
퍼지적분을 이용한 단백질패턴에 관한 특징추출

Feature Extraction for Protein Pattern Using Fuzzy Integral

김미혜*, 송영준**, 권혁봉***

충북대학교 전기전자컴퓨터공학부*, 충북대학교 BITRC**, 김포대학교 전자정보계열***

Mi-Hye Kim(mkkim@cbnu.ac.kr)*, Young-Jun Song(songyjorg@dreamwiz.com)**,
Heak-Bong Kwon(hbkwon@kimpo.ac.kr)***

요약

단백질 매크로 어레이 영상에서 단백질 칩 각각의 특징을 규명하는 것은 중요한 것이다. 사람의 시각에 의한 판단은 많은 단백질 칩 영상을 실험할 경우, 장시간의 관찰과 그로 인한 오류가 발생할 수 있다. 따라서 시뮬레이터를 통한 특성 파악이 필요하게 되고, 매크로 어레이 스캔 영상에 대해 특성 분석을 할 경우 효율을 극대화할 수 있다. 형광 스캔 영상에 있어서, 각 셀의 반응도는 컬러 영상의 R, G, B 분포에 의존하여 왔다. 그러나 중첩되는 영상의 경우는 한쪽으로 구분하여 분류하기가 어렵다. 본 논문은 이러한 단점을 극복하기 위해 사용자가 원하는 색상에 대한 퍼지 측도 값을 적용한 퍼지 적분 값으로서 단백질 칩의 반응 색상을 구분 지었다. Scan Array 5000에 의해 구성된 매크로 어레이 형광 영상들에 대해 실험한 결과, 퍼지 적분을 사용한 제안 방법이 모호한 색상에 대해 결정을 내릴 수 있는 요소가 됨을 보여 주었다.

■ 중심어 : | CBIR | 퍼지적분 | 특징추출 | 단백질패턴 |

Abstract

In the protein macro array image, it is important to find out the feature of the each protein chip. A decision error by the personal sense of sight occurred from long time observation while making an experiment in many protein chip image. So the feature extraction is needed by a simulator. In the case of feature analysis for macro array scan image the efficiency is maximized. In the fluorescence scan image, the response for each cell have been depend on R, G, B distribution of color image. But it is difficult to be classified as one color feature in the case of mixed color image. In this paper, the response color of a protein chip is classified according to the fuzzy integral value with respect to fuzzy measure as the user desired color. The result of the experiment for the macro array fluorescence image with the Scan Array 5000 shows that the proposed method using the fuzzy integral is important fact to be make decision for the ambiguous color.

■ keyword : | CBIR | Fuzzy Integral | Feature Extraction | Protein Pattern |

* 본 연구는 2005년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구지원비에 의하여 연구되었습니다.

접수번호 : #061222-001

심사완료일 : 2007년 01월 22일

접수일자 : 2006년 12월 22일

교신저자 : 김미혜, e-mail : mhkim@cbnu.ac.kr

I. 서 론

1990년대 이후에 유전자 서열 분석과 같이 바이오 인포매틱스 분야의 연구가 획기적으로 발전해 오고 있다. 보통 바이오 인포매틱스 분야는 유전자 염기 서열에 대한 분석 및 데이터 마이닝 위주로 연구되어져 왔다. 단백질 매크로 어레이 칩은 단백질 칩 어레이를 이용하여 단백질 칩을 고정시킨 다음, 형광물질을 이용하여 단백질 칩의 반응 정도를 한 번에 측정할 수 있게 만들어진 것이다.

지금까지 인간을 포함한 여러 생물들의 유전체들이 밝혀지게 되고 그에 따라 엄청난 양의 유전자 정보가 해석되면서, 그 분석을 위해 전산학적 접근 또는 영상 처리 기술이 발전하게 되었다. 이러한 전산학적 접근은 특히 유전자 서열 분석과 마이크로 어레이와 같은 바이오 칩의 영상 분석 등에 크게 기여하여 질병 진단 및 바이오 마커 탐색 등에 큰 역할을 담당하고 있다[1].

