

تناظریابی اتوماتیک تصاویر همگرا با اختلاف زیاد در منظر تصویربرداری

سید مقداد هاشمی نسب^{۱*}، حمید عبادی^۲، امین صداقت^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- دانشیار دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۳- دانش آموخته‌ی دکتری فتوگرامتری، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده :

تناظریابی به عنوان یک فرآیند اساسی در فتوگرامتری رقومی شناخته می‌شود. انجام این فرآیند اساسی در فتوگرامتری برد کوتاه با توجه به اعوجاجات هندسی قابل توجه در تصاویر همگرا، بسیار پیچیده بوده و اغلب الگوریتم‌های موجود نمی‌توانند نتایجی با دقت مطلوب را ایجاد کنند. در این مقاله روشی کارآمد جهت تناظریابی تصاویر همگرا در فتوگرامتری برد کوتاه ارائه شده است. در روش پیشنهادی به منظور انجام عملیات تناظریابی، ابتدا با استفاده از الگوریتم SIFT، عوارض موضعی در دو تصویر مبنا و ورودی استخراج می‌شود. در ادامه جهت کنترل تغییرات هندسی ایجاد شده در عوارض، حاصل از تغییر منظر تصویربرداری، شکل هندسی عوارض، با استفاده از ماتریس گشتاور مرتبه‌ی دوم، از دایره به بیضی تغییر داده می‌شود. سپس به منظور ایجاد توصیفگر برای هر عارضه، نواحی بیضی شکل به دایره با شعاع ثابت نرمالیزه می‌شوند. در نهایت پس از ایجاد توصیفگر برای هر عارضه، عملیات تناظریابی انجام می‌شود. نتایج آزمایشات بر روی چند دسته از تصاویر برد کوتاه بیانگر عملکرد قابل توجه روش پیشنهادی بوده به گونه‌ای که تعداد عوارض متناظر با استفاده از روش پیشنهادی در حدود دو برابر بیشتر از تعداد عوارض متناظر ایجاد شده توسط روش استاندارد SIFT است. همچنین نتایج بدست آمده حاکی از آن است که دقت تناظریابی نیز با استفاده از روش پیشنهادی، افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی : فتوگرامتری برد کوتاه، تناظریابی با طول باز بلند، الگوریتم SIFT، استخراج عوارض، مستقل از افاین



۱- مقدمه

تناظریابی، فرآیندی که طی آن نقاط و یا عوارض مشترک بین تصاویر پوشش‌دار شناسایی می‌شوند، به عنوان یک وظیفه‌ی مهم و دشوار در فتوگرامتری رقومی و ماشین بینایی مطرح شده است [۱]. این فرآیند نقش تعیین‌کننده‌ای در کاربردهای مختلف فتوگرامتری برد کوتاه نظیر مدل‌سازی سه‌بعدی، مرمت و بازسازی آثار باستانی، کنترل کیفیت قطعات صنعتی و غیره دارد. با توجه به اهمیت بالای تناظریابی، روش‌های مختلفی در طی سال‌های اخیر برای بهبود این امر توسعه داده شده‌اند.

در فتوگرامتری برد کوتاه به دلیل استفاده از عکس‌های همگرا، اعوجاجات هندسی میان تصاویر قابل توجه بوده به طوری که اختلاف مقیاس و دوران میان دو تصویر همگرا در نقاط مختلف آن‌ها، متفاوت است. همچنین اخذ تصاویر همگرا باعث ایجاد جابجایی ناشی از اختلاف ارتفاع و پنهان‌شدگی چشم‌گیری در تصاویر می‌شود. علاوه بر این، به منظور افزایش دقت در دستیابی به مدل سه‌بعدی نقاط، اخذ تصویر در فتوگرامتری برد کوتاه در ایستگاه‌هایی با فاصله‌ی زیاد صورت گرفته (نسبت باز به ارتفاع) که این امر موجب اختلاف زیاد تصاویر از لحاظ نقطه‌ی دید^۱ تصویربرداری می‌گردد. تمامی این عوامل سبب دشوار شدن فرآیند تناظریابی اتوماتیک تصاویر همگرا گشته، به طوری که حتی جدیدترین سیستم‌های نرم‌افزاری مدل‌سازی سه‌بعدی مبتنی بر تصویر نیز به دلیل محدودیت‌های موجود در تناظریابی تصاویر همگرا، کاملاً اتوماتیک نبوده و احتیاج به بازبینی توسط اپراتورهای انسانی دارد [۲]. در این نرم‌افزارها به منظور انجام کاملاً اتوماتیک اندازه‌گیری‌های مورد نیاز در فتوگرامتری برد کوتاه، عموماً از تارگت‌های بازتابنده‌ی مصنوعی^۲ و کنترل کامل شرایط نوری استفاده می‌شود.

