

УДК 655. 027

## СИНТЕЗ ДИСКРЕТНОГО РАСТРОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ КВАДРАТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НЕРЕГУЛЯРНОЇ СТРУКТУРИ

М. М. Луцків, М. М. Логойда

Українська академія друкарства,  
вул. Підголосько, 19, Львів, 79020, Україна

*Розв'язується задача аналітичного синтезу растрового перетворення для дискретного формування квадратних растрових елементів нерегулярної структури і визначення їх параметрів. Розроблено схему послідовності конфігурації растрових елементів з допомогою модифікованої матриці суміжностей, у якій нумерація елементів відповідає послідовності формування й кількості рівнів сірого кольору.*

**Ключові слова:** дискретне перетворення, растрування, рівень сірого, синтез, лініатура.

**Постановка проблеми.** Перетворення ілюстраційного оригіналу в тиражний відбиток багатоступеневе. Кожна стадія, наприклад, сканування, цифрова обробка зображень, растрування, наświetлення друкарської пластини тощо, має свою характеристику передачі — вона пов'язує вихідні та вхідні значення параметрів. Отож аналізувати задачі практичного здійснення необхідної, бажаної тонопередачі можливо тільки з урахуванням властивостей і характеристик усіх ланок репродукційного процесу [1–3]. Аналіз та якісне відтворення таких початкових стадій перетворення, як сканування і цифрова обробка зображень, забезпечується розвинутими математичними методами цифрової обробки зображень і засобами комп'ютерної графіки [1, 4]. Відтворення опрацьованих цифрових зображень поліграфічними засобами має певні особливості, пов'язані з перетворенням зображення в рівноконтрастний сигнал і його раструванням.

При дискретному растровому перетворенні, як правило, растрові елементи формують із дискретних менших мікроелементів, які наświetлюються вивідним пристроєм. За таких умов площа растрового елемента визначається числом цих мікроелементів, що лінійно виражає коефіцієнт поглинання, відбивання, а не оптичні густини чи світлоти значень рівноконтрастного сигналу [1]. Отже, зв'язок між числом мікроелементів, з яких формуються растрові елементи, та їх площею повинен бути пропорційним. Опрацьоване цифрове зображення, перетворене в рівноконтрастний сигнал найчастіше у форматі PostScript з допомогою растрового процесора (RIP), перетворює сигнал зображення в бітову карту чи матрицю суміжності, яка їй відповідає [1–2]. На проміжній стадії послідовність сигналів зображення перетворюється в послідовність бітових карт чи матриць суміжності, які служать для безпосереднього дискретного управління запишуючим лазерним променем, що наświetлює друкарську пластину, з якої фізико-хімічним способом одержується форма. Бітова карта чи матриця суміжності може бути безпосередньо прив'язана до рівноконтрастного сигналу.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Форма синтезованих растрових елементів повинна забезпечити їх площу при наświetленні на друкарську пластину і передачу з форми на відбиток. Задане значення площі при дискретному формуванні растрового елемента може мати різну форму, від якої значною мірою залежить точність наświetлення пластини і виготовлення форми та її відтворення на растровому відбитку. Традиційні способи растрування висвітлені в літературних джерелах [3–5], де подані фізика формування растрових зображень, їх основні параметри і результати експериментальних досліджень, проведених на різних тестах, за якими оцінюється якість поліграфічного відтворення растрових зображень. Математичні методи аналізу і синтезу дискретного поліграфічного растрового перетворення недостатньо розвинуті, що обмежує можливості аналітичних досліджень.

У статтях [6–7] опрацьовані математичні моделі поліграфічного растрового перетворення за умови аналогового управління геометричними розмірами для елементів квадратної, круглої та ромбічної форм. Побудовано характеристики растрування та проаналізовано їх нелінійність. У публікації [8] побудовано математичну модель дискретного перетворення цифрового зразка й здійснено його аналіз. Отже, існує проблема синтезу дискретного растрового перетворення, обумовлена специфікою дискретного формування растрових елементів необхідної форми, наприклад, квадратної чи круглої, а також методів оцінки впливу форми растрового елемента на точність відтворення площі при його формуванні, наświetленні й передачі з форми на задруковуваний матеріал. Відповідно, актуальною задачею є синтез дискретного растрового перетворення для елементів нерегулярної структури.

