화상분할방법으로 화상의 히스토그램에 의한 문턱값 분할방법[4]을 많이 사용하고 있으나 화상의 국부특징은 명암도의 변화성에 의해 결정되므로 명암도만에 의한 분할방법으로는 국부특징의 검출이 양호하지 못하다. 화상인식은 화상의 구조 및 관계등의 특징정보들을 추출하는 과정으로서 중점적인 연구분야는 모양의 분석과 묘사이다. 모양분석은 대상물의 해석기준에 따라 경계선에 의한 경계중심법과 내부구조에 의한 영역중심법[5]으로 구분되며, 모양묘사[6]는 대상물의 모양을 표현하는 과정이다.

안저상에 관한 화상분석의 主眼點은 시간변화에 따른 형광물질의 농도변화와 누출면적 및 각종 病狀의 고유모양과 위치에 의해 질병의 종류와 상태를 진단하는 일이다.

본 논문에서는 화상이 어떠한 명도대비와 히스토그램분포를 갖는 경우에도 양호한 국부특징의 검출이 가능한 화상분할알고리듬을[7,8,9,10] 이용하여 특징영역내의 정보추출에 이용가능하며 생체적모양의 식별에 적합한 영역식별방법에 관해서 연구하였다. 또한 질병의 종류와 상태를 진단할 수 있는 특징영역들의 고유모양을 추출[5,6,11]하고 이 모양들의 표현에 관해서 연구하였다. 본 연구에서는 특히 당뇨병성 안저상에 제안된 화상분할알고리듬[7]을 적용하여 화상을 분할하고, 분할된 특징영역들의 식별방법과 식별된 특징영역들의 모양묘사 과정에 관해서 실제 응용하여 보았다.

II. 특징영역의 식별

안저상에 나타나는 각종 病狀들은 각각 고유의 모양과 위치를 갖는다. 이러한 정보들을 영역별로 추출하기 위해서는 특징영역의 식별과 표현과정이 필요하다. 화상의 표현방법으로는 영역의 경계만을 검출하는 경계중심방법과 균일한 명암도를 갖는 영역들을 검출하는 영역중심방법이 있다. 그러나 경계중심방법의 결과로는 영역내의 정보들을 추출할 수 없으므로 본 연구에서는 영역중심방법으로 해석하였다. 안저상의 정보형태는 혈관과 같이 線狀으로 분포하는 선상패턴과 망막변성부위와 같은 斑狀패턴으로 대별할 수 있다. 그리고 형광안저사진의 명암도는 혈류내의 형광물질의 농도에 비례하므로 출혈이 있는 경우 형광물질이 누출된 영역과 출혈부위를 분리검출하는 것은 용이하지 않다.

1. 특징영역의 분할

혈관계와 망막변성부위 등의 특징영역별로 진단정보를 추출하기 위하여 화상분할 알고리듬[7]을 이용하여 화상을 분할하였다. 그림 1은 형광물질을 주입하고 약 78초 후에 찍은 당뇨병환자의 안저상이며 작은 사각형내부는 위치(100, 60)에서 80×80 크기로 설정한 관심영역이다. 그림 2는 이 관심영역에 대하여 화상분할알고리듬[7]을 이용하여 혈관계와 망막변성 부위 등으로 영역분할한 화상이다.

그림 1. 형광안저화상(250×250)
Fig. 1. Ocular fundus fluorescein angiogram (250×250).

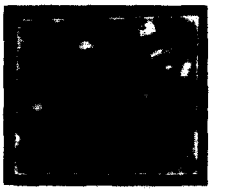


그림 2. 그림 1의 관심영역에 제안된 화상분할 알고리듬을 이용하여 영역 분할된 화상(80×80).
Fig. 2. Region segmented image of area of interest of Fig. 1 using the proposed image segmentation algorithm (80×80).

