

УДК 681.6.2523

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЛІНІАТУРИ РАСТРОВОЇ ШКАЛИ НА ОПТИЧНУ ГУСТИНУ

М. М. Луцків, В. Р. Бубен

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

Розроблено імітаційну модель демодуляції для визначення оптичної густини растрової шкали різної лініатури, яка здійснюється відповідною зміною площі растрових елементів за умови сталої товщини фарби на поверхні растрових друкувальних елементів на усьому інтервалі тонопередачі. Подано результати імітаційного моделювання, побудовано характеристики демодуляції растрової шкали для різної лініатури і проаналізовано їх властивості.

Ключові слова: *тонопередача, растр, демодуляція, оптична густина, моделювання, лініатура, шкала, нелінійність.*

Постановка проблеми. Метою додрукарських процесів у поліграфічному виробництві є підготовка оригіналу (рисунок, фотографії, зображення, цифрові зображення тощо) і виготовлення растрової друкарської форми з урахуванням впливу виготовлення форми і друкарського процесу. Це пов'язано насамперед з розтискуванням друкувальних елементів на кожній стадії, що викликає збільшення/зменшення геометричних розмірів і площі елементів, які є носіями інформації. Основними параметрами растрового перетворення є геометричні співвідношення, форма елементів та оптична густина зображення на усьому інтервалі тонопередачі. Тому для якісного відтворення цих параметрів на кожній стадії технологічного ланцюга процесу виготовлення друкованої продукції необхідно контролювати ті чи інші параметри. Кожний технологічний етап виконується на конкретному устаткуванні, системі, параметри яких необхідно контролювати. Чим менше точок контролю параметрів у всьому технологічному ланцюгу виготовлення друкованої продукції, тим важче виявити різні впливи, спотворення, походження браку, складно оптимізувати ті чи інші процеси. Однак досить важко і не завжди можливо контролювати або коригувати процес чи параметри конкретного устаткування чи системи.

Одним із найбільш важливих і складних є процес растрування, який повинен передусім забезпечити задану форму растрових елементів та її плавну зміну. Окрім цього, растрування є основною ланкою управління тонопередачею, корекції та компенсації різних впливів на інших стадіях, які забезпечують якість растрового зображення на відбитку. Для оцінки якості виконання приготування зображення до друку необхідно оцінити оптичну густина растрового зображення. Однак існуюча формула демодуляції (дерастрування) Мюррея-Девіса для визначення оптичної

густини залежно від відносної площі друкувальних елементів і оптичної густини паперу і повного фарбового покриття (плашки) не забезпечує необхідної точності, яка залежить від лініатури [1, 6]. Тому моделювання впливу лініатури растрової шкали на її оптичну густину є актуальною задачею, що дає змогу оцінити вплив лініатури растра на оптичну густину шкали на усьому інтервалі тонопередачі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У растровій тонопередачі відтворення напівтонових зображень тональність забезпечується відповідною зміною кількості фарби на одиницю площі растрового відбитка. В офсетному друці технічно і технологічно неможливо змінювати товщину фарби на локальних ділянках, та подачу фарби на поверхню растрової друкарської форми стабілізують, а відтворення тональності зображення забезпечують відповідною зміною площі растрових елементів. Отже, синтез тонопередачі в офсетному друці зводиться до синтезу площ растрових елементів на усьому діапазоні тонопередачі [1, 6, 7]. Теоретичні основи растрового перетворення і демодуляції поліграфічного зображення значною мірою відстають від теорії цифрової обробки і перетворення зображень у різних галузях, де існує багато методів аналізу цифрових зображень [9, 10].

У монографіях [1, 6, 7] подано загальні відомості про технологію растрування і растрову тонопередачу, узгодження діапазонів тонопередачі оригінала і відбитка. У книгах для дизайнерів [4, 9] подана цінна інформація для сканування зображень, цифрової обробки зображень у пакетах комп'ютерної графіки Photoshop, вибору необхідної лініатури растра і форми елементів, методи корекції напівтонових зображень, які здебільшого опрацьовані на основі експериментальних даних, за якими важко оптимізувати і контролювати растрове перетворення зображень. У зазначених монографіях та інших [7, 10] немає математичних моделей растрового перетворення і градаційних характеристик.

