



مروری بر مفاهیم و روشهای مدلسازی آماری بافت تصویر

نویسنده اول مهسا خورسند^۱، نویسنده دوم سعید نصری^{۲*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی کامپیوتر، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران. mahsakhorsand@yahoo.com

^{۲*} استادیار، دانشکده مهندسی برق، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران. s.nasri@iaun.ac.ir

چکیده

بافت تصویر مفهوم کلی و غیر انحصاری مشتمل بر کلیه حالات تکرار الگویی قابل شناسائی از انتظام مقادیر پیکسلها می باشد که به صورت یکسان و یا با مقیاس و دوران در کنار هم قرار گرفته باشند. با توجه به اندازه ها و ترکیبات غیر قابل پیش بینی و نامعین این الگوها نمی توان تعریفی کامل و جامع از بافت را ارائه نمود و روشهای زیادی برای مدلسازی بافت ارائه شده اند. از میان روشهای مختلف، این تنها روشهای آماری هستند که صرفاً به نحوه آرایش پیکسلهای تصویر در کنار هم می پردازند و از مسائل دیگری همچون مشخصات هندسی، اشکال و لبه ها و.... استفاده نمی کنند که در این مقاله پس از معرفی مفهوم کلی بافت در تصویر به مرور این روشها می پردازیم.

کلید واژه: مشخصه ی بافت، تطبیق و بازشناسی بافت، پردازش تصویر، بینایی کامپیوتری

مقدمه

بافت چمن و بافت خیابان است [3]. چنین تصاویری را معمولاً تصاویر بخشی بافتی می نامند.



شکل ۲- تصویری با سه زیر بافت [3].

همان طور که قابل پیش بینی است، تصاویر بافتی یا توسط بشر ایجاد شده اند و یا به صورت طبیعی در اطراف ما وجود دارند. نمونه هایی از این دو دسته تصویر بافتی در شکل زیر نشان داده شده است. به طور مثال در بخش الف شکل زیر، بافت طبیعی برگ درخت انگور، ساقه گندم، مزارع کشاورزی و کوهستان مشاهده می گردد. همچنین در شکل ۳ تصاویری از ساختمان مسکونی، فراورده های حصیری، انواع پارچه و غیره مشاهده می شود، که همگی دارای بافت تکرار شونده بوده و در زمره تصاویر قرار می گیرند.



شکل ۳- بافت هوشمندانه یا مصنوعی در مقایسه با بافت های طبیعی.

الگویی که در تصاویر بافتی در حال تکرار شدن است، را الگوی تکراری می نامند. به طور مثال در شکل (الف ۴) تصویری از یک دیوار آجری گرفته است. همان طور که مشاهده می شود بافت تصویر (همچنین بافت واقعی محیط) کاملاً تکرار شونده می باشد به طوری که الگوی آجر به صورت متوالی در تمام سطح تصویر در حال تکرار شدن است. الگوی تکراری نیز در شکل (ب ۴) به طور جداگانه بریده و نشان داده شده است. چند نمونه دیگر از تصاویری با بافت طبیعی تکرار شونده (چمنزار، تنه درخت) در شکل ۵ نشان داده شده است [5].

هدف اصلی این مقاله، مروری بر روش های آنالیز بافت تصویر است. بنابراین در این بخش، ابتدا مفهوم بافت تصویر و تصویر بافتی بیان می گردد، سپس مسئله ی دسته بندی تصاویر بافتی تعریف می گردد. در ادامه صورت مسئله به تصاویر رنگی تعمیم داده شده و چالش های این حوزه مطرح خواهد شد. در نهایت اهمیت تحقیق در این حوزه مطرح خواهد شد.

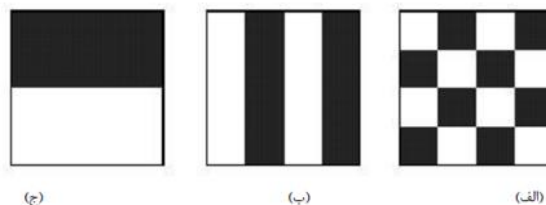
۱- تعریف بافت در تصویر

اصطلاح بافت تصویر، از تعریف بافت در پوشاک استنتاج شده است. در فراورده های نساجی، نوع، رنگ و چگونگی قرار گرفتن تار و پود در کنار یکدیگر بافت فراورده را تشکیل می دهد. در پردازش تصویر و بینایی ماشین نیز به میزان، نوع و چگونگی پراکندگی و توزیع شدت روشنایی پیکسل ها در تمام طول تصویر در کنار یکدیگر بافت تصویر می گویند [1].

محققان در اصطلاح بافت تصویر را به صورت زیر تعریف کرده اند [2]: یک حوزه بافتی در تصویر می تواند با یک توزیع فضایی نامنظم و متنوع از شدت روشنایی ها یا رنگ ها شناخته شود.

