



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

مهندسی برق گرایش الکترونیک

## طراحی و ساخت ربات لعاب ریز صنایع کاشی سازی

استاد راهنما:

دکتر فرهاد بیات

امیر محسن محمدی

بهمن ۹۶



دانشگاه تجان

## تعهذنامه اصالت اثر

ساخت ربات لعاب ریز صنایع کاشی سازی» حاصل کار پژوهشی این جانب است و به دستاوردهای پژوهشی

دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر

گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.





## چکیده

ایران از دیرباز جولانگاه هنر کاشی کاری بوده است و این هنر در مساجد و مدارس تا مقبره ها و حتی منازل دیده می شود. این هنر پس از انقلاب اسلامی نیز ارزش بیشتری یافته و رو به گسترش است. لیکن چون به روش های سنتی طراحی و اجرا می شود جواب گوی بازار روز و رقابت های امروزی نیست مگر به زحمت فراوان. ماشینی کردن یا اتوماسیون قسمت های مختلف فرآیند تولید کاشی هفت رنگ از "طراحی نقشه" و "پیاده سازی طرح" تا "قلم گیری" و "لعاب ریزی" و "پخت کاشی ها" می تواند با کاهش چشمگیر زمان تولید و افزایش دقت، به زیبایی بیشتر و اثر گذاری هنری و اقتصادی و حتی اجتماعی و فرهنگی افزون تری منجر شود. با توجه به وجود انواع دستگاه های "سی ان سی" \* بر آن شدیم که با ساخت یک نمونه ارزان و در دسترس ربات طراح قلم گیر را بر پایه دستگاه های "کمپیوتری کنترل عددی" پایه گذاری کنیم. و ساخت یک نمونه اولیه برای کاشی هایی با اندازه کمتر از یک متر آغاز کردیم که در صورت لزوم می توان آن را به هرندازه دلخوا دیگری ساخت؛ مثلا فضای کار ربات می تواند به قدری باشد که کاشی های مورد استفاده در سردر یک مسجد را به طور کامل در خود جای داده و شروع به کار روی آن بکند.

## تحریر مطاب

### ۱- فصل اول: آشنایی با کاشی هفت رنگ

۱-۱- تاریخچه هفت رنگ ..... ۱

۱-۲- ضرورت و نیازسنجی ..... ۶

۱-۳- مراحل تولید کاشی هفت رنگ ..... ۶

۱-۴- امکان سنجی و طرح اولیه ..... ۷

۲- فصل دوم: مختصری درباره تولید اتوماتیک

۲-۱- آشنایی با CAM/CAD ..... ۱۰

۲-۲-۱- خلاصه ای از فرآیند CAD ..... ۱۰

۲-۲-۲- تجهیزات ورودی ..... ۱۱

۲-۲-۳- پردازشگر ..... ۱۱

۲-۲-۴- تجهیزات خروجی ..... ۱۲

۲-۳-۱- خلاصه ای از فرآیند CAM ..... ۱۲

۲-۳-۲- کاربردهای CAM ..... ۱۴

۲-۳-۳- مزایای CAM ..... ۱۴

۲-۴- نقش CAM/CAD در چرخه تولید ..... ۱۵

۲-۵- رابطه اتوماسیون و CAM/CAD ..... ۱۷

### ۳- فصل سوم: جی-کد

۳-۱- جی-کد چیست؟ ..... ۱۸

۳-۲- خلاصه ای از دستورالعمل های جی-کد ..... ۲۰

و

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

#### ۴- فصل چهارم: گاربل

- ۴-۱-۱- آشنایی با مترجم گاربل..... ۲۵  
۴-۱-۲- مخاطبین کاربری گاربل..... ۲۶  
۴-۱-۳- ویژگی های گاربل..... ۲۶

#### ۵- فصل پنجم: رابط نرم افزاری

- ۵-۱- رابط نرم افزاری ربات لعاب ریز..... ۲۷  
۵-۲-۱- کندانسور..... ۲۸  
۵-۲-۱- امکانات کندانسور..... ۲۹  
۵-۲-۳- حداقل سیستم مورد نیاز..... ۲۹  
۵-۲-۴- بخش های مختلف کندانسور..... ۲۹