У публікаціях [2, 3] подано математичні моделі растрового перетворення, градаційні характеристики растрування для елементів різної форми і лініатури, здійснено їх аналіз, оцінено властивості. Встановлено, що характеристики растрування є нелінійними, а відхилення від лінійності залежить від форми растрового елемента і може становити 15–30 %, що значно спотворює якість растрових відбитків. Запропоновано аналітичний метод корекції тонопередачі для растрових елементів різної форми.

Для вдосконалення процесу растрування необхідні математичні моделі растрового перетворення з врахуванням різних технологічних впливів, зокрема розтискування растрових елементів під час виготовлення форми і друкування. Процес друкування є складним і багатогранним, у якому відбувається модуляція неперервного фарбового потоку растровою друкарською формою і передачі фарбового зображення з форми через офсетний циліндр на задруковуваний матеріал. Існуюча модель демодуляції растрового перетворення, яка описує залежність оптичної густини растрового відбитка від площі растрового елемента і оптичної густини повного покриття (плашки) [1, 6], не забезпечує достовірність результатів, що унеможливує її застосування для контролю растрового зображення на стадії растрування.

Мета статті — опрацювати відому модель демодуляції, визначити оптичну густину лінійної растрової шкали, побудувати градаційні характеристики демодуляції і проаналізувати вплив лініатури на її властивості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для обробки цифрових зображень у різних галузях науки і техніки застосовують цифрові методи й алгоритми обробки, які оперують пікселями зображення, інтенсивність світла яких перебуває в межах (0,255) за умови, що тло (фон) суцільно чорне. Якість обробленого цифрового зображення контролюють і зорозв оцінюють безпосередньо на екрані монітора. У разі потреби його якість можна додатково покращити за допомогою відомих пакетів комп'ютерної графіки [5, 9, 10]. Натомість для покращення якості растрового зображення в поліграфії [7, 10] застосовують локальну зміну та корекцію геометричних розмірів растрових елементів, площа яких відповідає оптичній густині оригіналу, яке найчастіше є в межах (0,2Б), за умови, що фон є світлим (папір). Щоб оцінити якість растрового перетворення необхідно виготовити растрову форму, здійснити друкування та кількісно і суб'єктивно оцінити якість растрового відбитка. Отже, оцінка якості растрового перетворення є складна, дорога і вимагає матеріальних і часових витрат.

Основною ланкою в технологічному ланцюгу приготування до друкування і в процесі друкування, якою можна управляти і впливати на якість відбитка, є растрове перетворення. Для оперативного контролю стадії растрування необхідно оцінити оптичну густину растрового зображення, яку можна визначити на основі формули демодуляції однокольорових відбитків Мюррея-Девіса у такому вигляді [1, 6]:

$$D = -n \lg \left(10^{-D_n} (1 - S_\phi) + 10^{-\frac{D_\phi}{n}} S_\phi \right). \quad (1)$$

де D_ϕ , D_n — оптична густина шару фарби суцільного растрового покриття (плашки) і паперу; S_ϕ — відносна площа друкувального елемента; n — показник (число) Юла-Нікольса залежить від властивостей фарби, паперу і лініатури растрового перетворення.

Для підвищення точності розрахунків рекомендується побудувати градаційну характеристику тонопередачі на основі проведених експериментальних дослідженнях у конкретних виробничих умовах і на основі порівняння даних уточнити конкретне значення показника [1]. Оскільки у виразі (1) безпосередньо не фігурує лініатура растра, то для розв'язання поставленої задачі запропоновано визначати відносну площу лінійної растрової шкали $S=S_0$ для заданого значення лініатури виразом

$$S = \frac{x \cdot L}{10000}, \text{ якщо } 0 \leq x \leq x_m = \frac{10000}{L}, \text{ то } 0 \leq S \leq 1, \quad (2)$$

де L — лініатура растра, x — просторова змінна (геометричний розмір растрового елемента, мкм).

Якщо у виразі (2) лінійно змінювати просторову змінну у заданих межах, то за ним можна розрахувати залежність відносної площі лінійної растрової шкали залежно від лініатури. Для прикладу на рис.1 подані характеристики лінійної растрової шкали для лініатури $L=100, 50, 30$ лін/см, у яких просторова зміна подана в мікронах.

