



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی استان اصفهان

دانشکده فناوری‌های نوین پزشکی

گروه مهندسی پزشکی-بیوالکترونیک

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی
پزشکی گرایش بیوالکترونیک

**آموزش و طراحی دیکشنری برای تصاویر OCT مبتنی بر الگوریتم k-SVD
بر اساس خصوصیات بافت لایه‌های مختلف شبکه به منظور تقطیع این تصاویر**

شماره طرح تحقیقاتی:

۳۹۴۰۸۷

نویسنده:

لیلا نیکنام شیراز

تحت راهنمایی:

دکتر حسین ربّانی

تحت مشاوره:

دکتر راحله کافیه

مهر ماه ۱۳۹۴

چکیده :

موضوع این مطالعه بررسی روش آموزش پایه ها در تصاویر چشمی می باشد. شبکه ساختار لایه ای دارد و طراحی روشی که بتواند بدون تحت تأثیر قرار گرفتن از نوع نویز تصویر و میزان آن و پایین بودن کنتراست تصویر مرزهای لایه ها را به درستی مشخص نماید از اهمیت فراوانی برخوردار می باشد. نمایش اتمی از جمله روش های جدید برای نمایش تصاویر است. این روش تصاویر را براساس مجموعه ای از پایه ها تعریف می نماید. در روش آموزش پایه ها، پایه هایی از جنس خود تصویر برای آن تعیین می شود. در روش k-SVD دیکشنری را می توان از طریق بهینه سازی مقادیر ویژه و بردارهای ویژه تصویر به دست آورد. در روش تجزیه مولفه های مورفولوژیک اتم های دیکشنری به دو بخش کارتون و بافت تقسیم می شوند. پس از به دست آوردن دیکشنری و بازسازی با استفاده از دیکشنری کارتون انجام بخش بندی با توجه به کاهش نویز و تقویت لبه ها با صحت بهتری قابل اجرا می باشد. پایگاه داده ی این مطالعه شامل ۵۵ نمونه اخذ شده از افراد نرمال توسط دستگاه TOPCON-OCT-۱۰۰۰ می باشد. برای تجزیه و تحلیل مولفه های مورفولوژیک، دیکشنری هر تصویر با استفاده از خوشه بندی برداری به کمک مقادیر ویژه (K-SVD) محاسبه گردید و سپس روش تجزیه و تحلیل مولفه های مورفولوژیک روی دیکشنری های حاصل شده اعمال گردید و بخش های کارتون و بافت تصویر با انتخاب پایه های مناسب تفکیک شد. بخش بندی به روش برنامه نویسی پویا در تصویر کارتون اجرا شد و سطوح RPE, VM, OSL, CL ISL, OLM مشخص شدند. مقایسه نتایج با استانداردهای موجود نشان می دهد کمترین خطا برحسب پیکسل مربوط به سطح OSL با مقدار خطا (انحراف معیار $\pm 0,167$) $\pm 0,03$ می باشد. برای سایر سطوح RPE, VM, ICL, ISL میزان خطا از راست به چپ به ترتیب زیر است: $0,33 \pm 0,66$, $0,59 \pm 0,31$, $0,49 \pm 0,00$, $0,72 \pm 0,61$, $0,05 \pm 0,01$.

کلید واژه ها

آموزش پایه ها، بخش بندی، تجزیه مولفه های مورفولوژیک

لیست مقالات چاپ شده مستخرج از پایان نامه:

۱- کاربرد روش تجزیه تحلیل مورفولوژیکال در بخش بندی اتوماتیک شش لایه زیرین شبکیه در تصاویر OCT.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

		فهرست مطالب
ب.....		فهرست جدول ها
ش.....		فهرست شکل ها
ج.....		فصل ۱- مقدمه
.....	ضرورت اجرای طرح	۲-۱
.....	هدف کلی	۳-۱
.....	اهداف جزئی	۴-۱
.....	سؤالات پژوهشی یا فرضیات	۵-۱
.....	بیان مسئله و بیان اهمیت موضوع پایان نامه	۶-۱
.....	معرفی ساختار پایان نامه	۷- ۱
.....	فصل ۲- مروری بر تحقیقات انجام شده	
.....	روش های مشخص نمودن دیکشنری	۱-۲
.....	بررسی روش های آماری در تعیین دیکشنری	۱-۱-۲
.....	معرفی روش MOD	۱-۱-۱-۲
.....	روش های آموزش مبتنی بر خوشه بندی و کوانتیزیشن برداری	۲-۱-۲
.....	روش های آموزش با ساختارهای ویژه	۳-۱-۲
.....	روش های خوشه بندی و کوانتیزیشن برداری	۲-۲
.....	بررسی مکانیسم کدگذاری تُنک در چشم	۱-۲-۲
.....	نقد و بررسی روش	۱-۱-۲-۲
.....
.....
.....	آموزش پایه ها به روش Batch k-SVD	۲-۲-۲
.....	نقد و بررسی روش	۱-۲-۲-۲
.....	روش blind separation	۳-۲-۲
.....	روش های آماری	۱- ۳-۲-۲
.....	روش های مبتنی بر مفهوم تُنک بودن و تنوع مورفولوژیکال	۲- ۳-۲-۲
.....

