

УДК 655.027

МОДЕЛЬ НАФАРБЛЕННЯ РАСТРОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОМБІЧНОЇ ФОРМИ

М.М. Луцків, П.З. Курка

Українська академія друкарства, Вул.Підголоско, 19, Львів, 79020, Україна

Розроблено модель нафарблення растрових елементів ромбічної форми при сталій і спадаючій товщині фарби, подані результати комп'ютерного симулювання.

Ключові слова: *растрування, друкувальні елементи, тонопередача, нафарблення, точність, моделювання, нелінійність.*

Вступ. При поліграфічному відтворенні зображень різноманітних відтінків тональності на відбитку забезпечується відповідною зміною кількості фарби на одиницю площі растрових елементів. В залежності від способу друку це досягається функціональною зміною одного із двох факторів – товщини нанесення шару фарби або співвідношенням площ друкувальних елементів і пробілів. В офсетному друці товщина шару фарби на поверхні друкувальних елементів є однаковою, а в залежності від оптичної густини оригіналу змінюється площа друкувальних елементів. Щоб забезпечити сталу товщину шару фарби на поверхні растрового відбитка застосовують багатоканальні системи попереднього зонального налагодження фарбових апаратів на заданий наклад [1, 2].

Зарубіжні фірми розробили прості за конструкцією фарбові апарати на основі растрового фарбоживильного пристрою (анілокса), які мають тільки декілька фарбових валів, тому їх називають короткими фарбовими апаратами. Вони не мають механізмів регулювання зональної подачі фарби, тому не вимагають складної і дорогої багатотональної системи налагодження подачі фарби на заданий наклад. Накопичений перший позитивний досвід їх експлуатації дав підставу для їх застосування на аркушевих офсетних машинах для друкування простої книжкової і журнальної продукції [10, 11]. У даний час немає належного досвіду експлуатації і налагодження коротких фарбодрукарських систем. Переважають експериментальні методи дослідження, які вимагають дорогої виміральної апаратури і часу. Оскільки короткі фарбові апарати не мають механізмів налагодження на заданий наклад, тому вони не забезпечують сталої товщини фарби на поверхні растрового відбитка, що обмежує їх застосування для друкування якісної книжкової продукції [10, 11]. Тому виникає задача теоретичного дослідження нафарблення растрового відбитка фарбою. В роботі виконана актуальна задача дослідження нафарблення растрових елементів ромбічної форми, яка вирішується шляхом комп'ютерного моделювання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз коротких фарбодрукарських систем значно відрізняється від аналізу традиційних об'єктів і сис-

тем автоматичного регулювання. Це обумовлено складністю процесів, що відбуваються у фарбодрукарських системах, зокрема циркуляцією прямих і зворотних потоків у системі та нерівномірністю заповнення растрової друкарської форми. У роботах [2, 10] розроблені математичні моделі коротких фарбодрукарських систем за якими побудовано характеристику покриття для заданих параметрів системи. Аналіз точності коротких фарбодрукарських систем при відтворенні тонових зображень виявив, що точність залежить від діапазону тонопередачі і може становити 10-20% і більше, що не відповідає нормативним вимогам до якості книжкової і журнальної продукції [10, 9].

Для попередньої цифрової обробки зображень перед раструванням застосовуються ґрунтовні математичні методи і перетворення, що впливають із добре розвинутої теорії цифрової обробки зображень [7, 9]. Натомість, фізико-математичне моделювання растрових перетворень зображень у поліграфії розвинуто недостатньо, що не дає можливості знайти оптимальну характеристику растрування для різних форм растрових елементів і способів растрування та їх нафарблення при відтворенні засобами поліграфії [4].

Види та засоби растрування викладено у наступних джерелах [4, 6, 8], у яких подані методи растрового перетворення неперервного напівтонового зображення і побудовано їх модуляційні характеристики. У роботах [2, 3], розглянуті методи побудови характеристики растрування для растрових елементів різної форми у вигляді графічних залежностей відносно площі растрових елементів від зміни геометричних розмірів, наприклад, радіуса круглого елемента. У роботі авторів [8] уперше опрацьована математична модель покриття растрових елементів круглої форми шаром фарби, описано залежність кількості фарби на поверхні растрових елементів круглої форми, за умови, що керуючий вплив здійснюється зміною геометричного розміру елемента.