#### ۶- فصل ششم: آردوینو

- ۶-۱- آردوینو چیست؟..... ۳۳  
۶-۲- تاریخچه..... ۳۴  
۶-۳- چرا آردوینو؟..... ۳۵  
۶-۴- سخت افزار آردوینو..... ۳۷  
۶-۵- انواع بردهای آردوینو..... ۳۹  
۶-۵-۱- آردوینو UNO-R3..... ۳۹  
۶-۵-۲- آردوینو Mega-۲۵۶۰..... ۴۱  
۶-۵-۳- آردوینو LilyPad..... ۴۲  
۶-۵-۴- آردوینو Zero-M..... ۴۳  
۶-۵-۵- آردوینو Nano..... ۴۴  
۶-۶- کار با آردوینو..... ۴۵  
۶-۶-۱- تغذیه الکتریکی..... ۴۵

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۴۶	حافظه.....
۴۷	۳-۶-۶- بین های ورودی و خروجی.....
۴۹	۴-۶-۶- سایر پین ها.....
۴۹	۵-۶-۶- ارتباط با سایر دستگاه ها.....
۵۱	۶-۶-۶- برنامه نویسی.....
۵۱	۷-۶-۶- ریست خودکار (نرم افزاری).....
۵۱	۸-۶-۶- محافظت پورت USB در برابر اضافه جریان.....
۵۳	۹-۶-۶- مشخصه های فیزیکی.....

## ۷- فصل هفتم: موتور پله ای

۵۴	۱-۷- مبانی.....
۵۵	۲-۷- سیستم موتور پله ای.....
۵۶	۳-۷- انواع موتور پله ای.....
۵۸	۱-۳-۷- موتور پله ای رلوکتانس متغیر.....
۵۸	۲-۳-۷- موتور پله با آهنربای دائمی.....
۵۹	۳-۳-۷- موتور پله هیبریدی.....
۵۹	۴-۷- ساختار داخلی موتور پله ای.....
۶۰	۵-۷- نمودار سرعت-گشتاور.....
۶۲	۶-۷- روش های درایو.....
۶۲	۱-۶-۷- درایو موجی.....
۶۳	۲-۶-۷- دوفاز روشن.....
۶۴	۳-۶-۷- نیم پله.....
۶۵	۴-۶-۷- میکرواستپ.....
۶۵	۷-۷- روش های کنترل موتور پله ای.....
۶۵	۱-۷-۷- حلقه باز.....
۶۶	۲-۷-۷- حلقه بسته.....







## ۱-۱- نگاهی مختصر و مفید به تاریخچه کاشی هفت رنگ

آجرپزی در بین اقوام ایرانی سابقه هفت هزار ساله دارد و ایرانیان تا پیش از رواج استفاده از کاشی هفت رنگ در بناها برای نمای بیرونی از آجر بدون لعاب و در داخل بنا از تزیینات گچ بری و نقاشی استفاده می کردند. طی کاوش های باستان شناسی و آثار بدست آمده مشخص است که بشر از زمانی که ساخت اشیاء و ظروف از گل پخته را آغاز کرده رفته رفته از لعاب برای زیبایی و دوام بیشتر آنها بهره برده است. اما استفاده از کاشی لعاب دار موضوع دیگری است.



شکل ۱-۱: نمونه کار کاشی لعاب دار

کاشی لعاب دار یا کاشی هفت رنگ از دوره تاریخی هخامنشی در بناهای باستانی دیده شده است. ولی هیچگاه به صورت جدی و به فراوانی در بناها استفاده نشده است. تا دوره تاریخی سلجوقی که کاشی های رنگین جای خود را در تزیینات بناهای مهم پیدا می کنند و به عنوان یکی از تاثیر گذارترین بخش های بنا، خود را جلوه گر می سازند.

لعاب کاشی هایی که تا قرن چهارم و پنجم هجری به کار می رفتند از نوع قلیایی بودند و کاربرد آنها به تزیین داخل و نمای بیرونی بنا اختصاص یافت و سر آغاز کاربرد جدی کاشی در بناهای ایرانی گردید. استفاده از کاشی در ابتدا برای بوجود آوردن کتیبه های زیبایی از آیات قرآن که با خط خوش نوشته شده بود معمول گردید و رفته رفته در اجرا دیگر بناها استفاده شد و گاهی نیز فقط به منظور زیبا سازی به کار گرفته شد.

