

УДК 655.218:778.182+655.027

*М. М. Луцків, М. М. Логойда*  
*Українська академія друкарства*

## **ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ДИСКРЕТНОГО ВІДТВОРЕННЯ РАСТРОВОГО ЕЛЕМЕНТА ОКРУГЛОЇ ФОРМИ**

*Розглядається задача визначення точності відтворення округлого растрового елемента при його формуванні відрізками мікроліній.*

***Точність відтворення, округлий растровий елемент, дискретне відтворення***

Растрівання є важливим етапом додрукарської підготовки зображень для виготовлення друкарських форм, які зумовлюють тиражування якісних растрових відбитків. Сучасні комп'ютерні видавничі системи широко застосовують інформаційні технології цифрового растрівання і лазерного насвітлення пластин. Зокрема, технологія СтР забезпечує цифрову обробку і цифрове формування растрових зображень і прямий запис даних для прямого лазерного насвітлення формних пластин [1, 4, 6].

На основі сучасних методів цифрової обробки зображень розроблено цифрові технології растрівання, які дозволяють формувати растрові елементи різноманітної форми і величини. Наприкінці ХХ ст. на підставі методів і засобів комп'ютерної графіки розроблено нові альтернативні методи растрівання. Зокрема, створено частотні растри, гібридні растри, стохастичне растрівання тощо [4, 7, 8, 10].

Основна перевага нових методів растрівання – відсутність явища муару і розеток, що важливо для кольорової репродукції, недолік – значне розтискування растрових точок у процесі лазерного насвітлення, виготовлення форми і друку (більше як при традиційному растріванні), спричинене зменшенням розмірів растрових точок, необхідних для реалізації альтернативних способів растрівання. Для впровадження альтернативних методів растрівання слід забезпечити жорсткі вимоги стандартизації і нормалізації технологій, матеріалів і устаткування на усіх етапах підготовки до друкування та друку. Зокрема, офсетна друкарська машина повинна бути оснащена багатоканальною системою автоматичного налагодження попереднього зонального налаштування фарбового апарата на заданий наклад [11, 12].

Труднощі впровадження альтернативних методів растрівання значною мірою обмежують їх широке промислове застосування. Отже, актуальною проблемою є вдосконалення класичних методів поліграфічного растрівання, для чого необхідні нові дослідження властивостей традиційних растрів. Тому оцінка точності дискретного відтворення растрового елемента округлої форми має важливе значення.

Проблема вибору форми растрового елемента в сучасних інформаційних технологіях і системах СтР виникла, головним чином, унаслідок відсутності чітких критеріїв, зокрема оцінки точності відтворення растрових елементів різноманітної форми дискретним способом. При дискретному (цифровому) способі управління растрове перетворення відбувається дискретною змінною площею в межах растрової комірки. Растровий елемент формується з мікроелементів. Задана форма растрового елемента забезпечується відповідною кількістю і розташуванням мікроелементів [2, 4, 8, 13].

У доступних джерелах відсутнє аналітичне визначення дискретного відтворення растрових елементів різної форми, що унеможлиблює вибір оптимальної форми на етапі підготовки до насвітлення формних пластин. Аналіз і оцінка якості виготовленої друкарської форми здійснюється традиційними методами, які ґрунтуються на тестах. Основними кількісними показниками є лініатура растра, період (частота) розкладання растрової комірки, геометричні розміри мікроелемента.

Аналіз вибору розмірності мікроелементів до заданих розмірів растрової комірки (лініатури) подано в працях [3, 4, 8]. При малих розмірах мікроелементів (5 – 10 мкм) потрібно застосовувати розмірність растрової комірки 24×24 (навіть 30×30). Характеристики системи дискретного управління поліграфічним растровим перетворенням подають растровою матричною функцією або сукупно алфавітом мікроелементів (набором бітових карт) і порогової функції. Форма растрових елементів і прогалін повинна забезпечити їх однозначне відображення на друкарську пластину в копіювальному процесі й друкуванні та мінімальні спотворення на усіх етапах [1, 2, 6, 7].

Метою нашої статті є аналітичне визначення та аналіз точності дискретного відтворення растрового елемента округлої форми при його формуванні мікроелементами.