Мета роботи – опрацювати математичну модель покриття растрових елементів ромбічної форми шаром фарби (нафарблення) при сталій і спадаючій товщині фарби, визначити і побудувати характеристику нафарблення для елемента ромбічної форми та здійснити аналіз результатів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Один із важливих етапів приготування растрового зображення до друкування – покриття растрових елементів шаром фарби за умови, що керуючий вплив здійснюється зміною подання кількості фарби на поверхню 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. Відповідно до тону змінюється площа растрового елемента і товщина шару фарби на її поверхні [8].

Якщо відома модель процесу растрування і відома товщина шару фарби, тоді за аналогією модуляції електричних сигналів опрацьована загальна схема моделі нафарблення растрових елементів, яка подана на рис. 1 [8].

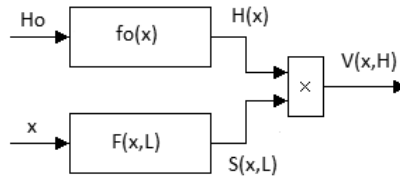


Рис. 1. Схема моделі нафарблення растрових елементів

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

$$V(x, L) = S(x, L) \times H(x),$$

де $S(x, L)$ – площа растрового елемента, x – просторова змінна, яка описує геометричні розміри елемента, що відповідають тону зображення, $H(x)$ – товщина фарби на растровому елементі, L – лініатура растра.

Розв'язок поставленої задачі моделювання залежить від наступних основних параметрів: форми растрового елемента, лініатури растра і товщини шару фарби на заданому діапазоні тонопередачі. Розглянемо приклад розв'язання задачі моделювання нафарблення для растрових елементів ромбічної форми, який є квадратним растровим елементом, сторони якого повернуті під кутом 45° до растрової решітчастої структури. Ромбічний елемент розміщується в центрі растрової решітки, розміри якої залежать від лініатури растра. Схема геометрії растрування подана на рис. 2.

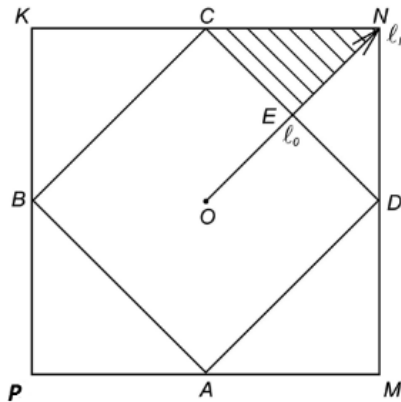


Рис. 2. Схема геометрії растрування

Розміри растрової комірки (растрового квадрата $K N M P$) є сталі і визначаються лініатурою растра. Ромбічний растровий елемент $A B C D$ вписаний в

елементарний растровий квадрат. При раструванні збільшуються розміри половини осі ромба від 0 до l_0 , наш ромб стане вписаним квадрат. При реальному збільшенні геометричного розміру від 0 до l_0 поверхня ромба поступово обмежується елементарним квадратом, внаслідок чого він втрачає початкову форму яка стає восьмикутною.

При зміні діапазону тонопередачі від світлих до середніх тонів розміри ромба поступово збільшуються, тоді площа растрового елемента визначатиметься площею ромба

$$S_1 = 4x^2, \text{ якщо } 0 \leq x \leq l_0, \quad (2)$$

де x – просторова змінна, l_0 – розмір половини осі ромба, вписаного в растровий квадрат.

Відповідно до рис. 2 визначимо бокову сторону квадрата через лініатуру растра

$$a = KP = \frac{1}{L}, \quad (3)$$

де L – лініатура растра.

Із рис. 2 визначимо розмір половини осі вписаного ромба і половину осі квадрата ON

$$l_0 = \frac{\sqrt{2}}{4L}; \quad l_M = \frac{\sqrt{2}}{2L}. \quad (4)$$

При збільшенні діапазону тонопередачі ромбічний растровий елемент втрачає форму ромба і його поверхня поступово обмежується квадратом. Тоді площа растрового елемента може бути виражена як сума площ восьми трапецій заштрихованих на рис. 2. Їхню площу можна визначити, як інтеграл трапецій, висота яких поступово збільшується в межах від 0 до l_M [3]

$$S_2 = 8 \int_{l_0}^{l_M} (l_0 - x) dx, \text{ якщо } l_0 \leq x \leq l_M. \quad (5)$$

Тоді площа ромбічного растрового елемента буде визначатися сумою площ відповідних геометричних фігур

$$S = S_1 + S_2. \quad (6)$$

Після підстановки виразів (2) і (5) у вираз (6) і (1) одержимо формулу нафарблення ромбічного растрового елемента на повному діапазоні тонопередачі втрачену кількість фарби на елементах

$$V(x, H) = \begin{cases} H(x)4x^2, & \text{якщо } 0 \leq x \leq l_0 \\ H(x) \left[4l_0 + 8 \int_{l_0}^{l_M} (l_0 - x) dx \right], & \text{якщо } l_0 \leq x \leq l_M \end{cases} \quad (7)$$

