

بیست و هشتمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و چهاردهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران، دانشگاه شهید چمران اهواز، خوزستان، ایران. 1400 بهمن 1400



# ردیابی اپتیکی مکان تومور در بافت سالم به کمک شبیه سازی

پرهام خمارلو <sup>۱</sup>، سلمان مهاجر مازندرانی<sup>۲، ۱، \*</sup>

<sup>۱</sup> آزمایشگاه بیوفوتونیک، دانشکده فیزیک، دانشگاه خوارزمی، کرج .<sup>۲</sup> پژوهشکده علوم کاربردی، دانشگاه خوارزمی، کرج.

### \*mohajer@khu.ac.ir

چکیده – در این پژوهش هدف ما تشخیص مکان سلولهای توموری در یک بافت سالم با استفاده از شبیه سازی در نرم افزار کامسول بوده است. در ابتدا هندسه محیط طراحی شد و مواد و خواص آنها تعیین و مش بندی انجام شد سپس شرایط مرزی آن تعیین گردید. اندازه نرم میدان الکتریکی (normE) بر روی خط برش (cut line) در ۲ طول موج برای دو حالت حضور و عدم حضور سلولهای توموری و همچنین رابطه آن با خواص اپتیکی سلولهای توموری نشان داده شد. در ادامه اثر تغییر در تعداد تومورها در مکان و طول موج مشخص بر اندازه نرم میدان الکتریکی (normE) گزارش گردید. نتایج بدست آمده از نمودارهای شبیه سازی نشان میدهد که می توان حضور سلولهای توموری در میان سلولهای سالم را تشخیص داد.

كليد واژه-خواص اپتيكي، سلولهاي توموري، شبيه سازي، كامسول، نرم ميدان الكتريكي .

# Optical tracking of tumor location in healthy tissue by the simulation

# Parham Khomarlou<sup>1</sup>, Salman Mohajer Mazandarani<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Biophotonics Lab, Physics Dep, Kharazmi University, Karaj. <sup>2</sup>Applied Science Research Center, Kharazmi University, Karaj.

\*mohajer@khu.ac.ir

Abstract- In this study, our goal was to identify the location of tumor cells in a healthy tissue, using simulation in COMSOL software. First, the geometry of our environment have been designed and the materials and their attributes have been determined, and mesh has been done then boundary conditions have been chosen. The Electric field norm(normE) on the cut line at 2 wavelengths for both the presence and absence of tumor cells and also its relationship with the optical properties of tumor cells have been shown. In the following, the effect of changes in the number of tumors at a specific location and wavelength on Electric field norm(normE) have been reported. The results of the simulation diagrams indicate that the presence of tumor cells among healthy cells can be detected.

Keywords: Optical properties, Tumor cells, Simulation, COMSOL, Electric field norm

$$\nabla \times \mathbf{H} = J + \frac{\partial D}{\partial t}$$

$$\nabla \times E = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times D = \rho$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$
(1)

درقسمت Geometry هندسه شکل طراحی شد که شامل خون با مشخصات width = 1000 µm و width = 100 µm با ضریب شکستی متناسب با طول موج که در بخش Definitions تابعش تعریف شده است، و تعداد لکههایی که داخل خون پخش شده است را که گلبول هستند دارای شعاع mm و به تعداد 120 عدد و ضریب شکست 1.42 در نظر گرفته همچنین در زیر این بافت هم یک شیشه لام با ابعاد  $height = 100 \ \mu m$  و m فريب height = 100  $\mu m$ شکست 1.52 قرار داده شد و در مرحله بعدی نور فقط به بخش محدود و مشخص از بافت تابانده شد و یک polygon برای port تعریف گشت که نور لیزر در محدوده μm تا 550 µm از بافت برخورد می کند [5]. حال نوبت به تعیین مرزی میرسد که شرایط مزری شرايط یراکندگی (Scattering Boundary Condition) انتخاب گردید که در این حالت معادلهای که در مرزها اعمال می شود عبارت است از:

$$\mathbf{n} \times (\nabla \times (\mathbf{E})) - jkn \times (\mathbf{E} \times n) = 0 \tag{2}$$

User-controlled در ادامه شبکه بندی به صورت دستی (user-controlled) تنظیم شد و در آخر نوبت به تعیین پارامترهای فیزیکی محیط می رسد که در بخش (Study) قسمت ( $\lambda$ ) در فرمول ( $\lambda$ ) در فرمول فرکانس (frequency) قرار داده شد:

$$frequency = \frac{c_{-}const}{\lambda}$$
(3)

