

## کنترل کیفیت بلادرنگ محصولات و تحقق آن در صنایع کاشی با کمک ماشین بینایی

سعید طوسی زاده - علی پیروی

peiravi@netscape.net - saeedtoosizadeh@yahoo.com

دانشگاه فردوسی مشهد

**چکیده:** در این مقاله روشی سریع برای تحلیل، مقایسه و استنتاج تصویر معرفی می شود که برای پیاده سازی بر روی یک خط تولید جهت آشکار سازی نقص مناسب می باشد. اساس کار بر مبنای تکنیک  $n$  تایی و استنتاج های فازی است. در تکنیک  $n$  تایی مشخصه هایی از تصویر شیء بدون نقص و شیء تحت آزمایش استخراج می شود و در مقایسه بین تعداد وقوع این مشخصه ها، معیاری از کیفیت ظاهری شیء تحت آزمایش بدست می آید. ابزارهای آماری و تکنیک های پردازش تصویر در جهت بهبود نتایج عملی تکنیک  $n$  تایی به کار گرفته می شود و نهایتاً با استفاده از استنتاج فازی، درجه کیفیت شیء مورد نظر تعیین می گردد. این روش یک استراتژی جدید که برتری هایی از لحاظ سرعت، دقت، سادگی و قابلیت تغییر کاربرد بر روش های ثبت شده اخیر دارد ارائه می دهد، به طوری که یک راه حل اقتصادی همراه با در نظر گرفتن گوناگونی در نوع کاربرد عرضه می کند. کاربرد این روشها برای طیف وسیعی از کالاهای تولیدی در کارخانجات قابل تحقق بوده و توسط مولفین برای کاشی محقق شده است.

**کلمات کلیدی:** کنترل کیفیت بلادرنگ، استنتاج فازی، بازبینی اتوماتیک، بینایی ماشین، تکنیک  $n$  تایی

### مقدمه

هر تکنیک برای داشتن کاربرد عملی در بازبینی اتوماتیک، باید دو هدف اصلی را تحت پوشش قرار دهد که این دو هدف، سرعت عمل و قابلیت تغییر کاربرد می باشد. به قصد رسیدن به این اهداف، روشهای بازبینی گوناگونی ارائه شده که عمدتاً در یکی از سه دسته بزرگ زیر قرار می گیرند:

کاهش تصویر (Image Subtraction)، طراحی پایگاه قوانین (Design Rule Based) و مدل مبنای (Model Based) [۱].

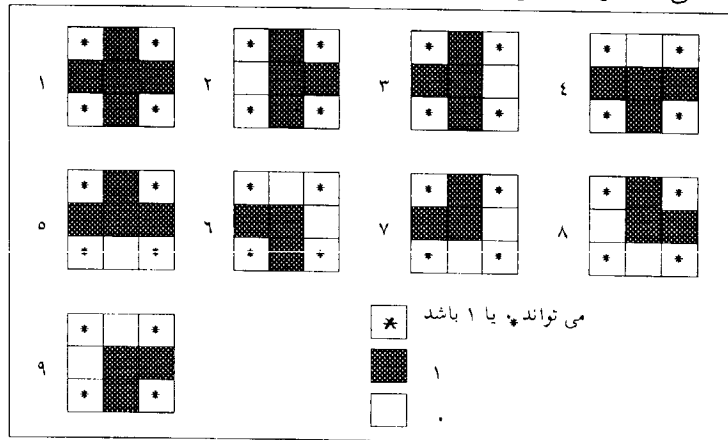
هر یک از این روشها مزایایی دارند که در قبال بهبود یک هدف، دیگری زیان می بیند. تکنیکی که در این مقاله مورد بررسی قرار می گیرد تکنیک  $n$  تایی می باشد و اهداف فوق را تا حدود زیادی برآورده می سازد. این تکنیک اولین بار در سال ۱۹۵۰ معرفی شد و در ابتدای ۱۹۸۰، I. Aleksander و گروهش برای ساختن دستگاه شناسایی طرح WISARD از آن استفاده کردند [۱].

در ادامه ابتدا تکنیک  $n$  تایی را برای تصاویر دودویی بررسی می کنیم و نتایج را به تصاویر با چند سطح خاکستری گسترش می دهیم سپس روش های پردازش تصویر و ابزار های آماری را در جهت بهبود نتایج عملی تکنیک  $n$  تایی به کار گرفته و در نهایت چگونگی استفاده از استنتاج های فازی را در رابطه با تعیین درجه کیفیت ظاهری ارائه می دهیم.

## تکنیک n تایی

یک n تایی مجموعه ای از پیکسلهای منظم می باشد، که به عنوان یک "واحد" پردازش می شود. برای دست یابی به کارآیی مناسب، انتخاب عدد n و ترکیب n پیکسل بسیار مهم می باشد [۲]. در صورتی که تصویر دودویی داشته باشیم، به طوری که هر پیکسل فقط دو مقدار ۰ (پس زمینه) یا ۱ (شیء) را اختیار کند، تعداد حالتها برای هر n تایی "2 خواهد بود. بر اساس تجربیات به دست آمده به منظور بهینه سازی کارآیی تکنیک n تایی از لحاظ سرعت، دقت، سادگی و قابلیت تغییر کاربرد، از میان حالت های مختلف n تایی حالت n=5 بر مبنای یک سری استانداردها برای اکثر کاربردها مناسب می باشد [۱،۳،۴].

برای n=5، n تایی به شکل صلیبی در نظر گرفته می شود و حالت های مختلف به دست آمده ناشی از صفر یا یک قرار دادن پیکسل های آن، مشخصه های n تایی را تشکیل می دهد (شکل ۱). مشخصه ۱ به شناسایی داخل شیء محدود می شود، مشخصه های ۲ و ۳ جهت عمودی و مشخصه های ۴ و ۵ جهت افقی را استخراج کرده و دیگر مشخصه ها اطلاعات مربوط به لبه ها را در بر دارند. به عنوان نکته ای مهم، ۲۳ مشخصه دیگر (منطبق با ترکیبات باقیمانده از ۵ پیکسل مهم) به عنوان نمایشی از نویز (پیکسل های مجزا: پیکسل ۱ در همسایگی ۰ یا برعکس) یا حالت های اضافی به حساب می آیند و بنابراین در نظر گرفتن این مشخصه ها در بسیاری از مسائل بازبینی نامناسب است.



