

畫像의 自動分割을 爲한 MHSC 및 後處理

(MHSC & Postprocessing for the Automatic Image Segmentation)

裴 英 來,* 趙 東 旭,** 崔 炳 旭**

(Young Lae Bae, Dong Uk Cho and Byung Uk Choi)

要 約

本 論文은 機械가 物體를 認識할 수 있도록 畫像을 自動으로 分割(segmentation)하는 方法을 提案한다. 여기에는 人間으로 부터의 先驗的 情報(prior information)나 指示에 依하지 않고 物體가 갖는 多次元 特徵空間(multidimensional feature space)에서의 形狀의 特性(topological property)을 利用하여 畫像을 基本領域別로 thresholding하는 algorithm이 提示되었고 threshold後 發生할 수 있는 地域의 雜音 除去를 爲한 效果的인 filter가 提示되었다. 本 方法은 畫像分割뿐 아니라 畫像의 強調(enhancement)나 分類(classification)에도 應用될 수 있으며 實驗에 依하여 그 可能性과 有用성을 立證하였다.

Abstract

This paper proposes an automatic image segmentation system for machine vision. In this an algorithm using the topological property on the multidimensional feature space for thresholding each primary segment in the image without prior information is presented. Also an effective filter for the removal of regional noises in a code valued image which are artifacts of the thresholding is presented. This method also may be applied for image enhancement or classification, which we show the possibility and the efficiency through computer simulation.

I. 序 論

近來 machine vision에 대한 實用성과 效用성이 여러 分野에서 證明되고 있다. 여기에는 機械가 畫像을 認識할 수 있도록 畫像의 構成要素와 그들의 相互關係에 대한 處理가 必要한데 이러한 處理에서 가장 基本이 되는 段階가 畫像分割(image segmentation)이다.^{1,2)}

그러나 既存의 畫像分割 algorithm^{3,4,5)}들은 各各의 長短點에 맞추어 畫像의 環境이나 處理目的에 따라 選擇되고 組合되어 使用되고 있으나 大部分 處理時間이 길고 先驗的인 情報나 知識이 주어져야 한다는 問題點으로 畫像의 機械的인 自動分割에는 適合하지 않았다. 또한 thresholding 方法은 畫像이 多次元에서의 特性으로 表現되는 境遇에는 特徵空間(feature space)에서의 cluster를 發見하는 方法이 되는데²⁾, 近來에 와서 畫像의 sensor는 많은 境遇 復數個의 變數로써 畫素를 表現하는데, 이에 따라 機械的인 畫像處理가 可能한 clustering 技法이 畫像處理 및 認識에 많이 應用되고 있다.^{6,7,8,9)}

本 論文에서는 特히 物體마다 갖게되는 特徵空間에서의 形狀의 特性(topological property)을 利用하여

*正會員, 韓國科學技術院 시스템공학센터
(System Engineering Research Institute, KAIST)

**正會員, 漢陽大學校 電子通信工學科
(Dept. of Electronic Communications, Hanyang Univ.)

接受日字: 1986年 3月 28日

事前情報 없이 願하는 group의 個數나 규모만큼 clustering을 形成하는 hill sliding clustering⁹⁾에 基礎하고, 이 方法에서의 短點인 遂行 消費時間이 긴 點과 等方性(isotropic) 正規分布가 아닌 group을 處理하는데서의 問題點을 解決한 modified hill sliding clustering 方法을 提示하고, 또한 이를 利用한 threshold後 畫像에 나타날 수 있는 地域의 雜音¹⁰⁾을 效果의으로 除去할 수 있는 Mode Filter¹¹⁾를 利用하여 機械가 畫像을 自動分割 할 수 있는 方法을 提案한다. 여러 환경에서의 畫像에 대한 實驗을 行하여 本論文의 有用성을 立證하였다.