**Мета статті.** Синтез растрового перетворення при дискретному формуванні квадратних растрових елементів нерегулярної структури та визначити їх параметри.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Якщо йдеться про точне дискретне формування растрових елементів квадратної форми, кількість рівнів сірого

$$G = \frac{N}{2}, \quad (1)$$

де  $N$  — розмірність растрової сітки (комірки).

Для прикладу припустимо: розмірність растрової комірки  $64 \times 64$ , тоді можна одержати порівняно невелику кількість рівнів сірого (32), що не відповідає нормативним вимогам. Для порівняння кількості рівнів сірого застосовують квадратовидні форми растрових елементів, які ще називають квадратними елементами нерегулярної структури. Максимальна кількість рівнів сірого при формуванні квадратних елементів нерегулярної структури

$$G = N^2. \quad (2)$$

Наприклад, при розмірності комірки  $8 \times 8$  максимальне число градацій сірого становить 64. У літературному джерелі [1] пропонують квадратовидні растрові елементи різної структури, зокрема структури, що складається з чо-

тирьох, шести, восьми і більше окремо розташованих мікроелементів на растровій сітці. Зауважимо, що задане значення площі растрового елемента при дискретному формуванні не залежить від форми елементів і розташування їх на растровій сітці. Однак воно значною мірою впливає на точність формування елементів, наświetлення пластин, виготовлення форми та їх відтворення на растровому відбитку. Отже, форма растрових елементів повинна забезпечувати мінімальні спотворення їх площі у формному й друкарському процесах.

Одним із важливих завдань при синтезі растрового перетворення є визначення лініатури растра і роздільної здатності наświetлювального пристрою, при якому виникає протиріччя, від яких залежить кількість рівнів сірого. Роздільна здатність наświetлювального пристрою зазвичай визначається числом лазерних плямок  $i$ , як правило, становить від 1000 до 2540 точок/дюйм (dpi) або 400–1000 точок/см. Якісний друкарський відбиток з плавним переходом тональності повинен містити приблизно від 100 до 256 рівнів сірого. При дискретному раструванні необхідно визначити розумне співвідношення між лініатурою растра і кількістю рівнів сірого. Відомо, що лініатура растра обернено пропорційна кількості рівнів сірого для заданої роздільної здатності наświetлювального пристрою й визначається виразом [1–2]

$$G = \frac{R^2}{L^2}, \quad (3)$$

де  $R$  — роздільна здатність,  $L$  — лініатура растра. При цьому необхідно додати ще один рівень сірого паперу. Отже, чим вища лініатура растра, тим менше число рівнів сірого, яке можна одержати при заданій роздільності, — виникають обмеження в числі рівнів сірого. На фізичному плані обмеження кількості рівнів сірого обумовлені діаметром лазерної плямки, яка для заданого наświetлювального пристрою є сталою. Розділивши 1 см (10 000 мкм) на кількість точок/см, одержимо діаметр однієї з них. Наприклад, точка наświetлювача роздільністю 1000 точок/см складає 10 мкм, а з роздільністю 400 точок/см — 25 мкм.

За виразом (3) визначена і подана на рис. 1 графічна залежність між лініатурою растра та числом рівнів сірого для сталої роздільної здатності 1250 точок/см.

