

УДК 681.624

І. В. Барановський, М. М. Луцків, Л. В. Філь, Н. А. Чернозубова

Українська академія друкарства

ПОБУДОВА Й АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК РАСТРУВАННЯ

Побудовано характеристики процесу перетворення неперервного зображення в дискретне, подане відносною площею растрових точок, проаналізовано його властивості.

Растрівання, неперервне зображення, перетворення зображення, побудова характеристик

Постійно зростаючі вимоги до якості офсетного кольорового друку можна забезпечити належним приготуванням ілюстрацій до друкування, виготовленням якісних друкарських форм, правильним добором і налагодженням друкарської машини та нормалізацією друкарського процесу. Для цього в друкарському виробництві широко застосовують сучасні інформаційні технології і системи приготування до друкування й управління друкарським процесом.

Усі складові елементи процесу приготування до друку: введення текстової та образотворчої інформації в комп'ютер, її опрацювання, електронний монтаж і виведення на лазерний наświetлювач пластин [1,3,5,6] – наскрізь комп'ютеризовані і ґрунтуються на сучасних доволі розвинутих математичних методах і програмах комп'ютерної графіки [3,6,7].

Натомість, математичні методи аналізу і синтезу тоновідтворення зображень засобами поліграфії потребують удосконалення. Насамперед це стосується перетворення аналогового неперервного зображення у дискретне цифрове або растрове, як його прийнято називати за поліграфічною термінологією [3,5]. Растрове перетворення характерне тим, що дозволяє здійснювати надзвичайно важливу функцію управління процесом і таким чином регулювати градаційну характеристику репродукції.

Вихідні параметри растрівання безпосередньо впливають на якість репродукції і вибираються, виходячи з умов технологічного процесу, на основі фізико-математичного моделювання й аналізу перетворення зображення.

Однак наразі практично відсутні доступні джерела з детальним висвітленням розв'язків задачі растрівання, що унеможливує знаходження оптимальних характеристик його проведення. Тому побудова й аналіз характеристик растрівання з урахуванням окремих технологічних впливів – актуальне завдання для вдосконалення якості тоновідтворення в друкарському виробництві.

При раструванні неперервне тонове зображення перетворюють у придатне для поліграфічного відтворення мікроштрихове, що складається з дрібних невидимих для ока растрових елементів, які містять у своїй структурі ділянки двох градацій – фарби і паперу. Завдання і методи растрування, що застосовуються в поліграфії, викладені в публікаціях [3,5], здебільшого стосуються питань сприйняття растрової репродукції та аналізу проведення формних процесів. Різні види растрування, використовувані в комп'ютерних системах управління виведенням зображень у пристроях для виготовлення фотоформ CtF і друкарських форм CtP, подані у [6,7].

У джерелах [2,5,8] описані математичні моделі процесу растрування, в яких перетворення неперервного тонового зображення в дискретне трактується як процес модуляції, і представлені відповідні модуляційні характеристики. Окреслені математичні моделі демодуляції (дерастрування), тобто сприйняття растрового зображення як неперервного.

Наведені моделі побудовані при певних припущеннях і тому описують ідеалізовані репродукційні та друкарські процеси й не враховують впливів деяких технологічних факторів. Для підвищення точності розрахунків у моделі додатково вводяться ті чи інші коефіцієнти, які залежать від умов проведення друкарського процесу, властивостей паперу і фарби, лініатури растра, умов спостереження репродукції тощо. Значення коефіцієнтів визначені емпіричним способом, що підвищує достовірність моделей [1,5].

З позиції сучасної теорії перетворення зображення растрування можна розглядати як процес перетворення аналогового (неперервного) зображення в дискретне [2]. Однак растрування значною мірою відрізняється від подібного перетворення зображення в дискретне, яке називають оцифруванням, а перетворене зображення – цифровим, що подається у вигляді двомірної матриці, котру можна внести до комп'ютера у вигляді масиву чисел. При цьому сам елемент цифрового зображення називають пікселом, який має ціле цифрове значення, пропорційне значенню яскравості. Світлим елементам відповідають більші числові значення, темним – менші. Ніякої іншої інформації цифрове зображення не містить.

