Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026

فصلنامه علمی- پژوهشی
فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران

سال هشتم، شماره‌های ۲۷ و ۲۸، بهار و تابستان ۱۳۹۵
صص: ۱- ۲۰

تغییرات جدید الگوی دودویی محلی و طبقه‌بندی و قسمت‌بندی تصاویر بافتی بستر دریا

[*]بابک گودرزی [**]رضا جاویدان [***]محمد جواد دهقانی
*کارشناسی‌ارشد، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی شیراز، ایران
** دانشیار دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی شیراز، ایران
*** دانشیار دانشکده مهندسی برق و الکترونیک، دانشگاه صنعتی شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۹/۱۴ تاریخ پذیرش:۹۶/۰۷/۰۶

چکیده

تحلیل بافت نقش مهمی را در پردازش تصویر ایفا می‌کند. با توجه به ظاهر فوق‌العاده بافتی تصاویر سونار، روش‌های تحلیل بافت یک انتخاب مناسب برای تحلیل تصاویر آکوستیکی دریا هستند. اپراتور الگوی دودویی محلی یک توصیف‌گر بسیار موثر و چند رزولوشنی بافت است. این توصیف‌گر، اطلاعات مناسب را از تغییر روشنایی و حالات تصویر بدست می‌آورد. با اینکه توسعه‌های زیادی از الگوی دودویی محلی ارائه شده است اما اپراتورهای الگوهای دودویی محلی موجود نسبت به نویز حساسند. همچنین گاهی اوقات منجر به توصیف الگوهای مختلف ساختاری با کد دودویی همگون می‌شوند که به ناچار قابلیت تمایز خود را کاهش می‌دهند. این تحقیق یک بررسی اجمالی پیرامون روش الگوی دودویی محلی را ارائه نموده که شامل چندین مورد از متغیرهای جدیدتر است. سپس برای غلبه بر ناکارآمدی‌های انواع الگوهای دودویی محلی، یک چارچوب قوی از الگوی دودویی بنام الگوی دودویی محلی تکمیل شده مقاوم ارائه شده که ارزش هر پیکسل مرکزی با میانگین مقادیر شدت خاکستری خانه‌ها از یک مربع سه در سه جایگزین می‌گردد. روش ارائه شده یک ابزار سریع با دقت بالا در طبقه‌بندی تصاویر بستر دریاست که مقایسه نتایج شبیه‌سازی با دیگر روش‌های مشهور، نشان‌دهنده کارآیی الگوریتم ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: الگوی دودویی محلی، طبقه‌بندی، قسمت‌بندی، بستر دریا، تصاویر بافتی آکوستیکی.

۱.مقدمه

نیاز به طبقه‌بندی[۱] و مدیریت دقیق منابع در علوم مختلف از جمله زمین‌شناسی و بستر دریا هم احساس شده است. دانش‌برداری از بستر دریا نقش مهمی در درک محیط زیر آب از جمله بررسی‌های زمین‌شناسی، اکتشاف ژئوفیزیک، مهندسی اقیانوس (وسایل نقلیه زیر آب، نظارت بر خطوط لوله و کابل و...)، شبیه‌سازی انتشار صدا، برآورد پارامترهای فیزیکی، ناوبری، اندازه‌گیری مواد منفجره ضد معدن، ارتباطات داده‌ها و طبقه‌بندی اشیاء در کف دریا دارد. از سوی دیگر، روش‌های کاشف زیردریایی با رزولوشن[۲] بالا و سنسورهای نوری، نقش مهمی را در سنجش زیر آب برای تقسیم‌بندی های[۳] سنجشی و طبقه‌بندی بستر دریا دارند[۱].

در سالیان اخیر نمونه‌های خاصی از روش‌های سونار[۴] مانند روش‌های خودکار تمایزی اکوستیکی RoxAnn و QTC-

۱. classification

۲. Resolution

۳. segmentation

4. Sonar

نویسنده عهده‌دار مکاتبات: بابک گودرزی BabakGoudarzi2010@gmail.com

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026

View توسعه یافته‌اند[۲]. با این وجود، نتایج متفاوتی برای مناطق یکسان ارائه می‌دهد. همچنین تعدادی از این روش‌ها حساس به نویزند. علاوه بر این، گاهی اوقات برچسب‌گذاری علائم آکوستیکی[۵] بستر دریا با یک روش طبقه‌بندی خاص، ممکن است لزوما مشابه با علائم زمین‌شناسی نباشد. بنابراین، اغلب روش‌های جاری طبقه‌بندی بستر آکوستیکی، اساسا ابزارهایی تجربیند. پس، توسعه روش‌های تمایزی آکوستیکی زمین هنوز مورد علاقه محققان است[۳].

با توجه به ظاهر فوق‌العاده بافتی[۶] تصاویر سونار، فنون تحلیل بافت در واقع یک انتخاب مناسب برای تصاویر آکوستیکی بستر دریا هستند. اخیرا، محققین برمدل‌های بافت فضایی چند وضوحی[۷] و چند مقیاسی از جمله فیلتر گابور[۸] و تبدیلات موجکی[۹] تمرکز کرده‌اند [۴و۵]. در [۳و۶] نیز، یک روش ادغامی جدید بر اساس تبدیلات استاندارد موجکی و منطق فازی به عنوان پوششی برای طبقه‌بندی و بخش‌بندی تصاویر بافتی بستر دریا ارائه شده است. همچنین آنان یک الگوریتم تقسیم و ادغام اصلاح شده بر پایه محتوای تبدیلات کانتورلت زیرنمونه‌ای[۱۰] برای این منظور ارائه داده‌اند[۷].

مشکل متداول این الگوریتم‌ها، پیچیدگی محاسباتی است که ممکن است مشکلاتی برای پردازش زمان واقعی[۱۱] ایجاد کنند. علاوه براین اغلب آنان حساس به نویزند. اخیرا، اپراتور الگوی دوتایی محلی(LBP)[۱۲] در چندین برنامه پردازش تصویر نظیر شناسایی صورت، کشف حالات چهره، تحلیل تصویر سنجش از راه دور، طبقه‌بندی تصاویر اثر انگشت و... مورد استفاده قرار گرفته است. از آنجایی که الگوی دودویی محلی، هم از مشخصه‌های آماری و هم ساختاری بافت استفاده می‌کند، یک ابزار قدرتمند برای تحلیل بافت می‌باشد. الگوی دودویی محلی که ابتدا توسط اوجالا و همکارانش پیشنهاد شد، بعلت مقاومتش نسبت به تغییرات روشنایی، پیچیدگی محاسباتی کم و توانایی کدگذاری جزئیات یکی از رایج ترین توصیف گرها می‌باشد[۸].

به عنوان یک روش غیرپارامتری، الگوی دودویی محلی به صورت خلاصه ساختارهای محلی تصاویر را به طور کارآمد با مقایسه هرکدام از پیکسل‌ها با پیکسل‌های مجاور نشان می‌دهد. الگوی دودویی محلی در اصل برای آنالیز بافت پیشنهاد گردیده است[۹] و هنوز به عنوان یک رویکرد قدرتمند برای توصیف ساختارهای محلی معرفی می‌شود.

اگرچه الگوی محلی دودویی و انواع آن، نتایج طبقه‌بندی موثری بر روی پایگاه داده‌های بافتی بدست آورده‌اند اما تاکنون معایب بالقوه زیادی از الگوی محلی دودویی باقی مانده است. به عنوان مثال الگوی محلی دودویی حساس به نویز است و اغلب طبقه-بندهایش اختلاف الگویی بسیار زیادی را در کلاس‌های همگون دارند.

این مقاله با ارائه یک چارچوب قوی از الگوی محلی دودویی بنام الگوی محلی دودویی تکمیل شده مقاوم (CRLBP)[۱۳] به حل این مشکلات بالقوه پرداخته است. در الگوی محلی دودویی تکمیل شده مقاوم، ارزش هر پیکسل مرکزی از یک همسایگی سه در سه با مقدار متوسط سطوح خاکستری جایگزین می‌گردد. در مقایسه با ارزش خاکستری، متوسط سطح خاکستری محلی، در مقابل نویز و انواع روشنایی‌ها قوی‌تر است. نتایج تجربی نشان می-دهد که الگوی محلی دودویی تکمیل شده مقاوم، بهترین دقت طبقه‌بندی را در مقایسه با سایر الگوهای محلی دودویی می‌دهد و کمترین حساسیت را در مقابل نویز و انواع روشنایی دارد.

ساختار ادامه مقاله به صورت زیر است: در بخش دو الگوی دودویی محلی معرفی شده و در بخش سه توسعه های جدید آن تشریح شده است. در بخش چهار، دو عیب اساسی الگوی دودویی محلی عنوان شده و الگوی محلی دودویی تکمیل شده مقاوم و ادغام آن با دو کلاسه بند به عنوان راه کار ارائه شده است. نتایج تجربی آزمایشات در بخش پنج و نتیجه گیری در بخش ششم گزارش شده است.

۲. الگوهای دودویی محلی

الگوی دودویی محلی یکی از روش‌هایی است که در عین سادگی می‌تواند ویژگی‌های مناسبی برای طبقه‌بندی بافت تصویر با دقت بالا تولید کند که اخیرا تحقیقات در زمینه شناسایی چهره سبب ایجاد این توصیف‌گر قدرتمند بافتی شده است. این توصیف‌گر، اطلاعات مناسب را از تغییر روشنایی و حالات تصویر بدست می‌آورد. در روش معمول الگوی محلی دودویی، از هیستوگرام برای استخراج ویژگی‌ها استفاده می‌کند. برای طبقه‌بندی تصاویر

---

۵. Acoustic
۶. texture
۷. Multi Resolution Space
۸. Gabor filter
۹. Wavelet transform
۱۰. SubSampled Contourlet
۱۱. Real time processing
۱۲. Local Binary Pattern
۱۳. Completed Robust LBP

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026

بافتی می‌توان در مرحله آموزش الگوی محلی دودویی را پیکسل به پیکسل روی کل تصویر اعمال کرد و بردار ویژگی‌های مبنا را بدست آورد.

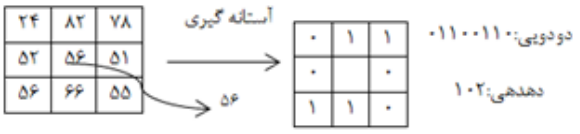
اولین توسعه الگوی دودویی محلی بنام الگوی یکنواخت[۱۴] در سال ۲۰۰۰ صورت گرفت. اگر الگوی محلی دودویی حداکثر شامل دو گذار صفر به یک و یا یک به صفر باشد یکنواخت نامیده می‌شود.

الگوی دودویی محلی مستقل از چرخش[۱۵] توسعه‌ای دیگر از الگوی محلی دودویی است. زمانی که یک تصویر در صفحه می‌چرخد تمام همسایه‌ها حول پیکسل مرکزی در یک جهت خواهند چرخید. این اثر چرخش منجر به مقادیر متفاوتی برای الگوی دودویی محلی می‌شود. برای این منظور، محققین توسعه جدیدی از الگوی محلی دودویی که مستقل از چرخش می‌باشد را معرفی کرده‌اند. عبارت مستقل از چرخش در اینجا مربوط به تغییرات مکانی وابسته به تغییرات نور و یا اشیا متفاوت نیست.

مستقل از چرخش برای برطرف کردن اثر نا مطلوب چرخش، از عملگر چرخشی بیتی دایره‌ای به سمت راست استفاده می‌شود تا با چندین تکرار تمامی کدهای دودویی که با این بیت‌ها می‌توان تولید کرد را بدست آورد و سپس کمترین مقدار دهدهی را از الگوی دودویی بدست آورد.

ماتریس هم وقوعی[۱۶] نیز روشی از الگوی دودویی محلی است که در واقع بیان فرکانس‌ها می‌باشد که دو پیکسل همسایه با شدت خاکستری خاص خودشان و با فاصله ثابت روی تصویر دارند. اگر فاصله دو پیکسل برابر یک باشد زاویه‌های ممکن در چهار جهت بین دو پیکسل با صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه بیان می‌شوند. در ماتریس هم وقوعی، بر خلاف هیستوگرام ساده که در آن اطلاعات مکانی پیکسل‌ها از بین رفته و فقط فراوانی مقادیر خاکستری پیکسل‌ها حساب می‌شود، موقعیت مکانی پیکسل‌ها نیز در نظر گرفته می‌شود. بعد از تشکیل ماتریس هم وقوعی بایستی بدنبال استخراج ویژگی‌های مناسبی بود که متمایزکننده یک کلاس از دیگری باشد. اثبات تفکیک‌کنندگی مناسب و دیگر ویژگی‌ها از قبیل تغییرناپذیری در تغییرات یکنواخت سطح خاکستری و کارایی محاسباتی، این روش را یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای آنالیز تصویر تبدیل کرده است.