2. 특징영역의 분석 및 분류

일반적으로 혈관계의 모양은 가늘고 길며, 망막변성부위는 굵고 짧은 모양특성을 갖는다. 그림 3은 이러한 각 특징영역들의 모양특성을 이용하여 영역을 식별하는 순서도이다.

영역식별의 기본과정인 성분별명칭부여(component labeling)는 연결성분의 각 영역마다 일련번호를 할당하고, 한 영역에 속하는 모든 화소가 같은 값을 갖도록 하는 과정이다. 그림 4는 어떤 영역R과 R의

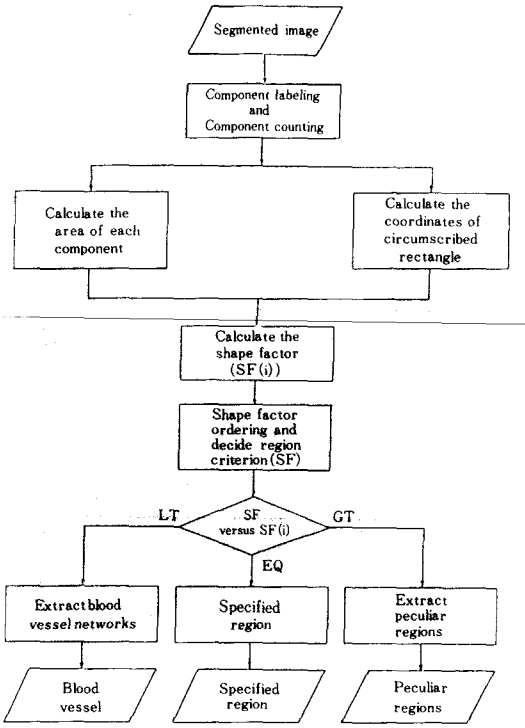


그림 3. 제안된 영역식별과정의 순서도
Fig. 3. Flow chart of the proposed region discrimination process.

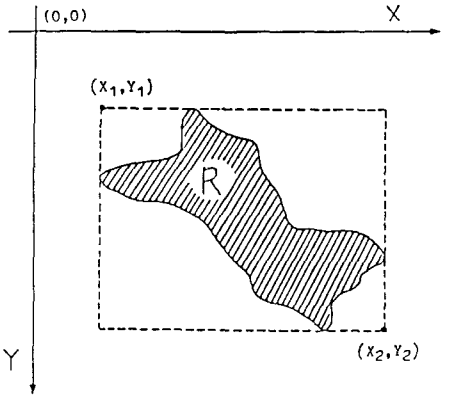


그림 4. 특징영역R과 R의 외접사각형
Fig. 4. Feature region R and its circumscribedrectangle.

외접사각형을 예시한 그림이다. 그림 4에서 영역R의 면적 S_R은 영역R내의 화소들의 수이고, 한 화상의 특징영역들은 R_1-R_N으로 구분된다. 그림 4에 보인 바와 같이 영역R의 외접사각형의 좌표를 시점(x_1, y_1)과 종점(x_2, y_2)으로 표현하면 이 사각형의 면적 $S_c(i)$는 다음 식(1)로 계산된다.

$$S_c(i) = | x_1(i) - x_2(i) | \times | y_1(i) - y_2(i) | \quad (1)$$

모양지수(shape factor)로는 원래의 모양을 재생할 수는 없지만 원래의 대상물에 대해서 축소된 정보는 갖도록 결정해야 한다. 식별과정의 주목적은 분할된 특징영역들을 혈관과 망막변성부위로 분류하는 것이다. 따라서 모양지수는 임의의 모양을 갖는 분할된 화상의 모든 특징영역들에 대해서 적용할 수 있어야 하며 계산이 용이해야 한다. 본 연구에서는 식(2)로 표현되는 모양지수를 사용하였다. i번째 특징영역의 면적을 $S_R(i)$이라하면 이 영역의 모양지수 SF(i)는

$$SF(i) = \frac{S_R(i)}{S_c(i)} \quad (2)$$

이다.