단백질에 대한 시료 적용 후의 반응도를 영상으로 구분하는 경우, 관심 단백질에 대한 추적이 가능하나 생물학적 실험을 통해 얻어진 영상이기 때문에 영상의 전반적인 그리고 지역적인 오염이나 변형에 대응 하는 것은 쉽지 않다. 따라서 단백질 칩의 시료 반응 영상에서 고품질의 영상을 획득하는 것이 단백질 패턴특징을 추출하는 중요한 척도가 될 수 있다.

본 논문에서는 단백질 매크로 어레이 영상에 대한 시료 반응도를 컴퓨터로 자동화하기 위해 직관적으로 평가하기 보다는 수리적인 방법에 의해 보다 안정적으로 평가할 수 있는 퍼지 적분의 적용을 제안한다. 퍼지 적분은 주관적인 판단이 개입되는 평가문제에서 유용하게 이용되므로, 의사결정(decision making)문제, 비선형 분류(nonlinear classification), 비선형 다중회귀분석(nonlinear multiregression) 문제들과 같은 데이터 마이닝(data mining)이나 정보 융합(information fusion) 분야뿐만 아니라 어떤 대상을 평가하는 방법으로 다양한 분야에서 이용되어왔다[2-4].

본 논문에서는 매크로 어레이 컬러 영상을 R, G, B 영상으로 나누고 각 단백질 셀에서의 값을 퍼지 적분의 입력 값으로 정규화하여 사용자가 원하는 시료반응 색

깔에 맞추어 단백질 칩을 검출할 수 있도록 하였다.

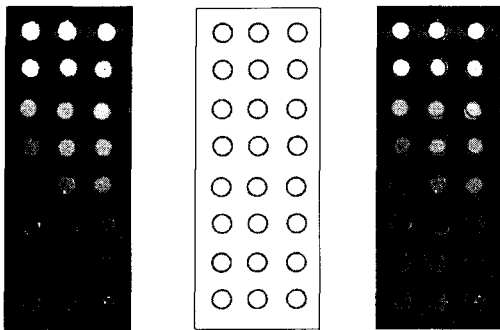
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 단백질 매크로 어레이 영상의 RGB 분류에 대하여 기술한다. 3장에서는 RGB 영상 분류를 위한 퍼지 적분에 대하여 기술하고 4장에서는 실험결과를 살펴본다. 5장에서는 결론과 향후 과제에 대하여 논한다.

II. 단백질 매크로 어레이 영상의 RGB 분류

단백질 매크로 어레이 영상은 여러 개의 단백질 칩이 나열되어 있는 구조로서, 각각의 셀들을 추출하는 것이 칩 영상에 대한 분석 시 중요한 전처리로서 부각되어 왔다. 이렇게 각 셀의 추출은 영상에서 셀의 특징 정보를 추출하여 이것을 이용한 매칭과 영상 대 영상의 전체 매칭의 두 가지 방법으로 나눌 수 있다.

특히, 사용자에게 의해 형판을 지정받고 그 정보를 바탕으로 셀들에 대해 그래프 매칭을 수행하는 효율적인 방법이 Panek 등에 의해 제안되었다[5]. 이 방법은 사용자가 형판을 고정하고, 타겟 셀 영상을 형판을 이용하여 변형시킨 후, 변형시킨 형판을 기준으로 셀들의 위치 정보를 이용하여 매칭을 시도하게 된다. 매칭 신뢰도가 높은 셀들을 탐색하여 그들을 형판 집합에 포함시킨 후 새로운 형판집합을 생성하는 단계를 2~4 번 반복하여 신뢰도를 높게 된다.