Необхідні перетворення над цифровим зображенням, наприклад для поліпшення якості, здійснюються виключно над масивом цифрових даних за встановленими абстрактними алгоритмами [1, 2]. Натомість перетворення й обробка растрових зображень поліграфічними засобами здебільшого мають ту чи іншу фізичну сутність. Отже, більшість математичних моделей, методів і алгоритмів перетворення та обробки цифрових зображень, представлених у публікаціях, пов'язаних з даною темою, безпосередньо не можливо застосувати для перетворення растрових зображень, що є неперервно-дискретними на різних етапах підготовки до друкування і процесу друкування. Звідси випливає, що завдання моделювання процесу растрування й аналізу його властивостей з урахуванням технологічних впливів має практичне значення і, отже, є актуальним для вдосконалення растрових процесів у додрукарській обробці образотворчої інформації.

Мета нашої роботи – побудувати розгорнуту математичну модель процесу растрівання за умови, що керуючий вплив задається значенням діаметра растрової точки, а результат растрівання описується функцією модуляції, яка виражається площею відповідних растрових елементів.

Математична модель процесу растрівання. Виходячи з положень теорії перетворення зображень, растрівання – це процес перетворення неперервного зображення в дискретне, разом з тим, відтворення гами півтонів оригінала забезпечується зміною співвідношення відносних площ друкувального і пробільного елементів у кожній окремій растровій комірці [1,5].

Для поліграфічного відтворення растрового зображення слід виконати ряд технологічних перетворень. Наприклад, провести експонування формної пластини, проявити одержану копію і виготовити друкарську форму та надрукувати растрові відбитки. Кожний з цих етапів має свою фізичну природу, вносить певні зміни в градаційну характеристику та відтворення дрібних деталей зображення й для свого опису потребує окремого розгляду.

У цій роботі окремо розглядається побудова математичної моделі лише одного з найважливіших етапів процесу растрівання – перетворення аналогового зображення в дискретну форму за умови, що керуючий вплив забезпечується зміною величини діаметра растрової точки, а результат, одержаний унаслідок проведеної модуляції, описується площею растрового елемента.

Для побудови математичної моделі процесу растрівання приймаємо такі допуски й обмеження:

розглядається локальний процес перетворення неперервного зображення в растрове без урахування впливу сусідніх елементів;

математичний опис процесу растрівання обмежується функцією одного виміру;

растровий елемент описується відносною площею елементарної комірки, яка складається з двох частин, одна з яких відповідає друкувальному елементу, інша – пробільним;

початок відліку координати растрового елемента знаходиться в центрі квадрата елементарної комірки растра;

вихідна змінна процесу виражається розміром діаметра растрового елемента, вихідна – відносною площею растрового елемента.

Схема геометрії растрівання подана на рис.1.

На світлих тонах растровий елемент має форму круга, діаметр якого поступово зростає до середніх тонів і дорівнює

$$S = \pi R^2 \text{ для } 0 \leq R \leq R_0, \quad (1)$$

де R_0 – радіус кола, вписаного в растровий квадрат.

При дальшому збільшенні радіуса растровий елемент втрачає форму кола і його поверхня поступово обмежується растровим квадратом, а радіус, згідно з геометрією рис.1, прямує до свого максимального значення

$$R_M = OD = \sqrt{2} R_0. \quad (2)$$

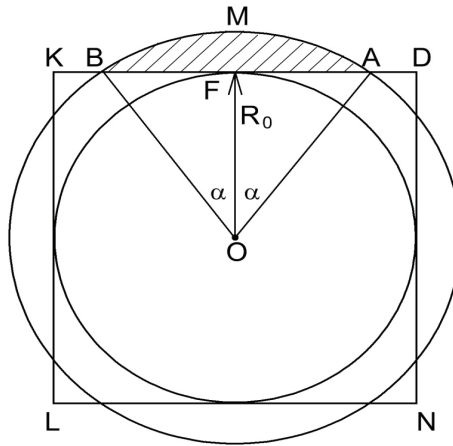


Рис.1. Схема геометрії растрування

Площа растрового елемента стає площею фігури, яку відсікає квадрат $KLND$ від круга радіусом $R_0 < R < R_M$, що може бути виражена як різниця площі круга і сумарної площі чотирьох сегментів, заштрихованих на рис.1.

