INSO
14744
1st. Edition
Nov.2012

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۴۷۴۴
چاپ اول
آبان ۱۳۹۱

فناوری نانو- روش‌شناسی طبقه‌بندی و رده‌بندی نانومواد

Nanotechnologies-Methodology for the classification and categorization of nanomaterials

ICS:07.030

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود .پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
" فناوری نانو- روش‌شناسی طبقه‌بندی و رده‌بندی نانومواد"

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
بیت اللهی، علی (دکترای مهندسی مواد)	عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت و رئیس کمیته فنی متناظر فناوری نانو
دبیر:	
سیفی، مهوش (کارشناس ارشد مدیریت دولتی)	کارشناس استاندارد و نایب رئیس کمیته فنی متناظر فناوری نانو
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسلامی پور، الهه (کارشناس ارشد میکروبیولوژی)	کارشناس ستاد ویژه توسعه فناوری نانو وعضو کمیته فنی متناظر فناوری نانو
آگند،فریما (کارشناس ارشد شیمی)	عضو هیئت علمی دانشگاه مالک اشتر
پوی پوی، حسن (کارشناس ارشد شیمی)	کارشناس ستاد ویژه توسعه فناوری نانو و دبیر کمیته فنی متناظر فناوری نانو
رحیمی، اعظم (دکترای شیمی)	عضو هیئت علمی پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران
نادری، نادر (کارشناس ارشد شیمی)	مدیر R&D شرکت فناوران نانو مقیاس
مسروری، حسن (دکترای شیمی مواد)	عضو هیئت علمی پژوهشگاه استاندارد

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد	ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
پیش‌گفتار	ز
مقدمه	خ
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ ساختار درخت نانو	۱
۳ توضیح تفضیلی درخت نانو	۳
۴ نتیجه گیری	۴
شکل ۱ - ترکیب ساده درخت نانو بر اساس رویکرد بُعد	۲
شکل ۲- طبقه‌بندی ستون‌های نانومواد بر اساس ساختار داخلی و خارجی	۵
شکل ۳- ادامه طبقه‌بندی نانو مواد بر حسب ماهیت و هویت شیمیایی	۶
شکل ۴- طبقه‌بندی ستون‌های۱، ۲ و ۳ از نظر رفتار / خواص و مشخصات	۷
شکل ۵- طبقه‌بندی خواص فیزیکی	۸
شکل ۶- طبقه‌بندی خواص مغناطیسی	۹
شکل ۷- خواص مختلف الکتریکی / دی‌الکتریکی مرتبط با رفتار الکتریکی	۱۰

فهرست مندرجات (ادامه)

عنوان صفحه

شکل ۸- طبقه‌بندی خواص نوری ۱۱

شکل ۹- طبقه‌بندی خواص گرمایی ۱۲

شکل ۱۰- طبقه‌بندی رفتار آکوستیک (صوتی) ۱۳

شکل ۱۱- طبقه‌بندی خواص مکانیکی ۱۴

شکل ۱۲- طبقه‌بندی رفتار الاستیک ۱۵

شکل ۱۳- طبقه‌بندی رفتار پلاستیک ۱۶

شکل ۱۴- طبقه‌بندی رفتار ویسکو الاستیک ۱۷

شکل ۱۵- طبقه‌بندی رفتار رئولوژی ۱۷

شکل ۱۶- طبقه‌بندی رفتار خزشی در مشخصات مختلف ۱۸

شکل ۱۷- طبقه‌بندی رفتار سایشی ۱۸

شکل ۱۸- طبقه‌بندی رفتار خستگی ۱۹

شکل ۱۹- طبقه‌بندی رفتار شیمیایی ۲۰

شکل ۲۰- طبقه‌بندی رفتار زیستی ۲۱

شکل ۲۱- طبقه‌بندی خواص ترکیبی ۲۲

شکل ۲۲- طبقه‌بندی رفتار نوری- مغناطیسی ۲۳

فهرست مندرجات (ادامه)

عنوان **صفحه**

شکل ۲۳- طبقه‌بندی رفتار نوری الکتریکی **۲۳**

شکل ۲۴- طبقه‌بندی رفتار پیزو الکتریک **۲۴**

شکل ۲۵- طبقه‌بندی رفتار پیرو الکتریک **۲۵**

شکل ۲۶- طبقه‌بندی رفتار الکترو مغناطیسی **۲۵**

شکل ۲۷- طبقه‌بندی رفتار ترموالکتریک **۲۶**

پیش‌گفتار

استاندارد " فناوری نانو- روش شناسی طبقه بندی و رده بندی نانومواد " که پیش‌نویس آن درکمیسیون-های مربوط توسط ستاد توسعه فناوری نانو مستقر در دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری تهیه و تدوین شده و در نهصد و شصت و سومین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد مورخ ۹۱/۷/۲۹ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرارگرفته به شرح زیر است:

ISO/TR11360: 2010, Nanotechnologies-Methodology for the classification and categorization of nanomaterials

مقدمه

با وجود گستره وسیعی از نانومواد با خواص فیزیکی، شیمیایی، مغناطیسی، نوری، زیستی و همچنین ساختارهای داخلی/خارجی متفاوت، طراحی یک سیستم طبقه‌بندی که بر اساس آن این‌گونه مواد را بتوان به صورت منطقی رده‌بندی کرد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این استاندارد روش‌شناسی جامعی را برای طبقه‌بندی و رده‌بندی نانو مواد مختلف ارائه می‌دهد. این سیستم طبقه‌بندی "درخت نانو" نام دارد که در آن عناصرپایه و متداول به عنوان تنه اصلی درخت درنظر گرفته شده و نانومواد را از نظر ساختار داخلی /خارجی، خواص شیمیایی، فیزیکی، مکانیکی و زیستی تقسیم‌بندی می‌کند.

طبقه‌بندی و رده‌بندی نانومواد با رهیافتی نظام‌مند و در بردارنده سلسله مراتبی منطقی در میان بخش‌های مختلف آن می‌تواند درسطح وسیعی به رشته‌های مختلف فنی، مهندسی و علمی که در تحقیقات و صنعت کاربرد دارد، کمک کند. به علت پیشینه‌های گوناگون و الزامات، فرضیات و ادراکات مختلفی از مفاهیم علمی نوظهور وجود دارد که نتیجه آن ارتباطات ضعیف، فقدان همکاری در بین سیستم‌ها و تلاش‌های موازی گروه‌های مختلف است که بر اساس دیدگاه‌های متنوع خود مفاهیم را تعریف و استانداردها را وارونه شناسایی می‌کنند. اطلاع رسانی عمومی درخت نانو برای کاربران مختلف از جمله صنایع، مشتریان، دولت‌ها و گروه-های تدوین مقررات در جهت ارتقای ارتباطات مفید و شفاف سودمند است. سیستم طبقه‌بندی درخت نانو را می‌توان برای ارائه تعریفی روشن از مفاهیم فناوری نانو با نشان دادن روابط بین این مفاهیم بکار برد. چنین تعاریفی می‌تواند یک دیدگاه ساختاریافته از فناوری نانو برای کاربر ایجاد کرده و درک عمومی مفاهیم فناوری نانو را آسان کند.

این استاندارد برداشتی از درک فعلی ساختار و ارتباط بین آن‌ها در یک رشته نوظهور است. منظور از این استاندارد برداشتی اجمالی از حوزه موضوعی در یک مقطع زمانی است و باتوجه به توسعه حوزه کار، این مدرک تجدیدنظر خواهد شد. این استاندارد یک رهیافت توضیحی برای طبقه‌بندی مواد جهت پیشرفت ارتباطات و درک مفاهیم است و شیوه‌ای جامع از رهیافت‌های ممکن نیست. البته مستثنی کردن روش‌های کاملا مجاز طبقه‌بندی که در حال حاضر یا در آینده می‌تواند در حوزه فناوری نانو استفاده شود، در این استاندارد مورد نظر نیست.

این طبقه بندی حوزه موضوعی فناوری نانو، مفاهیم حوزه را در طبقه مرتبط قرار داده و ارتباط آن را با سایر مفاهیم نشان می‌دهد. کاربرد اولیه آن تشخیص مفاهیمی است که به طبقه‌بندی صحیح حوزه موضوع کمک می‌کند. این سیستم اهداف مختلفی دارد. اهداف اصلی و توانمندی‌های درخت نانو پیشنهادی در زیر خلاصه شده است:

الف- ایجاد یک سیستم طبقه‌بندی پایه برای انواع مختلف نانو مواد؛

ب- مشخص کردن فنون مورد نیاز برای تعیین مشخصات استاندارد نانومواد مورد نظر؛

پ- تسهیل شناسایی خواص و مشخصه‌های مهم یک نانو ماده مشخص در مجلات علمی و اختراع‌های ثبت شده با کمک یک موتور جستجوی پایگاه داه‌ها از طریق تامین کلید واژه‌های لازم برای تدوین استاندارد؛
ت- تسهیل طراحی لازم "چارچوب نامگذاری" برای یک اصطلاح شناسی نظام‌مند و منطقی نانو مواد .

این استاندارد همزمان با ایجاد یک سلسله مراتب اصطلاح شناسی، برای راهنمایی در ایجاد تعاریف در یک اولویت منطقی تدوین شده است که نتیجه آن به ناچار ارائه نمودارهای ساختاری متفاوت از این زمینه شده است. همان‌گونه که در این استاندارد بیان شده، "درخت نانو" به شیوه‌ای بنا شده است که با علوم پایه فناوری نانو سازگار باشد. در مقابل، سلسله مراتب اصطلاح شناسی فناوری نانو به‌گونه‌ای ساختار یافته است که لازمه منطق زبان و لزوم سازگاری متقابل تعاریف آنها درساختارهای ارائه شده است.
به همین ترتیب سعی شده است که روش‌شناسی جامع طبقه‌بندی ورده‌بندی پیشنهادی برای نانو مواد مختلف در این استاندارد با چارچوب اصطلاح شناسی ISO/TC229 هماهنگ باشد. هر دو رهیافت، مقررات طراحی خود را دارند و اهداف و نیازهای آن‌ها متفاوت است. مشخصه مشترک هر دو این است که در طول زمان توسعه خواهند یافت.

فناوری نانو- روش شناسی طبقه‌بندی و رده‌بندی نانومواد

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد توصیف یک سیستم طبقه‌بندی به نام " درخت نانو" است که بر اساس آن طیف وسیعی از نانومواد از جمله نانو ساختارها، نانوشیئ ها، نانو چند سازه ها[1] با ابعاد مختلف و خواص فیزیکی، شیمیایی، مغناطیسی و زیستی دربرگرفته می‌شوند.

این سیستم طبقه‌بندی برای کل نانومواد کاربرد ندارد.

۲ ساختار درخت نانو

با توجه به نقش انکارناپذیر اندازه در خواص مختلف نانو مواد، در این درخت نانو، در اولین گام، از فاکتور ابعاد به عنوان عنصر اصلی طبقه‌بندی استفاده شده است. بر اساس بند ۱ تا ۱۰ پیوست الف، در نظرگرفتن ابعاد در نانومواد با استفاده از یکی از دو روش زیر انجام می‌شود:

الف- بر اساس ابعاد فضایی[2]

ب- بر اساس محدودیت کوانتومی[3]

در روش‌شناسی بر اساس ابعاد فضایی، هر بُعد خارجی ماده در مقیاس نانو (بین nm ۱تا nm ۱۰۰) به عنوان یک بُعد درنظر گرفته می‌شود. در حالی که ابعاد بزرگتر ازnm ۱۰۰منظور نمی‌شوند.

