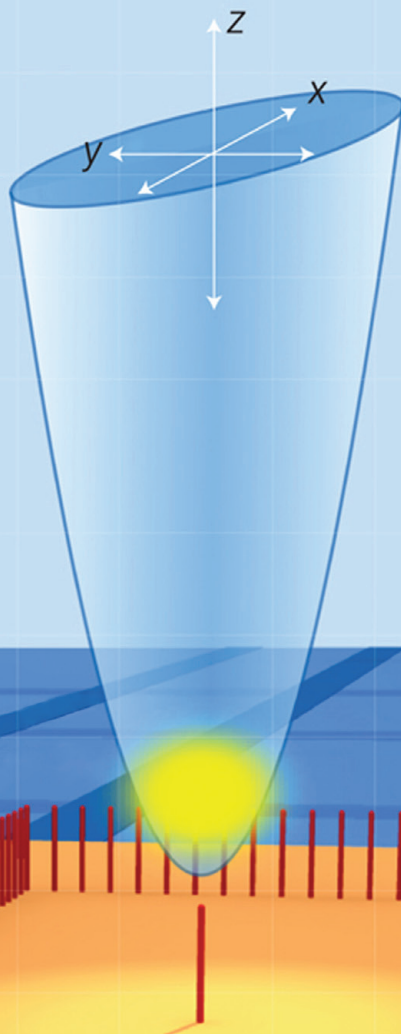


مطالعه رفتار حرارتی مواد
در ابعاد نانومتر با روش
آنالیز ریز حرارتی



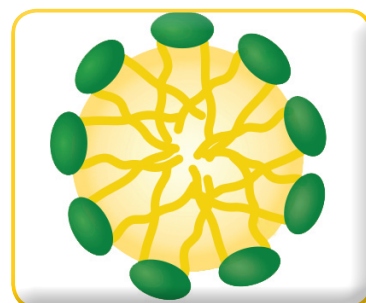
ششمین نشست تخصصی کارگروه TEM
در دانشگاه فردوسی مشهد



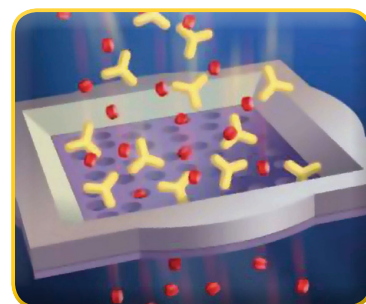
برگزاری دومین نشست کارگروه تخصصی
آنالیز عنصری در موسسه تحقیقات آب



دوازدهمین نشست
مدیران شبکه آزمایشگاهی
برگزار شد



بررسی عوامل موثر در پخش
شدن مناسب نمونه‌ها برای
تصویربرداری با TEM



مقدمه‌ای بر کروماتوگرافی مایع
با کارایی بالا و کاربرد آن در
جداسازی نانوذرات طلا



فصلنامه تخصصی

دانش آزمایشگاهی ایران

شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۲

فهرست مطالب

اخبار



دوازدهمین نشست
مدیران شبکه آزمایشگاهی برگزار شد

۴



ششمین نشست تخصصی کارگروه TEM
در دانشگاه فردوسی مشهد

۶



برگزاری اولین نمایشگاه تجهیزات و مواد
آزمایشگاهی ساخت ایران

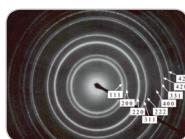
۷



برگزاری دومین نشست کارگروه تخصصی
آنالیز عنصری در موسسه تحقیقات آب

۸

گزارش



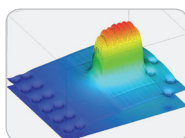
معرفی استاندارد:
آنالیز پراش الکترونی SAED با استفاده از
میکروسکوپ الکترونی عبوری

۹



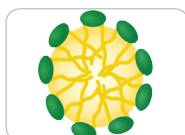
گونه‌شناسی ساختاری شبکه‌های همکاری
علم و فناوری در ایران
(مطالعه چند-موردی)

۱۰



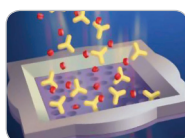
مطالعه رفتار حرارتی مواد
در ابعاد نانومتر با روش آنالیز ریزحرارتی

۲۱



بررسی عوامل موثر در پخش شدن مناسب
نمونه‌ها برای تصویربرداری با TEM

۳۰



مقدمه‌ای بر کروماتوگرافی مایع
با کارایی بالا و کاربرد آن در جداسازی
نانوذرات طلا

۳۷

مقالات

صاحب امتیاز: شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو

سر دبیر: دکتر رضا اسدی فرد

مدیریت اجرایی: شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو

دبیر مقالات: داود قرایلو

دبیر اخبار: محمدرضا تجریشی

همکاران این شماره: رضا اسدی فرد، سید حبیب‌اله
طباطبائی، صدیقه صادق حسینی، سمیرا گل زردی، مریم
خسروی، داود قرایلو، محسن معین درباری، زهرا بهراد،
محمود نادری، مریم یوسفی

طراحی و صفحه آرایی: سیمین رفیع پور لنگرودی

ویراستار علمی: مجتبی نسب

نشانی: تهران . صندوق پستی ۳۴۴-۱۴۵۶۵

تلفن: ۰۲۱ ۶۱۰۰۲۲۷۷

پایگاه اینترنتی: www.nanolab.ir

پست الکترونیکی: journal@nanolab.ir



شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو



دکتر رضا اسدی فرد
reza_asadifard@nano.ir

سخن سردبیر



از ابتدای راهاندازی شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو در سال ۱۳۸۳، هدف اصلی این شبکه ایجاد بستری مناسب برای ارائه خدمات آزمایشگاهی به محققین دانشگاهی و صنعتی و استفاده بهتر از ظرفیت‌های آزمایشگاهی کشور بوده است. در این راستا شبکه آزمایشگاهی کارگروه‌های تخصصی را در حوزه‌های TEM، X-Ray، SEM، SPM، کروماتوگرافی، آنالیز عنصری و استاندارد و کالیبراسیون، راهاندازی کرده است. یکی از اهداف شبکه از تشکیل این کارگروه‌ها، توسعه دانش آزمایشگاهی کشور و همچنین افزایش جریان دانش بین کارشناسان آزمایشگاه‌ها است.

یکی از نتایج کار این کارگروه‌ها، تهیه مقاله‌های تخصصی در حوزه دستگاهی است؛ که توسط اعضا و براساس تجارب آن‌ها در استفاده از دستگاه‌ها به رشته تحریر در می‌آید. از زمانی که این مقاله‌ها توسط کارگروه‌ها آماده شد، مشکل یافتن نشریه‌ای تخصصی و مناسب با موضوع تجهیزات آزمایشگاهی مطرح گردید. چارچوب غالب نشریات موجود در کشور به نحوی تعریف شده بود که به نظر می‌رسید سرفصل این مقاله‌ها جایی در این چارچوب ندارد. به همین دلیل ایده انتشار نشریه تخصصی در شبکه آزمایشگاهی مطرح شد. نشریه‌ای که بتواند خروجی‌های کارگروه‌ها اعم از مقاله، استاندارد انجام آزمون و یا رویدادهای مهم را منتشر کند. این ایده در گروه هم‌اندیشی شبکه آزمایشگاهی مطرح گردید و پس از تصویب، نام "فصلنامه تخصصی دانش آزمایشگاهی ایران" برای آن برگزیده شد. در گام اول این نشریه در قالب فصلنامه و به‌صورت الکترونیکی منتشر خواهد شد و امید است در آینده نزدیک با افزایش کمی و کیفی محتوای آن به‌صورت ماهنامه در آید. این فصلنامه حاوی مطالبی از قبیل مقاله‌های مدیریتی در زمینه شبکه‌سازی، مقاله‌های تخصصی دستگاهی، استانداردهای حوزه آزمایشگاهی، گزارش‌های متنی و تصویری، اخبار، معرفی آزمایشگاه‌ها و تصاویر میکروسکوپی برگزیده است.

امید است این نشریه بتواند اطلاع‌رسانی مناسبی در حوزه تخصصی آزمایشگاهی (به ویژه نانو) داشته و گام‌های عملی مثبتی در ترویج و گسترش فعالیت کارگروه‌های تخصصی شبکه بردارد. از برنامه‌های آتی این نشریه می‌توان به جذب همکاری اعضای هیئت علمی مراکز عضو شبکه و اقدام برای کسب رتبه علمی-پژوهشی اشاره کرد. امید است این نشریه بتواند در معرفی شبکه و توانمندی‌های آن به جامعه آزمایشگاهی، موثر باشد.

دوازدهمین نشست مدیران شبکه آزمایشگاهی برگزار شد



کشور دست یابد." در حال حاضر، بیش از ۳۵ درصد دانشجویان دانشگاه فردوسی مشهد را دانشجویان تحصیلات تکمیلی تشکیل می‌دهند.

به گفته مدیر آزمایشگاه مرکزی، این آزمایشگاه در سال ۱۳۸۳ در محل دانشکده علوم پایه تأسیس شده است و هم‌اکنون بیش از ۱۵ دستگاه کاربردی را در اختیار دارد و خدمات متنوع آزمایشگاهی را به پژوهشگران ارائه می‌کند. از جمله دستگاه‌های این آزمایشگاه می‌توان میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) و تعیین اندازه ذرات، اشاره کرد. شایان ذکر است که آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد از سال ۱۳۸۴ به عنوان عضو قطعی در شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو پذیرفته شده است و رتبه‌های مختلفی را طی سال‌های فعالیت خود در این شبکه کسب نموده است.

در ارایه دوم این نشست، دکتر رضا اسدی‌فرد، مدیر شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو، با ارایه گزارشی از فعالیت‌های انجام شده در شبکه در سال ۱۳۹۱، اهداف و برنامه‌های شبکه در سال جاری را نیز برای مدیران مراکز عضو، تشریح کرد. به گفته وی، در حال حاضر، تعداد ۴۷ مرکز آزمایشگاهی در قالب ۵۷ آزمایشگاه، عضو قطعی شبکه هستند که در مجموع، تعداد ۸۴۰ دستگاه آزمایشگاهی

دوازدهمین نشست مدیران مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو، یازدهم اردیبهشت‌ماه، در دانشگاه فردوسی مشهد برگزار شد.

در این گردهم‌آیی که به میزبانی آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد برگزار گردید، مدیران مراکز آزمایشگاهی عضو شبکه از سراسر کشور حضور داشتند و در زمینه افزایش همکاری‌های مختلف بین آزمایشگاهی، تبادل نظر کردند.

در ابتدای این برنامه، دکتر علی جباری آزاد، مدیر آزمایشگاهی مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد، گزارشی از توانمندی‌ها و فعالیت‌های دانشگاه و همچنین آزمایشگاه مرکزی را ارایه کرد. به گفته وی، دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۲۸ با تأسیس دانشکده پزشکی و سپس دانشکده ادبیات در سال ۱۳۳۴ پایه ریزی شد و در سال ۱۳۵۳، نام دانشگاه فردوسی مشهد به ۱۰ دانشکده‌ای ایجاد شده در این مجموعه، اختصاص داده شد.

دکتر جباری آزاد، با بیان اینکه دانشگاه فردوسی مشهد از رتبه چهاردهم بین دانشگاه‌های کشور در اوایل دهه هشتاد، به رتبه هشتم در حال حاضر ارتقا یافته است، افزود: "بر اساس برنامه راهبردی دانشگاه، مقرر شده است دانشگاه در سال ۱۴۰۴، به رتبه ۵۰۰ جهانی، دهم منطقه‌ای و رتبه دوم در بین دانشگاه‌های جامع



در زمینه کاربری دستگاهی، کمک به ایجاد فضای خلاق علمی-آزمایشگاهی به منظور تربیت کارشناسان ماهر و متخصص و ایجاد هم‌افزایی علمی و مهارتی بین کارشناسان را از اهداف ایجاد و فعالیت کارگروه‌های تخصصی شبکه بیان کرد.

وی، مشاوره به آزمایشگاه‌های عضو شبکه برای کسب اعتبار استاندارد ISO/IEC17025، مشاوره به شرکت‌های سازنده تجهیزات آزمایشگاهی، ارائه مشاوره در خصوص ساخت قطعات دستگاه‌ها، ارائه مشاوره در خصوص دستگاه‌های ساخت داخل و هم‌اندیشی برای ایجاد قابلیت‌های کاربردی در دستگاه‌های ساخت ایران و مشاوره به دانشجویان و محققین فعال در حیطه شناسایی، کاربرد و ارزیابی دستگاه‌های آزمایشگاهی را از جمله فعالیت‌های انجام شده در کارگروه‌های تخصصی شبکه بیان کرد. از سال ۱۳۸۸ تا کنون، ۷ کارگروه تخصصی با حضور کارشناسان مراکز عضو شبکه تشکیل شده و فعالیت می‌کنند.

مهندس داود قزایلو، دبیر کارگروه تخصصی TEM شبکه آزمایشگاهی نیز در ارایه‌ای، به تشریح یکی از برنامه‌های جدید شبکه در سال جاری پرداخت. به گفته وی، با توجه به موجودیت کارگروه‌های تخصصی مختلف در شبکه و فعالیت آن‌ها، بستر مناسبی برای ارایه دستاوردهای آنها نیاز است. برای این منظور، شبکه تصمیم گرفته است دستاوردهای مختلف ناشی از فعالیت اعضای کارگروه‌های تخصصی را در قالب نشریه‌ای تخصصی منتشر نماید. بر اساس برنامه‌ریزی انجام شده، این نشریه از بهار ۹۲ و به صورت الکترونیکی منتشر خواهد شد.

مهندس قزایلو، اطلاع‌رسانی در حوزه تخصصی آزمایشگاهی (به‌ویژه نانو)، ترویج و گسترش فعالیت کارگروه‌های تخصصی، جذب همکاری اعضای هیئت علمی و متخصصان مراکز عضو شبکه و همچنین معرفی شبکه و توانمندی‌های آن به پژوهشگران و جامعه آزمایشگاهی کشور را از اهداف تولید این نشریه بیان کرد.

در انتهای برنامه نشست، از فعالیت دبیران کارگروه‌های تخصصی شبکه در سال ۱۳۹۱ تقدیر شد و لوح تقدیر و جوایزی نیز به ایشان اهدا گردید.

را به منظور ارایه خدمت در شبکه به اشتراک گذاشته‌اند. بر اساس این گزارش، اضافه شدن دو کارگروه تخصصی آنالیز و کروماتوگرافی، ایجاد بخش‌های مختلف جدید در پایگاه اینترنتی شبکه، انجام موفق ممیزی استاندارد ایزو ۹۰۰۱ و تمدید گواهینامه شبکه در این زمینه، الکترونیکی شدن بیش از ۷۰ درصد مستندات در شبکه و افزایش ارتباطات الکترونیکی، برگزاری دو نشست مدیران و یک نشست رابطین مراکز عضو، از جمله فعالیت‌های انجام شده در سال ۱۳۹۱ در شبکه است.

دکتر اسدی‌فرد، با بیان اینکه در سال ۹۱ بیش از ۷۰ درخواست حمایت در زمینه‌های مختلف به شبکه رسیده است افزود: "این حمایت‌ها شامل حمایت پشتیبانی، نگهداری و تعمیرات دستگاه‌ها، حمایت آموزشی، حمایت از پیاده‌سازی استاندارد ISO/IEC17025، حمایت از خرید دستگاه‌های آزمایشگاهی ساخت ایران، حمایت از تهیه نرم‌افزار مدیریت اطلاعات آزمایشگاهی ساخت داخل و همچنین حمایت از خرید دستگاه‌های جدید آزمایشگاهی خارجی است."

مدیر شبکه آزمایشگاهی، برگزاری نمایشگاه تجهیزات و مواد آزمایشگاهی ساخت داخل در اردیبهشت سال جاری در محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران را فرصتی مناسب برای برخورداری آزمایشگاه‌ها از حمایت‌های معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری دانست و از مدیران آزمایشگاه‌ها برای بازدید از این نمایشگاه و بهره‌مندی از خدمات ارایه شده در آن دعوت کرد.

در بخش دوم برنامه‌ها، مهندس صدیقه صادق حسنی، مدیر کارگروه‌های تخصصی شبکه، گزارش فعالیت‌های انجام شده در سال ۱۳۹۱ در کارگروه‌های تخصصی شبکه و همچنین برنامه‌ی آنها در سال ۹۲ را ارایه کرد. به گفته وی، تا کنون بیش از ۲۶ مقاله تخصصی در این کارگروه‌ها نوشته شده است و تعداد ۱۷ مورد مقاله نیز در دست تهیه است.

مهندس صادق حسنی در این گزارش، تولید و جریان دانش در زمینه تجهیزات آزمایشگاهی، کمک به ایجاد ظرفیت‌های جدید خدمات‌رسانی آزمایشگاهی، حمایت از پژوهش‌های هدفمند

ششمین نشست تخصصی کارگروه TEM در دانشگاه فردوسی مشهد



صحبت‌های ایشان اعضای کارگروه نیز به تبیین دیدگاه‌های خود پیرامون موضوع درآمدزایی و بازاریابی پرداختند. خانم شریف‌زاده از آزمایشگاه پرتاووس انتقادهایی از نارضایتی مشتریان و نحوه انعکاس آن در عملکرد آزمایشگاه داشتند که مهندس نسب توضیحاتی در این باره ارائه کردند. جناب معین درباری، از آزمایشگاه پرتاووس به موضوع عدم پرداخت کارانه در بیشتر آزمایشگاه‌ها پرداختند.

خانم لسانی، از اعضای جدید کارگروه و کاربر دستگاه TEM دانشگاه باهرکرمان، به ارائه مشکلات آزمایشگاه مربوطه در این دانشگاه پرداختند. جناب مهندس هاشمی از دانشگاه تهران، افزایش تعداد نمونه‌ها را مدیون افزایش تعداد دستگاه‌های TEM (در تهران و مشهد) دانستند و خواهان حمایت‌های بیشتر شبکه از اعضا کارگروه شدند.

خانم بهبهانی از دانشگاه اهواز نیز ارائه قابلیت‌های دستگاه‌ها را راهی مناسب برای بازاریابی دانستند. خانم پسیان از دانشگاه فردوسی مشهد پایین بودن آمار TEM این دانشگاه را به دلیل سیاست‌های ایشان برای افزایش کیفیت و کاهش کمیت عنوان داشتند. ایشان پیشنهاد کردند بهتر است هر TEM در هر آزمایشگاه به صورت اختصاصی به یک نوع خدمت (زیستی، فلزی، پودری و ...) بپردازد. خانم پسیان افزایش قیمت فیلامان را معضل این آزمایشگاه دانست و پیشنهاد اختصاص بودجه‌ای (مانند گرید) برای خرید فیلامان را مطرح کردند. ایشان درخواست حمایت از شبکه برای کالیبره کردن دستگاه‌های TEM تمام آزمایشگاه‌های عضو شبکه را داشتند.

در انتهای برنامه دبیر کارگروه از اعضای به جهت همکاری در طول دو سال گذشته فعالیت کارگروه تشکر کردند و پس از صرف ناهار، از آزمایشگاه‌ها و دستگاه‌ها در حوزه نانو بازدید به عمل آمد.

ششمین نشست کارگروه تخصصی TEM در تاریخ دهم اردیبهشت سال ۱۳۹۲ در دانشگاه فردوسی مشهد برگزار شد.

در ابتدای جلسه دبیر کارگروه، آقای داود قزایلو، ضمن خوشامدگویی و تبریک روز ولادت حضرت زهرا (س) و روز زن برنامه نشست را عنوان کردند. سپس آقای دکتر جباری مدیرآزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد ضمن خوشامدگویی به مهمانان، نقش کارگروه‌های تخصصی را در ارتقاء علمی و عملی کاربران، بسیار اثربخش دانسته و در ادامه به ارائه توانمندی‌های آزمایشگاه فردوسی مشهد پرداختند و انتقال دستگاه‌های TEM و SEM این مرکز را به محل جدید اعلام کردند. همچنین جناب دکتر جباری توضیحاتی درباره توانمندی در بخش تعمیر دستگاه‌های XRD توسط تیم کاری آزمایشگاه ارائه کردند. در ادامه برنامه دبیر شبکه آزمایشگاهی آقای مهندس نسب، در خصوص روند تشکیل کارگروه‌ها توضیحاتی را ارائه نمودند. به زعم ایشان سمت و سوی برنامه‌ها و حمایت‌های جدید شبکه را در راستای افزایش انگیزه و پویایی حرکت کارگروه‌ها بیان نموده و ابراز امیدواری کردند که شاهد نتایج ارزشمند حاصل از عملکرد این کارگروه‌ها باشند. مهندس نسب توضیحاتی درباره اختصاص بودجه‌ای ویژه برای خرید گرید برای کارگروه ارائه کردند. در ادامه جناب مهندس نسب از افزایش تعداد نمونه‌های TEM از ۹۰۰ نمونه در سال ۹۱ به ۱۴۰۰ نمونه در سال ۹۲ سخن گفتند و این افزایش را مدیون بهبود اطلاعات فردی کاربران و عملکرد صحیح بخش ترویج دانستند.

در ادامه دبیر کارگروه، آقای مهندس قزایلو، به ارائه روش‌های بازاریابی و تبلیغات جهت افزایش درآمد پرداختند. در ضمن



برگزاری اولین نمایشگاه تجهیزات و مواد آزمایشگاهی ساخت ایران

فناوری و ستادهای فناوریهای راهبردی در جهت تولید تجهیزات آزمایشگاهی مصرفی و غیر مصرفی در داخل کشور و با هدف ایجاد بازار برای بهره‌برداران و نیازمندان این محصولات ایده‌ی برگزاری نمایشگاه تجهیزات و مواد آزمایشگاهی ساخت ایران مطرح شد. دکتر سلطانه‌خواه افزود: در این نمایشگاه تمام محصولاتی که در داخل تولید شده عرضه شده و آزمایشگاه‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی می‌توانند با حضور در آن از حمایت‌های معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری جهت خرید تجهیزات بهره‌مند شوند. این نمایشگاه با عرضه ۷۵۰ نوع تجهیزات آزمایشگاهی و ۲۷۵ مواد آزمایشگاهی در حوزه‌های زیست فناوری، نانو فناوری، الکترونیک و مکانیک از سوی بیش از ۱۳۱ شرکت دانش بنیان بخش خصوصی، مراکز پژوهشی و تحقیقاتی برگزار شد. علاوه بر شرکت‌های حاضر در این نمایشگاه ۱۵ غرفه جهت ارائه خدماتی همچون مشاوره‌های حقوقی، بازاریابی، سرمایه‌گذاری و ارائه خدمات در زمینه اختراعات و اخذ استاندارد اروپا، فعالیت نمودند. شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو نیز در این نمایشگاه حضور داشته و به معرفی خدمات خود پرداخت.

اولین نمایشگاه تجهیزات و مواد آزمایشگاهی ساخت ایران در تاریخ ۱۷ تا ۲۱ اردیبهشت ماه در سالن ۸ و ۹ محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران برگزار شد.

به گزارش مرکز روابط عمومی و اطلاع‌رسانی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، با توجه به رشد چشمگیر تعداد متخصصان داخلی در حوزه ساخت تجهیزات آزمایشگاهی و مواد مصرفی و از طرف دیگر نیاز پژوهشگران دانشگاهی به بهره‌گیری از تجهیزات و مواد مصرفی مذکور، با هدف معرفی توانمندی‌های کشور در زمینه تولید مواد و ساخت تجهیزات آزمایشگاهی در کشور، بررسی امکان تبادل فناوری و هم‌افزایی با سازندگان دیگر، بازسازی برای عرضه مواد و تجهیزات آزمایشگاهی و همچنین هدفمندسازی حمایت‌های دولتی به تولیدات داخلی و شرکت‌های دانش‌بنیان، معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری «اولین نمایشگاه تجهیزات و مواد آزمایشگاهی ساخت ایران» را برگزار کرد.

معاون علمی و فناوری رییس جمهور در خصوص ضرورت برگزاری نمایشگاه گفت: در سال گذشته که به نام تولید ملی و حمایت از کار و سرمایه ایرانی نامگذاری شده بود به دنبال پشتیبانی از شرکت‌های دانش‌بنیان از سوی معاونت علمی و



برگزاری دومین نشست کارگروه تخصصی آنالیز عنصری در موسسه تحقیقات آب



دومین نشست کارگروه تخصصی
آنالیز عنصری با حضور بیش از ۲۰
نفر از اعضای کارگروه از استان‌های
مختلف کشور، در موسسه تحقیقات
آب برگزار گردید.

- ♦ به اشتراک‌گذاری مستندات و استانداردها؛
- ♦ مشارکت در راه‌اندازی و تعمیر و نگهداری دستگاه‌ها؛
- ♦ انجام تست‌های بین آزمایشگاهی؛
- ♦ تعریف استانداردهای شغلی و معرفی کارشناسان مجرب؛
- ♦ کسب دانش بیشتر و آگاه‌سازی اعضا با نحوه کار با مواد نانومتری و خطرات و محافظت در برابر مواد نانو.

در ادامه جلسه خانم مهندس مریم معافی از جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی شریف توضیحاتی در خصوص معرفی دستگاه کوانتومتر و نحوه انجام کار دستگاه ارائه نمودند. بعد از صحبت‌های ایشان آقای مهندس احمد میردامادی، دبیر کارگروه تخصصی استاندارد و کالیبراسیون شبکه، ارائه‌ای با موضوع "آنالیز عنصری و ایزو ۱۷۰۲۵" داشتند. ایشان توضیحاتی راجع به ضرورت و اهمیت پیاده‌سازی استاندارد ISO/IEC 17025 ارائه نمودند. به گفته ایشان اگر چنانچه آزمایشگاهی در ۱۰ سال آینده این استاندارد را نداشته باشد در سطح بین‌المللی به‌عنوان "آزمایشگاه" شناخته نخواهد شد. ایشان همچنین در خصوص نحوه حمایت شبکه از پیاده‌سازی و اخذ استاندارد ایزو ۱۷۰۲۵ مطالبی را بیان نمودند. در ادامه آقای مهندس کاشانکی، برنامه‌های آینده کارگروه را بیان نمودند و با مشارکت اعضا یک جدول تقسیم کار برای اجرای برنامه‌ها توسط اعضا کارگروه در سال جاری تهیه و تصویب شد. بخش پایانی نشست کارگروه به بازدید از تجهیزات آزمایشگاه‌های موسسه تحقیقات آب منجمله آزمایشگاه سیار موسسه، اختصاص داشت.

جلسه با تلاوت آیاتی چند از کلام الله مجید و پخش سرود جمهوری اسلامی آغاز شد. آقای مهندس عبدالرضا خاکسار، مدیر آزمایشگاه‌های موسسه تحقیقات آب، ضمن خوشامدگویی به مهمانان توضیحاتی راجع به تاریخچه و عملکرد موسسه تحقیقات آب ارائه داده و به معرفی تجهیزات آزمایشگاهی موسسه پرداختند. در ادامه جلسه آقای مهندس روح الله کاشانکی، دبیر کارگروه تخصصی آنالیز عنصری شبکه، گزارشی راجع به فعالیت‌های انجام شده در کارگروه تخصصی، اهداف کارگروه و همچنین مسیر آینده کارگروه ارائه نمودند. به زعم ایشان از جمله مهمترین اهداف کارگروه عبارتند از:

- ♦ آشنایی کارشناسان با یکدیگر و آگاهی از توانمندی‌های علمی همدیگر؛
- ♦ برگزاری جلسه‌های مشترک با اعضای کارگروه به‌عنوان مهم‌ترین ابزار تحقق کارگروه (دو نشست و یک کارگاه آموزشی در سال گذشته برگزار گردید)؛
- ♦ در میان گذاشتن تجربه‌ها و مشکلات اعضای کارگروه با همدیگر و بالا بردن سطح دانش افراد؛
- ♦ راه‌اندازی تالار گفتگو و ایجاد انگیزه در اعضا جهت فعالیت در تالار گفتگو (تالار گفتگو راه‌اندازی شده و تعدادی از اعضا در آن مشارکت دارند)؛
- ♦ ایجاد زمینه‌های مشترک کاری در کارگروه (تهیه دو مقاله و یک مورد ترجمه کتاب ماحصل فعالیت کارگروه در یک سال قبلی بود)؛
- ♦ مستندسازی تجربه‌های اعضای کارگروه؛



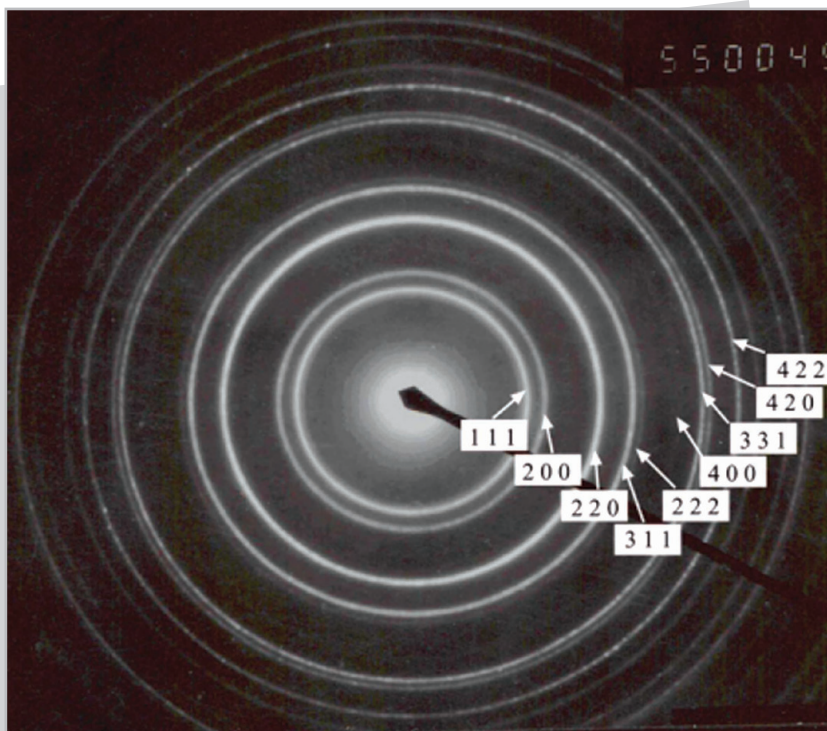
معرفی استاندارد: آنالیز پراش الکترونی SAED با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری (استاندارد بین المللی ISO25498)

اطلاعات در مطالعه روابط ساختاری و بررسی کنترل کیفی نیز بسیار اهمیت دارد.

برای استفاده از این مود استاندارد بین المللی ISO 25498 تهیه شده است. این استاندارد مکانیسم تشکیل الگوی پراش، جنبه‌های عملی SAED و ایندکس کردن الگوها را توضیح می‌دهد. این استاندارد توسط کارگروه تخصصی TEM ترجمه شده و در قالب استاندارد ملی درآمده و در حال حاضر در حال

استاندارد و استانداردسازی در کشور ما مقوله‌ای است که عمر چندانی از آن نمی‌گذرد و به تازگی لزوم استفاده از آن بر اقشار مختلف جامعه روشن شده است. یکی از حوزه‌هایی که باید استاندارد و استانداردسازی در آن نهادینه شود آزمایشگاه‌ها و تجهیزات مورد استفاده در آن‌ها هستند. از آنجایی که میکروسکوپ‌های الکترونی در مقیاس‌های میکرو و نانومقیاس کار می‌کنند اهمیت به کارگیری استانداردها در آن‌ها صد چندان می‌شود.

