





دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی مکاترونیک و رباتیک

گروه مکاترونیک

تشخیص و دسته‌بندی عیوب ظاهری کاشی و سرامیک

بهزاد سرشاد

اساتید راهنما :

دکتر علیرضا احمدی فرد

دکتر حسین خسروی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ماه ۱۳۹۲



مدیریت تحصیلات تکمیلی  
فرم شماره (۶)

باسمه تعالی

شماره:  
تاریخ:  
ویرایش:

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای بهزاد سرشاد رشته مهندسی مکترونیک گرایش مکترونیک تحت عنوان تشخیص و دسته بندی عیوب ظاهری کاشی و سرامیک که در تاریخ ۹۲/۱۱/۲۹ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: بسیار خوب امتیاز: ۱۸/۱۸)  دفاع مجدد  مردود

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	استادیار	دکتر علیرضا احمدی فرد	۱- استاد راهنما
	استادیار	دکتر حسین خسروی	۲- استاد راهنما
	استادیار	دکتر مهدی بامداد	۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استاد	دکتر حمید حسن پور	۴- استاد ممتحن
	استادیار	دکتر امیر جلالی	۵- استاد ممتحن

رئیس دانشکده:

امضاء

تقدیم به

پدر مهربان

و

مادر عزیزم

## تشکر و قدردانی

پیش از همه شاکر خدا هستم که قسمتی از زیبایی های یکران علم را به من نشان داد و امیدوارم این فرصت را داشته باشم تا در این راه

بی پایان کام بردارم.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبی او، بازبان قاصد دست ناتوان،

چیزی بنگاریم. اما بر حسب وظیفه بر خود واجب می دانم از پدر و مادر عزیزم ... این دو معلم بزرگوارم ... که همواره بر کوتاهی و درستی

من، قلم عنفوشیده و گریانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاور بی چشم داشت برای من بوده اند، از

استاد شایسته و فریخته جناب آقای دکتر علیرضا احمدی فردو آقای دکتر حسین خسروی که در کمال سع صدر، با حسن خلق و فروتنی، از

بج کلمی در این عرصه بر من دریغ نمودند و زحمت راهبانی این رساله را بر عهده گرفتند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

باشد که این خردترین، نحشی از زحمات آنان را پاس گوید.

## تعهد نامه

این جانب بهزاد سرشاد دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکترونیک دانشکده مهندسی مکترونیک و رباتیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تشخیص و دسته بندی عیوب ظاهری کاشی و سرامیک تحت راهنمایی دکتر علیرضا احمدی فرد و دکتر حسین خسروی متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط این جانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود است و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافت های آن ها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

### تاریخ

### امضای دانشجو

#### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

## چکیده

فرآیند کنترل کیفیت، برای اطمینان از ارائه محصولات سالم و باکیفیت طراحی شده‌اند. بخش‌هایی از فرآیند کنترل کیفیت که نیازمند بازدیدهای بصری کالا است تا سال‌های اخیر توسط انسان انجام می‌گرفته است. هم‌اکنون فعالیت‌های این بخش، به سوی ماشینی شدن گرایش پیدا کرده است. هدف از بازرسی سطوح، تشخیص و آشکارسازی بخش‌هایی از سطوح محصولات و کالاهای صنعتی است که مطابق با معیارهای مشخصی، کیفیت ایده‌آل ندارند. در حال حاضر این فرآیند برای شناسایی عیوب دسته عظیمی از سطوح مانند کاشی‌های سرامیکی، پارچه، چوب، کاغذ و چرم به کار می‌رود.

آشکارسازی عیوب سطحی از طریق روش‌های تحلیل بافت که توصیف‌کننده ویژگی سطوح هستند، امکان‌پذیر است. برای این منظور تبدیل کانتورلت را جهت آنالیز تصاویر کاشی بکار برده‌ایم، کانتورلت یک تبدیل دو بعدی جهت‌دار است که برای توصیف منحنی‌ها و جزئیات ظریف در تصاویر به کار می‌رود. بسط کانتورلت از توابع پایه‌ای که در جهات مختلف، با اشکال و مقیاس‌های مختلف گرایش دارند (ناهمسانگردی)، تشکیل شده است. در ادامه از شبکه عصبی برای آموزش داده‌ها و یافتن کاشی‌های معیوب استفاده کرده‌ایم. نتایج حاصل بسیار مطلوب با تشخیص عیب بالای ۹۶.۸۷٪ است که در مقایسه با کارهای صورت گرفته برتری قابل‌توجهی دارد.