بنابراین، به عنوان مثال: اگر دو بُعد خارجی یک ماده در مقیاس نانو باشد و بُعد سوم آن بزرگتر از nm ۱۰۰، آن ماده را ماده دو بُعدی(2D) می‌نامند.

روش‌شناسی براساس محدودیت کوانتومی این واقعیت را درنظر می‌گیرد که هر وقت اندازه یک ماده جامد قابل مقایسه با طول موج ذراتی باشد که با چنان سیستمی در ارتباط است، یک عامل آزاد دچار محدودیت می‌شود. چنین سیستمی، محدودشده کوانتومی(QC) است.

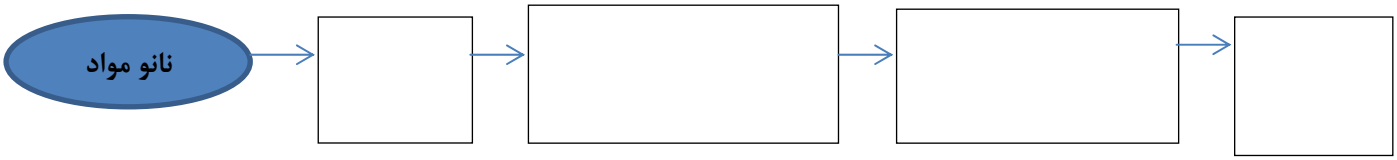
1- Nanocomposites
2- Spatial dimension
3- Quantum confinement (QC)

هر دو این روش‌ها در مقایسه با یکدیگر مزایا و معایب خاص خود را دارند. به عنوان مثال: در متدلوژی QC تعیین ابعاد نیاز به اطلاعات رفتار تابع موج الکترونیکی دارد که عملا خارج از جامعه علمی چنین اطلاعاتی در دسترس نیست.

در اغلب موارد، تعیین اندازهٔ دقیق،کمتر از مقداری که در آن رفتار محدودیت کوانتومی حاکم است، کار آسانی نیست. همچنین کاربرد این روش‌شناسی برای نانو مواد پیچیده مانند نانوچندسازه ها، فیلم‌ها و لایه-های مزومتخلخل[1] ممکن است مشکل باشد. بر اساس این مدل توضیح بُعد- صفر برای نقاط کوانتومی راحت‌تر است.

در روش‌شناسی ابعاد، با اینکه مشکلات یاد شده در تعیین ابعاد وجود ندارد، چنین سیستمی تاثیر بسیار مهم QC را که اثر انکارناپذیری در خواص مختلف نانو مواد دارد، تشخیص نمی‌دهد. رویکرد ابعاد، روش ترجیحی انتخاب شده در این استاندارد است . مجددا اشاره می‌شود که درخت نانو ارائه شده در این استاندارد ممکن است تمامی طیف نانو مواد را دربرنگیرد. ولی با رویکرد نظام‌مند در این روش طبقه‌بندی، گام‌های بعدی توسعه و به‌کارگیری این روش امکانپذیر است که موجب تکمیل این امر مهم خواهد شد.

بخش های مختلف درخت نانو در شکل ۱ توضیح داده شده است. همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، این درخت از چهارستون اصلی تشکیل شده که در ستون اول، طبقه‌بندی نانو مواد مختلف بر اساس ابعاد آن‌ها انجام شده است. این ستون سپس به ستون‌های دیگری بر اساس ساختار داخلی و خارجی تقسیم می‌شود. در گام بعد، این نانو مواد بر اساس ماهیت و هویت شیمیایی، رفتار و خواص مختلف آن‌ها تقسیم می‌شوند (به عنوان مثال: الکتریکی، شیمیایی، مکانیکی، زیستی). این نکته را می‌توان افزود که اطلاعات مربوط به کاربردهای تجاری برای نانو مواد خاص بر اساس خواص آن‌ها می‌تواند در یک درخت نانو مشابه ایجاد شود.



شکل ۱- ترکیب ساده درخت نانو بر اساس رویکرد بُعد

1-Mesoporous

۳ توضیح تفصیلی درخت نانو

در شکل ۲، دو ستون اول (ستون۱وستون ۲) درخت نانو را توضیح می‌دهد. در ستون اول، نانومواد به عنوان یک بُعدی 1D، دوبُعدی2D، و سه بُعدی 3D طبقه‌بندی شده‌اند. در ستون دوم، هر یک از این نانومواد به یک جزئی یا چند جزئی یا مواد نانوساختار یافته تقسیم می‌شوند.

در اینجا به یک نانوشیئ چندجزئی به عنوان یک شیئ ترکیب شده از نواحی یا مناطقی با تغییرات شیمیایی، محلی و ساختاری اشاره می‌شود. همچنین نانومواد ساختار یک بُعدی، دو بُعدی و سه بُعدی را می‌توان به عنوان نانو ساختارهایی که از نانوشیئ های یک بُعدی، دو بُعدی و سه بُعدی ترکیب شده‌اند یا حاوی یک کمیت در مقیاس نانو نام برد. علاوه بر آن انواع مختلف نانوشیئ ها و نانوساختارها در محل تعیین شده خود در ستون های فرعی دیگری قرار می‌گیرند (ستون‌های فرعی۲-۱ در شکل ۲). این موارد مثال‌ها و نمونه‌های محدودی هستند که چگونگی تشکیل ستون‌ها را نشان می‌دهد.

برای تامین اهداف و پیشرفت‌های آتی، یک پیرابند (box) درنظرگرفته شده است که بصورت نقطه چین به این درخت متصل است. همانگونه که قبلا اشاره شد، تفاوت میان نانوشیئ یک بُعدی، دو بُعدی و سه بُعدی بر اساس روش‌شناسی ابعاد (D)، به اندازه آن‌ها مربوط است. به همین منظور برای ساده سازی، سایر موارد (مانند: یک نانوصفحه یک بُعدی یا نانولوله‌های دو بُعدی) در این سطح گنجانده نشده‌اند

همچنین در شکل ۳ و ۴ به ترتیب ستون‌های ۳ و۴ ، درخت نانو را نمایش می‌دهند. در شکل ۳، ستون ۳ به طبقه‌بندی نانوشیئ‌ها و نانوساختارهایی اختصاص دارد که بر اساس خواص شیمیایی داخلی/خارجی تقسیم بندی شده‌اند. به همین دلیل، آن‌ها را به عنوان گروه فرعی فلزی، سرامیک، پلیمرهای مصنوعی یا طبیعی، نیمه فلزی، پایه کربنی و آلی تقسیم می‌کند (به شکل ۳ مراجعه شود). چنین جداسازی این واقعیت را نشان می‌دهد که اثر ماهیت شیمیایی یا نوع پیوند در خواص کلی نانومواد نباید نادیده گرفته شود.

نانومواد چند سازه می‌توانند حاوی حداقل دو جزءیا بیشتر از اجزاء ستون سوم باشند. در همین راستا، انواع مختلف نانوچندسازه‌ها مرکب از انواع مختلف نانوشیئ ها و نانوساختارها با ابعاد مختلف و ماهیت شیمیایی در یک ماتریس شناخته شده را می‌توان به صورتی که در پیرابند نانوساختارچندسازه در مقابل ستون سه نمایش داده شده است در نظر گرفت. به عنوان مثال: پراکندگی نانورُس یک بُعدی (یک نانوشیئ سرامیکی) در یک ماتریس پلیمر را می‌توان به عنوان نانوساختار سرامیک/پلیمر یک بُعدی در نظر گرفت. در یک مورد دیگر، پراکندگی دی‌اکسید تیتانیوم دوبُعدی TiO_2 به عنوان یک نانوشیئ سرامیکی در یک ماتربس آلی را می‌توان به عنوان یک نانوچند سازه سرامیک /آلی دو بُعدی در نظر گرفت.

ستون چهارم درخت نانو که در شکل ۴ نمایش داده شده است خواص مختلف فیزیکی، مکانیکی، شیمیایی، زیستی و ترکیبی نانومواد را نشان می‌دهد. این مواد بر اساس چگونگی مطرح شدن در متون علمی، درک خواص آن‌ها که از طریق فناوری نانو بهبود یافته و ارتباط آن‌ها با علم مواد انتخاب شده‌اند. بدین ترتیب، برای طبقه‌بندی یک نانوشیئ خاص و نانوساختار از خواص کلیدی آن‌ها می‌توان استفاده کرد. خواص فیزیکی در نظر گرفته شده شامل خواص مغناطیسی، الکتریکی، نوری، حرارتی و رفتار آکوستیک می‌باشد. علاوه بر آن خواص ترکیبی زیر در فهرست کردن نانو مواد در نظر گرفته می‌شوند: نوری مغناطیسی، الکترونی، پیروالکتریک، پیزوالکتریک، الکتروگرمایی و رفتار الکترومغناطیسی.

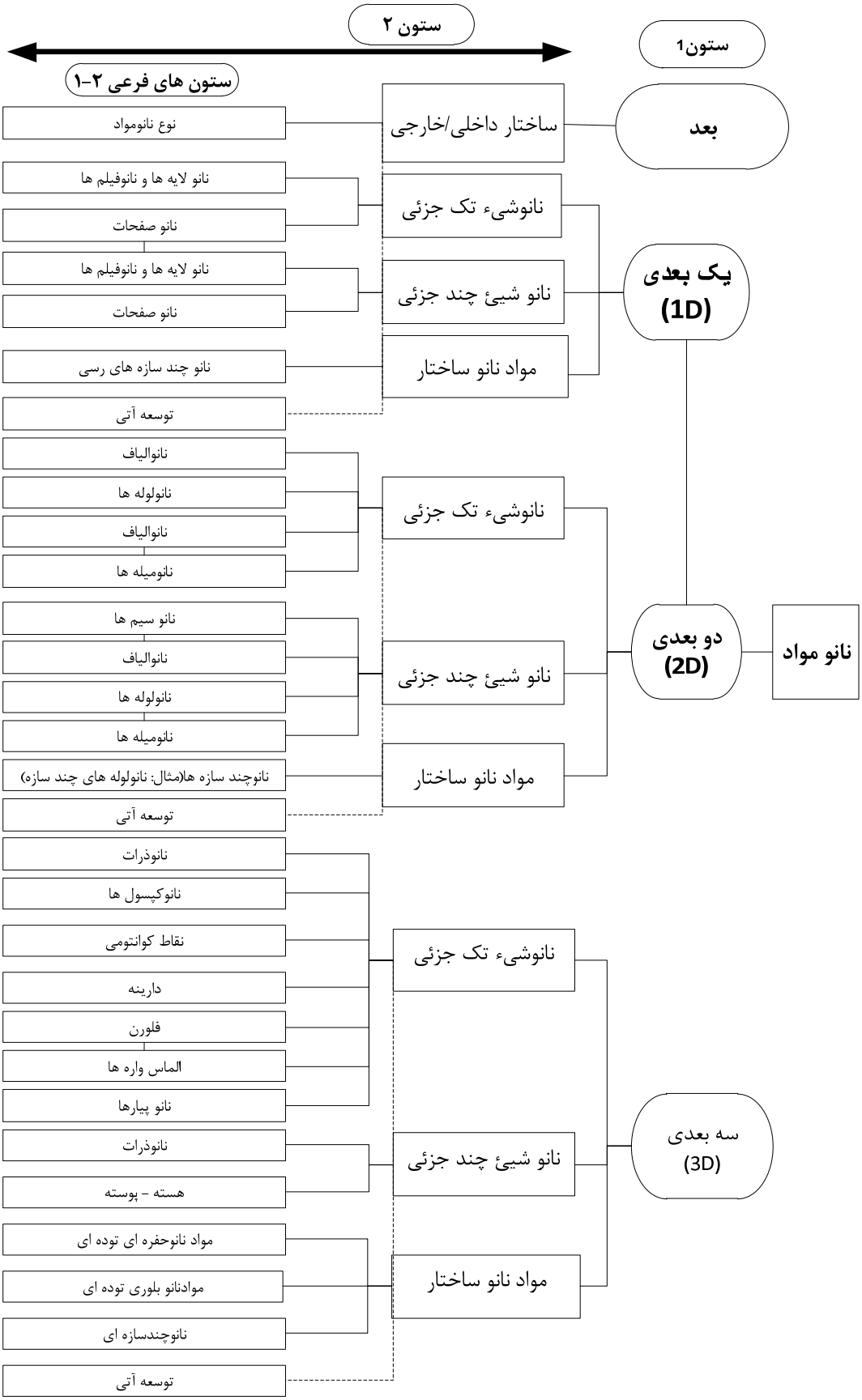
این خواص یاد شده متعاقبا بر اساس خواص و یا پارامترهای مختلف قابل اندازه‌گیری به طبقه‌های فرعی‌تر شکسته می‌شوند. این مواد در شکل ۵ تا ۲۷ نشان داده شده‌اند. این استاندارد مقدار واقعی هریک از خواص را تعیین نمی‌کند، بلکه خود نانو مواد را طبقه‌بندی می‌کند. یک طبقه‌بندی کیفی مستلزم توسعه اصطلاح-شناسی رایج و وجود روش‌های آزمون برای انجام طبقه‌بندی می‌باشد. حتی این سئوال ساده چگونگی اندازه-گیری اندازه یک نانو ذره در این استاندارد بسیارمشکل است. لذا هنوز نیاز به تدوین تعاریف مناسب و روش-های اندازه‌گیری استاندارد می‌باشد.

