به نام خداوند جان وخرد

نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران

علمی

(علمی/ فنی/ اقتصادی/ مدیریتی)
سال بیست‌وچهارم/ شماره‌ی ۹۶ / زمستان ۱۳۹۸

صاحب امتیاز و ناشر:
شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک

مدیر مسؤول و سردبیر:
دکتر سعید تقوایی

مدیر اجرایی:
علی فروزش‌مهر

ویراستار:
دکتر علی عباسیان

صفحه آرایی:
سپیده صوفی‌نیارکی

با همکاری شرکت‌های:

کیان تایر، ایران تایر، ایران یاسا تایر و رابر، لاستیک دنا، لاستیک پارس، گروه صنعتی بارز، مجتمع صنایع لاستیک یزد، آرتاویل تایر، کویر تایر

نشانی نشریه: شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک

تهران، اتوبان تهران-کرج، بعد از ایران خودرو، خروجی شهرک علم و فناوری، بلوار پژوهش، جنب پژوهشکده‌ی هواشناسی

کدپستی: ۱۴۹۷۷۱۶۳۶۵
تلفن: ۴۴۷۸۷۹۱۷-۰۲۱ تلفکس: ۴۴۷۸۷۹۰۵-۰۲۱

Email: entesharat.rierco@yahoo.com
Website: www.iranrubbermag.ir

مسؤول آگهی‌ها، امور مشترکان:
علی فروزش‌مهر

اجرا:
شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک

لیتوگرافی، چاپ و صحافی:

چاپ فراز اندیش سبز
نشانی: تهران، چهاردانگه، شهرک گلشهر، خیابان خزایی غربی، پلاک ۱۷
۶۶۴۰۱۲۸۲-۰۲۱

براساس مجوز شماره‌ی ۶۱۱۹/ ۳ مورخ ۸۶/۷/۲۵ وزارت علوم، تحقیقات و فناوری جمهوری اسلامی ایران، نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران (IRM) طبق مصوبه‌ی کمیسیون نشریات علمی کشور در تاریخ ۸۶/۶/۳۱، دارای درجه‌ی علمی-ترویجی است.

زنده‌یاد فریبرز عوض ملایری
ویراستار و سردبیر نشریه از ابتدای نشر
تولد: ۱۳۳۱/۱۱/۱۶
وفات: ۱۳۹۶/۷/۲۷

هیأت تحریریه:

دکتر غلامرضا بخشنده، استاد شیمی و تکنولوژی پلیمر، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران
دکتر سعید تقوایی، استاد شیمی آلی، دانشگاه آزاد واحد تهران شمال
دکتر اعظم جلالی، دانشیار مهندسی پلیمر، دانشگاه صنعتی امیر کبیر
دکتر مهدی رزاقی کاشانی، دانشیار مهندسی شیمی پلیمر، دانشگاه تربیت مدرس
دکتر اسکندرستوده، دکترای تکنولوژی پلیمر، دانشگاه جامع علمی کاربردی صنایع لاستیک
دکتر علی عباسیان، استادیار پلیمر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات
دکتر علیرضا عظیمی، دکترای تکنولوژی پلیمر، دانشگاه جامع علمی کاربردی صنایع لاستیک
دکتر میرحمید رضا قریشی، استاد مهندسی پلیمر، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

همکاران این شماره:

عباس محمدی
زهرا پورامینی
شبنم عزالدین
بیتا کاظمی نژاد
مهدی نصراللهی
فاطمه خودکار
گلرخ ذوالفقاری فرد
محمدرضا فتحی

IRM در پایگاه ISC نمایه می‌شود.

IRM را می‌توانید در سایت www.iranrubbermag.ir مطالعه نمایید.

IRM آماده‌ی دریافت و چاپ مقاله‌های استادان دانشگاه‌ها، مدیران، کارشناسان و صاحب نظران در زمینه‌های پژوهشی، مدیریتی، کنترل کیفیت، فناوری تایر و لاستیک و بازیافت است.

IRM در قبول، رد، ویرایش و چاپ مطالب رسیده آزاد است. مطالب دریافت شده پس فرستاده نخواهد شد.

انعکاس نظرها و دیدگاه‌های ارائه شده توسط نویسندگان مقاله‌ها و مصاحبه‌شوندگان الزاماً به معنی تأیید و پذیرش آن‌ها از سوی نشریه نیست.

سامانه‌ی پیامکی برای دریافت نظرات: ۴۴۷۸۷۹۱۱-۰۲۱

نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران
علمی

فصلنامه / سال بیست‌وچهارم / شماره‌ی ۹۶ / زمستان ۹۸

فهرست

ارزیابی شاخص های پایداری زنجیره تأمین صنعت لاستیک با بکارگیری ماتریس تاثیرات متقاطع ۳
(محمدرضا فتحي، علي زمانيان، محمد حسين سليماني سروستاني، رضا فتحي)

لاستيك‌هاي مهندسي در توليد محصولات ماسك ۱۳
(عباس محمدي، ياسر اماني)

هم‌راستاسازی راهبرد منابع انسانی با راهبرد سازمان بر اساس رویکرد سیستمی ۲۵
(زهرا پورامیني، مجيد يحيوي قاسم قشلاقي)

