

اصول و فناوری تولید نانوالیاف و سازه‌های نانولیفی

جلد دوم : کاربردها

تألیف:

دکتر علی اکبر قره آقاجی
دانشیار دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مهندس رمضانعلی ابوزاده گتایی
دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی اصفهان



مرکز انتشارات

جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان

واحد صنعتی اصفهان

سرشناسه	فره آقاجی، علی اکبر، ۱۳۳۷ -
عنوان و نام پدیدآور	اصول و فناوری تولید نانوالیاف و سازه‌های نانولیفی / تألیف علی اکبر فره آقاجی، رمضانعلی ابوزاده کتابی.
مشخصات نشر	اصفهان : جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی اصفهان، مرکز انتشارات، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	ج. ۲ :
شابک	دوره: ۹-۳۲-۹۷۸-۶۰۰-۵۱۵۱-۳۰-۵ : ج. ۱ : ۹۷۸-۶۰۰-۵۱۵۱-۳۱-۲ : ج. ۲ : ۹۷۸-۶۰۰-۵۱۵۱-۳۱-۲
وضعیت فهرست نویسی	فیبیا :
مدرجات	ج. ۱. میانی - ج. ۲. کاربردها.
موضوع	الیاف نساجی مصنوعی
موضوع	نانوالیاف
شناسه افزوده	ابوزاده کتابی، رمضانعلی، ۱۳۵۸ -
شناسه افزوده	جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی اصفهان، مرکز انتشارات
رده بندی کنگره	۱۳۹۰ الف ۴/۱۵۴۸/۵/۱ TS
رده بندی دیویی	۶۷۷/۴ :
شماره کتابشناسی ملی	۲۲۸۴۷۱۸ :

نام کتاب	اصول و فناوری تولید نانوالیاف و سازه‌های نانولیفی - چند دوم : کاربردها
تألیف	علی اکبر فره آقاجی، رمضانعلی ابوزاده کتابی
ناشر	جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان - مرکز انتشارات
ارزیاب علمی	دکتر مسعود لطیفی
نوبت چاپ	اول
تاریخ نشر	۱۳۹۰
شمارگان	۵۰۰ جلد
تعداد صفحات	۳۰۴ صفحه
چاپ	کنکاش
صحافی	سید
قیمت	۵۵۰۰۰ ریال
	تغییر قیمت کتاب بدون اجازه کلی نشر، مجاز نمی باشد.

* صحت مطالب کتاب به عهده مؤلفین بوده و ناشر مسئولیتی در این موضوع ندارد.
 * حق چاپ برای ناشر محفوظ است.
 * نشانی: اصفهان - دانشگاه صنعتی اصفهان - جهاد دانشگاهی - مرکز انتشارات - ۳۹۱۲۷۱۱-۳۹۱۲۷۱۱
 دورنگار: ۳۹۱۲۵۹۱ فروشگاه: ۳۹۱۲۵۹۴
www.jdiut.ac.ir www.isba.ir

مرکز پخش: ۱- کتابفروشی جهاد دانشگاهی (اصفهان - دانشگاه صنعتی اصفهان - تلفن: ۳۹۱۲۵۹۴)
۲- نمایشگاه کتاب جهاد دانشگاهی (تهران - خیابان انقلاب - بین خیابان فلسطین و چهارراه ولی عصر - جنب مؤسسه نمایشگاه‌های فرهنگی ایران تلفن: ۶۶۴۸۷۶۲۶) ۳- علم گستر سپاهان (اصفهان - خیابان آمارگاه - کوچه فتح آباد - پلاک ۹۰ - تلفن: ۲۲۱۹۹۷۸-۹) ۴- کتابیران: ۶۶۵۶۶۵۱۰ (۰۲۱)

سخن ناشر

جای خرسندی و شکر بسیار است که در آستانه تابش پرتوهای حیات بخش اسلام بر پهنه زمین، خود را در زمانی می یابیم که اندیشه اصلاح نه تنها عبث نیست که پیمودن راههای کمال و رشد در هر بعدی از ابعاد انسانی هموارتر و شدنی تر می نماید. وظیفه آنان که در این دوره و در این سرزمین مقدس زندگی می کنند بس سنگین و دشوار است و بطور خاص مسئولیت دانشگاه و دانشگاهیان در کنار حوزه های مقدس علمیه جایگاهی حساس و تعیین کننده در روند حرکت اجتماع دارد. تلاش پیگیر و همه جانبه برای بریدن بندهای وابستگی، جهاد مقدسی است که باید از دانشگاه و حوزه شروع شود و انتشار کتب علمی از سوی ما کوششی است در راستای آنچه ذکر آن رفت. بدیهی است این کوشش زمانی به نتایج مفید می رسد که بطور مداوم از سوی استادان، دانشگاهیان و اندیشمندان معهد مورد انتقاد و پیشنهادات سازنده قرار گیرد.