اپراتور الگوی دودویی محلی اصلی پیکسل‌های تصویر را با اعداد دهدهی مشخص می‌نماید که تحت عنوان کدهای الگوی دودویی محلی خوانده شده می‌شود که می‌توانند ساختار محلی هرکدام از پیکسل‌ها را کدگذاری نمایند. به این ترتیب آن‌گونه که در شکل ۱ توضیح داده شده است هرکدام از پیکسل‌ها با هشت پیکسل همسایه در مجاورت سه در سه با کم کردن مقادیر پیکسل مرکزی مقایسه شده است و هر کدام از خانه‌ها مقدارش کمتر از مقدار مرکزی باشد صفر را نشان می‌دهد و موارد دیگر با یک همراه هستند. برای هرکدام از پیکسل‌های مشخص، یک عدد دودویی با استفاده از تمامی این مقادیر دودویی در یک جهت بلوکی ارائه می‌گردد که از قسمت‌های مجاور بالا سمت چپ شروع شده است.



شکل ۱: نمونه ای از اپراتور الگوی دودویی محلی

یکی از محدودیت‌های اپراتور الگوی دودویی محلی پایه این است که قسمت مجاور سه در سه کوچک آن نمی‌تواند ویژگی‌های غالب را با ساختارهای مقیاس وسیع حاصل نماید. برای ارتباط با بافت، مقیاس‌های متفاوت اپراتور به نحوی عمومی‌سازی شده است که می‌تواند از قسمت‌های مجاور با اندازه متفاوت استفاده نماید. قسمت مجاور محلی به عنوان مجموعه‌ای از نقاط نمونه‌گیری مطرح هستند که بر روی یک دایره قرار گرفته‌اند و در پیکسل‌های مشخص واقع شده‌اند و نقاط نمونه‌گیری که در پیکسل‌ها قرار نمی‌گیرند با استفاده از درون‌یابی دودویی حاصل شده‌اند و به این ترتیب اجازه می‌دهند تا هر شعاع و هر تعدادی از نقاط نمونه‌گیری گوناگون در مجاورت حاصل گردند. شکل ۲ نمونه‌ای از شکل توسعه‌یافته اپراتور الگوی دودویی محلی یعنی الگوی دودویی محلی طویل شده (ELBP)[۱۷] را نشان می‌دهد که در آن علامت (P,R) نشان‌دهنده P نمونه مجاور به صورت نقاطی بر روی یک دایره با شعاع R می‌باشد.

---

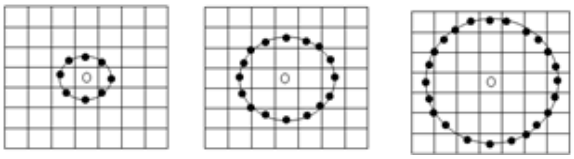
۱۴. Uniform Patterns

۱۵. Independent of the Rotation Local binary pattern

۱۶. Co-Occurrence Matrix

۱۷. Elongated LBP

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026



شکل ۲: نمونه‌ای از اپراتور دودویی محلی طویل شده، دوایر (۱و۸)، (۲و۱۶) و (۳و۲۴) در مجاورت مشاهده می‌گردند.

به طور رسمی با احتساب یک پیکسل خاص در فرمول زیر، الگوی دودویی محلی حاصل می‌تواند در قالب دهدهی به صورت معادله زیر نشان داده شود:

$$LBP_{P,R}(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{P-1} s(i_p - i_c)2^p \qquad (۱)$$

که در آن i، c و p بترتیب شامل مقادیر سطح خاکستری پیکسل مرکزی و پیکسل‌های اطراف و P تعداد پیکسل‌های اطراف بر روی دایره مجاور با شعاع R می‌باشد. تابع S نیز به صورت فرمول زیر نشان محاسبه می‌شود:

$$S(x) = \begin{cases} 1 & if \quad x \geq 0 \\ 0 & if \quad x < 0 \end{cases} \qquad (۲)$$

با توجه به تعریف فوق، اپراتور الگوی دودویی محلی پایه برای تغییر شکل‌های مقیاس خاکستری یکنواخت تغییر نمی‌کند که می‌تواند رده تمرکز پیکسل را در مجاورت محلی حفظ نماید و تصویری از برچسب‌های الگوی دودویی محلی محاسبه شده در یک منطقه به عنوان توصیف‌گر بافت نشان دهد.

اپراتور فرمول (۲) می‌تواند مقادیر خروجی متفاوتی مربوط به الگوهای محلی متفاوت را توسط P پیکسل مجاور نشان دهد. در صورتیکه تصویر بچرخد این پیکسل‌های اطراف، در هرکدام از قسمت‌های مجاور به همین ترتیب در مجاورت دایره حرکت می‌کنند و به این ترتیب نتیجه آن یک مقدار الگوی دودویی متفاوت می‌باشد و تنها استثنای الگوها یک و صفر خواهد بود. به منظور حذف چرخش تصویر، یک الگوی دودویی محلی ثابت چرخشی در [۸] پیشنهاد شده است که آنرا در فرمول (۳) می‌بینید:

$$LBP^{ri}_{P,R} = min\{ROR(LBP_{P,R}, i) | i = 0,1,\dots,p-1\} \qquad (۳)$$

که در آن $ROR(x, i)$ به عنوان یک تغییر متغیر سمت راست دایره‌ای کوچک در تعداد P بیت به صورت (x, i) اعلان می‌گردد. اپراتور $LBP^{ri}_{P,R}$ مقادیر آماری الگوهای انتشاری متغیر غیر چرخشی گوناگون را نشان می‌دهد که به ریز ویژگی‌های مشخص شده درون تصویر بستگی دارد و در حقیقت می تواند الگوهایی را نشان دهد که به عنوان آشکار ساز ویژگی[۱۸] لحاظ شده است. با این وجود در [۱۰] نشان داده شده است که چنین اپراتور الگوی محلی چرخشی ثابت ضرورتا نمی‌تواند اطلاعات متمایزی را ارائه دهد زیرا تناوبات الگوهای انتشاری، جداگانه تلفیق شده و همان‌طور که در فرمول $LBP^{ri}_{P,R}$ نشان داده شده تفاوت‌های عمده‌ای با یکدیگر داشته و فقط قابلیت تعیین مقادیر خام فضای زاویه‌دار در فواصل ۴۵ درجه امکان‌پذیر می‌گردد.

این نشان می‌دهد که الگوهای مجتمع شامل اطلاعاتی وسیع‌تر از این‌ها می‌باشد. این امکان وجود دارد که با استفاده از یک زیر مجموعه (2P) تایی از الگوهای دودویی، بافت تصویر را توصیف کرد. اوجالا و همکارانش الگوهای $LBP^{ri}_{P,R}$ را یکنواخت نامیدند. مشاهده شده است که الگوهای یکنواخت برای ۹۰٪ تمامی الگوها در یک همسایگی (۱ و ۸) به صورت مجاور و حدود ۷۰٪ در یک مجاورت (۲ و ۱۶) در تصویر بافت ارائه شده‌اند[۱]. یک آزمایش مشابه در پایگاه داده‌های FERET انجام پذیرفته است و مشخص شده که ۹۰٫۶٪ الگوها در یک مجاورت (۱ و ۸) و ۸۵٫۲٪ در یک مجاور (۲ و ۸) یکنواخت هستند[۱۱].

۳. مروری بر کارهای انجام شده الگوهای دودویی محلی

الگوی دودویی محلی اخیرا با تفاوت‌های عمده‌ای از عملکرد بهبود یافته در کاربردهای متفاوت توسعه یافته است. این تفاوت‌ها با تاکید بر جنبه‌های متفاوت اپراتور الگوی دودویی محلی اصلی ایجاد شده‌اند که عبارتند از: افزایش قابلیت ایجاد تمایز، افزایش قدرت، انتخاب مجاورت، توسعه به داده‌های سه بعدی و ترکیب با رویکردهای دیگر. در این بخش تفاوت‌های مشخص الگوهای محلی دودویی را مورد بررسی قرار می‌دهیم (برای مرور جدول ۱ را بررسی کنید).

۱۸. Feature Detector

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026

جدول ۱: فهرستی از تغییرات جدید الگوهای دودویی محلی

خصوصیات	نوع الگو	بخش فرعی
در نظر گرفتن اثرات پیکسل ها، ارائه الگو های ساختاری کامل	الگوی دودویی محلی بهبود یافته (الگوی دودویی محلی میانه)	افزایش قابلیت ایجاد تمایز
تلفیق الگو های غیر یکنواخت به صورت الگو های یکنواخت	الگوی دودویی محلی همینگ	
متمایز ساختن الگو های دودویی محلی که سبب ایجاد ابعاد عمده می گردد	الگوی دودویی محلی توسعه یافته	
شامل اطلاعات علامت و اطلاعات دامنه یک منطقه محلی مشخص می باشد	الگوی دودویی محلی تکمیل شده	
در یک آستانه جدید وارد می گردد، عدم وجود هیچ گونه متغیر کاملا ثابت در تبدیلات سطح خاکستری	الگو های چهارگانه محلی	بهبود قدرت
هیچ گونه متغیری برای تغییرات مقیاس خاکستری یکنواخت مشاهده نمی گردد، سبب ایجاد پیچیدگی محاسباتی بالا خواهد شد	الگوی دودویی محلی نرم	
استخراج اطلاعات غیر مشابه و از دست رفتن اطلاعات غیر مشابه، عدم تفاوت در فرآیند چرخش	الگوی دودویی محلی طویل شده	انتخاب مجاورت
دستیابی به اطلاعات ساختاری خرد و کلان	الگوی دودویی محلی چند بلوکی	
کد گذاری دسته ای اطلاعات بافتی	الگوی دودویی محلی سه/چهار دسته ای	
توسعه الگوی محلی دودویی به داده های حجمی سه بعدی	الگوی دودویی محلی سه بعدی	توسعه به داده های سه بعدی
توصیف بافت پویا که سبب ایجاد بعد پذیری بالا می گردد	الگوی دودویی محلی حجمی(الگوی دودویی محلی قله)	
ترکیب مزایای الگوی دودویی محلی و موجک گابور یعنی افزایش هزینه زمانی و ایجاد ابعاد بالا به طور همزمان	ترکیب الگوی دودویی محلی و موجک گابور	ترکیب با دیگر رویکرد ها
بهره مندی از مزایای تبدیلات مقیاسی ویژگی های یکنواخت، کاهش طول بردار ویژه	ترکیب الگوی دودویی محلی و تبدیلات ویژگی مقیاس ثابت	
دستیابی به عدم تغییرپذیری چرخشی برای کل تصویر	ترکیب الگوی دودویی محلی و هیستوگرام فوریه	

۳-۱- افزایش قابلیت تمایز

اپراتور الگوی دودویی محلی تعداد مشخصی از الگوها را برای توصیف ساختارهای محلی نشان می‌دهد. افزایش قابلیت تمایز آنها، نیازمند الگوهای بیشتری از اطلاعات قابل کدگذاری است.

ژائو و همکارانش اپراتور الگوی دودویی محلی را برای توصیف اطلاعات ساختاری محلی بیشتری در شرایط مشخص اصلاح نموده‌اند[۱۲]. به ویژه اینکه الگوی دودویی محلی بهبودیافته یا میانه (MLBP/ILBP)[۱۹] را پیشنهاد داده‌اند که می‌تواند تمامی پیکسل‌ها شامل پیکسل مرکزی را با میانگین شدت تمامی پیکسل‌ها در مسیر مورد نظر مقایسه نماید.

وجود همسایگی سه‌تایی در الگوی دودویی محلی بهبود یافته با ۵۱۱ الگو ($۱-۳^۹$ عدد صفر و یک) برای استفاده از قسمت‌های مجاور با هر اندازه خاص به جای مورد اصلی رگه سه در سه توسعه یافته است[۱۳]. تقریبا در همین زمان یک ساختار مشابه برای توسعه تبدیلات هماهنگ به عنوان تبدیلات هماهنگ اصلاح شده استفاده شده است[۱۴] که میانگین الگوی دودویی محلی ارائه گردیده مشابه با الگوی دودویی محلی بهبود یافته می‌باشد با این تفاوت که در این مورد پیکسل مرکزی مد نظر قرار نگرفته است.