یکی از مودهای میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، مود پراش است که در آن الگوهایی از ساختار نمونه ایجاد و در اختیار پژوهشگر قرار داده می‌شود. روش پراش الکترونی به‌طوری وسیعی در مطالعات میکروسکوپ الکترونی به کار می‌رود و جایگاه ویژه‌ای در این حوزه دارد. کاربردهای آن عبارتند از شناسایی فازها، تعیین نوع شبکه بلوری، تعیین پارامترهای شبکه، تعیین جهت‌گیری بلور، تعیین رابطه جهت‌گیری دو فاز، انتقال فاز، نقص‌ها و صفحات بلوری، تداخل‌ها و دوقلوها و همچنین مطالعه جهت‌گیری‌های ارجح بلور. با این که روش‌های دیگری نظیر میکروپراش، پراش پرتو همگرا، پراش انعکاسی نیز برای این کار وجود دارند، اما پراش الکترونی ناحیه انتخابی (SAED) به دلیل مزایای منحصر به فرد خود به کرات در مطالعات استفاده می‌شود. این



طی مراحل اداری جهت ثبت به عنوان استاندارد ملی می‌باشد. علاقه‌مندان می‌توانند این استاندارد را از سایت شبکه آزمایشگاهی دانلود کنند.

روش اجازه می‌دهد تا بتوان به طور مستقیم یک ناحیه کوچک از نمونه (لایه نازک، دانه‌ها، رسوب‌ها) را آنالیز کرد. همچنین می‌توان یک نقطه کوچک از یک نمونه چند بلوری را مورد مطالعه قرار داد. SAED یک روش مکمل برای تصویربرداری با قدرت تفکیک بالا، میکروپراش یا مطالعات پراش پرتو همگرا باشد. این

گونه‌شناسی ساختاری شبکه‌های همکاری علم و فناوری در ایران (مطالعه چند-موردی)

نویسندگان:

رضا اسدی فرد^۱

سید حبیب‌اله طباطبائی^۲

۱. تهران، خیابان ستارخان، خیابان شهید حبیب‌اللهی، بلوار گلها، پ ۹
تلفن: ۶۱۰۰۲۲۶۵

reza_asadifard@nano.ir

۲. تهران، خیابان توانیر، خیابان نظامی گنجوی، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی، تلفن: ۸۸۷۷۰۰۱۲
taba@tco.ir

چکیده

تحقیق حاضر به بررسی ساختارهای مدیریتی مورد استفاده در ۷ شبکه همکاری علم و فناوری ایجادشده در فاصله سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ در ایران پرداخته است. در این تحقیق با رویکردی کیفی و با استراتژی تحقیق موردی (به صورت چند-موردی)، داده‌های مورد نیاز از منابع مختلف از جمله؛ مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته، مشاهده و مستندات بایگانی شده، گردآوری و از روش تحلیل محتوا برای تحلیل نتایج استفاده شد. در این مقاله ضمن توصیف و دسته‌بندی ساختارهای مشاهده شده در شبکه‌ها و عوامل اصلی موجود در هریک از ساختارها، با استفاده از تحلیل بین-موردی، مزایا و ضعف‌های هر ساختار تبیین گردیده است. نتایج تحقیق نشانگر آن است که شبکه‌های همکاری علم و فناوری در ایران از الگوهای ساختاری متفاوتی که طیفی از ساختارهای مشارکتی (شورایی) تا ساختارهای سلسله‌مراتبی (ستادی) را تشکیل می‌دهند، استفاده کرده‌اند. ساختار شورایی باعث افزایش روحیه مشارکت جمعی در شبکه شده، ولی قدرت اجرایی مدیریت آن را کاهش می‌دهد، در حالی که ساختار ستادی نتیجه عکس آن را به همراه دارد. همچنین براساس تحقیق حاضر، عوامل متعددی نظیر؛ نحوه تأمین بودجه شبکه و جایگاه سازمان مؤسس شبکه نسبت به مراکز عضو، در تعیین نوع ساختار مورد استفاده در شبکه‌های همکاری علم و فناوری تأثیرگذار است.

واژه‌های کلیدی

شبکه‌های همکاری علم و فناوری،
الگوهای ساختاری، مدیریت شبکه،
مشارکت جمعی.

مقدمه

شبکه‌های همکاری با تأخیری حدود سه دهه نسبت به اوج توجه جهانی به این مقوله - در اواسط دهه ۱۳۷۰ شمسی - وارد فضای سیاست‌گذاری و مدیریت علم و فناوری در ایران شد. با توجه به محدودیت‌های سرمایه‌ای و پراکندگی جغرافیایی منابع در جمهوری اسلامی ایران، مفهوم شبکه‌های همکاری به عنوان راهکاری برای تخصیص بهینه منابع و بهره‌برداری بهتر از سرمایه‌های ملی، مورد توجه سیاست‌گذاران و مدیران حوزه علم و فناوری کشور قرار گرفت. اولین برنامه جدی برای ایجاد شبکه‌های همکاری، در سال ۱۳۷۶، توسط شورای پژوهش‌های علمی کشور در زمینه شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در چند حوزه نوظهور و نسبتاً پیشرفته مثل؛ بیوتکنولوژی، فناوری اطلاعات، زلزله و مواد طراحی و اجرا شد. شبکه شامتک^۳ با وجود پیشگامی در حوزه شبکه‌های همکاری علم و فناوری در کشور، چند سال بیشتر عمر نکرد و در اواسط دهه ۱۳۸۰ شمسی منحل شد. موج بعدی شبکه‌سازی در وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی شروع شد و چهار شبکه در فاصله سال‌های ۱۳۸۴ - ۱۳۷۹، با حمایت معاونت فناوری این وزارتخانه ایجاد شدند. از بین این شبکه‌ها، سه مورد در حال حاضر فعال بوده و یک شبکه غیرفعال شده است. در وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، همزمان با تلاش برای احیای شبکه‌های شامتک، شبکه ملی پژوهش و فناوری گیاهان دارویی توسط معاونت پژوهشی این وزارتخانه و با تصویب شورای گسترش آموزش عالی در سال ۱۳۸۳ ایجاد شد. شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو، شبکه دیگری است که توسط ستاد ویژه توسعه فناوری نانو در سال ۱۳۸۳، به منظور ایجاد زیرساخت مناسب آزمایشگاهی برای توسعه فناوری نانو در کشور ایجاد گردید. نکته قابل توجه در مورد شبکه‌های فوق، استفاده موسسان و اداره‌کنندگان آن‌ها از الگوهای ساختاری متفاوت برای

مدیریت شبکه است. بنابراین این سوال وجود دارد که دلایل انتخاب هر یک از ساختارها چه بوده و چه عواملی در این انتخاب تاثیرگذار بوده است؟

با توجه به گسترش روزافزون شبکه‌های همکاری علم و فناوری در کشور، لازم است، ضمن پاسخگویی به سوالات فوق، دسته‌بندی مناسبی از الگوهای ساختاری تجربه شده ارائه شود و تاثیر این الگوها بر عملکرد شبکه‌ها مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا تحقیق حاضر به بررسی ساختارهای مدیریتی مورد استفاده در ۷ شبکه همکاری علم و فناوری ایجادشده در فاصله سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ در ایران پرداخته است. در این مطالعه ضمن توصیف ساختارهای مختلف و ارکان موجود در هر یک از ساختارها، از طریق یک تحلیل بین-موردی^۴، مزایا و ضعف‌های هر ساختار به‌ویژه از نظر تاثیرگذاری بر روحیه مشارکت جمعی در شبکه و قدرت اجرایی مدیران آن -به عنوان دو عامل مهم موفقیت شبکه‌ها- تبیین شده است.

پیشینه پژوهش

شبکه مفهومی است که به صورت عام به مقدار زیاد مورد استفاده قرار گرفته است. این عمومیت در کاربرد واژه شبکه، گاهی منجر به برداشت‌های ناصحیح می‌شود. لذا لازم است در ابتدا تعریف مناسبی از شبکه که در مورد شبکه‌های همکاری علم و فناوری مورد استفاده باشد، ارائه گردد. به بیان سلگی و دینی^۵ [۱]، "گروهی از شرکت‌ها/سازمان‌ها را که در پروژه مشترکی در زمینه توسعه، همکاری می‌کنند و از لحاظ تخصصی مکمل یکدیگرند، شبکه گویند. این فعالیت باید با این هدف باشد که بر مشکلات مشترک غلبه کرده و به کارایی جمعی و تسخیر بازارهای جدید دست یابند." در تعریف دیگر "هر گروهی از افراد یا سازمان‌ها را که داوطلبانه به تبادل اطلاعات و یا فعالیت مشترک بپردازند و خود را در راستای این اهداف سازمان دهند به گونه‌ای که فرد یا سازمان استقلال و تمامیت خود را نیز حفظ نماید، شبکه گویند" [۲]. در این دو تعریف، "مکمل بودن اعضا"، "همکاری اعضا در پروژه‌های مشترک"، "داوطلبانه بودن"، "داشتن هدف مشترک" و "حفظ استقلال اعضا" به عنوان ویژگی‌های مهم شبکه‌های همکاری مورد تاکید قرار گرفته است.

شبکه‌های همکاری اگر چه سابقه‌ای نزدیک به یک قرن در جهان دارند، اما در دهه‌های اخیر توجه به آن‌ها و روابط بین افراد، گروه‌ها و سازمان‌های عضو در شبکه‌ها به شدت افزایش یافته است [۳]. با رشد صنایع دانش‌بنیان، اهمیت شبکه‌های R&D و نیز شبکه‌های تولید و توزیع محصولات مضاعف شد [۴]. در پیمایش انواع همکاری‌ها در محدوده سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۸، هجدورن^۶ [۵]، رشد شدیدی را در زمینه همکاری‌های R&D گزارش کرد. مطالعات زیادی نشانگر افزایش روزافزون همکاری و پیوند بین بنگاه‌ها و دانشگاه‌ها در آمریکا و درگیر شدن بیشتر بنگاه‌ها و آزمایشگاه‌های دولتی در همکاری‌های مشترک پژوهشی است [۶].

برای شبکه‌های همکاری، دسته‌بندی‌های مختلفی -که ناشی از نگرش‌های متفاوت صاحب‌نظران به شبکه‌هاست- مطرح شده است. در دسته‌بندی ارائه شده توسط بوچل و راب^۷ [۷]، چهار نوع شبکه در دو بعد مختلف دیده می‌شوند:

- شبکه‌هایی که بیشتر بر منافع فردی تکیه دارند، در مقابل شبکه‌هایی که به منافع سازمانی توجه دارند.

- شبکه‌هایی که خودسازمانده هستند، در مقابل شبکه‌هایی که توسط مدیران حمایت می‌شوند.

گربهر و پاول^۸ [۸]، با تمرکز بر پایداری یا موقت بودن شبکه‌ها و شکل اداره آن‌ها، شبکه‌ها را به چهار نوع دسته‌بندی می‌کنند:

- شبکه‌های غیررسمی (بر پایه به اشتراک‌گذاری تجارب)
- شبکه‌های پروژه‌ای (همکاری‌های کوتاه‌مدت برای رسیدن به یک هدف خاص)
- شبکه‌های منطقه‌ای (که نزدیکی مکانی، به پایداری یک جامعه مشترک کمک می‌کند)
- شبکه‌های تجاری (شبکه‌های هدفدار، مانند اتحاد استراتژیک بین دو طرف).

یک دسته‌بندی عمده در مورد شبکه‌ها، تقسیم آن‌ها به شبکه‌های رسمی و شبکه‌های غیررسمی است. این دو دسته به عقیده ویکستد و هالبروک^۹ [۹]، تفاوت‌های قابل توجهی با هم دارند. شبکه‌های غیررسمی شامل همکاران و دستیاران پژوهش در هر پروژه یا مقاله هستند. اغلب پروژه‌ها که در آن سطحی از همکاری وجود دارد، می‌تواند به نوعی یک "شبکه غیررسمی" محسوب شود. اما "شبکه‌های رسمی" را می‌توان سازمان‌های ایجادشده توسط دولت برای تشویق پژوهش در زمینه‌های نوظهور و یا دستیابی به یک جرم بحرانی -در زمینه‌هایی که پژوهشگران در یک گستره جغرافیایی پراکنده شده‌اند- دانست. شبکه‌های رسمی اغلب برای دستیابی به یک هدف سیاستی خاص (مثل ایجاد پیوند بین پژوهشگران و صنایع) توسط دولت-ها تشکیل می‌شوند و معمولاً در مواقع مشخص به صورت رسمی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. از ویژگی‌های مهم دیگر در مورد شبکه‌های رسمی می‌توان به نیاز به ایجاد یک ساختار مدیریتی رسمی برای اداره آن‌ها اشاره کرد. در شبکه‌های غیررسمی به دلیل بی‌شکل و آمورف بودن آن‌ها، تشخیص مرزهای شبکه دشوار است ولی در شبکه‌های رسمی به دلیل مشخص بودن اعضا شبکه، تعیین مرزها راحت‌تر است. البته این مرزها اغلب پویا بوده و ثابت نیستند. با وجود اینکه ویکستد و هالبروک [۹]، به ضرورت وجود ساختار مدیریتی برای شبکه‌های رسمی اشاره کرده‌اند ولی در مورد جزئیات این ساختارها و انواع آن بحث نکرده‌اند.

به گفته پاول و گرادال^{۱۰} [۱۰]، برخی شبکه‌ها سلسه مراتبی^{۱۱} بوده و توسط یک مجموعه مرکزی دارای اختیارات پایش می‌شوند، در حالی که در برخی شبکه‌ها اختیارات توزیع شده^{۱۲} و ویژگی‌های خودسازمانده دیده می‌شود.

آیکپن و سانگ^{۱۳} [۱۱]، شبکه‌ها را به شبکه‌های ساختارمند^{۱۴} و شبکه‌های بدون-ساختار^{۱۵} تقسیم کرده‌اند. به بیان آن‌ها، در یک شبکه ساختارمند نقش اعضا شبکه و روابط بین آن‌ها به صورت

ساختار شبکه‌های همکاری بر عملکرد آنها شود.

روش تحقیق

واحد تحلیل در این تحقیق، یک شبکه همکاری علم و فناوری است. نمونه‌گیری به صورت هدفدار^{۱۸}، و به منظور دستیابی به پاسخگویی واقعی و تئوریک^{۱۹} انجام شد. پاسخگویی تئوریک از طریق انتخاب دو گروه شبکه‌های دارای ساختار مشارکتی و ساختار سلسله‌مراتبی و پاسخگویی واقعی^{۲۰} از طریق انتخاب بیش از یک مورد (شبکه) در هر دسته انجام شد [۱۶]. البته در مورد ساختار سلسله‌مراتبی تنها یک نمونه عملی وجود داشت. انتخاب ۷ مورد (شبکه) برای مطالعه، مصالحه خوبی را بین اشباع از نظر یافته‌های جدید و معنی‌دار بودن از نظر اندازه نمونه تجربی فراهم می‌کند. این‌نهایت^{۲۱} [۱۷]، نیز می‌گوید به تجربه او، ۴ تا ۱۰ مورد، معمولاً پایه خوبی برای تعمیم تئوری از نتایج حاصل از مطالعات موردی فراهم می‌کند.

جدول (۱) خلاصه‌ای از مشخصات ۷ شبکه همکاری مورد مطالعه در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد. همه این شبکه‌ها مطابق تعریف ویکستد و هالبروک [۹]، از نوع شبکه‌های رسمی هستند که توسط یک نهاد دولتی برای دستیابی به یک هدف سیاستی ایجاد شده‌اند. این تشابه، مقایسه‌های بین-موردی انجام شده در تحقیق را معنادار می‌کند.

جدول ۱: خلاصه‌ای از مشخصات کلی ۷ شبکه همکاری مورد مطالعه.

ردیف	عنوان شبکه	سال تشکیل	سازمان ایجادکننده
۱	شبکه آزمایشگاه‌های ملی تحقیقاتی کشور (شامتک)	۱۳۷۶	سازمان پژوهش‌های علمی کشور
۲	شبکه پزشکی مولکولی کشور	۱۳۷۹	وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
۳	شبکه بیوتکنولوژی پزشکی کشور	۱۳۸۰	وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
۴	شبکه تحقیقات گیاهان دارویی کشور	۱۳۸۱	وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
۵	شبکه ملی پژوهش و فناوری گیاهان دارویی	۱۳۸۳	وزارت علوم تحقیقات و فناوری
۶	شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو	۱۳۸۳	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۷	شبکه تحقیقات سلول‌های بنیادی	۱۳۸۴	وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

با توجه مباحث مطرح شده در بخش‌های قبلی، چند سؤال اساسی در مورد این شبکه‌ها وجود دارد:

■ از چه الگوی ساختاری در مدیریت شبکه‌های مذکور استفاده شده است؟

■ چه دلایلی موجب استفاده از هر یک از ساختارها بوده است؟

■ آیا می‌توان دسته‌بندی مناسبی را برای ساختارهای مدیریتی

شفاف تعریف شده‌است در حالی که در شبکه‌های بدون ساختار عکس آن درست است.

با وجود مطالعات زیاد انجام‌شده در مورد شبکه‌های همکاری، در مورد ساختار مدیریتی این شبکه‌ها کمتر بحث شده است. شاید دلیل آن تمرکز بیشتر مطالعات بر شبکه‌های غیررسمی باشد و اساساً خیلی از محققین شبکه‌ها را ساختارهای مجازی در نظر گرفته‌اند. بنابراین شکاف قابل توجهی در ادبیات در مورد تبیین و دسته‌بندی الگوهای ساختاری شبکه‌های همکاری رسمی وجود دارد. البته در برخی پژوهش‌ها در مورد تعدادی از عوامل موجود در ساختار مدیریتی شبکه‌های همکاری و نقش آن‌ها صحبت شده است. به عقیده بوچل و راب [۷]، همانند هر گروهی در یک سازمان، شبکه‌ها باید تعدادی نقش تفکیک‌شده تعریف کنند تا بتوانند در طول زمان توسعه پیدا کنند. به اعتقاد آن‌ها چهار نوع نقش مهم برای یک شبکه مؤثر که به طور سیستماتیک با هم کار می‌کنند، وجود دارد:

(۱) مدیر (یا هماهنگ‌کننده) که نقش‌های اصلی آن عبارتند از: سازمان‌دهنده اصلی شبکه، میزبان برنامه‌های رفع مشکلات، منبع اصلی انرژی در شبکه، ارزیابی‌کننده سلامتی شبکه و عامل تسهیل‌کننده روابط در شبکه،

(۲) ساختار حمایتی^{۱۶}: دبیرخانه‌ای که به مدیر شبکه کمک می‌کند تا فعالیت‌های شبکه را اداره کند. این ساده‌ترین شکل ساختار حمایتی است. تهیه و ثبت اعضاء شبکه، نگهداری پایگاه داده‌ی شبکه و سایت اینترنتی شبکه و هماهنگی نشست‌های شبکه از جمله فعالیت‌های آن است،

(۳) ویرایشگر^{۱۷}: شبکه‌های کارا بر فعالیت تعدادی از افراد قوی برای نظارت بر محتوی فعالیت شبکه نیاز دارند و

(۴) حامی: نقش آن جلب حمایت مدیریت سطح بالا از شبکه است. شواهدی زیادی وجود دارد که روحیه مشارکت جمعی تأثیر بسزایی در افزایش سرمایه اجتماعی شبکه‌های همکاری دارد. بالا بودن سرمایه اجتماعی خود منجر به افزایش همکاری‌ها و در نتیجه انتقال دانش و تجارب در شبکه -به عنوان یکی از اهداف مهم ایجاد شبکه‌های همکاری- می‌شود [۱۱، ۱۲ و ۱۳]. یکی دیگر از عوامل مهم موفقیت شبکه‌های همکاری رسمی، چالاک‌ی مدیریت شبکه در اتخاذ تصمیم‌های اجرایی به ویژه برای پیاده‌سازی سازوکارهای همکاری است [۷]. یکی از تفاوت‌های ساختارهای مختلف مدیریتی، مربوط به میزان اختیاراتی است که در آن‌ها به مدیر شبکه داده می‌شود. از این رو بررسی تأثیر نوع ساختار بر دو عامل روحیه مشارکت جمعی و قدرت اجرایی مدیر شبکه، می‌تواند به مقایسه بهتر این ساختارها کمک کند.

شبکه‌های همکاری علم و فناوری در ایران با وجود گذشت نزدیک به دو دهه از ظهور آن‌ها، کمتر موضوع مطالعات مدیریتی قرار گرفته‌اند و مقالات معدودی که در مجلاتی مثل رهیافت دیده می‌شود، صرفاً به معرفی یکی از شبکه‌های همکاری (شبکه شامتک) و ارکان ساختاری آن پرداخته‌اند [۱۴ و ۱۵] و بررسی جامعی در مورد شبکه‌ها، به ویژه الگوی ساختاری آن‌ها صورت نگرفته است. لذا تحقیق حاضر می‌تواند با بررسی تعدادی از شبکه‌های همکاری علم و فناوری در کشور، به کاهش شکاف موجود در مورد گونه‌شناسی شبکه‌های همکاری از منظر الگوهای ساختاری آن‌ها کمک نموده، همچنین موجب افزایش آگاهی مدیران و سیاست‌گذاران علم و فناوری کشور نسبت به تأثیر نوع

در این تحقیق از رویکرد مصاحبه با مطلعین کلیدی^{۲۲} که در اینگونه مطالعات رایج است، استفاده شد [۱۸]. مطلعین کلیدی شامل؛ مدیران شبکه‌ها، اعضای شوراهای راهبردی آنها، کارشناسان دبیرخانه و مدیران مراکز عضو شبکه‌ها بوده و یا از افراد تاثیرگذار در ایجاد شبکه‌ها در سازمان‌های موسس بودند. تلاش شد که در هر شبکه بیش از یک نفر مورد مصاحبه قرار گیرد. خوشبختانه این مسئله در مورد همه شبکه‌ها محقق شد. همه مصاحبه‌ها به صورت حضوری و رو-در-رو انجام شد، غیر از یکی که به دلیل مشکل دسترسی به مصاحبه‌شونده از طریق تلفن صورت گرفت. مصاحبه‌ها از نوع نیمه‌ساختار یافته بوده و سؤالات حول، نوع ساختار و ارکان موجود در ساختار مدیریتی شبکه، دلایل انتخاب این نوع ساختار و مزایا و معایب هر ساختار به ویژه از نظر تاثیرگذاری بر حس مشارکت جمعی و قدرت عملیاتی مدیران شبکه‌ها متمرکز بود. اطلاعات کل مصاحبه‌ها حدوداً ۴۰ ساعت بود. همه مصاحبه‌ها - غیر از ۲ مورد (به دلیل درخواست مصاحبه‌شونده) - ضبط گردید و سپس به صورت متن پیاده شد. بانک داده‌ای برای فایل‌های صوتی مصاحبه‌ها، دست‌نوشته‌های میدانی، متون پیاده شده مصاحبه‌ها و مستندات مکتوب جمع‌آوری شده در مورد شبکه‌ها طراحی شد، تا دستیابی مجدد به آن‌ها در مراحل بعدی تحقیق از جمله در مرحله تحلیل نتایج و همچنین بررسی و نظارت توسط دیگران در صورت نیاز راحت‌تر شود.

در همه موارد، داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها با اطلاعات گردآوری شده از منابع دیگر تطبیق داده شدند تا تناقض‌های قابل توجهی در داده‌ها وجود نداشته باشد. از جمله این منابع می‌توان به مستندات بایگانی‌شده در مورد شبکه‌ها از قبیل اساسنامه آنها، گزارش‌های عملکرد سالانه، اطلاعات موجود در وب‌سایت شبکه‌ها، مقالات و نقدهای منتشر شده در مجلات و روزنامه‌ها در مورد آن‌ها و همچنین مشاهدات محقق^{۲۳} از فعالیت و عملکرد شبکه‌های مورد مطالعه اشاره کرد. در موارد معدودی که چنین تناقض‌هایی مشاهده شد، تلاش گردید تا از طریق جمع‌آوری اطلاعات بیشتر، مصاحبه با افراد جدید و یا گفتگوی مجدد با افراد قبلاً مصاحبه شده، ریشه این تعارضات شناسایی شده، تا حد ممکن رفع گردند. رویکرد سه‌جبهه‌ای مورد استفاده در گردآوری اطلاعات باعث تامین روایی مورد نیاز برای تحقیق شده‌است. همچنین استفاده از مصاحبه‌های نیمه‌ساختار یافته - به عنوان اصلی‌ترین منبع اطلاعاتی - به دلیل امکان بازخورد گرفتن از مصاحبه‌شوندگان، باعث اطمینان از درک صحیح دیدگاه‌های آن‌ها و در نتیجه افزایش روایی تحقیق کیفی می‌شود [۱۹]. علاوه بر این، استفاده از چندین مورد (به جای یک مورد) در این تحقیق به افزایش روایی و پایایی آن کمک نموده‌است. تحقیق حاضر به دنبال ارائه نتایج قابل تعمیم از نظر آماری نیست، بلکه هدف دستیابی به تعمیم‌های تحلیلی و تئوریک است [۲۰].

در این تحقیق از روش تحلیل محتوا با یک رهنمود از پیش تهیه شده به عنوان ابزار اصلی تحلیل داده‌ها و استخراج نتایج استفاده شده است. تحلیل نتایج تا حد زیادی بر چند موضوع محوری استخراج شده از پیشینه پژوهش و سؤالات تحقیق در زمینه ساختارهای مورد استفاده در شبکه‌های همکاری تحت مطالعه، ارکان آن‌ها و تاثیر نوع ساختار شبکه بر مشارکت جمعی در شبکه از یک طرف و قدرت اجرایی مدیران شبکه از سوی دیگر متمرکز بود. این تحقیق یک رویکرد عملگرا را نیز دنبال می‌کرد، به این معنی که دلیل انتخاب

شبکه‌های همکاری علم و فناوری در ایران پیشنهاد کرد؟ - نوع ساختار شبکه، چگونه روحیه مشارکت جمعی در شبکه و قدرت اجرایی مدیران آن را - به عنوان دو عامل مهم موفقیت شبکه‌ها - تحت تاثیر قرار می‌دهد؟

در مقاله حاضر تلاش می‌شود، این سؤالات مورد بررسی قرار گرفته و پاسخ داده شوند.

رویکرد کلی تحقیق حاضر، تحقیق کیفی از نوع مطالعه موردی (به صورت چند-موردی) است. در این تحقیق تلاش شده است تا با استفاده از بررسی‌های کیفی، فهرستی از الگوهای ساختاری شبکه‌های مورد مطالعه و ارکان اصلی این ساختارها تهیه شده و مزایا و معایب هر یک از آن‌ها با توجه به اطلاعات موجود در مورد هریک از شبکه‌های جدول (۱) بررسی شود.

مصاحبه با افراد، مهم‌ترین منبع گردآوری اطلاعات در این تحقیق بود. به طور کلی ۲۲ مصاحبه، با ۲۲ نفر از افراد مطلع و تاثیرگذار در شبکه‌های تحت مطالعه انجام شد. جدول (۲) توزیع افراد مصاحبه شده بین ۷ شبکه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این جدول همچنین آدرس وب‌سایت این شبکه‌ها - که برای تهیه اطلاعات تکمیلی استفاده شد - آمده است.

جدول ۲: تعداد افراد مصاحبه‌شده در مورد هر یک از شبکه‌های تحت مطالعه و وب‌سایت شبکه‌ها.

عنوان شبکه	تعداد افراد مصاحبه شده	وب سایت شبکه
شبکه آزمایشگاه‌های ملی تحقیقاتی کشور (شامتک)	۳	ندارد
شبکه پزشکی مولکولی کشور	۳	www.irmolmednet.ir
شبکه بیوتکنولوژی پزشکی کشور	۳	www.mbn.ir
شبکه تحقیقات گیاهان دارویی کشور	۲	www.mprn.ir
شبکه ملی پژوهش و فناوری گیاهان دارویی	۱۳۸۳	
شبکه ملی پژوهش و فناوری گیاهان دارویی	۵	www.mpnet.ir
شبکه تحقیقات سلول‌های بنیادی	۱۳۸۴	
شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو	۴	www.nanolab.ir
شبکه تحقیقات سلول‌های بنیادی	۲	www.irstemcell.net
جمع	۲۲	-

باید تلاش شود این هیئت به محل سهم خواهی سازمان‌ها-به جای پایه‌گذاری چارچوب‌های همکاری- تبدیل نشود.

۳. هیئت امناء شبکه/شورای (راهبری) شبکه

شبکه‌های کارا بر فعالیت تعدادی از افراد قوی برای نظارت بر محتوی فعالیت شبکه نیاز دارند [۷]. در ساختار اغلب شبکه‌ها، تیمی از افراد صاحب‌نظر، باسابقه و دارای قدرت تاثیرگذاری بالا به عنوان پشتوانه فکری و تصمیم‌گیری شبکه عمل می‌کند. در شبکه‌های دارای ساختار هیئت امنایی، این تیم، هیئت امناء شبکه و در برخی دیگر از شبکه‌ها، شورای (راهبری) شبکه نامیده می‌شود. هیئت امناء و یا شورای شبکه می‌تواند شامل همان افراد هیئت مؤسس بوده و یا از افراد جدیدی تشکیل شود. یکی از نکات مهم در مورد شورای شبکه، هم‌نظر بودن اعضا در اصول شبکه است به طوری که همواره حامی شبکه در مجامع مختلف باشند. اگرچه داشتن شورای شبکه الزامی نیست و گاهی وجود آن باعث دشواری تصمیم‌گیری‌های عملیاتی در شبکه می‌شود، با این حال، وجود شورای شبکه می‌تواند باعث افزایش سرمایه اجتماعی شبکه شود؛ به ویژه اگر در شورا نمایندگانی از مراکز عضو هم حضور داشته باشند. مهم‌ترین وظایف شورای راهبری (یا هیئت امناء) عبارتند از:

- تدوین سیاست‌ها، اولویت‌ها و برنامه‌های راهبردی شبکه؛
- بررسی و تصویب دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های شبکه؛
- نظارت بر حسن اجرای برنامه‌های شبکه و پیشرفت آن‌ها؛

۴. رییس/مدیر/دبیر شبکه

هر شبکه موفق به یک فرد به عنوان بالاترین مقام اجرایی نیازمند است. این فرد بسته به ساختار و تعریف شبکه می‌تواند، رییس، مدیر یا دبیر شبکه باشد. در صورتی که ساختار شبکه به صورت شورایی باشد، معمولاً از عنوان "رییس شبکه" یا "دبیر شبکه" استفاده می‌شود. در صورتی که در شبکه‌ای هر دوی این سمت‌ها وجود داشته باشد، بالاترین مقام اجرایی، رییس شبکه است و دبیر شبکه مسئولیت اداره دبیرخانه شبکه را به عهده دارد. در صورتی که ساختار شبکه به صورت ستادی و اجرایی دیده شود، اغلب از واژه "مدیر شبکه" استفاده می‌شود. در اینگونه موارد مدیر شبکه، بالاترین مقام اجرایی آن است و ممکن است فردی دیگری به نام دبیر شبکه، به عنوان هماهنگ‌کننده فعالیت‌های دبیرخانه شبکه ایفای نقش کند. مدیر (یا رئیس) شبکه نقش بسیار مهمی در افزایش همکاری‌های بین مراکز عضو و در نتیجه موفقیت شبکه دارد. روحیه تعاملی و تفکر فراجشی مدیر شبکه باعث خواهد شد تا زمینه تحقق کارکردهای اصلی شبکه فراهم شود. انجام کلیه امور اداری، مالی و اجرایی شبکه؛ اجرای مصوبات شورای راهبری (یا هیئت امناء) آن و میزبانی برنامه‌های رفع مشکلات در شبکه از وظایف اصلی یک مدیر (رئیس) شبکه است و او به عنوان منبع اصلی انرژی و عامل تسهیل‌کننده روابط در شبکه ایفای نقش می‌کند.

۵. دبیرخانه شبکه

دبیرخانه یکی از ارکان مهم شبکه است. تصور یک شبکه موفق بدون یک دبیرخانه فعال دور از واقعیت است. دبیرخانه به مدیر شبکه کمک می‌کند تا فعالیت‌های شبکه را اداره کند. ثبت اطلاعات و مستندات اعضا شبکه، نگهداری پایگاه داده‌ی شبکه و سایت اینترنتی شبکه و هماهنگی نشست‌های شبکه از جمله فعالیت‌های دبیرخانه

موضوعات محوری فوق در مرحله تحلیل، توانایی آن‌ها برای به نمایش گذاشتن مسئله تحقیق به صورت مناسب بود [۲۱].