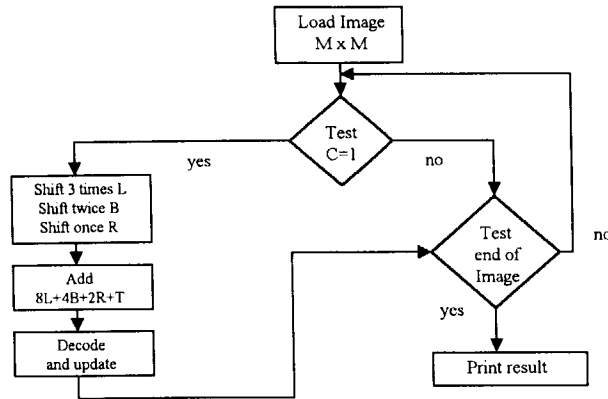
شکل ۱. مقادیر مختلف مشخصه های انتخاب شده

در یک تصویر داده شده، با قرار دادن پیکسل مرکزی هسته  $3 \times 3$  بر روی هر پیکسل تصویر، به جستجوی تعداد وقوع مشخصه ها می پردازیم. سرعت عمل تکنیک، به روش جستجوی وقوع مشخصه ها بستگی دارد. با توجه به اینکه تمام مشخصه ها دارای پیکسل مرکزی ۱ (روشن) می باشند، وزنی به چهار وضعیت مهم متصل به پیکسل مرکزی در هسته  $3 \times 3$  نسبت داده می شود. در حالت تصاویر دودویی وزن ها توان هایی از ۲ هستند که می توانند بدین ترتیب ثبت تعداد وقوع آنها به راحتی با استفاده از عمل اصلی انتقال (Shift) به جای ضرب انجام می گیرد.

الگوریتم منتج در شکل ۲ نمایش داده می شود. به عنوان نتیجه، یک مشخصه توسط عدد دهدهی  $i_0 + 2i_1 + 4i_2 + 8i_3$  تعیین می گردد که ۱ یا ۰ برای تمام مقادیر  $k \in \{0,1,2,3\}$  است.

## تصاویر دودویی

در بسیاری از موارد که شیء مورد آزمایش تماماً از یک جنس بوده و پس زمینه تصویر با جزئیات شیء از لحاظ روشنایی تداخل نداشته باشد (یا به عبارتی اختلاف سطح خاکستری آنها زیاد باشد)، در صورت نورپردازی صحیح



شکل ۲. الگوریتم استخراج مشخصه ها

و قرار دادن سطح آستانه مناسب می توان به تصویر دودویی کاملی از شیء دست یافت. اغلب در تصاویر دودویی نقایص را بر اساس شکل و اندازه دسته بندی می کنند. اندازه گیری ها توسط مساحت نقص و فشردگی آن  $(C = P^2/A)$ ، که از توزیع آماری مشخصه ها بدست می آیند، انجام می گیرد. محیط و مساحت نقص را می توان به ترتیب، توسط روابط زیر تقریب زد.

$$P = \sum_{i=2}^{i=5} f_i + \sqrt{2} \sum_{i=6}^{i=9} f_i \quad (1) \quad A = \sum_{i=0}^{i=9} f_i \quad (2)$$

که  $f_i$  تعداد وقوع  $i$  امین مشخصه در یک تصویر داده شده می باشد.

برای آشکار کردن نقص توسط تکنیک  $n$  تایی، ابتدا تصویری از شیء بدون نقص تهیه کرده و مشخصه ها را از این تصویر استخراج می کنیم، سپس این عمل را بر روی شیء تحت بازبینی انجام می دهیم. در یک راستا بودن دو شیء در دو تصویر لازمه اجرای صحیح الگوریتم می باشد، که معمولاً در عمل مشکل آفرین خواهد بود. توسط رابطه (۳) برای تمام  $i \in \{1, 2, \dots, 9\}$  اختلاف را محاسبه می کنیم.

$$\Delta f_i = f_i - f'_i \quad (3)$$

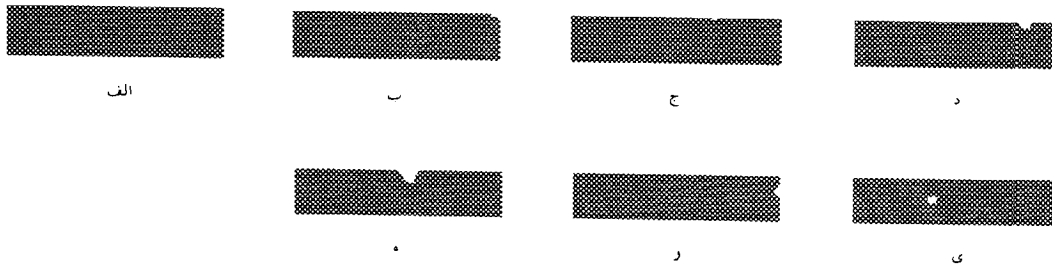
که  $i$  شماره مشخصه است،  $f_i$  و  $f'_i$  به ترتیب تعداد وقوع  $i$  امین مشخصه متناظر تصاویر مرجع و نقص دار می باشند. در این شرایط اگر هیستوگرام مشخصه های مشابه استخراج شده از دو تصویر متفاوت باشند، نقصی آشکار می شود و این در صورتی است که عبارت داده شده با معادله (۳) برای تمام  $i \in \{1, 2, \dots, 9\}$  مساوی صفر نباشد.