특징영역들의 분류방법은 다음과 같다. 각 특징영역들에 대해서 식(2)에 의해 계산된 모양지수들을 크기순으로 재배열 시킨다. 재배열된 모양지수와 화면을 보고 결정한 혈관의 분기수를 이용하여 특징영역들의 분류기준이 되는 모양지수(SF)를 결정한다. 일반적으로 혈관의 모양은 가늘고 긴 모양이므로 모양지수는 작은 값이며, 망막변성부위는 굵고 짧은 모양이므로 큰 값을 갖는다. 이러한 특징영역들의 식별과정에서는 혈관의 분기수에 대한 사전지식이 필요하다.

Ⅲ. 특징영역의 묘사

대상물의 영역에 대한 거리변환(distance transform)과 이를 이용하여 구한 골격화상(skeletal imag)은[5,6] 영역의 고유성분을 나타낸다. 그러나 이 골격화상은 평활화된 대상물에 대해서는 합리적인 골격의 모양을 나타내지만 경계점에 있는 잡음이나 곡률변화가 큰 경계부분에 대해서는 민감한 단점이 있으며 특히 디지탈 화상의 경우 연결성이 보장되지 않는다.[5]

안저상에 대한 임상학적 소견상 각종 질병의 증상들은 각각 고유의 모양을 갖게되며 이러한 고유모양을 구함으로써 질병의 종류와 상태를 알 수 있다.[1,2]

본 연구에서는 골격영역으로부터 영역의 확장과정형에 의하여 연결성이 보장된 특징영역의 고유모양을 구하는 방법에 관해서 연구하였다. 그림5는 특징영역의 골격추출 및 영역확장에 관한 순서도이다.

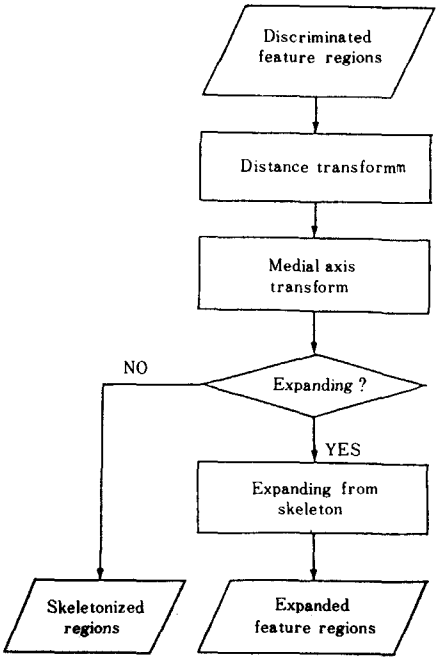


그림 5. 특징영역의 묘사에 관한 순서도
Fig. 5. Flow chart for the shape description of feature region.

1. 거리변환과 골격추출

특징영역에 해당하는 화상의 부분집합을 S라하면 여집합$\overline{S}$는 특징영역의 배경에 해당된다. 거리변환[5,6]이란 집합S內의 각 점에 대해서 배경$\overline{S}$으로부터 최소거리로의 변환이며 이 거리변환자료를 이용하면 화상의 골격추출이 가능하다. Ⅱ절에서 식별된 각 특징영역들에 대해서 식(3)을 이용하여 거리변환을 수행하였다. 특징영역S내의 모든 점P(i, j)에 대해

$$F^k(P)=\begin{cases}0 & : \text{if} \quad P\in\overline{S}\\ \min.\{R^{k-1}(P), \min_{Q\in N_1}\{F^k(Q)+f(P)\}\} & : \text{if} \quad P\notin\overline{S}\end{cases} \quad (3a)$$

$$R^k(P)=\begin{cases}0 & : \text{if} \quad P\in\overline{S}\\ \min.\{F^k(P), \min_{Q\in N_2}\{R^k(Q)+f(P)\}\} & : \text{if} \quad P\notin\overline{S}\end{cases} \quad (3b)$$

$$F^0(P)=\begin{cases}0 & : \text{if} \quad P\in\overline{S}\\ M & : \text{if} \quad P\notin\overline{S}\end{cases} \quad (3c)$$