اینک که چاپ اول این کتاب تقدیم دانشگاهیان ارجمنده و مشتاق علم می گردد جای دارد از تمامی عزیزانی که در آماده سازی و تدوین آن تلاش نموده و زحمات زیادی را متحمل شده اند تشکر و قدردانی بعمل آید.

پیش‌گفتار

نانوفناوری در سال‌های اخیر توانسته است خود را بعنوان یکی از زمینه‌های پژوهشی-کاربردی پیشرفته در سطح دنیا مطرح نماید که در این میان، سازه‌های نانو لیفی جایگاه ویژه‌ای را بخود اختصاص داده است. تحقیقات بنیادی و کاربردی بر نانومواد، امکان تولید و بکارگیری آن را در صنایع مختلف پیشرفته از جمله صنایع نظامی و تصفیه فراهم نموده است و این کاربردها به حوزه پزشکی با امکان بکارگیری در داربست‌ها، تحویل دارو، التیام زخم و... نیز تسری پیدا نموده است. در ایران نیز همگام با این حرکت علمی فراگیر، تحقیقات بر سازه‌های نانو لیفی در دانشگاه‌های مختلف شکل گرفته و در یک گام فراتر، صنایع مبتنی بر نانوسازه‌ها شروع به فعالیت نموده‌اند. در همین راستا، بدنبال ایجاد توانمندی‌های بالقوه و بالفعل در راستای تحقیقات روی سازه‌های نانولیفی با عنایت فراوان وزارت علوم، تحقیقات و فناوری برای تقویت ساختارهای آموزشی و تحقیقاتی و نظر به رویکرد کلی در رابطه با ایجاد صنایع مختلف نانوفناوری و همچنین پتانسیل بالای کارآفرینی توسط دانش‌آموختگان این رشته برای اولین بار در سطح دنیا، مهندسی ساختارهای نانولیفی با هدف تقویت بنیه‌های آموزشی و تحقیقاتی جوانان علاقمند و توانای این کشور و ایجاد زیرساخت‌های لازم برای صنایع نانوتکنولوژی در آینده و با هدف انجام پژوهش‌های بنیادی و بنیادی-کاربردی راه‌اندازی گردیده است.