$$S = \pi R^2 - 4S_{\text{сегм}ABM}. \quad (3)$$

На основі геометрії растрової точки (рис. 1) визначимо площу одного сегмента:

$$S_{\text{сегм}ABM} = R^2 \arctg \frac{\sqrt{R^2 - R_0^2}}{R_0} - R_0 \sqrt{R^2 - R_0^2}. \quad (4)$$

Тоді площа растрової точки буде площею відповідної геометричної фігури (рис.1), яку визначимо після підстановки виразу (4) у (3):

$$S = \pi R^2 \quad \text{для } 0 < R < R_0 \quad (5)$$

$$S = \pi R^2 - 4R^2 \arctg \frac{\sqrt{R^2 - R_0^2}}{R_0} + 4R_0 \sqrt{R^2 - R_0^2} \quad \text{для } R_0 \leq R \leq R_M.$$

Після перетворень формула може бути подана так:

$$S = \pi R^2 \quad \text{для } 0 < R < R_0 \quad (6)$$

$$S = \pi R^2 - 4R^2 \arctg \sqrt{\frac{R^2}{R_0^2} - 1} + 4R_0^2 \sqrt{\frac{R^2}{R_0^2} - 1} \quad \text{для } R_0 \leq R \leq R_M.$$

Зауважимо, що у цій формулі площа растрової точки визначається через радіус кола R_0 , вписаного в растровий квадрат:

$$R_0 = OF = \frac{1}{2L}, \quad (7)$$

де L – лініатура растра.

Для спрощення і зручності аналізу вводимо відносну площу растрового елемента, яка визначається відношенням абсолютної площі растрової точки до площі елементарної растрової комірки, що дорівнює квадратові кроку растра:

$$S^* = \frac{S}{S_{el}} = SL^2. \quad (8)$$

За такої умови формула для визначення відносної площі растрової точки матиме вигляд

$$S^* = \pi R^2 L^2 \quad \text{для} \quad \frac{1}{2L} \leq R$$

$$S^* = \pi R^2 L^2 - 4R^2 L^2 \arctg \sqrt{\frac{R^2}{R_0^2} - 1} + \sqrt{\frac{R^2}{R_0^2} - 1} \quad \text{для} \quad \frac{1}{2L} \leq R \leq \frac{1}{\sqrt{2}L}. \quad (9)$$

В одержаній формулі відносна площа растрової точки виражена через лініатуру растра і радіус растрової точки, який як незалежна змінна виявляється керуючим впливом для процесу растрування. Залежно від мети дослідження можна застосовувати той чи інший вираз для визначення абсолютної чи відносної площі растрової точки.

До суттєвих параметрів будь-якого процесу належить лінійність чи нелінійність здійснюваного перетворення. Для оцінки відхилення характеристики перетворення процесу растрування ввели функцію, що описує лінійне растрове перетворення у вигляді

$$S_n = k_M R, \quad (10)$$

де k_M – коефіцієнт масштабу, який залежить від прийнятих одиниць площі растрової точки.

Тоді на основі виразів (9) і (10) визначили відхилення характеристики растрування від лінійної, яке для зручності подали у символічній формі запису

$$S^* = \left| \pi R^2 L^2 - k_M R \right| \quad \text{для} \quad \frac{1}{2L} \leq R$$

$$S^* = \left| \pi R^2 L^2 - 4R^2 L^2 \arctg \sqrt{\frac{R^2}{R_0^2} - 1} + \sqrt{\frac{R^2}{R_0^2} - 1} - k_M R \right| \quad \text{для} \quad \frac{1}{2L} \leq R \leq \frac{1}{\sqrt{2}L}. \quad (11)$$

Зауважимо, що відхилення від лінійності кількісно оцінює спотворення процесу растрування, тому є об'єктивним.

Результати імітаційного моделювання. Традиційне розв'язання поставленої задачі на основі одержаних математичних виразів шляхом складання алгоритму і програми вимагає знання програмування, її налагодження і часу на проведення. Простіше поставлену задачу можна розв'язати, застосувавши об'єкт-орієнтоване програмування в поширеному серед спеціалістів середовищі Matlab – Simulink [4].

Відповідно до засад моделювання на основі одержаних вище формул розроблено структурну схему імітаційної моделі з функціональних блоків бібліотеки Simulink (рис. 2).

