

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اصول کارکرد، مزایا و محدودیت‌های ماهیچه‌های مصنوعی ساخته‌شده با مواد هوشمند



برای دریافت پیوست تصاویر رنگی، به پروفایل کتاب در سایت انتشارات
دانشگاه فردوسی مشهد به آدرس زیر مراجعه فرمایید:

press.um.ac.ir

دکتر جواد صفائی

دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر سمانه صاحبیان

استادیار دانشگاه فردوسی مشهد

حجت زامیاد

امیرحسین ابراهیمی

عنوان و نام پدیدآور:	اصول کارکرد، مزایا و محدودیت‌های ماهیچه‌های مصنوعی ساخته‌شده با مواد هوشمند/ جواد صفائی... او دیگران؛ ویراستار علمی علیرضا کیانی‌رشید؛ ویراستار ادبی هانیه اسدیپور فعال مشهد. مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۴۰۲.
مشخصات نشر:	۱۷۶ ص: مصور، جدول، نمودار.
مشخصات ظاهری:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۸۷۵.
فروست:	
شابک:	ISBN: 978-964-386-569-6
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیپا.
یادداشت:	نویسندگان جواد صفائی، سمانه صاحبیان، حجت زامیاد، امیرحسین ابراهیمی.
یادداشت:	کتابنامه: ص. [۱۶۹]-۱۷۵. نمایه.
موضوع:	پروتزهای ماهیچه‌ای الکتریکی ماهیچه‌ها -- فیزیولوژی پلیمرهای حافظه‌دار شکلی مواد هوشمند عملگرها -- مواد اندام‌های مصنوعی مهندسی پزشکی صفائی، جواد، ۱۳۵۵- کیانی‌رشید، علیرضا، ۱۳۳۸- - ویراستار دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات. RC۹۲۵/۵ ۶۱۷/۴۸۰۵۹۲ ۹۲۱۸۳۸۰
شناسه افزوده:	صفائی، جواد، ۱۳۵۵-
شناسه افزوده:	کیانی‌رشید، علیرضا، ۱۳۳۸- - ویراستار
شناسه افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.
رده‌بندی کنگره:	RC۹۲۵/۵
رده‌بندی دیویی:	۶۱۷/۴۸۰۵۹۲
شماره کتابشناسی ملی:	۹۲۱۸۳۸۰

اصول کارکرد، مزایا و محدودیت‌های ماهیچه‌های مصنوعی ساخته‌شده با مواد هوشمند

پدیدآورندگان: دکتر جواد صفائی؛ دکتر سمانه صاحبیان؛ حجت زامیاد؛ امیرحسین ابراهیمی
 ویراستار علمی: دکتر علیرضا کیانی رشید
 ویراستار ادبی: هانیه اسدیپور فعال مشهد
 مشخصات: وزیری، ۱۵۰ نسخه، چاپ اول، تابستان ۱۴۰۲
 چاپ و صحافی: چاپخانه دقت
 بها: ۱/۴۰۰/۰۰۰ ریال
 حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس
 تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶ - ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)
 مؤسسه کتابیران: تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، بین روانمهر و وحید نظری، بن‌بست
 گشتاسب، پلاک ۸ تلفن: ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)
 مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شماره ۱۴۲
 تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir



انتشارات
۸۷۵

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۷
فصل ۱. معرفی و طبقه‌بندی مواد هوشمند.....	۹
۱-۱ مقدمه.....	۹
۲-۱ مواد هوشمند و رفتار هوشمندانه مواد.....	۹
۳-۱ طبقه‌بندی مواد هوشمند.....	۱۰
۱-۳-۱ طبقه‌بندی در حوزه علم مواد.....	۱۰
۲-۳-۱ طبقه‌بندی مهندسان.....	۱۱
۱-۲-۳-۱ دسته‌بندی براساس خواص و ویژگی‌ها.....	۱۱
۲-۲-۳-۱ دسته‌بندی براساس قابلیت (عملکرد).....	۱۱
۴-۱ ماهیچه‌های مصنوعی ساخته شده از مواد هوشمند.....	۱۷
فصل ۲. اصول کارکرد ماهیچه‌های بدن.....	۱۹
۱-۲ مقدمه.....	۱۹
۲-۲ سیستم عصبی - عضلانی بدن انسان.....	۱۹
۳-۲ ویژگی‌های ساختاری و عملکردی ماهیچه اسکلتی طبیعی.....	۲۴
فصل ۳. ماهیچه‌های مصنوعی.....	۲۹
۱-۳ مقدمه.....	۲۹
۲-۳ رشته‌های پلیمری نیمه‌بلورین هم‌راستا.....	۳۰
۱-۲-۳ چگونگی به کارگیری رشته‌های پلیمری نیمه‌بلورین.....	۳۲
۲-۲-۳ بررسی مشخصات عملکردی و محدودیت‌ها در رشته‌های پلیمری نیمه‌بلورین.....	۳۴
۳-۲-۳ کاربردهای رشته‌های پلیمری نیمه‌بلورین.....	۳۶
۳-۳ آلیاژهای دارای حافظه شکلی (SMAs).....	۳۷
۱-۳-۳ چگونگی به کارگیری آلیاژهای حافظه‌دار.....	۳۷