۴ نتیجه‌گیری

همانگونه که قبلا اشاره شد درخت نانو یک درک جاری از ساختار و ارتباطات بین نانو مواد را ترسیم و ابزاری را برای طبقه‌بندی آن‌ها فراهم می‌کند. این سیستم ابعاد و خواص اصلی را برای تفکیک نانو مواد از سایر مواد و ارتباط بین آن‌ها را نشان می‌دهد. کاربرد این سیستم به عنوان مثال این است: این امکان وجود دارد که بتوان کاربردهای تجاری که به خواص یک یا چند زیرگروه بستگی دارد تشخیص داده و این دانش را با نوع نانو مواد طبقه‌بندی شده در آن خاصیت یا خواص مطابقت داد.

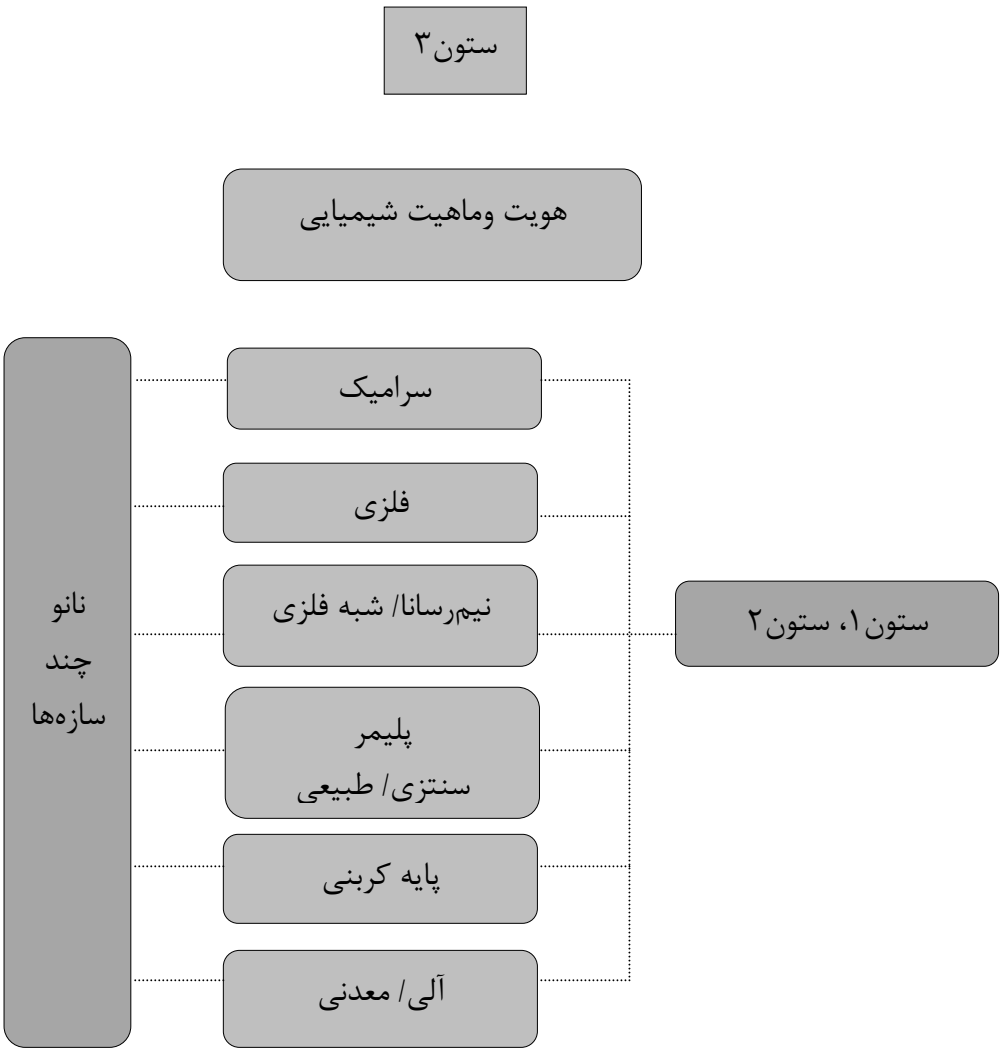
همچنین در فهرست کردن نانومواد مختلف برای درک عمومی از انواع محصولات که برای تدوین استانداردها در نظر گرفته می شود، مفید است. به همین جهت درخت نانو یک ابزار ارتباطی است.

در نظر است که درخت نانو با توسعه دامنهٔ این فناوری گسترش یابد ولی با حفظ این نکته که استفاده از سایر سیستم های مجاز طبقه‌بندی در دامنه فناوری نانو را نیز مانع نشود.



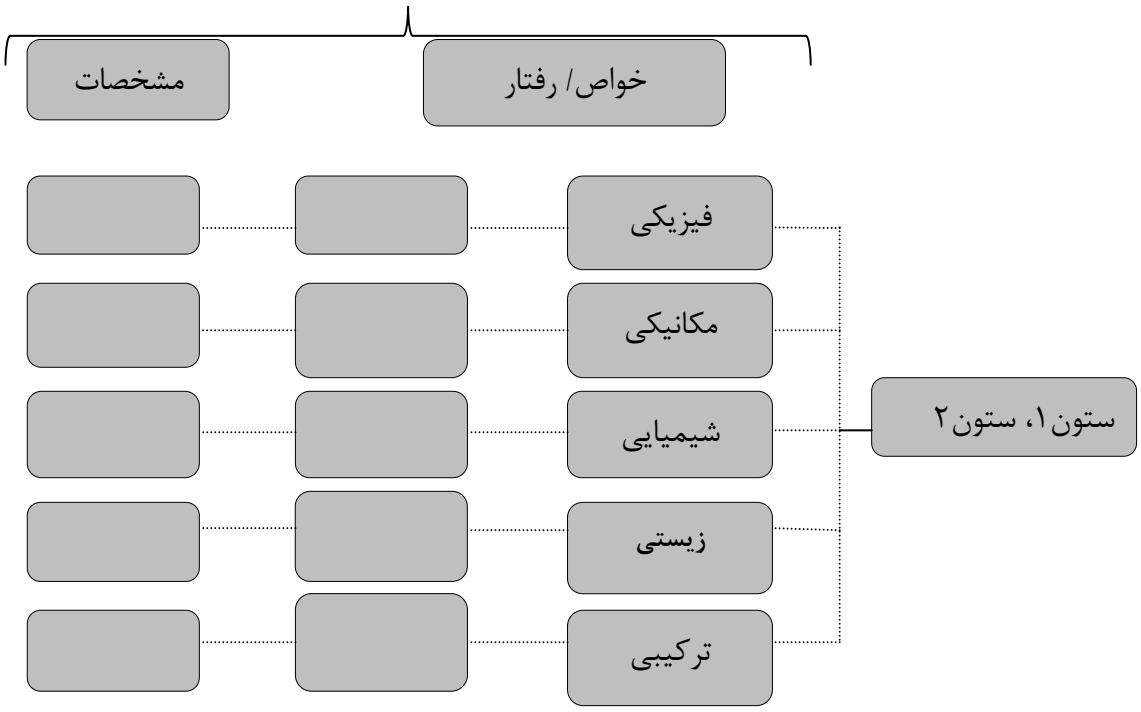
یادآوری- ستون‌های فرعی ۲-۱ مثال‌هایی را از براساس بعد، ساختار داخلی وخارجی ارائه می‌دهند

