

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مواد هوشمند

و کاربردهای آن در رشته‌های
مختلف علوم و مهندسی



دکتر حمید رضا اشرفی
عضو هیئت علمی دانشگاه رازی
مؤلفین: دکتر حمید رضا پولادخانی
کارشناس ارشد مهندسی سازه

سرشناسه	اشرفی، حمیدرضا، ۱۳۳۶ -
عنوان و نام پدیدآور	مواد هوشمند و کاربردهای آن در رشته‌های مختلف علوم و مهندسی / مولف حمیدرضا اشرفی، علیرضا پولادخان.
مشخصات نشر	تهران : نوآور، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	۲۱۶ ص.: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۱۷۵-۳-۲
وضعیت فهرست نویسی	فیا
موضوع	مواد هوشمند — راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	نانوتکنولوژی — راهنمای آموزشی (عالی)
شناسه افزوده	پولادخان، علیرضا، ۱۳۵۹ -
یادداشت	کتابنامه: ص. ۲۱۰.
یادداشت	نمایه.
رابطه بندی	۱۳۹۳ سال ۹۹ / ۴۱۸/۹ TA
رده بندی دیویی	۴۴/۷۲۱.۰۷ -
شماره کتابخانه	۳۴۵۳۷۹۵ -

مواد هوشمند و کاربردهای آن در رشته‌های مختلف علوم و مهندسی

دکتر حمیدرضا اشرفی - مهندس علیرضا پولادخان

نوآور

۱۰۰ نسخه

محمدرضا نصیرن

اول - ۱۳۹۳

۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۱۷۵-۲

تألیف

ناشر

شمارگان

ناظر چاپ

نوبت چاپ

شابک



نشر نوآور

قیمت: ۱۰۰ تومان

نمایشگاه دائمی و مرکز فروش

نوآور: تهران - خ انقلاب، خ فخررازی، خ شهدای مبارزین، خیابان فرسیده به خ دانشگاه

ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸، طبقه دوم واحد ۶

۹۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

www.noavarpub.com

فروشگاه ۱: تهران خ انقلاب، نبش خ ۱۲ فروردین پلاک ۱۳۱۰، کتابفروشی الیاس تلفن: ۶۶۴۰۵۰۸۲ - ۶۶۹۵۵۸۷۸

فروشگاه ۲: تهران خ انقلاب، مقابل دانشگاه تهران، جنب بانک ملت، پلاک ۱۲۱۲، کتابفروشی گوتنبرگ تلفن: ۶۶۴۰۲۵۷۹ - ۶۶۴۱۳۹۹۸

فروشگاه ۳: تهران خ انقلاب، بین خ ۱۲ فروردین و اردیبهشت، پلاک ۱۳۱۲، کتابفروشی صاعی تلفن: ۶۶۴۰۵۳۸۵ - ۶۶۴۰۹۹۲۴

فروشگاه ۴: اصفهان، م انقلاب، خ چهار باغ عباسی ابتدای خ سید علی خان، کتابفروشی مهرگان تلفن: ۰۳۱۱۲۲۱۳۷۵۱

فروشگاه ۵: تبریز، خ امام، فلکه دانشگاه، اول خ دانشگاه، کتابفروشی علامه تلفن: ۰۴۱۱۳۳۴۱۶۶۹ - ۰۴۱۱۳۳۴۱۹۸۶

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً

متعلق به نشر نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن

عکس برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی دی، دی وی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و غیر

بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فهرست فصول

فصل اول: مبانی و تعاریف مواد و سیستم‌های هوشمند	۱۳
فصل دوم: مفاهیم پایه‌ای	۲۷
فصل سوم: انواع مواد هوشمند از نظر مبانی و مکانیسم	۴۳
فصل چهارم: انواع مواد هوشمند از نظر عملکرد	۴۹
فصل پنجم: مواد پیزوالکتریک	۶۸
فصل ششم: مواد الکترومگناطیسی	۱۰۲
فصل هفتم: آلیاژهای حافظه‌دار	۱۱۱
فصل هشتم: مواد هوشمند کرومیک	۱۲۰
فصل نهم: مواد هوشمند	۱۲۴
فصل دهم: سیالات هوشمند	۱۲۸
فصل یازدهم: نانومواد هوشمند	۱۳۴
فصل دوازدهم: کاربردهای مواد هوشمند در مهندسی شیمی، مهندسی مواد، و محیط زیست	۱۴۳
فصل سیزدهم: کاربردهای مواد هوشمند در مهندسی برق، کامپیوتر، و رباتیک	۱۵۱
فصل چهاردهم: کاربردهای مواد هوشمند در مهندسی مکانیک	۱۵۵
فصل پانزدهم: کاربردهای مواد هوشمند در مهندسی هوافضا	۱۶۱
فصل شانزدهم: کاربردهای مواد هوشمند در مهندسی عمران	۱۶۴
فصل هفدهم: کاربردهای مواد هوشمند در مهندسی پزشکی	۱۹۹

