

# اندازه‌گیری پارامترهای پوستی با دوربین فراطیفی

عبداله پور، رقیه<sup>۱\*</sup>؛ درودی، احمد<sup>۲</sup>؛ سلطانی، پیمان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زنجان

<sup>۲</sup>دانشیار، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زنجان

<sup>۳</sup>دانشجوی دکتری، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، شرکت پرتوافزار صنعت، مرکز رشد دانشگاه زنجان

## چکیده

تصویربرداری با دوربین فراطیفی (Hyperspectral) روش نوظهوری است که کاربردهای مختلفی در تشخیص بیماری دارد. [1] طیف‌سنجی بافت پوست از زمینه‌های کاربرد دوربینهای فراطیفی است. از تصاویر فراطیفی در محدوده‌ی ۴۰۰-۸۰۰ نانومتر، اطلاعاتی راجع به بیومارک‌هایی چون هموگلوبین و کروموفورهای چون ملانین فراهم می‌کند و همچنین از آن فیزیولوژی و مورفولوژی و ترکیبات بافت پوست استخراج می‌شود. از آنجایی که پارامترهای مرتبط با پوست، طیف منحصر به فرد خود را دارند در این مقاله با روش تجزیه غیرمنفی ماتریس‌ها (NMF) درصد هر کدام در طیف را به دست آورده و نتایج تجربی آن ارائه می‌شود. واژه‌های کلیدی: دوربین فراطیفی، پارامترهای پوستی، هموگلوبین، ملانین، فاکتورگیری ماتریس غیرمنفی

## Measurement of the skin parameters with a hyperspectral camera

Abdollahpour, Roqayah; Darudi, Ahmad; Soltani, Peyman

Department of Physics, University of Zanjan, Iran

### Abstract

Hyperspectral camera imaging is an emerging method that uses various medical applications that are used in the diagnosis of the disease. Spectroscopy of skin tissue is of particular application of hyperspectral camera. Hyperspectral imaging in range of 400-800 nm, provides information of biomarkers such as the hemoglobin and chromophores such as melanin. Also, the physiology and morphology of the skin tissue are extracted. Since the skin-related parameters have their own unique spectrum, using non-negative matrices factorization (NMF), the percentage of each parameter is estimated and its experimental results are presented in this paper.

**Keywords:** Hyperspectral camera, skin parameters, Hemoglobin, Melanin, NMF

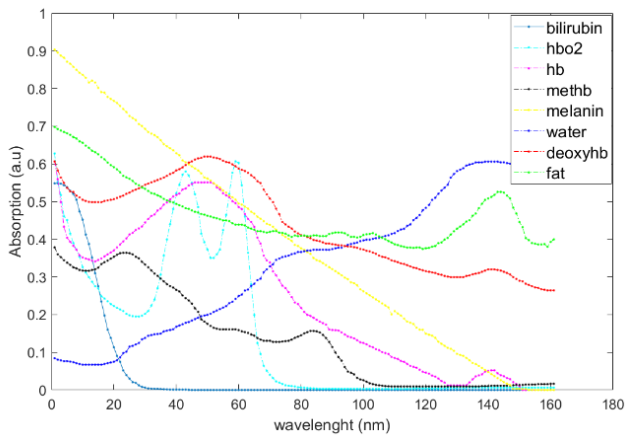
پوست دارای یک لایه ضد آب به نام اپیدرمیس است که مانع ورود باکتری و زیبا ننگه داشتن ظاهر و جلوگیری از سوختن پوست از اشعه ماورای بنفش نور خورشید می‌باشد. درمیس لایه دوم پوست است که پروتئین‌ها، رشته‌های کلاژن، رگ‌های خونی، رشته‌های عصبی، غدد چربی و ... را در این لایه می‌توان یافت. [2] در سال ۱۹۸۱ R Roxanderson با مقاله‌ی اپتیک پوست انسان، در پی یافتن برهم‌کنش نور با بافت بوده و به بررسی خواص اپتیکی و چگونگی برهم‌کنش نور با بافت پوست پرداخته است [9]، پس از آن پژوهشگران به دنبال ارزیابی پارامترهای پوستی بودند و

### مقدمه:

یکی از بافت‌های مهم بدن انسان، پوست است که به عنوان یک رابط بین بدن انسان و محیط خارجی می‌باشد و برای یک فرد معمولی با وزن ۷۰ کیلوگرم ۳٪ از وزن بدنش را شامل می‌شود. پوست وظایفی چون تنظیم حرارت، حفاظت در برابر تغییرات محیطی و کاهش بیماری‌های عفونی را برعهده دارد و مانند یک سنسور تمام تغییرات محیط را تشخیص داده و به مغز انتقال می‌دهد.