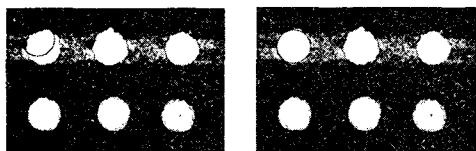
본 실험에서는 고정된 형판이 아니고, 후보 형판을 지정하고, 각 셀들을 셀들의 주변 영역에서 셀에 대한 형판을 재지정하는 방법을 취하였다. [그림 1]은 단백질 매크로 어레이 영상에 대한 형판 정합을 보여주고 있다. [그림 1](a)는 단백질 매크로 어레이에 대해 Packard Biochip Technology사의 Scan Array 5000에 의해 구성된 영상이다. [그림 1](b)는 단백질 칩 영상 각각을 추출하기 위해 정합할 형판을 보여주고 있다. 또한 [그림 1](c)는 매크로 어레이 영상에 형판 정합을 한 후의 모습을 보여주고 있다.



(a) 원영상 (b) 형판 (c) 형판 정합

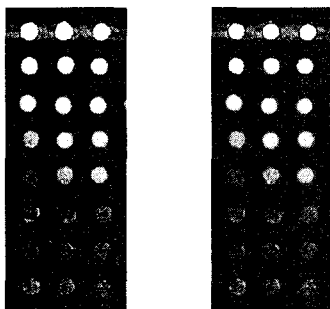
그림 1. 매크로 어레이 영상의 형판 정합

[그림 1]에서 보여주듯이 고정된 위치의 형판을 정합할 경우 이격되는 칩들이 있어 정확한 특징 추출에 어려움을 겪는다. 따라서 각각의 칩들이 위치하는 곳에서 셀의 이동이 필요하다. 이를 위해 [그림 2]와 같이 단백질 칩을 그레이 영상으로 변환한 후, 각각의 단백질 칩이 위치한 셀 주변의 사각형을 관심 영역으로 구분한 뒤, 관심 영역 내에서 형판의 원을 정합시킨다. 이 때, 각 픽셀들의 합이 가장 큰 것을 최적의 정합 위치로 보고 고정시키는 방법을 취하였다.



(a) 형판 정합 시작지점 (b) 형판 정합 최적지점

그림 2. 형판의 최적지점 정합

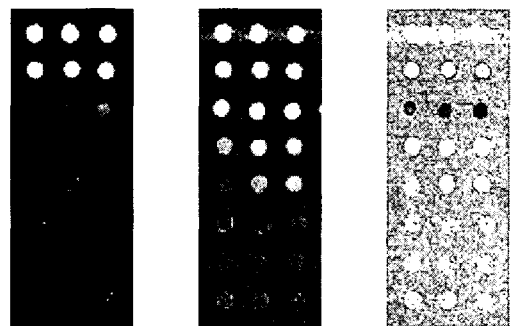


(a) 그레이 영상 (b) 최종 형판 정합

그림 3. 매크로 어레이 단백질 칩의 형판 정합

[그림 3]은 [그림 2]의 방법으로 원영상이 그레이 영상으로 변환된 각각의 단백질 칩에 최적으로 형판을 정합시킨 것을 보여준다. 단백질 칩과 정합된 형판내의 픽셀 값을 모두 합산하고 그 값을 단백질 칩의 반응 정도로서 삼는다.

[그림 3]은 그레이 영상에 대한 것으로서, 형광 물질의 반응 색깔인 RGB 영상의 점유도에 대해서는 알 수 없다. 따라서 형광 물질의 반응 정도를 알기 위해서는 칼라 영상에 대한 분석이 필요하다. 이를 위해, RGB 영상에서 각각의 RGB 성분별로 구분하여 분석할 경우, [그림 4]와 같이 보여준다. [그림 1](a)에서 매크로 어레이 단백질 칩의 원영상이 보여주는 것과는 다르게, R 성분에 대해서는 취약하게 반응하는 것을 보여주고, G, B 성분은 좀 더 많은 반응을 보여주고 있음을 알 수 있다. 특히, B 성분은 그레이 영상과 비슷한 반응을 보여주고 있다.



(a) R 성분 (b) G 성분 (c) B 성분

그림 4. 매크로 어레이 단백질 칩의 RGB 성분

따라서 반응 시약에 따라, R, G, B 성분별 분석이 필요하며, 이를 퍼지 적분에서 사용하는 퍼지 측도 값을 변경하여 원하는 반응도를 알 수 있다.