**واژه‌های کلیدی:** عیب‌یابی سطح کاشی، تبدیل کانتورلت، پردازش تصویر و شبکه عصبی.

## لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- شناسایی عیوب سطحی موجود در بافت با کمک تبدیل کانتورلت، بهزاد سرشاد، علیرضا احمدی فرد، حسین خسروی. همایش برق و کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان واحد نطنز.

۲- تشخیص و آشکارسازی عیوب ظاهری کاشی و سرامیک با استفاده از تبدیل کانتورلت و شبکه عصبی MLP، بهزاد سرشاد، حسین خسروی، علیرضا احمدی فرد. کنفرانس منطقه ای روش های محاسبه نرم در مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی شیراز واحد صفاشهر.



## فهرست مطالب

۱	مقدمه	فصل اول
۲	.....	۱-۱- مقدمه
۳	.....	۲-۱- مراحل تولید کاشی
۶	.....	۳-۱- انواع کاشی، عیوب و درجه بندی
۹	.....	۴-۱- لزوم نیاز به درجه بندی خودکار کاشی
۱۰	.....	۵-۱- محدوده‌ی تعریف پروژه
۱۴	.....	۶-۱- نظارت و بازبینی به صورت خودکار
۱۷	مرور کارهای انجام شده	فصل دوم
۱۸	.....	۱-۲- مقدمه
۱۸	.....	۲-۲- روش های آماری
۱۹	.....	۲-۲-۱- تشخیص عیب با استفاده از آستانه گذاری دو سطحی
۱۹	.....	۲-۲-۲- تشخیص عیب با استفاده از معیار برخال
۲۰	.....	۲-۲-۳- تشخیص عیب با استفاده از اطلاعات آماری تصویر خاکستری
۲۰	.....	۳-۲- روش های طیفی
۲۱	.....	۲-۳-۱- تشخیص عیب با استفاده از تبدیل فوریه گسسته
۲۲	.....	۲-۳-۲- تشخیص عیب با استفاده از فیلتر گابور
۲۳	.....	۲-۳-۳- تشخیص عیب با استفاده از تبدیل موجک
۲۴	.....	۲-۳-۴- تشخیص عیب با استفاده از فیلتر گابور موجک
۲۴	.....	۴-۲- سایر روش ها
۲۹	مباحث نظری	فصل سوم
۳۰	.....	۱-۳- مقدمه
۳۰	.....	۱-۱-۳- تبدیل فوریه
۳۱	.....	۱-۲-۳- تبدیل فوریه زمان کوتاه
۳۲	.....	۱-۳-۳- تبدیل موجک
۳۳	.....	۱-۴-۳- تبدیل کرولت
۳۴	.....	۲-۳- تبدیل کانتورلت

۳۴	.....	۱-۲-۳	مقدمه
۳۵	.....	۲-۲-۳	هرم لاپلاسی
۳۸	.....	۳-۲-۳	فیلتر بانک جهتی
۴۲	.....	۴-۲-۳	تحلیل چند وضوحی و تبدیل کانتورلت
۴۹	.....	۵-۲-۳	نتیجه‌گیری
۵۰	.....	۳-۳	شبکه عصبی پرسپترون چند لایه
۵۰	.....	۱-۳-۳	مقدمه
۵۱	.....	۲-۳-۳	آموزش پرسپترون
۵۲	.....	۳-۳-۳	پرسپترون چند لایه
۵۶	.....	۴-۳-۳	الگوریتم پس انتشار خطا