الگوریتم SIFT^۳ [۳ و ۴] را، که شامل دو بخش استخراج‌کننده‌ی عوارض موضعی و ایجاد توصیفگر برای این عوارض است، می‌توان مهم‌ترین روش تناظریابی عارضه مبنا دانست [۵]. این الگوریتم مستقل از اختلاف مقیاس و دوران یکنواخت میان تصاویر بوده و در برابر اختلاف روشنایی و نویز نیز پایدار است. در کنار مزایای فراوان این روش که آن را به پرکاربردترین الگوریتم تناظریابی عارضه مبنا در میان حوزه‌های فتوگرامتری و ماشین‌بینایی تبدیل نموده‌است؛ عدم توانایی بالای آن در برابر تغییر شکل ناشی از تغییر منظر به عنوان مهم‌ترین محدودیت این روش برشمرده می‌شود.

در این تحقیق روشی کاملاً اتوماتیک به منظور جبران محدودیت ذکر شده در الگوریتم SIFT و در نتیجه افزایش کارایی آن در تناظریابی تصاویر فتوگرامتری برد کوتاه، ارائه شده است. در این روش برای هر عارضه یک بیضی جایگزین دایره استخراج شده از الگوریتم SIFT می‌شود. سپس به منظور ایجاد توصیفگر برای هر یک از نواحی، این بیضی‌ها به دوایری با شعاع ثابت نرمالیزه می‌شوند. در بخش‌های بعدی جزئیات روش پیشنهادی و نحوه عملکرد آن بیان می‌شود.

۲- روش پیشنهادی

تغییر منظر تصویربرداری سبب ایجاد خطای افاین^۴ بین دو تصویر می‌شود. نواحی دایره‌ای تعیین شده برای هر عارضه-ی موضعی، مشابه با آنچه که در الگوریتم SIFT رخ می‌دهد، نمی‌تواند تغییرات هندسی میان دو تصویر را کنترل کند. به بیان دیگر، تغییر شکل عوارض ناشی از تغییر نقطه دید میان دو تصویر، موجب متفاوت بودن دوایر مربوط به دو عارضه متناظر می‌گردد. این موضوع در شکل (۱) نشان داده شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، ناحیه‌ی استخراج شده در همسایگی دو عارضه‌ی متناظر، سطح یکسانی از دو تصویر را پوشش نمی‌دهند. همین امر سبب متفاوت بودن محتویات تصویری دو ناحیه شده و عملیات تناظریابی را با مشکل روبرو می‌کند.

¹ View point

² Retroreflective targets

³ Scale Invariant Feature Transform

⁴ Affinity



(ب)



(الف)



(د)



(ج)

