



استفاده از رادیوگرافی برای تشخیص عیوب در تابلوهای نفیس هنری

قیاسی، سیده مریم*^(۱) - یاحقی، عفت^(۱) - مادرید گارسیا، خوزه^(۲)

1 دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک، ایران، قزوین

2 دانشگاه پلی تکنیک و والنسیا، اسپانیا

چکیده

عیوب عمده در تابلوهای هنری پوسیدگی، خراشیدگی، پارگی و... به دلیل تغییرات دما، رطوبت و سائیدگی می باشد. تشخیص دقیق محل آسیب توسط آزمون رادیوگرافی امکان پذیر است. بسیاری از تصاویر تهیه شده با رادیوگرافی صنعتی به دلیل پراکندگی ذاتی اشعه ایکس واضح نیستند و مات شدگی دارند که باعث عدم تشخیص محل عیوب می شود. در این تحقیق از فیلتر گابور که مبتنی بر تجزیه اطلاعات تصویر با کمک موجک گابور با سطح آستانه کاهش نویز خودکار است برای کاهش نویز و مات شدگی و تشخیص بهتر عیوب استفاده شده است. تصاویر بازسازی شده با استفاده از این روش دارای لبه های تیزتر هستند و عیوب واضح تر از تصویر اولیه در آنها دیده می شود.

کلمات کلیدی: رادیوگرافی، تشخیص عیوب، تابلوهای نفیس هنری

۱. مقدمه

تابلوها و آثار هنری و تاریخی ریشه در فرهنگ و هویت هر قوم و ملتی دارد. خطرات گوناگونی این آثار را تهدید می کند. آثار هنری از ابتدا با هدف زوال ناپذیری یا نگهداری دائمی طراحی نشده اند و حفظ این آثار مستلزم تلاش بسیار است [۱-۳]. پارگی، تاخوردگی، انواع لکه، از بین رفتن رنگینه ها، تاب برداشتن، سیاه شدن رنگ های سربی و خراشیدگی به دلیل تغییرات رطوبت، تغییرات درجه حرارت، آلودگی هوا، نور و روشنایی و سائیدگی از جمله مهم ترین خطرات و عیوبی هستند که آثار هنری را تهدید می کنند و پوسیدگی آثار بر اثر عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی صورت می گیرد [۳].

معمول ترین روش برای تشخیص ناحیه ی آسیب بازرسی چشمی است اما این روش برای آسیب های در حد معینی قابل اعتماد است و آسیب های زیررنگ و پوسیدگی های درونی قابل تشخیص نمی باشند [۴,۵]. استفاده از روش هایی که بدون تخریب آثار به شناسایی عیوب و آسیب های آنها کمک کند، ارزشمند است. استفاده از آزمون های غیرمخرب مانند رادیوگرافی صنعتی برای عیب یابی تابلوهای هنری امروزه کاربردهای زیادی دارد [۳]. در رادیوگرافی تابلوهای هنری مشکل عمده ضخامت کم آنها است و باید از انرژی های پایین بین ۲۰ تا ۶۰ کیلوکلوکرون ولت استفاده کرد، به دلیل پایین