در دوره سلجوقیان که مرزهای ایران وسیع تر از گذشته شده بود مناطقی چون عربستان، ماوراءالنهر، سوریه و دیگر کشورها زیر پوشش آن بودند. سلجوقیان از قبایل ترکمن بودند و از دشتهای قرقیزستان به بخارا و بعد به ایران حمله ور شدند و حکومتی جهانی بوجود آوردند که منطقه ی آسیا را در بر می گرفت و گاهی تا حد منطقه اروپا نیز پیش می رفت. با اینکه هنر در بین ترکان سلجوقی رایج نبود ولی با دادن سفارشیایی به تشویق هنرمندان کوشش می شد. با روی کار آمدن آنان علاوه بر مسجد سازی، ساختمان مقابر و اماکن متبرکه و مذهبی اهمیت ویژه پیدا کرد. معماری سلجوقی به طور پراکنده در نقاط مختلف خاور میانه دیده می شود، که می توان از چند بنای آن نام برد از جمله بنای گنبد قابوس در گرگان، برج طغرل در شهر ری، مقبره سلطان سنجر در مرو و برج رادکان در مشهد. سلجوقیان در راه مقابله با سایر دانشگاه های آن زمان به ساختن مدرسه هایی جهت فراگیری علوم مختلف دست زدند. از این رو به علم و هنر توجه خاصی مبذول می داشتند.

کاشی کاری هفت رنگ از جمله هنرهایی است که در این دوره رواج و تکامل فراوان یافت. نقاشی روی کاشی یا سفال به سبک های گوناگون ارائه شد و با فرهنگ و روح ایرانی پیوند و هماهنگی پیدا کرد. در دوره سلجوقی فن سفال سازی و کاشی سازی مورد توجه بود. علاقه مردم به این هنرها و استفاده روز افزون از آن ها چه در زندگی روزمره و چه در تزیین بناها موجبات رونق هر چه بیشتر آن را فرا هم کرد.

در شیراز، یزد، اصفهان، کرمان، ری، کاشان، تبریز و نیشابور کارگاه های متعددی بوجود آمد. آنان کاشی های ساخته شده را با نقوش زیبای اسلیمی، گل و برگ و اشکال هندسی و استفاده از هفت رنگ "آبی لاجوری، فیروزه ای، زرد، سبز، قرمز، مشکی، پسته ای" می آراستند و با مهارت آن ها را در کوره می پختند تا ظروف و کاشی های عالی بدست آید هنوز آثاری از این دوره با نقوش و رنگ های جالب توجه به جا مانده است که می توان گنبد سرخ مراغه در آذربایجان را نام برد. در این دوره هنر کاشی کاری هفت رنگ جای ویژه ای در بناها به خود اختصاص داده بود اما طولی نکشید که با هجوم مغول سرزمین پهناور ایران تا مرز چین به زیر سلطه مغولان در آمد آنان سر راه خود شهرهای بسیاری را ویران کردند و برای مدت طولانی فعالیت های ساختمان سازی و به دنبال آن کاشی کاری و ساخت کاشی هفت رنگ متوقف شد. چنگیز پس از آن سرزمین های فتح شده را بین فرزندان و لشکریان خود تقسیم کرد. ایلخان مغول فرمانروای ایران بغداد را به پایتختی بر گزید و ساختمان های بسیاری بر ویرانه های آن بنا کرد. در جریان هجوم مغول مردم از ترس کسب و کار خود را رها کرده و هر یک به گوشه ای گریخته بودند تا اینکه پس از چند مدتی شهرها آرام شد و رفته رفته کسانی که از تاخت و تاز مغولان جان به در برده بودند به سر خانه و زندگی و کسب و کار خود باز گشتند.

مغول ها با وجود بی رحمی و کشتار مردم هر شهر و دیار از کشتن صنعتگران و هنرمندان خودداری می کردند. مردم اصفهان و شیرازی که از شر حمله مستقیم مغولان در امان مانده بودند به کار خود ادامه می دادند. به طور کلی باید گفت مغول ها مردمانی بیابان گرد بودند آنان با بعضی صنایع و حرفه ها آشنایی داشتند اما از هنر بی بهره مانده بودند به همین دلیل به مردم شهرهایی که با هنر و صنعت آشنایی داشتند نیازمند بودند و ایران هم کشوری بود که در آن هنرمند و صنعتگر فراوان بود. کاشی سازان ایرانی در ابتدای حکومت مغول ها همان شیوه های کاری عهد سلجوقی را ادامه دادند اما کم کم در هنر و صنعت کاشی کاری هفت رنگ نو آوری هایی پدید آمد که به آن کیفیتی متفاوت بخشید، نقش مرغان و گل های رنگین و نمایش چهره و پیکر انسان که نفوذ هنر چینی در آن دیده می شود بر صفحه کاشی ها پدیدار شد. یکی از مهمترین اتفاقات تاریخ کاشی کاری ایران در همین دوره رخ داد و آن ساخته شدن بزرگترین گنبد در زمان خود موسوم به گنبد سلطانیه بود که بر آرامگاه پادشاه مغول اَلجایتو یا سلطان محمد خرابنده بنا شد. کار ساختمان این بنای مشهور در سال ۷۱۰ هجری قمری به پایان رسید.



