

شناسایی سمت و سوی تحقیقات کاتالیزگری در سال ۲۰۰۸

به روش داده کاوی مقالات از پایگاه داده ISI

مبینا علی محمدی، مرتضی مغربی*

مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی شیمی

پیام نگار: mmaghrebi@um.ac.ir

چکیده

لازمه یک راهبرد پژوهشی در هر علمی، شناسایی حیطه و سمت و سوی تحقیقات اخیر در آن عرصه می‌باشد. در این تحقیق، مقالات مرتبط با کاتالیزگرها که در سال ۲۰۰۸ در سایت ISI نمایه شده بودند، مورد داده‌کاوی قرار گرفتند. با استفاده از نرم‌افزار Refviz تمام کلیدواژه‌های پرتعداد این مقالات، در ۱۱ گروه دسته‌بندی شده، و تحلیل شدند. این بررسی‌ها از اجزاء و نحوه ساخت کاتالیزگرها تا فرایندها، مواد واکنش‌دهنده و نیز نوع نگاه علمی و صنعتی به آنها را شامل می‌شود. بررسی‌ها حاکی از غلبه نسبی راهکارهای سنتز و آنالیز ارزان‌قیمت، پیچیده‌شدن دانش کاتالیز و محدود شدن کاتالیزگرها به بازار انرژی و محیط زیست می‌باشد.

کلمات کلیدی: داده کاوی، کاتالیزگر، پایگاه داده ISI، دسته‌بندی موضوعی مقالات

۱- مقدمه

یکی از مشکلات پیش روی محققان و دانشجویان در فناوری کاتالیزگر، سردرگمی در انتخاب حوزه پژوهشی است. به روز نبودن اطلاعات برخی از محققان از سمت و سوی جهانی تحقیقات، عدم اطلاع از مرزهای دانش و همچنین بی‌اطلاعی آنها از میزان بلوغ هر فناوری می‌تواند سبب تولید فناوری در لباس علم گردد که در این صورت فناوری تولید شده به‌طور رایگان در اختیار صنعت کشورهای دیگر گذاشته خواهد شد. به عبارت دیگر به جای این که ما بر جامعه علمی اثرگذار و الهام بخش باشیم (از طریق افزایش ارجاعات)، جوامع صنعتی ما را رایگان به خدمت می‌گیرند. از سوی دیگر انجام کارهای تکراری و قدیمی توسط محققان می‌تواند موجب کاهش احتمال چاپ کار آنها در مجلات گردد. لذا شناسایی هوشمند سمت و سوی جهانی تحقیقات در کاتالیزگر می‌تواند به محققین در تعریف طرح‌های پژوهشی روزآمد و منطقی کمک کند.

با استفاده از یکی از این روش‌های داده کاوی به بررسی محتوای مقالات مرتبط به کاتالیزگرهای هتروژن در سال ۲۰۰۸ پرداخته ایم و سعی کرده ایم مباحث مهم را از روی کلید واژه‌های آنها شناسایی کنیم.

۲- روش کار

نظر به بالا بودن حجم اطلاعات در داده کاوی، باید از نرم‌افزاری برای این کار استفاده کرد. در اینجا از نرم‌افزار Refviz جهت پردازش اطلاعات استخراج شده از پایگاه داده ISI، استفاده شده است. این نرم‌افزار با آنالیز متن و به تصویر کشیدن پراکندگی کلمات کلیدی مقالات، این امکان را فراهم می‌سازد تا کاربر به راحتی بتواند مقالات را بر اساس متن آنها دسته‌بندی کند. علاوه بر این، Refviz نگاهی اجمالی بر مقالات داشته و روندها و نزدیکی مقالات به یکدیگر را نمایش می‌دهد، در نتیجه کاربر می‌تواند با صرف زمان بسیار اندک

ساختارها درصد زیاد (۲۵٪) نانوذرات را به سهولت سنتز و به کاربرد آنها ارتباط دادیم. از دیگر مزیت‌های این روش می‌توان به این موضوع اشاره کرد که با توجه به نمودارهای حاصل، می‌توان کهنه و یا نو بودن یک تحقیق را بررسی کرد و همچنین می‌توان تحقیقات را به سمت پیش‌رانه‌های این علم پیش برد، مثلاً در کاربردها مسئله نیرو و انرژی یکی از پیش‌ران‌های کاتالیزگر به‌شمار می‌آید که سهمی بیش از ۵۰٪ را به خود اختصاص می‌دهد.

تعداد ۱۱۰۰ کلید واژه تحت بررسی دقیق قرار گرفتند و بر حسب ارتباط موضوعی، کلید واژه‌ها در ۱۱ گروه: خانواده مواد فرایندی متداول، مواد فرایندی متداول، فلزات، جامدات کاتالیزگری، نانو ساختارها، روش‌های تولید، فرایندها، تعیین مشخصات، ویژگی‌ها، کاربردها و راستاهای پژوهشی دسته‌بندی شدند. بدیهی است در برخی از این دسته‌ها کلمات مشترک نیز وجود دارد مانند Field emission که هم در ویژگی‌های اندازه‌گیری شده قرار دارد و هم در کاربردها. در پایان، بررسی وضعیت ایران از جمله محدوده موضوعات، نوع مقالات و همچنین پژوهشگران برتر آورده شده است. جهت اختصار، تعداد زیادی از کلید واژه‌ها به صورت مخفف آورده شده‌اند، مثلاً فلز پالادیم^۳ معرف سه کلید واژه دیگر - پالادیم کاتالیز، نشانه اختصاری فلز پالادیم و گونه‌ای از این فلز^۴ - است که همه این کلید واژه‌ها بیان‌کننده فلز پالادیم می‌باشد و یا کلید واژه بهینه‌سازی متشکل از بهینه‌ساختن، بهینه‌سازی ها، بهینه و بهین می‌باشد که همه موارد به بهینه‌سازی اشاره دارند، که تعریف آن‌ها در ضمیمه ۳ وجود دارد. مزیت این روش در این است که همه مقالاتی را که دارای یکی از این کلید واژه‌ها می‌باشند تحت پوشش قرار می‌دهد.

۳-۱ خانواده مواد فرایندی متداول

خانواده‌های مواد فرایندی را با توجه به شکل (۱)، می‌توان به پنج دسته: ترکیبات آلی کربن دار ساده، ترکیبات آلی اکسیژن دار، مواد معدنی، مواد نیتروژن دار و سایر موارد پراکنده تقسیم‌بندی کرد. دسته اول ترکیبات آلی کربن دار ساده (سهمی در حدود ۳۶٪ را به خود اختصاص داده‌اند. در این گروه بیشترین سهم مربوط به ترکیبات حلقوی، آروماتیکی و اولفینی است و در فاصله کمی از آنها

مقالات مهم تر و نزدیکتر از نظر موضوعی به موضوع مورد بررسی را از میان انبوهی از مقالات تشخیص دهد.

ابتدا چکیده مقالات در پایگاه داده ISI را با استفاده از عبارت کلیدی زیر (که مشتمل بر مباحث کاتالیزگرهای ناهمگن و بدون موارد زیستی و همگن است) و سال انتشار ۲۰۰۸ مورد جستجو قرار گرفتند.

not bio not homogen* not "catalyst free" not enzym* cataly* not toxic* not lipid* not protein* *not electrochem

سپس با استفاده از امکانات غربال موضوعی سایت ISI نتایج جستجو به ۱۱ موضوع زیر محدود شدند:

شیمی/ مهندسی/ بسیار/ انرژی و سوخت/ وسائل سنجش و کاربرد آنها/ علم مواد/ علم و فناوری/ طیف سنجی^۱ محیط زیست/ فیزیک/ بلورشناسی^۲

تعداد مقالات به دست آمده (۲۲۷۳۰ مورد) در نرم‌افزار Endnote ذخیره شدند و از آنجا به نرم‌افزار Refviz انتقال داده شدند، تا آنالیزها و دسته‌بندی‌های لازم بر روی آنها انجام شود (برای اطلاع از روش تفصیلی کار به ضمیمه ۱ مراجعه کنید).

مزیت استفاده از نرم‌افزار Refviz در جستجوی کلید واژه‌های مقالات در این است که می‌توان مطمئن بود، همه کلید واژه‌های با تعداد بیش از ۱۱۰۰ عدد بررسی شده‌اند.

در طی بررسی‌های تفصیلی داده‌ها کلید واژه‌های مشابه شناسایی شده، به صورت هم معنی به لغت‌نامه (با مشخص کردن کلمات هم خانواده و هم راستا در لغت نامه می‌توان به جستجوی بهتر و کارآمدتر در Refviz دست یافت) Refviz اضافه شدند (برای مشاهده لغت‌نامه به ضمیمه ۲ مراجعه کنید). تنها در مبحث تعیین مشخصات به دلیل شباهت و پراکندگی بسیار زیاد کلید واژه‌ها (مانند لفظ طیف سنجی)، نام‌های ۸۹ روش تعیین مشخصات درون مجموعه مقالات جستجو شدند.

۳- نتایج و بحث

مزیت استفاده از دانش آمار کلید واژه‌ها بدین صورت است، در مواردی که آمار یک کلید واژه زیاد بوده است به کمک ارجاعات مستدل و همچنین تحلیل‌های کیفی این کلید واژه را به واقعیت‌های پژوهشی آن عرصه مرتبط کرده‌ایم، به‌عنوان مثال در بخش نانو

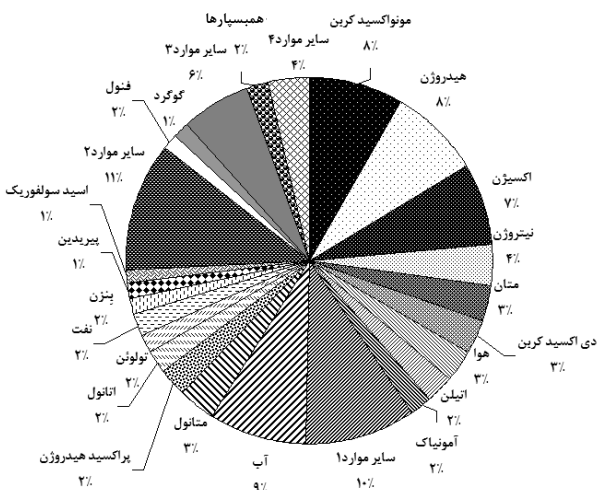
3. Pd
4. Pd (oac) (2)

1. Spectroscopy
2. Crystallography

گذشته از کلید واژه‌های خانواده مواد فرایندی، مواد فرایندی متعددی به صورت موردی در مقالات ذکر شده بودند، که به صورت زیر نشان داده شده‌اند.