گو و همکاران روش الگوی دودویی محلی هامینگ[۲۰] را برای بهبود قابلیت تمایز الگوی دودویی محلی اصلی پیشنهاد داده‌اند[۱۵]. آنها الگوهای غیر یکنواخت را مجددا بر مبنای فاصله همینگ طبقه‌بندی نموده‌اند که به جای جمع‌آوری آنها در یک مجموعه، جداگانه این کار را می‌کنند. در الگوی دودویی محلی همینگ، این الگوهای غیریکنواخت به صورت الگوهای یکنواخت موجود با به حداقل رسانیدن فاصله همینگ بین آن‌ها تلفیق شدند. برای نمونه می‌توان به الگوهای غیر یکنواخت (۱۰۰۰۱۱۱۰) که به الگوی یکنواخت (۱۰۰۰۱۱۱۱) تبدیل می‌گردند اشاره کرد، زیرا فاصله همینگ آنها یک می‌باشد. هنگامی که چندین الگوی یکنواخت فاصله همینگ مشابهی را با الگوی غیریکنواخت دارد موردی با حداقل فاصله یو کلیدی[۲۱] قابل انتخاب خواهد بود.

الگوی دودویی محلی توسعه‌یافته (E-LBP)[۲۲] یکی دیگر از رویکردها برای بهبود قابلیت تمایز الگوی دودویی محلی می‌باشد[۱۶]. اپراتور الگوی محلی توسعه‌یافته نه تنها مقایسه دودویی و دوگانه‌ای را بین پیکسل‌های مرکزی و قسمت‌های مجاور آن انجام می‌دهد بلکه می‌تواند تفاوت‌های دقیق ارزش خاکستری آن‌ها را با استفاده از برخی از واحدهای دودویی اضافی کدگذاری نماید. می‌توان گفت که ویژگی الگوی دودویی محلی

---

۱۹. Improved LBP (Mean LBP)

۲۰. Hamming LBP

۲۱. Euclidian

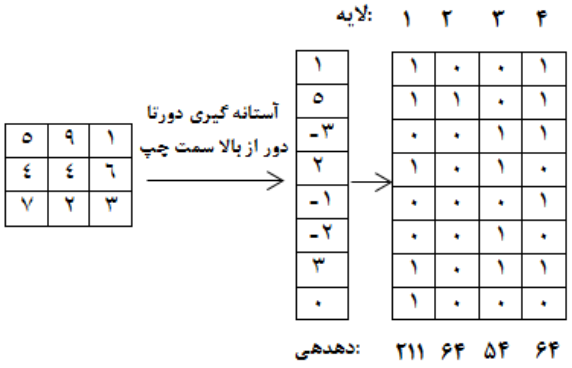
۲۲. Extended-LBP

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026

توسعه‌یافته از چندین مورد از ویژگی‌های الگوهای دودویی محلی تشکیل شده که در چندین لایه، کدگذاری را انجام می‌دهند و می‌توانند مقدار گرادیان[۲۳] بین پیکسل مرکزی و همچنین پیکسل‌های مجاور را کدگذاری کنند.

همان‌گونه که در شکل ۳ نشان داده می‌شود اولین لایه الگوی دودویی محلی توسعه‌یافته در واقع به عنوان کد الگوی دودویی محلی اصلی خوانده می‌شود که می‌تواند نشانه گرادیان را کدگذاری نماید. لایه‌های زیر از الگوی دودویی محلی توسعه‌یافته می‌توانند مقادیر مطلق‌گرادیان را کدگذاری کنند. در هر سمت مقادیر مطلق‌گرادیان برای مرتبه اول در نمونه دودویی کدگذاری شدند و در ادامه تمامی مقادیر دودویی در یک لایه مشخص به الگوی دودویی محلی اضافی ختم می‌شود. برای نمونه در شکل ۳، اولین لایه به عنوان کد الگوی دودویی محلی اصلی خوانده شده است که می‌تواند نشانه گرادیان را کدگذاری کند و به این ترتیب مقدار دهدهی ۲۱۱ را از شکل دودویی (۱۱۰۱۰۰۱۱) حاصل نماید. با استفاده از یک ساختار وزنی مشخص الگوی محلی در تمامی بیت‌های دودویی، کد الگوی دودویی محلی توسعه یافته لایه مربوط به آن ایجاد می‌گردد، برای مثال در لایه دوم مقدار دهدهی آن ۶۴ می‌باشد و لایه سوم ۵۴ و در پایان مقدار دهدهی لایه چهارم ۲۳۴ می‌باشد. در نتیجه هنگامی که بافت‌های محلی مشابه را توصیف می‌نماییم اگرچه الگوی دودویی محلی لایه اول به قدر کافی متمایز نیست، اطلاعات کدگذاری شده در لایه‌های اضافی دیگر برای تشخیص آنها مورد استفاده قرار گرفته است. حرکت رو به پایین آن نشان می‌دهد که الگوی دودویی محلی توسعه یافته می‌تواند ابعاد ویژگی‌ها را تا حد زیادی افزایش دهد.

اخیرا گو و همکارانش یک الگوی دودویی محلی کامل را پیشنهاد داده‌اند که کارش مشابه با الگوی دودویی محلی توسعه یافته می باشد[۱۷]. بعلاوه، الگوی دودویی محلی کامل شده شامل هر دو مورد نشانه و گرادیان دوم بین یک پیکسل مرکزی مشخص و قسمت‌های مجاور به منظور بهبود نیروی تمایز اپراتور الگوی دودویی محلی اصلی می‌باشد. بر خلاف استراتژی کدگذاری بیت دودویی که توسط الگوی دودویی محلی توسعه یافته مورد استفاده قرار می‌گیرد، الگوی دودویی محلی کامل شده مقادیر مطلق‌گرادیان را با پیکسل مرکزی مشخص برای ایجاد یک کد دودویی محلی گونه ترکیب می‌نماید.



شکل ۳. نمونه‌ای از اپراتور الگوی دودویی محلی توسعه یافته

۳-۲- بهبود قدرت

الگوی دودویی محلی به نویز حساس است زیرا آستانه اپراتور دقیقا مقدار پیکسل مرکزی می‌باشد. برای رفع این مسئله تان و تریگس نسخه الگوی دودویی محلی اصلی را به نسخه‌ای با کدهای دارای سه مقدار متفاوت توسعه دادند که تحت عنوان الگوهای سه‌گانه محلی خوانده می‌شود(LTP)[۲۴] [۱۸]. در الگوی سه‌گانه محلی شاخص S(X) معادله (۱)، توسط فرمول (۴) جایگزین می‌گردد:

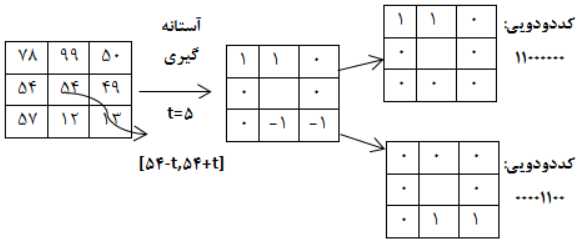
$$s(i_n, i_c, t) = \begin{cases} 1, & i_n \geq i_c + t \\ 0, & |i_n - i_c| < t \\ -1, & i_n \leq i_c - t \end{cases} \qquad (۴)$$

کدهای الگوهای‌های سه‌گانه محلی مقاومت بیشتری به نویز دارند اما عدم تحریک‌پذیری را برای تغییر شکل‌های سطح خاکستری نشان نمی‌دهند. یک رویکرد کدگذاری برای تقسیم‌بندی هرکدام از الگوهای سه‌گانه به دو قسمت تقسیم می‌شود که شامل مقادیر مثبت و مقادیر منفی می‌باشد (به شکل ۴ توجه کنید). یکی از مشکلات الگوهای سه‌گانه محلی تنظیم آستانه می‌باشد که چندان ساده نیست.

۲۳. Gradient

۲۴. Local Ternary Patterns

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026



شکل۴. نمونه‌ای از اپراتور الگوی چهارگانه محلی

الگوی دودویی محلی نرم (SLBP)[۲۵] که در [۱۹] معرفی شده است بجای معادله (۲)، دو معادله عضویت فازی (۵) و (۶) را بکار می‌گیرد:

$$S_{1,d}(x)=\begin{cases}0, & x<-d\\ 0.5+0.5\frac{x}{d}, & -d\le x\le d\\ 1, & x>d\end{cases} \qquad (۵)$$

$$S_{0,d}(x)=1-S_{1,d}(x) \qquad (۶)$$

پارامتر d مقادیر فازی بودن را کنترل می‌نماید که توسط تابع فازی انجام می‌پذیرد. هنگامی که مجاور محلی از P نمونه تشکیل شده است، هیستوگرام با یک اپراتور الگوی یکنواخت تحت عنوان $(0,1,\dots,2^p-1)$ می‌باشد. سهم هر پیکسل جداگانه (x_c, y_c) برای مشخص نمودن h از هیستوگرام برابر با فرمول (۷) خواهد بود:

$$SLBP(x_c,y_c,h)=\prod_{p=0}^{p-1}[b_p(h).S_{1,d}(i_p-i_c)+(1-b_p(h))\cdot S_{0,d}(i_p-i_c)] \qquad (۷)$$

که در آن $b_p(h)\in\{0,1\}$ نشان‌دهنده مقادیر عددی بیت P ام نمونه دودویی h می‌باشد. همچنین نشان داده شده است که الگوهای مشخص، محتوی اطلاعات بیشتری نسبت به موارد دیگر می‌باشند.

با احتساب الگوی دودویی محلی نرم، یک پیکسل می‌تواند در بیش از یک قسمت و بسته[۲۶] شرکت کند اما نسبت مجموع سهم پیکسل‌ها به تمامی بسته‌ها همیشه برابر یک می‌باشد. الگوی دودویی محلی نرم به افزایش قدرت در شرایطی می‌انجامد که تغییر مقادیر در تصویر ورودی تنها سبب تغییر محدودی در خروجی گردد. اگرچه تغییرناپذیری را از دست می‌دهد ولی با افزایش پیچیدگی محاسبات، تغییرات آن یکنواخت می‌گردد.

مقادیر مناسب d در معادله (۵) همانند الگوی دودویی محلی نرم تنظیم می‌گردد.

۳-۳- انتخاب مجاور

انتخاب یک مجاور مناسب برای روش دودویی محلی محور، تاثیر عمده‌ای بر روی غالب نهایی دارد. این مورد شامل تعدادی از نقاط نمونه‌گیری، توزیع نقاط نمونه‌گیری، شکل قسمت مجاور و اندازه قسمت مجاور می‌باشد.

پیکسل‌های مجاور در الگوی دودویی محلی اصلی به صورت دوایر توسط لیائو و همکاران نشان داده شدند و این مبحث را بیان نمودند که دلیل اصلی برای تعریف قسمت مجاور در چنین حالت، یکسانی، همگرایی و دستیابی به چرخش غیرمتناوب برای توصیف بافت می‌باشد[۲۰]. اگرچه این مورد برای تمامی کاربردها مناسب نیست اما در مقابل اطلاعات غیر یکنواخت می‌تواند به عنوان یک ویژگی مهم به حساب آید. در نتیجه الگوی دودویی محلی طویل شده را با پیکسل‌های مجاور قرار گرفته بر روی یک بیضی مطابق شکل ۵ پیشنهاد داده‌اند که این شکل دو مثال از الگوی دودویی محلی طویل شده را نشان می‌دهد که در آن A و B نشان‌دهنده محور طولانی تر افقی و محور کوتاه تر عمودی بوده و m نشان‌دهنده تعداد پیکسل‌های مجاور می‌باشد.