여기서 $F^k(P)$는 K번째 순방향 주사시 점P의 거리이며, $R^k(P)$는 K번째 역방향 주사시 점P의 거리이다. 그리고 $F^0(P)$는 거리변환전에 영역S에는 임의의 큰 양의 정수M을, 배경$\overline{S}$에는 0으로 치환한 거리배열이다. 그리고 f(P)는 영역식별된 화상이다. 또한 N_1은 순방향 주사시 거리변환에 사용될 점P의 인접요소들 즉 {(i−1, j−1), (i−1, j), (i+1, j−1), (i, j−1)}이고 N_2는 역방향 주사시 점P의 인접 요소들로서 8-인접요소들중 N_1에서 제외된 점들의 집합이다. 이러한 거리변환은 모든 점P에 대해서 $F^k(P)=R^{k-1}(P)$ 또는 $R^k(P)=F^k(P)$가 성립될 때까지 반복한다.

2. 골격화상의 확장

각 특징영역의 골격은 배경으로부터 영역내의 점P까지의 거리를 구할때 최소거리의 종점의 집합으로 구성되는 화상이다. 그러나 식(3)을 이용하여 추출한 골격은 디지털화상의 경우 연결성이 보장되지 않는다. 이러한 골격의 연결성은 골격으로부터 영역의 확장에 의해 개선될 수 있고 골격의 정형도 가능하다.

본 연구에서는 다음 두가지 방법으로 골격으로부터 영역을 확장하여 각 특징영역들의 고유모양을 추출하였다.

〔확장방법 1〕

점P는 골격영역내의 점이고, 점Q는 영역S내의 점P의 인접요소라고 하면 영역의 확장은

$$Se^{(1)}=S_k\cup\{S_{Q_1\in N_1}(Q_1)\},\quad S_e^{(2)}=S_e^{(1)}\cup\{S_{Q_2\in N_2}(Q_2)\}:$$
$$\text{if } d(P)>d(Q_2) \quad (4)$$
$$S_e=S_k \quad : \text{otherwise}$$

이다. 여기서 $S_e^{(i)}$는 i번째 확장된 영역이고, S_k는 골격이다. 그리고 N_1은 점P를 중심으로 거리가 1되는 골격영역내의 화소가 아닌 화소들의 집합이고, N_2는 점P를 중심으로 거리가 2이고 골격영역내의 화소가 아닌 화소들의 집합이다. 확장방법 1은 골격영역내의 화소P를 중심으로하는 8-인접요소들중 골격내의 화소를 제외한 화소들을 특징영역에 합병(merge)하여 영역을 1차 확장하고 다시 화소P를 중심으로 1차 확장된 영역에 포함되지 않는 8-인접요소들 중에서 거리가 2되는 화소들을 특징영역에 합병하여 2차 영역확장을 하는 방법이다. 이 방법은 연산량은 적으나 2차 영역확장시 화소P를 중심으로 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315° 방향에 해당하는 화소를 제외한 화소는 고려되지 않는 단점이 있다.

〔확장방법2〕

점P를 골격영역내의 점, N_P를 영역S내의 골격영역이 아닌 인접요소들의 집합이라 하면 영역의 확장은

$$S_e^{(1)}=S_k\cup\{S_{Q\in N_P}(Q)\},\quad S_e^{(2)}=S_e^{(1)}\cup\{S_{Q\in N_P}(Q)\},\ \cdots$$
$$: \text{if } d(P)>\underset{Q\in N_P}{d(Q)} \quad (5)$$

이다. 여기서 $S_e^{(i)}$는 i번째 확장된 영역이다. 확장방법 2는 골격영역내의 화소P를 중심으로하는 8-인접 요소들중 골격내의 화소를 제외한 화소들을 특징영역에 합병하여 영역을 1차 확장하고, 다시 이 확장된 영역내의 화소P'를 중심으로 하여 같은 방법으로 영역을 2차 확장하는 방법이다. 이 방법은 연산량이 많으나 모든 인접요소들을 고려하여 영역을 확장하므로 원래의 영역을 재생할 수 있다.

