ملک الدی السفاق تر تحل مسیر دانشگاه مسیر مردار کر

نشربه علمى بژو، شي مهندسي فناوري اطلاعات مكاني

سال هفتم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۸ Vol.7, No.2, Summer 2019 ۲۲۳–۲۳۹ مقاله پژوهشی

توصیفگر الگوی باینری محلی مستقل از دوران بهمنظور تناظریابی برای هم مرجعسازی تصاویر ماهوارهای

امین صداقت'*، نازیلا محمدی'

۱- استادیار گروه مهندسی نقشهبرداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۱۲

چکیدہ

توصیف متمایز و کارآمد عوارض تصویری، یک فرآیند اساسی به منظور تناظریابی تصاویر در فتوگرامتری و سنجشازدور است. بیشتر توصیفگرهای موجود از یک پارامتر جهت، بهمنظور ایجاد توصیفگر مستقل از دوران استفاده می کنند. فرآیند تعیین جهت، فرآیندی توأم با خطا بوده و از قابلیت توصیفگرها می کاهد. در این پژوهش یک توصیفگر مستقل از دوران استفاده می کنند. فرآیند تعیین جهت، فرآیندی توأم با خطا با نام توصیفگر الگوی باینری مستقل از دوران (*RILBP*) ارائه شده است. بهمنظور ایجاد توصیفگر الگوی باینری محلی که به طور ذاتی مستقل از دوران است درون ناحیهٔ تصویری براساس فاصله از مرکز و مقدار درجه خاکستری، به تعدادی زیر ناحیه تقسیم شده و سپس با استفاده از یک سیستم مختصات قطبی یک هسیتوگرام الگوی باینری محلی مستقل از دوران برای هر زیر ناحیه ایجاد میشود که با اتصال آنها به یکدیگر، توصیفگر نهایی ایجاد می شود. بهمنظور افزایش پایداری توصیفگر در برابر تغییرات هندسی، فرآیند وزندهی با استفاده از دو بانی بر نهایی ایجاد می شود. بهمنظور افزایش پایداری توصیفگر در برابر تغییرات هندسی، فرآیند وزندهی با استفاده از دو پارامتر وزن مبتنی بر نهایی ایجاد می شود. بهمنظور افزایش پایداری توصیفگر در برابر تغییرات هندسی، فرآیند وزندهی با استفاده از دو پارامتر وزن مبتنی بر نهایی ایجاد می شود. بهمنظور افزایش پایداری توصیفگر در برابر تغییرات هندسی، فرآیند وزندهی با استفاده از دو پارارمتر وزن مبتنی بر نهایی ایجاد می شود. بهمنظور افزایش پایداری توصیفگر پیشنهادی بر روی شش جفت تصویر ماهوارهای از سنجنده های مختلف پیاده سازی شده و نتایج آن با چهار توصیفگر دیگر شامل الگوی باینری محلی مرکز متقارن (*IBL-20)، خو*دشباهتی محلی (*ISLL)،* تبدیل ویژگی مستقل از مقیاس آن با چهار توصیفگر دیگر شامل الگوی باینری محلی مرکز متقارن (*IBL-20)، خو*دشباهتی محلی (*ISLL)، تبدیل ویژگی مسیستو*ر از مقیاس آن با چهار توصیفگر دیگر شامل الگوی باینری محلی مرکز متقارن (*ISLL)، خو*دشباهتی محلی (*ISLL)، تبدیل ویژگی مسیتو*ل از مقیاس برای سه معیار قابلیت تناظریابی، دقت تناظرهای صحیح، بهتر از دیگر توصیفگرها بوده و به طور متوسط در مقایسه با توصیفگر استاندارد الگوی باینری محلی رای سه معیار فوق به ترتیب به میزان ۲۵ درصد، ۱۰ درصد و ۳۰ درصد بر نشان می دهد.

کلیدواژهها: هممرجعسازی، توصیفگر، الگوی باینری محلی، مستقل از دوران، تناظریابی

«نویسنده مکاتبه کننده: تبریز، بلوار ۲۹ بهمن، دانشگاه تبریز، دانشکده مهندسی عمران، گروه مهندسی نقشهبرداری تلفن: ۳۳۳۴۲۵۳۳-۴۱۰

Email: am.sedaghat@gmail.com

سال هفتم ● شماره دوم ● تابستان ۱۳۹۸

۱– مقدمه

توصیفگرهای عوارض تصویری، نقش بسیار مهمی در عملکرد بسیاری از فرآیندها در فتوگرامتری و سنجشازدور نظیر هم مرجعسازی تصاویر [۱ و ۲] مدلسازی سه بعدی [۳ و ۴] و تشخیص الگو [۵ و ۶] ايفا می کنند. توصيفگر يک عارضه نمايشی ويژه از تابع درجات خاکستری تصویر درون یک ناحیهٔ تصویری بوده و عموماً به صورت یک بردار با d مولفه که نشاندهندهٔ بعد توصيفگر است، ايجاد مي شود. روش هاي بسيار زیادی بهمنظور توصیف عوارض و نواحی تصویری ارائه شده است [۷، ۸، ۹ و ۱۰]. امروزه بیشتر توصیفگرهای موجود هیستوگرامهای مختلفی را برای توصیف توزیع درجات خاكسترى ناحية اطراف عوارض ايجاد مىكنند که تحت عنوان توصیفگرهای توزیعمبنا شناخته می شوند [۱۱] و به عنوان نمونه می توان به توصیفگرهای بافت شکل^۳ [۱۲]، تبدیل ویژگی مستقل از مقیاس^۴ (SIFT) [١٣] و خودشباهتی محلی⁴ (LSS) [١۴] اشاره کړد.

توصیفگر بافت شکل، از توزیع لبهها در یک ساختار مکانی حاصل از دایرههای هممرکز برای ایجاد توصیفگر استفاده می کند. توصیفگر SIFT با استفاده از هیستوگرام جهت حاصل از عملگر گرادیان در یک ساختار شبکهای ۴×۴ ایجاد میشود. توصیفگر LSS بر مبنای اندازه گیری شباهت ناحیهٔ تصویری با خودش است که با استفاده از شباهت ناحیهٔ تصویری با خودش است که با استفاده از مقایسهٔ پنجرههای تصویری درون آن و معیار مشابهت ضریب همبستگی در یک ساختار دایرهای محاسبه میشود. بعضی دیگر از توصیفگرهای توزیع مبنا نظیر ویژگیهای اساسی مستقل مستحکم باینری⁹ (BRIEF)

⁶ Binary Robust Independent Elementary Features

⁸ Fast Retina Keypoint

(BRISK) [۱۶] و نقاط کلیدی شبکیهٔ چشم سریع^۸ (BRISK) [۱۷] به صورت باینری بوده و برمبنای مقایسهٔ درجات خاکستری پیکسلهای واقع در ناحیهٔ تصویری ایجاد میشوند. اگرچه عملکرد این توصیفگرها در مقایسه با دیگر توصیفگرهای غیر باینری خصوصا در تصاویر ماهوارهای ضعیفتر است؛ اما به دلیل باینری بودن سرعت محاسبه و تناظریابی بسیار بالاتری دارند [۱۰].

