

Гавриш Б. М.,  
Ющик О. В.

## ОЦІНКА ЯКОСТІ ВІДТВОРЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ РАСТРОВИМИ СКАНУЮЧИМИ ПРИСТРОЯМИ ВИВЕДЕННЯ

*Будь-яке перетворення зображення призводить до його спотворення. Тому будь-яка система його відтворення, забезпечуючи мінімальні спотворення, повинна давати в кожній ланці перетворення зображення необхідної якості. При цьому виникає питання: яким повинно бути зображення, що представляється людині, щоби воно оцінювалося нею як якісне?*

**Ключові слова:** зображення, растрові скануючі пристрої виведення, просторова частота, індекс якості, сигнал.

### 1. Вступ

Поняття «якість зображення» містить в собі суб'єктивний фактор оцінки зображення людиною. Показники якості зображення визначаються характеристиками складного ланцюга перетворень, який складається з джерела візуальної інформації, системи оптичних, фотоелектричних та інших перетворень. Кінцевою ланкою в цьому ланцюгу є зорова система людини. Тому очевидно, що інтегральний критерій, який характеризуватиме якість зображення, повинен включати як фізичні властивості зображення, так і психофізичні аспекти його сприйняття зоровою системою людини [1, 2].

### 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

В телебаченні, яке є одним із способів перетворення растрових сканованих зображень, інтегральний критерій якості [3] включає сукупність параметрів, які характеризують колірність, розмір, яскравість, контраст, різкість зображення, рівномірність та чистоту фону та ін. Кожен з цих параметрів є зв'язаним з сенсорною функцією зорового апарату. Без знання реакції останнього дати однозначну відповідь на поставлене вище питання неможливо: наприклад, оптимальна передавальна функція залежить від частотного спектра зображення, котре передається, тобто в кінцевому випадку від об'єкта формуючого зображення [4, 5], а сам вибір критерію оптимальності спирається на оцінювання якості зображення зоровою системою. Іншою причиною такої неоднозначності є психофізичні особливості сприйняття зображення людиною: зоровий аналізатор допускає обмін параметрів зображення, який полягає в тому, що погіршення якості зображення по одному з параметрів може бути скомпенсоване шляхом зміни інших [3].

### 3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єктом дослідження є растрові скануючі пристрої виведення.

Метою проведених досліджень було визначення якості відтворення растровими скануючими пристроями виве-

дення такого класу інформації як буквено-цифрова та графічна штрихова. Сприйняття штрихової інформації, і, перш за все, знакового зображення, залежить, в основному, від складності знаків, яскравості (або оптичної щільності), контрасту та різкості зображення, а також від кількості перешкод (наприклад, у вигляді точкових дефектів) на відбитку лазерного принтера. Такі показники фізичних властивостей зображення як яскравість, контраст, оптична густина, самі по собі ще не дають відповіді на поставлене питання і у випадку штрихового зображення: одним з найважливіших суб'єктивних показників якості зображення є різкість. Вона складним чином є зв'язаною з контрастом і такими параметрами штрихового зображення, як перехідна характеристика і роздільна здатність. Разом з тим в деяких випадках різкість слабо корелює з цими параметрами; різке з точки зору спостерігача зображення чорно-білого перепаду не відповідає оцінці передачі одиночного скачка по перехідній характеристиці [6].

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- оцінити відтворення коротких штрихів шрифтових знаків;
- дослідити умови сприйняття шрифтових символів;
- визначити смугу частот для передачі одиночного сигналу.

### 4. Результати дослідження якості відтворення зображень растровими скануючими пристроями виведення

Виберемо критерії оцінки, які дозволяють достатньо певним чином задати вимоги до каналу перетворення, які забезпечують отримання штрихового зображення, яке буде оцінюватись як «якісне».

Для того, щоб вибрати необхідний критерій і встановити потрібне його значення, розглянемо деякі особливості формування і сприйняття штрихового зображення, а також характер типових спотворень, які вносяться системою перетворення в сигнал, що передається.

Згідно двовимірної теорії вибірки, двовимірному періодичному сигналу можна поставити у відповідність ефективну просторову частоту  $N_R = 1/2L$ . Вводячи розмір

$L = \sqrt{l_x^2 + l_y^2}$  і частоти  $v_{R_x} = (2l_x)^{-1}$ ,  $v_{R_y} = (2l_y)^{-1}$ , де  $l_x, l_y$  — розміри скануючого елемента по координатних осях, отримаємо:

$$N_R = (2\sqrt{l_x + l_y})^{-1} = (v_{R_x} \cdot v_{R_y}) / \sqrt{v_{R_x}^2 + v_{R_y}^2}. \quad (1)$$

Для протяжного елемента зображення, яким є штрих, буде, очевидно,  $N_R \approx v_R$  (навіть при  $l_x = l_y$   $N_R \approx 1,4 \cdot v_R$ ). Отже, відтворення короткого штриха може в першому наближенні оцінюватися по передачі спектра лінійних частот, а відтворення знаків — по передачі спектра складових його штрихів.