ولیکن اصطلاح بافت تصویر و تصاویر بافتی با یکدیگر کاملاً متفاوت است. عبارت تصاویر بافتی به تصاویری اطلاق می گردد که در آن ها الگویی خاص از توزیع و پراکندگی شدت روشنایی پیکسل ها به صورت متوالی در تمام طول تصویر در حال تکرار شدن باشد.

در شکل ۱ چند نمونه از تصاویر بافتی نشان داده شده است. به طور مثال در این شکل الگوی خانه های سیاه و سفید در تصویر به صورت متوالی تکرار شده است و توالی آن ها، تصویر اصلی صفحه ی شطرنج را ساخته است.



شکل ۱- نمونه هایی از بافت الگوی تکرار شونده [3].

در برخی از تصاویر ممکن است بخش های خاصی از تصویر دارای بافت تکرار شونده ی خاص خودشان باشند که با بخش های دیگر تفاوت می کند. به طور مثال تصویر نشان داده شده در شکل ۲ دارای سه چهار بافت مجزا شامل: بافت گل های قرمز رنگ، بافت گل های سفید رنگ،

توجه به این تفاسیر از روش های آنالیز بافت تصویر در بسیاری از کاربردهای بینایی ماشین، همچون تشخیص الگو بصری، پیگیری شی، تشخیص عیوب، سیستم های بازرسی بصری، شناسایی چهره، قطعه بندی تصویر و بازیابی تصویر استفاده می شود.

۲-۱- طبقه بندی بافت

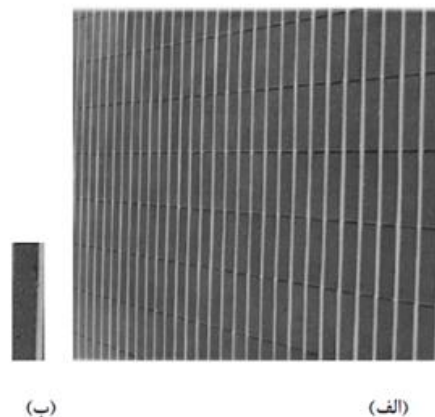
در مفاهیم اولیه تشخیص الگو، عبارت دسته بندی به معنای نسبت دادن یک نمونه به یکی از گروه های از پیش تعریف شده است. در دسته بندی بافت تصویری هدف، نسبت دادن بافت یک تصویر نمونه ناشناس به یکی از کلاس های بافتی از پیش تعریف شده می باشد. در حوزه آنالیز بافت تصویر معمولاً چهار مسئله اصلی مطرح می گردد که هر کدام حوزه های تحقیقاتی بسیار وسیعی می باشند. دسته بندی بافت تصویر، یکی از این چهار زمینه تحقیقاتی در رابطه با آنالیز بافت تصویر می باشد. سه مسئله دیگر نیز عبارتند از: بخش بندی بافت، ترکیب بافت و شکل بافت [7,8].

دسته بندی بافت تصویر معمولاً شامل دو مرحله اصلی، استخراج ویژگی و مرحله تشخیص است [9].

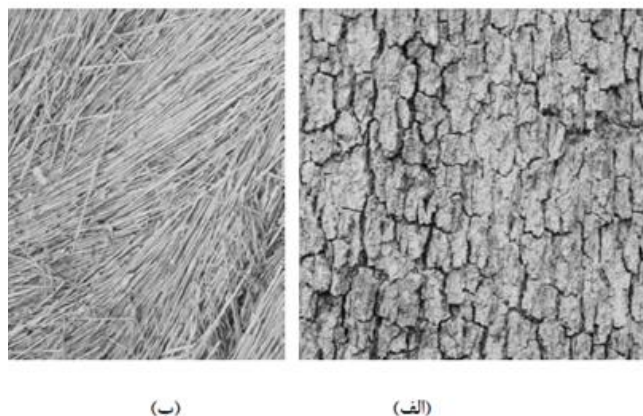
در مرحله اول، هدف ساختن یک مدل برای هر کدام از بافت هایی است که در تصاویر آموزشی پایگاه وجود دارند. ویژگی های استخراجی در این مرحله می توانند از نوع عددی، هیستوگرام های گسسته، توزیع های تجربی، خصایص بافت همچون تباین، ساختار فضایی و جهت باشند. از آنجایی که هدف اصلی این مرحله آموزش بافت های مذکور به سیستم است، برخی محققان آن را مرحله یادگیری نیز می نامند.

در مرحله دوم، ابتدا بافت تصویر نمونه ای آزمایشی با همان روش به کار برده شده در مرحله قبل، آنالیز شده و سپس با استفاده از یک الگوریتم دسته بندی، ویژگی های استخراجی تصویر آزمایش با تصاویر آموزشی مقایسه شده و کلاس آن مشخص می گردد. در این مرحله با توجه به نوع ویژگی های استخراجی از انواع دسته بندی ها نیز می توان استفاده نمود. به همین دلیل این مرحله را دسته بندی نیز می نامند.

