

РОЗРОБКА ЗАВАДОСТІЙКИХ АЛГОРИТМІВ ОЦІНКИ КОМПОНЕНТІВ КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

© Іванюк В., Лау Г., 2004

Сформовані операції обробки, які зменшують завади приймача зображення в системі обробки інформації і зменшують структурні завади селекції. Селекція виконувалась за відносними координатами простора кольору. Розглянута трансформація селекції для випадку застосування комплексної ознаки, що базується на відносних координатах простору кольору і площини зображення.

The operations, minimizing the noise of image receiver in the information processing system and minimizing the structures noise of selection, is formed. This selection by the relative coordinates of the color space is worked. The transforms selection, white use the complex sort by the relative coordinates of the color space and the relative coordinates of the image aperture, is described.

Вступ. Система декодування, інформації, закодованої за допомогою кольору і просторового розміщення, визначає комплекс ознак, які характеризують інформативну структуру зображення і його складових фрагментів, що несуть інформацію про фізичні процеси (геологія, біологія, металографія) [1–4]. Але для їх використання необхідна певна обробка зображення, оскільки воно є спотворене неінформативними фрагментами і завадами, які виникають у приймачі зображення системи обробки інформації. Пропонована робота орієнтована на розгляд аспектів обробки металографічних зображень. При дослідженні металографічних зразків неінформативні фрагменти виникають за рахунок компонентів металографічної структури, які не входять до фазових компонентів, що відбивають фізичну суть формування і експлуатації досліджуваного зразка і заважають оцінити останні. На етапі класифікації з зображення окремого фазового компоненту решта фазових складників багатофазної системи практично постає структурною завадою. Крім структурних завод у системі обробки слід рахуватись з завадами технічного отримання інформації зображення. Завади приймача з'являються коштом через вплив параметрів джерела світла, давачів приймача тощо. Завади технічного отримання погіршують якість аналізу окремих зображень і для їх зменшення треба застосувати точнішу апаратуру (приймач зображення) і відповідне її юстування, а також здійснити багато експериментів для статистичної обробки. Для успішної класифікації параметрів структури зображення завади обох типів потрібно знешкодити.

Для боротьби з завадами і для класифікації в сучасних системах обробки інформації кольорових зображень у програмах обробки як кількісні ознаки переважно застосовують критерії: функції відстані, відношення сигнал: шум тощо. Взаємодія операцій обробки, які використовують зазначені критерії, з завадами приймача ще не визначена, бо вплив завод приймача на пікселі кольорового зображення з'ясований недавно [5]. Отже, скориставшись [5], необхідно визначити засоби, які зменшують вказаний тип завод у програмах обробки інформації. Крім розподілу за джерелами виникнення завади ще розрізняються за місцем дії. Одна частина завод виникає в просторі кольору інша частина завод пов'язана з просторовим розташуванням. Тобто для придушення такої завади потрібно застосувати алгоритм класифікації за комплексною ознакою координати у просторі і координати у просторі кольору.

Постановка задачі. Необхідно розробити методи та алгоритми оцінювання параметрів структури зображення за цифровим кольоровим зображенням зі зменшенням впливу завод структурного і технічного походження за комплексною ознакою і координати у просторі кольору і координати у площині зображення.

Нижче запропоновано метод оцінювання параметрів структури за цифровим кольоровим металографічним зображенням, за комплексною ознакою відносні координати у просторі кольору і площині зображення, сформованою на засадах критерію кількості інформації.

Розробка завадостійкого алгоритму класифікації у просторі кольору. За даними [5] оцінимо вплив завад приймача системи обробки зображень. У приймачі досліджуваний зразок освітлюється некогерентним світлом, яке є електромагнітне проміння в діапазоні хвиль від 400 до 700nm [2,4]. Відбите від досліджуваного зразка світло попадає на оптичні давачі приймача, який перетворює світло на напругу в заданому робочому діапазоні хвиль λ і є спектрально чутливий. Проаналізували випадок, коли спектральна густина проміння $E(\lambda)=\text{const}=e$, а коефіцієнт відбиття і спектральну чутливість давача $S(\lambda)$ розглядали як функції довжини хвилі зі спектром, обмеженим максимальною частотою F_w . Встановлено, що вихідний сигнал оптичного давача прямо пропорційний спектральній густині світла (e), відліку спектральної чутливості давача приймача зображення $S(\lambda_w)$, відліку коефіцієнта відбиття $R(\lambda_w)$ і обернено пропорційний максимальній частоті F_w , яка обмежує спектр коефіцієнта відбиття і спектр апроксимованої спектральної чутливості давача. Відліки зроблені на довжині хвилі λ_w , де припадає максимум спектральної чутливості давача. Показано, що цифровий відлік вихідного сигналу в комп'ютері