شکل۲- ستون‌های طبقه بندی نانومواد بر اساس بعد، ساختار داخلی وخارجی

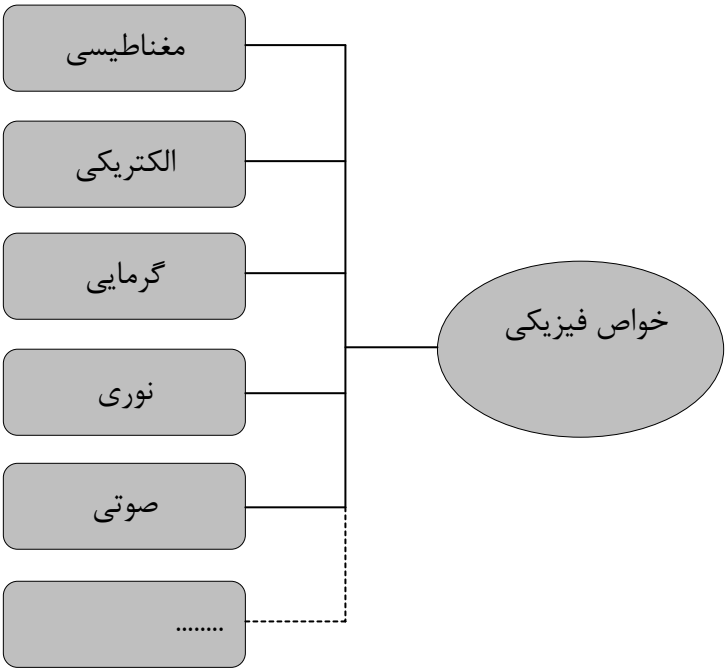


شکل۳-ادامه طبقه بندی ستون۱ و ستون۲ برحسب هویت وماهیت شیمیایی

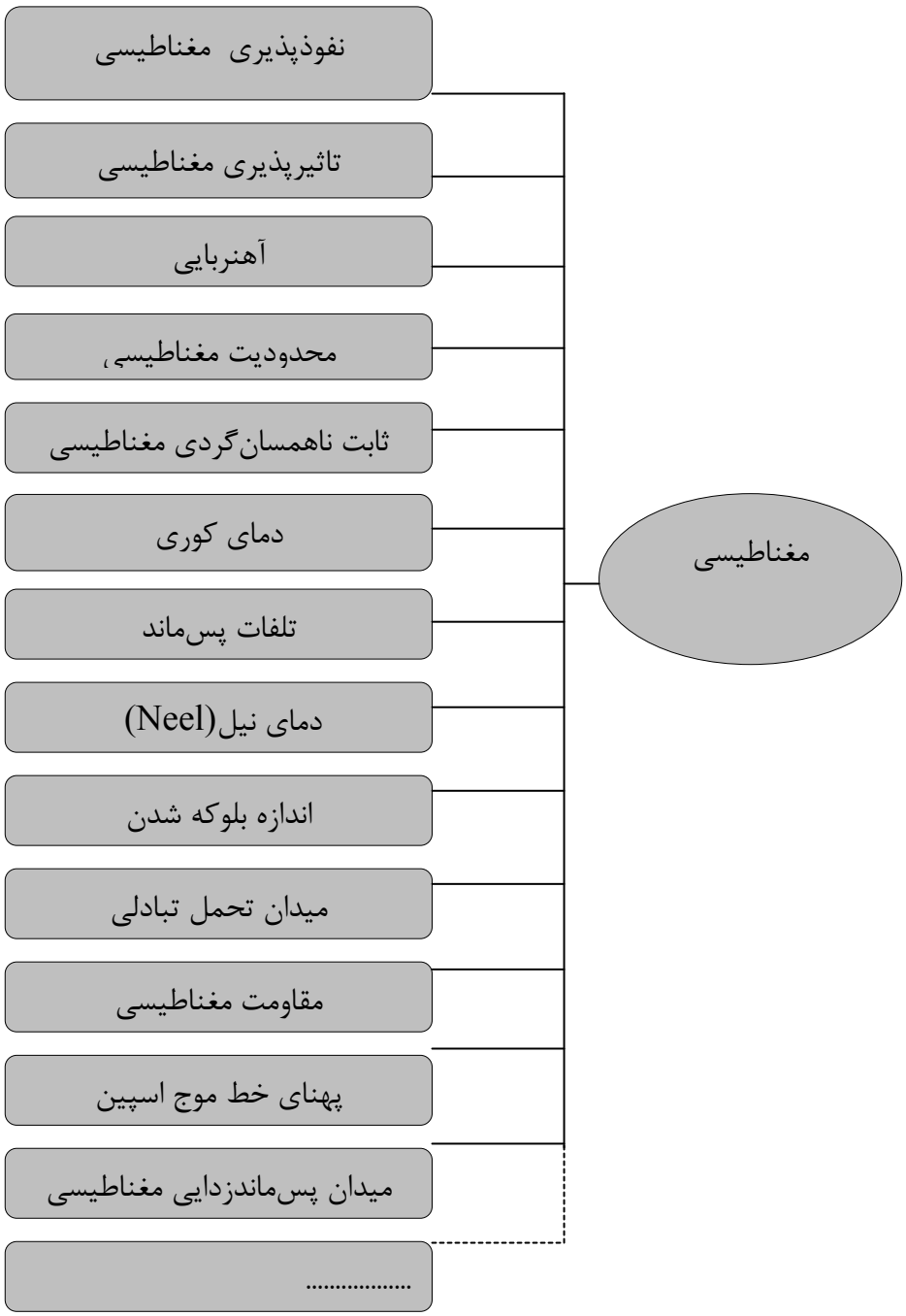
ستون۴



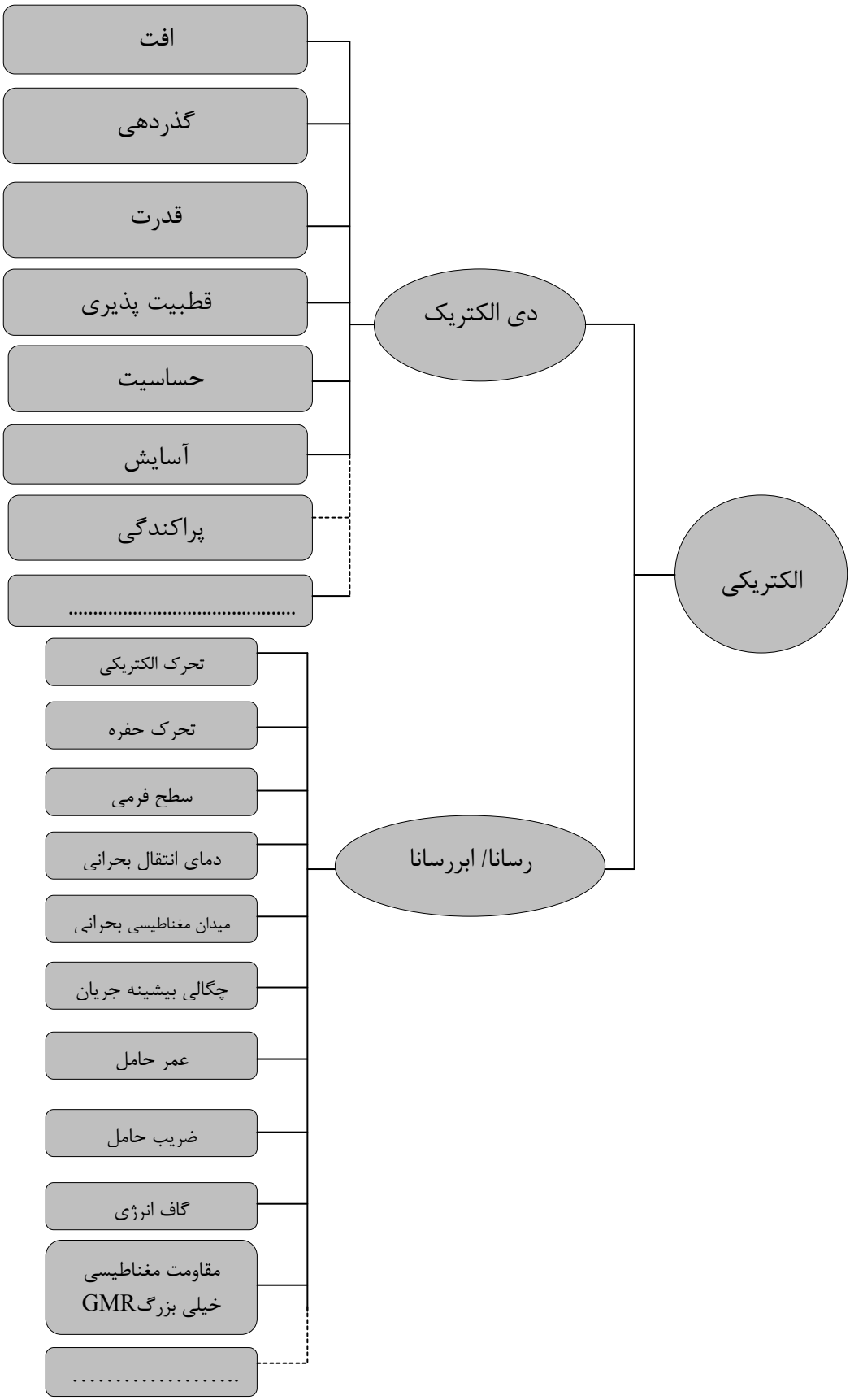
شکل۴- ادامه طبقه بندی ستون های ۱، ۲ و ۳ از نظر رفتار/خواص و مشخصات