فهرست مطالب

۱۱	 مقدمه
۱۳	 فصل اول: مبانی و تعاریف مواد و سیستم‌های هوشمند
۱۳	 ۱-۱ مواد و سیستم‌های هوشمند
۱۶	 ۱-۲ مواد پیزوالکتریک یا کهر با فشار
۱۶	 ۱-۳ میزبان
۱۷	 ۱-۴ لینگ
۱۷	 ۱-۵ میکاستراکترونیک
۱۷	 ۱-۶ شریک
۱۸	 ۱-۶-۱ تاریخچه هوش مصنوعی
۱۹	 ۱-۶-۲ اصول و مبانی
۱۹	 ۱-۶-۳ تعریف و تعمیم هوش مصنوعی
۲۰	 ۱-۶-۴ فلسفه هوش مصنوعی
۲۱	 ۱-۶-۵ اتاق چینی
۲۱	 ۱-۶-۶ تکنیک‌ها و زبان‌های برنامه‌نویسی هوش مصنوعی
۲۲	 ۱-۶-۷ عامل‌های هوشمند
۲۲	 ۱-۶-۸ سیستم‌های خبره
۲۲	 ۱-۶-۹ تعریف و عملکرد مواد هوشمند
۲۴	 ۱-۸ مواد هوشمند و سازه‌های هوشمند
۲۷	 فصل دوم: مفاهیم پایه‌ای
۲۷	 ۲-۱ قطبش یا پلاریزاسیون
۲۸	 ۲-۲ مدار فیدبک
۲۸	 ۲-۳ نیمه‌هادی‌ها یا نیمه‌رساناها
۲۸	 ۲-۳-۱ انواع نیمه‌رساناها
۲۹	 ۲-۳-۲ عناصر نیمه‌رسانا
۲۹	 ۲-۳-۳ ساخت ادوات الکترونیکی به وسیله نیمه‌رساناها
۳۱	 ۲-۴ اسیلوسکوپ
۳۲	 ۲-۴-۱ قسمت‌های مختلف اسیلوسکوپ
۳۳	 ۲-۴-۲ مولد مبنای زمان

۳۳	۲-۴-۳ مدارهای اصلی اسیلوسکوپ
۳۴	۲-۵ الکترون
۳۵	۲-۶ بار الکتریکی
۳۵	۲-۶-۱ نتایج آزمایش فرانکلین
۳۵	۲-۶-۲ بررسی کمی نیروی موجود میان بارهای الکتریکی
۳۶	۲-۶-۳ کاربرد نیروهای الکتریکی بین اجسام باردار
۳۷	۲-۷ جریان الکتریکی
۳۷	۲-۸ جریان و آمپر
۳۷	۲-۸ ولتاژ و ولت
۳۸	۲-۱۰ مقاومت
۳۸	۲-۱۱ مدار الکتریکی
۳۸	۲-۱۲ اتصال در یک مدار، یا اتصال کوتاه
۳۹	۲-۱۳ میدان الکتریکی
۴۰	۲-۱۳-۱ مشخصات میدان الکتریکی
۴۰	۲-۱۳-۲ خطوط نیرو، یا خطوط میدان الکتریکی
۴۱	۲-۱۴ شار الکتریکی
۴۱	۲-۱۴-۱ رابطه شار با میدان الکتریکی
۴۲	۲-۱۴-۲ یکای شار الکتریکی
۴۲	۲-۱۴-۳ شار الکتریکی و قانون گاوس در الکتریسته
۴۳	فصل سوم: انواع مواد هوشمند از نظر مبانی و مکانیسم
۴۳	۳-۱ انواع مواد هوشمند
۴۴	۳-۲ انواع مواد هوشمند گروه اول
۴۴	۳-۳ انواع مواد هوشمند گروه دوم
۴۹	فصل چهارم: انواع مواد هوشمند از نظر عملکرد
۴۹	۴-۱ سنسورها یا حسگرها
۴۹	۴-۱-۱ تعریف سنسور
۵۰	۴-۱-۲ کاربرد سنسورها
۵۰	۴-۱-۳ سنسورهای بدون تماس
۵۱	۴-۱-۴ سنسورهای القایی
۵۲	۴-۱-۵ سنسورهای مادون قرمز منفعل یا پسیو
۵۳	۴-۱-۶ سنسورهای بیوالکتریک یا زیست حسگرها