.....۲.۳.....	روش های تفکیک اتمی	۳-۲
.....۲.۷.....	مروری بر روش های بخش بندی لایه های شبکه	۴-۲
	فصل ۳- مواد و روش ها	
.....۳.....	مقدمه	۱-۳
.....۳.۲.....	الگوریتم k-SVD	۲-۳
.....۳.۸.....	الگوریتم برنامه نویسی پویا	۳-۳
	بخش بندی شش لایه زیرین شبکه به کمک تصویر کارتونی	۳-۳
	حاصل از روش MCA توسط الگوریتم بخش بندی پویا	
	
	
	۳۹.....
	فصل ۴ - نتایج حاصل از روش پیشنهادی	
.....۴.۲.....	نتایج و خروجی های حاصل از روش k-SVD و MCA	۱-۴
.....۴.۵.....	نتایج تصویری بخش بندی	۲-۴
.....۴.۷.....	نتایج کمی	۳-۴
	فصل ۵ - نتیجه گیری و پیشنهادات	
.....۴.۸.....	مقدمه	۱-۵
.....۵.....	نوآوری های طرح	۲-۵
.....۵.۱.....	پیشنهادات	۳-۵

فهرست جدول ها

صفحه

عنوان

۲۶.....	جدول ۱-۲
۴۷.....	جدول ۱-۵

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۲.....	شکل ۱-۱- تصویر رنگی از چشم
۲.....	شکل ۱-۲ لایه های مختلف شبکیه
۸.....	شکل ۱-۳ نمونه ای از خروجی روش تجزیه تحلیل مورفولوژیک
۲.۷.....	شکل ۱-۲-تصویر بخش بندی شده از شبکیه
۳.۱.....	شکل ۱-۳ تصاویر کارتونی پچ بندی های مختلف
۳.۷.....	شکل ۲-۳ نمونه ای از دیکشنری طراحی شده به روش k-SVD.
۳.۸.....	شکل ۳-۳ خروجی روش MCA در تصاویر OCT
۳.۹.....	شکل ۳-۵ تصویر نویزی انتخاب شده از حجم نمونه
۴.....	شکل ۳-۶ تصویر بخش کارتون
۴.....	شکل ۳-۷ مسیر ISL مشخص شده از روش برنامه نویسی پویا در تصویر کارتون
۴.....	شکل ۳-۸ مسیر ISL مشخص شده از روش برنامه نویسی پویا در تصویر اصلی
۴.۱.....	شکل ۳-۹ تصویر گرادیان عمودی.
۴.۳.....	شکل ۴-۱ خروجی شماره ۱.
۴.۴.....	شکل ۴-۱ خروجی شماره ۲
۴.۵.....	شکل ۴-۱ خروجی شماره ۳
۴.۶.....	شکل ۴-۴ نتایج حاصل بخش بندی لایه های شبکیه در یک تصویر نمونه با روش مطرح شده در این مطالعه در مقایسه با بخش بندی دستی توسط متخصص
۵.....	شکل ۵-۱ خروجی اجرای روش برنامه نویسی پویا در تصویر نویزی

منابع و مأخذ :

