

**АЛГОРИТМИ: системи, аналіз, оптимізація,  
моделі і моделювання, верифікація, алгоритмічні мови,  
програмування, системи та прикладне  
програмне забезпечення**

УДК 655.218:778.182+655.027

© М. Луцків <sup>1</sup>, М. Логойда <sup>1</sup>, 2014

**ТОЧНІСТЬ ВІДТВОРЕННЯ ПЛОЩІ КРУГЛОГО РАСТРОВОГО  
ЕЛЕМЕНТА, СФОРМОВАНОГО ПОСЛІДОВНІСТЮ РЯДКІВ**

*Розглядається задача визначення точності відтворення площі  
округлого растрового елемента, сформованого із послідовності рядків  
різної довжини.*

*The task of determination of exactness of area reproduction of circular  
dots formed by different line lengths sequence considers.*

1. ФОРМУВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Для об'єктивної оцінки якості зображень у репродукціях, відбитку або на проміжних носіях при підготовці фотоформ та друкарських форм застосовують кількісні оцінки і кількісні характеристики, які перевірені практикою. Сьогодні кожний елемент зображення чи піксель в комп'ютері, на оригіналі чи репродукції, на фотоформі чи друкарській формі, може бути описаний яскравістю, кольорним тоном, оптичною густиною, а зображення в цілому – інтервалом оптичних густин, контрастом, світлотою, чіткістю, різкістю, кольорними характеристиками у різних моделях кольорів [ 3, 4, 6, 10 ]. Щоб досягнути високої якості продукції слід враховувати і аналізувати кожну технологічну операцію на всіх етапах. Досвід використання проміжних операцій – виготовлення фотоформ має особливе значення для якості продукції, а також у формних і друкарських процесах. Застосування технологій цифрової обробки зображень спростило і прискорило їх приготування до наświetлення, але не усунуло вплив різних факторів, які впливають на якість виготовлення форм, а відтак на якість готової продукції [1, 2, 4, 6, 7, 8].

Растрування є важливим етапом додрукарської підготовки зображень до виготовлення друкарських форм, які забезпечують тиражування якісних растрових відбитків. Сучасні комп'ютерні видавничі системи широко застосовують інформаційні технології

---

<sup>1</sup> Українська Академія Друкарства

цифрового растрування і лазерного наświetлення пластин. Зокрема, технологія CtP забезпечує цифрову обробку і дискретне формування растрових елементів зображення і прямий запис даних для прямого лазерного наświetлення формних пластин. На основі сучасних методів цифрової обробки зображень розроблено цифрові технології, які дозволяють формувати растрові елементи різноманітної форми і величини [9, 10, 11, 12].

У кінці минулого століття розроблені нові, альтернативні методи растрування. Зокрема, частотні растри, гібридні растри, стохастичне растрування та інші [8, 4]. Основна їх перевага – відсутність явища муару і розеток, що є важливе для колірної репродукції. Недолік – значне розтискування растрових точок, обумовлене зменшенням розмірів растрових точок, необхідних для реалізації альтернативних способів растрування. Для впровадження альтернативних методів растрування необхідно забезпечити жорсткі вимоги стандартизації і нормалізації технологій, матеріалів і устаткування на усіх етапах приготування до друкування та друку [4, 6, 12].

Труднощі впровадження альтернативних методів растрування значною мірою обмежують їх широке промислове застосування. Тому актуальною проблемою є вдосконалення сучасних цифрових методів растрування, для чого необхідно розвивати дослідження параметрів і властивостей дискретного растрування. Отже, актуальною задачею є визначення точності відтворення площі круглого растрового елемента, сформованого із послідовності рядків різної довжини.

## 2. АНАЛІЗ НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ

Зазвичай, під час приготування зображення до растрування в системі CtP, оператор чи технолог може вибрати і задати такі основні параметри: лініатуру растру, кут нахилу і форму растрового елемента [4, 6]. Лініатура растра – найважливіший інформаційний параметр друкованої ілюстрації. З ростом лініатури покращується чіткість і різкість зображення. Однак при цьому знижується число відтворюваних градацій і плавність тонопередачі. Існують стандартні рекомендації (ISO – 12647, 1996р.) вибору лініатури для різних видів друкованої продукції (газети, журнали, комерційний друк) [6, 8]. Однак, в наслідок багатоваріантності системи папір – фарба – машина, стандартні рекомендації вибору лініатури не завжди є найкращими. Вибір форми растрового елемента є більш проблематичним ніж лініатури. При дискретному формуванні растрового елемента його форма значною мірою відрізняється від форми традиційних для поліграфії канонічних форм (квадрата, кола, еліпса чи інших).

