

УДК 655.225

ЧУТЛИВІСТЬ МОДЕЛІ ОПТИЧНОЇ ГУСТИНИ ВІДБИВАННЯ

В.Р. Бубен

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

Розроблено математичну модель чутливості оптичної густини, яка застосовується в поліграфії для визначення зачорнення зображень на відбитку, і кількісно оцінюється за оптичною густиною відбивання. Розроблено структурну схему моделі для визначення оптичної густини та її чутливості. Подані результати імітаційного моделювання, побудована характеристика оптичної густини, визначено чутливість моделі до зміни коефіцієнта відбивання на різних інтервалах тонопередачі.

Ключові слова: *модель, оптична густина, відбивання, світло, чутливість, схема, характеристики, аналіз, якість.*

Постановка проблеми. У багатьох галузях науки і техніки основна інформація про реально існуючі процеси подається у вигляді зображень – двовимірних проєкцій сцен, які спостерігаються [2,3]. В науковий обіг введено термін обробка зображень, виходячи з аналізу проходження світла крізь частково поглинальне/відбивальне середовище. Використовують критерії якості зображень за їх візуальним сприйняттям. Складність проблеми зумовлена також тим, що ці дослідження є комплексними: як фізичними (оптичними), так і технологічними (психофізичними). Око людини реагує на світловий потік. При збільшенні світлового потоку зростає рівень реакції зору – випромінювання сприймається як більш світле [2,6].

Характерною особливістю відтворення напівтонових зображень в поліграфії полягає в тому, що воно сприймається зоровою системою людини у відбитому або пропущеному світлі зовнішніх джерел, тому світлота зображення визначається не тільки властивостями самого зображення але і його освітленням [1,5,6]. Рядом досліджень встановлено, що нелінійність зорової системи описується психофізичною функцією, яку найчастіше апроксимують логарифмічними функціями в напівлогарифмічних координатах [2,5,6]. Зауважимо, що в поліграфії зображення фізично відтворюється не світлом, а “чорнотою” фарби, що унеможливує застосування широко розвинутих методів цифрової обробки зображень.

Модель оптичної густини є відома з галузі денситометрії і широко застосовується в поліграфії для оперативного контролю оптичної густини відбитків та при налагодженні подачі фарби друкарських машин. Слід виокремити проблеми методу визначення оптичної густини, що приводить до помітних похибок при малих густинах біля 1% [2,10] Окрім цього оптична густина відбітка значно залежить від близьки і якості паперу і фарби, що мало досліджено. Отже, дослідження і аналіз чутливості моделі оптичної густини відбивання є актуальною задачею, що дозволяє оцінити впливи зміни світлового потоку (площі растрового елемента) і типу фарби на результати розрахунків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення якості книжкової і журнальної продукції вимагає вдосконалення і розвитку технології обробки зображень, растрування, витовлення форми, процесу друкування і денситометричного контролю на усіх стадіях. Сьогодні широко розвинені методи обробки цифрових зображень їх математичних моделей, які дозволяють значно покращити візуальну якість зображення на екрані монітора [2,3,5]. У більшості при цифровій обробці зображень оперують градаціями сірого. Натомість у поліграфії при раструванні оперують зміною геометричних розмірів і площею растрових елементів. Тому існуючі методи обробки цифрових зображень безпосередньо неможливо застосувати для растрового перетворення яке є основним керуючим і коригуючим впливом при відтворенні зображень поліграфічними методами.

В історичному плані у фотографічних процесах вперше застосовано визначати ступінь почорніння фоточутливої плівки значенням оптичної густини, яку згодом почали застосовувати в поліграфії для визначення ступеня зачорнення зображень на відбитку. Щоб описати поліграфічне зображення однозначно і незалежно від інтенсивності освітлення при якому воно спостерігається чи вимірюється, його описують коефіцієнтом відбивання зображення [1,5,10]. У доступних джерелах [6,7,8,9] та інших оптична густина описується як десятковий логарифм коефіцієнта відбивання потоку світла, однак ніяких розрахунків чи характеристик не приводяться.

Мета статті. Розробити математичну модель чутливості оптичної густини для визначення зачорнення зображень на відбитку. Розробити структурну схему моделі. Визначити і побудувати характеристики оптичної густини, визначити чутливість моделі до зміни коефіцієнта відбивання на різних інтервалах тонопередачі і визначити їх властивості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Згідно з міжнародним стандартом ISO 5-2 [8, 9] оптична густина зачорнених фарбою ділянок відбитка визначається на основі коефіцієнта відбивання і кількісно оцінюється за оптичною густиною відбивання, як від'ємний десятковий логарифм коефіцієнта відбивання:

$$D_0 = \lg R, \quad (1)$$

де одиниця вимірювання -1, R – коефіцієнт відбивання — відношення відбитого потоку світла від об'єкта вимірювання до інтенсивності потоку, який падає на об'єкт.