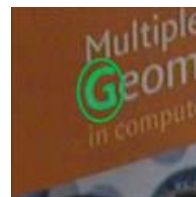
شکل ۱: محدودیت نواحی دایره‌ای در برابر تغییرات هندسی حاصل از تغییر نقطه دید. (الف و ب) نشان دهنده دو عارضه یکسان با ناحیه‌های استخراج شده متفاوت. (ج و د) حالت نزدیک‌تری از این دو ناحیه را نشان می‌دهد [۶].
به منظور کاهش محدودیت بیان شده، می‌توان از نواحی مستقل از افاین^۵ استفاده نمود. تغییرات هندسی ایجاد شده در عوارض تصویری، حاصل از تغییر نقطه‌ی دید تصویربرداری، به صورت بهتری توسط نواحی بیضی شکل مدل می‌شوند. همانطور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، دو بیضی استخراج شده برای دو عارضه‌ی متناظر، سطح یکسانی از دو تصویر را پوشش می‌دهند (شکل (۲) - ب و ج). پس از استخراج این نواحی، به منظور حذف تغییرات هندسی ایجاد شده در عوارض، این بیضی‌ها به دوایری با شعاع ثابت نرمالیزه می‌شوند (شکل (۲) - د). واضح است که در این مرحله، دو عارضه تنها با یک پارامتر دوران قابل تبدیل به یکدیگر هستند.



(د)



(ج)



(ب)



(الف)

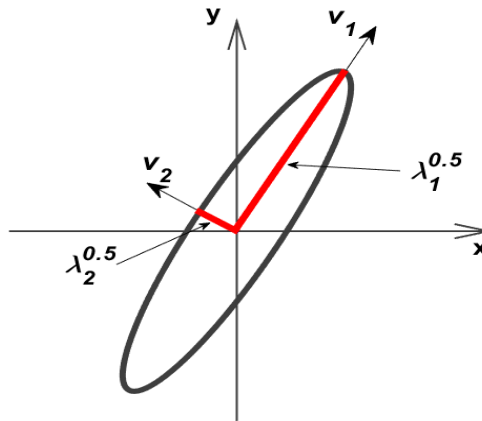


شکل ۲: مزیت استفاده از نواحی بیضی شکل برای عوارض. (الف) دو تصویر با نقطه دید متفاوت، (ب) نواحی بیضی شکل استخراج شده برای دو عارضه متناظر، (ج) حالت نزدیک شده این دو ناحیه، (د) نواحی نرمال شده به منظور حذف تغییرات هندسی [۶]

⁵ Affine covariant regions



بدین منظور از یک ماتریس حقیقی متقارن 2×2 با عنوان ماتریس گشتاور مرتبه‌ی دوم، یا ماتریس خود همبستگی^۶، استفاده می‌شود. مقدارهای ویژه (λ_1, λ_2) و بردارهای ویژه (v_1, v_2) این ماتریس مطابق شکل (۳) بیانگر اندازه و جهت نیم قطرهای بیضی متناظر با آن هستند. این روش ابتدا توسط Garding و Lindeberg در سال ۱۹۹۷ و سپس Baumberg در سال ۲۰۰۰ مورد استفاده قرار گرفت [۷ و ۸]. ماتریس گشتاور مرتبه‌ی دوم از طریق رابطه‌ی (۱) برای هر عارضه تصویری قابل محاسبه است.



شکل ۳: استفاده از ماتریس گشتاور مرتبه دوم برای توصیف شکل هر عارضه

$$M = \mu(x, \sigma_I, \sigma_D) = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} \\ \mu_{21} & \mu_{22} \end{bmatrix} = \sigma_D^2 g(\sigma_I) * \begin{bmatrix} I_x^2(x, \sigma_D) & I_x I_y(x, \sigma_D) \\ I_x I_y(x, \sigma_D) & I_y^2(x, \sigma_D) \end{bmatrix} \quad \text{رابطه ۱}$$

مشثقات تصویری با یک پنجره‌ی گوسی با مقیاس σ_D در دو جهت x و y محاسبه می‌شوند. σ_I نیز مقیاس پنجره‌ی نرم‌کننده‌ی گوسی این مشثقات تصویری در یک همسایگی محلی از نقاط مورد نظر است. بنابراین هر عارضه‌ی تصویری یک الگوی از درجات خاکستری در اطراف خود دارد که این الگو از طریق مقادیر ویژه‌ی ماتریس گشتاور مرتبه‌ی دوم هر عارضه تعیین می‌شود. با استفاده از این مقادیر ویژه، یک بیضی برای هر عارضه تشکیل می‌شود.

