مجله دانشکده پزشکی اصفهان
سال سی و یکم/شماره ۲۲۳/هفته اول فروردین ماه ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۱۸

یک روش پیش‌خنثی‌سازی تصاویر دیجیتال مبتنی بر دیکانولوشن تغییرات کلی و مقایسه‌ی آن با دیکانولوشن وینر، جهت بهبود کارکرد بینایی در حضور ابیراهی‌های اپتیکی چشمی مرتبه‌ی بالا

سهیل محمدپور[۱]، دکتر علیرضا مهری‌دهنوی[۲]، دکتر حسین ربانی[۲]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: بینایی طبیعی جهت تعامل بهینه با لوازم فراگیر دیجیتال ضروری می‌باشد. ابیراهی‌های اپتیکی چشمی مرتبه‌ی بالا (HOA یا Higher order aberrations)، یکی از عوامل مهم تخریب تصویر در بیماران مبتلا به قوز قرنیه، ناخنک و یا آستیگمات نامنظم است. این ابیراهی‌ها اغلب با راه‌های مرسوم درمان خطاهای اپتیکی مانند عینک، لنز تماسی و جراحی‌های فتورفرکتیو مثل لیزیک، یا قابل اصلاح نمی‌باشند و در دسترس نیستند و یا پرهزینه می‌باشند. یک روش جدید مطرح شده جهت اصلاح ابیراهی‌های مرتبه‌ی بالا، استفاده از پیش‌خنثی‌سازی (Pre-compensation) تصویر بر روی نمایشگر رایانه می‌باشد تا هنگامی که فرد به تصویر می‌نگرد آن‌را بدون ابیراهی مرتبه‌ی بالا درک کند. در این پژوهش، هدف استفاده از الگوریتم دیکانولوشن تغییرات کلی (Total variation deconvolution) جهت پیش‌خنثی‌سازی و مقایسه‌ی آن با روش مبتنی بر دیکانولوشن وینر (Wiener deconvolution) جهت افزایش کارکرد بینایی فرد بود.

روش‌ها: برای شبیه‌سازی از نرم‌افزار MATLAB استفاده شد و ابیراهی‌های اپتیکی مرتبه‌ی بالا با کمک ضرایب زرنیک (سیستم تک-ایندکس) از مرتبه‌ی ۶ تا ۲۰ شبیه‌سازی شدند و قطر مردمک ۴ میلی‌متر فرض گردید. این میزان، حداقل خطای جذر میانگین مربع‌ها (Root mean square یا RMS) در ابیراهی‌های آزموده‌شده‌ی بالاتر از ۰/۳۵میکرومتر می‌باشد.

یافته‌ها: نسبت استرل (Strehl ratio) در روش پیش‌خنثی‌سازی تغییرات کلی نزدیک به روش وینر بود. در ضمن زمان اجرای الگوریتم دیکانولوشن تغییرات کلی نیز حدود ۲۰ درصد سریع‌تر ازالگوریتم دیکانولوشن وینر بود.

نتیجه‌گیری: شبیه‌سازی‌ها نشان داد که پیش‌خنثی‌سازی بر اساس دیکانولوشن تغییرات کلی، یک روش سریع و کارا جهت پیش‌خنثی‌سازی تصویر می‌باشد و باعث بهبود کیفیت تصویر تشکیل‌شده بر روی شبکیه‌ی فرد خواهد شد. یک مزیت دیگر استفاده از الگوریتم تغییرات کلی امکان بهینه‌سازی آن با تغییر تنها یک پارامتر است.

واژگان کلیدی: پیش‌خنثی‌سازی، ابیراهی‌های چشمی مرتبه‌ی بالا، دیکانولوشن تغییرات کلی، دیکانولوشن وینر، پردازش تصویر

ارجاع: محمدپور سهیل، مهری‌دهنوی علیرضا، ربانی حسین. **یک روش پیش‌خنثی‌سازی تصاویر دیجیتال مبتنی بر دیکانولوشن تغییرات کلی و مقایسه‌ی آن با دیکانولوشن وینر، جهت بهبود کارکرد بینایی در حضور ابیراهی‌های اپتیکی چشمی مرتبه‌ی بالا.** مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۳۹۲؛ ۳۱ (۲۲۳): ۳۱-۲۵

