

УДК 655.255.3+681.511

МОДЕЛЮВАННЯ НОРМОВАНОГО РАСТРОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ ЕЛЕМЕНТІВ РОМБІЧНОЇ ФОРМИ

М. М. Луцків, Д. Т. Гунько

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

Розроблено математичну модель нормованого растрового перетворення для елементів ромбічної форми, яка дає можливість розраховувати і будувати характеристики нормованого растрового перетворення, на основі яких шляхом масштабування можна побудувати характеристики растрування для різної лініатури растра, що зручно для практичного застосування, і визначено параметри, необхідні для програмної реалізації. Подано результати імітаційного моделювання, побудовано градаційні характеристики нормованого растрового перетворення, проаналізовано їх властивості. Подано характеристику растрування у відносних одиницях. Характеристика растрування є S-подібною кривою. Для об'єктивної кількісної оцінки растрового перетворення запропоновано визначити відхилення характеристики від лінійної. Графік відхилення характеристики від лінійної, який поданий у відсотках, є синусоподібною кривою. На початку відхилення є від'ємне, поступово збільшується і досягає мінімального значення — 12,4 %, переходить через 0, досягає максимального значення — 14,5 % і прямує до нуля. Оскільки відносна площа растрового елемента відповідає оптичній густині зображення, то на середніх тонах буде розсвітлення зображення, а на сірих затемнення зображення порівняно із оригіналом. Отже, растрове перетворення спричиняє спотворення тонопередачі, тому його необхідно коригувати на стадії підготовки зображення до друкування.

Ключові слова: модель, растрове перетворення, схема, ромб, нормування, площа, характеристики, якість, аналіз.

Постановка проблеми. Основним процесом підготовки поліграфічних оригіналів (фотографій, зображень, рисунків, цифрових аналогів зображень) до друку є їх розклад на дрібні елементи перетворення у растрову форму, що є необхідним для виготовлення растрової друкарської форми. Для цього застосовують системи СтР, у яких можна вибрати потрібну форму растрових елементів і необхідну лініатуру. Окрім цього, розроблено альтернативні способи растрування, зокрема амплітудно-модельоване растрування, частотно-модульоване растрування, стохастичне растрування та інші [8, 10, 13]. Новітні методи забезпечують високу якість растрових зображень, зокрема, кращу якість кольорових видань [8, 11]. Основною проблемою при застосуванні нових методів растрування є жорсткі вимоги до стандартизації та нормалізації усіх процесів, матеріалів, машин, наявність дорогих

систем зонального автоматичного налагодження подачі фарби на заданий наклад, що значно утрудняє і обмежує впровадження альтернативних методів растрування не тільки в Україні, а й на Заході, тому вони рідко застосовуються [10, 13]. Отже, для підвищення якості відтворення зображення поліграфічними засобами необхідно вдосконалювати традиційний поліграфічний растр і процеси растрування.

Процеси, які відбуваються під час растрування — складні, багатогранні та проходять за наявності різних впливів і збурень, що ускладнює їх аналіз. Тому в поліграфії переважають експериментальні методи дослідження, на основі яких будують і аналізують градаційні характеристики процесу растрування і здійснюють корекцію та компенсацію різних впливів. Відсутність адекватних математичних моделей процесу растрування унеможливує об'єктивну оцінку, аналіз і оптимізацію растрового перетворення. Тому моделювання нормованого растрового перетворення є актуальною задачею, що дає змогу оцінити його якість незалежно від лініатури і розмірів растрових елементів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сьогодні широко розвинені методи обробки цифрових зображень, побудовані на основі їх моделей, які дають змогу значно покращити візуальну якість зображень і одночасно зорозово оцінити його якість і за необхідності додатково поправити [6, 10, 11]. Наявні методи обробки цифрових зображень безпосередньо неможливо застосувати для покращення якості поліграфічних растрових зображень. Здебільшого при цифровій обробці зображень оперують градаціями сірого, подані цифрами із ряду [0, 255]. Цифрове зображення подається масивами цифр, іншої інформації воно не містить. Натомість поліграфічне растрове зображення описується геометричними розмірами елементів та їх площею, формою растрових елементів та лініатурою [1, 8]. Тому наявні методи обробки цифрових зображень безпосередньо неможливо застосувати для аналізу растрового перетворення.