$$z_w(x, y) = K_w R(\lambda_w, x, y), \quad (1)$$

де x, y – координати пікселя у площині зображення; $R(\lambda_w) = R(\lambda_w, x, y)$;

$$K_w = keS(\lambda_w) / 2F_w. \quad (2)$$

де k – коефіцієнт трансформації АЦП. Установлено, що завади приймача зображення зосереджені у просторі кольору і за критерієм відстані не знешкоджуються [5].

Скоригуємо вплив завад у системі обробки інформації застосуванням спеціальної операції обробки, яку створимо на основі кількості інформації. Введемо індексацію $u \in \{a, z\}$. Параметри монохроматичного зображення індексуватимо a . Параметри у фрагмента монохроматичного зображення, який належить класу завад зображення, індексуватимо z (структурні завади). Знайдемо приріст кількості інформації, який визначає кількість інформації у інформаційному фрагменті поза завадою. Проведемо таке дослідження для випадку

$$\Delta(\Delta f_{xw}) = \Delta f_{xwa} - \Delta f_{xwz} = 0, \quad (3)$$

де Δf_{xwu} , Δf_{ywu} – частотні смуги коливань параметрів $w_u = z_{wu}(x, y)$, $u \in \{a, z\}$, x, y – координати пікселя у площині зображення (в тих випадках, коли немає необхідності визначати належність до елемента $u \in \{a, z\}$ індексація z і u відсутня). У монохроматичному зображенні w один з кольорів $\{r, g, b\}$. За [6] приріст кількості інформації в елементі $u \in \{a, z\}$:

$$\Delta I_w = I_{wa} - I_{wz} = \sum_{h \in \{x, y\}} L_{ha} \Delta L_h \Delta f_{hwa}^2 \log\left(1 + \frac{1}{\delta_{wa}^2}\right) + \frac{2}{\ln 2} L_{xa} L_{ya} \Delta f_{xwa}^2 \delta_{cw}, \quad (4)$$

де I_{wu} – кількість інформації у елементі індексованому $u \in a, z$;

$$\delta_{wu} = w_{uMIN} / w_{uMAX}, \quad (5)$$

де w_{uMIN} та w_{uMAX} – мінімальне і максимальне значення кольору w_u ; $L_{xu}L_{yu}$ – апертура;

$$\Delta f_{xwu} = \Delta f_{ywu};$$

$$\Delta L_h = L_{ha} - L_{hz}, \quad h \in \{x, y\}; \quad (6)$$

$$\delta_{cw} = (w_{aMAX} - w_{zMAX}) / w_{aMAX}. \quad (7)$$

Вираз (7) отриманий для випадку, коли існують зміни верхньої межі діапазону $w_{макс}$ і $\delta_{wu}^2 \ll 1$. Остання складова в (4) описує інформаційний фрагмент у просторі кольору. Цей опис

базується на (7). У [6] δ_{cw} застосовано як поріг класифікації. За умовами класифікації піксель зображення з координатою w_k належить до інформаційного фрагмента [6], коли

$$\delta_{kcw} < \delta_{cw}, \quad (8)$$

де

$$\delta_{kcw} = (w_{aMAX} - w_k) / w_{aMAX}. \quad (9)$$

Отже, стверджується, що існує поріг $\delta_{cw} > 0$, який придатний для класифікації пікселя $z_w(x_k, y_k)$ до інформаційного фрагмента, який у просторі кольору визначається відрізком $[w_{zMAX}, w_{aMAX}]$. Змінимо визначення інформаційного фрагмента у просторі кольору. Для опису інформаційного фрагмента застосуємо відрізки

$$[w_{zMAX}, w_{aMAX}] = [w_{zMAX}, w_\beta] \cup [w_\beta, w_{aMAX}], \quad (10)$$