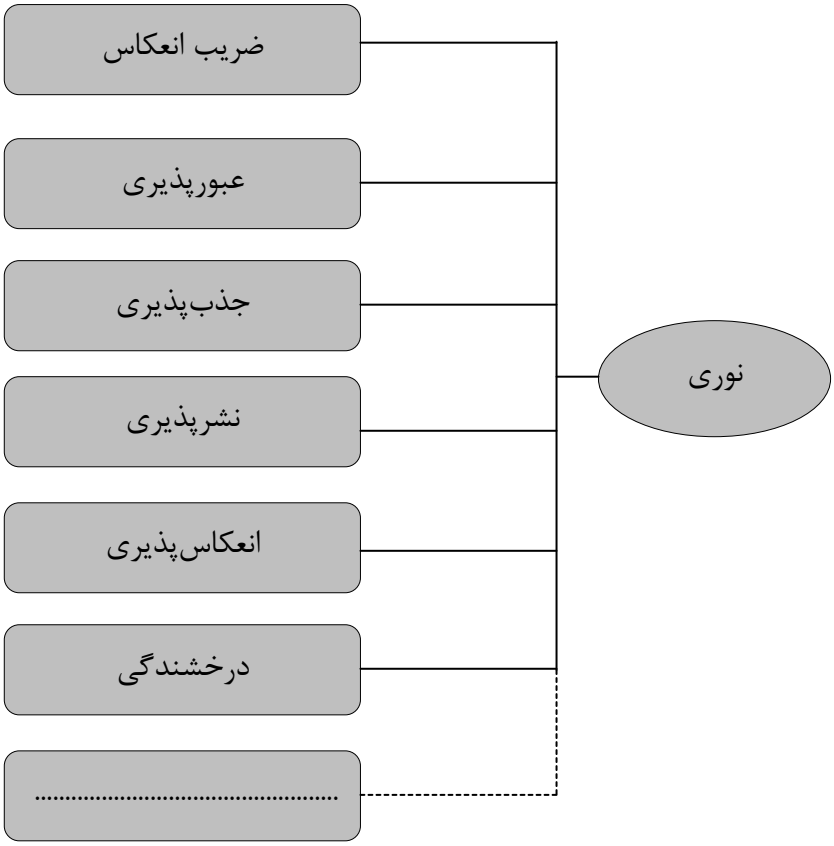
شکل ۵- طبقه بندی خواص فیزیکی



شکل ۶- طبقه بندی خواص مغناطیسی

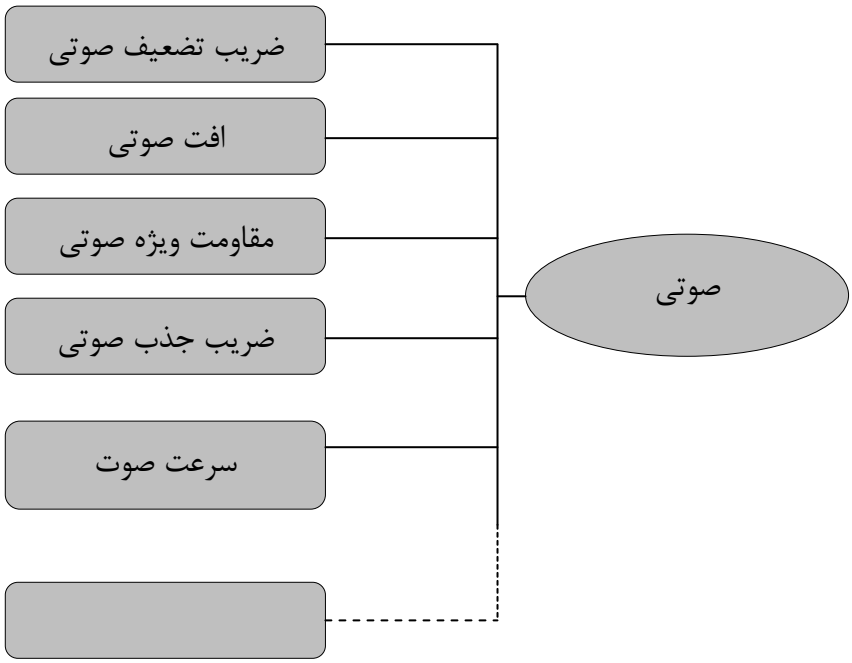


شکل ۷- خواص مختلف الکتریکی/ دی الکتریکی مرتبط با رفتار برقی

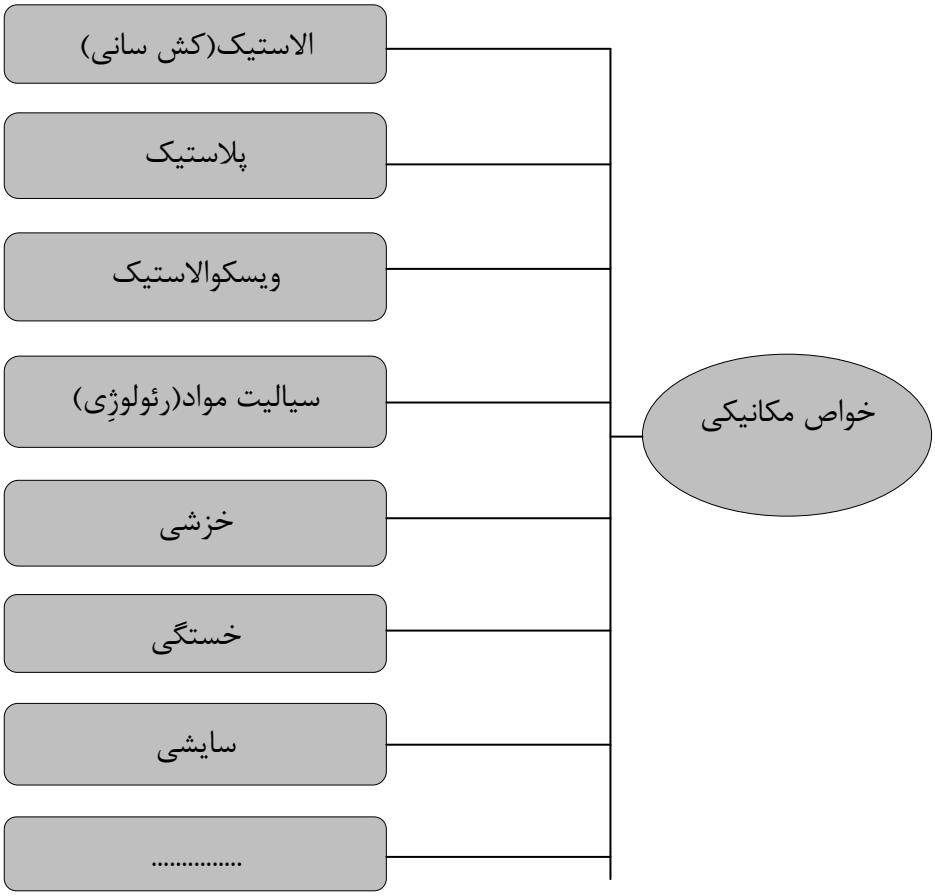


شکل ۸- طبقه بندی خواص نوری

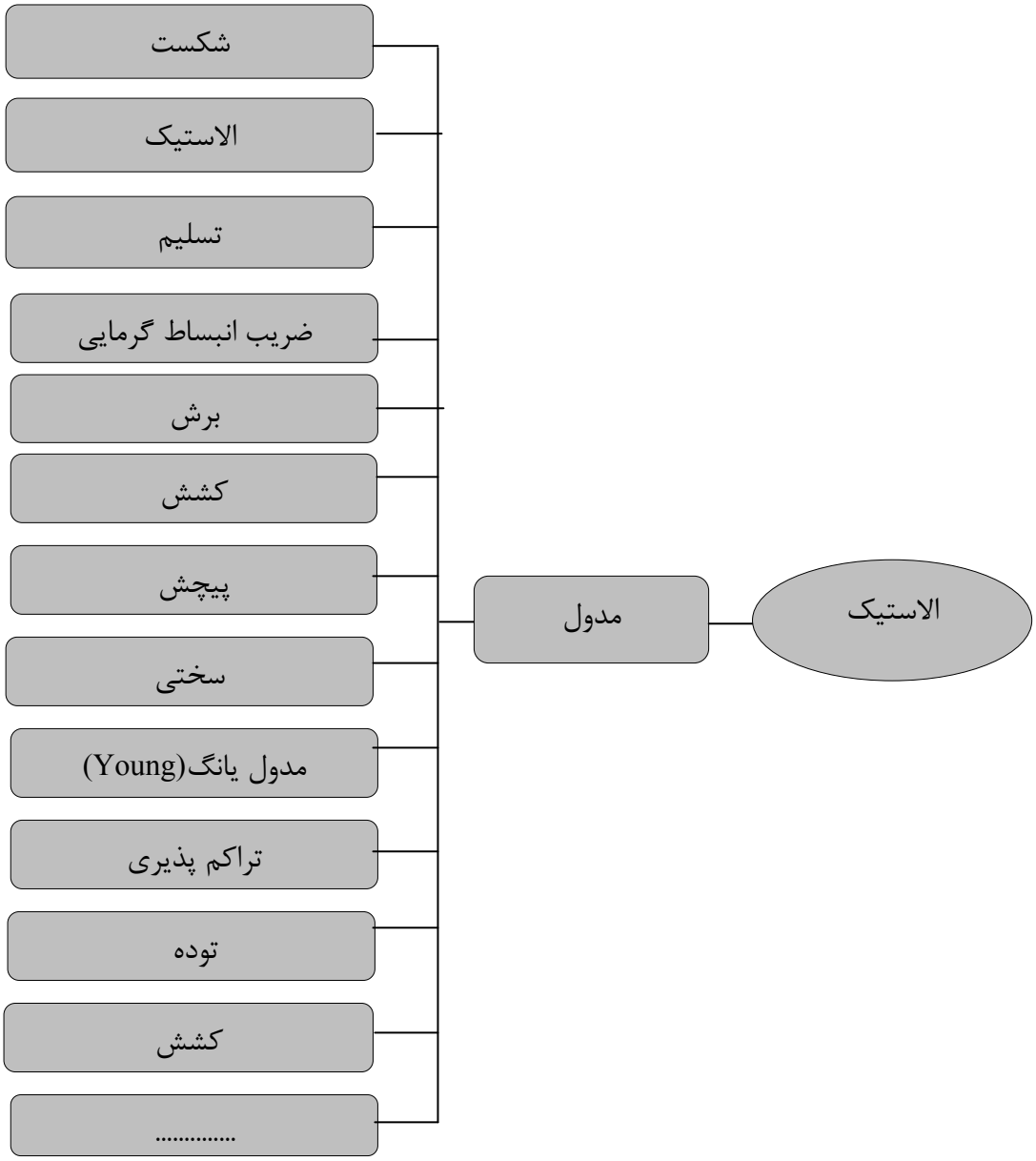
شکل۹- طبقه‌بندی خواص حرارتی



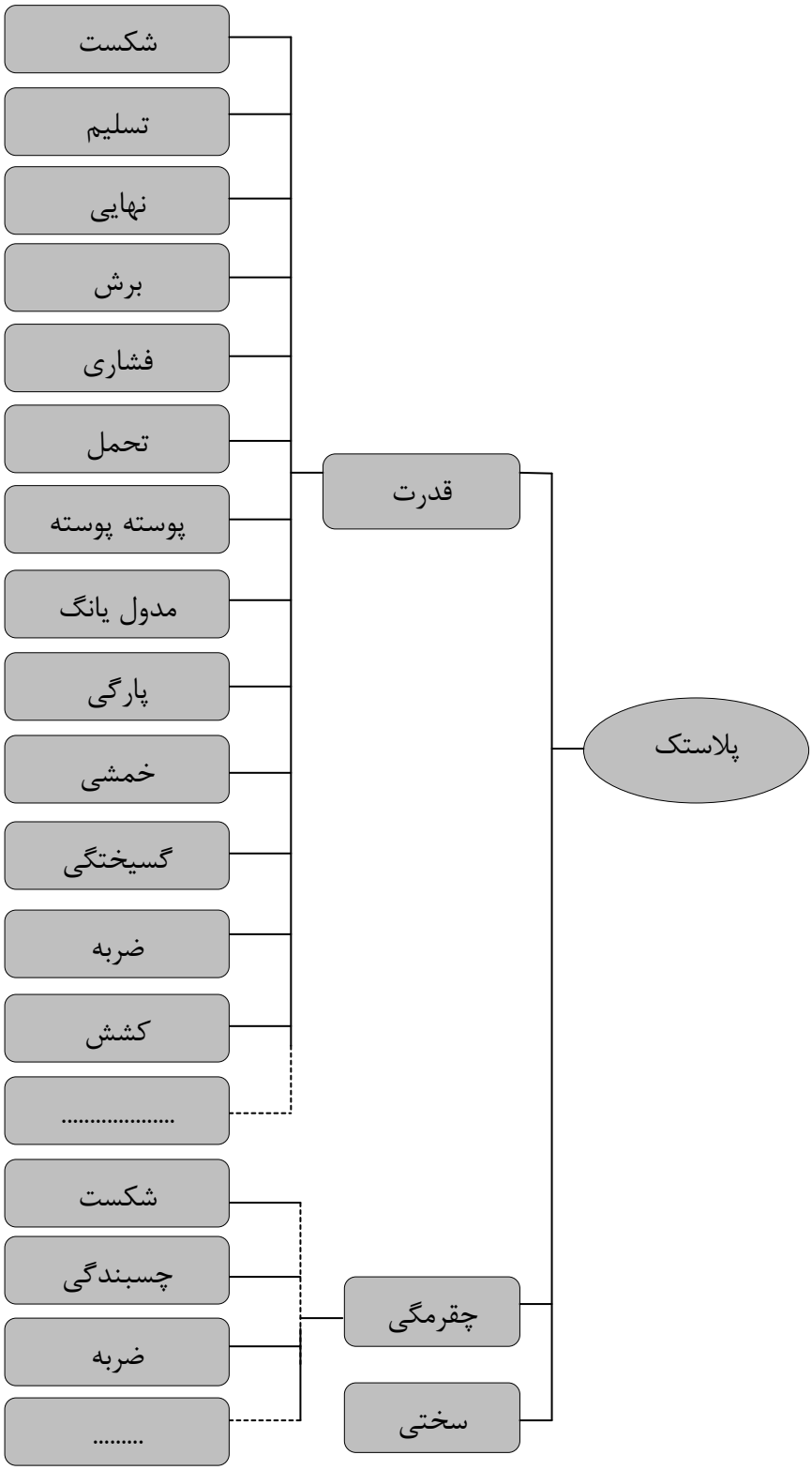
شکل۱۰- طبقه بندی رفتار صوتی



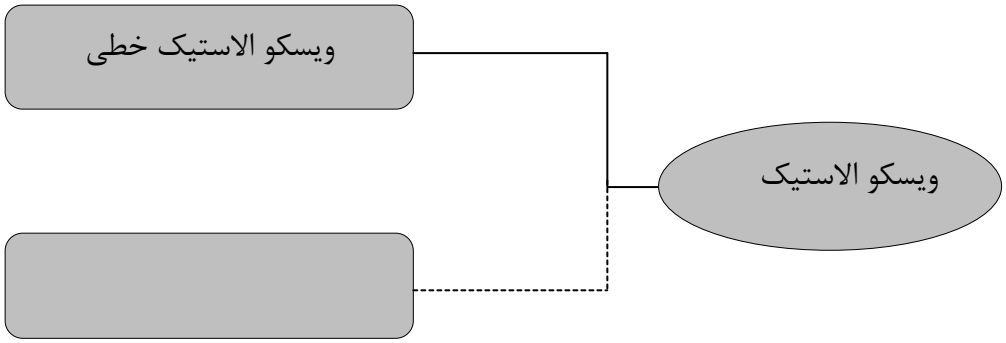
