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

استفاده از پردازش تصویر در تصاویر OCT برای محاسبه‌ی دقیق تراکم مویرگی در اطراف ناحیه لکه‌ی زرد

شادی ترابی[۱]، دانشکده فیزیک، دانشگاه اصفهان، shaditorabi۳۵۷@gmail.com

جعفر بختیار شوهانی[۲]، دانشکده فیزیک، دانشگاه اصفهان، j.bakhtiar@sci.ui.ac.ir

حمیدرضا محمدی [۳]، عضو هیئت علمی دانشکده فیزیک، دانشگاه اصفهان،
hr.mohammadi@sci.ui.ac.ir

راحله کافیه[۴]،عضو هیئت علمی دانشکده فناوری های نوین، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

rkafieh@gmail.com

چکیده – در این مقاله به بررسی تراکم دقیق مویرگی در تصاویر OCT با استفاده از پردازش تصویر پرداخته‌ایم. ابتدا، با استفاده از پردازش مورفولوژی تصویر، مویرگ‌ها را آشکارسازی می‌کنیم. سپس اثر سایه رگ‌ها در تصاویر سطحی OCT بر تصویر مویرگ‌ها را حذف می‌کنیم. در مرحله بعد، مکان دقیق لکه‌ی زرد در داخل شبکیه‌ی چشم را با استفاده از توابع مورفولوژی به دست می‌آوریم. سپس در اطراف لکه‌ی زرد ناحیه‌ای دایره‌ای به شعاع ۲ میلی‌متر را در نظر می‌گیریم و آنرا به چهار قسمت تقسیم می‌کنیم و در مرحله نهایی نیز تراکم پیکسل‌های سفید هر ناحیه که نمایانگر تراکم در صدی مویرگ‌ها در اطراف لکه‌ی زرد است را با دقت بسیار بالا محاسبه می‌کنیم.

کلید واژه- پردازش تصویر،مقطع نگار همدوس، توابع مورفولوژی، OCT، تراکم مویرگی، MATLAB

Image processing in OCT images for precise calculation of capillary density around macula

Shadi Torabi[۱], Physics department, University of Isfahan, shaditorabi۳۵۷@gmail.com

Jafar Bakhtiar Shohani[۲], Physics department, University of Isfahan, j.bakhtiar@sci.ui.ac.ir

Hamidreza Mohammadi[۳], Faculty of Physics department, University of Isfahan, hr.mohammadi@sci.ui.ac.ir

Rahele kafieh[۴], Assistant Professor at Isfahan University of Medical Sciences rkafieh@gmail.com

Abstract- In this paper, density of capillaries of a real human eye in OCT images using image processing is calculated. First, capillaries are detected using morphological image processing. The shadows of the main vessels which are exists in superficial images are removed using image processing. In the next step, the precise location of macula which is located in retina is determined using morphological functions. Then, a circle with ۲mm radius is considered and segmented to four areas. In the final step, density of white pixels which are capillaries around macula is calculated precisely.

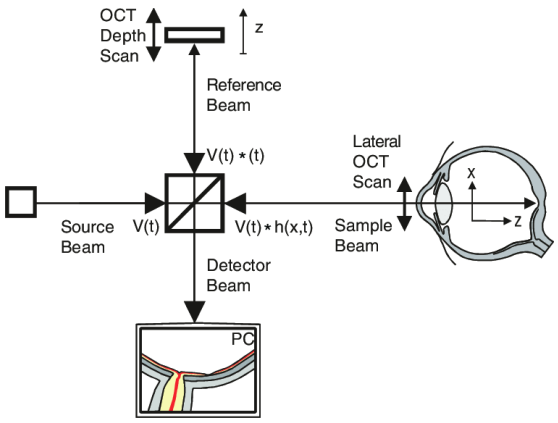
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

Keywords: Image processing, Morphological functions, OCT, Vessel density, MATLAB

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

مقدمه

در این مطالعه روش تصویربرداری به صورت ناتهاجمی از ساختمان میکروسکوپی بافت های زیستی که با چشمه ی نور مادون قرمز نزدیک میپردازیم که همان روش مقطع نگار همدوس نوری (OCT) (Optical Coherence Tomography) است [۱]. تصویربرداری OCT یکی از روش‌های مورد استفاده در دنیا است که برای زمینه های مختلف پزشکی به کار می‌رود[۲].اساس این نوع تصویربرداری،تداخل‌سنج مایکلسون است[۳]. شکل ۱ بیانگر نحوه‌ی کار این تصویربرداری است،



