|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| فصلنامه علمي- پژوهشي  **فناوري اطلاعات و ارتباطات ایران** | سال چهارم، شماره‌هاي 13 و 14، پاییز و زمستان 1391  صص: 67- 74 | E:\E Drive\logo\iicta Logo0.JPG |

**پردازش تصاویر ورق های فولادی به منظور آشکارسازی عیوب به کمک موجک گابور**

مصطفی صادقی\*1 مسعود شفیعی\*\*

\* کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زواره، اصفهان

\*\* استاد، دانشکده مهندسی برق ،دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران

تاريخ دريافت: 15/04/1391 تاريخ پذيرش: 25/10/1391

چکيده

در مراحل مختلف تولید فولاد، خرابی‌هایی متعددی بر سطح ورق ظاهر می‌شود. صرف نظر از دلایل ایجاد خرابی‌ها، تشخیص دقیق انواع آن‌ها به طبقه بندی صحیح ورق فولاد کمک می‌کند و در نتیجه در صد بالایی از فرآیند کنترل کیفیت را به خود اختصاص می‌دهد. کنترل کیفیت ورق‌های فولادی به‌منظور بهبود کیفیت محصول و حفظ بازار رقابتی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. در این مقاله ضمن بررسی اجمالی تکنیک‌های پردازش تصویر مورد استفاده، با به‌کارگیری پردازش تصویر به کمک موجک گابور دو بعدی راه حل سریع و با دقت بالا برای آشکار سازی عیوب بافتی ورق‌های فولادی ارائه شده است. در ابتدا با استفاده از موجک گابور ویژگی‌های بافتی قابل توجهی را از تصاویر استخراج می‌کند که هم دربرگیرنده‌ی جهات مختلف و هم فرکانس‌های مختلف می‌باشد. سپس با استفاده از روش آماری،تصاویری که دربردارنده ی عیوب به طور واضح‌تری هستند انتخاب شده و محل وقوع عیب تعیین می‌گردد. با ارائه‌ی نمونه‌های آزمایشی میزان دقت و سرعت عمل روش به‌کار گرفته شده نشان داده شده است.

**كليد واژگان:** پردازش تصویر، بازرسی اتوماتیک، کنترل کیفیت، بخش‌بندی عیوب، موجک گابوردوبعدی

1. مقدمه

کنترل کیفیت یکی از مسائل مهم در صنعت تولید ورق‌های فولادی به شمار می‌آید. تشخیص عیوب سطحی، درصد بالایی از فرآیند کنترل کیفیت را به خود اختصاص می‌دهد. تولید کنندگان فولاد می‌خواهند خرابی‌هایی غیر منتظره را بشناسند تا مانع از اتفاق افتادن آن‌ها بطور مداوم بشوند. و مطمئن باشند که کیفیت محصولات مطابق با نیاز مصرف کننده می‌باشد]1 .[از طرفی خرابی‌هایی ایجاد شده باید در گزارش‌های کیفی آماری ثبت شود. بدون یک سیستم بازرسی سطوح شناسایی خرابی سطوح ،ثبت و بررسی علل خرابی می‌تواند مدت زیادی طول بکشد. در طول این تأخیر ممکن است که مشکل دوباره تکرار شده و باعث کاهش کیفیت تولید شود.

امروزه در اکثر خطوط تولید ورق، کنترل کیفیت توسط نیروهای خبره و به صورت دستی انجام می‌گیرد. بررسی محصولات کارخانه به طور دیداری سرعت کار پروسه ،زمان مصرفی، و درآمد حاصله را کم می‌کند. علاوه بر این ممکن است شخص ناظر در محیط کارخانه آسیب ببیند. از طرفی با توجه به هزینه سنگین بازرسی انسانی، سرعت خط تولید و تکراری بودن کار ایجاد یک سیستم تشخیص خرابی و بازرسی سطوح در بهبود و کارایی تولید فولاد بسیار موثر می‌باشد]2 .[

با اینکه امروزه بعضی از کارخانجات تجاری، از تکنیک‌های بررسی و عیب یابی سطح ورق فولاد استفاده می‌کنند، ولی بررسی، تشخیص و طبقه بندی خرابی‌های سطحی همزمان با تولید محصول هنوز هم بطور گسترده در سطح دنیا بررسی می‌شود. عدم وجود یک سیستم کنترل کیفیت خودکار باعث کاهش راندمان کاری، عدم دقت کافی و افزایش هزینه‌ها می‌گردد. در شکل 1 نمونه ای از یک سیستم بازرسی اتوماتیک سطوح فولادی در کارخانه نشان داده شده است.

پردازش تصویر فناوری غالب امروزی در زمینه‌‌‌‌ی بررسی بافت‌ها‌ی مختلف و شناسایی تنوع موجود در آن است. توانمندی این‌ فناوری به ویژه در دو زمینه تشخیص و طبقه‌بندی الگو، باعث بهره‌گیری از آن در کنترل کیفیت صنایعی مانند پارچه، کاغذ و سرامیک شده است.

پردازنده DSP

تصویر دیجیتال

تصویر سطح فولادی

معیوب بخش بندی شده

استخراج ویژگی

کلاسه بندی

بخش بندی

دوربین

سطح فولادی

شکل 1- نمونه ای از یک سیستم بازرسی اتوماتیک سطوح فولادی در کارخانه

محققین زیادی خرابی‌هایی ایجاد شده بر سطح فولاد را به روش‌های گوناگون مورد بررسی قرار داده‌اند. برخی از آن‌ها از روش پیدا کردن لبه استفاده نموده‌اند]3.[

در این روش لبه های موجود در تصویر با استفاده از یک الگوریتم پیدا کردن لبه تشخیص داده می‌شود و از مقایسه‌ی تصویر لبه های موجود با مشخصات ذخیره شده در حافظه، عیب مورد نظر تشخیص داده می‌شود. مشکل اصلی این روش این است که خرابی‌هایی مختلف می‌توانند اشکال هندسی یکسانی داشته باشند ولی از لحاظ ساختمانی کاملاً با هم متفاوت باشند. به همین دلیل این روش در مورد خیلی از خرابی‌هایی هم شکل قابل استفاده نیست. از جمله روش‌های دیگری که در تعیین محل عیب استفاده می‌شود می‌توان به روش‌هایی مانند فیلتر لاپلاس، فیلتر گرادیان اشاره کرد [4-6]. اعمال این فیلترها بر روی تصویر باعث ظاهر شدن لبه های عیب و جزئیات بی اهمیت صفحه با یک شدت می‌شود که با اعمال روش‌های ریخت شناسی، لبه های عیب نیز حذف می‌گردند. بنابراین نتایج این روش‌ها بر روی عیب مورد نظر در این مقاله قابل قبول نمی‌باشد.