де w_β – центр відрізка $[w_{zMAX}, w_{aMAX}]$. Точки інформаційного фрагмента належать згаданим відрізкам. У цьому випадку класифікація пікселя $w_k = z_w(x_k, y_k)$ до інформаційного фрагмента з центром w_β і порогом $\rho_M = \delta_{cw} / 2$ виконується за

$$\delta_{k\beta w}^2 < \rho_M^2, \quad (11)$$

де

$$\delta_{k\beta w} = (w_\beta - w_k) / w_\beta. \quad (12)$$

В (11) і (12) компонент β є піксель з $w_\beta = z_w(x_\beta, y_\beta)$, де x_β, y_β – просторові координати. Проаналізуємо залежність цієї класифікації від завади приймача зображення.

$$[z_w(x_k, y_k) - z_w(x_\beta, y_\beta)]^2 / z_w^2(x_\beta, y_\beta) < \rho_M^2. \quad (13)$$

З врахуванням (1), (2) отримуємо (13) у такому вигляді:

$$[R(\lambda_w, x_k, y_k) - R(\lambda_w, x_\beta, y_\beta)]^2 / R^2(\lambda_w, x_\beta, y_\beta) < \rho_M^2. \quad (14)$$

Звідки видно, що класифікація за (11) проводиться з незшкодженням завади приймача зображення.

Узагальнимо підхід на кольорове зображення з кольорами $w \in \{r, g, b\}$. У цьому випадку узагальнення приросту кількості інформації, який визначає кількість інформації у інформаційному фрагменті поза завадою, [6] має таку форму:

$$\Delta I = \sum_{w \in r, g, b} \Delta I_w, \quad (15)$$

де кожна складова з δ_{cw} (див. (4)) описує інформаційний фрагмент у просторі кольору. Отже, цей опис базується на

$$\delta = \sum_{w \in r, g, b} \delta_{cw}. \quad (16)$$

Подібно до (8) застосуємо (16) як поріг класифікації. За умовами класифікації піксель зображення з координатами $w_k = z_w(x_k, y_k)$ належить до інформаційного фрагмента, коли

$$\delta_k < \delta, \quad (17)$$

де

$$\delta_k = \sum_{w \in r, g, b} \delta_{kcw}. \quad (18)$$

Значить можна стверджувати, що існує поріг $\delta > 0$, який придатний для класифікації пікселя $z_w(x_k, y_k)$ до інформаційного фрагмента, який у просторі кольору визначається відрізками

$[w_{zMAX}, w_{aMAX}]$, $w \in \{r, g, b\}$. Подібно до (10) змінимо визначення інформаційного фрагмента у просторі кольору. Для опису інформаційного фрагмента застосуємо відрізки

$$[w_{zMAX}, w_{aMAX}] = [w_{zMAX}, w_{\beta}] \cup [w_{\beta}, w_{aMAX}], \quad (19)$$

де w_{β} – центр відрізка $[w_{zMAX}, w_{aMAX}]$. За (19) інформаційний фрагмент описується точкою w_{β} , розміщеною в центрі трьох пар відрізків. Точки інформаційного фрагмента належать згаданим відрізкам. Для зручності класифікації трансформуємо цей опис. Введемо

$$\rho^2 = \sum_{w \in r, g, b} \delta_{k\beta w}^2. \quad (20)$$

У цьому випадку класифікація пікселя $w_k = z_w(x_k, y_k)$ до інформаційного фрагмента з центром w_{β} і порогом $\rho_C = \delta / 2$ виконується за

$$\rho^2 < \rho_C^2. \quad (21)$$

Проаналізуємо, як залежить ця класифікація від завади приймача зображення. У (21) компонент β є піксель з $w_{\beta} = z_w(x_{\beta}, y_{\beta})$, де x_{β}, y_{β} – просторові координати, тоді

$$\sum_{w \in r, g, b} [z_w(x_k, y_k) - z_w(x_{\beta}, y_{\beta})]^2 / z_w^2(x_{\beta}, y_{\beta}) < \rho_C^2. \quad (22)$$

З врахуванням (1) отримуємо (22) у такому вигляді:

$$\sum_{w \in r, g, b} [R(\lambda_w, x_k, y_k) - R(\lambda_w, x_{\beta}, y_{\beta})]^2 / [R(\lambda_w, x_{\beta}, y_{\beta})]^2 < \rho_C^2. \quad (23)$$

Звідки видно, що класифікація за (21) проводиться з знешкодженням завади приймача зображення.

