همرنگ‌سازی چند بانده+آمیختن مبتنی بر موجک در وضوحِ برتر

محمود امین طوسی[†,‡]، محمود فتحی[†] و ناصر مزینی[†]
[†]دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی کامپیوتر
[‡] دانشگاه حکیم سبزواری، گروه ریاضی
{mAmintoosi,mahFathy,Mozayani}@iust.ac.ir

این مقاله کامل نیست و فقط به عنوان یک نمونه از مقالات آماده شده با زی‌پرشین آورده شده است

چکیده

آمیختن[۱] عبارت است از ایجاد یک تصویر از ترکیب دو یا چند تصویر دیگر، به نحوی که اطلاعات مهم آنها محفوظ بماند. آمیختن تصاویر به نحوی که مرز تصاویر آشکار نباشد یکی از موضوعات مهم در مسائل وضوحِ برتر[۲] و تصاویر عریض[۳] می‌باشد. در این مقاله شیوه‌ای ترکیبی بر اساس روشهای همرنگ‌سازی چند بانده، مبتنی بر هرم لاپلاسین و تبدیل موجک برای آمیختن بدون درز تصاویر ارائه شده است. شیوه‌ی پیشنهادی در حالتی خاص از مسئله‌ی وضوحِ برتر بکار گرفته شده است. هدف در مسئله‌ی موردنظر، افزایش وضوح یک ناحیه از تصویر ورودیِ با وضوح پایین با استفاده از یک تصویر آموزشیِ با وضوح بالاست. نتایج پیاده‌سازی‌های انجام شده برتری شیوه‌ی پیشنهادی را در مقایسه با هر یک از دو روش همرنگ‌سازی چندبانده و تبدیل موجک نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: آمیختن، ثبت تصویر، موجک، وضوح برتر، هم‌رنگ‌سازی.

۱ مقدمه

به فرآیند ترکیب[۴] اطلاعات دو یا چند تصویر از یک صحنه، جهت حصول یک تصویر که دارای اطلاعات بیشتری بوده و برای درک بصری یا پردازش کامپیوتری مناسب‌تر است «آمیختن[۵]» گفته می‌شود [۴]. معمولاً تصاویر مورد ترکیب با استفاده از حسگرهای مختلف اخذ شده و با هم آمیخته می‌شوند. اما آنچه که در این مقاله مدنظر است ترکیب تصاویری با وضوح، رنگ و زاویه‌ی اخذ متفاوت از یک صحنه می‌باشد.

آمیختن تصویر به سه سطح: پایین، میانه و بالا تقسیم‌بندی می‌شود که برخی به آنها به عنوان سطوح پیکسلی، ویژگی و نمادین[۶] اشاره می‌کنند. برخلاف سطح اول (پایین)، کارهای کمی در زمینه‌ی دو سطح دیگر انجام شده است. متدهای مبتنی بر ویژگی معمولاً تصویر را به چند ناحیه قطعه‌بندی نموده و نواحی را با استفاده از خصوصیات مختلفشان ترکیب می‌کنند. این متدها معمولاً حساسیت کمتری به نویز دارند. متدهای سطح بالا، توصیف کننده‌های تصویر ــ مانند گرافهای رابطه‌ای ــ را آمیخته می‌کنند [۴].

یکی از مشهورترین آثار در حوزه‌ی ترکیب تصاویر را می‌توان تکنیک هرم لاپلاسینِ Burt[۳] دانست که از روشهای سطح پیکسلی به‌شمار می‌رود. در این روش از سطوح مختلف تفکیک‌پذیری[۷] برای آمیختن تصاویر در مسئله‌ی موزائیک تصاویر[۸] بهره گرفته شده است. یکی از زیر مسائل این تکنیکها و تصاویر عریض[۹]، ترکیب دو تصویر به نحوی است که لبه‌های تصاویر در ناحیه‌ی هم‌پوشان مشخص نباشد. حتی تفاوت سطح خاکستری در مرز ناحیه‌ی هم‌پوشان به خوبی قابل رؤیت می‌باشد. لذا نیازمند روشی برای ترکیب هستیم که انتقال از یک تصویر به تصویر دیگر به نرمی صورت پذیرفته، مرز دو تصویر دیده نشود و در عین حال اطلاعات تصاویر اصلی تا حد امکان محفوظ بماند. به چنین روش ترکیبی، ترکیب بدون درز[۱۰] گفته می‌شود.

