

УДК 655.255.3+681.511

## МОДЕЛЮВАННЯ НОРМОВАНОГО РАСТРОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ ЕЛЕМЕНТІВ КВАДРАТНОЇ ФОРМИ

Д. Т. Гунько

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

*Розроблено модель нормалізації растрового перетворення елементів квадратної форми одиничної площі різної лініатури, яка описує залежність площі растрових елементів від його геометричної форми, яка відповідає оптичній густині растрового зображення. Побудовано структурну схему моделі, яка дає змогу паралельно розраховувати і будувати характеристики растрового перетворення для різної лініатури. Подано результати імітаційного моделювання, побудовано характеристики нормованого растрового перетворення для різної лініатури, проаналізовано їх властивості. Характеристика нормованого растрового перетворення — нелінійна квадратична крива, що спотворює зображення. Для об'єктивної кількісної оцінки растрового перетворення запропоновано визначати характеристики відхилення від лінійної. Графік відхилення характеристики від лінійності, який поданий у відсотках, є U-подібною кривою. Встановлено, що максимальне відхилення від лінійності становить 25 %. Оскільки відносна площа растрових елементів відповідає оптичній густині зображення, то на середніх розмірах елемента буде розсвітлення тонів зображення порівняно з оригіналом. Отже, растрове перетворення спричиняє спотворення тонопередачі, тому його необхідно коригувати. Побудовану модель і характеристики растрового перетворення можна застосовувати на стадії підготовки зображення до растрування і корекції тонопередачі.*

**Ключові слова:** растрування, нормалізація, квадрат, лініатура, моделювання, характеристики, нелінійність, якість.

**Постановка проблеми.** Динамічний розвиток книжково-журнального виробництва, що базується на використанні офсетного друку, потребує забезпечення випуску високоякісної продукції. Як підтверджують джерела та практичний досвід, він визначається нормалізацією умов друкування, що значною мірою залежить від вибору типу матеріалів, устаткування, технології та режиму друкування. Новітні технології CtP забезпечили якісне виготовлення растрових друкарських форм, однак суттєво не підвищили якість друкованої продукції [8, 10]. Для одержання високоякісних растрових відбитків головний вплив має растрування напівтонових ілюстрацій. Фізично растрові елементи проявляються на друкарській формі як друкувальні елементи. У процесі друкування вони нафарблюються, створюється

фарбове зображення, яке через офсетний циліндр передається на задруковуваний матеріал. Водночас відбувається фізичне збільшення фарбових растрових точок, що спричиняє спотворення растрового зображення, яке називається розтискуванням. Саме розтискування, яке зумовлене приростом площі фарбових точок, є головною причиною погіршення якості растрового зображення на відбитку [4, 8, 10].

Сьогодні застосовують класичні методи растрування у системах CtP, де можна вибрати необхідну форму растрового елемента і задати потрібну лініатуру. Виробники CtP розробили і на замовлення клієнтів інсталиують альтернативні програми частотного, гібридного, стохастичного растрування, які забезпечують високу якість растрування, кращу якість кольорових видань [4, 8, 9, 13]. Основна проблема — жорсткі вимоги до стандартизації та нормалізації усіх процесів, матеріалів, машин та наявність дорогих багатоканальних систем зонального автоматичного налагодження подачі фарби на заданий наклад, що значно обмежує впровадження альтернативних методів растрування не тільки в Україні, а й на Заході [4, 9, 10, 13].