نتایج و بحث

در این بخش ابتدا و قبل از ورود به انواع ساختارهای مورد استفاده در شبکه‌های مورد مطالعه، به معرفی مهم‌ترین عوامل موجود در ساختار شبکه‌ها و نقش آن‌ها پرداخته می‌شود. این عوامل از داده‌های مصاحبه‌ها و مستندات موجود در مورد شبکه‌ها استخراج شده‌اند. با شناخت این عوامل و نقش آن‌ها، ساختارهای مدیریتی متفاوت در شبکه‌ها قابل فهم‌تر می‌گردد. توجه به این نکته مهم است که در یک شبکه، وجود همه این عوامل الزامی نیست و برخی از آن‌ها بسته به شرایط و نوع ساختار می‌تواند حذف شود. برخی از آن‌ها هم به صورت گزینه‌های جایگزین عمل می‌کنند. در ادامه، مهم‌ترین عواملی که در این تحقیق به عنوان ارکان ساختار شبکه‌های همکاری شناسایی شده‌اند، می‌آیند.

ارکان اصلی در ساختار شبکه‌های همکاری رسمی و نقش آن‌ها

۱. سازمان متولی

سازمان متولی ایجاد شبکه نقش محوری در راه‌اندازی و موفقیت شبکه‌های رسمی دارد. یکی از نکات بسیار مهم در مورد سازمان متولی، پایداری آن به عنوان حامی و پشتیبان شبکه است. در برخی از شبکه‌های همکاری در کشور، انحلال سازمان متولی منجر به انحلال شبکه شده است. به عنوان مثال شبکه شامتک که سازمان متولی ایجاد آن، سازمان پژوهش‌های علمی کشور بود، به دلیل انحلال این سازمان در سال ۱۳۸۱ از فعالیت بازماند.

نکته مهم دیگر در مورد سازمان متولی، ثبات مدیریت آن و حفظ دیدگاه پدیده در مدیران سازمان نسبت به شبکه است. گاهی با تغییر مدیران بالادست در سازمان متولی، نگرش مثبت نسبت به شبکه از بین رفته یا کاهش می‌یابد و همین مسئله، موجب غیرفعال شدن یا کاهش فعالیت شبکه می‌شود. به عنوان مثال در مورد شبکه‌های ایجادشده در وزارت بهداشت و همچنین شبکه ملی پژوهش و فناوری گیاهان دارویی کشور این موضوع تا حدودی صادق بوده است. نقش اصلی سازمان متولی پس از مرحله ایجاد و راه‌اندازی شبکه، پشتیبانی از آن در گذرگاه‌های مختلف زمانی به ویژه در شرایط حساس و جلب حمایت مدیریت بالادست از شبکه است.

۲. هیئت مؤسس شبکه

در هر شبکه‌ای تعدادی فرد محوری وجود دارد که نقش آن‌ها تئوری‌پردازی و طراحی‌های اولیه و پایه‌ای شبکه است. این افراد چه در قالب یک کمیته یا هیئت رسمی و چه به صورت غیررسمی، زیربنای ایجاد شبکه را فراهم می‌کنند. هیئت مؤسس شبکه می‌تواند شامل تیمی از افراد فکری و عملیاتی سازمان متولی شبکه باشد که علاقمند به موضوع شبکه‌سازی هستند. در صورتی که دامنه شبکه، شامل مراکزی از چندین سازمان مختلف باشد، می‌توان برای تسریع در هماهنگی‌های اولیه برای ایجاد شبکه، نمایندگانی از هر یک از این سازمان‌ها را به هیئت مؤسس دعوت کرد. البته در این صورت

شبکه) شرکت می‌کند. فرد رابط فردی در رده کارشناسی است که نقش محوری را در تسهیل ارتباط دبیرخانه و اعضای شبکه با سازمان خود دارد. این فرد گزارش‌های دوره‌ای از فعالیت‌های مرکز خود را (در راستای تحقق اهداف شبکه) به دبیرخانه شبکه ارایه می‌کند و تلاش می‌کند مدیران مرکز خود را از برنامه‌های شبکه آگاه نموده و آنها را برای پیاده‌سازی سیاست‌های شبکه توجیه کند.

حالت ایده‌آل آن است که مراکز مرتبط با حوزه فعالیت شبکه، از هر سازمانی - اعم از دولتی و خصوصی - بتوانند به عضویت شبکه درآیند، اما در تعدادی از شبکه‌های همکاری تشکیل شده توسط سازمان‌های دولتی، از آنجا که کارکرد اصلی شبکه، توزیع منابع مالی دولتی در نظر گرفته شده است و نه ایجاد همکاری بین مراکز عضو، لذا مراکز تحقیقاتی مرتبط در بخش خصوصی امکان عضویت (به صورت اصلی) در شبکه را ندارند، چرا که شبکه نمی‌تواند منابع مالی در اختیار اینگونه مراکز قرار دهد. به عنوان مثال شبکه بیوتکنولوژی پزشکی و پزشکی مولکولی در وزارت بهداشت نمونه این نوع شبکه‌ها هستند. البته در مقابل برخی شبکه‌ها؛ از جمله شبکه ملی پژوهش و فناوری گیاهان دارویی و شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو توانسته‌اند راه‌حلی برای این مشکلات پیدا کنند و مراکز بخش خصوصی را هم در جمع اعضای شبکه بپذیرند.

است [۷]. دبیرخانه معمولاً شامل یک دفتر با امکانات ارتباطی مورد نیاز شبکه و محلی برای بایگانی و نگهداری مستندات شبکه است. در یک دبیرخانه فعال، بسته به تعداد اعضا و حجم فعالیت‌ها، نیاز به یک تا چند کارشناس توانمند وجود دارد. این کارشناسان نقش اصلی را در تهیه اطلاعات مورد نیاز برای تصمیم‌گیری مدیر (و شورای شبکه) دارند و روحیه تعاملی آن‌ها می‌تواند نقش بسزایی در پیشرفت اهداف شبکه، به ویژه در زمینه مرتبط کردن مراکز عضو با همدیگر و افزایش سطح همکاری در شبکه داشته باشد.

۶. اعضای شبکه و رابط شبکه

در اغلب شبکه‌های همکاری، اعضای شبکه مراکزی هستند که علاقمند به حضور در شبکه بوده و فرآیند عضویت را در شبکه پشت سر گذاشته‌اند. در برخی از شبکه‌ها نیز اعضای شبکه، افراد متخصص یا صاحب‌نظر در یک حوزه کاری مشخص هستند. برای ارتباط بهتر مراکز عضو با مدیر و دبیرخانه شبکه، لازم است هر یک از آن‌ها فردی را به عنوان رابط با شبکه تعیین کنند. باید توجه کرد که رابط شبکه، فردی غیر از نماینده تام‌الاختیار مرکز عضو در شبکه است که مخاطب مکاتبات رسمی شبکه با آن مرکز است و اغلب در رده مدیران مرکز عضو قرار داشته و در جلسات مجمع عمومی یا همگانی

جدول ۳: عوامل اصلی موجود در ساختار شبکه‌های تحت مطالعه.

عنوان شبکه	شورا	بالاترین مقام اجرایی	دبیرخانه شبکه	اعضا شبکه	ارتباط اعضا با شبکه	مجمع عمومی	کارگروه‌های تخصصی
شامتک	شورای هماهنگی	دبیر ستاد شبکه - (زیر نظر شورا) انتخاب برای ۲ سال	نداشته است •	دولتی فرابخشی	نماینده تام‌الاختیار	نداشته است	شورای علمی
پزشکی مولکولی	شورای راهبردی	رئیس شبکه (زیر نظر شورا) انتخاب برای ۲ سال	دارد	دولتی بخشی	نماینده تام‌الاختیار	سالانه	شورای پژوهشی - آموزشی و کمیته‌های تخصصی
بیوتکنولوژی پزشکی	شورای راهبردی	رئیس شبکه (زیر نظر شورا) انتخاب برای ۲ سال	دارد	دولتی بخشی	نماینده تام‌الاختیار	سالانه	شورای پژوهشی - آموزشی و کمیته‌های تخصصی
تحقیقات گیاهان دارویی	شورای عالی	مدیر شبکه - (زیر نظر شورایی) انتخاب برای ۴ سال	داشته است ••	دولتی بخشی	نماینده تام‌الاختیار	سالانه	شورای پژوهشی و کمیته‌های تخصصی
پژوهش و فناوری گیاهان دارویی	شورای شبکه	دبیر شبکه - (زیر نظر شورا) انتخاب برای ۲ سال	دارد	دولتی فرابخشی - خصوصی	نماینده تام‌الاختیار	سالانه	۵ کارگروه موضوعی
آزمایشگاه‌های فناوری نانو	ندارد	مدیر شبکه - انتصاب توسط سازمان متولی	دارد	دولتی فرابخشی - خصوصی	نماینده تام‌الاختیار و رابط	سالی دو بار	۲ کارگروه تخصصی تجهیزاتی و یک کمیته هماندیشی
تحقیقات سلول‌های بنیادی	شورای راهبردی	رئیس شبکه (زیر نظر شورا) انتخاب برای ۲ سال	دارد	دولتی فرابخشی	نماینده تام‌الاختیار	سالانه	۷ کارگروه تخصصی و یک کمیته هماندیشی

• در حال حاضر غیرفعال است ولی در زمان فعالیت هم دبیرخانه مستقلی نداشته است.

•• در حال حاضر غیرفعال است ولی در زمان فعالیت هم دبیرخانه فعالی نداشته است.

۷. مجمع همگانی/عمومی شبکه

قدرت اجرایی بیشتری بوده و شبکه از نظر عملیاتی چالاک‌تر است. برای ساختار شورایی، دو نوع ساختار با تفاوت‌های کم شناسایی شد که در ادامه هر ساختار، ویژگی‌های هر کدام و نمونه‌های واقعی آنها معرفی می‌شود. در مورد ساختار ستادی تنها یک نمونه عملی وجود داشت که معرفی می‌گردد. همچنین ضمن معرفی گزینه‌های مختلف، ملاحظات اجرایی هر یک از گزینه‌ها -حاصل گفتگو با افراد کلیدی- نیز بررسی شده است.

۱. ساختار شورایی

در صورتی که سازمان متولی ایجاد و اداره شبکه از نظر ساختار کشوری همسطح با مراکز عضو بوده و به‌ویژه شبکه از نظر بودجه‌ای وابسته به سازمانی غیر از سازمان متولی شبکه باشد معمولاً از ساختار شورایی برای اداره شبکه استفاده می‌شود چرا که برای جلب مشارکت مراکز عضو در فعالیت‌های شبکه، لازم است آنها خود را در تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌های آن سهیم بدانند. در این نوع از ساختار شبکه‌ای، شورایی متشکل از افرادی منتخب از مراکز عضو شبکه وجود دارد که تصمیم‌گیری‌های کلان و حتی گاهی اجرایی شبکه توسط این شورا اتخاذ می‌شود. در چنین ساختاری باید هماهنگی و همفکری کافی بین اعضای شورا و مدیر/رئیس شبکه وجود داشته باشد تا فعالیت‌های شبکه با سرعت و کیفیت مناسب انجام گیرد. ساختار شورایی خود می‌تواند به صورت‌های مختلفی طراحی شود که در اینجا به دو مورد مهم و رایج آن پرداخته می‌شود.

۲. ساختار شورایی نوع اول

در این ساختار نهاد اصلی تصمیم‌گیر، شورای شبکه است و دبیر شبکه نیز به صورت دوره‌ای توسط این شورا انتخاب می‌شود که معمولاً دوره فعالیت دبیر دو ساله است. البته اعضا شورا نیز در این ساختار به دو صورت ممکن است انتخاب شوند. در برخی شبکه‌ها، شورای شبکه متشکل از نمایندگان مراکز اصلی موسس شبکه هستند که تعداد این مراکز دارای نماینده در شورای شبکه، معمولاً بین ۵ تا ۷ مرکز است. در این نوع از شبکه‌ها مراکز دارای نماینده در شبکه ثابت هستند ولی نماینده این مراکز در شورا ممکن است، تغییر کند. شبکه ملی پژوهش و فناوری گیاهان دارویی از این ساختار تبعیت می‌کند. در برخی دیگر از شبکه‌ها، اعضای شورای شبکه دارای جایگاه حقوقی هستند. به عنوان مثال در شبکه شامتک، اعضای شورای هماهنگی شبکه، روسای کمیسیون‌های شورای پژوهش‌های علمی کشور بودند. شکل (۱) نمایی از این ساختار شبکه‌ای را نشان می‌دهد.

اگرچه انتخاب دبیر شبکه توسط مراکز عضو، باعث افزایش حس همکاری و مشارکت اعضا در تصمیم‌گیری‌های شبکه و در نتیجه افزایش سرمایه اجتماعی شبکه می‌شود ولی تغییرات زیاد در ساختار مدیریتی شبکه باعث می‌شود فعالیت‌های اجرایی شبکه با مشکل مواجه شود. در این ساختار با تغییر دبیر شبکه، محل استقرار دبیرخانه شبکه هم تغییر می‌کند و به سازمان متبوع دبیر جدید شبکه منتقل می‌شود. در صورتی که کارشناسان شبکه به هر دلیلی نتوانند به دبیرخانه جدید منتقل شوند تاریخچه شبکه، دانش ضمنی و تجربی کارشناسان آن و روابط شکل گرفته در طول زمان با اعضا شبکه از بین می‌رود.

۳. ساختار شورایی نوع دوم

در این ساختار اگرچه ظاهراً تصمیم‌گیری‌های اصلی شبکه در

شبکه برای انجام فعالیت‌های خود باید از سازوکارهای ارتباطی مختلف استفاده کند که بسته به نوع فعالیت و زمان متفاوت هستند. یکی از این سازوکارها که حتماً باید در شبکه وجود داشته باشد، ارتباطات رودررو است. شبکه برای ایجاد اعتماد متقابل بین اعضا و به منظور افزایش همکاری‌ها، باید حداقل سالی یک‌بار مدیران تصمیم‌گیر مراکز عضو را در کنار هم جمع کند و ضمن اعلام سیاست‌های جدید شبکه، همکاری آن‌ها را برای پیاده‌سازی این سیاست‌ها جلب نماید. چنین جمعیتی معمولاً مجمع همگانی یا عمومی شبکه گفته می‌شود که گاهی در اساسنامه شبکه برای این مجمع نیز شرح وظایفی از جمله تصویب اساسنامه (یا تغییرات آن) در نظر گرفته می‌شود.

۸. کارگروه(های) تخصصی/کارگروه علمی - مشورتی/گروه

مشاورین

شبکه نیازمند گروهی از مشاورین علمی و فنی است که ممکن است شامل تعدادی از دانشمندان و مدیران اجرایی باسابقه به عنوان مشاوران ارشد باشد. این افراد می‌توانند از بین مراکز عضو شبکه و یا غیر آن انتخاب شوند. همچنین شبکه می‌تواند برای موضوعات مهم کاری خود، کارگروه‌های تخصصی ایجاد کند. مثلاً شبکه ملی پژوهش و فناوری گیاهان دارویی کارگروه صنعت و شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو کارگروه تخصصی میکروسکوپ‌های الکترونی را تشکیل داده‌اند، تا مشاوره‌های علمی و فنی به مدیر (دبیر) شبکه بدهند و یا متخصصین، اپراتورها و تعمیرکاران این دستگاه‌ها را از مراکز عضو شبکه و حتی خارج از آن گرد هم آورند، تا علاوه بر ایجاد جریان دانش، به بررسی، شناسایی و رفع مشکلات بپردازند.

در جدول (۳) نمونه‌های موجود از هر یک از عوامل توضیح داده شده در ساختار شبکه‌های تحت مطالعه دیده می‌شود. اولین عامل در شبکه‌ها یعنی سازمان متولی در جدول (۱) آمده و لذا در اینجا تکرار نشده است. همه شبکه‌ها دارای هیئت موسس بوده‌اند که اغلب توسط سازمان متولی ایجاد شبکه تعیین شده‌اند. برخی شبکه‌ها از نظر عضوگیری محدود به بخش دولتی بوده‌اند و برخی از آن‌ها علاوه بر این، محدود به سازمان و یا وزارتخانه متبوع خود شده‌اند.

◆ الگوهای ساختاری شبکه‌های همکاری

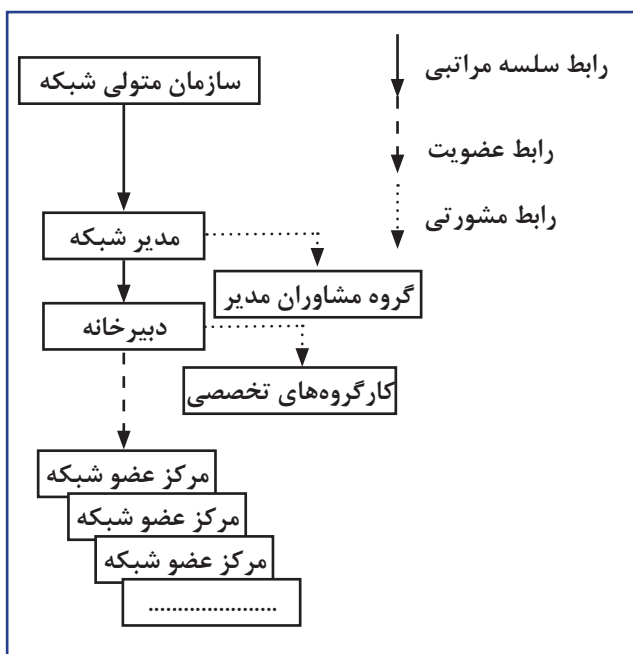
پس از معرفی ارکان اصلی در ساختار شبکه‌های همکاری علم و فناوری، براساس یک تحلیل میان-موردی، گزینه‌های مختلف برای ساختار یک شبکه که نشان‌دهنده نحوه ارتباط ارکان آن با هم است، استخراج شده است. براساس نتایج تحقیق حاضر، شرایط سازمانی و محیطی حاکم بر سازمان متولی ایجاد شبکه و موضوع مورد نظر برای شبکه‌سازی، نقش تعیین‌کننده‌ای در نوع ساختار و ارکان شبکه‌های همکاری دارند. براساس بررسی ۷ شبکه مورد مطالعه، دو دسته ساختار در شبکه‌های همکاری علم و فناوری شناسایی گردید که دو سر طیفی از ساختارهای مشارکتی تا ساختارهای سلسله مراتبی را تشکیل می‌دهند. ساختارهای مشارکتی را به دلیل نقش تاثیرگذار شورای راهبردی در آن‌ها، "ساختار شورایی" و ساختارهای سلسله مراتبی را به دلیل ماهیت اجرایی-عملیاتی آن‌ها "ساختارهای ستادی" نامیده‌ایم. در ساختارهای ستادی مدیر/رئیس شبکه دارای

این نوع از شبکه‌ها، چون نمایندگان مراکز عضو در شورای شبکه از افراد متخصص هستند، رئیس شبکه به عنوان یک فرد متخصص باسابقه و توانمند از مقبولیت خوبی بین آنها برخوردار است. با توجه به اینکه در این ساختار، رئیس شبکه معمولاً ثابت است، محل دبیرخانه شبکه و در نتیجه کارشناسان شبکه نیز ثابت خواهند بود و این باعث پایداری سیاست‌ها و برنامه‌های شبکه خواهد شد. در این نوع شبکه‌های تحقیقاتی، فعالیت اصلی شبکه توزیع بودجه بین تعدادی طرح پژوهشی است و لذا مشکل عمده در این نوع از ساختارهای شبکه‌ای در کشور، سهم‌خواهی مراکز عضو به دلیل جایگاه تخصصی نمایندگان آنها و کمبود روحیه همکاری شبکه‌ای است. در این شبکه‌ها معمولاً برنامه‌ای برای ارزیابی مستمر میزان همکاری شبکه‌ای مراکز عضو به ویژه در زمینه دستیابی به اهداف اشتراک‌گذاری وجود ندارد.

۴. ساختار ستادی

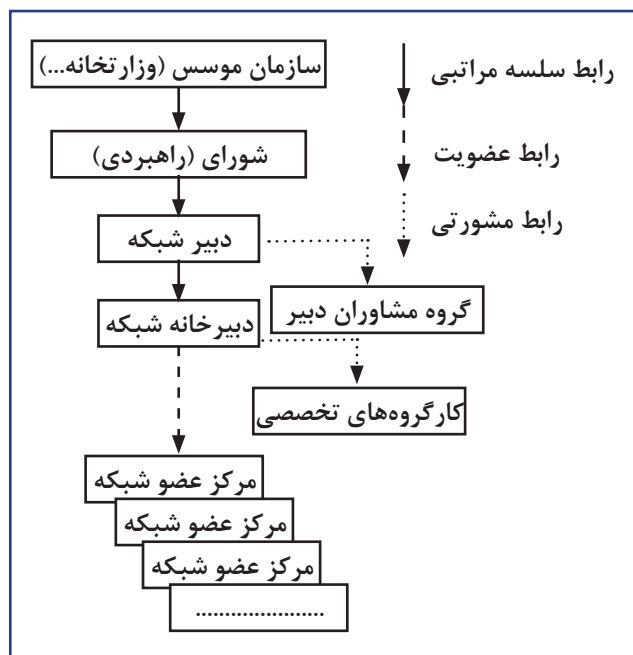
در صورتی که سازمان متولی شکل‌گیری شبکه از نظر ساختار سیاست‌گذاری و مدیریت کلان کشور دارای سطحی بالاتر از مراکز عضو شبکه باشد، تامین‌کننده اصلی منابع مالی شبکه بوده و به‌ویژه جایگاهی فرابخشی و فراسازمانی داشته باشد، می‌توان از ساختار ستادی-که دارای انعطاف‌پذیری عملیاتی و چالاک‌ای اجرایی بالاتری است- برای اداره شبکه استفاده کرد.

در این حالت مدیر شبکه که توسط سازمان متولی شبکه منصوب می‌شود، بالاترین مقام اجرایی شبکه بوده و فرد اصلی تصمیم‌گیر در مورد برنامه‌های عملیاتی و فعالیت‌های اجرایی شبکه است. مدیر شبکه براساس سیاست‌های مورد نظر سازمان متولی، سازوکارهای اجرایی شبکه را طراحی و از طریق دبیرخانه شبکه به اجرا می‌گذارد. مدیر شبکه در مقابل سازمان متولی شبکه پاسخگوست و مراکز عضو شبکه براساس میزان همکاری با شبکه و پیاده‌سازی سیاست‌های آن مورد ارزیابی قرار گرفته و از حمایت‌های مدیریت شبکه برخوردار می‌شوند. شکل (۳) نمایی از این ساختار را به صورت شماتیک نشان می‌دهد.

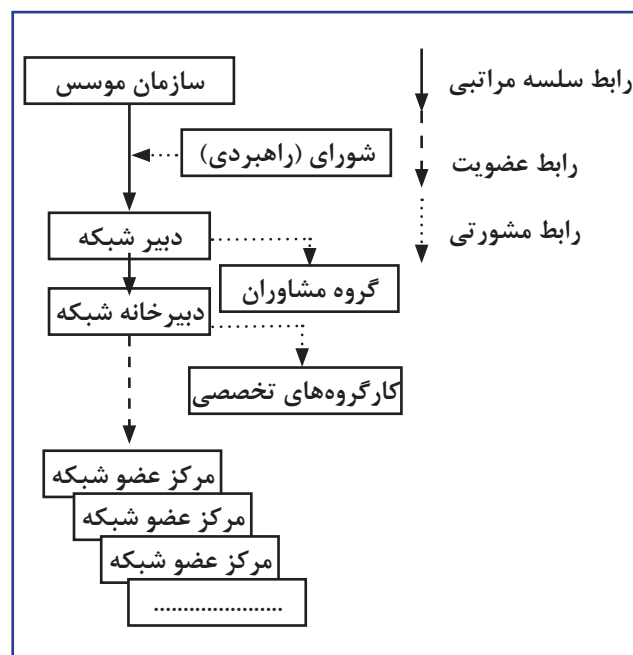


شکل ۳. ساختار ستادی.

شورا انجام می‌شود ولی در حقیقت رئیس شبکه به خاطر جایگاهی که در بین اعضاء شبکه دارد، تصمیم‌گیر اصلی است و جلسات شورا به صورت محدود و بیشتر به عنوان جلساتی مشورتی برای رئیس شبکه تشکیل می‌شود. در این نوع از ساختار شورایی معمولاً رئیس شبکه از افراد باسابقه مدیریتی و دارای جایگاه ویژه تخصصی در حوزه فعالیت شبکه است و اغلب با وجود پیش‌بینی تغییر دوره‌ای مدیریت شبکه در اساسنامه، این فرد در جایگاه خود از ثبات خوبی برخوردار است و در نتیجه شبکه در فعالیت‌های خود دارای هماهنگی و پایداری مطلوبی است. شکل (۲) این ساختار را به صورت شماتیک نشان می‌دهد.



شکل ۱. ساختار شورایی نوع اول.



شکل ۲. ساختار شورایی نوع دوم.

چنین ساختاری در شبکه‌های تحقیقاتی که فعالیت‌های شبکه حول طرح‌های تحقیقاتی مشترک است بیشتر دیده می‌شود. در

ستون آخر جدول (۴) ارزیابی کلی مصاحبه‌شوندگان از شبکه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد که به چهار دسته؛ غیرفعال، نیمه‌فعال، نسبتاً فعال و فعال دسته‌بندی شده‌اند. با توجه به بررسی انجام شده در مورد این ۷ شبکه، در عمل شبکه‌ای که از ساختار ستادی تبعیت نموده، موفقیت بیشتری داشته است. در بین شبکه‌های دیگر نیز، یکی از شبکه‌های دارای ساختار شورایی نوع اول، از نظر ایجاد همکاری‌های شبکه‌ای فعال‌تر بوده است. لذا به نظر می‌رسد دو سر طیف «حداکثر قدرت اجرایی مدیر شبکه» و «حداکثر مشارکت جمعی در شبکه» بهتر از میانه طیف عمل کرده‌اند. البته اگر بتوان با اصلاح الگوی ساختار ستادی، سرمایه اجتماعی در شبکه‌های دارای الگوی ستادی را بالا برد احتمالاً در عمل نتیجه بهتری حاصل خواهد شد. به عنوان نمونه یکی از مصاحبه‌شوندگان پیشنهاد کرد که در الگوی ستادی، سازمان موسس، هیئت امنایی را برای شبکه ایجاد کند و برخی اختیارات خود را به آن تفویض نماید. این هیئت امناء بهتر است شامل ترکیبی از نمایندگان مراکز عضو، نمایندگان سازمان موسس و مدیر شبکه باشد. حضور نمایندگان مراکز عضو شبکه در هیئت امناء شبکه باعث افزایش سرمایه اجتماعی و روحیه مشارکت جمعی در شبکه خواهد شد.

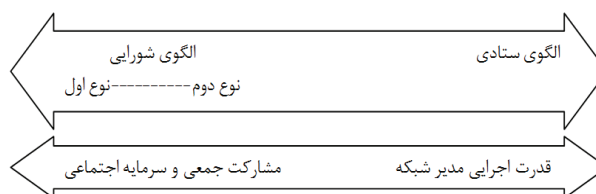
برای مقایسه بهتر ساختارهای معرفی شده برای شبکه، جمع‌بندی موارد بیان شده در قالب یک جدول ارائه می‌شود. با توجه به جدول (۵) می‌توان گزینه مطلوب را متناسب با شرایط واقعی شکل‌گیری شبکه‌های همکاری علم و فناوری انتخاب نمود. در این جدول مزایا و معایب هر یک از گزینه‌های مطرح شده در مورد ساختار شبکه نیز آمده است.

همانطور که در جدول (۵) دیده می‌شود، در کل ساختار ستادی از نظر اجرایی مناسب‌تر است و مدیریت شبکه قدرت عمل بیشتری در اختیار دارد. البته عیب این الگوی ساختاری، عدم مشارکت اعضاء در مدیریت شبکه و در نتیجه سرمایه اجتماعی پایین آن است.

در این نوع از ساختار شبکه‌ای، دبیرخانه شبکه به عنوان بازوی اجرایی مدیر، نقش مهمی در پیشبرد اهداف شبکه دارد و با توجه به ثبات سازمان محل استقرار شبکه، پایداری کافی در برنامه‌های آن وجود دارد. البته در این ساختار وجود هوشمندی و روحیه تعاملی در مدیر شبکه و کارشناسان دبیرخانه نقش بسیار مهمی در موفقیت شبکه خواهد داشت و در غیر اینصورت مزایای ناشی از ثبات داخلی این ساختار به یک مانع در مسیر حرکت شبکه تبدیل خواهد شد.

تحلیل و جمع‌بندی

شکل (۴) ساختارهای بررسی شده را در قالب یک طیف نشان می‌دهد که با حرکت از سمت الگوی ستادی به طرف الگوی شورایی، از قدرت اجرایی مدیر/رئیس شبکه (و در نتیجه انعطاف‌پذیری عملیاتی و چالاکی اجرایی شبکه) کاسته شده و به سرمایه اجتماعی و مشارکت جمعی در شبکه افزوده می‌شود.



شکل ۴. نمایش الگوهای ساختاری شبکه‌ها در قالب یک طیف.

جدول شماره (۴) ساختارهای استفاده شده در ۷ شبکه مورد بررسی را نشان می‌دهد. در ۶ مورد از شبکه‌ها از ساختار شورایی استفاده شده و تنها در یک شبکه از ساختار ستادی بهره گرفته شده است که از این ۶ مورد نیز، چهار شبکه از ساختار شورایی نوع دوم و دو شبکه از ساختار شورایی نوع اول استفاده کرده است.

جدول ۴. الگوهای ساختاری مورد استفاده در ۷ شبکه همکاری مورد مطالعه.

ردیف	عنوان شبکه	نوع ساختار شبکه	ارزیابی کلی از وضعیت شبکه‌ها در زمان تحقیق
۱	شبکه آزمایشگاه‌های ملی تحقیقاتی کشور (شامتک)	شورایی نوع اول	غیرفعال*
۲	شبکه پزشکی مولکولی کشور	شورایی نوع دوم	نیمه فعال**
۳	شبکه بیوتکنولوژی پزشکی کشور	شورایی نوع دوم	نیمه فعال
۴	شبکه تحقیقات گیاهان دارویی کشور	شورایی نوع دوم	غیرفعال
۵	شبکه ملی پژوهش و فناوری گیاهان دارویی	شورایی نوع اول	نسبتاً فعال
۶	شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو	ستادی	فعال
۷	شبکه تحقیقات سلول‌های بنیادی	شورایی نوع دوم	نیمه فعال

* غیرفعال: شبکه به مرحله انحلال رسیده است.

** نیمه فعال: فعالیت شبکه در حد جلسات شورا (ی راهبردی) است و همکاری چندانی بین مراکز عضو وجود ندارد.

جدول ۵: جمع‌بندی بحث در مورد الگوهای ساختاری شبکه.