١. Schmitt JM. Optical coherence tomography (OCT): a review. IEEE Journal of Selected Topics In Quantum Electronics. ١٩٩٩;٥(٤):١٢٠٥-١٢١٥.
٢. Tomic I, Frossard P. Dictionary learning. IEEE Transaction on Signal Processing. ٢٠١١;٢٨(٢):٢٧-٣٨.
٣. Starck J-L, Murtagh F, Fadili JM. Sparse image and signal processing: wavelets, curvelets, morphological diversity: Cambridge University Press; ٢٠١٥.
٤. Elad M. Sparse and redundant representations: from theory to applications in signal and image processing: Springer; ٢٠١٠.
٥. Starck J-L, Elad M, Donoho D. Redundant multi scale transforms and their application for morphological component separation. Advances in Imaging and Electron Physics. ٢٠٠٤; ١٣٢(٨٢):٢٨٧-٣٤٨.
٦. Elad M, Starck J-L, Querre P, Donoho DL. Simultaneous cartoon and texture image inpainting using morphological component analysis (MCA). Applied and Computational Harmonic Analysis. ٢٠٠٥; ١٩(٣):٣٤٠-٣٥٨.
٧. Abolghasemi V, Ferdowsi S, Sanei S. Blind separation of image sources via adaptive dictionary learning. IEEE Transactions on Image Processing. ٢٠١٢; ٢١(٦):٢٩٢١-٢٩٣٠.
٨. Bobin J, Starck J-L, Fadili JM, Moudden Y, Donoho DL. Morphological component analysis: An adaptive thresholding strategy. IEEE Transactions on Image processing. ٢٠٠٧; ١٦(١١):٢٦٧٥-٢٦٨١.
٩. Buades A, Le TM, Morel J-M, Vese LA. Fast cartoon+ texture image filters. IEEE Transactions on Image Processing. ٢٠١٠; ١٩(٨):١٩٧٨-١٩٨٦.
١٠. Xu J, Ma J, Zhang D, Zhang Y, Lin S. Improved total variation minimization method for compressive sensing by intra-prediction. IEEE Transaction Signal Processing. ٢٠١٢;٩٢(١١):٢٦١٤-٢٦٣٠.
١١. Kabsch W, Sander C. Dictionary of protein secondary structure: pattern recognition of hydrogen-bonded and geometrical features. Biopolymers. ١٩٨٣; ٢٢(٢١):٢٥٧٧-٢٦٣٧.
١٢. Dubois S, Péteri R, Ménard M. Decomposition of dynamic textures using morphological component analysis. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. ٢٠١٢; ٢٢(٢):١٨٨-٢٠١.
١٣. Mairal J, Bach F, Ponce J, Sapiro G, editors. Online dictionary learning for sparse coding. Proceedings of the ٢٦th Annual International Conference on Machine Learning. ٢٠٠٩; ١٧(٤):٦٨٩-٦٩٦.
١٤. Elad M, Aharon M. Image denoising via sparse and redundant representations over learned dictionaries. IEEE Transactions on Image Processing. ٢٠٠٦; (١٢)١٥:٣٧٣٦-٣٧٤٥.
١٥. Mendels F, Vandergheynst P, Thiran JP. Matching pursuit-based shape representation and recognition using scale-space. International Journal of Imaging Systems and Technology. ٢٠٠٦; ١٦(٥):٨٠-١٢٦.
١٦. Goodwin MM, Vetterli M. Matching pursuit and atomic signal models based on recursive filter banks. IEEE Transactions on Signal Processing. ١٩٩٩; ٤٧(٧):١٨٩٠-١٩٠٢.
١٧. Mallat SG, Zhang Z. Matching pursuits with time-frequency dictionaries. IEEE Transactions on Signal Processing. ١٩٩٣; ٤١(١٢):٣٣٩٧-٣٤٣٣٤.

18. Aharon M, Elad M, Bruckstein A. k-svd: An algorithm for designing overcomplete dictionaries for sparse representation. *IEEE Transactions on Signal Processing*. 2006;54(11):4311-4322.
19. Perrinet L, Samuelides M, Thorpe S. Sparse spike coding in an asynchronous feed-forward multi-layer neural network using matching pursuit. *Neurocomputing*. 2004;57:125-134.
20. Kafieh R, Rabbani H, Abramoff MD, Sonka M. Intra-retinal layer segmentation of 3D optical coherence tomography using coarse grained diffusion map. *Medical image analysis*. 2013;17(8):907-928.
21. Cha Y-M, Han J-H. High-Accuracy Retinal Layer Segmentation for Optical Coherence Tomography Using Tracking Kernels Based on the Gaussian Mixture Model. *IEEE Journal of selected Topics in Quantum Electronics*. 2014;20(2):
22. Haeker M, Abramoff M, Kardon R, Sonka M. Segmentation of the surfaces of the retinal layer from OCT images. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention—MICCAI 2006*: Springer; 2006;17(4):800-807.
23. Garvin MK, Abramoff MD, Kardon R, Russell SR, Wu X, Sonka M. Intraretinal layer segmentation of macular optical coherence tomography images using optimal 3-D graph search. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 2008;27(10):1495-1505.
24. Mortensen E, Morse B, Barrett W, Udupa J. Adaptive boundary detection using live-wire two-dimensional dynamic programming. *Computers in Cardiology 1992*, *IEEE Proceedings of Computers in Cardiology 1992*; 1992;14(1):635-638.
25. Mitchell SC, Lelieveldt BP, Van der Geest RJ, Bosch HG, Reiver J, Sonka M. Multistage hybrid active appearance model matching: segmentation of left and right ventricles in cardiac MR images. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 2001;20(5):415-23.
26. Hee MR, Izatt JA, Swanson EA, Huang D, Schuman JS, Lin CP, et al. Optical coherence tomography of the human retina. *Arch Ophthalmol*; 1995;113(5):325-33.
27. Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang W, et al. Optical coherence tomography. *Science* 1991;254:1178-81.
28. George A, Dillenseger JA, Weber A, Pechereau A. Optical coherence tomography image processing. *Invest Ophthalmol Vis Sci*; 2000;41:165-73.
29. Koozekanani D, Boyer KL, Roberts C. Retinal thickness measurements in optical coherence tomography using a markov boundary model. *IEEE Transaction on Medical Imaging* .2001;20:900-16.
30. Herzog A, Boyer KL, Roberts C. Robust Extraction of the Optic Nerve Head in Optical Coherence Tomography. *ComputerVision, Mathematical Methods in Medical and Biomedical Image nalysis (CVAMIAMMBIA)*. Springer Berlin Heidelberg: Prague, CzechRepublic, publisher. 2004;2004:407-395.
31. Shahidi M, Wang Z, Zelkha R. Quantitative thickness measurement of retinal layers imaged by optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2005;139:1056-61.
32. Baroni M, Fortunato JG, Torre AL. Towards quantitative analysis of retinal features in optical coherence tomography. *Med Eng Phys*. 2007;29:432-41.
33. Srinivasan VJ, Monson BK, Wojtkowski M, Bilonick RA, Gorczynska I, Chen R, et al. Characterization of outer retinal morphology with high-speed, ultrahigh-resolution optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2008;18:1571-9.