۳-۲ مواد فرایندی متداول

مواد فرایندی متداول را - که طی فرایند کاتالیزگری تولید یا مصرف می‌شوند- می‌توان به چهار دسته کلی: گازها، مایعات، جامدات و بسپارها تقسیم‌بندی کرد.

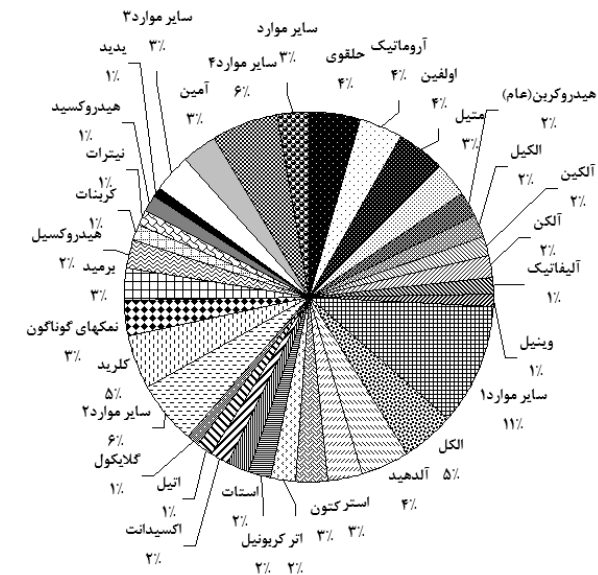


شکل ۲-۲ مواد فرایندی متداول در تحقیقات کاتالیزگری سال ۲۰۰۸، که به ۴ دسته: مایعات، گازها، بسپارها و جامدات تقسیم‌بندی شده‌اند

همانطور که در شکل (۲) نیز دیده می‌شود بیش از نیمی از این مواد را گازها تشکیل داده‌اند و پس از آن مایعات با سهم ۳۶٪ قرار دارند.

بیشترین گازهای مورد استفاده مربوط به مونواکسید کربن و هیدروژن است و در فاصله کمی اکسیژن قرار دارد. بدیهی است از اکسیژن بیشتر در فرایندهایی مانند اکسایش [۲] استفاده می‌شود. از مونواکسید کربن و هیدروژن به‌عنوان گازهای مصرفی متداول به‌عنوان مثال در فرایند احیای انتخابی NOX توسط هیدروژن [۳] و همچنین آنالیز جذب شیمیایی [۴] استفاده شده است، البته باید این نکته را ذکر کرد که مخلوط این دو گاز یعنی گاز سنتز^۱ دارای دسته‌ای جدا است که فقط ۱٪ از کل مواد فرایندی را تشکیل می‌دهد.

ترکیبات گروه عاملی متیل قرار دارد. همانطور که در مواد فرایندی نیز دیده خواهد شد سهم ترکیبات کربن دار قابل تامل است. از آنها همراه با کمپلکس فلزات مانند روتنیم [۱] در بررسی خواص کاتالیزگر و در واکنشهای متفاوت کاتالیزگری استفاده شده است.



شکل ۱-۱ خانواده مواد فرایندی در تحقیقات کاتالیزگری سال ۲۰۰۸، که به ۵ دسته: ترکیبات آلی ساده، ترکیبات آلی اکسیژن دار، مواد معدنی، مواد نیتروژن دار و سایر مواد پراکنده تقسیم‌بندی شده‌اند

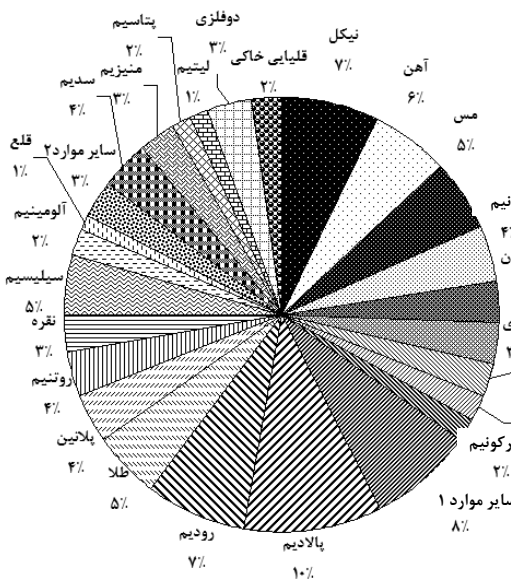
دسته دوم (ترکیبات آلی اکسیژن دار) تقریباً ۳۰٪ از این مجموعه را به خود اختصاص داده‌اند. در این دسته خانواده الکلها و آلدهیدها بیشترین سهم را دارند.

در دسته سوم (خانواده مواد معدنی) سهمی در حدود ۲۰٪ را به خود اختصاص داده‌اند، مواد کلر دار بیشترین سهم را دارند و برمیدها و سپس نمکهای گوناگون با سهم مساوی در رده بعدی این دسته‌بندی قرار دارند.

دسته چهارم مربوط به ترکیبات نیتروژن دار است که سهمی کمتر از ۱۰٪ را به خود اختصاص داده‌اند و بیشترین سهم مربوط به خانواده آمین‌ها می‌باشد که با فاصله زیادی از گروه‌های آمیدها و ایمین‌ها قرار دارند.

دسته پنجم مربوط به سایر موارد است که این خانواده سهم خیلی کمی (۳٪) را به خود اختصاص داده‌اند و از این دسته می‌توان به خانواده ناجور حلقه‌ها اشاره کرد.

1. Syngas



شکل ۳- فلزات کاتالیزی در تحقیقات کاتالیزگری سال ۲۰۰۸، که به ۴ دسته: فلزات واسطه، فلزات گرانبها، شبه فلزات، قلیا، دوفلزی‌ها و فلزات قلیایی خاکی تقسیم‌بندی شده‌اند.

در دسته فلزات واسطه که محدوده وسیعی از کاربرد (۴۲٪) را به خود اختصاص داده‌اند می‌توان به فلزات خانواده آهن (و به طور خاص نیکل) اشاره کرد، که نیمی از محدوده فلزات واسطه را به خود اختصاص داده‌اند. بعد از خانواده آهن، فلزات تیتانیوم و مولیبدن در جایگاه‌های بعدی قرار دارند.

در دسته فلزات گرانبها بیشترین سهم را پالادیم دارد. این مسئله با توجه به کمتر بودن قیمت آن نسبت به طلا و حتی پلاتین قابل درک است. از سوی دیگر می‌توان به فلز نقره اشاره کرد که ارزان تر بوده اما محدوده کمی را به خود اختصاص داده است. پس نمی‌توان گفت که ارزانتر بودن یک قاعده کلی و بدون استثناء است. در دسته شبه فلزات که سهم کمی (۱۱٪) دارند می‌توان سیلیکون را نام برد، که خود و اکسیدش به صورت گسترده‌ای به عنوان یک زیر لایه در کاتالیزگرهای فیلم نازک [۱۲] مورد استفاده قرار می‌گیرند. در دسته فلزات قلیایی سدیم با نمک‌های گوناگون خود مانند هیدروکسید سدیم، سولفات سدیم و غیره در صدر می‌باشد و با فاصله کمی از آن می‌توان منیزیم را نام برد که دارای نمک‌های گوناگون مانند هیدروکسید منیزیم، آلکواکسید منیزیم و غیره می‌باشد. ترکیبات دوفلزی و به طور خاص (Pt-Sn) سهم اندکی در حدود ۳٪ دارند که این شاید به دلیل نو بودن این مبحث باشد.

تعجبی ندارد، که در دسته مایعات بیشترین ماده مورد استفاده آب (۹٪ از مواد فرایندی و ۲۵٪ از مایعات) و بعد از آن مواد آلی می‌باشد، که پرمصرف ترین آن متانول (۳٪ از مواد فرایندی و ۱۰٪ از مایعات) است. مطابق بررسی ما آب به‌عنوان یک حلال قطبی [۵] و یا برای شستشو و بازیافت کاتالیزگر [۶] استفاده شده است. همانطور که در خانواده مواد فرایندی ترکیبات آلی اکسیژن دار در جایگاه دوم از دسته‌بندی قرار داشتند در اینجا نیز محلول‌های آلی مانند متانول در مواردی مثل تولید فوتوکاتالیزگری هیدروژن [۷] استفاده می‌شود و در جایگاه دوم این دسته قرار دارد. از دیگر مواد آلی اتانول و تولوئن با سهمی برابر (در حدود ۲٪) در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. سهم مواد اسیدی مانند اسید سولفوریک کم (۱٪ از کل مواد فرایندی) می‌باشد.

دسته بسپارها تقریباً ۶٪ از کل مواد را به خود اختصاص داده‌اند و بیشترین حجم آن مربوط به همبسپارهاست که به‌عنوان سیستم‌های ترکیبی [۸] (نشان از آن دارد که بسپارهای مورد استفاده کمتر به صورت خالص به کار برده می‌شوند) و در فرایندهای بسپارش و همبسپارش [۹] کاربرد دارد.