بیشتر توصیفگرهای توزیع مبنا نظیر توصیفگرهایی که در بالا بیان شدند، مستقل از دوران نبوده و به منظور انجام تناظریابی مستقل از دوران نیاز به یک مرحلهٔ تعیین جهت قبل از ایجاد توصیفگر دارند. در این مرحله بااستفاده از توزیع مقادیر اندازه و جهت گرادیان در ناحیهٔ تصویری یک پارامتر جهت برای هر عارضه تعیین شده و سپس ناحیهٔ تصویری متناسب با این جهت دوران داده شده و توصیفگر عارضه ایجاد می شود. بدیهی است هندسی و رادیومتریکی و یا خطا در تعیین موقعیت و شکل عوارض با خطا همراه است. خطا در تعیین جهت عوارض باعث کاهش قابلیت توصیفگر شده و تعداد و دقت تناظرهای نهایی را کاهش می دهد [۱۸ و ۱۹].

البه منظور غلبه بر این مشکل توصیفگرهای توزیع مبنایی ارائه شدهاند که محاسبات آنها به طور کلی مستقل از دوران بوده و نیاز به فرآیند تعیین جهت ندارند. بهعنوان مثال میتوان به توصیفگرهای الگوی ترتیب شدت محلی^۹ (LIOP) [۲۰]، هیستوگرام گرادیان رتبه مبنای چند ناحیهای ^{۱۰} (MROGH) [۸۸]، پایدار در برابر تبدیل افاین و تغییر شدت یکنواخت^{۱۱} (RATMIC) [۲۱] و الگوی ترتیب شدت مخلوط^{۱۲} (MIOP) [۲۲] اشاره کرد که در آنها به جای تقسیمبندی مکانی توصیفگر از

¹ Image Registration

² Distribution-Based Descriptors

³ Shape Context

⁴ Scale Invariant Feature Transform

⁵ Local Self-Similarity

⁷ Binary Robust Invariant Scalable Keypoints

⁹ Local intensity order pattern

¹⁰ Multisupport Region Order-Based Gradient Histogram

¹¹ Resistant to Affine Transformation and Monotonic Intensity Change

¹² Mixed Intensity Order Pattern

رتبهبندی درجات خاکستری استفاده شده است. پایداری و تمایز این توصیفگرها به طور کلی بهتر از دیگر توصیفگرهایی است که نیاز به پارامتر جهت دارند امام همچنان نسبت به اختلافات مختلف هندسی و روشنایی حساس هستند [۱۹].

یکی از عملگرهای اساسی در پردازش تصویر که پایداری بالایی در برابر اختلافات هندسی و روشنایی دارد، عملگر الگوی باینری محلی^۱ (LBP)، است [۲۳]. هیکیلا^۲ و همکاران [۲۴] با سادهسازی این عملگر و الهام از ساختار توصیفگر SIFT، توصیفگر متمایزی با عنوان الگوی باینری محلی مرکز متقارن^۳ (CS-LBP) را ارائه کردهاند. اگرچه این توصیفگر پایداری بالایی در برابر تغییرات هندسی و روشنایی دارد اما همچون بعضی دیگر از توصیفگرهای توزیع مبنا، مستقل از دوران نبوده و نیاز به تعیین پارامتر جهت دارد که باعث کاهش قابلیت آن می شود.

در این تحقیق با بهره گیری از عملگر الگوی باینری محلی، توصیفگر ویژهای با عنوان توصیفگر الگوی باینری محلی مستقل از دوران[†] (RILBP) که به طور ذاتی مستقل از دوران بوده و نیاز به فرآیند تعیین جهت ندارد، ارائه شده است. توصیفگر پیشنهادی از مزایای پایداری بالای عملگر الگوی باینری محلی در برابر تغییرات هندسی و روشنایی استفاده می کند. علاوه بر این تمامی بخشهای آن با بکارگیری روشهایی که از اساس مستقل از دوران هستند ایجاد شده است. همچنین بهمنظور پایداری در برابر تغییرات هندسی و رادیومتریکی یک ساختار وزندهی جدید نیز در آن استفاده شده است.

در ادامه در بخش دوم توصیفگر استاندارد CS-LBP مبتنی بر الگوی باینری محلی بیان شده و سپس در بخش سوم جزئیات توصیفگر پیشنهادی RILBP تشریح خواهد شد. بعد از آن در بخش چهارم نتایج پیادهسازی

توصیفگر الگوی باینری محلی مستقل از دور ان ... امین صداقت، نازیلا محمدی

و ارزیابی آن ارائه شده و در نهایت در بخش پنجم نتیجه گیری و پیشنهادات تحقیق بیان خواهد شد.

۲- توصیفگر مبتنی بر الگوی باینری محلی

عملگر LBP یک عملگر اساسی برای انجام آنالیزهای بافت است که به منظور انجام فرآیند تشخیص الگو و طبقهبندی در پردازش تصویر ارائه شده است [۲۳]. این عملگر هر پیکسل از تصویر را در مقایسه با پیکسلهای همسایهٔ خود توصیف کرده و پایداری مناسبی در برابر همسایهٔ خود توصیف کرده و پایداری مناسبی در برابر تعییرات هندسی و روشنایی دارد. مطابق با شکل (۱)، تغییرات هندسی و روشنایی دارد. مطابق با شکل (۱)، تعیداد N پیکسل مرکزی n_{c} با تعداد N پیکسل همسایه که در دایرهای به شعاع r در اطراف آن قرار دارند از رابطهٔ(۱) به صورت زیر استفاده می شود:

$$LBP_{r,N}(x, y) = \sum_{i=.}^{N-1} S(n_i - n_c)^{r^i}$$

$$S(x) = \begin{cases} 1 & x \ge \cdot \\ \cdot & \text{Otherwise} \end{cases}$$
(1)

که در آن n_c بیانگر درجه خاکستری پیکسل مرکزی، n_i درجه خاکستری پیکسل iام و S نیز تابع علامت است.

عملگر *LBP* سرعت محاسباتی بسیار بالایی داشته و نسبت به تغییرات روشنایی نیز پایدار است؛ اما ابعاد بالایی هم دارد که استفاده از آن در ایجاد توصیفگر را دشوار می کند. به عنوان مثال با در نظر گرفتن همسایگی دشوار می کند. به عنوان مثال با در نظر گرفتن همسایگی تا ۲–۲۸ بوده که استفاده از آن باعث افزایش ابعاد توصیفگر خواهد شد.

³ Center-symmetric local binary patterns

⁴ Rotation Invariant Local Binary Pattern

¹ Local Binary Pattern

² Heikkila



$$CS-LBP_{r,N,T}(x, y) = \sum_{i=.}^{(N/\gamma)-1} S(n_i - n_{i+(N/\gamma)})^{\gamma^i}$$
$$S(x) = \begin{cases} 1 & x \ge T \\ \cdot & \text{Otherwise} \end{cases}$$

سپس ناحیهٔ موردنظر به صورت یک شبکهٔ
$$4 \times 4$$

تقسیم بندی شده و برای هر سلول از شبکه یک
هیستوگرام ۱۶ تایی از مقادیر عملگر CS -LBP پیکسلها ایجاد می شود (شکل (۲)–(ج)). برای این
منظور پیکسلهایی که مقدار عملگر CS -LBP برای
آنها یکسان است به ستون مربوط به خود در این
هیستوگرام اختصاص داده می شوند (شکل (۲)–(د)).