#### فصل چهارم آشکارسازی و دسته‌بندی عیوب سطحی ۵۹

۶۰	.....	۱-۴	مقدمه
۶۰	.....	۲-۴	فلوچارت الگوریتم پیشنهادی
۶۲	.....	۳-۴	پایگاه داده
۶۴	.....	۴-۴	پیش‌پردازش
۶۵	.....	۵-۴	شناسایی و دسته‌بندی عیوب سطحی
۶۵	.....	۱-۵-۴	شناسایی عیوب
۷۱	.....	۲-۵-۴	عیوب بزرگ
۷۲	.....	۳-۵-۴	عیوب کوچک
۷۶	.....	۴-۵-۴	نتیجه‌گیری

#### فصل پنجم ارزیابی نتایج و مقایسه با سایر روش‌ها ۷۷

۷۸	.....	۱-۵	مقدمه
۷۸	.....	۲-۵	محاسبه و ارزیابی نتایج
۷۹	.....	۳-۵	مقایسه با روش‌های مشابه
۷۹	.....	۴-۵	پیشنهادها برای کارهای آینده
۸۱	.....		مرجع

## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱ مراحل اصلی تولید کاشی‌های سرامیکی..... ۴
- شکل ۱-۲ یک نمونه از ساختار بازرسی کاشی..... ۱۵
- شکل ۱-۲ روند تبدیل فوریه..... ۲۱
- شکل ۲-۲ تشخیص عیب با استفاده از تبدیل موجک..... ۲۳
- شکل ۱-۳ تبدیل موجک دو بُعدی..... ۳۲
- شکل ۲-۳ روند تبدیل کرولت بر روی یک تصویر..... ۳۳
- شکل ۳-۳ هرم برت و ادلسون. (الف) مرحله آنالیز (ب) بازسازی..... ۳۶
- شکل ۳-۴ آنالیز و بازسازی QFB..... ۳۸
- شکل ۳-۵ QFB با فیلترهای لوزی و تقسیم‌بندی صفحه فرکانسی..... ۳۹
- شکل ۳-۶ فیلتر بانک جهتی..... ۴۰
- شکل ۳-۷ دو هم ارزی مهم در سیستم‌هایی چند نرخی..... ۴۰
- شکل ۳-۸ فیلتربانک جهتی دو طبقه..... ۴۱
- شکل ۳-۹ نتیجه انتقال فیلترهای ملخی از طبقه دوم به طبقه اول..... ۴۱
- شکل ۳-۱۰ فیلتربانک جهتی - هرمی..... ۴۳
- شکل ۳-۱۱ ساختار کلی تبدیل کانتورلت..... ۴۴
- شکل ۳-۱۲ زیر فضاهای حاصل از تبدیل LP..... ۴۵
- شکل ۳-۱۳ زیر فضاهای حاصل از اعمال DFB به  $V_j$ ..... ۴۶
- شکل ۳-۱۴ زیر فضاهای حاصل از اعمال PDFB در یک مقیاس خاص..... ۴۸
- شکل ۳-۱۵ شبکه پیش رو دو لایه با توابع سیگموئید..... ۵۳
- شکل ۳-۱۶ کمینه کلی و کمینه محلی..... ۵۴
- شکل ۳-۱۷ اختار کلی آموزش با ناظر..... ۵۵
- شکل ۴-۱ فلوچارت روش پیشنهادی..... ۶۱
- شکل ۴-۲ نمونه‌ای از تصاویر پایگاه داده..... ۶۴
- شکل ۴-۳ نمونه‌ای از پیش‌پردازش تصویر کاشی..... ۶۴
- شکل ۴-۴ نمای کلی یک فیلتر بانک جهتی هرمی..... ۶۵
- شکل ۴-۵ تقسیم‌بندی صفحه فرکانسی حاصل از تبدیل کانتورلت..... ۶۶