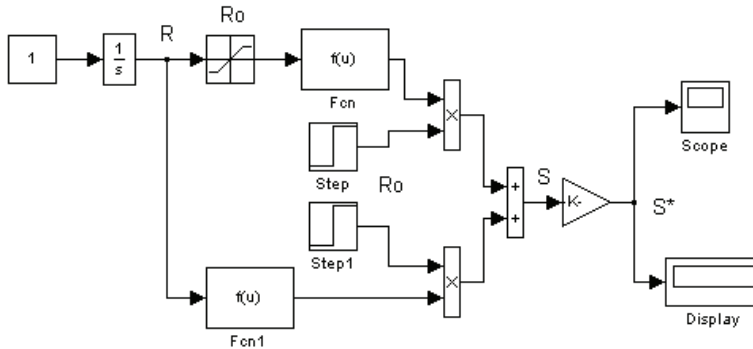


Рис. 2. Структурна схема імітаційної моделі у Simulink

Вирази (6) або (9) вписуються в основний базовий блок F_{cp} . Блоки, розміщені зліва, імітують зміну діаметра растрової точки для заданих меж. Блоки Step керують послідовністю виконання обчислень при зміні радіуса. Результати обчислень візуалізуються блоком Scope у вигляді графіків або у числових даних блоком Display. Якщо за допомогою графічного редактора Simulink побудувати у вікні Simulink схему (рис. 1), то завдяки такій імітаційній моделі можна знайти площу растрових точок, побудувати характеристику растрування та визначити його властивості.

Основна мета імітаційного моделювання – побудувати характеристику растрування і визначити її параметри. Для прикладу, прийняли лініатуру растра 50 лін/см. Визначили крок растрування і радіус кола, вписаного в растровий квадрат, рівний 100 мкм, та максимальне значення радіуса 141,4 мкм. Налаштовували модель на задану лініатуру растра. Результати імітаційного моделювання у вигляді графіків характеристики растрування в одиницях відносної площі подано на рис. 3.

Для порівняння на рис. 3 окреслено лінійну характеристику растрування.

Як видно з рис. 3, одержана характеристика перетворення аналогового зображення в дискретну форму є нелінійною і має вигляд S-подібної кривої. Спочатку відносна площа растрової точки потроху наростає за квадратичною залежністю. Після того як радіус досягає величини кроку растра 100 мкм, темп наростання площі спадає і при радіусі 141,4 мкм настає обмеження площі точок растровим квадратом.

Отже, встановлено, що характеристика растрування виражається нелінійною кривою. Це потрібно розглядати як своєрідний недолік, у зв'язку з чим постає питання про його оцінку шляхом імітаційного моделювання. Для цього використовують вирази (11), які вводять для обробки в блоки імітаційної моделі. Результати моделювання у вигляді графіка відхилення характеристики растрування від лінійного випадку подано на рис. 4.

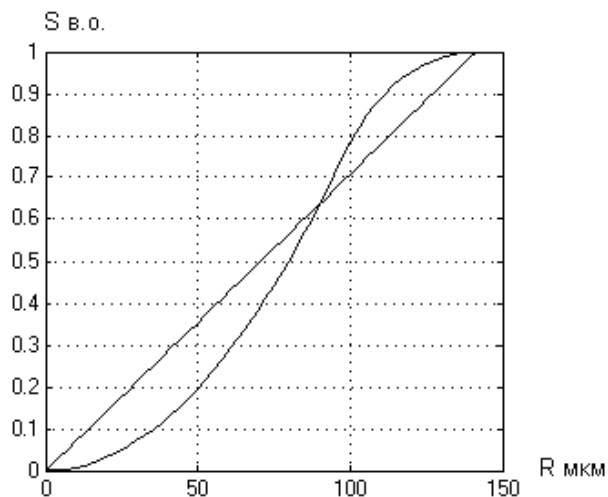


Рис. 3. Характеристика растрування – залежність відносної площі растрового елемента від зміни радіуса растрового елемента