ساده‌ترین راه حذف درز را می‌توان روش میانگین‌گیری وزن‌دار پیکسلهای دو تصویر در ناحیه‌ی هم‌پوشان دانست. فرض کنید تصویر A در سمت چپ و تصویر B در سمت راست بوده، $A(i)$ پیکسل iام ناحیه‌ی هم‌پوشان در تصویر سمت چپ، $B(i)$ پیکسل متناظر از تصویر سمت راست و $\hat{i}$ مختصات پیکسل روی مرز

[۴] Combination
[۵] Fusion
[۶] Symbolic
[۷] Resolution
[۸] Photo mosaic
[۹] Panorama
[۱۰] Seamless

الگوریتم ۱ الگوریتم آمیختن تصاویر A و B با تکنیک هرم لاپلاسین [۳].

ورودی: تصاویر A و B.

خروجی: تصویر S حاصل از آمیختن نیمه‌ی سمت چپ A و نیمه‌ی سمت راست B

۱: هرمهای لاپلاسین LA, LB از تصاویر A, B ساخته می‌شوند.

۲: هرم لاپلاسین سومی به نام LS با کپی کردن نیمه‌های سمت چپ LA و سمت راست LB ساخته می‌شود. عناصر ستون وسط LS با میانگین‌گیری از عناصر نظیر آنها در LA, LB بدست می‌آیند.

۳: تصویر نهایی S با گسترش هر سطح هرم LS و جمع آن با سطح بعدی حاصل خواهد شد.

باشد. همچنین به فرض $H_l(i)$ تابع وزن‌دهی باشد که نزولی یکنوا از چپ به راست بوده و $H_r(i) = ۱ - H_l(i)$ باشد. تصویر ترکیبی S به صورت زیر بدست خواهد آمد:

$$S(i) = H_l(i - \hat{i})A(i) + H_r(i - \hat{i})B(i) \quad (۱)$$

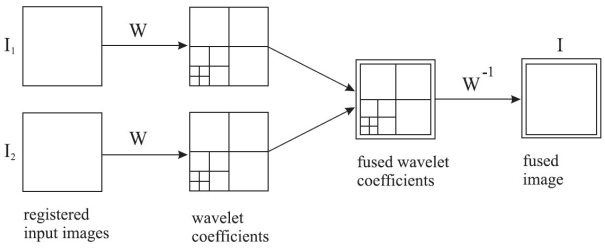
انتخاب مناسب تابع H باعث خواهد شد که انتقالی نرم از یک تصویر به دیگری داشته باشیم. ولی ناپیدا بودن درز را تضمین نمی‌کند. فرض کنید T پهنای ناحیه‌ی هم‌پوشان باشد که در آن H_l از یک به صفر تغییر می‌نماید. اگر T در مقایسه با اندازه‌ی ویژگیهای تصاویر کوچک باشد، درز قابل رؤیت خواهد بود. از طرف دیگر اگر T بزرگ باشد، دو تصویر شبیه به وضعیتی که دو عکس روی یک فیلم گرفته شده باشند، با هم ادغام می‌شوند. این مجموعه تصاویر بدست آمده با فیلتر پایین‌گذر، هرم گوسین[۱۱] نامیده می‌شود. برای ساخت تصاویر فیلتر شده با یک فیلتر میان‌گذر، کافیست که هر سطح از هرم فوق‌الذکر از سطح پایینی خود کم شود. البته چون ابعاد دو سطح با هم متفاوت است، تصویر هر سطح قبل از تفریق به اندازه‌ی تصویر سطح بعدی گسترش داده می‌شود. تصاویر در این ساختار هرمی جدید را با $L_۰, L_۱, \ldots, L_N$ نمایش داده و هرم لاپلاسین[۱۲] نامیده می‌شود.

فرض کنید هدف آمیختن نیمه‌ی سمت چپ تصویر A و نیمه‌ی سمت راست تصویر B باشد. همچنین به فرض هر دو تصویر مربعی بوده و هر ضلع ۲^N پیکسل داشته باشد. تصویر آمیخته نهایی با استفاده از الگوریتم ۱ ساخته می‌شود.

یک دسته‌ی مشهور دیگر از تکنیک‌های آمیختن، روشهای مبتنی بر تبدیل موجک است [۵، ۶، ۷]. آمیختن با تبدیل موجک را

[۱۱] Gaussian pyramid

[۱۲] Laplacian pyramid



شکل ۱: نمایش شماتیک آمیختن با تبدیل موجک [۶].

