

ПРОЦЕСИ: аналіз, моделювання, оптимізація

УДК 655.027

© І. Барановський²¹, М. Луцків¹, Л. Філь¹, Н. Чернозубова¹, 2013

ПОБУДОВА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСТРУВАННЯ ЦИФРОВОГО ЗРАЗКА ТОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ

Розглядається задача визначення і побудови характеристики растрування цифрового зразка тонової шкали при неперервному управлінні розміром растрових елементів.

The problem of definition and construction of the characteristic of rasterizing a digital sample of halftones scale is examined at continuous management in the size of raster elements.

1. ВСТУП

Розробка і впровадження комп'ютерних технологій додрукарської підготовки образотворчої інформації привела до виникнення нових методів цифрового растрування, створення поліграфічних растрових систем з вдосконаленою мікроструктурою носіїв зображення, що підвищує інформаційну ємкість і якісні показники відбитків. При раструванні відбувається перетворення матриці цифрового зображення в геометричний розподіл растрових елементів, наприклад, квадратних чи округлених растрових точок [4, 6].

Нові альтернативні цифрові методи растрування тільки зараз почали впроваджуватися в поліграфію, тому немає належного практичного досвіду їх застосування і оцінки якості растрування на відбитках.

Незалежно від типу растрів і їх конкретної внутрішньої структури, як для традиційних, так і альтернативних методів растрування, основним носієм інформації служать растрові елементи, параметри і властивості, яких вивчені недостатньо, що утруднює подальший аналіз і розвиток процесів растрування та вимагає переосмислення їх дії з позиції сучасних інформаційних технологій.

Отже, поставлена в роботі задача визначення і побудови характеристики растрування при перетворенні цифрового зразка тональної шкали в растрову, спрямована на поглиблене вивчення принципу дії растрового процесора, з метою покращення якості відтворення образотворчої інформації – актуальне практично цінне наукове дослідження.

²¹ Українська академія друкарства

2. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ДАНОЮ ТЕМОЮ

Процес растрівання – важлива ланка додрукарської підготовки об'єкту розподілу інформації. Його суть і засоби реалізації викладені в літературі із до друкарських процесів [1, 6 – 8], де подаються, як правило, тільки фізичні основи та результати експериментальних досліджень процесу. Лише в окремих публікаціях зроблені спроби послідовного математичного опису процесу растрівання на всіх етапах, починаючи від приготування зображень до друкування і закінчуючи виготовленням растрових друкарських форм і самим друком [4, 5, 9].

Методи перетворення неперервних зображень у дискретні (сканування) та їх цифрової обробки [1, 2] набули значного поширення у поліграфічному виробництві. Однак, при цьому існує значне відставання у математичному рівні описання процесу растрівання в поліграфії, порівняно з теорією обробки цифрових зображень, які застосовуються в комп'ютерній графіці. Одна із причин такого відставання – складність просторової дискретизації растрового репродукційного процесу та наявність технологічних впливів різної фізичної природи, що мають місце при лазерному насвітленні світлочутливих пластин, фотохімічних процесах виготовлення друкарських форм та друкарському процесі.

Не давно в поліграфії замість традиційної почали застосовувати принципово нову технологію стохастичного або частотно-модульованого растрівання. При цьому, розмір растрових елементів для всіх півтонових ділянок залишається постійним, а їх кількість точок і відстані між ними змінюється. Дрібні растрові елементи (від 10 до 20 мкм) нерегулярно розміщуються на всій площині елементарної растрової комірки. Чим менший розмір елемента, тим кращі технологічні показники якості репродукції, зокрема, тим вища роздільна здатність і більш плавне і точне відтворення тонів оригіналу.

Останні дослідження довели, що і класичні і альтернативні методи растрівання, внаслідок певних причин, мають ряд властивих недоліків, що диктує виробникові характерні межі їх застосування [2, 4, 11]. Недоліки класичних растрів стосуються в основному утворення муарової картини, що виникає при накладанні фарб автотипного синтезу. Застосування стохастичного растрівання повністю усуває цю проблему, але породжує інші.