Теоретичні основи растрового перетворення значною мірою відстають від теорії цифрової обробки і перетворення зображень у різних галузях [5, 7, 12]. У поліграфії переважають експериментальні методи, на основі яких будують і аналізують градаційні характеристики растрування і здійснюють корекцію та унеможливають об'єктивну оцінку, аналіз, синтез і оптимізацію растрового перетворення для різної форми растрових елементів і лініатури. Тому нормалізація растрового перетворення елементів квадратної форми є актуальною задачею, що дає змогу зіставляти результати аналізу незалежно від лініатури.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Сьогодні широко розвинені теорія і методи цифрової обробки зображень, які дають змогу значно покращити візуальну якість зображень, яке безпосередньо висвітлюється на екрані монітора. Зауважимо, що цифрове зображення подається масивами цифр і відповідає  $[0,255]$  градацій сірого, якими оперують при цифровій обробці зображень [5, 7, 12]. Натомість у поліграфії при растровому перетворенні зображень оперують растровими елементами різних геометричних розмірів, які мають різну форму і лініатуру, а основним носієм інформації про зображення є відносна площа растрових елементів, яка є в межах  $[0,1]$ . Тому наявні методи обробки цифрових зображень безпосередньо не можна застосовувати для растрового перетворення. У низці літературних джерел подаються досить загальні відомості про технологію растрування поліграфічних оригіналів, растрову тонопередачу, узгодження діапазонів тонопередачі та корекції тонопередачі [1, 2, 11]. У працях [1, 8] подано загальні відомості про проєкційне і монтажне растрування та репродукційне устаткування. Значна увага приділена електронному раструванню, зокрема дискретному управлінню розмірами растрового елемента в межах растрової комірки з дискретною зміною площі за допомогою бітових карт і растрової функції. Розглянуто типи тонопередачі та характеристики растрування для різного управління площею растрового елемента, яка формується із мікроелементів.

У публікаціях [2, 3] подано математичні моделі растрового перетворення, наведено характеристики растрування для елементів різної форми і лініатури та

здійснено їх аналіз. У публікації [3] опрацьована паралельна корекція растрового перетворення для елемента квадратної форми.

Розроблено математичні моделі технологічного процесу растрування, побудовано характеристики растрування, оцінено їх властивості для елементів квадратної, круглої і ромбічної форми різної лініатури. Розроблено аналітичний метод корекції растрового перетворення для послідовної корекції, що забезпечує лінійність тонопередачі. У поданих та інших доступних публікаціях немає загального підходу до синтезу коригувальної ланки для растрового перетворення різної лініатури, що є недоліком.

**Мета статті** — розробити модель нормованого растрового перетворення елементів квадратної форми з коміркою одиничної площі різної лініатури і проаналізувати їх властивості.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Відтворення тону зображення поліграфічними засобами здійснюють зміною відносних площ друкувальних і прогалінних елементів. Для цього поліграфічні оригінали (фотографії, рисунки, зображення, цифрові аналоги зображень) піддають дискретизації і перетворюють їх у растрову форму. У математичному плані такий спосіб описується растровим перетворенням зображень і виражається функцією градаційного перетворення:

$$S = F(X, D, L), \text{ якщо } 0 \leq X \leq X_{M_p}, 0 \leq D \leq D_{M_p} \quad (1)$$

де  $X$  — геометричний розмір растрового елемента, який розміщений у растровій комірці, розміри якої задаються лініатурою растра;  $S$  — площа растрового елемента, одержана після перетворення і відповідає оптичній густині  $D$ .

Форма растрових елементів і лініатура растра залежать від типу друкованої продукції (книжкова, журнальна, газетна) і матеріалів, які значно впливають на якість друкованої продукції, традиційно аналізують растрове перетворення заданої лініатури, вибір якої залежить від типу видання і матеріалів та може бути задано в широких межах (від 30 до 120 лін/см), що ускладнює аналіз і синтез. Корекція тонопередачі здійснюється окремо для заданої лініатури. Щоб узагальнити аналіз і синтез, запропоновано математичну модель нормованого растрового перетворення для елемента квадратної форми у вигляді двомісної функції з областю визначення — замкнутим одиничним квадратом і множиною значень відносних площ у замкнутому одиничному інтервалі  $[0,1]$ .

Квадратна растрова комірка ABCD має сталі одиничні розміри. Растровий елемент квадратної форми KMNP розташований у центрі комірки O. У процесі растрового перетворення змінюються його геометричні розміри в межах  $[0,1]$ . Прийнявши геометричні розміри растрового елемента (аргумент) відповідно до [1], запишемо функцію градаційного перетворення для заданого інтервалу:

$$S_H = X_H^2 \text{ якщо } 0 \leq X_H \leq 1, \quad (2)$$

де  $X_H$  — нормовано просторова змінна (аргумент);  $S_H$  — відносна площа растрового перетворення, яка відповідає оптичній густині.

