بیست و هشتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و چهاردهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شهید چمران اهواز،
خوزستان، ایران.
۱۴-۱۲ بهمن ۱۴۰۰

ارزیابی عمق و موقعیت جاذب بر اساس نور بازتابیدهٔ پخشی

فاطمه علیخانی، عزالدین مهاجرانی و احمد حسین زادگان

پژوهشکدهٔ لیزر و پلاسمای دانشگاه شهید بهشتی، اوین، تهران.

چکیده – در بسیاری از ضایعه های پوستی از جمله ملانوما، داشتن اطلاعاتی از عمق و موقعیت ضایعه می تواند در درمان آن مؤثر باشد. در بین روش های تشخیصی، روش های مبتنی بر نور، مورد علاقه بیشتری قرار گرفته است. اگر نوری وارد محیط پراکننده ای مثل بافت بدن شود، در صورتیکه ضایعه ای در مسیر پراکنده شدن نور در بافت باشد، بر اساس اندازه، عمق و رنگ آن، شاهد کاهش نور برگشتی، به علت جذب، خواهیم بود. این کاهش شدت بستگی به فاصله فرستنده و گیرندهٔ نور دارد. در این پژوهش، با استفاده از یک فانتوم مشابه بافت و یک جاذب به عنوان ضایعه، از نور لیزر و ال ای دی به همراه آشکارساز برای ارزیابی موقعیت جاذب، استفاده شد. منحنی کالیبراسیون شدت بر حسب عمق، از روش برازش منحنی، به صورت نمایی به دست می آید و با توجه به معادلهٔ نمودار به دست آمده، می توان به سادگی عمق جاذب را، برای بازهٔ ۰ تا ۲۰ میلی متر، تخمین زد.

کلید واژه- ضایعه پوستی، ضایعه عمقی پوستی، نور بازتابیده پخشی.

Evaluating the depth and position of the absorber based on the diffused reflected light

Fatemeh Alikhani, Ezedin Mohajerani, Ahmad Hosseinzadegan

Laser and Plasma Research Institute of Shahid Beheshti University, Evin, Tehran.

Abstract- In many skin lesions, including melanoma, having information about the depth and location of the lesion can be effective in treating it. Among diagnostic methods, light-based methods are more popular. If light enters a diffusing medium such as body tissue, while an absorbing lesion is in the path of light scattering in the tissue, based on its size, depth and color, we will see a decrease in reflected light due to absorption. This reduces the intensity, depends on the distance between the transmitter and the receiver of light. In this study, using a tissue-like phantom and an absorber as a lesion, laser and LED light was used along with the detector to evaluate the position of the absorber.The intensity calibration curves in terms of depth are obtained exponentially from the curve fitting method, and according to the obtained graph equation, For the range ۰ to ۲۰ mm, the absorber depth can be easily estimated.

Keywords: Deep skin lesion, Diffused reflected light, Skin lesion.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-05]

مقدمه

سرطان پوست رشد کنترل نشدهٔ سلول های غیر طبیعی پوست است و غالباً به دو گروه عمدهٔ ملانوما و غیر ملانوما طبقه بندی می شود. ملانوما ۴ درصد از ضایعات سرطان پوست را تشکیل می دهد و تهاجمی ترین و کشنده ترین نوع است. در نتیجه، تشخیص و درمان به موقع آن، برای متخصّصان پوست، بسیار مهم است [۱]. معاینهٔ بصری، که آیا ضایعهٔ پوستی ممکن است سرطانی یا طبیعی باشد، وابسته به تخصص و مهارت های بینایی پزشک است [۲]. فنّاوری های نوریِ تشخیصی، در زمینهٔ پزشکی، در چند دههٔ گذشته، به سرعت پیشرفت کرده اند. دستهٔ وسیعی از این فنّاوری های نوین، که به عنوان بیوپسی نوری[۱] شناخته می شوند، از برهمکنش نور با بافت برای تشخیص بیماری، استفاده می کنند. این روش، بسیاری از محدودیت های بیوپسی معمولی، بر اساس برش بافت را از بین می برد. این محدودیت ها شامل آسیب بافتی، عفونت، درد و آنالیز زمانبر است. بیوپسی نوری، اغلب بر اساس روش های مختلف تصویربرداری، مانند میکروسکوپ چند فوتونی، توموگرافی همدوس نوری و میکروسکوپ کانفوکال فیبر نوری است. این روش ها از نظر پیچیدگی فنی و هزینه متفاوت هستند [۳]. یک روش سریع، غیرتهاجمی و کمّی برای بررسی ضایعات پوستی، طیف سنجی بازتابی پخشی از بافت است. طیف سنجی بازتابی پخشی، مبتنی بر رساندن نور به بافت و گرفتن نور بازتابی است، که داخل آن حرکت می کند. نور منعکس شده حاوی اطلاعاتی در رابطه با پراکندگی و جذب ماده است [۴].