Частотно-модульоване растрівання може здійснюватися лише при чіткому дотриманні стандартизації і нормалізації всіх технологічних параметрів на додрукарській стадії і в процесі друку та застосуванні

високоякісних поліграфічних матеріалів, зокрема, фотоплівок, друкарських пластин, фарби й паперу [5, 9, 11].

Незалежно від типу растрування, для підвищення ефективності процесу, необхідно детально вивчати його властивості на всіх етапах технологічного ланцюга і, отже, задача – визначення і побудови характеристики растрування на етапі перетворення цифрового зображення в растрове – важлива й актуальна.

Мета роботи – визначення і побудова характеристики растрування на етапі перетворення цифрового зразка тональної шкали у растрове, за умови неперервного управління розміром растрових елементів, для регулювання відносної площі растрових елементів шкали.

3. МОДЕЛЬ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЦИФРОВОГО ЗРАЗКА ШКАЛИ У РАСТРОВУ

Для надійного забезпечення опису і аналізу відтворення зображення на всіх етапах технологічного процесу необхідно застосовувати об'єктивні засоби вимірювання. Для цього використовуються тональні рівноконтрастні шкали (поліграфічний клин), спеціальні зразки у вигляді каліброваної фотографії на паперовій або плівковій основі. З появою комп'ютерних видавничих систем почали застосовувати також стандартні шкали у цифровому вигляді, які подаються разом з програмами комп'ютерної графіки, як окремі файли.

В роботі поставлено задачу дослідити перетворення цифрового зразка такої тональної шкали в растровий вигляд. Експериментальні дослідження таких перетворень, внаслідок впливу різних технологічних факторів – складні і не точні, тому на цьому етапі розв'язуватимемо поставлену задачу шляхом математичного моделювання.

Схема перетворення цифрового зразка шкали у растрове подана на рис. 1.

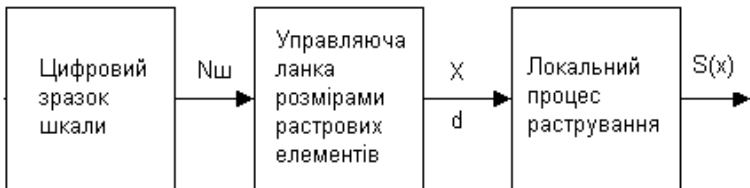


Рис. 1. Схема перетворення цифрового зразка шкали у растровий вигляд

Для побудови характеристики растрування цифрового зразка тональної шкали виділено три ланки. Кожну з них характеризуватимемо функцією передачі, яка описує зв'язок вихідних і вхідних змінних. Дані

поступають у першу ланку, де формується цифровий зразок шкали, а одержані числові значення подаються на вхід другої ланки – пристрою управління геометричними розмірами растрових елементів. Далі дані поступають у третю ланку, де відбувається локальний процес растрівання і виході виводяться значення відносної площі растрових елементів півів шкали.

Для побудови характеристики растрівання цифрового зразка шкали приймаємо такі припущення:

- зразок заданий у цифровій формі у вигляді лінійно наростаючого масиву цілих чисел в межах $[0 - 255]$,
- управляюча ланка здійснює перетворення цифрових даних зразка у неперервну просторову змінну (наприклад, діаметр растрових точок)
- для обробки застосовується фільтр низьких частот,
- розглядається локальний процес перетворення цифрової шкали в растріву, без врахування впливу сусідніх елементів,
- процес растрівання описується одновимірною функцією,
- растровий елемент розміщений в центрі квадрата елементарної комірки і описується відносною площею охоплення,
- не враховуються технологічні впливи і збурення.

Цифровий зразок заміщає тональну шкалу і описується виразом

$$N_{ii} = f_1(D_i), \quad (1)$$

де N_{ii} – лінійно наростаючий масив цілих чисел цифрового зразка шкали,

D_{ii} – оптична густина рівноконтрастної тональної шкали, функція, яка описує цифровий зразок.

