

## 피부의 광학적, 구조적 특성 추출을 위한 가시광선 반사 스펙트럼의 최적화 방법 개선에 관한 연구

### Improvement of Fitting Method for Visible Reflectance Spectrum to Extract Skin Optical Properties

최승호, 임창환, 정병조\*

\*연세대학교 보건과학대학 의공학부

[bjung@yonsei.ac.kr](mailto:bjung@yonsei.ac.kr)

최근, 색소 및 혈관 질환성 피부병변의 치료에 임상용 레이저가 일반적으로 사용되고 있다. 이 때 치료의 효율을 높이기 위해서는 조사되는 레이저의 에너지, 파장, 직경, 펄스 폭과 같은 변수들을 환자에 따라 최적화 해야 하며 최적 변수의 조합은 환자에 따른 피부조직의 광학적 특성 정보를 측정 분석함으로써 가능하다.

본 논문은 가시광선 반사 스펙트럼으로부터 피부조직의 광학적 특성(표. 1)을 역으로 추출하는 알고리즘에 대한 연구를 다룬다. 본 연구에서는 유전 알고리즘을 사용한 기존의 역 추적 최적화 알고리즘에 파장 선택법과 다운힐심플렉스법을 추가하여 알고리즘의 최적화 능력을 개선 하였다. 파장 선택법은 기존 계산에 사용된 135개의 파장 중 10개의 유효 파장만을 사용하도록 하여 계산 시간을 줄였으며 다운힐심플렉스법은 유전 알고리즘으로부터 얻은 전역 탐색 점으로부터 지역 탐색을 수행하도록 하였다.

본 연구에 쓰인 유전 알고리즘은 기존 연구에서 사용된 유전 연산자들(단순 변이, 균등 교배, 결정 표본 선택 연산자)을 그대로 사용하였다. 재생산과정에서는 10%의 변이 확률과 50%의 교차 확률을 가지도록 하였다. 100세대를 수행하도록 하였고 각 세대의 마지막에 Elitism개념을 적용하여 매 세대의 우수한 개체들이 손실되지 않고 다음 세대로 이어지도록 하였다. 기존의 색에 의한 혈관모반(Port Wine Stain)진단에 대한 연구<sup>[1]</sup>에서 사용된 중요한 정보를 가진 피부의 가시광선 스펙트럼의 특징적인 7개의 파장(415, 500, 545, 560, 577, 585, 633 nm) ('o'로 표시됨)에 3개의 파장을(650, 700, 800 nm)('\*'로 표시됨)을 새롭게 추가하여 10개의 파장을 선택하여 GA기반의 최적화 알고리즘에 적용 하였다 (그림. 1).

다운힐심플렉스법 알고리즘<sup>[2]</sup>은 1000번의 반복(iteration)동안 termination tolerance가  $1 \times 10^{-8}$  이하가 되었을 때 수렴 하도록 하였다.

혼합형 알고리즘에서 얻은 SSE값은 GA만을 수행하여 얻는 SSE값의 0.64%임을 확인하였다. 또한 GA를 100세대 수행 할 때, GA에 과장선택이 적용되지 않았을 경우에는 35초가 걸렸으나 동일한 세대를 갖는 GA에 과장선택을 적용하자 소요시간이 6초, 즉 GA에 과장선택이 적용되지 않았을 때에 비해 83% 감소함을 확인하였다.

본 연구를 통해 개선된 알고리즘이 좀더 빠르고 정확한 해를 탐색하는 것을 모델링 연구를 통해 확인 하였으며 향후 연구에서는 실제 피부에서 반사율 스펙트럼을 측정하여 본 연구에서 제안한 알고리즘이 효과적으로 작동하는지 연구 할 계획이다.

피부의 광학, 구조적 특징	변수[단위]	범위
Absorption coefficient of epidermal melanin at 694nm	$\mu_a^M_{694}[\text{mm}^{-1}]$	0.2 ~ 2.5
Scattering coefficient of epidermal at 577nm	$\mu_s^E_{577}[\text{mm}^{-1}]$	35 ~ 80
Scattering coefficient of dermis at 577nm	$\mu_s^D_{577}[\text{mm}^{-1}]$	10 ~ 50
Blood volume fraction in 2 <sup>nd</sup> layer	$B_2[\%]$	Normal: 1 ~ 10 PWS: 5 ~ 30
Blood volume fraction in 3 <sup>rd</sup> layer	$B_3[\%]$	Normal: 1 ~ 10 PWS: 1 ~ 20
Epidermal thickness	$d_1[\text{mm}]$	0.05 ~ 0.13
Blood vessel radius in 2nd layer	$R_2[\text{mm}]$	Normal: 0.008 ~ 0.03 PWS: 0.02 ~ 0.2
Oxygen saturation	$SaOxy[\%]$	50 ~ 100

Hematocrit	H[%]	Male: 36.1~44.3 Female: 40.7~50.3
------------	------	--------------------------------------

표 1. 다 변수 모델에 의해 추출되는 9가지의 광학, 구조적 특징들

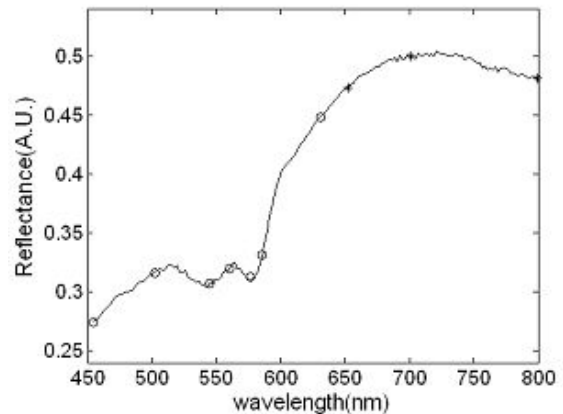


그림 1. 과장선택법에 사용된 특징적인 10개의 파장들

참고문헌

[1] Q. Ding and G. W. Small, M. A. Arnold, "Genetic algorithm-based wavelength selection for the near-infrared determination of glucose in biological matrixes: initialization strategies and effects of spectral resolution," in *Anal. Chem.*, vol. 70, pp. 4472 -4479, 1998.

[2] Jasbir S. Arora, *Introduction to optimum design*, (Academic Press, Orlando, Florida, USA, 1989), pp. 198-218.