شکل ۱-۲: نمونه کار کاشی لعابدار

شهر سلطانیه که این بنا و گنبد عالی در آن قرار داشت با همه ی عظمتش در پی سقوط ایلخانان مغول و مرگ سلطان محمد خدابنده رو به زوال رفت و در حمله های متعدد تیمور و قتل و غارت شهر سلطانیه به ویرانه ای تبدیل شد اما روشن است که ساخته شدن این بنا و تزیینات کاشی کاری هفت رنگ آن تا قرن ها اثر خود را در معماری ایرانی به جا گذاشت کاشی کاری گنبد سلطانیه در حد کمال است و رنگ آمیزی و هماهنگی در کاربرد کاشی و آجر در عالی ترین حد خود می باشد. گنبد از بیرون با یک پوشش یک پارچه از

کاشی فیروزه ای تزیین شده و اطراف گنبد با خط کوفی به رنگ لاجوردی کار شده است ، در داخل بنا هم از کاشی به فراوانی استفاده شده است. در این دوران کاشی کاری هفت رنگ به سطوح بالای کیفیت فیزیکی و هنری رسید و کاشی کاری به اندازه ای راه خود را باز کرد که بناهای مذهبی و غیر مذهبی از داخل و خارج بنا با کاشی هفت رنگ آراسته می شد. روش ساخت کاشی هفت رنگ در دوران سلجوقی خیلی شناخته شده و متداول نبود اما چند سال پس از ساخته شدن گنبد سلطانیه کاشی هفت رنگ در امامزاده جعفر اصفهان به کار گرفته شد و به سرعت تا زمان شاه عباس اول پیشرفت کرد. با ظهور صفویه در ایران هنر جان تازه ای گرفت و شاهان صفوی که خود طالب هنر و صنعت بودند شرایطی را فراهم کردند تا هنرهای گوناگون رشد کرده و خود را نشان دهند.

هنر صنعت کاش سازی و کاشی کاری در این دوران به درجه ای اعلا از رشد و کمال رسید. آثار به جا مانده ی کاشی کاری از این دوران خود گویای این رشد و کمال است. شاه عباس اول به عمران و آبادی علاقه مند بود و تقریباً در همه بناهایی که در زمان او ساخته شد از کاشی هفت رنگ به مقدار زیاد استفاده شده است. بعضی به اشتباه فکر می کنند که کاشی هفت رنگ از کاشی معرق کم ارزش تر است اما کاشی های هفت رنگی که در بناهای این دوره به کار رفته چه از نظر کیفیت فیزیکی و چه از نظر هنر طراحی و رنگ آمیزی جزء نفیس ترین آثار کاشی کاری جهان به شمار می روند. کاشی معرق به دلیل فرم و ساختار آن در پیچ و خم ها از قابلیت بیشتری بر خوردار است در حالی که کاشی خشت یا هفت رنگ بیشتر در سطوح تحت قابل اجرا است . در این دوران با گسترش همه جانبه ی هنر صنعت کاشی کاری و پیدایش روز افزون تنوع در رنگ و طرح آن ابتکاراتی هم در این هنر پدیدار شد که می توان به خط بنایی ، معقلی ، رسمی بندی و مقرنس سازی اشاره کرد . پس از انقراض سلسله ی صفوی و تسلط افغان ها بر ایران کار تزیین بناها با کاشی کاری کمتر شد و بعد از آن در دوره زندیه کاشیکاری از شکل سنتی و کلاسیک آن فاصله گرفت و صحنه های حماسی از داستان های شاهنامه و مجالس عاشقانه مانند تصویر شیرین و فرهاد و یوسف و زلیخا و تصاویر سان و رژه بر صفحه کاشی هفت رنگ متداول شد . هنر کاشی کاری در این سال ها دچار رکود شد و نه تنها پیشرفتی نکرد بلکه به لحاظ طراحی و حتی کیفیت لعاب های به کار برده شده هم افول کرد. در اوایل دوره قاجار هنر کاشی کاری به خصوص کاشی هفت رنگ جان تازه ای گرفت. در شیراز هنرمندان کاشی ساز با الهام گرفتن از طبیعت کاشی های زیبایی با نقوش گل و برگ و رنگ های متنوع ساختند و به خصوص در کاشی های این دوره رنگ قرمز چشمگیر تر است و به فراوانی در کاشی ها استفاده شده است. به دستور ناصرالدین شاه قاجار قبور ائمه اطهار تعمیر و کاشی کاری های آن نوسازی شد. در این دوران هنر صنعت والای کاشی کاری تا حدودی تنزل کرده بود، اما در عین حال به دستور ناصرالدین شاه عده ای از نقاشان به منظور کسب مهارت در