III. RGB 영상 분류를 위한 퍼지 적분

칼라 영상으로 표현된 형광 스캔 영상은 사람의 시각에서는 빨강, 파랑, 녹색 등으로 뚜렷하게 구분되는 것에서는 정확하지만, 사람에 따른 색차감으로 인해 중간

색의 경우에는 어느 쪽의 반응 색깔인지 모호할 경우가 있다. 이렇듯 복잡한 시스템은 시스템이 처음부터 지니고 있는 복잡성으로 인한 애매성이 존재하므로, 시스템을 세분 또는 분할하는 것 자체도 애매성을 남긴 채 수행되어 왔다. 이와 같이 애매함의 정도를 퍼지니스(Fuzziness)로 간주하고, L.A. Zadeh 가 제안한 퍼지집합(fuzzy set)으로서 이러한 퍼지니스를 멤버쉽 함수(membership function)에 의하여 정량적으로 표현하고 있다[6]. 이와 같이 주관적 평가를 기초로 하는 방법으로 T.L. Saaty 가 제안한 AHP (Analytic Hierarchy Process)가 있다. 이것은 평가기준의 중요도가 각 평가기준에 대한 대체안의 평가치는 평가자의 일대비교판단(pairwise comparison judgement)으로 구해지고, 그것을 “가법적”으로 합성하여 대체안에 대한 종합평가가 이루어진다[3]. 그러나 이러한 평가의 주관적 척도는 가법성을 만족하지 못하는 경우가 많다. 그래서 주관적 척도를 구성하기 위하여 퍼지측도(fuzzy measure)가 제안되어 졌고, 퍼지측도를 이용하여 비가법적인 평가 방법으로 퍼지적분(fuzzy integral)이 제안되었다. 여기서 주목할 점은 퍼지측도는 가법적인 경우를 특별한 경우로 포함하고 있다는 것이다. 이러한 이유로 퍼지적분은 그 실용적인 가치가 인식되어 왔다. 우선 퍼지적분을 논의하기 전에 본 논문에서 사용될 몇 가지 정의와 기호를 먼저 소개하고자 한다.

\mathcal{A} 는 공집합이 아닌 집합 X 의 부분집합들의 σ -대수로 가정하자. 그리고 다음과 같은 성질을 만족하는 집합치 함수 $\mu: \mathcal{A} \rightarrow [0, 1]$ 는 퍼지측도(fuzzy measure)라고 불린다[7].

- (1) $\mu(\emptyset) = 0$;
- (2) $A, B \in \mathcal{A}, A \subset B$ 이면 $\mu(A) \leq \mu(B)$;
- (3) $A_n \in \mathcal{A}, A_1 \subset A_2 \subset \dots$, 에 대해

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \mu(A_n) = \mu\left(\bigcup_{n=1}^{\infty} A_n\right)$$

- (4) $A_n \in \mathcal{A}, A_1 \supset A_2 \supset \dots$, 에 대해서

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \mu(A_n) = \mu\left(\bigcap_{n=1}^{\infty} A_n\right)$$
 이 성립한다.

퍼지측도 μ 가 가측공간(measurable space) (X, \mathcal{A}) 에서 퍼지측도 일 때, (X, \mathcal{A}, μ) 을 퍼지측도 공간(fuzzy measure space)라고 부른다.

만약 B 가 $[0, 1]$ 의 Borel 부분집합들의 σ -대수인 곳에서 $B \in \mathcal{B}$ 였을 경우, 어떤 B 값에 대해서도 $h^{-1}(B) = \{x | h(x) \in B\} \in \mathcal{A}$ 라면, 실수 값을 가지는 함수 $h: X \rightarrow [0, 1]$ 은 A 와 B 에 대하여 \mathcal{A} -가측(measurable)이다. (단, 아무런 혼동이 없을 때 그냥 가측이라고 부르는 것이 가능하다.)