می‌توان با ω، تبدیل موجکِ دو تصویر و قانونِ آمیختن ϕ بیان نمود. تصویر آمیخته ی $I(\mathbf{x})$، با استفاده از تبدیل موجک ω، معکوس آن $\omega^{-۱}$ و قانون ϕ به صورت زیر حاصل می‌شود:

$$I(\mathbf{x}) = \omega^{-۱}\Big(\phi\big(\omega(I_۱(\mathbf{x})), \omega(I_۲(\mathbf{x}))\big)\Big) \quad (۲)$$

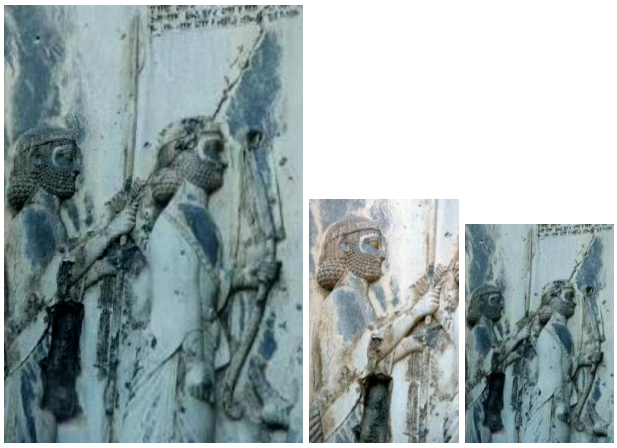
شکل ۱ نمایش شماتیک این روش را نشان می‌دهد. از آنجا که ضرائب موجک با قدرمطلق بزرگ، حاوی اطلاعات نمایان و مهم تصویر همچون لبه‌ها و خطوط هستند، یک قانون آمیختن خوب می‌تواند انتخاب بیشینه‌ی ضرائب متناظر دو تصویر باشد.

اخیراً نویسندگان در [۱، ۲] شیوه‌ای مشتمل بر استفاده از تصاویر آموزشی با وضوح بالا را برای افزایش وضوح تصویر ورودی ارائه نموده‌اند؛ لیکن در آثار مذکور مرحله‌ی همرنگ نمودن[۱۳] تصاویر مورد ترکیب، بدون درز نبوده است. در این مقاله با استفاده از ترکیب روش همرنگ‌سازی چند بانده [۱۴] (هرم لاپلاسین) و تبدیل موجک این نقیصه برطرف شده است.

در بخش ۲ شیوه‌ی پیشنهادی، در بخش ۳ نتایج پیاده‌سازی‌ها و در انتها جمع‌بندی آورده شده است.

۲ شیوه‌ی پیشنهادی

در شیوه‌ی پیشنهادی برای وضوح برتر توسط نگارندگان در [۱]، هر یک از تصاویر باوضوح بالا، به عنوان تصویر آموزشی، متناظر با قسمتی از تصویرِ باوضوح پایین هستند. تصاویر آموزشی می‌توانند تفاوتهایی با تصویر اصلی از نقطه نظر شدت روشنائی یا زاویه‌ی اخذ داشته باشند. در این شیوه ابتدا تصویر با وضوح پایین به اندازه‌ی مطلوب بزرگ شده و سپس تبدیل مناسبی برای نگاشت هر یک از تصاویر آموزشی بر روی تصویر مورد نظر با استفاده از نقاط کلیدی SIFT[۱۵] و الگوریتم RANSAC[۱۶] در قالب ماتریس



(آ) تصویر ورودی (ب) تصویر آموزشی (ج) نتیجه نهایی

شکل ۲: مثال اول: تصاویری از نقش‌برجسته‌ی بیستون. نتیجه نهایی افزایش وضوح تصویر با وضوح پایین ورودی(آ) با استفاده از تصویر با وضوح بالای آموزشیِ(ب) و با روش پیشنهادی در این مقاله در شکل (ج) نشان داده شده است. برای مقایسه‌ی بهتر تصویر ورودی و تصویر نهایی به شکل ۳ رجوع نمایید.

هوموگرافی [۱۷] پیدا می‌شود.

۳ نتایج پیاده‌سازی

برای نمایش کارائی شیوه‌ی پیشنهادی دو مثال ذکر شده است. در هر مثال یک تصویر ورودی با وضوح پایین و یک تصویر با وضوح بالا داریم که نمایانگر قسمتی از تصویر ورودی است. دو تصویر از منظر رنگ‌بندی، وضوح و زاویه‌ی اخذ تفاوتهایی با یکدیگر دارند. هدف ما بالابردن وضوح قسمت متناظر با تصویر با وضوح بالا در تصویر ورودی است. ضریب بزرگ‌نمایی، ۲ در نظر گرفته شده است.