در این پژوهش، برای بررسی ضایعه و عمق آن در بافت از لیزر و ال ای دی استفاده شده است؛ تا بازتاب پخشی آن به ازای عمق های مختلف جاذب، بتواند اطلاعاتی از ضایعه بدهد. در این کار جهت نشان دادن عملی بودن این روش، از فانتوم مشابه بافت استفاده شده است.

روش آزمایش

برای بررسی عمق و موقعیت جاذب، از اینترالیپید[۲] به عنوان محیط با خاصیت پراکندگی مشابه بافت و یک تیغه به عنوان جاذب استفاده شد. برای اینکه بتوان اطلاعات عمق را استخراج کرد، باید از یک سمت جاذب به سطح مایع نور تابیده شود و در سمت دیگر آن گیرنده قرار گیرد. فاصله هر کدام از منبع نور و آشکارساز تا جاذب، حدوداً یک سانتی متر است. جاذب از جنس پلکسی، با ضخامت حدوداً دو میلی متر است، که به صورت عمودی داخل اینترالیپید قرار گرفته و تمام عرضِ ظرفِ حاوی آن را پر می کند، تا نور برگشتی فقط با پراکندگی درون اینترالیپید به آشکارساز برگردد. جاذب ابتدا روی سطح محلول قرار گرفت و سپس با فواصل چهار میلی متر، عمق آن، درون مایع افزایش داده شد. گیرنده میزان نور برگشتی را اندازه می گیرد. این مقدار نور به فاصله فرستنده و گیرنده، موقعیت جاذب و رنگ آن بستگی دارد. به این علت که تنها شدت بازتابی، در این پژوهش، مد نظر است و منبع نور وسیع الطیف نیست، به جای طیف سنج یک آشکارساز ساده، برای ثبت شدت نور بازتابی، به کار رفته است (آشکارساز شدت نور را، به صورت یک عدد، با واحد دلخواه، اندازه گیری می کند). در یک آزمایش، از لیزر قرمز (۶۵۰ نانومتر) و جاذب مشکی و در آزمایشی دیگر از ال ای دی سبز (۵۰۰-۵۶۰ نانومتر) و جاذب های سبز و قرمز استفاده شد.

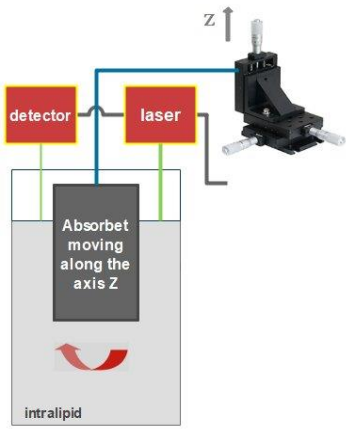
در این آزمایش، مطابق شکل ۱، فاصله منبع نور و آشکارساز ثابت است و تنها جاذب، در راستای محور z ها، متحرک

---

[۱] Optical biopsy
[۲] intralipid

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-05]

است. نور از یک سمت جاذب به سطح اینترالیپید می تابد. اینترالیپید خاصیت پراکندگی دارد و نور را پخش می کند. جاذب با توجه به عمقی که داخل مایع دارد، مانع است و باعث می شود تا شدت نور رسیده به سمت دیگر، کاهش پیدا کند. نور پراکنده شده داخل فانتوم، از قسمت زیرین جاذب عبور می کند و به آشکارساز، که در سمت دیگر جاذب قرار گرفته، می رسد. هیچ نوری از بالای جاذب در خارج از مایع به گیرنده نمی رسد. اگر از مایع پراکننده استفاده نمی شد، هرگز پرتوهای نور به آشکارساز نمی رسید (نور مسیر مستقیم را طی می کرد).