پس از تشکیل بیضی برای هر عارضه، به منظور ایجاد توصیفگر مستقل از اختلافات هندسی و تغییر منظر میان دو تصویر، هر یک از نواحی به دایره‌ای با شعاع ۲۰ پیکسل (پنجره با ابعاد 41×41 پیکسل) نرمالیزه می‌شود [۹]. حال با نرمالیزه شدن این نواحی، مرکز دایره‌ی جدید دارای موقعیتی متفاوت خواهد بود. موقعیت این مرکز باید به گونه‌ای باشد که مقادیر ویژه‌ی ماتریس گشتاور مرتبه‌ی دوم آن برابر با این مقادیر ویژه، در عارضه اصلی باشد. بنابراین گام‌های زیر در این قسمت از روش پیشنهادی صورت می‌پذیرد:

- ۱: تشکیل نواحی اولیه توسط الگوریتم SIFT.
- ۲: تعیین شکل بیضی برای هر عارضه با استفاده از ماتریس گشتاور مرتبه‌ی دوم.
- ۳: نرمالیزه کردن بیضی‌ها به دایره‌ی با شعاع ثابت.
- ۴: تعیین موقعیت و مقیاس در ناحیه‌ی نرمالیزه شده.
- ۵: بازگشت به مرحله‌ی ۲، در صورتی که مقادیر ویژه‌ی ناحیه‌ی جدید با مقادیر ویژه‌ی عارضه‌ی اصلی متفاوت باشد.

بعد از استخراج عوارض، مرحله‌ی بعد ایجاد توصیفگر به عنوان ابزاری برای تناظریابی میان آن‌ها است. با استخراج نواحی بیضی‌شکل SIFT، نرمال سازی و دوران آن‌ها که در مرحله‌ی قبلی الگوریتم پیشنهادی صورت گرفته است؛

⁶ Auto-Correlation Matrix



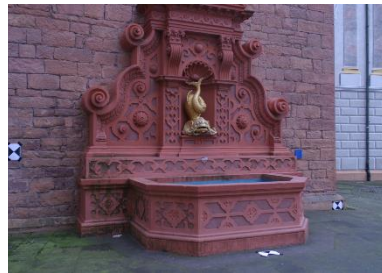
توصیفگر به گونه‌ای ایجاد می‌شود که در مقابل تغییرات هندسی ناشی از تغییر مقیاس، جهت و منظر تصویربرداری پایدار باشد. به منظور ایجاد توصیفگر در الگوریتم SIFT، یک شبکه‌ی 4×4 در ناحیه‌ی دایره‌ای مربوط به هر عارضه ایجاد می‌شود. سپس مقادیر اندازه و جهت گرادیان پیکسل‌های درون ناحیه محاسبه می‌شود. در ادامه مقادیر گرادیان-ها توسط یک تابع گوسی وزن دهی شده و یک هیستوگرام جهت از جهت این گرادیان‌ها برای هر سلول از شبکه ایجاد می‌شود. در این هیستوگرام محدوده‌ی 360° درجه به ۸ قسمت 45° درجه‌ای تقسیم می‌شود. در نهایت توصیفگر SIFT به صورت یک بردار 128 مولفه‌ای ($4 \times 4 \times 8 = 128$) از اتصال مقادیر تمامی هیستوگرام‌های مربوط به هر سلول شبکه ایجاد شده و به منظور کاهش اثرات تغییرات روشنایی، اندازه‌ی آن نرمالیزه (یکه) می‌شود.