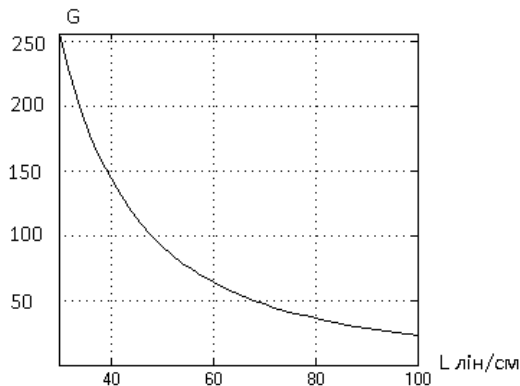


Рис. 1. Графічна залежність числа рівнів сірого від лініатури растра

Для лініатури  $L = 30$  лін/см число рівнів сірого становить 256. При підвищенні її число рівнів сірого спадає і при лініатурі 40 лін/см становить 144 рівні. Якщо лініатура зростає до 60 лін/см, число рівнів сірого зменшується до 64 та не повною мірою відповідає нормативним вимогам до якісної продукції. Грунтовніші результати обчислень подано нижче.

На рис. 2 відтворено графічні залежності числа рівнів сірого від лініатури для роздільної здатності наświetлювального пристрою 2540, 1800, 1200, 1000 точок/дюйм.

За даними рисунка доходимо висновку, що зі зменшенням лініатури растра підвищується кількість рівнів сірого для заданої роздільної здатності наświetлювального пристрою. Припустимо, що наświetлюємо на вивідному пристрої зображення лініатурою 60 лін/см і роздільною здатністю 2500 точок/дюйм. Кількість рівнів сірого за таких умов становить 300. Якщо лініатура 50 лін/см, кількість рівнів сірого, відповідно, 400. Повніші результати обчислень подано в табл. 1.

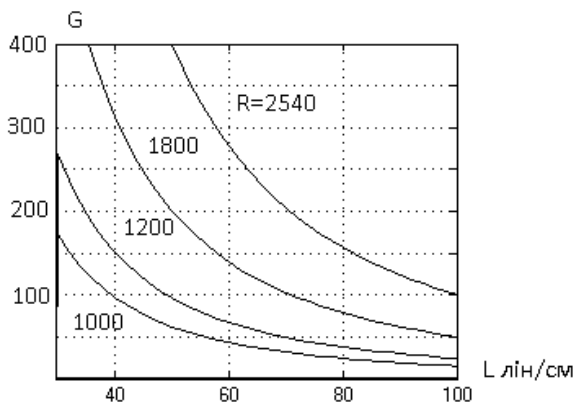


Рис. 2. Графічні залежності числа рівнів сірого від лініатури растра для різних значень роздільної здатності

Таблиця 1

**Залежність числа рівнів сірого від лініатури растра для сталих значень роздільної здатності наświetлювального пристрою**

Роздільна здатність R точок/дюйм	Діаметр плями d мкм	Кількість рівнів сірого G для лініатури L лін/см					
		30	40	50	60	80	100
2500	10	1110	650	400	292	172	100
1800	14	556	326	200	148	86	50
1200	20	268	158	96	70	40	24
1000	25	172	100	62	45	26	16

Отже, при низьких лініатурах растрування (30–40 лін/см) число рівнів сірого у декілька разів більше, ніж при високих лініатурах (80–100 лін/см). Наприклад, навіть при середній роздільній здатності 1800 точок/дюйм на низьких лініатурах кількість рівнів сірого сягає 500–300. Чи можливо, однак, на практиці одержати стільки рівнів сірого? Мова PostScript дозволяє створювати не

більше 256 рівнів сірого — все, що перевищує це число, видаляється [1, 4, 9]. Окрім того, друкарські машини зазвичай не можуть відтворювати більше 256 рівнів сірого. Разом із тим деякі спеціалісти вважають, що друкарські машини спроможні створювати приблизно 100 рівнів сірого. Відповідно, для практичних цілей достатньо застосовувати 256 рівнів сірого. Водночас із досвіду відомо, що для простої книжкової й журнальної продукції реально потрібно від 100 до 150 рівнів сірого, або навіть менше [1, 4, 10].