ویژگی سازمان متولی اداره شبکه	ساختار-نوع	سیاست‌گذار شبکه	تصمیم‌گیر اجرایی شبکه	مزایا-معایب
همسطح با مراکز عضو شبکه	شورایی نوع اول	شورای شبکه	شورای شبکه (شامل دبیر شبکه)	مزایا: سرمایه اجتماعی بالا- روحیه مشارکت جمعی بالا معایب: ناپایداری بدنه کارشناسی و فقدان انباشت دانش و تجربه- احتمال اختلاف بین شورا و دبیر
	شورایی نوع دوم	شورای شبکه	رییس شبکه تحت نظر شورا	مزایا: سرمایه اجتماعی خوب - پایداری دبیرخانه و امکان افزایش تجربه در طول زمان معایب: سهم‌خواهی مراکز عضو شبکه به جای همکاری- در همه شبکه‌ها قابل پیاده‌سازی نیست و وابسته به شخصیت رییس شبکه است.
فراتر از مراکز عضو (فراسازمانی و تامین‌کننده اصلی منابع مالی شبکه)	ستادی	سازمان متولی	مدیر شبکه	مزایا: پایداری بدنه کارشناسی و انباشت تجربه مدیریتی در طول زمان - انعطاف‌پذیری عملیاتی و چالاکی اجرایی بالا معایب: سرمایه اجتماعی کم- روحیه مشارکت جمعی وابسته به نحوه تعامل مدیر و دبیرخانه با اعضاء شبکه است.
	ستادی اصلاح‌شده (پیشنهادی)	هیئت امناء شبکه	مدیر شبکه	مزایا: سرمایه اجتماعی خوب- پایداری بدنه کارشناسی و انباشت دانش مدیریتی در طول زمان معایب: امکان ناهماهنگی بین مدیر و هیئت امناء- امکان انحراف هیئت امناء از سیاست‌های مورد نظر سازمان متولی

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با بررسی ۷ شبکه همکاری علم و فناوری در ایران، دو دسته ساختار در این شبکه‌ها شناسایی گردید که دو سر یک طیف از ساختارهای شورایی (مشارکتی) تا ساختارهای ستادی (سلسله‌مراتبی) را تشکیل می‌دهند. براساس این مطالعه می‌توان گفت:

- ♦ در صورتی که سازمان متولی اداره شبکه از نظر ساختار کشوری همسطح با مراکز عضو شبکه باشد و به‌ویژه شبکه از نظر بودجه‌ای وابسته به سازمانی غیر از سازمان متولی شبکه باشد در اینصورت معمولاً از ساختار شورایی برای اداره شبکه استفاده می‌شود چرا که برای جلب مشارکت مراکز عضو در فعالیتهای شبکه، لازم است آنها خود را در تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌های شبکه سهیم بدانند.
- ♦ در صورتی که سازمان متولی ایجاد شبکه از نظر ساختار سیاست‌گذاری و مدیریت کلان کشور دارای سطحی بالاتر از مراکز عضو شبکه باشد، تامین‌کننده اصلی منابع مالی شبکه بوده و به‌ویژه جایگاهی فرابخشی و فراسازمانی داشته باشد، در اینصورت می‌توان از ساختار ستادی برای اداره شبکه استفاده کرد.

در کل ساختارهای ستادی از نظر اجرایی مناسب‌تر از ساختارهای شورایی ارزیابی شدند. مدیریت شبکه در این ساختارها قدرت عمل بیشتری دارد. البته عیب این الگوی ساختاری، عدم مشارکت اعضاء در مدیریت شبکه و در نتیجه سرمایه اجتماعی پایین آن است که می‌توان با ایجاد هیئت امنایی برای شبکه و انتخاب نمایندگان از اعضاء شبکه در ترکیب آن، این عیب را رفع نموده و مشارکت اعضاء را افزایش داد. از طرف دیگر ساختارهای شورایی از نظر روحیه مشارکت جمعی و سرمایه اجتماعی مطلوب‌ترند. اگر بتوان همکاری بین اعضاء را جایگزین سهم‌خواهی کرد و ثبات مدیریت شبکه و دبیرخانه آن را افزایش داد، این نوع ساختار نیز می‌تواند ساختار مناسبی برای شبکه‌های علم و فناوری در کشور باشد.

پیشنهاد می‌شود در مطالعات دیگری تاثیر نوع ساختار شبکه‌های همکاری بر سایر عوامل مهم در شبکه‌ها از قبیل به-اشتراک‌گذاری دارایی‌ها، ایجاد زیرساخت‌های مشترک و شکل‌گیری دارایی‌های مکمل مورد بررسی قرار گیرد.

پی‌نوشت

۱۳. Inkpen & Tsang
۱۴. Structured
۱۵. Unstructured
۱۶. Support Structure
۱۷. Editor
۱۸. Purposive
۱۹. Theoretical replication
۲۰. Literal replication
۲۱. Eisenhardt
۲۲. Key informants

۲۳. نویسنده مقاله از سال ۱۳۸۳ از نزدیک شاهد فرآیند ایجاد و تکامل شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو بوده و به اقتضای فعالیت خود شاهد فعالیت برخی دیگر از شبکه‌ها از جمله شبکه ملی پژوهش و فناوری گیاهان دارویی بوده و در جلسات مهم آنها از قبیل مجامع سالانه و کارگروه‌های تخصصی شرکت نموده است.

۱. دانشجوی دکتری مدیریت تکنولوژی، دانشگاه علامه طباطبائی (ره)، نویسنده اول
۲. استادیار دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی (ره)
۳. شبکه آزمایشگاه‌های ملی تحقیقاتی کشور
۴. Cross-case analysis
۵. Celgi & Dini
۶. Hagedoorn
۷. Buchel & Raub
۸. Grabher & Powell
۹. Wixted & Halbrook
۱۰. Powell & Gradol
۱۱. Hierarchical
۱۲. Heterarchical

* این مقاله در فصلنامه عملی - پژوهشی سیاست علم و فناوری (سال سوم، شماره ۳، بهار ۱۳۹۰ چاپ شده است).

مراجع

- [۱] Ceglie G. and Dini M., ۱۹۹۹, "SME Cluster and Network Development in Developing Countries: The Experience of UNIDO", United Nations Industrial Development Organization (UNIDO).
- [۲] Humphrey J. and Schmitz H., ۱۹۹۵, "Principles for Promoting Clusters and Networks of SMEs", Paper Commissioned by the Small and Medium Enterprises Branch, UNIDO, October ۱۹۹۵.
- [۳] Nohria N., and Eccles R. G., ۱۹۹۲, "Networks and Organizations: Structure, Form and Action", Harvard Business School Press, Harvard.
- [۴] Freeman C., ۱۹۹۱, "Networks of Innovators: A Synthesis of Research Issues", Research Policy, Vol. ۲۰, pp. ۴۹۹-۵۱۴.
- [۵] Hagedoorn J., ۲۰۰۲, "Inter-Firm R&D Partnerships: An Overview of Major Trends and Patterns since ۱۹۶۰", Research Policy, Vol. ۳۱, pp. ۹۲-۴۷۷.
- [۶] Link A., ۱۹۹۹, "Public/ Private Partnerships in the United States", Industry and Innovation, Vol. ۲(۶), pp. ۱۹۱-۲۱۷.
- [۷] Buchel B. and Raub S., ۲۰۰۲, "Building Knowledge-creating Value Networks", European Management Journal, Vol. ۲۰(۶), pp. ۵۸۷-۵۹۶.
- [۸] Grabher G. and Powell W. W., ۲۰۰۴, "Introduction in Critical Studies in Economic Institutions: Networks", London, Edward Elgar.
- [۹] Wixted B., and Holbrook J., ۲۰۰۸, "Conceptual Issues in the Evaluation of Formal Research Networks", CPROST Report ۰۱-۲۰۰۸.
- [۱۰] Powell W. W., and Gortal S., ۲۰۰۴, "Networks of innovators", In: Fagerberg J., Mowery D. C., and Nelson R. R., The Oxford Handbook of Innovation, Oxford University Press, Chapter ۳, pp. ۵۶-۸۵.
- [۱۱] Inkpen A. C., and Tsang E. W. K., ۲۰۰۵, "Social Capital, Networks, and knowledge Transfer", Academy of Management Review, Vol. ۳۰(۱), pp. ۱۴۶-۱۶۵.
- [۱۲] Lane P. J., and Lubatkin M., ۱۹۹۸, "Relative absorptive capacity and inter-organizational learning", Strategic Management Journal, Vol. ۱۹, pp. ۴۶۱-۴۷۷.

مطالعه رفتار حرارتی مواد در ابعاد نانومتر با روش آنالیز ریزحرارتی

نویسندگان:

صدیقه صادق حسینی^۱

سمیرا گل زردی^۱

مریم خسروی^۲

۱. پژوهشکده کاتالیست و نانو فناوری -

پژوهشگاه صنعت نفت

nsadeghassani@yahoo.co.uk

۲. پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

۳. عضو کارگروه تخصصی SPM شبکه

آزمایشگاهی فناوری نانو

چکیده

روش آنالیز ریزحرارتی، تلفیقی از روش میکروسکوپ نیروی اتمی (با توانایی تصویربرداری با توان تفکیک بالا) و یکی از روش‌های آنالیز حرارتی است. در این روش پروب مورد استفاده در میکروسکوپ با یک پروب حرارتی جایگزین و با اعمال توان الکتریکی، پروب حرارت داده می‌شود. هنگام روبش سطح نمونه، توان مورد نیاز برای حفظ دمای سوزن در مقداری ثابت، نمایش داده می‌شود و به‌طور هم‌زمان تصویر توپوگرافی و تصویر حرارتی سطح نمونه تهیه می‌گردد. با مشخص کردن مناطق مورد نظر روی نمونه و با استفاده از یک روش آنالیز حرارتی موضعی، نمودار تغییرات گرمایی آن در مقیاس نانو ترسیم می‌شود. همچنین با ترکیب سامانه فوق با یکی از روش‌های کروماتوگرافی گازی-طیف سنجی جرمی یا طیف‌سنجی جرمی، قابلیت تجزیه و تحلیل شیمیایی گازهای حرارتی خارج شده از سطح نمونه نیز امکان‌پذیر است.

واژه‌های کلیدی

آنالیز ریزحرارتی، میکروسکوپی حرارتی
روبشی، آنالیز حرارتی، میکروسکوپی
نیروی اتمی، پروب حرارتی.

مقدمه

خواص حرارتی مواد به عنوان یک شناسه منحصر به فرد و امکان بررسی این خواص در ابعاد نانومتر، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تغییرات موضعی هدایت حرارتی در سطح نمونه، حتی در نواحی با ابعاد چند نانومتر، باعث ایجاد تغییر در جریان الکتریکی می‌شود. بر این اساس، آشنایی و استفاده از روش‌های آنالیز حرارتی برای بررسی این خواص در مقیاس نانو، بسیار اهمیت دارد. از جمله روش‌های آنالیز حرارتی می‌توان به روش دیفرانسیل روبش کالریمتری، روش مدوله دمایی دیفرانسیل روبش کالریمتری، روش آنالیز ترمومکانیکی، روش آنالیز دینامیک-مکانیکی و غیره اشاره کرد. در روش‌های معمول آنالیز حرارتی، حدود چند میلی‌گرم از نمونه مورد بررسی در داخل کوره الکتریکی قرار داده می‌شود. اندازه کوره و طراحی آن به‌گونه‌ای انتخاب می‌گردد که شیب حرارتی در نمونه به حداقل برسد و نرخ گرمایش نمونه نیز بر اساس اندازه نمونه و اغلب بین ۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه انتخاب می‌شود. لازم به ذکر است که تغییرات حرارتی نمونه نسبت به تغییرات حرارتی یک نمونه شاهد که در بیشتر موارد پودر $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ است به صورت نمودار رسم می‌شود. در اغلب روش‌های معمول آنالیز حرارتی، خواص حرارتی سطوح مختلف مواد پنهان مانده و پاسخ حرارتی توده به‌وسیله غلظت بیشتر زمینه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. به‌طور معمول در روش‌های رایج، میانگین خواص حرارتی حجم معینی از نمونه آزمایشی به دست می‌آید و بررسی خصوصیات قسمت‌های دارای غلظت کمتر با دقت بالا و حذف اثر آلودگی‌ها، بدون تغییر نمونه از نظر فیزیکی بسیار دشوار است، در نتیجه خواص حرارتی موضعی و مرتبط با مورفولوژی سطح حاصل نمی‌شود [۱].

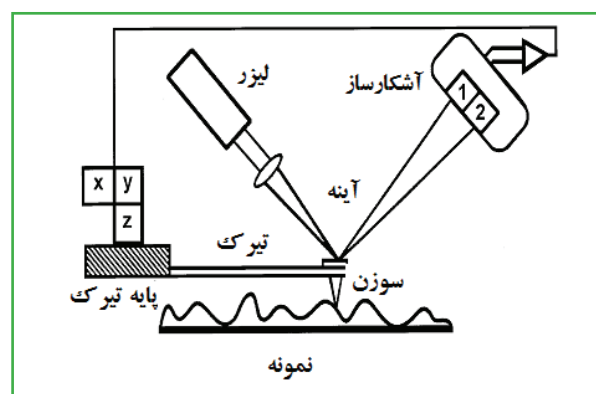
■ روش آنالیز ریز حرارتی

به منظور بررسی و تشخیص رفتار حرارتی نمونه مورد آزمایش با توان تفکیک بالا، به‌ویژه در محدوده نانومتر و قابلیت انتخاب مناطق مورد نظر در سطح نمونه، ضروری است روش آنالیز حرارتی با یک روش میکروسکوپی مناسب تلفیق شود.

قابل ذکر است که روش میکروسکوپی انتخاب شده باید به‌گونه‌ای باشد که روش آماده‌سازی نمونه، هیچ اثری بر رفتار حرارتی نمونه و تغییر در مقدار آن نداشته (به عنوان مثال رنگ‌آمیزی، اعمال فرآیند حکاکی، پوشش‌دهی با یک ماده رسانا، ایجاد خلاء در حین تصویرگیری و غیره) و دارای توان تفکیک بالا تا حد امکان در محدوده نانومتر باشد.

بهترین روش میکروسکوپی قابل تلفیق با روش آنالیز حرارتی، میکروسکوپی نیروی اتمی است. میکروسکوپی نیروی اتمی یکی از شاخه‌های اصلی میکروسکوپی پروبی روبشی است. میکروسکوپی پروبی روبشی عبارتی کلی برای مجموعه‌ای از روش‌ها است که سطح ماده را با توان تفکیکی در مقیاس نانومتر و یا حتی کمتر از آن روبش می‌کند و علاوه بر تهیه تصاویر توپوگرافی، اطلاعات با ارزشی مانند خواص مغناطیسی، الکتریکی و تعیین نیروهای مانند اصطکاک و چسبندگی را در مقیاس نانومتر امکان‌پذیر می‌نمایند [۲].

در این میکروسکوپ‌ها، سطح نمونه به‌وسیله یک سوزن تیز روبش می‌شود و با اندازه‌گیری و پردازش سیگنال به دست آمده از نقاط مختلف سطح، تصویر آن سطح تهیه می‌گردد. در بیشتر موارد، این سوزن با ابعاد نانومتر و به شکل هرم یا مخروط است و در انتهای بازوی تیرک قرار دارد. جنس سوزن از سیلیکون یا نیتريد سیلیکون است و با اتصال تیرک به همراه سوزن به روبشگر پیزوالکتریک، امکان روبش سطح نمونه با قدرت تفکیکی در حد 0.1 آنگستروم فراهم می‌شود. استفاده از سیگنال‌های متفاوت برای تصویرسازی، امکان بررسی طیف گسترده‌ای از مواد سخت، نرم، هادی، نیمه‌هادی، عایق، مغناطیسی و غیره را فراهم می‌آورد. میکروسکوپ‌های پروبی روبشی، با امکان آماده‌سازی آسان نمونه، علاوه بر خلاء، در هوا و یا در محیط مایع نیز کار می‌کنند [۱]. شکل (۱)، نمای کلی میکروسکوپ نیروی اتمی را نشان می‌دهد.



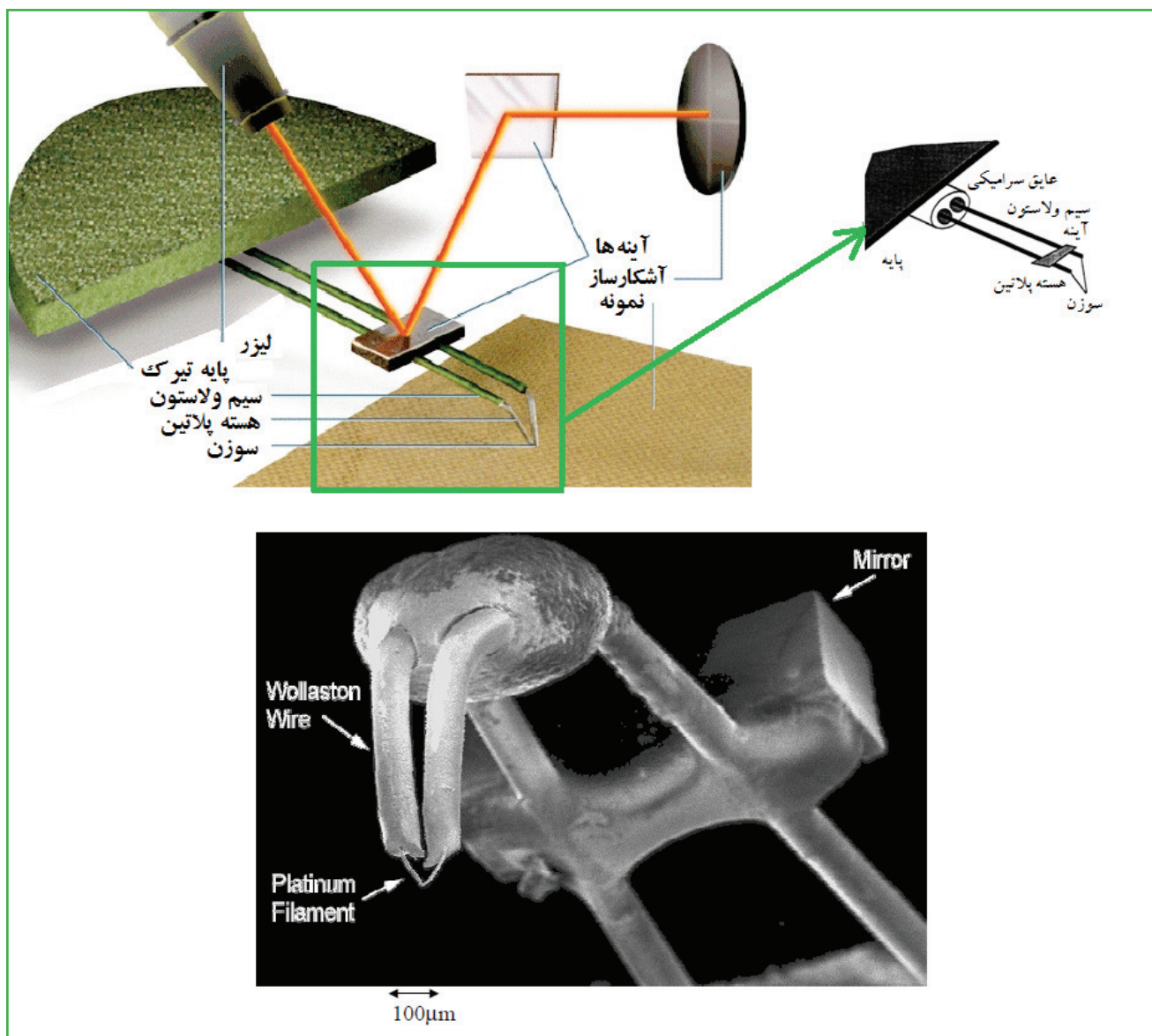
شکل ۱: نمای یک میکروسکوپ نیروی اتمی [۲]

روش آنالیز ریز حرارتی ناشی از تلفیق یکی از روش‌های آنالیز حرارتی با میکروسکوپ AFM برای تشخیص رفتار حرارتی مواد در نواحی مختلف با قدرت تفکیک بسیار بالا است. از آنجایی که در روش آنالیز ریز حرارتی، پروب حرارتی اطلاعات مفیدی از خواص گرمایی نواحی مختلف نمونه در محدوده چند میکرومتر مربع به‌دست می‌دهد، ابتدا باید با استفاده از میکروسکوپ AFM و تنظیم آن در حالت کاری میکروسکوپ حرارتی روبشی، هم‌زمان با تصویر توپوگرافی، تصویر حرارتی سطح نمونه نیز تهیه گردد. سپس با مشخص کردن مناطق مورد نظر روی تصویر حرارتی در ابعاد چند نانومتر، با استفاده از یکی از روش‌های آنالیز حرارتی، میزان تغییرات انرژی گرمایی مورد نیاز برای افزایش دمای نمونه در مناطق انتخاب شده تا دمای معین، به صورت نمودار رسم می‌شود. همچنین با روش MTA، امکان اندازه‌گیری دمای استحاله فازی موضعی ماده در ابعاد نانومتر وجود دارد [۴-۱].

■ روش میکروسکوپی حرارتی روبشی

روش میکروسکوپی حرارتی روبشی، روشی پیشرفته در بررسی خواص حرارتی مواد است که اساس کار این روش بر پایه میکروسکوپ نیروی اتمی است و زمینه جدیدی برای مطالعه خواص حرارتی مواد در ابعاد بسیار کوچک (چند نانومتری) فراهم نموده است. توانایی اندازه‌گیری خواص حرارتی موضعی نمونه، یکی از قابلیت‌های قدرتمند این روش است و به پژوهشگران در تشخیص تفاوت خواص توده ماده و سطح نمونه در نواحی مختلف کمک می‌کند. روش میکروسکوپی روبشی حرارتی به عنوان روشی مناسب برای مطالعه خواص حرارتی سطوح، مانند دمای استحاله و تغییرات حرارتی با قدرت تفکیک نانومتری شناخته شده است. در این روش به‌وسیله یک میله حرارتی، جریان الکتریکی لازم برای ثابت نگه‌داشتن دمای سوزن فراهم می‌شود و در هنگام روبش سطح نمونه، خواص حرارتی آن اندازه‌گیری می‌گردد. تغییرات موضعی هدایت گرمایی در سطح نمونه حتی در نواحی با ابعاد چند نانومتر، باعث ایجاد تغییر در جریان الکتریکی می‌شود [۲ و ۱].

در این روش از یک پروب حرارتی به نام پروب ولاستون (که متشکل از یک سنسور حرارتی مینیاتوری است که روی نوک سوزن روبش‌گر نصب شده است)، استفاده می‌شود و قادر به اندازه‌گیری تغییرات موضعی دما است. از یک سیم پلاتینی به قطر ۵ میکرومتر به‌عنوان گرم‌کننده و حسگر دمایی استفاده شده است. سیم پلاتینی با لایه نسبتاً ضخیمی از نقره پوشیده شده و این مجموعه، در یک روکش ولاستونی قرار دارد. در قسمت انتهایی V شکل پروب، روکش و لایه نقره سیم پلاتینی برداشته شده است و سیم پلاتینی در این ناحیه بدون حفاظ است. در این روش، سرعت گرمایش موضعی می‌تواند ۱۰۰۰-۵۰۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه باشد. طراحی به‌گونه‌ای است که هنگام عبور جریان الکتریکی از پروب، تنها سوزن دستگاه گرم می‌شود. به‌منظور انعکاس نور لیزر به آشکارساز نیز یک آینه کوچک در نزدیکی یک‌سوم نوک پروب نصب شده است. از جمله مزایای استفاده از این روش، ابعاد کوچک پروب است که در آن گرمایش و سرمایش با سرعت بسیار زیاد و در حد دهم ثانیه صورت می‌پذیرد. در شکل (۲) نمایی از سوزن و میکروسکوپ حرارتی روبشی نشان داده شده است.



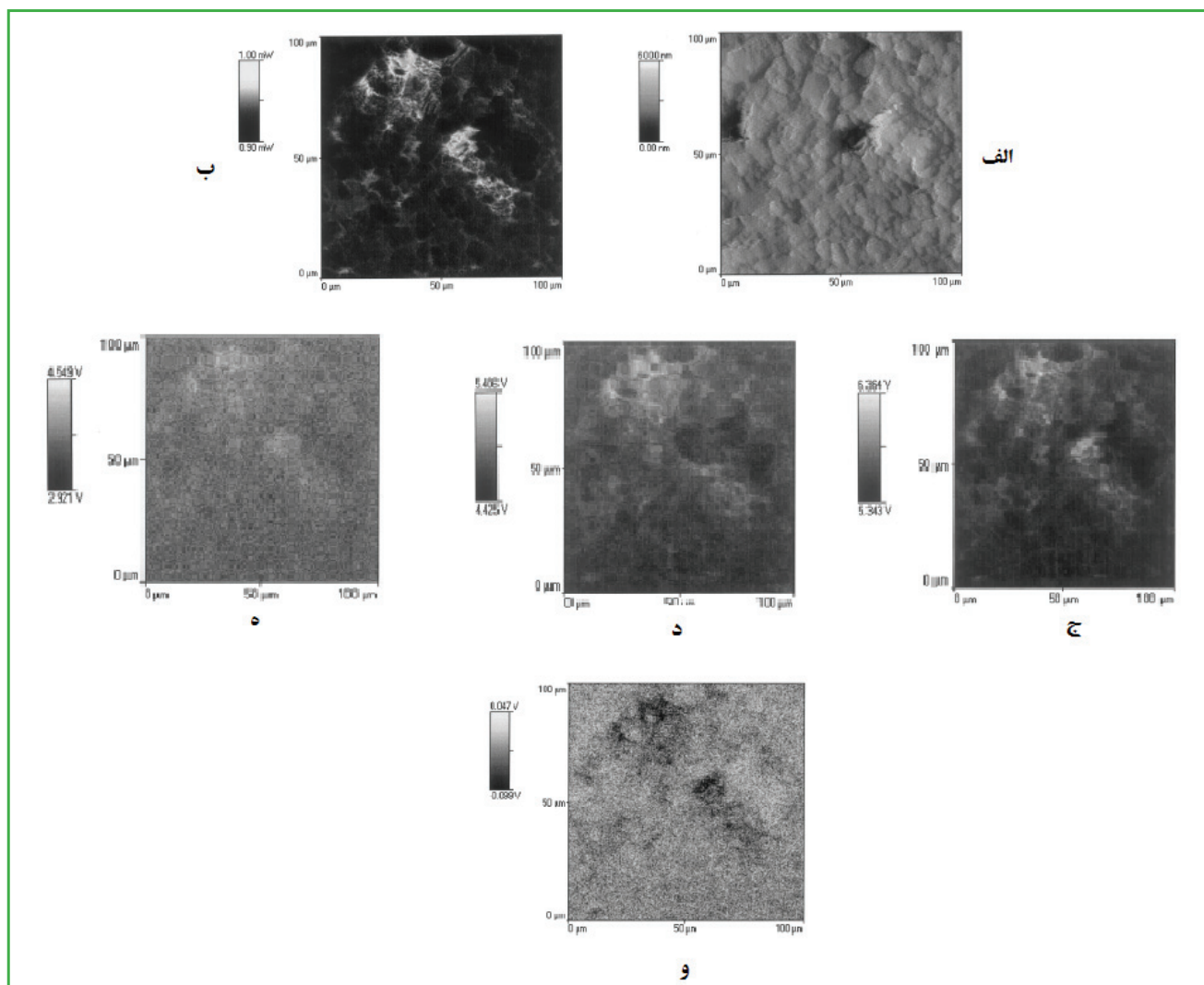
شکل ۲: نمایی از پروب میکروسکوپ حرارتی روبشی [۴].

مربوط است و دو تصویر در جریان متناوب (AC) که براساس ولتاژ مورد نیاز برای تنظیم دمای پروب و تفاوت فاز بین دمای اعمال شده و پاسخ پروب هستند.

تصاویر تهیه شده از سطح یک قرص پاراستامول در شکل (۳) نشان داده شده است. شکل‌های (۳-الف و ۳-ب) به ترتیب مربوط به تصویر توپوگرافی و تصویر حرارتی در جریان ثابت هستند. وجود دو ناحیه روشن و تاریک در شکل (۳-ب) نشان می‌دهد که قرص از دو ماده با رفتار حرارتی متفاوت تشکیل شده است و در نواحی روشن دارای هدایت حرارتی بیشتری است. تصاویر حرارتی در جریان متناوب، شکل‌های (۳-ج تا ۳-ه)، براساس ولتاژ مورد نیاز برای تنظیم دمای پروب هستند. این تصاویر نشان می‌دهند که افزایش فرکانس (به ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۱۰۰ هرتز) در میزان هدایت سطح و تصویر حاصل از آن تأثیر دارند. شکل (۳-و) مربوط به تصویر حرارتی نمونه در جریان متناوب براساس تغییرات فاز بین مدولاسیون دمای اعمال شده و پاسخ پروب است [۲].

مقاومت الکتریکی ایجاد شده در این پروب، تعیین کننده دمای سوزن روبشگر است. در نتیجه پروب دستگاه می‌تواند به عنوان وسیله‌ای برای انجام آزمایش در مقیاس بسیار کوچک به کار رود. با محاسبه توان الکتریکی مورد نیاز برای دستیابی به دمای مشخص، می‌توان دمای پروب دستگاه را ثابت نگه داشت. در روش آنالیز ریزحرارتی، تصویربرداری در حالت تماسی انجام می‌شود. در این حالت، سوزن میکروسکوپ تماس فیزیکی ملایمی با نمونه برقرار می‌کند. در زمانی که پروب میکروسکوپ مواجه با سطحی از یک نمونه با هدایت حرارتی بالا باشد، بخش قابل توجهی از گرمای نوک سوزن، از طرف پروب به سطح نمونه هدر می‌رود و توان الکتریکی لازم برای ثابت نگه داشتن دمای پروب، افزایش می‌یابد. اما زمانی که هدایت حرارتی نمونه مورد آزمایش کم باشد، توان الکتریکی مورد نیاز کاهش می‌یابد [۲-۴].

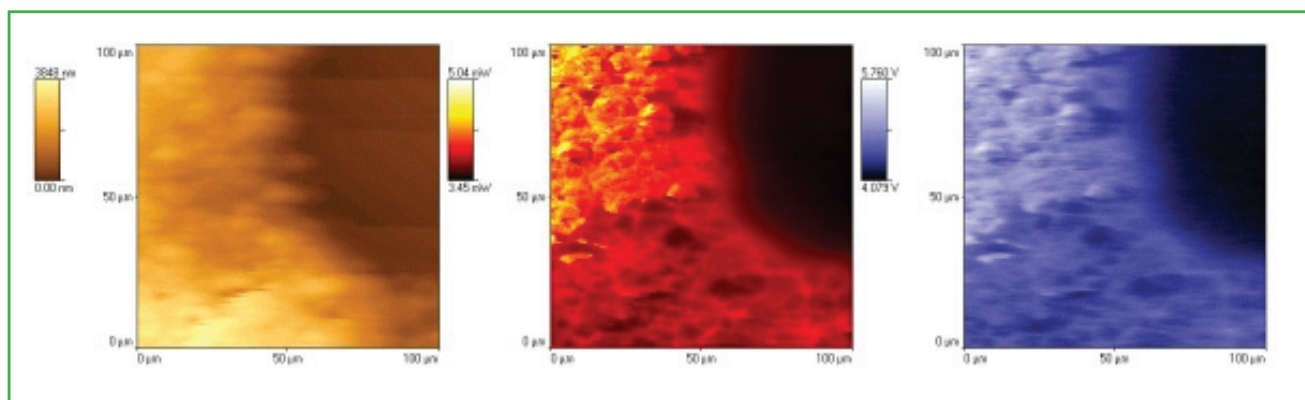
در روش میکروسکوپی حرارتی روبشی، قابلیت تهیه چهار تصویر از سطح نمونه وجود دارد که به ترتیب تصویر توپوگرافی، تصویر حرارتی در جریان ثابت (DC) که به هدایت حرارتی ظاهری سطح



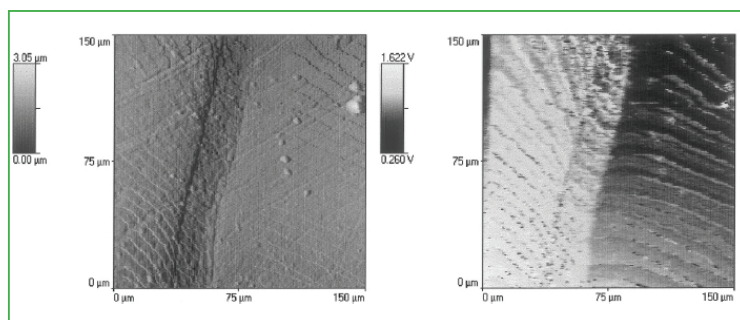
شکل ۳: تصاویر توپوگرافی و حرارتی تهیه شده از سطح یک قرص پاراستامول [۲].

در روش میکروسکوپی حرارتی روبشی، امکان اندازه‌گیری ابعاد تا محدوده نانومتر، توانایی موقعیت‌یابی آسان و داشتن قدرت تفکیک بالا به راحتی فراهم می‌شود. در شکل (۴)، تصویر توپوگرافی سطح یک نمونه تهیه شده به وسیله AFM و تصاویر حرارتی تهیه شده از همان نمونه با روش ترکیب با MTA نشان داده شده است [۵].