* این مقاله حاصل پایان‌نامه‌ی دوره‌ی کارشناسی ارشد به شماره‌ی ۳۹۱۴۵۳ در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان است.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فیزیک و مهندسی پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی و کمیته‌ی تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانشیار، گروه فیزیک و مهندسی پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده‌ی مسؤول: دکتر علیرضا مهری‌دهنوی
Email: mehri@med.mui.ac.ir

www.SID.ir

مقدمه

بینایی کارامد جهت کار با رابط کاربری گرافیکی که در اکثر وسایل فراگیر دیجیتال مانند گوشی‌های هوشمند و تبلت و لپ‌تاپ به عنوان تنها و یا مؤثرترین رابط کاربری مطرح است، لازم و ضروری می‌باشد. سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۹ برآورد نمود که ۱۵۳ میلیون نفر از مشکلات بینایی به علت وجود عیوب انکساری تصحیح‌نشده رنج می‌برند. هر تغییر مسیر پرتوهای نور نسبت به مسیر ایده‌آل در یک سیستم اپتیکی، ابیراهی‌های اپتیکی نامیده می‌شود. در چشم انسان ابیراهی‌های مرتبه‌ی پایین مانند نزدیک‌بینی، دوربینی و آستیگماتیسم از علل اصلی تخریب کیفیت تصویر درک‌شده توسط فرد می‌باشند که با روش‌های مرسوم اصلاح اپتیکی مانند عینک، لنز تماسی و جراحی‌های فتورفرکتیو، مثل لیزیک، قابل اصلاح می‌باشند. اما در برخی از افراد بیماری‌هایی مانند قوز قرنیه و ناخنک وجود دارد که باعث افزایش شدید ابیراهی‌های اپتیکی مرتبه‌ی بالا (Higher order aberrations یا HOA) می‌شود (۱). این ابیراهی‌ها توسط عینک قابل اصلاح نمی‌باشد و اصلاح به وسیله‌ی لنز تماسی اختصاصی شده، یا پر هزینه است و یا خارج از دسترس اکثر بیماران می‌باشد. استفاده‌ی جراحی فتورفرکتیو نیز در مورد بیماران دارای قوز قرنیه ممنوع می‌باشد. تحقیقات در مورد جراحی‌های فتورفرکتیو نشان داده است که میزان خطای جذر میانگین مربع‌ها (RMS یا Root mean square) در ابیراهی‌های مرتبه‌ی بالا، پس از جراحی بالاتر می‌رود که نشان می‌دهد ابیراهی‌های اپتیکی مرتبه‌ی بالا افزایش پیدا کرده است (۲).

یکی از روش‌های دور از دسترس اما امیدوار کننده، که به تازگی برای اصلاح بینایی پیشنهاد شده است، پیش خنثی سازی (Pre-compensation) تصویر دیجیتال نام دارد. در این روش تصویر نمایش داده شده بر روی کامپیوتر بر اساس ابیراهی اندازه‌گیری شده از بیمار به گونه‌ای تغییر داده می‌شود که وقتی همان فرد با این ابیراهی خاص به تصویر جدید (تصویر پیش خنثی سازی‌شده) می‌نگرد آن را بدون ابیراهی درک کند (۳).

از مزایای این روش می‌توان به راحتی در دسترس بودن و ارزان بودن اجرای آن اشاره نمود. امروزه دستگاه ابرومتر در اکثر مراکز مهم بینایی‌سنجی و چشم‌پزشکی موجود می‌باشد و می‌توان به راحتی به ابیراهی‌های چشمی فرد که با ضرایب زرنیک بیان می‌شوند (به عنوان خروجی ابرومتر)، دست یافت. بر اساس خروجی دستگاه ابرومتر می‌توان به طور غیر مستقیم به تابع پاسخ نقطه (Point spread function یا PSF)، تابعی که توضیح می‌دهد سیستم از یک نقطه‌ی نورانی چه تصویری می‌دهد، دست یافت. به عبارت دیگر، PSF امکان پیش‌بینی رفتار اپتیکی سیستم را فراهم می‌نماید. جهت اجرای این پیش‌خنثی‌سازی تنها به یک رایانه با سیستم عاملی که قادر به پردازش مورد نظر می‌باشد و PSF بیمار نیاز است. با توجه به پیشرفت سرعت پردازش در ابزارهای دیجیتال قابل حمل مانند تلفن‌های هوشمند و تبلت‌ها یک امکان عالی برای تبدیل این وسایل به یک وسیله‌ی کمک بینایی بر اساس پیش‌خنثی‌سازی نیز ایجاد می‌گردد.