нює блок Step, який налагоджується на задані діапазони. Обчислення площ растрового елемента на другому діапазоні здійснюється шляхом інтегрування у блоці Transfer Fcn. Загальна площа растрового елемента здійснюється шляхом додавання площ S_1 та S_2 на суматорі. Визначення кількості фарби на растровому елементі здійснюється у блоці множення, а кількість фарби у відносних одиницях здійснюється у блоках ділення Divide. Візуалізація характеристик нафарблення здійснюється блоками Score, а числові значення висвітлюються блоками Display.

Метою імітаційного моделювання був розрахунок, побудова і аналіз характеристик нафарблення растрових елементів ромбічної форми. Для прикладу задали лініатуру растра $L=50$ лін/см і визначили необхідні параметри діапазонів растрування, $l_0=70,72$ мкм, $l_M=141$ мкм. Максимальне значення кількості фарби $V_M=80000$ куб мкм. Налаштовували блоки моделі на задані параметри. Результати першої серії імітаційного моделювання у вигляді графіків характеристик нафарблення у абсолютних одиницях подані на рис. 4.

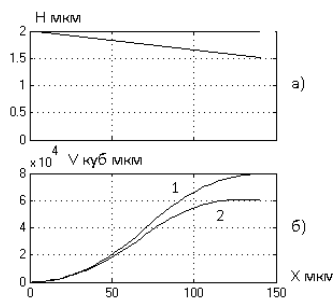


Рис. 4. Характеристики нафарблення в абсолютних одиницях

На рис. 4а, подано сталі значення товщини фарби і лінійно спадна зміна товщини шару фарби на усьому діапазоні нафарблення. На рис. 4б, подана характеристика нафарблення (1) для сталої товщини шару фарби. Спочатку характеристика плавно наростає за квадратичною залежністю. Після того, як розмір елемента досягає половини розміру діагоналі комірки, темп наростання характеристики поступово падає, а величина кількості фарби на растровому елементі прямує до мінімального значення 80000 куб мкм. Характеристика нафарблення має форму симетричної S-подібної кривої. Якщо товщина шару фарби є спадною, то характеристики нафарблення (2) є також S-подібною кривою, однак вона розміщується значно нижче від попередньої характеристики. Максимальне відхилення від попередньої характеристики є в тінях і становить -25%.

Для зручності аналізу визначали характеристику нафарблення у відносних одиницях. Подавали на вхід блок ділення Divide номінальне значення кількості фарби 80000 куб мкм, а підсилення блоку Gain 100, тоді характеристики нафарблення будуть у відносних одиницях (у відсотках). У результатах другої серії імітаційного моделювання подані на рис. 5.

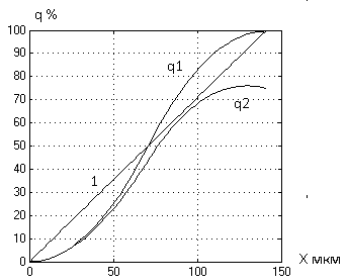


Рис. 5. Характеристики нафарблення растрових елементів у відносних одиницях

Для порівняння на рисунку подана лінійна характеристика нафарблення (1) у відсотках. При сталій товщині шару фарби характеристика нафарблення на початку діапазону проходить нижче лінійної, перетинає її, і піднімається вище, і прямує до кінцевого значення 100%. Максимальне відхилення від лінійності на першому діапазоні становить $-12,54\%$, а на другому $+12,14\%$. Якщо товщина фарби є спадною. Характеристика нафарблення розміщується нижче лінійної. Перше максимальне відхилення від лінійної становить $-13,42\%$, а друге $-1,88\%$, а у кінці діапазону -24% . Отже характеристики нафарблення растрових елементів є нелінійними, що погіршує якість зображення.

Висновки. Розроблено математичну модель нафарблення растрових елементів, яка описує залежність кількості фарби на поверхні растрових елементів ромбічної форми від геометричного розміру елемента.

Розроблено структурну схему імітаційної моделі нафарблення у Simulink за якою можна обчислювати і будувати характеристики нафарблення растрових елементів різної лініатури.