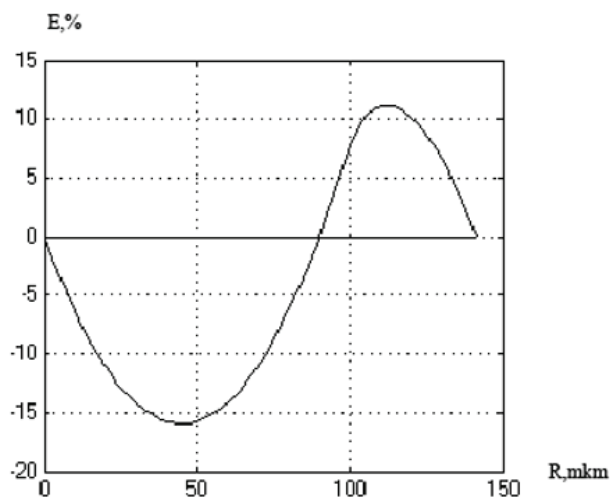


Рис. 4. Графік відхилення характеристики растрування від лінійної для растрової лініатури 50 лін/см

При малому радіусі растрової точки відхилення характеристики растрування від лінійної від'ємне і за абсолютним значенням поступово збільшується. При радіусі 45 мкм ця величина максимальна, становить 19,92% і поступово зменшується; при радіусі 90 мкм – дорівнює нулеві, змінює знак і поступово збільшується; при 113 мкм відхилення площі максимальне – становить +11,1% і поступово прямує до нуля. Отже, відхилення характеристики растрування від лінійної знаходиться в межах від -15,92 до +11,1%, що викликає спотворення тонопередачі. Найбільші спотворення зафіксовано на середніх тонах і напівтінях.

З вищевикладеного випливають наступні висновки:

1. Відсутність розгорнутих математичних моделей опису процесу растрівання унеможливує аналіз перетворення неперервного зображення в дискретне й утруднює визначення оптимального керуючого впливу на процес растрівання.

2. Проведено моделювання локального процесу перетворення неперервного зображення в растрове без урахування впливу сусідніх елементів за умови, що керуючим впливом є значення діаметра растрової точки, а результатом растрівання – площа растрового елемента, яка може бути подана в абсолютних чи відносних одиницях.

3. Запропоновано вираз для визначення відхилення характеристики растрівання від лінійної, що кількісно оцінює нелінійність процесу растрівання.

4. Розроблено імітаційну модель процесу растрівання в Simulink, яка обчислює та будує характеристику растрівання, графік відхилення характеристики від лінійної й дозволяє визначати інші характеристики.

На основі результатів імітаційного моделювання встановлено, що відхилення характеристики растрівання від лінійної знаходиться в межах від – 15,92 до +11,1 %, що викликає спотворення в тонопередачі, які є найбільшими на середніх тонах і півтінях.

1. Барановський І.В. Поліграфічна переробка образотворчої інформації / І.В. Барановський, Ю.П. Яхимович К. – Л.: ІЗМН, 1998. – 400 с. 2. Блантер Дэвид. Сканирование и растрование изображений. – М.: ЭКОМ, 1999. – 384 с. 3. Донин О*Квин. Допечатная подготовка: рук. дизайнера. – М.; СПб.: К. Вильямс, 2001. – 594 с. 4. Дяконов В.П. Matlab. ab 6.5 SPI(7), 7 SPI(7) SP2 – Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. / В.П. Дяконов, В.В. Круглов. – М.: Салон – Преса, 2006. – 456 с. (Сер. Библиотека профессионала). 5. Кузнецов Ю.В. Технология обработки изобразительной информации / Кузнецов Ю.В. – СПб.: Петерб. ин-т печати, 2002. – 312 с. 6. Предко Л.С. Проектування додрукарських процесів: навч. посіб. / Предко Л.С. – Львів: Укр. акад. друкарства, 2009. – 352 с. 7. Самарин А.М. Допечатное оборудование / А.М. Самарин – М.: МГУП, 2002. – 555 с. 8. Селиванов Ю.П. Основы моделирования и оптимального программирования автотипного процесса / Селиванов Ю.П. – М.: Книга, 1979. – 228 с.

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК РАСТРИРОВАНИЯ

Созданы характеристики процесса преобразования непрерывного изображения в дискретное, поданное относительной площадью растровых точек, проанализированы его свойства.

CONSTRUCTION AND ANALYSIS OF CHARACTERISTICS SCREENING

Powered characteristics of the process of continuous transformation of images into discrete, filed relative area of halftone dots, analyzed its properties.

Стаття надійшла 17.10.2013