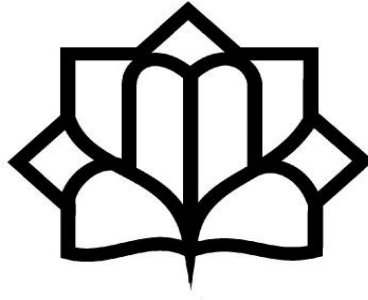


بہ نام خدای کہ در این مرد
سے ہے ایک است



دانشگاه کاشان

دانشکده معماری و هنر
گروه پژوهش هنر و هنر اسلامی

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
در رشته: پژوهش هنر

عنوان:

راهکارهای کاهش هزینه در رنگرزی طبیعی الیاف گوناگون فرش دستبافت

استاد راهنما :

دکتر احمد اکبری

بوسیله:

صدیقه آقایی

بهمن ماه ۱۳۹۰



تاریخ: ۹۰/۱۱/۱۱
شماره: ۱۴۱۵۸۰
پیوست: —

مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد/ دکتری

نام و نام خانوادگی دانشجو: صدیقه آقایی آجی نورایه شماره دانشجویی: ۸۸۱۴۵۲۰۲۰۱
رشته: پژوهش هنر گرایش: — دانشکده: معماری و هنر
عنوان پایان نامه: راهکارهای کاهش هزینه رنگرزی طبیعی ایاف گوناگون فرش دستباف

این پایان نامه به مدیریت تحصیلات تکمیلی به منظور بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد ارائه می گردد. دفاع از پایان نامه در تاریخ ۹۰/۱۱/۱۰ مورد تأیید و ارزیابی هیأت داوران قرار گرفت و با نمره ۱۸ به عدد ۱۸ و درجه عالی به تصویب رسید.

اعضای هیأت داوران

عنوان	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱. استاد راهنما:	دکتر احمد اکبری	استادیار	
۲. استاد مشاور:	—	—	—
۳. متخصصین و صاحب نظران داخل دانشگاه:	مهندس غلامرضا صالح علوی	مربی	
۴. متخصصین و صاحب نظران خارج دانشگاه:	دکتر مهرداد محمدیان	استادیار	
۵. نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه:	دکتر مهدی محمدی مهر	استادیار	

ابراهیم نعمتی لای
مدیر تحصیلات تکمیلی

سپاس بیکران پروردگار یکتا را که آفرید
انسان را، عقل را، علم را، معرفت را، عشق را و جهان را
و به مهربانانی که عشقشان را در وجودم دمید...

جناب آقای دکتر اکبری استاد راهنمای محترم

شما روشنایی بخش تاریکی جان هستی و ظلمت اندیشه را نور می بخشی. چگونه سپاس گویم
مهربانی و لطف شما را که سرشار از عشق و یقین است. چگونه سپاس گویم تأثیر علم آموزی شما
را که چراغ روشن هدایت را بر کلبه ی محقر وجودم فروزان ساخته است. آری در مقابل این همه
عظمت و شکوه شما مرا نه توان سپاس است و نه کلام وصف...

و از استادان فرزانه و دلسوز؛ جناب آقایان دکتر محمدیان و مهندس صالح علوی که زحمت داوری
این رساله را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم.
باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

چکیده:

رنگرزی الیاف طبیعی با استفاده از مواد رنگزای طبیعی با توجه به چند مرحله‌ای بودن فرآیند شامل عصاره‌گیری، دندان‌دادن الیاف و نهایتاً رنگرزی بسیار پرهزینه بوده و مدت زمان زیادی نیاز است تا فرآیند بطور کامل انجام شود. تحقیقات گسترده‌ای به منظور کاهش هزینه‌های رنگرزی سنتی در سال‌های اخیر صورت گرفته است.