تاکنون برای دسته بندی بافت تصویر، روش های متنوعی ارائه شده است و در اکثر این تحقیقات محققان بر روی یکی از دو مرحله فوق متمرکز شده اند. شایان ذکر است که به دلیل گستردگی موضوع، تحقیقات در مورد آموزش نسبت به مرحله دسته بندی، بسیار بیشتر است.



شکل ۴- یک الگوی تکرار شونده و تصویر ساخته شده با آن [5].



تصویر ۵- الگوهای تکرار شونده ممکن است از مقیاس بندی یا دوران یک یا چند الگوی پایه تشکیل شوند [5].

۲- روش های تحلیل بافت

بافت تصویر اطلاعات بسیار مفیدی در رابطه با اشیا یا سطوح به کار رفته در درون تصویر را با خود حمل می کند. از اواسط دهه ۸۰، مفهومی به نام آنالیز بافت تصویر مطرح شد. آنالیز بافت تصویر، یکی از شاخه های مهم در پردازش تصویر است که برای تشخیص یا تمییز دادن سطوح و اشیا درون تصویر از یکدیگر استفاده می گردد. به صورت کلی، به روش هایی که یک سری ویژگی جهت تعریف بافت تصویر یا الگوی تکراری معرفی می کنند، عنوان روش های آنالیز بافت تصویر اطلاق می شود. در بینایی ماشین، آنالیز بافت می تواند به صورت مستقل و یا همراه با ویژگی های دیگر استخراج از درون تصویر همچون رنگ، شکل، حرکت، و استفاده شود [6].

بنابراین در اکثر روش های آنالیز تصویر، تلاش بر آن است تا یک بردار ویژگی که بتواند به بهترین نحو معرف بافت یا الگوی تکراری باشد، با

۲-۲- طبقه بندی توام بافت-رنگ

انسان معمولاً یک تصویر را به صورت ترکیبی از مولفه هایی هم چون بافت، شکل و رنگ درک می کند. بخش عمده ای از روش های آنالیز بافت تصویر فقط برای تصاویر سطوح خاکستری تعریف شده اند. این در حالی است که یکی از ویژگی های کلیدی که می تواند در دسته بندی و آنالیز تصاویر استفاده شود رنگ است [10]. ترکیب ویژگی های رنگ تصویر در کنار ویژگی های همچون شکل و حرکت در کاربردهای گوناگونی از حوزه ی پردازش تصویر استفاده شده و نتایج مثبتی را به ارمغان آورده است که از جمله می توان به تشخیص اشیا، [11] و ردیابی حرکت [12] اشاره کرد. بخش عمده ای از تصاویری که ما با آن ها سروکار داریم رنگی هستند، بنابراین در نظر نگرفتن ویژگی های رنگ، در آنالیز چنین تصاویری به هیچ عنوان معقول نیست. اهمیت موضوع و تحقیقات نه چندان وسیعی که تاکنون در این حوزه صورت گرفته ما را بر آن داشت تا در این مقاله راه کارهایی برای دسته بندی بافت تصاویر رنگی ارائه نماییم. در راستای این هدف در این مقاله تلاش خواهد شد که ویژگی های استخراجی از بافت و رنگ تصویر با یکدیگر ترکیب شوند و در نهایت ترکیب آن ها میزان دقت دسته بندی را افزایش دهد.

در ترکیب ویژگی های بافت و رنگ، دو راه کار متداول وجود دارد: ترکیب اولیه و ترکیب ثانویه [13]. در راه کار ترکیب اولیه، عملگرهای آنالیز بافت بر روی هر کانال رنگی تصویر به صورت مجزا اعمال می شوند و در نهایت یک سری ویژگی های ترکیبی استخراج می گردد. این دسته بندی از ویژگی های استخراجی، زمانی که در تصویر، ویژگی های بافت و رنگ در سطح پیکسل ترکیب شده باشند، قدرت جداسازی بالایی را فراهم کرده و دقت دسته بندی را افزایش می دهد. در نقطه ی مقابل در راه کار ترکیب ثانویه، ویژگی های بافت و رنگ در سطح کل تصویر با یکدیگر ترکیب می شوند. در این دسته از روش ها، دو گروه ویژگی جداگانه (معمولاً به شکل هیستوگرام) براساس رنگ و بافت استخراج شده و در نهایت این دو هیستوگرام مجزا به یکدیگر پیوست می شوند و بازنمایی نهایی را تشکیل می دهند [14].