$L^0(X) = \{h: x \rightarrow [0, 1] | h \text{가 } A \text{와 } B \text{에 대하여 가측(measurable)}\}$ 와 같은 가측함수들의 집합을 생각할 수 있다. 이 때, \mathcal{B} 는 통상적으로 $[0, 1]$ 의 Borel 부분집합들의 σ -대수이다. 주어진 h 가 $h \in L^0(X)$ 인 어떤 경우에 있어서도, $\alpha \in [0, 1]$ 일 때, $H_\alpha = \{x | h(x) \geq \alpha\}$ 이다.

$A \in \mathcal{A}$ 이고, $h \in L^0(X)$ 라고 가정하자. 퍼지측도 μ 에 대한 A 위에 있는 h 의 퍼지적분(fuzzy integral)의 정의는 다음과 같다.

$$\int_A h \, d\mu = \sup_{\alpha \in [0, 1]} [\alpha \wedge \mu(A \cap H_\alpha)]$$

$A = X$ 일 때는 퍼지적분은 $\int h \, d\mu$ 로 나타내도 무방하다.

퍼지적분의 의미를 다음과 같이 생각해 볼 수 있다 [8]. 집합 X 를 어떤 대상에 대한 평가항목이라 하자. σ -대수를 X 의 멱집합(power set)으로 생각하고, 그 원소에 대해 정의되는 퍼지측도 $\mu(H)$ 는 대상의 전체적인 평가에 대해 항목 H 의 평가치가 기여하는 정도, 즉 평가항목의 부분집합 H 의 중요도(degree of important)라 하자. 그리고 X 를 정의역으로 하는 함수 $h(x), x \in X$ 는 평가항목 x 에 대한 평가치라 하자. 이 때 전체 평가항목 X 에서의 평가함수 h 의(중요도 함수 μ 에 대한) 퍼지적분 식을 단계적으로 해석하면 $\alpha \wedge \mu(A \cap H_\alpha)$ 에서 α 는 X 가 유한 집합인 경우 $\inf_{x \in H} h(x)$ 를 의미하며 평가항목의 부분집합 H

에 대해 가장 부정적인(보수적인) 평가치를 선택했다는 의미이며, $\alpha \wedge \mu(A \cap H_\alpha)$ 는 평가항목 중 가장 부정적인 평가치와 평가항목 H 의 중요도에서 작은 것을 선택하는 것이다. 이렇게 선택하는 바탕에는 가장 안전한(보수적인) 평가치를 가짐과 동시에, 평가치가 평가항목의 중요도 보다 클 수 없다는 의미를 부여하고 있다. 적분결과를 $\sup_{\alpha \in [0, 1]} [\alpha \wedge \mu(A \cap H_\alpha)]$ 로 함으로써 여러 가지 가능한 H 중에서 가장 큰 값을 취하여 전체 평가치를 종합하고 있다. 즉, 이 부분에서 긍정적인(유리한) 항목을 부각시켜 낙관적인 평가를 하는 측면이 있다. 이러한 퍼지적분에 의한 평가법의 알고리즘을 다음과 같이 제시 할 수 있다.

[단계 1] 유한집합 X 의 원소로 정해진 평가항목에 대한 멱집합의 원소 $H \in P(X)$ 에 대해 평가기준의 중요도, 즉 전체집합 X 에 대해 부분집합 H 가 기여하는 정도 $\mu(H)$ 를 결정한다.

[단계 2] 각 평가 항목에 대한 평가값 $h(x_i)$ 을 $[0, 1]$ 의 값으로서 구하고 그 크기 순으로 나열한다.

즉, $x_i \in X (i = 1, 2, \dots, n)$ 에 대해 $h(x_1) \leq h(x_2) \leq \dots \leq h(x_n)$ 로 재배열을 한 후, 새로운 x_i 들에 대해 H_i 를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$H_i = \{x_k | k = i, i+1, \dots, n\}$$

[단계 3] 집합 H_i 에 대하여 $\mu(H_i)$ 의 값을 [단계2]에서 구한 값으로 하여, 각각의 i 에 대해서 $h(x_i) \wedge \mu(H_i)$ 를 계산한다.