 $(c_{const})$  مقدار ثابت سرعت نور است که در تنظیمات  $(c_{const})$  نرم افزار ثبت شده است. نکته آخری که باید به آن توجه کنیم این است که نمودار توزیع میدان الکتریکی برای یک

#### مقدمه

سرطان شامل گروه بزرگی از بیماریها است که می تواند تقریباً در هر اندام یا بافتی از بدن شروع شود بطوری که سلول های غیرطبیعی به طور غیرقابل کنترلی رشد کنند، از مرزهای معمول خود فراتر رفته و به قسمتهای مجاور بدن حمله کرده و یا به اندامهای دیگر گسترش یابند[1]. هیچ آزمایش واحدی وجود ندارد که بتواند سرطان را به طور دقیق تشخیص دهد. ارزیابی کامل یک بیمار معمولاً به یک تاریخچه کامل و معاینه جسمی به همراه آزمایش تشخیصی نیاز دارد. در صورت شناسایی زودهنگام، سرطان بیشتر به درمان پاسخ میدهد و میتواند منجر به احتمال زنده ماندن بیشتر و عوارض کمتر و همچنین درمان کم هزینه شود بنابراین تشخیص زود هنگام با روشهای ساده و به دور از عکس برداریها و آزمایشهای پیچیده و حتی در بعضی موارد جراحی از چالشهای اصلی این حیطه است[2]. پراکندگی نور در خون به واسطه گلبول ها توسط افراد زیادی بررسی شده است[3]. هنگامی که یک سلول جنسش متفاوت از سلول های اطرافش می شود در این سلول خواص اپتیکی متفاوتی ایجاد میشود یعنی ضریب جذب و ضریب شکست متفاوتی پیدا میکند. حال از طریق شبیه سازی با نرم افزار كامسول مىخواهيم توزيع ميدان الكتريكي را بررسی و با حل معادلات ماکسول، پارامتر میدان و شدت الكتريكي را حساب كنيم. در انجام اين پروژه قصد داريم با تغییر در هندسه شکل و ایجاد سلولهای غیر طبیعی در تعداد و مکانهای مختلف در بافت و با بررسی و مقایسه نمودارهای حاصله، پی به حضور و تشخیص این سلولها در بافت ببريم.

# روش کار

در این پروژه ما روی یک مدل دو بعدی در ماژول wave optic و فیزیک Electromagnetic waves, frequency کارکردهایم (ewfd) کارکردهایم که در این فیزیک معادلات ماکسول[4] با روش المان محدود برای امواج در محیط حل میشوند .

خط برش cut line در پایین شیشه لام بدست آمده که مطابق شکل (1) با نوار قرمز رنگ مشخص شده است. همچنین نمودارها برای دو حالت عدم حضور سلولهای توموری و در حضورشان با ضریب شکست 1.7 و تعداد 4 توموری و در حضورشان با ضریب شکست 1.7 و تعداد 4 عدد با مختصاتهای x: 487µm, y: 82µm, y: 487µm عدد با مختصاتهای y: 47µm, x: 512µm, y: 82µm مورد بررسی قرار گرفته است.



# تحليل و نتايج

طول موجهای مختلف نور تابیده شده به بافت برای دو حالت گفته شده بررسی شد. در ابتدا در شکل (2) نتایج شبیه سازی برای نرم میدان الکتریکی (normE) در طول موج 20 µm با حضور ۴ سلول توموری نشان داده شده است .



سپس در شکلهای (3) و (4) به ترتیب برای طول موجهای μm 20 و μm 40 توزیع شدت میدان روی خط برش ( cut line) برای دو حالت عدم حضور سلولهای توموری و در حضورشان با هم مقایسه گردید که تغییرات محسوسی در اندازهی میدان الکتریکی در مکانهایی که تومورها هستند مشاهده میشود. در شکل (3) اندازه میدان در مرکز که سلول های توموری وجود دارند بیشتر از بقیه قسمتها می باشد و همچنین درشکل (4) درهمه نقاط حالت تومورال

میدان کمتر از حالت بدون تومور است اما در مرکز که سلول های توموری وجود دارند این اختلاف بسیار بیشتر است.