پس از ایجاد توصیفگر برای تمامی عوارض استخراج شده در دو تصویر مبنا و ورودی، عملیات تناظریابی میان عوارض انجام می‌شود. معیار مشابهت مورد استفاده برای تناظریابی در الگوریتم SIFT، فاصله‌ی اقلیدوسی میان توصیفگرهای عوارض است. ابتدا فاصله‌ی اقلیدوسی میان تمامی توصیفگرهای عوارض در تصویر مبنا و ورودی محاسبه شده و سپس کاندیدای متناظر هر عارضه در تصویر مبنا، با شناسایی نزدیک‌ترین همسایه‌ی آن در تصویر ورودی، تعیین می‌شود. در ادامه جفت عوارضی که نسبت کمترین فاصله به دومین کمترین فاصله در آن‌ها از یک حد آستانه، در اینجا 0.8 ، کمتر باشد، به عنوان تناظر صحیح انتخاب می‌شوند. در این تحقیق، به منظور افزایش دقت تناظریابی، این فرآیند با جایگزینی تصویر ورودی به جای تصویر مبنا نیز انجام شده و تنها جفت عوارضی که در هر دو فرآیند تناظریابی در دسته‌ی نقاط متناظر قرار دارند؛ به عنوان عوارض متناظر نهایی انتخاب می‌شوند.

۳- پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

به منظور پیاده‌سازی روش پیشنهادی در تمامی قسمت‌ها از نرم‌افزار MATLAB R2013b استفاده شده و سعی بر آن شده که پارامترهای هر قسمت از الگوریتم‌های پیاده‌سازی شده طبق مقادیر پیشنهادی نویسندگان آن‌ها انتخاب شود. جهت ارزیابی بهتر روش پیشنهادی، نتایج حاصل با خروجی بدست آمده از الگوریتم استاندارد SIFT مقایسه شده است. روشن است که عوارض استخراج شده در روش پیشنهادی همان عوارض ایجاد شده در الگوریتم استاندارد SIFT بوده و تنها نواحی دایره‌ای در روش SIFT به بیضی تبدیل شده و سپس نرمالیزه می‌شوند. همچنین به منظور ایجاد توصیفگر عوارض در هر دو روش از توصیفگر SIFT، مطابق آنچه که پیش‌تر توضیح داده شد، استفاده شده است.

دو الگوریتم ذکر شده بر روی دو زوج تصویر، با تغییر زیاد در منظر تصویربرداری، از سری تصویرهای تهیه شده توسط Strecha و همکاران [۱۰]، با نام‌های Castle-p30 و Fountain-p11 اعمال شده‌اند. همانطور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، هندسه‌ی این تصاویر مسطح نبوده و تغییرات ارتفاعی در آن‌ها دیده می‌شود. همچنین پارامترهای مربوط به دوربین استفاده شده در این تصاویر به صورت کامل در اختیار قرار داده شده که می‌توان از آن‌ها در توجیه نسبی تصاویر و ایجاد مدل سه بعدی عوارض نیز استفاده نمود.



(ب)

(الف)

شکل ۴: تصاویر استفاده شده، الف) تصاویر Fountain-p11، ب) تصاویر Castle-p30

۳-۱- معیارهای ارزیابی

با توجه به اعوجاجات متنوع موجود در تصاویر برد کوتاه و به ویژه تصاویری با همگرایی شدید، تعداد عوارضی که قابلیت تناظریابی به صورت صحیح را دارند، در اغلب روش‌های موجود، محدود است. با توجه به اینکه تعداد نقاط متناظر در بسیاری از کاربردهای فتوگرامتری نظیر تولید مدل سه بعدی، حائز اهمیت است؛ در این تحقیق میزان موفقیت الگوریتم پیشنهادی و SIFT در ایجاد نقاط متناظر صحیح، به عنوان معیاری برای مقایسه آن‌ها در نظر گرفته شده است. به بیان دیگر، با توجه به یکسان بودن توصیفگر عوارض و نیز روش تناظریابی در هر دو فرآیند تناظریابی، روشی که عوارض استخراج شده در آن منتهی به تعداد بیشتری از نقاط متناظر شود، به عنوان روشی کارآمدتر شناخته می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که تعداد نقاط متناظر صحیح ایجاد شده، به صورت دستی و از طریق بررسی بصری شخصی ماهر انجام شده است.