[단계 4] [단계3]에서 구한 모든 i 에 대한 값의 maximum 값을 평가치 즉, 퍼지적분 값으로 한다.

이러한 알고리즘은 집합 X 가 이산적인 유한집합인 경우에만 가능하며 퍼지적분을 다음과 같이 다시 표현할 수 있다.

$$\int h(x) d\mu = \max_{i=1}^n [\min_{x_i \in H_i} \{h(x_i), \mu(H_i)\}]$$

IV. 실험 결과

본 연구에서는 Packard Biochip Technology사의 Scan Array 5000에 의해 구성된 단백질 매크로 어레이 영상을 이용하여 실험하였다. 설정된 형판의 셀 크기는 400 픽셀로서 구성되도록 하였다. 제안하는 퍼지 적분에서 사용되는 평가 항목을 $X = \{x_1, x_2, x_3\}$ 로 정하고, 여기서 x_1 은 R, x_2 는 G, x_3 은 B로 설정한다. 항목에 대한 멱집합 $P(X)$ 는 $\emptyset, \{x_1\}, \{x_2\}, \{x_3\}, \{x_1, x_2\}, \{x_1, x_3\}, \{x_2, x_3\}, \{x_1, x_2, x_3\}$ 이다. 이때 각 집합에 대한 퍼지 측도 $\mu(H)$ 는 멱집합의 모든 원소에 사용자의 주관적 기준을 적용한다.

칼라 영상에 대한 퍼지 측도 값의 예를 [표 1]에서 보여주고 있다. 각 퍼지 측도 요소들은 같은 값을 가져도 무관하고 사용자 원하는 중요 요소에 가중치를 주면 된다.

표 1. 칼라영상에 대한 퍼지 측도값의 예

H	$\mu(H)$
\emptyset	0.00
R $\{x_1\}$	0.30
G $\{x_2\}$	0.30
B $\{x_3\}$	0.30
R, G $\{x_1, x_2\}$	0.60
R, B $\{x_1, x_3\}$	0.60
G, B $\{x_2, x_3\}$	0.60
R, G, B $\{x_1, x_2, x_3\}$	1

단백질 칩 셀들에 대한 형판은 미리 고정된 크기로 설정하였고, 추출된 셀 영상들은 각각 R, G, B 영상으로 구분되어 각 성분별 픽셀 값들의 합을 구하게 된다. 이 값들을 식 (1)과 같이 정규화해서 그 값들에 대해 퍼지 적분을 적용하고 안정된 평가 값을 얻을 수 있다.

$$Nx_i = \frac{X_i}{\sum_{i \in \{1,2,3\}} X_i} \quad (1)$$

시료에 의한 단백질 칩의 반응이 어떤 색에 의존적으로 반응하는지를 종합 판단하기 위해서, 사용자의 주관적인 퍼지 측도 값을 사용한다. 즉, 사용자가 단백질 칩의 빨간색 반응 칩을 추출하기 위해서는 빨간색 퍼지측도 요소에 가중치를 두고, 파란색 반응 칩은 파란색 퍼지 측도에, 그리고 녹색 반응 칩은 녹색 퍼지 측도 요소에 가중치를 둔다.

본 실험에서 사용한 가중치는 R, G, B에 대해 아래 식 (2)와 같다.

$$k_R = \frac{\mu(x_1)}{\mu(x_1) + \mu(x_1, x_2) + \mu(x_1, x_3) + \mu(x_1, x_2, x_3)}$$

$$k_G = \frac{\mu(x_2)}{\mu(x_2) + \mu(x_1, x_2) + \mu(x_2, x_3) + \mu(x_1, x_2, x_3)} \quad (2)$$

$$k_B = \frac{\mu(x_3)}{\mu(x_3) + \mu(x_1, x_3) + \mu(x_2, x_3) + \mu(x_1, x_2, x_3)}$$