این کتاب با هدف فراهم نمودن اطلاعات پایه و تخصصی روی مبنای و فناوری تولید الیاف و سازه‌های نانو گردآوری و تألیف گردیده است. هرچند نگارش این کتاب با آرایشی جهت پوشش دادن بخشی از دروس دوره کارشناسی ارشد مهندسی ساختارهای نانولیفی و دروس کارشناسی مرتبط با سازه‌های نانولیفی در نظر گرفته شده است ولی مخاطبان زیادی را در مقاطع تحصیلی مختلف اعم از کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در رشته‌های مختلف مهندسی می‌تواند داشته باشد. در نوشتار کتاب سعی شده است که زمینه‌های مختلف مرتبط گنجاییده شود تا علاوه بر دانشجویان، علاقمندان در حوزه‌های دیگر از قبیل صنایع نظامی، محیط زیست، تصفیه و... نیز بتوانند از مطالب کتاب بهره‌مند شوند. به امید اینکه این تلاش علمی بتواند گامی مؤثر در جهت برآورده نمودن نیازهای علمی در سطح جامعه و دانشگاه در زمینه الیاف و سازه‌های نانولیفی باشد. نوشتار این کتاب از همکاری‌های ارزنده آقایان دکتر سیدعبدالکریم حسینی، دکتر مسعود لطیفی، دکتر سید هژیر بهرامی، دکتر محمد امانی تهران و خانم‌ها مهندس (سارا) کر کشیک، هما همایونی، زهرا اسلامیان، آزاده امیرنصر، زری ریحانی، فاطمه عطایی، آرزو رجایی مهر، مریم قریشی، افسانه ولی‌پوری، مهسا محیطی اصلی، افهام قندهاری، مونا مهربان، محبوبه ملکی و عادلہ قلی‌پور) بهره‌مند شده است که اسامی این همکاران به تفکیک در فصول مختلف آمده است. همچنین نویسندگان کتاب وظیفه خود می‌دانند که از مساعدت‌های بی‌شائبه جناب آقای مهندس محمدباقر عطائی رئیس محترم جهاددانشگاهی واحد صنعتی اصفهان جهت قبول چاپ این اثر کمال تشکر را داشته باشند.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل نهم کامپوزیت‌های نانولیفی	۱
۱-۹- مقدمه	۱
۲-۹- کامپوزیت‌های ماتریس پلیمری	۲
۳-۹- نانو کامپوزیت‌ها	۴
۱-۳-۹- نانو کامپوزیت‌های تقویت شده با نانوالیاف	۵
۲-۳-۹- نانو کامپوزیت‌های تقویت شده با پرکننده ذره‌ای / صفحه‌ای	۶
۴-۹- ساختارهای کامپوزیتی بی بافت	۷
۵-۹- کامپوزیت‌های نانوالیاف کربن	۱۰
۱-۵-۹- کامپوزیت‌های پلی بیروم و نانو الیاف کربن	۱۲
۲-۵-۹- کامپوزیت‌های پلی اتر اتر کتون و نانو الیاف کربن	۱۴
۳-۵-۹- کامپوزیت‌های اپوکسی و نانوالیاف کربن	۱۴
۴-۵-۹- کامپوزیت‌های پلی تترافلوئرو اتیلن و نانوالیاف کربن	۱۶
۵-۵-۹- کامپوزیت‌های پلی کربنات و نانوالیاف کربن	۱۷
۶-۵-۹- کامپوزیت‌های کوپلیمر استایرن وینیل فنول (PSVPh) و نانوالیاف کربن	۱۹
۷-۵-۹- کامپوزیت‌های پلی پروپیلن و نانوالیاف کربن	۲۰
۸-۵-۹- کامپوزیت‌های پلی استر، شیشه و نانوالیاف کربن	۲۳
۶-۹- کامپوزیت‌های نانوتیوب کربن	۲۵
۱-۶-۹- کامپوزیت پلی متیل متاکریلات تقویت شده با نانوتیوب کربن تک دیواره	۲۹
۲-۶-۹- کامپوزیت اپوکسی تقویت شده با نانوتیوب کربن تک دیواره	۳۲
۷-۹- کامپوزیت‌های سایر نانو الیاف	۳۷
۱-۷-۹- کامپوزیت نانوالیاف پلی آنیلین	۳۷
۲-۷-۹- کامپوزیت تقویت شده با نانوالیاف باکتریایی	۳۷

۳۹	۳-۷-۹- کامپوزیت تقویت شده با نانوالیاف زیست فعال شیشه
۴۲	۴-۷-۹- کامپوزیت تقویت شده با نانواسترها
۴۴	مراجع
۴۹	فصل دهم مبانی فیلتراسیون و فیلترهای نانولیفی
۴۹	۱-۱- کلیاتی درباره فیلترها
۵۱	۲-۱- تولید فیلتر از منسوجات بی بافت
۵۳	۱-۲-۱- تاثیر شکل الیاف
۵۳	۲-۲-۱- تاثیر ظرافت الیاف
۵۳	۳-۲-۱- تاثیر وزن واحد سطح منسوج
۵۴	۴-۲-۱- خلل و فرج منسوج
۵۴	۵-۲-۱- تاثیر فرکانس تجعد لیف
۵۴	۶-۲-۱- تاثیر وجود لایه در منسوج
۵۴	۷-۲-۱- تاثیر عوامل لیفی بر ماندمان فیلتراسیون
۵۵	۳-۱- خصوصیات برخی الیاف مصرفی در فیلترها
۵۵	۱-۳-۱- نایلون
۵۵	۲-۳-۱- اکریلیک
۵۵	۳-۳-۱- مداکریلیک
۵۵	۴-۳-۱- پلی استر
۵۶	۵-۳-۱- تفلون
۵۶	۶-۳-۱- شیشه
۵۶	۷-۳-۱- استات
۵۶	۸-۳-۱- نومکس
۵۶	۹-۳-۱- پلی پروپیلن
۵۷	۱۰-۳-۱- پنبه