بیشترین موارد در دسته سایرین مربوط به فنول و گوگرد می‌باشد. که به ترتیب از آنها به‌عنوان مثال در فرایندهای فوتوکاتالیزگری مانند بهبود فعالیت فوتوکاتالیزگری اکسید تیتانیوم [۱۰] و بررسی فعالیت کاتالیزگر در فرایند سنتز کمپلکس جدید آمینو فسفین [۱۱] استفاده شده است.

۳-۳ فلزات کاتالیزگری

فلزات مورد استفاده در مقالات کاتالیزگری را می‌توان به ۴ دسته اصلی، فلزات واسطه (مثل Ni, Fe)، با سهم ۴۲٪، فلزات گرانبها (مثل Pd, Rh, Au) با سهم ۳۳٪، شبه فلزات (مثل Si, Al) با سهم ۱۱٪ و قلیا (مثل Na, Mg) با سهم ۱۰٪ تقسیم کرد. همچنین فلزات خاکی کمیاب و دوفلزی‌ها نیز در دسته‌های جداگانه‌ای به ترتیب با سهم ۲٪ و ۳٪ قرار دارند. همانطور که مشاهده می‌شود فلزات واسطه سهم چشمگیری دارند و همچنین وجود فلزات واسطه متنوع (سایر موارد ۱) با سهم ۸٪ نشانگر تنوع به کارگیری این فلزات است. پس از این دسته، فلزات گرانبها و بعد از آن با فاصله زیادی شبه فلزات قرار دارند (شکل (۳)).

نیمه‌رسانا نوع p می‌توان به اکسید نیکل اشاره کرد که سهم اندکی در فرایندهای کاتالیزی دارد.

در دسته اسیدی‌ها می‌توان به آلومین و زئولیت و سیلیس اشاره کرد که ۸۰٪ از این دسته را به خود اختصاص داده‌اند. در حدود ۲۰٪ از مقالات مرتبط به آلومین از عنوان خاص (گاما- آلومین) استفاده شده است، از آلومین مثلاً به‌عنوان پایه در فرایندهای کاهش مانند کاهش NOX [۱۵] استفاده فراوانی شده است. همچنین ۴۰٪ از زئولیت موجود به (ABA-15)، (ZSM-5) و (MCM-41) مربوط است. سیلیس نیز به‌عنوان یک پایه متداول در فرایندهای گوناگون از جمله بسپارش اتیلن [۱۶] به کار رفته است.

در دسته جامدات کاتالیزی قلیایی (حدود ۱۳٪ از کل جامدات) اکسید منیزیم با ۲٪ در صدر می‌باشد. جامدات کاتالیزی قلیایی نسبت به جامدات کاتالیزی اسیدی از اهمیت کمتری برخوردار هستند. البته در جستجوی این کلمه در مقالات پیش‌بینی شد که با کلمه هم شکل خود به معنی پایه و مبنا اشتباه گرفته شود. با این حال طبق بررسی‌های انجام شده در اکثر موارد منظور همان قلیا بوده است.

در دسته سایر موارد بیشترین سهم مختص کربن فعال می‌باشد. از کربن فعال به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان پایه کاتالیزگرها در فرایندهای مختلف مانند فرایند کاهش نیترات [۱۷] استفاده شده است.

۳-۵ نانو ساختارها

به دلیل کثرت کلید واژه‌های موضوع نوظهور علم و فناوری نانو، دسته ویژه ای را به این موضوع اختصاص داده‌ایم.

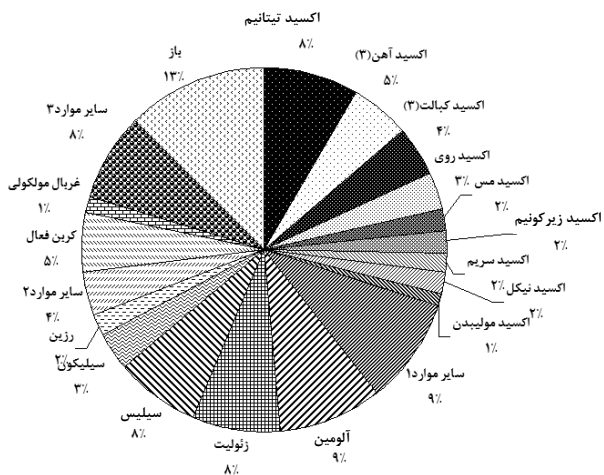
همانطور که در شکل (۵) مشاهده می‌کنیم سه مورد اول (نانو ذرات، نانو لوله‌ها و مواد میان حفره‌ای) بیش از نیمی از ترکیبات نانو را تشکیل می‌دهند. شاید دلیل بیشتر بودن سهم نانو ذرات این باشد که سنتز و کاربرد نانو ذرات بسیار آسان است، با این حال از منظر نوآوری و پیچیدگی کمتر، نسبت به نانولوله‌های کربنی در سطح پایین‌تری قرار دارند.

نانولوله‌های کربنی به دو صورت در مبحث کاتالیزگر دخیل هستند، یا از آنها به‌عنوان پایه کاتالیزگری [۱۸] و یا از کاتالیزگرها برای تهیه نانو لوله‌های کربنی [۱۹] استفاده می‌شود. از نانولوله‌های کربنی به

دسته فلزات خاکی که سهمی نزدیک به ۲٪ را دارند، ظاهراً به علت کمیابی و گران قیمت بودن فقط به صورت محدودی به‌عنوان بهبود دهنده کاتالیزگر [۱۳] استفاده می‌شوند.

۳-۴ جامدات کاتالیزوری

جامدات فرایندی را می‌توان به سه دسته اصلی نیمه‌رساناها، اسیدها و بازها تقسیم‌بندی کرد که در حدود ۳۵٪ از این جامدات را نیمه‌رساناها با تنوع فراوانی به خود اختصاص می‌دهند.

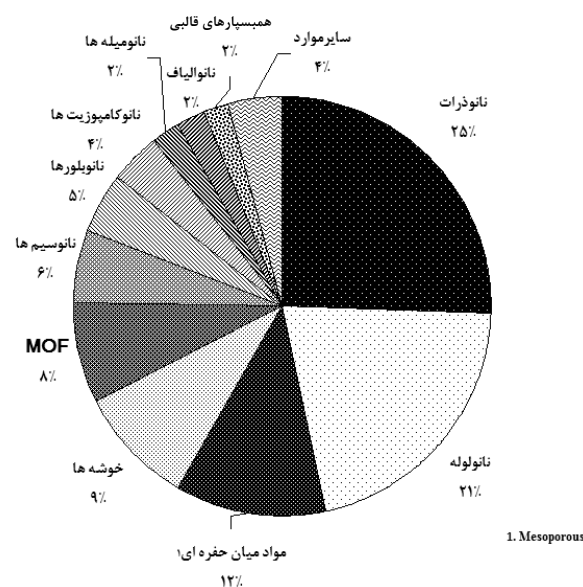


شکل ۴- جامدات کاتالیزگری در تحقیقات کاتالیزگری سال ۲۰۰۸ که به ۳ دسته: نیمه‌رساناها، اسیدها و بازها تقسیم‌بندی شده‌اند.

با نگاهی اجمالی به شکل (۴) و با توجه به درصد مواد می‌توان چنین نتیجه گرفت که در رده اول جامدات کاتالیزگر عایق (اسید و باز) و بعد از آنها جامدات کاتالیزگر نوع n (شامل دی اکسید تیتانیم، اکسید روی و غیره) سپس نوع i (شامل مگنتیت، اکسید کبالت و غیره) و در انتها نوع p (شامل اکسید نیکل و غیره) قرار دارند.

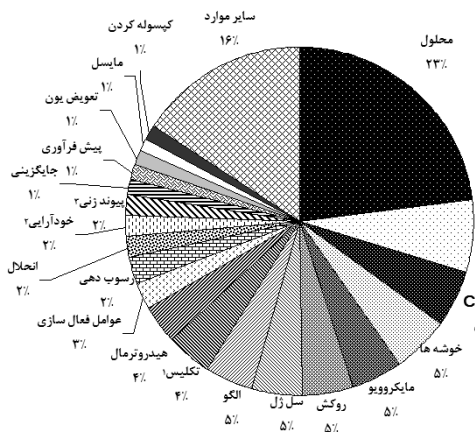
در دسته اول (نیمه‌رساناها) بیشترین سهم را دی اکسید تیتانیم (۸٪) از جامدات فرایندی و ۲۰٪ از نیمه‌رساناها) که یک نیمه‌رسانای معروف نوع n است به خود اختصاص داده، بیشترین کاربرد آن در فرایندهای فوتوکاتالیزگری [۱۴] می‌باشد، بر خلاف انتظار که معمولاً از جامدات نیمه‌رسانا نوع i کمتر استفاده می‌شود، در اینجا از Fe_3O_4 که یک نیمه‌رسانا معروف نوع i است در رده دوم بعد از دی اکسید تیتانیم استفاده شده است. از معروفترین جامدات کاتالیزگر

صورت‌های گوناگون تک جداره یا چند جداره استفاده می‌شود. همچنین از نانو ذرات به‌عنوان کاتالیزگر [۲۰] و در تهیه جامدات کاتالیزگر [۲۰] استفاده شده است. از مواد نانو حفره‌ای نیز در فرایندهای گوناگون از جمله هیدروژن دار کردن [۲۱] استفاده شده است.



شکل ۵- نانو ساختارهای مورد استفاده در تحقیقات کاتالیزی سال ۲۰۰۸.

روشهای تولید مثلاً به دو دسته تر و خشک قابل تفکیک نبوده و ترجیح داده شد آنها به همین صورت ارائه شوند. لذا این نکته را نیز باید در نظر گرفت که این روش‌ها تا حدی با یکدیگر همپوشانی دارند (یعنی اینطور نیست که تنها از یک روش برای تولید کاتالیزگر استفاده شود گاهی حتی از چند روش توأم استفاده می‌شود). شش رویکرد: محلول، تلقیح، CVD، تولید خوشه‌ها، مایکروویو و روکش دهی تقریباً ۵۰٪ از کل روشها را به خود اختصاص داده اند. در تحقیقات کاتالیزگری روشهای نو ظهوری مانند Molecular Imprint و Click Chemistry همچنان کم‌رنگ هستند و هنوز جایی را در تحقیقات برای خود باز نکرده‌اند و همچنین روش قدیمی Incipient wetness جای خود را به روشهای دیگر داده و کاربرد آن کاهش یافته است.