- ۴۰-۳-۲ بررسی مشخصات عملکردی و محدودیت‌های SMAs.....
- ۴۲-۳-۳ کاربردهای آلیاژهای دارای حافظهٔ شکلی.....
- ۴۴-۳-۴ پلیمرهای دارای حافظهٔ شکلی (SMPs).....
- ۴۵-۳-۴ چگونگی به کارگیری پلیمرهای دارای حافظهٔ شکلی.....
- ۴۶-۳-۲ بررسی مشخصات عملکردی و محدودیت‌ها در SMPs.....
- ۵۷-۳-۴-۲ SMP های گرماسخت و گرمانرم.....
- ۶۵-۲-۴-۳ مکانیسم‌های مولکولی در SMP.....
- ۶۷-۳-۴-۳ بررسی رفتار ترمودینامیکی پلیمرهای حافظه‌دار.....
- ۷۳-۳-۴-۲ SMP های خودترمیم‌شونده.....
- ۷۳-۳-۴-۳ کاربردهای پلیمرهای دارای حافظهٔ شکلی.....
- ۷۵-۳-۵ ژل‌های دارای حافظهٔ شکلی.....
- ۷۶-۳-۵-۱ چگونگی به کارگیری ژل‌های دارای حافظهٔ شکلی.....
- ۷۸-۳-۵-۲ کاربردهای ژل‌های دارای حافظهٔ شکلی.....
- ۷۸-۳-۶ کامپوزیت‌های پلیمری دارای حافظهٔ شکلی (SMPCs).....
- ۸۰-۳-۶-۱ چگونگی به کارگیری کامپوزیت‌های پلیمری حافظهٔ شکلی.....
- ۸۴-۳-۶-۲ بررسی مشخصات عملکردی و محدودیت‌ها در SMPCs.....
- ۸۹-۳-۶-۳ کاربردهای SMPCs.....
- ۹۵-۳-۷ پلیمرهای هادی الکتریکی.....
- ۹۷-۳-۷-۱ چگونگی به کارگیری پلیمرهای هادی.....
- ۱۰۲-۳-۷-۲ بررسی مشخصات عملکردی و محدودیت‌ها در پلیمرهای هادی.....
- ۱۰۴-۳-۷-۳ فرایند تغلیظ، Dopin و سنتز پلیمرهای هادی.....
- ۱۰۸-۳-۷-۴ کاربردهای پلیمرهای هادی.....
- ۱۰۸-۳-۸ کامپوزیت‌های فلزی پلیمری-یونی (IPMCs).....
- ۱۰۹-۳-۸-۱ چگونگی به کارگیری کامپوزیت‌های فلزی پلیمری-یونی.....
- ۱۱۱-۳-۸-۲ بررسی مشخصات عملکردی و محدودیت‌ها در IPMC.....
- ۱۱۴-۳-۸-۳ کاربردهای کامپوزیت‌های فلزی پلیمری-یونی.....
- ۱۱۶-۳-۹ عملگرهای الاستومری دی‌الکتریک (DEAs).....
- ۱۱۸-۳-۹-۱ چگونگی به کارگیری عملگرهای الاستومری دی‌الکتریک.....
- ۱۱۹-۳-۹-۲ بررسی مشخصات عملکردی و محدودیت‌ها در DEAs.....
- ۱۲۰-۳-۹-۳ کاربردهای عملگرهای الاستومری دی‌الکتریک.....
- ۱۲۱-۳-۱۰ عملگرهای پیزوالکتریک.....
- ۱۲۳-۳-۱۰-۱ چگونگی به کارگیری عملگرهای پیزوالکتریک.....