У працях [1, 8, 12] подано загальні відомості про технологію растрування, растрову тонопередачу, узгодження діапазонів тонопередачі, вибір лініатури, традиційні та альтернативні методи растрування.

У публікаціях [2, 3] подано математичні моделі растрового перетворення, побудовано градаційні характеристики растрування для елементів різної форми і лініатури та здійснено їх аналіз. У публікації [4] подано аналітичне визначення параметрів коригувальної ланки для растрових елементів квадратної форми.

У праці [14] розроблено математичні моделі растрового перетворення, побудовано градаційні характеристики, проаналізовано їх властивості для елементів різної форми і лініатури. Розроблено аналітичний метод корекції процесу растрування для послідовної корекції, що забезпечує лінійність характеристики.

Мета статті — побудувати математичну модель нормованого растрового перетворення для елементів ромбічної форми, розрахувати і побудувати характеристики растрового перетворення та проаналізувати їх властивості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Традиційно растрове зображення виконують безпосередньо для заданих растрових елементів заданої форми і лініатури. Носієм інформації є площа растрових елементів, яка відповідає оптичній

густині оригіналу. Управляючим впливом є геометричний розмір растрових елементів, який однозначно визначає площу елементів. Загалом такий спосіб растрового перетворення зображень, у якому площа растрового елемента є носієм інформації, а геометричні розміри елемента, якого відповідають оптичній густині зображення, є управляючим впливом, подамо виразом:

$$S = F(x, L, D), \quad (1)$$

де x — геометричний розмір растрового елемента, який розміщений у растровій комірці; L — лініатура, яка визначає геометричні розміри растрової комірки (растрового квадрата); D — оптична густина зображення.

Вибір лініатури растра залежить від типу друкованої продукції (книжкова, журнальна, газетна та ін.) і матеріалу, на якому здійснюється друкування, що значно впливає на якість друкованої продукції, що ускладнює аналіз растрового перетворення і його синтез. Щоб узагальнити аналіз, запропоновано математичну модель нормованого растрового перетворення у вигляді двомірної функції з областю визначення — замкнутим одиничним квадратом і множиною значень розмірів растрових елементів — замкнутим одиничним інтервалом $[0, 1]$. Основні властивості цієї функції: більша нуля, якщо один із аргументів дорівнює одиниці, то функція дорівнює одиниці. Геометричне подання запропонованого нормованого растрового перетворення для елемента ромбічної форми, розміщеного у центрі квадрата одиничних розмірів, подано на рис. 1.

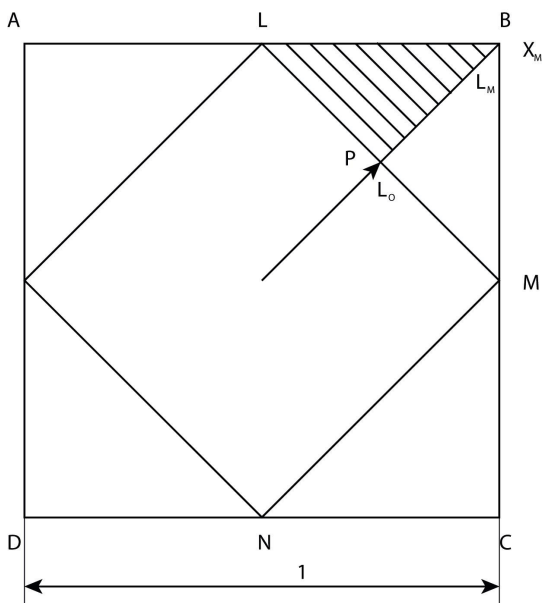


Рис. 1. Схема геометрії нормованого растрового перетворення для елемента ромбічної форми

Растровий квадрат (комірка) ABCD має сталі одиничні розміри. Растровий елемент ромбічної форми розташований у центрі квадрата. У процесі растрового

перетворення змінюються геометричні розміри растрового елемента, які подано четвертиною діагоналлю квадрата, що змінюється в межах $[0, l_0]$. Приймавши геометричні розміри реєстрового елемента та аргумент відповідно до рис. 1, запишемо функцію растрового перетворення для першого інтервалу:

$$S1_H = x^2, \text{ якщо } 0 < X_H < l_0, \quad (2)$$

де X_H — аргумент — просторова змінна; l_0 — четверть діагоналлю растрового квадрата ABCD.