Ⅳ. 실험결과 및 검토

1. 특징영역의 식별

표 1은 영역분할된 화상 그림 2에 대해서 식(1)과 식(2)를 이용하여 계산한 각 특징영역들에 대한 시점과 종점좌표와 면적, 그리고 모양지수들이다.

표 1. 그림 2의 특징영역에 대한 좌표와 영역수 그리고 모양지수

Table 1. Coordinates, area, number and shape factor of feature rgeion of Fig. 2.

Region number	Start and end points for each region				Region area	Shape factor
	X_1	Y_1	X_2	Y_2		
1	2	2	16	6	37	.49333
2	2	2	76	76	1854	.32960
3	2	68	10	76	46	.57790
4	6	9	9	11	10	.83333
5	12	2	26	15	94	.44762
6	20	39	22	44	15	.83333
7	30	2	37	8	33	.58929
8	32	33	42	48	98	.55682
9	35	70	39	74	18	.72000
10	40	31	76	52	241	.29607
11	44	75	46	76	4	.66667
12	62	37	62	39	3	1.00000
13	66	29	73	38	47	.58750
14	76	76	76	76	1	1.00000

모양지수들에 의한 각 특징영역들의 분류기준은 다음과 같다.

(1) SF(i)<SF이면 혈관영역

(2) SF(i)=SF이면 특정영역

(3) SF(i)>SF이면 망막변성영역

표 1로부터 전체 특징영역수와 각 영역의 위치 및 면적을 알 수 있고, 모양지수의 크기에 의해 혈관영역과 망막변성영역으로 분류할 수 있다. 따라서 각 영역별 모양분석과 모양묘사가 가능하다.

그림 6(a)는 그림 2에 대해서 영역별로 명칭부여된 화상이며 (b)는 표 1에서 모양지수가 0.32960에 해당되는 혈관영역만을 추출한 화상이다. 그리고 그림(c)는 모양지수가 0.4보다 크고 망막변성부위로 추정되는 영역만을 추출한 화상이며 그림(d)는 그림(c)의 특징영역들을 원화상(그림 1)에 나타낸 화상이다. 그림(d)에 보인바와 같이 낮은 명도대비인 원화상에 특징영역을 표현함으로써 환부식별이 용이하며 각 특징영역별 진단에 이용할 수 있다. 특히 이러한 영역별 식별결과는 여러장의 안저상에 대한 각 특징영역 內에서 시간변화에 따른 형광농도의 변화를 해석하는데 유용할 것으로 판단된다.