34. Bagci AM, Shahidi M, Ansari R, Blair M, Blair NP, Zelkha R. Thickness profile of retinal layers by optical coherence tomography image segmentation. *Am J Ophthalmol* 2008;146:679-87.
35. Koprowski R, Wrobel Z. Layers recognition in tomographic eye image based on random contour analysis. *Computer recognition Syst* 2009;3:471-8.
36. Cheung C, Liu J, Lim S, Leung C, Wong T. Automated layer segmentation of optical coherence tomography images. *IEEE Transaction on Biomedical Signal Processing*. 2010;57:2605-8.
37. Boyer KL, Herzog A, Roberts C. Automatic recovery of the optic nerve head geometry in optical coherence tomography. *IEEE Transaction on Medical Imaging*. 2006;25:553-70.
38. Baroni M, Fortunato JG, Torre AL. Towards quantitative analysis of retinal features in optical coherence tomography. *Med Eng Phys*. 2007;29(3):432-41.
39. Tan O, Li G, Lu AT, Varma R, Huang D. Mapping of macular substructures with optical coherence tomography for glaucoma diagnosis. *Ophthalmology* 2008;115(3):949-56.
40. Kajić V, Považay B, Hermann B, Hofer B, Marshall D, Rosin PL, et al. Robust segmentation of intraretinal layers in the normal human fovea using a novel statistical model based on texture and shape analysis. *Opt Express* 2010;18(7):14173-44.
41. DC, Villate N, Puliafito CA, Rosenfeld PJ. Comparing total macular volume changes measured by optical coherence tomography with retinal lesion volume estimated by active contours. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2004;45:1300-1312.
42. Mishra A, Wong A, Bizheva K, Clausi DA. Intra-retinal layer segmentation in optical coherence tomography images. *Opt Express* 2009;17(3):3719-28.
43. Yazdanpanah A, Hamarneh G, Smith B, Sarunic M. Intra-retinal layer segmentation in optical coherence tomography using an active contour approach. *Med Image Comput Comput Assist Interv*; 2009;12(1):649-56.
44. Somfai GM, Jozsef M, Chetverikov D, DeBuc D. Active contour detection for the segmentation of optical coherence tomography images of the retina. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2014;55(13):4793.
45. Mayer MA, Hornegger J, Mardin CY, Tornow RP. Retinal nerve fiber layer segmentation on FD-OCT scans of normal subjects and glaucoma patients. *Biomed Opt Express* 2010;1(16):1358-83.
46. Ghorbel I, Rossant F, Bloc I, Tic S, Paques M. Automated segmentation of macular layers in OCT images and quantitative evaluation of performances. *Pattern Recognit* 2011;44(3):590-603.
47. Fuller AR, Zawadzki RJ, Choi S, Wiley DF, Werner JS, Hamann B. Segmentation of three-dimensional retinal image data. *IEEE Trans Vis Comput Graph* 2007;13(2):719-26.
48. Mayer MA, Tornow RP, Bock R, Hornegger J, Kruse FE. Automatic nerve fiber layer segmentation and geometry correction on spectral domain OCT images using fuzzy c-means clustering. *The Association for Research in Vision and Ophthalmology, Inc. (ARVO) (Annual Meeting) in Fort Lauderdale, Florida, USA*, 2008;19:501-516.
49. Vermeer KA, van der Schoot J, Lemij HG, de Boer JF. Automated segmentation by pixel classification of retinal layers in ophthalmic OCT images. *Biomedical Opt Express* 2011;2:1743-56.
50. Garvin MK, Abramoff MD, Kardon R, Russell SR, Xiaodong W, Sonka M. Intraretinal layer segmentation of macular optical coherence tomography images using optimal ∞ -D graph search. *IEEE Transaction on Medical Imaging* 2008;27:1495-505.

