微分オペレータを用いた浮動しきい値設定法の一提案

正員 芹川 聖一 (九州工大)
正員 下村 輝夫 (九州工大)

Proposal of a Method for Determination of Floating Threshold Using Gradient Operator
Seiichi Serikawa, Member, Teruo Shimomura, Member (Kyushu Institute of Technology)

キーワード：2値化，浮動しきい値，画像処理

1. まえがき

画像処理技術は現在非常に進歩しているが，工業製品の検査には未だに2値化処理が行われる場合が多い。検査対象物に光むらがある場合の2値化処理として浮動しきい値法が用いられる。この方法は画像中の場所によってしきい値を変化させるもので，しきい値画像をメモリに貯えることによって実時間で2値化処理が可能である。しきい値を作成する方法としては，(1)手動で作成する，(2)物体の代わりに白色ボードを置き，その画像をしきい値とする，(3)画面を各エリアに区切って各エリア内で別々のしきい値を求める⁽¹⁾，(4)画面全体を平滑化し，その画像をしきい値とする，等がある⁽²⁾。方法(1)は手入力のため作成に時間がかかる。方法(2)(3)(4)は自動作成が可能であるが，方法(2)は単調な画像にしか適用できない。方法(3)は隣接領域の接合部で不連続が生じることがある。また，小領域が背景だけ，あるいは物体の平坦な面だけを含んでいる場合のしきい値の決定が複雑である。方法(4)は簡単であるが，画像中に平坦な部分が多く含まれる場合には適さない。そこで今回，別のしきい値設定法を提案する。この方法は，画像中に背景や平坦な部分が多く含まれる場合でも適用できる。

2. しきい値設定の考え方

図1に示す1次元画像モデルを用いて，今回提案するしきい値の設定方法を述べる。図中の x 軸が物体の位置， y 軸がその位置の階調度をあらわす。照明むらがある時の画像として図1(a)に実線で示すような濃淡画像 $I(x)$ を考える。まず，濃淡画像 $I(x)$ を x の正方向に走査して微分する。その結果得られた微分画像 $I_{dif}(x)$ が図1(b)である。次に $I_{dif}(x)$ と $I(x)$ を用いて図1(c)に実線で示す画像 $I_{shift}(x)$ を得る。その手順は以下の通りである。

微分画像 $I_{dif}(x)$ を x の正方向に走査する。あるしきい値 I_{th} を設定し， $|I_{dif}(x)| > I_{th}$ の条件を満たす $I_{dif}(x)$ の山と谷の位置 x_0 を調べる。最初に検出された x_0 が山の位置であれば， $x \geq x_0$ の位置の画像に対して以下の式を適用する。

$$I_{shift}(x) = I(x) - I_0 \quad (1)$$

ここで I_0 はある定数である。逆に x_0 が谷の位置であれば， $x \geq x_0$ の位置の画像に対して以下の式を適用する。

(a) 濃淡画像

(b) 濃淡画像の微分画像

(c) 微分画像を用いて濃淡画像を I_0 だけ変換した画像

(d) I_{thresh} による2値化

図1 2値画像作成の1次元モデル
Fig.1 One dimensional model of making binary image.

$I_{shift}(x) = I(x) + I_0 \quad (2)$
さらに x 方向に走査を続けて，次の山または谷が発見されたら，その位置 x_n で新たに $x \geq x_n$ の画像に対して(1)または(2)式を適用する。このような走査を最終画素まで続ける。つまり，図1(b)の $p_1, p_2, \dots, p_5$ の領域では(1)式を適用し， $n_1,$

図2 2値化結果 (a) 測定物体の写真, (b) 平滑化画像を用いた場合の2値画像, (c) 提案する方法による2値画像
Fig. 2 Binary results, (a) picture of an object, (b) binary image using average filter, (c) binary image using new method.