• هیستوگرامهای مربوط به هر سلول در یک ترتیب مشخص به یکدیگر متصل شده و توصیفگر نهایی به صورت یک بردار با ۲۵۶=۴×۴×۱۶ مولفه ایجاد مىشود.

هیکیلا و همکاران [۲۴] مطابق شکل (۱- ج) عملگر ساده شدهٔ CS-LBP که دارای ابعاد کمتری (بین صفر تا

رابطه(٢)

(ج) شکل ۱: محاسبه عملگر الگوی باینری محلی، (الف) همسایگی به شعاع r (ب) عملگر LBP (ج) عملگر CS-LBP، یک مثال از



محاسبه هر دو عملگر برای یک پنجره ۳×۳ به شعاع یک پیکسل

۲۲۶

n₆

سال هفتم ● شماره دوم ● تابستان ۱۳۹۸

توصیفگر CS-LBP نظیر بسیاری از دیگر توصیفگرهای توزیعمبنا مستقل از دوران نیست. بر این اساس برای انجام تناظریابی در برابر تغییرات دوران، در ابتدا یک پارامتر جهت برای هر ناحیه تعیین شده و سپس ناحیهٔ موردنظر متناسب با این جهت دوران داده شده و بعد از آن توصيفگر ايجاد مى شود [۲۴]. روش متداول براى تعین جهت در بیشتر توصیفگرها استفاده از یک هیستوگرام ویژه با عنوان هیستوگرام جهت است که با استفاده از مقادیر اندازه و جهت گرادیان پیکسلها محاسبه می شود [۱۳].

می کند، اما فرآیند تعیین آن برای عوارض با خطای نسبتا زیادی همراه است. در واقع به دلیل خطا در تعیین جهت عوارض همواره تعدادی از عوارض که واقعا متناظر یکدیگر هستند به درستی در فرآیند تناظریابی شناسایی نمی شوند. در این تحقیق به منظور حذف اثر این خطا و

توصيفگر الگوی باينری محلی مستقل از دور ان ...

امین صداقت، نازیلا محمدی

افزايش كيفيت فرآيند تناظريابي روشي جديد براي ايجاد توصيفكر الكوى باينرى محلى مستقل از دوران ارائه شده است. روش پیشنهادی نیاز به فرآیند تعیین جهت نداشته و به طور ذاتی مستقل از دوران است که جزئیات آن در بخش بعدی بیان میشود.

> هرچند استفاده از پارامتر جهت در ایجاد توصیفگرهای عوارض امکان تناظریابی مستقل از دوران را فراهم



(ب)





شکل ۲: ایجاد توصیفگر CS-LBP، (الف) ناحیه موردنظر در یک ساختار ۴×۴، (ب) تبدیل CS-LBP در یک ساختار ۴×۴، (ج) هیستوگرامهای ایجاد شده برای هر سلول، (د) یک مثال از ایجاد هیستوگرام برای یک سلول نمونه

سال هفتم • شماره دوم • تابستان ۱۳۹۸

۳- توصیفگر الگوی باینری محلی مستقل از دوران

برای ایجاد توصیفگر در ابتدا لازم است تا عوارض در تصاویر استخراج شوند. در بیشتر روشهای تناظریابی از الگوریتمهای مستقل از مقیاس نظیر SIFT و هسین لاپلاس⁽ [۲۵] برای استخراج عوارض استفاده شده است ا۲۶]. پیچیدگی محاسباتی این الگوریتمها نسبتا بالا بوده و با توجه به ابعاد بزرگ تصاویر ماهوارهای زمان بوده و با توجه به ابعاد بزرگ تصاویر ماهوارهای زمان محاسباتی به میزان بسیار زیادی افزایش مییابد. در این تحقیق به منظور افزایش سرعت محاسبات از یک الگوریتم مستقل از مقیاس بسیار سریع با عنوان شده است. بعد از استخراج عوارض EV] استفاده شده است. بعد از استخراج عوارض EVI استفاده پیشنهادی الگوی باینری محلی مستقل از دوران ایجاد میشود. در ادامهٔ این بخش جزئیات این دو فرآیند تشریح میشود.

CenSurE –۱–۱ استخراج عوارض

آگاروال^۳ و همکاران [۲۷] الگوریتم *CenSurE* را به منظور افزایش دقت و سرعت در استخراج عوارض مستقل از مقیاس ارائه کردهاند. در این روش به جای

ایجاد فضای مقیاس مشابه الگوریتم SIFT، عوارض مستقیماً در تصویر اصلی و با استفاده از اکسترممهای یک مجوعه از فیلترهای ویژه با عنوان فیلترهای احاطه مرکز[†] استخراج میشوند. این فیلترها به صورت هشت ضلعی^۵ و تقریبی از تابع لاپلاسین گوسی^۶ (LoG)، هستند. مزیت اصلی این فیلترها این است که با سرعت بسیار بالا با استفاده از انتگرال تصویر و مستقل از ابعاد فیلتر اعمال میشوند. همانطور که در شکل (۳) ملاحظه میشود، یک فیلتر احاطه مرکز متشکل از دو هشت ضلعی داخلی و خارجی است که با استفاده از دو پارامتر م و n توصیف میشوند.

برای استخراج عوارض در مقیاسهای مختلف (با ابعاد متفاوت) از فیلترهای هشت ضلعی با ابعاد متفاوت استفاده میشود. در جدول (۱) مقادیر پیشنهادی m و nبرای هشت ضلعیهای داخلی و خارجی در هفت مقیاس مختلف نشان داده شده است. بعد از اعمال این هفت فیلتر بر روی تصویر اصلی، تعداد هفت لایه در مقیاسهای مختلف از تصویر ایجاد شده و اکسترممهای آن با در نظر گرفتن همسایگیهای $m \times m \times m$ به عنوان عوارض نهایی استخراج می شوند.



شکل ۳: فیلتر هشت ضلعی در الگوریتم CenSurE که با استفاده از دو پارامتر m و n تعریف می شود.

