

بهینه‌کاوی توسعه فناوری نانو در صنعت تایر

مهنوش مومنی لندی*^۱، امیرحسین شهدادی^۲

۱- دکتری شیمی آلی، مرکز نوآوری گروه صنعتی بارز

۲- دکتری مهندسی مکانیک، مرکز نوآوری گروه صنعتی بارز

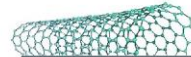
خلاصه

امروزه فناوری نانو در صنعت با سرعت زیادی در حال گسترش است و کاربردهای ویژه این حوزه در صنعت تایرسازی نیز بر کسی پوشیده نیست. استفاده از نانوفناوری و نانومواد در این صنعت می‌تواند مزایایی چون افزایش طول عمر لاستیک، کاهش احتمال پارگی آن، پایداری دمایی بالا و کاهش مصرف سوخت را به همراه داشته باشد. در واقع آمیزه‌های تایر می‌توانند در آینده بزرگ‌ترین بازار تجاری نانومواد به شمار روند. یکی از مهم‌ترین مزایای استفاده از نانومواد در ترکیبات تایر این است که این مواد بدون آسیب رساندن و یا کاهش یکی از پارامترهای عملکردی مثلث جادویی تایر، سایر ویژگی‌ها را ارتقا می‌دهند. از طرف دیگر مطالعات اقتصادی گسترده‌ای در دنیا درباره استفاده از تکنولوژی تایر صورت گرفته و این مهم را از جنبه‌های مسائل اجتماعی و زیست‌محیطی مورد بررسی قرار داده‌اند. در این میان نقش کشورهای در حال توسعه نیز مهم به نظر می‌رسد. تغییر بخش زیادی از محصولات تایری موجود به تایرهای جدید با بهره‌گیری از فناوری نانو، روی مدیریت زنجیره تامین، تولید و فرآیندها تاثیر می‌گذارد. مطالعه حاضر می‌تواند به عنوان ابزاری جهت سیاست‌گذاری استفاده از فناوری نانو در صنعت تایر مورد استفاده قرار گیرد. سناریوهایی که در این مطالعه مورد کاوش قرار گرفته‌اند در نظر دارند تا سیاست‌گذاران را از طیف وسیع تاثیرات احتمالی جذب فناوری نانو، که در آینده صنعت تایر انتظار می‌رود، آگاه سازند. تجزیه و تحلیل هزینه و سود انواع اثرات (مثبت یا منفی)، اهمیت احتمالی آن‌ها را مشخص کرده و تعیین می‌کند چه کسانی در دنیا تاثیر بیشتری از این فناوری دریافت کرده‌اند. این امر یک گام مهم در تصمیم‌گیری‌های سیاسی در مورد این موضوع است، که آیا باید توسعه یا جذب بازار توسط نانومواد انجام شود و یا می‌توان اثرات منفی احتمالی را کاهش داد.

کلمات کلیدی: نانو تکنولوژی، نانومواد، تایر، سیلیکا، نانوکلی

۱. مقدمه

تولیدکنندگان تایر برای رسیدن به عملکرد بالا در محصولات خود از نانومواد استفاده می‌کنند. آمیزه‌های تایر می‌توانند بزرگ‌ترین بازار تجاری نانومواد در آینده به شمار روند. با این حال فرصت‌های جدید فناوری به‌ویژه فناوری‌های جدید نانو در دنیا جهت بهبود پایداری و عملکرد تایر در حال بررسی است و می‌تواند راه‌های بسیار امیدوارکننده‌ای برای توسعه صنعت تایر در آینده ارائه دهد [۱]. ارتقاء یک پارامتر بدون اخلاص در عملکرد پارامتر دیگر از مهم‌ترین مزایای استفاده از نانومواد در ترکیبات تایر است. به‌طور معمول، تغییر یک آمیزه برای بهبود یک ویژگی خاص، حفظ عملکرد در مناطق دیگر



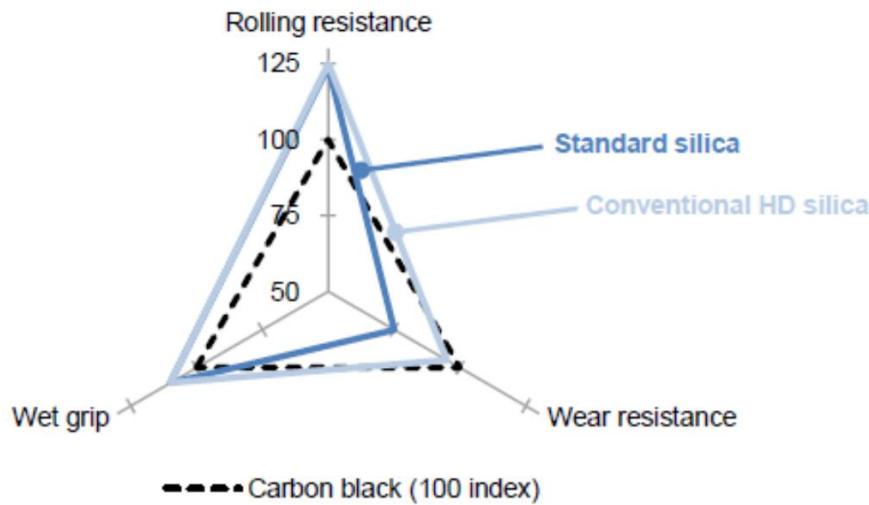
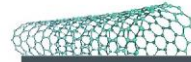
را دشوار می‌کند. به عنوان مثال، کاهش مقاومت غلتشی از طریق تغییر طراحی می‌تواند منجر به کاهش ترمزگیری روی سطح خیس شود. سه ویژگی اصلی تاثیر که به آن‌ها مثلث جادویی گفته می‌شود، عبارت‌اند از:

- مقاومت غلتشی: مقدار انرژی است که تاثیر زیر بار وسیله نقلیه در هنگام حرکت جذب می‌کند. کاهش ۱۰ درصدی مقاومت غلتشی باعث کاهش ۱,۵ تا ۲ درصدی مصرف سوخت خودرو سواری می‌شود.
- مقاومت سایشی: به مقاومت در برابر از دست دادن جرم آج تاثیر اطلاق می‌شود. سرعت از دست دادن آج تاثیر نمادی از دوام تاثیر است. اغلب تایرها طول عمر بیشتری دارند اما به دلیل از دست دادن آج خود تعویض می‌شوند. در نتیجه مقاومت سایشی خوب می‌تواند به کاهش مصرف مواد اولیه کمک کند.
- ترمزگیری سطح خیس: به توانایی توقف تاثیر در برابر سطح خیس اطلاق می‌شود که برای ایمنی خودرو بسیار مهم است. بهبود در کشش و ترمزگیری منجر به کاهش فاصله ترمزگیری تایرها شده و در نتیجه خودرو ایمن‌تر خواهد شد.

به‌طور قطع مصرف‌کنندگان به‌طور مستقیم خواستار استفاده از فناوری نانو و نانومواد نیستند، اما ویژگی‌های عملکردی خاصی را می‌طلبند که به سهم خود می‌توانند تحت تاثیر استفاده از این مواد قرار بگیرند. در صنعت خودروسازی تقاضا برای قطعات قوی‌تر، سخت‌تر، سبک‌تر و بادوام‌تری که با استانداردهای کیفی سخت‌گیرانه مطابقت داشته باشند، وجود دارد و تاثیر به‌عنوان بخش مهمی از صنعت مذکور از این قاعده مستثنا نیست. برای ایجاد پیشرفت در این زمینه (خودروهای برقی، فناوری دیزلی پاک، خودروهای هیبریدی و پیل‌های سوختی) مواد جدیدی مورد نیاز است که از آن‌ها برای پاسخ به نیازهای صنعت خودروسازی همچون کاهش گازهای گلخانه‌ای، صرفه‌جویی در مصرف سوخت، ساختارهای جدید، ایمنی بیشتر و هزینه کمتر می‌توان استفاده کرد. مقاومت بالاتر در برابر ضربه و سایش از ویژگی‌های نانومواد به شمار می‌روند. این مواد همچنین می‌توانند موجب کاهش وزن و درعین‌حال افزایش کارایی تاثیر و عملکرد کلی خودرو به‌منظور کاهش نشر گاز دی‌اکسید کربن شوند. کاهش وزن خودروها اولین ابزار کاهش مصرف سوخت به شمار می‌رود. باید توجه کرد که بهبود هم‌زمان تمامی خصوصیات عملکردی نیازمند نوآوری و تغییرات گام‌به‌گام در فناوری است. این در حالی است که بسیاری از جنبه‌های عملکردی دیگر در این اندازه‌گیری‌ها ثبت نمی‌شوند. مانند ظاهر و راحتی سرنشین که هیچ‌کدام از اجزای مثلث جادویی تاثیر نیستند. این بدان معناست که سه پارامتر مثلث جادویی تاثیر مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده اقتصادی و تاثیرات اجتماعی صنعت تاثیر را نشان می‌دهند.

۲. نسل جدید نانو مواد

سیلیکا و دوده از جمله نانومادهایی هستند که هم‌اکنون در صنعت تاثیر دنیا استفاده می‌شوند. دوده هم به‌عنوان پرکننده و هم برای بهبود خاصیت سایش و کشش در ترد کاربرد دارد. اندازه ذرات، شکل و سطح دوده از جمله عوامل تاثیرگذار در خصوصیات مواد رابری هستند. به‌طور کلی هرچه اندازه ذرات دوده کوچک‌تر باشد، مساحت سطح بالاتر و مقاومت سایش و چنگ زنی بهتری ایجاد می‌کند [۲]. اندازه ذرات دوده ۵ تا ۱۰ نانومتر است که این ذرات در طی فرآیند تولید به یکدیگر متصل می‌شوند. ذکر این نکته ضروری است که ذرات بزرگ‌تر دیگر در مقیاس نانو نیستند، در نتیجه دوده یک ماده نانو ساختار محسوب شده و نانوماده خواهد بود [۳]. باید توجه کرد که افزودن سیلیکا به آمیزه نسبت به زمانی که از دوده به تنهایی استفاده می‌شود، منجر به مقاومت غلتشی پایین‌تری خواهد شد [۴]. بهبود خواص آمیزه ترد تاثیر، رقابتی بین مقاومت غلتشی و ترمزگیری سطح خیس و بهبود عملکرد آن‌ها است. شکل ۱ مقایسه عملکرد تاثیر را زمانی که از پرکننده‌های مختلف استفاده می‌شود، نشان می‌دهد [۵].