بودن محدوده انرژی پرتوهای ایکس، برهم‌کنش‌های غالب اشعه با قطعه مورد آزمایش پدیده‌های فوتوالکتریک و کامپتون هستند و تصویر حاصل مات خواهد شد و باید برای بهبود کیفیت تصویر الگوریتم پردازشی استفاده شود [۵,۶]. برای از بین بردن مات‌شدگی و نویز، روش‌های مختلف پردازش تصویر می‌تواند بکار گرفته شود. هدف از حذف مات‌شدگی، وضوح تصویر و حفظ جزئیات آن است. در این تحقیق از فیلترگابور برای رفع مات‌شدگی و حذف نویز تصاویر رادیوگرافی استفاده می‌شود. این فیلتر دارای دو پارامتر برای تنظیمات دامنه و فرکانس است و کاربری آن نسبت به سایر فیلترها آسان‌تر است. همچنین زمان اجرای آن برای تصاویر مختلف قابل قبول می‌باشد و حافظه‌ی کمتری از کامپیوتر را به خود اختصاص می‌دهد. فیلترگابور جزء فیلترهای تبدیلی است که مبنای فرکانسی دارد و در آنالیز بافت و آشکارسازی لبه کاربرد وسیعی دارد. از مزایای استفاده از فیلترگابور این است که تابع‌های موجک با فرکانس‌ها و زوایای فاز متفاوت می‌توانند وجود داشته باشند که هرکدام اطلاعات خاصی از تصویر را در جهت‌ها و فرکانس‌های مختلف دربردارند [۷]. حذف مؤلفه‌های نویزی در این تبدیل باعث حذف مات‌شدگی و وضوح بیشتر جزئیات می‌شود. این الگوریتم روی تصاویر رادیوگرافی بدست آمده از تابلوهای نفیس موزه والنسیا در اسپانیا برای بررسی آسیب‌های آن‌ها اعمال شده است. نحوه رادیوگرافی و اجرای الگوریتم گابور در ادامه توضیح داده شده و نتایج حاصل از آن آورده شده است.

۲. روش کار

۲-۱. رادیوگرافی

برای رادیوگرافی از یک دستگاه ترانس پورتیکس 50R استفاده شده است که دارای تیوب اشعه ایکس 3kW و اندازه نقطه کانونی $2/3\ \mu\text{m}$ با $2\ \text{mm}$ فیلتر آلومینیومی است. این تیوب محدوده تغییرات ولتاژ بین ۲۰ تا ۱۱۰ کیلو ولت دارد. صفحات فسفر برای آشکارسازی اشعه ایکس عبوری از جسم استفاده شده که بعد از پرتوگیری با اسکنرلیزری مخصوص CR 30-X تا ابعاد 4096×4096 می‌تواند تصویر دیجیتال تولید کند. در شکل (۱) تصویر اصلی و رادیوگرافی شده یک تابلوی هنری عتیقه دیده می‌شود. تصاویر توسط گروه بازسازی و مرمت دانشگاه فنی والنسیا تهیه شده‌اند.

۲-۲. فیلتر گابور

فیلترگابور یک فیلتر خطی و محلی است و مبنای فرکانسی دارد. فیلترهای گابور در کاربردهای مختلفی در پردازش تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرند و در صورتی که بطور مناسب و دقیق تنظیم شوند، عملکرد بسیار مناسبی در تشخیص ویژگی‌های بافت و لبه دارند [۷]. فیلترگابور بر تجزیه‌ی اطلاعات تصویر با موجک گابور کار می‌کند که موجک حاصل ترکیب یک موج سینوسی با پوش گوسین است [۷,۸]. فیلترگابور دارای یک جزء حقیقی و یک جزء موهومی است که رابطه فیلتر عبارت است از [۹]:



شکل ۱. الف- تصویر اصلی ب- تصویر رادیوگرافی شده یک تابلوی هنری

$$g(x, y, \lambda, \sigma, \theta, \varphi) = g_R(x, y, \lambda, \sigma, \gamma, \theta, \varphi) + i g_I(x, y, \lambda, \sigma, \gamma, \theta, \varphi) \quad (1)$$

$$g_R(x, y, \lambda, \sigma, \gamma, \theta, \varphi) = \frac{\gamma}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x_r^2 + \gamma^2 y_r^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(2\pi \frac{x_r}{\lambda} + \varphi\right) \quad (2)$$

$$g_I(x, y, \lambda, \sigma, \gamma, \theta, \varphi) = \frac{\gamma}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x_r^2 + \gamma^2 y_r^2}{2\sigma^2}\right) \sin\left(2\pi \frac{x_r}{\lambda} + \varphi\right) \quad (3)$$