با توجه به الگوی دودویی محلی اصلی، روش درون‌یابی خطی برای پیکسل‌های مجاور مورد استفاده قرار می‌گیرد که دقیقا در پیکسل واقع نمی‌شود. اپراتور الگوی دودویی محلی طویل شده می‌تواند حول محور مرکزی بچرخد و یک زاویه ویژه را برای تعیین نمودن ساختار محلی طویل شده در جهات متفاوت برای دستیابی به آنالیز چند جهتی ایجاد نماید. به منظور دستیابی به این ساختارها و همچنین ساختارهای بزرگتر، ژو و همکاران الگوی دودویی محلی چند بلوکی(MBLBP)[۲۷] را پیشنهاد داده‌اند که به جای مقایسه پیکسل‌ها، میانگین تمرکز قسمت‌های فرعی مجاور را مقایسه می‌کند[۲۱]. الگوی دودویی محلی اصلی می‌تواند به عنوان یک مورد خاص از الگوی دودویی محلی چند بلوکی مورد توجه قرار گیرد. منطقه فرعی می‌تواند به عنوان مربع یا چهار گوش مشخص گردد. میانگین تمرکز در بلوک‌ها می‌تواند به شکل مشخصی با استفاده از جدول منطقه جمع‌بندی و محاسبه گردد و یا انتگرال تصویر محاسبه شود. یک طرح مشابه در [۲۲] ارائه شده است: الگوی دودویی محلی سه‌رگه (TP-LBP)[۲۸] و

---

۲۵. Soft LBP

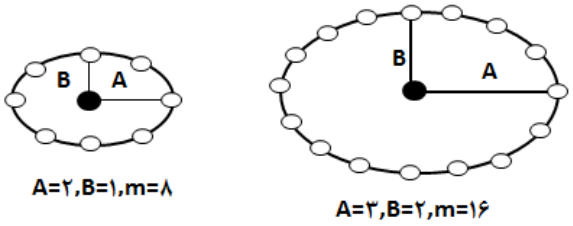
۲۶. Bin

۲۷. Multi Block LBP

۲۸. Three Patch LBP

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026

چهاررگه(FP-LBP)[۲۹] که برای مقایسه فاصله بین کل بلوک‌ها (رگه‌های) مورد نظر، بجای هر پیکسل میانگین متمرکز ارائه شده هر تابع فاصله می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (برای تفاضلات سطح خاکستری).



شکل ۵: نمونه ای از اپراتور الگوی دودویی محلی طویل شده

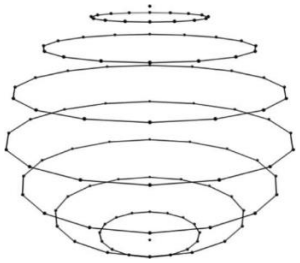
۳-۴- توسعه به الگوی محلی سه‌بعدی

در چندین مورد محققان تلاش نموده‌اند تا الگوی دودویی محلی را از صفحه دو بعدی به سه بعدی یعنی الگوی دودویی حجمی (VLBP)[۳۰] تبدیل نمایند[۲۳و۲۴و۲۵]. این مورد چندان ساده نیست و آن‌گونه که در نگاه اول به چشم می‌آید دو مشکل اساسی مطرح می‌گردد: اول این که مساوات در نمونه‌گیری‌ها در محدوده سه‌بعدی کار مشکلی است و نکته دوم اینکه به سختی می‌توان رده‌ای را برای این نقاط نمونه‌گیری مشخص نمود که نکته حائز اهمیت برای دستیابی به عدم تغییرپذیری در هنگام چرخش می‌باشد.

برای نشان دادن قابلیت دستیابی الگوی دودویی محلی به اطلاعات بافت پویا، ژائو و پیتیکانن قسمت‌های مجاور الگوی دودویی محلی را از صفحه دو بعدی به فضای سه‌بعدی توسعه داده‌اند[۲۵]. اپراتور تحت عنوان الگوی دودویی محلی حجمی یا سه‌بعدی (VLBP یا 3D-LBP) معرفی شده است که حرکت و اطلاعات وضعیت ظاهری را با یکدیگر تلفیق نموده و به این ترتیب می‌توان از آن برای آنالیز توالی تصویر یا ویدیوها استفاده نمود. لازم به ذکر است که این رویکرد سبب می‌شود که استفاده از آنالیز بافت پویای سری‌های زمانی دو بعدی به جای داده‌های حجمی کلی سه‌بعدی امکان‌پذیر گردد. ویژگی‌های الگوی دودویی محلی حجمی تنها به نگاشت و چرخش حساس نیستند (چرخش حول محور) بلکه جهت تغییرات مقیاس خاکستری یکنواخت مقاوم هستند. $VLBP_{(L,P,R)}$ در مقایسه با $LBP_{(P,R)}$، زمان غالب را به حساب می‌آورد و پارامتر L نشان‌دهنده طول فاصله زمانی می‌باشد. از یک مجاورت محلی کوچک حجمی، مقایسه پیکسل‌های مجاور با پیکسل‌های مرکزی در برخی از واحدهای دودویی حاصل می شود و مقادیر وزنی برای این واحدها به عنوان یک خط مار پیچ ارائه شده است.

به منظور ایجاد سادگی محاسباتی الگوی دودویی محلی حجمی و آسانی توسعه آن، فقط هم وقوعی در سه بعد جداگانه مدنظر قرار می‌گیرد. بافت‌ها همراه با هیستوگرام‌های دودویی محلی موجود مدل‌سازی شده‌اند و از سه صفحه عمود بر یکدیگر گرفته شده‌اند و به این ترتیب این نسخه ساده از الگوی دودویی محلی حجمی تحت عنوان الگوی دودویی محلی قله[۳۱] خوانده می‌شود. نمونه‌گیری مرسوم مدور توسط یک بیضی به نحوی جایگزین شده است که پارامترهای شعاعی متفاوت در حوزه فضایی و زمانی قابل جایگزینی خواهند بود.

فهر تغییر شکل هارمونیک و موزون کروی را برای ایجاد یک پایه متعامد در دو کره معرفی نموده و در ادامه ویژگی‌های الگوی دودویی محلی را در حوزه تناوب محاسبه نموده است[۲۵]. این روش بر هر دو مورد مشکلات فوق غلبه می‌نماید. محققین راه‌حل‌های دیگری را برای الگوی دودویی محلی در سه بعد پیشنهاد داده‌اند. آنها از برخی دوایر برای نشان دادن کره استفاده نموده و پارامتر S را اضافه کرده و به این ترتیب اپراتور $LBP_{(S,P,R)}$ را معرفی کردند که در شکل ۶ می‌توانید آن را ببینید و همچنین قوانین یکنواخت را به صورت دو بعدی ارائه داده‌اند. این روش سبب می‌شود که مسئله تمایز بافت مشابه با توصیف الگوی دودویی محلی پیش رود.



شکل ۶. یک مثال از الگوی دودویی محلی سه‌بعدی (S=۹ و P=۱۶ و R=۲)

۳-۵- تلفیق با ویژگی‌های روش‌های دیگر

برای نمونه مجموعه‌ای از رویکردها برای تلفیق موجک‌های گابور و ویژگی‌های الگوی دودویی محلی با استفاده از روش‌های متفاوت

[۲۹] . Four Patch LBP

[۳۰] . Volume LBP

[۳۱] . LBP-TOP

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026

پیشنهاد شده‌اند[۲۶]. همچنین در [۲۷] محاسبه شده است که موجک گابور و ویژگی الگوی دودویی محلی محور به صورت متقابل حالت مکمل دارند زیرا الگوی دودویی محلی می‌تواند جزئیات وضعیت ظاهری محلی را ایجاد نموده در حالی که موجک گابور اطلاعات شکل را در یک محدوده وسیع‌تر از مقیاس نشان می‌دهد. یک استراتژی جفت شدن ساده برای استخراج اولیه ویژگی‌های گابور و الگوی دودویی محلی به طریقی موازی مطرح شده‌اند و در ادامه دو نوع متفاوت از ویژگی‌ها در سطح ویژگی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند که با سطح امتیاز یا سطح تصمیم هماهنگ می‌باشند[۲۷و۲۸].

یکی دیگر از روش‌ها، تلفیق و ترکیب استراتژی سریالی است که در اصل از کاربرد فیلترهای گابور تشکیل شده و در ادامه الگوی دودویی محلی برای تصویر خام مورد استفاده قرار می‌گیرد[۲۹]. نگاشت‌های ویژه گابور (GFM)[۳۲] چندگانه توسط تصاویر ورودی درهم پیچیده به کمک فیلترهای گابور چند مقیاسی و چند جهتی نمود یافته و محاسبه شده است. هر نگاشت ویژه گابور به مناطق بدون هم‌پوشانی کوچک تقسیم‌بندی شده‌اند که هیستوگرام‌های دودویی محلی از آنها حاصل شده و در نهایت می‌توانند درون یک هیستوگرام دارای ویژگی‌های مشخص قرار گیرند. الگوهای هیستوگرام چند رزولوشنی متغیر محلی(MHLVP)[۳۳][۲۰] و همچنین الگوی هیستوگرام دودویی گابور محلی[۳۰] بر مبنای چنین فرایندی پیشنهاد شده‌اند. اخیرا نویسندگان یک روش سریالی مشابه را با استفاده از هر دو مورد موجک و الگوی دودویی محلی پیشنهاد داده‌اند که در آغاز از موجک برای تجزیه تصاویر خام به درون تصاویر چهار فرکانسی استفاده گردیده است که برای نمونه می‌توان به فرکانس افقی بالا با تناوب کم، فرکانس بالای عمودی و فرکانس بالای دو وجهی اشاره نمود که به عنوان نهاده‌هایی برای الگوی دودویی محلی اصلی مطرح هستند.

با انگیزه‌ای که توسط الگوی دودویی محلی قله و الگوی هیستوگرام دودویی گابور محلی(LGBPH)[۳۴]برای آنها ایجاد گردیده است یک حجم تصویر محور گابور رده سوم را ایجاد نموده و در ادامه از الگوی دودویی محلی اصلی برای سه صفحه متعامد برای استخراج اطلاعات متمایز نه تنها در حوزه فضایی بلکه در حوزه‌های جهت‌گیری و تناوب گابور استفاده نموده‌اند. برای کاهش پیچیدگی محاسباتی، اپراتور محلی دودویی متغیر سراسری(GV-LBP)[۳۵] برای توصیف تغییرات صورت گرفته در حوزه‌های جهت‌گیری و تناوب فضایی به صورت هم زمان با تعریف جهت‌گیری‌ها و نقاط مجاور مقیاس در تصاویر گابور متفاوت پیشنهاد شده‌اند.

یک الگوی دودویی محلی متقارن مرکزی(CS-LBP)[۳۶] تنها توسط مقایسه‌ای از جفت پیکسل‌های مجاور پیشنهاد شده است که در قطر مشابه دایره قرار می‌گیرند[۳۱]. چنین تفاضلاتی می‌توانند الگوی دودویی محلی را با تبدیلات ویژگی ثابت مقیاسی(SIFT)[۳۷] ترکیب نمایند و به این ترتیب واحدهای دودویی کمتری را نسبت به الگوی دودویی محلی اصلی ایجاد می‌نمایند. تفاوت بین الگوی دودویی محلی متقارن مرکزی و الگوی دودویی محلی با هشت پیکسل مجاور در شکل ۷ ارائه شده است.

در ادامه، دیگر محققین الگوهای دودویی مرکزی(CBP)[۳۸] را معرفی نموده‌اند که یک اصلاح محدود را برای این ویژگی سبب می‌گردد و پیکسل مرکزی را با میانگین مقادیر تمامی پیکسل‌ها در مجاورت برای ایجاد یک واحد دودویی اضافی تلفیق می‌نماید که بیشترین مقادیر وزنی را برای تاکید بر تاثیرات بیت دودویی جدید به خود اختصاص می‌دهد. همچنین اخیرا برای تلفیق الگوی دودویی محلی و تبدیلات ویژگی ثابت مقیاسی به طریق سریالی پیشنهاداتی را ارائه داده‌اند. اولین مورد، ارائه اپراتور الگوی دودویی محلی اصلی در تصویر ورودی با استفاده از مقیاس متفاوت برای استخراج چندین مورد تصاویر که الگوی دودویی محلی چند مقیاسی(MS-LBP) نامیده می‌شود و در ادامه تبدیلات ویژگی ثابت مقیاسی با تصاویر حاصل از الگوی دودویی محلی چند مقیاسی برای ایجاد تطابق محلی مورد استفاده قرار گرفته است.

