

画像処理エキスパートシステムIMPRESSの 評価方式の改善

3 J-3

坂本 常豊* 柴田 浩巳* 長谷川 純一**

*(株)沖テクノシステムズ ラボラトリ **中京大学情報科学部

1 はじめに

画像処理において、処理結果の評価は重要な問題である。特に、画像処理手順の自動構築を目的とする画像処理エキスパートシステムでは、処理結果の自動評価の機能が要求される。筆者らが開発を進めている画像処理エキスパートシステムIMPRESSにおいても、処理の途中結果の良否に基づいて手順探索が進められるため、用いられる評価方法がシステムの手順構築能力に大きく影響する。しかしながら、従来の評価方式ではユーザからの処理要求の入力誤差に過敏に反応したり、明らかに後の処理に悪影響を及ぼすような手順を選んだりする場合があります。実用上問題があった。

本文では、特にエッジ検出手順を構築する際に起こる上記問題を検討し、それを解決する新しい評価方式を開発したので、実験結果と共に報告する。

2 IMPRESS の概要

IMPRESS は、抽出したい画像特徴をサンプル図形で与えることにより、抽出する処理手順を自動的に構成する画像処理エキスパートシステムである[1],[2]。このシステムは、図形特徴に基づいた大まかな処理手順の選択を行ない、具体的処理手順を推論する。この推論は、まず、サンプル図形より各処理モジュールに入力されるであろう画像(“期待画像”と呼ぶ)を次々に推定し、次に原画像に対して、各処理モジュールで処理を施した結果が期待画像にもっとも近くなるような処理手順を探索するように行なわれる。

以下では、[平滑化→差分→2値化→細線化]というエッジ検出手順において平滑化および差分処理の最適な組を探索する場合を考える。

平滑化・差分処理モジュールでの期待画像はサンプル図形上の平均濃度値が極値をとり、そこから離れるに従って単調に減少していくような濃度値構造の画像を2値化直前の画像とする。また、探索は平滑化の種類、マスクサイズ、および、差分の種類、方向、距離を変化させたすべての組合せについて行なわれる。

Improvement of evaluation method in the Image Processing Expert System IMPRESS

Tsunetoyo SAKAMOTO, Hiromi SHIBATA*

Juu-ichi HASEGAWA**

*Oki Technosystems Laboratory, Inc.

**School of Computer and Cognitive Sciences, Chukyo University.

3 従来の評価方式

3.1 評価方式

ある処理手順で処理した結果と期待画像との近さの程度を以下に述べるような手順で評価し、この評価値が最も高くなる処理手順を最適処理手順とする。ここで、サンプル図形(線図形)から距離 n だけ離れた点の集合を第 n 近傍領域と呼ぶとする。

ステップ1: 原画像に対してある平滑化と差分処理の組を適用して得られた画像において、第 i 近傍領域($0 \leq i \leq n$)に対応する濃度値集合の平均値 μ_i と標準偏差 σ_i を計算する。

ステップ2: $1 \leq i \leq n$ なる i に対して、 μ_i が単調に変化して、かつ、 $A\sigma_0 > \sigma_i$ (A は定数)を満足する最大の i を求め、これを k とする。

ステップ3: 次の評価式 r を計算し、この値が大きいほど期待画像により近いと評価する。 $r = \frac{|\mu_0 - \mu_k|}{\sigma_0}$

3.2 問題点

上記の評価方法では、以下に示すような場合に処理結果の評価が正しくできない可能性がある。

(a) サンプルが平均的にずれた場合 処理結果の断面が図1(a)のようなとき、両側の領域の平均をとるため、 μ_0 より μ_1 が大きくなる場合がある。以降 $\mu_2, \mu_3 \dots$ と値が下がっていくと、上記 k の値は1となり評価値は極端に悪くなる。その現象が実際に起きた例を図2に示す。この図は、原画像を胸部X線像、サンプル図形を横隔膜境界線とし、差分距離を変化させた時の評価値の変化を示しているが、差分距離6で評価値が極端に低下しているのがわかる。しかし、差分処理結果そのものを比較する限り、その後の処理への影響という意味で差分距離4、6、8の間に実質的差は見られなかった。これより差分距離6の評価は正しく行なわれていないことがわかる。なお、平滑化はメディアンフィルタ 3×3 、差分は1階差分を用いた。

(b) 近傍領域の片側だけ濃度値の変化が大きい場合 処理結果の断面が図1(b)のようなとき(例えば差分なしという処理が選ばれた場合)、 $|\mu_0 - \mu_k|$ が大きくなり σ_0 も小さくなるため、評価値がある程度高くなってしまう。この評価値が、本来適切である2階差分の評価値よりも高くなると、2値化および、細線化の手順ではサンプル上の線は抽出できなくなる。

4 新しい評価方式

上記の問題点は両方ともサンプル図形の一方と他方で濃度値の変化が異なっているために生じている。従って、新しい評価方法では、図3に示すように、従来の第n近傍領域をサンプル図形の一方と他方で区別するように変更した。一方を+第n近傍領域、他方を-第n近傍領域と呼ぶことにする。符号をどちらにするかは本質的な問題ではない。期待画像の濃度値構造は、従来と同じである。