Alonso با استفاده از فیلتر معکوس وینر جهت دیکانولوشن (Wiener deconvolution) استفاده نمود

Archive of SID
www.SID.ir

که مشکلاتی مانند کاهش کنتراست ایجاد می‌کرد (۴). در مطالعات بعدی جهت از بین بردن کاهش کنتراست از مقیاس‌دهی سطوح خاکستری استفاده شد که تأثیر چندانی روی افزایش کنتراست نداشت (۶-۵). همچنین جهت کاهش اثر مات شدن ناشی از آرتیفکت‌های فرکانس پایین از یک شیوه‌ی رگولاریزاسیون وفقی فرکانسی (Frequency adaptive regularization) استفاده نمودند (۵). پس از آن یک فیلتر معکوس اصلاح‌شده پیشنهاد شد که در آن اندازه‌ی باندهای فرکانسی زیر یک اندازه‌ی کوچک، آستانه‌گذاری شدند. آرتیفکت‌های ناشی از نویز و رینگینگ که با این عملیات ایجاد می‌شدند، توسط حذف نویز ویولت تضعیف شدند. با این وجود مقدار زیادی از اطلاعات ناشی از فرکانس‌های بالا نیز از بین می‌روند و مشکل کنتراست هنوز پا برجاست (۸-۷).

یک مطالعه بر روی ۱۵ چشم دارای ابیراهی اپتیکی مرتبه‌ی بالا با روش پیش‌خنثی‌سازی ارائه شد (۹)، اما تعداد ۱۵ چشم با توجه به واریانس شیوع قوز قرنیه، کافی نبود (۱۰). در نهایت پس از انجام مطالعات پیشنهاد شد که از یک PSF محدود به پراش در فیلتر وینر استفاده شود (۱۱). در حال حاضر Alonso و همکاران بیشتر روی فیلتر اصلاح‌شده‌ی معین وینر و پس پردازش برای کاهش آرتیفکت‌ها متمرکز شده‌اند. محو نمودن حاشیه‌های تصویر پیش‌خنثی‌سازی شده نیز باعث افزایش کنتراست تصویر نهایی که بر شبکیه‌ی بیمار شکل می‌گیرد، خواهد شد (۱۲).

از مزایای استفاده از الگوریتم تغییرات کلی جهت پیش‌خنثی‌سازی، نیاز به تنها یک پارامتر جهت بهینه‌سازی آن می‌باشد. استفاده از روش‌های تکراری مانند تغییرات کلی نیز باعث افزایش سرعت پردازش خواهد شد (۱۳). روش تغییرات کلی در بسیاری از پژوهش‌های جدید بازسازی تصویر به کار می‌رود و باعث نتایج مطلوبی مانند کاهش خرابی‌های حلقوی (Ringing artifact) در تصویر نهایی می‌شود (۱۶-۱۴).

در این پژوهش، ما سعی در استفاده از دیکانولوشن (Deconvolution) تغییرات کلی در ایجاد تصویر پیش‌خنثی‌سازی شده داشتیم.