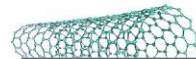
شکل ۱ - تاثیر پرکننده‌های مختلف بر عملکرد تایر [۵]

علاوه بر نانوموادى که در بالا گفته شد و کاربردهای بسیار گسترده‌ای در صنعت تایر دارند، نانومواد جدید دیگری نیز وجود دارند که می‌توانند برای بهبود جنبه‌های مختلف عملکرد تایر مورد استفاده قرار بگیرند. از جمله این نانومواد می‌توان به نانوالماس و گرافن اشاره کرد. طبق مطالعات انجام شده می‌توان گفت که استفاده از تکنولوژی در مقیاس نانو شامل ۵ مرحله تحقیقات اولیه، تحقیقات کاربردی، ساخت نمونه اولیه، تجاری‌سازی و انتشار محصول در بازار است. براساس گزارش‌های موجود، موانع اصلی برای وارد کردن نانومواد به ترکیبات تایر به شرح زیر است. باید توجه کرد که در حال حاضر تیرسازان برنامه‌های متفاوتی را جهت برطرف کردن این چالش‌ها ارائه کرده‌اند.

- قیمت بالای استفاده از تکنولوژی نانو: قیمت بسیاری از انواع نانومواد به‌طور قابل توجهی بالاتر از مواد سنتی است. البته در طولانی‌مدت، این هزینه‌ها ممکن است به دلیل افزایش ظرفیت تولید و فرآیندهای بهبودیافته کاهش یابد.
- روش‌های تولید غیرقابل اعتماد
- عدم اطمینان به خطرات ناشی از ایمنی، محیط‌زیست و بهداشت
- برای دستیابی به بهره اقتصادی، محصولات نانو باید بتوانند با اطمینان از سودآوری به تولید انبوه برسند و از کیفیت مطلوبی برخوردار باشند. استفاده از فناوری‌های پیشرفته در تولید و نظارت دقیق می‌تواند به تولید پایدار این محصولات کمک کند.

علاوه بر موارد مطرح‌شده موانعی دیگری نیز وجود دارد که تنها به صنعت تایر اختصاص دارد. از جمله:

- دستیابی به پراکندگی یکنواخت در سطح رابر: پراکندگی نانومواد در رابر به دلیل ویسکوزیته بالا و سطح انرژی پایین مشکل است. روش‌های زیادی برای دستیابی به پراکندگی مطلوب ارائه شده است که به نظر می‌رسد در بسیاری از آن‌ها اصلاح شیمیایی ضروری است. استفاده از مدل‌سازی کامپیوتری و شبیه‌سازی می‌تواند کمک شایانی به بهبود پراکندگی و برهمکنش رابر و پرکننده کند.
- دستیابی به سطح بالای ایمنی در محصولات تایری: با توجه به ضرورت دستیابی به ایمنی بالا در تایر، امکان تجاری‌سازی مواد نانو در صنعت تایر بسیار زمان‌بر خواهد بود. آزمایش فناوری نانومواد در صنعت تایر منجر به مذاکرات زیادی بین تامین‌کنندگان این مواد، تولیدکنندگان تایر و خودروسازها خواهد شد. برآوردهای ارائه‌شده



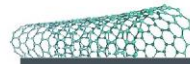
توسط کارشناسان صنعت تایر در دنیا نشان می‌دهد که تجاری‌سازی یک نانومواد جدید می‌تواند ده سال یا بیشتر طول بکشد.
در جدول ۱ تعدادی از نانومواد جدیدی که در صنعت تایر دنیا مورد بررسی قرار گرفته‌اند، آورده شده است.

جدول ۱- عناوین پروژه‌ها و نانومواد که در صنعت تایر مورد توجه قرار گرفته‌اند.

ردیف	عنوان پروژه	عملکرد پروژه	نانو ماده مورد استفاده	وضعیت موجود در دنیا
۱	استفاده از نانوذرات رابری مانند نانوپرن در آمیزه تایر	بهبود ترمزگیری و افزایش مقاومت سایشی	نانوپرن	ورود به بازار جهانی
۲	بررسی خصوصیات و چگونگی عملکرد کاربید سیلیکا در آمیزه تایر خودروهای سواری	بهبود مقاومت غلظتی و کاهش سایش تایر تا ۵۰ درصد	کاربید سیلیکا	در مرحله تحقیقات کاربردی و ساخت نمونه اولیه است.
۳	استفاده از ذرات نانوالیاف در آمیزه تایر و بررسی عملکرد آن	بهبود قالب‌گیری کامپاند	پلی الکیل بنزن- پلی‌دی‌ان	ساخت نمونه اولیه برای ورود به بازار
۴	ساخت آمیزه با استفاده از نانولوله‌های کربنی و بررسی رفتار آن در آمیزه	بهبود مناسب استحکام کششی، مقاومت پارگی و سختی نسبت به استایرن بوتادی‌ان	CNT	تحقیقات کاربردی، ساخت و تست نمونه اولیه
۵	بررسی استفاده از گرافن در آمیزه تایر در مقایسه با نانولوله‌های کربنی و امکان‌سنجی استفاده از آن‌ها با توجه به عملکرد	به نظر می‌رسد گرافن ویژگی‌های مشابهی با نانولوله‌های کربنی، اما با هزینه کمتر، داشته باشد.	گرافن	ساخت نمونه اولیه و تست آزمایشی آن
۶	استفاده از آئروژل‌ها در ماتریس پلیمری با استفاده از نانوذرات سیلیکا	کاهش قابل توجه وزن تایر و کاهش مقاومت غلظتی	آئروژل	تحقیقات ابتدایی
۷	استفاده از نانوالماس با کنترل اندازه و ترکیب آن در آمیزه تایر	بهبود مقاومت غلظتی ضمن حفظ خاصیت تقویت‌کنندگی	نانوالماس	تحقیقات کاربردی

