ثبت تصویر مبتنی بر شباهت ساختاری تصاویر با کاربرد در

محمود امین‌طوسی، محمود فتحی و ناصر مزینی
دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی کامپیوتر
{mAmintoosi,mahFathy,Mozayani}@iust.ac.ir

چکیده - روش لوکاس-کاناد از جمله معروف‌ترین روش‌های ثبت تصویر مبتنی بر ناحیه است که گونه‌های مختلفی از آن تاکنون ارائه شده است. هدف اصلی در روشهای مختلف ثبت تصویر پیدا کردن پارامترهای مدل تبدیل، برای نگاشت دقیق یک تصویر بر روی مختصات تصویر دیگر است. در الگوریتم لوکاس-کاناد این امر از طریق کمینه‌سازی یک تابع مشخص کننده‌ی میزان تفاوت یک تصویر و تبدیل شده‌ی دیگری حاصل می‌شود. معمولاً تابع مذکور مربع تفاضلات بین دو تصویر در نظر گرفته می‌شود. در این مقاله از معیار شباهت ساختاری دو تصویر به عنوان ضریبی برای این تابع استفاده شده است. نحوه‌ی لحاظ کردن این معیار شباهت در فرمولبندی الگوریتم لوکاس-کاناد به صورت ریاضی بیان شده است. کمینه‌سازی مورد نظر با استفاده از شیوه‌ی بهینه‌سازی لونبرگ-مارکورت انجام شده است. نتایج پیاده‌سازی‌های انجام شده برتری شیوه‌ی پیشنهادی را در مقایسه با الگوریتم اصلی لوکاس-کاناد (با روشهای کمینه‌سازی گوس-نیوتن و لونبرگ-مارکورت) از نقطه نظر سرعت همگرائی نشان می‌دهد. همچنین کارائی شیوه‌ی پیشنهادی در مسئله‌ی وضوح برتر در مقایسه با چند روش دیگر نشان داده شده است.

کلید واژه‌ها- ثبت تصویر، لونبرگ-مارکورت، موجک، وضوح برتر.

۱- مقدمه

یکی از مهمترین مسائل در حوزه‌ی پردازش تصویر و بینائی ماشین ثبت تصویر می‌باشد. هدف از پیدا کردن تبدیل مناسب بین دو یا چند تصویر از یک صحنه است. در حالت کلی، باید تناظری یکتا بین یک نقطه از یک تصویر و نقطه‌ای دیگر از تصویر دوم به نحوی پیدا نمود که هر دو نشان‌دهنده‌ی یک نقطه از صحنه باشند. مسئله قرابت نزدیکی با مسائل تخمین حرکت[۱] و دیگر مسایل

اخیراً نویسندگان در [۱، ۲] شیوه‌ای مشتمل بر استفاده از تصاویر آموزشی با وضوح بالا را برای افزایش وضوح تصویر ورودی ارائه نموده‌اند؛ در مقالات فوق‌الذکر مواردی مورد لحاظ قرار نگرفته است که در این مقاله به موارد زیر پرداخته خواهد شد:

۱. در [۱] برای ثبت تصویر فقط از یک شیوه‌ی مبتنی بر ویژگی استفاده شده است، در حالیکه این شیوه همیشه نتایج دقیقی تولید نمی‌کند؛ در این مقاله شیوه‌ی ثبت تصویر لوکاس-کاناد با استفاده از معیار شباهت ساختاری دو تصویر $SSIM$[۲][۳] بهبود داده شده و در شیوه‌ی ارائه شده در [۱] بکار گرفته شده است؛

۲. در [۱، ۲] مرحله‌ی همرنگ نمودن[۳] تصاویر مورد ترکیب، بدون درز[۴] نبوده است؛ در این مقاله با استفاده از روش همرنگ‌سازی چند بانده این نقیصه برطرف شده است.