روش‌ها

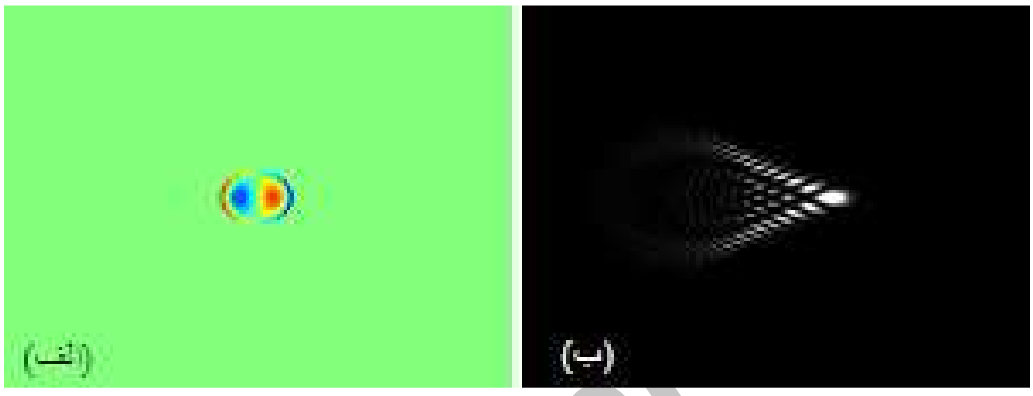
جهت شبیه‌سازی ابیراهی‌های مرتبه‌ی بالا از ضرایب زرنیک مرتبه‌ی ۳، ۴ و ۵ و با توجه به سیستم استاندارد تک ایندکسیاز ضرایب زرنیک شماره‌ی ۶ تا ۲۰ استفاده شد. چند جمله‌ای زرنیک یک چند جمله‌ای متعامد جهت توصیف سیستم‌های اپتیکی با روزنه‌ی دایره‌ای می‌باشد و به عنوان چند جمله‌ای استاندارد جهت توصیف ابیراهی‌های اپتیکی به کار می‌رود. ما از سیستم بیان چند جمله‌ای زرنیک بر اساس استاندارد تعیین شده از طرف انجمن اپتیک آمریکا (Optical Society of America یا OSA) استفاده نمودیم (۱۷). تمام مراحل شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار MATLAB انجام شد.

میزان RMS مربوط به هر یک از ابیراهی‌ها بیشتر از ۰/۳۵ میکرومتر در نظر گرفته شد و با توجه به اندازه‌ی قطر مردمک که ۴ میلی‌متر فرض شده است، تابع ابیراهی جبهه‌ی موج ساخته می‌شود. لازم به ذکر است که طول موج نور استفاده شده در شبیه‌سازی ۵۷۰ نانومتر می‌باشد که برابر نور زرد در طیف الکترومغناطیس است. پس از بازسازی ابیراهی جبهه‌ی موج، PSF مطابق با همان ابیراهی تولید شد (شکل ۱).

Archive of SID
www.SID.ir

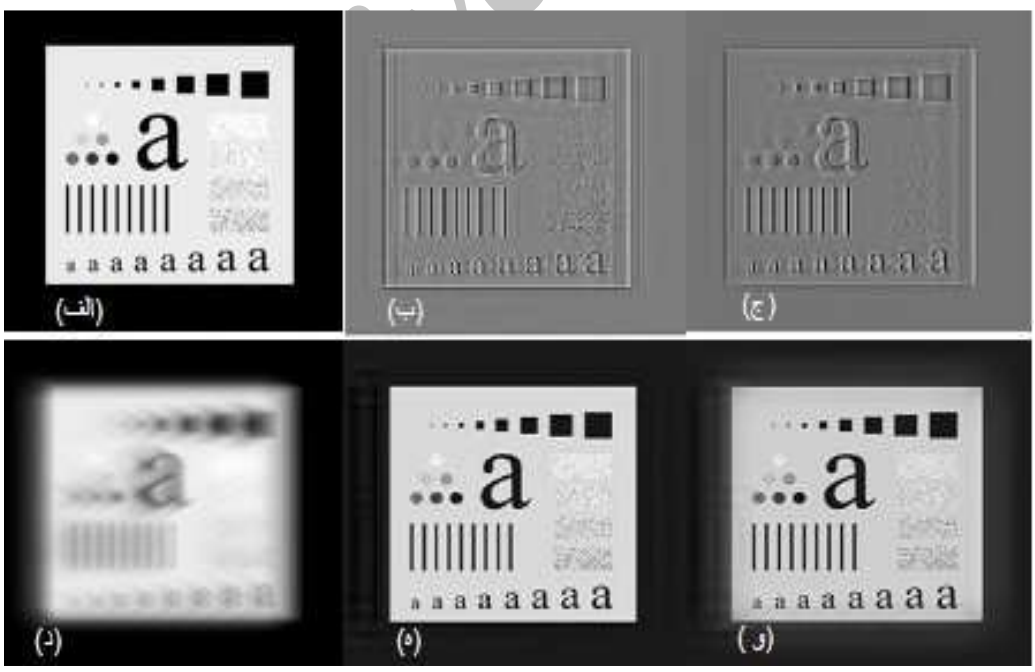
جهت تولید تصویر پیش‌خنثی‌سازی شده از فرایندی به عنوان فیلتر معکوس در حوزه‌ی فرکانس استفاده شد که به این روند دیکانولوشن می‌گویند. ابتدا تصویر پیش‌خنثی‌سازی شده را بر اساس روش دیکانولوشن وینر و سپس با شیوه‌ی دیکانولوشن تغییرات کلی تولید شد و پس از محو نمودن حاشیه‌ها، تصویر ایجاد شده بر روی شبکیه را بازسازی نمودیم (شکل ۲).