---

[۳۲] . Gabor Feature Maps

[۳۳] . Multi Resolution Histograms of Local Variation Patterns

[۳۴] . local Gabor Binary Pattern Histogram

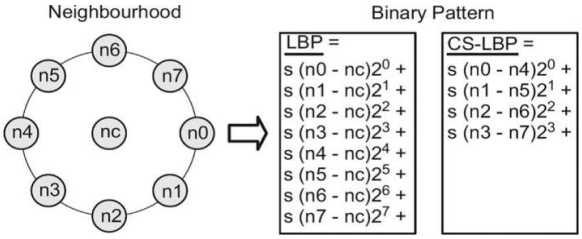
[۳۵] . Global Variable LBP

[۳۶] . Center-symmetric LBP

[۳۷] . Scale-invariant Feature Transform

[۳۸] . Centralized Binary Patterns

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026



شکل ۷. ویژگی‌های الگوی دودویی محلی متقارن مرکزی و الگوی دودویی محلی برای مجاورت هشت پیکسل

همچنین آهونن رویکردی را پیشنهاد داد که تحت عنوان ویژگی‌های فوریه هیستوگرام الگوی دودویی محلی (LBP-HF)[۳۹] نام‌گذاری شده‌اند تا به این ترتیب بتوانند الگوی دودویی محلی و تغییر شکل فوریه متمایز(DFT)[۴۰] را با یکدیگر تلفیق کنند. برخلاف ویژگی‌های الگوی دودویی محلی چرخشی ثابت، توصیف‌گر فوریه هیستوگرام الگوی دودویی محلی با مقایسه یک هیستوگرام الگوی محلی در کل منطقه ایجاد شده است و در ادامه ویژگی‌های غیر متغیر چرخشی از هیستوگرام با تغییر شکل متمایز فوریه ایجاد گردیده است. این مورد به این معناست که عدم تغییرپذیری چرخش به طور کلی حاصل شده و به این ترتیب ویژگی‌ها برای چرخش‌های کل سیگنال ورودی بدون تغییر باقی می‌مانند اما هنوز هم اطلاعاتی در رابطه با توزیع نسبی جهت‌گیری‌های متفاوت یک الگوی دودویی محلی یکنواخت مطرح است.

۳-۶- انتخاب ویژگی الگوی دودویی محلی

در اغلب فعالیت‌های صورت گرفته الگوی دودویی محلی، تصویر ورودی به مناطق کوچک‌تر تقسیم‌بندی می‌گردد و هیستوگرام حاصل از آن به صورت هیستوگرام‌های محلی بهم پیوسته طولانی به بردار ویژگی‌های طولانی‌تر با ابعاد $O(10^3)$ توسعه‌یافته‌اند. بعلاوه برخی از متغیرهای جدید سبب افزایش طول بردار ویژگی به طور چشمگیری خواهند شد که از آن جمله می‌توان به الگوی دودویی محلی طویل شده، الگوی دودویی حجمی و الگوی دودویی محلی موجکی گابور اشاره نمود. اعتقاد بر این است که بردار ویژگی الگوهای محلی و محور حاصل می‌تواند یک نمونه کامل را با اطلاعات فراوان ارائه نماید که به عنوان مورد متمایزتر و متراکم تر مطرح می‌گردد. بعلاوه هنگام ایجاد سیستم‌های زمان واقعی دارا بودن یک نمونه الگوی محلی دودویی با کاهش طول ویژه مطلوب است و به تمامی این دلایل، مسئله انتخاب ویژگی الگوی دوتایی اخیراً در بسیاری از منابع پیشنهاد داده شده است. می‌توانیم این روش را به دو طبقه‌بندی تقسیم نماییم: اولین مورد کاهش‌دهنده طول ویژگی‌ها بر مبنای برخی از قوانین همانند الگوهای یکنواخت می‌باشد در حالیکه مورد دیگر استفاده کردن از روش‌های انتخاب ویژگی برای انتخاب الگوهای تمایزی می‌باشد. هر دو مورد جریان‌ها نکات مثبت و نکات منفی منحصر به فرد خود را دارند. اولین مورد ساده است اما قابلیت انتخاب ویژگی محدودی دارد و در مقابل مورد دوم ظرفیت انتخاب ویژگی بهتری را نشان می‌دهد اما معمولا نیازمند آموزش آفلاین می‌باشد که می‌تواند از نقطه‌نظر محاسباتی گران‌قیمت باشد.

فراگیری افزایشی یک روش کارآمد را برای انتخاب ویژگی‌ها نشان می‌دهد. با تغییر و تعیین مقیاس تصویر در زیر دریچه‌ها، مناطق فرعی بیشتری برای دستیابی به هیستوگرام محلی الگوهای دودویی حاصل شده است و فاصله بین هیستوگرام‌های مربوطه از دو تصویر به عنوان یک ویژگی تمایزی بیان شده است. روش آدابوست[۴۱]برای فراگیری تعداد محدودی از کارآمدترین ویژگی‌ها مطرح گردیده است. این رویکرد می‌تواند به عملکردی دست یابد که اندکی بهتر است اما تعداد محدودی از هیستوگرام‌های محاسبه شده از مناطق محلی را دارا می‌باشد. از آنجا که تمامی پنجره‌ها ضرورتاً برای تامین اطلاعات مفید مطرح نیستند آزمایشات آنها نشان می‌دهد که بین‌های الگوهای انتخابی می‌توانند نمونه متراکم‌تری را با طول کاملاً کاهش یافته بردار ویژگی ارائه نمایند در حالیکه عملکرد بهتری را ایجاد می‌کنند. آدابوست تا حد زیادی برای انتخاب ویژگی‌های الگوهای دودویی محلی در وظایف گوناگون مطرح شده است[۳۴،۳۳،۳۲،۱۶و۳۵].

فراگیری فضای فرعی و یا کاهش بعدپذیری، مجموعه داده‌ها را از فضای دارای ابعاد بالا به یک فضای کم بعد تبدیل می‌نماید و به این ترتیب می‌توان از آن برای ویژگی‌های الگوی دودویی محور و برای ارائه یک نمونه متراکم کم بعد استفاده نمود. برای نمونه با تلفیق موجک گابور و ویژگی‌های الگوهای محلی دودویی برای تشخیص چهره، تان و تریگز در آغاز بردارهای ویژگی اصلی را در آنالیز اجزای اصلی(PCA)[۴۲] به صورت فضای خاص لحاظ نموده و در ادامه از بردارهای معمول متمایز هسته‌ای(KDCV)[۴۳] برای استخراج ویژگی‌های متمایز استفاده کرده‌اند[۲۸].

---

[۳۹] . LBP Histogram Fourier Features

[۴۰] . Discrete Fourier Transform

[۴۱] . AdaBoost

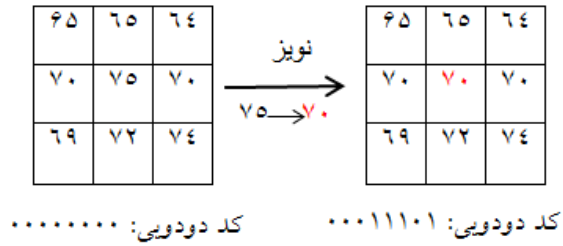
[۴۲] . Principal component analysis

[۴۳] . Kernel discriminative common vector

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026

۴. معایب الگوی دودویی محلی و ارائه راه‌کار

از آنجا که مقدار سطح خاکستری پیکسل مرکزی، مستقیما به عنوان حد آستانه[۴۴] بکار گرفته می‌شود، الگوی محلی دودویی در مقابل نویز حساس است، به خصوص قسمت های تقریبا غیر یکنواخت تصاویر. از آنچه که در شکل ۸ نشان داده شده است در می‌یابیم که تغییرات کوچک در پیکسل مرکزی (مثلا از ۷۰ به ۷۵) می‌تواند تاثیر زیادی در کدهای الگوی محلی دودویی داشته باشد.



شکل ۸: یک مثال از الگوی محلی دودویی حساس به نویز

عیب دیگر الگوی دودویی محلی این است که با ساختارهای الگویی متفاوت از بافت‌ها، کدهای دودویی یکسانی ممکن است نتیجه گردد. همان طور که در شکل ۹ نشان داده شده است دو الگو، کد دودویی محلی یکسانی دارند با اینکه سخت است بگوییم این دو ساختار محلی به هم شبیه‌اند.



شکل ۹. یک مثال از دو الگوی ساختاری متفاوت با کد دودویی یکسان

به منظور حل مشکلات فوق‌الذکر در این بخش یک چارچوب قوی برای الگوی محلی دودویی ارائه می‌کنیم که هم مزایای الگوهای محلی دیگر را به ارث می‌برد و هم می‌تواند بر ایرادات آنها چیره شود.

۴-۱- الگوی دودویی محلی مقاوم (RLBP)[۴۵]

هدف، یافتن یک آستانه است که نسبت به نویز حساسیت نداشته باشد و در مقابل تبدیلات سطح خاکستری یکنواخت، ثابت باشد. ما یک سطح خاکستری متوسط (ALG)[۴۶] را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$ALG = \frac{\sum_{i=1}^{8} g_i + g}{9} \qquad (۸)$$

در اینجا g مقدار خاکستری پیکسل مرکزی را بیان می‌کند و $g_i (i=0,\dots,8)$ مقدار سطح خاکستری پیکسل‌های همسایه هست. ALG متوسط سطح خاکستری بافت محلی را ارائه می‌دهد که قطعا در مقابل نویز نسبت به خود پیکسل مرکزی نیرومندتر عمل می‌کند[۳۶]. سپس در فرایند الگوی دودویی محلی، ALG به عنوان حد آستانه بکار گرفته می‌شود. این روش الگوی دودویی محلی نیرومند نامیده می‌شود. به عنوان یک نتیجه ما الگوی دودویی محلی نیرومند را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$RLBP_{P,R} = \sum_{P=0}^{P-1} s(g_P - ALG_c)\, 2^P = \qquad (۹)$$

$$\sum_{P=0}^{P-1} s\left(g_P - \frac{\sum_{i=1}^{8} g_{ci} + g_c}{9}\right) 2^P$$

در اینجا g_c مقدار سطح خاکستری پیکسل مرکزی و $g_p (p=0,\dots,8)$ مقدار سطح خاکستری پیکسل‌های همسایه بر روی یک دایره به شعاع R است و P مجموع تعداد همسایگان می‌باشد. همچنین $g_{ci} (i=0,\dots,8)$ نمایان گر مقدار سطح خاکستری پیکسل‌های مجاور g_c است. واضح است که الگوی دودویی محلی نیرومند حساسیت کمتری به نویز دارد زیرا مقدار متوسط سطح خاکستری به عنوان حد آستانه بکار گرفته می‌شود. علاوه بر این، دو الگوی متفاوت با کد دودویی محلی سنتی یکسان، ممکن است کد دودویی محلی نیرومند شده متفاوت داشته باشند زیرا همسایگان هر پیکسل مجاور نیز در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین الگوی دودویی محلی نیرومند می‌تواند بر دو مشکل مزبور الگوی محلی دودویی سنتی چیره شود.

ALG مقدار خاص پیکسل‌های منحصر به فرد را نادیده می‌گیرد. اغلب اوقات اطلاعات پیکسل‌های مرکزی مورد نیاز است. یک توازن بین عدم نویزپذیری و پیکسل‌های منحصر به فرد وجود دارد. پس ما سطح خاکستری وزن دار(WLG)[۴۷] محلی را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$WLG = \frac{\sum_{i=1}^{8} g_i + \alpha g}{8+\alpha} \qquad (۱۰)$$

---

[۴۴] . Threshold

[۴۵] . Robust LBP

[۴۶] . Average Local Gray Level

[۴۷] . Weighted Local Gray Level

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026

G و g_i در معادله (۸) تعریف شده‌اند. α پارامتری است که توسط کاربر تنظیم می‌شود. توجه داشته باشید که سطح خاکستری وزن دار معادل ALG متداول است اگر α مجموعه‌ای از یک‌ها باشد. حال الگوی دودویی محلی نیرومند را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$RLBP_{P,R} = \sum_{P=0}^{P-1} s\,(g_P - WLG_c)2^P = \sum_{P=0}^{P-1} s\left(g_P - \frac{\sum_{i=1}^{8} g_{ci} + \alpha g_c}{8+\alpha}\right)2^P \qquad (۱۱)$$

g_p، g_c و g_{ci} در معادله (۹) تعریف شده‌اند. α پارامتر سطح خاکستری وزن‌دار است. به عنوان مجموعه‌ای از آزمایشاتی که بر روی پایگاه داده بافتی انتخابی بزرگ انجام شد پارامتر α بهینه در این مقاله موجود است. تصاویر مجموعه داده‌ای CUReT دچار تغییرات قابل توجه در شدت نور، تنوع در نقطه دید و تغییرات مقیاسی هستند. بنابراین آزمایشات را بر روی مجموعه داده‌ای CUReT و مجموعه داده‌ای CUReT نویزی(SNR=5)[۴۸] انجام شده است. توابع پاسخ برای αهای متفاوت بر روی مجموعه داده‌ای CUReT و مجموعه داده‌ای CUReT نویزی نشان می دهد که الگوی دودویی محلی نیرومند با αهای ۹،۸ و ۱۰ روی پایگاه داده نرمال بهتر عمل می‌کند. همچنین زمانی α=۱ است و نویز وجود ندارد الگوی دودویی محلی نیرومند بهتر عمل می‌کند و همچنین زمانی که α بزرگتر از هشت است الگوی دودویی محلی نیرومند حساسیت بیشتری نسبت به نویز دارد. بنابراین در روش ما، با توجه به نتایج تجربی α یک یا هشت تنظیم می‌گردد. بعبارت دیگر، الگوی دودویی محلی نیرومند با α=۱ در مقابل الگوی دودویی محلی نیرومند با α=۸ حساسیت کمتری نسبت به نویز دارد در صورتیکه الگوی دودویی محلی مقاوم با α=۸ در مقابل نورهای مختلط و بغرنج و همچنین در مقابل حالات مختلف نقطه دید پایدارتر است زیرا اطلاعات سطح خاکستری را هم از مجموعه همسایگان محلی و هم از پیکسل‌های منحصر به فرد استخراج می‌کند.