مجموعه کارهایی که تا کنون انجام گرفته است بیشتر با تمرکز بر روی ویژگی‌های رنگ، شکل و بافت سعی در ارائه روش‌های مناسب آشکارسازی خرابی­ها نموده‌اند. در روش­های مبتنی بر تحلیل بافت، هدف اصلی فراهم کردن معیاری برای تشخیص خواص بافتی تصویر مانند زبری، نرمی، هم­جنسی، همواری و ... است. در [7] با به کار بردن یکی از روش‌های تحلیل بافت به نام ماتریس هم رخداد به آشکار سازی عیوب سطحی ورق فولاد پرداخته است. روش ماتریس هم رخداد کارایی ضعیفی در عیوب بافت پارچه در مقایسه با تکنیک‌های دیگری از قبیل روش مبتنی بر فیلتر از خود نشان داده است. در[9-8] با استفاده از فیلتر گابور ویژگی­های بافتی قابل توجهی از تصاویر استخراج شده که هم دربرگیرنده­ی جهات مختلف و هم دربرگیرنده­ی فرکانس­های مختلف است. در [10] نیز روش­های ارائه شده است که در تمامی آن‌ها عمل استخراج ویژگی از تصاویر مورد نظر با استفاده از فیلتر گابور انجام شده است. فیلتر گابور به دلیل بهینه بودن در هر دو حوزه­ی مکانی و فرکانسی، امکان بهره­گیری از محاسن پردازش سیگنال را در هر دو حوزه فراهم می­کند.

در این مقاله در بخش 2 به بررسی کلی خرابی‌هایی سطح ورق فولاد پرداخته و سپس از بین این خرابی‌ها چهار نوع خرابی متداول را برای بررسی انتخاب می‌کنیم. سپس در بخش 3 به برسی روش تحلیل بافت و معرفی موجک گابور و سپس به استخراج ویژگی از تصاویر به کمک موجک گابور پرداخته می‌شود. مدل پیشنهادی و نتایج به دست آمده از آزمون‌های مختلف نیز در بخش 4 معرفی می‌گردد. در بخش 5 با نشان دادن نتیجه‌ی آزمایش‌های انجام گرفته بر روی مجموعه تصاویر، به دو صورت جدول نتایج و تصویر حاصل از آزمایش، کارایی روش پیشنهادی نشان داده می‌شود. در نهایت در بخش 6 نتیجه‌های حاصل شده از روش پیشنهادی در این مقاله، ارائه می‌گردند.

1. پیش‌زمینه

با توجه به ماهیت فناوری ماشین بینایی و پردازش تصویر، در اولین مرحله استفاده از این فناوری ، باید یک تصویر مناسب از شی مورد نظر به وجود آید. تهیه این تصویر مناسب مستلزم شناخت کافی از خصوصیات ظاهری شی است. لذا در بررسی عیوب سطح ورق فولاد لازم است در ابتدا دسته بندی بر اساس خصوصیات ظاهری عیوب انجام شود. این دسته بندی مقدمه ای راهگشا برای بررسی روش‌های نور پردازی و تصویر برداری و همچنین دستیابی به الگوریتم‌های پردازشی مناسب می‌باشد[7]. در مجتمع فولاد مبارکه اصفهان-ایران حدود 210 خرابی کدگذاری شده، از لحاظ تشابه ظاهری خصوصیات نورپردازی و تصویربرداری و الگوریتم‌هایی پردازشی به گروه‌های ده‌گانه‌ای تقسیم شده و به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته‌ است. بر اساس نتایج این مطالعه و با در نظر گرفتن پارامترهایی از قبیل زیاد بودن تعداد دفعات اتفاق افتادن عیب (رایج بودن)، تنوع شکل عیوب و اهمیت تفکیک آن‌ها، 4 خرابی حفره، خراش، چین‌های عرضی و زنگ‌زدگی، در این مقاله جهت بررسی انتخاب شده است]9-10[. شکل 2چهار تصویر واقعی از چهار نمونه سطوح فولاد دارای خرابی‌های رایج را نشان می‌دهد. برای انجام تحقیق به عکس‌های متعددی از این عیوب نیاز است. عکس‌های استفاده شده متعلق به دانشگاه کانپور هند می‌باشد] 3[.

1. تحلیل بافت و استخراج ویژگی به کمک موجک گابور

فناوری غالب امروزی برای تشخیص و دسته‌بندی اشیا بر مبنای ویژگی ظاهری، فناوری پردازش تصویر است. به‌طور کلی عملیات پردازش تصویر در دو مرحله‌ی عمده‌ی استخراج ویژگی‌ها و کلاسه‌بندی انجام می‌گیرد. در مرحله‌ی استخراج ویژگی با تعیین ویژگی‌های مورد نظر و انتخاب پارامترها و روش استخراج، ابتدا از تصویر خام این ویژگی‌ها تفکیک و بهینه می‌شود. در مرحله کلاسه‌بندی و در نهایت بخش‌بندی، نواحی دارای بافت مشابه مشخص شده، مرزهای بین بافت‌های مختلف تعیین می‌گردد.