\* [R.Abdollahpour93@gmail.com](mailto:R.Abdollahpour93@gmail.com)

پارامتری هستند که در ناحیه ۸۰۰-۴۰۰ نانومتر طیف جذبی دارند و ما با توجه به گزارش‌های موجود در مقالات متعدد توانستیم اطلاعات طیفی پارامترها را به دست آورده و تجزیه و تحلیل کنیم (شکل ۱).



شکل ۱: طیف جذبی هشت پارامتر مورد بررسی

در این مقاله هدف ما اندازه‌گیری پارامترهای پوستی و تخمین غلظت آن با استفاده از تصویربرداری با دوربین فراطیفی است و در ادامه‌ی آن درصد مشارکت هر کدام از این پارامترها از طیف کلی پوست، با استفاده از روش تجزیه نامنفی ماتریس بیان خواهد شد.

### تجزیه نامنفی ماتریس (NMF)

روش‌های مختلفی برای تجزیه‌ی طیف‌ها به زیر طیف‌ها و تحلیل دیتاهای فراطیفی وجود دارد و ما از روش تجزیه نامنفی ماتریس (NMF) استفاده می‌کنیم. هر تصویر دیجیتال یک آرایه  $N \times N$  از پیکسل‌هاست که هر پیکسل توسط شدت نوری که دارد نمایش داده می‌شود. از پشت سرهم قرار دادن ستون‌های ماتریس  $N \times N$  بردار دوبعدی متناظر با آن به دست می‌آید که مختصاتش معرف تصویر است.

عوامل ماتریسی  $W \in \mathbb{R}^{m \times r}$  و  $H \in \mathbb{R}^{r \times n}$  را برای تقریب ماتریس نامنفی  $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$  با شرط  $r \ll \min\{m, n\}$  چنان می‌یابد که رابطه تقریبی  $A \approx WH$  برقرار باشد. [7]

$$\begin{aligned} \text{Min}_{W \geq 0, H \geq 0} f(W, H) &\equiv \frac{1}{2} \|A - WH\|_F^2 \end{aligned}$$

از همان ابتدا دو پارامتر هموگلوبین و ملانین با جذب نوری بالا مورد توجه قرار گرفت. با اندازه‌گیری‌های تجربی و روش‌های شبیه‌سازی شده، کم‌کم به تجزیه و تحلیل میزان این پارامترها در طول موج‌های مختلف و تاثیرات آن برای تشخیص و درمان بیماری‌های پوستی دست یافتند. [3,4,5]

بطوریکه ارزیابی کمی، از برخی پارامترهای پوستی مانند غلظت ملانین، غلظت خون، میزان درصد اشباع اکسیژن خون و پارامترهای دیگر اطلاعاتی برای تشخیص بیماری‌های مختلف پوستی مانند سرطان، نظارت بر وضعیت سلامت و متابولیسم بافت و بررسی میزان بازسازی پوست را در اختیار ما می‌گذارد. [3]

در پوست، ملانین نقش محافظت از تابش خورشید را برعهده دارد و در ارزیابی رنگ پوست، آسیب‌شناسی پوستی مانند تومور بدخیم پوستی (Melanoma)، زالی (Albinism)، پیسی (Vitiligo) و لک صورت (Melasma) نقش محوری را ایفا می‌کند بطوریکه G Zonios در سال ۲۰۰۸ با بررسی میزان جذب ملانین در افراد سالم و افرادی که دچار سرطان بدخیم ملانوما هستند به این نتیجه رسید که افزایش جذب ملانین در منطقه‌ی NIR یک شاخص برای بیماری ملانوما می‌باشد. [5,6]

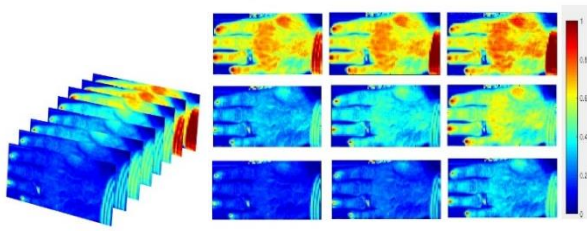
از طرفی محصولات متابولیسم هموگلوبین که بیشتر در تراکم‌های عروقی وجود دارند و به عنوان شاخص سلامتی از آن‌ها یاد می‌شود در ارزیابی میزان کم رسیدن خون به اندام (Ischemia)، غلظت خون، میزان کبودی و سوختگی پوست کاربرد دارد. [4]

هموگلوبین پروتئینی است که در گلبول‌های قرمز خون یافت می‌شود و در ساختار خود منیزیم و آهن دارد و مشتقاتی چون متهموگلوبین، اکسی‌هموگلوبین و دی‌اکسی‌هموگلوبین را می‌توان از آن نام برد که میزان هر کدام نقش بسزایی در حمل و نقل اکسیژن در خون و اشباع اکسیژن خون و تغییرات آهن موجود در بدن دارد. در واقع بیماری‌های بسیاری وجود دارند که موجب اختلال در عملکرد رنگدانه‌های پوستی و در نهایت تاثیر بر پارامترهای پوستی می‌شوند، لذا به دست آوردن میزان پارامترهای پوستی کمک شایانی برای تشخیص و درمان به پزشکان خواهد کرد.