Коли від зображення (плашки) відбивається весь світловий потік, його десята, сота або тисячна частина тоді оптична густина становить 0, 1, 2, 3. Оскільки світлове збудження може впринципі змінюватись в діапазоні від нуля до безкінечності, тоді відповідно до формули (1) отримуємо, що коефіцієнт відбивання R змінюється в інтервалі $0 \leq R \leq 1$. Зауважимо, що вираз (1) оснований на психофізичному законі Вебере-Фехнера поданий логарифмічним виразом [2, 6].

Якщо у виразі (1) лінійно змінювати коефіцієнт відбивання у заданих межах, то за ним можна розрахувати і побудувати характеристику оптичної густини відбивання. Традиційний метод складання і налагодження комп'ютерної

програми за наявності логарифмічної функції є незручний. Тому для спрощення задачі на основі викладеного і виразу (1) розроблена структурна схема логарифмічної моделі для визначення оптичної густини відбивання у пакеті Matlab: Simulink [4], яка подана на рис. 1.

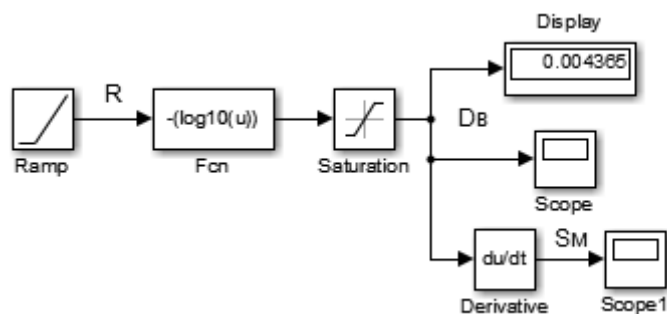


Рис.1. Структурна схема логарифмічної моделі оптичної густини відбивання

Блок Ramp генерує лінійно зростаючий коефіцієнт відбивання R , який подається на вхід блока математичних функцій Fcn у діалоговому вікні якого на основі виразу (1) записана програма для розрахунку оптичної густини D_b . Блок Saturation служить для обмеження максимального зниження оптичної густини. Результати імітаційного моделювання візуалізуються блоками Scope і Display.

Чутливість моделі визначаємо як похідну від оптичної густини віднесеної до коефіцієнта відбивання:

$$S_M = dD_b/dR. \quad (2)$$

Чутливість визначаємо за допомогою блоку диференціювання. Налагодили блок Saturation на обмеження оптичної густини $D_b=3$. Результати імітаційного моделювання оптичної густини відбивання подані на рис. 2.

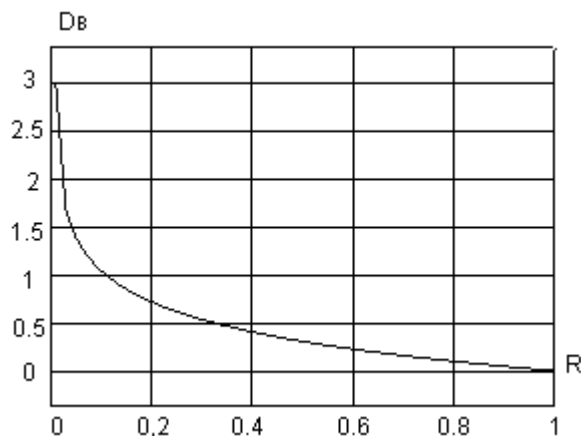


Рис. 2. Характеристика оптичної густини відбивання

Особливість характеристики полягає в тому, що на початку діапазону при малих значеннях коефіцієнта відбивання, який становить тисячні і соті долі оптична густина різко збільшується і може становити десятки одиниць. Тому для зручності подання характеристики вона обмежена до $D_b=3$. На світлих тонах $0 \leq D \leq 0,3$ і на півтонах $0,3 \leq D_b \leq 1$ характеристика є близька до лінійної. Отже, вираз оптичної густини (1) на цих діапазонах, оснований на базі закону Вебера-Фехнера відповідає логарифмічному описі зорової системи людини. Натомість у тінях $1 \leq D_b \leq 3,0$ характеристика стрімко збільшується, є нелінійною і досить чутливою до зміни коефіцієнта відбивання який змінюється. Для аналізу чутливості моделі оптичної густини до зміни коефіцієнта відбивання запропоновано її кількісно оцінювати на основі виразу (2). Результати імітаційного моделювання чутливості моделі подані на рис. 3.