شکل ۶- روشهای تولید متداول در تحقیقات کاتالیزگری سال ۲۰۰۸

۳-۷ فرایندهای کاتالیز متداول

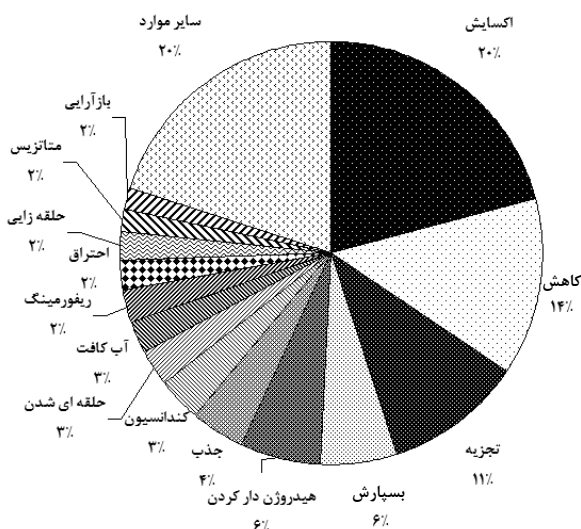
از کاتالیزگرها در حوزه وسیعی از فرایندها استفاده می‌شود، با این حال اکسایش و احیا نقش بسیار پررنگی (در حدود ۴۰٪) در مقایسه با سایر واکنش‌ها دارند (شکل ۷). به‌عنوان مثال برای واکنش‌های اکسایش؛ فرایند اکسایش زایلن در حضور هوا و کاتالیزگر نقره [۲۳] و برای کاهش مانند فرایند کاهش نیتروبنزن [۲۴] را می‌توان نام برد. واکنش‌های تجزیه کاتالیزگری مواد با سهم ۱۱٪ پس از این دو واکنش قرار دارند. به‌عنوان مثال می‌توان نقش اکسید تیتانیم بر تجزیه حرارتی پلی (متیل متاکریلات) [۲۵] را نام برد. بسپارش [۲۶] با سهم ۶٪ در رتبه چهارم این دسته‌بندی قرار دارد. این چهار

با مقایسه این شکل با توزیع آماری نانو ساختارها در کل مبحث فناوری نانو [۲۲]، می‌توان به این نتیجه رسید که در مبحث کاتالیزگر نانو لوله‌ها و نانو ذرات بیشتر و نانو بلورها و نانو کامپوزیت‌ها کمتر از مقدار متوسط فناوری نانو مورد توجه هستند. همچنین نانو کامپوزیت‌ها و نانو میله‌ها دارای درصد تقریباً مشابه (به ترتیب ۴٪ و ۲٪) با نمودار توزیع آماری نانو ساختارها (ضمیمه ۴) می‌باشند.

۳-۶ روشهای تولید کاتالیزگرها

روشهای تولید کاتالیزگرها بسته به امکانات و نیاز انواع گوناگونی دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق می‌توان گفت که روش‌های مبتنی بر محلول بیش از یک چهارم کل روشها را به خود اختصاص داده است (شکل ۶). مطابق بررسی‌های ما کلمه محلول بیشتر با روش تولید کاتالیزگر مرتبط بوده است. البته دسته‌بندی

فرایند ذکر شده (اکسایش، احیا، تجزیه، بسپارش) تقریباً نیمی از این فرایندها را به خود اختصاص داده‌اند. زیاد بودن حجم موارد متفرقه بیانگر تنوع بسیار زیاد واکنشهای تحت بررسی است.

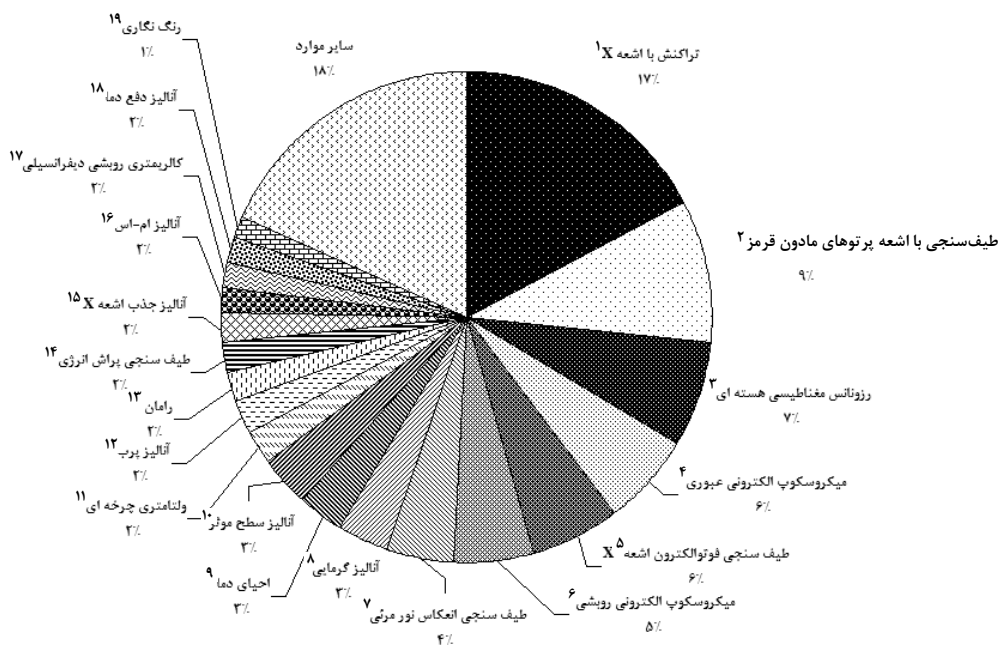


شکل ۷- فرایندهای کاتالیز متداول در تحقیقات کاتالیزگری سال ۲۰۰۸

۳-۸ روش‌های تعیین مشخصات

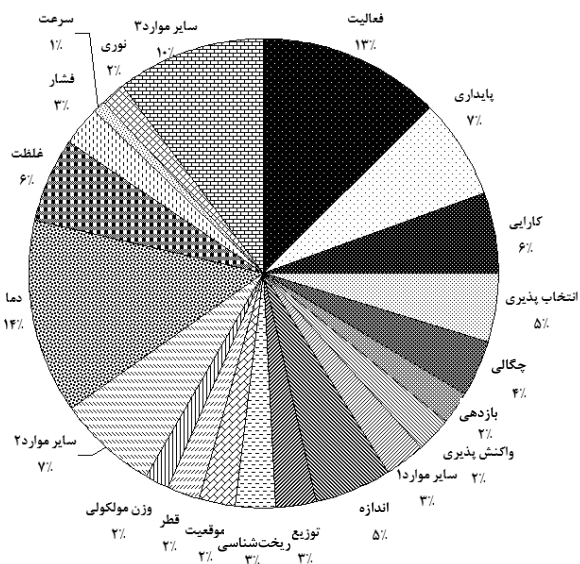
هر پژوهشی بر روی کاتالیزگرها مستلزم آگاهی از خصوصیات و مشخصات کاتالیزگر مورد استفاده می‌باشد، بدین منظور ما به بررسی روشهای تعیین مشخصات کاتالیزگرها پرداختیم که نتایج به صورت ذیل می‌باشند.

شکل (۸) نشان می‌دهد که روش متداول XRD با سهم ۱۷٪ بیشترین کاربرد را دارد و در فاصله زیادی از آن روش IR با سهم ۹٪ قرار دارد. دو روش TEM و XPS با سهم تقریباً ۶٪ در درجه چهارم و پنجم قرار دارند. در فاصله اندکی از روش XPS، روش SEM با سهم ۵٪ قرار دارد. به طور کلی شش روش (XRD, IR, NMR, TEM, XPS, SEM) از این روشها را تشکیل می‌دهند. این موضوع بیانگر این مطلب است که این شش روش مبنای اصلی تحقیقات در این رشته می‌باشد و محققین این رشته بی نیاز از آنها نیستند. وجود سهم ۱۸٪ برای موارد متفرقه گویای تنوع بسیار زیاد روشهای تعیین مشخصات کاتالیزگرها است. در یک مقایسه با مقاله مشابه در مورد ابزارهای تعیین مشخصات فناوری نانو [۲۲] نتایج زیر به دست آمد:



شکل ۸- روشهای تعیین مشخصات در تحقیقات کاتالیزگری سال ۲۰۰۸

1. XRD	2. IR	3. NMR	4. TEM	5. XPS	6. SEM
7. UV-vis	8. TGA	9. TPR	10. BET	11. CV	12. Probe
13. Raman	14. EDS	15. X-Ray abs.	16. MS	17. DSC	18. TPD
19. Chromatography					



شکل ۹- ویژگی‌های مورد بررسی در تحقیقات کاتالیزگری سال ۲۰۰۸ که به ۴ دسته: عملکردی، ساختاری، عملیاتی و فیزیکی تقسیم‌بندی شده‌اند

گرفته است. به‌عنوان مثال، بهبود فعالیت فوتوکاتالیزگری اکسید تیتانیم [۲۷] هدف یکسری از تحقیقات بوده است. از ویژگی‌های عملیاتی مورد بررسی بیشترین سهم را دما دارد، زیرا گذشته از اهمیت اثر دما بر سرعت واکنش، اندازه‌گیری آن نیز بسیار ساده است. از ویژگی‌های ساختاری که در مقام دوم قرار دارند به‌عنوان مثال می‌توان به اندازه ذرات (مانند تاثیر اندازه بلورهای پایه بر خواص کاتالیزگر پالادیم در هیدروژن دار کردن انتخابی استیلن [۱]) همچنین مقدار پخش^۱ (مثلاً مطالعه مقایسه ای تاثیر پخش و مساحت سطح بر خاصیت اسیدی مولیبدن [۲]) اشاره کرد. از ویژگی‌های فیزیکی می‌توان به خواص نوری اشاره کرد مانند بررسی خواص نوری میکرو ساختارها که به‌عنوان کاتالیزگرها در فرایندهای گوناگون استفاده شده‌اند [۳۰].