معیار دیگری که در این تحقیق در نظر گرفته شده است؛ دقت تناظریابی است. این معیار نسبت تعداد عوارض متناظر صحیح را به تعداد کل عوارض متناظر حاصل از الگوریتم، نشان می‌دهد. تعداد بالای عوارض متناظر صحیح به تنهایی کافی نبوده؛ بلکه باید استخراج عوارض به گونه‌ای انجام پذیرد که این عوارض بتوانند به درستی در فرآیند تناظریابی به عنوان نظیر انتخاب شوند. بنابراین این معیار مشخص می‌کند که کدام یک از دو روش استخراج عوارض موضعی مطرح شده در این تحقیق، قابلیت اطمینان بیشتری را در ایجاد نقاط متناظر حاصل می‌نماید. با فرض اینکه N_m جفت عارضه از میان عوارض استخراج شده در دو تصویر به عنوان نقاط متناظر تعیین شوند و در این میان، N_t متناظر صحیح بوده و بقیه یعنی $N_f = N_m - N_t$ اشتباه باشند؛ آنگاه دقت تناظریابی و یا همان *precision*، طبق رابطه‌ی (۲) بدست می‌آید.

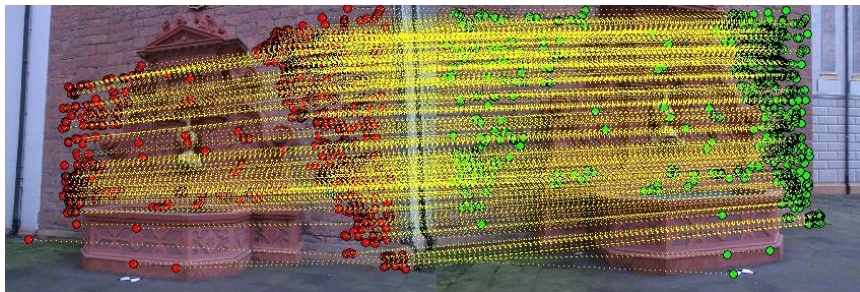
$$precision = \frac{N_t}{N_m} = \frac{N_t}{N_f + N_t}$$

رابطه ۲:



۳-۲- نتایج ارزیابی

به منظور ارزیابی روش پیشنهادی، این الگوریتم بر روی دو دسته داده‌ی ذکر شده در بخش قبل، اعمال شده و با در نظر گرفتن معیارهای تعداد تناظرهای صحیح و دقت تناظریابی، نتایج حاصل از آن با نتایج الگوریتم استاندارد SIFT مقایسه شده است. به منظور کمک به درک بصری بهتری از کارایی دو روش مذکور، نتایج حاصل از اعمال آن‌ها بر روی زوج تصویر Castle-p30، در شکل (۵) نشان داده شده است. آنچه که در این شکل محسوس به نظر می‌رسد؛ برتری روش پیشنهادی در ارتباط با تعداد تناظرهای ایجاد شده است. بنابراین فرآیند تبدیل نواحی استخراج شده در الگوریتم SIFT به نواحی بیضی شکل، منجر به این امر شده است که تعداد به مراتب بیشتری از این عوارض به عنوان عوارض متناظر شناخته شوند. از آنجایی که تناظرهای اشتباه جزئی اجتناب ناپذیر در فرآیند تناظریابی هستند؛ صرفاً تولید زیاد عوارض متناظر نمی‌تواند معیار مناسبی برای ارزیابی الگوریتم‌های تناظریابی باشد. در ادامه به بررسی نحوه‌ی عملکرد روش پیشنهادی با در نظر گرفتن معیارهای مذکور می‌پردازیم.