از پرکاربردترین روش­های مورد استفاده در استخراج ویژگی­های بافتی، استفاده از موجک گابور می‌باشد. موجک گابور، ویژگی­های بافتی قابل توجهی را از تصاویر استخراج می­کند که هم دربرگیرنده­ی جهات مختلف و هم فرکانس­های مختلف است. چنانچه موجک گابور در حوزه­ی مکان تعریف شود، با تصویر مورد نظر کانولوشن[[1]](#footnote-2) شده و تصویر جزئی ر ا ایجاد می­کند و چنانچه در حوزه­ی فرکانس تعریف شود، با گرفتن تبدیل سریع فوریه از تصویر مورد نظر آن را به حوزه­ی فرکانس برده و سپس با موجک گابور حوزه­ی فرکانس ضرب می­گردد. با انتقال حاصل‌ضرب انجام شده به حوزه­ی مکان، تصویر جزئی به دست می­آید. از آنجا که عمل کانولوشن در حوزه­ی مکان دیرتر از ضرب در حوزه­ی فرکانس انجام می­شود ما در این مقاله از موجک گابور در حوزه­ی فرکانس استفاده می­کنیم تا با سرعت بالاتری ویژگی­های تصاویر را استخراج کنیم. از آنجایی که بیشتر خرابی­ها در سطح فولاد در زمان تولید و به طور تصادفی ایجاد می­شوند، نمی­توان یک موجک گابور خاص را برای تشخیص هر نوع خرابی به کار برد. به همین دلیل، در این مقاله از بانک مو جک‌های گابور جهت استخراج ویژگی استفاده می­شود. وجود فرکانس­ها و جهات متفاوت در بانک مو جک‌های گابور، موجب می­شود که ویژگی­های استخراج شده حاوی مقدار زیادی اطلاعات در مورد بافت تصویر باشند و بتوانند خرابی­ها را در جهات و فرکانس­های مختلف را به خوبی تشخیص دهند. موجک گابور دو بعدی مورد استفاده در این مقاله در رابطه (1) نشان داده شده است.

