

УДК 655.027

МОДЕЛЬ НАФАРБЛЕННЯ РАСТРОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КВАДРАТНОЇ ФОРМИ

П. З. Курка

*Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

Розроблено модель нафарблення растрових елементів, визначено і побудовано характеристики нафарблення елементів квадратної форми та проаналізовано їхні властивості.

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

Постановка проблеми. У процесі підготовки до друку зображення має вигляд зображення чи фотографії, тобто воно є неперервним. У цьому випадку відтворення півтонів забезпечується кількістю фарби на одиницю зображення. При високому та плоскому друці товщина фарби є сталою, тому потрібно регулювати тон зображення в інший спосіб. Для відтворення тонових зображень використовують різні методи дискретизації, тобто розбиття на дрібні елементи зображення. У цьому разі відтворення зображення забезпечується автотицією — способом передавання півтонів зміною кількості фарби на одиницю площі [7].

Растрування використовують у багатьох копіювальних апаратах, принтерах (струминних, лазерних, світлодіодних) тощо. Сьогодні розроблено багато нових алгоритмів растрування, але для їх використання необхідно нормалізувати всі процеси приготування до друкування, якісний папір та стабільні умови друкування. Оскільки зі зміною розміру растрових елементів фарба може розтискуватись, що погіршує якість продукції, тому виникає завдання дослідження і розвитку класичних способів растрування, які є більш стабільними для масового виробництва.

У статті розв'язано актуальне завдання дослідження нафарблення растрових елементів квадратної форми за допомогою комп'ютерного моделювання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасне вдосконалення електронно-цифрового растрування при послідовній поелементній обробці зображень в апаратно незалежних процесах потребує математичного моделювання процесів растрування в контексті подальшого виготовлення растрових друкарських форм [12]. Сьогодні широко розвинені методи обробки цифрових зображень і їх математичні моделі [12], однак ці методи не можна безпосередньо застосувати в поліграфії, що зумовлено складністю просторової дискретизації зображення в репродукційному процесі та наявністю різноманітних чинників, які впливають на якість відтворення ілюстрацій поліграфічними засобами. Виробник систем CtP фірма AGFA, яка на замовлення клієнтів інсталує альтернативну програму растрування

Sublima, за допомогою спеціальних тестів проаналізувала недоліки сучасних алгоритмів і систем растрування для низьких та високих лінійтур для різних видів растрування у світлих ділянках, півтонах і тінях, а також явища й ефекти, які при цьому виникають [12]. На основі досліджень фірма зробила висновок, що альтернативні методи растрування з певних причин мають ряд недоліків, які обмежують їх характеристики та можливості. Однією з головних причин появи недоліків альтернативних растрів можна вважати зміну структури класичного растра, внаслідок чого відсутня лінійтура та кут нахилу, що істотно вплинуло на збільшення чутливості зору людини та появу нових ефектів растрування й помітність растра.

Для попередньої цифрової обробки зображень перед раструванням застосовують 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 під час відтворення засобами поліграфії [12].

Види та засоби растрування описано у джерелах [6, 9, 13], в яких подано методи растрового перетворення неперервного напівтонового зображення і побудовано їх модуляційні характеристики. У працях [2, 3, 8, 12] розглянуто методи побудови характеристики растрування для растрових елементів різної форми у вигляді графічних залежностей відносної площі растрових елементів від зміни геометричних розмірів, наприклад, радіуса круглого елемента. У дослідженні [8] уперше опрацьовано математичну модель покриття растрових елементів круглої форми шаром фарби, описано залежність кількості фарби на поверхні растрових елементів круглої форми за умови, що керувальний вплив здійснюється зміною геометричного розміру елемента.

Мега статті — опрацювати математичну модель нафарблення растрових елементів квадратної форми шаром фарби (нафарблення) при сталій і спадній товщині фарби, визначити і побудувати характеристику нафарблення для елемента квадратної форми та проаналізувати результати.