### بررسی نتایج در یک مثال ساده

برای روشن تر شدن عملکرد این الگوریتم مثالی ساده از یک شیء مستطیلی شکل در نظر می گیریم. شکل ۳-الف تصویر شیء بدون نقص را نشان می دهد و نتایج حاصل از اعمال الگوریتم فوق به اشیاء تحت آزمایش (شکل های ۳-ب تا ۳-ی) در جدول ۱ آمده است.

در این جدول  $\Delta 1$  معیاری از اندازه نقص می باشد. در حالت (ب) نبودن گوشه شیء باعث کمبود مشخصه های ۴ و ۳ و زیاد شدن مشخصه ۶ می شود. در حالت های (ج)-(د)-(ه) که به ترتیب اندازه نقص افزایش یافته، کمبود مشخصه ۴ حاکی از نقص در ضلع بالایی شیء می باشد. نقص موجود در ضلع راست شیء حالت (و)، علت کمتر شدن مشخصه ۳ است. در حالت (ی) نقص در درون شیء می باشد که باعث کاهش مشخصه اول و افزایش

مشخصه های دیگر شده است و بدین ترتیب این نقص افزایش نقاط مرزی را در برداشته چرا که مشخصه های ۲ تا ۹ بیانگر نقاط حاشیه ای می باشند.



شکل ۳. نمایش نمونه های مختلف نقص در یک شیء مستطیلی

حالت ها	اختلاف مشخصه ها								
	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 4$	$\Delta 5$	$\Delta 6$	$\Delta 7$	$\Delta 8$	$\Delta 9$
ب	۵۳	۰	۸	۸	۰	-۸	۰	۰	۰
ج	۱۷	-۱	-۱	۴	۰	-۲	۰	۰	-۲
د	۱۰۸	-۴	-۲	۱۲	۰	-۷	۰	۰	-۱۲
ه	۲۹۳	-۹	-۵	۲۰	۰	-۱۲	۰	۰	-۸
و	۶۳	۰	۷	-۳	-۱	-۲	-۶	۰	-۱
ی	۸۴	-۳	-۴	-۵	-۶	-۲	-۲	-۲	-۳

جدول ۱. نمایش نقص های مختلف حالت های شکل ۵ توسط مشخصه ها

بنابراین می بینیم که با استفاده از این الگوریتم قادر به تفکیک حالت های مختلف نقص خواهیم بود. در شرایطی که شیء تحت آزمایش بیرون زدگی داشته باشد، مقدار  $\Delta 1$  منفی خواهد شد که بیانگر اضافی بودن مشخصه ۱ در تصویر شیء نقص دار نسبت به شیء بدون نقص می باشد.

### کارایی تکنیک n تایی

در رابطه با الگوریتم مورد استفاده برای استخراج وضعیت n تایی ها که در شکل ۴ نشان داده شده، زمان پردازش به محتویات تصویر بستگی دارد. تصویری با یک شیء فشرده بزرگتر، زمان پردازش بیشتری در مقایسه با یک شیء کوچکتر نیاز خواهد داشت. با استفاده از زبان C برای اجرای این تکنیک، مقدار میانگین سرعت عملکرد برای یک تصویر استاندارد ۵۱۲ در ۵۱۲ بر روی چند نمونه رایانه به صورت زیر می باشد (در این تصویر مساحت شیء در حدود یک هشتم اندازه کل تصویر است).

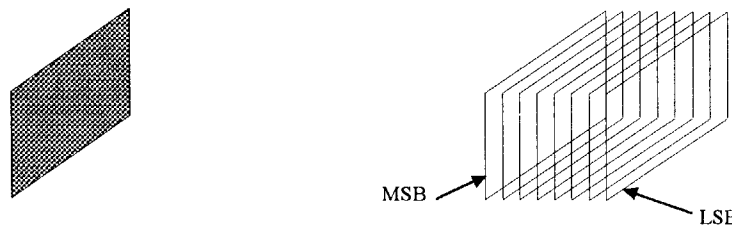
نوع رایانه	زمان گرفته شده (ثانیه)	تعداد پیکسل پردازش شده در ثانیه
Intel-CPU 486-33MHz	0.27	$10^6$
Intel-CPU 486DX2-66MHz	0.21	$1.2 \times 10^6$
AMD-CPU 5x86-133Mhz	0.16	$1.6 \times 10^6$
Intel-CPU Pentium-200MHz	0.07	$3.7 \times 10^6$

دقت این الگوریتم در حد نقصی به کوچکی یک پیکسل در شیء ای که حداقل یک پنجره سه در سه را در تصویر اشغال می کند، می باشد. بنابراین برای افزایش دقت سیستم، می توان دقت تصویر را افزایش داد تا شیء و کوچکترین نقص مورد نظر در تصویر به راحتی با حداقل تعداد پیکسل های بیان شده برای استخراج نقص نمایش داده شوند. مزیت دیگر این الگوریتم، استفاده مفید از حافظه می باشد. در آغاز یکبار تصویر شیء بدون نقص وارد

حافظه شده و پس از استخراج مشخصه های  $n$  تایی آن، دیگر نیازی به تصویر اصلی نیست و می توان حافظه را به تصویر اشیاء تحت آزمایش اختصاص داد و مشخصه های آنها را استخراج نمود. به این ترتیب لازم نیست تصویر شیء بدون نقص و شیء تحت آزمایش به طور همزمان در حافظه قرار گیرند.

### تصاویر با سطوح خاکستری

استفاده از تصاویر با چندین سطح خاکستری، کاربرد تکنیک  $n$  تایی را مشکل می کند، به طوری که اگر مقادیر پیکسل های مشخصه، مجاز باشند مقادیری غیر از ۰ و ۱ اختیار کنند، تعداد مشخصه ها بشدت افزایش می یابد. برای حفظ سادگی تکنیک  $n$  تایی در حد حالت دودویی، بدون از دست دادن کلیتی در کاربرد آن، سطوح خاکستری هر پیکسل تصویر را با  $N$  رقم تجزیه می کنیم. بنابراین  $N$  سطح دودویی تشکیل می شود که همان دقت در مختصات تصویر اولیه را دارد (شکل ۴) و نتیجتاً اطلاعاتی از بین نخواهد رفت.