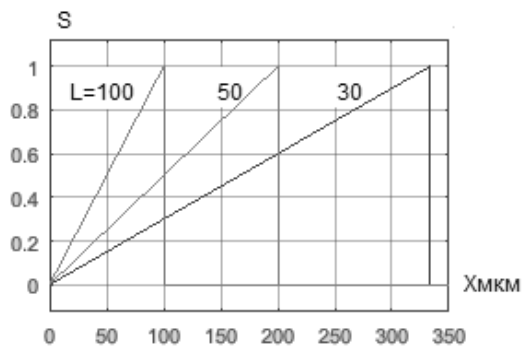


Рис.1. Характеристика лінійної растрової шкали для різної лінітури

Характеристики растрової шкали лінійні, однак мають різний нахил, який залежить від лінітури. Із її збільшенням кут нахилу зростає. Фізично це означає, що площа шкали формується у растровій комірці, розміри якої визначаються лінітурою растра. Для оцінки якості демодуляції растрового перетворення запропоновано визначити відхилення розрахованої характеристики демодуляції від лінійної

$$E = (D - D_0) \cdot 100 \%, \tag{3}$$

де D_0 — лінійна характеристика.

Розв’язання поставленої задачі традиційним методом складання програми незручне, тому для спрощення задачі застосовуємо імітаційне моделювання в пакеті Matlab: Simulink. На основі викладеного побудована структурна схема моделі демодуляції лінійної растрової шкали, яка подана на рис. 2.

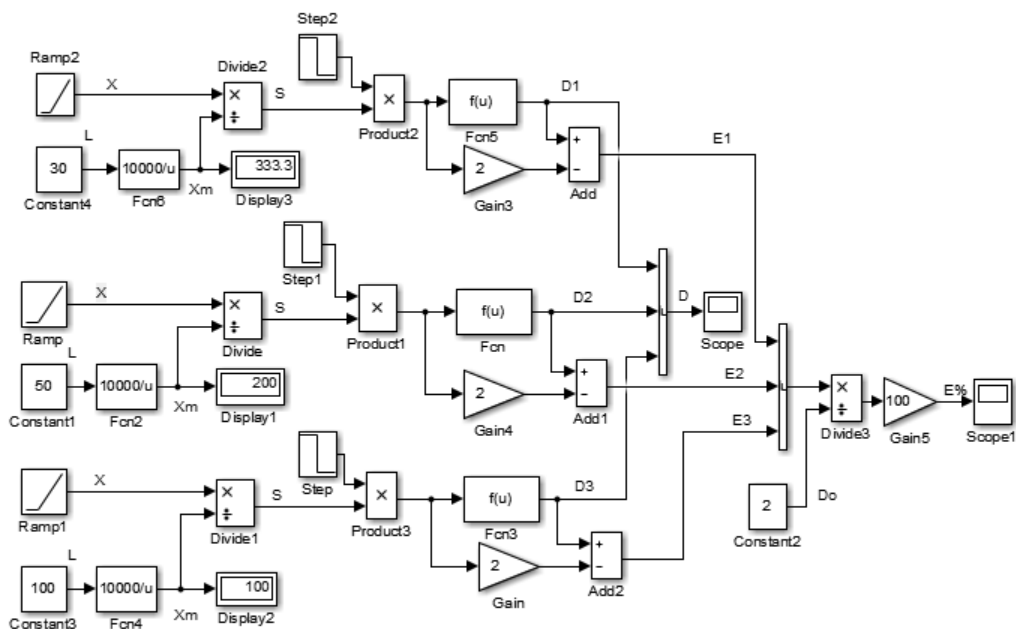


Рис. 2. Структурна схема моделі демодуляції растрової шкали

Блоки *Ramp* генерують просторову змінну x , яка подається на вхід блоків ділення *Divide*, на виході яких одержується відносна площа S растрової шкали відповідно до заданої лініатури L , величину яких задають блоки *Constant*. У блоки математичних функцій *Fcn* за виразом (1) записана програма для обчислення оптичної густини растрової шкали заданої лініатури, які паралельно візуалізуються блоком *Scope*. Блоки *Step* комутують діапазони лінійної растрової шкали для заданих лініатур. У блоках *Add* відзначається відхилення E оптичної густини шкали від лінійної, яке після ділення на оптичну густину плашки D_0 і множення на сто визначається у процентах ($E\%$) і візуалізується блоком *Scope* 1.

Для прикладу задали оптичну густину плашки $2B$, паперу $0,02B$. Налагодили блоки *Fcn* на лініатуру 30, 50, 100 лін/см, яким, згідно з даними [1], відповідають показники числа $n=1,4; 1,7; 2,16$. Налагодили моделі на задані параметри. Результати імітаційного моделювання у вигляді характеристик демодуляції лінійної растрової шкали для різної лініатури подано на рис. 3.

