

## МОДЕЛЬ НАФАРБЛЕННЯ РАСТРОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КРУГЛОЇ ФОРМИ

*Розроблено модель нафарблення растрових елементів, визначено і побудовано характеристики зафарблення елементів круглої форми та проаналізовано їх властивості.*

*Ключові слова: растрування, растровий елемент, точність, монопередача, дискретне відтворення.*

*The model of applying the ink on raster elements has been developed and the inking properties of round shape elements have been defined and built; their properties have been analyzed.*

*Keywords: screening, raster element, precision, tone transfer, discrete reproduction.*

### 1. ФОРМУВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Впровадження інформаційних технологій, цифрової обробки зображень, комп'ютерних видавничих систем та систем CtP (з комп'ютера на пластину) в поліграфію стабілізувало якість відбитків за рахунок усунення похибки при копіюванні, однак не забезпечує суттєвого покращення їх якості, зокрема зображення. Щоб вийти на новий рівень якості необхідні нові технології, які доповнюють і розширяють потенціальні можливості CtP і цифрової обробки зображень до друкування. До таких технологій відносяться нові технології растрування.

Західні фірми виробники CtP опрацювали і спробували десятки нових алгоритмів растрування, які підвищують якість растрування зображень та безкоштовно їх інсталиють у нові системи CtP. Однак, труднощі впровадження нових алгоритмів растрування не дозволяють їх широкому промислового використанні в поліграфію [1, 4, 6, 7, 8, 9]. Отже, актуальною задачею є вдосконалення класичного поліграфічного растрування, для чого необхідні нові дослідження властивостей традиційних растрів, зокрема нафарблення растрових елементів.

---

<sup>10</sup> Українська академія друкарства.

## 2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Алгоритми прийнято ділити на два основні види: періодичні або амплітудно-модельовані (АМ, традиційні), частотно-модульовані (ЧМ, стохастичні). У третю групу можна виділити гібридні растри (комбіновані), у яких для відтворення середніх тонів і тіней використовуються АМ - растри, а для відтворення світлих ЧМ - растри [1, 4, 6, 7]. Основні недоліки АМ - растрів: можливість появи муару у кольоровому друці, жорсткий зв'язок між лініатурою растра і мінімальними розмірами растрових елементів. При роботі з високими лініатурними розмірами растрових елементів зменшуються, що приводить до втрати градації в світлих тонах зображення. Основна перевага нових алгоритмів растрування - відсутність явища муара, що особливо важливо для кольорового друку [4, 6]. Деякий час навіть здавалося, що в поліграфії домінуватимуть тільки ЧМ - растри та стохастичні. Однак, при цьому виявились значні труднощі їх використання. Під час копіювання і друкування величина розтискування растрових елементів значно більша, ніж у традиційних амплітудних растрах, а растрові елементи змінюються в розмірі настільки, що починають зникати деталі рисунка у тінях [8]. Окрім цього для впровадження нових алгоритмів растрування необхідно забезпечити жорсткі вимоги стандартизації і нормалізації технологій, матеріалів і устаткування на усіх стадіях приготування і друкування тиражу, що обмежує їх широке промислове застосування в поліграфії [1, 4, 9]. Тому застосування частотних і стохастичних растрів досить обмежене, збільшується інтерес до повернення до класичного амплітудного растрування і вдосконалення традиційних растрів.

Для попередньої цифрової обробки зображень перед раструванням застосовуються ґрунтові математичні методи і перетворення, що впливають із добре розвинутої теорії цифрової обробки зображень [1, 10]. Натомість, фізико - математичне моделювання растрових перетворень зображення у поліграфії розвинуто не достатньо. Переважають експериментальні методи дослідження з використанням різноманітних тестів [1, 4, 8], що не дають можливості знайти оптимальну характеристику растрування при різних способах фізичної реалізації.

Види та засоби растрування в поліграфії викладені у доступних джерелах [1, 4, 6, 7], у яких подані моделі процесу растрування, що описують перетворення неперервного напівтонового зображення у растрове і побудовано їх модуляційні характеристики. Моделі побудовані при певних припущеннях і не враховують технологічні дії і впливи.

У роботах [2, 3] розглядаються задачі побудови характеристики растрування для растрових елементів різних форм у вигляді одновимірної функції залежності відносної площі растрових елементів від управління, за яке слугували геометричні розміри, наприклад, радіус круглого елемента, чи цифрові дані які йому відповідають.

Мета роботи – опрацювати математичну модель покриття растрових елементів шаром фарби (нафарблення) при зміні їх геометричних розмірів, визначити і побудувати характеристику нафарблення для елемента круглої форми та здійснити аналіз результатів.