شکل ۴. تجزیه سطح بیت  $MSB$  = با اهمیت ترین سطح بیت  $LSB$  = کم اهمیت ترین سطح بیت

سمت راست: تصاویر دودویی (۸ سطح بیت) - سمت چپ: تصویر با سطوح خاکستری (۲۵۶ سطح خاکستری)

این روش که تجزیه سطح بیت (bit-plane decomposition) نامیده می شود [۵]، مقدار پیکسل  $x_{ij}$  داده شده در تصویر اولیه را با استفاده از معادله زیر تجزیه می کند.

$$x_{ij} = 2^{N-1} x_{(N-1)ij} + \dots + 2^p x_{p,ij} + \dots + x_{0,ij} \quad (4)$$

که  $x_{0,ij}, \dots, x_{p,ij}, \dots, x_{(N-1)ij}$  صفر یا یک هستند و متناظراً مقادیر پیکسل ها را به ترتیب برای  $N$  سطح دودویی در موقعیت  $(i,j)$  برای تمام  $i, j \in \{0, \dots, M-1\}$  (در یک تصویر  $M \times M$ ) نمایش می دهند و  $N = \log_2 P$  می باشد، که  $P$  تعداد سطوح خاکستری است. مانع اصلی تجزیه سطح بیت این است که تغییرات کوچک در یک سطح خاکستری می تواند تاثیر مهمی بر ترکیب سطح بیت ها داشته باشد. یک راه حل در نظر گرفتن سطوح دودویی مرتبه بالا (با ارزش تر) می باشد، که این سطوح بیشترین خصوصیات نمایشی تصویر را در بر دارند. معادله زیر به منظور تقریب مقادیر سطوح خاکستری اولیه توسط چهار سطح دودویی برای یک تصویر با ۲۵۶ سطح به کار

$$x^*_{ij} = 2^7 x_{7,ij} + 2^6 x_{6,ij} + 2^5 x_{5,ij} + 2^4 x_{4,ij} \quad (5) \quad \text{می رود.}$$

بنابراین مراحل مختلف الگوریتمی که به منظور شناسایی نقص در تصاویر با سطوح خاکستری استفاده می شود به صورت زیر است:

- ۱- چهار سطح دودویی را از تصویر الگو به دست می آوریم.
- ۲- تعداد وقوع نه مشخصه برای چهار تصویر دودویی را ثبت می کنیم.
- ۳- چهار سطح دودویی را از تصویر آزمایشی به دست می آوریم.
- ۴- تعداد وقوع نه مشخصه برای چهار تصویر دودویی را ثبت می کنیم.
- ۵- اختلاف مرتبه وقوع مشخصه های استخراج شده از سطوح متناظر را محاسبه می کنیم.

توجه کنید که محدود شدن به چهار سطح یک انتخاب بهینه نیست، خصوصاً زمانی که بر روی تعداد سطوح خاکستری محدودیت داریم. در چنین حالتی، استفاده از یک مرحله پیش پردازش را توصیه می‌کنیم که بر اساس هیستوگرام تصویر، تعداد سطوح دودویی بهینه را نتیجه می‌گیریم.

الگوریتم استفاده شده برای تصاویر با چند سطح خاکستری، به دلیل ساختار منظم با دستورات محدود همراه با محاسبات تکراری و یکنواخت، پتانسیل مناسبی برای پردازش موازی ارائه می‌دهد. با توضیحاتی که در رابطه با تکنیک  $n$  تایی داده شد متوجه برتری‌های این تکنیک از لحاظ سرعت، دقت، سادگی و استفاده مفید از حافظه نسبت به روش‌های دیگر می‌شویم و آن را یک روش مفید و موثر جهت عیب‌یابی معرفی می‌کنیم. به عنوان نمونه کاربرد عملی، از این تکنیک برای عیب‌یابی و درجه بندی کاشی استفاده کرده‌ایم که شرح سیستم به قرار زیر است.

### اجرای عملی طرح بر روی کاشی

به منظور اجرای عملی طرح لازم است سیستمی برای انتقال تصویر به کامپیوتر طراحی گردد که در آن مناسب بودن تصاویر از نظر اندازه و نورپردازی بسیار مهم می‌باشد. یک نورپردازی غیر مستقیم برای کالایی مثل کاشی می‌تواند به نام نقاط سطح آن روشنایی یکنواخت دهد و در این گونه اجسام تخت همواره باید منابع نور نزدیک تر از دوربین به شیء باشند و علاوه بر این لازم است شیء مورد نظر در تمام تصاویر در یک راستا باشد.

برای آشکار شدن نقص در کالایی مانند کاشی که دارای سطحی با رنگ‌های مختلف می‌باشد، از تصاویر با  $256$  سطح خاکستری استفاده می‌کنیم و تکنیک  $n$  تایی را در رابطه با تصاویر سطوح خاکستری در نظر می‌گیریم. با بررسی هیستوگرام نقص‌های متفاوت بر روی کاشی، می‌توان گفت سه سطح دودویی برای آشکار سازی نقص کافی است که این سه سطح سطوح با ارزش تر تصویر می‌باشند.

متأسفانه پس از اعمال الگوریتم  $n$  تایی بر روی تصاویر دریافتی از سیستم پیاده سازی شده، نتایج کاملاً دور از ذهن بوده و هیچ استنتاجی از روی آن عملی نبود. علت وجود چنین مشکلی نویز موجود در تصویر دریافتی از CCD و کارت ویدئو و همچنین اعوجاج ناشی از نورپردازی غیر ایده آل می‌باشد. به این ترتیب شاید با امکانات در دسترس نتوانیم به نتایج بهتری در تصاویر دریافتی برسیم. بنابراین در صدد برآمدیم که از روش‌های پردازش تصویر مقدماتی و روش‌های آماری در جهت بهبود نتایج استفاده کنیم.