۳. تاثیر عوامل مختلف بر استفاده از نانومواد

- عوامل مختلفی بر تحقیق روی نانومواد جدید در صنعت تایر تاثیر دارند. از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۶]:
- رشد فناوری: پیشرفت در فهم علمی و فرصت‌های فناوری، میزان و جهت نوآوری را تعیین می‌کند و توسعه آن، عقب‌افتادگی صنعت تایر را در صورت عدم توجه به دنبال خواهد داشت.
 - تمایل بازار: زمانی که تقاضای بازار (و بنابراین سودآوری) مشخص می‌شود، شرکت‌ها را به کار روی برخی محصولات تشویق می‌کند. سیگنال‌های تقاضا می‌توانند نوآوری را ایجاد کرده و بنابراین فناوری‌های جدید را به بازار بکشانند.
 - عوامل فعال‌کننده: این عوامل تقاضای بازار را تقویت کرده یا اجازه تحقق آن‌ها را می‌دهد.



۳,۱ تاثیر بازار

۳,۱,۱ تامین کنندگان مواد اولیه تایر

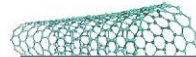
نوآوری در صنعت تامین کنندگان مواد اولیه از این جهت اهمیت دارد که رویکرد فناوری‌های جدید تولیدکنندگان تایر را ترغیب به استفاده از این مواد می‌کند. افزایش هزینه‌های ناپایدار مواد اولیه همچنین ممکن است تولیدکنندگان تایر را به استفاده از مواد اولیه جدید تشویق کند. مواد اولیه بزرگ‌ترین مؤلفه اقتصادی تولید تایر را تشکیل می‌دهند [۷]. تعدادی از این مواد اولیه هزینه‌های بسیار ناپایداری دارند که پیش‌بینی تاثیر آن بر سودآوری را دشوار می‌کند. مشکلات موجود در مورد رابر طبیعی عمدتاً به دلیل کاهش تولید آن در مالزی و سایر کشورهای تولیدکننده آن، تغییر کاربری مزارع بیشتر به سمت روغن پالم، استفاده روزافزون از کائوچو طبیعی در تولید تایرهای جهانی و افزایش تقاضا در چین است. کمبودهای جهانی در سال‌های اخیر منجر به افزایش شدید قیمت‌ها شده که مستقیماً منجر به افزایش بهای مواد اولیه در تایر می‌شود. رابر مصنوعی و دوده هم از سوخت‌های فسیلی حاصل می‌شوند، بنابراین هزینه‌های آن‌ها مطابق با قیمت نفت افزایش می‌یابد. اگرچه اخیراً قیمت‌ها به دلیل بیماری حاصل از ویروس کرونا افت کرده است ولی انتظار می‌رود در بلندمدت دوباره افزایش یابد. یکی از راهکارهای کاهش ریسک دسترسی به مواد اولیه، مصرف کمتر آن‌ها به وسیله جایگزینی با مواد جدیدتر و عملکرد بالاتر است. در همین راستا فناوری نانو هم می‌تواند از یک سو ورودی مواد اولیه را کاهش دهد و هم از سوی دیگر موجب افزایش طول عمر تایرها شود. این در حالی است که توسعه فناوری نانومواد به صورت تجاری و صنعتی می‌تواند هزینه‌های تولید آن‌ها را نیز کاهش دهد.

۳,۱,۲ تولیدکنندگان تایر

مطالعات نشان می‌دهد که تولیدکنندگان تایرهای ارزان قیمت بیشتر به دنبال رقابت در بازار هستند، اما برترین و بزرگ‌ترین تولیدکنندگان تایر دنیا مانند میشلن، گودیر و بریجستون بیشتر به دنبال متمایز کردن محصولات خود از طریق نوآوری می‌باشند؛ بنابراین برای رقابت در بازار، دو استراتژی اصلی وجود دارد: نوآوری فنی محصول و استراتژی قیمت‌گذاری کم. نوآوری در شرایطی اتفاق می‌افتد که شرکت‌ها از طریق تمایز محصولات خود به رقابت بپردازند. از این رو تولیدکنندگان تایر دنیا درصدی از درآمد خود را صرف سرمایه‌گذاری در نوآوری می‌کنند. میشلن و بریجستون بزرگ‌ترین سرمایه‌گذاری را در نوآوری به خود اختصاص داده‌اند؛ اما هیچ منبعی که چه مقدار از این اعتبارات را صرف نانو تکنولوژی می‌کنند، فعلاً در دسترس نیست.