### 3. ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Розглянемо один із важливих етапів приготування растрового зображення до друкування – покриття растрових елементів шаром фарби за умови, що керуючий вплив здійснюється зміною геометричного розміру елемента, а результат покриття визначається кількістю фарби на поверхні елемента. Для побудови математичної моделі нафарблення растрових елементів приймаємо наступні припущення: управляючим впливом (вхідною змінною) при раструванні є геометричні розміри елемента, вихідною змінною є площа растрового елемента, яка є носієм інформації при раструванні, товщина шару фарби, яка передається на поверхню растрових елементів є сталою, або змінюється за наперед відомим законом, не враховуємо технологічні впливи і дії на нафарблення. При таких припущеннях відтворення півтонів при нафарбленні забезпечує так звана автотипія – спосіб передачі півтонів зміною кількості фарби на растрових елементах [1, 6]. Відповідно до тону змінюється площа растрового елемента і товщина шару фарби на її поверхні. Отже, використовуючи аналогію з техніки передачі електричних сигналів, потрібні структури покритих фарбою растрових елементів назвемо модельованими структурами. Модельованою ланкою є растрові елементи, які здійснюють перетворення неперервного шару фарби у нафарбленні елементи, що відповідають растровому фарбовому зображенню.

Якщо відома модель процесу растрування і відома товщина шару фарби, тоді за аналогією модуляції електричних сигналів опрацьована загальна схема моделі нафарблення растрових елементів подана на рис. 1.

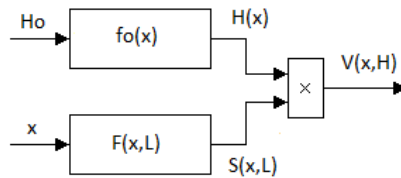


Рис. 1. Схема моделі нафарблення растрових елементів круглої форми

Відповідно до схеми процесу растрування описується виразом

$$S(x, L) = F(x, L)x, (1)$$

де  $S(x, L)$  - площа растрового елемента,  $x$  - просторова змінна (геометричний розмір елемента),  $L$  - лініатура растра,  $F(x, L)$  - нелінійна функція, яка описує процес растрування.

Товщина фарби, яка передається на растровий елемент

$$H(x) = f_0(x)H_0, (2)$$

де  $f_0(x)$  - функція, яка описує подачу шару фарби на растровий елемент,  $H_0$  - товщина шару фарби на початку тонопередачі.

Процес нафарблення растрових елементів описує залежність кількості фарби на поверхні растрових елементів, описується виразом

$$V(x, H) = S(x, L) \cdot H(x). (3)$$

Отже, у загальному вигляді описано нафарблення растрових елементів сукупністю трьох виразів (1)-(3), які називатимемо модель нафарблення. Розв'язок поставленої задачі залежить від наступних основних параметрів: форма растрових елементів, лініатура растра, товщини шару фарби на заданому діапазоні тонопередачі.

Розглянемо приклад розв'язання задачі нафарблення для растрових елементів круглої форми. Растровий елемент розташовується у центрі растрової решітки (квадратної растрової комірки). В процесі растрування змінюються його геометричні розміри (радіус кола) довжина якого змінюється від нуля до половини розміру комірки, а площа растрового елемента

$$S_a = \pi x^2, \text{ якщо } 0 \leq x \leq R_0, (4)$$

де  $x$  - просторова змінна,  $R_0$  - радіус кола вписаного в растровий квадрат.

При подальшому збільшенні радіуса растрового елемента він втрачає форму кола і його поверхня поступово обмежується растровим квадратом, а його площа може бути визначена із схеми геометрії растрування. Тоді площа растрового елемента в процесі растрування може бути подана таким чином [2, 3]:

$$S_a = \begin{cases} \pi x^2, & \text{якщо } 0 \leq x \leq R_0, \\ \pi x^2 - 4x^2 \arctg \sqrt{\left(\frac{x}{R_0}\right)^2 - 1} + 4R_0^2 \sqrt{\left(\frac{x}{R_0}\right)^2 - 1}, & \text{якщо } R_0 \leq x \leq R_m. \end{cases} (5)$$

Радіус кола  $R_0$ , вписаного в растровий квадрат визначається через його лініатуру

$$R_0 = \frac{1}{2L}. \quad (6)$$

Максимальне значення радіуса  $R_M$  дорівнює половині діагонали растрового квадрата, визначається виразом

$$R_M = \sqrt{2}R_0. \quad (7)$$

Для спрощення і зручності порівняльного аналізу застосовують відносну площу растрового елемента

$$S = \frac{S_a}{S_k} = \frac{S_a}{1/L^2} = S_a L^2, \quad (8)$$

де  $S_k = 1/L^2$  - площа растрової комірки, виражена через лініатуру растра.