از جمله کاربردهای گسترده میکروسکوپ‌های حرارتی روبشی، بررسی قطعات میکروالکترونیک‌ها است. بررسی رفتار حرارتی و تصویرسازی حرارتی این ساختارها به علت ابعاد فوق‌العاده کوچک آنها و در بسیاری موارد شکننده بودن اجزای آنها، بسیار دشوار و وقت‌گیر است و از طرفی با توجه به ابعاد پروب مورد استفاده



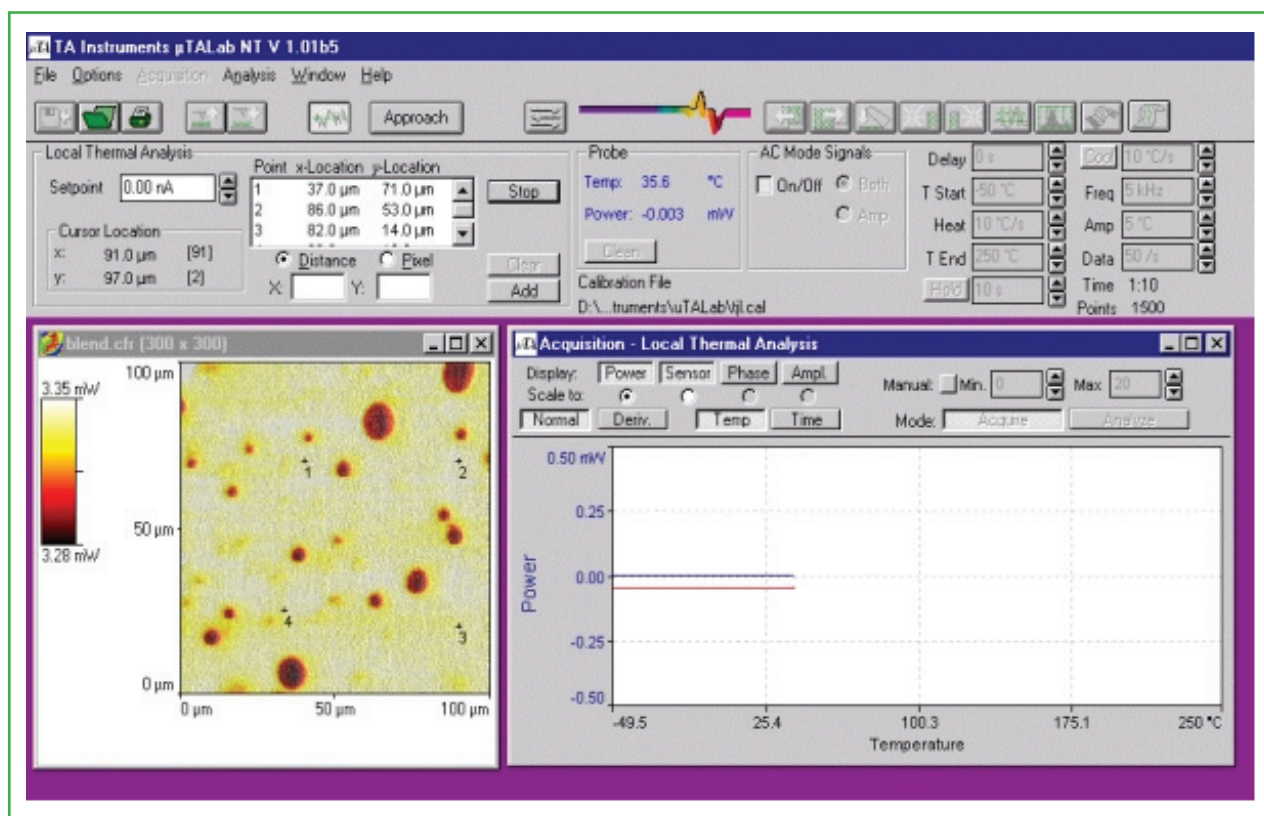
شکل ۴: تصاویر سطح یک لایه ضخیم در یک قطعه الکترونیکی، در محل اتصال الکترود فلزی و اکسیدهای فلزی با هدایت حرارتی مختلف [۵].



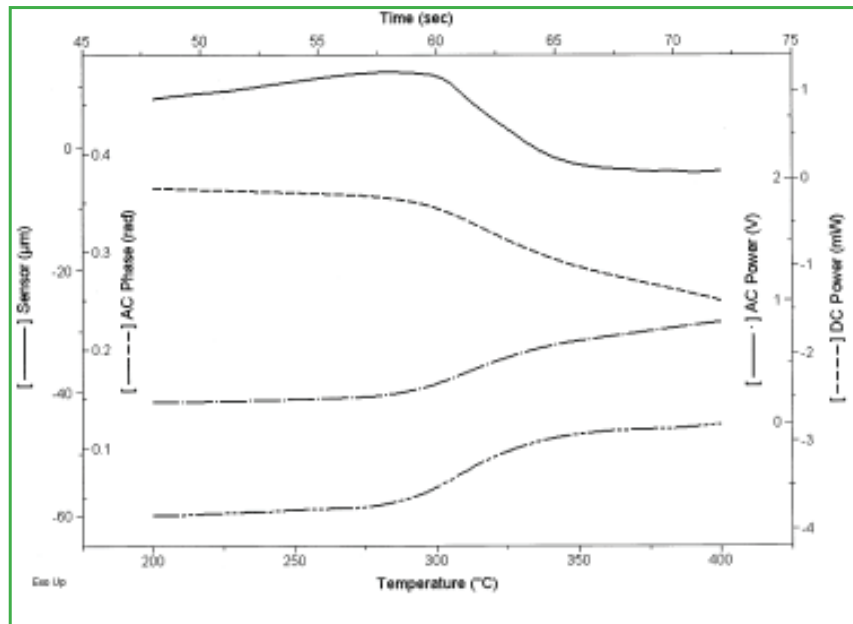
شکل ۵: تصویر سمت چپ مربوط به توپوگرافی و سمت راست تصویر حرارتی پلیمر و فلز است [۲].

علامت‌گذاری و برای بررسی آنالیز حرارتی موضعی، انتخاب شده‌اند. بعد از تعیین نقاط مورد نظر روی تصویر حرارتی نمونه، سوزن میکروسکوپ در نقطه انتخابی قرار می‌گیرد و آرام به سمت سطح نمونه حرکت می‌کند تا در نقطه‌ای مشخص، با نمونه تماس بگیرد. دمای سوزن دستگاه به‌طور خطی با زمان افزایش می‌یابد. سطح ماده در نقطه مورد مطالعه شروع به نرم شدن کرده و میزان خمش تیرک اندازه‌گیری می‌شود. با نفوذ آرام پروب دستگاه در نقطه مورد مطالعه در سطح نمونه، سیگنال‌های کالریمتری مشابه با روش معمول تجزیه حرارتی افتراقی رسم می‌شود. در شکل (۷) رفتار موضعی ذوب یک پلیمر در نمودارهای آنالیز حرارتی (به صورت تغییرات توان الکتریکی در حالت جریان مستقیم و متناوب) و نمودار تغییرات ترمومکانیکی (برحسب میکرومتر) در نقطه مورد مطالعه با MTA نشان داده شده‌است.

یکی از پرکاربردترین زمینه‌های بررسی رفتار حرارتی با این روش، بررسی خواص پلیمرهای حاصل از مخلوط دو یا چند جزء مختلف و یا بررسی رفتار حرارتی آنها در جوش و اتصال به فلزات است. همان‌گونه که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، محل رفتار حرارتی در محل اتصال پلیمر به فلز بررسی شده‌است و نمونه‌های پلیمری که دارای رنگ روشن در تصویر حرارتی هستند، هدایت حرارتی بیشتری را نسبت به فلز نشان می‌دهند [۲]. از تصاویر حرارتی، اطلاعات کیفی از رفتار حرارتی نمونه به‌دست می‌آید. بر این اساس، به‌منظور دست‌یافتن به اطلاعات دقیق‌تر کمی به صورت منحنی‌های رفتار حرارتی، استفاده از روش آنالیز ریز حرارتی مورد نیاز است. شکل (۶)، نمایی از نرم‌افزار مربوط به نتایج حاصل از تصویربرداری و بررسی خواص حرارتی سطح یک نمونه پلیمری در حال آزمایش با روش آنالیز ریز حرارتی را نشان می‌دهد. در این روش، در زمان انجام آزمایش، نقاط مشخصی روی تصویر



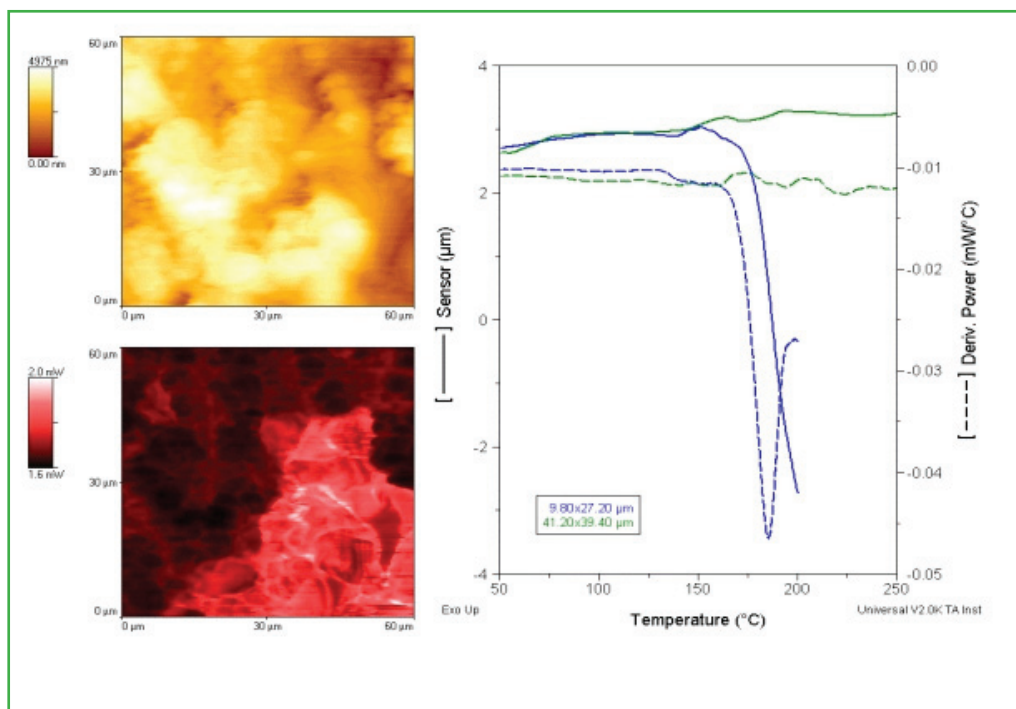
شکل ۶: نتایج تصویربرداری و آنالیز ریز حرارتی یک نمونه پلیمری با استفاده از روش MTA در صفحه نرم افزار MTA System 2990



شکل ۷: نمودارهای آنالیز حرارتی و تغییرات ترمومکانیکی در مطالعه رفتار موضعی ذوب یک پلیمر با روش MTA [۲].

دمایی ۵۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد، تغییرات دمایی محسوسی نشان نمی‌دهد اما ناحیه دارای هدایت حرارتی پایین‌تر (ناحیه تیره تصویر MTA) در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، یک پیک شدید مربوط به استحاله ذوب را نشان می‌دهد. به این ترتیب استفاده از روش ریزحرارتی، یک روش کارآمد برای مطالعه خواص حرارتی موضعی مواد مختلف در حوزه‌های مطالعاتی گوناگون به شمار می‌آید [۴ و ۶-۷].

در شکل (۸) تصاویر تهیه شده از سطح یک لایه نازک ماده دارویی جامد به وسیله میکروسکوپ AFM (تصویر سمت چپ بالا) و MTA (تصویر سمت چپ پایین) و نمودارهای آنالیز ریزحرارتی در دو نقطه انتخابی روی نواحی تاریک و روشن تصویر MTA نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که آنالیز حرارتی موضعی در نقطه‌ای روی فاز دارای هدایت حرارتی بالا (ناحیه روشن تصویر MTA) در فاصله



شکل ۸: تصاویر AFM (سمت چپ بالا) و تصویر حرارتی (سمت چپ پایین) و نمودارهای آنالیز ریزحرارتی در دو نقطه انتخابی از نواحی تاریک و روشن تصویر MTA [۴].

■ تشخیص هم‌زمان گاز متصاعد شده از نمونه در روش آنالیز ریز حرارتی

روش‌های تجزیه شیمیایی مواد به‌وسیله گرما، به‌عنوان روش‌هایی مطلوب برای شناسایی ترکیب شیمیایی مواد به‌ویژه پلیمرها به‌کار می‌روند. روش آنالیز ریز حرارتی، وسیله مناسبی برای نمونه‌برداری میکرومتری از نقاط انتخابی سطح است که گرم شدن پروب، موجب گرم شدن محل انتخابی نمونه می‌شود. گاز متصاعد شده حاصل از آنالیز حرارتی نمونه در یک لوله مخصوص که با ماده جاذب مناسب مانند تناکس یا کربن‌یک احاطه شده، جمع‌آوری می‌شود. لوله مذکور به کنار پروب میکروسکوپ هدایت می‌شود (شکل ۱۰) و هنگامی که نمونه شروع به گرم شدن می‌کند، گاز متصاعد شده به‌وسیله یک سرنگ به درون لوله هدایت می‌شود. انتهای لوله به یک دستگاه GC-MS متصل است و گاز حاصل از تجزیه ماده به درون دستگاه تزریق و آنالیز می‌شود [۹].

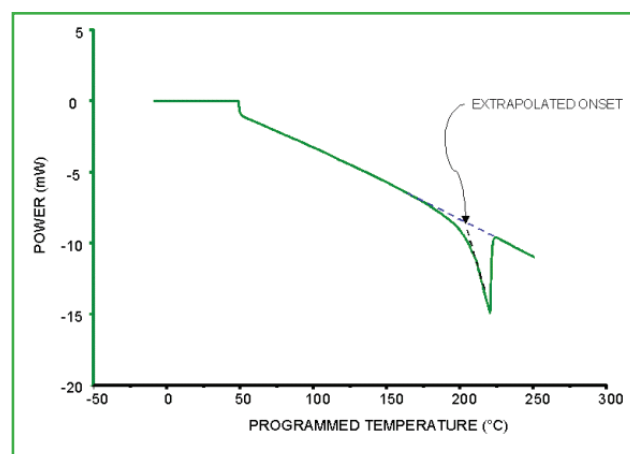


شکل ۱۰: دستگاه شناسایی گاز متصاعد شده از نمونه مورد آزمایش برای تجزیه شیمیایی به‌وسیله گرما در روش آنالیز ریز حرارتی [۴].

با این روش می‌توان قطعات بسیار کوچک از نمونه با ابعادی در حدود 10×10 میکرومتر را مورد آزمایش تجزیه شیمیایی-گرمایی

■ کالبراسیون روش MTA

کسب نتایج دقیق و قابل اعتماد از روش آنالیز ریز حرارتی تا حد زیادی بستگی به دقت در کالبراسیون روش دارد. آنالیز ریز حرارتی روش پیشرفته‌ای برای بررسی رفتار حرارتی نمونه‌های بسیار کوچک با ابعاد 2×2 میکرومتر است و سنسور حرارتی مورد استفاده در آن دارای ابعاد میکروسکوپی در حدود ۵ میکرومتر است. حسگر به کار رفته یک رشته سیم پلاتینی V شکل است. جریان الکتریکی از سیم عبور می‌کند و موجب افزایش دمای حسگر و همچنین دمای نمونه مورد آزمایش در نقطه مورد مطالعه می‌شود. در زمان انجام آزمایش، توان الکتریکی مصرفی شده برای دستیابی به دمای مطلوب با توان الکتریکی مصرفی در یک نمونه مرجع، به‌وسیله نرم‌افزار دستگاه مقایسه می‌شود و سیگنال‌های الکتریکی به‌دست آمده مطالعه می‌شوند. مواد مرجع مناسب باید دارای خصوصیات شناخته شده و استاندارد و از لحاظ یکنواختی، پایداری و سمیت پایین، در حد کاملاً مطلوب و قابل تأیید در آزمایشگاه‌های بررسی استاندارد باشند. مواد استاندارد رایج برای کالبراسیون روش آنالیز حرارتی DTA، فلزاتی مانند ایندیم، قلع و روی است اما این فلزات برای کالبراسیون روش MTA مناسب نیستند، زیرا امکان تشکیل آلیاژهای این فلزات با حسگر پلاتینی مورد استفاده وجود دارد. برای کالبراسیون روش MTA، مواد آلی از قبیل بی‌فنیل بنزیل، اسید بنزوئیک و اسید آنیسیک، بسیار مناسب‌تر هستند زیرا با حسگر پلاتینی واکنش نمی‌دهند و آثار به‌جا مانده از آنها روی حسگر پلاتینی، با حرارت دادن آن در دمای 500°C درجه سانتی‌گراد در هوا، به آسانی پاک می‌شود. این مواد به صورت پودری برای کالبراسیون مناسب نیستند و به صورت کریستال‌های مجزا برای این هدف ساخته می‌شوند. در شکل (۹) نمودار حرارتی MTA برای اسید آنیسیک به عنوان ماده مرجع کالبراسیون، نشان داده شده است.



شکل ۹: نمودار حرارتی MTA برای اسید آنیسیک به عنوان ماده مرجع کالبراسیون [۸].

یک پیک گرم‌گیر در محدوده دمایی 170°C مشاهده می‌شود که مربوط به دمای ذوب اسید آنیسیک است. از این نمودار، به عنوان یک نمودار مرجع برای کالبراسیون روش MTA استفاده می‌شود [۸].

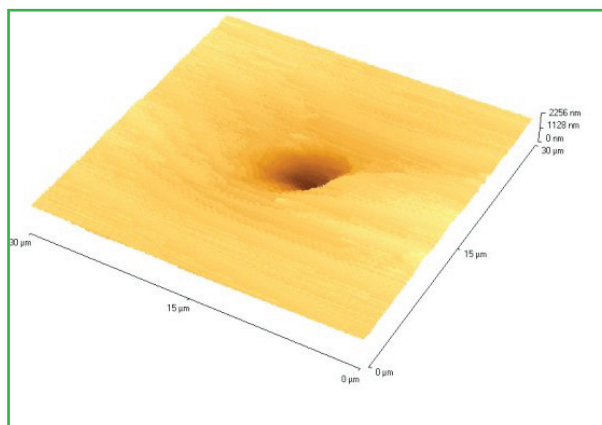
با توجه به آنچه بیان شد، از تلفیق روش‌های آنالیز ریز حرارتی و تجزیه شیمیایی به وسیله گرما، می‌توان به روشی دست یافت که در آن علاوه بر امکان بررسی خواص حرارتی مواد، مطالعه تجزیه شیمیایی مواد در ابعاد نانومتری نیز امکان‌پذیر است [۲ و ۹].

■ کاربردها

در ادامه برخی از کاربردهای جدید و جالب توجه روش آنالیز ریز حرارتی آورده شده است:

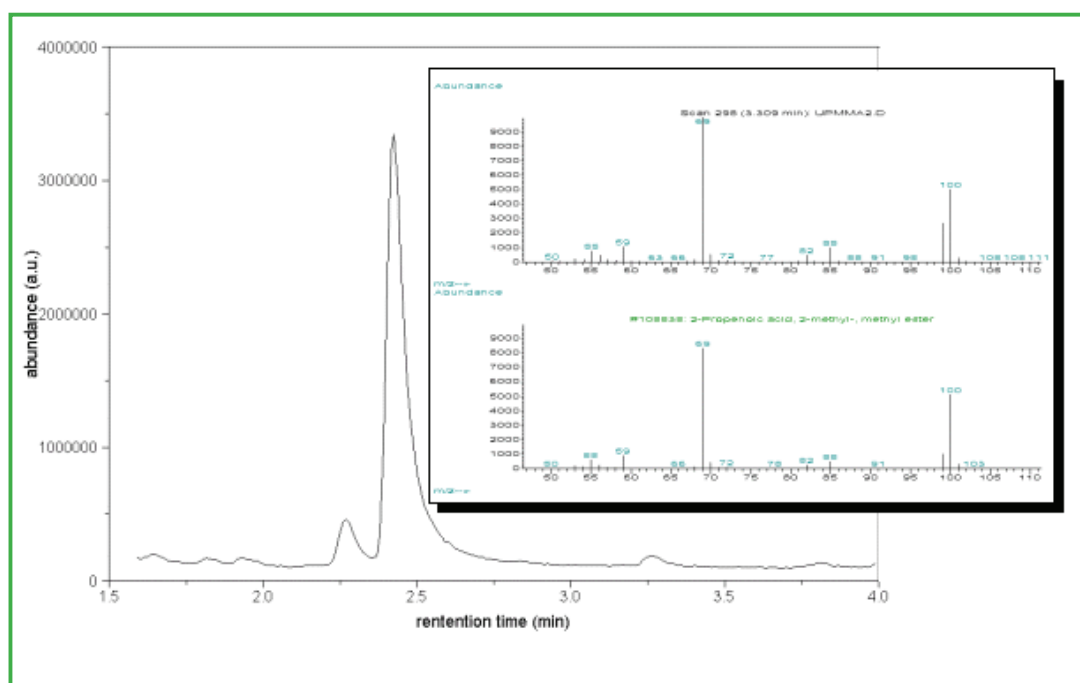
- بررسی خواص حرارتی موضعی در مواد چندلایه که با روش‌های گوناگون لایه‌نشانی ساخته می‌شوند؛
- ایجاد جوش و اتصال در مواد پلیمری؛
- ایجاد حکاکی روی سطح نانو ساختارهای پلیمری؛
- بررسی رفتار حرارتی انواع پوشش‌های مواد مانند پوشش فلزات روی پلیمرها؛
- بررسی رفتار حرارتی مواد نیمه‌هادی در دیودهای نورگسیل؛
- مطالعه رفتار حرارتی موضعی کامپوزیت‌ها؛
- بررسی رفتارهای حرارتی موضعی در ریزساختارهای جدایش فازی؛
- بررسی رفتارهای حرارتی نانوذرات در فرآیندهای دارورسانی؛
- بررسی رفتار حرارتی قطعات حساس حسگرها و میکرو الکترونیک در حین تولید

قرار داد. در شکل (۱۱) حفره ایجاد شده در سطح یک لایه از پلیمر پلی‌متیل متاکریلات در آزمایش تجزیه شیمیایی با روش آنالیز ریز حرارتی نشان داده شده است.



شکل ۱۱: حفره ایجاد شده در سطح یک لایه از پلیمر پلی متیل اکریلات در آزمایش تجزیه شیمیایی با روش آنالیز ریز حرارتی [۹].

در شکل (۱۲) منحنی به دست آمده از دستگاه GC-MS در آزمایش تجزیه شیمیایی با روش آنالیز ریز حرارتی آورده شده است.



شکل ۱۲: منحنی به دست آمده از آنالیز GC-MS در آزمایش تجزیه شیمیایی با روش آنالیز ریز حرارتی [۹].

پی‌نوشت

1. Atomic Force Microscope (AFM)
2. Thermal Analysis Methods
3. Differential Scanning Calorimetry(DSC)
4. Modulated Temperature DSC(MTDSD)
5. Thermomechanical Analysis (TMA)
6. Dynamic Mechanical Analysis (DMA)
7. Bulk
8. Scanning Tunneling Microscopy (SPM)
9. tip
10. cantilever
11. Microthermal analysis (MTA)
12. Scanning thermal Microscopy (SThM)
13. Wollaston Wire
14. Paracetamol
15. Differential Thermal Analysis (DTA)
16. Pyrolysis techniques
17. Tenax
18. Carbopak
19. Gas Chromatography–Mass Spectrometry
20. Polymethyl methacrylate or Perspex

نتیجه‌گیری

روش آنالیز ریزحرارتی به عنوان یک ابزار قدرتمند در بررسی خصوصیات حرارتی نمونه‌ها در ابعاد نانو مورد توجه است. در این روش، به‌طور هم‌زمان تصویر توپوگرافی و تصویر حرارتی سطح نمونه تهیه می‌شود. این روش علاوه بر توصیف خواص حرارتی نمونه با توان تفکیک بالا، می‌تواند با ترکیب شدن با روش‌های کروماتوگرافی یا طیف‌سنجی جرمی، امکان آنالیز شیمیایی موضعی سطح نمونه را نیز فراهم کند و به عنوان یکی از ابزارهای بسیار ارزشمند در بررسی و پژوهش در زمینه‌های علوم دارویی، پلیمرها، صنایع الکترونیک و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مراجع

- [۱] Zolfaghari A., Almasi M., Marashi P., Najeba M. and Seifi O. Scanning probe microscopy the lab on a tip, payke noor, Tehran, ۲۰۰۷.
- [۲] Price D. M. , Reading M., Hammiche A. and Pollock H. M., Micro-thermal analysis: scanning thermal microscopy and localised thermal analysis, International Journal of Pharmaceutics, ۱۹۹۹, ۹۶-۸۵, ۱۹۲.
- [۳] Lever T. J. & Price D. M. "Using microthermal analysis to characterize the nanoworld"; American Laboratory, ۱۹۹۸, ۱۸-۱۵ (۱۶) ۳۰.
- [۴] Pollock H. M. and Hammiche A., Micro-thermal analysis: techniques and applications J. Phys. D: Appl. Phys. ۳۴, R۲۳-R۲۰۰۱, ۵۳.
- [۵] Fonseca, L. Pérez-Murano F., Calaza C., Rubio R., Santander J., Figueras E., Gràcia I., Canéa C., Morenob M. and Marcob S., AFM thermal imaging as an optimization tool for a bulk micromachined thermopile, Sensors and Actuators A, ۲۰۰۴, ۴۴۶-۴۴۰, ۱۱۵.
- [۶] Reading M., Houston D. J., Song M., Pollock H. M. and Hammiche A., Thermal Analysis for the ۲۱st century, American Laboratory, ۱۹۹۸, ۱۷-۱۳ (۱) ۳۰.
- [۷] Price D. M., Reading M., Caswell A., Pollock H. M. and Hammiche A., Micro-thermal Analysis: a New Form of Analytical Microscopy, Microscopy & Analysis, ۱۹۹۸, ۱۹-۱۷, ۶۵.
- [۸] Blaine R. L., Slough C. G. and Price D. M., Micro-Thermal Analysis Calibration, Repeatability & Reproducibility, Proc ۲۷th NATAS Savannah, Georgia, ۱۹۹۹, ۶۹۶-۶۹۱.
- [۹] Price D. M., Reading M. and Lever T. J., Micro-Thermal Analysis & Evolved Gas Analysis, Proc ۲۷th NATAS Savannah, Georgia, pp. ۱۹۹۹, ۴۲۵-۴۲۰.

بررسی عوامل موثر در پخش شدن مناسب نمونه‌ها برای تصویربرداری با TEM

نویسندگان:

داود قرایلو^۱محسن معین درباری^۲

۱- کارشناس ارشد فناوری نانو، آزمایشگاه فناوری نانو شرکت کفا
davoud.gharailou@gmail.com

۲- کارشناس مهندسی کشاورزی، موسسه تحقیقاتی پر طاووس مشهد

۳- عضو کارگروه تخصصی TEM شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو

چکیده

یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای تصویربرداری TEM از نمونه‌های پودری، پخش کردن مناسب آنها روی گرید و سپس خشک کردن آنها است. اگر نمونه‌ها خوب پخش نشوند، امکان مطالعه صحیح روی آنها وجود نخواهد داشت. در این مقاله به بررسی عوامل موثر بر پخش شدن نانوذرات پرداخته شده است. دما، pH، اولتراسونیک کردن، سورفکتانت و پخش کننده‌ها، از جمله مواردی هستند که در اینجا به بررسی آنها پرداخته می‌شود. یکی از دغدغه‌های پژوهشگران در عرصه فناوری نانو، بررسی صحیح نمونه‌ها است که به دلیل کوچکی مقیاس ممکن است با دشواری‌هایی همراه باشد. یکی از این مشکلات تجمع نانوساختارها یا کلوخه شدن آنها است. به دلیل وجود نیروی جاذبه و اندروالس میان نانوساختارها، این مواد می‌توانند به سمت هم جذب شده، به هم بچسبند. در چنین شرایطی، تعیین مشخصات نانوساختارها دچار خطا می‌شود. همچنین با تجمع ذرات، نسبت سطح به حجم در نانوساختارها کاهش می‌یابد که موجب تنزل برخی رفتارهای نانوساختارها می‌شود. برای نمونه، مقدار فعالیت کاتالیستی نانوذرات در اثر کلوخه شدن به شدت کاهش می‌یابد. اهمیت بررسی کلوخه شدن نانوساختارها به قدری است که آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا با اعطای بودجه‌ای ۳۷۵ هزار دلاری، پروژه‌ای را برای بررسی تاثیر کلوخه شدن روی سمیت نانوذرات تصویب کرد. این پروژه در سال ۲۰۰۸ به پایان رسید و نتایج آن در دسترس عموم قرار گرفت [۱]. از این رو تحقیق پیرامون این مسئله امری اجتناب ناپذیر و در برخی موارد حیاتی است.

واژه‌های کلیدی

میکروسکوپ الکترونی عبوری، دیسپرس، آماده‌سازی نمونه

مقدمه

ریشه چسبیدن نانوذرات به هم و آگلومره شدن آنها، در پتانسیل زتا نهفته است. پتانسیل زتا به عنوان یک پتانسیل الکتریکی در پیرامون ذرات و همچنین سلول‌ها وجود دارد. پژوهش‌های زیادی در مورد این پتانسیل الکتریکی اطراف غشا انجام شده است. سلول‌ها در محلول به علت وجود خاصیت‌های یونی، ترکیبات سازنده غشا (مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها و قندها) و پخش بار در سطح غشا آنها، دارای بار الکتریکی در سطح غشا هستند. گسترش بار در اطراف غشا، باعث تأثیر بر یون‌های مجاور می‌شود که نتیجه آن افزایش غلظت تعداد یون‌ها (یون با بار الکتریکی مخالف) در فاصله نزدیک غشا می‌شود. بنابراین غشا در محلول توسط یک لایه از یون با بار مخالف محصور شده که به این لایه، لایه ثابت می‌گویند. در قسمت بیرونی لایه ثابت، تعداد زیادی از یون‌ها با بارهای مختلف وجود دارد که باعث تشکیل یک لایه ابری شکل می‌شود. بنابراین دولایه الکتریکی (Electrical Bilayer) در ناحیه‌ای که سطح غشا در مجاورت محیط مایع اطراف آن وجود دارد، تشکیل می‌شود. این دولایه، توسط دو قسمت مشخص می‌شود:

۱. قسمت درونی: شامل یون‌هایی است که به صورت قوی با سطح خارجی غشا اتصال پیدا کرده است؛
 ۲. قسمت بیرونی: یا ناحیه پراکنده که یون‌ها در آن قسمت در حالت تعادل یونی به سر می‌برند.
- پتانسیل موجود در این قسمت با افزایش فاصله از غشا کاهش پیدا کرده، تا جایی که به صفر برسد. هنگامی که به محیط

مایع اطراف سلول، میزان معینی ولتاژ اعمال شود، سلول‌ها از طریق بار موجود در غشا به سمت الکتروود با قطب مخالف بار غشا حرکت می‌کنند. حرکت سلول‌ها به دلیل اثر ولتاژ خارجی بر لایه ثابت و همچنین بر قسمتی از ناحیه پراکنده و قسمت بینابینی این دو ناحیه در سطح غشا است. این دو قسمت و قسمت بینابینی آن به shear plane معروف هستند و بار الکتریکی موجود در این قسمت، پتانسیل زتا نام دارد. پتانسیل زتا به عنوان قسمت کاربردی بار الکتریکی سطح غشا عمل می‌کند. ماهیت محیطی که سلول در آن قرار دارد، میزان یون‌ها و pH محیط بر میزان پتانسیل زتا اثر می‌گذارد. بسیاری از مواد هنگام قرار گرفتن در مایعات و یا آب از خود درجات متفاوتی از پتانسیل زتا را نشان می‌دهند. همچنین مولکول‌های آبی که در مجاورت غشای سلولی وجود دارند، تقریباً بی‌حرکت هستند و وجود آنها همراه با گروه‌های باردار در سطح غشا باعث تأثیر در انتشار یون‌های متحرک می‌شود. سطح غشای سلول‌های ایزوله شده معمولاً دارای بار منفی است. بار موجود در دولایه الکتریکی آن با بار یون‌های مخالف محیط به تعادل می‌رسد. این پتانسیل ایجاد شده در چنین محیط پایایی به صورت تصاعدی با ایجاد فاصله از سطح غشا کاهش می‌یابد. در صورتی که این سطح در طول محیط حرکت کند، یک لایه نازک از محیط همراه با مقداری یون با این غشا حرکت می‌کند. در نتیجه پتانسیلی در سطح غشا به نام پتانسیل زتا ایجاد می‌شود که به وسیله روش‌های سینتیکی مانند الکتروفورز اندازه‌گیری می‌شود و مقدار آن چند میلی‌ولت کمتر از پتانسیل واقعی غشا است. در اغلب سلول‌ها این پتانسیل اندازه‌گیری شده است و بین ۱۰ تا ۲۰ میلی‌ولت است. در غشاهای سلولی، محیط‌های مایع خاص مجاور غشا ممکن است بر فعالیت غشا اثر بگذارند. در نتیجه غلظت یون‌های نزدیک سطح غشا ممکن است از کل یون‌های محیط متفاوت شوند [۲].