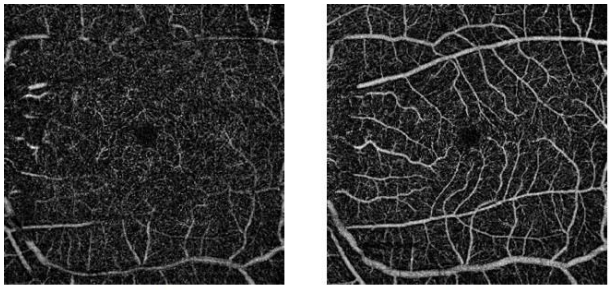
شکل ۱: اساس کار تصویربرداری OCT بر مبنای تداخل سنج مایکلسون

اما این تصاویر در حالت عادی ممکن است حاوی انواع نویز باشند و معمولا برای بررسی دقیق‌تر نیاز به پردازش دارند. در دهه‌ی اخیر از روشهای مبتنی بر پردازش تصویر استفاده شده است که بدون نیاز به استفاده از مواد خارجی برای بررسی اجزای مختلف بدن، از جمله چشم موجودات زنده، و تنها با استفاده از تصاویر موجود بتوان بررسی دقیقی داشت[۱] . برای چشم انسان، مطالعه رگ‌ها و مویرگ‌ها در تصاویر گرفته‌شده از چشم می‌تواند به تشخیص بیماری‌های مختلف که از طریق پردازش این تصاویر تشخیص داد کمک کند.به طور مثال طی تحقیقات انجام شده توسط Alais و همکارانش همواره ارزیابی کیفیت تصویرشبکیه در ناحیه ماکولا به منظور تعداد تصاویر غیرقابل تجزیه را بتوان کاهش داد و در زمان بیمار و پزشک صرفه جویی کرد. [۴]

ما در این مقاله با استفاده از پردازش تصویر به محاسبه درصد اشغال مویرگ در اطراف ناحیه لکه‌ی زرد شبکیه در داخل چشم پرداخته‌ایم.

روش‌های انجام کار

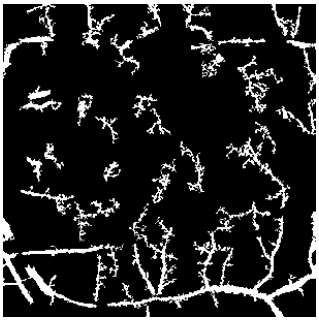
در تصویربرداری OCT، دو نوع تصویر عمقی و سطحی وجود دارد[۵]. در تصویربرداری سطحی معمولا رگ‌ها و در تصویربرداری عمقی معمولا مویرگ‌ها حضور دارند. در این مقاله با استفاده از روش‌های مبتنی بر پردازش مورفولوژیکی تصویر، مقدار تراکم پیکسلی یک نمونه از تصاویر چشم گرفته‌شده در اطراف لکه‌ی زرد در داخل شبکیه که بیانگر تراکم مویرگی در این نواحی است محاسبه شده است[۶].
هدف این مقاله، به دست آوردن تصویری است که در آن مویرگ‌های اطراف ناحیه لکه‌ی زرد (Macula) با دقت بالا شناسایی شوند و نیز رگ‌های اصلی در تصویر سطحی حذف شده باشند. توابع مورفولوژی یکی از بهترین توابع برای این منظور هستند. عملیات فرسایش (erosion) و سایش (dilation) دو عملیات اصلی در پردازش مورفولوژیکی تصویر هستند که سایر توابع مورفولوژی از آنها ساخته می‌شوند. شکل ۲ نمونه‌ای از یک تصویر عمقی و یک تصویر سطحی از چشم در تصویربرداری OCT را نشان می‌دهد.



شکل ۲: (الف) تصویر عمقی از چشم، (ب) تصویر سطحی از چشم

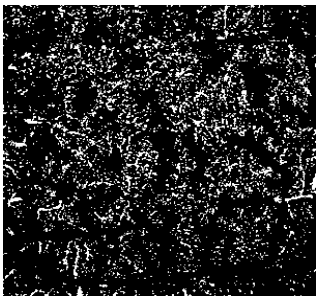
برای شناسایی مویرگ‌ها و درصد تراکم آنها در تصویر عمقی باید ابتدا مویرگ‌ها در این تصویر حذف شوند. ما با توابع Skeleton در پردازش مورفولوژیکی این کار را به خوبی انجام داده‌ایم. درشکل ۳ نتیجه این عملیات را نشان داده می‌شود.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]