Виклад основного матеріалу дослідження. Один із важливих етапів приготування растрового зображення до друкування — покриття растрових елементів шаром фарби за умови, що керувальний вплив здійснюється зміною подавання кількості фарби на поверхню елемента. Для побудови математичної моделі нафарблення растрових елементів припускаємо, що: керувальним впливом (вхідною змінною) у процесі растрування є геометричні розміри елемента, вихідною змінною є площа растрового елемента, яка є носієм інформації під час растрування, товщина шару фарби, яка передається на поверхню растрових елементів, є сталою або змінюється за наперед заданим законом, не враховуємо технологічні впливи і дії на нафарблення. За таких умов відтворення півтонів при нафарбленні забезпечує так звана автотипія — спосіб передавання півтонів зміною кількості фарби на поверхні растрових елементах. Відповідно до тону змінюється площа растрового елемента і товщина шару фарби на її поверхні.

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

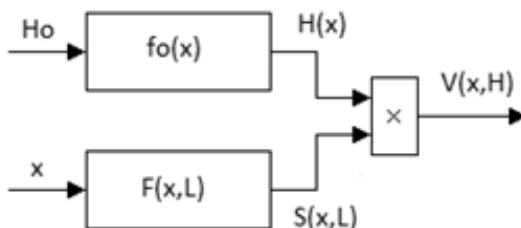


Рис. 1. Схема моделі нафарблення растрових елементів

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

$$V(x, L) = S(x, L) \times H(x), \quad (1)$$

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'язання поставленої задачі моделювання залежить від таких основних параметрів: форми растрового елемента, лініатури растра і товщини шару фарби на заданому діапазоні тонопередавання. Розглянемо приклад розв'язання задачі моделювання нафарблення для растрових елементів квадратної форми, який повторює форму растрової комірки, у растровій решітчастій структурі. Квадратний елемент розміщується в центрі растрової решітки, розміри якої залежать від лініатури растра. Схема геометрії растрівання подана на рис. 2.

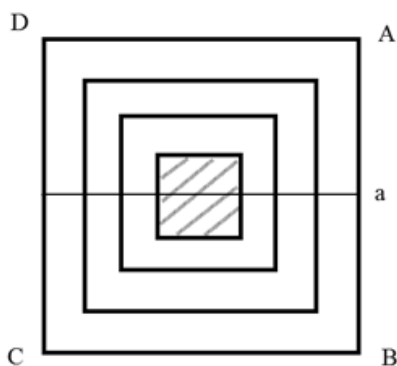


Рис. 2. Схема геометрії растрівання

Квадратний растровий елемент вписаний в елементарний растровий квадрат ABCD. У процесі растрівання збільшуються розміри сторони квадрата від 0 до a , квадрат стане вписаним у растрову комірку. При реальному збільшенні геометричного розміру від 0 до a поверхня квадрата поступово обмежується елементарним квадратом, внаслідок чого він накладається на растрову комірку.

Зі зміною діапазону тонопередавання від світлих до середніх тонів розміри квадрата поступово збільшуються, тоді площа растрового елемента визначатиметься площею квадрата

$$S = x^2, \text{ якщо } 0 \leq x \leq a, \tag{2}$$

де x — просторова змінна.

Відповідно визначимо сторону квадрата через лініатуру растра

$$AB = a = 1/L, \tag{3}$$

де L — лініатура растра.

Відносна площа растрового елемента

$$S = x^2 L^2, \text{ якщо } 0 \leq x \leq a. \tag{4}$$

Після підстановки виразу (2) у вираз (1) одержимо формулу нафарблення квадратного растрового елемента на повному інтервалі тонопередавання, виражену кількість фарби на елементах

$$V(x, H) = H(x) x^2, \text{ якщо } 0 \leq x \leq a. \tag{5}$$

Для спрощення і зручності порівняльного аналізу застосовують відносну кількість фарби

$$q = V(x, H) / V_M, \tag{6}$$

де V_M — максимальне значення кількості фарби растрової комірки $V_M = S_k H_0$, де S_k — площа комірки, H_0 — середнє або максимальне значення товщини шару фарби.