期待画像との一致度の評価は、kの値を固定値とし、以下の評価式で計算するように変更した。

$$r_{new} = \frac{\text{Min}(|\mu_0 - \mu_{+k}|, |\mu_0 - \mu_{-k}|)}{(\sigma_0)^m}$$

(i) $(\mu_0 - \mu_{+k})(\mu_0 - \mu_{-k}) \geq 0$ のとき

(ii) $(\mu_0 - \mu_{+k})(\mu_0 - \mu_{-k}) < 0$ のとき $r_{new} = 0$

(i) のとき、式の分子は、|平均濃度値の変化量|であり、これが大きいほど、2値化をするためのしきい値選択が容易になることが期待できる。また、平均濃度値の変化量の小さい方をとるので、片側のみ濃度値が変化しただけでは評価値は高くならない。このことより、前記3.2の(b)の問題が回避できる。式の分母は、|濃度値のばらつき|であり、これが小さいほど、細線化後の線にゆがみが少ないことが期待できる。しかし、 σ_0 はサンプルの位置での標準偏差であり、必ずしも処理結果のピーク位置での標準偏差を示していないため、サンプルが処理結果のピークから平均的に大きくずれた方が σ_0 が小さくなることがある。そこで、サンプルがずれたときの不要な変動を吸収するため、新しい評価式では、 $m = 0.5$ とした。

(ii) のとき、第0近傍領域の平均濃度値が、±第k近傍領域の平均濃度値の間の値となり、以後の2値化、細線化処理により抽出される線がサンプル図形と大きくずれるため評価値を0としている。

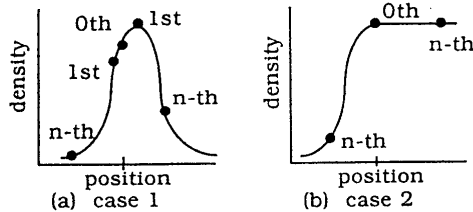


図1 従来の評価方法で誤った評価をする場合

新しい評価方法は、サンプル図形の両側を区別して、平均濃度値の変化量の小さい方をとることにより、ずれに対する評価を定量的に行なえるようにした。サンプルの位置と処理結果のピークが平均的にずれているとき、ずれが大きくなるに従って、ずれと反対側にある第k近傍領域と第0近傍領域の平均濃度値の変化量が小さくなり、評価値が低くなる。平均的なずれがk/2画素程度以上になったときは、(ii)の状態になり評価値は0になる。このことより、前記3.2の(a)の問題が回避できる。今回の実験では、平均的なずれを2画素くらいに押えるためにk=5とした。但し、この値は、原画像の解像度によっても変える必要がある。

新しい評価方式による実験の例を図4に示す。正しい評価が行なわれていることがわかる。これは他の例についても同様の結果となった。

5 おわりに

画像処理エキスパートシステム IMPRESS のための新しい評価方式を提案した。この評価方式により従来よりも妥当な評価値が安定して得られるようになり、手順構築の信頼性が大幅に向上した。今後、専門家の最適パラメータ探索における経験的戦略的知識をモデル化した効率の良い探索方法を開発していく予定である^[3]。
謝辞 日頃御指導頂く弊社開発部 平塚良二部長、塚本隆啓課長、山守主紀課長代理、及び名古屋大学工学部鳥脇純一郎教授に感謝します。

参考文献

- [1] 長谷川他：信学論 (D), J70-D, 11, pp.2147-2153 (1987-11)
- [2] 高須他：情処学論, 29, 2, pp.134-141 (1988-02)
- [3] 柴田他：信学技報, PRU91-14 (1991-05)

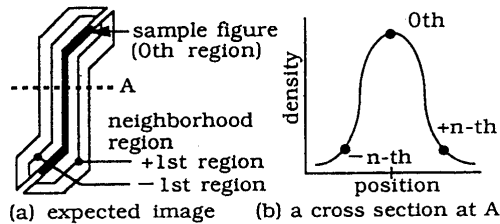


図3 2値化直前の期待画像の新しい定義

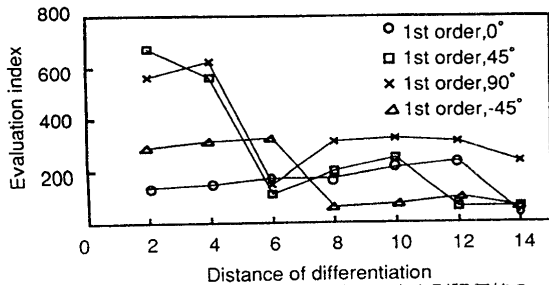


図2 従来の評価方式による差分の方向別評価値の一例

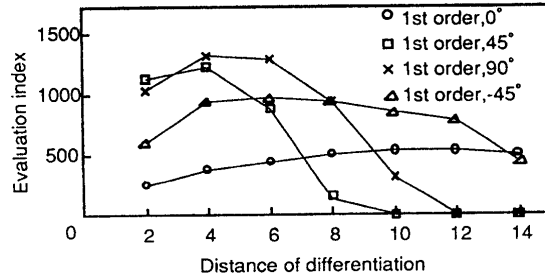


図4 新しい評価方式による差分の方向別評価値の一例