II. MHSC에 의한 Thresholding

Hill Sliding Clustering은 Hill Climbing Algorithm에 反對되는 概念으로 物體의 畫像이 特徵空間에서 unimodal하고 等方性인 正規分布를 갖는다고 가정하고, 特徵空間에서 clustering되지 않은 點중 가장 높은 密度를 갖는 peak點을 다음 形成된 cluster의 mode로 看做하여 그 點으로 부터 sliding하여 valley까지 clustering하는 方法이다. 이 方法은 先驗의인 情報가 必要치 않고 既存의 clustering에 比하여 處理時間이 相對的으로 짧다는 長點이 있으나, 가장 높은 peak點을 每番 찾기 위해 모든 點을 sort함으로써 machine vision에 活用하기에는 處理時間이 充分히 짧지않다는 問題點과 또한 가정된 形態가 아닌 分布의 歪曲處理 可能性을 갖는다.

MHSC(Modified Hill Sliding Clustering)는 peak點으로 부터 分布의 形狀을 把握하기에 充分한 만큼의 各 方向을 memory에 記憶시키고 이 方向을 따라 sliding함으로써 unimodal한 境遇 어떠한 形態의 分布도 빠른 速度로 處理할 수 있다. Pattern의 機械的 認識에 應用된 既存의 algorithm들과의 比較는 표 1과 같다.

本 論文에서는 具現의 편의상 2次元의 特徵空間에서의 適用으로 MHSC의 內容을 局限시켰는데 일반적인 sensor로 부터 形成되는 256×256크기의 特徵空間에서는 16方向의 search로써 어떠한 形態의 分布도 處理할 수 있다고 가정한다. 이 가정은 後述되는 實驗에서와 같이 일반적으로 妥當하다. Cluster의 mode를 決定하기 위해서는 peak點 table을 運用한다. Peak點의 數는 보통 程度의 雜音을 갖는 일반적 畫像의 境遇 後述되는 實驗에서와 같이 經驗的으로 1%를 넘지 않고, cluster 形成過程에서 member로 포함되는 peak點은 다음 cluster의 mode 후보로서의 flag를 내리게 되므로 每 cluster mode의 選擇을 위한 處理時

표 1. 機械的 pattern認識에 應用된 clustering의 比較^(6,7,8,9,14)

Table 1. Comparison of clustering algorithms used in the machine pattern recognition.

구분 algorithm	group별 1회 clustering에서의 expected time complexity	반복실행회수	비 고
iso-data	O(N)	평가기준 만족시 까지 매번 g회 반복	cluster 형태에 의존 안함
hill climbing	O(N)	g 회	noise cluster의 처리불가
hill sliding	O(NlogN) * For sort operation	g 회	등방형 정규분포가정
Modified Hill Sliding Clustering	O(NlogN) * For initial sort	1 회	cluster 형태에 의존 안함

여기서 g는 group數, N은 특징공간의 member數이다.

間이 거의 必要치 않다. 本 algorithm은 sensor의 性能에 따르는 key의 入力과 特徵空間 形成을 위한 準備段階, cluster 分布骨格을 찾기 위한 search段階, 骨格사이를 채워 cluster를 形成하고 統計值를 計算하는 段階, 形成된 cluster를 評價하고 必要時 regrouping하는 段階, 特徵空間의 cluster를 利用하여 thresholding하는 段階로 構成된다. 本 algorithm의 論理 흐름도를 그림 1에 나타냈다.

1. 準備段階

Key로써 sensor의 性能에 따른 特徵空間에서의 雜音을 處理하기 위한 特徵空間 scale, cluster mode 最小值, cluster member의 最小 member數, cluster間 最小 mahalanobis 距離¹³⁾ 등이 入力된다. 이 段階에서는 特徵空間의 scale에 맞춰 2次元 特徵空間을 形成하고 cluster mode 最小值 이상의 peak點을 찾아 크기 順으로 peak點 table에 저장한다.

2. Search段階

Cluster의 mode로 부터 그림 2와 같은 16方向으로 分布範圍를 search하여 cluster 分布骨格을 形成한다. Search에 있어서는 memory에 記憶된 方向마다의 길에 따라 앞 뒤 point값을 比較하고 以前 境遇와 現在 境遇의 組合에 따라 그림 3과 같이 값이 축적되는데 cluster 形成 可能 空間을 벗어나거나 2以上の 값이 축적될 때는 끝나게 된다.