۵۱. Abramoff MD, Lee K, Niemeijer M, Alward WL, Greenlee EC, Garvin MK, et al. Automated segmentation of the cup and rim from spectral domain OCT of the optic nerve head. *Invest Ophthalmol Vis Sci* ۲۰۰۹;۵۰:۵۷۷۸-۸۴.
۵۲. Lee K, Abramoff MD, Niemeijer M, Garvin MK, Sonka M. 3D segmentation of retinal blood vessels in spectral domain OCT volumes of the optic nerve head. *Proc. of SPIE Medical Imaging: Biomedical Applications in Molecular, Structural, and Functional Imaging* ۷۶۲۶ (۲۰۱۰): ۷۶۲۶-۷. San Diego, California.
۵۳. Yang Q, Reisman CA, Wang Z, Fukuma Y, Hangai M, Yoshimura N, et al. Automated layer segmentation of macular OCT images using dual-scale gradient information. *Opt Express* ۲۰۱۰;۱۸:۲۱۹۴-۲۰۷.
۵۴. Kafieh R, Rabbani H, Abramoff MD, Sonka M. Intra-retinal layer segmentation of 3D optical coherence tomography using coarse grained diffusion map, *Medical Image Analysis*, ۱۷(۸):۹۰۷-۹۲۸, Dec. ۲۰۱۳.
۵۵. Kafieh R, Rabbani H, Kermani S. A review of algorithms for segmentation of optical coherence tomography from retina. *J Med Sign Sens* . ۲۰۱۲;۳:۴۵-۶۰.
۵۶. Kafieh R, Rabbani H, Hajizadeh F, Abramoff MD, Sonka M. Thickness Mapping of Eleven Retinal Layers Segmented Using the Diffusion Maps Method in Normal Eyes. *Journal of Ophthalmology*. ۲۰۱۵;۲۰۱۵:۱۴.
۵۷. Sonka M , Hlavac V, Boyle R. *Image Processing, Analysis, and Machine Vision*. Springer science+business ; ۲۰۱۰.

چکیده:

مقدمه: شبکه داخلی ترین بافت چشم است و به کمک عصب بینایی اطلاعات تصویری را به مغز هر شخص ارسال می نماید. این بخش از چشم ساختار لایه ای دارد و طراحی روشی که بتواند بدون تحت تأثیر قرار گرفتن از نوع نويز تصوير و میزان آن و همچنین پایین بودن کنتراست تصویر مرزهای لایه ها را به درستی مشخص نماید از اهمیت فراوانی برخوردار می باشد. در این مطالعه روش تلفیقی از دو روش تجزیه تحلیل مورفولوژیکال (MCA) و برنامه نویسی پویا (DP) برای بخش بندی اتوماتیک شش لایه زیرین شبکه به کار رفته است.

روش ها: پایگاه داده شامل ۵۵ نمونه اخذ شده از افراد نرمال توسط دستگاه ۱۰۰۰- TOPCON-OCT می باشد. این مطالعه در دو فاز صورت گرفته است. برای تجزیه تحلیل مورفولوژیکال، دیکشنری هر تصویر با استفاده از خوشه بندی برداری به کمک مقادیر ویژه (K-SVD) محاسبه گردید و سپس روش MCA روی دیکشنری های حاصل شده اعمال گردید و بخش های کارتون و بافت تصویر با انتخاب پایه های مناسب تفکیک شد. بخش بندی به روش DP در تصویر کارتون اجرا شد و سطوح RPE, VM, OSL, ICL, ISL, OLM مشخص شدند.

یافته ها: مقایسه نتایج به دست آمده با استانداردهای موجود نشان می دهد که کمترین خطا مربوط به سطح OSL با مقدار خطا (انحراف معیار \pm میانگین) 0.167 ± 0.03 می باشد. برای سایر سطوح OLM, ISL, ICL, VM, RPE میزان خطا از راست به چپ به ترتیب زیر حاصل شده است:

$$-1.05 \pm 0.51, -1.72 \pm 0.61, -1.00 \pm 0.49, -0.59 \pm 0.31, -0.66 \pm 0.33$$

نتیجه گیری: تجزیه و تحلیل مورفولوژیکال به کمک روش DP می تواند به صورت یک روش اتوماتیک در بخش بندی شش لایه زیرین شبکه عمل کند و بدون نیاز به انجام پیش پردازش می تواند صحت قابل قبولی را در نتایج بخش بندی داشته باشد.