.....	۱۲۶	ا. عملگرهای طبقه‌ای پیزوالکتریک
.....	۱۲۶	ب. عملگرهای خمشی پیزوالکتریک
.....	۱۲۷	ب-۱ عملگرهای خمشی تک‌شکلی
.....	۱۲۸	ب-۲ عملگرهای خمشی دوشکلی
.....	۱۲۹	ج. عملگرهای صفحه‌ای (بشقابی) پیزوالکتریک
.....	۱۳۰-۲	بررسی مشخصات عملکردی و محدودیت‌ها در عملگرهای پیزوالکتریک
.....	۱۳۱-۳	کاربردهای عملگرهای پیزوالکتریک
.....	۱۳۱	ا. عملگرهای پیزوالکتریک در صنایع غیرپزشکی
.....	۱۳۱-ا	۱- مبدل‌های فراصوت پیزوالکتریک در سیستم‌های آکوستیکی تعیین موقعیت و فاصله
.....	۱۳۲-ا	۲- بلندگوها و زنگ‌های الکترونیکی پیزوالکتریک
.....	۱۳۲-ا	۳- موتورهای پیزوالکتریک یا پیزوموتورها
.....	۱۳۶-ا	۴- میکروپمپ‌های پیزوالکتریک
.....	۱۳۷-ا	۵- مته‌های فراصوت پیزوالکتریک
.....	۱۳۷-ا	۶- پاک‌کننده‌های فراصوت
.....	۱۳۸-ا	۷- نوسان‌ساز بلور کوارتز
.....	۱۳۸-ا	۸- ارزیابی غیرمخرب مواد با استفاده از فراصوت
.....	۱۳۹-ا	۹- کنترل نویز و ارتعاشات
.....	۱۴۲	ب. عملگرهای پیزوالکتریک در صنایع پزشکی
.....	۱۴۲-ب	۱- سیستم‌های دارو رسان و آنالیز پزشکی
.....	۱۴۲-ب	۲- تصویربرداری فراصوت
.....	۱۴۴-ب	۳- اندازه‌گیری تراکم استخوان
.....	۱۴۵-ب	۴- از بین بردن سلول‌های توموری از طریق امواج فراصوت متمرکز شده با شدت بالا
.....	۱۴۶-ب	۵- جراحی آب‌مروارید به روش فیکوآمولسیفیکاسیون
.....	۱۴۶-ب	۶- درمان جراحات، دردهای عضلانی و شکستگی استخوان با فراصوت
.....	۱۴۷-۳	۱۱- عملگرهای دگرسان‌الکتریکی، مغناطیسی و نوری
.....	۱۴۷-۳-۱-۱۱	عملگرهای دگرسان‌الکتریکی
.....	۱۴۸-۳-۱۱-۲	عملگرهای دگرسان مغناطیسی
.....	۱۵۰-۳-۱۱-۳	عملگرهای دگرسان نوری
.....	۱۵۲-۳	۱۲- عملگرهای حساس به نور
.....	۱۵۲-۳-۱-۱۲	۱- چگونگی به کارگیری عملگرهای حساس به نور
.....	۱۵۲-۳-۱-۱۲-۱	ایجاد حرکت تحت اثر نوری- ایزومری
.....	۱۵۳-۳-۱-۱۲-۲	ایجاد حرکت تحت اثر نوری- حرارتی

- ۱۵۳.....۲-۱۲-۳ بررسی مشخصات عملکردی و محدودیت‌ها در عملگرهای حساس به نور
- ۱۵۴.....۳-۱۲-۳ کاربردهای عملگرهای حساس به نور
- ۱۵۵.....۱۳-۳ عملگرهای الکترواستاتیک
- ۱۵۵.....۱-۱۳-۳ چگونگی استفاده از عملگرهای الکترواستاتیک
- ۱۵۵.....۲-۱۳-۳ بررسی مشخصات عملکردی و محدودیت‌ها در عملگرهای الکترواستاتیک
- ۱۵۵.....۳-۱۳-۳ کاربردهای عملگرهای الکترواستاتیک
- ۱۵۷.....۱۴-۳ عملگرهای پنوماتیکی
- ۱۵۷.....۱-۱۴-۳ طبقه‌بندی عملگرهای پنوماتیکی
- ۱۵۹.....۲-۱۴-۳ بررسی مشخصات عملکردی و محدودیت‌ها در عملگرهای پنوماتیکی
- ۱۶۰.....۳-۱۴-۳ کاربردهای عملگرهای پنوماتیکی
- ۱۶۰.....۱۵-۳ سایر ماهیچه‌های مصنوعی
- ۱۶۰.....۱-۱۵-۳ عملگرهای الهام گرفته از بافت‌های زنده
- ۱۶۰.....۲-۱۵-۳ عملگرهای مبتنی بر اثر تغییر فاز
- ۱۶۱.....۳-۱۵-۳ عملگرهای مبتنی بر نیروی لورنتس