При подальшому збільшенні геометричних розмірів ромбічного елемента від точки P до точки B поверхня ромба поступово обмежується растровим квадратом, внаслідок чого спотворюється його форма, яка стає восьмикутником, а приріст площі поступово зменшується і прямує до нуля. Тоді площу растрового елемента, яку відсікає растровий квадрат від ромба, виразимо як суму площ восьми трапецій, заштриховану на рисунку, яка поступово зменшується і прямує до площі трикутника BLP. Її площу визначимо як інтеграл обмежений відрізками PL, PB, BL.

$$S2_H = 8 \int_{L_0}^{L_M} (l_H - x) dx, \text{ якщо } l_0 < x < l_m. \quad (3)$$

На основі схеми (рис. 2) визначимо необхідні параметри обчислення площі:

$$BD = \sqrt{1+1} = 1,414; X_M = L_M = \frac{BD}{2} = 0,7071; L_0 = \frac{BD}{4} = 0,3538. \quad (4)$$

Тоді функція нормованого растрового перетворення

$$S_H = S1_H + S2_H. \quad (5)$$

Після підстановки нормоване растрове перетворення для елемента ромбічної форми

$$S_H = \begin{cases} X_H^2, & \text{якщо } 0 \leq x \leq L_0 \\ 8 \int_{L_0}^{L_M} (L_M - x) dx, & \text{якщо } L_0 \leq x \leq L_M. \end{cases} \quad (6)$$

Якщо у виразі (6) лінійно змінювати просторову змінну, то за ним можна розрахувати і побудувати характеристику нормованого перетворення.

Розв'язання поставленої задачі традиційним методом складання комп'ютерної програми та її налагодження ускладнює задачу. Тому для спрощення задачі застосоване імітаційне моделювання. На основі викладеного і парадигми об'єктно-орієнтованого програмування [7] побудована схема моделі нормованого растрового перетворення для елемента ромбічної форми в пакеті Matlab:Simulink (рис. 2).

У верхній частині розташована схема моделі для обчислення площі елемента на інтервалі $[0, l_0]$. Блок *Ramp* генерує лінійний нормований розмір X_H , який обмежується блоком *Saturation*, до рівня $[l_0]$. Блок математичної функції *Fcn* обчислює площу $S1_H$ відповідно до виразу (2). У нижній частині міститься схема для обчислення площі растрового елемента на другому діапазоні $[l_0, l_m]$. Блок *Transfer Fcn* виконує операцію інтегрування відповідно до виразу (3). Блок *Step* комує задані інтервали інтегрування. На виході блока додавання одержується результат обчислення нормованого реєстрового перетворення. Для візуалізації результатів імітаційного моделювання застосовано блоки *Scope* і *Display*. У нижній частині розташована схема, яка визначає відхилення характеристики нормованого растрового перетворення від лінійної

$$E=[S_N-S_0]100\%, \quad (7)$$

де S_0 — лінійна характеристика.