کلمات کلیدی: بخش بندی، برنامه نویسی پویا، تجزیه تحلیل مورفولوژیکال

منابع :

- ١- Fernández-Vigo JI, García-Feijóo J, Martínez-de-la-Casa JM, García-Bella J, Fernández-Vigo JA. Morphometry of the Trabecular Meshwork in Vivo in a Healthy Population Using Fourier-Domain Optical Coherence Tomography. *Trabecular Meshwork Measurements Using FD-OCT. Investigative ophthalmology & visual science.* ٢٠١٥; ٥٦(٣):١٧٢٨-٨.
- ٢- Chiu SJ, Li XT, Nicholas P, Toth CA, Izatt JA, Farsiu S. Automatic segmentation of seven retinal layers in SD-OCT images congruent with expert manual segmentation. *Optics express.* ٢٠١٠; ١٨(١٨):١٩٤١٣-٢٨.
- ٣- Bruckstein AM, Donoho DL, Elad M. From sparse solutions of systems of equations to sparse modeling of signals and images. *SIAM review.* ٢٠٠٩; ٥١(١):٨١-٣٤
- ٤- Elad M. *Sparse and redundant representations: from theory to applications in signal and image processing.* ٢٠١٠. Springer.
- ٥- Starck J-L, Elad M, Donoho D. Redundant multiscale transforms and their application for morphological component separation. *Advances in Imaging and Electron Physics.* ٢٠٠٤; ١٣٢(٢):٢٨٧-٣٤٨.
- ٦- Elad M, Starck J-L, Querre P, Donoho DL. Simultaneous cartoon and texture image inpainting using morphological component analysis (MCA). *Applied and Computational Harmonic Analysis.* ٢٠٠٥; ١٩(٣):٥٨-٣٤٠.
- ٧- Abolghasemi V, Ferdowsi S, Sanei S. Blind separation of image sources via adaptive dictionary learning. *Image Processing, IEEE Transactions on.* ٢٠١٢; ٢١(٦):٣٠-٢٩٢١.

- ๘- Bobin J, Starck J-L, Fadili JM, Moudden Y, Donoho DL. Morphological component analysis: An adaptive thresholding strategy. *Image Processing, IEEE Transactions on.* ๒๐๐๗; ๑๖(๑๑):๘๑-๒๖๗๐
- ๙- Hu X, Xia W, Peng S, Hwang W-L, editors. Multiple component predictive coding framework of still images. *Multimedia and Expo (ICME), ๒๐๑๑ IEEE International Conference on.* ๒๐๑๑: ๑-๖.
- ๑๐- Tošić I, Frossard P. Dictionary learning. *Signal Processing Magazine, IEEE.* ๒๐๑๑; ๒๘(๒): ๒๗-๓๘.
- ๑๑- Mortensen E, Morse B, Barrett W, Udupa J, editors. Adaptive boundary detection using live-wire. *two-dimensional dynamic programming. Computers in Cardiology ๑๙๙๒, Proceedings of; ๑๙๙๒: IEEE.*
- ๑๒- Mitchell SC, Lelieveldt BP, Van der Geest RJ, Bosch HG, Reiver J, Sonka M. Multistage hybrid active appearance model matching: segmentation of left and right ventricles in cardiac MR images. *Medical Imaging, IEEE Transactions on.* ๒๐๐๑; ๒๐(๕): ๕๑๐-๒๓.
- ๑๓- Hee MR, Izatt JA, Swanson EA, Huang D, Schuman JS, Lin CP, et al. Optical coherence tomography of the human retina. *Arch Ophthalmol; ๑๙๙๐; ๑๑๓(๕): ๓๒๕-๓๒.*
- ๑๔- Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang W, et al. Optical coherence tomography. *Science ๑๙๙๑; ๒๕๕: ๑๑๗๘-๘๑.*
- ๑๕- George A, Dillenseger JA, Weber A, Pechereau A. Optical coherence tomography image processing. *Invest Ophthalmol Vis Sci; ๒๐๐๑; ๔๑: ๑๖๕-๑๗๓.*
- ๑๖- Koozekanani D, Boyer KL, Roberts C. Retinal thickness measurements in optical coherence tomography using a markov boundary model. *IEEE Trans Med Imaging ๒๐๐๑; ๒๐: ๙๐๐-๑๖.*