اما چگونه پتانسیل زتا روی کلوخه شدن ذرات تأثیر می‌گذارد؟ کاهش پتانسیل زتا موجب کاهش اختلاف پتانسیل بین فاز پخش شده و محیط اطراف آن - که عامل اصلی دافعه بین نانوذرات است - می‌شود. در چنین شرایطی نیروی واندروالسی قدرت عمل پیدا کرده، می‌تواند موجب چسبیدن نانوذرات به یک دیگر شود. از این پدیده در تصفیه‌خانه‌ها برای زدودن ذرات کلوئیدی استفاده می‌شود. در آنجا، مواد منعقد کننده مانند سولفات آلومینیوم یا آلومینات سدیم به آب اضافه می‌کنند که این باعث لخته شدن و انتقال ذرات معلق در آب می‌شود.

سوالی که در اینجا مطرح می‌شود این است که چگونه می‌توان نانوساختارهای کلوخه شده را از هم جدا کرد؟ عوامل متعددی در جدا شدن نانوساختارها موثر است که از آن جمله می‌توان به اولتراسونیک کردن، افزودن دیسپرسانت مناسب، تغییر pH، تغییر قدرت یونی محلول و تغییر دما اشاره کرد.

اولتراسونیک

در آزمایشگاه‌های میکروسکوپ الکترونی معمولاً از اولتراسونیک (sonication یا ultrasonication) استفاده می‌شود. شکل (۱)، تصویر اولتراسونیک حمامی و پروبی را نشان می‌دهد. ممکن است این تصور وجود داشته باشد که با افزایش زمان اولتراسونیک، نانوذرات بیشتر از یکدیگر جدا شوند؛ اما در حقیقت این طور نیست. بلکه با گذشت زمان، جدا شدن اتفاق افتاده و در یک نقطه بحرانی، افزایش زمان اولتراسونیک موجب چسبیدن مجدد نانوذرات می‌شود.

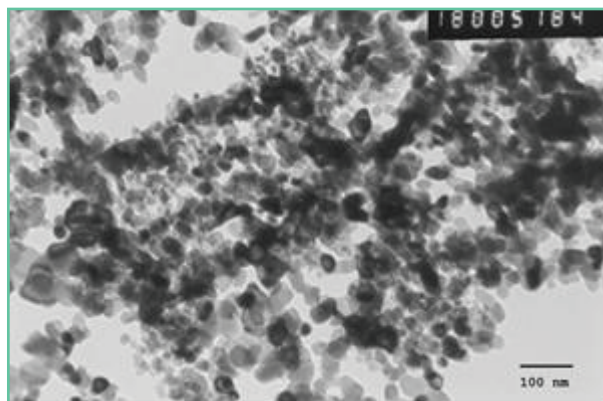
سورفاکتانت

یکی از عوامل موثر در تغییر پتانسیل زتا، سورفاکتانت‌ها هستند. این ترکیبات معمولاً به دو دسته یون و غیر یونی تقسیم می‌شوند. گاهی از یون‌های ساده معدنی مانند یون پلی متافسفات و گاهی از پلیمرهای آلی که دارای گروه‌های باردار در زنجیره پلیمری هستند، برای پخش کردن ذرات استفاده می‌شود. هر دو دسته روی سطح نانوذرات جذب می‌شوند و موجب باردار شدن (معمولاً بار منفی) آنها می‌گردند. با این عمل، ذرات یکدیگر را دفع می‌کنند و مانع از کلوخه شدن می‌گردند.



شکل ۱: اولتراسونیک حمامی (شکل بالا) اولتراسونیک پروبی (شکل پایین)

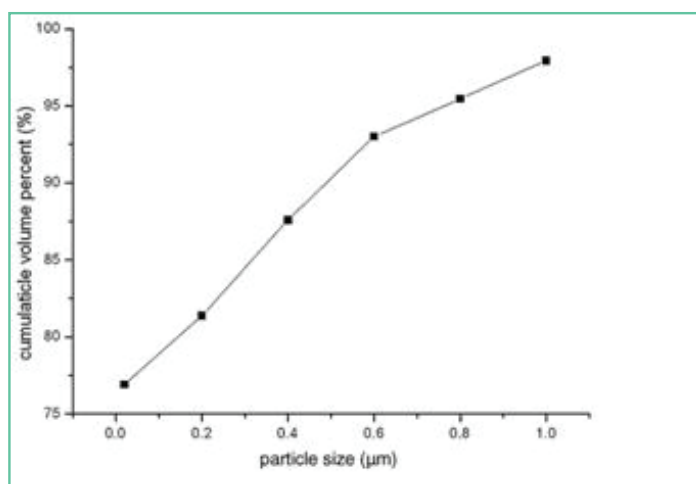
پایداری شیمیایی، هدایت الکتریکی و ضریب اصطکاک پایین است. در دهه ۷۰ میلادی، از این ماده در سیمان استفاده شد و امروزه نیز از آنها در سیمان‌های مبتنی بر $Ti(C,N)$ استفاده می‌شود. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که در صورت استفاده از نانوذرات TiN ، خواص سیمان متأثر از میزان پخش شدن نانوذرات در سیمان است. ذرات کوچک تر از یک میکرومتر TiN ، به دلیل نیروی جاذبه واندروالس به هم چسبیده و موجب تجمع و آگلومره شدن آنها می‌شود. بنابراین چگونگی جدا کردن این نانوذرات در فرآیند تولید سیمان‌های مبتنی بر $Ti(C,N)$ به صورت چالشی باقی مانده است.



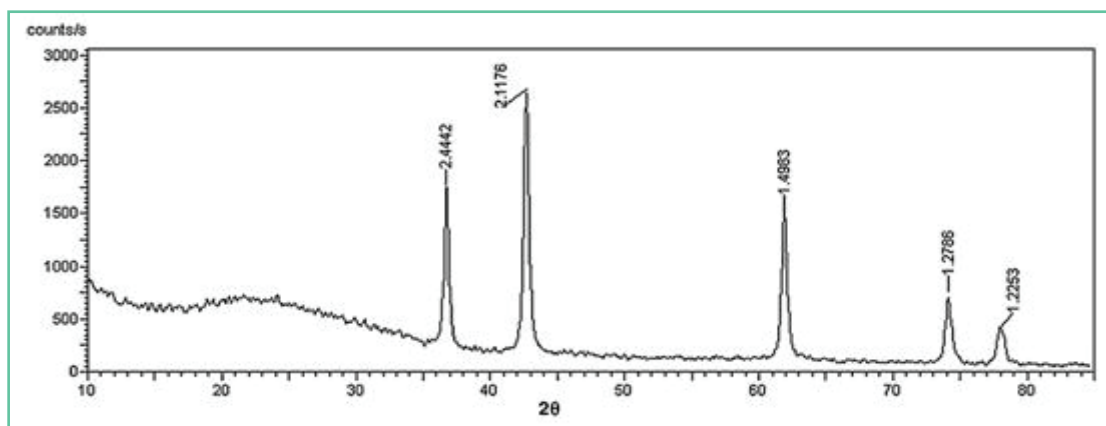
شکل ۲: تصویر TEM از پودر TiN اولیه

سیس و همکارانش [۳] به بررسی تاثیر دو سورفاکتانت آنیونی و غیر یونی روی پتانسیل زتا و میزان پخش شدن پودر کربن سیاه پرداختند. نتایج کار آنها نشان داد که سورفاکتانت آنیونی اولئات سدیم و سورفاکتانت غیر یونی نونیل فنول اتیوسیلات می‌توانند مقدار پتانسیل زتا را تغییر دهند. البته سورفاکتانت غیر یونی در محدوده pH ۳ تا ۱۱، مقدار پتانسیل زتا را کاهش می‌دهد، در حالی که اولئات سدیم در pH های ۳ تا ۷/۸، پتانسیل منفی را افزایش می‌دهد. دلیل آن تفاوت بین ساختار مولکولی این سورفاکتانت‌ها است. سورفاکتانت غیر یونی با استفاده از نیروی فضایی و سورفاکتانت آنیونی با استفاده از نیروی الکترواستاتیک موجب پایدار شدن و پخش شدن بهتر کربن سیاه می‌شود. نتایج کار این گروه تحقیقاتی نشان داد که سورفاکتانت غیر یونی نسبت به همتای آنیونی خود، موجب پخش شدن بهتر نمونه در محیط آبی می‌شود. برای به دست آوردن ذرات ریزتر، استفاده از نونیل فنول اتیوسیلات توصیه شده است. این گروه دریافت که اگر برای پخش کردن کربن سیاه از اولئات سدیم استفاده شود، باید در کنار آن، نونیل فنول اتیوسیلات نیز به کار رود تا ذرات کوچک تر و پایداری به دست آید.

ژینگزینگ گئو و همکارانش [۴] به بررسی پخش کردن نانوپودر TiN در محیط آبی پرداختند. این موضوع یکی از چالش‌های پژوهشگران در ساخت سیمان‌های مبتنی بر $Ti(C,N)$ است. ذرات TiN دارای ویژگی‌های بسیار جالبی نظیر سختی بالا،



شکل ۳: توزیع اندازه ذرات در پودر TiN اولیه

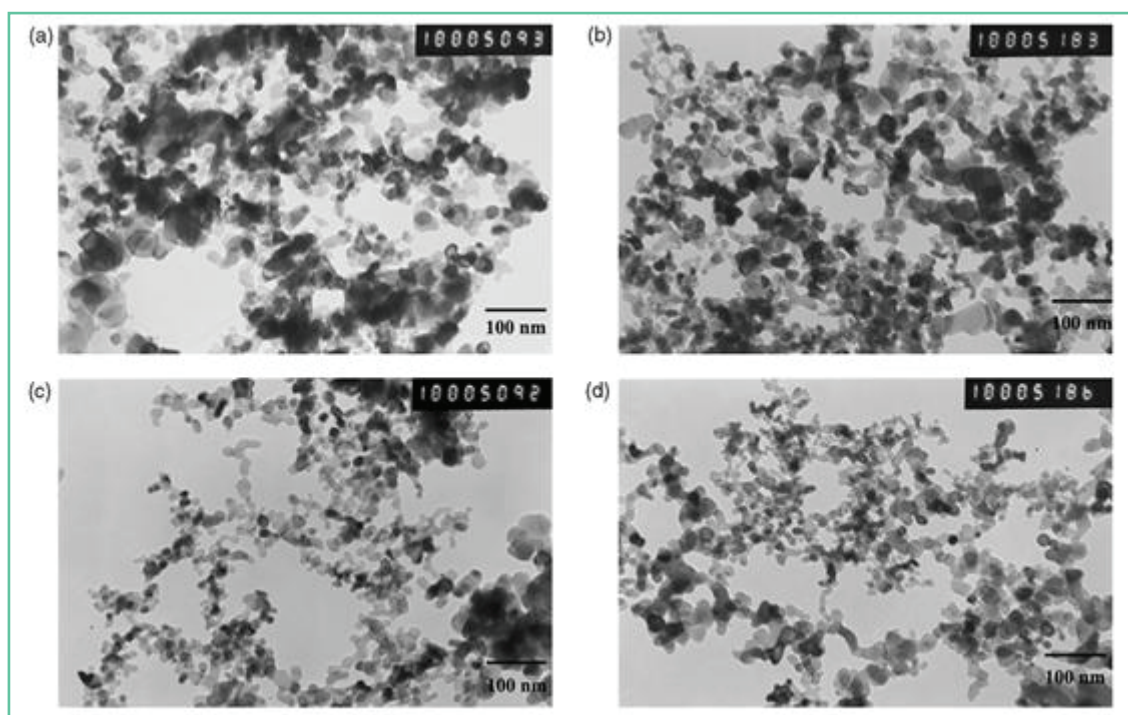


شکل ۴: الگوی XRD از پودر TiN اولیه

بررسی قرار گرفت. برای بررسی جذب گروه‌های عاملی سورفاکتانت Tween۸۰ به سطح ذرات، از طیف‌سنجی FTIR استفاده شد. شکل (۲) نانوپودر TiN اولیه را نشان می‌دهد که از طریق واکنش فاز گازی آماده‌سازی شده‌است. ذرات به شکل تقریباً کروی هستند که غالباً به هم چسبیده و متجمع شده‌اند. قطر ذرات به هم چسبیده، تا چند صد نانومتر نیز می‌رسد. شکل (۲) و (۳)، نشان می‌دهند که توزیع اندازه ذرات، طیف بسیار محدودی دارند. شکل (۴)، الگوی XRD را برای نانوپودر TiN نشان می‌دهد. پیک‌های مربوط به صفحات بلوری (۱۱۱)، (۲۰۰)، (۲۲۰)، (۳۱۱) و (۲۲۲) در این الگو دیده می‌شود اما هیچ اثری از ناخالصی‌هایی نظیر TiO_2 و TiO در طیف دیده نمی‌شود. اما نتایج طیف سنجی XPS نشان داد که در سطح پودر مورد آزمایش، TiN و TiO_2 وجود دارد. اکنون نانوذرات خریداری شده که در بالا مورد آزمایش قرار گرفته است، در محلول آبی با غلظت ۱۰ درصد وزنی ریخته می‌شود. معمولاً در این شرایط، ذرات زیر ۱ میکرومتر به دلیل جاذبه واندروالس به هم برخورد کرده، متجمع می‌شوند. بنابراین اولتراسونیک می‌تواند موجب شکستن این کلونی‌های متجمع شده بشود. شکل (۵) تصاویر TEM گرفته شده از سوسپانسیون TiN را در زمان‌های مختلف اولتراسونیک شدن نشان می‌دهد. در مقایسه با شکل (۲)، که مربوط به نانوذرات پیش از پخش شدن در آب است، در شکل (۵-ا)، پس از ۱۰ دقیقه اولتراسونیک، ذرات آگلومره کمتری دیده می‌شود و بیشتر ذرات انفرادی هستند. زمانی که اولتراسونیک به محلول اعمال می‌شود، حباب‌هایی در مقیاس میکرو درون محلول ایجاد می‌شوند. وقتی قطر این حباب‌ها به حد مشخصی رسید، می‌ترکند و این ترکیدن منجر به افزایش فشار و دما در آن نقطه می‌گردد که به آن نقطه، نقطه داغ گفته می‌شود. شوک حاصل از ترکیدن موجب خرد شدن و از هم جدا شدن ذرات آگلومره شده که در نهایت باعث پخش شدن بهتر نانوذرات می‌گردد.

پیش از این، ژانگ و همکارانش [۵] نشان دادند که برای تولید ذرات TiN به ابعاد ۲/۳۰ میکرومتر باید از دیسپرسانت PEI در pH ۹/۵ استفاده کرد. برای پایداری این ذرات از ترکیبات مختلفی مانند نمک آمونیومی پلی متاکریلیک اسید در pHهای مختلف استفاده شد. پتانسیل زتا نشان داد که نقطه ایزوالکتریک ذره‌ای شدن TiN در pH ۴ است و دفع استریک PMAA-NH_4 در محدوده اسیدی دارای یک سهم مثبت نسبت به دیسپرسانت است. بنابراین چنین نتیجه‌گیری شد که کیفیت پخش شدن پودرهای سرامیکی، رابطه نزدیکی با چگونگی جذب سورفاکتانت روی سطح پودر دارد. در تحقیق دیگری، نانوپودر TiN با میکروپودر TiN درون هاون ریخته و ۵ دقیقه ساییده می‌شود. سپس درون پروپانول ریخته و با اولتراسونیک هم زده می‌شود. در ادامه دوباره به درون هاون ریخته و ۳ دقیقه دیگر ساییده می‌شود. با این کار تجمع ذرات به حداقل مقدار خود می‌رسد.

در این پروژه، محققان نانوپودر TiN را در محیط آبی با اولتراسونیک به هم زدند و سپس Tween80 به عنوان سورفاکتانت به آن اضافه کردند. بیشتر تمرکز این پروژه روی تأثیر زمان اولتراسونیک و افزودن Tween80 به محلول حاوی نانوذرات TiN است. همان‌طور که در بخش قبل عنوان شد، زمان اولتراسونیک در پخش شدن نمونه‌ها تأثیر زیادی دارد اما همیشه افزایش زمان موجب بهبود پخش شدن نمی‌گردد. هدف اصلی از انجام این پروژه بررسی پخش شدن نانوذرات TiN در محیط آبی و ارتباط آن با شیمی سطح ذرات است. این مقاله در ادامه کار تحقیقاتی اخیر این گروه روی سیمان‌های حاوی ذرات بسیار کوچک Ti(C,N) انجام شده‌است. نانوذرات TiN از شرکت Hefei Kaier با میانگین ابعاد ۲۰ نانومتر تهیه شد. توزیع اندازه ذرات آن نیز با دستگاه DLS ساخت انجام شد. از TEM نیز برای تصویربرداری استفاده شد. ترکیبات لایه‌های موجود در سطح ذرات نیز با کمک XRD مورد



شکل ۵: تصاویر TEM از محلول TiN پس از (a) ۱۰ دقیقه؛ (b) ۲۰ دقیقه؛ (c) ۳۰ دقیقه و (d) ۶۰ دقیقه اولتراسونیک

محلول حاوی TiN را برحسب pH در حضور Tween80 نشان می‌دهد. Tween ۸۰ باعث تر شدن سطح پودر می‌شود. پودر TiN دارای بار منفی است و Tween80 می‌تواند با ایجاد پیوند هیدروژنی به این سطح بچسبد و یک لایه آلی اطراف آن ایجاد کند. این لایه مانع برهم‌کنش میان ذرات می‌شود. پتانسیل زتای بالا به معنای دانسیته بار سطحی بالا است که این امر منجر به تولید یک نیروی دافعه دولایه الکتریکی قوی می‌گردد.

به طور خلاصه نتایج این پروژه نشان داد که مقدار ذرات آگلومره شده در محلول آبی دارای TiN، پس از ۱۰ دقیقه اولتراسونیک کاهش یافت و تعدادی ذرات منفرد نیز دیده شد. بعد از ۳۰ دقیقه اولتراسونیک، صدها ذره به ابعاد ۲۰ نانومتر رویت شد که نشان‌دهنده پخش شدن رضایت‌بخش این ذرات است. افزایش زمان اولتراسونیک تا یک ساعت، تاثیر محسوسی در یک نواخت شدن توزیع مواد نداشت. پلیمر غیریونی Tween80 به عنوان سورفاکتانت به محلول اضافه شد. طیف FTIR نشان داد که برهم‌کنشی میان Tween80 و پودر وجود دارد. از آنجایی که نانوپودر TiN دلیل هیدورکسیلی شدن دی‌اکسید تیتانیوم، باردار است بنابراین دیسپرس شدن آن وابسته به رفتارهای الکتروفوریز این ماده دارد. روند تغییرات پتانسیل زتا در حضور و در نبودن Tween80 نیز بررسی شد. نتایج نشان داد که Tween80 موجب منفی‌تر شدن پتانسیل زتا می‌شود و در نهایت کاهش برهم‌کنش ذرات و منفرد شدن آنها را در پی دارد.

■ pH محلول و دیسپرسانت

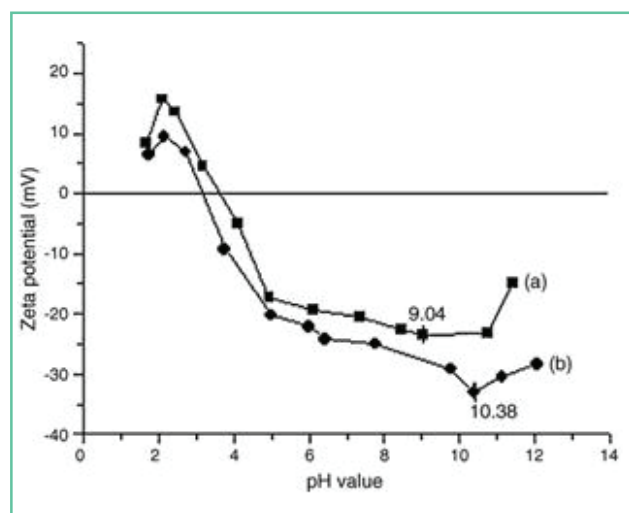
گروه تحقیقاتی ژانگ، در مقاله‌ای که اخیراً به چاپ رساندند [۷] به بررسی تاثیر pH و دیسپرسانت پلی اتیلن ایمین روی نانوذرات TIN پرداختند. نتایج کار آنها نشان داد که این دیسپرسانت تاثیر زیادی در پخش شدن نانوذرات داشته و همچنین تغییر pH می‌تواند موجب بهبود پخش شدن نانوذرات شود.

جینگ‌کن ژیانگ و همکارانش [۸] دریافتند که عوامل مختلف با سازوکارهای متفاوت روی پخش شدن ذرات تاثیرگذار هستند. برای مثال تغییر نیروی یونی محلول با تاثیر بر ضخامت دولایه الکتریکی، میزان پخش شدن را تغییر می‌دهد. در حالی که pH با تغییر پتانسیل زتا این کار را انجام می‌دهد. با افزایش قدرت یونی یا نزدیک کردن pH به نقطه ایزوالکتریک نانوذرات، می‌توان کلوخه شدن نانوذرات را افزایش داد و در نتیجه اندازه هیدرودینامیکی نمونه افزایش می‌یابد. این درحالی است که افزایش تعداد یون‌های محاصره کننده نانوذرات می‌تواند موجب افزایش پایداری آنها و در نتیجه کاهش مقدار کلوخه شدن گردد.

■ دما

دما تاثیر دوگانه‌ای بر چگونگی پخش شدن ذرات دارد. در برخی نمونه‌ها افزایش دما موجب کلوخه شدن و افزایش اندازه ذرات و در بعضی موارد موجب کاهش اندازه کلونی ذرات می‌شود. وون‌یی و همکارانش [۸] به بررسی تاثیر دما در میزان پخش شدن کربن سیاه در دیسپرسانت پلی ایزوبوتیلن سوسین‌ایمید پرداختند. نتایج کار آنها نشان داد که افزایش دما موجب بیشتر

زمان اولتراسونیک تاثیر شگرفی روی پخش شدن نانوپودرها دارد. با افزایش زمان اولتراسونیک به ۲۰ دقیقه، ذرات الگوموره بیشتری شروع به شکسته شدن می‌کنند. بعد از ۳۰ دقیقه اولتراسونیک، صدها نانوذره منفرد به اندازه تقریبی ۲۰ نانومتر دیده می‌شود و مطابق شکل (۵-۲)، پخش شدن رضایت‌بخش است. اما افزایش زمان اولتراسونیک به یک ساعت (شکل ۵-۳)، منجر به یکنواخت‌تر شدن ابعاد نانوپودر نمی‌شود. احتمالاً نیروی برنولی که حاصل اثر غیرخطی است، منجر به تجمع ذرات شده‌است. علاوه بر این، اثر حرارت به وجود آمده از اولتراسونیک نیز ممکن است عاملی برای افزایش جنبش ذرات و تجمع ذرات پخش شده، باشد. افزایش دما موجب افزایش فشار روی حباب‌ها می‌گردد و ترکیدن حباب‌ها را دشوار می‌کند و موجب تولید شوک می‌گردد.



شکل ۶: تغییرات پتانسیل زتا بر حسب pHهای مختلف در (a) غیاب و (b) حضور Tween ۸۰

سورفاکتانت‌های آلی اغلب در طول فرآیند پخش کردن مواد سرامیکی به منظور پخش شدن بهتر و پایداری محلول به آن اضافه می‌شوند. Tween80 یک نوع پلیمر غیریونی است و به عنوان سورفاکتانت موثر شناخته می‌شود. Tween80 در این پروژه با یک درصد حجمی استفاده می‌شود. طیف FTIR برای بررسی سازوکار جذب این سورفاکتانت روی نانوپودرهای TiN گرفته شد. پیک‌های مربوط به C=O، C=C، C-O و OH نشان می‌دهد که Tween80 روی سطح نانوپودرها جذب شده‌اند. تغییر محل برخی پیک‌ها نیز این مطلب را تایید می‌کند.

نمودار (۶-۲) مقادیر پتانسیل زتای محلول دارای TiN و بدون Tween80 را برحسب pH نشان می‌دهد. پتانسیل زتای پودر از روی یون‌های H⁺ و OH⁻ جذب شده روی سطح ذرات مشخص می‌شود. در pHهای بسیار اسیدی (کمتر از ۲) و بسیار قلیایی (بیشتر از ۱۱)، کاهش شدیدی در پتانسیل زتا دیده می‌شود که این را می‌توان با تئوری DLVO توجیه کرد. در واقع در این شرایط، برای تثبیت pH، مقادیر زیادی اسید کلریدریک یا سود سوزآور باید به محلول اضافه شود که قدرت یونی را در محلول افزایش می‌دهد و موجب کاهش ضخامت دولایه الکتریکی اطراف ذره می‌شود که در نهایت پتانسیل زتا کم می‌شود. نمودار (۶-۲) مقادیر پتانسیل زتای

نتیجه‌گیری

برای تصویربرداری TEM از نانوذرات باید نمونه به خوبی در یک دیسپرسانت مناسب پخش شده باشد. عوامل متعددی بر چگونگی پخش شدن نانوذرات موثر است که از آن جمله می‌توان به دما، pH، سورفاکتانت، اولتراسونیک و دیسپرسانت اشاره کرد. دو عاملی که بیشتر در آزمایشگاه‌های میکروسکوپی مورد استفاده قرار می‌گیرند، اولتراسونیک و سورفاکتانت است. افزایش زمان اولتراسونیک می‌تواند موجب جدا شدن بهتر ذرات شود، اما این زمان یک محدوده دارد که افزایش بیش از آن دوباره موجب چسبیدن ذرات به هم می‌شود.

نوع و غلظت سورفاکتانت نیز می‌تواند دانش‌پژوهان را در جداسازی پودرهای آگلومره یاری کند. انتخاب سورفاکتانت مناسب با استفاده از مراجع قابل انجام است، اما تعیین مقدار بهینه سورفاکتانت تابع عوامل محیطی است که باید از طریق اندازه‌گیری پتانسیل زتا مشخص گردد. برای راحتی کار می‌توان از دستگاه‌های ZetaProbe و AcoustoSizer استفاده کرد که مزیت آنها بی‌نیازی به رقیق‌سازی است.

پی‌نوشت

1. Transmission Electron Microscopy
2. Fixed layer
3. Cloud like region
4. Sis
5. Zhixing Guo
6. Zhang
7. wetting
8. Fourier transform infrared spectroscopy
9. Jingkun Jiang
10. Won YY

شدن ذرات آگلومره شد. از آنجایی که ارتباط اندکی میان انرژی پیوندی میان ذرات و دما وجود دارد، محققان به بررسی ریشه این رفتار پرداختند. آنها دریافتند که دما بر دیسپرسانت تاثیر می‌گذارد و از این طریق موجب افزایش میزان کلوخه شدن می‌گردد. اما در تحقیقی که روی نانوذرات فلورید لیتیوم [۹] انجام شد، نتیجه کاملاً برعکس بود. افزایش دما موجب کاهش اندازه دانه شد. بنابراین برای اطلاع از تاثیر دما روی میزان کلوخه شدن ذرات باید سازوکار پخش شدن و برهم‌کنش دیسپرسانت با نمونه به دقت بررسی شود.

تعیین مقدار بهینه سورفاکتانت

در بخش‌های پیشین به بررسی تاثیر عوامل مختلف بر چگونگی پخش شدن نانوساختار پرداخته شد. در این بخش روش‌های تعیین مقدار بهینه سورفاکتانت بررسی می‌شود. سورفاکتانت‌ها معمولاً موجب تغییر پتانسیل زتا می‌شوند، بنابراین می‌توان با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری پتانسیل زتا مانند DLS، مقدار سورفاکتانت را به دست آورد. با این کار مقدار مناسب برای پخش شدن بهینه نانوذرات قابل استخراج است. اگر مقدار سورفاکتانت کم شود، ممکن است تاثیر مفیدی روی جداسازی نانوذرات نداشته باشد و اگر مقدار آن زیاد باشد، ممکن است کلوخه شدن ذرات را تشدید کند. علاوه بر این، به دلیل گران بودن سورفاکتانت‌ها، استفاده بهینه از آن می‌تواند از نظر اقتصادی موجب کاهش هزینه‌ها شود. در روش‌های قدیمی معمولاً برای یافتن مقدار مناسب، ابتدا مقداری سورفاکتانت به نمونه اضافه می‌کردند و سپس پتانسیل زتای نمونه را اندازه می‌گرفتند. برای این کار باید غلظت نانوذرات بسیار کم باشد که برای دستیابی به این منظور، نمونه چندین بار رقیق می‌شد، اما همین موضوع گاهی موجب تغییر ناگهانی پتانسیل زتا می‌شد و روی نتیجه کار تاثیر منفی می‌گذاشت. برای حل این مشکل راه‌حل‌های مختلفی نیز ارائه شده است.

یکی از بهترین روش‌های جایگزین، استفاده از ZetaProbe و AcoustoSizer است که کاملاً بی‌نیاز از رقیق‌سازی است. در واقع می‌توان بدون رقیق‌سازی، سورفاکتانت را به نمونه اضافه کرد و میزان تغییر پتانسیل زتا را به دست آورد. معمولاً با افزایش سورفاکتانت، پتانسیل زتا افزایش یا کاهش می‌یابد تا جایی که در یک نقطه این روند تغییر می‌کند که همان نقطه مقدار بهینه است.

- [۱] <http://cfpub.epa.gov>
- [۲] <http://fa.wikipedia.org>
- [۳] H. Sis, M. Birinci. "Effect of nonionic and ionic surfactants on zeta potential and dispersion properties of carbon black powders". Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects ۳۴۱ (۲۰۰۹) ۶۰-۶۷.
- [۴] Zhixing Guo, J i Xiong, Mei Yang, Sujian Xiong, Jianzhong Chen, Yuemei Wu, Hongyuan Fan, Lan Sun, Jun Wang and Hui Wang. "Dispersion of nano-TiN powder in aqueous media". Journal of Alloys and Compounds ۴۹۳ (۲۰۱۰) ۳۶۲-۳۶۷.
- [۵] Jingxian Zhanga, Liping Duana, Dongliang Jiangb, Qingling Linb and Mikio Iwasa "Dispersion of TiN in aqueous media". Journal of Colloid and Interface Science Volume ۲۸۶, Issue ۱, ۱ June ۲۰۰۵, P۲۰۹-۲۱۵.
- [۶] Song Jin, Ping Feng and Teng Biao Zheng. "Dispersibility of Nano TiN Powder in Ethanol Liquid". Advanced Materials Research (Volumes ۲۸۴ - ۲۸۶), ۸۱۱-۸۱۵, July ۲۰۱۱.
- [۷] Jingkun Jiang, Günter Oberdörster and Pratim Biswas. "Characterization of size, surface charge, and agglomeration state of nanoparticle dispersions for toxicological studies". Journal of Nanoparticle Research (۲۰۰۸) Volume: ۱۱, Issue: ۱, Publisher: SPRINGER, P۷۷-۸۹.
- [۸] Won YY, Meeker SP, Trappe V, Weitz DA, Diggs NZ and Emert JI. "Effect of temperature on carbon-black agglomeration in hydrocarbon liquid with adsorbed dispersant". Langmuir. ۲۰۰۵ Feb ۱;۲۱(۳):۹۲۴-۳۲.
- ۹- سامان نادری، رسول صراف‌ماموری و نسرین ریاحی نوری. "بررسی پارامترهای مؤثر در تولید و کنترل اندازه نانوپودر فلورید لیتیوم (LiF)". مجله علوم و فنون هسته‌ای، شماره ۳۸، صفحات ۱۸ تا ۲۴ سال ۱۳۸۵.