3. Cluster形成 및 統計值 計算

前 段階에서 形成된 cluster 分布骨格에 따라 그림

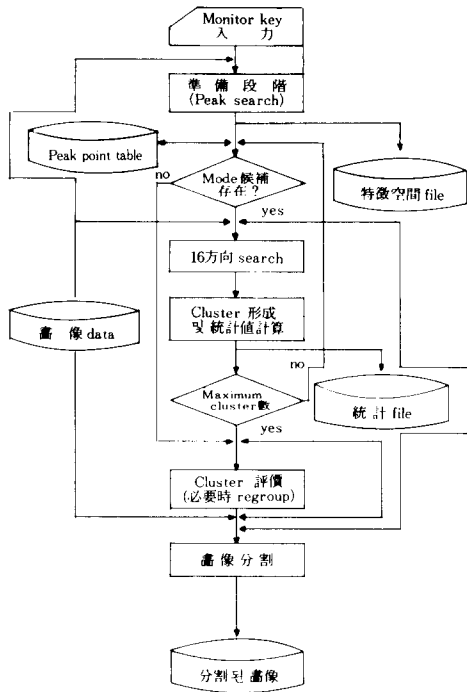


그림 1. Modified hill sliding clustering 논리 흐름도
Fig. 1. Modified hill sliding clustering flowchart.

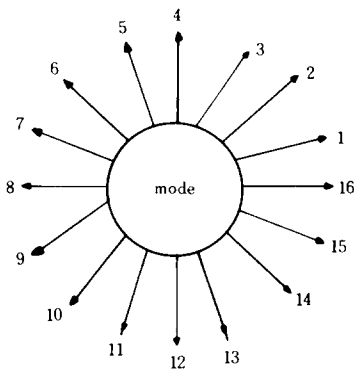


그림 2. Search 方向
Fig. 2. Search direction.

4의 例와 같이 cluster 空間을 形成하는 段階인데, 元來模樣을 包含하는 polygon形態의 cluster形成은 遂行時間을 줄일 뿐 아니라 cluster周圍의 雜音을 吸收하는 效果도 갖는다. 이 段階에서는 아울러 아래와 같은 統計値를 計算하고 統計file에 저장한다.

(1) Cluster i 의 j 次元에서의 平均値 \bar{X}_{ij}

$$\bar{X}_{ij} = \frac{1}{M_i} \sum_{k=1}^{M_i} X_{i,j,k} \quad (1)$$

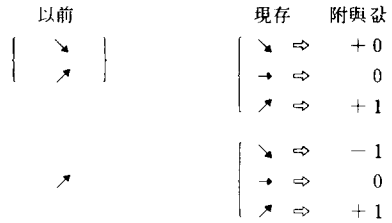
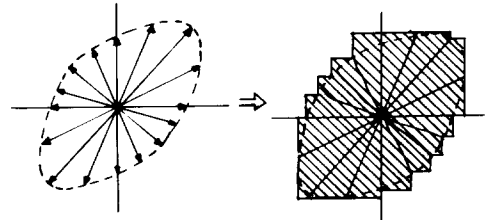


그림 3. 값 阿與
Fig. 3. Value assignment.



(點線은 元來의 分布形態이고 빗금친 多角形은 形成된 cluster임)

그림 4. Cluster 形成의 例
Fig. 4. Example of cluster formation.

여기서 $\begin{cases} i = 0, \dots, G \text{이고 } G \text{는 cluster數} \\ j = 1, \dots, N \text{이고 } N \text{은 次元數} \\ k = 1, \dots, M_i \text{이고 } M_i \text{는 } i \text{ cluster의 member數} \end{cases}$

(2) cluster i 의 j , 1次元間의 共分散 C_{ij}

$$C_{ij} = \frac{1}{M_i - 1} \left(\sum_{k=1}^{M_i} (X_{i,j,k} - \bar{X}_{ij}) (X_{i,j,k} - \bar{X}_{ij}) \right) \quad (2)$$