- ² Center-Surround Extremas
- ³ Agrawal

Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-12]

⁴ Center-Surround Filters

⁵ Octagons

⁶ Laplacian of Gaussian

¹ Hessian-Laplace

امین صداقت، نازیلا محمدی

۷		۶		۵		۴		٣		٢		١		هشتضلعي	
n	т	n	т	n	т	n	т	n	т	n	т	n	т	5	
۵	۵	۴	۵	٣	۵	٢	۵	٢	٣	١	٣	٠	٣	داخلی	
۱.	۱۵	۷	۱۳	۷	٩	۴	٩	٣	۷	٣	۵	٢	۵	خارجى	

جدول ۱: مقادیر m و n برای ساخت فیلترهای هشتضلعی داخلی و خارجی در مقیاسهای مختلف از ۱ تا ۷ در الگوریتم [۲۷] CenSurE

> ۳-۲- روند ایجاد توصیفگر پیشنهادی RILBP بعد از استخراج عوارض CenSurE به منظور پایداری در برای تغییرات هندسی، هر عارضه به صورت یک ناحیهٔ دایرهای با شعاع ثابت نرمالیزه می شود. سپس برای هر عارضه توصیفگر پیشنهادی با استفاده از الگوی باینری محلى مستقل از دوران با عنوان RILBP ايجاد مى شود. در شکل (۴) مراحل ایجاد توصیفگر پیشنهادی نشان داده شده است. در ابتدا ناحیهٔ مورد نظر با عنوان R به حلقههای دایرهای تقسیمبندی میشود. سپس پیکسلهای درون هر حلقه با استفاده از رتبهبندی درجات خاکستری به زیر نواحی مختلف تقسیم بندی می شود. در مرحلهٔ بعد برای هر پیکسل معیار الگوی باینری محلی با استفاده از یک سیستم مختصات قطبی مستقل از دوران محاسبه می شود. در مرحلهٔ بعد فرآیند وزندهی پیکسلها به منظور پایداری در برابر اعوجاجات هندسی با استفاده از دو پارامتر وزنی ویژه مبتنی بر تابع گوسی و فاصله انجام میشود. بعد از وزندهی، برای هر زیر ناحیه یک هیستوگرام با استفاده از الگوی باینری محلى مستقل از دوران ايجاد شده و از اتصال آنها به یکدیگر توصیفگر نهایی ایجاد می شود. تمامی مراحل توصیفگر پیشنهادی مستقل از دوران هستند که جزئیات آنها در ادامه بیان میشود.

> > ۳-۲-۱- تقسیمبندی دایرهای

توصیفگر استاندارد CS-LBP از یک ساختار شبکهای ۴×۴ برای بخشبندی مکانی استفاده می کند که مستقل از دوران نبوده و با تغییر جهت عوارض موقعیت سلولهای شبکه تغییر خواهد کرد. در توصیفگر پیشنهادی RILBP به جای شبکهٔ ۴×۴، ناحیهٔ ورودی،

R، به تعداد n حلقهٔ دایرهای بدون اشتراک به صورت رابطه(۳) تقسیم بندی می شود:

 $R(1), \dots, R(i), \dots, R(n); i = 1, \dots, n$ (۳), سرا(۱), رابطه (۳) که در آن n بیانگر تعداد حلقه ها است. همانطور که در شکل (۲–۲) مشخص است حلقهٔ اول (۱)R، به صورت یک دایرهٔ کامل بوده و دیگر بخش ها به صورت نوارهای دایرهای هستند. واضح است که ناحیهٔ R، هر زاویهٔ دورانی نیز داشته باشد، تغییری در پیکسل هایی که متعلق به هر حلقه (R(i) هستند ایجاد نمی شود.

۳-۲-۲- ایجاد زیرنواحی بر مبنای رتبهبندی درجات خاکستری

در قدم بعدی پیکسلهای درون هر حلقه بر اساس میزان درجه خاکستری خود در یک ترتیب نزولی مرتب شده و به قسمتهای مساوی مطابق با شکل (۴)–(۳) تقسیم بندی می شوند. در شکل (۴)–(۳) هر زیر ناحیه با یک رنگ متفاوت نشان داده شده است. تعداد زیر نواحی یک رنگ متفاوت نشان داده شده است. تعداد زیر نواحی در هر حلقه وابسته به مساحت آن است. در صورتی که تعداد زیر نواحی مربوط به دایرهٔ اول برابر m در نظر گرفته شود آنگاه مساحت مربوط به هر زیر ناحیهٔ ایجاد شده در آن، n، به عنوان مبنا در نظر گرفته شده و تعداد زیر نواحی مربوط به حلقههای بعدی با استفاده از آن به صورت رابطه (۴) تعیین می شود:

$$m_i = \operatorname{round}\left(\frac{A_i}{a_i}\right); \quad i = r, \dots, n$$
 (4)

 a_i میاحت مربوط به حلقهٔ iام، A_i مساحت مربوط به حلقهٔ iام، n مساحت مربوط به هر زیر ناحیه در دایرهٔ اول، n بیانگر تعداد حلقهها و round نیز بیانگر تابع گرد کردن است.

سال هفتم • شماره دوم • تابستان ۱۳۹۸

تعداد زیر نواحی حلقهٔ اول، m_n ، تعیین شود. واضح است که تقسیم بندی پیکسل ها در ناحیهٔ R بر اساس میزان در جات خاکستری، مستقل از دوران ناحیه بوده و با تغییر زاویه دوران ناحیهٔ R، تغییری در نتایج ایجاد نخواهد شد.

بدین ترتیب هر حلقهٔ R(i) به تعداد m_i زیر ناحیههای یکسان R(i, j) به صورت رابطه(۵) تقسیم بندی می شود: $R \to R(i, j),$ $i = \{1, ..., n\}$ and $\forall i, j = \{1, ..., m_i\}$ با توجه به توضیحات بیان شده، برای تقسیم بندی ناحیهٔ ورودی R، تنها کافی است دو پارامتر تعداد حلقهها، n و



شکل ۴: مراحل ایجاد توصیفگر پیشنهادی RILBP (۱) ناحیه ورودی R، (۲) تقسیم بندی ناحیهٔ R به صورت حلقههای دایرهای، (۳) تقسیم بندی هر حلقه به صورت زیر نواحی بر اساس ر تبه بندی درجات خاکستری، (۴) محاسبه معیار الگوی باینری محلی مستقل از دوران، (۵) پارامتر وزن بر اساس تابع گوسی، (۶) پارامتر وزن بر اساس تابع حلقهای، (۲) حاصلضرب دو پارامتر وزن گوسی و حلقهای، (۸) ایجاد هیستوگرام الگوی باینری محلی مستقل از دوران برای هر زیر ناحیه، (۹) اتصال هیستوگرام مربوط به زیر نواحی و ایجاد هیستوگرام نهایی

۳-۲-۳ محاسبه عملگر الگوی باینری محلی مستقل از دوران

در این مرحله برای پیکسلهای درون ناحیهٔ R عملگر (شکل (۴– CS-LBP مستقل از دوران محاسبه میشود (شکل (۴– (۴)). عملگر استاندارد CS-LBP مستقل از دوران نیست چراکه مطابق شکل(۱)، هشت پیکسل همسایه یپکسل مرکزی یعنی n تا n_v با تغییر زاویهٔ دوران تصویر، تغییر خواهند کرد و در نتیجه مقدار عملگر CS-LBPبرای هر پیکسل تصویر، با تغییر زاویهٔ دوران ناحیهٔ R

در این تحقیق به منظور محاسبهٔ معیار CS-LBP مستقل از دوران از یک سیستم مختصات قطبی مطابق شکل(۵)

استفاده می شود که در آن درجات خاکستری هشت پیکسل همسایهٔ پیکسل مرکزی به صورت مستقل از دوران، از طریق بازنمونهبرداری تعیین می شوند. در این سیستم امتداد بین مرکز ناحیهٔ R و پیکسل موردنظر به عنوان محور y و امتداد عمود بر آن به عنوان محور x در نظر گرفته شده و درجات خاکستری هشت پیکسل همسایه با استفاده از روش درونیابی دوخطی^۱ تعیین می شود. این سیستم مختصات قطبی مستقل از زاویهٔ دوران بوده و با تغییر دوران ناحیهٔ R تغییری در درجات خاکستری و ترتیب پیکسلهای همسایه ایجاد نخواهد شد.