Для аналізу дискретного управління поліграфічного растрового перетворення елементом округлої форми при його формуванні мікроелементами приймаємо наступні припущення: поліграфічне растрове перетворення є просторовою двовимірною дискретизацією; застосування простого примітиву відтворення на колі у вигляді відрізків мікросмужок; результатом растрового перетворення є площа растрового елемента, подана сумою площ відрізків смужок; існує регулярне симетричне розташування відрізків смужок по двох координатах; растрова комірка містить ціле парне число смужок.

Розглянемо алгоритм побудови кола за рівнянням, записаним у неявному вигляді:

$$F(x, y) = x^2 + y^2 - R^2 = 0, \quad (1)$$

де  $x, y$  – просторові змінні;  $R$  – радіус кола.

Для зручності побудови кола вираз (1) запишемо за рівнянням явної функції:

$$y = \sqrt{R^2 - x^2}. \quad (2)$$

Застосування аналогового виразу (2) для дискретного управління растровим перетворенням базується на цілочисловій арифметиці й подано за допомогою решітчастих функцій:

$$y_n = \sqrt{R_n^2 - x_n^2}, \text{ де } n = 0, 1, 2 \dots, \quad (3)$$

де число  $n$  відповідає кількості кроків, на яке розділено діапазон;  $x$  характеризує розмірність растрової комірки.

Недоліком методу є те, що застосовується піднесення до квадрата і добування кореня квадратного, а це досить складно, тому алгоритм не використовується. Для уникнення складних обчислень запропоновано відтворення кола у вигляді відрізків мікросмужок і визначення площі смужок та растрового елемента в цілому.

Для математичного описання структури й аналізу дискретного відтворення кола запропоновано прості примітиви у вигляді дискретних відрізків мікросмужок і застосовано матричні способи: матриці суміжності і  $n$ -мірні таблиці. Під структурою растрового перетворення розуміється послідовність розташування мікросмужок у растровій комірці і зв'язок між ними.

Для прикладу на рис. 1 подана схема дискретного відтворення кола за допомогою дискретних відрізків, смужок у растровій комірці розмірністю  $10 \times 10$ .

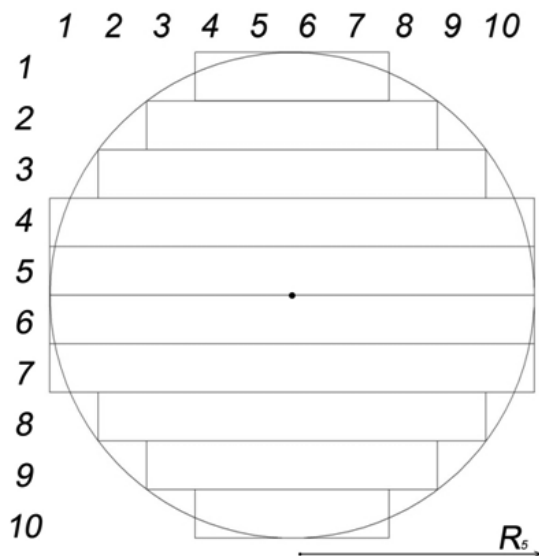


Рис. 1. Схема дискретного відтворення кола за допомогою відрізків мікросмужок у растровій комірці

Мікросмужки розміщуються послідовними рядками, а їх відрізки – за стовпцями. Радіус комірки  $R_n$  залежить від розмірів растрового елемента, на-



Порівнюючи матриці суміжності  $A_5$  і  $A_3$  для відтворення кола  $R_n = 5$ , а також  $R_n = 3$ , доходимо висновку, що радіус кола значно впливає на структуру растрового перетворення. Матриці суміжності є основою для опрацювання алгоритму дискретного управління відтворення кола в растровій комірці.

Для аналізу точності дискретного відтворення растрового елемента округлої форми підвищимо інформативність матриці суміжності. За умови, що одиничні елементи матриці суміжності відповідають площі елементарної смужки одиничних розмірів ( $1 \times 1$ ). Тоді, незалежно від місця розташування елементарної смужки, дискретне значення її площі

$$S_{ij}^* = 1 \text{ д.о.н.}, \quad (4)$$

де *д.о.н.* – дискретна одиниця площі (зірочкою позначено дискретне значення площі).