۴-۲- الگوی دودویی محلی تکمیل‌شده مقاوم

به خاطر الگوهای محلی گیج‌کننده مختلف دودویی، الگوی دودویی محلی نیرومند، چارچوبی از الگوی دودویی محلی را به ارث برده است. مقدار m_p به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$m_P = |WLG_P - WLG_c| = \left|\frac{\sum_{i=1}^{8} g_{Pi}+\alpha g_P}{8+\alpha} - \frac{\sum_{i=1}^{8} g_{ci}+\alpha g_c}{8+\alpha}\right| \qquad (۱۲)$$

$g_{pi}(i=0,\ldots,8)$، g_p، g_c و g_{ci} در معادله (۹) تعریف شده‌اند. g_p نشان‌دهنده شدت خاکستری پیکسل‌های مجاور g_p و α پارامتر سطح خاکستری وزن‌دار است. دامنه الگوی دودویی محلی نیرومند(RLBP_M)[۴۹] با استفاده از واریانس محلی سطح خاکستری وزن‌دار به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$RLBP_{M_{P,R}} = \sum_{P=0}^{P-1} s(m_P - c)2^P \qquad (۱۳)$$

در اینجا میانه مقادیر m_p، به عنوان حد آستانه c تنظیم می‌گردد. پیکسل مرکزی که بیان‌کننده سطح خاکستری مرکزی تصویر است، شامل اطلاعات ایجاد تمایز است. بنابراین ما می‌توانیم یک اپراتور بنام الگوی دودویی محلی نیرومند مرکزی (RLBP_C)[۵۰] به صورت زیر تعریف کنیم تا اطلاعات مرکزی محلی را استخراج کنیم:

$$RLBP_{C_{P,R}} = s(WLG_c - C_i) \qquad (۱۴)$$

در اینجا حد آستانه c_i به عنوان متوسط سطح خاکستری محلی در هر قسمت از کل تصویر تنظیم می‌شود. همان طور که در [۱۳] نشان داده شده است، از راه‌های مختلفی برای ترکیب سه اپراتور الگوی دودویی محلی مقاوم، دامنه الگوی دودویی محلی نیرومند و الگوی دودویی محلی نیرومند مرکزی استفاده کرد.

اقدامات زیادی برای تمایز قائل شدن و عدم تجانس بین دو هیستوگرام ارائه شده است. در این مقاله ما از آماره x^2 برای این کار استفاده کرده‌ایم. اگر برای $H=\{h_i\}$ ،$(i=1,\ldots,B)$ و $K=\{k_i\}$ نمایانگر دو هیستوگرام باشند پس آماره x^2 به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$L(S, M) = \sum_{b=1}^{B}(S_b * \log(M_b)) \qquad (۱۶)$$

در اینجا b یک عدد bins و B مجموع تمامی binهاست، که با توجه به استفاده از هیستوگرام در زبان برنامه‌نویسی مطلب و روش این مقاله، B=۲۵۶ و b هم بین صفر تا ۲۵۵ هست. در معادله (۱۶)، L یک شبه روش است که احتمالات نمونه S را که از طریق کلاس‌های بافتی تناوبی جایگزین بدست ید، اندازه‌گیری می‌کند که بر پایه احتمالات درستی از ارزش‌های خصیصه با مدل‌های بافتی از قبل رده‌بندی شده M می‌باشد. در مورد توزیع

[۴۸] . Signal-to-Noise Ratios

[۴۹] . Robust LBP Magnitude

[۵۰] . Robust LBP-Center

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026

اتصالات LBP/VAR، معادله (۱۶) در یک روش درست با ردگیری و جستجو از میان هیستوگرام‌های دوبعدی توسعه یافت. حال معادله (۱۷) را ببینید. هرچه خروجی این معادله کمتر باشد، احتمال اینکه این دو تصویر نمونه و مرجع هم کلاس باشند بیشتر است.

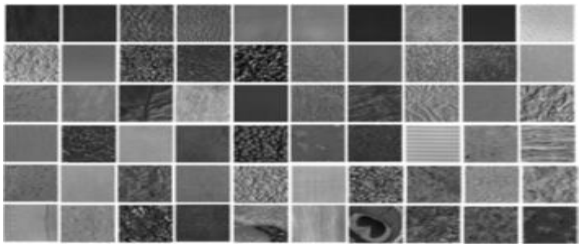
$$G(S,M) = 2\sum_{b=1}^{B}\left(S_b * \log\left(\frac{S_b}{M_b}\right)\right) \qquad (۱۷)$$
$$2\sum_{b=1}^{B}(S_b * \log(S_b) - S_b * \log(M_b))$$

۵. ارزیابی نتایج تجربی

برای ارزیابی روش ارائه شده، ما یک سری از آزمایشات را روی پایگاه داده بافتی CUReT [۳۷] و Outex انجام داده‌ایم تا دقت طبقه‌بندی الگوی دودویی محلی تکمیل شده مقاوم بررسی گردد. برای هدایت آزمایشات روی تصاویر نویزی، هر تصویر بافتی با افزودن نویز گوسین[۵۱] با میانه و انحراف معیار صفر خراب می‌گردد که با توجه به نسبت سیگنال به نویز تعیین می‌گردد. همچنین قسمت‌بندی تصاویر آکوستیکی بستر دریا به کمک روش ارائه شده و مقایسه نتایج با روش‌های قبل، راه کار مقاله را مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

۵-۱- مشاهده نتایج تجربی روی پایگاه داده CUReT

پایگاه داده CUReT شامل ۶۰ تصویر بافتی با نقطه دیدها و جهات نور متفاوت می‌باشد (شکل ۱۰ را ببینید). در هر کلاس، ۹۲ تصویر از تصاویر عکسی با زوایای دید کمتر از ۶۰ درجه انتخاب می‌شود.



شکل ۱۰. تصاویر بافتی از مجموعه داده‌ای CUReT

برای مجموعه مدل، N تصویر به صورت تصادفی از هر کلاس انتخاب می‌کنیم و سپس از (N-۹۲) تصویر باقیمانده بعنوان داده‌های تست استفاده می‌کنیم. متوسط میزان طبقه‌بندی برای بیش از صد جز تصادفی، در جدول ۲ لیست شده است:

جدول ۲: میزان طبقه‌بندی در پایگاه داده CUReT بر حسب درصد

شعاع و تعداد مجاور	R=۱,P=۸		R=۲,P=۱۶		R=۳,P=۲۴	
تعداد نمونه مدل	۲۳	۶	۲۳	۶	۲۳	۶
LBP	۷۴,۴۰	۵۸,۰۵	۷۰,۳۹	۵۶,۳۰	۷۳,۷۲	۵۹,۸۱
CLBP_S/M/C	۹۱,۲۰	۷۳,۴۴	۹۱,۲۴	۷۵,۴۱	۹۱,۷۷	۷۶,۱۶
RLBP($\alpha = 8$)	۶۸,۷۵	۵۴,۰۹	۷۰,۳۹	۵۶,۳۰	۷۳,۷۲	۵۹,۸۱
CRLBP($\alpha = 8$)	۹۱,۳۳	۷۶,۵۶	۹۱,۸۵	۷۷,۷۹	۹۱,۸۳	۷۸,۴۳
RLBP($\alpha = 1$)	۶۶,۲۴	۵۳,۴۴	۶۶,۳۵	۵۳,۱۳	۶۸,۱۸	۵۴,۵۰
CRLBP($\alpha = 1$)	۸۹,۴۷	۷۳,۲۲	۹۱,۱۰	۷۶,۳۹	۹۰,۷۳	۷۶,۳۴

با توجه به جدول ۲، اولا درمی‌یابیم که الگوی دودویی محلی تکمیل شده مقاوم با α=۸ بهترین طبقه‌بندی را نسبت به سایر روش‌ها دارد، به خصوص زمانی که داده‌های مدل کمتر باشند. دوم اینکه، وقتی تعداد داده‌های مدل به اندازه کافی باشد، الگوی دودویی محلی تکمیل شده مقاوم با α=۱ اجرای بدتری نسبت به الگوی دودویی محلی تکمیل شده دارد. زمانی که داده‌های مدل کمتر از ۲۳ عدد و شعاع بزرگتر از یک باشد الگوی دودویی محلی تکمیل شده مقاوم با α=۱ کمی بهتر از الگوی دودویی محلی تکمیل شده عمل می‌کند. بنابراین الگوی دودویی محلی تکمیل شده مقاوم با α=۸ پایدارتر از الگوی دودویی محلی تکمیل شده نیرومند با α=۱ است زیرا هم اطلاعات سطح خاکستری و هم اطلاعات خاص پیکسل‌های منحصر به فرد را برمی‌گرداند.

در جدول ۳ الگوی ارائه شده را با الگوی دودویی محلی واریانس[۵۲] [۱۵]، الگوی دودویی محلی انطباقی[۵۳] [۳۸]، الگوی دودویی محلی ادغامی با داده‌کاوی[۵۴] [۳۹] و الگوی دودویی محلی مونوژنیک[۵۵] [۴۰] نیز مقایسه کرده‌ایم که نتایج مشابهی را ارائه می‌کند.

[51] . Chi-square statistic

[۵۲] . Log-likelihood ratio

[۵۳] . Gaussian noise

[۵۴] . LBP-Variance

[۵۵] . Adaptive-LBP

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026

جدول ۳. مقایسه میزان طبقه‌بندی در پایگاه داده CUReT با کارهای دیگر

شعاع و تعداد مجاور	R=۱,P=۸		R=۲,P=۱۶		R=۳,P=۲۴	
تعداد نمونه مدل	۴۶	۲۳	۴۶	۲۳	۴۶	۲۳
LBP/Var	۹۳,۶۵	۷۰,۷۰	۹۳,۹۰	۷۰,۸۲	۹۳,۹۰	۷۰,۹۱
LBPV	۸۸,۲۳	۷۱,۵۶	۸۹,۷۷	۷۳,۱۰	۹۱,۰۹	۷۴,۲۶
LBPV_GM	۹۳,۱۹	۷۵,۲۶	۹۴,۱۵	۷۹,۶۶	۹۲,۹۷	۷۶,۶۹
ALBP	-	۵۷,۴۰	-	۶۷,۳۰	-	۶۵,۵۰
ALBPF	-	۶۶,۱۰	-	۷۲,۷۰	-	۷۱,۷۰
$LBP/LDDP^2$	۷۲,۸۵		۷۰,۷۴		۶۶,۴۰	
$LBP/LDDP^3$	۶۷,۹۱		۶۸,۶۴		۶۷,۴۱	
M_LBP	۸۸,۹۶ (۲۳ نمونه) و ۹۳,۷۶ (۴۶ نمونه)					
$CRLBP(\alpha = 8)$	۹۵,۳۹	۹۱,۳۳	۹۵,۸۸	۹۱,۸۵	۹۶,۲۷	۹۱,۸۳
$CRLBP(\alpha = 1)$	۹۴,۵۵	۸۹,۴۷	۹۴,۷۸	۹۱,۱۰	۹۵,۳۵	۹۰,۷۳

برای هدایت تصاویر بافتی نویزی مجموعه داده‌ای CUReT، از هر کلاس به طور تصادفی ۴۶ نمونه مدل انتخاب می‌کنیم. این بخش نیز بیش از صد بار به طور مستقل با (P=3 و R=24) اجرا شده است. متوسط نتایج تصاویر نویزی در جدول ۴ ارائه شده است:

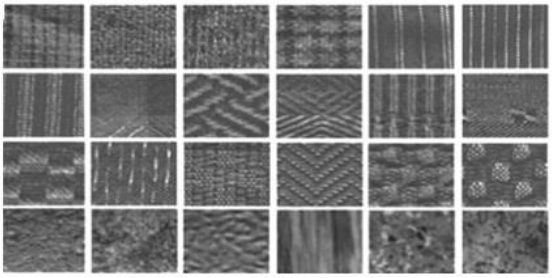
جدول ۴: دقت طبقه‌بندی در پایگاه داده CUReT با افزودن نویز گوسین

(R=3,R=24,N=46)	SNR 100	SNR 30	SNR 15	SNR 10	SNR 5
CLBP	۹۵,۵۱	۹۵,۸۷	۸۷,۲۳	۷۲,۷۷	۵۱,۳۵
$CRLBP(\alpha = 8)$	۹۶,۳۴	۹۶,۱۸	۹۲,۳۰	۸۲,۸۸	۶۴,۹۷
$CRLBP(\alpha = 1)$	۹۶,۰۶	۹۵,۹۰	۹۳,۵۶	۸۵,۵۸	۶۹,۶۷

با توجه به تصاویر نویزی، به یافته‌های زیر از جدول ۴ دست می‌یابیم. اول اینکه، الگوی دودویی محلی تکمیل شده نیرومند همچنان با α=۸ میزان دقت بیشتری نسبت الگوی دودویی محلی تکمیل شده عمل می‌کند. دوم اینکه، الگوی دودویی محلی تکمیل شده نیرومند با α=۱ نتایج ضعیف‌تری نسبت به الگوی دودویی محلی تکمیل شده برای تصاویر نرمال دارد اما نتایج بهتری را در پایگاه داده‌های نویزی دارد.

۵-۲- مشاهده نتایج تجربی روی پایگاه داده Outex

وقتی مجموعه آزمایشات بر روی مجموعه داده‌ای Outex هدایت می‌شود (شکل ۱۱) ما از داده‌های آزمایشی مناسب Outex ((TC10) Outex_TC_0010 و Outex_TC_0012 (TC12)) استفاده می‌کنیم که TC10 و TC12 شامل ۲۴ کلاس از تصاویر بافتی با سه سطح روشنایی (inca، tl84 و horizon) است و دارای نه زاویه چرخش (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰) است. برای هر زاویه چرخشی، بیست تصویر به اندازه ۱۲۸ در ۱۲۸، تحت شدت‌های روشنایی متفاوت وجود دارد. تصاویر ۲۴ در ۲۰ با روشنایی inca و زاویه صفر درجه به عنوان نمونه‌های مرجع اتخاذ می‌شوند. برای مجموعه داده‌ای TC10 هشت زاویه چرخشی با روشنایی inca به عنوان تست استفاده می‌گردد. برای مجموعه داده‌ای TC12، تمامی نمونه‌های ۹ در ۲۰ در ۲۴ با روشنایی tl84 یا horizon به عنوان داده تست استفاده می‌شود.



شکل ۱۱ .تصاویر بافتی از مجموعه داده‌ای OUTEX

برای آزمایشات انجام شده بر روی پایگاه داده Outex، کارایی روش ما با روش‌های متعددی مانند الگوی دودویی محلی واریانس[۱۵]، الگوی دودویی محلی ادغامی با داده کاوی [۳۹]، الگوی دودویی محلی وزن‌دار۵۶ [۴۱] و الگوی دودویی محلی غالب برچسب‌دار و بدون برچسب۵۷ [۴۲] مقایسه شده است. جدول ۵ لیستی از نتایج آزمایشات با روش‌های مختلف است که ما می‌توانیم به یافته‌های زیر دست یابیم. به استثنای آزمایشات با R=2 و P=16 روی مجموعه داده‌ای TC10، الگوی دودویی محلی تکمیل شده مقاوم، اجرای بهتری دارد. باید توجه داشت که الگوی دودویی محلی تکمیل شده مقاوم با α=۸ نتایج بهتری تحت روشنایی‌های tl84 و horizon را نسبت به سایر روش‌ها می‌دهد طوری که ثابت کرده است که الگوی دودویی محلی تکمیل شده نیرومند با α=۸ در مقابل تغییرات روشنایی از بقیه قوی‌تر است. همچنین نتایج مشابه‌ای برای الگوی دودویی محلی تکمیل شده نیرومند با α=۱ حاصل شده است. الگوی دودویی محلی تکمیل شده نیرومند با α=۱ کارایی بهتری نسبت به الگوهای دودویی محلی روی مقدار متوسط به خصوص تحت

[۵۶] . Data Mining

[۵۷] . Monogenic-LBP

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026

روشنایی‌های متفاوت دارد. در پایان، با مقایسه الگوی دودویی محلی تکمیل شده نیرومند با α=۸ با الگوی دودویی محلی تکمیل شده نیرومند با α=۱ خواهیم دریافت که زمانی که شعاع برابر یک است روش اولی کارایی بهتری دارد و دومی بیشترین میزان طبقه‌بندی در سایر شعاع‌ها دارد. در یک کلمه، الگوی دودویی محلی تکمیل شده نیرومند بیشترین میزان طبقه‌بندی را نسبت به سایر روش‌ها دارد و در مقابل تغییرات روشنایی حساسیت کمتری را دارد.

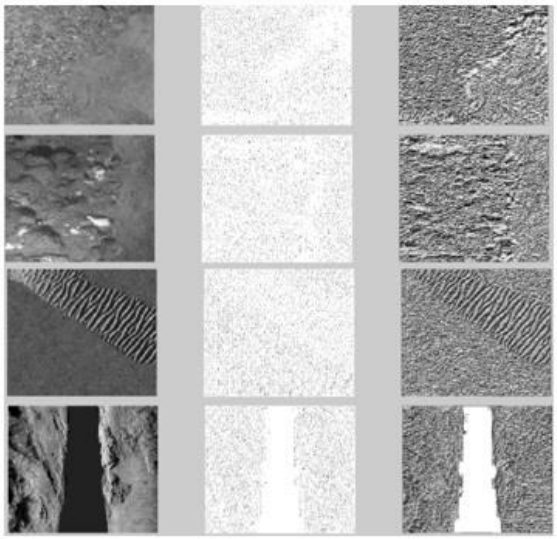
جدول ۵: دقت طبقه‌بندی در پایگاه داده Outex بر حسب درصد

شعاع و تعداد مجاوران	R=1,P=8			R=2,P=16			R=3,P=24		
نمونه های آزمایشی	TC10	TC12		TC10	TC12		TC10	TC12	
الگو		T184	Hr.		T184	Hr.		T184	Hr.
$LBPV_GM_{ES}$	۷۳،۶۴	۷۲،۴۷	۷۶،۵۷	۹۳،۹۰	۹۰،۲۵	۹۴،۲۸	۹۷،۷۶	۹۵،۳۹	۹۵،۵۷
$LBPV_GM_{PD1}$	۶۵،۵۹	۶۵،۳۰	۶۸،۳۳	۸۹،۶۰	۸۶،۲۹	۹۰،۱۱	۹۵،۰۷	۸۸،۷۲	۸۹،۰۲
$LBPV_GM_{PD2}$	۷۲،۹۹	۷۲،۱۹	۷۶،۱۵	۹۲،۹۹	۸۹،۴۹	۹۳،۹۵	۹۷،۵۵	۹۴،۲۳	۹۴،۱۸
$LBP/LDDP^2$	۸۸،۱۶	۷۷،۵۳	۷۸،۲۵	۹۷،۲۵	۹۱،۹۵	۸۸،۵۳	۹۷،۴۹	۹۱،۶۲	۸۷،۹۲
$LBP/LDDP^3$	۹۰،۶۵	۸۰،۲۶	۷۸،۹۹	۹۳،۳۶	۸۴،۸۸	۸۱،۱۳	۹۶،۶۱	۸۹،۸۳	۸۵،۸۷
WLBP	۹۱،۸۲	۸۳،۴۰	۸۱،۸۵	۹۶،۴۳	۸۹،۳۹	۸۹،۲۸	۹۷،۳۹	۹۳،۷۲	۹۲،۰۱
Labeled DLBP	۷۶،۷۰								
unLabeled DLBP	۶۸،۲۵								
$CRLBP(\alpha = 8)$	۹۷،۵۵	۹۱،۹۴	۹۲،۴۵	۹۸،۵۹	۹۵،۸۸	۹۶،۴۱	۹۹،۳۵	۹۶،۸۳	۹۶،۱۶
$CRLBP(\alpha = 1)$	۹۶،۵۴	۹۱،۱۶	۹۲،۰۶	۹۸،۸۵	۹۶،۶۷	۹۶،۹۷	۹۹،۴۸	۹۷،۵۷	۹۷،۳۴

۵-۳- مشاهده نتایج تجربی تقسیم‌بندی بستر دریا

در این زیربخش برای ارزیابی راه کار ارائه شده، نتایج حاصل از قسمت‌بندی تصاویر آکوستیکی بستر دریا، با نتایج حاصل از تبدیلات زیرنموه‌ای کانتورلتی[۷] و تبدیلات موجکی چند سطحی و آشکار ساز لبه فازی[۳] مقایسه می‌شود.

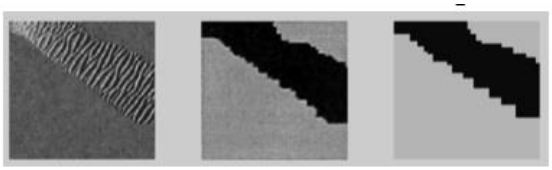
ابعاد تصاویر انتخابی ۲۵۶ در ۲۵۶ می‌باشد. ابتدا تصاویر بلوک‌بندی می‌گردند و سپس هم الگوی دودویی محلی سنتی و هم الگوی دودویی محلی تکمیل شده مقاوم به تصاویر اعمال شده و در نهایت تمامی بلوک‌ها ادغام می‌شوند که شکل اصلی و نتایج حاصل از آن، در شکل ۱۲ نمایش داده شده است:



الف ب ج

شکل ۱۲: نتایج حاصل از اعمال الگوی دودویی محلی. (الف)شکل اصلی. (ب)اعمال الگوی دودویی محلی پایه. (ج)اعمال الگوی دودویی محلی تکمیل شده مقاوم.

همان طور که در شکل بالا می‌بینید الگوی دودویی محلی تکمیل شده مقاوم، بسیار قوی‌تر از الگوی دودویی محلی عمل می‌کند. در شکل ۱۳، نتایج حاصل از ادغام تبدیلات موجکی و فازی در کنار نتایج راه کار ارائه شده برای یکی تصاویر بستر دریا مشاهده می‌شود:



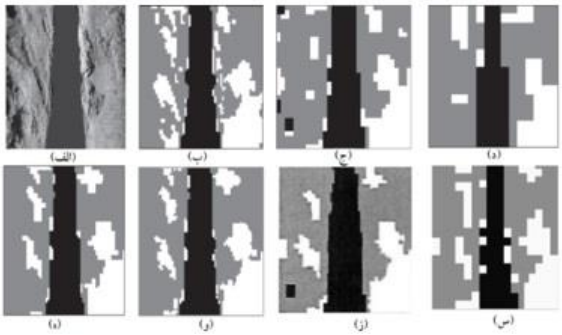
الف ب ج

الف ب ج

شکل ۱۳: نتایج حاصل از قسمت‌بندی. (الف)تصویر اصلی. (ب)قسمت‌بندی حاصل از تبدیلات زیرنمونه‌ای[۷]. (ج)قسمت‌بندی با راهکار ارائه شده.

در شکل ۱۴، نتایج حاصل از تبدیلات موجکی یک و دو سطحی، آشکار ساز لبه فازی و ادغامی از آنها، همچنین نتایج تبدیلات کانتورلتی زیرنمونه‌ای، در کنار قسمت‌بندی با راهکار ارائه شده، برای یکی دیگر از تصاویر بستر دریا نمایش داده شده است. از آنجا که رزولوشن این تصاویر ۲۵۶ در ۲۵۶ می‌باشد، اندازه هر بلوک ۱۶ در ۱۶ در نظر گرفته شده است که با توجه به آزمایشات صورت گرفته مناسب‌ترین سایز برای بلوک‌ها در راهکار ارائه شده می‌باشد.