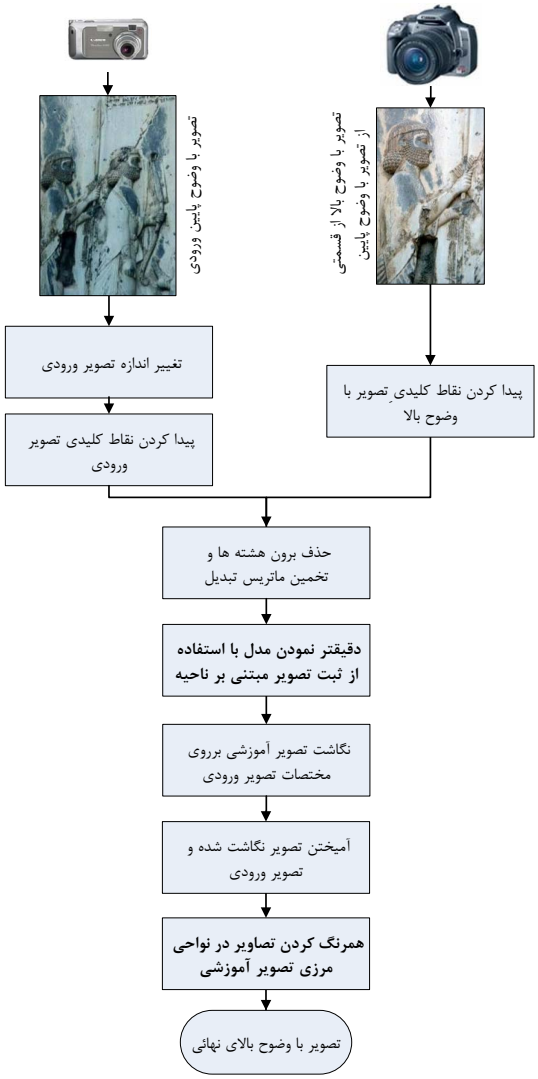
۲- شیوه‌ی پیشنهادی

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.

این تفاوتها می‌تواند ناشی از برداشت عکسها در زمانهای متفاوت و یا با دوربینهای متفاوت و از زوایای مختلف باشد. 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[۵] و الگوریتم RANSAC[۶] در قالب ماتریس هوموگرافی[۷] پیدا می‌شود. در انتها تصویرِ باوضوح بالای نگاشت شده، با تصویر باوضوح پایین ورودی می‌شود.

چارچوب کلی کار در این مقاله در شکل ۱ آمده است. دو مرحله‌ی «دقیق‌تر نمودن مدل با استفاده از ثبت تصویر مبتنی بر ناحیه» و «همرنگ نمودن تصاویر در نواحی مرزی» در این مقاله اضافه شده‌اند. از آنجا که

[۱] Motion Estimation
[۲] Structural SIMilarity (SSIM)
[۳] Blending
[۴] Seam-less
[۵] Scale Invariant Feature Transform (SIFT)
[۶] RANdom SAmple Consensus (RANSAC)
[۷] Homography matrix



شکل ۱: چارچوب کلی شیوه‌ی پیشنهادی.

ذکر روش کار برای یک یا چند تصویر آموزشی تفاوتی ندارد، در اینجا فرض بر آن است که فقط از یک تصویر آموزشی استفاده می‌شود.

مهمترین قسمت در کار حاضر استفاده از معیار مقایسه‌ی ساختاری دو تصویر ($SSIM$) برای بهبود شیوه‌ی ثبت تصویر لوکاس-کاناد[۴] می‌باشد. در مراجع از فرمولبندی‌های متفاوتی برای بیان این شیوه استفاده شده است. در این مقاله از فرمولبندی ذکر شده در [۵] استفاده خواهیم نمود و لذا مروری بر این فرمولبندی ضروری می‌باشد که در ادامه ذکر خواهد شد. پس از آن نگاهی بر معیار مقایسه‌ی $SSIM$ داشته و سپس روش پیشنهادی بر اساس آنها بیان خواهد شد.