شکل ۵: سیستم مختصات قطبی مستقل از دوران برای بر آورد درجات خاکستری پیکسل های همسایه در توصیفگر پیشنهادی

۳–۲–۴–وزندهی

در توصیفگر پیشنهادی به منظور کاهش اثر اعوجاجات هندسی از دو پارامتر وزنی برای هر پیکسل بهترتیب زیر استفاده میشود:

وزندهی متناسب با فاصله از مرکز: میزان اعوجاجات هندسی با فاصله گرفتن از مرکز عارضه افزایش می یابد. لذا به منظور کاهش اثر پیکسلهای دورتر در مقایسه با پیکسلهای مرکزی از یک تابع گوسی مطابق شکل (۴-۵) با عنوان پارامتر وزن استفاده می شود. برای این منظور میزان وزن پیکسل ($p(x_p, y_p)$ درون ناحیهٔ R، به صورت رابطه (۶) محاسبه می شود:

 $w_{G}(p) = \frac{1}{\mathbf{Y}\pi\sigma^{\mathsf{Y}}} e^{-(x_{p}^{\mathsf{Y}} + y_{p}^{\mathsf{Y}})/\mathbf{Y}\sigma^{\mathsf{Y}}} \qquad (\mathcal{F})$

که در آن *م* بیانگر مقیاس تابع گوسی بوده و برابر شعاع ناحیهٔ *R* در نظر گرفته میشود.

وزندهی حلقهای: به دلیل اعوجاجات هندسی ممکن است پیکسلهای مرزی بین حلقهها در نواحی مختلف جابهجا شده و به حلقههای مجاور منتقل شوند. لذا به منظور اجتناب از اثر خطای مکانی پیکسلهای واقع در مرز میان حلقهها از یک تابع ویژه مطابق شکل (۴-۶) استفاده می شود. بر اساس این تابع میزان وزن هر پیکسل

سال هفتم ● شماره دوم ● تابستان ۱۳۹۸

$$w_r(p) = 1 - \left(\frac{d_p}{h}\right)^r$$
 (Y) رابطه(Y)

که در d_p فاصلهٔ پیکسل p از وسط حلقه و h نیز پهنای حلقه است که با استفاده از تفاضل شعاع دایرهٔ بیرونی و درونی حلقه محاسبه می شود. ذکر این نکته ضروری است که برای پیکسلهای درون دایرهٔ داخلی فاصلهٔ d_p از مرکز دایره محاسبه می شود. در نهایت وزن هر پیکسل مطابق با شکل (۴)–(۲) با استفاده از حاصل ضرب این دو مقدار وزنی توسط رابطه(۸) برآورد می شود: $w(p) = w_G(p) \cdot w_F(p)$



شكل ۶: محاسبهٔ پارامتر وزن حلقهای

۳-۲-۵- ایجاد هیستوگرام RILBP

در این مرحله مطابق با شکل (۴)–(۸) برای پیکسلهای مربوط به هر زیر ناحیهٔ R(i, j) یک هیستوگرام با استفاده از عملگر CS-LBP مستقل از دوران پیشنهادی با عنوان H(i, j)، ایجاد می شود. در نهایت توصیفگر نهایی ناحیهٔ R، به صورت بردار D، با ترکیب تمامی هیستوگرامهای مربوط به تمام زیر نواحی درون آن به صورت زیر ایجاد می شود (شکل (۴)–(۹)):

 $D = \{H(1,1), \dots, H(i, j), \dots, H(n, m_n)\}$ (۹) $i = \{1, \dots, n\};$ and $\forall i, j = \{1, \dots, m_i\}$ که در آن n بیانگر تعداد حلقهها، m_i بیانگر تعداد زیر $i = \{1, \dots, m_i\}$ نیز بیانگر نواحی مربوط به حلقهٔ iام و H(i, j) نیز بیانگر

هیستوگرام مربوط به زیر ناحیهٔ (R(i, j) است. با توجه به اینکه هر هیستوگرام CS-LBP دارای ۱۶ مولفه است بنابراین تعداد مؤلفههای توصیفگر، b، با استفاده از حاصل ضرب تعداد زیرنواحی در ۱۶ به صورت رابطه (۱۰) محاسبه می شود:

$$d = \sum_{i=1}^{n} \operatorname{NSM}_{i} \tag{1.1}$$

n در مثال نشان داده شده در شکل (۴) مقدار پارامتر n برابر T و پارامتر m_{γ} برابر T انتخاب شده است که بر اساس آن پارامترهای m_{γ} و m_{π} هر دو برابر T حاصل شده است؛ در نتیجه تعداد مولفههای توصیفگر برابر ۱۲۸ است.

۴- پیادہسازی و ارزیابی نتایج

در این بخش نتایج ارزیابی توصیفگر پیشنهادی RILBP بیان می شود. به منظور ارزیابی کامل روش پیشنهادی، نتایج تناظریابی حاصل از آن علاوه بر توصیفگر استاندارد مبتنی بر الگوی باینری محلی، CS-LBP [۲۴]، با سه توصيفگر مطرح ديگر شامل SIFT [١٣]، LSS [١۴] و (۱۸] MROGH ایز مورد مقایسه قرار می گیرد. دلیل استفاده از این توصیفگرها برای ارزیابی نیز به این ترتیب است که توصیفگرهای SIFT و LSS دو توصیفگر بسیار کارآمد هستند که به طور گستردهای برای تناظریابی در تصاویر ماهوارهای استفاده شدهاند [۲و ۲۸]. توصیفگر MROGH نیز نسخهای از توصیفگر SIFT است که مشابه روش پیشنهادی به صورت ذاتی مستقل از دوران است. عملکرد روش پیشنهادی در مقایسه با این توصیفگرها قابلیت آن را در تناظریابی تصاویر ماهوارهای بهخوبی نشان خواهد داد. برای پیادهسازی روشها از محیط برنامهنویسی متلب ۲۰۱۷ و یک کامپیوتر با سرعت یردازشی ۲/۵۴ گیگا هرتز و حافظهٔ ۸ گیگا بایت، استفاده شده است. برای ارزیابی توصیفگرها از شش جفت تصویر ماهوارهای از سنجندههای آیکنو س'، اسپات ۲۵، لندست^۸، سنتینل^۴، کارتوست^۵ و زییوان^۳ (*ZY3*)

¹ IKONOS

² SPOT 5

³ Landsat 8

⁴ Sentinel 2

⁵ Cartosat

⁶ Zi-Yuan 3

استفاده شده است. مشخصات تصاویر مورد استفاده در جدول(۲) نشان داده شده است. تصاویر مربوط به انواع مختلف از سنجندههای ماهوارهای با خصوصیات متفاوت بوده و علاوه بر اختلافات هندسی مقیاس و تغییر منظر، همه آنها دارای اختلافات دورانی نسبتا زیادی نیز هستند. در شکل (۲) جفت تصاویر مورد استفاده نشان داده شده است.