На підставі матриці суміжності визначимо площу мікросмужки для довільного рядка:

$$S_i^* = \sum_{i=1}^N S_i^*, \quad (5)$$

де  $N$  – число елементів в  $i$ -му рядку матриці суміжності.

Тоді загальна площа кола при її дискретному відтворенні на усіх рядках

$$S_k^* = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N S_{ij}, \quad (6)$$

де  $i = 1, 2, 3, \dots, N, j = 1, 2, 3, \dots, M$  – кількість одиничних елементів у рядках і стовпцях матриці суміжності.

Матричний опис структури дискретного растрового відтворення кола за допомогою матриці суміжності і визначення за нею площі кола зручний для аналізу елемента заданого радіуса. Якщо існує потреба аналізувати відтворення кола для різних радіусів, то для цього необхідно скласти матриці суміжності для кожного радіуса кола. Наприклад,  $R_n = 1, 2, 3, 4, 5$ , тоді потрібно скласти п'ять матриць суміжності, що є незручним для аналізу.

Запропонований компактний спосіб подання растрового перетворення зручний для відтворення й аналізу колового елемента за площами рядків смужок (табл. 1).

Табл. 1 чітко окреслює симетрію дискретного відтворення кола. При найменшому радіусі ( $R=1$ ) растровий елемент складається з чотирьох мікроелементів, які створюють дві смужки довжиною 2 в.о. При  $R=2$  растровий елемент містить чотири смужки довжиною 2 і 4 в.о., також симетричний. Аналогічно за допомогою мікросмужок різної довжини формуються колові елементи для наступних величин радіусів. При найбільшому радіусі ( $R=8$ ) растровий елемент формується з 18 симетрично розташованих смужок завдовжки 4, 10, 12, 14, 16 в.о.

Таблиця 1

**Растрове перетворення і результати розрахунку похибок дискретного відтворення растрового елемента округлої форми для радіусів  $R_n = 1,2,3,\dots,8$ , для растрової комірки розміром  $16 \times 16$  елементів**

Площа рядків $S_i^*$ д.о.п.	Радіус кола $R_n$ , д.о.							
	8	7	6	5	4	3	2	1
$S_1^*$	4							
$S_2^*$	10	4						
$S_3^*$	12	8	4					
$S_4^*$	14	10	8	4				
$S_5^*$	14	12	10	8	4			
$S_6^*$	16	14	10	8	6	2		
$S_7^*$	16	14	12	10	8	2	2	
$S_8^*$	16	14	12	10	8	3	4	2
$S_9^*$	16	14	12	10	8	3	4	2
$S_{10}^*$	16	14	12	10	8	2	2	
$S_{11}^*$	16	14	10	8	6	2		
$S_{12}^*$	14	12	10	8	4			
$S_{13}^*$	14	10	8	4				
$S_{14}^*$	12	8	4					
$S_{15}^*$	10	4						
$S_{16}^*$	4							
Площа кола $S_k^*$ , д.о.п.	204	152	112	80	52	28	12	4
$S_k^*$ в.о.	200,94	152,67	112,04	78,50	50,04	28,4	12,56	3,14
Абсолютна похибка, $\Delta S$ в.о.	+3,6	-0,67	-0,04	+1,5	+2,04	-0,24	-0,56	+0,86
Відносна похибка, %	+1,48	-0,44	-0,0315	+1,857	3,923	-0,8571	-4,667	21,5
Приведена похибка, %	+1,48	0,328	0,016	0,735	1,0	-0,1176	-0,27	+0,42

У нижній частині табл. 1 подано площі кола для різних радіусів, абсолютну, відносну і приведену похибки. Звідси випливає, що найбільша абсо-

лютна похибка відтворення кола при растровому перетворенні є при радіусах  $R=8$  та  $R=4$  і становить  $+3,06$  і  $+2,04$  в.о. Найбільшу відносну похибку маємо при радіусах  $R=1$  та  $R=2$  –  $21,5$  і  $4,667\%$ , що не відповідає нормативним вимогам до якісної книжкової і журнальної продукції. Велика відносна похибка спостерігається при радіусі  $R=4$  –  $3,923\%$ . Похибка растрового перетворення обумовлена просторовою дискретизацією, умовою симетрії перетворення і прийнятим алгоритмом округлення при визначенні площ смужок.