- ۱۷- Gregori G, Knighton RW. A robust algorithm for retinal thickness measurements using optical coherence tomography (Stratus OCT). Invest Ophthalmol Vis Sci ۲۰۰۴; ۴۵: E-Abstract ۳۰۰۷.
- ۱۸- Herzog A, Boyer KL, Roberts C. Robust Extraction of the Optic Nerve Head in Optical Coherence Tomography. Computer Vision, Mathematical Methods in Medical and Biomedical Image Analysis (CVAMIAMMBIA). Springer Berlin Heidelberg: Prague, Czech Republic, publisher; ۲۰۰۴. p. ۴۰۷-۳۹۰.
- ۱۹- Shahidi M, Wang Z, Zelkha R. Quantitative thickness measurement of retinal layers imaged by optical coherence tomography. Am J Ophthalmol ۲۰۰۵; ۱۳۹:۱۰۵۶-۶۱.
- ۲۰- Baroni M, Fortunato JG, Torre AL. Towards quantitative analysis of retinal features in optical coherence tomography. Med Eng Phys. ۲۰۰۷; ۲۹: ۴۳۲-۴۱.
- ۲۱- Srinivasan VJ, Monson BK, Wojtkowski M, Bilonick RA, Gorczynska I, Chen R, *et al.* Characterization of outer retinal morphology with high-speed, ultrahigh-resolution optical coherence tomography. Invest Ophthalmol Vis Sci ۲۰۰۸; ۴۹: ۱۵۷۱-۹.
- ۲۲- Bagci AM, Shahidi M, Ansari R, Blair M, Blair NP, Zelkha R. Thickness profile of retinal layers by optical coherence tomography image segmentation. Am J Ophthalmol ۲۰۰۸; ۱۴۶: ۶۷۹-۸۷.
- ۲۳- Koprowski R, Wrobel Z. Layer's recognition in tomographic eye image based on random contour analysis. Computer recognition Syst ۲۰۰۹; ۳: ۴۷۱-۸.
- ۲۴- Lu S, Cheung C, Liu J, Lim S, Leung C, Wong T. Automated layer segmentation of optical coherence tomography images. IEEE Trans Biomed Eng ۲۰۱۰; ۵۷: ۲۶۰۵-۸.
- ۲۵- Boyer KL, Herzog A, Roberts C. Automatic recovery of the optic nerve head geometry in optical coherence tomography. IEEE Trans Med Imaging ۲۰۰۶; ۲۵: ۵۵۳-۷.

- 26- Baroni M, Fortunato JG, Torre AL. Towards quantitative analysis of retinal features in optical coherence tomography. *Med Eng Phys.* 2007; 29(3): 432-44.
- 27- Tan O, Li G, Lu AT, Varma R, Huang D. Mapping of macular substructures with optical coherence tomography for glaucoma diagnosis. *Ophthalmology* 2008; 115(3): 949-56.
- 28- Kajić V, Považay B, Hermann B, Hofer B, Marshall D, Rosin PL, *et al.* Robust segmentation of intraretinal layers in the normal human fovea using a novel statistical model based on texture and shape analysis. *Opt Express* 2010; 18(7): 14173-84.
- 29- Fernández DC, Villate N, Puliafito CA, Rosenfeld PJ. Comparing total macular volume changes measured by optical coherence tomography with retinal lesion volume estimated by active contours. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004; 45: E-Abstract 3072.
- 30- Mishra A, Wong A, Bizheva K, Clausi DA. Intra-retinal layer segmentation in optical coherence tomography images. *Opt Express* 2009; 17(3): 3719-28.
- 31- Yazdanpanah A, Hamarneh G, Smith B, Sarunic M. Intra-retinal layer segmentation in optical coherence tomography using an active contour approach. *Med Image Comput Comput Assist Interv*; 2009; 12(1): 649-56.
- 32- Somfai GM, Jozsef M, Chetverikov D, DeBuc D. Active contour detection for the segmentation of optical coherence tomography images of the retina. *Investigative Ophthalmology & Visual Science.* 2014; 55(13): 4793.
- 33- Mayer MA, Hornegger J, Mardin CY, Tornow RP. Retinal nerve fiber layer segmentation on FD-OCT scans of normal subjects and glaucoma patients. *Biomed Opt Express* 2010; 1(16): 1308-13.