۲-۳- کاربردهای تحلیل و طبقه بندی بافت

با توجه به گستردگی وسیع تصاویر بافتی و بخش بافتی، آنالیز بافت تصاویر رنگی یک مفهوم عمومی بوده که در بسیاری از مسائل حوزه پردازش تصویر و بینایی ماشین کاربرد وسیعی دارد. در اکثر کاربردها، محققین تلاش می کنند که از ویژگی های بافتی استخراجی از تصاویر (به صورت منفرد و یا در کنار ویژگی های دیگری همچون شکل، رنگ، حرکت

و ...) برای جداسازی سطوح و اشیا استفاده نمایند و از جمله موارد کاربردی آنالیز و دسته بندی بافت می توان به موارد زیر اشاره کرد: الف- بازیابی تصویر: بازیابی تصویر به معنای استخراج تصاویر مشابه با تصویر پرس و جو از درون یک پایگاه بزرگ است. در این کاربرد معیارهای بافتی و رنگ در کنار یکدیگر می توانند برای تعریف هر تصویر و اشیا درون آن استفاده گردند [15].

ب- تشخیص عیوب سطحی: تشخیص عیوب به معنای مشخص کردن مکان و قیمت هایی از سطح مورد نظر در تصویر است که در آن نقاط عیب و نقص هایی رخ داده است. پس واضح است که در قسمت های معیوب سطوح، بافت تصویر نسبت به بافت بخش های سالم تفاوت کرده است. بنابراین آنالیز دسته بندی بافت در این حوزه نیز کاربرد مهمی خواهد داشت [16].

ج- ردیابی اشیا: در این کاربرد هدف، تشخیص و ردیابی یک شی خاص در درون تمامی فریم های یک ویدیو است [17]. بدون شک، می بایست در مرحله یادگیری، شی مورد نظر به سیستم معرفی گردد. در این مرحله ویژگی های بافتی و رنگ شی می تواند مولفه های بسیار جداپذیری باشند. از جمله موارد دیگر کاربردی دسته بندی بافت تصاویر رنگی می توان به تشخیص چهره [18]، سیستم های بازرسی بصری اشاره نمود [19].

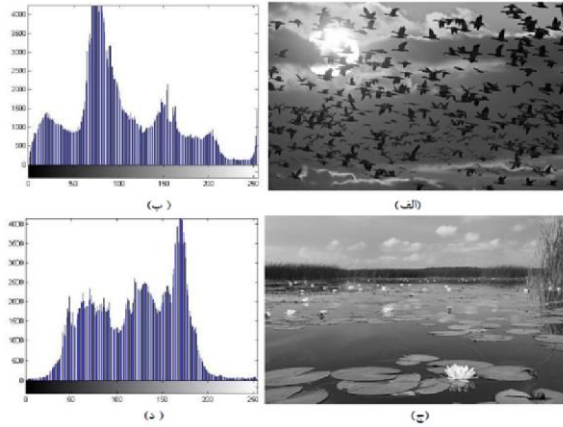
یکی از اهداف این مقاله بررسی اجمالی روش های کارآمد در حوزه ی دسته بندی و آنالیز بافت تصویر است. بنابراین پس از بررسی صورت مسئله و اهمیت تحقیق در بخش پیشین، در این بخش به مرور تحقیقاتی که تاکنون در این حوزه صورت گرفته است پرداخته می شود. مطالب این بخش را می توان به دو قسمت تقسیم نمود. ابتدا به گروه بندی روش های آنالیز بافت تصاویر و بررسی آن ها، پرداخته می شود. سپس به مرور روش هایی می پردازیم که جهت دسته بندی تصاویر رنگی، بافت و رنگ تصویر را ترکیب نموده اند.

بهتر است که در این بخش ابتدا به بررسی روش های آنالیز بافت تصویر پرداخته و سپس روش های ترکیبی بافت و رنگ مورد بررسی قرار گیرد. تاکنون محققین روش های متفاوتی در حوزه آنالیز بافت ارائه کرده اند که هر کدام از آن ها به تنهایی می تواند نکات مثبت و منفی متفاوتی داشته باشد. دسته بندی روش های ارائه شده با توجه به پیچیدگی موضوعات چندان کار آسانی نیست، ولی به طور ضمنی می توان روش های ارائه شده در این زمینه را به ۴ گروه کلی به شرح زیر تقسیم کرد [20,21] که مد نظر در تحقیق کنونی تنها روش های آماری می باشد.

- روش های آماری

- روش های آنالیز ساختاری

- روش های مبتنی بر فیلتر



تصویر ۷- تصاویر نمونه و هیستوگرام آن‌ها.