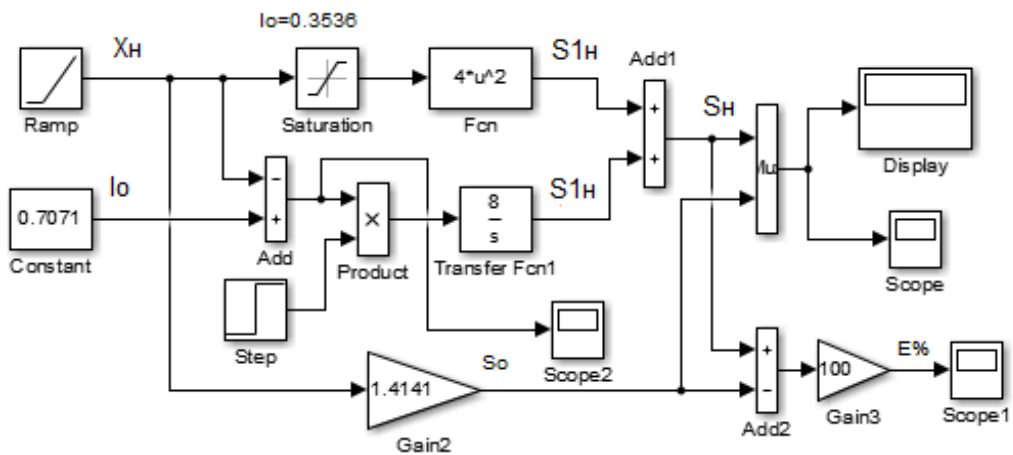


Рис. 2. Структурна схема моделі нормованого растрового перетворення

Налагодили модель на визначені параметри (4). На рис. 3 подано результати імітаційного моделювання градаційної характеристики нормованого растрового перетворення.

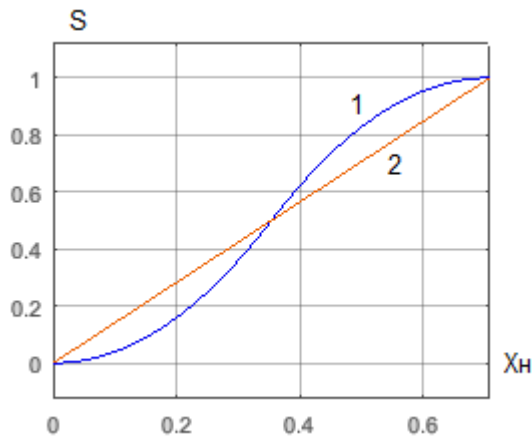


Рис. 3. Характеристики нормованого растрового перетворення:
1 — растрового перетворення; 2 — лінійного перетворення

Для порівняння на рисунку подана лінійна характеристика. Побудована градаційна характеристика нормованого растрового перетворення є S-подібною кривою. На початку діапазону характеристика розташовується нижче лінії, перетинає її, піднімається вище і в кінці діапазону прямує до одиниці. Результати відхилення характеристики нормованого растрового перетворення від лінійності подано на рис. 4.

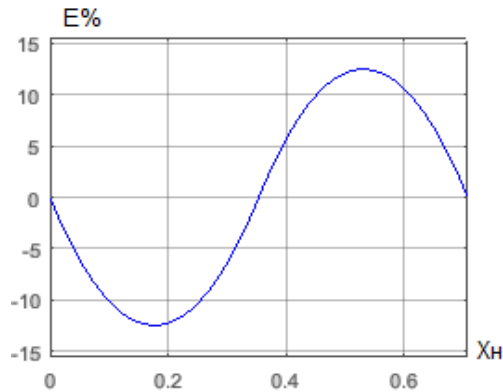


Рис. 4. Графік відхилення характеристики растрівання від лінійності

Характеристика нормованого растрового перетворення є синусоподібною кривою. На початку діапазону відхилення є від'ємне, поступово збільшується, досягає мінімального значення, переходить через 0, поступово збільшується, досягає максимального значення, а в кінці діапазону прямує до нуля. Нелінійність градаційної характеристики нормованого растрового перетворення спричиняє спотворення тонопередачі і погіршення якості растрових зображень, тому її необхідно коригувати.

На основі моделі нормованого растрового перетворення (рис. 2) можна відносно просто будувати градаційні характеристики растрівання для заданої лініатури шляхом масштабування. Для цього в схему моделі (рис. 2) необхідно додатково ввести блоки *Gain* на виході блока *Ramp* і виході блока *Fcn*. Вхідний сигнал X_n необхідно помножити на масштаб $M1=1/2 L$, а вихідний сигнал блока *Fcn* SIn помножити на масштаб $M2 = 2L$, які задаються у діалогових вікнах блоків *Gain*. Для прикладу задали лініатуру $L=50$ лін/см, визначили масштаб $M1=0,01$, $M2=100$. На рис. 5. наведено характеристики растрівання для лініатури $L=50$ лін/см, які подані у відсотках, а лінійні розміри елемента у мікронах.