(3) Cluster i 와 m 間의 Mahalanobis距離

$$D_{im} = (\bar{X}_i - \bar{X}_m)^T P_{im}^{-1} (\bar{X}_i - \bar{X}_m) \quad (3)$$

여기서 (1) \bar{X}_i 와 \bar{X}_m 은 cluster i 와 m 에서의 2次元 平均 vector

(2) P_{im} 은 cluster i 와 m 間의 2×2 인 pooled variance 行列로서

$$P_{im} = \frac{1}{M_i + M_m - 2} ((M_i - 1) C_i + (M_m - 1) C_m) \quad (4)^{[13]}$$

여기서 C_i 와 C_m 은 cluster i 와 m 의 2×2 인 共分散 行列

4. Cluster 評價 및 regrouping

Clustering의 結果를 評價하고 Mahalanobis距離가 最小値보다 작은 cluster들은 舍한다.

5. Thresholding

畫像 data를 入力받아 特微空間에서의 位置에 따라 各 cluster別로 thresholding하는데 cluster의 分布

範圍를 벗어나 位置하는 境遇 가까운 Mahalanobis 距離의 cluster로 thresholding 한다.

III. 後處理를 爲한 Mode Filter

Threshold에 의해 分割된 code 값을 갖는 畫像에서는 가끔 threshold에 의한 人工의인 生成으로 元來의 畫像에서는 쉽게 보이지 않는 獨立된 點이나 작은 雜音地域(noise region)이 物體의 內·外部나 背景에 存在하게 된다.¹⁰⁾ 이러한 雜音은 일반적인 smoothing方法¹¹⁾으로는 除去가 不可能하고 幾何學的的(geometrical) 處理節次로써 除去해야 하는데 여기에는 shrink/expand¹⁰⁾方法이 使用되어 왔다. 그러나 shrink/expand方法은 元來 binary code 값을 갖는 畫像에서의 處理를 위한 것으로써 여러 code 값을 갖는 畫像의 境遇 物體 內部에 存在하는 雜音處理가 不可하다는 等의 問題點을 갖는다.

本 論文에서는 畫像에서 物體들의 code 값들이 갖는 地域性(locality) 또는 近接性(proximity)과 같은 統計的 特性을 利用하여 畫像에서의 獨立된 雜音地域의 除去는 勿論, 物體의 內·外部에 發生할 수 있는 雜音을 物體의 實形에 가깝도록 除去하거나 吸收하는 效果를 갖는 方法을 提案하고 이 方法이 filter의 window 안에서 가장 빈번하게 出現하는 code 값을 取한다는 特性에 따라 Mode Filter라고 稱한다. Filter의 原理는 아래와 같다.

畫像에서 segment들이 넓이의 크기 順으로 0, ..., G의 code 값을 가질때 任意的 點(x, y)에서 畫素가 갖는 code 값을 f(x, y)라고 하면 그림 5에서와 같이 f(x, y)를 둘러싼 3 × 3의 window안에서 code j(j = 0, ..., G)를 갖는 f의 數를 g_j(x, y)라 할때 아래와 같다.

$$f(x, y) = \max \{g_j(x, y)\} \tag{5}$$

만약 g(x, y) = g_k(x, y) (k ≠ j, k = 0, ..., G)일때는 아래와 같다.

$$f(x, y) = g_1(x, y) \tag{6}$$

(여기서 1 = max {j, k})

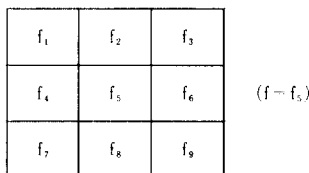
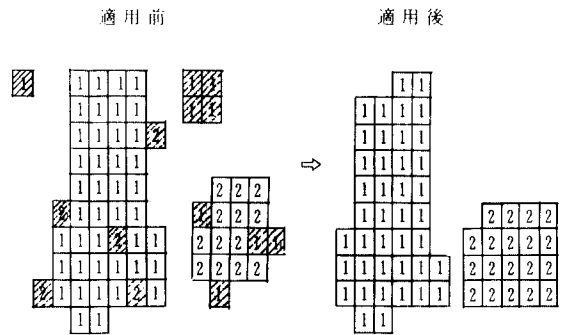


그림 5. 3 × 3 window
Fig. 5. 3 × 3 window.