هیستوگرام تصویر می‌تواند به صورت مستقیم یا غیر مستقیم، اطلاعات با ارزشی از تصویر را در اختیار کاربر قرار دهد. در همین راستا یک سری معیارهای آماری که به ویژگی‌های "هارلیک" نیز شهرت دارند، ارائه شده‌اند که هر کدام خصوصیتی از تصویر را نشان می‌دهند. برخی از این ویژگی‌ها به شرح زیر هستند:

معادله (۱-۲) میانگین تصویر محاسبه می‌کند که می‌تواند معرف خوبی از میزان تابناکی تصویر باشد. در این معادله g نشان دهنده سطوح خاکستری بوده و $p(g)$ احتمال رخداد سطح g در تصویر است:

$$Mean = \bar{g} = \sum_{g=0}^{L-1} gP(g) \quad (1-2)$$

معادله ۲-۲ انحراف از استاندارد تصویر را محاسبه می‌کند که می‌تواند معرف خوبی از میزان وسعت اطلاعات در تصویر باشد:

$$\sigma_g = \sqrt{\sum_{g=0}^{L-1} (g - \bar{g})^2 P(g)} \quad (2-2)$$

معادله (۳-۲) انرژی را در تصویر محاسبه می‌کند که می‌تواند معرف خوبی از چگونگی توزیع سطوح خاکستری در تصویر باشد:

$$E = \sum_{g=0}^{L-1} [P(g)]^2 \quad (3-2)$$

معادله (۴-۲)، آنتروپی تصویر را محاسبه می‌کند که می‌تواند معرف خوبی از میزان بیت‌های لازم جهت کد کردن تصویر باشد:

$$H = -\sum_{g=0}^{L-1} P(g) \log_2 [P(g)] \quad (4-2)$$

-روش‌های مبتنی بر مدل

در ادامه این بخش، ابتدا به تعریف مفهوم هرکدام از گروه‌های بالا پرداخته شده و سپس برای هرکدام چندین روش به اختصار بررسی می‌شود. سپس برخی از روش‌های مطرح جهت آنالیز بافت که به طور مستقیم به این مقاله مربوط می‌شوند، به تفصیل بررسی می‌گردد.

۲-۳-۱- آنالیز آماری بافت

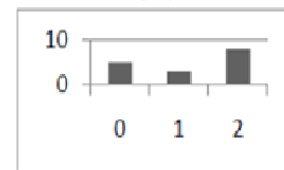
این دسته از روش‌ها جهت آنالیز بافت تصاویر، یک سری محاسبات آماری بر روی توابع توزیع شدت روشنایی پیکسل‌ها انجام می‌دهند. به طور کلی روش‌هایی که برای استخراج بردار ویژگی معرف بافت تصویر، از محاسبات آماری و ریاضی استفاده می‌کنند در زمره‌ی این گروه قرار می‌گیرند. از جمله روش‌های این گروه می‌توان به خصایص هیستوگرام محلی [22,23,24] و ماتریس‌های هم‌رخدادی [25,26,27]، الگوی دودویی محلی [28] و تابع همبستگی d اشاره کرد [29,30].

الف- ویژگی‌ها و خصایص هیستوگرام

هیستوگرام تصویر، نمایشی دو بعدی از چگونگی پراکندگی درجات سطوح خاکستری در تصویر است. به طوری که بعد افقی آن نشان دهنده سطوح خاکستری به کار رفته در تصویر و بعد عمودی هم نشان دهنده تعداد پیکسل‌هایی از تصویر با سطح خاکستری مورد نظر است. به طور مثال، هیستوگرام تصویری ۳ سطحی با ۱۶ پیکسل در شکل ۶ نشان داده شده است.

2	2	0	2
2	2	0	1
0	1	2	0
2	2	0	1

(الف)



(ب)

تصویر ۶- سطوح خاکستری در یک بخش از تصویر و هیستوگرام تکرار آن‌ها.

در شکل ۷ نیز هیستوگرام دو تصویر واقعی نشان داده شده است. لازم به توضیح است که هر دو تصویر دارای ۲۵۶ سطح خاکستری هستند.

با توجه به توضیحات فوق ، می‌توان با توجه به هر نوعی از رابطه‌ی فضایی، یک ماتریس هم‌رخدادی برای تصویر مورد نظر محاسبه کرد. از آنجایی که ماتریس‌های هم‌رخدادی، ارتباطات پیکسل‌ها با یکدیگر را نشان می‌دهند، بنابراین چنانچه بتوان معیارهای با ارزشی از درون آن‌ها استخراج نمود، این ماتریس‌ها می‌توانند معرف خوبی از بافت تصویر مورد نظر باشند. در این راستا تاکنون معیارهای آماری گوناگونی تعریف شده که از اصلی‌ترین آن‌ها می‌توان به انرژی و انتروپی و تباین، هم‌جنسی و همبستگی اشاره کرد. برای محاسبه‌ی این سری از ویژگی‌ها باید در ابتدا ماتریس هم‌رخدادی نرمال شده و سپس معادلات مربوطه محاسبه شود. برای نرمال سازی ماتریس کافی است که ارزش هر خانه به مجموع کل ارزش های درون ماتریس تقسیم گردد. معادله (۲-۵) این موضوع را بیان می‌کند.

$$N(p, q) = V(p, q) / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V(i, j) \quad (5-2)$$