- شکل ۴-۶ نمونه‌ای از یک کاشی.....۶۷
- شکل ۴-۷ تقسیم‌بندی تصویر خاکستری حاصل از کاشی شکل ۴-۶.....۶۷
- شکل ۴-۸ تصویر ورودی شکل ۴-۷.....۶۸
- شکل ۴-۹ زیر باندهای سطح سوم تبدیل کانتورلت.....۶۹
- شکل ۴-۱۰ زیر باندهای سطح دوم تبدیل کانتورلت.....۷۰
- شکل ۴-۱۱ زیر باند اول در تبدیل کانتورلت.....۷۰
- شکل ۴-۱۲ شناسایی عیوب بزرگ سطحی.....۷۱
- شکل ۴-۱۳ نمونه‌ای از تصویر کاشی دارای عیب ریز.....۷۴
- شکل ۴-۱۴ زیر باندهای سطح سوم تبدیل کانتورلت.....۷۴
- شکل ۴-۱۵ زیر باندهای زوج سطح چهارم تبدیل کانتورلت.....۷۵

## فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱ تعاریف برخی از عیوب سطحی..... ۸

جدول ۱-۵ مقایسه روش پیشنهادی با سایر روش‌های پیشین..... ۷۹



# فصل اول

## مقدمه

امروزه صنایع تولیدی به دلیل وجود رقابت و نیز برای جلب رضایت مصرف‌کنندگان سعی در بالا نگه‌داشتن کیفیت محصولات خوددارند. کنترل کیفیت در هر واحد تولیدی برای رسیدن به همین هدف است. در صنایعی که محصولات آن‌ها از لحاظ تعداد دارای فراوانی زیادی باشد، رسیدن به این هدف دشوارتر است زیرا بازرسی تک‌تک محصولات نیاز به صرف هزینه زیادی دارد. از طرف دیگر به دلیل اینکه این بازرسی معمولاً به صورت دیداری و توسط انسان انجام می‌گیرد دارای کارایی محدودی چه از لحاظ زمانی چه از لحاظ کیفیت است. بنابراین خودکارسازی این مرحله می‌تواند در بهبود کیفیت محصولات نقش عمده‌ای داشته باشد. با وجود پیشرفت‌های فراوانی که تاکنون در زمینه خودکارسازی صنعتی انجام‌گرفته، در ناحیه بازرسی دیداری به صورت خودکار پیشرفت‌های کمتری دیده می‌شود.

یکی از صنایعی که کنترل کیفیت در آن نقش بسیار موثری دارد صنعت کاشی‌سازی است چرا که دارای تولید فراوانی از لحاظ تعداد است. صنعت کارخانه‌ای تولید کاشی با وجود اینکه صنعت نسبتاً جوانی است، در سال‌های اخیر پیشرفت‌های چشمگیری را در دنیای خودکارسازی صنعتی داشته است. امروزه در فرآیند تولید کاشی تمام مراحل تولید به غیر از مرحله پایانی آن که درجه‌بندی نام دارد به وسیله نوآوری‌های مختلف به صورت خودکار انجام می‌گیرد. در طی مراحل مختلف تولید کاشی عیوب مختلفی ممکن است در کاشی ایجاد گردد. برخی از این عیوب مانند انحنا، خطا در ابعاد و امثال آن هم اکنون توسط سیستم‌های خودکار خاصی مورد بازرسی قرار می‌گیرند ولی عیوب ظاهری سطح کاشی از قبیل لکه‌ها، فرورفتگی‌ها و برجستگی‌ها، عیوب رنگ و امثال آن را تنها توسط بازرسی دیداری می‌توان تشخیص داد. این عیوب در مرحله درجه‌بندی مورد بازرسی قرار می‌گیرند و کاشی‌ها بر اساس میزان عیوب، به دسته‌های همگن دسته‌بندی می‌شوند و یا از چرخه خارج می‌گردند. این مرحله که به بازرسی دیداری مربوط است، هنوز به صورت دستی و توسط انسان انجام می‌گیرد.



با تحقیقات اخیری که روی کاربردهای بینایی ماشین صورت گرفته، یکی از زمینه‌های مهم بازرسی خودکار صنعتی که خیلی مورد توجه واقع شده است، یافتن عیوب در سطوح است، کاربردی که از این نوع در اینجا مطرح است، عیب‌یابی سطح کاشی است و در این نوشته سعی در یافتن روش‌هایی برای حل این مسئله توسط بینایی ماشین داریم.