۵۷.....	۱۰-۳-۱۱-پشم
۵۷.....	۱۰-۴-۱-مکانیزم‌های جداسازی در فیلترها
۵۷.....	۱۰-۴-۱-۱-مکانیزم‌های جداسازی در فیلتراسیون گرد و غبار (جامد / گاز)
۶۳.....	۱۰-۴-۲-مکانیزم‌های جداسازی در فیلتراسیون جامد / مایع
۶۴.....	۱۰-۵-۱-فیلتراسیون غشایی
۶۷.....	۱۰-۵-۱-۱-دسته‌بندی غشاها بر مبنای اختلاف فشار
۶۹.....	۱۰-۶-۱-زمینه‌های کاربردی نانوفیلتراسیون در حالت کلی
۷۵.....	مراجع
۷۹.....	فصل یازدهم نانو فیلتراسیون هوا و سایر گازها
۷۹.....	۱-۱-۱-مقدمه
۸۰.....	۱۱-۲-بررسی فیلتراسیون هوا توسط منسوجات و تاثیر قطر الیاف بر آن
۸۲.....	۱۱-۳-۱-۱-مثال‌هایی از کاربرد نانوالیاف در فیلتراسیون هوا
۸۲.....	۱۱-۳-۱-۱-۱-فیلتراسیون هوای موتورهای سوخت در وسایل سنگین و سبک
۸۲.....	۱۱-۳-۲-۱-فیلتراسیون در سیستم خود تمیز شونده در یک توربین گاز
۸۲.....	۱۱-۳-۳-۱-۱-فیلتراسیون هوای کابین برای موارد مصرف در معدن
۸۳.....	۱۱-۳-۴-۱-استفاده از نانوفیلتراسیون در گرفتن گرد و غبار هوا
۸۴.....	۱۱-۳-۵-۱-فیلتراسیون ذرات معلق هوا در کاربردهای نظامی
۸۵.....	۱۱-۴-۱-۱-مقایسه فیلترهای معمولی هوا با فیلترهای نانوالیاف
۸۷.....	۱۱-۵-۱-۱-فیلترهای ادغامی در فیلتراسیون هوا
۸۹.....	۱۱-۵-۱-۱-تاثیر دما و رطوبت روی عملکرد فیلتر
۹۲.....	۱۱-۵-۲-۱-تاثیر قطر لیف روی عملکرد فیلتر
۹۲.....	۱۱-۶-۱-۱-فیلتراسیون افشانه‌ای
۹۲.....	۱۱-۶-۱-۱-۱-کلیات
۹۶.....	۱۱-۷-۱-۱-بررسی تاثیر بارهای سطحی در فیلتراسیون افشانه‌ای
۹۸.....	۱۱-۸-۱-۱-فیلتراسیون گازها

۹۸.....	۱-۸-۱۱- مکانیزم‌های انتقال گاز.
۱۰۰.....	۱-۸-۱۱-۲- تاثیر ساختار پلیمر روی انتقال گاز.
۱۰۴.....	مراجع
۱۰۷.....	فصل دوازدهم نانو فیلتراسیون مایعات.....
۱۰۷.....	۱-۱۲- نانو فیلتراسیون در صنعت آب.....
۱۰۸.....	۱-۱۲-۱- کاربرد نانو فیلتراسیون در نرم کردن آب.....
۱۱۱.....	۱-۱۲-۲- بررسی رسوب سولفیدهای هیدروژنی در نانو فیلتراسیون آب.....
۱۱۲.....	۱-۱۲-۳- نانو فیلتراسیون آب شور.....
۱۱۳.....	۱-۱۲-۴- استفاده از نانو ساختارهای غیر آلی در فیلتراسیون آب.....
۱۱۶.....	۱-۱۲-۵- استفاده از نرم افزار کامپیوتری در نانو فیلتراسیون.....
۱۱۷.....	۱-۱۲-۶- فیلتراسیون انعقادی برای تجزیه امولسیون آب در روغن.....
۱۲۱.....	۱-۱۲-۲- نانو فیلتراسیون سایر مایعات.....
۱۲۱.....	۱-۱۲-۱- استفاده از نانو فیلتراسیون در بازیابی سیالات فوق بحرانی.....
۱۲۱.....	۱-۱۲-۲- استفاده از نانو فیلتراسیون PAN در بازیابی حلال‌های روغن زرد.....
۱۲۲.....	۱-۱۲-۳- استفاده از نانو فیلتراسیون در بازیابی حلال‌های آلی.....
۱۲۶.....	مراجع
۱۲۹.....	فصل سیزدهم کاربرد نانوالیاف در سازه‌های ایمنی هوشمند.....
۱۲۹.....	۱-۱۳- مقدمه.....
۱۳۲.....	۱-۱۳-۲- کاربردهای پزشکی.....
۱۳۳.....	۱-۱۳-۳- کاربردهای امدادی.....
۱۳۴.....	۱-۱۳-۴- کاربردهای ورزشی.....
۱۳۴.....	۱-۱۳-۵- پارچه‌های هوشمند خاص.....
۱۳۴.....	۱-۱۳-۵-۱- پارچه‌ای که پشه‌ها از آن می‌ترسند.....
۱۳۵.....	۱-۱۳-۵-۲- پارچه‌ای با توانایی تجزیه گرد و غبار.....