- ๓๔- Ghorbel I, Rossant F, Bloc I, Tic S, Paques M. Automated segmentation of macular layers in OCT images and quantitative evaluation of performances. *Pattern Recognit* ๒๐๑๑; ๔๔(๓):๑๑๐-๑๑๓.
- ๓๕- Fuller AR, Zawadzki RJ, Choi S, Wiley DF, Werner JS, Hamann B. Segmentation of threedimensional retinal image data. *IEEE Trans Vis Comput Graph* ๒๐๐๗; ๑๓(๒):๑๑๑-๑๑๖.
- ๓๖- Mayer MA, Tornow RP, Bock R, Hornegger J, Kruse FE. Automatic nerve fiber layer segmentation and geometry correction on spectral domain OCT Images using fuzzy c-means clustering. The Association for Research in Vision and ophthalmology, Inc. (ARVO) (Annual Meeting) in Fort Lauderdale, Florida, USA, ๒๐๐๘; ๑๙:๑๐๑-๑๑๖.
- ๓๗- Vermeer KA, van der Schoot J, Lemij HG, de Boer JF. Automated segmentation by pixel classification of retinal layers in ophthalmic OCT images. *Biomedical Opt Express* ๒๐๑๑; ๒:๑๗๔๓-๑๗๕๖.
- ๓๘- Garvin MK, Abramoff MD, Kardon R, Russell SR, Xiaodong W, Sonka M. Intraretinal layer segmentation of macular optical coherence tomography images using optimal 3-D graph search. *IEEE Trans Med Imaging* ๒๐๐๘; ๒๗:๑๔๑๐-๑๑๐๕.
- ๓๙- Abramoff MD, Lee K, Niemeijer M, Alward WL, Greenlee EC, Garvin MK, et al. Automated segmentation of the cup and rim from spectral domain OCT of the optic nerve head. *Invest Ophthalmol Vis Sci* ๒๐๐๙; ๕๐:๑๗๗๘-๗๘๕.
- ๔๐- Lee K, Abramoff MD, Niemeijer M, Garvin MK, Sonka M. 3-D segmentation of retinal blood vessels in spectral domain OCT volumes of the optic nerve head. *Proc. of SPIE Medical Imaging: Biomedical Applications in Molecular, Structural, and Functional Imaging* ๗๖๒๖ (๒๐๑๐): ๗๖๒๖. V. San Diego, California.

- ۴۱- Yang Q, Reisman CA, Wang Z, Fukuma Y, Hangai M, Yoshimura N, et al. Automated layer segmentation of macular OCT images using dual-scale gradient information. *Opt Express* ۲۰۱۰; ۱۸:۲۱۹۴-۳۰۷.
- ۴۲- Kafieh R, Rabbani H, Abramoff MD, Sonka M. Intra-retinal layer segmentation of 3D optical coherence tomography using coarse grained diffusion map, *Medical Image Analysis*, ۱۷(۸):۹۰۷-۹۲۸, Dec. ۲۰۱۳.
- ۴۳- Kafieh R, Rabbani H, Kermani S. A review of algorithms for segmentation of optical coherence tomography from retina. *J Med Sign Sens* ۲۰۱۲; ۳:۴۵-۶۰.
- ۴۴- Kafieh R, Rabbani H, Hajizadeh F, Abramoff MD, Sonka M. Thickness Mapping of Eleven Retinal Layers Segmented Using the Diffusion Maps Method in Normal Eyes. *Journal of Ophthalmology*. ۲۰۱۵; ۲۰۱۵:۱۴.
- ۴۵- Sonka M, Hlavac V, Boyle R. *Image Processing, Analysis, and Machine Vision*. Springer science+business; ۲۰۱۰.

Abstract:

This study is about dictionary learning on ophthalmology images. Designing an intra-retinal layer segmentation method which can detect the retina surfaces properly in the presence of noise and lack of contrast is an important step in ophthalmology. Atomic representation is one of the image representation methods which models the image with bases. In k-SVD the frame named dictionary and uses the image patches directly, defines by means of optimization of eigenvalues.

In Morphological component analysis (MCA) this dictionary decomposed to cartoon and texture parts. After obtaining cartoon, segmentation is done properly due to noise reduction and edge enhancement.

Data set which is used in this study are 100 samples taken by TOP CON OCT-1000 from normal people. This study has two phases. In MCA phase the dictionary of image was obtained by clustering with eigenvalues (k-SVD), and then the image was decomposed to cartoon and texture parts by selecting proper bases. In the second phase segmentation was done by the dynamic programming (DP) method on cartoon part and the RPE, VM, OSL, CL, ISL, and OLM layers were detected. Comparing the obtained results with gold standard (manual segmentation) shows that minimum error belongs to OSL surface and its error in the form of "mean± standard derivation" is 0.03±0.167. For other surfaces the error is calculated in this way from left to right for RPE, VM, ICL, ISL, OLM:-0.66±0.33, -0.09±0.31, -1.00±0.49, -1.72±0.61, -1.00±0.01.

Key words:

Dictionary learning, segmentation, morphological component analysis.



Isfahan University of Medical Science

Faculty of Advance Medical University of Technology

Department of Bio Medical Engineering

M.s.c Thesis

**Design and train of a Dictionary of OCT images based on k-SVD
Algorithm using texture characteristics of retinal layers for image
Segmentation.**

Number of research project: ۳۹۴۰۸۷

By:

Leila Niknam Shiraz

Supervisor:

Dr. Hossein Rabbani

Adviser:

Dr. Raheleh Kafieh

October ۲۰۱۵