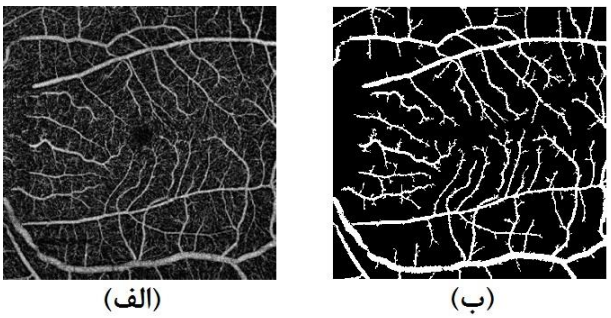
شکل ۳: استفاده از تابع skeleton برای حذف مویرگ‌ها

حال باید این تصویر را از تصویر اصلی عمقی کم کنیم تا مویرگ‌ها به خوبی نشان داده شوند. که شکل ۴ مویرگ‌ها در تصویر عمقی را نشان می‌دهد،



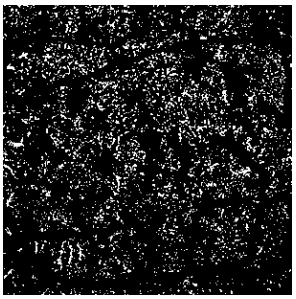
شکل ۴: آشکارسازی مویرگ‌ها در تصویر عمقی

اما معمولا اثر تصویربرداری سطحی در تصویر عمقی نیز وجود دارد و سایه رگ‌های اصلی در تصویر سطحی وارد تصویر عمقی می‌شود. این امر باعث ایجاد خطا در محاسبه درصد اشغال رگ می‌شود و باید حذف شود. بنابراین نیاز است که رگ‌ها در تصویر سطحی نیز آشکارسازی شوند و در تصویر عمقی در نظر گرفته نشوند. در نتیجه، باز هم ابتدا باید رگ‌های اصلی در تصویر شناسایی شوند که در شکل ۵ می‌بینیم،



شکل ۵: آشکارسازی رگ‌های اصلی و حذف مویرگ‌ها توسط ترکیبی از توابع مورفولوژی

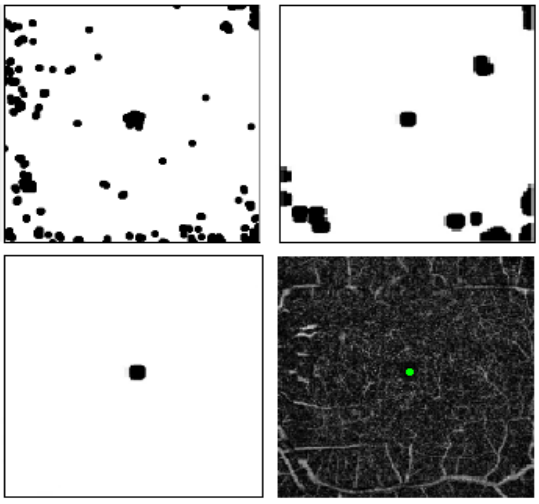
همانطور که می‌بینیم در این شکل که مربوط به تصویر سطحی است رگ‌های اصلی شناسایی شده‌اند. حال با استفاده از این تصویر می‌توان مویرگ‌ها را در تصویر سطحی شناسایی کرد و با مقایسه پیکسل به پیکسل توسط کدنویسی در محیط MATLAB اثر آنرا در تصویر عمقی حذف کرد. بنابراین در نهایت، مویرگ‌ها در تصویر عمقی که مطلوب ما است به صورت زیر درشکل ۶ می‌آیند،



شکل ۶: تصویر مویرگ‌ها در تصویر عمقی با حذف سایه ی رگ‌ها در تصویر سطحی

با مقایسه دقیق شکل(۶) و شکل (۴) می‌بینیم که اثر سایه رگ‌ها در تصویر سطحی در تصویر عمقی حذف شده است و فرایند شناسایی مویرگها با دقت بالاتری انجام شده است. حال با استفاده از این تصویر می‌توان به محاسبه درصد اشغال مویرگ در اطراف لکه‌ی زرد پرداخت. برای اینکار ابتدا باید محل دقیق لکه‌ی زرد شناسایی شود. لکه‌ی زرد محلی است که در آن هیچ رگ و یا مویرگی وجود ندارد.

با استفاده از کدنویسی بر مبنای تابع close در پردازش مورفولوژیکی پس از چند بار پردازش می‌توان به شکل ۷ رسید:



شکل ۷: شناسایی دقیق مرکز لکه‌ی زرد با استفاده از توابع مورفولوژی

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

می‌بینیم که محل دقیق لکه‌ی زرد در تصویر عمقی با یک دایره توپر سبزرنگ نشان داده شده است.