۳,۱,۳ صنعت خودروسازی

تقاضای خرید تایر از سوی تولیدکنندگان خودرو برای محصولات جدید آن‌ها می‌تواند منجر به نوآوری در صنعت تایر شود. از این رو تولیدکنندگان تایر برای حفظ سهم بازار مجبور به نوآوری در محصولات خود هستند. توانایی تولیدکنندگان وسایل نقلیه بر تاثیرگذاری مشخصات تایر به آن‌ها این امکان را می‌دهد تا به طور مستقیم بر ماهیت نوآوری شرکت‌های تیرساز اثر بگذارند. جذب احتمالی بازار با وسایل نقلیه برقی و هیبریدی که به طور معمول با تایرهای سفارشی مجهز هستند، می‌تواند باعث افزایش تقاضا برای تایرهایی با مقاومت غلظتی کم شود. وسایل نقلیه برقی و هیبریدی نمایانگر یک بخش در حال رشد بازار هستند که نیاز به تایرهایی با کارایی بالا دارند. استاندارد قابل قبول این وسایل به طور معمول تایرهایی با مقاومت غلظتی پایین است، زیرا این امر به افزایش عمر باتری آن‌ها کمک می‌کند؛ بنابراین اخیراً تولیدکنندگان تایر تولید طیف وسیعی از محصولات خود را به طور خاص برای این خودروها آغاز کرده‌اند. می‌توان گفت که سیلیکا و سایر نانومواد که قادر به کاهش مقاومت غلظتی بدون آسیب رساندن به سایر پارامترهای عملکردی هستند، احتمالاً سودآور خواهند بود. ساختار بازار تایر نشان می‌دهد که نوآوری در فناوری‌های نوین مانند نانومواد بیشتر به اندازه شرکت و موقعیت آن در بازار بستگی دارد تا جایگاه جغرافیایی آن؛ یعنی احتمالاً نوآوری در بنگاه‌های تولیدی بزرگ‌تر که مبالغ قابل توجهی را



صرف آن می کنند، رخ می دهد. این تولیدکنندگان به بازارهای جهانی دسترسی بیشتری داشته و می توانند محصولات نوآورانه را فراتر از مرزهای جغرافیایی خود جابه جا کنند.

۳,۱,۴ مشتریان

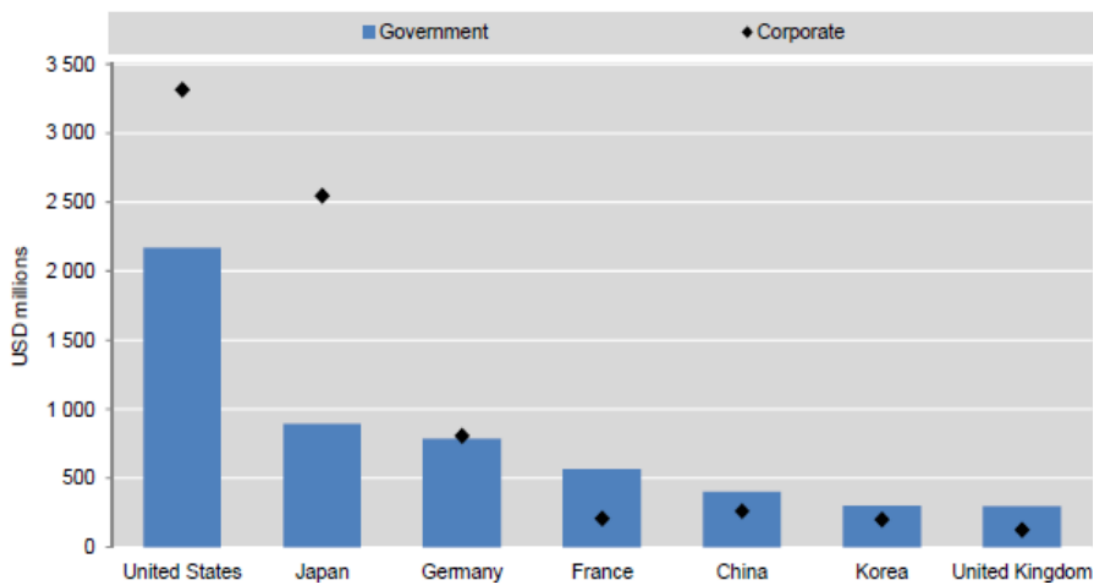
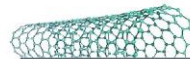
مصرف سوخت به ویژه برای رانندگان خودروهای مسافری یکی از نگرانی های اساسی این گروه از مصرف کنندگان است. یک نظرسنجی در اروپا نشان می دهد که سایش، ترمزگیری و مصرف سوخت مهم ترین ویژگی برای مصرف کنندگان تایر است. این مطالعه در آمریکا نیز نتیجه مشابهی داشته است. در مقابل، بررسی های اخیر بیان می کند که قیمت بالای سوخت باعث افزایش اهمیت ملاحظات اقتصادی هنگام خرید می شود. گودیر در یک نظرسنجی آنلاین نشان داده است که ۶۵ درصد مشتریان این شرکت مایل به پرداخت هزینه بیشتر در مقابل مصرف سوخت پایین تر هستند. در نتیجه مصرف کنندگان، تایرهایی با فناوری بالا می خواهند و به طور فزاینده ای جذب محصولاتی می شوند که عملکرد خوبی در کاهش مصرف سوخت، کاهش سایش، ترمزگیری بهتر و در نتیجه عمر بالاتر داشته باشند. الزامات مربوط به افزایش کارایی در بازار، تایر را به کالایی جذاب برای فناوری نانو تبدیل می کند.