Окрім розглянутих параметрів лініатури растрування і роздільної здатності, важливим технічним параметром є діаметр лазерного променя (експонувальної лазерної плямки), який визначається за роздільною здатністю насвітлювального пристрою

$$d = \frac{1}{R} \text{ дюйм.} \quad (4)$$

Для зручності аналізу діаметр плямки подається у мікронах

$$d = \frac{25400}{R} \text{ мкм.} \quad (5)$$

Зазвичай визначений діаметр плямки заокруглюється до найближчого цілого числа. Отже, при виборі роздільної здатності насвітлювального пристрою їй відповідає діаметр лазерної плямки, поданий у табл. 2, наприклад 10, 20, 30 мкм. Натомість задана лініатура, з якою здійснюватиметься растрування зображення, відповідає геометричним розмірам растрової комірки (растрового квадрата)

$$a = \frac{10000}{L} \text{ мкм,} \quad (6)$$

де  $a$  — сторона растрової комірки, якщо лініатура у лін/см.

При паралельному насвітленні рядків растрової комірки розміром  $a$  лазерною плямкою діаметром  $d$  число насвітлених рядків у комірці

$$r = \frac{a}{d}. \quad (7)$$

Якщо біжучу експонуючу плямку діаметром  $d$  можна увімкнути (відхилити) тільки один раз за час її переміщення на віддаль, рівну її розміру, то в растровій комірці розміром  $a \times a$  можливо насвітлити  $r \times r$  мікроелементів, тобто  $r^2$  рівнів площ, які відповідають кількості рівнів сірого,

$$G = r^2. \quad (8)$$

Наприклад, якщо діаметр експонувальної плямки  $d = 20$  мкм, при лініатурі  $L = 50$  лін/см ( $a = 200$  мкм) можна насвітлити 10 рядків та реалізувати до ста ( $10 \times 10$ ) рівнів площ растрових елементів.

На основі запропонованих параметрів у табл. 2 подані результати їх обчислень для заданих діаметрів лазерної плямки й лініатури растрів, які найчастіше застосовуються в офсеті.

Таблиця 2

**Залежність кількості насвітлених рядків і рівнів сірого від лініатури растра для сталих значень діаметрів лазерної плямки**

Діаметр лазерної плямки $d$ мкм	Лініатура $L$ лін/см	30	34	40	48	54	60
	Сторона комірки $a$ мкм	330	290	250	200	180	120
Параметри							
10	$r$	34	30	25	20	18	12
	$G$	1156	900	625	400	324	144
15	$r$	22	20	16	14	12	8
	$G$	484	400	256	188	144	64
20	$r$	16	14	12	10	9	6
	$G$	256	188	144	100	81	36

Отже, навіть при низькій лініатурі растра (30–34 лін/см) число рівнів сірого змінюється майже у п'ять разів (з 1000 до 200), тож не може бути відтворене офсетною друкарською машиною. Натомість при підвищенні лініатури до 60 лін/см число рівнів сірого зменшується майже на порядок (120–36) і не сповна відповідає технологічним вимогам.

Традиційно лініатуру растра для того чи іншого типу роботи вибирають експериментальним шляхом із обмеженого ряду значень, поданого у табл. 2, що визначено свого часу номенклатурою проєкційних растрів. На сьогодні не існує достатньо обґрунтованого способу чи методики вибору роздільної здатності насвітлювального пристрою для заданого типу роботи. З підвищенням лініатури покращується чіткість і різкість зображення та зменшується помітність растра [1, 3], однак знижується число відтворених градацій, які визначаються кількістю рівнів сірого і плавністю тонопередачі. Щоб збільшити число градацій, необхідно зменшити діаметр растрової плямки до 10–5 мкм (див. табл. 1). Проте зменшення мінімальних розмірів растрової точки обмежується передусім сортом паперу та можливостями формного і друкарського процесів.