|  |  |
| --- | --- |
| (1) |  |

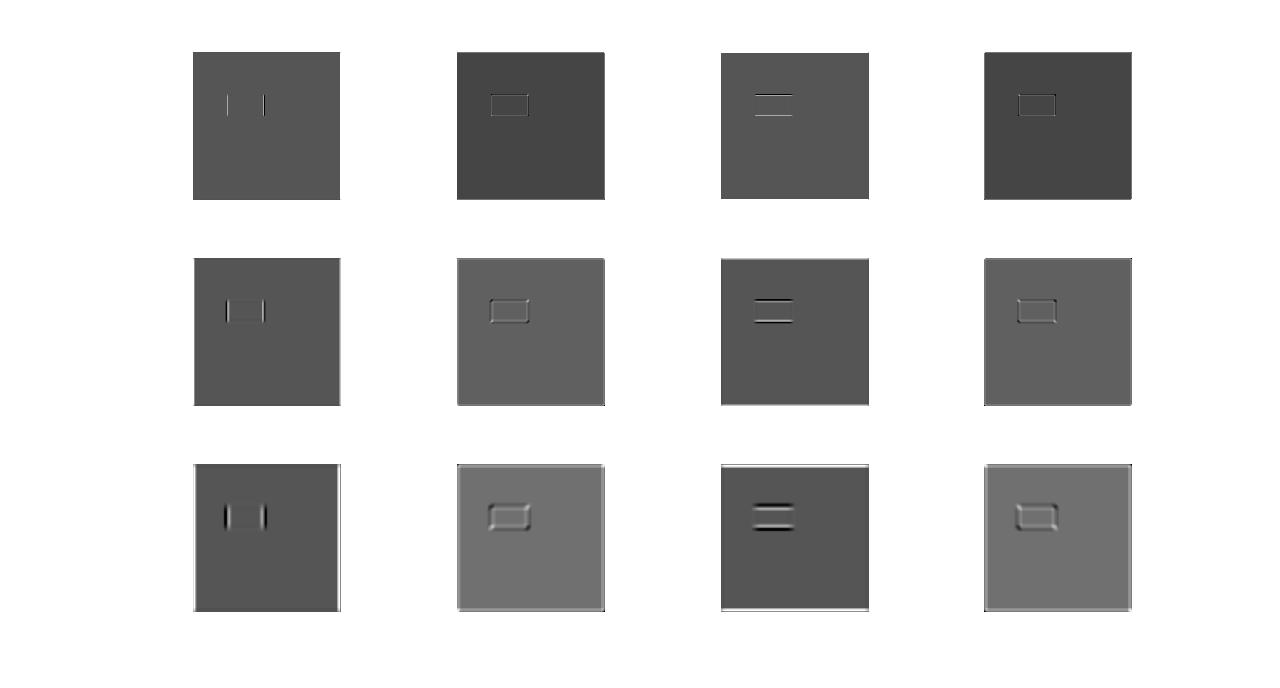
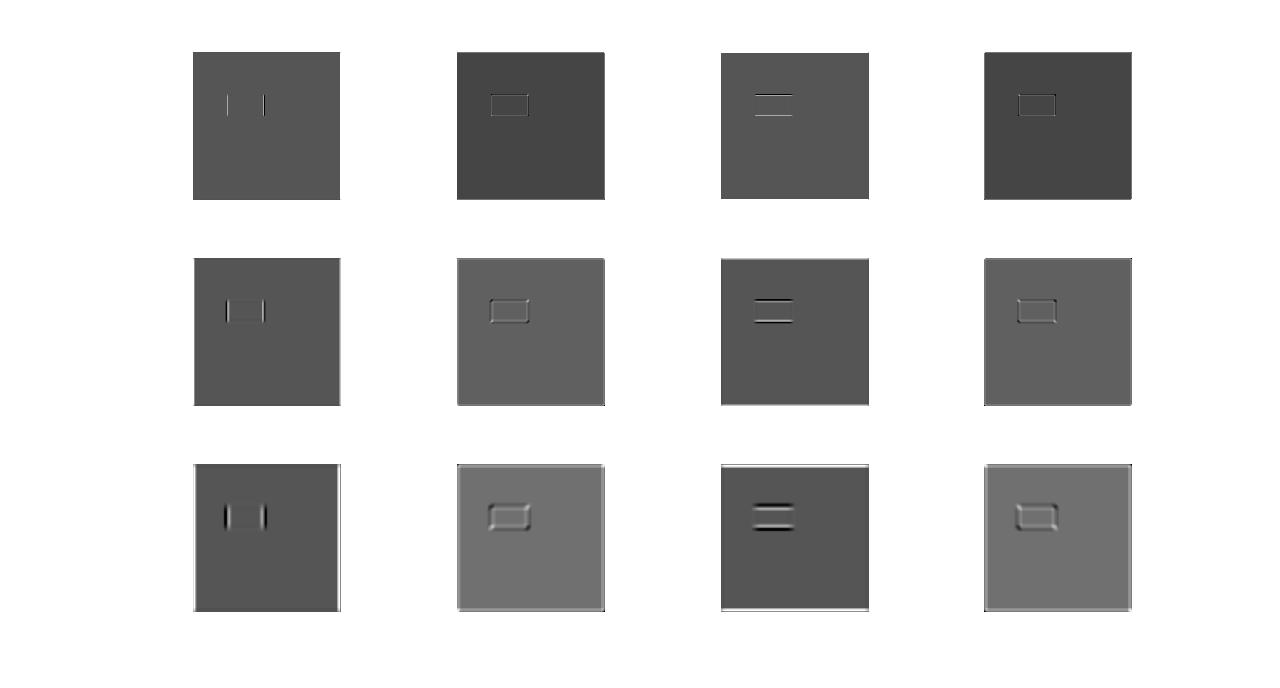
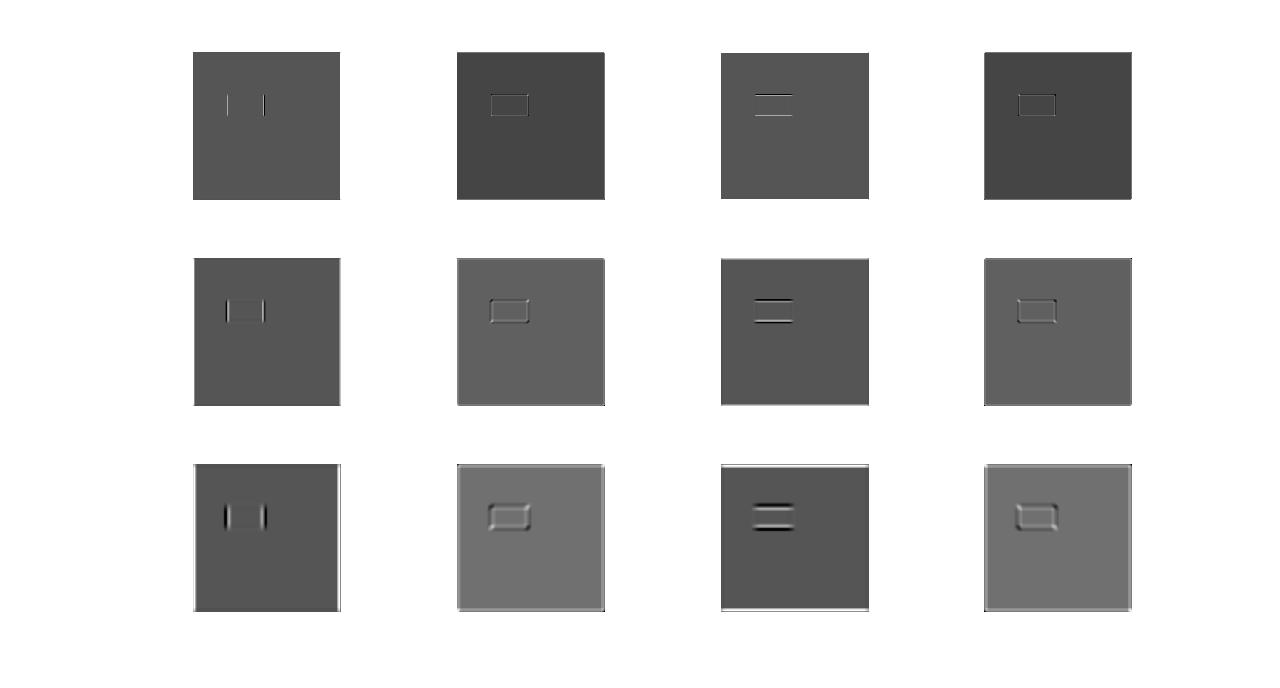
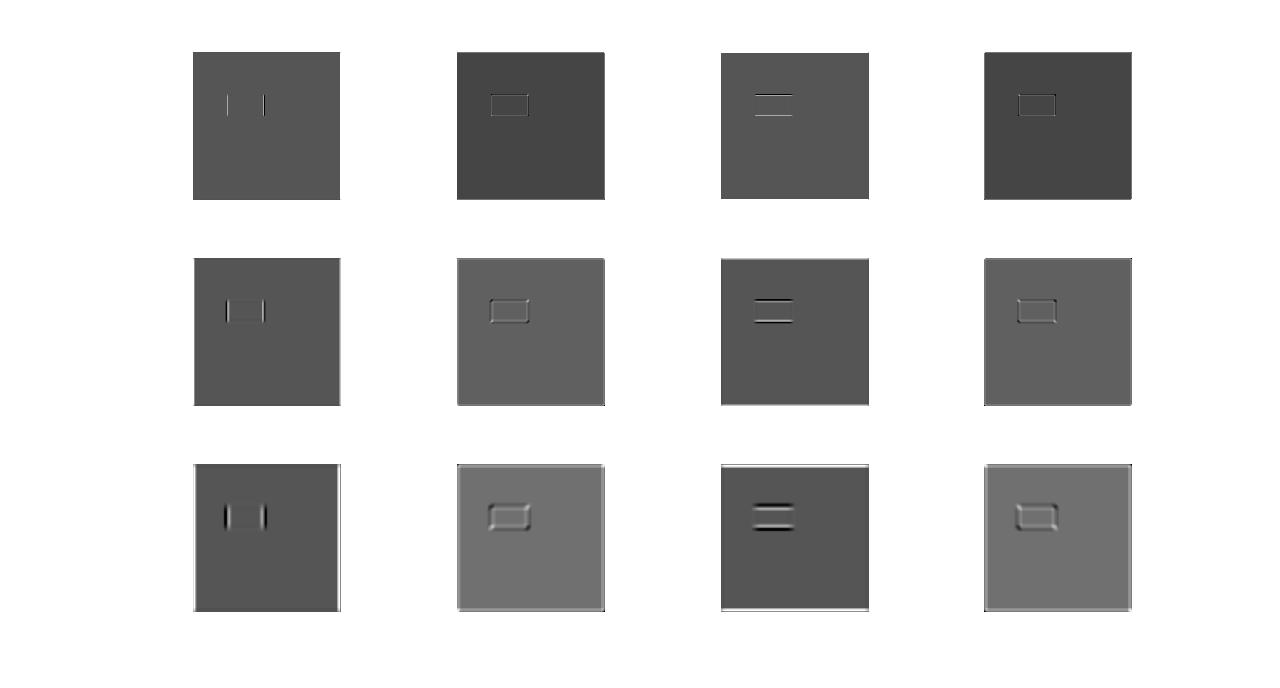
مقادیر با استفاده از رابطه (2) به دست می­آیند:

|  |  |
| --- | --- |
| (2) |  |

که در این فرمول مقادیر*Wxو Wy فرکانس‌های مرکزی فیلتر در جهات X وY می‌باشد. همچنین x0 و y0 میزان جابجایی افقی و عمودی در حوزه‌ی مکان می‌باشد. در آزمایش‌های انجام شده، مقدار X0=0، Y0=0، Wx=Wy و قرار داده شده است.از آن‌جا که تا کنون هیچ روش تحلیلی جهت بهینه کردن بانک فیلتر‌های گابور ارائه نشده، لازم است از یک روند طولانی آزمایش و ارزیابی جهت بهترین پیکربندی از این بانک فیلترها استفاده شود. در آزمایش‌های انجام شده پس از بررسی و آزمون­های مختلف، این نتیجه حاصل شد که استفاده از یک بانک فیلتر با دوازده فیلتر گابور با فرکانس‌های و زوایای(0, 45, 90, 135) می‌تواند افت را به خوبی استخراج کند.*



شکل 2- چهار تصویر واقعی از چهار نمونه سطوح فولاد



شکل 3- پاسخ بانک موجک گابور در فرکانس‌ها و زوایای اعلام شده *به یک تصویر معیوب می‌باشد.*

*بیش‌ترین فرکانس تصویر بوده و برابر نصف ابعاد تصویر در حوزه‌ی فرکانس می‌باشد.باید توجه داشت که افزایش تعداد موجک­ها از حدی بیشتر کارایی را چندان افزایش نمی­دهد و افزایش بار محاسباتی را نیز به همراه دارد.*

1. روش پیشنهادی

در این مقاله روشی پیشنهاد می‌شود که در آن بخش‌بندی عیوب بر مبنای محاسبه‌ی میزان پراکندگی در تصاویر جزئی است. به این صورت که ابتدا استخراج ویژگی توسط بانک فیلتر‌های گابور با دوازده فیلتر که در قسمت قبل بیان شد، انجام می‌شود.

پس از استخراج ویژگی از تصاویر دارای خرابی و تکمیل تصاویر جزئی و محاسبه‌ی انرژی، تصاویر جزئی که بطور مشخص‌تری حاوی ناحیه‌ی دارای خرابی هستند جهت ترکیب انتخاب و تصاویر جزئی که فاقد نواحی معیوب هستند را حذف می‌کنیم.از آنجا که مقادیر انرژی بدست آمده از هر پیکسل از تصاویر جزئی در محدوده‌ی وسیعی از اعداد حقیقی پراکنده شده‌اند با محدود کردن این مقادیر به چند مقدار محدود بهتر می‌توان میزان تمرکز و پراکندگی داده‌ها را تشخیص داد. از طرفی با انجام این عمل حجم داده‌ها را کاهش داده و سرعت پردازش بالا می­رود. ابتدا روی کلیه‌ی مقادیر موجود در هر یک از تصاویر جزئی عمل نرمال سازی صورت می‌گیرد. چنانچه مقدار هر پیکسل در یک تصویر جزئی f(X,Y) باشد که در آن x و y مختصات پیکسل در تصویر جزئی را نشان می‌دهد. نرمال سازی به صورت فرمول 3 انجام می‌گیرد.

|  |  |
| --- | --- |
| (3) |  |

که در آن min و max به ترتیب نمایان­گر کمترین و بیشترین مقادیر تصویر جزئی f وF norm(x,y) نرمال شده­ی f(x,y) می­باشد.پس از انجام این نرمال­سازی، مقادیر هر یک از تصاویر جزئی در بازه­ی [0,1] قرار می­گیرد.

با اعمال 5 سطح خاکستری 0و1و2و3و4 با 4 سطح آستانه 2/0 و 4/0 و 6/0 8/0 روی تصاویر جزئی به خوبی میزان پراکندگی و تمرکز داده­ها قابل تشخیص است. تصاویر جزئی میزان تمرکز و پراکندگی داده­ها را به صورت قابل لمس­تری نشان می­دهند. آن دسته از تصاویر که میزان پراکندگی داده­ها در آن‌ها کمتر باشد یا به عبارتی متمرکزتر باشد، به طور مشخص­تری حاوی ناحیه­ی دارای خرابی می­باشد زیرا ناحیه­ی دارای خرابی باعث می­شود که ویژگی­های این پیکسل­ها، شفاف­تر از بقیه­ی تصویر باشند. در تصاویری که عیب در آن‌ها مشهود نیست معمولاً تفاضل انرژی محاسبه شده نزدیک به صفر است و در محدوده­ی پراکندگی محاسبه شده قرار نمی­گیرند. از آنجا که در بعضی از تصاویر جزئی عیب به صورت بهتری قابل مشاهده است و در بعضی دیگر عیب وجود ندارد یا نویزهای موجود در تصویر به اشتباه به صورت عیب در نظر گرفته شده­اند با ارائه­ی الگوریتمی این دو دسته تصویر را از هم جدا کرده و تصاویری که به صورت شفاف­تری نشان­دهنده­ی عیب می­باشند را جهت شناسایی عیب با هم ترکیب کرده و تصویر حاصل از ترکیب را به تصویر دودویی تبدیل کردیم. در الگوریتم پیشنهادی تصاویر دارای پراکندگی زیاد حذف شده و تصاویر دارای پراکندگی داده­ای کم و تمرکز بیشتر که خرابی­ها را به طور مشخص­تر نشان می­دهند جهت ترکیب انتخاب می­شوند. پس از ترکیب صحیح تصاویر جزئی با یکدیگر، ناحیه­ی معیوب کاملاً مشخص شده و درصد نواحی سالمی که به اشتباه معیوب شناخته می­شوند بسیار ناچیز است. در یک تصویر دارای خرابی ممکن است کل تصاویر جزئی انتخاب شوند و در تصویری دیگر هیچ یک از تصاویر جزئی انتخاب نشوند. مراحل کلی انجام الگوریتم حذف تصاویر جزئی با روش پیشنهادی در شکل 4 نشان داده شده است.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | تبديل Diبه قسمت‌هاي کوچک‌تر | | | |  |
| D1.5 | D1.4 | D1.3 | D1.2 | D1.1 |
| D1.10 | D1.9 | D1.8 | D1.7 | D1.6 |
| D1.15 | D11.4 | D1.13 | D1.12 | D1.11 |
| D1.20 | D1.19 | D1.18 | D1.17 | D1.16 |
| D1.25 | D1.24 | D1.23 | D1.22 | D1.21 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 135° | | 95° | | 45° | | 0° | |  | |
| D4 | | D3 | | D2 | | D1 | | Ω/2 | |
| D8 | | D7 | | D6 | | D5 | | Ω/4 | |
| D12 | | D11 | | D10 | | D9 | | Ω/8 | |
|  | |
| 135° | 95° | | 45° | | 0° | |  | |
| D4 | D3 | | D2 | | D1 | | Ω/2 | |
| D8 | D7 | | D6 | | D5 | | Ω/4 | |
| D12 | D11 | | D10 | | D9 | | Ω/8 | |
|  | |