۳,۲ تاثیر سیاست گذاری

۳,۲,۱ تامین کنندگان

پیوند محکم بین تامین کنندگان و تولیدکنندگان و تولیدکنندگان تایر به این معنی است که تاثیر پیشرفت فناوری برای توسعه کاربردهای جدید نانومواد در صنعت تایر مهم است. سرمایه گذاری در تحقیقات اساسی و بلندمدت پایه و اساس نوآوری در آینده را فراهم می کند. ایالات متحده، رهبر جهانی در سرمایه گذاری های شرکت های بزرگ و فناوری نانو است و بیش از هر زمان دیگری در زمینه نوآوری و تحقیقات در این زمینه سرمایه گذاری کرده است. این کشور تا به امروز، بیش از ۱۶ میلیارد دلار سرمایه گذاری داشته است. بعد از آمریکا به ترتیب ژاپن، آلمان و فرانسه رتبه های بعدی را به خود اختصاص داده اند.

دو حوزه در زمینه نوآوری به طور فزاینده ای در سراسر جهان حمایت می شوند: یکی تجاری سازی بر اساس نتایج نوآوری و دیگری تأکید بر ارزش های اجتماعی و محیط زیستی در حوزه کاربردهای فناوری نانو. مدل های مختلفی برای توسعه تجارت نانو در حال پیگیری هستند. در شکل ۲ میزان سرمایه گذاری کشورهای مختلف در زمینه توسعه فناوری نانو نشان داده شده است [۴]. همان طور که در این شکل دیده می شود، برای مثال فرانسه ۴۵۰ میلیون یورو (۵۸۵ میلیون دلار) در زمینه فناوری نانو سرمایه گذاری کرده است. آلمان هم ۱۸ پروژه خاص در زمینه استفاده از نانولوله های کربنی برای توسعه زنجیره ارزش ساختارهای پلیمری در سال ۲۰۱۲ تعریف کرده است. همچنین باید توجه کرد که نانومواد توجه مسائل اجتماعی و زیست محیطی زیادی را به خود جلب کرده است. به عنوان مثال، هلند ۵ میلیون یورو (۶,۵ میلیون دلار) را به یک پروژه تجزیه و تحلیل فناوری نانو جهت بررسی فصل مشترک بین فناوری و جامعه اختصاص داده است. همچنین در آمریکا طرح ملی فناوری نانو منابع مالی قابل توجهی را به سمت تحقیقات زیست محیطی، بهداشت، ایمنی و آموزش و پرورش هدایت کرده است. باید توجه کرد که به صورت کلی، توسعه مسئولانه فناوری نانو مستلزم همکاری بین بسیاری از ذینفعان است.



شکل ۲- میزان سرمایه گذاری کشورهای مختلف در زمینه توسعه فناوری [۵]

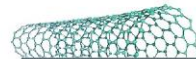
۳,۲,۲ تولیدکنندگان تایر

استانداردهای لازم برای عملکرد تایر مانند مقاومت غلتشی باعث می شود محصولاتی با عملکرد پایین جایی در بازار نداشته باشند. این امر می تواند به سهم خود فضای فناوری را برای تولیدکنندگان محدود کند. تعدادی از کشورها مقررات جداگانه ای ارائه داده اند که حداقل استانداردها را برای جنبه های مختلف عملکرد تایر مشخص می کنند. از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد [۸]:

- اتحادیه اروپا: این اتحادیه از نوامبر ۲۰۱۲ برای ترمزگیری سطح خیس، صدا و دیگر موارد استانداردهای اجباری را تدوین کرده است. استانداردهای جداگانه ای نیز برای تایر اتومبیل های مسافری، کامیون های سبک و وسایل نقلیه سنگین اعمال شده است.
- کره جنوبی: استانداردهای پیشنهادی برای عملکرد و ترمزگیری سطح خیس در سال ۲۰۱۳ در این کشور به اجرا گذاشته شده است. از آن جایی که کره جنوبی بخش عمده ای از تولید تایرهای خود را به بازار اروپا صادر می کند، استانداردهای مربوط به تایر اتومبیل های مسافری و تایر کامیون های سبک مشابه آنچه در اروپا ارائه شده است، در این کشور نیز اعمال می شود.
- آمریکا: در این کشور استانداردهایی برای کاهش مصرف سوخت در نتیجه استفاده از تایر ارائه شده است.