۳-۱۰ کاربردها

در برخی از چکیده مقالات، زمینه کاربرد پیشران‌های تحقیقات کاتالیزگری وجود دارد، که سمت و سوی کشش بازار کاتالیزگر را نشان می‌دهد.

مشابهاتی بین فناوری کاتالیزگر و نانو در درصد روش‌های تعیین مشخصات وجود دارد مانند روش‌های تعیین مشخصات SEM با سهم تقریباً ۶٪ و همچنین روش‌های CV و DSC با سهم ۲٪ در هر دو فناوری قرار دارند. در حالی که در مقالات فناوری نانو بیشترین روش تعیین مشخصات روش TEM است، در مقالات کاتالیزگری، بیشترین روش تعیین مشخصات مورد استفاده XRD می‌باشد، در مقالات فناوری نانو طیف سنجی مادون قرمز در جایگاه نهم (با سهم ۴٪) قرار دارد، در صورتی که در مقالات کاتالیزگری در جایگاه دوم (با سهم ۹٪) قرار دارد. روش AFM که در مقالات فناوری نانو در جایگاه سوم است و سهم ۸٪ دارد اما در مقالات کاتالیزگری در موارد کمتر از ۱٪ قرار دارد.

در اینجا کلید واژه‌های In situ و Real-time نیز وجود داشت، اما به این علت که به طور یکسانی هم در تعیین مشخصات بلادرنگ و هم تولید کاتالیزگر به کار رفته بودند، و امکان تفکیک آسان این دو مورد وجود نداشت، از ذکر آن در موضوعات تعیین مشخصات صرف‌نظر شد.

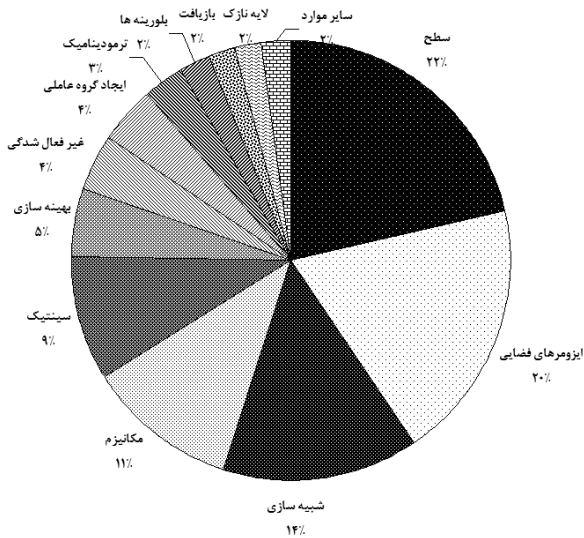
برای درک بهتر روش‌های تعیین مشخصات، تلاش شد ویژگی‌های کاتالیزگری مهم از منظر محققین نیز مطالعه شوند.

۳-۹ ویژگی‌های مورد بررسی

مبنای هر تحقیق تجربی سنجش یک سری ویژگی‌هاست. ویژگی‌های مورد بررسی در مقالات پژوهشی کاتالیزگرها را می‌توان به چهار دسته: عملکردی (اعم از فعالیت و پایداری کاتالیزگر)، ساختاری (مانند اندازه ذره و توزیع اندازه حفرات)، عملیاتی (متغیرهای قابل اندازه‌گیری فرایند و راکتور مانند دما و غلظت)، فیزیکی (مانند نوری)، تقسیم کرد.

با یک نگاه اجمالی به شکل (۹)، مشاهده می‌شود که ویژگی‌های عملکردی (با سهم ۴۲٪) بیشترین محدوده را به خود اختصاص داده‌اند و بعد از آنها ویژگی‌های ساختاری و عملیاتی با محدوده برابر (با سهم ۲۴٪) در مرتبه دوم و سپس ویژگی‌های فیزیکی (با سهم ۱۲٪) در مرتبه سوم قرار دارند.

همانطور که مشاهده می‌شود محدوده وسیعی از این مقالات به بررسی ویژگی‌های عملکردی پرداخته‌اند و همانطور که پیشتر اشاره شد، فعالیت، یکی از مهمترین ویژگی‌هایی است که مورد بررسی قرار



شکل ۱۱- راستاهای تحقیقات کاتالیزگری سال ۲۰۰۸

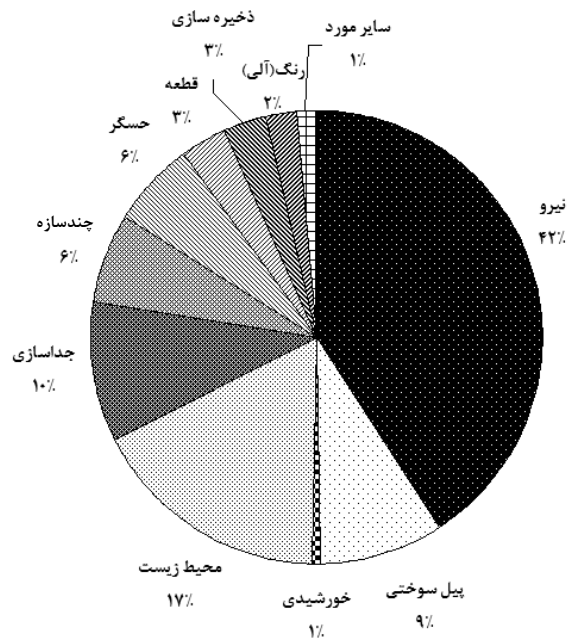
بررسی‌های سطحی (با سهم ۲۱٪) مهم‌ترین نشانگر سمت‌وسوی تحقیقات کاتالیزگری به شمار می‌آیند. همان‌طور که می‌دانیم افزایش هر چه بیشتر سطح کاتالیزگر باعث افزایش بازدهی و فعالیت کاتالیزگر می‌شود و این موضوع در مقالات بیشماری بررسی شده است. مثلاً تاثیر مساحت سطح بر فعالیت فوتوکاتالیزی [۳۱-۳۴]. در فاصله نزدیکی از آن، ساختار همپارهای فضایی را داریم که وجود این موضوع در رده دوم نشان از تکامل پیچیده شدن دانش کاتالیزگر به سمت افزایش دقت فضایی واکنش‌ها دارد. به عبارت دیگر توجه زیادی روی ساختارهای فضایی خاص و واکنش دهنده‌گی خاص کاتالیزگرها وجود داشته است. با اصالت تجربه در دانش کاتالیزگر حضور موضوع شبهه‌سازی با سهم ۱۴٪ بیان‌کننده پیشرفت علمی سریع کاتالیزگر به سمت یک واکنش شفاف و قابل پیش‌بینی است. امید است که با گسترش این عرصه بتوان تحقیقات را به سمت کاهش تعداد آزمایشات (از طریق شبهه‌سازی) با سرعت بیشتری پیش برد.

با یک نگاه اجمالی به شکل (۱۱) می‌توان به این موضوع دست یافت که بیشتر تحقیقات و مطالعات جنبه علمی دارند و فقط در حدود ۵٪ (مربوط به بهینه‌سازی) به موضوعات فناوری می‌پردازد.

۳-۱۲ بررسی وضعیت ایران

۳-۱۲-۱-۱۲-۲ محدوده موضوعات

با توجه به شکل (۱۲)، می‌توان به این نتیجه رسید که قسمت اعظم



شکل ۱۰- کاربردهای کاتالیزورها در تحقیقات

کاتالیزگری سال ۲۰۰۸

در مسئله کاربرد کاتالیزگرها می‌توان به مباحث مرتبط با انرژی مانند سوخت، پیل سوختی و سایر موارد اشاره کرد. همان‌طور که از شکل (۱۰) نتیجه می‌شود ۴۵٪ از کاربرد کاتالیزگر مربوط به مسائل نیرو، موتور (خودرو) و انرژی می‌باشد که فقط پیل‌های سوختی سهم ۹٪ را به خود اختصاص داده‌اند. با این حال در مقام مقایسه، کاتالیزگر نقش کم‌رنگی در تحقیقات انرژی خورشیدی دارد.

در مرتبه دوم (با سهم ۱۷٪) مسائل زیست محیطی قرار دارند. استفاده از فرایندهای کاتالیزگری در مصارف محیط زیست نیز پیشرفت چشمگیری داشته است، ۵٪ از این محدوده ۱۷ درصدی به موارد حذف و جداسازی مربوط به مواد ناخواسته و تقریباً ۱٪ آن مربوط به تصفیه پساب است.

به عبارت دیگر موضوع‌های انرژی و محیط زیست ۷۰٪ کاربردهای فرایندهای کاتالیزگری را به خود اختصاص داده‌اند که این نشان می‌دهد کاربردهای پیش‌بران تحقیقات کاتالیزگری از تنوع کمی برخوردارند.

۳-۱۱ راستاهای پژوهشی تحقیقات کاتالیزگری

در سطح پایین‌تر از خواسته صنعت و در مقیاس آزمایشگاهی، رویکردهای پژوهشی می‌توانند اطلاعات زیادی از علائق پژوهشگران عرصه کاتالیزگر را به تصویر بکشند (شکل (۱۱)).