مطالبی که در فصل‌های این پایان‌نامه آمده است به قرار زیر است. در ادامه در این فصل دامنه مسئله یعنی مراحل مختلف تولید کاشی، عیوب و درجه‌بندی کاشی به طور کلی توضیح داده می‌شود و لزوم تعریف پروژه و محدوده آن بیان می‌گردد. در فصل دوم کارهایی که قبلاً در این زمینه با روش‌های آماری و روش‌های طیفی انجام گرفته مورد بررسی قرار می‌گیرد. در فصل سوم ابتدا به تحلیل روش‌های موجود در حوزه فرکانسی می‌پردازیم و در ادامه روش کانتورلت را جهت استخراج ویژگی از تصاویر معرفی می‌کنیم. همچنین برای تشخیص و طبقه‌بندی عیوب به بیان شبکه عصبی پرسپترون چند لایه می‌پردازیم. با توجه به این که اکثر روش‌های عیب‌یابی سطح کاشی نیاز به تصویر کاملی از کاشی دارند که در آن حاشیه اضافی و چرخش تصویر وجود نداشته باشد، در فصل چهارم به بررسی روش‌های استخراج تصویر کاشی و رفع اعوجاج و حاشیه‌های ناخواسته آن پرداخته شده است. همچنین در این فصل با معرفی روش پیشنهادی به شناسایی و دسته‌بندی عیوب سطحی موجود در کاشی‌های سرامیکی پرداخته‌ایم. در فصل پنجم نتایج حاصل و افق‌های پیشرفت پروژه بیان شده است.

## ۲-۱- مراحل تولید کاشی

عبارت محصولات سرامیکی به اشیایی اطلاق می‌شود که از مواد غیر زنده و غیرفلزی به دست می‌آیند، به نحوی که مطابق با نیاز شکل می‌گیرند و در برابر فرآیندهای مشخصی از خود مقاومت مکانیکی نشان می‌دهند. در واقع میزان مقاومت مکانیکی به میزان جذب آن بستگی دارد که به

فرمول‌بندی مواد خام و میزان پخت وابسته است. در شکل ۱-۱ مراحل تولید کاشی‌های سرامیکی به صورت شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۱-۱ مراحل اصلی تولید کاشی‌های سرامیکی

چرخه تولید کاشی‌های سرامیکی را می‌توان به مراحل اصلی که در شکل ۱-۱ آمده است تقسیم نمود. البته این مراحل ممکن است در کارخانه‌های مختلف تفاوت‌هایی با یکدیگر داشته باشند ولی تفاوت بیشتر در جزئیات هر مرحله است. هر یک از مراحل قبل از درجه‌بندی می‌تواند عیوبی را در سطح کاشی به وجود آورد که دلیل آن خطای تجهیزات و خطای ابزارهای اندازه‌گیری است. هرچند که کارخانه‌ها سعی در بهبود این وضعیت دارند، با این حال کاهش خطای ابزارها و تجهیزات تا میزان محدودی میسر است و کاهش خطا بیش از آن مقدار نیازمند صرف هزینه و به طور کلی از بین بردن خطا تقریباً غیرممکن است.

در ابتدای فرآیند تولید کاشی مواد خام پس از مخلوط شدن به پودر بسیار نرمی به نام ریزدانه تبدیل می‌شوند. در این مرحله وجود برخی ترکیبات ناخواسته مانند ترکیبات خاصی از مس ممکن است باعث ایجاد لکه‌های رنگی در سطح کاشی شود. این پودر به منظور ساخت بیسکویت کاشی در مرحله پرس مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مرحله دوم برای مثال خوردگی قالب پرس ممکن است باعث ایجاد

برخی عیوب گردد. بیسکویت آماده شده در مرحله پرس دارای رطوبت زیادی است و شکننده است. بنابراین برای کاهش رطوبت در مرحله‌ای به نام خشک کن وارد کوره می‌شود. در این مرحله ممکن است در اثر یکنواخت نبودن حرارتی که به نقاط مختلف بیسکویت کاشی می‌رسد، ترک‌هایی در آن ایجاد شود. در مرحله لعاب و رنگ، رنگ زمینه کاشی، لعاب و طرح کاشی بر روی بیسکویت کاشی زده می‌شود. عیوب لعاب مانند لعاب نگرفتن برخی قسمت‌های سطح کاشی و عیوب مربوط به چاپ از عیوبی هستند که ممکن است در این مرحله ایجاد شوند.