به منظور استخراج عوارض برای ایجاد توصیفگر همانطور که پیشتر بیان شد از عوارض دایرهای حاصل از الگوریتم CenSurE استفاده می شود. پارامترهای اصلی در نظر گرفته شده برای استخراج عوارض در این الگوریتم مطابق با پارامترهای پیشنهادی توسط نویسندگان آنها بوده است [۲۷]. با استفاده از این الگوریتم بر روی هر تصویر تعداد ۲۵۰۰ عارضه به صورت ثابت استخراج شده است. به منظور ایجاد توصیفگر مستقل از تغییرات هندسی، عوارض مستخرج به صورت یک دایره با شعاع ثابت نرمالیزه می شوند. در این تحقیق مشابه بسیاری از

تومیفگر الگوی باینری محلی مستقل از دوران ... امین صداقت، نازیلا محمدی

تحقیقات دیگر شعاع این ناحیه برابر ۲۰ (یک پنجره با ابعاد ۴۱× ۴۱) در نظر گرفته میشود [۹ و ۲۹]. لازم به ذکر است که توصیفگر MROGH مشابه توصیفگر پیشنهادی به طور ذاتی مستقل از دوران است اما توصیفگرهای SIFT دS، TFL و LSS مستقل از دوران برای نبوده لذا به منظور ایجاد توصیفگر مستقل از دوران برای آنها یک پارامتر جهت بر اساس مقادیر اندازه و جهت گرادیان، مشابه الگوریتم SIFT تعیین میشود. در نهایت ناحیهٔ نرمالیزه شدهٔ هر عارضه متناسب با این جهت دوران داده شده و از آن برای ایجاد توصیفگر استفاده میشود.

توصیفگر پیشنهادی دارای دو پارامتر تعداد حلقه n و r تعداد زیر نواحی مربوط به حلقهٔ اول m_n است که بر اساس نتایج آزمایشات بهترتیب برابر π و ۲ انتخاب شده است. در ادامه معیارهای ارزیابی و نتایج بیان می شود.

	تاريخ	بیت در هر	GSD	ابعاد تصوير	جفت	
مکان	اخذ	پيکسل پيکسل	(متر)	(پيکسل)	تصوير	
	۲۰۰۹	٨	۲/۵	80·×8··	ار ارت ۸	
بارسلون – اسپانیا	۲۰۱۰	~			اسپات ۵	
.1	7	٨	۲.	80·×8··	لندست ۸	
ايران – تهران	79					
	۲۰۱۸		١.	80·×8··	۲ ۱۰ ۰۰۰	
ايران – تبرير	۲۰۱۸				سىيىل ١	
111 - 1 - 1 -	۲۰۰۳		١	۲۰۰×۶۰۰	آيكنوس	
هبارت – استرالیا	۲۰۰۳	, , ,				
.1	79		۲/۵	۷۰۰×۶۰۰	16	
ايران – مهران	79	11			كاربوست	
	7.14		۲٫۵	۷۰۰×۶۰۰	۳.1	
سنت – قرائسه	7014	, , ,			زىيوان ١	

ملاحظه شود)	(شکل (۷)	مورد استفاده	تصاوير	مشخصات	:۲ ر	جدول
-------------	----------	--------------	--------	--------	------	------

نشریه علمی پژوهشی – مهندسی فناوری اطلاعات مکانی



شکل ۷: تصاویر مورد ارزیابی، (۱) جفت تصویر ۶ SPOT، (۲) جفت تصویر +ETM (۳) جفت تصویر (۴) جفت تصویر (۶) جفت تصویر ZY3 (۶) جفت تصویر 2S-3S (۶) جفت تصویر ZY3

۴-۱- معیارهای ارزیابی

عملکرد توصیفگرهای مختلف در این تحقیق با استفاده از چهار معیار زیر ارزیابی میشود:

- تعداد تناظرهای درست (N): تعداد تناظرهای
 صحیح مستخرج به عنوان یک قابلیت مهم یک
 توصیفگر است که به عنوان معیار ارزیابی استفاده
 می شود.
- قابلیت تناظریابی^۱: این معیار به صورت نسبت تعداد
 تناظرهای درست انتخاب شده توسط الگوریتم، به
 تعداد کل تناظرهایی درست موجود تعریف می شود.
- دقت تناظریابی^۲: این معیار به صورت نسبت تعداد تناظرهای اشتباه به تعداد کل تناظرهای انتخاب شده توسط الگوریتم تعریف می شود.

- دقت مکانی: این معیار جابهجایی موقعیت مکانی دو عارضهٔ نظیر را در جفت تصویر توصیف میکند و با استفاده از معیار ریشه میانگین مربعات خطای^۳ (RMSE) نقاط نظیر محاسبه می شود.
- سرعت: مدت زمان موردنیاز در انجام محاسبات معیار
 متداولی برای ارزیابی میزان کارآیی و سرعت روشهای
 مختلف در مقایسه با یکدیگر است که در این تحقیق
 مورد استفاده قرار می گیرد.

معیارهای قابلیت تناظریابی و دقت تناظریابی دو معیار متداول برای ارزیابی عملکرد توصیفگرها هستند [۹]. هرچه میزان قابلیت تناظریابی یک الگوریتم بالاتر باشد بیانگر این است که قابلیت آن در شناسایی عوارض نظیر بیشتر است. در مقابل هرچه میزان دقت تناظریابی در

³ Root Mean Square Error

¹ Recall ² Precision

یک الگوریتم بیشتر باشد بیانگر این است که الگوریتم اشتباههای کمتری در انتخاب عوارض نظیر دارد. به منظور مقایسهٔ توصیفگرها در هر جفت تصویر از معیار فاصله اقلیدسی که متداول ترین معیار مورد استفاده برای مقایسهٔ توصیفگرها است، استفاده میشود. شایان ذکر است که برای ارزیابی کیفیت تناظریابی و محاسبهٔ خطای نقاط متناظر از یک تبدیل پروژکتیو مبتنی بر انتخاب دستی یک مجموعه از نقاط متناظر در هر یک از جفت تصاویر استفاده میشود.

۲-۴- نتایج و بحث

میزان معیارهای *N*، قابلیت تناظریابی، دقت تناظریابی و RMSE برای هر شش جفت تصویر مورد ارزیابی و برای الگوریتم پیشنهادی RILBP و همچنین چهار توصیفگر دیگر SIFT LSS، CS-LBP و MROGH در شکل (۸) نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه میشود در تمامی تصاویر و برای تمامی معیارها توصیفگر RILBP بهترین عملکرد را دارد.

عملکرد توصیفگر پیشنهادی در مقایسه با توصیفگر استاندارد الگوی باینری محلی CS-LBP بسیار بهتر است. به طوری که روش پیشنهادی RILBP در مقایسه با روش استاندارد CS-LBP برای معیارهای قابلیت تناظریابی، دقت تناظریابی و N به ترتیب به طور متوسط در حدود ۲۵ درصد، ۱۰ درصد و ۳۰ درصد بهبود را نشان میدهد. دلیل اصلی این موضوع استفاده از یک ساختار مستقل از دوران برای توصیفگر RILBP است که باعث عدم تاثیر خطای تعیین جهت عوارض شده است. علاوه بر این ساختار وزندهی مورد استفاده در توصیفگر پیشنهادی پایداری آن را به میزان زیادی در برابر اعوجاجات هندسی افزایش دادهاست.