در پایان می‌توان انتظار داشت که با شناسایی بیشتر سمت و سوی تحقیقات کاتالیزگری در سالهای مختلف و در میان بانک‌های اطلاعاتی گوناگون همچون بانک اختراعات ثبت شده، می‌توان به دورنمای شفاف‌تر از صحنه‌های جاری تحقیقات کاتالیزگری اشاره کرد.

ضمیمه ۱: روش کار

ابتدا وارد سایت ISI شده در قسمت جستجو عبارت کلیدی ذیل را که مشتمل بر مباحث کاتالیزگرهای ناهمگن و فاقد مباحث، همگن و الکتروشیمیایی است را وارد کرده؛

cataly* not bio* not homogen* not "catalyst free" not enzym*
not toxic* not lipid* not protein* *not electrochem

و جستجو را در سال انتشار ۲۰۰۸ انجام می‌دهیم. پس از مشاهده خروجی جستجو، در قسمت تصحیح کردن نتایج، محدوده موضوعات مورد بررسی خود را انتخاب می‌کنیم، که این تحقیق شامل ۱۱ موضوع به شرح زیر است:

شیمی/ مهندسی/ بسپار/ انرژی و سوخت/ وسایل سنجش و کاربرد آنها/ علم مواد/ علم و فناوری/ طیف سنجی^۱/ محیط زیست/ فیزیک/ بلورشناسی^۲

بعد از مشخص کردن محدوده موضوعات، تعداد مقالات به دست آمده ۲۲۷۳۰ مورد می‌شود. حال اطلاعات به دست آمده از جستجو را ذخیره می‌کنیم به این صورت که؛ در انتهای صفحه در قسمت ذخیره شماره مقالات را وارد می‌کنیم، در اینجا چون همه ۲۲۷۳۰ مقاله مورد نیاز است، عدد ۱ تا ۵۰۰ را وارد کرده (در هر بار بیشتر از ۵۰۰ مقاله را نمی‌تواند به نرم‌افزار Endnote وارد کرد) و گزینه Export to Endnote را انتخاب می‌کنیم. برنامه Endnote را باز کرده و یک پوشه جدید می‌سازیم. سپس گزینه export (به معنای صادر کردن اطلاعات) را انتخاب کرده و مقالات به پوشه جدید که در Endnote ساخته‌ایم وارد می‌شود. به نتایج جستجو بر می‌گردیم و این کار را تا ذخیره تمام مقالات ادامه می‌دهیم. مثلاً در مرحله دوم عدد ۵۰۱ تا ۱۰۰۰ را وارد کرده و گزینه Export to Endnote را انتخاب کرده و مانند قبل عمل می‌کنیم. باید توجه داشت که برنامه Endnote در طول ذخیره‌سازی مقالات باز باشد تا همه مقالات در یک پوشه ذخیره شود.

با توجه به کاهش آرام نمودار می‌توان رقابت تنگاتنگ بین پژوهشگران این عرصه را شاهد بود. تعداد زیاد بخش‌های مختلف این نمودار حاکی از تعداد زیاد پژوهشگران در این شاخه از علم می‌باشد. با استفاده از این نمودار می‌توان اشخاصی را که در علم کاتالیز فعالیت می‌کنند شناسایی کرد و در صورت لزوم به آنها مراجعه نمود.

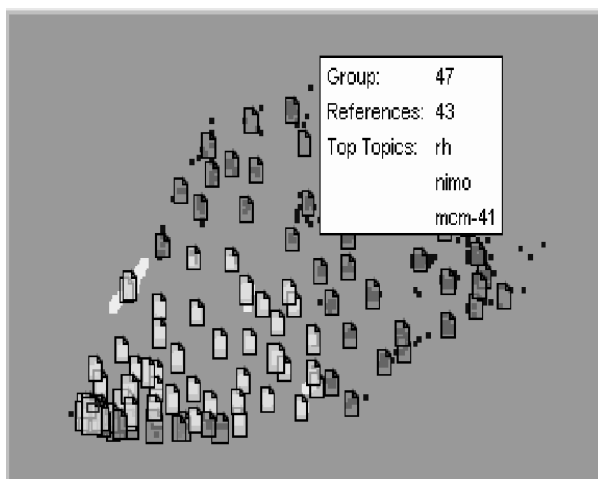
۴- نتیجه‌گیری

به طور کلی به نظر می‌رسد عمده تحقیقات به رویکردهای ساده تر، ارزانتر و قابل دسترس اتکا دارند؛ به عنوان مثال می‌توان به ترکیبات متداولی مانند آب، دی اکسید کربن، هیدروژن، فلزات پر کاربردی مانند نیکل، آهن و مس و پایه‌های کاتالیزگری همچون آلومین، زئولیت، سیلیس اشاره کرد که دسترسی به همه آنها آسان می‌باشد. ویژگی‌های این ترکیبات اعم از دما، فعالیت و اندازه ذرات بوده و عمدتاً از روش‌های تعیین مشخصات متداول مانند XRD و IR برای بررسی آنها استفاده می‌شود. با این حال این قاعده همیشه صادق نیست، مثلاً فلز ارزان قیمت نقره از همه فلزات گرانبها کمتر استفاده می‌شود. فرایندهای کاتالیزی و روشهای تولید کاتالیزگرها از تنوع بسیاری برخوردار است، از میان فرایندها اکسایش و کاهش و از میان روشهای تولید روشهای فاز مایع بیشترین سهم را دارا می‌باشند. در مقابل این موارد کاربرد، کاتالیزگرها از تنوع کمی برخوردارند به طوری که مصارف نیرو و سوخت و زیست محیطی سهمی بیش از نیمی (۶۰٪) از کاربرها را به خود اختصاص داده اند. خانواده مواد فرایندی دارای گستردگی و تنوع زیادی است؛ اما در این میان سهم ترکیبات آلی کربن دار ساده (۳۶٪) و سپس ترکیبات آلی (کربن-اکسیژن دار) (۳۰٪) کاملاً چشمگیر است.

حضور فناوری نانو در این تحقیقات نشان از قرابت این علوم دارد، مطابق این بررسی مواد نانو ذرات و نانو لوله‌ها نزدیک به نیمی از نانو ساختارهای کاتالیزگری را شامل می‌شوند. در این میان، راستاهای تحقیقات کاتالیزگری به بررسی سطحی، ایزومرهای فضایی و شبیه‌سازی پرداخته‌اند. سیر تحقیقات کاتالیزگری به سمت بررسی ایزومرهای فضایی و شبیه‌سازی، نشان از پیچیده شدن این علم دارد؛ حال آنکه موضوعات فناورانه، مانند بهینه‌سازی، در اقلیت به سر می‌برند.

1. Spectroscopy
2. Crystallography

این نرم افزار، کلمات موجود در عنوان و چکیده مقالات را به سه دسته کلی تقسیم می کند که عمده کلمات مهم و مورد استفاده ما در دو ستون اول قرار دارند (major و minor).



Galaxy

حال کلمات ستونها را به نرم افزار اکسل منتقل می کنیم تا آنالیزها و دسته بندیهای لازم را انجام دهیم. به عنوان مثال در بخش ۱۱-۴-۱ مساحت سطح را به افزایش بازدهی و فعالیت کاتالیزگر مربوط کردیم، این نتیجه از بررسی کلید واژه ها در نرم افزار Refviz به دست آمده است که در این نرم افزار ارتباط بین کلید واژه مساحت سطح و فعالیت به صورت زیر بیان شده است:

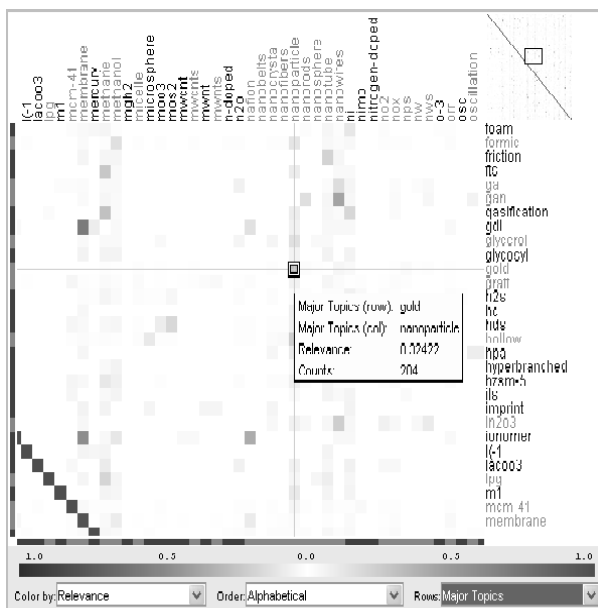
Minor	
Term	#
surface	4472
activity	1664
temperature	1468
oxidation	1048
carbon	1016
adsorption	1003

همان طور که در شکل مشاهده می شود، فعالیت اولین کلید واژه ای است که با مساحت سطح ارتباط دارد. البته ما به این ارتباط آماری بسنده نکردیم و برای اطمینان بیشتر به صورت موردی بررسی شد و تقریباً به ۸۰٪ از اطمینان رسیدیم و سپس آن را به عنوان تحلیل این موضوع مطرح کردیم در بقیه موارد نیز این روند صادق است.

حال همه مقالات حاصل از جستجوی ما در نرم افزار Endnote موجود است، از این نرم افزار برای برقراری ارتباط بین داده ها و آنالیز آنها با نرم افزار Refviz استفاده می کنیم. در قسمت جعبه ابزار نرم افزار Endnote گزینه Data visualization را انتخاب می کنیم تا داده ها به نرم افزار Refviz منتقل شوند.

حال داده های ما وارد نرم افزار Refviz شده است. این نرم افزار از ۳ بخش: ستون های کلمات، نمایش نموداری و عنوان مقالات تشکیل شده است.