Залежно від мети дослідження можна застосовувати той чи інший вираз для визначення абсолютної чи відносної кількості фарби при нафарбленні растрових елементів.

$$q = (H(x) x^2) / V_M, \text{ якщо } 0 \leq x \leq a. \tag{7}$$

Вираз (5) математична модель нафарблення растрового елемента квадратної форми. Якщо у виразі (5) лінійно змінювати незалежну просторову змінну x (керувальний вплив) у заданих межах для заданого значення товщини фарби $H(x)$, тоді за виразом можна розрахувати і побудувати характеристику нафарблення. Поставлену задачу будемо розв'язувати за допомогою комп'ютерного моделювання, застосувавши об'єктно-орієнтоване програмування у пакеті Simulink [8]. На основі виразу (5) опрацьована структурна схема імітаційної моделі нафарблення для растрових елементів квадратної форми у Simulink, яка подана на рис. 3.

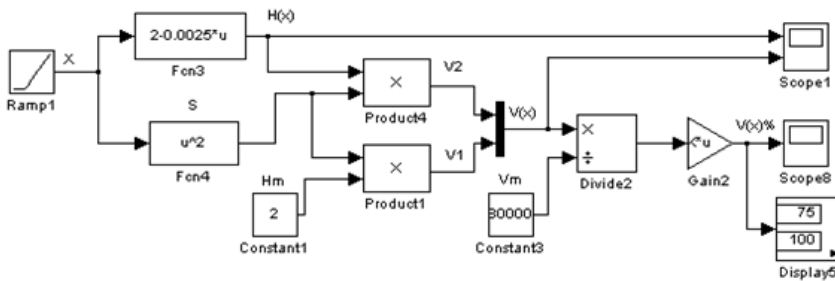


Рис. 3. Структурна схема моделі нафарблення у Simulink

Основними блоками є блоки математичних функцій F_{cn} . У діалогових вікнах блока F_{cn4} обчислюється площа растрових елементів на різних діапазонах, а в блоці F_{cn3} задається бажаний закон зміни товщини фарби. Керувальний вплив створює блок Ramp, який генерує лінійну просторову змінну x . Визначення кількості фарби на растровому елементі здійснюється у блоці множення, а кількість фарби у відносних одиницях — у блоках ділення Divide2. Візуалізація характеристик нафарблення здійснюється блоками Score, а числові значення висвітлюються блоком Display.

Метою імітаційного моделювання був розрахунок, побудова й аналіз характеристик нафарблення растрових елементів квадратної форми. Для прикладу, задали лініатуру растра $L = 50$ лін/см і визначили необхідні параметри діапазонів растровання $a = 0 \div 200$ 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 в абсолютних одиницях подані на рис. 4.