جهت سنجش دو الگوریتم نسبت به هم از نسبت استرل استفاده شد (معادله‌ی ۱) که عددی بین صفر و یک است و هر چه به یک نزدیک‌تر باشد، سیستم اپتیکی ایده‌آل‌تر و با ابیراهی کمتر خواهد بود.



شکل ۱. تصویر الف: ابیراهی جبهه‌ی موج برای ابیراهی کمای افقی با RMS (Root mean square) برابر ۰/۵ و قطر مردمک ۴ میلی‌متر و طول موج ۵۷۰ نانومتر

تصویر ب: PSF (Point spread function) مربوط به همین ابیراهی است.



شکل ۲. تصویر (الف) نشان‌دهنده‌ی تصویر اصلی، تصویر (ب) تصویر پیش‌خنثی‌سازی شده بر اساس فیلتر وینر و تصویر (ج) تصویر پیش‌خنثی‌سازی شده مبتنی بر تغییرات کلی و تصاویر (د)، (ه) و (و) به ترتیب تصویر تشکیل شده روی شبکیه‌ی فرد ناشی از تصاویر ردیف اول می‌باشند.

www.SID.ir

معادله (۱)

$$\text{نسبت استرل} = \frac{\text{حجم زیر MTF در سیستم دارای ابیراهی}}{\text{حجم زیر MTF در سیستم محدود به تراش}}$$

در معادله‌ی ۱، صورت کسر ناحیه‌ی زیر تصویر تابع مدولاسیون انتقال (Modulation transfer function یا MTF) در سیستم دارای ابیراهی است و مخرج عبارت از حجم زیر تصویر MTF در سیستم بدون ابیراهی می‌باشد. MTF برابر قدر مطلق تبدیل فوریه PSF است و تغییرات کنتراست نسبت به فرکانس را نشان می‌دهد (۱۸).

یافته‌ها

نسبت استرل برای سیستم دارای ابیراهی، از سیستم پیش‌خنثی‌سازی شده‌ی مبتنی بر دیکانولوشن وینر و تغییرات کلی محاسبه شد. نتایج ۵ مورد از آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است. همان گونه که دیده می‌شود، الگوریتم تغییرات کلی باعث بهبود مشخص نسبت استرل در مقایسه با سیستم دارای ابیراهی شد، اما کمی ضعیف‌تر از دیکانولوشن وینر بهبود یافته بود.

نتایج شبیه‌سازی روش پیش‌خنثی‌سازی بر مبنای دیکانولوشن تغییرات کلی و فیلتر وینر بهبودیافته، نشان می‌دهد که الگوریتم تغییرات کلی نیز قادر به اصلاح ابیراهی‌های مرتبه‌ی بالا در تصویر نهایی تشکیل‌شده بر روی شبکیه می‌باشد. یک مزیت بارز الگوریتم پیش‌خنثی‌سازی تغییرات کلی نسبت به الگوریتم وینر، حدود ۲۰ درصد سریع‌تر بودن زمان اجرای آن بود.

بحث

نتایج شبیه‌سازی اطمینان می‌دهد که الگوریتم تغییرات کلی را نیز می‌توان به عنوان یک الگوریتم مفید جهت پیش‌خنثی‌سازی به کار برد. همچنین با توجه به سرعت بهتر الگوریتم تغییرات کلی و نیاز به تغییر تنها یک پارامتر جهت بهینه‌سازی آن برای بهبود نتیجه‌ی پیش‌خنثی‌سازی شده، این الگوریتم می‌تواند به عنوان الگوریتم کاربردی مطرح شود. در حالی‌که روش مبتنی بر دیکانولوشن وینر برای بهینه شدن به ۳ پارامتر وابسته است.

گام بعدی پژوهش، استفاده از اطلاعات به دست‌آمده از بیماران حقیقی و آزمون روش پیش خنثی‌سازی بر مبنای این داده‌ها می‌باشد.