پارامترهای چون هموگلوبین، اکسی‌هموگلوبین، دی‌اکسی هموگلوبین، متهموگلوبین، بیلی‌روبین، ملانین، چربی و آب؛ هشت

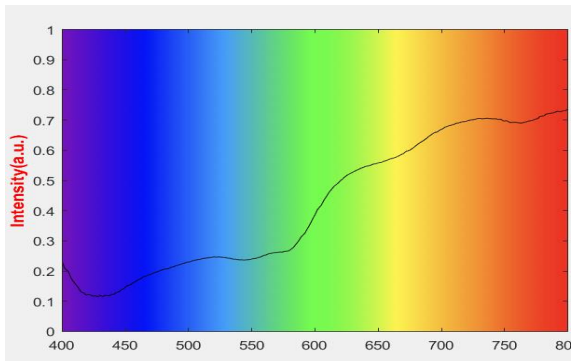
HYSPIM	نام دستگاه
HSI-Vis-12bit	مدل دستگاه
۲ نانومتر	رزولوشن
لامپ هالوژن تنگستن	منبع نور
۴۰۰-۸۰۰	محدوده طیفی
۲۵ میلی‌متر	فاصله کانونی

جدول ۱: اطلاعات دوربین تصویربرداری فراطیفی

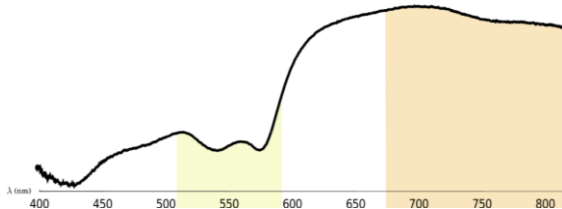


شکل ۳: تصویر HSI دست از ۴۲۶ نانومتر تا ۸۰۰ نانومتر

HSI طیف کلی از پوست را به ما می‌دهد، که این طیف به دست آمده همانطور که در (شکل ۴) می‌بینید با طیف‌های شبیه‌سازی شده‌ی گزارش شده توسط Asgeir Bjorgan et al شباهت زیادی دارد. [8]



الف



ب

شکل ۴: الف) طیف به دست آمده از پوست توسط دوربین فراطیفی (ب) طیف شبیه‌سازی، گزارش شده در مرجع ۸

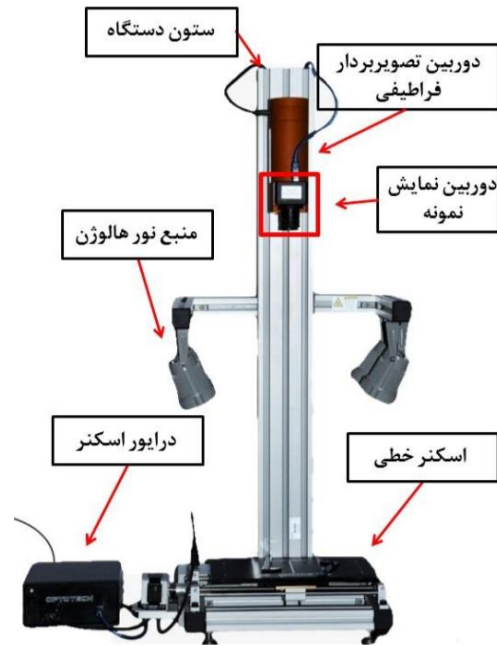
$$H_{a,u} \leftarrow H_{a,u} \frac{(W^T Y)_{a,u} - H_{a,u}}{(W^T W H)_{a,u}} \quad (1)$$

$$W_{i,a} \leftarrow W_{i,a} \frac{(Y H^T)_{i,a}}{(W H H^T)_{i,a}}$$

در واقع با استفاده از یک روش تکراری مقادیر  $H$  و  $W$  به دست می‌آید که ضرب آن‌ها به ما همان ماتریس ورودی را می‌دهد.

### شرح آزمایش:

در این پژوهش یک مجموعه داده سه بُعدی به نام مکعب داده، که دارای دو بُعد فضایی و یک بُعد طیفی است را از پوست با دوربین تصویربرداری فراطیفی (شکل ۲) جمع‌آوری کرده و با انتخاب هر پیکسل اطلاعات طیفی آن پیکسل را تحلیل و بررسی می‌کنیم.