Нехай вхідний сигнал є зображенням періодичних паралельних ліній постійної яскравості з шириною  $b$  та періодом  $\lambda = 2 \cdot b$ . Якщо амплітуда деякої  $(n+1)$ -ї гармоніки є нижчою за порогову, вихідний сигнал буде формуватися першими  $n$  складовими частотного спектру цих періодичних ліній. Будучи фільтром низьких просторових частот, лінійна система як правило передає високі частоти з більшим ослабленням, ніж низькі, завдяки чому у вихідному сигналі згладжуються осциляції, зумовлені обмеженістю частотного спектру. Вихідний сигнал буде виглядати як прямокутний імпульс з «заваленими» переднім і заднім фронтами (рис. 1). Очевидно, що адекватність вхідного і вихідного сигналів буде залежати від крутизни переходу від темного до світлого — «різкості», а остання — від числа гармонік, які передаються, та коефіцієнту їх передачі.

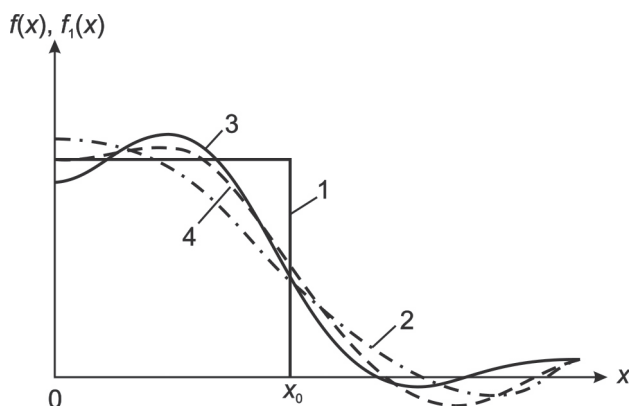


Рис. 1. Передача вхідного одиничного імпульсу:  $f$  — вхідний сигнал

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } |x| \leq x_0, \\ 0 & \text{при } |x| > x_0, \end{cases} \quad 2, 3, 4 \text{ — вихідний сигнал } f_1 \text{ при смузі пропускання частот } \Delta v = 1/\lambda, 2/\lambda \text{ і } 3/\lambda \text{ відповідно}$$

Для того, щоб з'ясувати вплив передавальної функції тільки як вирізаючого фільтру, будемо вважати, що ідеалізована система має коефіцієнт передачі:

$$K(v) = \begin{cases} 1 & \text{при } |v| \leq v_{\max}, \\ 0 & \text{при } |v| > v_{\max}, \end{cases} \quad (2)$$

де  $v_{\max}$  — максимальна просторова частота, яка пропускається каналом перетворення, чисельно рівна роздільній здатності  $v_R$  реальної системи.

Очевидно, що відтворене зображення ліній з періодом  $\lambda = 2 \cdot b$  буде мати спектр гармонік аж до частоти:

$$v_n = n/(2 \cdot b) \leq v_{\max}, \quad (n = 1, 3, \dots). \quad (3)$$

Із збільшенням періоду штрихів при тій самій їхній ширині (за рахунок звуження проміжку між штрихами) кількість гармонік частотного спектру збільшується, а їхні частоти заповнюють інтервал на осі частот між частотою  $v_0 = 1/(2 \cdot b)$ , яку автори статті будуть називати основною, і відповідними обертонами з частотами  $v_n = n/(2 \cdot b)$ . Вхідне зображення буде, очевидно, відтворюватися тим краще, чим більшу кількість гармонік буде мати вихідний сигнал.

Перейдемо до оцінки зображення шрифтового знаку.

Припустимо, що шрифтовий знак формується сукупністю штрихів різної товщини. З урахуванням того, що  $N_R \approx v_R$ , де  $N_R$  — просторова частота, а  $v_R$  — частота, можна вважати, що вихідне зображення містить елементи з частотами від  $v_0$  до  $v_{\max}$ . Якщо шрифтовий знак буде мати деталі зображення — штрихи, основна частота яких  $v_0 > v_{\max}$ , то ці елементи шрифтового знаку у вихідному зображенні будуть втрачені. Таким чином, якщо відомі розміри шрифтових знаків і товщини штрихів в них, то можна оцінити полосу частот, яка необхідна для їхнього відтворення.

