

## ФОРМУВАННЯ ФАЗОВИХ ТЕКСТУРНИХ ОЗНАК РАЙДУЖНОЇ ОБОЛОНКИ ОКА НА БАЗІ DOG-ФІЛЬТРА

На даний час текстурні ознаки райдужної оболонки ока (РОО) людини формуються фільтром Габора. Фільтри Габора мають недолік фільтр є полярним і має недостатню обчислювальную ефективність. Один з найбільш обчислювально ефективних смугових фільтрів - DoG-фільтр (Difference of Gaussian), для якого на відміну від фільтра Габора існує рекурсивний алгоритм.

Однією з особливостей DoG-фільтра є те, що його відгук змінює знак в тих областях зображення, де присутній перепад яскравості. На цій властивості засновано дію контурного детектора. В однорідних областях зображення відгук фільтра дорівнює нулю, однак таких областей на зображенні райдужної оболонки практично не зустрічається. Структура райдужки може бути закодована знаками відгуку DoG-фільтра в вузлах ортогональної сітки:

$$I_r(x, y) = \begin{cases} 1, & D(x, y) \geq 0 \\ 0, & D(x, y) < 0 \end{cases} \quad (1)$$

де  $D(x, y) = I(x, y) * DoG(x, y, \sigma)$ ,  $(x, y)$  – позиція, в якій визначається біт коду райдужки.

Класичний DoG-фільтр був запропонований для отримання АЧХ які наближались до прямокутної форми, тобто мали більш крутий скат в порівнянні з фільтром Гауса і відсутністю бокових пелюсток.

В роботі для кодування РОО запропоновано застосовувати модифікований DoG-фільтр, для визначення фаз відгуків фільтра. Але ці відгуки повинні мати постійний стрибок для їх відмінності. Виходячи з обробки сигналів ми знаємо, якщо АЧХ перетинає 0 осі частот то фази гармонік отримують постійний

стрибок на  $\pi$ . Щоб фази вищих гармонік не стрибали при декількох переходах АЧХ через 0, потрібно щоб АЧХ мала всього один перехід через 0, а потім поступово наближалась по своєму значенню до 0. Таким чином гармоніки фільтрованого зображення РОО будуть мати значення які знаходяться в межах від 0 до  $\pi$  і від  $\pi$  до  $2\pi$ . Якщо АЧХ фільтра представити кривою яка отримується різницею двох гаусіанів рис. 1.

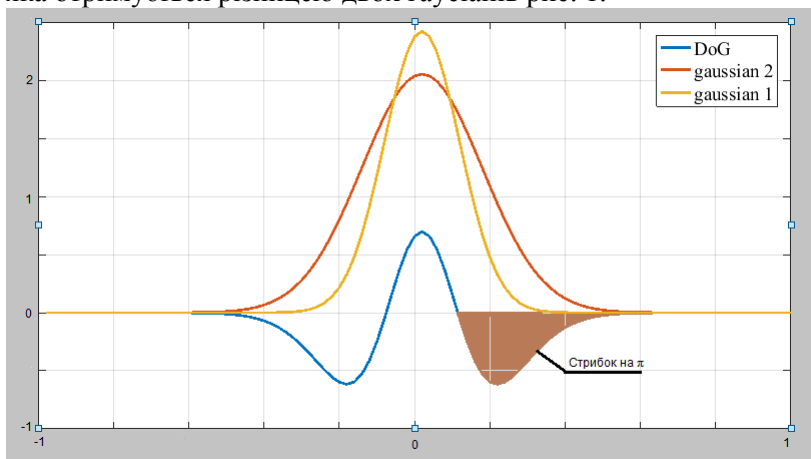


Рис.1 АЧХ модифікованого DoG-фільтра

Імпульсну характеристику фільтра отримуємо як двовимірне дискретне перетворення Фур'є

$$\dot{h}(x, y) = \frac{1}{N^2} \sum_{k=1}^{k_{\max}} \sum_{n=1}^{n_{\max}} \{DoG\} e^{+j \frac{2\pi nk}{N}}, \quad (2)$$

де  $n, k$  – довжина маски фільтра в частотній області, маска квадратна  $m_{\max} = k_{\max}$ ,  $x, y$  – просторові координати, цілі числа.