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026



شکل ۱۴: نتایج حاصل از قسمت‌بندی. (الف)تصویر اصلی. (ب)تقسیم‌بندی با آشکار ساز لبه فازی. (ج)و(د) تقسیم‌بندی سطح یک و دو موجکی بترتیب. (ه)ادغام (ب)و(ج)و(د). (و)پالایش مرزهای(ه)[۳]. (ز)قسمت‌بندی حاصل از تبدیلات کانتورلتی زیرنمونه‌ای[۷]. (ج)قسمت‌بندی با راه کار ارائه شده.

۶. نتیجه‌گیری

با توجه به ظاهر با کیفیت عکس‌های بافتی سونار، فنون تجزیه و تحلیل بافت یک انتخاب متداول برای عکس‌های آکوستیکی کف دریاست. الگوی دودویی محلی یک توصیف گر قدرتمند بافت برای تحلیل تصاویر می‌باشد. در این مقاله پیشرفت‌ها و توسعه‌های جدیدی که در الگوی دودویی دریافتیم که الگوی سنتی صرفا از الگوهای یکنواخت استفاده می‌کند و تمام الگوهای غیر یکنواخت را در یک طبقه ادغام می‌کند و نسبت به نویز حساس است.

توصیف‌گرهای الگوی دودویی محلی، دارای ناکارآمدی واضح دیگری هم می‌باشند. اینکه گاهی اوقات منجر به توصیف الگوهای مختلف ساختاری با کد دودویی همگون می‌شود که به ناچار قابلیت تمایز خود را کاهش می‌دهد. برای غلبه بر این نا کارآمدی‌ها، یک چارچوب قوی از الگوی دودویی محلی بنام الگوی دودویی محلی کامل شده مقاوم در این مقاله ارائه شد.

به عنوان یک نتیجه، پس از اجرای پردازش، با تکیه بر رویکردهای اعمال شده به تصویر اصلی و ادغام الگوی دودویی محلی، آماره مربع کای و نسبت احتمالات لگاریتمی و همچنین مقایسه نتایج با تبدیلات چند سطحی موجکی، تقسیمات اصلاح شده، آشکار ساز لبه فازی و تبدیلات کانتورلتی زیر نمونه‌ای، نشان داده شده است که توانایی بهبود تقسیم‌بندی‌ها از نقطه نظر سرعت اجرا، پیچیدگی محاسبات و دقت، نتایج بهتری نسبت به سایر روش‌های شناخته شده دارد. مزیت اصلی روش ارائه شده سادگی روش و سرعت کافی برای تعبیه در روش‌های زمان واقعی تشخیص بستر دریاست.

به عنوان یک راهکار برای آینده، می‌توان توسعه جدیدی از الگوی دودویی محلی را ارائه کرد طوری که منجر به توسعه اهداف کاربردی، بهبود قدرت در یک یا چند جنبه الگوی دودویی محلی و افزایش قابلیت تمایز در الگوی دودویی محلی به خصوص در تصاویر دارای نویز گردد. همچنین برای طبقه‌بندی و قسمت‌بندی، می‌توان از دیگر طبقه‌بندها استفاده کرد و به شیوه‌های مختلف آن طبقه‌بندها را با انواع الگوهای دودویی محلی ادغام کرد.

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026

منابع

1.M. Mignotte and C. Collet, "Markov Random Field and Fuzzy Logic Modeling in Sonar Imagery: Application to the classification of underwater floor," Computer Vision and Image Understanding, Vol. 79, No. 1, pp. 4-24, 2000.

2.R. Javidan and H. J. Eghbali, "Automatic Classification of Persian Gulf Bottom Based on Acoustic Images," 6th International Conference on Coasts, Ports and Marine Structures, 2004.

3.R. Javidan and H. J. Eghbali, "Automatic seabed texture segmentation and classification based on wavelet transform and fuzzy approach," International Journal of the Society for Underwater Technology, Vol. 27, No. 2, pp. 51-55, 2007.

4.A. Dejebbari and F. Bereksi-Reguig, "A new chirp based wavelet for heart sounds time-frequency analysis," international journal on communication antenna and propagation(IRECAP), Vol. 1, N. 1, pp. 92-102, 2011.

5.K. K. Gupta and R. Gupta, "wavelet based speckle filtering of the sar image," international review on computers and software (IRECOS), Vol. 1, No. 3, pp. 224-232, 2006.

6.R. Javidan, "wavelet-based acoustic seabed ground discrimination system," In proceeding of IEEE international conference on information & communication technologies: from theory to application, Paris, July 7-10 2010.

7.R.. Javidan, M. A. Masnadi-Shirazi and Z. Azimifar, "Contourlet-Based Seabed Image Texture Segmentation and Classification," International Journal on Communications Antenna and Propagation (IRECAP), Vol. 1, No. 4, August 2011.

8.T. Ojala, M. Pietikainen and T. Maenpaa, "Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns," IEEE Transaction on Pattern Anal. Mach. Intell., Vol. 24, No. 7, pp. 971–987, 2002.

9.A. Fathi and A. R. Naghsh-Nilchi, "Noise tolerant local binary pattern operator for efficient texture analysis," Pattern Recognition Letters, Vol. 33, No. 9, pp. 1093-1100, 2012.

10.M. Pietikainen, T. Ojala, and Z. Xu, "Rotation-invariant texture classification using feature distributions," Pattern Recog., Vol. 33, No.1, pp. 43–52, 2000.

11.T. Ahonen, A. Hadid and M. Pietikainen, "Face description with local binary patterns: Application to face recognition," IEEE Transaction on Pattern Anal. Mach. Intell., Vol. 28, No. 12, pp. 2037–2041, 2006.

12.G. Zhao, T. Ahonen, J. Matas and M. Pietikainen, "Rotation invariant image and video description with local binary pattern features," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 21, No. 4, pp. 1465-1477, 2010.

13.Z. Guo, L. Zhang and D. Zhang, "A Completed modeling of local binary pattern operator for texture classification," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 19, No. 6, pp. 1657-1663, 2010.

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026

14.J. Ruiz-del-Solar and J. Quinteros, "Illumination compensation and normalization in eigenspace-based face recognition: A comparative study of different pre-processing approaches," Pattern Recog. Lett., Vol. 29, No. 14, pp. 1966–1979, 2008.

15.Z. Guo, L. Zhang and D. Zhang, "Rotation invariant texture classification using LBP variance (LBPV) with global matching," Pattern Recognition, Vol. 43, No. 3, pp. 706-719, 2010.

16.D. Huang, Y. Wang and Y. Wang, "A robust method for near infrared face recognition based on extended local binary pattern," in Proc. Int. Symp. Vis. Comput. Part2 LNCS 4842, pp. 437–446, 2007.

17.Z. Guo, L. Zhang and D. Zhang, "A completed modeling of local binary pattern operator for texture classification," IEEE Transaction on Image Process., Vol. 19, No. 6, pp. 1657–1663, 2010.

18.X. Tan and B. Triggs, "Enhanced local texture feature sets for face recognition under difficult lighting conditions," in Proc. Anal. Model. Faces Gestures, LNCS 4778, pp. 168–182, 2007.

19.T. Ahonen and M. Pietikainen, "Soft histograms for local binary patterns," in Proc. Fin. Signal Process. Symp., Oulu, Finland, 2007.

20.S. Liao, W. Max, K. Law, C. Albert and S. Chung, " Dominant local binary patterns for texture classification," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 18, No. 5, pp. 1107-1118, 2009.

21.H. Zhou, R. Wang and C. Wang, "A novel extended local binary pattern operator for texture analysis," *Information Sciences*, Vol. 178, No. 22, pp. 4314-4325, 2008.

22.L. Wolf, T. Hassner and Y. Taigman, "Descriptor based methods in the wild," *in Proc. ECCV Workshop Faces 'Real-Life' Images: Detection, Alignment, Recog.*, Marseille, France, 2008.

23.L. Nanni, S. Brahnam and A. Lumini, "A simple method for improving local binary patterns by considering non-uniform patterns," *Pattern Recognition*, Vol. 45, No. 10, pp. 3844-3852, 2012.

24.J. Fehr, "Rotational invariant uniform local binary patterns for full 3D volume texture analysis," *in Proc. Fin. Signal Process. Symp.*, Oulu, Finland, 2007.

25.G. Zhao and M. Pietikainen, "Dynamic texture recognition using local binary patterns with an application to facial expressions," *IEEE Transaction on Pattern Anal. Mach. Intell.*, Vol. 29, No. 6, pp. 915–928, 2007.

26.Y. K. Park and J. K. Kim, "Fast adaptive smoothing based on LBP for robust face recognition," *Electron. Lett.*, Vol. 43, No. 24, pp. 1350–1351, Nov. 2007.

27.R. Singh, M. Vatsa and A. Noore, "Integrated multilevel image fusion and match score fusion of visible and infrared face images for robust face recognition," *Pattern Recog.*, Vol. 41, No. 3, pp. 880–893, 2008.

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026

27.R. Singh, M. Vatsa and A. Noore, "Integrated multilevel image fusion and match score fusion of visible and infrared face images for robust face recognition," Pattern Recog., Vol. 41, No. 3, pp. 880–893, 2008.

28.X. Tan and B. Triggs, "Fusing Gabor and LBP feature sets for kernelbased face recognition," in Proc. Anal. Model. Faces Gestures, LNCS 4778, pp. 235–249, 2007.

29.L. Liu, L. Zhao, Y. Long, G. Kuang and P. Fieguth, "Extended local binary patterns for texture classification," Image and Vision Computing, Vol. 30, No. 2, pp. 86-99, 2012.

30.H. Lian and B. Lu, "Multi-view gender classification using local binary patterns and support vector machines," in Proc. Int. Symp. Neural Netw., LNCS 3972, pp. 202–209, 2006.

31.M. Heikkila, M. Pietikainen and C. Schmid, "Description of interest regions with local binary patterns," Pattern Recog., Vol. 42, No. 3, pp. 425–436, 2009.

32.H. Ren and Z. N. Li, "Object Detection Using Boosted Local Binaries," Pattern Recognition, 5 July 2016.

33.Y. Zhang and C. Hua, "Driver fatigue recognition based on facial expression analysis using local binary patterns," Optik International Journal for Light and Electron Optics, Vol. 126, No. 23, PP. 4501–4505, 2015.

34.D. S. Kang, "Robust Face Detection Using Uniform Local Gradient Pattern (ULGP) and AdaBoost Algorithm ," 4th International Conference on Modeling and Simulation (MAS), pp. 13–16, 25-28 Nov. 2015.

35.S. K. Singh and R. Kumar Singh, "Boosting local binary pattern with bag-of-filters for content based image retrieval," IEEE UP Section Conference on Electrical Computer and Electronics (UPCON), pp. 1–6, 4-6 Dec. 2015.

36.Y. Zhao, W. Jia, R. X. Hu and H. Min, "Completed robust local binary pattern for texture classification", Neurocomputing, Vol. 106, pp. 68–76, 2013.

37.K. J. Dana, B. V. Ginneken, S. K. Nayar, J. J. Koenderink, "Reflectance and texture of real- world surfaces," ACM Trans. Graphics(TOG), Vol. 18, No. 1, pp. 1-34, 1999.

38.Z. Gu, L. Zhang, D. Zhang and S. Zhang, "Rotation Invariant Texture Classification Using Adaptive LBP With Directional Statistical Features," IEEE 17th International Conference on Image Processing (ICIP), pp. 285-288, September 26-29, 2010, Hong Kong.

39.J. T. Kwak, S. Xu and B. J. Wood, "Efficient data mining for local binary pattern in texture image analysis," Expert Systems with Applications, Vol. 42, pp. 4529-4539, 2015.

40.L. Zhang, L. Zhang, Z. Guo and D. Zhang, "Monogenic-LBP: A New Approach For Rotation Invariant Texture Classification," IEEE 17th International Conference on Image Processing (ICIP), pp. 2677-2680, September 26-29, 2010, Hong Kong.

41.R. Davarzani, S. Mozaffarin and Kh. Yaghmaie, "Scale-and rotation-invariant texture description with improved local binary pattern features," Signal Processing, Vol. 111, pp. 274-293, 2015.

42.F. Bianconi, E. Gonzalez and A. Fernandez, "Dominant local binary patterns for texture classiÞcation: Labelled or unlabelled?," Pattern Recognition Letters, 9 July 2015.

Downloaded from jor.iranaict.ir at 23:57 +0330 on Sunday November 8th 2026