이 原理는 畫像空間에서 가까운 距離에 位置하는 畫素들은 같은 code 값을 갖는 確率이 높고, 따라서 任意的 畫素는 그것을 包含하는 單位地域內에서 出現頻度數가 가장 높은 code 값을 가질 確率이 높다는 統計的 特性에 基礎한다. 또한 式(6)에서 1의 값을 j, k中 큰 code 값으로 擇하는 것은 member數가 작은 segment에 俗하는 畫素가 큰 境遇에 비해 spatial domain上에 單位面積當 存在할 수 있는 確率이 작다는 統計的 判斷에 基礎하는데, 即 나타날 確率이 작은 畫素가 큰 畫素와 單位面積當 같은 넓이로 나타났다는 것은 實體畫像에서 f(x, y)는 작은 畫素일 確率이 높다고 看做하는 것이다. 이 filter는 shrink/expand와는 달리 各 畫素에 대한 地域的 代置 rule이 順次的으로 適用이 됨으로써, 別途의 記憶空間이 必要하지 않고 filter의 效果도 높인다. 그림 6은 이 filter를 適用한 簡單한 例이다.



(빗금친 部分은 雜音이고 背景은 0 값을 갖으나 省略됨)

그림 6. Mode filter의 適用例
Fig. 6. Example of applying mode filter.

VI. 實驗 및 考察

그림 7의 key image는 red, blue, green의 세가지 filter로서 digitizing되는데 實驗의 편의상 128 × 128 size의 red, blue의 2次元데이터로써 入力하였다. 그림 8은 入力된 image의 特徵空間上的 分布를 보여주고 여기에 MHSC가 適用되어 cluster가 形成되는 過程을 그림 9에서 보여준다. 여기서는 알파벳 順으로 빈도수크기가 表示되었고 숫자는 mode 크기 順으로 cluster에 附與되는 番號인데 分布形態에 關係없이 cluster가 形成됨을 볼 수 있다. 그림 10은 形成된 特徵空間을 利用해 分割된 畫像이고 여기에서 存在하는 地域的 雜音을 Mode Filter에 依해 除去하거나 吸收한 結果가 그림 11이다. 그림 12는 iso data에 依



그림 7. 열쇠畫像
Fig. 7. Key image.

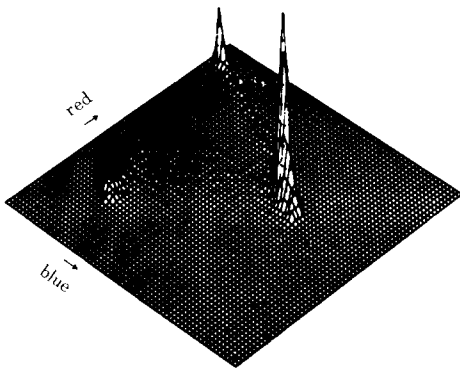
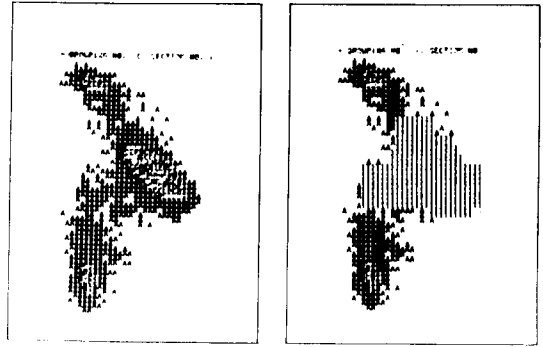


그림 8. 特徵空間上 分布
Fig. 8. Distribution on the feature space.