۱۶۵..... **فصل ۴. بحث و نتیجه‌گیری**

۱۶۵..... ۱-۴ مقدمه

۱۶۵..... ۲-۴ جمع‌بندی و نگاهی به آینده

۱۶۷..... **نمایه**

۱۶۹..... **مراجع**

پیشگفتار

با وجود گذشت کمتر از صد سال از تاریخ پیدایش مواد هوشمند، مرزهای کنونی این واژه بسیار گسترده و عمیق شده است. شاید در زمان کشف آلایزهای حافظه‌دار، تصور اکتشاف و ساخت موادی با خاصیت خودترمیمی، خودعملگری، خودتشخیصی و خودحسگری، بسیار دور از ذهن بود. اما رهیافت بشر در مسیر تکامل مواد پیشرفته بسیار فراتر از تصور بوده، به گونه‌ای که در دهه‌های اخیر مواد هوشمند از مسیر تحقیقات دانشگاهی به محصولات صنعتی راه پیدا کرده است. در یک تعریف کلی، ماهیچه‌های مصنوعی که عمدتاً تحت عنوان مواد هوشمند خودعملگر شناخته می‌شوند، به ساختارها و موادی اطلاق می‌گردند که همانند بافت‌های عضلانی بدن موجودات زنده، قادر به ایجاد انقباض، انبساط، چرخش یا حرکات مکانیکی ترکیبی هستند. توانایی ذاتی تغییر شکل ماده (ساختار) در پاسخ به محرک خارجی، بزرگ‌ترین نقطه تمایز ماهیچه‌های مصنوعی با محصولات رایج رباتیک سخت است. توسعه مرزهای دانش بشر در رابطه با ماهیت رفتار ویسکوالاستیک مواد پلیمری در کنار تنوع و قابلیت تغییر شکل آن‌ها از حالت ترد تا سوپرپلاستیک در گستره دمایی وسیع، سیر تکاملی ماهیچه‌های مصنوعی را با شتابی روزافزون روبه‌رو کرده است؛ به طوری که امروزه ساختارهایی تولید می‌شوند که از لحاظ خواص مکانیکی، زیست‌سازگاری و پایداری شیمیایی شباهت بسیار زیادی با ماهیچه‌های طبیعی دارند. این پیشرفت‌های چشمگیر، مرسوم تلاش گسترده محققان در علوم مواد، شیمی، مهندسی پزشکی، مهندسی برق و مهندسی مکانیک است.

در این کتاب تلاش شده است تاریخچه جامعی از مواد هوشمند مورد استفاده در ماهیچه‌های مصنوعی از ابتدای پیدایش تا کنون ارائه شود. فصل اول کتاب به تبیین مفهوم مواد هوشمند، چگونگی طبقه‌بندی آن‌ها از منظر علوم پایه و مهندسی و در نهایت ارائه تعریف اجمالی از ماهیچه‌های مصنوعی می‌پردازد. فصل دوم کتاب به اصول کارکرد ماهیچه‌های طبیعی می‌پردازد تا دیدگاه مخاطب در هنگام مقایسه عملکرد ماهیچه‌های مصنوعی و طبیعی به جزئیات بیشتری معطوف شود. فصل سوم به طبقه‌بندی ماهیچه‌های مصنوعی بر اساس ویژگی‌های ذاتی، فرایند تحریک، نحوه پاسخ‌دهی و همچنین جزئیات به کارگیری آن‌ها اختصاص یافته است. سرانجام فصل پایانی کتاب ضمن جمع‌بندی فصول قبلی، جایگاه ماهیچه‌های مصنوعی را نسبت به ماهیچه‌های طبیعی تبیین می‌کند. از آنجایی که انتظار می‌رود مخاطب غالب این نوشتار دانشجویان مهندسی مواد و مهندسی پزشکی باشند، کتاب به زبان ساده‌ای گردآوری شده است تا مخاطبان به دانش مختصری در ارتباط با ماهیچه‌های مصنوعی و مواد هوشمند مورد استفاده در این زمینه دست یابند. امید است این ناچیز راهنمای دانشجویان در آشنایی با گستره

۸ اصول کارکرد ماهیچه‌های مصنوعی ساخته‌شده با مواد هوشمند

وسیع مواد هوشمند و دایره کاربری آن‌ها و البته مشوق آن‌ها در خلق ایده‌های نو در این حوزه باشد. در انتها از اعماق جان سپاسگزار پروردگار مهربانیم که توانایی تدوین کتاب حاضر را به ما عطا فرمود. همچنین از خانواده‌های عزیزمان که همراهان بودند، قدردانی می‌کنیم.

جواد صفائی

سمانه صاحبیان سقی

حجت زامیاد

امیر حسین ابراهیمی