Одержаний вираз є математичною моделлю нормованого растрового перетворення для елемента квадратної форми. Якщо у виразі (2) лінійно змінювати незалежну нормовану просторову змінну у заданих межах, тоді за ним можна розрахувати і побудувати характеристику нормованого растрового перетворення.

На основі виразу (2) розраховано і побудовано характеристики нормованого растрового перетворення (рис. 1).

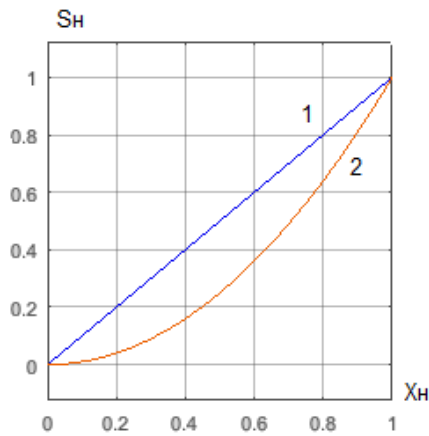


Рис. 1. Характеристика нормованого растрового перетворення:  
1 — лінійного перетворення; 2 — нормованого перетворення

Для порівняння на рисунку подана лінійна градаційна характеристика. Характеристика нормованого растрового перетворення помалу наростає за квадратичною залежністю, поступово збільшується, а в кінці площа досягає площі растрової комірки одиничних розмірів  $S_H = 1$ . Отже, характеристика нормованого растрового перетворення є нелінійна, що спотворює зображення. Для об'єктивної кількісної оцінки нормованого растрового перетворення запропоновано визначити відхилення характеристики перетворення від лінійності:

$$E = [S_N - S_O] / 100 \%, \quad (3)$$

де  $S_O$  — характеристика лінійного перетворення.

Результати моделювання відхилення характеристики нормованого растрового перетворення від лінійності подано на рис. 2.

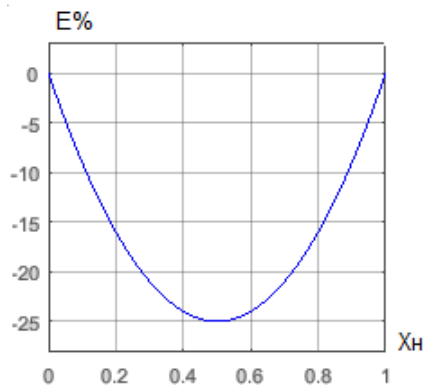


Рис. 2. Графік відхилення характеристики растрового перетворення від лінійності

Графік відхилення характеристики від лінійності, поданий в відсотках, є U-подібною кривою. При збільшенні геометричних розмірів відхилення поступово збільшується і при  $X_H = 0,5$  досягає максимального від'ємного значення — 25 %. При подальшому збільшенні розмірів растрового елемента відхилення зменшується і при  $X_H = 1$  дорівнює нулеві. Оскільки відносна площа растрового елемента відповідає оптичній густині зображення [1, 8, 11], то на середніх розмірах елемента викликає розсвітлення середніх тонів зображення порівняно із оригіналом. Отже, растрове перетворення спричиняє спотворення тонопередачі, тому його необхідно коригувати.

Однією із основних властивостей нормованого растрового перетворення є масштабування, що дає можливість відносно просто будувати характеристики растрового перетворення для різної лініатури. Масштабування здійснюється шляхом приведення фізичного розміру растрового елемента заданої лініатури до нормованого  $X_H = 1/M_x$  за умови, що лініатуру подають  $L$  лін/см, а розміри растрового елемента в мікронах.

Для зручності розрахунків, побудови і аналізу характеристик растрового перетворення різної лініатури застосовано імітаційне моделювання. На основі викладеного і парадигми об'єктно-орієнтованого програмування [6] побудована структурна схема моделі растрового перетворення для різної лініатури в пакеті Matlab:Simulink (рис. 3).