Алгоритми класифікації за комплексною ознакою відносні координати у просторі кольору і площині зображення. Узагальнимо підхід з класифікації в просторі кольору на класифікацію в просторі кольору і площині зображення. Для цього використаємо в класифікації перші складові приросту кількості інформації (15), (4). Трансформуємо (15) у таку форму :

$$\delta_{dl} = \delta_{dx} + \delta_{dy} + s \sum_{w \in r, g, b} \delta_{dw}, \quad (24)$$

де $d \in \{c, k\beta\}$; $s = 2 / \sum_{w \in r, g, b} \ln(1 + 1/\delta_{wa}^2)$.

Для випадку $d \in c$ в (24) так заіндексовано максимальну відносну кількість інформації фрагмента зображення, яка має складові:

$$\delta_{ch} = \frac{L_{ha} - L_{hz}}{L_{ha}}, \quad h \in x, y. \quad (25)$$

Визначення максимальної відносної кількості інформації фрагмента зображення свідчить про існування порога класифікації $\rho_p > 0$.

Для випадку $d \in k\beta$ в (24) так заіндексовано відносну кількість інформації фрагмента зображення з компонентом β : $w_{\beta} = z_w(x_{\beta}, y_{\beta})$ і довільного пікселя $w_k = z_w(x_k, y_k)$, яка має складові:

$$\delta_{k\beta h} = \frac{h_{\beta} - h_k}{h_{\beta}}, \quad h \in \{x, y\}. \quad (26)$$

Визначення відносної кількості інформації фрагмента зображення $\delta_{k\beta l}$ дозволяє почати формувати процедуру класифікації за комплексною ознакою відносні координати у просторі

кольору і площині зображення . Заважає запровадженню класифікації поява від'ємних складових в (24). Це може привести до від'ємних значень відносної кількості інформації і ускладненню класифікації. Щоб уникнути таких ситуацій в процедурі класифікації, розглянемо три варіанти трансформації відносної кількості інформації.

У першому варіанті нелінійно змінимо від'ємні складові відносної кількості інформації на додатні. Нехай в (24) $d \in |k\beta|$. Нехай складові відносної кількості інформації визначені за

$$\delta_{|k\beta|v} = \frac{|v_\beta - v_k|}{v_\beta}, \quad v \in \{x, y, r, g, b\}. \quad (27)$$

З цього виразу видно, що така конфігурація складових (24) забезпечує їх невід'ємність.

У другому варіанті білінійно, використовуючи математичний апарат квадратичних форм [7], змінимо відносну кількість інформації так:

$$G_v = \sum_{i \in \{x, y, r, g, b, l\}} \delta_{k\beta i}^2, \quad (28)$$

де складові визначені за (12), (26), (24).

У третьому варіанті до складу компонента класифікації β : $w_\beta = z_w(x_\beta, y_\beta)$ в просторі кольору додамо компонент класифікації у площині зображення e : $w_e = z_w(x_e, y_e)$. Білінійно (математичний апарат квадратичних форм [7]) змінимо відносну кількість інформації так:

$$G_D = \sum_{i \in \{r, g, b, l\} \cup \{Dx, Dy\}} \delta_{k\beta i}^2, \quad (29)$$

де складові

$$\delta_{k\beta Dh} = \delta_{keh} - \delta_{\beta eh} = \frac{h_k - h_e}{h_e} - \frac{h_\beta - h_e}{h_e} = \frac{h_k - h_\beta}{h_e}; \quad h \in \{x, y\}. \quad (30)$$

Розглянемо два алгоритми з умовою класифікації пікселя $w_k = z_w(x_k, y_k)$ до інформаційного фрагмента за компонентом β в просторі кольору з порогом ρ_p

$$G < \rho_p. \quad (31)$$

де $G \in \{\delta_{|k\beta|l}, G_v\}$. Запропонований перший варіант алгоритму з $G \in \delta_{|k\beta|l}$ позначимо А1. Другий варіант алгоритму з $G \in G_v$ позначимо А2.