این تحقیقات نشان می‌دهند که استفاده از تکنولوژی‌های نوین و پیشرفته می‌تواند بطور چشمگیری هزینه‌های رنگرزی سنتی را کاهش دهد. در این پروژه سعی شده است با مطالعه مقالات متعدد که همگی حاصل کار پژوهشگران و محققین در دهه اخیر می‌باشد راه‌های کاهش هزینه‌ها به تفکیک مراحل مختلف رنگرزی به دقت مورد بررسی قرار گیرد. این راهکارها را می‌توان به صورت زیر از یکدیگر تفکیک نمود:

- استفاده از روش‌های تصفیه پیشرفته به منظور استفاده مجدد از آب
- استفاده مجدد از پساب‌های حاصل از رنگرزی به منظور کاهش مصرف آب، مواد شیمیایی و رنگزها
- کاربرد روش‌های جدید در مرحله عصاره‌گیری به منظور افزایش راندمان استخراج ماده رنگزا از گیاه و همچنین کاهش مصرف آب
- استفاده از روش‌های نوین و پیشرفته هم‌چون اولتراسونیک، سیال فوق بحرانی، نانو تکنولوژی، الکتروشیمیایی و تکنولوژی پلاسما در فرآیند رنگرزی
- استفاده از دندان‌های دوستدار محیط زیست به عنوان مثال دندان‌های طبیعی که نیاز به تصفیه پساب حاصل از رنگرزی را کاهش داده و باعث کاهش مصرف هزینه‌های مربوط به رنگرزی می‌گردد.

کلمات کلیدی :

الیاف طبیعی، مواد رنگزای طبیعی، کاهش هزینه رنگرزی، روش‌های نوین و پیشرفته، عصاره-گیری، دندان، رنگرزی

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول

۱	مقدمه.....
۲	۱- تاریخچه.....
۲	۱ + تاریخچه رنگرزی جهان.....
۷	۱ ۴ تاریخ رنگرزی در ایران.....
۱۰	۲-الیاف.....
۱۱	۲-۱- الیاف طبیعی.....
۱۱	۲-۱-۱- الیاف معدنی.....
۱۱	۲-۱-۲- الیاف گیاهی.....
۱۲	۲-۱-۳- الیاف حیوانی.....
۱۲	۲-۲- الیاف مصنوعی.....
۱۲	۲-۲-۱- الیاف بازیافتی.....
۱۳	۲-۲-۲- الیاف سنتزی.....
۱۴	۳-مهمترین الیاف مورد استفاده در قالی بافی.....
۱۴	۳-۱- پشم.....
۱۵	۳-۱-۱- ساختمان عرضی.....
۱۷	۳-۱-۲- ویژگی های پشم خوب.....
۱۹	۳-۱-۳- اثر مواد شیمیایی بر روی پشم.....

- ۱۹.....۱-۳-۱-۳ اثر محیط اسیدی بر پشم.....
- ۱۹.....۲-۳-۱-۳ اثر بازها بر پشم.....
- ۱۹.....۳-۳-۱-۳ اثر مواد اکسید کننده بر پشم.....
- ۱۹.....۴-۳-۱-۳ اثر حرارت.....
- ۲۰.....۵-۳-۱-۳ سایر تأثیرات.....
- ۲۰.....۴-۱-۳ شستشوی پشم.....
- ۲۲.....۵-۱-۳ ماشین‌های شستشوی کلاف پشمی.....
- ۲۳.....۶-۱-۳ کربنیزه کردن پشم.....
- ۲۳.....۷-۱-۳ کلرینه کردن پشم.....
- ۲۴.....۸-۱-۳ ساختار لیف و تاثیر آن در رنگ کردن پشم.....
- ۲۶.....۲-۳ ابریشم.....
- ۲۷.....۱-۲-۳ منشاء ابریشم.....
- ۲۸.....۲-۲-۳ نحوه ریسندگی پروتئین ابریشم.....
- ۲۹.....۳-۲-۳ ساختمان شیمیایی.....
- ۳۰.....۴-۲-۳ شکل ظاهری.....
- ۳۰.....۵-۲-۳ انواع ابریشم.....
- ۳۰.....۱-۵-۲-۳ ابریشم خام.....
- ۳۱.....۲-۵-۲-۳ ابریشم پخته.....