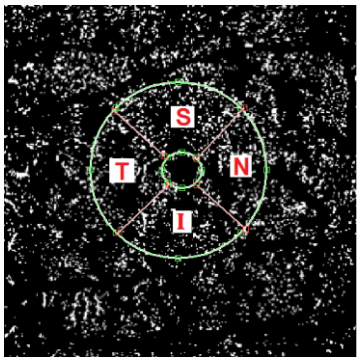
حال در این مرحله باید میزان تراکم مویرگی در شعاع ۲ میلی‌متری لکه‌ی زرد که در دنیا یک شعاع معیار در بررسی اینگونه مسائل است محاسبه شود.

برای این در اطراف لکه‌ی زرد دایره‌ای به شعاع ۲ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود و به چهار قسمت تقسیم می‌شود. معمولا این نواحی با چهار حرف T,S,N,I نمایش داده می‌شود. مقدار شدت پیکسل‌های این نواحی نسبت به پشت زمینه مقایسه و محاسبه می‌شود. به عبارت دیگر:

$$D_j = \frac{\sum_{x,y} I_j(x,y)}{I_t} \qquad j = ۱،۲،۳،۴ \qquad (۱)$$

که در این رابطه، D_j درصد تراکم پیکسلی ناحیه j ام ، I_j شدت پیکسل برای ناحیه j ام، (x,y) مختصه‌های مکانی پیکسل‌های تصویر و I_t مجموع شدت پیکسلی چهار ناحیه است.

در نهایت شکل ۸ نحوه این تقسیم بندی را نشان می‌دهد،



شکل ۸: تقسیم اطراف لکه‌ی زرد به چهار ناحیه برای محاسبه میزان تراکم مویرگ در شعاع ۲ میلی‌متری

برای این شکل درصد تراکم مویرگی در این چهار ناحیه به این صورت بود که در جدول ۱ آورده شده است:

جدول۱: درصد تراکم مویرگی در چهار ناحیه اطراف لکه‌ی زرد

ناحیه	درصد تراکم
T	۲۱,۳
S	۲۸,۷
N	۲۲,۸
I	۲۷,۲

اینکه چه درصدی از مویرگ‌ها در این نواحی با دقت بالا وجود دارد بسیار حائز اهمیت است، زیرا اطلاعات برخی از بیماری‌ها در این درصدها نهفته است. بنابراین با بهره گیری از پردازش تصویر توانستیم روشی را پیشنهاد دهیم که بتوان با دقت بالا این کار را انجام داد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله تراکم مویرگی در اطراف لکه‌ی زرد برای چهار ناحیه این لکه برای یک تصویر واقعی از چشم انسان بررسی شد. استفاده از پردازش مورفولوژی و توابع متنوع آن باعث اطمینان از دقت این محاسبه شد. همچنین محل دقیق لکه‌ی زرد آشکارسازی شد و بر اساس مکان این لکه، تراکم پیکسلی نواحی چهارگانه اطراف آن در شعاع ۲ میلی‌متری محاسبه شد. تمام محاسبات و پردازش‌ها در محیط MATLAB انجام شده است و تصاویر استفاده شده دراین مقاله از بیمارستان چشم‌پزشکی فیض شهر اصفهان گرفته شده است

مرجع‌ها

[۱] F. Hajizadeh and R. Kafieh, "Introduction to Optical Coherence Tomography," in *Atlas of Ocular Optical Coherence Tomography* (Springer, ۲۰۱۸), pp. ۱-۲۵.

[۲] Coscas, F., Glacet-Bernard, A., Miere, A., Caillaux, V., Uzzan, J., Lupidi, M., ... & Souied, E.H., *Optical coherence tomography angiography in retinal vein occlusion: evaluation of superficial and deep capillary plexa*. American journal of ophthalmology, *161*, ۱۶۰-۱۷۱, (۲۰۱۶).

[۳] Rollins, A. M., & Izatt, J. A., *Optimal interferometer designs for optical coherence tomography*. Optics letters, *24*(۲۱), ۱۴۸۴-۱۴۸۶, (۱۹۹۹).

[۴] Alais, Robin, et al. "Fast macula detection and application to retinal image quality assessment." *Biomedical Signal Processing and Control* ۵۵ (۲۰۲۰): ۱۰۱۵۶۷.

[۵] Gerth C, Zawadzki RJ, Werner JS. Retinal morphological changes of patientswith X-linked retinoschisis evaluated by Fourier-domain optical coherence tomography.Archives of ophthalmology. ۲۰۰۸;۱۲۶(۶):۸۰۷-۱۱.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

[٦] R.C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing (3rd Edition)*, Prentice-Hall, Inc (٢٠٠٦)

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]