Опис форми растрового елемента при цифровому раструванні подають растровою матрицею, або сукупно алфавітом мікроелементів (набором бітових карт) [8]. На основі цих даних RIP формує дискретне управління у системі СтР насвітлення fotocутливих друкарських пластин з яких одержують друкарську форму. В доступних літературних джерелах відсутній кількісний аналіз якості дискретного відтворення форми і величини площі растрового елемента, як основного інформативного параметра дискретного растрування. Саме форма і площа растрових елементів повинні забезпечувати їх однозначне відтворення на друкарську пластину в копіювальному процесі та друкуванні, і мінімальні спотворення на усіх етапах [1, 2].

Метою роботи є визначення і аналіз точності площі, як основного інформаційного параметра дискретного растрового перетворення, для круглого растрового елемента сформованого із послідовності рядків різної довжини у растровій комірці заданої розмірності.

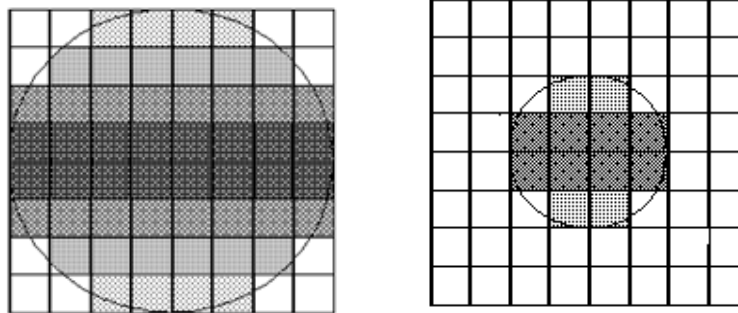
### 3. ОСНОВНА ЧАСТИНА

У більшості сучасних систем СтР насвітлення друкарських пластин здійснюється лазерним променем. Для прикладу у площинній розгортці використовують обертове шестигранне дзеркало, яке проектує світловий промінь на фото чутливу пластину, закріплену до плоского стола. Рядкова розгортка під час запису зображення по осі  $x$  здійснюється лінійно – растровим способом. Розгортка за кадром ( по осі  $y$ ) здійснюється від крокового двигуна, який переміщає оптичну головку на один крок[8, 10].

Лазерно-оптична система призначена для модуляції лазерного променя, який формує на fotocутливій пластині рухому плямку розміром декількох десятків мікрон [10]. Розгортка зображення за рядками відбувається біжучим променем, який управляється RIP, від якого надходить інформація у вигляді чисел 1 або 0 які перетворюються на електричні сигнали і подаються на дифектор (модулятор). Управління полягає у пропусканні лазерного променя на fotocутливу пластину, або в його відхиленні. Отже, запис (формування) растрового елемента в межах растрової комірки здійснюється лінійним переміщенням лазерної плямки, тобто лінійним растром. Довжина насвітленої лінії на пластині залежить від часу включення променя. Запис растрового елемента здійснюється паралельним насвітленням декількома променями, внаслідок чого на fotocутливому шарі пластини формується декілька скритих рядків різної довжини, із яких після виготовлення друкарської форми,

створюється растровий друкувальний елемент заданих розмірів і форми.

На рис.1 подана схема дискретного формування растрових елементів круглої форми за допомогою паралельних рядків (смужок) різної довжини, для растрової комірки розмірністю  $8 \times 8$ .



*a*

*б*

*Рис. 1* Схема дискретного формування растрових елементів круглої форми: *a* – для радіуса 2 до, *б* – для радіуса 4 до

На рис.1 *a* растровий елемент сформований за допомогою чотирьох рядків, довжиною двох і чотирьох дискретних одиниць. Натомість наступний растровий елемент сформований із восьми рядків (рис. 1 *б*): із двох рядків довжиною чотири і шість дискретних одиниць і чотирьох рядків довжиною вісім дискретних одиниць. Для наочності на схемі додатково подано коло, а рядки заштриховано. Сформовані із рядків растрові елементи наближено відтворюють круглі форми.