(الف)



(ب)

شکل ۵: نتایج حاصل از اعمال دو الگوریتم بر روی زوج تصویر Castle-p30. (الف) نتایج مربوط به روش پیشنهادی، (ب) نتایج مربوط به الگوریتم SIFT

نتایج بدست آمده از اعمال الگوریتم پیشنهادی و روش استاندارد SIFT بر روی دو زوج تصویر استفاده شده، در جدول (۱) نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، روش پیشنهادی در هر دو دسته از تصاویر و برای هر دو معیار، بهترین عملکرد را دارد. لازم به ذکر است که تک تک نقاط متناظر در تمام تصاویر به صورت دستی و دقیق بررسی شده و تعداد عوارض متناظر صحیح حاصل از اعمال هر الگوریتم تعیین شده است. همانطور که انتظار می‌رفت، روش پیشنهادی با در نظر گرفتن نواحی بیضی شکل توانایی بیشتری در کنترل تغییرات هندسی حاصل از تغییر منظر تصویربرداری داشته و این امر منجر به برتری این الگوریتم در ایجاد بسیار بیشتر عوارض متناظر صحیح نسبت به الگوریتم استاندارد SIFT شده است.

با توجه به جدول (۱)، الگوریتم پیشنهادی علاوه بر ایجاد تعداد بیشتری از عوارض متناظر صحیح؛ دقت بهتری را نیز نسبت به روش دیگر در فرآیند تناظریابی حاصل می‌نماید. به بیان دیگر عوارض ایجاد شده با استفاده از روش



پیشنهادی به نحوی تناظریابی شده‌اند که نسبت کمتری از آن‌ها اشتباه هستند. از طرف دیگر همانطور که پیش‌تر نیز توضیح داده شد؛ نواحی استخراج شده توسط الگوریتم استاندارد SIFT، بدلیل اعوجاجات هندسی حاصل از تغییر منظر، سطح یکسانی از دو تصویر را نپوشانده، که این امر منجر به اختلاف محتوای اطلاعاتی دو عارضه‌ی متناظر و یا مشابه بودن این اطلاعات در دو عارضه غیر متناظر می‌گردد. بنابراین کمتر بودن دقت حاصل از روش استاندارد SIFT نسبت به روش پیشنهادی، امری منطقی به نظر می‌رسد.

جدول ۱: بررسی عددی نتایج بدست آمده

دقت تناظریابی	تعداد تناظرهای		نام تصاویر	الگوریتم
	صحیح	اولیه		
۰.۹۰	۶۲۱	۶۸۸	Fountain-p11	روش پیشنهادی
۰.۸۲	۲۱۴	۲۶۱		SIFT
۰.۸۴	۶۵۸	۷۸۱	Castle-p30	روش پیشنهادی
۰.۷۰	۳۳۹	۴۸۱		SIFT

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق روشی کارآمد جهت تناظریابی تصاویر همگرا در فتوگرامتری برد کوتاه ارائه شد. در روش پیشنهادی، نواحی استخراج شده توسط الگوریتم SIFT به منظور پایداری فرآیند تناظریابی در برابر تغییرات هندسی حاصل از تغییر منظر تصویربرداری، به نواحی بیضی شکل تبدیل شده و سپس نرمالیزه می‌شوند. به طور خلاصه نتایج زیر از این تحقیق، قابل بیان است:

- بسیاری از عوارض استخراج شده توسط الگوریتم SIFT که در فرآیند تناظریابی با شکست مواجه می‌شوند؛ با استفاده از روش پیشنهادی می‌توانند به عنوان عوارض متناظر در دو تصویر، شناسایی شوند. با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق، تعداد تناظرها در صورت استفاده از روش پیشنهادی در حدود دو برابر تعداد تناظرهای حاصل از اعمال الگوریتم استاندارد SIFT است.
- بهره‌گیری از روش پیشنهادی در تناظریابی تصاویر برد کوتاه، نه تنها تعداد تناظرها را به صورت چشم‌گیری افزایش می‌دهد؛ بلکه دقت تناظریابی نیز بهبود می‌یابد. این مساله نشان دهنده‌ی قابلیت بالای روش پیشنهادی در جلوگیری از ورود تناظرهای اشتباه است. واضح است که دقت بهتر روش پیشنهادی نسبت به روش استاندارد SIFT، منجر به افزایش تعداد تناظرهای صحیح نیز می‌گردد.
- در خصوص مدت زمان انجام عملیات تناظریابی، گرچه روش پیشنهادی با اضافه کردن یک مرحله به مراحل الگوریتم SIFT، این فرآیند را با سرعت کم‌تری نسبت به روش استاندارد SIFT انجام می‌دهد؛ اما این کاهش سرعت با توجه به تعداد تناظرهای بیشتر و نیز دقت بالاتر حاصل شده، قابل چشم‌پوشی به نظر می‌رسد.