Відомо, що оптимальна для розпізнавання буквенцифрових шрифтових знаків ширина штрихів  $b$  пов'язана з розміром (висотою)  $h$  співвідношенням [7]:

— для темних шрифтових знаків на світлому фоні:

$$b = (1/6 \dots 1/8) \cdot h, \quad (4)$$

— для світлих шрифтових знаків на темному:

$$b = (1/8 \dots 1/13) \cdot h. \quad (5)$$

Враховуючи  $v_n = n/(2 \cdot b) \leq v_{\max}$  ( $n = 1, 3, \dots$ ), отримуємо:

$$h = (n \cdot m)/(2 \cdot v_{\max}), \quad (6)$$

де прийнято  $m = h/b$ .

Для того, щоб отримати замкнуту систему залежностей, необхідно визначити номер гармоніки частотного спектру, при відтворенні якої зображення буде суб'єктивно оцінюватися як «якісне». Скористаємося для цього критерієм оцінки, запропонованим в роботі [8].

Для оцінки зв'язку між читабельністю тексту і роздільною здатністю використовується залежність:

$$q = (R \cdot h_e)/\beta, \quad (7)$$

де  $q$  — деяка величина — «індекс якості», яка характеризує читабельність шрифтового знаку;  $R$  — роздільна здатність зображення шрифтового знаку;  $h_e$  — мінімальна висота шрифтового знаку (малої букви «е»), який читається;  $\beta$  — кратність зменшення/збільшення при записуванні.

Експериментально встановлено, що при висоті малої букви шрифту «е», що відповідає трьом періодам вищої просторової частоти, тобто  $q = 3$ , текст важко читається: букви шрифту «е», «о», «с» частково зливаються. При  $q = 5$  знаки шрифту читаються добре, але дрібні деталі шрифту розрізняються погано. Нарешті,

при  $q=8$  і більше всі деталі шрифту розрізняються. Необхідно зазначити, що аналогічні результати отримані і в роботі [9].

Порівнюємо формули (6) та (7). Очевидно, в даному випадку  $R \equiv v_R$ . Приймаючи також кратність зменшення/збільшення  $\beta=1$ , для  $q$  отримуємо оціночне співвідношення:

$$q \approx (n \cdot m)/2. \quad (8)$$

Отже критерій читабельності «індекс якості» відображає по суті кількість гармонік періодичного сигналу в вихідному зображенні, яке припадає на висоту шрифтового знаку  $n = 1$ , і співвідношення висоти шрифтового знаку і товщини (ширини) штрихів в ньому. Зокрема, вважаючи, що  $n = 1$ ,  $m = 6$ , отримуємо  $q = 3$ . Отже, якщо канал перетворення відтворює лише основну гармоніку частотного спектру штриху, в зображенні шрифтового знаку він читається погано. При  $n = 3$  і тому самому  $m$  отримуємо  $q = 9$ , що добре корелює з експериментальним значенням  $q$ , яке відповідає зображенню відмінної якості.

Проаналізуємо останню залежність.

На відміну від емпіричного співвідношення (7) вона дозволяє разом з (4)–(6) врахувати крім числа гармонік вищої просторової частоти також і співвідношення між висотою знака і товщиною формуючих його штрихів. Разом з тим формула (5) є наближеною, оскільки не враховує ступінь ослаблення вищих гармонік частотного спектру в реальній системі перетворення. В останньому випадку збільшення числа гармонік у вихідному сигналі дає менше збільшення крутизни перехідної характеристики і відповідно більш повільний ріст  $q$  із числом переданих гармонік, ніж це впливає з формули (8). Останнє можна врахувати, якщо відома частотна характеристика розглянутої системи перетворення. Необхідно зазначити також, що на відміну від критерію різкості «індекс якості» і співвідношення (8) не враховують форму перехідної характеристики в цілому. Аналіз показує, що, будучи функцією ряду параметрів зображення і системи перетворення (контрасту, яскравості поля адаптації, граничної контрастної чутливості ока в умовах спостереження, довжини перехідної ділянки від темного до світлого), цей критерій у випадку симетричної функції розсіювання виявляється залежним тільки від довжини перехідної ділянки і роздільної здатності. Останнє пояснює той факт, що «індекс якості» відповідає сприйняттю знакового зображення, оцінюваного як «якісне» [8, 9].