در میان روشهای مورد مقایسه توصیفگر MROGH نیز به طور ذاتی مستقل از دوران است. لذا خطای تعیین جهت عوارض بر روی آن تاثیرگذار نبوده و عملکرد آن از دیگر توصیفگرهای مورد مقایسه به استثنای روش پیشنهادی بهتر است. نکتهٔ قابل توجه در خصوص الگوریتم LSS این است که با وجود اینکه مقدار

معیارهای قابلیت تناظریابی و N در آن نسبتا پایین است؛ اما مقدار معیار دقت تناظریابی در آن بالا بوده و در حدود روش پیشنهادی است که بیانگر قابلیت بالای آن در تشخیص صحیح تناظرهای درست است.

توصیفگر شاخص SIFT در ارزیابی انجام شده در این تحقیق در بیشتر تصاویر و برای بیشتر معیارها بعد از توصیفگرهای RILBP و MROGH رتبهٔ سوم را کسب کرده است. اگرچه این توصیفگر از مقادیر اندازه و جهت گرادیان استفاده نموده و پایداری بالایی در برابر اختلافات هندسی و رادیومتریکی دارد؛ اما با توجه به تاثیر خطای تعیین جهت عوارض عملکرد آن در برابر توصیفگرهای فوق که به طور ذاتی مستقل از دوران هستند، ضعیفتر است.

RMSE براساس نتایج ارائه شده در شکل (۸)–(د)، میزان RMSE عوارض متناظر حاصل از توصیفگرهای مختلف به طور متوسط در حدود یکدیگر بوده و تفاوت معناداری میان دقت مکانی توصیفگرهای مختلف ملاحظه نمی شود. با توجه به اینکه برای استخراج عوارض در تمام توصیفگرها از یک الگوریتم یکسان، CenSurE، استفاده شده است؛ بدین ترتیب می توان نتیجه گیری کرد که دقت تناظریابی وابسته به نوع توصیفگر نبوده بلکه وابسته به الگوریتم مورد استفاده برای استخراج عوارض است.

لازم به ذکر است که به منظور اندازه گیری سرعت الگوریتمها متوسط مدت زمان محاسبهٔ توصیفگرها برای عوارض مستخرج در تمام تصاویر ورودی اندازه گیری میشود. یادآوری میشود که مدت زمان انجام محاسبات بهشدت وابسته به نوع پیادهسازی است. در این تحقیق برای کاهش اثر این موضوع تمامی الگوریتمها در محیط یکسان و به صورت بهینهای پیادهسازی شدهاند. در ارائه شده است. همانطور که ملاحظه میشود کمترین زمان محاسباتی مربوط به توصیفگر های مختلف زمان محاسباتی نیز مربوط به توصیفگر ابوده و بیشترین زمان محاسباتی نیز مربوط به توصیفگر است. در توصیفگر پیشنهادی RILBP با وجود زمان مورد نیاز برای محاسبهٔ معیار الگوی باینری محلی مستقل از دوران

سال هفتم ● شماره دوم ● تابستان ۱۳۹۸

ابعاد کمتر آن است، به طوریکه تعداد مولفههای توصیفگر RILBP برابر ۱۲۸ و تعداد مولفههای توصیفگر CS-LBP برابر ۲۵۶ است. و همچنین فرآیند وزندهی، سرعت آن از توصیفگر استاندارد CS-LBP کمتر است. دلیل این موضوع حذف فرآیند تعیین جهت در توصیفگر RILBP و همچنین

جدول ۳: متوسط زمان محاسبه و تناظریابی توصیفگرها								
RILBP MROGH		SIFT LSS		CS-LBP	توصيفگر			
۲۲٫۷	۳۴٫۳	۲٧,١	۶، ۲۰	۲۵٫۸	زمان (ثانیه)			



شکل ۸: نتایج تناظریابی توصیفگرهای مورد مقایسه، (الف) معیار قابلیت تناظریابی، (ب) معیار دقت تناظریابی، (ج) معیار تعداد تناظرهای صحیح، (د) معیار دقت مکانی، RMSE

اسپات۵، لندست۸، سنتینل۲، کارتوست و زی یوان۳ مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج ارزیابی توصیفگر پیشنهادی برای معیارهای قابلیت تناظریابی، دقت تناظریابی، تعداد تناظرهای درست و دقت مکانی بهتر از دیگر توصیفگرها است. در مقایسه با روش استاندارد -*CS* LBP، میزان بهبود متوسط عملکرد روش پیشنهادی RILBP، برای معیارهای قابلیت تناظریابی، دقت تناظریابی و N بهترتیب در حدود ۲۵ درصد، ۱۰ درصد و ۳۰ درصد بوده است. بعد از توصیفگر RILBP، توصيفگرهای LSS «SIFT «MROGH و LSS بهترتیب بهترین عملکرد را ارائه کردهاند. پیشنهاد می شود از روش تقسیم بندی و وزن دهی مستقل از دوران پیشنهادی در این تحقیق که بر روی معیار الگوی باینری محلی پیادہسازی شد، بر روی دیگر معیارہا نظیر معیار خودشباهتی استفاده شده و توصیفگرهای جدیدی ارائه شوند.

- [1] Y. Xiang, F. Wang, and H. You, "OS-SIFT: A Robust SIFT-Like Algorithm for High-Resolution Optical-to-SAR Image Registration in Suburban Areas," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 56, 2018.
- [2] S. Chen, X. Li, L. Zhao, and H. Yang,"Mediumlow resolution multisource remote sensing image registration based on SIFT and robust regional mutual information," International Journal of Remote Sensing, vol. 39, pp. 3215-3242, 2018.
- [3] M.-J. Noh and I. M. Howat, "Automatic relative RPC image model bias compensation through hierarchical image matching for improving DEM quality," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 136, pp. 120-133, 2018.
- [4] B. Fan, Q. Kong, X. Wang, Z. Wang, S. Xiang, C. Pan, et al., "A Performance Evaluation of Local Features for Image Based 3D

۴- نتیجهگیری و پیشنهادات

در این تحقیق یک توصیفگر جدید برای تناظریابی تصاویر ماهوارهای با عنوان RILBP بر اساس معیار الگوی باینری محلی ارائه شد. توصیفگر پیشنهادی برخلاف توصیفگر استاندارد مبتنی بر الگوی باینری محلی، -CS *Tep*یفگر استاندارد مبتنی بر الگوی باینری محلی، د*IBP* جهت برای تناظریابی ندارد. به منظور ایجاد توصیفگر سه شیوهٔ مستقل از دوران شامل تقسیم بندی دایرهای، شیوهٔ مستقل از دوران شامل تقسیم بندی دایرهای، محاسبهٔ الگوی باینری محلی مبتنی بر سیستم مختصات قطبی استفاده شده است. علاوه بر این به منظور افزایش پایداری در برابر اعوجاجات هندسی دو پارامتر وزن مبتنی بر فاصله در آن به کار برده شده است. عملکرد توصیفگر *RILBP* با چهار توصیفگر مطرح دیگر شامل *RICBP* بروی شش

مراجع

Reconstruction," arXiv preprint arXiv:1712.05271, 2017.