در مرحله بعد کاشی برای پخت وارد کوره می‌شود. در این مرحله یکنواخت نبودن حرارت در نقاط مختلف کاشی، تفاوت در ضریب انبساط بیسکویت و لعاب کاشی و عواملی دیگر، ممکن است باعث عیوبی مانند ترک در کاشی گردد. همچنین در تمامی طول مسیری که بیسکویت کاشی بعد از پرس طی می‌کند تا به مرحله پایانی برسد، وجود آلودگی و برخوردهای فیزیکی می‌تواند عیوب دیگری را ایجاد کند. بعد از پخته شدن کاشی در کوره، ساخت کاشی به پایان رسیده و آماده استفاده است. اما به دلیل امکان وجود عیوب مختلف با ابعاد گوناگون، کاشی‌ها از همگنی لازم برخوردار نبوده و نمی‌توان آن‌ها را به همین صورت برای استفاده عرضه کرد. بنابراین به منظور ارائه محصولاتی همگن‌تر و یکنواخت‌تر، مرحله دیگری به نام درجه‌بندی قبل از بسته‌بندی و عرضه محصول به بازار انجام می‌گیرد. در این مرحله کاشی‌ها بر اساس میزان عیوب و رنگشان به درجات مختلفی (معمولاً سه یا چهار درجه) دسته‌بندی می‌شوند تا بتوان هر یک از درجات را با قیمتی متناسب با آن عرضه کرد. اهمیت این مرحله به حدی است که استانداردهایی برای آن ایجاد شده است.

هم اکنون تمام مراحل تولید کاشی به غیر از مرحله درجه‌بندی به صورت خودکار انجام می‌گیرد. لازمه این مرحله یافتن عیوب سطح، و لازمه یافتن این عیوب بازرسی دیداری است. در این نوشته سعی در ارائه الگوریتم‌های کامپیوتری برای یافتن این عیوب توسط بینایی ماشین داریم.

## ۱-۳- انواع کاشی، عیوب و درجه‌بندی

در این بخش ابتدا به انواع مختلف کاشی از زوایای گوناگون می‌پردازیم و در ادامه عیوب و درجه‌بندی را به طور مختصر توضیح می‌دهیم.

کاشی‌ها انواع گوناگونی دارند. این گوناگونی، در طرح و رنگ، دکوراسیون، جنس، ابعاد و مواردی مانند آن وجود دارد. آنچه در مورد تنوع کاشی در اینجا اهمیت دارد، خصوصیات است که به سطح کاشی مربوط می‌شوند، زیرا درجه‌بندی خودکار کاشی بر اساس عیوب سطح تنها تابع این خصوصیات است. از بین این خصوصیات نقش و طرح، دکوراسیون، و ابعاد کاشی تأثیر بیشتری در این امر دارند که در ادامه به آن می‌پردازیم.

کاشی‌ها را از لحاظ نقش می‌توان به چند نوع تقسیم نمود:

- ساده: کاشی‌هایی هستند که هیچ‌گونه طرحی ندارند و دارای زمینه تک رنگ هستند.
- دارای الگوی منظم: نقش این کاشی‌ها دارای الگوی ثابتی است که توسط شابلون بر روی کاشی چاپ می‌گردد.
- دارای الگوی نامنظم (دارای بافت<sup>۱</sup>): نقش این کاشی‌ها الگوی ثابتی ندارد و الگوی آن تصادفی است که خود به دو نوع یعنی بافت تصادفی ریز و بافت تصادفی درشت تقسیم می‌شود.

از نظر دکوراسیون و برجستگی سطح کاشی نیز می‌توان کاشی‌ها را تقسیم‌بندی نمود:

- کاشی‌های بدون دکوراسیون: کاشی‌هایی که سطح روی آن‌ها صاف است.
- کاشی‌های دارای دکوراسیون: کاشی‌هایی که عمداً روی آن‌ها فرورفتگی و برجستگی‌هایی ایجاد شده است.

---

<sup>1</sup> Texture