

В. В. ЛІХАЧОВ

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЧИСЕЛЬНОГО ВИРАЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ГРАДАЦІЙНОЇ ПЕРЕДАЧІ

Проблема оцінки точності градаційної передачі виникає при розв'язанні задач управління процесом відтворення зображення, знаходженні оптимальних умов проведення технологічних процесів, у випадку визначення показників, які характеризують якість продукції за комплексом властивостей. Загальноприйнятою формою аналізу градаційних характеристик зображення на різних стадіях виробничого ланцюжка є графічний метод, який дає змогу візуально оцінити викривлення градації як на окремих стадіях, так і в цілому по кінцевому продукту.

Наступним етапом, спрямованим на розв'язання задач управлінського характеру, особливо із застосуванням обчислювальної техніки, можна розглядати спроби математичного опису одержаних градаційних кривих. Належить врахувати, що практично кожна із стадій, яка входить в технологічний процес, вносить свої викривлення в градацію зображення. З цього випливає, що кількість математичних рівнянь, які описують градаційні властивості зображень, може бути достатньо великою.

Можна перерахувати цілий ряд виразів, застосування яких обмежується певною стадією технологічного процесу. При одержанні тонового фотографічного зображення передача якості оригіналу у ряді випадків може бути описана лінійним виразом [1, 2]

$$D_p = KD_{op} + \Delta D_p, \quad (1)$$

де  $D_p$ ,  $D_{op}$  — оптичні густини фотоформи та оригіналу.

Для чисельної характеристики градації кривих, які підпорядковуються лінійному закону, введено поняття градієнта

$$g = dD_p/dD_{op}. \quad (2)$$

Якщо передача якості оригіналу, має нелінійний характер, застосування цього виразу обмежується тільки прямолінійною ділянкою градаційної кривої. Якщо розділити градаційну криву на ряд прямолінійних ділянок, то, застосовуючи рівняння (1) для кожного прямолінійного відрізка, всю градаційну криву можна описати серією рівнянь.

Перехідний процес, пов'язаний з растріванням фонового зображення, в ідеальних умовах може бути описаний рівнянням Шеберстова—Муррея—Девіса:

$$D = -\lg [S_k \cdot 10^{-D_k} + (1 - S_k) \cdot 10^{-D_0}] \quad (3)$$

або

$$D = -\lg [1 - S_k (1 - 10^{-D_k})], \quad (4)$$

де  $S_k$  і  $D_k$  — площа растрових елементів та їх оптична густина;  $D_6$  — оптична густина паперу.

Наближенням до реальних умов є формула Юла—Нільсена, яка враховує крайовий ефект світлорозсіювання і поглинання світла підкладкою:

$$D = - \gamma \lg [1 - S_k (1 - 10^{-D_k/n})]. \quad (5)$$

Обидві формули відносяться вже до кінцевого етапу відтворення зображення — створення наочної інформації на папері. Коефіцієнт Юла — Нільсена  $n$  враховує властивості паперу. Однак він дає змогу чисельно визначити значення оптичної густини за розміром растрових елементів на окремих ділянках зображення. При заданих вихідних параметрах ( $D_k$  і  $D_6$ ) форма кривої буде визначатися функцією зміни площі растрових елементів, яка сама залежить від функції розподілу якості оригіналу.

Аналітична стадія відтворення зображення, у результаті якої формується закон зміни площі растрових елементів залежно від характеру оригіналу, не піддається опису за допомогою єдиного математичного виразу. У зв'язку з цим запропоновано усі види градаційних кривих розбити на п'ять типів, кожен з яких описується своїм виразом.

Градаційні криві з різним пониженням градієнта в темних і середніх за ясністю ділянках зображення рекомендується описувати рівнянням Мансела:

$$V_p = V_{p \min} + \frac{10 - V_{p \min}}{10 - V_{0 \min}} (V_{op} - V_{op \min}), \quad (6)$$

де  $V_{p \min}$  — мінімальна якість на репродукції (відповідає  $D_{p \max}$ );  $V_{0 \min}$  — мінімальна якість на оригіналі (відповідає  $D_{0 \min}^{or}$ );  $V_{op}$  та  $V_p$  — поточні значення якості для відповідних ділянок оригіналу та репродукції; 10 — максимальне значення якості за шкалою Мансела.