Розглянемо третій алгоритм з умовою класифікації пікселя $w_k = z_w(x_k, y_k)$ до інформаційного фрагмента за компонентом β в просторі кольору, за компонентом e в площині зображення, з порогом ρ_p

$$G_D < \rho_p. \quad (32)$$

Цей варіант алгоритму позначимо А3.

Застосування. Практичну реалізацію алгоритмів виконаємо за таких умов. Нехай існує

$$w_{aMIN} = 1. \quad (33)$$

З формули (5) і умови (33) маємо

$$\delta_{wa} = 1/w_{aMAX}. \quad (34)$$

Для розрахунку відносної кількості інформації необхідно визначити компонент β -піксель з $w_\beta = z_w(x_\beta, y_\beta)$, де x_β, y_β – просторові координати, а також об'єкт класифікації – піксель $w_k = z_w(x_k, y_k)$. Щоб розрахувати функції (27), (28) для кожного компонента β , необхідно

визначити коефіцієнт s . Для цього підставимо значення $w_\beta = w_{aMAX}$ в (34), отримаємо $\delta_{wa} = w_\beta$, цей результат підставимо в вираз s (див. (24)) і одержимо

$$s = 2 / \sum_{w \in r, g, b} \ln(1 + w_\beta^2). \quad (35)$$

Описані вище алгоритми, побудовані на основі наведеного виведення, були реалізовані у вигляді інтерактивної програми. Програма використовується для обробки зображень мікроструктури матеріалів, отриманих за допомогою електронного мікроскопа. Розглянемо роботу програми на прикладі.

Тестове зображення T (рис.3), на якому відсутні завади технічного отримання, використовувалось для апробації алгоритмів $A1$, $A2$. На зображенні T оператор інтерактивно визначив центри інформативних фрагментів. Їх значення в просторі кольору і координати в площині зображення, визначають інформацію, потрібну користувачеві. На зображенні залишаються лише ті пікселі, кольори і просторові координати яких належать зонам (31), визначеним з порогом ρ_p . Поріг задається оператором. Решта пікселів вихідного зображення замінюються одним, наперед заданим кольором, наприклад чорним.

Результати роботи програми за алгоритмом $A1$ показані на рис. 4. Результати роботи програми за алгоритмом $A2$ показані на рис. 2, 5. Оператором на тестовому зображенні (рис. 3) були виділені декілька пар просторових координат, які є центрами інформативних фрагментів. Видно (рис. 2), що центрам чотирьох інформативних фрагментів відповідають чотири кольори. З рис. 5 також видно, що центру п'ятого інформативного фрагмента відповідає зелений колір. Ці центри використовуються в обох алгоритмах. Виділені центри інформативних фрагментів збігаються з центрами інформативних фрагментів отриманих за малим порогом фільтрації (рис. 2). Навколо центрів інформативних фрагментів програмно, з певним порогом ρ_p , виділені інформаційні фрагменти (рис. 2, 4, 5). Видно, що "якість" селекції зменшується при збільшенні значення порога ρ_p . Якщо шукані об'єкти селекції мають форму ромбів у площині зображення і паралелепіпедів у просторі кольору, то для класифікації доцільніше застосувати програму, яка реалізує алгоритм $A1$.

Крім того видно, що фільтрація має анізотропний характер на площині зображення. При обробці зображень цей ефект може стати завадою під час проведення фільтрації ізотропних у просторі кольору і в площині зображень. Для цього випадку необхідно пристосувати розглянуту селекцію. Цікаво знайти корисне застосування такого ефекту при обробці зображень. Це спонукає на проведення додаткового аналізу процедури фільтрації. Для алгоритму $A1$ цей аналіз ускладнений нелінійністю визначення складових (27), тому для аналізу обраний алгоритм $A2$. Розглянемо частину складових квадратичної форми (28), яка діє у просторі кольору