표 2. 빨간색 반응 칩 검출용 퍼지 측도값의 예

H	$\mu(H)$
\emptyset	0.00
$R\{x_1\}$	0.30
$G\{x_2\}$	$0.30 \times k_R(0.12) = 0.036$
$B\{x_3\}$	$0.30 \times k_B(0.12) = 0.036$
$R, G\{x_1, x_2\}$	0.60
$R, B\{x_1, x_3\}$	0.60
$G, B\{x_2, x_3\}$	$0.60 \times k_B(0.12) = 0.072$
$R, G, B\{x_1, x_2, x_3\}$	1

식(2)에서 구한 가중치 k_R, k_G, k_B 의 값은 0과 1 사이의 값이므로 각 색깔의 반응칩을 얻기 위해서는 원하는 색상을 제외한 퍼지 측도 요소값에 원하는 색상의 가중치 값을 곱하여 퍼지 측도 값을 재구성한다. 이와 같은 방법으로 빨간색 반응 칩을 얻기 위해 [표 1]의 퍼지 측도값은 재구성한 값은 아래 [표 2]와 같다. 예를 들어 [표 1]를 이용하여 얻은 k_R 값은 0.12 이다. 따라서 빨간색 이외의 색상에 대한 퍼지 측도 값이 감소하게 됨으로써 사용자가 원하는 빨간색 측도 값에 가중치를 줄 수 있다.

[그림 5]와 같이 지정되는 상위 12개 셀을 예를 들어, [그림 1](a)에서 상위 12개 셀을 선택하고 이에 대해 [표 2]의 퍼지 측도 값을 적용한 퍼지 적분 값을 [표 3]에서 보여주고 있다.

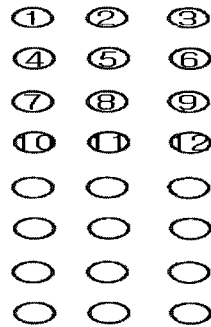


그림 5. 매크로 어레이 영상에서의 단백질 칩 셀들에 대한 분류 번호 할당

[그림 5]의 12개 셀 중에서 셀 9번의 단백질에 대한 퍼지 적분 값 적용 예를 보면 다음과 같다.

$$\int h_A d\mu = [h_A(\{x_3\}) \wedge \mu(\{x_1, x_2, x_3\})] \vee [h_A(\{x_1\}) \wedge \mu(\{x_1, x_2\})] \vee [h_A(\{x_2\}) \wedge \mu(\{x_2\})]$$

$$= (0 \wedge 1) \vee (0.3 \wedge 0.6) \vee (1 \wedge 0.036)$$

$$= 0 \vee 0.3 \vee 0.036$$

$$= 0.3$$

이와 같은 방법으로 [그림 5]의 12개 셀에 대해 계산하면, [표 3]과 같이 정리된다. 각 셀에서 R, G, B 모두가 적용되는 것은 흰색으로서 퍼지 적분 값이 1로 표현되었다.

표 3. 각 셀별 퍼지적분값

셀번호	R	G	B	퍼지 적분값
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	1	1
6	1	1	1	1
7	0.001	1	0	0.036
8	0.004	1	0	0.036
9	0.3	1	0	0.3
10	0	0.4	0.8	0.072
11	0	0.6	0.6	0.036
12	0	0.5	0.6	0.072

본 연구에서 제안하는 퍼지 적분을 이용할 경우, 주관적인 R, G, B 반응도 평가에 비해서, 중첩되는 색상 반응도에 대한 안정적인 평가가 이루어졌다.

V. 결론

단백질 매크로 어레이 영상은 시료에 의한 화학적인 반응으로 그 특성을 알 수 있다. 이에 형광 스캔 영상을 이용하여 자동으로 시료의 반응도를 알 수 있는 방법으로 칼라 영상을 RGB 영상으로 분류하여 단백질 칩 각 셀에 대해 퍼지 적분을 적용하는 방법을 제안하였다.

본 연구에서는 시료에 의한 단백질 칩의 반응이 어떤 색에 의존적으로 반응하는지를 종합 판단하기 위해서, 사용자의 주관적인 퍼지 측도 값을 사용하였다. 즉, 사용자가 단백질 칩의 빨강색 반응 칩을 추출하기 위해서는 빨간색 퍼지 측도 요소에 가중치를 두고, 파란색 반응 칩은 파란색 퍼지 측도에, 그리고 녹색 반응 칩은 녹색 퍼지 측도 요소에 가중치를 두어 적용하였다.