Діаметр мінімального друкувального елемента для різної лініатури при єдиному значенні його відносної площі 4% рекомендовано ISO 12647 (1996): для газет ( $L = 20$ – $40$  мкм) розмір мінімального діаметра (50–43 мкм); журналів ( $L = 50$ – $60$  лін/см — (35–28 мкм); якісний комерційний друк ( $L = 70$ – $80$  мкм) становить (23–28 мкм). Отже, рекомендації ISO щодо вибору мінімального діаметра друкувальних і прогалінних елементів значною мірою звужують інтервал тонопередачі від 4 до 96%, що необхідно враховувати при синтезі дискретного растрового перетворення.

Таким чином, при синтезі дискретного растрового перетворення для квадратних растрових елементів нерегулярної структури при його формуванні послідовністю рядків мікросмужок приймаємо припущення: поліграфічне рас-

трове перетворення є просторовим двовимірним перетворенням; наświetлення растрового елемента здійснюється біжучою лазерною плямкою заданого діаметра у вигляді послідовності рядків та існує нерегулярне розташування смужок у рядках, які неперервні; растрова комірка має задану розмірність і включає ціле число рядків; елемент розміщується в центрі комірки й розташовується симетрично відносно осей. Результатом растрового перетворення виступає елемент квадратоподібної форми.

На основі викладеного для синтезу дискретного растрового перетворення квадратних елементів нерегулярної структури розроблено схему послідовності конфігурації растрових елементів з допомогою модифікованої матриці суміжностей, у якій нумерація елементів відповідає послідовності формування та кількості рівнів сірого кольору. На рис. 3 подано приклад схеми послідовності конфігурації рядків для растрової комірки розмірністю  $8 \times 8$ .

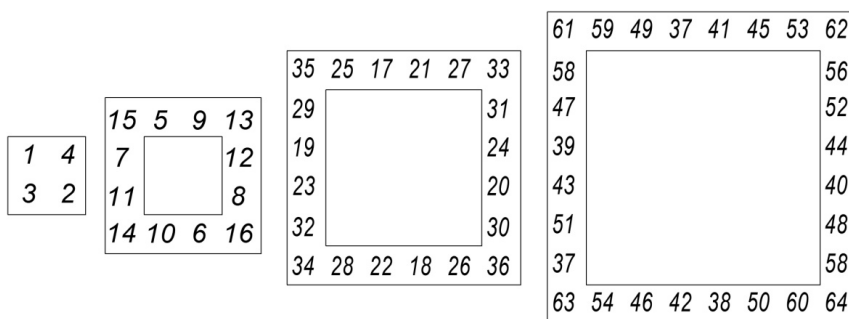


Рис. 3. Схема послідовності конфігурації рядків для растрової комірки

**Висновки.** Залежно від яскравості зображення тони можуть бути відтворені чотирма градаціями оптичної густини, яким відповідають растрові мікроелементи 1, 2, 3, 4. Світлі тони можна відтворити 12-ма градаціями оптичної густини, яким відповідають растрові мікроелементи 5, 6, 7, ... 16. Градації середніх тонів відтворюють мікроелементи 17, 18, 19, ... 36, а сірі тони й тіні — мікроелементи 37, 38, 39, ... 64. У растровій комірці розмірністю  $8 \times 8$  тільки чотири елементи правильної квадратної форми, інші мають форму нерегулярну квадратну.

Таким чином, запропоновано синтез дискретного растрового перетворення для квадратних елементів нерегулярної структури з неперервним формуванням рядків і частковою симетрією, що зменшує спотворення на стадії виготовлення форми та при друкуванні, сприяє підвищенню якості книжкової й журнальної продукції.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кузнецов Ю. В. Технология обработки изобразительной информации / Ю. В. Кузнецов. — СПб. : Петерб. ин-т печати, 2002. — 312 с.
2. Луцків М. М. Цифрові технології друкарства : моногр. / М. М. Луцків. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2012. — 488 с.
3. Барановський І. В. Поліграфічна переробка образотворчої інформації / І. В. Барановський, Ю. П. Яхимович. — К.-Л. : ІЗНН, 1999. — 400 с.