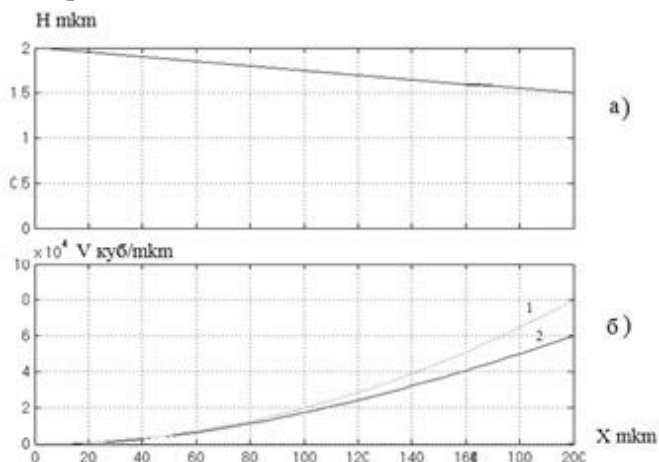


Рис. 4. Характеристики нафарблення в абсолютних одиницях

На рис. 4а подано сталі значення товщини фарби і лінійно спадна зміна товщини шару фарби на всьому діапазоні нафарблення, на рис. 4б — характеристики нафарблення (1) для сталої товщини шару фарби і спадної (2). Протягом усього діапазону характеристика (1) зростає за квадратичною залежністю, а величина кількості фарби на растровому елементі прямує до номінального значення 80000 куб мкм. Зменшення кількості фарби при нафарбленні спотворює характеристику. Максимальне відхилення від попередньої характеристики є в тінях і становить -25% .

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

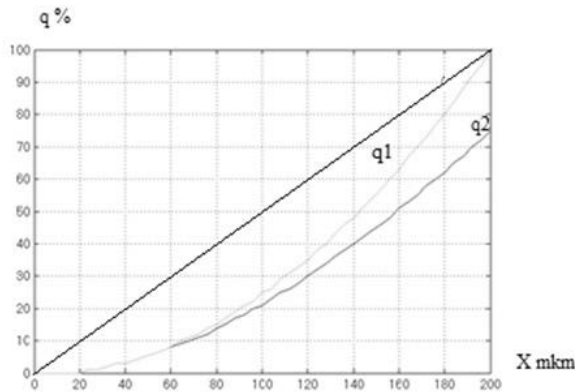


Рис. 5. Характеристики нафарблення растрових елементів у відносних одиницях

Для порівняння на рисунку подана лінійна характеристика нафарблення (1) у відсотках. При сталій товщині шару фарби характеристика нафарблення q_1 на початку діапазону плавно піднімається і прямує до кінцевого значення 100%. Максимальне відхилення від лінійності при сталій товщині фарби становить $-26,7\%$ на середині діапазону, а на кінці зменшується до лінійності. Якщо товщина фарби є спадною, характеристика нафарблення q_2 розміщується нижче від q_1 , відхилення від лінійної становить на середині $-29,84\%$, а у кінці діапазону -25% . 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 квадратної форми від геометричного розміру елемента.

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

Подано результати імітаційного моделювання у вигляді характеристик нафарблення за якими встановлено, що характеристики нафарблення є не лінійними, а максимальне відхилення від лінійності залежить від діапазону тонопередавання і при сталій товщині фарби перебуває в межах від $-26,7$ до 0% . Якщо товщина фарби є спадною, характеристика нафарблення розміщується нижче від лінійної і перебуває в межах від $-29,84\%$ до -25% .

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барановський І. В. Поліграфічна переробка образотворчої інформації : навч. посібн. / І. В. Барановський, Ю. П. Яхимович. — К.-Львів : ІЗМН, 1998. — 400 с.
2. Барановський І. В. Побудова і аналіз характеристики растрування / І. В. Барановський, М. М. Луцків, Л. В. Філь, Г. А. Чернозубова // Наукові записки. [Зб. наук. праць]. — № 4(45). — 2013. — С. 102–110.
3. Барановський І. В. Аналіз характеристики растрування для ромбічного растрового елемента / І. В. Барановський, Л. В. Філь // Комп'ютерні технології друкарства. — № 30. — 2013. — 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. — СПб : Корона Принт, 1999. — 282 с.
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 / М. М. Луцків, П. З. Курка // Комп'ютерні технології друкарства. — № 33. — 2015. — С.108–115.
9. Мельничук С. І. Офсетний друк: навчальний посібник: у 2-х кн. Кн. 1.: Технологія та обладнання додрукарських процесів / С. І. Мельничук, С. М. Ярема. — К. : УкрНДІСВД–Ха Гар, 2000. — 467 с.
10. Мусійовська М. М. Аналіз точності покриття растрової шкали фарбою у короткій друкарській системі послідовної структури / М. Мусійова // Комп'ютерні технології друкарства. — 2015. — № 33. — С.116–124.
11. Ярема С. М. Фарбові та зволожувальні апарати, ракельні лакувальні пристрої друкарських машин / С. М. Ярема, Б. Г. Мамут. — К. : Україна. Бліцінформ, 2003. — 191 с.
12. Філь Л. В. Аналіз нелінійності характеристик растрування для елемента квадратної форми / Л. В. Філь // Кваліологія книги. — 2013. — № 1. — С. 21–28.
13. Стефанишин Н. І. Сучасні технології цифрового растрування / Н. І. Стефанишин, М. В. Шовгенюк // Комп'ютерні технології друкарства. — 2001. — № 6.