۵۵	۲-۴ عمل‌کننده‌ها یا محرک‌ها.....
۵۶	۱-۲-۴ هدف از اندازه‌گیری.....
۵۶	۲-۲-۴ کنترل.....
۵۷	۳-۲-۴ انواع عملگر (عمل‌کننده).....
۵۷	۳-۴ آشنایی با سیستم‌های هیدرولیک و نیوماتیک.....
۶۰	۴-۴ پردازشگرها و ریزپردازشگرها.....
۶۰	۱-۴-۴ واحد پردازش مرکزی.....
۶۲	۲-۴-۲ ترانزیستورهای گسسته و مدارات مجتمع (واحد پردازش مرکزی).....
۶۴	۳-۴ ریزپردازنده‌ها.....
۶۸	فصل پنجم: مواد پیزوالکتریک.....
۶۸	۱-۵ تاریخچه مواد پیزوالکتریک.....
۶۹	۲-۵ کرنش الکتریکی.....
۷۱	۳-۵ چگالی شار الکتریکی.....
۷۲	۴-۵ مکانیسم رفتار پیلینگ الکترومکانیکی.....
۷۴	۵-۵ معادلات ساختاری سه بعدی.....
۷۷	۶-۵ شرایط مرزی الکتریکی.....
۷۷	۵-۶-۱ شرط مرزی اتصال کوتاه.....
۷۷	۵-۶-۲ شرط مرزی مدار باز.....
۷۹	۵-۷ به کار اندازنده‌های انباشته پیزوالکتریک.....
۸۵	۵-۸ ترانسفورماتور (مبدل)های خم‌کننده پیزوالکتریک.....
۸۹	۵-۹ کاربردها، مزایا و معایب مواد پیزوالکتریک.....
۹۰	۵-۱۰ مقدمه‌ای بر سیستم‌های یک درجه آزادی.....
۹۰	۵-۱۱ معادله حرکت سیستم "جرم-فنر-میراگر".....
۹۱	۵-۱۲ معادله دینامیکی حرکت سیستم "جرم-فنر-میراگر-پیزوالکتریک".....
۹۴	۵-۱۳ کاپلینگ الکترومکانیکی- سختی متغیر.....
۹۵	۵-۱۳-۱ حالت اتصال کوتاه.....
۹۵	۵-۱۳-۲ حالت مدار باز.....
۹۸	۵-۱۴ مقاومت موازی پیزوالکتریک برای اتلاف انرژی.....
۱۰۱	۵-۱۵ جمع‌بندی.....
۱۰۲	فصل ششم: مواد الکترواستریکتیو.....
۱۰۲	۱-۶ مقدمه.....

۶-۲ کاپلینگ الکترومکانیکی در مواد الکتروستریکتیو	۱۰۳
۶-۳ پاسخ خطی شده در مواد الکتروستریکتیو	۱۰۶
۶-۴ پلیمرهای با کرنش زیاد در مواد الکتروستریکتیو	۱۰۹
۶-۵ جمع‌بندی مواد الکتروستریکتیو	۱۱۰
فصل هفتم: آلیاژهای حافظه‌دار	۱۱۱
۷-۱ مقدمه	۱۱۱
۷-۲ تاریخچه مختصر آلیاژهای حافظه‌دار	۱۱۲
۷-۳ بیشترین آلیاژهای حافظه‌دار شناخته شده	۱۱۲
۷-۴ بررسی رفتاری آلیاژهای حافظه‌دار	۱۱۳
۷-۵ متحاله‌های فازی در آلیاژهای حافظه‌دار	۱۱۵
۷-۶ رابطه مکانیکی و حرارتی در آلیاژهای حافظه‌دار	۱۱۸
فصل هشتم: مواد هوشمند کرومیک	۱۲۰
۸-۱ مواد کرومیک	۱۲۰
۸-۲ مواد فتوکرومیک	۱۲۱
۸-۳ مواد ترموکرومیک	۱۲۱
۸-۴ مواد مکانوکرومیک و کیمیکرومیک	۱۲۲
۸-۵ مواد الکتروکرومیک	۱۲۳
فصل نهم: مواد هوشمند نوری	۱۲۴
۹-۱ شیشه‌های هوشمند	۱۲۴
۹-۲ مواد لومینسانس	۱۲۶
۹-۳ مواد فتوولتائیک	۱۲۷
فصل دهم: سیالات هوشمند	۱۲۸
۱۰-۱ مفهوم سیال	۱۲۸
۱۰-۲ لزجت یا ویسکوزیته یا گرانروی	۱۲۹
۱۰-۳ قانون لزجت نیوتن	۱۲۹
۱۰-۴ انواع سیالات	۱۳۰
۱۰-۵ سیالات نیوتنی	۱۳۰
۱۰-۶ سیالات غیرنیوتنی	۱۳۰
۱۰-۷ سیالات الکتریکی - رئولوژیکی (ER)	۱۳۱
۱۰-۸ سیالات مغناطیسی - رئولوژیکی (MR)	۱۳۳