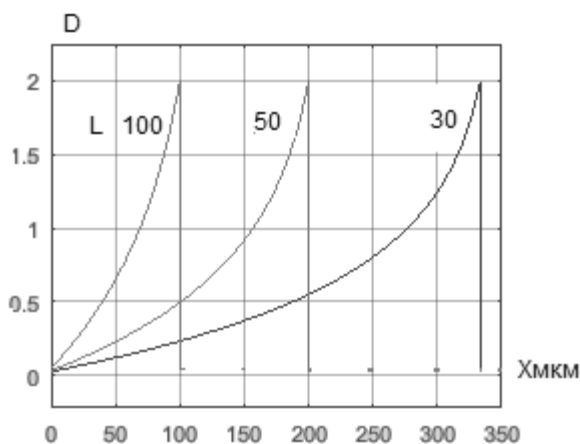


Рис. 3. Характеристика демодуляції лінійної растрової шкали для різної лініатури

Характеристики демодуляції є вгнутими кривими, які починаються від нуля і прямують до заданої оптичної густини плашки $2,0B$. Ці характеристики розтягуються на графіку вправо при зменшенні лініатури. Фактично операція демодуляції лінійної растрової шкали за результатами імітаційного моделювання впливає на розсвітлення шкали при передачі середніх тонів і напівтіней.

На рис. 4 подано графічні параметри відхилення характеристики демодуляції від лінійної для різної лініатури в результаті імітаційного моделювання.

Характеристики відхилення характеристики демодуляції від лінійної є нелінійними U -подібними кривими, які із зменшенням лініатури зміщаються праворуч. Максимальне відхилення від лінійності залежить від лініатури. При лініатурі 100 лін/см максимальне відхилення становить 19,2 %, для лініатури 50 лін/см — 29,5 %, а для лініатури 30 лін/см становить 34,8 %, внаслідок чого виникає помітне розсвітлення шкали на середніх тонах і напівтінях. Зіставляючи результати імітаційного

моделювання із даними експериментальних досліджень [8], робимо висновок, що розраховане за виразом (1) максимальне відхилення оптичної густини растрової шкали від лінійної удвічі більше за експериментальні дані. Отже, визначення оптичної густини растрових зображень на основі формули Юла-Нікольса [1, 6] неточне, що обмежує його застосування для контролю растрового перетворення на стадії підготовки до друку.

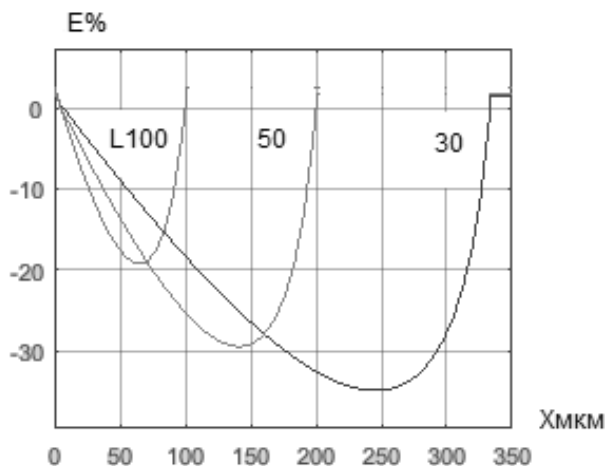


Рис. 4. Відхилення характеристики демодуляції від лінійної для різної лінійності растра

Висновки. Розроблено імітаційну модель процесу демодуляції для визначення оптичної густини для лінійної растрової шкали при сталій оптичній густині плашки. Досліджено структурну схему імітаційної моделі в пакеті Matlab: Simulink. Отримано інструмент для обчислення та побудови характеристики демодуляції при різній лінійності растра.

Отримано результати імітаційного моделювання, які подано у вигляді нелінійних характеристик демодуляції. Максимальні відхилення від лінійної характеристики удвічі більші за експериментальні дані. Отримані результати можна використовувати для подальших наукових досліджень із метою створення більш точної моделі демодуляції растрового перетворення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барановський І. В., Яхимович 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. № 4 (45). С. 102–110.
3. Барановський І. В., Філь Л. В. Аналіз характеристики растрування для ромбічного растрового елемента. Комп'ютерні технології друкарства. 2013. № 30. С. 150–157.
4. Блантер Д. Сканирование и растривание изображений. Москва : Эком, 1999. 384 с.
5. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Москва : Техносфера, 2012. 1104 с.