۲-۱- الگوریتم لوکاس-کاناد

هدف در شیوه‌ی ثبت تصویر لوکاس-کاناد[۴] کمینه‌سازی مجموع مربع تفاضلات زیر بین تصویر آموزشیِ $T(\mathbf{x})$ و نگاشت تصویر ورودیِ $I(\mathbf{x})$

الگوریتم ۱ الگوریتم ثبت تصویر لوکاس-کاناد مبتنی بر بهینه‌سازی گوس-نیوتون (LK-GN).

Input: The reference image I and template image T.

Output: Registration parameters $\mathbf{p} = (p_1, \ldots, p_n)^T$ as the warp model W.

repeat
- Warp I with W to compute IW.
- Compute the error image $T(x) - IW$
- Warp the gradient ∇I with W.
- Evaluate the Jacobian Wp at $(\mathbf{x}; \mathbf{p})$.
- Compute the steepest descent images ∇IWp.
- Compute the Hessian matrix using Equation (4).
- Compute $[\nabla Wp]^T$ and $[T(x) - IW]$
- Compute $\triangle\mathbf{p}$ using Equation (؟؟)
- Update the parameters $\mathbf{p} \leftarrow \mathbf{p} + \triangle\mathbf{p}$

until $||\triangle\mathbf{p}|| \leq \epsilon$ or Reaching to Maximum Iteration allowed

است:

$$SSD = \sum_{x}^{W} H^{۲} \qquad (۱)$$

که در آن A بیانگر مدل تبدیل (در اینجا پروجکتیو)، $\mathbf{p} = (p_۱, \ldots, p_۸)^T$ پارامترهای مدل تبدیل، نگاشت تصویر ورودی I بر روی مختصات تصویر آموزشی T و $\mathbf{x} = (x, y)^T$ مختصات یک پیکسل می‌باشد. کمینه‌سازی (۱) نسبت به $\mathbf{p}$ انجام می‌شود. در شیوه‌ی لوکاس-کاناد فرض بر آن است که در ابتدا تخمینی از مدل دردست بوده و در یک فرآیند تکراری این تخمین بهبود داده می‌شود؛ در هر دور ابتدا عبارت زیر بر اساس $\triangle\mathbf{p}$ کمینه شده:

$$\sum_{x} [I(\mathbf{W}(\mathbf{x}; \mathbf{p} + \triangle\mathbf{p})) - T(\mathbf{x})]^{۲} \qquad (۲)$$

و سپس پارامترها بروزرسانی می‌شوند:

$$\mathbf{p} \leftarrow \mathbf{p} + \triangle\mathbf{p} \qquad (۳)$$

دو مرحله‌ی فوق تا مادامیکه الگوریتم همگرا نشده است تکرار خواهند شد. در فرآیند کمینه‌سازی، $\triangle\mathbf{p}$ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

که در آن H، ماتریس هسین تقریبی[۸]، به صورت زیر بدست می‌آید:

$$H = \sum_{x} I \qquad (۴)$$

این مراحل در الگوریتم

[۸] Approximate Hessian Matrix

سپاس‌گزاری

مؤلفین وظیفه‌ی خود می‌دانند که از آقای دکتر Peter Kovesi بابت توابع سودمند MATLAB و آقایان وفا خلیقی، مصطفی واحدی و دکتر مهدی امیدعلی بابت زحمات و راهنمایی‌های ارزنده‌ی آنها در زمینه‌ی زی‌پرشین

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, Iran), pp.179–184, Nov. 4-7 2008. 1

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

[3] Z. Wang, A. Bovik, H. Sheikh, and E. Simoncelli, "Image quality assessment: From error visibility to structural similarity," *IEEE Trans. Image Processing*, vol.13, pp.600–612, April 2004. 1

[4] B. Lucas and T. Kanade, "An iterative image registration technique with an application to stereo vision," in *IJCAI81*, pp.674–679, 1981. 2

[5] S. Baker, R. Gross, and I. Matthews, "Lucas-kanade 20 years on: A unifying framework," *International Journal of Computer Vision*, vol.56, pp.221–255, 2004. 2