- ۳۱..... ابریشم کجین. ۳-۵-۲-۳
- ۳۱..... ویژگی ها و قابلیت های ابریشم. ۶-۲-۳
- ۳۲..... اثرات عوامل مختلف بر روی ابریشم. ۷-۲-۳
- ۳۲..... اثر حرارت. ۱-۷-۲-۳
- ۳۳..... اثر اسیدها. ۲-۷-۲-۳
- ۳۴..... اثر قلیائی ها. ۳-۷-۲-۳
- ۳۴..... اثر نمک ها. ۴-۷-۲-۳
- ۳۵..... اثر مواد اکسید کننده. ۵-۷-۲-۳
- ۳۵..... اثر رطوبت. ۶-۷-۲-۳
- ۳۶..... اثر قارچ ها و باکتری ها. ۷-۷-۲-۳
- ۳۷..... اثر نورخورشید. ۸-۷-۲-۳
- ۳۷..... صمغ گیری ابریشم. ۸-۲-۳
- ۳۷..... صمغ گیری به وسیله صابون و سود. ۱-۸-۲-۳
- ۳۸..... صمغ گیری به وسیله آنزیم. ۲-۸-۲-۳
- ۳۹..... عمل صمغ گیری در ایران. ۹-۲-۳
- ۳۹..... صمغ گیری (روی کلاف های نخ). ۱-۹-۲-۳
- ۳۹..... صمغ گیری در اسکو (روی پارچه). ۲-۹-۲-۳
- ۴۰..... سفیدگری ابریشم. ۱۰-۲-۳
- ۴۰..... وزن دادن. ۱۱-۲-۳
- ۴۱..... پنبه. ۳-۳
- ۴۲..... خصوصیات گیاهی. ۱-۳-۳
- ۴۴..... زراعت پنبه. ۲-۳-۳

- ۳-۳-۳-۳- مشخصات قسمت‌های مختلف ساختمان تار پنبه (مقطع عرضی)..... ۴۵
- ۳-۳-۳-۳-۱- لایه کوتیکول..... ۴۵
- ۳-۳-۳-۲- لایه اولیه..... ۴۵
- ۳-۳-۳-۳- لایه دوم..... ۴۶
- ۳-۳-۳-۴- کانال لومن..... ۴۸
- ۳-۳-۴- مواد تشکیل دهنده الیاف سلولزی (پنبه)..... ۴۸
- ۳-۳-۵- طبقه‌بندی انواع پنبه..... ۴۹
- ۳-۳-۵-۱- از نظر رنگ..... ۴۹
- ۳-۳-۵-۲- از نظر طول الیاف..... ۵۰
- ۳-۳-۵-۳- از نظر مشخصات..... ۵۱
- ۳-۳-۶- خواص شیمیایی پنبه..... ۵۲
- ۳-۳-۷- مرسریزاسیون..... ۵۳
- ۳-۳-۸- تأثیرات..... ۵۴
- ۳-۳-۸-۱- اثر حرارت..... ۵۴
- ۳-۳-۸-۲- اثر زمان..... ۵۴
- ۳-۳-۸-۳- اثر نور خورشید..... ۵۴
- ۳-۳-۸-۴- اثر میکروارگانیزم‌ها..... ۵۵
- ۴-رنگرزی..... ۵۵
- ۴-۱- تعریف رنگزا..... ۵۵
- ۴-۲- رنگزاهای طبیعی..... ۵۶
- ۴-۳- طبقه‌بندی رنگزاها..... ۵۷
- ۴-۳-۱- طبقه‌بندی رنگزاهای طبیعی از نظر منشاء تولید..... ۵۷

- ۵۸..... ۴-۳-۱-۱- رنگزاهای حاصل از گیاهان
- ۶۱..... ۴-۳-۱-۲- رنگزاهای طبیعی حاصل از مواد معدنی
- ۶۱..... ۴-۳-۱-۳- رنگزاهای طبیعی حاصل از حیوانات
- ۶۱..... ۴-۳-۲- طبقه‌بندی رنگزاهای طبیعی از نظر تمایل به منسوجات
- ۶۲..... ۴-۳-۲-۱- مواد رنگزای سبستتتو با تمایل ذاتی
- ۶۲..... ۴-۳-۲-۲- مواد رنگزای خمی
- ۶۳..... ۴-۳-۲-۳- مواد رنگزای وابسته
- ۶۳..... ۴-۳-۳- طبقه‌بندی رنگزاهای طبیعی از نظر شید رنگی
- ۶۵..... ۴-۳-۴- طبقه‌بندی رنگزاهای طبیعی از نظر ساختار شیمیایی
- ۶۵..... ۴-۳-۴-۱- کینونها
- ۷۵..... ۴-۳-۴-۲- رنگ‌های ایندیگوئیدی
- ۷۷..... ۴-۴- تهیه و استخراج رنگ از رنگزاهای طبیعی
- ۷۷..... ۴-۵- فن‌آوری تولید رنگزاهای و مواد رنگزای طبیعی
- ۷۸..... ۵- دندانها
- ۷۸..... ۵-۱- عملکرد دندانها
- ۷۹..... ۵-۲- کمک‌دندانها
- ۷۹..... ۵-۳- تقسیم‌بندی دندانها
- ۷۹..... ۵-۳-۱- پیش‌دندانه‌ای
- ۷۹..... ۵-۳-۲- روش یک‌حمامی
- ۷۹..... ۵-۳-۳- پس‌دندانه‌ای
- ۸۰..... ۵-۴- به‌کارگیری دندانها

