньому порозі яскравості  $b_{\max}^* = 96$ .

Оскільки в рамках ІЕІ-технології СКД на ознаки розпізнавання є важливим параметром навчання, який безпосередньо впливає на функціональну ефективність навчання СППР і використовується в режимі екзамєну для формування екзаменаційної матриці, то на рис. 5 показано графік залежності критерію (5) від параметра  $\delta$  поля контрольних допусків на ознаки розпізнавання після оптимізації порогових параметрів яскравості.

Аналіз графіку на рис. 5 показує, що оптимальне значення поля контрольних допусків дорівнює  $\delta^* = \pm 7$  градацій яскравості.

Таким чином, результати фізичного моделювання запропонованого алгоритму машинного навчання дозволяють зробити висновок, що оптимізація порогових параметрів яскравості пікселів рецепторного поля зображень підвищує функціональну ефективність навчання СППР.

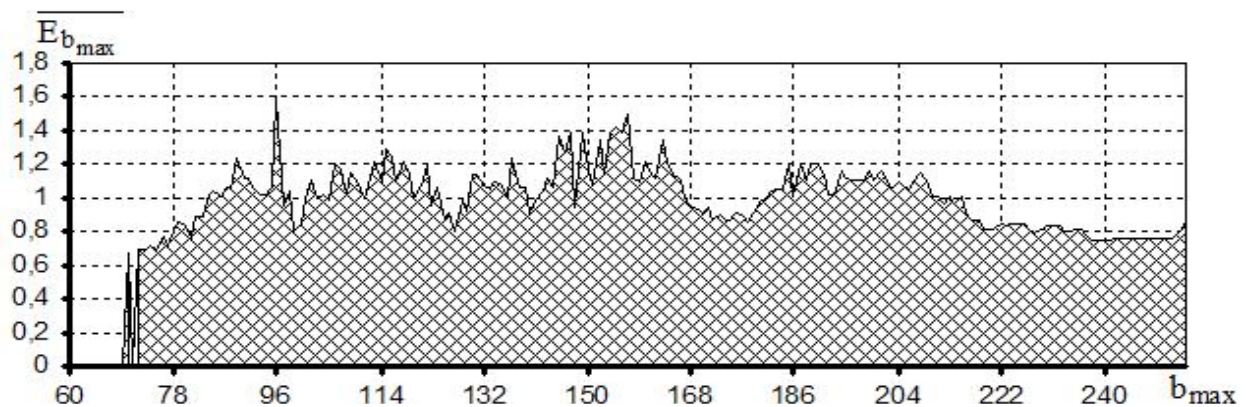


Рис. 3. Графік залежності КФЕ від верхнього порогу яскравості пікселів зображень

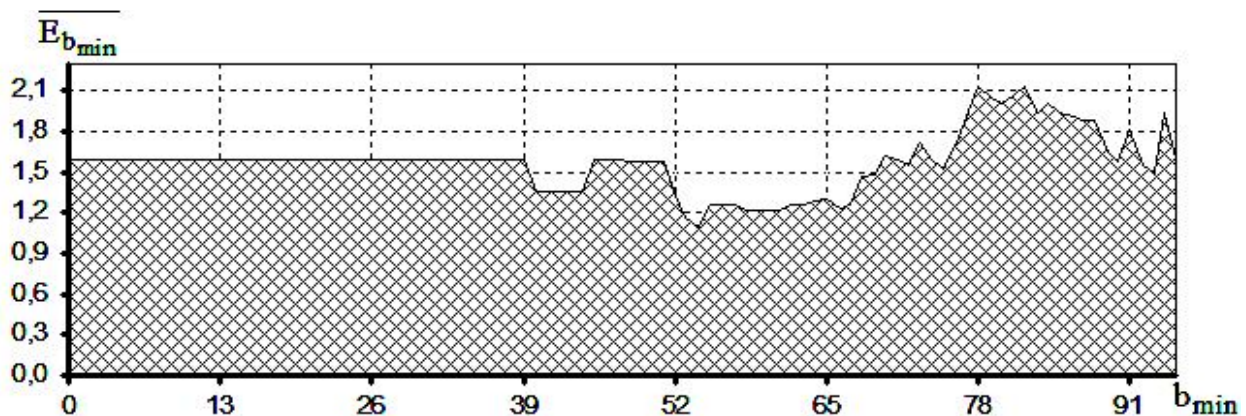


Рис. 4. Графік залежності КФЕ від нижнього порогу яскравості пікселів зображень



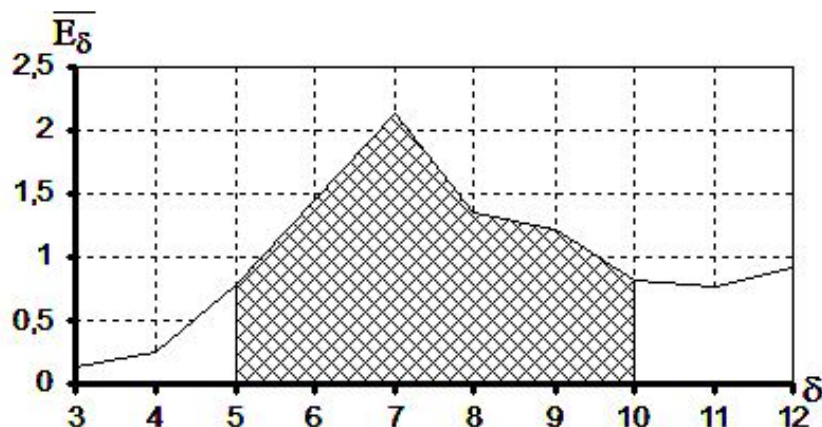


Рис. 5. Графік залежності КФЕ від параметра поля контрольних допусків з оптимальним інтервалом яскравості пікселів зображень

### Висновки

Запропонований у рамках ІЕІ-технології новий алгоритм навчання діагностичної СППР з оптимізацією порогових параметрів яскравості пікселів рецепторного поля зображень дозволяє збільшити повну достовірність розпізнавання морфологічних зображень через зменшення впливу їх фонових ділянок.