در معادله فوق، m و n نشان دهنده ماتریس هم‌رخدادی هستند که برابر با تعداد سطوح خاکستری به کار رفته در تصویر است. همچنین p و q به ترتیب سطر و ستون خانه مود نظر، v ماتریس هم‌رخدادی n ماتریس هم‌رخدادی نرمال شده را نشان می‌دهند. نحوه‌ی محاسبه‌ی معیارهای آماری فوق در معادلات (۳-۶) الی (۳-۱۰) با جزئیات بیان شده است.

$$H = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m N(i, j) \log(N(i, j)) \quad (6-2)$$

$$Constant = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (i - j)^2 N(i, j) \quad (7-2)$$

$$E = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m N^2(i, j) \quad (8-2)$$

$$Homogeneity = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{N(i, j)}{1 + |i - j|} \quad (9-2)$$

$$Correlation = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (i - \mu_i)(j - \mu_j) N(i, j)}{\sigma_i \sigma_j} \quad (10-2)$$

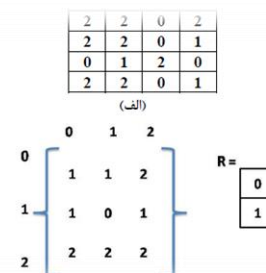
۲-۳-۲- روش‌های آنالیز ساختاری

جهت آنالیز بافت تصویر، برخی از روش‌ها، ساختار بافت را مورد بررسی قرار می‌دهند. بدین معنا که الگوها و بافت‌هایی را از پیش طراحی کرده و به دنبال میزان و مناطق رخداد آن‌ها در تصویر می‌گردند. ساختارهای از پیش طراحی شده می‌توانند بسیار ساده باشند همچون ویژگی خاصی برای هر پیکسل و یا تا حدی پیچیده تر باشند. همچون ساختارهایی برای یک همسایگی کوچک یا بزرگ. البته در برخی دیگر از روش‌های این گروه نیز ویژگی‌های بافتی (معیارهایی عددی) برای شناسایی استفاده

در معادلات (۲-۱) الی (۲-۴) L نشان دهنده ماکزیمم سطوح خاکستری و $p(g)$ نشان دهنده احتمال برخورد به هر کدام از سطوح خاکستری (ارتفاع آن سطح در هیستوگرام نرمال شده) است. در نهایت میزان هر کدام از این معیارها در تصویر مورد نظر می‌تواند معرف خوبی از بافت آن تصویر باشد. بنابراین برای آنالیز بافت تصاویر می‌توان از خصایص هیستوگرام استفاده نمود.

ب- ماتریس‌های رخدادی

یکی از عملکردهای پرکاربرد برای آنالیز بافت تصاویر ، ماتریس‌های هم‌رخدادی هستند. در اصطلاح ماتریس‌های هم‌رخدادی، چگونگی وابستگی فضایی سطوح خاکستری مختلف نسبت به یکدیگر را می‌سنجند. در همین راستا ابتدا نوع خاصی از رابطه‌ی فضایی تعریف شده و سپس میزان رخداد فضایی مورد نظر برای هر کدام از سطوح خاکستری درون تصویر نسبت به تمامی سطوح دیگر بررسی می‌شود. برای فهم بهتر، مثالی در شکل (۲-۳) نشان داده شده است. در این شکل، ابتدا نوع رابطه‌ی فضایی مورد نظر توسط relation مشخص شده و سپس میزان رخداد سطوح خاکستری نسبت به یکدیگر با در نظر گرفتن رابطه‌ی مورد نظر در ماتریس محاسبه شده است. (توجه گردد که رابطه‌ی نشان داده شده به معنای رابطه نود درجه یک پیکسل به سمت پایین) است. همان‌طور که می‌بینید هر کدام از سطور افقی مربوط به یک سطح بوده و هر خانه از ماتریس نشان می‌دهد که چندبار این سطح با سطح خاکستری ستون مورد نظر دارای رابطه‌ی فضایی R بوده است. به طور مثال خانه‌ی سطر سوم و ستون اول ماتریس نشان می‌دهد که ۴ بار پس از سطح خاکستری ۲ در تصویر در پیکسل سمت راست سطح خاکستری صفر وجود دارد.



شکل ۲-۳ (الف) تصویر اصلی با سه سطح خاکستری (ب) ماتریس هم‌رخدادی برای (الف) با رابطه R

می‌شوند. از جمله مشهورترین روش‌هایی که در زمره‌ی این گروه جای می‌گیرند می‌توان به سنجش نمایش اسکلت [31,32]، عملگرهای مورفولوژی [33,34] و واحدهای ساختاری پیش تعریف [35,36] و ویژگی‌های لبه [37,38,39] اشاره کرد. این روش و همچنین روش‌های فیلتری و همچنین روش‌های مبتنی بر مدل اشیاء با توجه به این‌که صرفاً به آنالیز بافت نمی‌پردازند در حقیقت روش‌های ترکیبی می‌باشند که بافت تصویر را تنها به عنوان یکی از مشخصه‌های مورد استفاده در تصویر در نظر می‌گیرند و موضوع بحث تحقیق کنونی نمی‌باشند. هدف این تحقیق این است که تنها با توجه به ویژگی‌های آماری و تطبیق دادن آن‌ها، نواحی مربوط به دست فرد استخراج گردند.