- ۵-۵-۵- دندان‌دار کردن الیاف..... ۸۰
- ۵-۵-۱- دندان‌دار کردن الیاف حیوانی..... ۸۰
- ۵-۵-۲- دندان‌دار کردن الیاف گیاهی..... ۸۰
- ۵-۶-۱- انواع دندان‌ها..... ۸۱
- ۵-۶-۱- زاج سفید (سولفات آلومینیوم پتاسیم)..... ۸۱
- ۵-۶-۲- کروم (دی کرومات پتاسیم یا بی کرومات)..... ۸۱
- ۵-۶-۳- مس (سولفات مس)..... ۸۱
- ۵-۶-۴- قلع (کلراید استانوس)..... ۸۲
- ۵-۶-۵- آهن (سولفات آهن)..... ۸۲
- ۵-۶-۶- تانیک اسید..... ۸۳
- ۵-۷-۱- انواع کمک‌دندان‌ها..... ۸۳
- ۶-۱- روش‌های رنگ‌رزی با مواد طبیعی مرسوم..... ۸۵
- ۶-۱- اسپرک..... ۸۵
- ۶-۲- روناس..... ۸۶
- ۶-۳- کشینل..... ۸۷
- ۶-۴- نیل..... ۸۷
- ۶-۵- کاج..... ۸۹
- ۷-۱- روش‌های توسعه گستره‌رنگی..... ۸۹
- ۷-۱- دندان‌های گوناگون..... ۸۹
- ۷-۲- دندان‌های پسین..... ۸۹

- ۳-۷- ترکیب دورنگینه..... ۹۰
- ۴-۷- رنگری زیرین..... ۹۰
- ۵-۷- رنگری رمق‌کشی..... ۹۰
- ۶-۷- PH آب..... ۹۰
- ۸- جنبه‌های محیطی..... ۹۰
- ۹- آغازی دوباره برای مصرف رنگزاهای طبیعی..... ۹۱
- ۱۰- مشکلات موجود در راه توسعه استفاده از رنگزاهای طبیعی..... ۹۳
- ۱۱- محدودیت های رنگینه‌های سنتزی..... ۹۵

فصل دوم

- مقدمه..... ۹۷
- ۱-۲- تصفیه پساب‌های رنگری به منظور استفاده مجدد از آب..... ۹۹
- ۲-۲- استفاده از پساب‌های رنگری به منظور کاهش مصرف آب و مواد رنگزا..... ۱۰۲
- ۳-۲- استفاده از روش‌های جدید و پیشرفته برای عصاره‌گیری..... ۱۰۴
- ۱-۳-۲- استفاده از روش اولتراسونیک برای عصاره‌گیری..... ۱۱۲
- ۴-۲- استفاده از روش‌های جدید و پیشرفته در مرحله دندان‌دادن..... ۱۱۴
- ۵-۲- بکارگیری فناوری های نوین در رنگری الیاف نساجی..... ۱۱۸
- ۱-۵-۲- نانو تکنولوژی..... ۱۱۹
- ۱-۱-۵-۲- رنگ‌دانه‌های نانویی در رنگری منسوجات..... ۱۲۱
- ۲-۱-۵-۲- رنگ‌پذیری الیاف نانو کامپوزیت..... ۱۲۳