Проведені результати імітаційного моделювання у вигляді характеристик нафарблення за якими встановлено, що характеристики нафарблення є лінійними, а максимальне відхилення від лінійності залежить від діапазону тонопередачі і при сталій товщині фарби знаходиться в межах від $-12,54$ до $+12,14\%$. Якщо товщина фарби є спадною характеристика нафарблення розміщується нижче лінійної і знаходиться в межах від $1,88$ до $-13,42\%$.

Список використаних джерел

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 растрування/ 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 растрування 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. Гультьев 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. Луцків М. Модель нафарблення растрових елементів круглої форми/ Луцків М. М., Курка П. З., // Комп'ютерні технології друкарства:Зб. Наук. праць.-Львів: УАД. 2015.-№33. – С.108-115.
9. 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.
10. Мусійовська М. М. Аналіз точності покриття растрової шкали фарбою у короткій друкарській системі послідовної структури//Комп'ютерні технології друкарства:Зб. Наук. Праць.-Львів: УАД, 2015.-№33. – С.116-124.
11. Ярема С. М, Фарбові та зволожувальні апарати, ракульні лакувальні пристрої друкарських машин/ Ярема С. М., Мамут Б. Г.-К.: Україна. Бліцінформ. 2003-191с.

References

1. Baranovskiy I., V. Yakhymovych Iu. P. (1998), Polihrafichna pererobka obrazotvorchoi informatsii: Navch. posibnyk. — Kyiv —Lviv: IZMN. — 400 s. (in Ukrainian)
2. Baranovskiy I. V., (2013), Pobudova i analiz kharakterystyky rastruvannia/ Baranovskiy I. V., Lutskiy M. M., Fil L. V., Chernozubova H. A.// Naukovi zapysy. Zb. Nauk. Prats.-Lviv: UAD.-№4(45):S. 102-110. (in Ukrainian)
3. Baranovskiy I. V. (2013), Analiz kharakterystyky rastruvannia dlia rombichnoho rastrovoho elementa/ Baranovskiy I. V., Fil L. V.//Komp'uterni tekhnolohii drukarstva: Zb. Nauk. Prats.-Lviv: UAD.-№30. S. 150-157. (in Ukrainian)
4. Blatner D. (1999), Skanirovanie i rastrovannia izobrazhenij / Djevid Blatner. — M. : JeKOM. — 384 s. (in Russian)
5. Gul'tjaev A. K. (1999), MATLAB 5.2. Imitacionnoe modelirovanie v srede WINDOWS: Prakticheskoe posobie. S-Pt. Korona Print. -282s. (in Russian)
6. Kuznecov Ju. V. (2002), Tehnologija obrabotki izobrazitel'noj informacii / Ju. V. Kuznecov. — SPb: Peterburskij in-t pechaty. — 312 s. (in Russian)
7. Lutskiy M. M. (2012), Tsyfrovij tekhnolohii drukarstva : monohr. / M. M. Lutskiy. — Lviv: UAD. — 488 s. (in Ukrainian)
8. Lutskiy M. (2015), Model nafarbblennia rastrovjkh elementiv kruhloj formy/Lutskiy M. M., Kurka P. Z.,//Komp'uterni tekhnolohii drukarstva:Зб. Наук. пратс.-Львів: УАД.-№33. S.108-115. (in Ukrainian)
9. Melnychuk S. I., Yarema S. M. (2000), Ofsetnyi druk: Navchalnyi posibnyk: u 2-kh kn. Kn. 1.: Tekhnolohiia ta obladnannia dodrukarskykh protsesiv. — K.: UkrNDISVD— Kha Har. — 467 s. (in Ukrainian)
10. Musiiovska M. M. (2015), Analiz tochnosti pokryttia rastrovoy shkaly farboiu u korotkii drukarkii systemi poslidovnoi struktury//Komp'uterni tekhnolohii drukarstva:Zb. Nauk. Prats.-Lviv: UAD.-№33. - S.116-124. (in Ukrainian)
11. Iarema S. M. (2003), Farbovi ta zvolozhjuvalni aparaty, rakelni lakuvalni prystroi drukarskykh mashyn/ Yarema S. M., Mamut B. H.-K.: Ukraina. Blitsinform. -191s. (in Ukrainian)

MODEL OF INK APPLICATION ON RASTER ELEMENTS OF RHOMBIC SHAPE

M.Lutskiv, P.Kurka

Ukrainian Academy of Printing 19, Pid Holoskom St., Lviv

We have developed the model of the ink application on raster elements of rhombic shape at a constant and descending ink thicknes; the results of computer simulation have been presented.

Keywords: *screening, printing elements, tone reproduction, ink application, precision, modeling, nonlinearity.*

Стаття надійшла до редакції 12.03.2015

Received 12.03.2015