З огляду на всі зазначені обставини, можна, очевидно, вважати, що співвідношення (7) і (8) дають, принаймні, в лінійній системі, досить задовільну відповідність об'єктивних характеристик шрифтового знакового зображення суб'єктивному сприйняттю його якості, оцінюваного за читабельністю тексту.

Оптимальним умовам сприйняття шрифтових буквено-цифрових символів у прямому (темні знаки на світлому тлі) і оберненому (у протилежному випадку) контрасті відповідає, як видно з залежностей (4) і (5), різна відносна товщина штрихів. У силу цього шрифтове знакове зображення повинно формуватися більш тонкими штрихами. Частотний спектр таких штрихів буде менше подібним на спектр періодичного штриха з  $\lambda = 2 \cdot b$ , представляючи собою щось проміжне між спектром останнього й одиночного імпульсу, а оцінка

необхідної смуги пропускання на основі співвідношення (8) може виявитися невірною. З огляду на це, розглянемо передачу зображення типу одиночного штриха:

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } |x| \leq b/2, \\ 0 & \text{при } |x| > b/2. \end{cases} \quad (9)$$

Вихідне зображення буде усеченим оберненим Фур'є-перетворенням [10] від спектральної функції  $f_0(v) = [2 \cdot \sin(\pi \cdot b \cdot v)]/b$  вхідного сигналу, тобто:

$$b = (n \cdot m)/(2 \cdot v_{\max}). \quad (10)$$

При коефіцієнті передачі:

$$K(v) = \begin{cases} 1 & \text{при } |v| \leq v_{\max}, \\ 0 & \text{при } |v| > v_{\max}, \end{cases}$$

форма вихідного сигналу буде функцією меж інтегрування.

Таким чином, для передачі одиночного сигналу з тією ж крутизною переходу від темного до світлого, що й у періодичного з періодом  $\lambda = 2 \cdot b$ , потрібно удвічі більшу смугу частот. При зміні частоти від  $v_{\max} = 1/b$  до  $v_{\max} < 3/(2 \cdot b)$  крутизна фронту одиночного імпульсу буде зростати, періодичний ж сигнал буде передаватися однією гармонікою. При  $v_{\max} = 3/(2 \cdot b)$  вихідне зображення періодичних штрихів буде містити дві гармоніки.

Зіставляючи ці результати з оцінкою зображення за «індексом якості», для максимальної частоти передавання  $v_R$ , яка ототожнюється з роздільною здатністю, можна запропонувати такі оціночні значення:

— для систем з нормальною якістю зображення:

$$v_R \leq 1/b, \quad (11)$$

— для систем, де потрібна підвищена якість зображення:

$$v_R \leq 3/(2 \cdot b). \quad (12)$$

Уведення градацій по нормальній і підвищеній якості зображення доцільно, очевидно, з наступних міркувань. Якщо людина-споживач інформації — може з нею працювати необмежено довго, маючи можливість вчитатися в текст, за необхідності повернутися до прочитаного, то в більшості випадків достатньо, очевидно, значення  $v_R \leq 1/b$ . У системах, призначених для роботи з оперативною, швидко мінливою інформацією в умовах ліміту часу на її перегляд і оцінку доцільно використовувати співвідношення (9).

## 5. Висновки

Отже, для передачі одиночного сигналу з тією ж крутизною переходу від темного до світлого, що й у періодичного з періодом  $\lambda = 2 \cdot b$ , потрібно удвічі більшу смугу частот.

В результаті проведених досліджень з'ясовано, що при зміні частоти від  $v_{\max} = 1/b$  до  $v_{\max} < 3/(2 \cdot b)$  крутизна

фронту одиночного імпульсу буде зростати, періодичний ж сигнал буде передаватися однією гармонікою. При  $v_{\max} = 3/(2 \cdot b)$  вихідне зображення періодичних штрихів буде містити дві гармоніки.

Таким чином, для максимальної частоти передавання  $v_R$ , яка ототожнюється з роздільною здатністю, можна запропонувати такі оціночні значення:  $v_R \leq 1/b$  для систем з нормальною якістю зображення і  $v_R \leq 3/(2 \cdot b)$  для систем, де потрібна підвищена якість зображення.