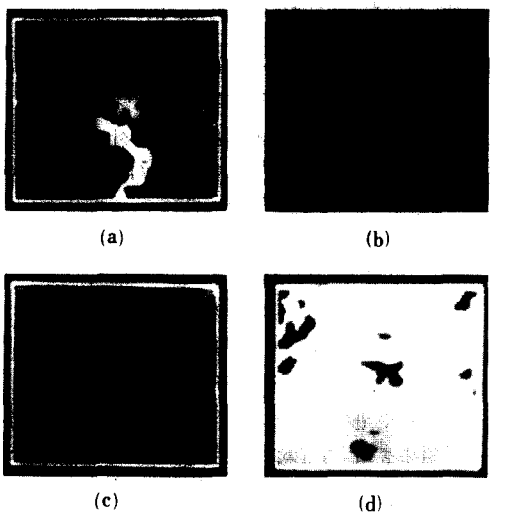


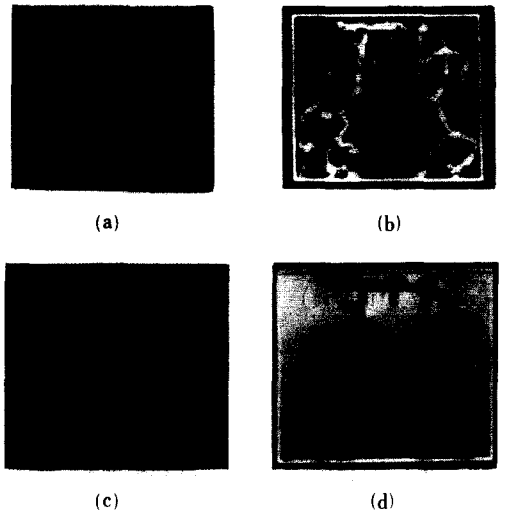
그림 6. (a) 성분별 명칭부여화상
(b) 혈관영역
(c) 망막변성영역
(d) 그림 1에 (c)화상을 표시한 화상

Fig. 6. (a) component labeled image.
(b) blood vessel region.
(c) impaired retinal regions.
(d) superimposed(c) on Fig. 1.

2. 특징영역의 추출 및 표현

혈관계로 식별된 화상그림 6(b)에 대해서 영역의 골격추출 및 확장방법을 적용하였다. 그림 7(a)는 원화상 그림 6(b)에 대한 혈관영역의 골격이고, (b)는 골격화상 그림(a)에 확장방법 1(식(4))을 사용하여 영역을 확장시킨 화상이다. 또한 그림(c)는 확장방법 2

(식(5))을 사용하여 영역확장된 화상이고 그림(d)는 그림(c)를 원화상 (그림 1)에 표시한 화상이다. (a)의 골격화상을 살펴보면 혈관의 狹細部分은 단절되어 있으며, 곡률의 변화가 심한 혈관경계부분에 대한 골격의 모양은 변화가 심하다. 따라서 질병에 따른 혈관구조의 특징을 추출하기가 곤란함을 알 수 있다. 그림(b)와 (c)의 영역확장된 화상은 (a)의 골격화상보다 혈관의 협세부분의 연결성이 개선되었으므로 혈관구조의 식별이 용이하게 되었다. 확장방법 1을 사용한 그림(b)를 자세히 살펴보면 2차 영역확장시 골격내의 점P를 중심으로 8方向에 해당되는 화소만을 합병함으로 인하여 영역의 경계부근에 고립된 작은 영역들이 나타나는 단점을 알 수 있다. 확장방법 2를 사용한 그림(c)는 영역확장시 모든 인접화소들을 고려하여 영역을 확장하였음으로 원래의 영역을 재생하고 있음을 볼 수 있다. 그림(b) 또는 (c)는 고혈압성 眼底病變의 특징인 동·정맥교차현상(arterio-ve venous crossing)과 사행(tortuosity) 등 혈관계의 모양분석에 이용가능하다. 그리고 그림(d)와 같이 이러한 특징영역들을 원화상에 표현함으로써 질병의 상태와 환부도 알 수 있을 것이다.



(a)　(b)　(c)　(d)

그림 7. (a) 그림 6(b)의 골격화상
(b) 그림(a)에 확장방법 1을 적용하여 영역확장된 화상
(c) 그림(a)에 확장방법 2를 사용하여 영역확장된 화상
(d) 그림(c)의 화상을 원화상 그림 1에 표시한 화상

Fig. 7. (a) skeletal image of Fig. 6(b).
(b) region expanded image of Fig. 7(a) using expanding method1.
(c) region expanded image of Fig. 7(a) using expanding method2.
(d) superimposed Fig. 7(c) on Fig. 1.