$n_2, \dots, n_6$ の領域では(2)式を適用する。ただし、この走査では $x=0$ から最初の山または谷が検出されるまでの領域 (図 1(b)の n_0 の領域) が未定である。この領域に対しては最初の山または谷が検出された位置 x_0 より 1 画素大きい位置から x の負方向に走査し、負方向に微分する。そして x_0 が谷の位置であれば $x \leq x_0$ の画像に対して(2)式を適用し、 x_0 が山の位置であれば (1)式を適用する。例えば、図 1(a)の A 点は負方向に走査して微分すると谷となるので(2)式を適用する。このようにして得られた画像が図 1(c)に実線で示す画像 $I_{shift}(x)$ である。

画像 $I_{shift}(x)$ を平滑化したものが今回提案するしきい値画像 $I_{thresh}(x)$ である。これを図 1(a)に点線で示す。画像 $I_{thresh}(x)$ をしきい値として 2 値化した結果が図 1(d)である。このように本方法により光むらのある物体の 2 値化が可能である。

3. 2 次元画像への適用

実際の画像は 2 次元データであり、微分値が走査方向によって大きく異なる。そこで、画面上の上下左右の 4 方向に対して微分を行い、4 枚の微分画像 $I_{df}(x, y)$ を作成する。ただし、微分オペレータには 3×3 画素の Sobel マスクを用いた⁽³⁾。次に、原画像 $I(x, y)$ と 4 枚の微分画像 $I_{df}(x, y)$ を用いて、各走査方向毎に図 1(c)に実線で示す画像 $I_{shift}(x, y)$ を求める。さらに、4 枚の $I_{shift}(x, y)$ を 7×7 画素の平均値オペレータによって平滑化して 4 枚のしきい値画像 $I_{thresh}(x, y)$ を作成した。そして 4 枚のしきい値画像 $I_{thresh}(x, y)$ の単純平均画像を今回はしきい値画像として用いることにした。なお、図 1(b)(c)に用いられる定数 I_{th}, I_0 はそれぞれ 20, 20 とした。

4. 結果

図 2 に測定結果を示す。図 2(a)は、測定物体を TV カメラで取り込んだ画像を 3×3 画素の平均値オペレータにより平滑化した画像 (240×240 , 256 階調) である。図 2(b)は、図 2(a)を 21×21 画素の平均値オペレータにより平滑化した画像をしきい値画像とした場合の 2 値化結果である。図 3(c)が今回提案する方法によって作成したしきい値画像を用いて得られた 2 値画像である。図 2(b)に示す画像では、背景および物体の平坦な面にノイズが多く含まれる。平均

値マスクのサイズをより大きくすればノイズは低減されるが、背景のノイズは完全にはなくならず、また、物体中央の縦の黒いラインが文字と重なり文字が認識できなくなる。これに対し、図 2(c)では文字と物体と背景が正しく 2 値化できている。よって本方法により、平坦な面を多く含み、光むらのある物体の 2 値化が可能ことがわかる。なお、今回は定数 I_{th}, I_0 をそれぞれ 20, 20 としたが、2 値化するのに適切な I_{th}, I_0 の範囲がある。今後、背景より明るい物体の表面に、さらに明るい図形が描かれている場合のしきい値設定に、本方法が適さない場合があるので検討したい。

5. まとめ

微分オペレータを用いた浮動しきい値設定方法を提案した。本方法は光むらのある物体の 2 値化に利用でき、画像中に背景や平坦な部分が多く含まれる場合でも適用できる。
(平成 6 年 11 月 24 日受付, 同 7 年 1 月 23 日再受付)

文 献

(1) C.K.Chow & T.Kaneko, *Computer Biomedical Research*, vol.5, p.384 (1972)
(2) 丸谷,若林,河本:「画像処理装置とその使い方」,日刊工業新聞社,p.63 (1989)
(3) 森,坂倉:「画像認識の基礎 [II]」,オーム社,p.105 (1990)

芹 川 聖 一 (正員) 昭和 36 年 6 月生。61 年熊本大学大学院修士課程修了。同年東京エレクトロン入社。平成 2 年九州工業大学電子工学教室助手、現在に至る。電子情報通信学会、計測自動制御学会会員。

下 村 輝 夫 (正員) 昭和 20 年 2 月生。46 年九州芸術工科大学助手、58 年九州工業大学講師、59 年同助教授、62 年 8 月同教授、現在に至る。電子情報通信学会、テレビジョン学会、応用物理学会、光学学会、照明学会会員。