شکل ۱: چیدمان آزمایش، به منظور اندازه گیری نور بازتابی پخشی، برای بررسی عمق جاذب درون اینترالیپید. جاذب در راستای عمودی (محور z)، حرکت می کند، تا میزان شدت نوری که از منبع نور به گیرنده می رسد را تعیین کند.

اینترالیپید یک امولسیون فسفولیپیدی است که می تواند یک محیط فانتوم برای مطالعات دزیمتری نور باشد؛ زیرا مانند بافت، در طول موج های مرئی پراکننده است. علاوه بر این، هیچ نوارِ جذبِ قوی، در ناحیهٔ مرئی طیف ندارد [۵].

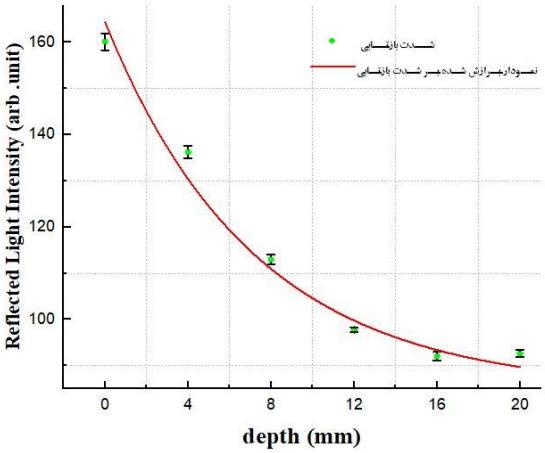
بافت پوست پیچیدگی هایی دارد. به عنوان مثال؛ غیر همگن است، شامل لایه های مختلف است و غیره. برای ساده سازی مسأله، فانتوم اینترالیپید به صورت یک محیط تک لایهٔ یکدست در نظر گرفته شده و فرض بر این است که همگن باشد. این دیدگاه کمک می کند که مراحل پیچیده تر را بتوان ارزیابی کرد. همچنین، برای سادگی جاذب یک تیغه و به صورت یک بعدی در نظر گرفته شده است؛ در صورتی که ضایعه پوستی شکلی نا متقارن دارد.

پرتو نور با طول موج مشخص، وارد اینترالیپید می شود و به دفعات توسط مولکول های محیط پراکنده می شود. بسته به عمقی که جاذب داخل مایع دارد میزان نوری که به آشکارساز می رسد متفاوت می شود. لازم به ذکر است که، نوسانات مختصر دمای محیط تأثیری بر فانتوم و نتایج آزمایش ندارد.

نتایج آزمایش و بحث

در ابتدا جاذب روی سطح قرار دارد؛ یعنی عمق صفر. در این حالت بیشترین شدت نور پراکندهٔ بازتابی ثبت می شود. در ادامه، به ازای عمق های ۴، ۸، ۱۲، ۱۶و ۲۰ میلی متر، اندازه گیری صورت می گیرد.

در شکل ۲، نمودار شدت نور برگشتی بر حسب عمق های مختلف، برای جاذب مشکی با لیزر قرمز، درون اینترالیپید، رسم شده. آزمایش ده بار و در شرایط یکسان تکرار و میزان خطا، در اندازه گیری شدت، محاسبه شده است.

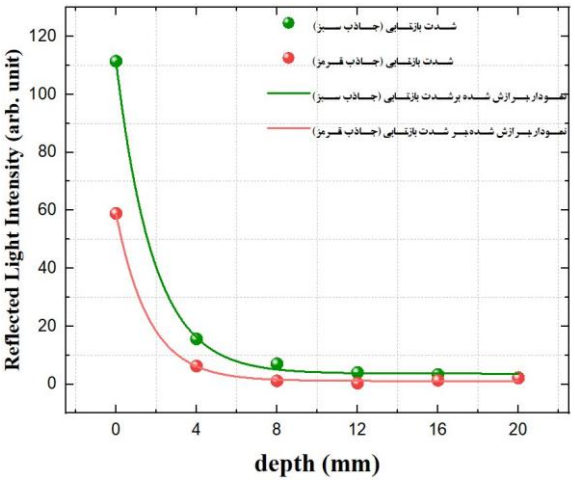


شکل ۲: شدت نور بازتابی پخشی بر حسب عمق؛ برای جاذب مشکی درون اینترالیپید، با استفاده از لیزر قرمز به عنوان منبع نور.