REFERENCES

1. Baranovskyi, I. V., & Yakhymovych, Iu. P. (1998). Polihrafichna pererobka obrazotvorchoi informatsii: navch. Posibnyk. Kiev–Lviv : IZMN (in Ukrainian).
2. Baranovskyi, I. V., Lutskiv, M. M., Fil, L. V., & Chernozubova, H. A. (2013). Pobudova i analiz kharakterystyky kastruvannia. Naukovi zapysy, 4(45), 102–110 (in Ukrainian).
3. Baranovskyi, I. V., & Fil, L. V. (2013). Analiz kharakterystyky rastrovannia dlia rombichnoho rastrovoho elementa. Komp'uterni tekhnolohii drukarstva, 30, 150–157. (in Ukrainian).
4. Blatner, D. (1999). Skanirovanie i rastrovanie izobrazhenii. Moscow: EKOM (in Russian).
5. Gultiaev, A. K. (1999). MATLAB 5.2. Imitatsionnoe modelirovanie v srede WINDOWS. SPb: KoronaPrint (in Russian).
6. Kuznetsov, Iu. V. (2002). Tekhnologii obrabotki izobrazitelnoi informatcii. SPb : Peterburskii in-t pechati (in Russian).
7. Lutskiv, M. M. (2012). Tsyfrovii tekhnolohii drukarstva. — Lviv : UAD (in Ukrainian).
8. Lutskiv, M., & Kurka, P. Z. (2015). Model nafarblynnia rastrovokh elementiv kruhloi formy. Komp'uterni tekhnolohii drukarstva, 33, 108–115 (in Ukrainian).
9. Melnychuk, S. I., & Yarema, S. M. (2000). Ofsetnyi druk: Tekhnolohiia ta obladnannia dodrukarskykh protsesiv. Kiev: UkrNDISVD-KhaHar (in Ukrainian).
10. Musiiivska, M. M. (2015). Analiz tochnosti pokryttia rastrovoyi shkaly farboiu u korotkii drukarkii system iposlidovnoi struktury. Komp'uterni tekhnolohii drukarstva, 33, 116–124 (in Ukrainian).

11. Yarema, S. M., & Mamut, B. H. (2003). Farbovi ta zvolozhuvalni aparaty, rakelni lakuvalni prystroi drukarskykh mashyn. Kiev: Ukraina. Blitsinform (in Ukrainian).
12. Fil, L. V. (2013). Analiz neliniinosti kharakterystyk rastruvannia dlia elementa kvadratnoi formy. Kvalilohiia knyhy, 1 (in Ukrainian).
13. Stefanyshyn, N. I. (2001). Suchasni tekhnolohii tsyfrovoho rastruvannia / N. I. Stefanyshyn, M. V. Shovheniuk // Komp'uterni tekhnolohii druzkarstva : zb. nauk. prats [Ukr. akad. druzkarstva]. № 6.

MODEL OF INK APPLICATION ON RASTER ELEMENTS OF SQUARE SHAPE

P. Z. Kurka

*Ukrainian Academy of Printing
19, Pid Holoskom, St., Lviv, 79020, Ukraine
petiaman@gmail.com*

The model of ink application of raster elements has been developed, the characteristics of ink application on elements of square shape have been defined and designed and their properties have been analyzed.

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

Стаття надійшла до редакції 08.02.2016.

Received 08.02.2016.