- ۱۲۵.....۲-۵-۲-رنگرزی الکتروشیمیایی.....
- ۱۲۸.....۲-۵-۲-۱-کاهش الکتروشیمیایی غیرمستقیم.....
- ۱۲۸.....۲-۵-۲-۲-خصوصیات الکتروشیمیایی و رنگرزی توسط کاهش غیرمستقیم کاتدی.....
- ۱۳۲.....۲-۵-۲-۳-کاهش (تقلیل) الکتروشیمیایی مستقیم.....
- ۱۳۶.....۲-۵-۲-۴-هیدروژن دار کردن الکتروکاتالیزوری.....
- ۱۳۷.....۲-۵-۳-سیال های فوق بحرانی.....
- ۱۳۸.....۲-۵-۳-۱-رنگرزی با روش دی اکسید کربن فوق بحرانی.....
- ۱۴۰.....۲-۵-۳-۲-حلال های فوق بحرانی.....
- ۱۴۰.....۲-۵-۳-۳-انتخاب حلال.....
- ۱۴۱.....۲-۵-۳-۴-روش کار با سیال های فوق بحرانی.....
- ۱۴۲.....۲-۵-۳-۵-مزایای روش فوق بحرانی.....
- ۱۴۲.....۲-۵-۳-۶-رویکردهای رنگرزی با استفاده از سیال های فوق بحرانی.....
- ۱۴۶.....۲-۵-۳-۷-بررسی میزان رنگرزی الیاف با دی اکسید کربن فوق بحرانی.....
- ۱۴۹.....۲-۵-۳-۸-رنگرزی الیاف پروتئینی با سیستم مایسل معکوس.....
- ۱۵۳.....۲-۵-۴-تکنولوژی پلاسما.....
- ۱۵۴.....۲-۵-۴-۱-رنگرزی الیاف پلی استر تحت پلاسما.....
- ۱۵۴.....۲-۵-۴-۲-رنگرزی الیاف پشمی تحت پلاسما.....

- ۱۵۵.....۲-۵-۴-۳-رنگرزی الیاف پنبه‌ای تحت پلاسما
- ۱۵۶.....۲-۵-۵-۵-امواج التراسونیک
- ۱۵۹.....۲-۵-۵-۱-رنگرزی تحت اولتراسونیک الیاف طبیعی
- ۲-۵-۵-۲-رنگرزی الیاف پشم با رنگ طبیعی Lac در حضور و عدم حضور امواج اولتراسونیک.....۱۶۱
- ۲-۵-۵-۳-رنگرزی الیاف پنبه با رنگ طبیعی Lac در حضور امواج اولتراسونیک.....۱۶۵
- ۲-۵-۵-۴-رنگرزی الیاف نخ با رنگ طبیعی Eeliptaalb در حضور امواج اولتراسونیک.....۱۶۶
- ۲-۵-۵-۶-امواج اولتراسونیک برای رنگرزی الیاف پشم با رنگ اسیدی دمای پایین.....۱۶۹
- ۲-۵-۵-۷-رنگرزی پنبه، پشم و ابریشم با رنگدانه‌های طبیعی گیاه Mahonia به کمک اولتراسونیک.....۱۷۱
- ۲-۵-۵-۸-امواج اولتراسونیک به منظور رنگرزی پشم.....۱۷۷
- ۲-۵-۶-مایکرو ویو Microwave.....۱۷۸
- ۲-۶-تاثیر اشعه کرونا روی رنگرزی پشم.....۱۸۰
- ۲-۷- تاثیر اشعه گاما روی خصوصیات پایداری و قدرت رنگ الیاف با استفاده از رنگ طبیعی Tumeric.....۱۸۳

۸-۲- استفاده از دندانه‌ی طبیعی میوه‌ی *Emblica officinalis* G. در رنگرزی الیاف پنبه و

ابریشم.....۱۸۸

فصل سوم

نتیجه‌گیری و چشم‌اندازها.....۱۸۹

پیشنهاداتی برای توسعه استفاده از رنگزاهای طبیعی.....۱۹۴

فهرست منابع.....۱۹۵

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- نسبت اسیدهای آمینه در فیبروئین.....	۳۰
جدول ۱-۲- بخش های مختلف رنگزای یک گیاه.....	۶۰
جدول ۱-۳- انواع مواد رنگزای گیاهی را بر حسب شید رنگی.....	۶۴
جدول ۱-۴- تقسیم بندی مواد رنگزای طبیعی بر اساس ساختار شیمیایی.....	۷۶
جدول ۲-۱- تقسیم بندی مواد رنگزای طبیعی با توجه به نوع روش استفاده.....	۹۷
جدول ۲-۲- تجزیه و تحلیل هزینه های رنگزای پشم.....	۱۰۳
جدول ۲-۳- نتایج کلی حاصل از استفاده از روش اولتراسونیک در مقایسه با روش سنتی.....	۱۱۲
جدول ۲-۴- فعالیت ضدباکتریایی الیاف رنگزای شده در مقابل دو نوع باکتری E.Coli و S.Aureus.....	۱۱۶
جدول ۲-۵- نتایج ثبات شستشو و ثبات نوری.....	۱۱۸
جدول ۲-۶- جذب AQ روی الیاف پنبه در محلول AQ با غلظت ۱ gr 0.1M NaOH و شستشوی آنها با آب، EDTA و NTA و اسید سیتریک.....	۱۳۲