ستون های کلمات از سه قسمت major (شامل کلمات مهم و ضروری) و minor (کلمات نه چندان مهم) و قسمت آخر other descriptive terms (شامل کلمات بی اهمیت و غیر ضروری) تشکیل شده است، در قسمت نمایش نموداری مقالات به دو صورت matrix و galaxy نمایش داده شده اند. در نمودار galaxy مقالات به صورت پوشه هایی بزرگ و کوچک که بیان کننده تراکم موضوعی داده ها است نشان داده شده اند، در این نمودار با انتخاب هر پوشه کلمات کلیدی و تراکم آن نشان داده می شود. اما در نمودار matrix کلمات بر روی دو محور X و Y قرار دارند و ارتباط آنها با رنگها مشخص می شود. مثلاً تعامل زیاد بین cat_cvd و film است که به رنگ قرمز نشان داده شده است یا نداشتن تعامل بین دو کلمه borylation و nanoparticle که به رنگ آبی نشان داده شده است.



Mtrix

ضمیمه ۳: نشانه‌های اختصاری به ترتیب حروف الفبا

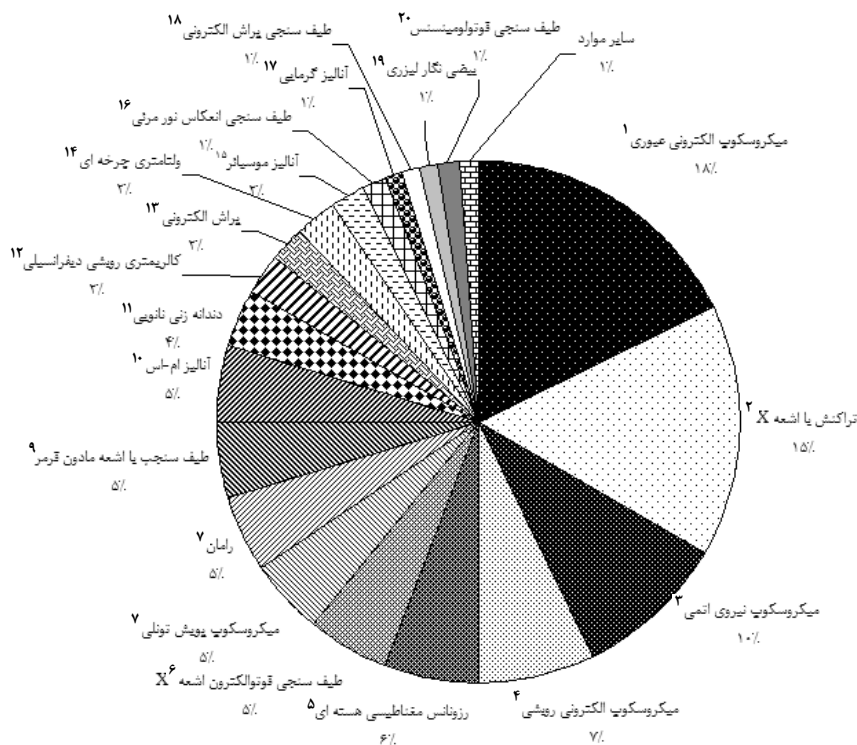
AFM	میکروسکوپ نیروی اتمی
AP	پرکلرات آمونیوم
¹ BET	روش برومنت-امنت تدر
C-C	کربن-کربن
CeO	اکسید سربم
CV	چرخه ولتامتری
DMF	دی متیل فرمامید
DOC	کربن الی نامحلول
DRS	طیف بازتاب منتشر شده
DSC	کالریمتری روبشی دیفرانسیلی
EB	پرتو الکترون
EDS	پراش طیف سنجی انرژی
EDX	طیف سنجی با اشعه ایکس
EPR	رزونانس پارامگنتیک الکترونی
ESR	رزونانس اسپین الکترون
¹ EXAFS	جذب اشعه ایکس
FCC	سیالات کراکینگ کاتالیزوری
² FESEM	میکروسکوپ الکترونی روبشی پهنه انتشار
⁴ FTIR	طیف سنجی مادون قرمز جابه جایی فوریه
GC	کروماتوگرافی گازی
GPC	کروماتوگرافی نفوذ ژل
⁵ HDS	هیدرو دی سولفوریزیشن
LPG	گاز مایع
MOF	ساختار فلز الی
⁶ NHC	کرباین ناچور حلقه هسته‌ای
NMR	رزونانس مغناطیسی هسته‌ای
OSC	گنجایش ذخیره اکسیژن
PE	پلی اتیلن
PEM	غشای الکترولیت بسیار
PEMFC	تبادل پروتون غشای سلولهای سوختی
⁷ PL	نورتایی
PU	پلی اورتان
SCR	کاهش تحریک پذیری انتخابی
STM	میکروسکوپ تونلی روبشی
TEM	میکروسکوپ الکترونی عبوری
TG	تیوگلیسرول
TGA	آنالیز گرمایی
⁸ TPD	دفع دمای دستوری
TPO	اکسایش دمای دستوری
TPR	کاهش دمای دستوری
UV-vis	طیف سنجی انعکاس نور مرئی
⁹ XPS	طیف سنجی فوتوالکترون پرتوهای ایکس
XRD	پراش پرتوهای ایکس

1. Brunauer-Emmett-Teller
2. X-ray Absorption Fine Structure
3. Field Emission Scanning Electron Microscopy
4. Fourier Transform Infrared Spectroscopy
5. Hydrodesulphurization
6. Nucleophilic Heterocyclic Carbene
7. Photoluminescence
8. Temperature Programmed Desorption
9. X-ray Photoelectron Spectroscopy

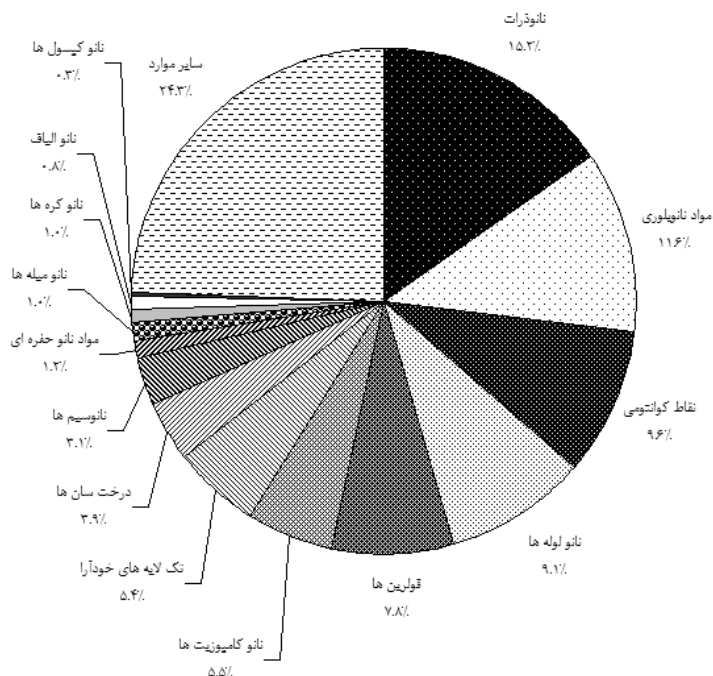
ضمیمه ۴: مجموعه کلماتی که به صورت هم معنی در نظر گرفته شده‌اند به ترتیب حروف الفبا

Alkali=alkane
Alkene=carbon-carbon, c-c
B=boron
Br=bromide ,br ,brome
CeO=cerium oxide ,ceria
CO=carbon monoxide
Crystallogeraphy=crystallographic
Cu=copper ,cu (ii)
CVD=chemical vapor deposition,vapor deposition
Cyclic voltammetry=cyclic voltammetric
Decomposition=Degradation
Dispersion=dispers
Electrocatalyst=electro chemical ,anode ,cathode ,electrolyte
Environmental=environment ,pollutant ,removal ,wastewater
Hetero cycle=hetero cycle
Inhibit=deactivation ,inactive ,sinter ,poison
Iodide=iodine ,iodes
Micro wave=micro wave-assisted
Morphology=morphologic
MWCNT=MWNT,MWNTS,MWCNTS
N2=nitrogen
Nano composite=nano composites
Nano crystal=nanocrystalline
OH=hydroxyl
Optimization=optimize ,optimizations ,optimum ,optimal
Oxidation=oxidize ,oxidations ,electro-oxidation
Pd=palladium ,palladium-catalyzed ,pd (oac) (2)
Poly=polymer
Polymerization=ring-opening polymer ,radical polymer
Precipitate=precipitation
Rare earth=ce ,la
Recovery=recover
Rh=rh-catalyzed ,rhodium
Ring=bicyclic
SEM=FESEM
Separation=Membrane
Simulation=DFT,calculation,calculat,model,simulations,B3LYP,computratial,simulate,compute
Spatial=chemoselective, region, diastereo selectivity, regioselectivity, stereo-selectivity, diastereo
Selective,enantiomeric,regioselective,enantioselectivities,enantio selectivity,steric,enantio-selective
Spectroscopy=spectrometry
Stability=stabilize, stable
TiO2=titania
TPR=h-2-TPR
UV-vis=uv
Velocity=flux, flow rate
ZrO=zirconia, zirconium oxide

ضمیمه ۴: نمودارهای مقاله بررسی نحوه رشد و جهت گیری مقالات نانو فناوری



شکل ۱- روشهای تعیین مشخصات



شکل ۲- نانو ساختارها

1. TEM	2. XRD	3. AFM	4. SEM	5. NMR	6. XPS
7. STM	8. Raman	9. iR	10. ms	11. NanoIndentation	
12. DSC	13. Electron diffraction		14. CV	15. Mossbauer	
16. UV-Vis	17. TGA	18. EDX	19. Eilipsometry	20. Photoluminescence Spec	