تصاویر مورد استفاده در مثال اول در شکل‌های ۲ (آ) و ۲ (ب) نشان داده شده‌اند. این تصاویر از یکی از سی‌دی‌های مربوط به نقش برجسته‌ی داریوش در بیستون اخذ شده‌اند. همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود دو تصویر از نظر وضوح، شدت روشنایی و رنگ‌بندی با یکدیگر متفاوت هستند. شکل ۲ (ج) نتیجه‌ی نهائی افزایش وضوح تصویر ۲ (آ) با استفاده از تصویر آموزشی ۲ (ب) را نشان می‌دهد.

برای مقایسه چند شیوه‌ی دیگر پیاده‌سازی شده‌اند و یک ناحیه

(آ) روش بزرگنمائي Bicubic (ب) روش هرم لاپلاسین [۳]

(ج) روش مبتنی بر تبدیل موجک استفاده شده در [۱] (د) روش پیشنهادي در این مقاله

شکل ۳: بزرگ شده‌ي قسمتي از نتیجه‌ي اجراي شیوه‌هاي مختلف براي افزایش وضوح شکل ۲ (آ) با استفاده از آمیختن تصویر آموزشیِ ۲ (ب) .

از هریک در شکل ۳ برای مقایسه بزرگ شده است. مقایسه‌ی تصاویر شکل اخیر کیفیت برتر شیوه‌ی پیشنهادی را برای این مثال به خوبی نشان می‌دهد. ناپدید شدن درز در نواحی مرزی در شیوه‌ی پیشنهادی مشخص است. همانگونه که دیده می‌شود در آمیختن با تکنیک هرم لاپلاسین (شکل ۳ (ب)) تغییر رنگ کاملاً واضح است. در روش مبتنی بر موجک استفاده شده در [۱] (شکل ۳ (ج)) مرز تصویر ترکیب شده قابل رؤیت است.

شکل ۴ مثال دوم را نشان می‌دهد که تصاویری با وضوح پایین و با وضوح بالا از آرامگاه ابوعلی سینا در همدان هستند. تصاویر با دوربین Panasonic NV-GS75 توسط نگارنده اخذ شده‌اند. تصویر با وضوح بالاتر (شکل ۴ (ب)) از سنگ‌نوشته‌ی حاوی قطعه شعری از ابوعلی سینا با زووم کردن اُپتیکال گرفته شده است. متن این قطعه شعر در زیر آمده است:

از قعر گل سیاه تا اوج زحل کردم همه مشکلات عالم را حلّ
بیرون جستم ز قید هر مکر و حیل هر بند گشوده شد مگر بند اجل

. این قطعه شعر در تصویر ۴ (آ) حتی با بزرگ نمودن آن (تصویر ۵ (آ)) خوانا نیست. از آنجا که میزان نوردهی به صورت خودکار توسط دوربین مشخص می‌شود، تغییر شدت روشنایی و رنگ را

[۱۳] Blending
[۱۴] Multi-band Blending
[۱۵] Scale Invariant Feature Transform (SIFT)
[۱۶] RANdom SAmple Consensus (RANSAC)
[۱۷] Homography matrix

(آ) تصویر ورودی (ب) تصویرآموزشی (ج) نتیجه نهایی

شکل ۴: مثال دوم: تصاویری از آرامگاه ابوعلی‌سینا. نتیجه نهایی افزایش وضوح تصویر با وضوح پایینِ ورودی(آ) با استفاده از تصویر با وضوح بالای آموزشیِ(ب) و با روش پیشنهادی در این مقاله در شکل (ج) نشان داده شده است. برای مقایسه‌ی بهتر تصویر ورودی و تصویر نهایی به شکل ۵ رجوع نمایید.

بین دو تصویر شاهد هستیم. نتیجه‌ی نهایی ترکیب تصویر ۴(ب) با بزرگ شده‌ی ۴(آ) در شکل ۴(ج) آمده است. مقایسه‌ی بهتر روشهای مختلف برای این مثال در شکل ۵ دیده می‌شود.