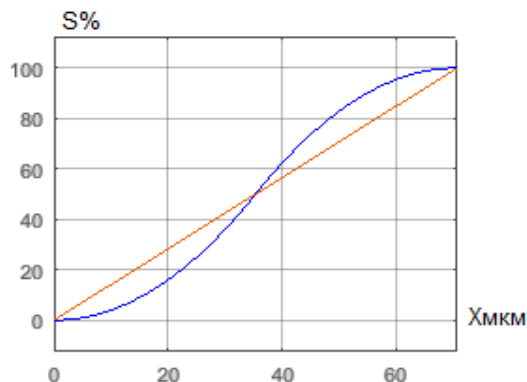


Рис. 5. Характеристика растрівання

Градаційна характеристика растрування є S -подібною кривою, яка на початку діапазону тонопередачі є вгнутою, а в кінці опуклою. Аналогічно шляхом масштабування можна побудувати характеристику растрування в абсолютних одиницях площі. Побудовані градаційні характеристики використовують на стадії підготовки зображень до растрування та корекції тонопередачі.

Висновки. Розроблено математичну модель нормованого растрового перетворення для елементів ромбічної форми і визначено параметри, необхідні для програмної лінійаризації, які описують залежність площі растрового елемента від його геометричних розмірів, а значення оптичної густини відповідає відносній площі. Опрацьована структурна схема імітаційної моделі у пакеті Matlab:Simulink, яка забезпечує обчислення і побудову характеристики нормованого растрового перетворення, на основі якої шляхом масштабування будуються градації характеристики растрування для різної лініатури растра, що необхідні для практичних застосувань.

Подано результати імітаційного моделювання характеристик нормованого растрового перетворення, за якими встановлено, що вони є нелінійними. Розглянуто приклад масштабування нормованого растрового перетворення для лініатури 120 лін/см, площа якої подана у відсотках [0,100] %, а розміри елемента у мікронах. Результати роботи можна застосувати на стадії підготовки зображень до растрування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барановський І. В., Юхимович Ю. П. Поліграфічна переробка образотворчої інформації : навч. посіб. Київ-Львів : ІЗМН, 1998. 400 с.
2. Побудова і аналіз характеристики растрування / Барановський І. В., Луцків М. М., Філь Л. В., Чернозубова Г. А. *Наукові записки [Української академії друкарства]*. 2013. С. 102–110.
3. Барановський І. В. Аналіз характеристики растрування для ромбічного растрового елемента. *Комп'ютерні технології друкарства*. 2013. № 30. С. 750–757.
4. Побудова характеристик растрування цифрового зразка тональної шкали / Барановський І. В., Луцків М. М., Філь Л. В., Чернозубова Г. А. *Комп'ютерні технології друкарства*. 2013. № 29. С. 175–184.
5. Блантер Д. Сканирование и растривание изображений. Москва : ЕКОМ, 1999. 384 с.
6. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Москва : Техносфера, 2012. 1104 с.
7. Гульятев А. К. MATLAB 5.2 Имитационное моделирование в среде Windows : практич. пособ. Санкт-Петербург : КоронаПринт, 1999. 282 с.
8. Кузнецов Ю. В. Технология обработки изобразительной информации. Санкт-Петербург : Петербургский ин-т печати, 2002. 312 с.
9. Луцків М. М. Цифрові технології друкарства : монографія. Львів : УАД, 2012. 488 с.
10. О'Квин Д. Допечатная подготовка. Руководство дизайнера : учеб. пособ. Москва : Издательский дом «Вильямс», 2003. 592 с.
11. Предко Л. С. Проективання додрукарських процесів : навч. посіб. Львів : УАД, 2009. 352 с.
12. Самарин Ю. Н. Допечатное оборудование. Конструкции и расчет. Москва : МГУП, 2002. 555 с.
13. Стефанишин Н. І., Шовгенюк М. В. Сучасні технології цифрового растрування. *Комп'ютерні технології друкарства*. 2004. № 6. С. 101–109.

14. Філь Л. В. Удосконалення технологічного процесу растрування на стадії формування і лінераризації друкарських елементів. Львів : УАД, 2014. 240 с.