مراجع

- [1] Q. Zhu, B. Wu, and Y. Tian, "Propagation strategies for stereo image matching based on the dynamic triangle constraint", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.62, pp. 295-308, 2007.
- [2] I. Jazayeri, and C. S. Fraser, "Interest operators for feature-based matching in close range photogrammetry", the photogrammetric Record, Vol.25, pp. 24-41, 2010.
- [3] D. G. Lowe, "Object recognition from local scale-invariant features", presented at International Conference on Computer Vision, Corfu, Greece, 1999.



- [4] D. G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints", International journal of computer vision, Vol.60, pp. 91-110, 2004.
- [5] Z. Liu, J. An, and Y. Jing, "A simple and robust feature point matching algorithm based on restricted spatial order constraints for aerial image registration", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 50(2), pp. 514-527, 2012.
- [6] K. Mikolajczyk, T. Tuytelaars, C. Schmid, A. Zisserman, J. Matas, F. Schaffalitzky, T. Kadir, and L. V. Gool, "A Comparison of Affine Region Detectors", International journal of computer vision, Vol.65, pp. 43-72, 2005.
- [7] T. Lindeberg, and J. Garding, "Shape-adapted smoothing in estimation of 3-D shape cues from affine deformations of local 2-D brightness structure", Image and vision computing, Vol.15, pp. 415-434, 1997.
- [8] A. Baumberg, "Reliable feature matching across widely separated views", presented at Proceeding of the Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Hilton Head Island, South Carolina, USA, 2000.
- [9] K. Mikolajczyk, and C. Schmid, "Scale & affine invariant interest point detectors", International journal of computer vision, Vol.60, pp. 63-86, 2004.
- [10] C. Strecha, W. von Hansen, L. V. Gool, P. Fua, and U. Thoennessen, "On benchmarking camera calibration and multi-view stereo for high resolution imagery", presented at Proceeding of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2008.



Automatic Matching in Image with Significant Change in Viewpoint

Hasheminasab, M. *, Ebadi, H., Sedaghat, A

1- Master student of photogrammetry, Department of Photogrammetry, Faculty of Geodesy & Geomatics, K.N. Toosi University of Technology

2- Associated Professor, Department of Photogrammetry, Faculty of Geodesy & Geomatics, K.N. Toosi University of Technology

3- Postgraduate of photogrammetry, Department of Photogrammetry, Faculty of Geodesy & Geomatics, K.N. Toosi University of Technology

Abstract

Image matching is known as a vital process in digital photogrammetry, remote sensing and computer vision. Despite of developing many image matching algorithms, this process still has some difficulties in close range photogrammetry, due to geometric changes which are made by changes in viewpoint. In this paper, an effective and robust image matching approach is presented for wide-baseline image matching. In the proposed method, after extracting of blob-like features by using SIFT detector, an elliptical region is constructed for each feature. The idea comes from the fact that a region with fixed shape, circular one in SIFT detector, cannot cope with the geometric deformations caused by the change in viewpoint. To do so, parameters of this ellipse are calculated by using second moment matrix and in order to construct descriptor for each feature, the ellipse is normalized to a circular region with a constant radius. Finally, by applying nearest neighbor method, matching process is done and mismatches are eliminated by implementing epipolar constraint based on RANSAC method. Three different close range image datasets with changes in viewpoint are utilized to evaluate the performance of the proposed method and the experimental results indicate its robustness and capability.

Keyword: Wide-Baseline Matching, SIFT Matching Algorithm, Feature detector, affine region

Correspondence address: Photogrammetry and Remote Sensing Group, Faculty of Geodesy & Geomatics, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran, Tel: +989360496104

Email: s.meqdad.hn@gmail.com