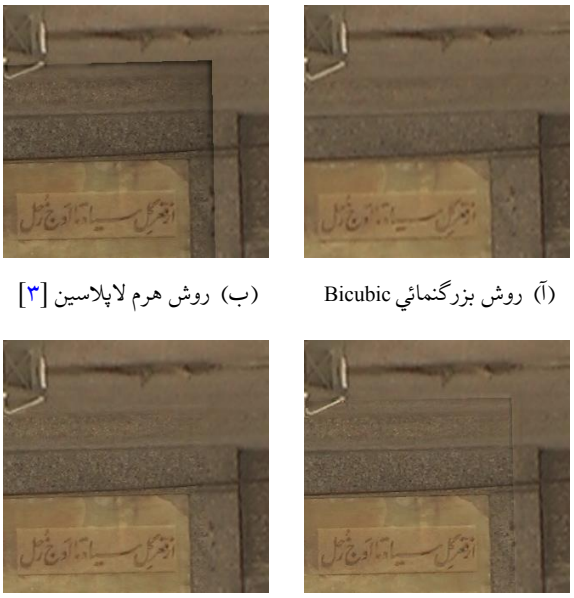
۴ جمع‌بندی

در ترکیب تصاویر با هم‌رنگ‌سازی چندبانده لبه‌ها محو می‌شوند، لیکن تفاوت تغییرات رنگیِ تصاویر نسبت به هم مشهود است؛ از طرفی با استفاده از تبدیل موجک، می‌توان رنگ را از یکی و اطلاعات با فرکانس بالا را از دیگری گرفت و مشکل اختلاف رنگ را نداریم ولی لبه‌ها کاملاً محو نمی‌شوند. ترکیب مناسب این دو الگوریتم در این مقاله به صورت ابتدا انجام ترکیب با شیوه‌ی مبتنی بر تبدیل موجک، ساخت یک ماسک مناسب و سپس استفاده از روش هم‌رنگ‌سازی چند بانده بر روی نتیجه‌ی مرحله‌ی اول صورت پذیرفته است. نتایج پیاده‌سازی‌های انجام شده برتری شیوه‌ی پیشنهادی را در مقایسه با هر دو روش مذکور، در حوزه‌ی وضوح برتر نشان داده است.

سپاس‌گزاری

مؤلفین وظیفه‌ی خود می‌دانند که از آقایان وفا خلیقی، دکتر مهدی امیدعلی و دکتر مصطفی واحدی [۱۸] بابت زحمات و راهنمایی‌های ارزنده‌ی آنها در زمینه‌ی XePersian (بسته‌ی فارسی برای LaTeX) تشکر به عمل آورند.

[۱۸] http://www.parsilatex.com



(آ) روش بزرگنمائي Bicubic (ب) روش هرم لاپلاسین [۳]

(ج) روش مبتنی بر تبدیل موجک استفاده شده در [۱] (د) روش پیشنهادي در این مقاله

شکل ۵: بزرگ شده‌ي قسمتي از نتيجه‌ي اجراي شيوه‌هاي مختلف براي افزايش وضوح شکل ۴(آ) با استفاده از آميختن تصوير آموزشيِ ۴(ب)

مراجع

[1] M. Amintoosi, M. Fathy, and N. Mozayani, "Reconstruction+synthesis: A hybrid method for multi-frame super-resolution," in *(MVIP08) 2008 Iranian Conference on Machine Vision and Image Processing*, University of Tabriz, Tabriz, Iran, pp. 179–184, Nov. 4-7 2008.

[2] ——, "Regional varying image super-resolution," in *The 2009 IEEE International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization (CSO 2009)*, Sanya, Hainan, China,Vol 1, pp. 913–917, April 24-26 2009.

[3] P. J. Burt and E. H. Adelson, "A multiresolution spline with application to image mosaics," *ACM Trans. Graph.*, Vol. 2, No. 4, pp. 217–236, 1983.

[4] A. A. Goshtasby and S. Nikolov, "Image fusion: Advances in the state of the art," *Inf. Fusion*, Vol. 8, No. 2, pp. 114–118, 2007.

[5] P. Hill, N. Canagarajah, and D. Bull, "Image fusion using complex wavelets," in *BMVC2002*, pp. 487–496, 2002.

[6] S. Nikolov, P. Hill, D. Bull, and C. Canagarajah, "Wavelets for image fusion," in *Wavelets in Signal and Image Analysis*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, ch. Wavelets for image fusion, pp. 213–244, 2001.

[7] G. Piella, “Adaptive wavelets and their applications to image fusion and compression,” Ph.D. dissertation, Centre for Mathematics and Computer Science, University of Amsterdam, 2003.