۱۳۶	۱۳-۵-۳- کفپوش های جاسوس
۱۳۷	۱۳-۵-۴- پارچه های نخنی ضد چروک و ضد لک
۱۳۷	۱۳-۵-۵- جوراب های نانو
۱۳۸	۱۳-۵-۶- منسوجات حس کننده فشار
۱۳۸	۱۳-۶- منسوجات هوشمند در کنترل سلامت بدن
۱۴۰	۱۳-۷- منسوجات هوشمند با ساختار لایه ای و انتقال انتخابی
۱۴۱	۱۳-۸- منسوجات هوشمند ضد ضربه و نانو تیوب های کربن
۱۴۴	مراجع
۱۴۷	فصل چهاردهم کاربرد نانو الیاف در صنایع نظامی
۱۴۷	۱۴-۱- مقدمه
۱۵۱	۱۴-۲- سلاح های شیمیایی
۱۵۳	۱۴-۲-۱- بررسی خصوصیات لباس های محافظ در مقابل عوامل شیمیایی
۱۵۴	۱۴-۲-۲- استفاده از نانو الیاف برای محافظت از ورود مایعات
۱۵۶	۱۴-۲-۳- عامل دار کردن نانو الیاف جهت کاربرد در پوشاک حفاظتی
۱۵۹	۱۴-۳- شرکت های فعال در تولید منسوج نظامی با استفاده از نانوفناوری
۱۵۹	۱۴-۳-۱- شرکت نانو تک
۱۵۹	۱۴-۳-۲- شرکت اسراکاست
۱۵۹	۱۴-۳-۳- موسسه ISN
۱۶۱	۱۴-۳-۴- موسسه SBIR
۱۶۳	۱۴-۴- نانو ذرات اکسید فلزی و استفاده های نظامی
۱۶۴	۱۴-۴-۱- انواع نانو ذرات اکسید فلزی جهت استفاده های نظامی
۱۶۵	۱۴-۴-۲- واکنش دهی نانو ذرات اکسید فلزی با سلاح های شیمیایی
۱۶۷	۱۴-۴-۳- تهیه نانو کامپوزیت های پلیمری حاوی نانوذرات اکسید فلزی
۱۶۸	۱۴-۴-۴- استفاده از نانو ذرات اکسید فلزی در پوشاک حفاظتی