شکل ۱۱- طبقه بندی خواص مکانیکی



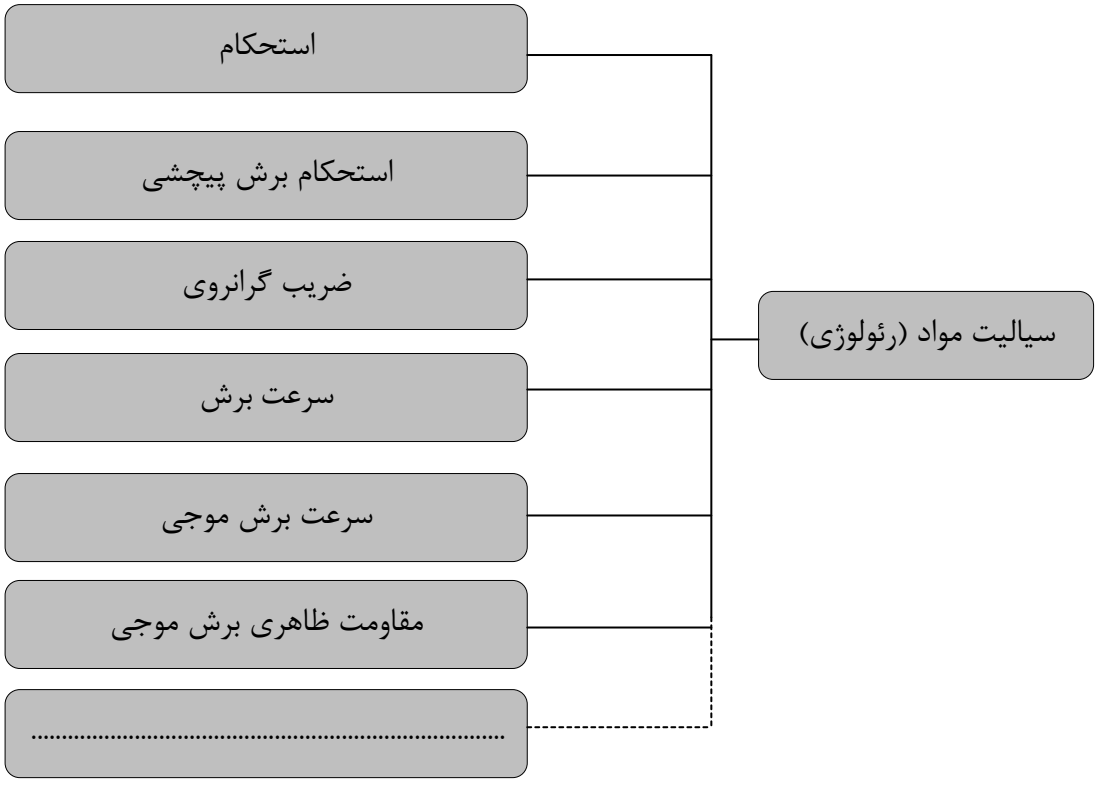
شکل ۱۲- طبقه بندی رفتار الاستیک



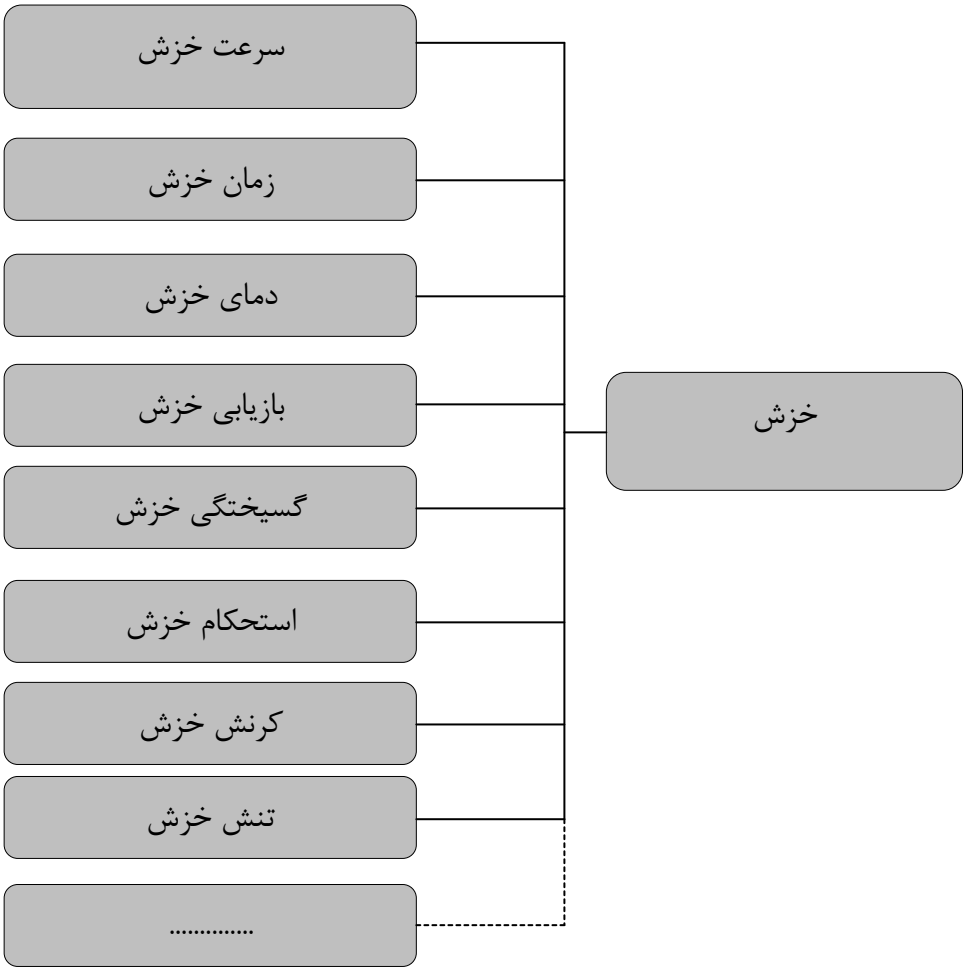
شکل ۱۳- طبقه بندی رفتار پلاستیک



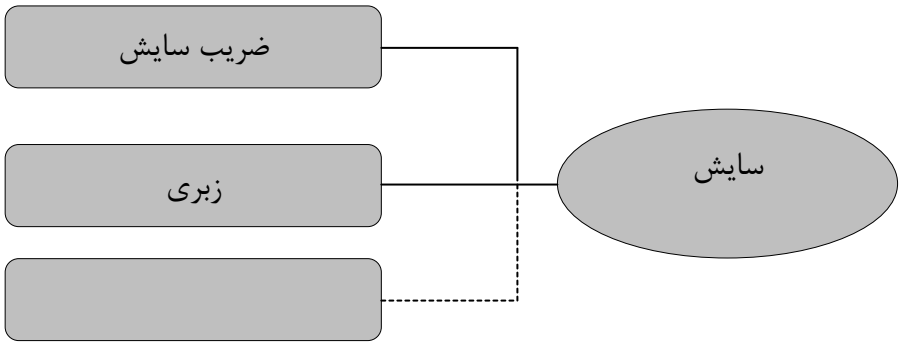
شکل ۱۴- طبقه بندی رفتار ویسکوالاستیک



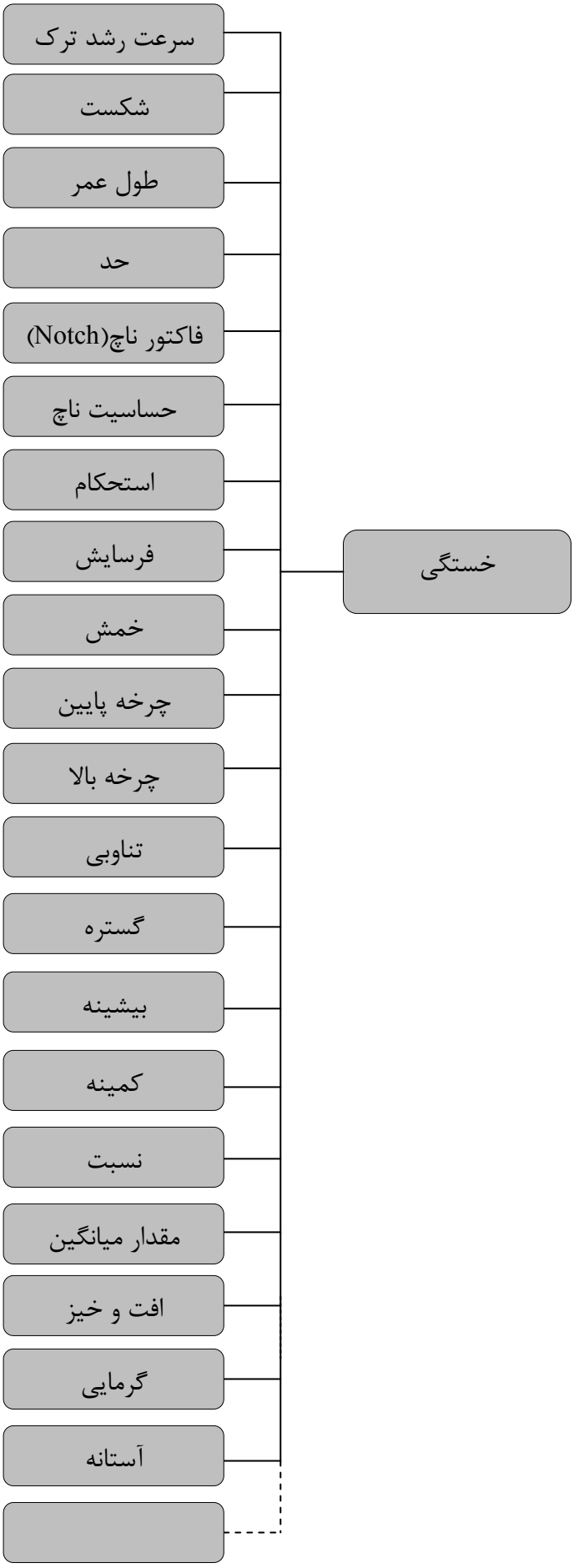
شکل ۱۵- طبقه بندی رفتار سیالیت مواد (رئولوژی)



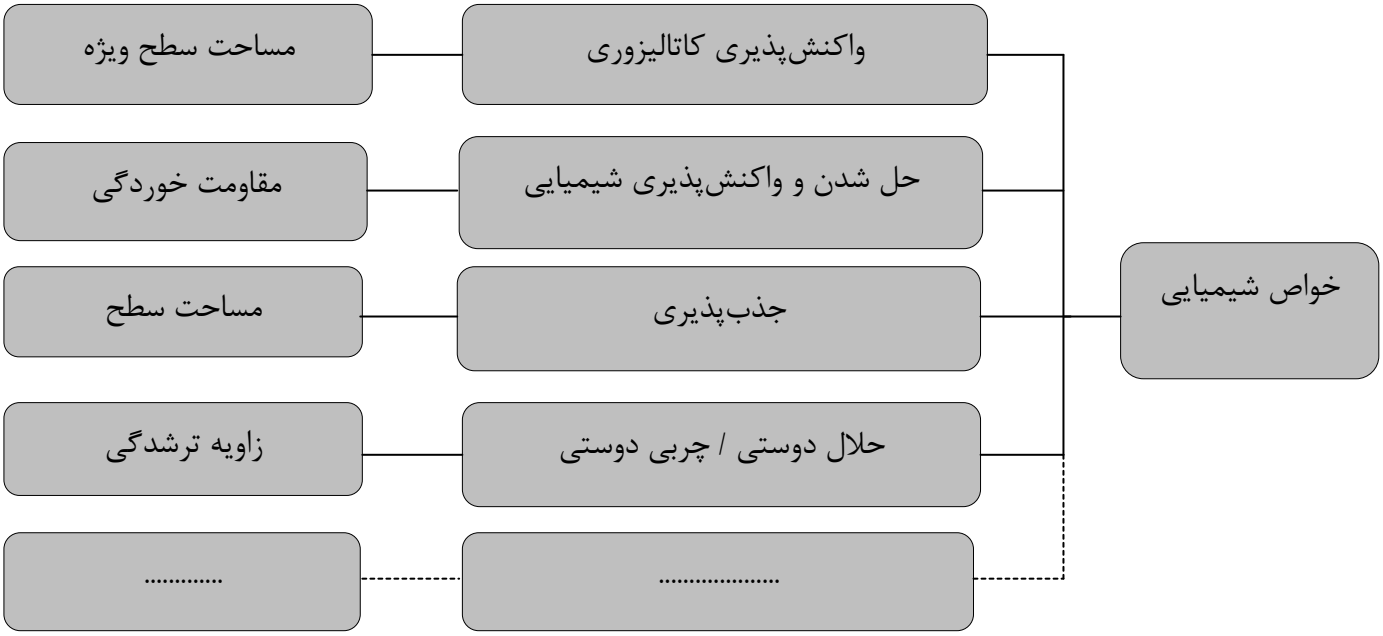
شکل ۱۶- طبقه بندی رفتار خزشی در مشخصات مختلف