۱۳۴.....	فصل یازدهم: نانومواد هوشمند
۱۳۴.....	۱-۱۱ نانو چیست؟
۱۳۴.....	۲-۱۱ فناوری نانو چیست؟
۱۳۴.....	۳-۱۱ مزایای فن‌آوری نانو
۱۳۵.....	۴-۱۱ زمینه‌های کاربردی فن‌آوری نانو
۱۳۵.....	۵-۱۱ نانو حسگرها
۱۳۶.....	۶-۱۱ انواع نانو حسگرها
۱۳۶.....	۱-۱۱-۱ استفاده از نقاط کوانتومی در تولید نانو حسگرها
۱۳۷.....	۲-۱۱-۲ استفاده از نانولوله‌ها در تولید نانو حسگرها
۱۳۷.....	۳-۱۱-۳ استفاده از نانواپزارها در تولید نانو حسگرها
۱۳۷.....	۴-۱۱-۴ نانو حسگرها در کنترل آلودگی هوا
۱۳۸.....	۸-۱۱ مبله با پوشش گازهای سمی
۱۳۸.....	۹-۱۱ جذایتهای نانو حسگرها
۱۳۹.....	۱۰-۱۱ نانوپوشش‌های هوشمند
۱۴۰.....	۱-۱۰-۱۱ نانوپوشش‌های هوشمند ضد خوردگی
۱۴۰.....	۲-۱۰-۱۱ نانوپوشش‌های هوشمند ضد آلودگی
۱۴۲.....	۳-۱۰-۱۱ نانوپوشش‌های هوشمند ضد کثیف‌کننده هوا
۱۴۳.....	فصل دوازدهم: کاربردهای مواد هوشمند در مهندسی شیمی، مهندسی مواد، و محیط زیست
۱۴۳.....	۱-۱۲ مصالح خودترمیم
۱۴۵.....	۲-۱۲ مواد هالوکرومیک
۱۴۵.....	۳-۱۲ سیستم‌های کروموزنیک
۱۴۵.....	۴-۱۲ مواد ترموالکتریک (دمابرقی)
۱۴۶.....	۵-۱۲ مواد ترومیک
۱۴۶.....	۶-۱۲ پلیمرهای هادی
۱۴۷.....	۷-۱۲ ژل‌های پلیمری
۱۴۸.....	۸-۱۲ پلیمرهای حساس به pH
۱۴۸.....	۹-۱۲ الاستومرهای دی‌الکتریک
۱۵۱.....	فصل سیزدهم: کاربردهای مواد هوشمند در مهندسی برق، کامپیوتر، و رباتیک
۱۵۱.....	۱-۱۳ استفاده از مواد هوشمند در رباتیک و سیستم‌های میکرو-الکترو-مکانیکی
۱۵۲.....	۲-۱۳ روش بهتر تولید برق از منابع گرمایی
۱۵۴.....	۳-۱۳ مواد فروالکتریک