مقدمه‌ای بر کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا و کاربرد آن در جداسازی نانوذرات طلا

نویسندگان:

زهرا بهراد^۱، محمود نادری^۲ و

مریم یوسفی^۳

۱. کارشناس ارشد، شیمی آلی، موسسه

تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

behrad@rifra.ac.ir

۲. دکتری شیمی آلی، پژوهشکده

نانوبیوتکنولوژی، پژوهشگاه

فناوری‌های نوین علوم زیستی جهاد

دانشگاهی-ابن سینا

۳. عضو کارگروه تخصصی کروماتوگرافی

شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو

چکیده

کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا، روشی مناسب جهت جداسازی، اندازه گیری، و تعیین نوع مواد است. این تکنیک با تلفیق با روشهای دیگر و آشکارسازهای پیشرفته ای مانند طیف سنج جرمی کاربرد های زیادی در علوم مختلف دارد. انتخاب فاز متحرک و ثابت، انتخاب آشکارساز و تعیین سرعت جریان فاز متحرک از جمله موارد اساسی در تنظیمات یک روش مناسب HPLC است. در این مقاله به بررسی روش ها ممکن برای جداسازی نانوذرات توسط این راهبرد پرداخته میشود

واژه‌های کلیدی

نانوذرات طلا، کروماتوگرافی مایع

مقدمه

کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا یکی از پرکاربردترین روش‌های کروماتوگرافی است. فرآیند کروماتوگرافی به عنوان یک روش جداسازی که شامل انتقال جرم بین یک فاز ساکن و یک فاز متحرک است، تعریف می‌شود. روش HPLC با بهره‌گیری از یک فاز متحرک مایع، ترکیبات یک مخلوط را روی فاز ساکن جدا می‌کند. فاز ساکن می‌تواند مایع یا جامد باشد. ترکیبات ابتدا در یک حلال حل می‌شوند. سپس درون یک ستون کروماتوگرافی تحت فشار بالا جریان می‌یابند. در ستون، ترکیبات مخلوط از هم جدا می‌شوند. میزان تفکیک‌پذیری بسیار اهمیت دارد و به میزان برهم‌کنش بین ترکیبات حل شده و فاز ساکن بستگی دارد. فاز ساکن به عنوان مواد متراکم شده درون ستون تعریف می‌شود. برهم‌کنش جسم حل شده با فازهای متحرک و ثابت می‌تواند از طریق انتخاب حلال‌ها و فازهای ساکن مختلف تغییر کند. در نتیجه HPLC درجه بالایی از جداسازی را که در دیگر روش‌های کروماتوگرافی یافت نمی‌شود، فراهم می‌کند و توان آن را دارد تا به آسانی گستره وسیعی از مخلوط‌های شیمیایی را جدا نماید.

HPLC یک فرآیند جذب سطحی پویا است. مولکول‌های مورد تجزیه، زمانی که از میان دانه‌های متراکم متخلخل حرکت می‌کنند، جذب سطحی می‌شوند. بسته به روش HPLC، انواع مختلفی از نیروهای جذب سطحی ممکن است در فرآیند بازداري موثر باشند. برهم‌کنش‌های آب‌گریز (غیراختصاصی)، اصلی‌ترین برهم‌کنش‌ها در جداسازی فاز معکوس، برهم‌کنش‌های دوقطبی-دوقطبی (قطبی)، اصلی‌ترین برهم‌کنش در روش فاز نرمال و برهم‌کنش‌های یونی نیز در کروماتوگرافی تبادل یونی، باعث بازداري ترکیبات می‌شوند. برهم‌کنش‌های مذکور همگی در رقابت با هم عمل می‌کنند. مولکول‌های مورد تجزیه با مولکول‌های حلال شوییده، برای جذب سطحی روی مکان‌های فعال فاز ساکن رقابت می‌کنند. بنابراین هر قدر مولکول‌های مورد تجزیه، برهم‌کنش قوی‌تری با سطح داشته باشند، برهم‌کنش شوییده ضعیف‌تر بوده و ماده مورد تجزیه زمان طولانی‌تری روی سطح فاز ساکن باقی می‌ماند. کروماتوگرافی اندازه طردی، نوع دیگری از کروماتوگرافی است که جداسازی مخلوط به واسطه تفاوت اندازه مولکول‌ها صورت می‌گیرد و بر پایه عدم وجود هرگونه برهم‌کنش‌های تجزیه‌ای خاص با فاز ثابت می‌باشد (هیچ نیرویی در این روش استفاده نمی‌شود). اصل اساسی جداسازی کروماتوگرافی اندازه طردی این است که مولکول بزرگتر، امکان کمتری برای نفوذ در فضای متخلخل جاذب دارد و بنابراین کمتر در ستون بازداري می‌شود.

سطح این فازهای ثابت با جمعیت انبوهی از گروه‌های OH که این سطوح را در حالت قطبیت بالایی نگه می‌دارند، پوشیده شده‌است. بازداری آنالیت روی این سطوح به تغییرات ترکیب فاز متحرک بسیار حساس است. فازهای ثابت اصلاح شده یا تغییر یافته از لحاظ شیمیایی هم می‌توانند در کروماتوگرافی فاز نرمال استفاده شوند. سیلیکای تغییر یافته با تری‌متوکسی گلاسیدوکسی پروپیل سیلان (نام رایج: دیول-فاز) جزو مواد پرکننده رایج است که قطبیت سطح در آن کاهش یافته است. چگالی سطح گروه‌های OH روی فاز دیول، در محدوده اندازه $4-3 \text{ mol}\mu/\text{m}^2$ است. در حالی که روی سیلانول‌های سیلیکای بدون پوشش، چگالی سطح در اندازه $8-10 \text{ mol}\mu/\text{m}^2$ است. استفاده از فاز ساکن از نوع دیول و ترکیباتی با قطبیت پایین به عنوان اصلاح کننده شوینده (استرها مانند اتیل استات به جای الکل‌ها) باعث جداسازی بهتر و تکرارپذیرتر در مقایسه با سیلیکای بدون پوشش می‌شود. قدرت جذب سطحی ترکیبات شیمیایی در کروماتوگرافی فاز نرمال به ترتیب زیر افزایش می‌یابد:

هیدروکربن‌های سیر شده، اولفین‌ها، آروماتیک‌ها، سولفیدها، اترها، ترکیبات نیترو، استرها-آلدهیدها-کتون‌ها، الکل‌ها، آمیدها، اسیدهای کربوکسیلیک.

انتخاب استفاده از کروماتوگرافی فاز نرمال به عنوان روش کروماتوگرافی منتخب معمولاً به حلالیت نمونه در فازهای متحرک خاص بستگی دارد. از آنجایی که رایج است در روش فاز نرمال از حلال‌های غیرقطبی استفاده شود، این روش برای ترکیبات آب‌گریز (ترکیباتی که برهم‌کنش‌های قوی‌تری در کروماتوگرافی فاز معکوس از خود نشان می‌دهند) و در حلال‌های قطبی یا آبی حل نمی‌شوند کاربرد دارد. شکل (۱) کاربرد کروماتوگرافی فاز نرمال را برای جداسازی مخلوطی از چربی‌های مختلف نشان می‌دهد.

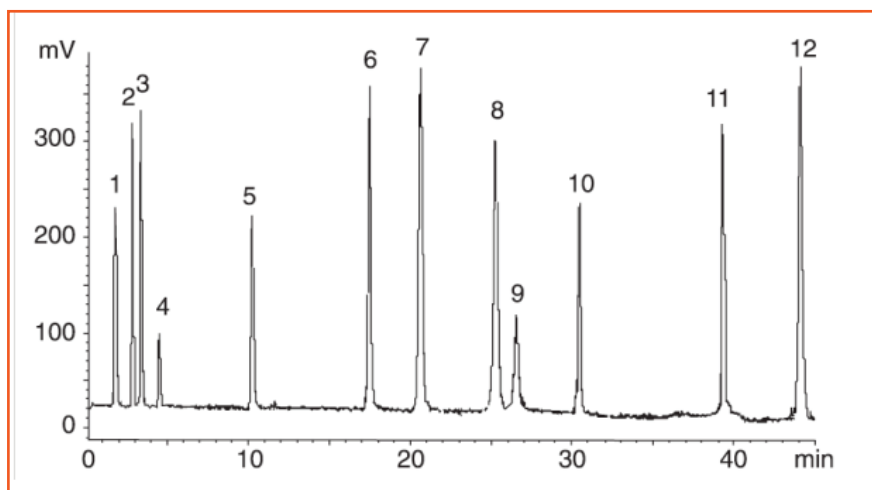
■ انواع روش‌های HPLC

چهار نوع روش کروماتوگرافی نام برده شده (فاز نرمال، فاز معکوس، تبادل یونی و اندازه طردی) روش‌های اصلی هستند که در ادامه شرح داده شده‌اند.

■ کروماتوگرافی فاز نرمال

در کروماتوگرافی فاز نرمال تفاوت قدرت برهم‌کنش‌های قطبی آنالیت‌ها در یک مخلوط با فاز ساکن معیار جداسازی است. هرچه برهم‌کنش فاز ساکن با آنالیت قویتر باشد، نگهداری آنالیت در ستون طولانی‌تر خواهد بود. همانند هر روش کروماتوگرافی دیگر، فرایند جداسازی کروماتوگرافی فاز نرمال نیز یک رویداد رقابتی است که در آن مولکول‌های آنالیت با مولکول‌های فاز متحرک برای جذب روی سطح فاز ثابت رقابت می‌کنند. فاز متحرک در کروماتوگرافی فاز نرمال، حلال‌های غیرقطبی همچون هگزان و هپتان هستند که کمی حلال قطبی مانند اتانول و متانول به آن افزوده می‌شود. تغییر غلظت حلال‌های قطبی در فاز متحرک باعث کنترل میزان بازداری آنالیت در ستون می‌گردد. افزودنی‌های قطبی رایج، الکل‌ها (متانول، اتانول و ایزوپروپانول) هستند که به فاز متحرک در مقادیر کم افزوده می‌شوند. از آنجایی که نیروهای قطبی، نوع غالب برهم‌کنش‌ها هستند و نسبت به سایرین نیز قوی هستند، حتی فقط تغییر یک درصد حجمی/حجمی تعدیل کننده قطبی در فاز متحرک، معمولاً باعث تغییرات قابل توجه در بازداری آنالیت می‌شود.

مواد پرکننده ستون رایج در کروماتوگرافی فاز نرمال، اکسیدهای متخلخلی مانند سیلیکا (SiO_2) و یا آلومینا (Al_2O_3) هستند.



شکل ۱- جداسازی نمونه‌های انتخابی از دسته‌های چربی مختلف:

۱- پارافین، ۲-n-هگزادسیل پالمیتات، ۳- کلسترول پالمیتات، ۴- استئاریک اسید متیل استر، ۵- گلیسرول تری‌پالمیتات، ۶- هگزادسیل الکل، ۷- استئاریک اسید، ۸- کلسترول، ۹- گلیسرول-۱و۳-دی‌پالمیتات، ۱۰- گلیسرول-۱و۲-دی‌پالمیتات، ۱۱- گلیسرول مونوپالمیتات، ۱۲- اروسیل آمید. ستون مورد استفاده Liکروسفر® دیول (3×125 میلی متر) قطرذرات پر کننده ستون $5-\mu\text{m}$. حلال شوینده به صورت گرادینانی است که از ۱۰۰ درصد ایزواکتان شروع شده و به تدریج درصد متیل تری ترسیوبوتیل اتر (MTBE) افزایش می‌یابد تا درصد آن طی ۳۴ دقیقه به ۶۰ درصد برسد و سپس ۱۰ دقیقه در این درصد به صورت ایزوکراتیک نگهداری می‌شود.

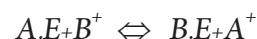
■ کروماتوگرافی فاز معکوس (HPLC RP یا RPLC)

بر خلاف کروماتوگرافی فاز نرمال، در کروماتوگرافی فاز معکوس برهم کنش‌های واندروالس یا آب‌گریز نیروهای عمده هستند. در این روش قطبیت فازهای متحرک و ثابت معکوس شده‌اند به طوری که سطح فاز ثابت آب‌گریز و فاز متحرک، قطبی است (در بیشتر موارد، محلول‌های آبی به عنوان شوینده استفاده می‌شوند). کروماتوگرافی فاز معکوس تا به امروز متداول‌ترین روش کروماتوگرافی است و تقریباً ۹۰ درصد تمام تجزیه‌های نمونه‌هایی با وزن مولکولی پایین، با استفاده از کروماتوگرافی فاز معکوس انجام می‌شود. یکی از عوامل اصلی شهرت و کاربرد زیاد این روش، توانایی تمایز ترکیبات بسیار مشابه و سهولت تغییر بازداری و گزینش پذیری در آن است. دلیل وجود این مزایا این است که نیروهای پراکندگی که در این نوع جداسازی استفاده می‌شوند، از ضعیف‌ترین نیروهای بین مولکولی هستند. این انرژی پایین، تشخیص تفاوت‌های بسیار کوچک برهم کنش‌های مولکولی آنالیت‌های بسیار مشابه را ممکن می‌کند.

مواد جاذب سطحی که در این نوع کروماتوگرافی استفاده می‌شوند، مواد جامد متخلخل با سطحی آب‌گریز هستند. بیشتر مواد پرکننده ستون که در کروماتوگرافی فاز معکوس استفاده می‌شوند، سیلیکاهای متخلخل اصلاح شده شیمیایی هستند. خواص سیلیکا طی سال‌های زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است و فناوری ساخت ذرات متخلخل کرووی با اندازه و تخلخل مشخص، به خوبی توسعه یافته است. با وجود تحقیقات گسترده و رشد فراوان انواع ستون و مواد پرکننده قابل دسترس از لحاظ تجاری، هنوز در مورد خصوصیات بهینه برای فاز ساکن در این نوع کروماتوگرافی برای تجزیه دسته‌های متنوع ترکیبات (مانند دارویی، زنجیره‌های آلکلی خطی، حلقه‌های آروماتیک و هتروسیکل‌ها)، نظر جامعی وجود ندارد.

■ کروماتوگرافی تبادل یونی

این نوع کروماتوگرافی، بر پایه کشش متفاوت یون‌های ماده مورد تجزیه نسبت به مراکز یونی با بار مخالف در رزین و یا یون‌های با بار مخالف جذب سطحی شده در فاز ثابت آب‌گریز عمل می‌کند. تبادل دو یون A^+ و B^+ در محلول و رزین تبدالی E^- را در نظر بگیرید:



ثابت تعادل برای این فرایند در معادله زیر نشان داده شده است:

$$K = \frac{[A^+][BE]}{[AE][B^+]}$$

این معادله تمایل نسبی دو کاتیون را به مراکز تبدالی روی سطح تعیین می‌کند. اگر ثابت تعادل برابر با یک باشد هیچ تمایز و تشخیصی برای این سیستم وجود نخواهد داشت. ثابت تعادل بالاتر از یک توانایی بیشتر کاتیون B^+ برای جانشین شدن به جای A روی سطح رزین را نشان می‌دهد. با توجه به بار مراکز تبادل روی سطح، رزین می‌تواند هم مبدل آنیون (مراکز یونی مثبت روی

سطح) و هم مبدل کاتیون (مراکز منفی روی سطح) باشد. چهار نوع اصلی مراکز تبادل یون که معمولاً به کار گرفته می‌شود عبارتند از:

◆ SO_3^- : مبادله‌کننده کاتیون قوی؛

◆ CO_3^- : مبادله‌کننده کاتیون ضعیف؛

◆ آمین نوع چهارم: مبادله‌کننده آنیون قوی؛

◆ آمین نوع سوم: مبادله‌کننده آنیون ضعیف.

نگهداری آنالیت و گزینش‌پذیری در کروماتوگرافی تبادل یون بستگی زیادی به pH و قدرت یونی فاز متحرک دارد.

■ کروماتوگرافی اندازه-طردي (SEC)

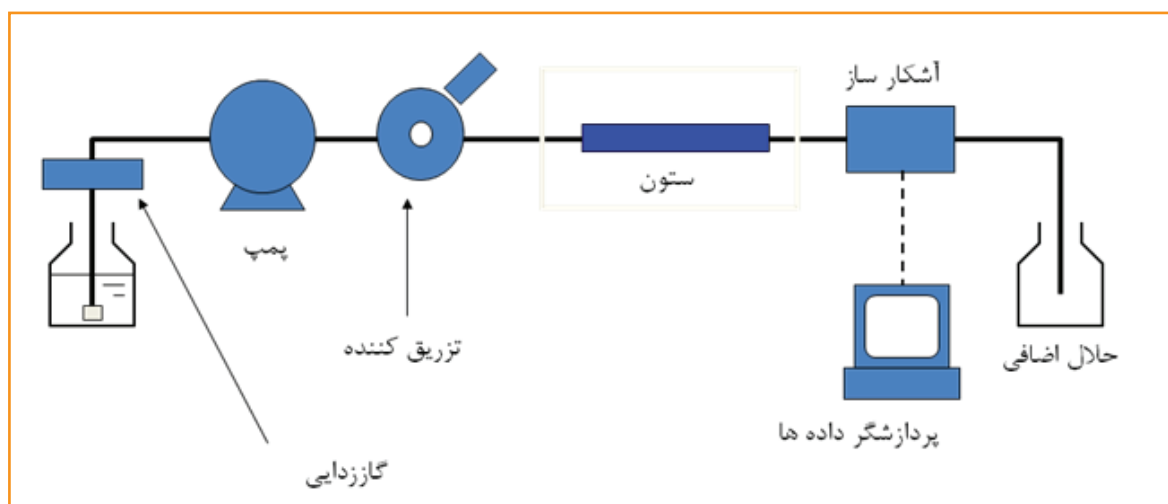
کروماتوگرافی اندازه-طردي روشی برای جداسازی مولکول‌ها بر اساس اندازه آنها است و همان‌طور که از نام آن پیداست، جداسازی بر اساس اندازه مولکول‌ها و عبور آنها از فضای متخلخل فاز ساکن و به دلیل ممانعت فضایی آن انجام می‌شود. شعاع هیدرودینامیکی مولکول مورد تجزیه، فاکتور اصلی در تعیین میزان بازداری آن است. به طور کلی هرچه شعاع هیدرودینامیکی مولکول بزرگتر باشد، زمان ماندن آن در ستون کوتاهتر است. از لحاظ تاریخی، دو نام مختلف برای این روش استفاده می‌شود. در سال ۱۹۵۹ غربال‌گری مولکولی برای جداسازی پلیمرهای بیوشیمیایی روی دکستران استفاده شد و کروماتوگرافی ژل صافی نامیده شد (شوینده‌های با پایه آبی به همراه نمک‌ها به عنوان فاز متحرک به کار برده می‌شوند). در ۱۹۶۱ همان روش برای تعیین وزن مولکولی پلیمرهای سنتزی به کار گرفته شد و نام کروماتوگرافی ژل تروایی بین شیمی‌دانان پلیمر کاربرد عمومی پیدا کرد (عمدتاً حلال‌های آلی از قبیل THF به عنوان شوینده به کار برده می‌شوند).

این تنها روش جداسازی کروماتوگرافی است که در آن باید از هرگونه برهم‌کنش مثبت آنالیت با فاز ساکن اجتناب شود. در کروماتوگرافی اندازه-طردي هرچه وزن مولکولی آنالیت بالاتر باشد، شعاع هیدرودینامیکی آن بزرگتر است و در نتیجه سریعتر از ستون عبور می‌کند. در عین حال، اگر یک مولکول آنالیت با فاز ساکن برهم‌کنش نماید (که نامطلوب است)، بازداری مولکول‌های بزرگتر افزایش می‌یابد و ممکن است جداسازی مولکول‌ها منحصراً بر اساس شعاع هیدرودینامیک را مغشوش کند. به همین علت انتخاب مواد پرکننده ستون و فاز متحرک باید با دقت انجام شود به نحوی که مولکول‌های فاز متحرک با سطح فاز ساکن، قوی‌تر از پلیمر برهم‌کنش نمایند که در نتیجه از برهم‌کنش پلیمر با سطح جلوگیری می‌شود.

تعیین وزن مولکولی پلیمر بر اساس رابطه بین شعاع هیدرودینامیکی مولکول و وزن مولکولی است. شعاع تقریباً با ریشه سوم وزن مولکولی متناسب است. بنابراین ریشه سوم وزن مولکولی با میزان بازداری آنالیت متناسب است. این رابطه فقط در ناحیه کامل مولکول‌های پلیمر از فضای متخلخل فاز ساکن صحیح است.

■ دستگاه HPLC

دستگاه HPLC دارای یک پمپ تزریق کننده، ستون، آشکارساز و سیستم داده‌ها است. قلب دستگاه، ستون آن است؛



شکل ۲- تصویر اجزای تشکیل دهنده دستگاه HPLC

روش‌های کروماتوگرافی مایع که به طور معمول برای جداسازی مولکول‌ها و پلیمرها بر اساس اندازه و خواص شیمیایی آنها به کار می‌رفتند، امروزه برای آنالیز توزیع اندازه ذرات نانوذرات طلا استفاده می‌شوند [۱]. علاوه بر این، میانگین اندازه و خواص نوری نانوذرات طلا را می‌توان با استفاده از یک تک نمونه که حجمی در حد چند میکرولیتر دارد در طی زمان کوتاهی به دست آورد [۲ و ۳]. این روش‌ها را می‌توان بر اساس شیوه عمل آنها طبقه‌بندی کرد که به عنوان مثال کروماتوگرافی اندازه طردی [۴-۱۱]، کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا [۱۲-۱۴] و کروماتوگرافی تبادل یونی [۱۵] جزو این دسته از روش‌ها هستند.

از آنجا که طیف نوری وابسته به اندازه نانوذرات را می‌توان به آسانی به وسیله سیستم‌های کروماتوگرافی و آشکارسازهای دیودی آرایه‌ای ثبت نمود، از کروماتوگرافی اندازه طردی در تلفیق با TEM برای تعیین اندازه ذرات طلا در محدوده ۳ تا ۲۰ نانومتر استفاده شده‌است [۱۶]. از این روش تلفیقی همچنین برای آنالیز دیگر ذرات کلئیدی مانند سیلیکا [۱۷] و نیمه‌هادی‌ها [۲۱-۱۸] استفاده شده‌است. کروماتوگرافی اندازه طردی همچنین این توانمندی را نیز دارد که از طریق گردآوری بخش‌های جداسازی شده از یک مخلوط پلی‌دیسپرس، فرم‌های مونودیسپرس ایجاد نماید [۲۲]. چنین گزارش‌هایی مویید این مطلب است که روش‌های کروماتوگرافی قادر به جداسازی نانوذرات مختلفی است.

جداسازی با روش اندازه طردی مستلزم انتخاب فاز ساکن با اندازه تخلخل مناسب و علاوه بر آن، انتخاب فاز متحرک مناسب است. با این وجود، جذب سطحی برگشت‌ناپذیر نانوذرات روی فاز ساکن از مشکلات استفاده از روش‌های کروماتوگرافی برای جداسازی است و مساحت سطح بالای فاز ساکن و فعالیت سطحی بالای نانوذرات، مشکل برگشت ناپذیری جذب سطحی را دو چندان می‌سازد.

الکتروفورز موینه می‌تواند این مشکل را با کاهش اثر سطح در سیستم جداسازی کاهش دهد [۲۳]. اما در این صورت جداسازی نمونه برای به دست آوردن ذرات مونودیسپرس یکی از چالش‌های عمده است. برای حل این مشکل در کروماتوگرافی اندازه طردی می‌توان به فاز متحرک، سورفکتانت اضافه نمود. سورفکتانت به فاز ساکن متصل می‌شود و بر رفتار بازداری

جایی که جداسازی اتفاق می‌افتد. برای عبور فاز متحرک از میان ذره‌های متخلخل میکرومتری فاز ساکن ستون، یک پمپ با فشار بالا لازم است. فرآیند کروماتوگرافی با تزریق محلول به ابتدای ستون شروع می‌شود. جداسازی ترکیبات زمانی اتفاق می‌افتد که ماده مورد تجزیه و فاز متحرک به داخل ستون پمپ شوند. سرانجام هر ترکیب که درون ستون شسته می‌شود، به صورت یک پیک روی آشکارساز ظاهر می‌شود. تشخیص ترکیبات شسته شده بسیار مهم است و این می‌تواند بسته به آشکارساز مورد استفاده، انتخابی یا عمومی باشد. پاسخ آشکارساز برای هر ترکیب روی نمودار یا صفحه نمایش کامپیوتر نمایش داده می‌شود که به عنوان کروماتوگرام شناخته می‌شود. برای گردآوری، ذخیره و آنالیز داده‌های کروماتوگرافی، کامپیوتر، انتگرال‌گیر و سایر تجهیزات پردازش داده‌ها اغلب استفاده می‌شود.

■ کاربرد HPLC در آنالیز نانوذرات طلا

نانوذرات فلزی در فیزیک، شیمی و بیولوژی کاربرد روز افزونی دارند. اندازه این ذرات تأثیر بسیار مهمی بر خواص فیزیکی و شیمیایی، از جمله خصلت کاتالیزوری آنها دارد. اغلب از روش TEM برای تعیین اندازه ذره و شکل آن استفاده می‌شود. با این وجود روشی وقت گیر و گران است که در آن هیچگونه جداسازی انجام نمی‌شود. علاوه بر این، در یک آنالیز TEM تنها قسمت محدودی از نمونه بررسی می‌شود و نمی‌توان خواص میانگین ماده مانند قطر و شکل را به دست آورد. این عدم قطعیت آماری به این دلیل رخ می‌دهد که این شخص است که در نهایت تصمیم می‌گیرد کدام منطقه از نمونه مورد بررسی قرار گیرد و از سایر مشکلات که در طی خشک شدن نمونه به وجود می‌آید و می‌تواند باعث تجمع و یا تغییرات شیمیایی از جمله اکسیداسیون شود، صرف نظر می‌شود. در نهایت از آنجا که در TEM بمباران الکترونی انجام می‌شود، گروه‌های آلی که برای پوشاندن سطوح نانوذرات استفاده می‌شوند، مشاهده نمی‌شوند و بنابراین اندازه لایه آلی را نمی‌توان محاسبه کرد. با در نظر گرفتن تمامی این عوامل، لزوم استفاده از روش‌های جایگزین برای آنالیز اندازه نانوذرات به جای TEM و DLS آشکار می‌شود [۱].

شکل (۳) اثر فازهای متحرک مختلف را نشان می‌دهند. زمانی که از آب به عنوان تنها شوینده استفاده می‌شود هیچ پیکی مشاهده نمی‌شود و جذب سطحی بسیار شدید است (نمودار A در شکل ۳). با افزودن SDS به عنوان شوینده، هر دو پیام مربوط به اشکال مختلف ذرات طلا، در یک محدوده مشاهده می‌شود (نمودار B در شکل ۳). با استفاده از مخلوط سورفکتانت‌ها (SDS و Brij-۳۵) همان طور که در نمودار C شکل ۳ نشان داده شده‌است، جداسازی نانوذرات کروم و میله‌ای را می‌توان انجام داد.

با افزودن SDS به فاز متحرک این امکان فراهم می‌آید که برهم‌کنش SDS با فاز ساکن و نانوذرات القا شود. برهم‌کنش میان سورفکتانت و فاز ساکن به خوبی مورد بررسی قرار گرفته است [۳۴-۳۱]. برهم‌کنش میان مواد پرکننده ستون و سورفکتانت به صورت جذب سطحی سورفکتانت روی سطح مواد پرکننده رخ می‌دهد و بر کارایی جداسازی اثر می‌گذارد. همچنین این احتمال وجود دارد که برهم‌کنش میان نانوذرات و سورفکتانت، چگونگی آرایش سورفکتانت را در حول نانوذرات طلا تحت تأثیر قرار دهد.

آرایش مولکول‌های کافی از SDS در حول نانوذرات طلا که به وسیله سورفکتانت‌های کاتیونی پایدار می‌شوند و مانند ذرات باردار مثبت عمل می‌کنند [۳۴] باعث می‌شود بار ذرات به منفی تغییر کند. داده‌ها حاکی از آن است که نانوذرات طلا در غلظت بالای SDS غلیظ، مانند گونه‌هایی با بار منفی عمل می‌کند و می‌توان انتظار داشت که هم مواد پرکننده ستون و هم نانوذرات طلا، با SDS برهم‌کنش کرده و بار منفی روی سطح آنها پدید آید. دافعه به وجود آمده میان ذرات و ماده پرکننده ستون باعث جلوگیری از جذب سطحی نانوذرات روی فاز ساکن پرکننده ستون می‌شود.

در بررسی دیگری توسط وی و لی یو از سورفکتانت برای جداسازی اندازه‌های مختلف نانوذرات طلا استفاده شد. رفتار بازداری و کارایی جداسازی در کروماتوگرافی اندازه طردی برای نشان دادن مزیت سورفکتانت یونی در فاز متحرک در تحقیق مذکور مورد بحث قرار گرفته است [۳۵]. همان گونه که پیشتر

آنالیت اثر می‌گذارد. از سورفکتانت‌ها برای کنترل اندازه نانوذرات استفاده می‌شود اتصال سورفکتانت به نانوذرات، آنها را از طریق اثرهای فضایی و یا الکتروستاتیکی پایدار می‌سازد و از تجمع آنها جلوگیری می‌کند.

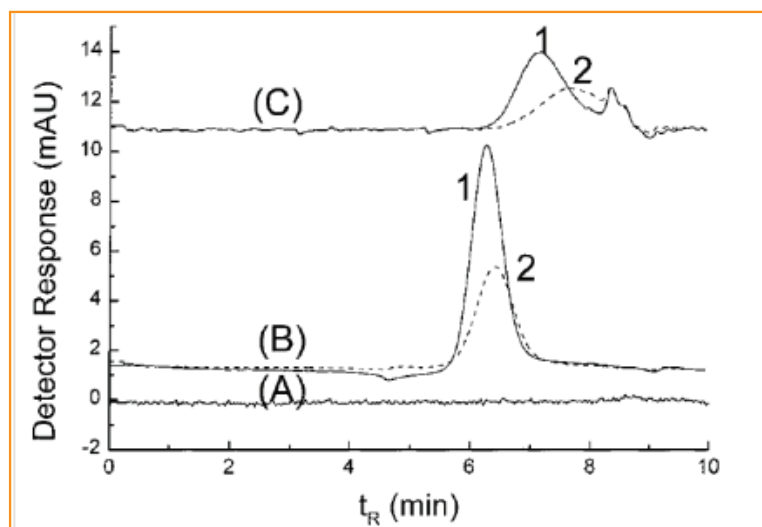
به تازگی جداسازی و آنالیز نانوذرات طلای نامحلول (مانند نانوذرات طلای پوشیده شده با آلکان‌تیولات‌ها) با استفاده از کروماتوگرافی فاز معکوس و در تلفیق آن با آشکارساز آرایه‌ای دیودی ۱۴ برای تعیین مونودیسپرس بودن نسبی نانوذرات طلا با اندازه کمتر از ۲۸ nm، انجام شده‌است [۲۸-۲۴]. همچنین از آشکارساز ولتامتری متناوب برای آشکارسازی نانوذرات کوچک (با قطر هسته کمتر از ۲ نانومتر) که از طریق HPLC فاز معکوس جداسازی شده بودند، استفاده شد.