За допомогою управляючої ланки здійснюється перетворення цифрових даних зразка у геометричні розміри растрових елементів, його подаємо виразом

$$x = f_2(d_m, N_{ii}), \quad (2)$$

де x – просторова змінна координата растрового елемента,

d_m – максимальне значення просторової змінної растрового елемента і, наприклад, діаметра растрової точки.

Математичну модель локального процесу растрівання, що відповідає прийнятим припущенням подаємо в загальному вигляді

$$S(x) = f_3(d, L, x), \quad (3)$$

де $S(x)$ – відносна площа растрового елемента (вихідна змінна),

d – діаметр растрової точки (управляючий вплив),

L – лініатура растра – основний поліграфічний параметр,

f_3 – нелінійна функція, яка описує локальне растрівне перетворення.

Розв'язання задачі побудови характеристики растрівання цифрового зразка аналітичним методом на основі виразів (1) – (3) з наступ-

ним складанням алгоритму і програми – трудомістке і не ефективне. Простіше цю задачу можна розв’язати за допомогою комп’ютерного симулювання. Для цього на рис.2 подано розроблену блок-схему імітаційної моделі процесу растрівання.

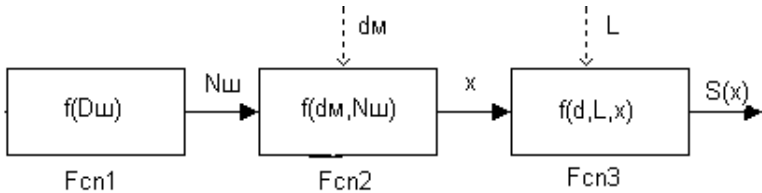


Рис.2. Блок-схема імітаційної моделі процесу растрівання

Блок Fcn1– генерує лінійно наростаючий масив цілих чисел цифрового зразка шкали. Блок Fcn2 імітує управляючу ланку, здійснюючи перетворення цифрових даних у геометричні розміри растрових елементів. У блоці Fcn3 здійснюється обчислення площі растрового елемента для заданих параметрів растрівання.

Для побудови характеристики растрівання цифрового зразка тональної шкали застосовуємо об’єктно-орієнтоване програмування у середовищі Matlab– Simulink [3]. Відповідно до засад моделювання в цьому середовищі, необхідні математичні операції виконуються за допомогою функціональних блоків бібліотек.

Відповідно до схеми рис. 2, розрахунок основних функцій можна реалізувати операційними блоками із бібліотеки Simulink, вибір яких залежить від геометричної форми растрового елемента і прийнятого алгоритму обчислення відносної площі.

Розглянемо приклад визначення характеристики растрівання для растрового елемента круглої форми. На основі геометрії розміщення центру круга у центрі квадрата елементарної комірки, одержимо такий вираз для обчислення відносної площі:

$$S(x) = \frac{\pi x^2 L^2}{4}, \quad \text{якщо } 0 \leq x \leq d_0 \quad (4)$$

$$S(x) = \frac{\pi x^2 L^2}{4} - x^2 L^2 \arctg \sqrt{x^2 L^2 - 1} + \sqrt{x^2 L^2 - 1}, \quad \text{якщо} \\ d_0 \leq x \leq d_m \quad (5)$$

де $d_0 = 1/L$ – діаметр вписаного кола в квадрат растрової комірки,
 $d_m = \sqrt{2d_0}$ – максимальне значення діаметра описаного кола.

За допомогою формули (4) обчислюється відносна площа круглого растрового елемента, що реалізується за умови $0 \leq x \leq d_0$, а за формулою (5) – растрового елемента більш складної форми, що реалізується при умові $d_0 \leq x \leq d_m$.

Подамо опис цифрового зразка тонової шкали лінійною залежністю

$$N_{uu} = 255 \frac{x}{d_m}, \quad 0 \leq x \leq d_m. \quad (6)$$

де 255 – максимальне значення параметру інтенсивності цифрової шкали.