З метою побудови на етапі навчання СППР безпомилкових за навчальною матрицею вирішальних правил перспективними напрямками розвитку досліджень є розробка в рамках ІЕІ-технології алгоритмів паралельно-послідовної оптимізації СКД на ознаки розпізнавання та оптимізації інтервалів яскравості пікселів рецепторного поля для RGB-складових морфологічних зображень.

### Література

1. Мальшевская, К.Н. Сегментация аномальных областей на медицинских изображениях при помощи карт Кохонена [Текст] / К.Н. Мальшевская // *Вісник Черкас. держ. технолог. ун-ту.* – 2010. – №4. – С. 32 – 35.
2. Мальшевская, К.Н. Классификация типов тканей по мультиспектральным изображениям с использованием каскадных нео-фаззи нейронных сетей [Текст] / К.Н. Мальшевская // *Вісник Черкас. держ. технолог. ун-ту.* – 2010. – № 2. – С. 33 – 36.
3. Красноясовський, А.С. Інформаційний синтез інтелектуальних систем керування: Підхід, що ґрунтується на методі функціонально-статисти-

чних випробувань [Текст] / А.С. Красноясовський. – Суми: Видавництво СумДУ, 2004. – 261 с.

4. Довбиш, А.С. Основы проектирования интеллектуальных систем [Текст]: навч. посібник / А.С. Довбиш; Мін-во освіти і науки України, Сумський державний університет. – Суми: Видавництво СумДУ, 2009. – 171 с.

5. Довбиш, А.С. Оптимізація параметрів навчання СППР для діагностування онкопатологій [Текст] / А.С. Довбиш, М.С. Руденко // *Вісник Сумського держ. ун-ту. Сер. Технічні науки.* – 2010. – №2. – С. 48 – 55.

6. Довбиш, А.С. Інтелектуальна система діагностування онкопатологій [Текст] / А.С. Довбиш, О.П. Чекалов, С.С. Мартиненко // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи.* – 2009. – № 3(37). – С. 78 – 83.

7. Довбиш, А.С. Ідентифікація кадрів в задачах розпізнавання зображень медичних і біологічних об'єктів [Текст] / А.С. Довбиш, А.М. Романюк, М.С. Руденко // *Бионика интеллекта.* – 2012. – № 1(78). – С. 53 – 58.

8. Довбиш, А.С. Оптимізація параметрів плану навчання системи розпізнавання магнітокардіограм / А.С. Довбиш, С.С. Мартиненко // *Бионика интеллекта.* – 2010. – № 1. – С. 12-18.

9. Игнатенко, А. Откуда берется формула  $Y = 0,3R + 0,59G + 0,11B$  для преобразования из цветного RGB-изображения в черно-белое (монохромное)? [Электронный ресурс] / А. Игнатенко. // *Компьютерная графика и мультимедиа. Сетевой журнал.* – Режим доступа: <http://www.cgm.computergraphics.ru/node/2203>. – 06.02.2010 г.

Поступила в редакцию 27.08.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інформатики О.Ю. Соколов, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

## ИНФОРМАЦИОННО-ЭКСТРЕМАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ПОРОГОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ЯРКОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ ОНКОПАТОЛОГИЙ

*И.В. Шелехов, М.С. Руденко*

Рассматривается в рамках информационно-экстремальной интеллектуальной технологии задача обучения системы поддержки принятия решений для диагностирования онкологических патологий с оптимизацией верхнего и нижнего порогов яркости пикселей морфологических изображений тканей, полученных с помощью биопсии. Исследовано влияние пороговых значений интервала яркости пикселей на функциональную эффективность обучения диагностической системы. По результатам физического моделирования распознавания морфологических изображений доказано, что ограничение яркости пикселей рецепторного поля приводит к увеличению достоверности распознавания из-за уменьшения влияния фоновых помех.

**Ключевые слова:** пороги яркости пикселей изображений, информационно-экстремальная интеллектуальная технология, система поддержки принятия решений, обучение, распознавание, онкологическая патология.

## INFORMATION-EXTREME ALGORITHM OPTIMIZATION LIMIT PARAMETERS OF BRIGHTNESS OF IMAGES FOR RECOGNITION ONCOLOGICAL DISEASES

*I.V. Shelekhov, M.S. Rudenko*

Considered task inside of information-extremely intellectual technology learning decision support system for the diagnosis of oncological pathologies with optimization of the top and bottom limits of morphological image pixel brightness tissue obtained by biopsy. The effect of limit interval pixel brightness was investigated on functional efficiency of learning diagnostic system. According to the results of the physical modeling of morphological image recognition proved that limiting pixel brightness receptive field increases the reliability of recognition by reducing the influence of background noise.

**Key words:** limit of the brightness of image pixels, information-extreme intellectual technology, decision support system, learning, recognition, oncological pathology.

**Шелехов Ігор Володимирович** – канд. техн. наук, старший викладач кафедри комп'ютерних наук, Сумський державний університет, Суми, Україна.

**Руденко Максим Сергійович** – аспірант кафедри комп'ютерних наук, Сумський державний університет, Суми, Україна, e-mail: makrudenko@yandex.ru.