Для градаційних кривих з пониженим градієнтом тільки в тінях може бути запропонована формула Л. Ф. Артюшина [1]:

$$D_p = - \gamma \lg [1 - \alpha (1 - 10^{-D_{op}})], \quad (7)$$

де  $\gamma$  і  $\alpha$  — коефіцієнти, які знаходять на графіку при проходженні кривою точок з координатами 1.1.

Для опису кривих S-подібної форми О. Г. Шелудченко запропонував декілька виразів типу

$$D_p = \frac{D_{p \max}}{D_{op \max}} D_{op} - \frac{D_{p \max}}{15} D_{op} \sin \left( 2\pi \left( \frac{D_{op}}{D_{op \max}} \right)^{0,7} \right) \quad (8)$$

для кривих з від'ємною початковою фазою та

$$D_p = \frac{D_{p \max}}{D_{op \max}} D_{op} + \frac{D_{p \max}}{15} D_{op} \sin \left( 2\pi \left( \frac{D_{op}}{D_{op \max}} \right)^{0,7} \right) \quad (9)$$

для кривих з додатною початковою фазою.

Проте вирази, які розглядалися, не вирішують третьої задачі, сформульованої на початку, — задачі одержання єдиної

кількісної оцінки, що характеризує ступінь наближення градації репродукції до градації оригіналу. Зі спеціальної літератури відомі три підходи до розв'язання даної проблеми. Перший метод широко використовується в практиці поліграфічних підприємств при прийманні оригіналів. Він базується на співставленні градієнтів оригіналу і контрольної шкали в світлі та тінях:

$$\left(\frac{D_1}{D_4}\right)_{\text{ор}} = \left(\frac{D_1}{D_4}\right)_{\text{шк}} ; \quad \left(\frac{D_0}{D_{10}}\right)_{\text{ор}} = \left(\frac{D_0}{D_{10}}\right)_{\text{шк}} . \quad (10)$$

Точність градаційної передачі у цьому випадку може бути оцінена відхиленням лівих частин рівняння від правих.

Друга методика запропонована Н. Б. Качин-Хрисимовою і передбачає визначення числа переходів оптичної густини, виражених в колірних відмінностях при дотриманні балансу «посірому». З цією метою градаційна крива попередньо розбивається на три ділянки з інтервалами оптичної густини 0,02... 0,3; 0,3... 1,1 та 1,1... 2. Показник градаційної передачі знаходять за формулою

$$K = \sum_{D=0,02}^{0,3} \Delta D_1 + \sum_{D=0,3}^{1,1} \Delta D_2 + \sum_{D=1,1}^2 \Delta D_3, \quad (11)$$

На основі методу опису градаційних кривих за допомогою лінійних виразів запропонований спосіб розрахунку градаційної передачі, який передбачає розділення кривої на прямолінійні ділянки. Показник градаційної передачі становитиме

$$K = \left(\frac{\Delta D_p}{\Delta D_{\text{ор}}}\right)_1 + \left(\frac{\Delta D_p}{\Delta D_{\text{ор}}}\right)_2 + \dots + \left(\frac{\Delta D_p}{\Delta D_{\text{ор}}}\right)_n. \quad (12)$$

Однак всі три розглянуті варіанти розрахунку чисельного значення точності градаційної передачі не можуть претендувати на універсальність та зручність використання. Вираз (10) не дає змоги оцінити точність градаційної передачі у півтонах. Крім цього, проблематичним є об'єднання оцінок, одержаних в світлі та тінях зображення, в єдине ціле. Метод Н. Б. Качин-Хрисимової не враховує того факту, що порогова чуттєвість ока залежить від ясності. Вираз (12) справедливий тільки для сцінки градаційної передачі зображень з різним максимальним інтервалом оптичної густини. При рівності  $\Delta D_{\text{мах}}$  формула втрачає сенс.

Таким чином, в сучасний момент не існує достатньо надійного та зручного методу чисельного виразу градаційної передачі зображень.

1. Артюшин Л. Ф., Шашук Л. М., Белцерковский И. М. Моделирование градационных преобразований при обработке изображений на ЭВМ // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 1978. № 6. 2. Лихачев В. В. Квалиметрия печатного изображения. М., 1980. 3. Шашлов Б. А. Тесрия фотографического процесса. М., 1981. 4. Шашлов Б. А. Цвет и цветовосприятие. М., 1986.

Стаття надійшла до редакції 26.04.88