- [5] W. Li, K. Fu, H. Sun, X. Sun, Z. Guo, M. Yan, et al., "Integrated Localization and Recognition for Inshore Ships in Large Scene Remote Sensing Images , TEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2017.
- [6] X. Yuan, T. Tang, D. Xiang, Y. Li, and Y. Su, "Target recognition in SAR imagery based on local gradient ratio pattern," International journal of remote sensing, vol. 35, pp. 857-870, 2014.
- [7] S. Wu ,A. Oerlemans, E. M. Bakker, and M. S. Lew, "A comprehensive evaluation of local detectors and descriptors," Signal Processing: Image Communication, 2017.
- [8] T. Mouats, N. Aouf, D. Nam, and S. Vidas, "Performance Evaluation of Feature Detectors and Descriptors Beyond the Visible," Journal of Intelligent & Robotic Systems, pp. 1-31, 2018.

سال هفتم • شماره دوم • تابستان ۱۳۹۸

- [9] M. H. Lee and I. K. Park, "Performance Evaluation of Local Descriptors for Maximally Stable Extremal Regions," Journal of Visual Communication and Image Representation, 2017.
- [10] A. Sedaghat and H. Ebadi, "A Performance Evaluation of Local Descriptors in Optical Satellite Images," Iranian Remote Sensing & GIS, vol. 7, pp. 61-84, 2016.
- [11] J. Liu, G. Zeng, and J. Fan, "Fast Local Self-Similarity for describing interest regions," Pattern Recognition Letters, vol. 33, pp. 1224-1235, 2012.
- [12] S. Belongie, J. Malik, and J. Puzicha, "Shape matching and object recognition using shape contexts," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 24, pp 509-522, 2002
- [13] D. G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," International journal of computer vision, vol. 60, pp. 91-110, 2004.
- [14] E. Shechtman and M. Irani, "Matching local self-similarities across images and videos ,"in Computer Vision and Pattern Recognition, 2007. CVPR'07. IEEE Conference on, Minnesota, USA, 2007, pp. 1-8.
- [15] M. Calonder, V. Lepetit, M. Ozuysal, T. Trzcinski, C. Strecha, and P. Fua, "BRIEF: Computing a local binary descriptor very fast," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 34, pp. 1281-1298, 2012.
- [16] S. Leutenegger, M. Chli, and R. Y. Siegwart, "BRISK: Binary robust invariant scalable keypoints," in Computer Vision (ICCV), 2011 IEEE International Conference on ,Barcelona, Spain, 2011, pp. 2548-2555.
- [17] A. Alahi, R. Ortiz, and P. Vandergheynst, "Freak: Fast retina keypoint," in Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012 IEEE Conference on, Providence, RI, USA, 2012, pp. 510-517.
- [18] B. Fan, F. Wu, and Z. Hu, "Rotationally invariant descriptors using intensity order

pooling," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 34, pp. 2031-2045, 2012.

- [19] F. Bellavia and C. Colombo, "Rethinking the sGLOH Descriptor," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2017.
- [20] Z. Wang, B. Fan, and F. Wu, "Local intensity order pattern for feature description," in Computer Vision (ICCV), 2011 IEEE International Conference on, Barcelona, Spain, 2011, pp. 603-610.
- [21] Z.Huang, W. Kang, Q. Wu, and X. Chen, "A new descriptor resistant to affine transformation and monotonic intensity change," Computer Vision and Image Understanding, vol. 120, pp. 117-125, 2014.
- [22] Z. Wang, B. Fan, G. Wang, and F. Wu, "Exploring local and overall ordinal information for robust feature description," IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 38, pp. 2198-2211, 2016.
- [23] T. Ojala, M. Pietikainen, and D. Harwood, "Performance evaluation of texture measures with classification based on Kullback discrimination of distributions," in Pattern Recognition, 1994. Vol. 1-Conference A: Computer Vision & amp; Image Processing., Proceedings of the 12th IAPR International Conference on, 1994, pp. 582-585.
- [24] M. Heikkilä, M. Pietikäinen, and C. Schmid, "Description of interest regions with local binary patterns," Pattern recognition, vol. 42, pp. 425-436, 2009.
- [25] K. Mikolajczyk and C. Schmid, "Scale & affine invariant interest point detectors," International journal of computer vision, vol. 60, pp. 63-86, 2004.
- [26] A. Sedaghat and N. Mohmmadi, "Reliable Image Matching based On Hessian-Affine Detector and MROGH Descriptor," Journal of Geomatics Science and Technology, 2017.

Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-12]

توصيفگر الگوی باينری محلی مستقل از دوران ...

امین صداقت، نازیلا محمدی

- [27] M. Agrawal, K. Konolige, and M. R. Blas, "Censure: Center surround extremas for realtime feature detection and matching," in Computer Vision–ECCV 2008, ed: Springer, 2008, pp. 102-115.
- [28] Y. Ye, L. Shen, M. Hao, J. Wang, and Z. Xu, "Robust optical-to-SAR image matching based on shape properties ,IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 14, pp. 564-568, 2017.
- [29] K. Mikolajczyk and C. Schmid, "A performance evaluation of local descriptors," Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, vol. 27, pp. 1615-1630, 2005.



Journal of Geospatial Information Technology Vol.7 No.2, Summer 2019

Research Paper

Rotation Invariant Local Binary Pattern Descriptor for Remote Sensing Image Matching

AminSedaghat *1, Nazila Mohammadi 1

1- Assistant professor, Department of Geomatics Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Abstract

Distinctive and efficient description of image features is an essential task for image registration in photogrammetry and remote sensing. The majority of existing descriptors estimate a dominant orientation parameter for rotation invariant image matching. The dominant orientation assignment is an error-prone process, and it decreases the capability of the descriptors. In this paper, a novel feature descriptor based on the local binary pattern operator named RILBP (Rotation Invariant Local Binary Pattern) is proposed that is inherently rotation invariant. To compute the RILBP descriptor, the pixels in the given image region are divided into several sub-regions based on distance and intensity order constraints. Then, a local binary pattern histogram is generated for each sub-region based on a rotation invariant coordinate system. To increase the descriptor robustness against geometric distortions, a special weighting process based on a combined ring and Gaussian functions is applied. The proposed RILBP descriptor was successfully applied for matching of various remote sensing images as: SPOT 5, ETM+, Sentinel 2, IKONOS, IRS P6 and ZY3 sensors, and the results demonstrate its capability compared to common feature descriptors such as CS-LBP, SIFT, LSS, and MROGH. Compared to the standard CS-LBP descriptor, the RILBP descriptor indicates an average performance improvement of about 25%, 10% and 30%, in terms of Recall, Precision and number of correct matches, respectively.

Key words: Image Registration, Descriptor, LBP, Rotation Invariant, Image Matching.

Correspondence Address. Department of Geomatics Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran., Tel+98 41 33342533. Email: am.sedaghat@gmail.com