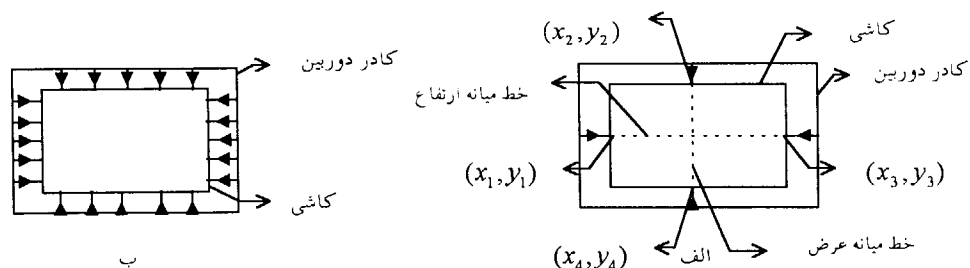
### بهینه سازی نتایج

**الف - آشکار سازی لبه:** از این ابزار جهت جدا کردن کاشی از پس زمینه که در امر شناسایی نقص مشکل ایجاد می‌کند، استفاده می‌کنیم. با توجه به اینکه در کالایی مثل کاشی نقص‌های کوچک (کوچکتر از یک میلی متر مربع) در لبه‌های آن به حساب نمی‌آید، حذف حداکثر یک پیکسل از لبه، مشکلی در دسته بندی کاشی‌ها ایجاد نمی‌کند. بنابراین یک الگوریتم آشکار سازی لبه، با در نظر گرفتن خصوصیات کاشی در تصویر طراحی می‌کنیم. فرض می‌شود با سیستم طراحی شده تمام کاشی‌ها در راستای کادر دوربین قرار می‌گیرند، پس می‌توان یک خط میانه از ارتفاع و عرض تصویر را گرفته و با در نظر گرفتن یک آستانه خاص نقطه‌ای از لبه را آشکار کرد. [۷، ۶]

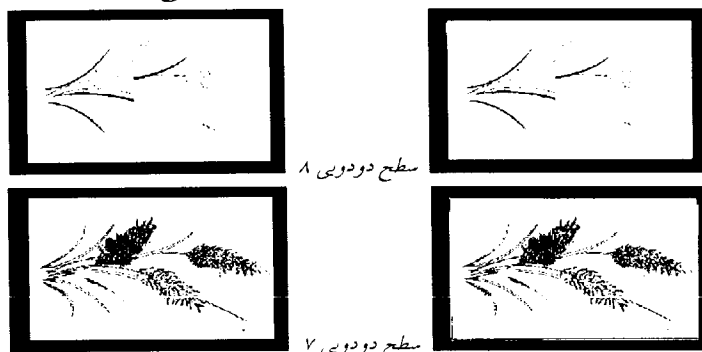
شکل ۵-الف نمایی از عملکرد این روش را نشان می‌دهد.

برای جلوگیری از خطا در آشکار سازی لبه ناشی از لب پریدگی یا لعاب نگرفتگی کاشی این عمل بر روی پنج مسیر از چهار جهت صورت می‌گیرد (شکل ۵-ب). پس از پیدا کردن مختصات پنج نقطه از هر لبه کاشی، نقاطی

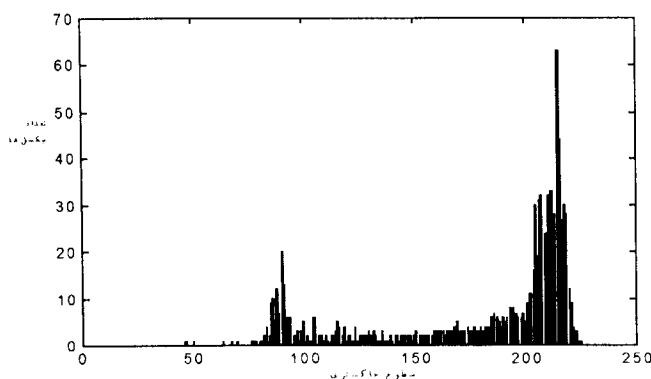
که از مقدار میانگین اختلاف زیادی دارند از مجموعه نقاط لبه حذف می گردند. سپس داخلی ترین نقاط لبه از این پنج نقطه مرزی از هر طرف انتخاب می شوند و موقعیت قرار گرفتن کاشی در تصویر بدست می آید. با مقایسه ابعاد بدست آمده از کاشی و مقادیر واقعی آن اختلاف لبه ها را در حد یک یا دو پیکسل اصلاح می کنیم. [۹،۸]



شکل ۵. الف- نمایش روشی برای پیدا کردن پیکسل هایی از لبه ب- آشکار سازی پنج نقطه از هر لبه کاشی به این ترتیب بدون آنکه وقت زیادی تلف شود، با حذف حداکثر یک پیکسل لبه، توانستیم در تصویر دریافتی کاشی را از پس زمینه تصویر جدا کنیم. شکل ۶ عملکرد این روش را بر روی لبه ها نشان می دهد. چنین آشکار سازی لبه ای قبل از اعمال تکنیک  $n$  تایی به میزان نسبتاً زیادی در بهبود نتایج موثر می باشد.