$$G_{vc} = \sum_{i \in \{r, g, b\}} \delta_{k\beta i}^2. \quad (36)$$

Щоб проаналізувати визначену квадратичну форму (36) введемо

$$W_\beta^2 = \sum_{w \in \{r, g, b\}} w_\beta^2 / 3, \quad (37)$$

$$\gamma_w = (w_\beta^2 - W_\beta^2) / W_\beta^2. \quad (38)$$

Нехай існує

$$1 > \gamma_w \quad (39)$$

Тоді з (36), враховуючи (39), (37), знайдемо

$$G_{vc} = \sum_{w \in \{r, g, b\}} (w_\beta - w_k)^2 (1 - \gamma_w) / W_\beta^2 \approx \sum_{w \in \{r, g, b\}} (w_\beta - w_k)^2 / W_\beta^2. \quad (40)$$

Отримано квадратичну форму, яку локально можна вважати нормованим квадратом відстані в просторі кольору.

Розглянемо ще одну частину складових квадратичної форми (28), яка діє у площині зображення

$$G_{vs} = \sum_{i \in \{x, y\}} \delta_{k\beta i}^2 . \quad (41)$$

Щоб проаналізувати визначену квадратичну форму (41) введемо

$$H_{\beta}^2 = \sum_{h \in \{x, y\}} h_{\beta}^2 / 2 , \quad (42)$$

$$\gamma_h = (h_{\beta}^2 - H_{\beta}^2) / H_{\beta}^2 . \quad (43)$$

Нехай існує

$$1 > \gamma_h \quad (44)$$

Тоді з (41), враховуючи (44), (43), аналогічно до (40) знайдемо

$$G_{vs} \approx \sum_{h \in \{x, y\}} (h_{\beta} - h_k)^2 / H_{\beta}^2 . \quad (45)$$

Визначено квадратичну форму, яку локально можна вважати нормованим квадратом відстані в площині зображення.

Отже, з отриманих результатів (40), (45) видно, що зазначені квадратичні форми, як квадрат відстані, діють локально. Селекція ізотропного зображення з такими квадратичними формами, а також з функціями де ці форми є складовими, дійсна локально.

Розглянемо засоби збільшення зони дії потрібного типу селекції. Шукані засоби визначатимемо для площини зображення. Спочатку визначимо алгоритмічні операції, необхідні для такої селекції. Нехай на зображення розміщені ізоморфні інформаційні фрагменти. На першому етапі визначається декілька компонентів з різними просторовими координатами, які слугують центрами інформаційних фрагментів. На другому етапі виконується обробка зображення з використанням квадратичної форми $G \in G_v$ (28) по всій апертурі зображення за алгоритмом А2 . Візуально визначається еталон $w_e = z_w(x_e, y_e)$, який найкраще виділяє просторову форму інформаційного фрагмента. На третьому етапі використаємо цей еталон взірцем для формування розповсюдження процедури обробки зображення з околу цього еталона на всю апертуру зображення. Деталізуємо третій етап. Визначимо інформаційний фрагмент не на основі приросту кількості інформації (15), (4), а на основі відносної кількості інформації (24). Визначимо відносну кількість інформації з компонентом $w_e = z_w(x_e, y_e)$ для пікселя $w_k = z_w(x_k, y_k)$. Для цього в (24) прийемо $d \in \{ke\}$, тоді

$$\delta_{kel} = \delta_{kex} + \delta_{key} + s \sum_{w \in r, g, b} \delta_{kew} . \quad (46)$$

Визначимо відносну кількість інформації з компонентом $w_e = z_w(x_e, y_e)$ для пікселя $w_{\beta} = z_w(x_{\beta}, y_{\beta})$, який є компонент β . Для цього в (24) прийемо $d \in \{\beta e\}$, тоді

$$\delta_{\beta el} = \delta_{\beta ex} + \delta_{\beta ey} + s \sum_{w \in r, g, b} \delta_{\beta ew} . \quad (47)$$

Розглянемо приріст відносної кількості інформації:

$$\Delta i = \delta_{\beta el} - \delta_{kel} = \delta_{\beta ex} - \delta_{kex} + \delta_{\beta ey} - \delta_{key} + s \sum_{w \in r, g, b} (\delta_{\beta ew} - \delta_{kew}) . \quad (48)$$