# پایان نامه کارشناسی

## منابع



۱. <http://www.rekeith.co.uk/>
۲. <https://github.com/grbl/>
۳. <http://www.openbuilds.com/>
۴. <http://www.reprap.com/>
۵. <http://www.cnckaran.com/>
۶. <http://mechatronic-lab.com/>
۷. <http://www.magiccnc.com>
۸. <http://www.buildlog.net/>
۹. <https://www.shapeoko.com/wiki/>
۱۰. <http://www.linuxcnc.org/>
۱۱. <https://www.marginallyclever.com/>
۱۲. <https://www.adafruit.com/>
۱۳. <http://www.avrfreaks.net/>
۱۴. <https://www.open-electronics.org/>
۱۵. <http://dangerousprototypes.com/>
۱۶. <https://axidraw.com/>
۱۷. <http://x-sim.de/forum/>
۱۸. <http://www.orientalmotor.com/stepper-motors/>
۱۹. <https://sourceforge.net/top>
۲۰. <http://www.scorchworks.com/>
۲۱. <http://www.cnczone.com/forums/>
۲۲. <http://buildyourenc.com/>
۲۳. <http://arduino.cc/>
۲۴. <https://blog.protoneer.co.nz/>
۲۵. Evans, Brian, "Beginning Arduino Programming", Apress, ۲۰۱۲
۲۶. C.R.Melgar, E.C.Díez, P.Jaworski, "Arduino and Kinect Projects", Apress, ۲۰۱۲
۲۷. J.D.Warren, A.Josh, M.Harald, "Arduino Robotics", Apress, ۲۰۱۱
۲۸. Monk, Simon, "۳۰ Arduino for the evil genius", McGrawHill, ۲۰۱۰
۲۹. Boxall, Jhon, "Arduino Workshop", NoStarchPress, San Francisco, ۲۰۱۳

۳۰. Acuna, F.; Gordon, A.; Nunez, W., "Design and implementation of a prototype lathe milling of computer numerical control," engineering Mechatronics and Automation (CIIMA), ۲۰۱۳ II International Congress of , vol., no., pp.۱,۶,۲۳۲۰ Oct. ۲۰۱۳
۳۱. Yoram Koren: "Computer Control of Manufacturing Systems", McGraw- Hill International Editions
۳۲. Koren, Y., "Interpolator for a Computer Numerical Control System," Computers, IEEE Transactions on, vol.C-۲۰, no.۱, pp.۳۲, ۳۷, Jan. ۱۹۷۶
۳۳. Olesten, N.O.: "Numerical control", Wiley-Interscience, New York.
۳۴. Sizer, T. R.: "The Digital Differential analyser" Chapman & Hall
۳۵. Ertell, G.: "Numerical control", Wiley-Interscience, New York
۳۶. Mayrov, F.V.: "Electronic Digital Integrating Computers-Digital Differential Analyzers," Iliffe Books, London, England.
۳۷. Koren, Y., A. Shani, and J. Ben-Uri: Numerical Control of a Lathe, IEEE Trans. Ind. Gen. Appl., vol. ۶, no. ۲, pp. ۱۷۵-۱۷۹, March, ۱۹۷۰.
۳۸. Buckerfield, S. T.: Continuous Numerical Control of Machine Tools, Control, vol. ۳, pp. ۹۰-۹۸, June/July, ۱۹۶۰.
۳۹. Karvinen, k., "Arduino bots and Gadgets", O'Reilly Media, Canada, ۲۰۱۱
۴۰. Margolis, Michael, "Arduino Cookbook", O'Reilly, United States of America,