شکل ۲: دوربین فراطیفی شرکت پرتوافزار صنعت

دوربین فراطیفی مورد استفاده از سری دوربین‌های فراطیفی اسکن خطی است (جدول ۱) یعنی در هر لحظه از یک خط نمونه‌گیری کرده و با کنار هم قرار دادن این تصاویر از خطوط مختلف نمونه یک تصویر کامل در طول موج‌های مختلف به دست می‌آید که به آن مکعب داده گویند (شکل ۳).

[3] I. Nishidate, T. Maeda, K. Niizeki, Y. Aizu: "Estimation of Melanin and Hemoglobin Using Spectral Reflectance Images Reconstructed from a Digital RGB Image by the Wiener Estimation Method", *sensors ISSN 1424-8220*, 19 June 2013.

[4] صفریان، ابراهیم؛ مهاجرانی، عزالدین؛ «فرانگری تغییرات طیفی کیودشدگی در طی التیام به وسیله طیف‌سنج بازتابی»، بیستمین کنفرانس اپتیک و ایران، ۸ تا بهمن سال بهمن ۱۳۹۲.

[5] J. A. Galeano Z, R. Jolivot, F. Marzani: "Quantification of melanin and hemoglobin in human skin from multispectral image acquisition: use of a neuronal network combined to a non-negative matrix factorization", Submitted on 20 Feb 2013.

[6] G. Zonios and A. Dimou: "Light scattering spectroscopy of human skin in vivo", 21 Jan 2009.

[7] یوسفی، مهسا؛ رزقی، منصور؛ «تجزیه نامنفی ماتریسی: روشی برای تحلیل داده های نامنفی»، انجمن ریاضی ایران، شماره ۹۵، پاییز و زمستان ۱۳۹۵، صفحه ۹۰-۷۱.

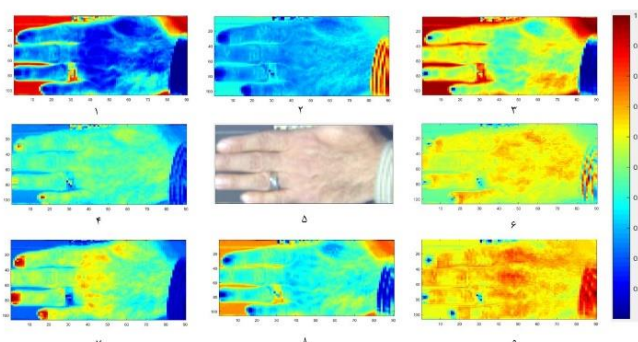
[8] A. Bjorgan, M. Milanic, L. L. Randeberg: "Estimation of skin optical parameters for real-time hyperspectral imaging applications", *Journal of Biomedical Optics* 19(6), 066003 (June 2014).

[9] R. Rox ANDERSON, B.S. AND JOHN A. PARRISH M.D: "The Optics of Human Skin", *THE JOURNAL OF INVESTIGATIVE DERMATOLOGY*, 77:13-19, No. J, 1981.

لازم به ذکر است که در تمام اندازه‌گیری‌ها از یک سطح بازتابنده کامل (کاغذ) به عنوان طیف استاندارد استفاده کردیم.

ماتریس حاصل از دوربین تصویربردار فراطیفی به روش NMF مورد تحلیل قرار گرفت به طوری که درصد مشارکت هر طیف اندازه‌گیری شد.

مقادیر گزارش شده با میزان مورد انتظار پارامترهای پوست در نواحی مختلف دست همخوانی دارد، که در ادامه میزان و توزیع هشت پارامتر مهم پوست را نشان دادیم (شکل ۵).



شکل ۵: (۱) آب، (۲) ملانین، (۳) چربی، (۴) بیلی‌روبین، (۵) تصویر RGB، (۶) متهموگلوبین، (۷) اکسی‌هموگلوبین، (۸) هموگلوبین، (۹) دی‌اکسی هموگلوبین

## نتیجه‌گیری:

در بررسی صورت گرفته توانستیم هشت پارامتر پوست را توسط روش NMF که پیشتر معرفی شد تشخیص دهیم. کار مشابهی که توسط July A Galeano et al در صورت گرفته است، فقط موفق به اندازه‌گیری دو پارامتر ملانین و هموگلوبین در پوست شده‌اند. [5] موردی که سبب موفقیت در تشخیص پارامترهای بیشتر پوست گردید یکی رزولوشن طیفی بالاتر دوربین فراطیفی مورد استفاده بوده و دیگری استفاده از روش NMF در تشخیص ضرایب طیفی است. در ادامه با استفاده از این روش به دنبال تشخیص بیماری‌های شایع پوستی هستیم.

## منابع:

[1] Guolan Lua and Baowei Feia: " Medical hyperspectral imaging: a review", *Journal of Biomedical Optics* 19(1), 010901 (January 2014).

[2] T. Chen, "Hyperspectral Imaging for the Remote Sensing of Blood Oxygenation and Emotions," 2011, page 23.