Залежно від мети дослідження можна застосувати той чи інший вираз для визначення абсолютної чи відносної площі растрового елемента. Маючи вираз (5) процесу растрування можна, легко визначити модель нафарблення для растрових елементів круглої форми

$$S_a = \begin{cases} \pi x^2 H(x), & \text{якщо } 0 \leq x \leq R_0, \\ \pi x^2 - 4x^2 \arctg \left[ \sqrt{\left(\frac{x}{R_0}\right)^2 - 1} + 4R_0^2 \sqrt{\left(\frac{x}{R_0}\right)^2 - 1} \right] H(x), & \text{якщо } R_0 \leq x \leq R_M. \end{cases} \quad (9)$$

Якщо у виразі (9) лінійно змінювати незалежну просторову змінну  $x$  (керуючий вплив) у заданих межах для заданого значення товщини шару фарби ( $H_x$ ), тоді за ними можна розрахувати і побудувати характеристику нафарблення. Поставлену задачу будемо розв'язувати шляхом комп'ютерного моделювання, застосувавши об'єктно-орієнтоване програмування у пакеті *MATLAB-Simulink* [5]. На основі схеми рис. 1 та виразу (9) опрацьована структурна схема імітаційної моделі нафарблення для растрових елементів круглої форми у *Simulink*, яка подана на рис. 2.

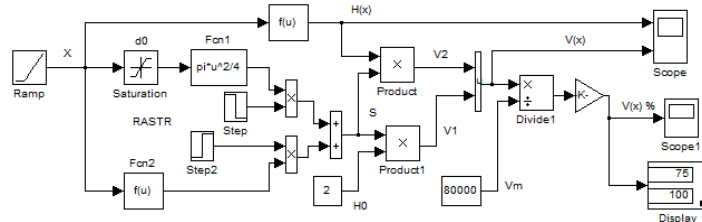


Рис. 2. Структурна схема імітаційної моделі нафарблення для растрових елементів круглої форми у *Simulink*

Основними блоками є блоки математичної функції  $Fcn$ . У діалогових вікнах блоків  $Fcn1$  та  $Fcn$  записані вирази (5) для обчислення площі растрових елементів, а у блоці  $Fcn$  задається бажаний закон зміни товщини шару фарби. Управляючий вплив створює блок  $Ramp$ , який генерує лінійну просторову змінну. Переключення діапазонів зміни радіуса кола у заданих межах  $x [0, R_0, R_m]$  здійснюють блоки  $Step$ , які налагоджуються на задані діапазони. Обчислені площі на різних діапазонах радіусів кола сумуються у суматорі. Кількість фарби на поверхні растрових елементів визначається за допомогою блоків множення на вхід яких подається площа елемента і товщина шару фарби. Результати обчислень візуалізуються блоком  $Scope$ . Відносне значення кількості фарби обчислюється блоком ділення  $Divide$  і візуалізуються другим блоком  $Scope1$  у вигляді графіка характеристики нафарблення у процентах. У блоці  $Display$  відображаються числові значення кількості фарби.

#### 4. РЕЗУЛЬТАТИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Метою імітаційного моделювання було визначення, побудова і аналіз характеристики нафарблення растрових елементів круглої форми. Для прикладу прийняли лініатуру растра  $L=50$  лін/см і визначили необхідні радіуси растрового елемента  $R_0 = 100$  мкм та  $R_m = 141,4$  мкм. Налаштовували блоки моделі на задані параметри. Результати першої серії імітаційного моделювання у вигляді графіків характеристики нафарблення у абсолютних одиницях подані на рис. 3.

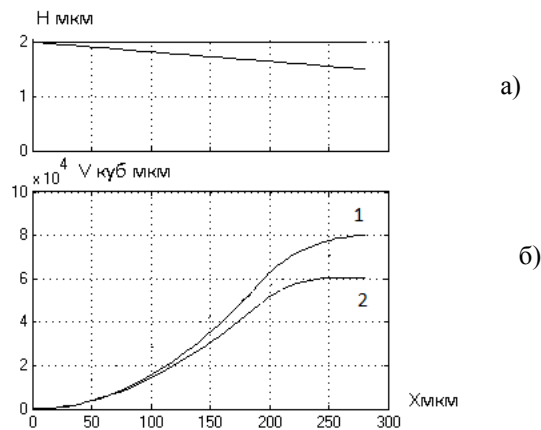


Рис. 3. Характеристики нафарблення растрів круглої форми у абсолютних одиницях

На рис. 3а подано сталі значення товщини фарби і лінійно-спадаюча зміна товщини шару фарби на усьому діапазоні нафарблення. На рис. 3б подана характеристика нафарблення (1) для сталої товщини шару фарби. Спочатку характеристика потроху наростає за квадратичною залежністю. Після того, як радіус елемента досягає половини розміру растрової комірки темп наростання характеристики поступово спадає, а величина кількості фарби растрового елемента прямує до номінального значення 80 000 куб/мкм. Характеристика нафарблення має форму s-подібної кривої. Якщо товщина шару фарби є спадаючою, то характеристика нафарблення (2) є також s-подібною кривою, однак вона розміщується значно нижче від попередньої характеристики. Максимальне відхилення від попередньої характеристики становить – 25%.