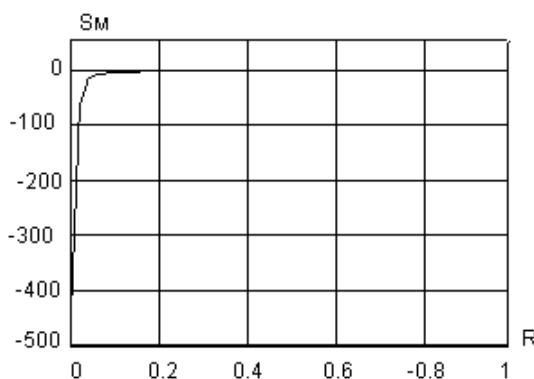


Рис.3. Графік чутливості моделі оптичної густини відбивання

Графік чутливості розташований у від'ємній частині площини, оскільки похідна dD_b/dR є від'ємна. Отже, при збільшенні коефіцієнта відбивання оптична густина зменшується. Великий діапазон зміни чутливості $0 \leq S_m \leq -500$ утруднює аналіз. Особливо великою є зміна чутливості у тінях, тому на рис. 4. подана чутливість оптичної густини у тінях.

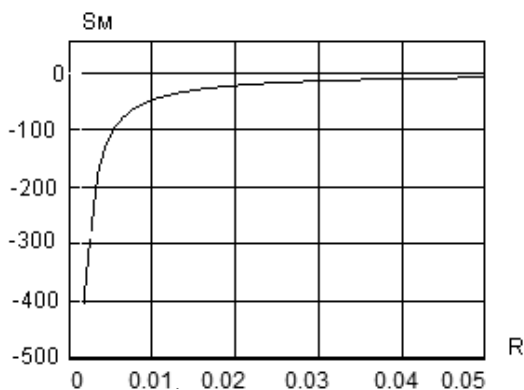


Рис.4. Чутливість моделі оптичної густини відбивання у тінях

Велика чутливість моделі у тінях, яка складає сотні одиниць, означає, що малий приріст коефіцієнта відбивання ΔR викликає великий приріст оптичної густини ΔD . Оскільки у законі Вебера-Фехнера фігурують прирости (пороги) яскравості ΔL , тому у тінях необхідний великий приріст ΔD щоб його замінити, тому що зорова система у тінях і глибоких тінях погано розрізняє різність тіней. Отже існують труднощі управління оптичною густиною у тінях та її досяжності.

Оскільки коефіцієнт відбивання має значний діапазон зміни, який сягає тисячі, що викликає графічні незручності подання чутливості моделі оптичної густини. Для зручності оцінювання чутливості запропонували її подавати в логарифмічному масштабі — белах.

$$S_{\text{л}} = \lg S_{\text{М}} \quad (3)$$

Результати імітаційного моделювання чутливості моделі оптичної густини у логарифмічному масштабі подані на рис. 5.

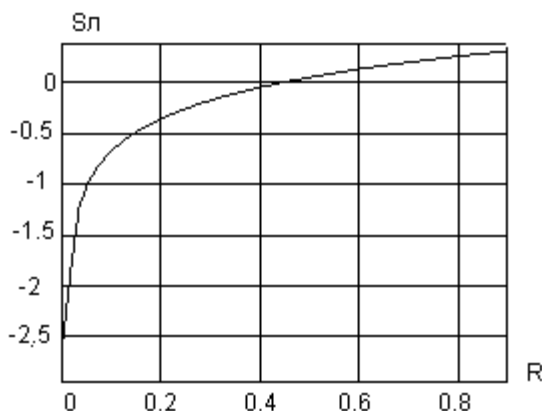


Рис.5. Графік чутливості моделі оптичної густини у логарифмічному масштабі

Графік чутливості є близький до логарифмічної кривої, яка на початку діапазону наростає, а після є більш плавною. Порівнюючи цей графік із рис. 3, робимо висновок, що логарифмічний масштаб краще описує чутливість, а саме, інформує про швидке наростання чутливості моделі на початку діапазону і плавне зменшення чутливості на середині і кінці діапазону при зміні коефіцієнта відбивання, що є перевагою.

Висновки. Розроблено математичну модель чутливості оптичної густини до зміни коефіцієнта відбивання, яка застосовується в поліграфії для визначення ступеня зачорнення зображень на відбитку, і кількісно оцінюється за оптичною густиною відбивання. Розроблено структурну схему імітаційної моделі у пакеті Matlab: Simulink, яка забезпечує розрахунок і побудову характеристики оптичної густини і чутливості моделі до зміни коефіцієнта відбивання на різних інтервалах тонопередачі, що необхідно для практичних застосувань.