این آزمایش برای ال ای دی سبز و جاذب های سبز و قرمز، تکرار شد. اگر رنگ جاذب در محدودهٔ طول موجی منبع نور

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-05]

باشد، به این دلیل که جاذب، نور منبع را بازتاب می کند، شدت نور بیشتری بر می گردد. اما جاذب قرمز، نور را جذب می کند و شدتی که بر می گردد کمتر است. طبق شکل ۳، برای اندازه گیری شدت نور برگشتی، با استفاده از جاذب سبز و ال ای دی سبز، شدت نور بیشتری نسبت به جاذب قرمز و ال ای دی سبز ثبت شده است. در این بخش، به دلیل استفاده از ال ای دی، به جای لیزر، افت شدید در شدت، نسبت به آزمایش اول که با لیزر صورت گرفت وجود دارد. این روش می تواند، برای عمق های کم، با دقت خوب، در نظر گرفته شود.



شکل ۲: شدت نور بازتابی پخشی بر حسب عمق برای جاذب های سبز و قرمز، با ال ای دی سبز به عنوان منبع نور. در هر دو نمودار شدت به صورت نمایی کاهش می یابد.

هر سه نمودار، از معادله (۱) پیروی می کند و شدت بر حسب عمق به صورت نمایی کاهش می یابد. نقاط، در نمودار ها، روند کاهشی شدت را نشان می دهند و خطوط، نمودار های برازش شده روی آن می باشد؛ که معادله خطوط به صورت نمایی نتیجه شده است.

$$y = A \times \exp(-x/t) + B \qquad (۱)$$

با توجه به رابطهٔ به دست آمده، می توان عمق (مقدار x) را، درصورتی که مجهول باشد، به ازای مقادیر مختلف شدت (y)، تخمین زد. ثابت های A, t, B برای هر نمودار یک عدد معلوم و مشخصی هستند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، روشی به منظور بررسی عمق یک جاذب، داخل فانتوم مایع، ارائه شد. با افزایش عمق جاذب، در داخل محلول، با این روش، میزان نور پراکنده، که به کمک گیرنده جمع آوری می شود، به صورت نمایی، کاهش پیدا می کند. بررسی بصری ضایعات پوستی به مهارت و تجربه پزشک وابسته است. بنابراین، این روش چشم اندازی است که می-تواند این قابلیت را داشته باشد که، از نظر کلینیکی، برای بررسی کمّی و غیر مخرب ضایعات پوستی و ارزیابی توپوگرافی تومور در عمق بافت بکار رود.

مرجع‌ها

[۱] Rey-Barroso, L., Peña-Gutiérrez, S., Yáñez, C., Burgos-Fernández, F. J., Vilaseca, M., & Royo, S. (۲۰۲۱). Optical Technologies for the Improvement of Skin Cancer Diagnosis: A Review. Sensors, ۲۱(۱), ۲۵۲.

[۲] Denkçeken, T., Yıldırım, F. E., Atak, C., & Sökücü, M. (۲۰۲۰). Differentiation of skin biopsies by light scattering spectroscopy. Advances in Dermatology and Allergology/Postępy Dermatologii i Alergologii, ۳۷(٦), ۹۷۵.

[۳] Knighton, Nathan J., et al. "Toward cardiac tissue characterization using machine learning and light-scattering spectroscopy." Journal of Biomedical Optics ۲٦,۱۱ (۲۰۲۱): ۱۱٦۰۰۱.

[٤] Nogueira, Marcelo Saito, et al. "Evaluation of wavelength ranges and tissue depth probed by diffuse reflectance spectroscopy for colorectal cancer detection." Scientific Reports ۱۱,۱ (۲۰۲۱): ۱-۱۷.

[۵] Flock, Stephen T., et al. "Optical properties of Intralipid: a phantom medium for light propagation studies." Lasers in surgery and medicine ۱۲,۵ (۱۹۹۲): ۵۱۰-۵۱۹.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-05]