فصل چهاردهم: کاربردهای مواد هوشمند در مهندسی مکانیک.....	۱۵۵
۱-۱۴ نگاهی به نقش مواد ترموالکتریک در کاهش سوخت خودروها.....	۱۵۵
۲-۱۴ بهبود راندمان.....	۱۵۶
۳-۱۴ تلفیق دو راهکار.....	۱۵۶
۴-۱۴ تئوری در مرحله اجرا.....	۱۵۷
۵-۱۴ مدل یک ماشین لباسشویی بهینه شده با بکارگیری مواد ترموالکتریک.....	۱۵۹
فصل پانزدهم: کاربردهای مواد هوشمند در مهندسی هوافضا.....	۱۶۱
۱-۱۵ استفاده از مواد هوشمند در صنایع هوافضا.....	۱۶۱
۱۵ جمع بندی.....	۱۶۳
فصل شانزدهم: کاربردهای مواد هوشمند در مهندسی عمران.....	۱۶۴
۱-۱۶ مقدمه.....	۱۶۴
۲-۱۶ استفاده از مواد هوشمند در سازه ها.....	۱۶۶
۳-۱۶ بتن خودترمیم کننده.....	۱۶۷
۱-۳-۱۶ کلیات.....	۱۶۷
۲-۳-۱۶ آزمایش ها.....	۱۶۸
۳-۳-۱۶ نحوه عملکرد.....	۱۶۹
۴-۱۶ سیمان های هوشمند.....	۱۶۹
۵-۱۶ بتن های هوشمند.....	۱۷۲
۱-۵-۱۶ بتن های هوشمند جلوگیری کننده از یخ زدگی.....	۱۷۲
۲-۵-۱۶ بتن های هوشمند واکنش دهنده در برابر تغییرات.....	۱۷۲
۳-۵-۱۶ بتن های هوشمند گرمازا.....	۱۷۲
۶-۱۶ مواد مرکب پیزوالکتریک بر پایه سیمان، و کاربردهای آن در مهندسی عمران.....	۱۷۳
۱-۶-۱۶ کلیات.....	۱۷۳
۲-۶-۱۶ انواع مواد مرکب پیزوالکتریک بر پایه سیمان.....	۱۷۳
۳-۶-۱۶ تأثیر به کاراندازنده ها.....	۱۷۶
۴-۶-۱۶ تأثیر سنسورها.....	۱۷۹
۵-۶-۱۶ مطالعه و بررسی خلل و فرج در سازه های بتنی، و اثر خصوصیات مواد مرکب پیزوالکتریک سرامیکی بر روی آنها.....	۱۸۰
۶-۶-۱۶ رابطه بین حجم سرامیک و تخلخل، در سرامیک های مرکب پیزوالکتریک.....	۱۸۱
۷-۶-۱۶ رابطه بین حجم سرامیک و مقاومت فشاری، در سرامیک های مرکب پیزوالکتریک.....	۱۸۱

۱۶-۶-۸ رابطه بین حجم سرامیک و دی‌الکتریسیته، در سرامیک‌های مرکب	۱۸۳
پیزوالکتریک	۱۸۳
۱۶-۶-۹ پارامترهای وابسته به قطبش، در پیزوالکتریک‌های مرکب بر پایه سیمان	۱۸۴
۱۶-۶-۹-۱ دما	۱۸۴
۱۶-۶-۹-۲ شدت میدان الکتریکی	۱۸۴
۱۶-۶-۹-۳ تأثیر شدت میدان الکتریکی (E) بر روی کرنش پیزوالکتریک (d33) در	۱۸۵
فرآیند قطبش	۱۸۵
۱۶-۶-۹-۴ تأثیر زمان قطبش (t) بر روی کرنش پیزوالکتریک (d33)	۱۸۶
۱۶-۶-۹-۵ تأثیر دمای قطبش (T) بر روی کرنش پیزوالکتریک (d33)	۱۸۶
۱۶-۶-۹-۶ اثر اندازه ذرات پیزوالکتریک بر روی خصوصیات دی‌الکتریسیته و	۱۸۷
ضریب گس پیزوالکتریسیته در مواد مرکب پیزوالکتریک بر پایه سیمان	۱۸۷
۱۶-۷ کاربردهای حافظه‌دار در مهندسی عمران	۱۸۹
۱۶-۸ کاربرد مواد هوشمند در پل‌ها	۱۹۱
۱۶-۹ ماده SMA، به عنوان یک ماده جایگزین مناسب برای فولاد	۱۹۲
۱۶-۱۰ مدل‌سازی مواد هوشمند SMA در مهندسی سازه	۱۹۲
۱۶-۱۱ اهمیت استفاده از آلیاژهای حافظه‌دار در اتصالات سازه‌ها	۱۹۳
۱۶-۱۲ عملکرد آلیاژهای حافظه‌دار	۱۹۳
۱۶-۱۳ جزئیات اتصالات هوشمند	۱۹۵
۱۶-۱۴ مدل‌سازی اتصال	۱۹۶
فصل هفدهم: کاربردهای مواد هوشمند در مهندسی پزشکی	۱۹۹
۱۷-۱ مقدمه‌ای بر آلیاژهای حافظه‌دار	۱۹۹
۱۷-۲ کاربردهای آلیاژهای حافظه‌دار در مهندسی پزشکی	۱۹۹
۱۷-۳ خواص حافظه‌داری و شبه‌الاستیسیته	۲۰۰
۱۷-۴ استفاده از آلیاژهای حافظه‌دار در سیم‌های راهنما	۲۰۳
۱۷-۵ استفاده از آلیاژهای حافظه‌دار ASDOS برای آب‌بندی حفره بین بطن قلب	۲۰۴
۱۷-۶ استفاده از آلیاژهای حافظه‌دار در ارتودونسی، ارتوپدی، و ساخت قاب عینکها	۲۰۵
فهرست مراجع	۲۱۰
فهرست موضوعی (نمایه)	۲۱۱