한 결과로서 本 論文에서 提示한 MHSC方法과 分割된 畫像結果는 큰 差異를 보이지 않았으나 표 1에서의 time complexity와 같이 iso data의 경우 MHSC보다 遂行時間이 2배가 소요되었으며 MHSC의 경우 自動으로 解決되던 thresholding을 iso data의 경우 入力으로 넣어 주어야만 되었다. 또한 本 研究에서의 方法을 畫像強調(enhancement)나 分類에도 適用될 수 있음을 보이기 위해 그림 13과 그림 14를 enhancement한 結果가 그림 15와 그림 16이고 서울일원의 landsat 畫像인 그림 17에서 일부 지역을 分類한 結果가 그림 18이다.

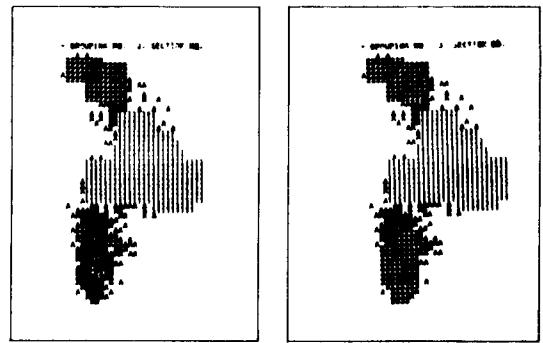
V. 結 論

本 論文에서는 MHSC에 依해 初期 情報없이 빠른



(a) Cluster 形成前

(b) Cluster 1 形成



(c) Cluster 2 形成

(d) Cluster 3 形成

그림 9. Cluster 形成過程

Fig. 9. Cluster growing process.

速度로 畫像을 分割하고 Mode Filter에 依해 後處理하는 方法이 提案되었다. MHSC는 既存의 機械的 pattern 認識方法에 비해 빠른 速度로 불규칙한 pattern을 自動으로 thresholding할 수 있는 效果의 方法이었는데 thresholding後 code 값을 갖는 畫像에서 發生할 수 있는 地域의 雜音제거에 Mode Filter가 效率的으로 適用되었다. 여기에서 서로 相異한 特性을 갖는 몇개의 物體로 構成되지 않고 서로 비슷한 特性을 갖는 物體들과 배경으로 이루어지는 複雜한 畫像의 경우에 있어서는 完全한 分割이 不可能하였는데 이를 위하여서는 物體들의 特性을 보다 많은 次元에서 表現하여 物體 相互間의 特性을 完全하게 區分할 수 있도록 本 algorithm의 次元을 확장시켜야 할 것으로 생각된다. 또한 次元을 늘림으로 인해 기하급수적으로 늘어나는 處理時間을 고려하면 Karhunen Loeve Transform 같이 次元을 줄이거나, 特徵空間에서의 特性을 補完할 수 있는 contextual analysis方法의 並用도 바람직 할 것이다.

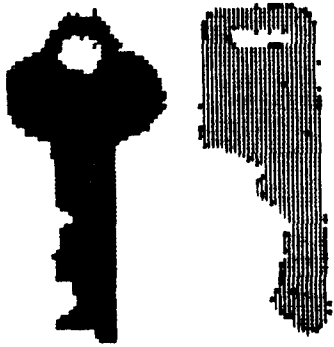


그림10. MHSC에 의해 分割된 畫像
Fig. 10. Segmented image by MHSC.

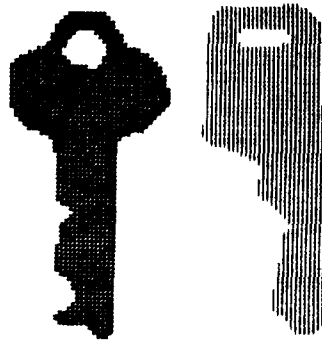


그림11. 雜音除去된 畫像
Fig. 11. Noise removed image.



그림12. Isodata에 의해 分割된 畫像
Fig. 12. Segmented image by isodata.



그림13. Digitized 畫像
Fig. 13. Digitized image.

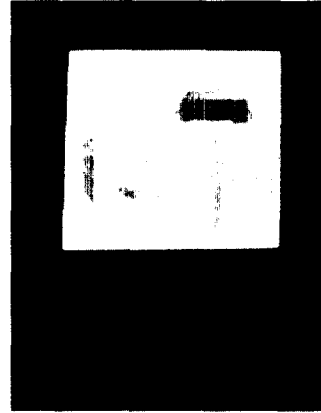


그림15. Enhance된 畫像
Fig. 15. Enhanced image.