V. 결　　론

명도대비가 낮은 형광안저사진으로부터 유용한 진단정보를 추출하기위한 특징영역의 식별과 식별된 특징영역들의 고유모양의 추출 및 표현에 관해서 연구하였다.

특징영역의 식별과정에서는 분할된 특징영역의 부여명칭 화상을 구한후 혈관과 망막변성부위를 구별하기 위한 모양지수를 정의하였고 이 모양지수를 이용하여 특징영역들을 식별하였다. 식별과정의 연구결과는 생체적 모양의 식별에 유용하며 특징영역별 분석에 이용가능하다.

특징영역의 모양추출 및 표현과정에서는 식별한 특징영역들에 대해서 거리변환을 수행하고 이 변환자료를 이용한 중심축변환에 의해 특징영역들의 골격화상을 구하였다. 또한 이 골격화상으로부터 두가지의 영역확장방법에 의해 연결성이 개선되어 육안식별이 용이한 각 특징영역들의 고유화상을 구하였다. 모양추출 및 표현과정의 연구결과는 혈관의 경우 동·정맥교차현상등 혈관계의 구조분석에 유용하고 망막변성부위의 경우는 시간변화에 따른 형광물질의 누출모양과 누출면적 등의 해석에 이용가능하다.

당뇨병성 형광안저사진에 응용한 이상의 연구결과들은 이 사진을 진단수단에 이용하고 있는 녹내장, 고혈압 등의 질병의 경우에도 진단정보의 추출에 유용할 것으로 기대된다.

參 考 文 獻

[1] Krill, A.E, "Hereditary retinal and choroidal disease," vol. 1, Evaluation, Harper & Row Inc. pp. 73-187, 1972.

[2] 尹東浩, et al, "眼科學," 一潮閣, pp. 154-162, 1986.

[3] 山本眞司, "眼底寫眞の自動分析," 朝倉書店, pp. 420-429, 1982.

[4] Fu, K.S. and Mui, J.K., "A survey on image segmentation," *Pattern Recognition*, vol. 13, pp. 3-16, 1981.

[5] Rosenfeld, A. and Kak, A.C., *"Digital Picture processing,"* 2nd ed., Academic Press, pp. 152-187, 191-275, 276-346, 1982.

[6] Blum, H., "A transformation for extracting new descriptors of shape," *Compter methods in image analysis, IEEE Press*, pp. 153-171, 1977.

[7] 高昌林, et al, "弛緩法을 利用한 螢光眼底畵像의 局所特徵 檢出," 大韓電子工學會 論文集, 第24 卷 pp. 124-130, 1987.

[8] 高昌林, "螢光眼底畵像의 特徵領域分割 및 認識," 경북대학교 박사학위 청구논문, 1987.

[9] Nagin, P.A., Hanson, A. and Riseman, E. M. "Studies in global and local histogram guided relaxation algorithms," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intel.*, vol. 4, pp. 253-277, 1982.

[10] Lev, A. et al., "Iterative enhancement of noisy images," *IEEE Trans. Sys. Cyb.*, vol. 7, pp. 435-442, 1977.

[11] 高昌林, et al., "螢光眼底畵像에 關한 特徵領域의 模樣分析과 模樣描寫," 大韓醫工學會 論文集, 第 8 卷, 第 1 號, 6月, 1987. *

著 者 紹 介

高 昌 林(正會員)

1948年 7月 5日生. 1975年 2月 경북대학교 전자공학과 졸업. 1981年 2月 경북대학교 대학원 석사학위 취득. 1988年 2月 경북대학교 대학원 박사학위 취득. 1979年 3月～현재 경북산업대학 전자공학과 부교수. 주관심분야는 화상처리 및 인식, 의용화상처리 등임.

河 永 浩 (正會員) 第25卷 第10號 參照
현재 경북대학교 전자공학과 조교수

●

金 秀 重 (正會員) 第25卷 第7號 參照
현재 경북대학교 전자공학과 교수