Для визначення точності відтворення площі круглого растрового елемента, сформованого послідовністю рядків різної довжини у растровій комірці, приймаємо наступні припущення: поліграфічне растрове перетворення є просторовою двовимірною дискретизацією, носієм тональності у растровому зображенні є площа растрового елемента, формування растрового елемента здійснюється послідовністю рядків (смужок) різної довжини, існує регулярне симетричне розташування послідовності рядків по двох координатах, растрова комірка містить ціле число смужок.

Для зручності аналізу, за одиницю вимірювання площі приймаємо площу елементарного рядка одиничних розмірів  $1 \times 1$ , який відповідає кроку сітки растрової комірки. Тоді незалежно від місця розташування елементарного рядка одиничних розмірів дискретне значення її площі

$$S_{ij}^* = 1_{\text{доп}}, \quad (1)$$

де  $\text{доп}$  - дискретне одиничне вимірювання площі, зірочкою позначається дискретне значення площі одного елементарного рядка.

За схемою рис.1 визначимо довжини відрізків рядків мікросмужок, які подамо таким чином

$$w_1, w_2, w_3, \dots, w_n, \quad (2)$$

де  $n$  - кількість рядків із яких формуються растрові елементи комірки.

Зауважимо, що окремі довжини відрізків (2) для окремих рядків можуть приймати нульові значення залежно від розмірів растрового елемента і розмірності растрової комірки. Якщо розмірність растрової комірки має одиничні розміри по осі  $x$  та  $y$  ( $n \times n$ ), тоді площа смужки для довільного рядка

$$S_i = w_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (3)$$

За таких умов, загальна площа растрового елемента при її відтворенні послідовністю рядків смужок дорівнюватиме сумі площ рядків

$$S = \sum_{i=1}^n S_i = \sum_{i=1}^n w_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (4)$$

Для прикладу, у табл. 1 подані результати визначення площі растрового елемента сформованого за допомогою рядків мікросмужок для растрового елемента круглої форми радіусом  $R=4$  і растрової комірки розмірністю  $8 \times 8$ .

Таблиця 1

Результати визначення площі при дискретному формуванні растрового елемента круглої форми для радіуса  $R=4$  і растрової комірки розмірністю  $8 \times 8$ .

Послідовність рядків, $n$	1	2	3	4	5	6	7	8
Площа рядка $S_i, \text{доп}$	4	6	8	8	8	8	6	4
Загальна площа $S, \text{доп}$	52							

В таблиці подані дані площ рядків смужок для послідовності рядків і сумарна площа растрового елемента. Окрім цього за таблицею чітко простежується симетричність форми растрового елемента.

Формування смужок растрового елемента здійснюється розгортанням за рядками, і за допомогою біжучого лазерного променя. Управління довжиною рядка здійснюється способом виключення і наступного відхилення променя. За таких умов розгортки, точність довжини сформованого таким чином рядка визначається абсолютною похибкою, яка може знаходитись в межах одного розряду растрової сітки комірки

$$0 \leq \Delta S_i \leq 1, \quad (5)$$

де максимальне значення  $\Delta S$  відповідає площі елементарного рядка одиничних розмірів  $1 \times 1$  і не залежить від довжини рядка.

Зазвичай при рядковій розгортці здійснюється синхронізація рядка від давача початку розгортки. За таких умов похибка відтворення довжини відрізка рядка становить половину розряду сітки комірки

$$\Delta S_i = 0,5 \text{ доп.} \quad (6)$$

За виразом (4) визначимо загальну площу растрового елемента при її формуванні послідовністю рядків смужок з врахуванням похибок

$$S_e = S_1 + \Delta S_1 + S_2 + \Delta S_2 + S_3 + \Delta S_3 + \dots + S_n + \Delta S_n. \quad (7)$$

Звідси абсолютна похибка за площею растрового елемента, сформованого із послідовності рядків

$$\Delta S = \sum_{i=1}^n \Delta S_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (8)$$

де  $n$  - число рядків із яких сформований растровий елемент.