Генеровані дані зразка тонової шкали подаються на вхід цифрового перетворювача управляючого пристрою, який конвертує їх у просторову змінну x , яка визначає геометричний розмір растрового елемента, шляхом зміни діаметра растрової точки, яку подамо виразом

$$x = d_m \frac{N_{uu}}{255}, \quad \text{для } 0 \leq N_{uu} \leq 255 \quad (7)$$

Вирази (4) – (7) в сукупності описують модель тої частини процесу додрукарського приготування зображень до друкування, що відбувається на стадії перетворення цифрового зображення у растрове і включає саме цифрове зображення, управляючу ланку і локальний процес растрування.

На основі схеми рис. 2 та виразів (4) – (7) розроблено схему імітаційної моделі для розрахунку і побудови характеристики растрування цифрового зображення тональної шкали для функціональних блоків бібліотеки Simulink (рис. 3).

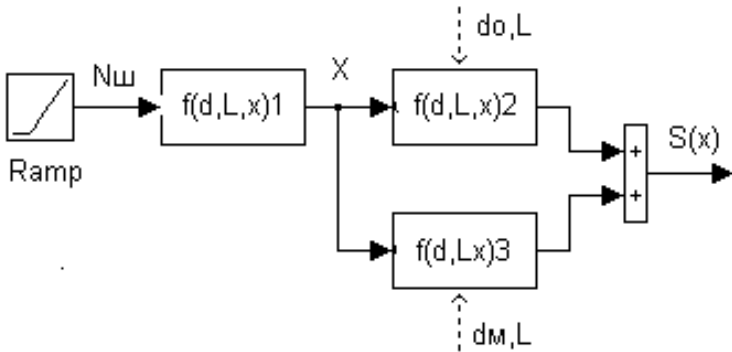


Рис. 3. Схема імітаційної моделі для розрахунку і побудови характеристики растрування цифрового зображення тональної шкали

Блок Ramp імітує цифровий зразок тональної шкали, згідно виразу (6). Управляюча ланка реалізована блоком із бібліотеки Simulink, для чого в діалоговому вікні необхідно записати функцію, подану виразом (7). Безпосереднє обчислення площі відбувається у блоках $f(d,L,x)^2$ та $f(d,L,x)^3$, для чого в діалогових вікнах необхідно записати вирази (4) та (5). Обчислена відносна площа растрового елемента для різних значень діапазонів діаметра подається на вхід суматора, а на його виході одержуються числові значення відносної площі растрових елементів, тобто визначені характеристики растрування цифрового зразка тональної шкали. Для візуалізації результатів обчислень застосуємо операційні блоки.

На основі рис. 3 у вікні Simulink побудовано імітаційну модель для визначення характеристики растрування, яка генерує цифрову шкалу, здійснює її перетворення у геометричні розміри растрових елементів, обчислює відносну площу растрових елементів і будує графік характеристики растрування та інших перетворень.

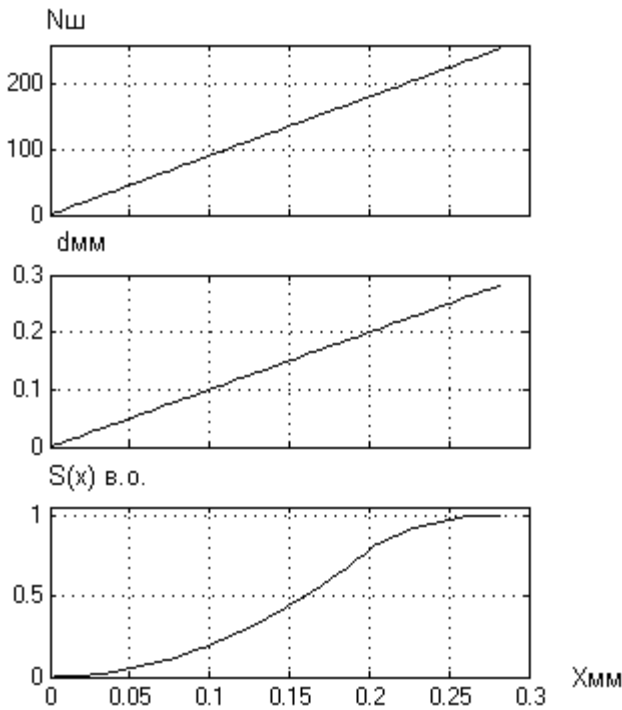


Рис. 4. Графіки перетворення на окремих стадіях і характеристики растрування цифрового зображення тональної шкали