**Література**

1. Дмитрук, Ж. В. Точність відтворення інформації растровими пристроями виводу [Текст] / Ж. В. Дмитрук, О. В. Ющик, Н. А. Пац // Наукові записки УАД. — Львів, 2003. — Вип. 6. — С. 93–95.
2. Ющик, О. В. Оцінка точності відтворення текстової інформації в системах «комп'ютер-друкарська форма» [Текст]: тези доповідей / О. В. Ющик // Звітна науково-технічна конференція викладачів, наукових співробітників і аспірантів за 1996 рік. — Львів, 1997. — Вип. 3.
3. Антипин, М. В. Интегральная оценка качества телевизионного изображения [Текст] / М. В. Антипин. — Л.: Наука, 1970. — 154 с.
4. О'Нейл, Э. Введение в статистическую оптику [Текст] / Э. О'Нейл; пер. с англ. под ред. П. Ф. Паршина. — М.: Мир, 1968. — 256 с.
5. Gniadek, K. Optyczne przetwarzanie informacji [Text] / K. Gniadek. — PWN, Warszawa, 1992. — 435 p.
6. Техника систем индикации [Текст] / пер. с англ. А. Н. Шеманина; под ред. Н. И. Иванова. — М.: Мир, 1970. — 520 с.
7. Ломов, Б. Ф. Человек и техника [Текст] / Б. Ф. Ломов. — М.: Советское радио, 1960. — 562 с.
8. McCamy, C. S. On the Information in a Microphotograph [Text] / C. S. McCamy // Applied Optics. — 1965. — Vol. 4, № 4. — P. 405–411. doi:10.1364/ao.4.000405

9. Прусс, П. Х. О методах оценки фотографических пленок для микрофильмирования [Текст] / П. Х. Прусс // Журнал научной и прикладной фотографии и кинематографии. — 1970. — Т. 15, № 5. — С. 321–328.
10. Гудмен, Дж. Введение в Фурье-оптику [Текст] / Дж. Гудмен; пер. с англ. под ред. Г. И. Косоурова. — М.: Мир, 1970. — 364 с.

**ОЦЕНИВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАСТРОВЫМИ СКАНИРУЮЩИМИ УСТРОЙСТВАМИ ВЫВОДА**

Любое превращение изображения приводит к его искажению. Поэтому любая система его воспроизведения, обеспечивая минимальные искажения, должна давать в каждом звене преобразование изображения необходимого качества. При этом возникает вопрос, каким должно быть изображение, которое представляется человеку, чтобы оно оценивалось им как качественное?

**Ключевые слова:** изображение, растровые сканирующие устройства вывода, пространственная частота, индекс качества, сигнал.

*Гавриш Богдана Михайлівна, кандидат технічних наук, старший викладач, кафедра технологій додрукарських процесів, Українська академія друкарства, Львів, Україна, e-mail: dana.havrysh@gmail.com.*

*Ющик Олег Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технологій додрукарських процесів, Українська академія друкарства, Львів, Україна.*

*Гавриш Богдана Михайлівна, кандидат технічних наук, старший преподаватель, кафедра технологии допечатных процессов, Украинская академия печати, Львов, Украина.*

*Ющик Олег Владимирович, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологии допечатных процессов, Украинская академия печати, Львов, Украина.*

*Havrysh Bogdana, Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine, e-mail: dana.havrysh@gmail.com.*

*Yushchuk Oleh, Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine*

УДК 628.477 : 519.876.5

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.51182

**Вамболь В. В.,  
Шмандий В. М.,  
Крета Д. Л.**

**МОНИТОРИНГ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ МЕСТ СКОПЛЕНИЯ ОТХОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ**

*В статье анализируется возможность использования широкодоступных данных дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий для выявления несанкционированных мест скопления отходов, анализа их развития и построения рациональных форм управления экологической безопасностью. Результаты показывают, что проблема, связанная с отсутствием методов идентификации элементов, являющихся источниками формирования экологической опасности, еще существует.*

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, отходы, свалка, обнаружение, космические снимки.

**1. Введение**

На сегодняшний день в Украине остро стоит проблема несанкционированных полигонов и свалок различных видов отходов. Одной из причин появления экологически опасных отходов является научно-технический прогресс в создании новых видов материалов. В соответствии с законом Украины «Об отходах» опасные отходы характеризуются как такие, которые имеют физические,

химические, биологические или другие опасные свойства, создающие или могущие создать значительную опасность для окружающей природной среды и здоровья человека и требующие специальных методов и средств обращения с ними. В составе твердых бытовых отходов нередко встречаются опасные отходы. Зброшенні, неправильно спроектовані та неуправляемі свалки відходів знижують рівень екологічної безпеки [1]. Сложность работ по выявлению мест несанк-