۱۷۲	۵-۱۴- کاربرد نانوالیاف در عایق‌های حرارتی در لباس‌های حفاظتی
۱۷۸	مراجع
۱۸۱	فصل پانزدهم کاربرد نانوالیاف در پدیده سوشا
۱۸۱	۱-۱۵- کنش سطحی
۱۸۴	۲-۱۵- نیروهای چسبندگی
۱۸۵	۱-۲-۱۵- زاویه تماس
۱۸۸	۲-۲-۱۵- روش‌های اندازه‌گیری زاویه تماس
۱۸۹	۳-۱۵- ترشوندگی
۱۹۱	۴-۱۵- صعود موینگی در پارچه یا نخ
۱۹۲	۱-۴-۱۵- صعود موینگی مایعات در طول پارچه و یا نخ
۱۹۲	۲-۴-۱۵- صعود موینگی مایعات در عرض پارچه و یا نخ
۱۹۳	۵-۱۵- خاصیت دفع آب
۱۹۴	۶-۱۵- اثر سوشا (لوتوس)
۱۹۵	۱-۶-۱۵- مدل‌سازی زوایای تماس
۱۹۸	۲-۶-۱۵- تحقیقات انجام شده در زمینه ایجاد پدیده سوشا (لوتوس)
۱۹۹	۷-۱۵- اصل خود تمیز شوندگی
۲۰۳	۱-۷-۱۵- ایجاد سطوح ناهموار از مواد با انرژی سطحی کم
۲۱۰	۲-۷-۱۵- اصلاح سطوح ناهموار از مواد با انرژی سطحی کم
۲۱۶	۸-۱۵- کنترل ترشوندگی سطح در الکتروسی و الکترواسپری
۲۱۷	۱-۸-۱۵- ساختارهای مهره‌ای پلی استایرن
۲۱۹	۲-۸-۱۵- ساختارهای مهره- رشته‌ای پلی استایرن
۲۲۰	۳-۸-۱۵- ساختارهای لیفی پلی استایرن
۲۲۲	۹-۱۵- استفاده از نانو ذرات برای ایجاد خاصیت دفع آب و کاربردهای آن
۲۲۷	مراجع

۲۲۹	فصل شانزدهم نانوتکنولوژی و محیط زیست
۲۲۹	۱-۱۶- مقدمه
۲۳۱	۲-۱۶- انواع آلودگی های محیط زیست
۲۳۱	۱-۲-۱۶- آب
۲۳۳	۲-۲-۱۶- هوا
۲۳۵	۳-۲-۱۶- خاک
۲۳۷	۳-۱۶- نانو ذرات و آلودگی های زیست محیطی
۲۳۹	۴-۱۶- مراحل مختلف تاثیر نانو ذرات بر سلامت انسان
۲۴۱	۱-۴-۱۶- نحوه تاثیر نانو ذرات بر ریه ها
۲۴۲	۲-۴-۱۶- نحوه تاثیر نانو ذرات بر روده
۲۴۲	۳-۴-۱۶- نحوه تاثیر نانو ذرات بر پوست
۲۴۳	۵-۱۶- راهکارهای پیشگیری از آلودگی های ناشی از نانو ذرات
۲۴۴	۶-۱۶- نانوفناوری و کاربرد آن در تجهیزات زیست محیطی
۲۴۵	۱-۶-۱۶- نانو حس گرهای زیست محیطی
۲۴۶	۲-۶-۱۶- نانو لوله ها و نانو کامپوزیت ها
۲۴۷	۳-۶-۱۶- نانو مواد زیستی
۲۴۸	۴-۶-۱۶- کاربرد نانوپلیمرهای متخلخل در علوم محیط زیست
۲۴۹	۵-۶-۱۶- کاتالیزورهای زیست محیطی
۲۴۹	۶-۶-۱۶- نانوپلیمرهای زیستی
۲۴۹	۷-۶-۱۶- نانو پوشش ها
۲۵۰	۸-۶-۱۶- نانو پودرها
۲۵۰	۹-۶-۱۶- نانوفیلترها، نانوحسگرها و مواد هوشمند
۲۵۴	مراجع

فصل هفدهم کاربرد نانوالیاف در مهندسی بافت	۲۵۷
۱-۱۷- مقدمه	۲۵۸
۲-۱۷- تولید داریست	۲۵۹
۳-۱۷- کاربرد نانوالیاف در پانسمان زخم	۲۶۲
۴-۱۷- کاربرد نانوالیاف در انتقال و رهایش دارو و ژن	۲۶۴
۵-۱۷- کاربرد نانوالیاف در مهندسی بافت رگ خونی	۲۶۸
۱-۵-۱۷- ساختار رگ خونی	۲۶۸
۲-۵-۱۷- داریست رگ مصنوعی	۲۶۹
۶-۱۷- کاربرد نانوالیاف در مهندسی بافت استخوان	۲۷۴
۷-۱۷- کاربرد نانوالیاف در مهندسی بافت اتصالات	۲۷۷
۸-۱۷- کاربرد نانوالیاف در مهندسی بافت قلب	۲۷۹
مراجع	۲۸۲
واژه نامه انگلیسی - فارسی	۲۸۵
نمایه	۲۸۹