Мета комп'ютерного моделювання – побудувати і проаналізувати характеристики перетворення цифрового зразка тональної шкали в растрів. Для прикладу беремо лінійність растра 50 лін/см. Визначаємо необхідні параметри імітаційної моделі і налагоджуємо модель на задану лінійність і параметри. Результати імітаційного моделювання подані на рис. 4 у вигляді графіків перетворення на окремих стадіях і характеристики растрування цифрового зображення тональної шкали.

Два верхні графіки на рис. 4 – прямі лінії, якими описуються характеристики перетворень геометричних розмірів растрових елементів, що відбуваються на стадіях формування цифрового зразка тональної шкали та управляючої ланки. Факт лінійних перетворень, свідчить про те, що при цьому не вносяться спотворення у процес растрування.

Характеристика растрування на нижньому графіку рис. 4 – нелінійна S – подібна крива з перегином. При малих діаметрах растрової точки її відносна площа зростає за квадратичною залежністю. При збільшенні діаметра відносна площа наростає швидше. Якщо діаметр кола досягає розміру діаметра вписаного в растрову комірку кола, темп наростання відносної площі поступово зменшується і прямує до одиниці.

На основі результатів комп'ютерного моделювання, доходимо висновку, що в цілому перетворення цифрового зразка тональної шкали у растрів має нелінійний характер і тому вносить певні спотворення. Запропоновано оцінювати величину цих спотворень значенням відхилення від теоретичного лінійного перетворення. Для цього задамо лінійне перетворення виразом

$$S_{\text{л}}(N) = S_m \frac{N_{\text{ш}}}{255}, \quad \text{для } 0 \leq N_{\text{ш}} \leq 255, \quad (8)$$

де S_m – максимальне значення відносної площі растрової комірки, яке у нашому прикладі прийнято рівним одиниці.

Відхилення характеристики растрування цифрового зразка тональної шкали від теоретичного подамо виразом

$$S_{\text{л}}(N_{\text{ш}}) = S_{\text{л}}(N_{\text{ш}}) - S(N_{\text{ш}}). \quad (9)$$

Теоретичну лінійну характеристику растрування можна реалізувати, додавши до імітаційної моделі на рис.3 функціональний блок, який генеруватиме лінійну характеристику згідно виразу (8). За виразом (9) визначимо відхилення характеристики растрування за допомогою відповідного блока.

Результати комп'ютерного симулювання відхилення характеристики растрування цифрового зразка від лінійної подано на рис.5

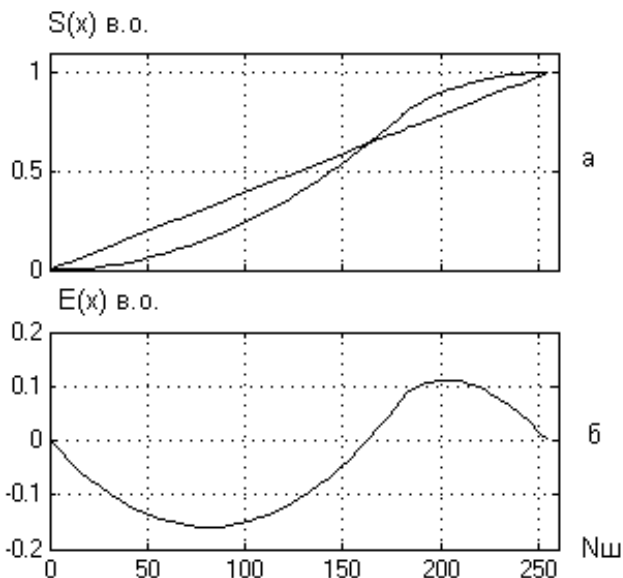


Рис. 5. Графіки характеристики растрівання і відхилення від лінійної залежності

Характеристика растрівання (рис. 5 а) – S-подібна крива. Для порівняння там же подана теоретична лінійна характеристика. Графік відхилення відносної площі від лінійної характеристики подано на рис. 5 б подібний до синуса. Перше значення максимального відхилення становить $-0,159$, а друге $+0,113$ в. о.