شکل ۶. نمایش تأثیر آشکار سازی لبه بر روی سطوح دودویی (بر روی تصاویر سمت چپ آشکار سازی لبه انجام گرفته است) ب - کوانتیزه کردن غیر یکنواخت سطوح خاکستری: با مشاهده هیستوگرام تصویر مربوط به کاشی مورد نظر که در شکل ۷ آمده است، متوجه می شویم که اطلاعات تصویری زیر سطح خاکستری ۱۲۸ اطلاعات ناچیزی است و حذف آن مشکلی در آشکار سازی نقص ایجاد نمی کند. چون سه سطح دودویی استفاده می شود، بجای تقسیم مساوی، فاصله ۰ تا ۱۲۸ را یک قسمت در نظر می گیریم و ۷ قسمت بعدی را بین ۱۲۸ تا ۲۵۶ که اطلاعات بیشتری از تصویر را شامل می شود به طور تقریباً مساوی تقسیم می کنیم. [۱۰،۷]

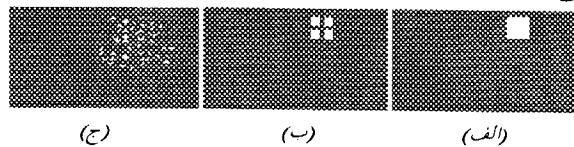


شکل ۷. هیستوگرام مربوط به تصویر کاشی

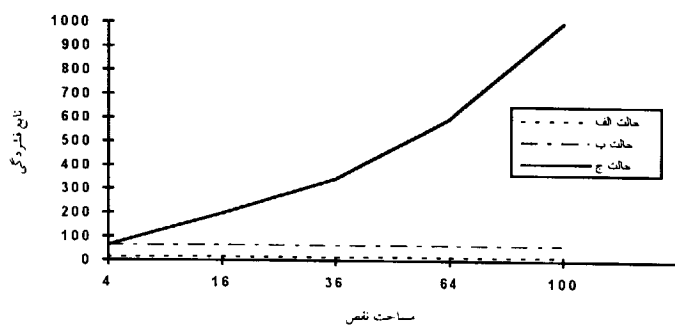
ج - بررسی فشردگی نقص: همان طور که در بحث تکنیک n تایی بیان شد، بر مبنای تابع فشردگی می توان

$$C = P^2 / A \quad (6) \quad \text{فشده بودن یا پراکندگی نقص ها را تعیین کرد.}$$

برای روشن شدن این مطلب به تصاویر موجود در شکل ۸ توجه کنید. با تغییر مساحت نقص در حالت های مختلف پراکندگی می توان به نتایج قابل توجهی دست یافت (شکل ۹).



شکل ۸. نمونه هایی از فشردگی های متفاوت نقص در یک شیء مستطیلی



شکل ۹. نمودار تابع فشردگی بر حسب مساحت برای حالت های مختلف نقص

چون در بسیاری از موارد عملی، نقص فشده نسبت به نقص پراکنده (به صورت نقاط ریز در سطح شیء) از اهمیت بیشتری برخوردار است و از طرفی نویز معمولاً به صورت نقاط پراکنده در تصویر شیء ظاهر می شود و اینکه الگوریتم تکنیک n تایی آن را به عنوان نقص تلقی می کند، استفاده از تابع فشردگی در دسته بندی و تشخیص نقص نقش مهمی ایفا می کند و بهتر است معیاری از فشردگی نقص در استخراج نهایی در نظر گرفته شود.

د - کاهش اثر نویز با میانگین گیری بین تصاویر: همان طور که گفته شد نویز موجود در تصویر دریافتی باعث پایین آمدن دقت در تکنیک n تایی می شود. یک راه کاهش نویز، تهیه چند تصویر یکسان از شیء مورد نظر و میانگین گیری بین سطوح خاکستری پیکسل های متناظر در تصاویر تهیه شده می باشد [۱۱]. یک راه مشابه، استخراج تعداد وقوع مشخصه های n تایی در هر یک از تصاویر دریافتی و سپس میانگین گیری بین مشخصه های متناظر است. این کاهش اثر نویز و بالا بردن دقت، به قیمت از دست دادن زمان می باشد.

ه - تقسیم تصویر شیء به نواحی مختلف از لحاظ ارزشی: در بسیاری از موارد نقص موجود در نواحی مختلف شیء از اهمیت یکسانی برخوردار نیست. به عنوان مثال اگر نقص کوچکی در ناحیه سفید کاشی رخ دهد به شدت نمایان می شود و یک نقص با اهمیت برای کاشی به حساب می آید. اما اگر همین نقص در ناحیه گل کاشی بوجود آید، چندان محسوس نبوده و می توان از آن صرف نظر کرد. برای اعمال این ایده بر روی کاشی، ابتدا سطح کاشی را بر اساس نقش آن به نواحی مختلف از لحاظ ارزشی تقسیم می کنیم، سپس تکنیک n تایی را بر روی هر یک از این نواحی به طور مستقل اعمال کرده و تعداد وقوع مشخصه ها را به طور جداگانه ثبت می کنیم. در مقایسه ای بین تعداد وقوع مشخصه های نواحی مختلف متناظر از کاشی درجه یک و کاشی تحت آزمایش و در نظر گرفتن ضریب اهمیت نواحی، می توان دقت در تشخیص نقص و دسته بندی کاشی ها را تا میزان بالایی افزایش داد. بالا رفتن دقت

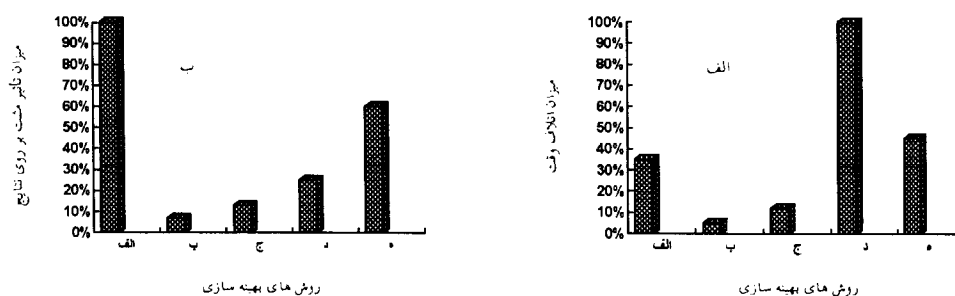


در دسته بندی و تشخیص اهمیت نقص در مقابل از دست دادن زمان می باشد و به این ترتیب باید مصالحه ای بین دقت و سرعت بوجود آید که این از طریق تعیین تعداد نواحی تقسیم مناسب عملی می شود.