Приріст (48) розповсюджує дію обробки зображення з околу точки $w_e = z_w(x_e, y_e)$, де визначений “ еталон”, на повне зображення. У цьому випадку застосування еталона одночасно забезпечує спеціальне визначення просторової частини приросту (48) і частини приросту, яка зосереджена у просторі кольору. Просторову частину приросту (48) і частину цього приросту в просторі кольору зручніше визначити окремо, двома еталонами. Один еталон забезпечує спеціальне визначення просторової частини приросту (48). Другий еталон забезпечує спеціальне визначення частини прироста (48), яка зосереджена у просторі кольору. У подальшому аналізі проведемо дослідження

визначення еталоном винятково просторової частини приросту (48). Нехай піксель $w_e = z_w(x_e, y_e)$ визначає просторову частину прироста відносної кількості інформації

$$\Delta i_s = \delta_{\beta ex} - \delta_{kex} + \delta_{\beta ey} - \delta_{key} \quad (49)$$

Складові просторової частини приросту (49) деталізовані в (30). З (30) видно, що такі складові розповсюджують дію обробки зображення з околу точки (x_e, y_e) в площині зображення (в апертурі), на повну апертуру зображення. Складові просторової частини приросту (49) використані для створення квадратичної функції G_D (29). Розглянемо програмне застосування квадратичної функції G_D (29) (алгоритм А3).

На ротованому тестовому зображенні (рис.3) оператор інтерактивно визначив центри інформативних фрагментів. Їх значення в просторі кольору і координати в площині зображення, визначають інформацію, потрібну користувачеві. Оператор додатково визначає еталон $w_e = z_w(x_e, y_e)$, який найкраще виділяє просторову форму інформаційного фрагмента. На рис. 3 піксель позначено білим квадратом. На зображенні залишаються лише ті пікселі, кольори і просторові координати яких належать зонам (32), визначеним з порогом ρ_p . Поріг задається оператором. Решта пікселів вихідного зображення замінюються одним, наперед заданим кольором. У класифікації з алгоритмом А3 для заміненних пікселів був використаний білий колір. Зображення на рис. 6 розміщене в двокольоровій рамці з чорного і жовтого кольорів.

З рис. 6 видно, що фільтрація околу еталона, маркованого білим квадратом (рис. 3), діє на всій площині зображення, що практично, на цьому рівні досліджень, підтверджує отримані теоретичні результати (49), (30).

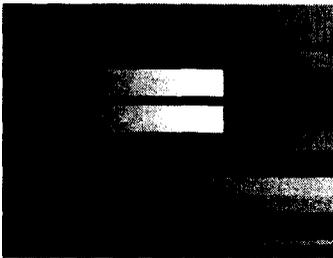


Рис. 1. Тестове зображення Т

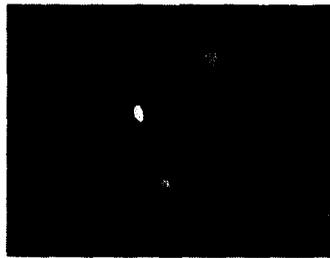


Рис. 2. Селекція А2.
Поріг фільтрації 0,1

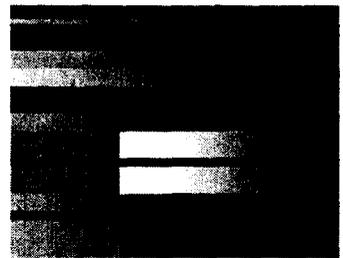


Рис. 3. Зображення Т180
з просторовим еталоном

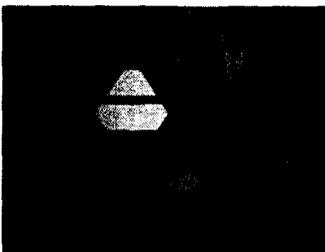


Рис. 4. Селекція А1.
Поріг фільтрації 0,4



Рис. 5. Селекція А2.
Поріг фільтрації 0,4

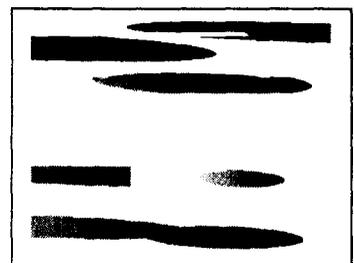


Рис. 6. Селекція А3.
Поріг фільтрації 1,4

Висновки. На основі інформаційних засад і апарата квадратичних форм у вигляді трьох модифікацій створений алгоритм визначення пікселів зображення, які належать інформаційному фрагменту за комплексною ознакою відносні координати у просторі кольору і площині зображення, що на етапі обробки дасть змогу знешкодити завади приймача зображення і зменшити структурні завади.