Отже, величина і напрям відхилення залежить від діапазону тонопередачі. На світлих і середніх тонах, яким відповідають растрові точки малого діаметра, воно більше, на темних – менше. На основі проведених аналітичних досліджень і результатів комп'ютерного моделювання, робимо висновок про нелінійний характер перетворення цифрових зображень в растрові, що вимагає корекції на цілому інтервалі тонопередачі.

4. ВИСНОВКИ

Впровадження нових технологій приготування цифрових зображень до друкування вимагає поглибленого дослідження різних етапів технологічного процесу, зокрема, стадії перетворення цифрового зображення у растрове. Самими тільки експериментальними методами дослідженнями не можна виявити впливу деяких важливих факторів

процесу, тому необхідно паралельно розвивати математичні методи та імітаційне моделювання.

Розроблено модель процесу перетворення цифрового зразка тональної шкали у растрову, що складається з трьох стадій, відповідно до системи аналітичних виразів.

Побудовано імітаційну модель для розрахунку і побудови характеристики перетворення при раструванні цифрового зразка і подано графіки відхилення її від лінійної.

На основі результатів імітаційного моделювання запропоновано методику розрахунку параметрів відхилення характеристики растрування цифрового зразка тональної шкали від лінійної і встановлено, що для круглої форми растрового елемента це відхилення знаходиться в межах від $-15,9$ до $+11,3$ %.

В процесі растрування цифрового зразка тональної шкали потрібно передбачити корекцію характеристики процесу на усьому інтервалі тонопередачі.

1. Дэвид Блантер. Сканирование и растрование изображений. / Дэвид Блантер. // М.: ЭКОМ. 1999. – 384с. 2. Барановський І. В. Поліграфічна переробка образотворчої інформації. / Барановський І. В., Яхимович Ю. П. // Київ – Львів: ІЗМН. 1998. – 400с. 3. Дяконов В.П. Matlab. ab 6.5 SPI(7), 7 SPI(7) SP2 – Simulink 5/6. Инструменты искусственного интелекта и биоинформатики. / Дяконов В.П., Круглов В.В. // Серия Библиотека профессионала. – М.: Салон – Прес. 2006. – 456с. 4. Кузнецов Ю. В. Технология обработки изобразительной информации. /Кузнецов Ю. В.// – СПб: Издательство “Петербуржский институт печати”. 2002. – 312с. 5. Кузнецов Ю. В. Основы подготовки иллюстраций к печати. /Кузнецов Ю. В.// Растривание: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУП “Мир книги”. 1998. – 174с. 6. Луцків М.М. Цифрові технології друкарства: монографія. /Луцків М.М.// – Львів: УАД. 2012 – 488с. 7. Мельничук С. І. Офсетний друк. Навчальний посібник. Кн.1. Технологія і обладнання до друкарських процесів. /Мельничук С. І., Ярема С. М.// – К.: Укр НДКВД: ХаГар. 2000. – 461 с. 8. Предко Л.С. Проектування до друкарських процесів: Навчальний посібник. /Предко Л.С.// – Львів: УАД. 2009. – 352 с. 9. Селиванов Ю. П. Основы моделирования и оптимального программирования автотипного процесса. /Селиванов Ю. П.// М.: Книга. 1979. – 238с. 10. Стефанишин Н. І., Шовгенюк М. В. Сучасні технології цифрового растрування / Стефанишин Н. І., Шовгенюк М. В.// Комп’ютерні технології друкарства. Зб. наук. праць. 2001. №6. – С.9 – 16. 11. Pere Plate. AGFA: Режим допуску: <http://www.agfa.com.pl/sublime-xm/>.