Припустивши, що абсолютна похибка відтворення кожного рядка (6) є однаковою, одержимо граничне значення абсолютної похибки за площею растрового елемента, сформованого із послідовності рядків (8), матиме вигляд

$$\Delta S_e = 0,5 \times n \text{ доп.} \quad (9)$$

Отже, із збільшенням кількості рядків у растровому елементі абсолютна похибка за площею накопичується. Максимальне значення абсолютної похибки за площею настає при повному заповненні растрової комірки рядками і становить

$$\Delta S_{\text{макс}} = 0,5 N \text{ доп.}, \quad (10)$$

де  $N$  - число рядків, яке відповідає розмірності растрової комірки.

Отож, максимальне значення абсолютної похибки за площею пропорційне розмірності растрової комірки. Збільшення абсолютної похибки при підвищенні розмірності растрової комірки обумовлене

зростанням числа рядків і неточністю довжин відрізків смужок із яких формується растровий елемент і растрова комірка.

Наступною важливою оцінкою точності відтворення площі растрового елемента, сформованого із послідовності рядків є відносна похибка за площею, яку подають в процентах. Якщо відома абсолютна похибка (8), тоді відносна похибка за площею растрового елемента

$$\delta S = \frac{100}{S} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta S_i \%, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (11)$$

де  $S$  - площа сформованого елемента із послідовності рядків.

Зазвичай у поліграфії послуговуються приведеною похибкою за площею растрового елемента

$$\delta S_{II} = \frac{100}{S_k} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta S_i \%, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (12)$$

де  $S_k$  - площа растрової комірки у якій сформований растровий елемент.

Максимальне значення приведеної похибки за площею наступить при повному заповненні растрової комірки рядками, становить

$$\delta S_{I\text{мак}} = \frac{0,5}{N} 100\%. \quad (13)$$

Отже, максимальне значення приведеної похибки за площею обернено пропорційне розмірності растрової комірки. Растрові комірки високої розмірності забезпечують більш точне формування растрових елементів за площею.

Таблиця 2

Результати розрахунку похибок за площею при дискретному формуванні растрових елементів круглої форми для радіусів  $R_n = 1, 2, 3, 4$  у растровій комірниці  $8 \times 8$

Послідовність рядків n	Площа рядків $S_i$ , <i>дон</i> для радіусів кола $R = 1, 2, 3, 4$			
	4	3	2	1
1	4			
2	6	4		
3	8	4	2	
4	8	6	4	2
5	8	6	4	2
6	8	4	2	
7	6	4		
8	4			

Площа елемента $S, \text{доп}$	52	28	12	4
Абсолютна похибка $\Delta S, \text{доп}$	4	3	2	1
Відносна похибка $\delta S, \%$	7,692	10,71	16,67	25
Приведена похибка $\delta S_{II}, \%$	6,25	4,688	3,125	1,563

На основі викладеного, здійснено розрахунок похибок за площею при дискретному формуванні растрових елементів круглої форми (рис. 1), для радіусів  $R_n = 1, 2, 3, 4$ , розміщених у растровій комірці розміром  $8 \times 8$ , результати яких подано у таблиці 2.

Із таблиці доходимо висновку, що найбільша абсолютна похибка за площею растрового елемента є при радіусі  $R=4$  і становить  $4 \text{ доп}$ . Натомість найменша при радіусі  $R=1$  і становить  $1 \text{ доп}$ . Найбільша відносна похибка є при радіусі  $R=1$  становить  $25\%$ , що не відповідає нормативним вимогам до якості книжкової і журнальної продукції. Найбільша приведена похибка є при радіусі  $R_n=4$  і становить  $6,25\%$ , натомість при найменшому радіусі –  $1,563\%$ .

Для порівняння у табл. 3 подані результати розрахунків похибок за площею при дискретному формуванні растрових елементів круглої форми для радіусів  $R_n=1, 2, 3, \dots, 8$ , розміщених у растровій комірці розмірністю  $16 \times 16$ .

Порівнюючи результати по даних у табл. 2 та 3, доходимо висновку, що при підвищенні розмірності растрової комірки із  $8 \times 8$  до  $16 \times 16$ , при збільшенні радіуса абсолютна похибка за площею растрового елемента зростає від  $1$  до  $8 \text{ доп}$ . Натомість, відбувається зменшення відносної похибка із  $25$  до  $3,922 \%$ . Однак, приведена похибка збільшується від  $0,391$  до  $3,125 \%$ . Отже при розмірності растрової комірки  $16 \times 16$  приведена похибка за площею растрового елемента круглої форми, сформованої із послідовності рядків відповідає нормативним вимогам до якості книжкової і журнальної продукції.