### مقایسه ای بین روش های بهینه سازی نتایج

زمان گرفته شده توسط روش های بهینه سازی فوق در نمودار شکل ۱۰-الف مشاهده می شود. تأثیر هر یک از روش های بهینه سازی در بهبود نتایج در نمودار شکل ۱۰-ب آمده است.

الف - آشکار سازی لبه - ب - کوانتیزه کردن غیر یکنواخت - ج - بررسی فشردگی نقص - د - میانگین گیری بین تصاویر - ه - تقسیم تصویر شیء



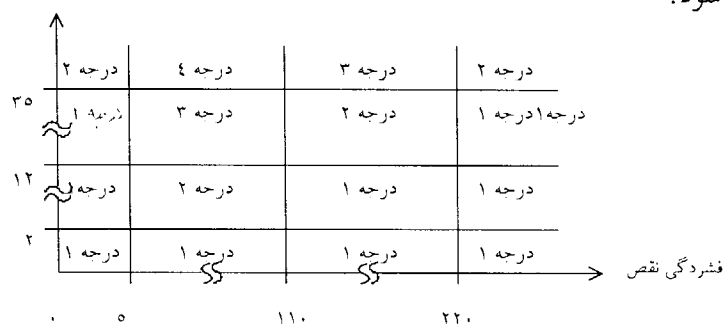
شکل ۱۰. الف- نمودار میزان اتلاف وقت توسط روش های بهینه سازی ذکر شده

ب - نمودار میزان تأثیر روش های بهینه سازی ذکر شده در بهبود نتایج

### استنتاج نتایج

با بررسی روش های موجود در بهبود نتایج، چهار روش را انتخاب می کنیم. ابتدا با استفاده از آشکار سازی لبه، موقعیت لبه های کاشی را در تصویر مشخص کرده و محدوده کاشی را از پس زمینه جدا می کنیم. سپس کاشی را به نواحی مختلف از لحاظ ارزشی تقسیم کرده و از کوانتیزه کردن غیر یکنواخت برای بهتر آشکار شدن نقص استفاده می کنیم. با محاسبه مساحت و فشردگی نقص در نواحی مختلف از کاشی و در سطوح دودویی ۶، ۷، ۸ و در نظر گرفتن ضریب اهمیت هر ناحیه به راحتی می توان در مورد درجه کاشی تحت آزمایش تصمیم گرفت. به عنوان مثال یک نمونه جدول دسته بندی کاشی بر مبنای مساحت و فشردگی نقص که به صورت تجربی به دست آمده در شکل ۱۱ مشاهده می شود.

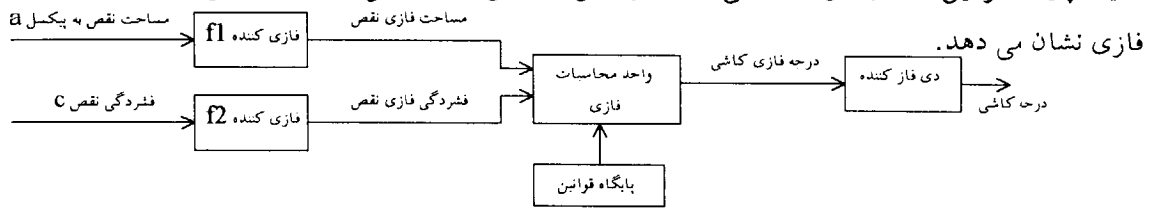
مساحت نقص به پیکسل



شکل ۱۱. نمونه جدول دسته بندی کاشی بر مبنای مساحت و فشردگی نقص

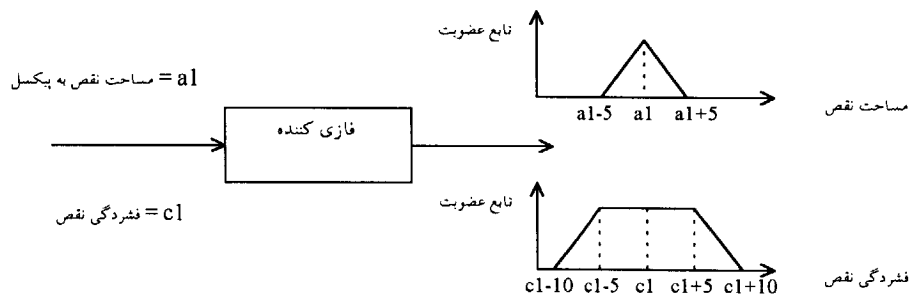
به این ترتیب با تغییر بازه های درجه بندی می توان معیار دسته بندی کاشی ها را به دلخواه تغییر داد. در نهایت نتایج اعمال دسته بندی برای هر یک از سطوح دودویی ۶، ۷، ۸ به طور مجزا توسط جدول مربوطه مشخص شده و بزرگترین عدد حاصله (بدترین حالت) به عنوان درجه کاشی اعلام می گردد. به این ترتیب یک دسته بندی نسبتاً دقیق بر روی کاشی صورت می گیرد.