۳,۲,۳ صنعت خودروسازی

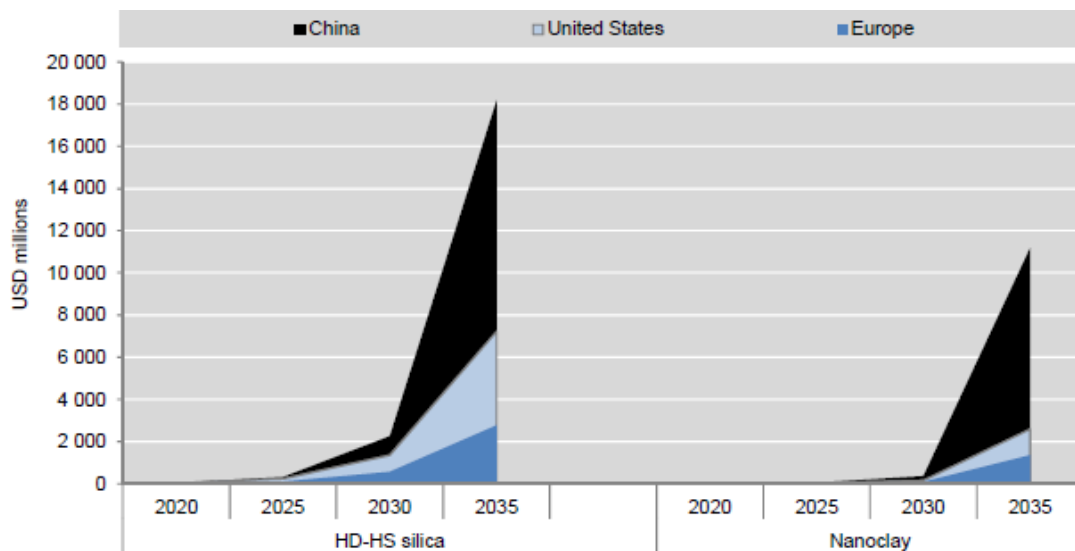
مقررات سخت گیرانه برای وسایل نقلیه جدید جهت کاهش مصرف سوخت و انتشار دی اکسید کربن، سبب تقاضای صنعت خودروسازی جهت تولید تایرهایی با مقاومت غلتشی پایین شده است. سود فناوری نانو از این بازار رو به رشد، تولید نانوسیلیکا جهت کاهش مقاومت غلتشی تایرها است. در حال حاضر حدود ۸۰ درصد تایرهای اتحادیه اروپا حاوی این ماده هستند. مطالعات نشان می دهد که استانداردهای وضع شده تا سال ۲۰۲۵ برای وسایل نقلیه منجر به تولید تایرهایی با مقاومت غلتشی کم خواهد شد که خود می تواند به صنعت خودروسازی کمک شایانی کند.



۳.۲.۴ بازار جایگزینی محصولات

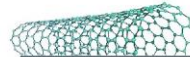
سود مورد نظر از استفاده نانوفناوری در تایر را می توان با کاهش هزینه برای مصرف کننده به جهت بالا بردن عمر محصولات و آگاهی مشتریان از ویژگی محصول تولیدشده، افزایش داد. مصرف کنندگان در مقابل بالا رفتن قیمت سوخت به فناوری هایی احتیاج دارند که باعث کاهش مصرف آن و افزایش راندمان وسایل نقلیه و در نتیجه کاهش هزینه های آن ها شود. مطالعات نشان می دهد که قیمت بالای انرژی در اروپا عامل کلیدی در موفقیت تایرهای دارای نانوسیلیکا بوده است.

مسئولیت نوآوری برای توسعه و استفاده از نانومواد جدید با هدف رقابت حداکثری در صنعت تایر و در عین حال اطمینان از توجه به تاثیرات اقتصادی و زیست محیطی است. درک کلی هزینه ها و مزایای نتایج استفاده از نانومواد در صنعت تایر از یک تولیدکننده تا تولیدکننده دیگر متفاوت خواهد بود، اما آنچه مشخص است بهبود عملکرد و ساخت تایر با استفاده از فناوری نانو است. فرض کنید که تایرهای با قابلیت نانو تاثیر در فروش وسایل نقلیه جدید ندارند. بنابراین این نوع از تایرها کل اندازه بازار فروش تایرهای جدید را در دست ندارند، اما اگر فناوری نانو بتواند طول عمر تایرها را افزایش دهد خودبه خود به تعویض تایر کمتری نیاز خواهد بود و بنابراین بازار تایر به گونه ای تنظیم خواهد شد که اثر استفاده از فناوری نانو را خواهد دید. تجزیه و تحلیل انجام شده در یک مطالعه موردی نشان می دهد که استفاده از سیلیکای HD-HS از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۵ باعث صرفه جویی ۴۱٫۱ میلیارد دلاری خواهد شد. همین مطالعه برای استفاده از نانوکلی رقم ۲۸٫۳ میلیارد دلار را نشان می دهد [۵]. در شکل ۳ صرفه جویی در مصرف تایر برای مصرف کنندگان در نتیجه استفاده از تایرهایی که از نانومواد ساخته شده اند، نمایش داده شده است [۵]. همان طور که دیده می شود، بیشترین صرفه جویی به چین اختصاص دارد؛ زیرا انتظار می رود طی سال های آینده بازار خودرو به سرعت رشد کند و در نتیجه این کشور به بزرگ ترین بازار تایر دنیا تبدیل خواهد شد.