단백질 매크로 어레이 영상에 대해 적용한 결과, 단백질 칩 어레이에서 원하는 반응의 칩을 선택할 수 있는 객관적인 척도로서 퍼지 적분을 사용할 수 있음을 실험을 통해 증명하였다.

향후 연구과제는 단백질 칩의 추출시 오류가 발생하는 부분에 대해 보정해 주는 방법에 대해 연구하여 셀 특성값에 대한 정확도를 높여야겠다.

참고 문헌

- [1] 이상윤, *Delaunay Triangulation과 Affine 변환을 이용한 2차원 전기영동 영상에서의 단백질 스팟 매칭*, 고려대학교 석사논문, 2004.
- [2] K. Xu, Z. Wang, and K.S. Leung, "Classification by Nonlinear Integral Projections," *IEEE T. Fuzzy Systems*, Vol.16, pp.949-962, 2003.
- [3] 황승국, "퍼지적분을 이용한 기업평가법", *공업경영학회지*, 제19권, pp.271-280, 1996.
- [4] Z. Wang, "A new genetic algorithm for nonlinear multiregressions based on generalized Choquet integral," *Proc. FUZZ-IEEE2003*, pp.819-821, 2003.
- [5] J. Panek and J. Vohratsky, "Point Pattern Matching in the Analysis of Two-dimensional Gel Electrophoresis," Vol.20, pp.2483-3491, 1999.
- [6] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets," *Information and control*, Vol.8, pp.89-102, 1965.
- [7] M. Sugeno, *Theory of Fuzzy Integrals and Its Applications*, Ph. D Dissertation Thesis, Tokyo Institute of Technology, 1974.
- [8] 장이채, *퍼지과학의 세계*, 교우사, 1997.
- [9] M. Sugeno, "Fuzzy Measures and Fuzzy Integrals: A Survey," in *Fuzzy Automata and Decision Processes*, pp.89-102, 1977.
- [10] S. K. Saha, A. K. Das, and B. Chanda, "CBIR using perception based texture and colour measures," *Proceedings of Pattern Recognition*

ICPR 2004, Vol.2, pp.985-988, 2004.

[11] G. Pass, R. Zabih, and J. Miler, "Comparing images using color coherence vectors," Proceedings of ACM Conference on Multimedia, pp.65-73, 1996.

저자 소개

김 미 혜(Mi-Hye Kim)

중신회원



- 1992년 2월 : 충북대학교 수학과 (이학사)
- 1994년 2월 : 충북대학교 수학과 (이학석사)
- 2001년 2월 : 충북대학교 수학과 (이학박사)

- 2001년 4월 ~ 2004년 8월 : 충북대학교 전기전자 컴퓨터공학부 초빙조교수
- 2004년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터 공학부 조교수

<관심분야> : 퍼지이론, 정보이론, 게임이론,

송 영 준(Young-Jun Song)

중신회원



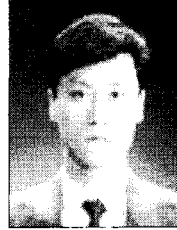
- 1994년 2월 : 충북대학교 정보통신 공학과 (공학사)
- 1996년 8월 : 충북대학교 정보통신공학과 (공학석사)
- 2004년 8월 : 충북대학교 정보통신공학과 (공학박사)

- 2005년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터 공학부 박사 후 연구원

<관심분야> : 영상 인식, 영상 처리, 얼굴 인식

권 혁 봉(Heak-Bong Kwon)

정회원



- 1992년 : 호서대학교 정보통신 공학과 졸업(공학석사)
- 2001년 : 충북대학교 정보통신 공학과 졸업(공학박사)
- 1997년 ~ 현재 : 김포대학교 전자정보계열 교수

<관심분야> : 영상신호처리, 컴퓨터 비전, 디지털 신호처리