استنتاج فازی: برای افزایش قابلیت اطمینان و مقاوم تر کردن نتایج درجه بندی کاشی ها می توان از استنتاج فازی کمک گرفت. با معلوم بودن بازه های درجه بندی، به راحتی می توان آنها را به بازه های فازی تبدیل کرده و با یک پایگاه قوانین مناسب درجه کاشی تحت آزمایش را تعیین کرد. شکل ۱۲ روال تعیین درجه را از طریق استنتاج



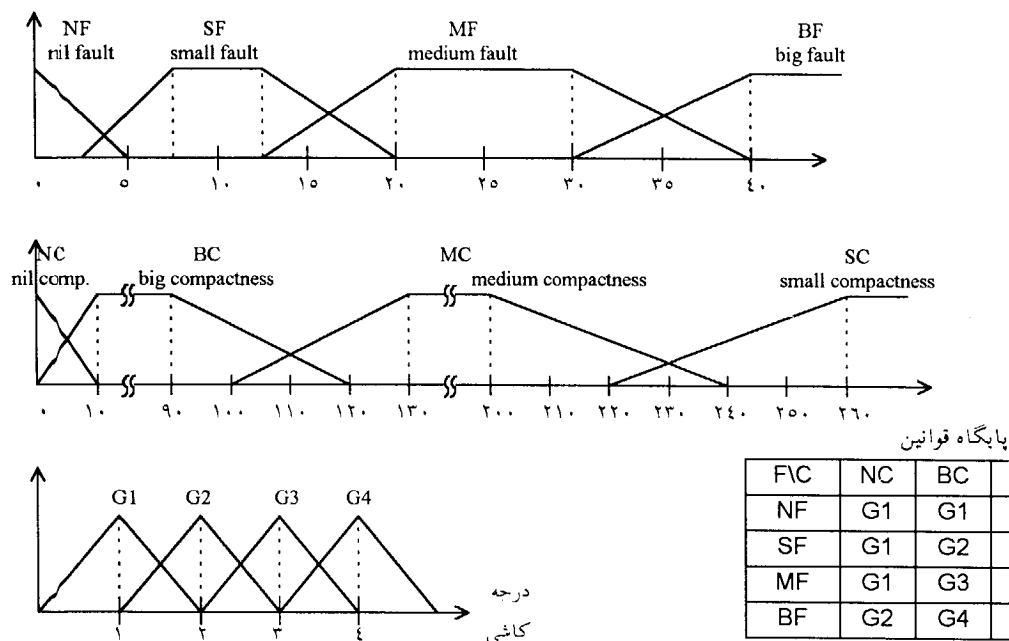
شکل ۱۲. روال تعیین درجه از طریق استنتاج فازی

مساحت و فشار فازی نقص از طریق توابع فازی کننده به شکل فازی تبدیل می شوند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳. تبدیل کردن مساحت و فشار فازی نقص به حالت فازی

عدد فازی مساحت و فشار فازی نقص با بازه های فازی متناظر آنها توسط واحد محاسبات فازی مقایسه می شود و با توجه به پایگاه قوانین، درجه فازی کاشی تعیین می گردد (شکل ۱۴).

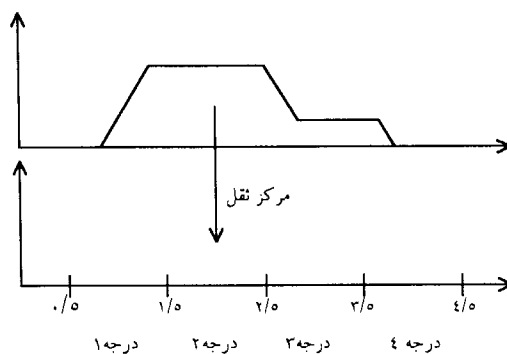


شکل ۱۴. بازه های فازی مساحت و فشار فازی نقص، درجه فازی کاشی و پایگاه قوانین

سپس این درجه فازی تعیین شده، توسط یک دی فاز کننده که روش مرکز ثقل را به کار می برد، درجه نهایی کاشی تحت آزمایش را مشخص می کند (شکل ۱۴). [۱۲]

## جمع بندی نتایج

هدف از این مقاله معرفی روشی جدید جهت شناسایی نقص در تصاویر بر مبنای تکنیک  $n$  تایی بوده و در راستای بهبود نتایج ابزارهای پردازش تصویر نیز به کار گرفته شده است. به عنوان نمونه عملی، روش مورد نظر به منظور درجه بندی کاشی به کار گرفته شده و نتایج قابل توجهی به همراه داشته است. تشخیص نقص کاشی توسط این سیستم با دقت خوب و در زمانی کوتاه انجام می گیرد، به این ترتیب اجرای این سیستم در تعیین کیفیت کاشی موفقیت آمیز بوده است.



شکل ۱۸. دی فاز کننده درجه کاشی

## مراجع

- [1] Ouslim, M., Curtis, K.M. " Automatic visual inspection based upon a variant of the  $n$ -tuple technique", IEE Proc.-Vis. Image Signal Process., Vol.143, No.5, pp.301-309 (1996)
- [2] Ouslim, M., Curtis, K.M., and Belmekki, B. " Recognition method using the  $n$ -tuple technique with different input mappings ", International conference on Electrical and electronic engineering, ICEEE'94, Oran, pp.28-33 (1994)
- [3] Vernon, D. " Machine vision: automated visual inspection and robot vision " Prentice-Hall (1991)
- [4] Yasuhiko, H., Hideaki, D., and Koichi, K. " A system for PCB automated inspection using fluorescent light ", IEEE Trans.,PAMI-10, pp. 69-77 (1988)
- [5] Aleksander, I., and Wilson, D.M.J.: "Adaptive windows for image processing", IEE Proc. E, 1985, 132, (5), pp. 233-245
- [6] Parker, J.R. " Algorithms for image processing and computer vision ", John Wiley & Sons, Inc. (1997)
- [7] Gonzalez, R.C., and Wintz, P. " Digital Image Processing ", Addison Wesley (1987)
- [8] Wu, Q.M., and Rodd, M.G. " Fast boundary extraction for industrial inspection " Pattern Recognition Letters, Vol.12, No.8, pp.483-489, (1991)
- [9] Yokio, S., Toriwaki, J.I., Fukumura, T. " An analysis of topological properties of digitized binary pictures using local features " Computer Graphics and Image Processing (1), pp.63-73 (1975)
- [10] Burdick, H.E. " Digital imaging theory and application ", McGraw-Hill (1996)
- [11] Low, A. " Introductory computer vision and image processing " , McGraw-Hill (1991)
- [12] Zimmermann, H.J. " Fuzzy set theory and its applications " (1994)