شکل ۳ - صرفه جویی در میزان مصرف تایر ناشی از استفاده از نانومواد در آن [۵]

از دیگر مزایای استفاده از نانومواد در صنعت تایر می توان به راحتی سرنشین، بهبود راندمان سوخت و افزایش عمر تایر اشاره کرد. بزرگ ترین تولیدکنندگان تایر در اروپا، آمریکا و ژاپن توانسته اند تولید تایر نانو را با کیفیت بهتری توسعه دهند، زیرا این بنگاه ها توانایی سرمایه گذاری بیشتری را در تحقیق و توسعه در زمینه نانو تکنولوژی داشته و در نتیجه



می‌توانند سود حاصل از فروش تایر نانو را در سبد فروش خود حفظ کنند. ویژگی جغرافیایی تولیدکننده نیز چالش برانگیز است، زیرا ممکن است تایر در یک قسمت از جهان تولید و در بخش دیگری فروخته شود. اگر تولید تایرها با قابلیت نانو در مناطق خاص متمرکز شود، سود اقتصادی برای تولیدکنندگان در همان منطقه بیشتر خواهد بود. تایرها با ارزش بالا و دارای خاصیت نانو معمولاً از ایالات متحده (عمدتاً به کانادا و مکزیک) و اروپا (عمدتاً به کشورهای غیراروپایی، اروپا و کانادا) صادر می‌شوند، اما حجم آن‌ها نسبت به اندازه بازار محلی اندک است. تایرهای حاوی نانومواد به‌عنوان کالاهای برتر برای مصرف‌کنندگان که مایل به پرداخت هزینه‌های بالاتر در مقابل صرفه اقتصادی بیشتر هستند، معرفی می‌شوند. مطالعات نشان می‌دهد تا سال ۲۰۳۵ به دلیل تقاضای بیشتر مصرف‌کنندگان تایر نانو، تولید این محصولات در نقاط بیشتری از دنیا اتفاق خواهد افتاد [۵]. در مطالعات صورت گرفته افزایش هزینه‌های تولید صراحتاً بیان نشده است و به نظر می‌رسد از نظر فرآیندی استفاده از نانومواد فرآیند پیچیده‌ای را شامل نمی‌شود.

۴. نتیجه‌گیری

شناسایی تاثیرات استفاده از نانومواد در صنعت تایر کشور می‌تواند گامی مهم در سیاست‌گذاری‌های آینده در مورد توسعه و جذب این مواد یا اثرات منفی احتمالی آن‌ها باشد. به‌طور کلی ارزش افزوده تایر ساخته‌شده با استفاده از نانومواد بر مبنای ارزش افزوده‌ای که در بازار محصولات ایجاد می‌کند، سنجیده می‌شود؛ نه مقداری از آن که در تایر ایجاد می‌شود، چرا که استفاده از نانومواد نسبت به مواد اولیه سنتی به‌مراتب گران‌تر خواهد بود. سود حاصل از استفاده نانوفناوری در تایر را می‌توان با کاهش هزینه برای مصرف‌کننده به جهت بالا بردن عمر محصولات و آگاهی مشتریان از ویژگی محصول تولیدشده، افزایش داد. ساختار بازار تایر نشان می‌دهد که نوآوری در فناوری‌های نوین مانند نانومواد بیشتر به اندازه شرکت و موقعیت آن در بازار بستگی دارد تا جایگاه جغرافیایی آن، یعنی احتمالاً نوآوری در بنگاه‌های تولیدی بزرگ‌تر که مبالغ قابل توجهی را صرف آن می‌کنند رخ می‌دهد. این تولیدکنندگان به بازارهای جهانی دسترسی بیشتری داشته و می‌توانند محصولات نوآورانه را فراتر از مرزهای جغرافیایی خود جابجا کنند.

۵. مراجع

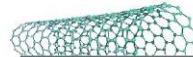
1. Rashid, S.A., Othman R.N.I.R. and Hussein M.Z. (2018) “*Synthesis, Technology and Applications of Carbon Nanomaterials*”, Elsevier.
2. Cinaralp, F. and Zullo L. (2012), “Reinforcing Fillers in the Rubber Industry. Assessment as Potential Nanomaterials with a Focus on Tyres”, European Tyre Rubber, pp. 2-11.
3. Cassagnau, P. (2015), “*Rheology of Non-Spherical Particle Suspensions*”, Elsevier, pp. 59-75.
4. Lopresto, V., Langella A. and Abrate S. (2017), “*Dynamic response and failure of composite materials and structures*”, Woodhead Publishing, 2017.
5. Riemersma I. and Mock P. (2012) “Influence of rolling resistance on CO₂” International Council of Clean Transport, Washington-Berlin-San Francisco.
6. Organisation de coopération et de développement économiques, (2014), “Nanotechnology and Tyres: Greening Industry and Transport”, OECD Publishing.
7. Michelin (2012), *2012 Annual and Sustainable Development Report*.



دومین کنفرانس بین المللی 2020
مطالعات میان رشته ای در نانو فناوری



Second International Conference
Interdisciplinary Nanotechnology Studies



۱۳۹۹ - تهران
www.nano.bcnf.ir

8. International Organization for Standardization (ISO) (2014), “*Nanotechnologies – Guidelines for Occupational Risk Management Applied to Engineered Nanomaterials – Part 2: The Use of the Control Banding Approach in Occupational Risk Management*, ISO TC 229/SC N”.