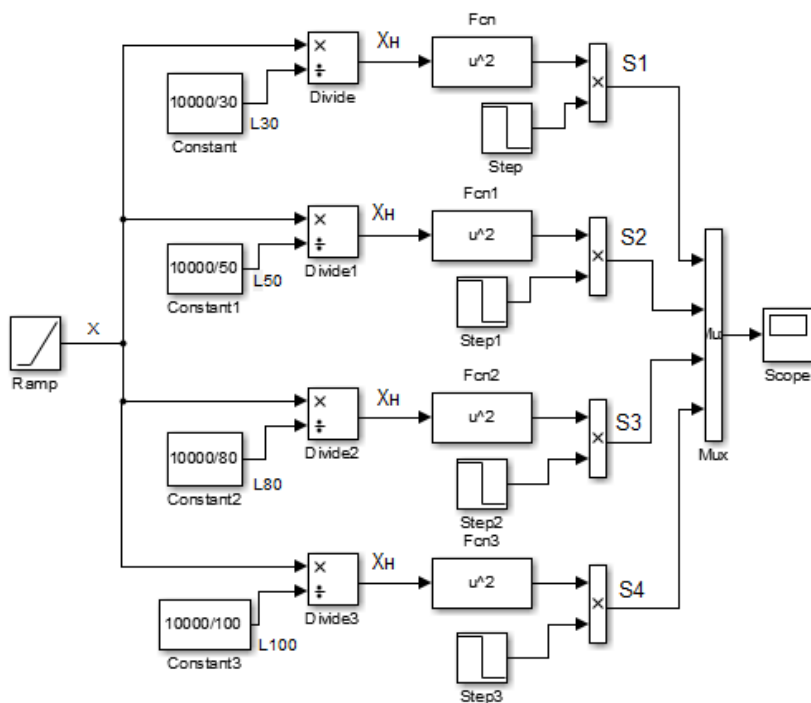


Рис. 3. Структурна схема моделі растрового перетворення для різної лініатури

Модель складається із чотирьох паралельних схем, об'єднаних спільним управлінням для паралельного розрахунку і побудови характеристик растрового перетворення різної лініатури. Блок Ramp генерує лінійний геометричний розмір для усіх растрових елементів. У блоках Constant задається масштаб для заданої лініатури відповідно до виразу (5), який подається на вхід блоку ділення Divide. На виході блоків одержуються нормовані розміри растрових елементів для заданих лініатур. Блоки математичних функцій Fcn обчислюють площу растрових елементів відповідно до виразу (2). Блоки Step задають максимальні геометричні розміри растрових елементів різної лініатури. При виході блоків множення одержується відносна площа растрових елементів заданої лініатури, які подаються на вхід мультиплектора Mux. Результати імітаційного моделювання паралельно візуалізуються блоком Scope. Для прикладу у діалогових вікнах блоків Constant задали лініатуру 30, 50, 80 і 100 лін/см. Результати імітаційного моделювання подані на рис. 4.

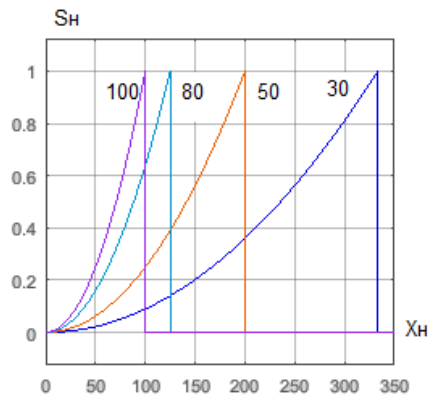


Рис. 4. Характеристики растрового перетворення для елементів різної лініатури

Характеристики растрового перетворення є вгнутими квадратичними кривими, які поступово збільшуються, в кінці діапазону їх площа прямує до площі растрової комірки  $S_H = 1$ . Зменшення лініатури растра викликає зміщення характеристики праворуч. Максимальне відхилення характеристики растрового перетворення від лінійності не залежить від лініатури і становить 25 %. Побудована модель і характеристики растрового перетворення можна застосувати на стадії підготовки зображення до растрування і корекції тонопередачі.