تقسيم هر يك از Diها به تصاوير کوچک‌تر

محاسبه واريانس كلDiها

i=1 to 12 & j=1 to n

تشكيل جدول و محاسبه تعداد واريانس‌هاي هر تصوير جزئي در هر سطر

اعمال قوانين حذف و انتخاب تصاوير جزئي

تركيب تصاوير جزئي انتخاب شده و تشكيل نقشه ويژگي

شكل 4- مراحل كلي حذف تصاوير جزئي با روش پيشنهادي بهينه

برای انتخاب تصاویر مناسب جهت ترکیب، ابتدا هر یک از تصاویر جزئی به تصاویر کوچک­تر تقسیم می­شود. در آزمایش­های انجام شده تصاویر مورد بررسی دارای اندازه­ی 250\*250 پیکسل است. با انجام آزمایش­های مختلف به این نتیجه رسیدیم که چنانچه هر یک از این تصاویر جزئی به 25 تصویر با اندازه­ی 50\*50 پیکسل تقسیم شود. و واریانس کل هر یک از این تصاویر محاسبه شود، در تصویر جزیی که پراکندگی داده­ای کم دارند و به نوعی تصاویر مطلوب جهت ترکیب به­شمار می­روند، تعداد زیادی از این 25 واریانس بدست آمده صفر شده و مابقی حاوی مقادیر غیر صفر هستند.آزمایش­ها در نرم­افزار متلب پیاده­سازی شده­اند. جهت محاسبه­ی واریانس در این نرم­افزار از رابطه (4) استفاده شده است.

در تصاویر جزئی که پراکندگی داده­ای کم دارند و به نوعی تصاویر مطلوب جهت ترکیب به شمار می­روند، تعداد زیادی از این 25 واریانس به دست آمده صفر شده و مابقی حاوی مقادیر غیر صفر هستند.

|  |  |
| --- | --- |
| (4) |  |

جهت تشخیص و انتخاب تصاویر مناسب جهت ترکیب و در نهایت ایجاد تصویر دودویی برای هر تصویر هفت سطح واریانس تعیین می­کنیم.

سپس هر 25 مقدار واریانس را در آن سطوح محاسبه می­کنیم. با انجام این آزمایش این نتیجه حاصل شد که تصاویری جهت ترکیب انتخاب شوند که حاوی سطح صفر بیشتر از 50% کل تصویر می­باشند.

به منظور ترکیب تصاویر جزئی انتخاب شده در این مقاله از روش جمع ساده مطابق فرمول 5 استفاده شده است.

Simple Addition: Comb (a,b,c)=a+b+c(5)

جدول 1. نمايش واريانس‌‌هاي مربوط به تصاوير کوچک‌تر هر يك از تصاوير جزئي در شكل4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| D4 | | | | |  | D3 | | | | |  | D2 | | | | |  | D1 | | | | |
| **0.0044** | **0.0051** | **0.0527** | **0.0021** | **0.0037** | **0** | **0** | **0** | **0.0334** | **0** | **0.0155** | **0.0062** | **0.0144** | **0.0566** | **0.0174** | **0** | **0** | **0** | **0.0566** | **0** |
| **0.0068** | **0.0021** | **0.0125** | **0.0334** | **0.0139** | **0** | **0** | **0** | **0.0021** | **0** | **0.0127** | **0.0024** | **0.0065** | **0.0021** | **0.0068** | **0** | **0** | **0** | **0.0334** | **0** |
| **0.0018** | **0.0334** | **0.0512** | **0.0029** | **0.0731** | **0** | **0.0334** | **0.0021** | **0.0029** | **0.0021** | **0.009** | **0.0365** | **0.1** | **0.0566** | **0.0376** | **0** | **0.0892** | **0.0892** | **0.0021** | **0.027**  **2** |
| **0.0029** | **0.0021** | **0.0334** | **0.0021** | **0.0334** | **0.0566** | **0.0021** | **0.0566** | **0.0021** | **0.0566** | **0.0566** | **0.0566** | **0.0021** | **0.0021** | **0.0566** | **0.0566** | **0.0021** | **0.0566** | **0.0021** | **0.0566** |
| **0.003** | **0.0297** | **0.0125** | **0.0021** | **0.0575** | **0** | **0.0566** | **0.0029** | **0.0334** | **0** | **0.0052** | **0.0191** | **0.0412** | **0.0566** | **0.0333** | **0** | **0.0029** | **0.0071** | **0.0334** | **0.0016** |
| **D8** | | | | | **D7** | | | | | **D6** | | | | | **D5** | | | | |
| **0.0059** | **0.0075** | **0.0085** | **0.0566** | **0.0028** | **0** | **0** | **0** | **0.0334** | **0** | **0.0026** | **0.0027** | **0.0024** | **0.0021** | **0.0016** | **0** | **0** | **0** | **0.0015** | **0** |
| **0.0158** | **0.0113** | **0.0591** | **0.0021** | **0.0165** | **0** | **0** | **0** | **0.0021** | **0** | **0.006** | **0.0018** | **0.0038** | **0.0015** | **0.003** | **0** | **0** | **0** | **0.0334** | **0** |
| **0.01** | **0.009** | **0.0029** | **0.0566** | **0.0335** | **0** | **0.03** | **0.1534** | **0.0029** | **0.0017** | **0.0023** | **0.0323** | **0.08** | **0.0566** | **0.0099** | **0** | **0.1055** | **0.0228** | **0.0021** | **0.0433** |
| **0.0566** | **0.0021** | **0.0566** | **0.0021** | **0.0566** | **0.0021** | **0.0566** | **0.0029** | **0.0021** | **0.0566** | **0.0566** | **0.0021** | **0.0015** | **0.0021** | **0.0566** | **0.0021** | **0.0566** | **0.0015** | **0.0015** | **0.0566** |
| **0.0029** | **0.0038** | **0.0057** | **0.0566** | **0.0187** | **0** | **0.0521** | **0.1548** | **0.0015** | **0.0002** | **0.0069** | **0.0064** | **0.0174** | **0.0566** | **0.0173** | **0** | **0.0029** | **0.0015** | **0.0021** | **0.0015** |
| **D12** | | | | | **D11** | | | | | **D10** | | | | | **D9** | | | | |
| **0.0039** | **0.0008** | **0.0011** | **0.0015** | **0.0006** | **0** | **0** | **0** | **0.0015** | **0** | **0.0013** | **0.0006** | **0.0017** | **0.0334** | **0.0011** | **0** | **0** | **0** | **0.0566** | **0** |
| **0.0038** | **0.0032** | **0.012** | **0.0021** | **0.0046** | **0** | **0** | **0.0006** | **0.0566** | **0** | **0.0016** | **0.0012** | **0.002** | **0.0021** | **0.0015** | **0** | **0** | **0** | **0.0334** | **0** |
| **0.0566** | **0.0021** | **0.0566** | **0.0566** | **0.0566** | **0.0015** | **0.0021** | **0.0566** | **0.0334** | **0.0021** | **0.0029** | **0.0021** | **0.0566** | **0.0334** | **0.0566** | **0.0021** | **0.0029** | **0.0566** | **0.0021** | **0.0334** |
| **0.0032** | **0.0023** | **0.0004** | **0.0566** | **0.0093** | **0** | **0.0226** | **0.1205** | **0.0015** | **0.0009** | **0.0011** | **0.0058** | **0.0032** | **0.0029** | **0.0035** | **0.0001** | **0.0559** | **0** | **0.0029** | **0.0566** |
| **0.0003** | **0.0012** | **0.0016** | **0.0021** | **0.002** | **0** | **0.0512** | **0.1507** | **0.0334** | **0.0002** | **0.0008** | **0.0027** | **0.0043** | **0.0021** | **0.0038** | **0** | **0.0013** | **0** | **0.0334** | **0.0018** |