السومالی گزارش نمود که یک ستون مایکروژل هیدروفوب متخلخل که با سیستم کروماتوگرافی اندازه طردی قابل بازیافت کار می‌کند، آنالیز با میزان تفکیک بالایی برای نانوذرات طلای پایدار شده با آلکان تیولات با اندازه کوچک تر از ۳ nm به دست می‌دهد [۲۹].

روش‌های جداسازی برای آنالیز نانوذرات طلای محلول در آب (به عنوان مثال نانوذرات طلای پایدار شده با سیترات) نیز شایان اهمیت هستند و علت اهمیت آنها، کاربردهای بیوتجزیه‌ای و دارویی آنهاست. افزودن سورفکتانت (به عنوان مثال سدیم دو دسیل سولفات) به فاز متحرک از جذب سطحی نانوذرات طلا روی ستون و تجمع آنها جلوگیری می‌کند و باعث تسهیل در جداسازی بر اساس اندازه ذره می‌شود [۱۰].

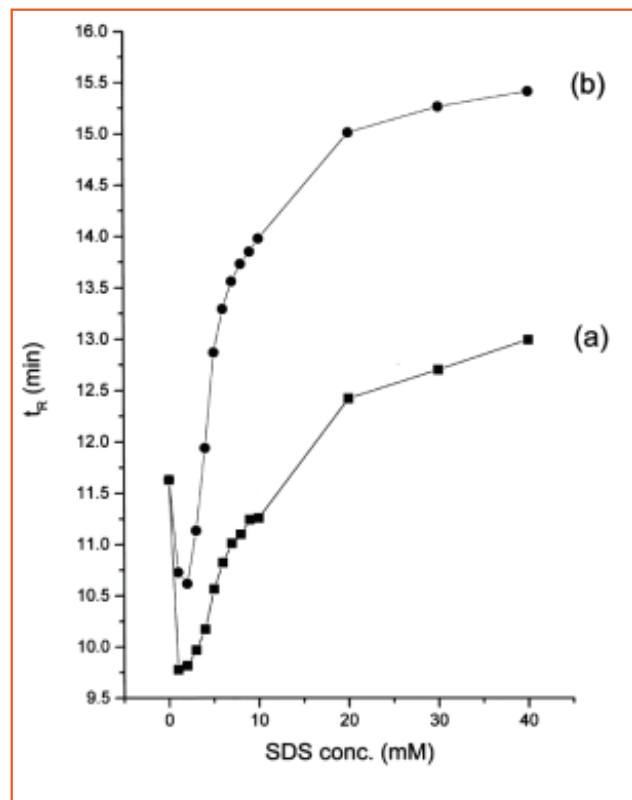
برای نخستین بار، روش کروماتوگرافی اندازه طردی برای جداسازی اشکال مختلف کروم و میله‌ای نانوذرات طلا به وسیله وی و همکارانش به کار گرفته شد [۳۰].

از جمله مشکلات روش SEC برای جداسازی نانوذرات، جذب سطحی برگشت‌ناپذیر آنها به وسیله مواد پرکننده ستون است. ترکیبات متنوعی از فاز متحرک برای جداسازی نانوذرات طلا به منظور بررسی مشکل جذب سطحی استفاده شدند. کروماتوگرام‌های



شکل ۳- کروماتوگرام جداسازی اشکال مختلف نانوذرات طلا با ترکیب مختلف شوینده‌ها: (A) H₂O، (B) ۴۰ mM SDS، (C) ۳۵ mM Brij و ۴۰ mM SDS. (۱) آشکارسازی در ۹۲۰ nm (خطوط پر رنگ) و (۲) آشکارسازی در ۵۲۰ nm (خطوط خط‌چین)

زمان بازداری در ابتدا کاهش می‌یابد و در غلظت‌های بالاتر SDS افزایش می‌یابد.

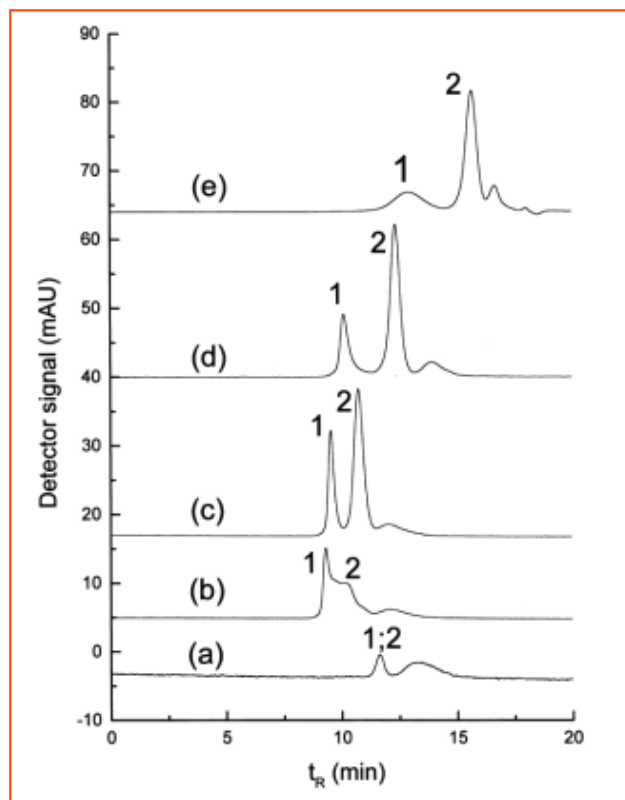


شکل ۵ - اثر غلظت SDS بر زمان بازداری نانوذرات طلا در SEC. (a) نانوذرات 38 nm^3 ، (b) نانوذرات 15 nm^3 . حجم نمونه $10\text{ }\mu\text{l}$ و سرعت جریان 5 ml/min است.

این امکان وجود دارد که عوامل مختلفی بر زمان بازداری اثر بگذارند. در غلظت پایین SDS برهم‌کنش SDS با نانوذرات طلا و مواد پرکننده ستون رخ می‌دهد. برهم‌کنش SDS با مواد پرکننده که جذب سطحی طلا را کاهش می‌دهند باعث کاهش زمان بازداری و افزایش شدت پیام می‌شود، همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده شده‌است. برای تأیید بیشتر این امر که بهبود پیام به واسطه جذب سطحی نانوذرات بر مواد پرکننده ستون است، محلول نانوذرات با غلظت‌های مختلف از محلول SDS به صورت ۱:۱ رقیق شد و از میان ستون عبور داده شد.

طیف جذب در شکل (۶) نشان داده شده‌است و آشکار است که حضور SDS باعث افزایش جذب می‌شود و این موید آن است که افزودن SDS به نمونه باعث کاهش جذب سطحی نانوذرات به وسیله فاز ساکن شده‌است. بهبود پیام به دست آمده به برهم‌کنش سورفکتانت و مواد پرکننده ستون نسبت داده می‌شود که باعث ایجاد بار منفی روی سطح فاز ساکن و جلوگیری از جذب ذرات طلا روی آن می‌شود. همچنین تئوری کروماتوگرافی اندازه‌طردی بر این اساس است که ذرات طلای بزرگ‌تر سریع‌تر از ستون عبور می‌کنند و حجم بازداری کم‌تری دارند. کاهش زمان شستشو با افزایش غلظت SDS (شکل ۳) باعث ایجاد این فرضیه می‌شود که SDS اندازه ذره را افزایش داده و در نتیجه زمان شستشو کاهش را کاهش می‌دهد.

نیز اشاره شد، نوع ستون مورد استفاده در SEC بسیار مهم است و به علت جذب نانوذرات روی آن، محدودیت‌های خاصی دارد. به عنوان مثال از ستون‌های Nucleosil ($500, 1000$) برای جداسازی نانوذرات طلا استفاده شده‌است. در تحقیق مذکور سیترات نه تنها به عنوان شوینده بلکه به عنوان پایدارکننده هم مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از ستون Nucleogel به همراه سیترات به عنوان شوینده باعث جذب سطحی شدید گردید. شایان ذکر است که Nucleosil یک ماده پرکننده بر پایه سیلیکا است و Nucleogel یک پلیمر (پلی استایرن - دی وینیل بنزن) است و شرایطی که برای Nucleosil استفاده می‌شود، برای Nucleogel مناسب نیست حتی اگر اندازه تخلخل یکسانی داشته باشند و این به علت مشکل جذب سطحی نانوذرات روی بستر است. غلظت‌های مختلف محلول SDS به عنوان فاز متحرک برای کاهش اثر جذب سطحی استفاده شد. تأثیر غلظت‌های مختلف از محلول SDS به عنوان فاز متحرک را می‌توان در شکل (۴) مشاهده نمود. داده‌ها نشان دهنده آن است که بدون حضور SDS پیام‌های کوچک دیده می‌شود و هیچ‌گونه جداسازی انجام نمی‌گیرد. اندازه پیام به دست آمده و تفکیک در جداسازی با افزایش غلظت SDS افزایش می‌یابد.



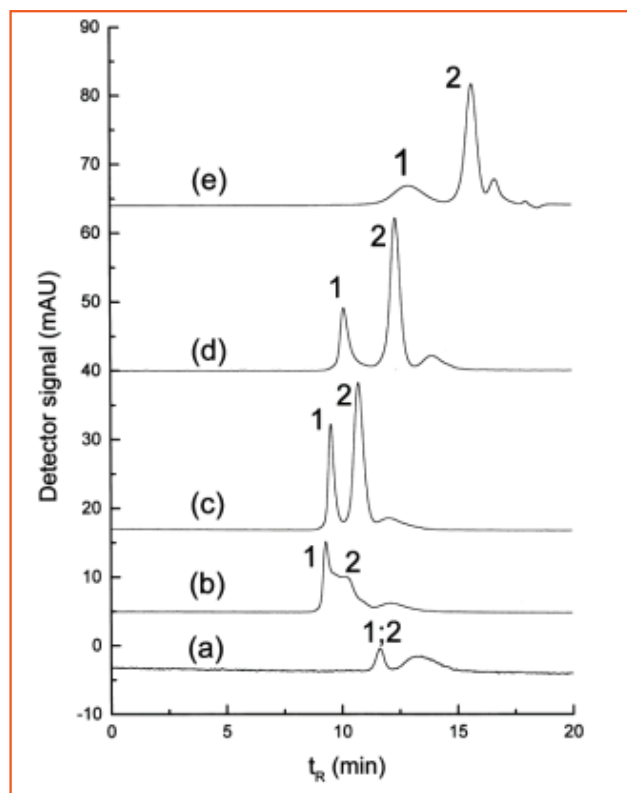
شکل ۴ - اثر غلظت SDS روی جداسازی نانوذرات طلا با اندازه 38 nm^3 و 15 nm^3 به وسیله SEC. (a) 0 ، (b) 0.1 ، (c) 1 ، (d) 5 و (e) 80 mM SDS. (۱) نانوذرات طلا 38 nm^3 ، (۲) 15 nm^3 . حجم نمونه‌ها $10\text{ }\mu\text{l}$ و سرعت جریان 5 ml/min است.

غلظت SDS از 0.1 تا 40 میلی‌مول تغییر داده شد تا اثر غلظت بر زمان شستشو بررسی شود (شکل ۵). نتایج نشان می‌دهد که

نتیجه‌گیری

کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا، روشی مناسب جهت جداسازی، اندازه‌گیری، و تعیین نوع مواد است. این تکنیک با تلفیق با روشهای دیگر و آشکارسازهای پیشرفته‌ای مانند طیف سنج جرمی کاربردهای زیادی در علوم مختلف دارد. انتخاب فاز متحرک و ثابت، انتخاب آشکارساز و تعیین سرعت جریان فاز متحرک از جمله موارد اساسی در تنظیمات یک روش مناسب HPLC است. در این مقاله روش‌های مختلف کروماتوگرافی برای جداسازی نانوذرات طلا و همچنین اثر عواملی نظیر SDS مورد بررسی قرار گرفت

پی‌نوشت



شکل ۶ - اثر غلظت SDS بر جذب سطحی نانوذرات طلا با اندازه ۵/۳ nm: (a) ۰، (b) ۰/۱ و (c) ۵ میلی‌مولار SDS. محلول با غلظت‌های مختلف از SDS به صورت ۱:۱ رقیق شده‌است. گزارش‌های مذکور، پتانسیل SEC برای جداسازی اشکال و اندازه‌های مختلف نانوذرات طلا را نشان می‌دهد. مشکل جذب سطحی برگشت‌ناپذیر نانوذرات طلا روی مواد پرکننده ستون را می‌توان با افزودن سورفکتانت‌هایی به حلال شوییده (به عنوان مثال SDS) حل نمود. در این زمینه، برای افزایش کارایی جداسازی فاکتور جذب سطحی را هم باید به فاکتور فضایی که در SEC دخیل است اضافه نمود. با این وجود برای نانوذراتی با اشکال مختلف نمی‌توان خط پایه مناسبی به دست آورد ولیکن سیستم آشکارساز آرایه‌های دیودی ۱۴ را می‌توان برای تفسیر شکل نانوذرات مورد استفاده قرار داد. تلفیق DAD و SEC از لحاظ مطالعه خواص اسپکتروسکوپی نانوذرات، بر TEM ارجحیت دارد. اما همچنان به مطالعات بیشتری برای تعیین مکانیسم برهم‌کنش سورفکتانت و نانوذرات طلا نیاز است.

- 1.High performance liquid chromatography (HPLC)
2. Hydrophobic (non-specific)
- 3.Reversed-phase (RP)
4. Dipole-dipole
- 5.Normal phase (NP)
- 6.Ion-exchange chromatography
- 7.Size-exclusion chromatography
- 8.Trimethoxy glycidoxo propy silane
9. diol-phase
10. van der Waals interactions
- 11.Dispersive forces
- 12.Gel-filtration chromatography
- 13.Gel-permeation chromatography
- 14.Diode array detectors(DAD)
15. Capillary electrophoresis
16. Surface effect
- 17.Cyclic Voltametric
- 18.Al-Somali
19. Sodium dodecyl sulphate (SDS)
20. Wei
- 21.Liu

- [۱] F.K. Liu, Chromatographia ۶۶ (۲۰۰۷) ۷۹۱.
- [۲] J.P.Wilcoxon, J.E. Martin, P. Provencio, Langmuir ۱۶ (۲۰۰۰) ۹۹۱۲.
- [۳] F.K. Liu, G.T.Wei, Chromatographia ۵۹ (۲۰۰۴) ۱۱۵.
- [۴] G.T.Wei, F.K. Liu, J. Chromatogr. A ۸۳۶ (۱۹۹۹) ۲۵۳.
- [۵] Y. Mori, M. Furukawa, T.Hayashi, K.Nakamura, Particul. Sci. Technol. ۲۴ (۲۰۰۶) ۹۷.
- [۶] P.M. Shiundu, S.M. Munguti, S.K.R. Williams, J. Chromatogr. A ۹۸۳ (۲۰۰۳) ۱۶۳.
- [۷] J.C. Giddings, Science ۲۶۰ (۱۹۹۳) ۱۴۵۶.
- [۸] F.K. Liu, Chromatographia ۶۶ (۲۰۰۷) ۷۹۱.
- [۹] F.K. Liu, G.T.Wei, Chromatographia ۵۹ (۲۰۰۴) ۱۱۵.
- [۱۰] C.K. Lo, M.C. Paa, D. Xiao, M.M.F. Choi, Electrophoresis ۲۹ (۲۰۰۸) ۲۳۳۰.
- [۱۱] J.P.Wilcoxon, J.E. Martin, P. Provencio, J. Chem. Phys. ۱۱۵ (۲۰۰۱) ۹۹۸.
- [۱۲] Y. Song, M.L.A.V. Heien, V. Jimenez, R.M.Wightman, R.W. Murray, Anal. Chem. ۷۶ (۲۰۰۴) ۴۹۱۱.
- [۱۳] Y. Song, V. Jimenez, C. McKinney, R. Donkers, R.W. Murray, Anal. Chem. ۷۵ (۲۰۰۳) ۵۰۸۸.
- [۱۴] V.L. Jimenez, M.C. Leopold, C. Mazzitelli, J.W. Jorgenson, R.W. Murray, Anal. Chem. ۷۵ (۲۰۰۳) ۱۹۹.
- [۱۵] W. Bos, J.J. Steggerda, S. Yan, J.A. Casalnuovo, Inorg. Chem. ۲۷ (۱۹۸۸) ۹۴۸.
- [۱۶] G. Schmid, Clusters and Colloids: From Theory to Applications, VCH, Weinheim, ۱۹۹۴.
- [۱۷] A. Henglein, J. Phys. Chem. ۹۷ (۱۹۹۳) ۵۴۵۷.
- [۱۸] R.W. Devenish, T. Goulding, B.T. Heaton, R. Whyman, J. Chem. Soc., Dalton Trans. N۵ (۱۹۹۶) ۶۷۳.
- [۱۹] K.A. Littau, P.J. Szajowski, A.R. Kortan, L.E. Brus, J. Phys. Chem. ۹۷ (۱۹۹۳) ۱۲۲۴.
- [۲۰] Ch.-F. Fischer, M. Giersigs, Langmuir ۸ (۱۹۹۲) ۱۴۷۵.
- [۲۱] T. Siebrands, M. Giersigs, P. Mulvaney, Ch.-F. Fischer, Langmuir ۹ (۱۹۹۳) ۲۲۹۷.
- [۲۲] J.J. Kirkland, J. Chromatogr. ۱۸۵ (۱۹۷۹) ۲۷۳.
- [۲۳] Ch.-F. Fischer, M. Giersig, J. Chromatogr. A ۶۸۸ (۱۹۹۴) ۹۷.
- [۲۴] Ch.-F. Fischer, M. Giersig, T. Siebrands, J. Chromatogr. A ۶۷۰ (۱۹۹۴) ۸۹.
- [۲۵] A. Dass, R. Guo, J.B. Tracy, R. Balasubramanian, A.D. Douglas, R.W. Murray, Langmuir ۲۴ (۲۰۰۸) ۳۱۰.
- [۲۶] R.L.Wolfe, R.W. Murray, Anal. Chem. ۷۸ (۲۰۰۶) ۱۱۶۷.
- [۲۷] R. Balasubramanian, R. Guo, A.J. Mills, R.W. Murray, J. Am. Chem. Soc. ۱۲۷ (۲۰۰۵) ۸۱۲۶.
- [۲۸] V.L. Jimenez, D.G. Georganopoulou, R.J. White, A.S. Harper, A.J. Mills, D.I. Lee, R.W. Murray, Langmuir ۲۰ (۲۰۰۴) ۶۸۶۴.
- [۲۹] A.M. Al-Somali, K.M. Krueger, J.C. Falkner, V.L. Colvin, Anal. Chem. ۷۶ (۲۰۰۴) ۵۹۰۳.
- [۳۰] G.T. Wei, F-K. Liu, C.R.C. Wang, Anal. Chem. ۷۱ (۱۹۹۹) ۲۰۸۵.
- [۳۱] T. Okada, Anal. Chem. ۶۰ (۱۹۸۸) ۱۵۱۱.
- [۳۲] W. L. Hinze, In Ordered Media in Chemical Separation; Hinze, W. L., Armstrong, D. L., Eds.; ACS Symposium Series ۳۴۲; American Chemical Society: Washington, DC, ۱۹۸۷; pp ۲-۸۲.
- [۳۳] A. Berthod, I. Girard, C. Gonnet, In Ordered Media in Chemical Separation; Hinze, W. L., Armstrong, D. L., Eds.; ACS Symposium Series ۳۴۲; American Chemical Society: Washington, DC, ۱۹۸۷; pp ۱۳۰-۱۴۱.
- [۳۴] W. G. Tramposch, S.G. Weber, Anal. Chem. ۵۸ (۱۹۸۶) ۳۰۰۶.
- [۳۵] G.T. Wei, F-K. Liu, J. Chrom. A. ۸۳۶ (۱۹۹۹) ۲۵۳.

Introduction to High performance liquid chromatography and its application in gold nanoparticles separation

Keywords

Gold nanoparticles
Liquid Chromatography

Authors:

Zahra Behdad
Mahmod Naderi
Maryam Yousefi

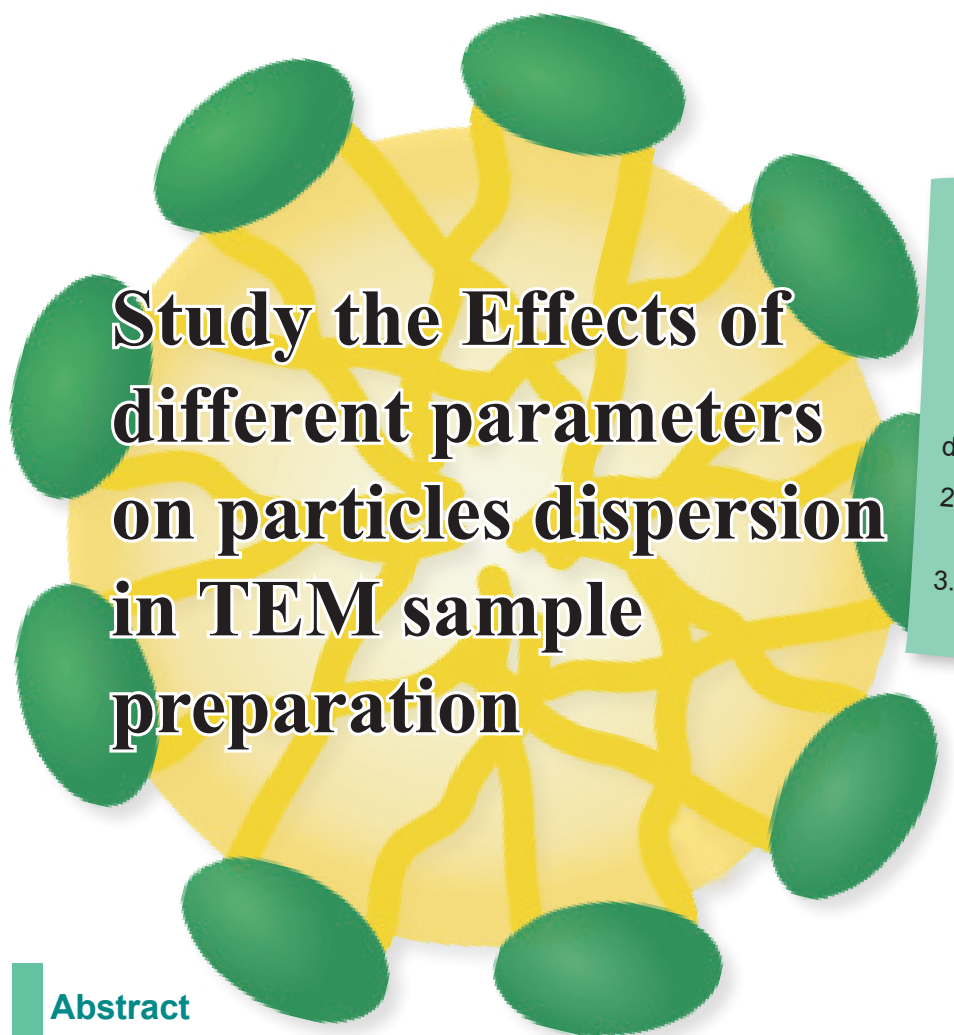
1. MSc Organic Chemistry, RIFR
behrad@rifr.ac.ir
2. Phd organic Chemistry, Nano-
Biotechnology research centre,
Avicenna Research Institute
3. chromatography Specialized
work group

Abstract

High Performance Liquid Chromatography (HPLC) is one of the most used chromatography techniques. Chromatography process can be defined as separation technique involving mass-transfer between stationary and mobile phase. HPLC utilizes a liquid mobile phase to separate the components from a mixture. The stationary phase can be a liquid or a solid phase. HPLC acquires a high degree of versatility not found in other chromatographic systems and it has the ability to easily separate a wide variety of chemical mixtures.

Depending on the HPLC mode, the different types of the adsorption forces may be included in the retention process: Hydrophobic (non-specific) interactions are the main ones in reversed-phase (RP) separations. Dipole-dipole (polar) interactions are dominant in normal phase (NP) mode. Ionic interactions are responsible for the retention in ion-exchange chromatography. SEC (size-exclusion chromatography) is another case. It is the separation of the mixture by the molecular size of its components. HPLC instrumentation includes a pump, injector, column, detector and data system. The heart of the system is the column where separation occurs.

Nanometer-sized metal materials have attracted extensive attention in the fields of physics, chemistry, and biology. Transmission electron microscopy (TEM) is generally employed to characterize the size and shape of metal clusters to understand the correlation between particle size and physicochemical properties. However, TEM is a time-consuming technique and does not involve any separating process. Since size depending optical spectra of nanoparticles can be easily obtained by chromatographic systems with diode array detection (DAD). Hence, chromatographic methods can be utilized in helping the characterization of size-dependent properties of metal nanoparticles. Size exclusion chromatography (SEC) has been employed and combined with TEM to characterize nanometer-sized gold particles ranging in size of 3 to 20 nm successfully.



Study the Effects of different parameters on particles dispersion in TEM sample preparation

Authors:

Davoud Gharailou
Mohsen Moien darbari

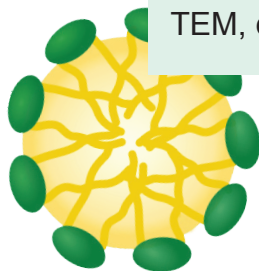
1. MSc NanoScience, Kefa Nano Lab
davoud.gharailou@gmail.com
2. MSc Agricultural engineering, Pare Tavous Lab
3. TEM specialized workgroup

Abstract

Dispersion is one of the most popular techniques to powder sample preparation for TEM imaging. Powder dissolved in a relatively volatile solvent will be dropped on a circular copper grid. If the sample is not already dispersed in solution, it will be agglomerated and formed into large particles which are not proper to TEM imaging. In this study the effects of different parameters such as temperature, pH, Ultrasonic, etc. on dispersion of particles have been investigated. It shows that the increase in ultrasonic's time cause to the better dispersion but it has an optimum time. Using surfactants depends on the other parameters and it will be easily operable by measuring Zeta potential.

Keywords

TEM, dispersion, Sample prepration



Authors:

Sediqueh Sadeq Hasani
Samira golzardi
and Maryam Khosravi

1. Research Institute of Petroleum Industry (RIPI), catalysis and Nanotechnology Reserch Division
nsadeghassani@yahoo.co.uk

2. Iran Polymer and Petrochemical Institute (IPPI)

3. Iran Nanotechnology Laboratory Network (INLN), SPM teamwork

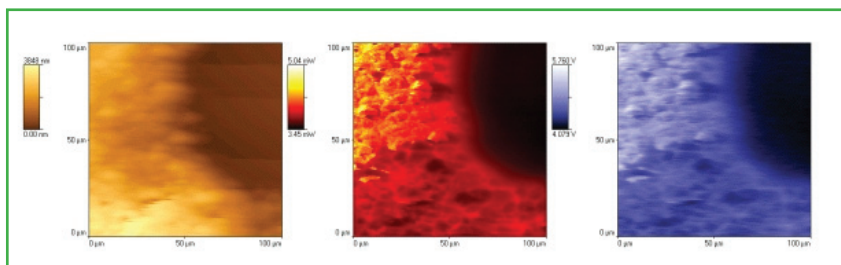
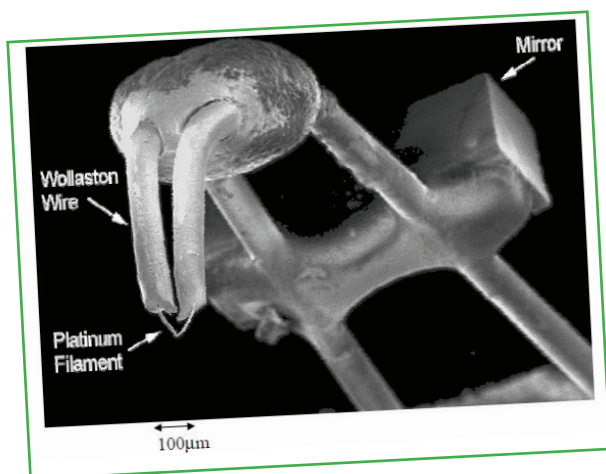
Studying of thermal behavior of materials in nanometer scale using Microthermal analysis

Abstract

Micro-thermal analysis combines the imaging capabilities of atomic force microscopy (with the ability to characterize with high spatial resolution) and one of the thermal analysis methods. In this method, a thermal probe has replaced with SPM tip. The probe can be heated by passing a current through it and the power required to maintain the tip at a constant temperature can be monitored during sample surface scanning. This used to build up thermal and topographic images, simultaneously. Areas of interest may then be selected and thermal changes in nano scale can be detected by localized thermal analysis. Chemical analysis of evolved gases is then also possible by coupling the system with analyzer ones such as GC-MS or MS.

Keywords

Microthermal analysis, Scanning thermal microscopy, thermal analysis, Atomic Force Microscopy, Thermal probe.



Structural Typology of the Science and Technology (S&T) Collaborative Networks in I. R. of Iran: A Multiple-case Study

Authors:**Reza Asadifard**reza_asadifard@nano.ir
Allame Tabatabaei University**Seyed Habibolah
Tabatabaeian (PhD)**taba@tco.ir
Allame Tabatabaei University**Abstract**

The present research investigates the governance structure of seven science and technology (S&T) collaborative networks founded from 1995 to 2005 in I. R. of Iran. Conducting a qualitative inquiry and using multiple-case study method, researcher has collected related data adequately from semi-structured interviews with key informants, observation, and archived documents. In this article, several types of governance structures and key actors of S&T networks as well as roles of the actors are described and classified. We used the content analysis method and cross-case analysis technique to derive some implications from the processed data. The paper concludes that S&T networks in Iran, have utilized two main types of governance structure namely: participative and hierarchical. The hierarchical structure enhances the power of the network director but decrease the social capital of the network, while the participative structure leads to the reverse results. The study shows that a number of factors affect the type of network's structure such as; network's main financial sponsor and the positions of network's founding organization in contrast with network's members.

Keywords

collaborative networks, Multiple-case Study, S&T networks

فستیوال فناوری نانو ششمین جشنواره

IRANANO 2013

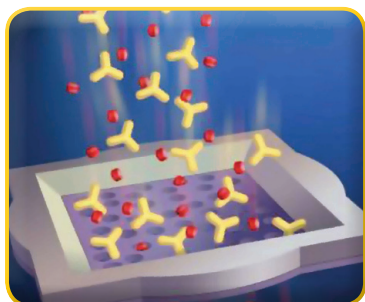
۱۳ الی ۱۷ مهرماه ۱۳۹۲

محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران

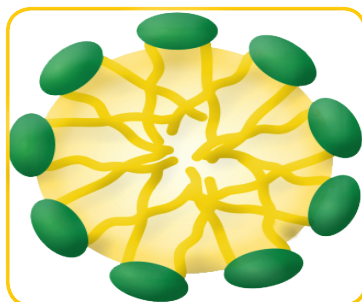
Tehran International Permanent Fairground

5 - 9 October 2013

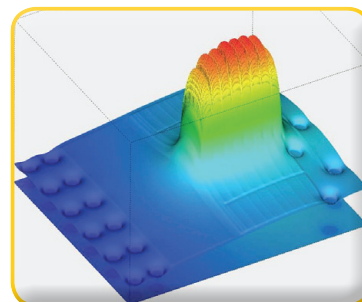
- نمایشگاه
- آموزش عمومی
- مجمع بین‌المللی اقتصاد فناوری نانو
- نشست‌ها و کارگاه‌های تخصصی
- مراسم تجلیل از برترین‌های فناوری نانو



Introduction to High performance liquid chromatography and its application in gold nanoparticles separation



Study the Effects of different parameters on particles dispersion in TEM sample preparation



Studying of thermal behavior of materials in nanometer scale using Microthermal analysis