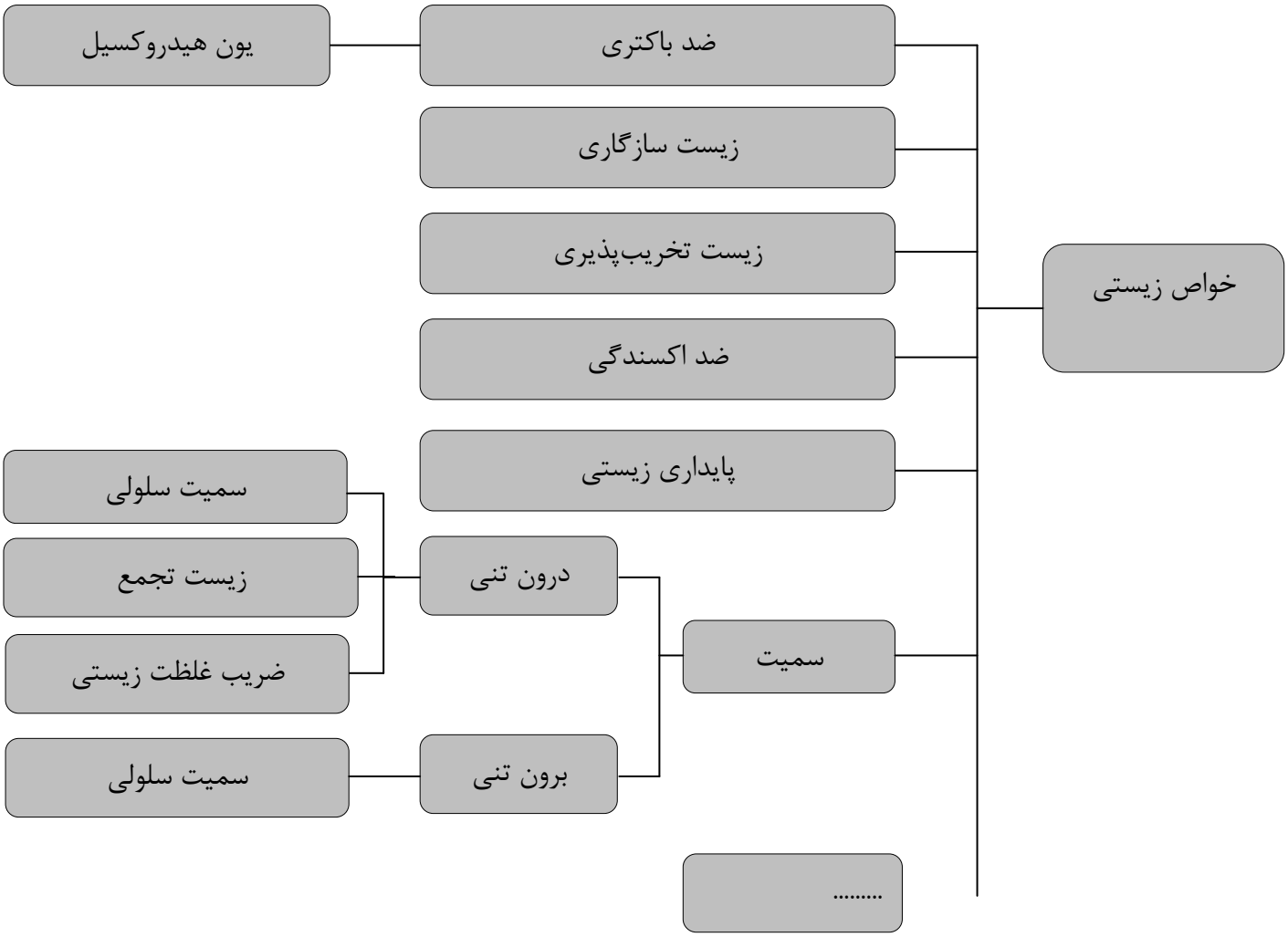
شکل ۱۷- طبقه بندی رفتار اصطکاکی



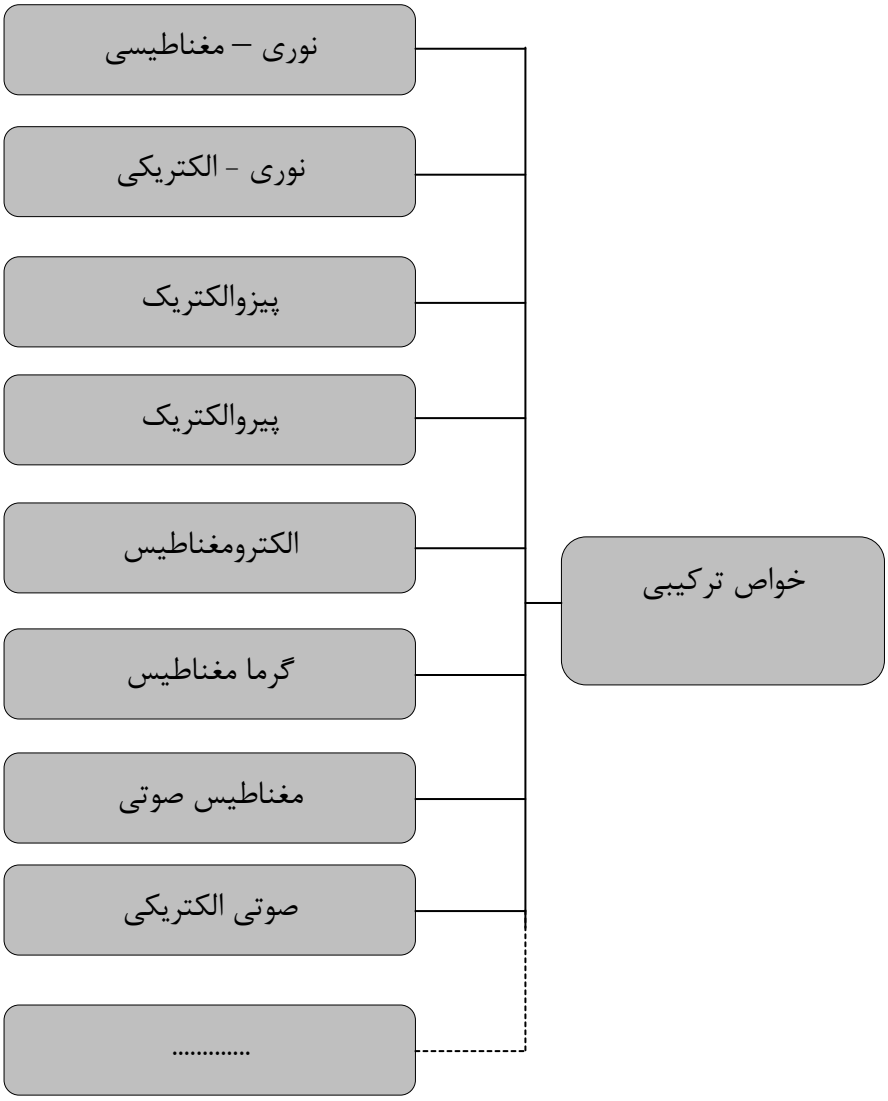
شکل ۱۸- طبقه بندی رفتار خستگی



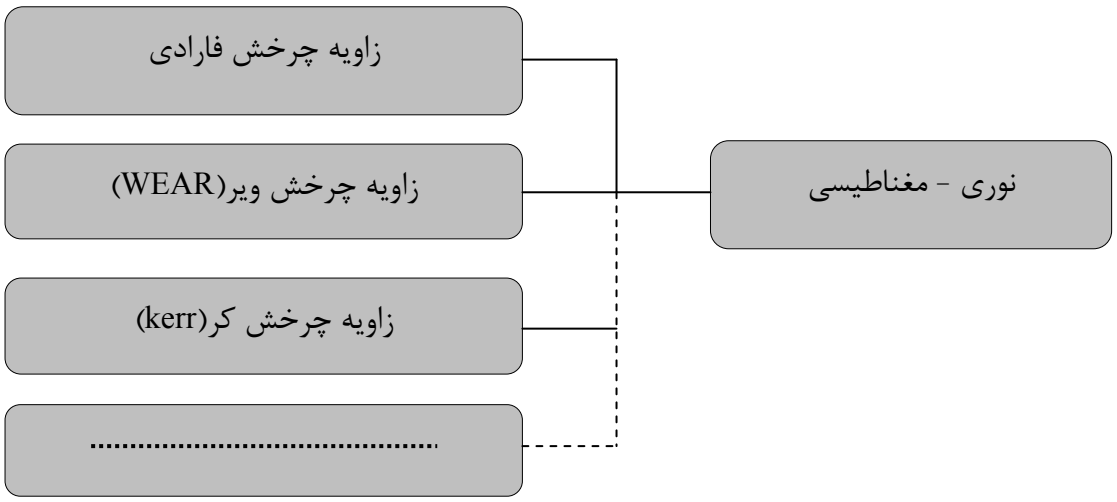
شکل ۱۹- طبقه بندی رفتار شیمیایی



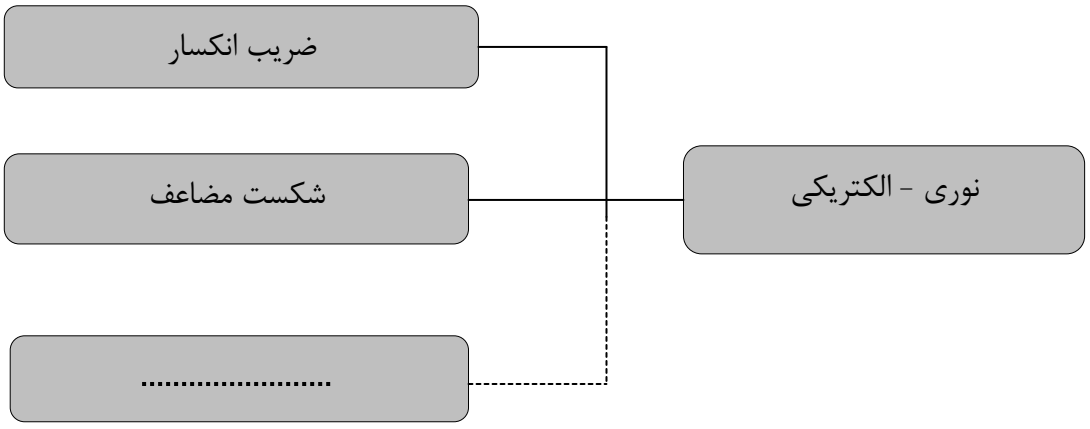
شکل ۲۰- طبقه بندی رفتار زیستی



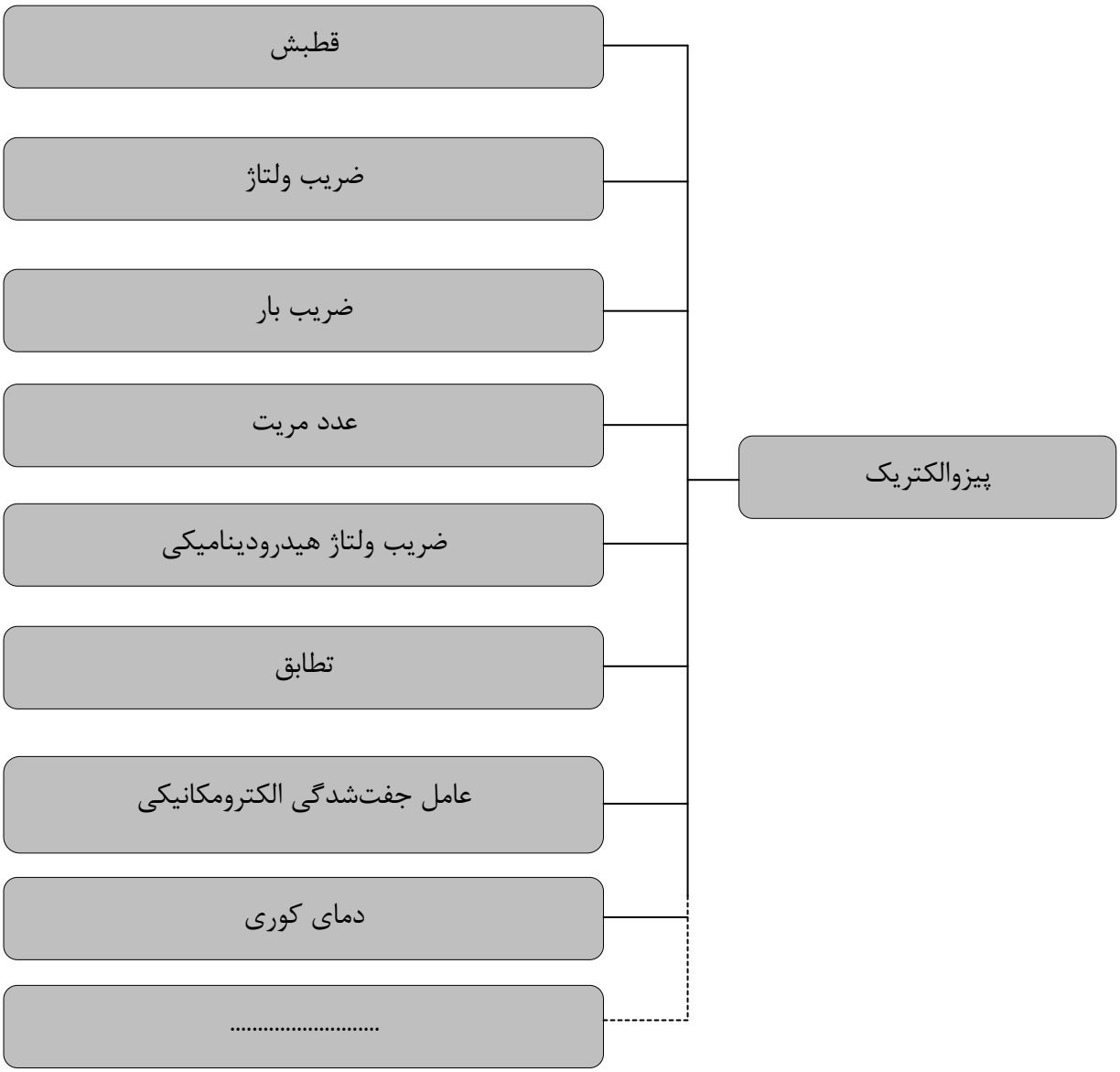
شکل ۲۱- طبقه بندی خواص ترکیبی



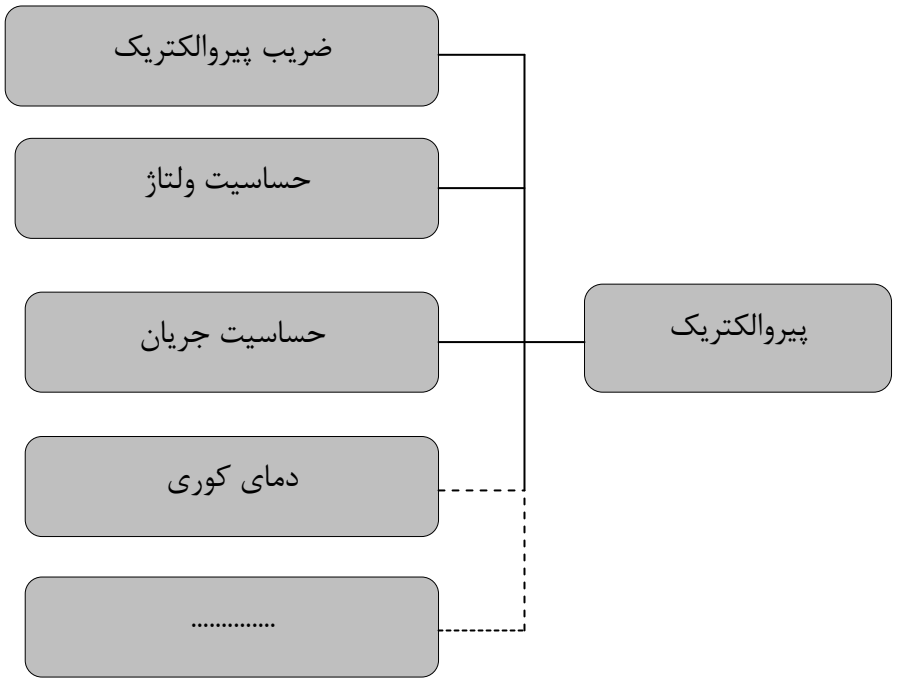
شکل ۲۲- طبقه بندی رفتار نوری- مغناطیسی



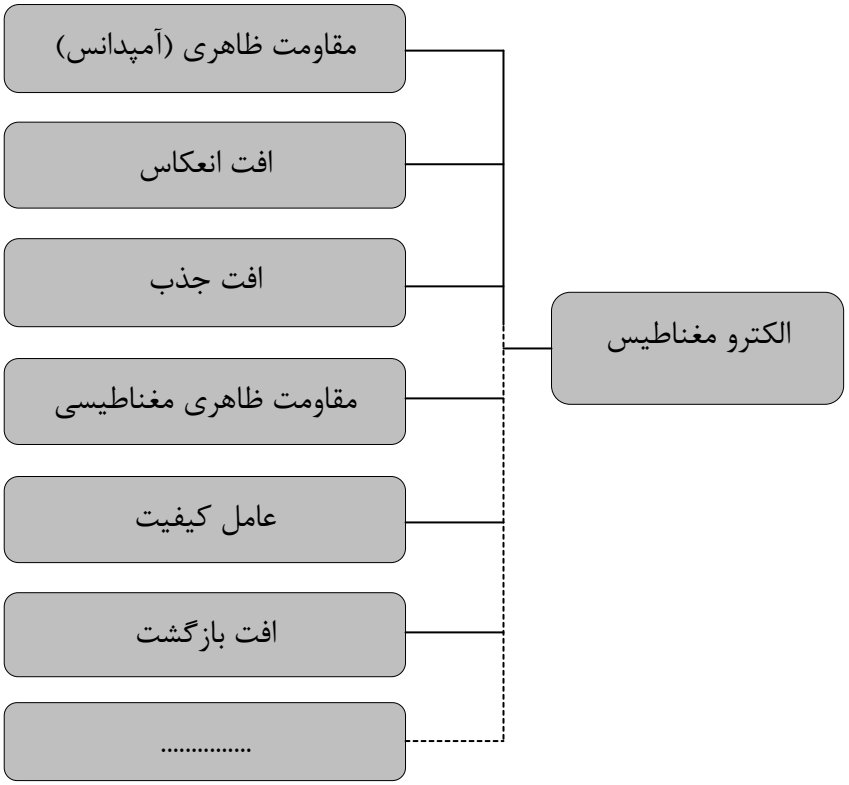
شکل ۲۳- طبقه بندی رفتار نوری برقی



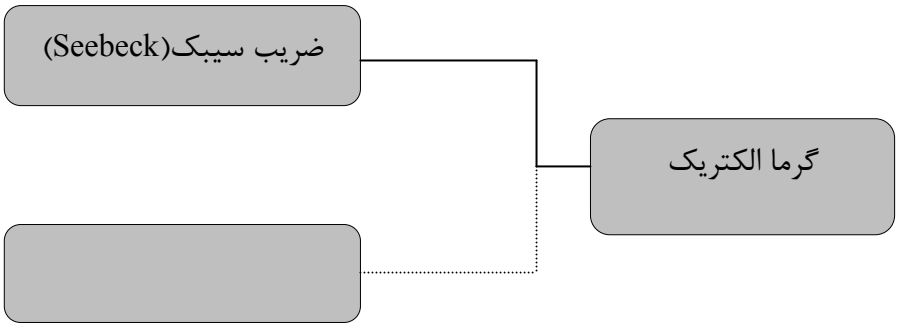
شکل ۲۴- طبقه بندی رفتار پیزو الکتریک



شکل ۲۵- طبقه بندی رفتار پیرو الکتریک



شکل ۲۶- طبقه بندی رفتار الکترومغناطیسی



شکل ۲۷- طبقه بندی رفتار ترموالکتریک

پیوست الف

(اطلاعاتی)

کتابنامه

1- Cunter Schmid, *"Nanoparticles from Theory to Application"* Wiley-CH Verlag CmbH& Co. KCaA, pp.2-30, 2004

2- Ajayan,P.M.,Schadler.L.s and Braun,P.V. "*NanocompositesScience and Technology*" Wiley-CH Verlag CmbH& Co. KCaA, pp.2-3,77, 2004

3- Koch, Carl c.*"Nanostructured Materials Processing,Properties and Potentials Applications"* Noyes Publications,pp.24-26, 2002

4- Kohler,M. aand Fritzsch,W. *"Nanotechnology an introduction of nanostructuring techniques"* Wiley-CH Verlag CmbH& Co. KCaA, P. 3, 2004

5- Kazuyoshi,T., Tokio,Y. and Kenichi, f., *" The science and Technology of Carbon Nanotubes*" Elsevier, p. 8, 165, 1999

6- Smalley,R.E. " *Carbon nanotubes synthesis, structure, properties, and applications"* chemistry Noble Lauveate, P. 126,1996

7- Goddard, W.A., Brenner,D.W. *" Handbook of particles physics"* CRC Press Boca Raton, P.221,2002

8- Carotenuto,L.N. G. *" Metal- Polymer Nanocomposites"* John Wiley& Sons. INC., p. 221, 2002

9-*" Nano and Microelectromechanical systems Fundamentals of Nano and Microengineering*" CRC Press Boca Raton, P.68, 2000

10- Endo, M., S., and Mildred, S. Dresselhaus " Carbon Nanotubes" Pergamon, p. 1,1998