که g_R بخش حقیقی فیلتر و g_I بخش موهومی فیلتر است، $x_r = x \cos \theta + y \sin \theta$ و $y_r = -x \sin \theta + y \cos \theta$ ، زاویه چرخش فیلتر را نشان می‌دهد، γ نرخ نمودار فضایی است. اگر $\gamma = 1$ باشد شکل محدوده بصورت دایره‌ای خواهد بود و اگر $\gamma < 1$ باشد شکل محدوده به جهت زاویه θ بصورت بیضوی خواهد چرخید [۱۰]. λ طول موج فرکانس موج سینوسی است (طول موج به فاصله بین دو قله متوالی موج یا بین دو نقطه تکراری موج که شکل یکسان دارند گفته می‌شود)، σ تغییرات پوش تابع گوسین است، φ فاز است و تقارن تابع گابور را نشان می‌دهد اگر $\varphi = 0^\circ$ ، $\varphi = 180^\circ$ باشد فیلتر گابور زوج یا متقارن است، اگر $\varphi = 90^\circ$ ، $\varphi = 270^\circ$ باشد فیلتر گابور فرد یا نامتقارن خواهد بود [۱۱، ۱۲]. در فیلتر گابور دو پارامتر نقش مهمی ایفا می‌کنند که پارامترهای مؤثر نامیده می‌شوند و با دادن مقادیر مختلف به پارامترهای مؤثر مجموعه‌ای از فیلترها بدست می‌آیند که به آن‌ها بانک فیلتر گابور گفته می‌شود و این دو پارامتر فرکانس یا طول موج و زاویه یا جهت فیلتر می‌باشند. از بانک فیلترها برای استخراج ویژگی در تصویر استفاده می‌شود.



۳. نتایج

در این تحقیق برای تشخیص بهتر عیوب و آسیب‌های موجود در تابلوهای هنری موزه‌ی والنسیا که توسط دانشگاه والنسیا تهیه شده، از فیلترگابور استفاده شده است. ابتدا تصویر رادیوگرافی باتوجه به شرایط توضیح داده شده در بخش ۲-۱ در قالب tiff تهیه شده‌اند و سپس با برنامه‌ی نوشته شده در نرم افزار متلب ۲۰۱۸ باز می‌شوند و روش‌های مختلف آشکارسازی عیوب به منظور بهبود کنتراست جهت شناسایی عیوب و بازسازی آن‌ها اعمال شده است. به دلیل پایین بودن انرژی اشعه ایکس و پراکندگی آن تصویر حاصل از رادیوگرافی مات می‌باشد که برای رفع این مات‌شدگی لازم است مقداری از اطلاعات زمینه حذف شوند. به این منظور از فیلترگابور استفاده شده است. در این تحقیق تعداد مقیاس‌ها ۵ و تعداد جهت‌ها ۶ در نظر گرفته شده است که جمعاً ۳۰ زیر تصویر بدست می‌دهند. کمترین طول موج در این تحقیق ۲ در نظر گرفته شده است.

نتایج نشان می‌دهد که تغییر جهت‌ها بیشتر از ۶ جهت، تأثیر قابل توجهی بر نتایج بازیابی تصویر ندارد، اما تغییر کمترین طول موج باعث محوشدگی تصویر می‌گردد. هرچه کمترین طول موج افزایش یابد محوشدگی تصویر نیز افزایش می‌یابد. انتخاب تعداد مقیاس‌ها و جهت‌ها بر اساس مقدار سیگنال نویز تصاویر انتخاب شده است. در شکل (۲)-الف تصویر خروجی با اعمال فیلترگابور نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در تصویر لبه‌ها تیزتر شده و جزئیات تصویر بهتر دیده می‌شود. مات‌شدگی نسبت به تصویر شکل (۱)-ب کمتر شده و عیوب واضح‌تر هستند. خوردگی‌های بالای تصویر، ناحیه کنار دهان، آستین لباس و سمت چپ ردا در تصویر بازسازی شده واضح‌تر از تصویر رادیوگرافی شکل (۱)-ب است. قابل توجه است که این پوسیدگی‌ها در تابلو با بازرسی چشمی ملاحظه نشده است. در شکل (۲)-ب ناحیه سر با بزرگنمایی نشان داده شده که در آن خوردگی ناحیه دهان و زیر گردن کاملاً واضح دیده می‌شوند.