**Висновки.** Розроблено математичну модель нормалізації растрового перетворення елементів квадратної форми різної лініатури, яка описує залежність площі растрових елементів від його геометричної форми, яка відповідає оптичній густині растрового зображення.

Опрацьована структурна схема імітаційної моделі в пакеті Matlab:Simulink, яка дає можливість відносно просто шляхом масштабування паралельно розраховувати і будувати характеристики растрового перетворення для різної лініатури, що зручно для практичних застосувань.

Подано результати імітаційного моделювання характеристик нормованого растрового перетворення для елементів різної лініатури. Встановлено, що максимальне відхилення характеристики растрового перетворення від лінійності не залежать від лініатури і становлять 25 %. Результати роботи можна використати на стадії підготовки зображень до растрування і корекції тонопередачі.

### 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. 750–157.
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. Гультяев А. К. MATLAB 5.2 Имитационное моделирование в среде Windows : практич. посіб. 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. посіб. Москва : Издательський дом «Вильямс», 2003. 592 с.
11. Предко Л. С. Проектування 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.

### REFERENCES

1. Baranovskyi, I. V., & Yuhymovych, Yu. P. (1998). Polihrafichna pererobka obrazotvorchoi informatsii. Kyiv-Lviv : IZMN (in Ukrainian).
2. Baranovskyi, I. V., Lutskev, M. M., Fil, L. V., & Chornozubova, H. A. (2013). Pobudova i analiz kharakterystyky rastruvannia: Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva], 102–110 (in Ukrainian).
3. Baranovskyi, I. V. (2013). Analiz kharakterystyky rastruvannia dlia rombichnoho rastrovoho elementa: Kompiuterni tekhnolohii drukarstva, 30, 750–157 (in Ukrainian).
4. Baranovskyi, I. V., Lutskev, M. M., Fil, L. V., & Chornozubova, H. A. (2013). Pobudova kharakterystyk rastruvannia tsyfrovoho zrazka tonalnoi shkaly: Kompiuterni tekhnolohii drukarstva, 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 pechati (in Russian).
9. Lutskiv, M. M. (2012). Tsyfrovi tekhnolohii druzkarstva. 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 dodruzkarstvykh 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 druzkarstva, 6, 101–109 (in Ukrainian).

doi: 10.32403/2411-3611-2020-2-38-22-30

## MODELLING OF NORMALISED RASTER TRANSFORMATION OF SQUARE-SHAPED ELEMENTS

D. T. Hunko

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

*A model for normalization of raster transformation of square-shaped elements of a unit area of different lineage is developed, which describes the dependence of the area of raster elements on its geometric shape, which corresponds to the optical density of a raster image. The structural scheme of the model that gives the chance to calculate and form characteristics of raster transformation for various rulers in parallel is constructed. The results of simulation modelling are presented, the characteristics of normalized raster transformation for different rulers are constructed, their properties are analysed. The characteristic of the normalized raster transformation is a nonlinear square curve that distorts the image. To objectively quantify the raster transformation, it is suggested to determine the deviation of the deviation characteristic from the linear one. The graph of the deviation of the characteristic shows that the maximum deviation from the linearity given in percent is a U-shaped curve. It is established that the maximum deviation from linearity is 25%. Since the relative area of the raster elements corresponds to the optical density of the image, the average size of the element will lighten the tones of the image compared to the originals. Therefore, raster conversion causes tone distortion, so it needs to be adjusted. The characteristics of the raster transformation are concave*



*quadratic curves, which gradually increase and at the end of the interval, their further area goes to the area of the raster cell of equal unit. The maximum deviation of the raster transformation characteristic does not depend on the nonlinearity and linearity and is 25%. The constructed model and characteristics of raster transformation can be applied at the stage of preparation of the image for rasterization and correction of the tone.*

**Keywords:** *rasterization, normalization, square, ruler, modelling, characteristics, nonlinearity, quality.*

*Стаття надійшла до редакції 14.08.2020.*

*Received 14.08.2020.*