مقدمه

مطالعه و بررسی مواد هوشمند و سیستم‌های هوشمند، یکی از شاخه‌های جدید علمی است. این مواد در حال حاضر گستره وسیعی پیدا کرده و دامنه کاربرد آن‌ها روزبه‌روز گسترده شده و دامنه‌های هر چه جدیدتری را در بر خواهد گرفت.

هدف این کتاب ارائه اصول و مبانی و مفاهیم مواد هوشمند، و نیز کاربردهای آن در شاخه‌های مختلف علوم و مهندسی است.

در فصل اول، مبانی و تعاریف مواد و سیستم‌های هوشمند ارائه شده است، و خواننده با مطالعه آن آشنایی کلی و مقدماتی و پایه‌ای با این نوع مواد پیدا خواهد کرد.

خواننده برای آشنایی بیشتر با مواد هوشمند نیازمند دارا بودن اطلاعات عمومی علمی و مهندسی در مورد برخی از مفاهیم زمینه‌ای است. به منظور جامع بودن و خودکفا بودن کتاب، در فصل دوم کتاب به این مفاهیم پرداخته شده است. از جمله این مفاهیم عبارتند از: قطبش یا پلاریزاسیون، مدار فیدبک، نیمه هادی‌ها، ایلوسکوپ، بار الکتریکی، جریان الکتریکی، میدان الکتریکی، و شار الکتریکی.

در فصل‌های سوم و چهارم، انواع مواد هوشمند به ترتیب از نظر مبانی و مکانیسم، و نیز عملکرد شرح داده شده است.

در فصل‌های پنجم تا یازدهم، مبانی و مفاهیم و روش‌های انواع مواد هوشمند به تفصیل شرح داده شده است. این مواد عبارتند از: مواد پیزوالکتریک، مواد الکتریکتیو، آلیاژهای حافظه‌دار، مواد هوشمند کرومیک، مواد هوشمند نوری، سیالات هوشمند و نانو مواد هوشمند. در فصل‌های دوازدهم تا هفدهم نیز کاربردهای مواد هوشمند در شاخه‌های مختلف علوم و مهندسی به تفصیل شرح داده شده‌اند. این شاخه‌های علوم و مهندسی عبارتند از: مهندسی شیمی، مهندسی مواد، محیط زیست، مهندسی برق، مهندسی کامپیوتر و رباتیک، مهندسی مکانیک، مهندسی هوا فضا، مهندسی عمران، و مهندسی پزشکی.

این کتاب می‌تواند به عنوان یک کتاب درسی و مرجع و پایه برای کلیه اساتید و دانشجویان رشته‌های مختلف علوم و مهندسی، که می‌خواهند در زمینه مواد هوشمند تدریس، تحصیل و یا پژوهش نمایند به خوبی قابل استفاده باشد.

در خاتمه از همکاری‌های دوست گرامی جناب آقای نصیرنیا مدیریت محترم انتشارات نوآور، و نیز کلیه همکاران گرامی‌شان، بخاطر به تلاش‌های بی‌دریغ و مجذانه‌شان برای انتشار کتاب صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

حمیدرضا اشرفی - علیرضا پولاخان

www.ketab.ir