Подані результати імітаційного моделювання характеристик оптичної густини і графіки чутливості моделі оптичної густини, які є нелінійними. Вста-

новлено, що чутливість моделі змінюється у великих межах $0 \leq S_M \leq 500$, тому існують труднощі управління оптичною густиною на стадії приготування зображень до друкування у тінях та її досяжності в офсеті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барановський І.В. Поліграфічна переробка образотворчої інформації: навч. посіб. / І.В. Барановський, Ю.П. Яхимович. – К. – Львів: ІЗМН, 1998. – 400с.
2. Воробель Р.А. Логарифмічна обробка зображень / Р.А. Воробель. – К.: “Наукова думка” НАН України, 2012. – 230с.
3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2002. – 1104с.
4. Дяконов В.П. Matlab 6.5 SP 1/7.0 + Simulink S/6 В математике и моделировании. Сер. Библиотека Профессионала / В.П. Дяконов. – Салон- Прес. 2005. – 756с.
5. Кузнецов Ю.В. Технология обработки изобразительной информации / Ю.В. Кузнецов. Спб: Петербургский институт печати. 2002. – 312с.
6. Лотошинська Н.Д. Теорія кольору та кольороутворення: навч. Посібн. / Н.Д. Лотошинська, О.В. Івахів. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2014. – 204с.
7. Луцків М.М. Цифрові технології друкарства: монографія / М.М. Луцків. – Львів: УАД. 2012. – 488с.
8. Пашуля П.Л. Стандартизація, метрологія, відповідність, якість у поліграфії: підручник / П.Л. Пашуля. – Львів: УАД, 2011. – 408с.
9. Предко Л.С. Проектування додрукарських процесів: навч. посіб.; Л. С. Предко. – Львів: УАД, 2009. – 352с.
10. Szychon H. Technologia form offsetowych / H. Czichon, M. Czichon. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2011. – 264s.

REFERENCES

1. Baranovskyi I.V. (1998). Polihrafichna pererobka obrazotvorchoi informatsii: navch. posib. / I.V. Baranovskyi, Yu.P. Yakhymovych. – K. – Lviv: IZMN– 400s. (in Ukrainian)
2. Vorobel R.A. (2012). Loharyfmichna obrobka zobrazhen / R.A. Vorobel. – K.: “Naukova dumka” NAN Ukrainy– 230s. (in Ukrainian)
3. Gonsales R. (2002). Cifrovaja obrabotka izobrazhenij / R. Gonsales, R. Vuds. – M.: Tehnosfera– 1104s. (in Russian)
4. Djakonov V.P. (2005). Matlab 6.5 SP 1/7.0 + Simulink S/6 V matematike i modelirovanii. Ser. Biblioteka Profesionala / V.P. Djakonov. – Salon- Pres.– 756s. (in Russian)
5. Kuznecov Ju.V. (2002). Tehnologija obrabotki izobrazitel'noj informacii / Ju.V. Kuznecov. Spb: Peterburgskij institut pechati.– 312s. (in Russian)
6. Lotoshynska N.D. (2014). Teoriia koloru ta kolroutvorennia: navch. Posibn. / N.D. Lotoshynska, O.V. Ivakhiv. – Lviv: Vyd-vo Lvivskoi politekhniky,– 204s. (in Ukrainian)
7. Lutskiv M.M. (2012). Tsyfrovi tekhnolohii drukarstva: monohrafia / M.M. Lutskiv. – Lviv: UAD.– 488s. (in Ukrainian)
8. Pashulia P.L. (2011). Standartyzatsiia, metrolohiia, vidpovidnist, yakist u polihrafii: pidruchnyk / P.L. Pashulia. – Lviv: UAD– 408s. (in Ukrainian)
9. Predko L.S. (2009) Proektuvannia dodrukarskykh protsesiv: navch. posib.; L. S.

- Predko. – Lviv: UAD– 352s. (in Ukrainian)
10. Szichon H. (2011). *Technologia form ofsetowych* / H. Czichon, M. Czichon. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej– 264s. (in Polish)

DOI 10.32403/2411-9210-2019-1-41-95-101

SENSITIVITY OF THE MODEL OF THE REFLECTION OPTICAL DENSITY

V.R. Buben

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

A mathematical model of the sensitivity of optical density to the change of the reflection coefficient has been developed, which is used in printing to determine the degree of blackening of images on an imprint, which is quantitatively estimated by the optical density of reflection. A block diagram of the simulation model in Matlab: Simulink package has been developed, which provides the calculation and construction of the optical density characteristic and the sensitivity of the model to the change of the reflection coefficient at different intervals of tone transfer, which are necessary for practical applications.

The results of simulation modeling of optical density characteristics and graphs of the sensitivity of the optical density model which are nonlinear have been presented. It has been found that the sensitivity of the model varies greatly over $0 \leq S_M \leq 500$, so there are difficulties in controlling the optical density at the stage of image preparation for printing in shadows and its reach in offset.

Keywords: *module, optical density, reflection, light, sensitivity, circuit, characteristics, analysis, quality.*

*Стаття надійшла до редакції 12.02.2019
Received 12.02.2019*