جدول ۱- مقایسه‌ی سریع روش‌های تحلیل و شناسایی بافت در تصویر

نام	خلاصه	نقاط ضعف
روش‌های آماری	ارائه سنجشی از تغییرات مقادیر پیکسل‌ها در یک	ویژگی‌های هندسی مد نظر قرار

۲	روش‌های ساختاری	ارائه سنجش ای از ویژگی‌های هندسی مانند لبه ها، اشکال هندسی و...	نمی‌گیرند. نمی‌توانند کلیه ویژگی‌های بافت را مد نظر قرار دهند.
۳	روش‌های فیلترینگ	ماسک‌هایی مطابق با ساختار بافت مورد نظر را تهیه کرده و با استفاده از آنها بافت‌ها و ساختارهای مغایر را حذف می‌کنند.	تنها برای کشف نوع خاص مورد نظر بافت کاربرد دارند.
۴	روش‌های مبتنی بر مدل سازی بافت	با ترکیب تکنیک‌های قبل سعی در ارائه روش کامل تری دارند.	کار بسیار پیچیده شده و بردارهای داده دارای ابعاد و المان‌های بسیاری می‌باشند.

بر این اساس به نظر می‌رسد روش‌های مبتنی بر آنالیز آماری از بقیه روش‌ها سریع‌تر و موثرتر و مطمئن‌تر می‌باشند.

- [1] Tuceryan M., Jain A.K., "The handbook of pattern recognition and computer vision (2nd edition)", *World Scientific Publishing Company*, 1998.
- [2] Pietikäinen M., Hadid A., Zhao G., Ahonen T., "Computer vision using local binary patterns", *Springer-Verlag London Publishing*, 2011.
- [3] Shapiro L.G., Stockman G.C., "Computer vision", *Prentice-Hall publishing*, 2001
- [4] D. Zhou, "Texture Analysis and Synthesis using a Generic Markov-Gibbs Image Model", *Ph.D. Thesis in Artificial Intelligence, University of Auckland, Auckland, New Zealand*, 2006.
- [5] Brodatz P., "A photographic album for artists and designers, by phil brodatz", *Dover Publications*, 1996
- [6] Mirmehdi M., Xie X., Suri J., "Handbook of texture analysis", *Imperial College Press*, 2008.
- [7] Ikeuchi K., "Computer vision – A reference guide", *Springer US Publisher*, 2014.
- [8] Guo Y., "Image and video analysis by local descriptors and deformable image registration", *Ph.D. Thesis in Artificial Intelligence, University of Oulu*, 2013.
- [9] Masotti M., Campanini R., "Texture classification using invariant ranklet features", *Pattern Recognition Letters*, Vol. 29, pp. 1980-1986, 2008.
- [10] Benco M., Hudec R., Kamencay P., Zachariasova M., Matuska S., "An advanced approach to extraction of color texture features based on GLCM", *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Vol. 11, No. 1, pp. 1-8, 2014.
- [11] Van-de-Sande K. A., Gevers T., Snoek C. M., "Evaluating color descriptors for object and scene recognition", *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 32, No.9, pp. 1582-1596, 2010.
- [12] Khan F. S., Anwer R. M., Van-de-Weijer J., Bagdanov A., Lopez A., Felsberg M., "Coloring action recognition in still images", *International Journal of Computer Vision*, Vol. 105, pp. 205-221, 2013.
- [13] Maenpaa T., Pietikainen M., "Classification with color and texture jointly or separately", *Pattern Recognition*, Vol. 37, No. 8, pp. 1629-1640, 2004.
- [14] Khan F.S., Anwer R.M., Van-der-Weijer J., Felsberg M., Laaksonen J., "Compact color-texture description for texture classification", *Pattern Recognition Letters*, Vol. 51, pp. 16-22, 2014.
- [15] Tajeripour F., Saberi M., Fekriershad SH., "Developing a novel approach for content based image retrieval using modified local binary patterns and morphological transform", *International Arab Journal of Information Technology*, Vol. 12, No. 6, 2015.
- [16] Tajeripour F., Fekriershad SH., "Developing a novel approach for stone porosity detection using modified local binary patterns and single scale retinex", *Arabian Journal for Science and Engineering*, Vol. 39, No. 2, pp. 875-889, 2014.
- [17] Maenpaa T., Viertola J., Pietikainen M., "Optimizing color and texture features for real time visual inspection", *Pattern Analysis and Applications*, Vol. 6, No. 3, pp. 169-175, 2003.
- [18] Ahonen T., Hadid A., Pietikainen M., "Face description with local binary patterns: application to face recognition", *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 28, No. 12, pp. 2037-2041, 2006.
- [19] Takala V., Pietikainen M., "Multi object tracking using color, texture and motion", *In Proc. of IEEE Conference On Computer Vision and Pattern Recognition*, Minnesota, USA, pp. 1-7, June 2007.
- [20] Xie X., "A review of recent advances in surface defect detection using texture analysis techniques", *Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis*, Vol. 7, No. 3, pp. 1-22, 2008.
- [21] Tajeripour F., Rezaei M., Saberi M., Fekriershad, SH., "Texture classification approach based on combination of random threshold vector technique and co-occurrence matrixes", *In Proc. of IEEE International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT)*, Harbin, China, Vol. 4, pp. 2303-2306, 2011.
- [22] Kim C., Koivo A., "Hierarchical classification of surface defects on dusty wood boards", *Pattern Recognition Letters*, Vol. 15, No. 7, pp. 713-721, 1994.