4. Блатнер Д. Сканирование и растривание изображений / Блатнер Д., Флейман Г., Рот С. — М. : ЭКОМ, 1999. — 400 с.
5. Ковальський Б. Дослідження градаційних характеристик фотоформ растрового зображення з модульованою частотою / Ковальський Б., Писанчин Н., Шовгенюк М. // Комп'ютерні технології друкарства : зб. наук. пр. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2005. — С. 241–243.
6. Барановський І. В. Побудова і аналіз характеристик растрування / Барановський І. В., Луцків М. М., Філь Л. В., Чернозубова Г. А. // Наукові записки [Українська академія друкарства] : наук.-техн. зб. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2013. — № 3 (44). — С. 102–110.
7. Філь Л. В. Аналіз нелінійності характеристики растрування для елемента квадратної форми / Л. В. Філь // Кваліологія книги : зб. наук. праць. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2013. — № 1 (23). — С. 21–28.
8. Барановський І. В. Побудова характеристики растрування цифрового зразка тональної шкали / Барановський І. В., Луцків М. М., Філь Л. В., Чернозубова Г. А. // Комп'ютерні технології друкарства : зб. наук. пр. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2013. — № 29. — С. 176–184.
9. Донни О'Квин. Допечатная подготовка. Руководство дизайнера / Донни О'Квин. — М., СПб., К. : Вильямс, 2001. — 592 с.
10. Мельничук С. І. Офсетний друк : навч. посіб. — Кн. 1 : Технологія і обладнання додрукарських процесів / С. І. Мельничук, С. М. Ярема. — К. : УкрНДІСВД : ХаГар, 2000. — 406 с.

#### REFERENCES

1. Kuznetsov Yu. V. (2002), Technology of image information procession, Petersburg Institute of Printing Press, Saint Petersburg.
2. Lutskiv M. M. (2012), Digital technologies of monograph printing, UAP Press, Lviv.
3. Baranov's'kyj I. V., Yahymovych Yu. P. (1999), Polygraphic procession of image information, IZNN, Kyiv.
4. Blatner D., Flejman G., Rot S. (1999), Scanning and square dots process of the image, JeKOM, Moscow.
5. Koval's'kyj B., Pysanchyn N., Shovgenjuk M. (2005), Research on gradational characteristics of photoforms of the square dots image with a modulated frequency, Computer technologies of printing, pp. 241–243.
6. Baranov's'kyj I. V., Lutskiv M. M., Fil L. V', Chornozubova G. A. (2013), Structure and analysis of square dots characteristics, Scientific papers [Ukrainian Academy of Printing], №. 3 (44), pp. 102–110.
7. Fil' L. (2013), Analysis of the square dots characteristic non-linearity for a square form elementr, Qualiology of a book, No.1 (23), pp. 21–28.
8. Baranov's'kyj I. V., Lutskiv M. M., Fil' L. V., Chornozubova G. A. (2013), Structure of the square dots characteristic of the tone scale digital sample, Computer technologies of printing, №. 29, pp. 176–184.
9. Donni O'Kvin (2001), Preprinting preparation. Designer's guide, Williams, Moscow.
10. Mel'nychuk S. I., Yarema S. M. (2000), Offset printing: a manual, Vol.1, KhaGar, Kyiv.



**SYNTHESIS OF THE DISCRETE RASTER CONVERSION  
FOR IRREGULAR FRAMES SQUARE ELEMENTS**

M. M. Lutskiv, M. M. Logoyda  
*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pidholosko St., Lviv, 79020, Ukraine  
Logoyda47@ukr.net*

*The task of the raster analytical synthesis converting for discrete square screen elements of irregular patterns forming and their parameters determining has been considered. The sequence configuration screen elements scheme with the modified adjacency matrix of the element numbering corresponding to the gray level formation and quantity has been elaborated.*

**Keywords:** *discrete transformation, screening, gray level, synthesis, screen.*

*Стаття надійшла до редакції 28.11.2014.*

*Received 28.11.2014.*