سطح آستانه برای حذف مولفه‌های مختلف تصویر که از فیلترگابور بدست آمده‌اند ۴۰ در نظر گرفته شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که با تغییر سطح آستانه کیفیت تصویر خروجی تغییر کرده و ساختارهای مختلفی از تصویر قابل ملاحظه هستند.



ب



الف

شکل ۲. الف- تصویر خروجی فیلترگابور ب- تصویر بزرگنمایی شده ناحیه سر

۴. بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق الگوریتم فیلترگابور با سطح آستانه خودکار برای بهبود کنتراست تصاویر رادیوگرافی صنعتی و واضح تر شدن عیوب و آسیب‌های تصاویر هنری استفاده شده است. ابتدا مؤلفه‌های تصویر با استفاده از فیلتر بدست آمده‌اند. سطح آستانه در این تحقیق دستی وارد شده و بر اساس آن مؤلفه‌های نويز زیر سطح آستانه حذف شده‌اند. تغییر مقدار آن در کیفیت تصویر تأثیر دارد و لازم است که روشی برای آستانه‌گذاری خودکار ارائه شود. ترکیب مؤلفه‌ها که بر اساس آستانه‌گذاری دستی بدست آمده‌اند تصاویر بازسازی شده‌ای را به دست داده که از کیفیت مناسبی برخوردار هستند و نواحی خوردگی و آسیب در آن‌ها بهتر دیده می‌شوند. این نتایج می‌تواند به باستان‌شناسان برای مرمت و نگهداری بهتر تابلوهای ارزشمند و عتیقه اطلاعات مناسبی بدهد.



مراجع

1. Lang J., Middleton A., Radiography of Cultural Material, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.
2. Madrid J. A., Use of telemetry x-ray techniques in large-size pictorial works Article, Ge-conservation, pp. 101-109, 2013.
3. Madrid J. A., Dos décadas de inspección radiográfica en España: retrospectiva y horizontes futuros en un contexto de cambio tecnológico, Intervención, No. 10, Vol. 5, pp. 87-95, 2014.
۴. محسنیان س، حدادی م، مرمت مجازی آثار کاغذی: مطالعه موردی بر روی چند برگ اثر کاغذی، فصلنامه گنجینه اسناد، سال بیست و چهارم، دفتر دوم، ۹۴، ۱۵۲-۱۶۹، ۱۳۹۳.
۵. افضلی ن، وطن دوست ر، آسیب‌نگاری، آسیب‌شناسی و تحلیل فرسودگی‌های نقاشی‌های رنگ روغن روی بوم کمال الملک در کاخ گلستان، فصلنامه علمی فنی هنری، ۷۶، ۱۹-۳، ۱۳۹۶.
6. Appelbaum B., Conservation treatment methodology, 1st edition, Softback with stiff wrappers, Oxford: Butterworth-Heinemann, 2007, p. 437, 2011.
7. Serrano A., de Diego I. M., Conde C., Cabello E., Analysis of variance of Gabor filter banks parameters for optimal face recognition, Pattern Recognition Letters, No. 15, Vol. 32, pp. 1998-2008, 2011.
8. Ferrari R. J., Rangayyan R. M., Desautels J. E. L., Frère A. F., Analysis of Asymmetry in Mammograms via Directional Filtering With Gabor Wavelets, IEEE Trans on Medical Imaging, No. 9, Vol. 20, pp. 953-964, 2001.
9. Jiyong Oh, Sang- Choi, Selective generation of Gabor features for fast face recognition on mobile devices, Pattern Recognition Letters, No. 13, Vol. 34, pp. 1540-1547, 2013.
10. Javier R. Movellan, Tutorial on Gabor Filter, 2008.
11. Kruizinga P., Petkov N. and Grigorescu S. E., Comparison of texture features based on Gabor filters, Proceedings of the 10th International Conference on Image Analysis and processing, Venice, Italy, September 27-29, pp.142-147, 1999.
12. Movafeghi A., Kargarnovin M. H., Soltanian-Zadeh H., et al, "Flaw Detection Improvement of Digitized Radiographs by Morphological Transformations", Insight - Non-Destructive Testing and Condition Monitoring, No. 10, Vol. 47, pp. 625-630, 2005.