Таблиця 3

Результати розрахунку похибок за площею при дискретному формуванні растрових елементів круглої форми для радіусів  $R_n=1,2,3,\dots,8$ , розміщених у растровій комірці розмірністю  $16 \times 16$

Послідовність рядків $n$	Площа рядків $S_i$ , <i>дон</i> для радіусів кола $R=1,2,3,\dots,8$							
	8	7	6	5	4	3	2	1
1	4							
2	10	4						
3	12	8	4					
4	14	10	8	4				
5	14	12	10	8	4			
6	16	14	10	8	6	4		
7	16	14	12	10	8	4	2	
8	16	14	12	10	8	6	4	2
9	16	14	12	10	8	6	4	2
10	16	14	12	10	8	4	2	
11	16	14	10	8	6	4		
12	14	12	10	8	4			
13	14	10	8	4				
14	12	8	4					
15	10	4						
16	4							
Площа елемента $S$ , <i>дон</i>	204	152	112	80	52	28	12	4
Абсолютна похибка $\Delta S$ , <i>дон</i>	8	7	6	5	4	3	2	1
Відносна похибка $\delta S$ , %	3,922	4,605	6,357	6,25	7,692	10,71	16,67	25
Приведена похибка $\delta S_{II}$ , %	3,125	2,734	2,344	1,953	1,563	1,172	0,713	0,391

#### 4. ВИСНОВКИ

1. Визначені похибки за площею дискретного відтворення растрових елементів круглої форми, сформованих із послідовності рядків різної довжини, за умови, що абсолютна похибка довжини рядків становить половину розряду сітки комірки.

2. Встановлено, що для розмірності растрової комірки 16×16 при збільшенні радіуса елемента абсолютна похибка за площею зростає від 1 до 8 доп, натомість зменшується відносна похибка від 25 до 3,922%. Однак приведена похибка збільшується від 0,39 до 3,225%.

3. При розмірі растрової комірки 16×16 похибка растрових елементів круглої форми сформованих із послідовності рядків різної довжини відповідає нормативним вимогам до книжкової і журнальної продукції.

1. Барановський І. В. Побудова характеристики растрування цифрового зразка тональної шкали / І. В. Барановський, М. М. Луцків, Л. В. Філь, Г. А. Чернозубова // Комп'ютерні технології друкарства: зб. наук. пр., 2013. – №29. – С. 176 – 184. 2. Барановський І. В. Побудова і аналіз характеристик растрування / І. В. Барановський, М. М. Луцків, Л. В. Філь, Г. А. Чернозубова // Наук. зап. (Укр. акад. друкарства). – 2013. – №3 (44). – С. 102-110. 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. Гультяев А.К. Имитационное моделирование в среде Windows: практ. пособие / А.К. Гультяев, – К., 1999. – 288 с. 6. Донни О'Квин. Допечатная подготовка. Руководство дизайнера. / Донни О'Квин, – М., СПб., К.: Вильямс, 2001. – 592 с. 7. Ковальський Б. Дослідження градаційних характеристик фотоформ растрового зображення з модульованою частотою / Ковальський Б., Писанчин Н., Шовгенюк. М. // Комп'ютерні технології друкарства: зб. наук. пр., 2005. – С. 241 – 243. 8. Кузнецов Ю. В. Технология обработки изобразительной информации / Кузнецов. Ю. В. – СПб: Изд-во: Петерб. ин-т печати, 2002. – 312 с. 9. Ласкин А. В. Computer-to-plate для флексографии: ключевые аспекты технологии / [Ласкин А. В., Минин П. В., Маик В. З., Сорокин Б. А.]. — М.: Курсив, 2001. — 79 с. 10. Луцків М. М. Цифрові технології друкарства: моногр. — Львів: Укр. акад. друкарства, — 2012. — 488 с. 11. Мельничук С. І. Офсетний друк: навч. посіб., кн. 1. Технологія і обладнання до друкарських процесів. / С.І. Мельничук, С. М. Ярема. – К.: УкрНДІСВД: ХаГар, 2000. – 406 с. 12. Предко Л. С. Проектування до друкарських процесів: навч. посіб./ Л.С. Предко. – Львів: Укр. акад. друкарства, 2009. – 352 с.