جدول2- تقسيم‌‌بندي 25 واريانس هر يك از تصاوير جزئي جدول1در سطوح مختلف

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **D12** | **D11** | **D10** | **D9** | **D8** | **D7** | **D6** | **D5** | **D4** | **D3** | **D2** | **D1** | **Detail Images**  **Levels** |
| 0 | 13 | 0 | 15 | 0 | 14 | 0 | 14 | 0 | 15 | 0 | 14 | **No.of.Vars=0** |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | **0<No.of.Vars<0.0001** |
| 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 1 | 0 | 3 | 0 | 4 | 4 | 3 | **0.0001<No.of.Vars<0.001** |
| 11 | 4 | 14 | 2 | 9 | 3 | 12 | 3 | 7 | 1 | 6 | 3 | **0.001<No.of.Vars<0.01** |
| 1 | 2 | 3 | 2 | 7 | 2 | 4 | 2 | 9 | 2 | 9 | 2 | **0.01<No.of.Vars<0.1** |
| 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 2 | 6 | 1 | 6 | 2 | 3 | 1 | **0.1<No.of.Vars<1** |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | **1<No.of.Vars** |

پس از ترکیب تصاویر جزئی انتخاب شده با یکدیگر تصویری حاصل می‌شود که به شکل مشخص در بر گیرنده‌ی عیوب می‌باشد. پس از انجام این پیش پردازش‌ها عمل تطبیق تصویر دودویی تغییر یافته با تصویر اصلی انجام می‌شود. نتایج حاصل از اجرای این الگوریتم را در جدول شماره‌ی 1 نشان داده‌ایم. همان‌گونه که مشاهده می‌شود این روش به خوبی توانسته بر روی همه‌ی تصاویر به نحو مطلوب عمل کند.

1. مجموعه‌ی داده و آزمایش‌ها

نتایج بخش‌بندی با روش پیشنهادی بر روی 5 تصویر در جدول 1 نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌‌شود این روش به خوبی توانسته بر روی همه تصاویر به نحو مطلوب عمل کند. در این روش میزان اشتباه نواحی سالم بسیار کم و در عین حال میزان تشخیص نواحی معیوب زیاد است. نکتۀ قابل توجّه میزان بالای تشخیص درست نواحی سالم در این روش برای کل تصاویر مورد آزمایش است. این روش به خوبی توانسته مانند چشم انسان نواحی سالم را از نواحی معیوب جدا کند و به معنای کامل، روشی بدون نظارت است. در مجموع با ارائه روش تشخیص عیب پیشنهادی ، هم سرعت نسبی عملیات تشخیص عیب افزایش یافته و هم درصد تشخیص درست نواحی سالم و معیوب تا حد زیادی نسبت به بقیه روش‌‌ها افزایش پیدا کرده است و در کل روش مناسبی در تشخیص نواحی معیوب به صورت بدون نظارت می‌‌باشد. این روش بر روی کلیه تصاویر مورد آزمایش جواب قابل‌قبولی داشته و چنانچه ویژگی‌‌های استخراج شده به گونه‌ای باشند که عمل انتخاب تصاویر جزئی را بتوان با چشم انجام داد، این روش نیز قادر خواهد بود مشابه چشم انسان به انتخاب تصاویر جزئی صحیح بپردازد. تصویر 5 نتایج حاصل از انجام روش پیشنهادی بر روی یک تصویر معیوب را نشان می‌دهد.

1. نتیجه­گیری

از مزایای این روش می‌توان گفت که در این روش بر خلاف روش‌های موجود هیچ گونه تغییری بر روی مقادیر واریانس‌های بدست آمده داده نمی‌شود و این کاملاً سازگار با بحث تشخیص عیب است. زیرا هر گونه تغییری در مقادیر ممکن است سبب از بین رفتن عیب گردیده و یا سیستم نواحی سالم را به عنوان نواحی معیوب در نظر بگیرد.