جدول ۱. مقایسه‌ی نسبت استرل بین سیستم اصلی دارای ابیراهی و سیستم پیش‌خنثی‌سازی شده بر اساس دیکانولوشن وینر و تغییرات کلی

ابیراهی‌ها	کمای افقی	تریفویل مایل	ابیراهی کروی	کمای مرتبه‌ی دوم عمودی	تریفویل مرتبه‌ی دوم مایل
نسبت استرل سیستم با ابیراهی	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۲۹
نسبت استرل سیستم مبتنی بر وینر	۰/۹۵	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۷	۰/۹۴
نسبت استرل سیستم تغییرات کلی	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۸۴	۰/۹۰	۰/۸۶
زمان اجرای الگوریتم وینر (ثانیه)	۱۰/۹۶	۱۰/۸۰	۱۰/۰۶	۱۰/۰۴	۹/۰۲
زمان اجرای الگوریتم تغییرات کلی (ثانیه)	۸/۲۲	۷/۰۷	۹/۸۲	۷/۹۹	۷/۳۲

دو ردیف پایین مدت زمان اجرای الگوریتم بر روی لپ‌تاپ Compaq presarioC700 با پردازنده‌ی پنتیوم ۴ و در محیط نرم‌افزار MATLAB نسخه‌ی ۷/۱۲/۰ را نشان می‌دهد.

Archive of SID
www.SID.ir
www.mui.ac.ir

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مساعدت خانم مهندس کافیه و خانم مهندس نکویی مسؤول بخش تجهیزات پزشکی بیمارستان فیض اصفهان سپاسگزاری می‌نماییم.

References

1. Gumus K, Erkilic K, Topaktas D, Colin J. Effect of pterygia on refractive indices, corneal topography, and ocular aberrations. Cornea 2011; 30(1): 24-9.
2. Ryan A, O'Keefe M. Wavefront-guided and aspheric ablation for myopia -- one-year results of the zyoptix personalized treatment advanced algorithm. Am J Ophthalmol 2012; 153(6): 1169-77.
3. Alonso Jr.M, Barreto A, Cremades G. Image pre-compensation to facilitate computer access for users with refractive errors. Proceedings of the 6th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility; 2004 Oct 18-20; Atlanta, GA. New York, NY: ACM; 2004. p. 126-32.
4. Alonso Jr.M. An improved method of pre-deblurring digital images towards the pre-compensation of refractive errors. WSEAS Transactions on Computers 2004; 3(2): 487-92.
5. Alonso Jr.M, Barreto A, Jacko JA, Adjouadi M, Choudhury M. Improving computer interaction for users with visual acuity deficiencies through inverse point spread function processing. Proceedings of the IEEE SoutheastCon; 2005 Apr 8-10; Lauderdale, Florida. IEEE; 2005. p. 421-7.
6. Alonso Jr.M, Barreto A, Jacko JA, Adjouadi M. Verification of computer display pre-compensation for visual aberrations in an artificial eye. Proceedings of the 7th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility; 2005 Oct 9-12; Baltimore, MD. New York, NY: ACM; 2005. p. 210-1.
7. Alonso Jr.M, Barreto A, Jacko JA, Adjouadi M. A multi-domain approach for enhancing text display for users with visual aberrations. Proceedings of the 8th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility; 2006 Oct 23-25; Portland, Oregon. New York, NY: ACM; 2006. p. 34-9.
8. Alonso Jr.M, Barreto A, Adjouadi M, Jacko J. Howard: high-order wavefront aberration regularized deconvolution for enhancing graphic displays for visually impaired computer users. In: Computers helping people with special needs. Miesenberger K, Klaus J, Zagler W, Karshmer A, editors: Berlin, Germany: Springer; 2006. p. 1163-70.
9. Alonso Jr.M, Armando B, A. JJ, Malek A. Evaluation of onscreen precompensation algorithms for computer users with visual aberrations. Proceedings of the 9th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility; 2007 Oct 15-17; Tempe, Arizona. New York, NY: ACM; 2007. p. 219-20.
10. Jonas JB, Nangia V, Matin A, Kulkarni M, Bhojwani K. Prevalence and associations of keratoconus in rural maharashtra in central India: the central India eye and medical study. Am J Ophthalmol 2009; 148(5): 760-5.
11. Alonso Jr.M, Barreto A, Adjouadi M. Digital image inverse filtering for improving visual acuity for computer users with visual aberrations. Inverse Problems in Science and Engineering 2008; 16(8): 957-66.
12. Mohammadpour S, Mehridehnavi A, Rabbani H, Lakshminarayanan V, editors. A pre-compensation algorithm for different optical aberrations using an enhanced wiener filter and edge tapering.Proceedings of 11th International Conference on Information Science, Signal Processing and their Applications (ISSPA); 2012 July 2-5; Montreal, QC. IEEE; 2012. p. 935-9.
13. Chan TF, Mulet P. Iterative methods for total variation image restoration. Los Angeles, CA: Department of Mathematics, University of California; 1996.
14. Chen DQ, Zhang H, Cheng LZ. A fast fixed point algorithm for total variation deblurring and segmentation. Journal of Mathematical Imaging and Vision 2012; 43(3): 167-79.
15. Oliveira JP, Bioucas-Dias JM, Figueiredo MAT. Adaptive total variation image deblurring: A majorizationGCominimization approach. Signal Processing 2009; 89(9): 1683-93.
16. Chan TF, Wong CK. Total variation blind deconvolution. IEEE Transactions on. Image Processing 1998; 7(3): 370-5.
17. Thibos LN, Applegate RA, Schwiegerling JT, Webb R. Standards for reporting the optical aberrations of eyes. J Refract Surg 2002; 18(5): S652-60.
18. Krueger RR, MacRae S, Applegate RA. Wavefront customized visual corrections: the quest for super vision II: 2nd ed. Thorofare, NJ: Slack Incorporate; 2003.