Для порівняння визначали похибку дискретного растрового перетворення растрового елемента округлої форми для растрової комірки розмірністю  $8 \times 8$  (табл. 2).

Таблиця 2

**Растрове перетворення і результати розрахунку похибок дискретного відтворення растрового елемента округлої форми для радіусів  $R_n = 1,2,3,4$ , для растрової комірки розмірністю  $8 \times 8$**

Площа рядків $S_i^*$ до	Радіус кола $R_n$ , д.о.			
	4	3	2	1
$S_1^*$	4			
$S_2^*$	6	4		
$S_3^*$	8	6	2	
$S_4^*$	8	8	4	2
$S_5^*$	8	8	4	2
$S_6^*$	8	6	2	
$S_7^*$	6	4		
$S_8^*$	4			
Площа кола $S_k^*$ до	52	32	12	4
$S_k^*$ в.о.	50,24	28,22	12,76	3,14
Абсолютна похибка, $\Delta S$ в.о.	-1,76	+3,78	-0,76	+0,86
Відносна похибка, %	-3,5	-13,39	-5,954	+27,39
Приведена похибка, %	-2,242	-4,18	-0,96	+1,096

Найбільша абсолютна похибка відтворення кола при дискретному растровому перетворенні помічена при радіусах  $R=4$  та  $R=3$ :  $-1,76$  та  $+3,78$  в.о. Найбільшу відносну похибку маємо при радіусі  $R=1$  –  $+27,39\%$ . Порівнюючи показники табл. 1, 2, доходимо висновку, що похибка растрового перетворення для растрової комірки розміром  $16 \times 16$  значно менша, ніж для комірок розміром  $8 \times 8$ . Найбільші похибки є при відтворенні кіл радіуса  $R=1$ , становлять

+27,39 і +21,5%; натомість для  $R=2$ : -5,954 та -4,667%. У результаті аналізу дискретного відтворення растрових елементів впливає, що найбільша похибка растрового перетворення існує при відтворенні елементів округлої форми малих радіусів кола. Для зменшення похибки при  $R = 1$  можна змінити алгоритм заокруглення довжини мікросмужок, прийнявши  $S^* = 3$ , тоді відносна похибка становитиме 3,25%. Зауважимо, що при цьому порушується умова симетрії дискретного растрового перетворення на яскравих ділянках зображення, що викликає зміну кута нахилу растра і появу муару при кольоровому і навіть однофарбовому флексографічному друці й інші негативні явища, які погіршують якість друкованої продукції [9].

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., – Львів: Укр. акад. друкарства, 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. Гультьев А.К. Имитационное моделирование в среде Windows: практ. пособие / А. К. Гультьев. – К.: Корона принт, 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., – Львів: Укр. акад. друкарства, 2005. – С. 241 – 243.  
8. Кузнецов Ю. В. Технология обработки изобразительной информации / Кузнецов Ю. В. – СПб: Изд-во Петерб. ин-та 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 додрукарських процесів: навч. посіб. / Л.С. Предко. – Львів: Укр. акад. друкарства, 2009. – 352 с.  
13. Pare Plate Agfa [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.agfa.com/pl/sublime-xml>

## **ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ДИСКРЕТНОГО ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ РАСТРОВОГО ЭЛЕМЕНТА ОКРУГЛОЙ ФОРМЫ**

*Рассматривается задача определения точности воспроизведения округлого растрового элемента при его формировании отрезками микролиний.*

## **ESTIMATION OF EXACTNESS OF DISCRETE REPRODUCTION RASTER ELEMENT OF THE ROUNDED FORM**

*The article considers the task of defining the precision of round raster figures when they are being shaped by segment micro-lines.*

*Стаття надійшла 08.07.2014*