6. Кузнецов Ю. В. Технология обработки изобразительной информации. Санкт-Петербург : Петербургский ин-т печати, 2002. 312 с.
7. Луцків М. М. Цифрові технології друкарства : монографія. Львів : УАД, 2012. 488 с.
8. Назар І. М., Лазаренко Е. Т., Якуцевич С. Параметри офсетного друку: фактори управління і впливи. Львів : УАД, 2009. 128 с.
9. О'Квин Д. Допечатная подготовка. Руководство дизайнера : учеб. пособ. / пер. с англ. Москва : Изд. дом «Вилиямс», 2003. 592 с.
10. Предко Л. С. Проектування додрукарських процесів : навч. посіб. Львів : УАД, 2009. 352 с.

REFERENCES

1. Baranovskyi, I. V., & Yakymovych, 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 druzkarstva], 4 (45), 102–110 (in Ukrainian).
3. Baranovskyi, I. V., & Fil, L. V. (2013). Analiz kharakterystyky rastruvannia dlia rombichnoho rastrovoho elementa: Komp'uterni tekhnolohii druzkarstva, 30, 150–157 (in Ukrainian).
4. Blanter, D. (1999). Skanovanie i rastrirovanie izobrazhenii. Moskva : Ekom (in Russian).
5. Gonsales, R., & Vuds, R. (2012). Tsifrovaia obrabotka izobrazhenii. Moskva : Tekhnosfera (in Russian).
6. Kuznetsov, Iu. V. (2002). Tekhnologiia obrabotki izobrazitelnoi informatsii. Sankt-Peterburg : Peterburskii in-t pechati (in Russian).
7. Lutskiv, M. M. (2012). Tsyfrovi tekhnolohii druzkarstva. Lviv : UAD (in Ukrainian).
8. Nazar, I. M., Lazarenko, E. T., & Yakutsevych, S. (2009). Parametry ofsetnoho druku: faktory upravlinnia i vplyvy. Lviv : UAD (in Ukrainian).
9. O'Kvin, D. (2003). Dopechatnaia podgotovka. Rukovodstvo dizainera / per. s angl. Moskva : Izd. dom «Viliams» (in Russian).
10. Predko, L. S. (2009). Proektuvannia dodrukar skykh protsesiv. Lviv : UAD (in Ukrainian).

doi: 10.32403/1998-6912-2019-2-59-30-37

MODELLING OF RASTER SCALE LINEATURE IMPACT ON OPTICAL DENSITY

M. M. Lutskiv, V. R. Buben

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

The methodological basis of the study is the basis of the image raster transformation associated with tone transfer and demodulation of rasterization. To solve this problem, methods of transformation of signals and images, their reproduction by printing means,

mathematical modelling theory for demodulation of raster transformation – object-oriented programming in Matlab: Simulink application package have been used for designing a structural scheme of a model for demodulation of raster transformation and constructing a gradation characteristic of a linear raster scale for different lineatures.

In the study, an imitation demodulation model has been developed to determine the optical density of a linear raster scale of various lineatures, provided that the die optical density is constant. The simulation of the demodulation process is carried out by the corresponding change in the area of the raster elements provided that the ink thickness on the surface of the raster printing elements throughout the interval of tone transfer is constant. The structural scheme of the linear raster scale demodulation model in the Matlab: Simulink application has been constructed and processed, which makes it possible to calculate and design the characteristics of demodulation of the linear raster scale for different lineatures.

The results of the imitation modelling have been presented in the form of gradation characteristics of demodulation, which are not linear curves whose curvature depends on the lineature.

The scientific novelty of the obtained results is that for the first time a simulation model of demodulation of a raster transformation has been constructed, which enables to design gradation characteristics of the raster scale demodulation, and their properties have been analyzed.

The simulator of the raster transformation demodulation has been constructed, which allows to calculate and design gradation characteristics of demodulation at the stage of rasterization preparation in order to improve the accuracy of the model of the raster transformation demodulation.

Keywords: *tone, raster, demodulation, optical density, modeling, lineature, scale, nonlineature.*

Стаття надійшла до редакції 28.06.2019.

Received 28.06.2019.