- [1] Miyake, Y. Endo, S. Nomaguchi, Y. Yuki, M. and Nishibayashi, Y. "Novel Monophosphido-Bridged Diruthenium Complexes: Efficient Preparative Method and Catalytic Activity toward Reactions of Propargylic Alcohols with Aromatic Compounds," *Organometallics* 27 (15), 4017-4020, (2008).
- [2] Antonius, I. Jae-Wook, C. Hwaung, L., Keun, S.H. "The kinetic studies of direct methane oxidation to methanol in the plasma process," *Chinese Science Bulletin* 53 (18), 2783-2792, (2008).
- [3] Marques, R. Mazri, L. Da Costa, S. Delacroix, F. Djéga-Mariadassou, G. and Da Costa, P. "Selective reduction of NO_x by hydrogen and methane in natural gas stationary sources over alumina-supported Pd, Co and Co/Pd catalysts: Part A. On the effect of palladium precursors and catalyst pre-treatment," *Catalysis Today* 137 (2-4), 179-184, (2008).
- [4] Tamtogh, A. Kratzer, M. Killman, J. and Winkler, A. "Adsorption/desorption of H₂ and CO on Zn-modified Pd (111)," *Journal of Chemical Physics* 129 (22), (2008).
- [5] Oncescu, T. Nitoi, I. and Oncea, P. "Chlorobenzene Degradation Assisted by TiO₂ under UV Irradiation in Aqueous Solutions," *Journal of Advanced Oxidation Technologies* 11 (1), 105-110, (2008).
- [6] Narangerel, J. and Sugimoto, Y. "Removal of nitrogen compounds before deep hydrotreatment of synthetic crude oils," *Journal of the Japan Petroleum Institute* 51 (3), 165-173, (2008).
- [7] Yi, H. Peng, H. Ke, D. Ke, D. Zan, L. and Yan, Ch. "Photocatalytic H₂ production from methanol aqueous solution over titania nanoparticles with mesostructures," *International Journal of Hydrogen Energy* 33 (2), 672-678, (2008).
- [8] Adachi, K. and Hirano, T. "Controllable Silane Water-Cross-Linking Kinetics and Curability of Ethylene-Propylene Copolymer by Amine Compounds," *Industrial & Engineering Chemistry Research* 47 (6), 1812-1819, (2008).
- [9] Deng, K.L. Zheng, X.Y. Liu, J. Zhang, Y.Q. Jia, N. Tian, H. and Liu, Y. "Graft copolymerization of sodium acrylate onto organophilic montmorillonites initiated by potassium diperiodatonickelate (IV) and application of graft copolymer in water-superabsorbent," *Journal of Applied Polymer Science* 108 (4), 2472-2480, (2008).
- [10] Zhao, Y. Zhang, X. Zhai, J. He, J. Jiang, L. Liu, Zh. Nishimoto, Sh. Murakami, T. Fujishima, A. and Zhu, D. "Enhanced photocatalytic activity of hierarchically micro-/nano-porous TiO₂ films," *Applied Catalysis B: Environmental* 83 (1-2), 24-29, (2008).
- [11] Biricik, N. Durap, F. Kayan, C. Gumguma, B. Gurbuz, N. Ozdemir, I. Ang, W.H. Fei, Z. and Scopelliti, R. "Synthesis of new aminophosphine complexes and their catalytic activities in C-C coupling reactions," *Journal of Organometallic Chemistry* 693 (16), 2693-2699, (2008).
- [12] Douani, R. Hadjersi, T. Boukherroub, R. Adour, L. and Manseri, A. "Formation of aligned silicon-nanowire on silicon in aqueous HF/ (AgNO₃+Na₂S₂O₈) solution," *Applied Surface Science* 254 (22), 7219-7222, (2008).
- [13] Huang, H. Young, N. Williams, B.P. Taylor, S.H. and Hutchings, G. "Purification of chemical feedstocks by the removal of aerial carbonyl sulfide by hydrolysis using rare earth promoted alumina catalysts," *Green Chemistry* 10 (5), 571-577, (2008).
- [14] Geng, Q.J. Guo, Q.J. Cao, C.Q. and Wang, L.T. "Investigation into nanoTiO₂/ACSPCR for decomposition of aqueous hydroquinone," *Industrial & Engineering Chemistry Research* 47 (8), 2561-2568, (2008).
- [15] Shi, Y. Pan, H. Zhang, Y. and Li, W. "Promotion of MgO addition on SO₂ tolerance of Ag/Al₂O₃ for selective catalytic reduction of NO_x with methane at low temperature," *Catalysis Communications* 9 (5), 796-800, (2008).
- [16] Akhtar, M.N. Atiqullah, M. Moman, A.A. Abu-Raqabah, A.H. And Ahmed, N., "Supported (BuCP)-Bu-n) (2)ZrCl (2)Catalysts: Effects of selected Lewis acid organotin silica surface modifiers on ethylene polymerization," *Macromolecular Reaction Engineering* 2 (4), 339-349, (2008).
- [17] Sakamoto, Y. Kanno, M. Okuhara, T. and Kamiya, Y. "Highly selective hydrogenation of nitrate to harmless compounds in water over copper-palladium bimetallic clusters supported on active carbon," *Catalysis Letters* 125 (3-4), 392-395, (2008).
- [18] Ding, K.Q. and Cao, M. "Pyrolysis of chloroplatinic acid to directly immobilize platinum nanoparticles onto multi-walled carbon nanotubes," *Russian Journal of Electrochemistry* 44 (8), 977-980, (2008).
- [19] Li, Z.R. Dervishi, E. Xu, Y. Ma, X.D. Saini, V. Biris, A.S. Little, R. Biris, A.R. and Lupu, D. "Effects of the Fe-Co interaction on the growth of multiwall carbon nanotubes," *Journal of Chemical Physics* 129 (7), (2008).
- [20] Anandan, S. Kumar, P.S. Pugazhenthiran, N. Madhavan, J. and Maruthamuthu, P. "Effect of loaded silver nanoparticles on TiO₂ for photocatalytic degradation of Acid Red 88," *Solar Energy Materials and Solar Cells* 92 (8), 929-937, (2008).
- [21] Duraczynska, D. Serwicka, E.M. Waksmundzka-Gora, A. DrelinkieWiCz, A. and Olejniczak, Z. "Immobilization of a cationic ruthenium (II) complex containing the hemilabile phosphoallyl ligand in hexagonal mesoporous silica (HMS) and application of this material as hydrogenation catalyst," *Journal of Organometallic Chemistry* 693 (3), 510-518, (2008).

- [۲۲] مغربی، م. و کاظمی، د. " بررسی نحوه رشد و جهت گیری مقالات نانو فناوری با استفاده از پایگاه داده ISI" سایت نانو فناوری، (۱۳۸۸).
- [23] Hakoda, T. Matsumoto, K. Mizuno, A. Narita, T. Kojima, T. and Hirota, K. "Oxidation Process of Xylene in Air Using Ag/TiO₂ Under Electron Beam Irradiation," *Ieee Transactions on Industry Applications* 44 (6), 1950-1956, (2008).
- [24] Xu, W. Li, P. and Fan, J. "Reduction of nitrobenzene by the catalyzed Fe/Cu process," *Journal of Environmental Sciences* 20 (8), 915-921, (2008).
- [25] Laachachi, A. Ferriol, M. Cochez, M. Ruch, D. and Lopez-Cuesta, J.M. "The catalytic role of oxide in the thermooxidative degradation of poly (methyl methacrylate)-TiO₂ nanocomposites," *Polymer Degradation and Stability* 93 (6), 1131-1137, (2008).
- [26] Gong, S.G. and Ma, H.Y. "beta-diketiminat aluminium complexes: synthesis, characterization and ring-opening polymerization of cyclic esters," *Dalton Transactions* (25), 3345-3357, (2008).
- [27] Kang, I.C. Zhang, Q.W. Yin, S. Sato, T. and Saito, F. "Improvement in photocatalytic activity of TiO₂ under visible irradiation through addition of N-TiO₂," *Environmental Science & Technology* 42 (10), 3622-3626, (2008).
- [28] Komhom, S. Praserthdam, P. Mekasuwandumrong, O. and Panpranot, J. "Effects of the support crystallite size and the reduction temperature on the properties of Pd/alpha-Al₂O₃ catalysts in selective acetylene hydrogenation" *Reaction Kinetics and Catalysis Letters* 94 (2), 233-241, (2008).
- [29] Wan, H. Li, D. Zhu, H. Zhang, Y. Dong, L. Hu, Y. Liu, B. Sun, K. Dong, L. and Chen, Y. "A comparative study on the dispersion behaviors and surface acid properties of molybdena on CeO₂ and ZrO₂ (Tet)," *Journal of Colloid and Interface Science* 326 (1), 28-34, (2008).
- [30] Ling, Q. Sun, J. Zhou, Q. Zhao, Q. and Ren, H. "Visible-light-driven boron/ferrum/cerium/titania photocatalyst," *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 200 (2-3), 141-147, (2008).
- [31] Luo, D.C. Zhang, L.L. Long, H.J. Chen, Y.M. and Cao, Y.A. "Effect of surface modification by Ni²⁺ on photocatalysis activity of TiO₂," *Acta Physico-Chimica Sinica* 24 (6), 1095-1099, (2008).
- [32] Martinez-Huerta, M. V. Deo, G. Fierro, J. L. and Banfares, M.A. "Operando Raman-GC Study on the Structure-Activity Relationships in V⁵⁺/CeO₂ Catalyst for Ethane Oxidative Dehydrogenation: The Formation of CeVO₄," *The Journal of Physical Chemistry C* 112 (30), 11441-11447, (2008).
- [33] M. Seyler, C. Selzner, C. Holzappel, F. M cklich, and W. F. Maier, "Influence of Laser-Induced Topography Changes on the Activity of Catalyst Coatings as Examined by Infrared Thermography," *Advanced Functional Materials* 18 (8), 1178-1185, (2008).
- [34] Xin, B. Wang, P. Ding, D. Liu, J. Ren, Zh. and Fu, H. "Effect of surface species on Cu-TiO₂ photocatalytic activity," *Applied Surface Science* 254 (9), 2569-2574, (2008).