این روش بر روی کلیه‌ی تصاویر مورد آزمایش جواب قابل قبولی داشته و چنانچه ویژگی‌های استخراج شده به گونه ای باشد که عمل انتخاب تصاویر جزئی را بتوان با چشم انجام داد.این روش نیز قادر است همانند چشم انسان به انتخاب تصاویر جزئی صحیح بپردازد.

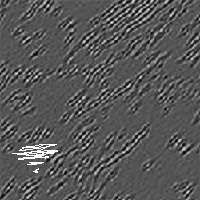
نتایج بدست آمده از آزمایشات انجام شده هم به صورت درصد و هم به صورت تصویری نشان داده شده است که بیانگر این است که این روش دارای قدرت بالاتری در تشخیص عیب می‌باشد. این روش نسبت به سایر روش‌های موجود هم سرعت نسبی عملیات تشخیص عیب افزایش یافته و هم درصد تشخیص درست نواحی معیوب و درصد تشخیص درست نواحی سالم تا حد زیادی نسبت به سایر روش‌ها افزایش پیدا کرده است و در کل روش مناسبی در تشخیص نواحی معیوب می‌باشد.

در مجموع مزایای روش پیشنهادی و به ویژه نوع خاص آن یعنی روش پیشنهادی بهینه را می‌‌توان به صورت زیر بیان کرد:

* روش به صورت بدون نظارت است.
* از درصد بالای تشخیص درست نواحی سالم و معیوب برخوردار است.
* برخلاف بیشتر روش‌‌ها که می‌‌توانند تنها نوع خاصی از عیوب را از نظر بافت و نوع تشخیص دهند، درصدهای تشخیص عیوب با این روش در مورد همۀ تصاویر در حد قابل‌قبولی است.
* از سرعت بالاتری نسبت به روش بخش‌بندی با کلاسه‌بند‌‌ برخوردار است. زیرا به صورت ناحیه‌‌ای عمل می‌‌کند و نه به شکل پیکسلی.

جدول 3. نتايج مربوط به روش پيشنهادي

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Simple Addition | | Image  No | Dataset |
| درصد تشخیص درست نواحی معیوب | درصد تشخیص درست نواحی سالم |
| 98.45 | 100 | Image1 | Modified Dataset |
| 99.48 | 95.28 | Image2 |
| 98.39 | 100 | Image3 |
| 98.75 | 100 | Image4 |
| 98.78 | 100 | Image5 |

****

شکل5. تصویر سمت راست تصویر دارای عیب ورودی به سیستم و تصویر سمت چپ تصویر بدست آمده با روش پیشنهادی

مراجع

[1]. Yazdchi, M., Yazdi, M., Golibagh , A., “Steel Surface Defect Detection Using Texture Segmentation Based on Multifractal Dimension”, The 1nd International Conference on Digital Image Processing (ICDIP 2009), pp. 346-350, 2009, IEEE.

[2]. Li. Jingting, Ying Wang, Oiang Zhang, Wei Chen, "Method of counting thin steel plates based on digital image processing", [Image Analysis and Signal Processing (IASP), 2011, IEEE](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=6096320) .

[3]. M. Sharifzadeh, S. Alirezaee, R. Amirfattahi, S. Sadri. , "Detection of Steel Defect Using the Image Processing Algorithms", [Multitopic Conference, INMIC 2008.](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=4770546) , Karachi, Pakistan, Dec. 23-24, 2008, IEEE.

[4]. C.G,Spinola, J.Canero, G. Moreno-Aranda, J.M,Bonelo, M.Martin-Vazquez," [Real-time image processing for edge inspection and defect detection in stainless steel production lines](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=5962196&queryText%3Dimage+processing+steel) ", [Imaging Systems and Techniques (IST), 2011, IEEE.](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=5955402)

[5]. M. Sadeghi, M. Shafiee and H. R. Hosseini, “Image processing of steel surfaces For detection of observable defects”, 2nd electrical engineering conference, Azad university, Najafabad, 2009.

[6]. M. Sadeghi, M. Shafiee, F. Memarzadeh Zavareh, A. Mahdeian. "Image Processing of Steel Plates Using 2D Wavelet", International Conference on Computer Science and Network Technology, Harbin, china, Dec. 24-26, 2011, IEEE.

[7]. M. Sadeghi, M. Shafiee , M. Shafieirad. "A New Approach to Improve Defect Detection of Steel Sheets Using Gabor Wavelet". 3rd International Conference on Signal Processing Systems, Yantai, China. Aug. 27-28, 2010, IEEE.

[8]. M. Sadeghi, Sh.Valadiesomesaraiet, A. Mahdeiani. " Application of Two Dimensional Wavelet for Defect Detection in Steel Process". 2nd International Conference on Control, Instrumentation, and Automation (ICCIA), Shiraz, I. R. Iran. 2011, IEEE.

[9]. C.[Spinola,.](http://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?searchWithin=p_Authors:.QT.Spinola,%20C..QT.&searchWithin=p_Author_Ids:37273138600&newsearch=true) M.J.[Cañero-Nieto](http://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?searchWithin=p_Authors:.QT.Ca.AND..HSH.x00F1;ero-Nieto,%20J.M..QT.&searchWithin=p_Author_Ids:37541274000&newsearch=true), J.M.[Martin-Vazquez](http://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?searchWithin=p_Authors:.QT.Martin-Vazquez,%20M.J..QT.&searchWithin=p_Author_Ids:37321465700&newsearch=true).M.J. [Bonelo](http://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?searchWithin=p_Authors:.QT.Bonelo,%20J.M..QT.&searchWithin=p_Author_Ids:37273136900&newsearch=true). " Image processing for surface quality control in stainless steel production lines". [Imaging Systems and Techniques (IST),](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=5540336) Thessaloniki, 1-2 July ,2010, IEEE.

[10]. M. Sadeghi, M. Shafiee, F. Memarzadeh Zavareh, M. Memarzadeh Zavareh. " Using image processing in grading tile with Gabor wavelet, International Conference on Computer Science and Network Technology, Changchun, china, Dec. 29-31, 2012, IEEE.

1. Convolution [↑](#footnote-ref-2)