- [23]
Xie J., Zhang L., You J., Shiu S., "Effective texture classification by texton encoding induced statistical features", *Pattern Recognition*, Vol. 48, No. 2, pp. 447-457, 2015
- [24]
Malik F., Baharudin B., "Analysis of distance metrics in content-based image retrieval using statistical quantized histogram texture features in the DCT domain", *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, Vol. 25, No. 2, pp. 207-218, 2013.
- [25]
Conners R., McMillan C., Lin K., Vasquez-Espinosa R., "Identifying and locating surface defects in wood: part of an automated timber processing system", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 5, pp. 573-583, 1983.
- [26]
Latif-Amet, L., Ertuzun A., Ercil A., "An efficient method for texture defect detection: sub band domain co-occurrence matrices", *Image and Vision Computing*, Vol. 18, No. 6-7, pp. 543-553, 2000.
- [27]
Vujasinovic T., Pribic J., Kanjer K., Milosevic N., Tomasevic Z., Milovanovic Z., Nikolic-Vukosavljevic D., Radulovic M., "Gray-Level co-occurrence matrix texture analysis of breast tumor images in prognosis of distant metastasis risk", *Microscopy and Microanalysis*, Vol. 21, No. 3, pp.646-654, 2015.
- [28]
Liao S., Zhu X., Lei Z., Zhang L., Li S.Z., "Learning multi-scale block local binary patterns for face recognition", *In Proc. of IAPR/IEEE International Conference on Biometrics*, Seoul, Korea, pp. 828-837, August 2007
- [29]
Huang Y., Chan K., "Texture decomposition by harmonics extraction from higher order statistics", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 13, No. 1, pp. 1-14, 2004.
- [30]
Bu H.G., Huang X. B., Wang J., Chen X., "Detection of fabric defects by auto-regressive spectral analysis and support vector data description", *Textile Research Journal*, Vol. 80, No. 7, pp. 579-589, May 2010.
- [31]
Raju U. N., Eswara-Reddy B., Vijaya-Kumar V., Sujatha B., "Texture classification based on extraction of skeleton primitives using wavelets", *Information Technology Journal*, Vol. 7, pp. 883-889, 2008.
- [32]
Kumar V., Srikrishna A., "An improved iterative morphological decomposition approach for image skeletonization", *Journal of Graphics Vision and Image Processing of ICGST*, Vol. 8, No. 1, pp.47-54, 2008.
- [33]
Mak K. L., Penga P., Yiu K. F., "Fabric defect detection using morphological filters", *Image and Vision Computing*, Vol. 27, pp. 1585-1592, 2009.
- [34]
Norliza M. N., Than J.C.M., Rijal O. M., Kassim R. M., Yunus A., Zeki A.A., Anzidei M., Saba L., Suri J. S., "Automatic lung segmentation using control feedback system: morphology and texture paradigm", *Journal of Medical Systems*, Vol. 39, No. 22, 2015.
- [35]
Qiang J., Engel J., Craine E., "Texture analysis for classification of cervix lesions", *IEEE Transactions on Medical Imaging*, Vol. 19, No. 11, pp. 1144-1149, 2000.
- [36]
Song K., Kittler J., Petrou M., "defect detection in random colour textures", *Image and Vision Computing*, Vol. 14, pp. 667-683, 1996.
- [37]
Dollar P., Zitnick C. L., "Fast edge detection using structured forests", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 37, No. 8, pp. 1558-1570, 2015.
- [38]
Manza R.R., Gaikwad B.P., Manza G.R., "Use of edge detection operations for agriculture video scene feature extraction from mango fruits", *Advances in Computational Research*, Vol. 4, No. 1, pp.-50-53, 2012.
- [39]
Basavaraj S. A., Malvade N. N., Hanamaratti N. G., "An edge texture features based methodology for bulk paddy variety recognition", *Agricultural Engineering*