1. Myshkin N.K., Kong H., Gngoriev A.Ya., Yoon E.-S. The use of color in wear debris analysis. // Elsevier. Wear – 2001 – 251. P. 1218-1226. 2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. – М:

Мур, 1982. – 790 с. 3. N. Papamarkos and B. A new approach for multilevel threshold selection. *Gatos Graphical Models and Image Processing*. 56(5), 1994– p. 357–370. 4. Szala J. Zastosowanie metod komputerowej analizy obrazu do ilościowej oceny struktury materialow. // *W. POLITECHNIKA SLASKA, Zeszyty naukowe*. – 2000. – № 1518.–167с. 5. Иванюк В.Г., Лобур М.В., Лай Г. Распознавание компонентного состава по изображению. // *Материалы IV Междунар. научно – методической конф. “Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века” (10–12 ноября 2004г.)*. Минск, БГУИР, 2004.-С.444-447. 6. Иванюк В.Г., Капшій О.В., Косаревиц Р.Я., Лай Г. Інформаційна оцінка і виділення фрагментів кольорових зображень // *Радіоелектроніка і інформатика*. – 2004. – № 3. С. 99–102. 7. Базылев И.Т., Дуничев К.И., Иваницкая В. П. *Геометрия*. – М.: Просвещение, 1974. – 351 с.

УДК 638.235.231

Б.П. Русин, Л.В. Чирун

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ICM

АДАПТИВНІ АЛГОРИТМИ АПРОКСИМАЦІЇ КОЕФІЦІЄНТІВ МОДЕЛІ СИНТЕЗУ МОВНИХ СИГНАЛІВ

© Русин Б.П., Чирун Л.В., 2004

Описано адаптивну модель синтезу голосових сигналів, основу на косинусному перетворенні Фур’є. Запропоновано застосування неперервних дробів для апроксимації коефіцієнтів цієї моделі. Описано алгоритми: знаходження значення неперервних дробів, розбіжних у класичному розумінні. Ця процедура використовується для реалізації моделі голосового тракту людини.

In this article adaptive model for speech synthesis based on cosine Fourier transform is described. Application of continued fractions for better approximation of model coefficients is proposed. Algorithms for continued fraction calculation, non-convergent in classical meaning, are proposed. This procedure is used for the design of the zero-pole model of human vocal tract.

Вступ. Всюди, де виникає потреба в доставці голосової інформації, є місце для якісного синтезу мови. З використанням систем синтезу мови *мова-текст* (TTS - *Text-to-Speech System*) задача доставки голосової інформації може бути розв’язана будь-де. Користувач має можливість вибирати голос залежно від потреб для оптимізації свого застосування, і, навіть більше того, існують голоси спеціальних типів залежно від виду доставки. Сучасні TTS системи можна оптимізувати до розмірів малого пакета. Сучасний розвиток технологій мобільного зв’язку дає змогу використовувати TTS системи для передавання синтезованої мови на ручні пристрої з використанням мереж стільникового зв’язку. Синтезована мова підтримує SSML, Voice XML теги, стандарти *Microsoft(R) SAPI* для розширення галузей застосування, зручності клієнтів і спрощення користування системами.

Сучасні галузі застосування TTS систем:

- *Допоміжні* – несуть силу мовлення, читання і навчання в життя.
- *Стільниковий зв’язок* – доставка голосових повідомлень у реальному часі на різноманітні пристрої.
- *Урядові проекти* – застосування TTS систем для побудови аплікацій, що дають змогу передавати голосову інформацію як в приміщеннях, так і на виїзді.
- *Медицина* – Синтезована мова дає можливість реалізації різноманітних аплікацій для галузі охорони здоров’я (довідники, екстренна медична допомога).