Archive of SID
www.SID.ir

Journal of Isfahan Medical School Received: 20.11.2012

Vol. 31, No. 223, 1st Week, April 2013 Accepted: 06.02.2013

A Method for Pre-Compensation of Digital Images Based on Total Variation Deconvolution, and Comparing it with Wiener Deconvolution, to Enhance Visual Efficiency In The Presence Of Higher Order Ocular Optical Aberrations

Soheil Mohammadpour[1], Alireza Mehri Dehnavi PhD[2], Hossein Rabbani PhD[2]

Original Article

Abstract

Background: Normal vision is essential to interact with widespread digital technologies. Higher order aberrations (HOA) are one of the important causes of image degradation in patients suffering from keratoconus, pterygium, or irregular astigmatism. These aberrations cannot be corrected by common ways of refractive errors correction like spectacles. Besides, other methods of HOA correction (e.g. customized contact lenses) are not easily accessible in many regions and photo-refractive surgeries like laser-assisted in situ keratomileusis (LASIK) are expensive. A novel method to correct HOA is pre-compensation of images displayed on computer monitors to provide unaberrated images. We used total variation (TV) deconvolution to pre-compensate images and compared the results with previous methods based on Wiener deconvolution.

Methods: MATLAB was used for simulations. Each HOA was reconstructed using single-index scheme for Zernike coefficients. Pupil diameter was assumed to be four millimeters. Root-mean-square error of simulated aberrations was greater than 0.35 micrometers. Point spread functions corresponding to each HOA were created and TV deconvolution was used to pre-compensate the images.

Findings: Strehl ratio of TV pre-compensation is very close to the results of Wiener pre-compensation method. Besides, execution time for TV Pre-compensation algorithm is about 20% faster than Wiener.

Conclusion: Simulations ascertain that TV based pre-compensation method is a fast and efficient way to pre-compensate the images, and it could improve the patient's perceived retinal image quality. One more advantage of using TV algorithm is that we could enhance the results just by altering one parameter.

Keywords: Pre-compensation, Higher order ocular aberration, Total variation deconvolution, Wiener deconvolution, Image processing

Citation: Mohammadpour S, Mehri Dehnavi A, Rabbani H. **A Method for Pre-Compensation of Digital Images Based on Total Variation Deconvolution, and Comparing it with Wiener Deconvolution, to Enhance Visual Efficiency In The Presence Of Higher Order Ocular Optical Aberrations.** J Isfahan Med Sch 2013; 31(223): 25-31

* This paper is derived from a MSc thesis No. 391453 in Isfahan University of Medical Sciences.

1- MSc Student, Department of Biomedical Engineering, School of Medicine AND Student Research Committee, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

2- Associate Professor, Department of Biomedical Engineering, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Corresponding Author: Alireza Mehri Dehnavi PhD, Email: mehri@med.mui.ac.ir

www.SID.ir