شکل 3: نمودار cut line برای طول موج 20μm - نمودار قرمز رنگ عدم حضور سلولهای توموری و نمودار آبی رنگ برای حالت توموری کردن سلولها میباشد.

400 600 Length (μm) 800

1000

200



شکل 4: نمودار cut line برای طول موج 40μm - نمودار قرمز رنگ عدم حضور سلولهای توموری و نمودار آبی رنگ برای حالت توموری کردن سلولها میباشد.

k در علم اپتیک به ضریب خاموشی معروف است به این معنی که وقتی نوری وارد ماده می شود همه آنچه که از ماده رد نمی شود را در ضریب خاموشی لحاظ می کنیم که به صورت جذب، بازتاب یا پراکندگی ایجاد می شود اما چون در اغلب مواد بخش های بازتاب و پراکندگی کم است و جذب مطرح است برای همین ضریب خاموشی را ضریب جذب هم می گویند[6] .

از نظر ذاتی k با بخش موهومی ثابت دی الکتریک مرتبط است یعنی به طور معمول با بخش اهمی رسانش الکتریکی رابطه دارد .در قسمتهای قبلی مقدار k در ضریب شکست موادمان صفر درنظر گرفته شده بود اما حالا در این بخش تاثیر تغییرات مقدار k سلولهای توموری بر روی توزیع میدان الکتریکی با تغییر طول موج بررسی شد. مطابق شکل (5) شاهد تغییرات نمودارهای توزیع شدت میدان الکتریکی بر روی خط برش (cut line) برای طول موج سا 40 هستیم و نمودار نتایج شبیه سازی نشان میدهد که با افزایش مقدار

ضریب خاموشی تومورها تابع توزیع میدان تغییر محسوسی ندارد اما اندازه نرم میدان الکتریکی (normE)کاهش مییابد بنابراین نرم میدان الکتریکی (normE) و ضریب خاموشی با هم مرتبط هستند.



شکل 5: تغییرات ضریب خاموشی با اندازهی میدان الکتریکی در طول موج 40µm.

تحلیل آخر مربوط به اندازهها نرم میدان الکتریکی در نقطهای با مختصات x: 500 μm, y: 63 μm در طول موج 20 μm موجود در بافت میباشد که مطابق شکل (6) نقطه قرمز رنگ برای وضعیت عدم حضور سلول توموری میباشد که با افزایش تعداد سلولهای توموری اندازه نرم میدان اکتریکی افزایش پیدا میکند که بسیار موثر در راه تشخیص سلولهای توموری است و در مورد تعداد ۹ و ۱۰ سلول که اندازه میدان الکتریکی کاهش یافته به علت نحوه توزیع سلولها میباشد.



شکل 6: تغییرات اندازه نرم میدان الکتریکی با تغییر در تعداد تومورها

## نتيجهگيرى

بر اساس نمودارهایی که از نرم میدان رسم شده بین حالت بدون تومور و با حضور تومور تشخیص وجود سلولهای سرطانی مطابق با روش ارائه شده برای ۴ سلول توموری و غیر طبیعی در بین ۱۲۰ سلول طبیعی ممکن میباشد و همچین مطابق با شکل (6) به ازای طول موج μm 20 برای حتی تعداد یک سلول توموری بین ۱۲۰ سلول سالم دیگر، تشخیص امکان پذیر است.

#### مرجعها

- C. Michael Lam, MD, MPH, ABAAM, [1] Beating-Cancer-with-Natural-Medicine. 2003.
- X. Chen *et al.*, "Non-invasive early [2] detection of cancer four years before conventional diagnosis using a blood test," *Nature Communications*, vol. 11, no. 1. 2020, doi: 10.1038/s41467-020-17316-z.
- N. Mohandas et al., "Accurate and [3] independent measurement of volume and hemoglobin concentration of individual red cells by laser light scattering," 1968.
- J. R. Reitz and F. J. Milford, *Reitz and* [4] *Milford, Foundations of Electromagnetic Theory*, 4th ed. 1960.
- C. Multiphysics, C. Software, and L. [5] Agreement, "Mach-Zehnder Modulator." 2018.
- M. Jamali, S. Sheykhlari, S. [6] Mohajermazandarani, and M. M. Ara, "Investigation of linear and nonlinear optical properties of pure curcumin and curcumingraphene quantum dots conjugation to trace Amyloid- β aggregations," in 26th Iranian conference on optics and photonics and 12th conference Iranian on engineering photonics, 2020, pp. 1-4.