АЧХ фільтра описується наступною формулою

$$DoG = [g(n, k\sigma_1) - g(n, k\sigma_2)], \quad (3)$$

де  $\sigma_2 > \sigma_1$ ,  $\sigma_2 = S\sigma_1$ ,  $s$ - коефіцієнт розширення.  $\sigma = \frac{\Delta\omega}{|\hat{\omega}|}$ ,

$\hat{\omega} = \pm 1$  - нормована частота,  $\Delta\omega \leq |\hat{\omega}|$ .

Фазовий відгук РОО отримується з виразу

$$\varphi_{Ir} = -\arctan \frac{\text{Im} \left[ I(x, y) * \dot{h}(x, y) \right]}{\text{Re} \left[ I(x, y) * \dot{h}(x, y) \right]}. \quad (4)$$

Операція в квадратних дужках – це згортка зображення РОО з імпульсною характеристикою удосконаленого DoG-фільтра.

$$Iris = \begin{cases} 1, & \text{якщо } 0 \leq \varphi_{Ir} < \pi \\ 0, & \text{якщо } \pi \leq \varphi_{Ir} < 2\pi \end{cases} \quad (5)$$

Провівши кодування понад 200 зображень РОО зафіксовано, що гістограма розподілу матриці Iris-коду РОО наближується до рівномірної (рис. 2.)

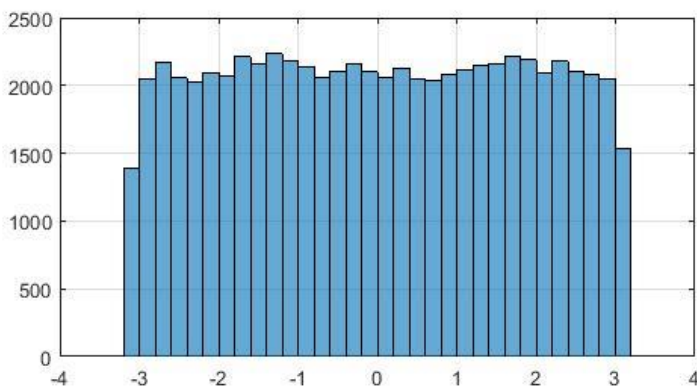
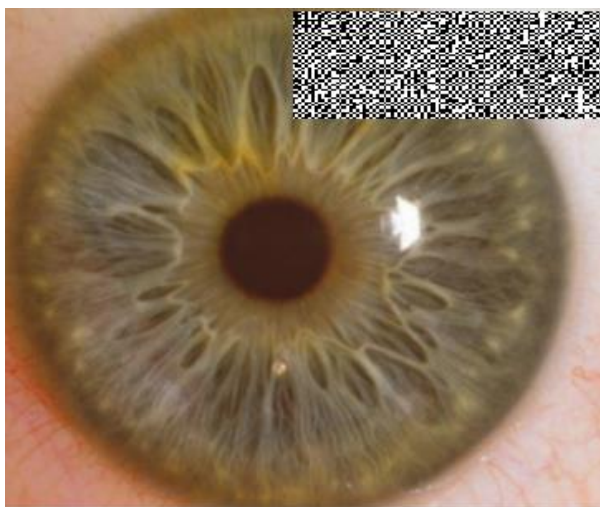


Рис. 2. Гістограма відгуків РОО після модифікованого DoG-фільтра

В результаті обчислення значення ентропії становить  $0,99998 \pm 0,00001$ .

На рис. 3 наведено приклад зображення райдужної оболонки і відповідні йому ознаки, отримані за формулою (4, 5).



**Рис. 3.** Визначення коду райдужки за допомогою DoG- фільтра

Для кодування РОО пропонується модифікований DoG-фільтр, де значно підвищена швидкодія, якість кодування. Експерименти показали підвищення швидкодії в двадцять разів, а ентропія двійкового коду близька до одиниці.

### **Література:**

1. Biometric personal identification system based on iris analysis /Daugman, John G. // United States Patent 5291560, режим доступу <http://www.freepatentsonline.com/5291560.html> (10.03.2018)
2. Daugman J (2007) "New methods in iris recognition." *IEEE Trans. Systems, Man, Cybernetics B* 37(5), pp 1167-1175. режим доступу <https://www.cl.cam.ac.uk/~jgd1000/> (10.03.2018)
3. Daugman J (2006) "Probing the uniqueness and randomness of IrisCodes: Results from 200 billion iris pair comparisons." *Proceedings of the IEEE*, 94(11), pp 1927-1935. режим доступу <https://www.cl.cam.ac.uk/~jgd1000/> (10.03.2018)