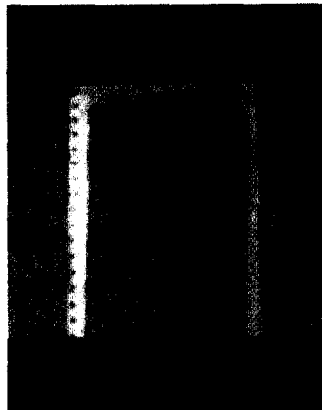


그림14. Digitized 畫像
Fig. 14. Digitized image.

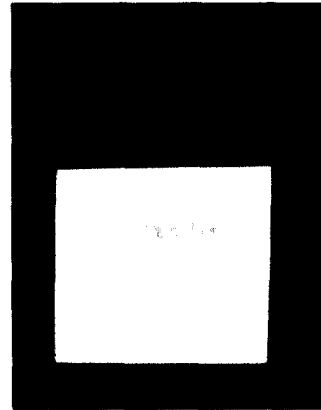


그림16. Enhance된 畫像
Fig. 16. Enhanced image.



그림 17. Landsat 畫像
Fig. 17. Landsat image.



그림 18. 分類結果
Fig. 18. Classified result.

參 考 文 獻

- [1] Ballard, *Computer Vision*. Prentice Hall, pp. 116-117, 1982.
- [2] Rafael C. Gonzalez & Paul Wintz, *Digital Image Processing*. Addison-Wesley Publishing Co., Inc., pp. 320-348, 1977.
- [3] Robert M. Haralick, "Digital step edges from zero crossing of second directional derivatives," *IEEE Trans PAMI*, vol. PAMI-6, no. 1, pp. 58-68, Jan., 1984.
- [4] Haluk Derin et al, "Bayes smoothing algorithms for segmentation of binary images modeled by markov random fields," *IEEE Trans. PAMI*, vol. PAMI-6, no.6, pp. 707-719, Nov., 1984.
- [5] J.M. Chassery & C. Garbay, "An iterative segmentation method based on a contextual color & shape criterion," *IEEE Trans. PAMI*, vol. PAMI-6, no. 6, pp. 794-800, Nov., 1984.
- [6] F.R. Fromn & R.A. Northhouse, "CLASS: a nonparametric clustering algorithm," *Pattern Recognition*, vol. 8, pp. 107-114, 1976.
- [7] P.M. Narendra & M. Goldberg, "A non-parametric clustering Scheme for land-sat," *Pattern Recognition*, vol. 9, pp. 207-215, 1976.
- [8] W.L. Kootz et al, "A graph theoretic approach to nonparametric cluster analysis," *IEEE Trans. Computer* 25, pp. 936-944, 1976.
- [9] J.K. Park et al, *A Hill Sliding Strategy for Initialization of Gaussian Clusters in the Multidimensional Space*. Joint Soil & Machine Processing of Remotely Sensed Data Symposia, Purdue Univ, June, 1980.
- [10] L. David Milgram & Arziel Rosenfeld, *Algorithms and Hardware Technology for Image Recognition*. computer Science Center, Univ. of Maryland, pp. 357-366, Mar., 1978.
- [11] 裴英來, 趙東旭, 崔炳旭, "Mode Filter를 이용한 畫像의 地域的 雜音除去", 大韓電子工學會 秋季 綜合學術大會 論文集, vol. 8, no. 2, pp. 777~779, nov., 1985.
- [12] William K. Pratt, *Digital Image Processing*. John Wiley & Sons, Inc, pp. 279-301, 1978.
- [13] J.T. Tou & R.C. Gonzalez, *Pattern Recognition Principles*. Addison-Wesley Publishing Co., 1974.
- [14] Alfred V. Aho et al., *The Design and Analysis of Computer Algorithm*. Addison-Wesley Publishing Co., pp. 2-3, pp. 76, 1974.