Для зручності аналізу визначили характеристику нафарблення у відносних одиницях. Налаштовували параметри окремих блоків моделі. Зокрема, подавали на вхід блока ділення Divide максимальне значення кількості фарби (80 000), а підсилення на виході блока Gain 100, тоді характеристика нафарблення буде у відносних одиницях (процентах). Результати другої серії імітаційного моделювання подано на рис. 4.

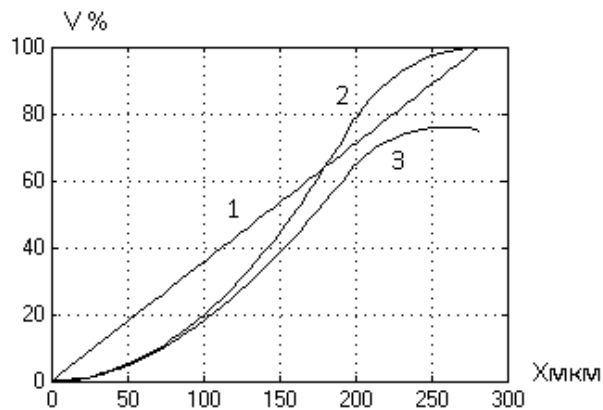


Рис. 4. Характеристики нафарблення растрів круглої форми у відносних одиницях

Для порівняння на рисунку подані лінійна характеристика нафарблення (1) у процентах. При сталій товщині шару фарби характеристика нафарблення (2) на початку діапазону проходить нижче лінійної, пересікає її, піднімаються вище і прямує до кінцевого значення 100%. Максимальне відхилення від лінійності становить –

16%, а перевищення над лінією +10,95%. Якщо товщина фарби є спадаючою, то характеристика нафарблення (3) розміщується нижче лінійної має два максимуми. Перше максимальне відхилення від лінійності становить -17,28%, друге – 5,75%, а у кінці діапазону – 25%. Отже, характеристики нафарблення растрових елементів є нелінійними, що погіршує якість зображення.

## 5. ВИСНОВКИ

Розроблено математичну модель нафарблення растрових елементів, які описують залежність кількості фарби на поверхні растрових елементів круглої форми, за умови, що керуючий вплив здійснюється зміною геометричного розміру елемента.

Розроблено імітаційну модель нафарблення у *Simulink* за якою можна обчислити і побудувати характеристики нафарблення растрових елементів круглої форми.

Встановлено, що характеристики нафарблення є нелінійними, а максимальне відхилення від лінійності залежить від діапазону тонопередачі і знаходиться в межах +10,95 до -25%, що спотворює растрове зображення.

1. Барановський І., В. Яхимович Ю. П. Поліграфічна переробка образотворчої інформації: Навч. посібник. — Київ — Львів: ІЗМН, 1998. — 400 с. 2. Барановський І. В., Побудова і аналіз характеристики растровання/Барановський І. В., Луцків М. М., Філь Л. В., Чернозубова Г. А.// Наукові записи. Зб. Наук. Праць.-Львів: УАД, 2013.-№4(45):С. 102-110. 3. Барановський І. В. Аналіз характеристики растровання для ромбічного растрового елемента/Барановський І. В., Філь Л. В.//Комп'ютерні технології друкарства: Зб. Наук. Праць.-Львів: УАД, 2013.-№30. С. 150-157. 4. Блатнер Д. Сканирование и растрование изображений / Дэвид Блатнер. — М. : ЭКОМ, 1999. — 384 с. 5. Гультияев А. К. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде WINDOWS: Практическое пособие. С-Пт. Корона Принт, 1999. -282с. 6. Кузнецов Ю. В. Технология обработки изобразительной информации / Ю. В. Кузнецов. — СПб: Петербургский ин-т печати, 2002. — 312 с. 7. Луцків М. М. Цифрові технології друкарства : моногр. / М. М. Луцків. — Львів : УАД, 2012. — 488 с. 8. Мельничук С. І., Ярема С. М. Офсетний друк: Навчальний посібник: у 2-х кн. Кн. 1.: Технологія та обладнання додрукарських процесів. — К.: УкрНДІСВД—Ха Гар, 2000. — 467 с. 9. PerePlate. AGFA [Електронний ресурс] : PSYCHEDELIC/PROGRESSIVE/STONER/SPACEROCK. — Режим допуску: <http://www.agfa.com.pl/sublime-xtm/> 1 10. Яне. Б. Цифровая обработка изображений / Яне. Б. - Техносфера,2007. - 584с.