- جدول ۲-۷- راندمان کلی فرآیند کاهش الکتروشیمیایی..... ۱۳۶
- جدول ۲-۸- ساختار شیمیایی خصوصیات فیزیکی رنگ Lac..... ۱۶۲
- جدول ۲-۹- خصوصیات استواری رنگ روی الیاف نخ با استفاده از دندان‌های مختلف..... ۱۶۸
- جدول ۲-۱۰- میزان استواری رنگ در حضور و عدم حضور تابش امواج اولتراسونیک..... ۱۷۱
- جدول ۲-۱۱- تاثیر امواج اولتراسونیک و دندان‌های مختلف بر روی استواری رنگ بر الیاف..... ۱۷۶
- جدول ۲-۱۲- تاثیر امواج اولتراسونیک روی الیاف و میزان جذب رنگ..... ۱۷۸
- جدول ۲-۱۳- نتایج آنالیز Xps نمونه الیاف پشم معمولی و تحت تابش کرونا..... ۱۸۲
- جدول ۲-۱۴- تاثیر اشعه گاما روی خصوصیات استواری رنگ..... ۱۸۷

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- نمای کلی از انواع الیاف.....	۱۴
شکل ۲-۱- ساختار لیف پشم.....	۱۷
شکل ۳-۱- غدد ترشحاتی.....	۲۸
شکل ۴-۱- غوزه پنبه.....	۴۱
شکل ۵-۱- لیف پنبه.....	۴۴
شکل ۱-۲- درصد مخلوط آب-استون بر روی نمونه الیاف پشم.....	۱۰۷
شکل ۲-۲- درصد تاثیر مخلوط آب-استون بر رنگرزی الیاف پشم.....	۱۰۷
شکل ۳-۲- اثر حلال‌ها در جذب پودر اوسیج اورنج با استفاده از استخراج به روش حرارت دادن معمولی (سنتی) (CH) و روش اولتراسونیک.....	۱۰۷
شکل ۴-۲- اثر حلال‌ها بر قدرت رنگ نمونه‌های پشمی رنگ شده با اوسیج اورنج با استفاده از روش سنتی (CH) و فراصوتی (US).....	۱۰۸

- شکل ۲-۵- تاثیر دندانان سولفات مس (CuSO_4) و پلازما در زمان‌های تابش مختلف بر روی میزان حصول رنگریزی الیاف پشم با دو نوع رنگ طبیعی روناس و اسپرک..... ۱۱۵
- شکل ۲-۶- عکس پخش باکتری روی الیاف خالص و فعالیت آنتی‌باکتریال الیاف تحت تابش ۷ دقیقه‌ای پلازما..... ۱۱۷
- شکل ۲-۷- نانوپراکندگی یک رنگینه ارگانیک..... ۱۲۱
- شکل ۲-۸- فیبر نانوکامپوزیت..... ۱۲۳
- شکل ۲-۹- مکانیسم کاهش/اکسایش انواع رنگ‌ها..... ۱۲۶
- شکل ۲-۱۰- مصرف جهانی انواع رنگ‌ها..... ۱۲۶
- شکل ۲-۱۱- قاعده یا اصل روش میانجی..... ۱۲۸
- شکل ۲-۱۲- ساختار شیمیایی و خصوصیات فیزیکی مورد استفاده در آزمایش آنتراکوانیون..... ۱۳۰
- شکل ۲-۱۳- پایداری AQ به عنوان تابعی از زمان در محلول $\text{NaOH}, 1/0\text{m}$ ۱۳۱
- شکل ۲-۱۴- مکانیسم کاهش الکتروشیمیایی مستقیم بنیان ایندیگو..... ۱۳۳
- شکل ۲-۱۵- واکنش شماتیکی الکترولیز غیرمستقیم رنگ‌های خمی در سلول الکتروشیمیایی... ۱۳۴
- شکل ۲-۱۶- شماتیکی از دستگاه رنگریزی..... ۱۳۵