REFERENCES

1. Baranovskyi, I. V., & Yukhymovych, Yu. P. (1998). Polihrafichna pererobka obrazotvorchoi informatsii. Kyiv-Lviv : IZMN (in Ukrainian).
2. Baranovskyi, I. V., Lutskiv, M. M., Fil, L. V., & Chornozubova, H. A. (2013). Pobudova i analiz kharakterystyky rastruvannia: Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii druzarstva], 102–110 (in Ukrainian).
3. Baranovskyi, I. V. (2013). Analiz kharakterystyky rastruvannia dlia rombichnoho rastrovoho elementa: Kompiuterni tekhnolohii druzarstva, 30, 750–157 (in Ukrainian).
4. Baranovskyi, I. V., Lutskiv, M. M., Fil, L. V., & Chornozubova, H. A. (2013). Pobudova kharakterystyk rastruvannia tsyfrovoho zrazka tonalnoi shkaly: Kompiuterni tekhnolohii druzarstva, 29, 175–184 (in Ukrainian).
5. Blanter, D. (1999). Skanirovanie i rastrirovanie izobrazhenij. Moskva : EKOM (in Russian).
6. Gonsales, R., & Vuds, R. (2012). Cifrovaja obrabotka zobrazhenij. Moskva : Tehnosfera (in Russian).
7. Gul'tjaev, A. K. (1999). MATLAB 5.2 Imitacionnoe modelirovanie v srede Windows. Sankt-Peterburg : KoronaPrint (in Russian).
8. Kuznecov, Ju. V. (2002). Tehnologija obrabotki izobrazitel'noj informacii. Sankt-Peterburg : Peterburgskij in-t pechaty (in Russian).
9. Lutskiv, M. M. (2012). Tsyfrovi tekhnolohii druzarstva. Lviv : UAD (in Ukrainian).
10. O'Kvin, D. (2003). Dopechatnaja podgotovka. Rukovodstvo dizajnera. Moskva : Izdatel's'kij dom «Vil'jams» (in Russian).
11. Predko, L. S. (2009). Proektuvannia dodrukarskykh protsesiv. Lviv : UAD (in Ukrainian).
12. Samarin, Ju. N. (2002). Dopechatnoe oburodovanie. Konstrukcii i raschet. Moskva : MGUP (in Russian).
13. Stefanyshyn, N. I., & Shovheniuk, M. V. (2004). Suchasni tekhnolohii tsyfrovoho rastruvannia: Kompiuterni tekhnolohii druzarstva, 6, 101–109 (in Ukrainian).
14. Fil, L. V. (2014). Udoskonalennia tekhnolohichnoho protsesu rastruvannia na stadii formuvannia i lineryzatsii druzarskykh elementiv. Lviv : UAD (in Ukrainian).

doi: 10.32403/1998-6912-2020-2-61-30-38

MODELLING OF NORMALIZED RASTER TRANSFORMATION FOR RHOMBIC ELEMENTS

M. M. Lutskiv, D. T. Hunko

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
lutolen@i.ua*

A mathematical model of normalized raster transformation for rhombic elements has been developed, which makes it possible to calculate and design characteristics

of normalized raster transformation, on the basis of which scaling characteristics can be constructed for different raster lines, which is convenient for practical application. The results of simulation modelling are presented, the gradation characteristics of the normalized raster transformation are constructed, their properties are analysed. The characteristic of rasterization in relative units is presented. The rasterization characteristic is an S-shaped curve. To objectively quantify the raster transformation, it is suggested to determine the deviation of the characteristic from the linear one. The graph of the deviation of the characteristic from the linear, which is given as a percentage, is a sine-shaped curve. At the beginning, the deviation is negative, gradually increases and reaches a minimum value — 12.4%, goes through 0, reaches a maximum value — 14.5% and goes to zero. Since the relative area of the raster element corresponds to the optical density of the image, the midtones will lighten the image, and the grayscale will darken the image compared to the original. Therefore, bitmap transformation distorts the tone, so it needs to be adjusted at the stage of preparing the image for printing.

Keywords: *model, raster transformation, scheme, rhombus, rationing, area, characteristics, quality, analysis.*

Стаття надійшла до редакції 10.06.2020.

Received 10.06.2020.