بررسی تأثیر قابلیت های زیست محیطی بر استراتژی و کارایی زیست محیطی: نقش میانجی قابلیت بازاریابی ۳۹
(مهدي نصراللهي، محمدرضا فتحي، سحر دهقان، علي صابري)

فعال‌ساز گرفته شده از نیشکر به عنوان یک جایگزین دوست‌دار محیط‌زیست برای افزودنی‌های رایج پخت ۵۱
(فاطمه خودکار، محمد صفري)

ارزيابي ميزان حفظ فشار باد تاير ۶۹
(شبنم عزالدين، علي عباسيان)

اصطکاک شناسی مواد آب‌بند لاستیکی ۸۱
(گلرخ ذوالفقاري فرد، علي عباسيان)

بررسی روندهای آموزش و پژوهش در حوزه لاستیک در دنیا و ایران ۹۷
(بيتا كاظمي نژاد، علي عباسيان)

ارزیابی شاخص‌های پایداری زنجیره تأمین صنعت لاستیک با به‌کارگیری ماتریس تأثیرات متقاطع

Evaluation the Sustainability Indicators of Rubber Supply Chain using the Cross-Impact Matrix

چکیده:

مدیریت زنجیره تامین پایدار شامل یکپارچه کردن راهبردی و شفاف اهداف سازمانی در حوزه‌های اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی و دستیابی به آن‌ها در یک همکاری و هماهنگی روشمند در فرآیندهای کلیدی بین سازمانی به منظور بهبود عملکرد بلندمدت اقتصادی سازمان و زنجیره تامین آن می باشد. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی شاخص های پایداری زنجیره تأمین صنعت لاستیک با به‌کارگیری ماتریس تأثیرات متقاطع می‌باشد. برای جمع‌آوری داده‌ها از روش پرسشنامه و مصاحبه با خبرگان صنعت لاستیک و از تکنیك تحلیل اثرات متقابل برای تحلیل استفاده می‌شود. پرسشنامه‌ها صرفاً با متخصصین و مدیران صنعت لاستیک کشور تکمیل می‌گردد. روش ماتریس تحلیل تأثیر متقابل جهت بررسی میزان تأثیر عوامل بر همدیگر استفاده خواهد شد. جامعه آماری این پژوهش با توجه به قلمرو موضوعی آن شامل مدیران، خبرگان، متخصصان و فعالان در صنعت لاستیک کشور می‌باشد. در این پژوهش مصاحبه و تکمیل پرسشنامه‌ها توسط ۴۶ نفر از خبرگان صنعت لاستیک انجام گرفته است. براساس نتیجه‌هاي حاصل از این تحقیق، شاخص‌های کارایی بازیافت، کیفیت و فناوري زیست محیطي جز شاخص‌های تاثیرگذار و شاخص‌های هزینه‌هاي زنجیره‌ي‌تامین سنتي و پاسخ‌گویی جز شاخص‌های تاثیرپذیر هستند.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های پایداری، زنجیره‌ي تأمین، ماتریس تأثیرات متقاطع، صنعت لاستیک

نوع مقاله: پژوهشی

محمدرضا فتحی[1*]، علی زمانیان[2]، محمدحسین سلیمانی سروستانی[3]، رضا فتحی[4]

۱- دکترای تخصصی، استادیار دانشکده مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

۳- دکترای تخصصی. سایر . دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

۴- دانشجوی مهندسی مکانیک، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

*** عهده دار مکاتبات:**

reza.fathi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۱۰

تاریخ بازنگی:۱۳۹۷/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲

مقدمه:

امروزه فضای بازار به شدت رقابتی و دینامیک (پویا) شده است. به طوری که در آینده‌ای نه چندان دور به جای رقابت در بین شرکت‌ها به صورت انفرادی، رقابت عمده در بین زنجیره‌های تأمین شرکت‌ها می‌باشد و رقابت بین زنجیره‌های تأمین کل موجودیت فردای بازار را تحت تأثیر قرار می‌دهد

(اوسیرو[1] و همکاران، ۲۰۱۸). مفهوم مدیریت زنجیره تأمین شامل ادغام، برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل تمامی فرآیندهای مرتبط با جریان مواد و اطلاعات می‌گردد (لامرت[2] و همکاران، ۱۹۹۸). هدف عمده مدیریت زنجیره تأمین حداقل‌سازی هزینه‌های کل و نیز تأمین ارزش برای مشتریان و ذی‌نفعان از طریق تولید و توزیع محصول با کیفیت مناسب، در مکان مناسب و در زمان مناسب و با یک روش پایدار می‌باشد (سیورینگ[3]، ۲۰۱۳). در سال‌های اخیر نگرانی‌های جهانی در خصوص مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی باعث فعال‌تر شدن مصرف‌کنندگان، سازمان‌های دولتی، شرکت‌ها و دانشگاه‌ها و توجه بیش از پیش آنها به بحث پایداری و ارزیابی پایداری در زنجیره تأمین شده است. از آنجا که ابعاد پایداری دارای عواملی است که نه تنها با یکدیگر ادغام نمی شوند بلکه در برخی مواقع نیز دارای رفتاری متضاد هستند ارزیابی آن‌ها را دارای اهمیت نموده است (نایین[4] و همکاران، ۲۰۱۱،) . ارزیابی عملکرد یک فرآیند می‌تواند به عنوان ارزیابی‌های کمی و کیفی و نیز تعیین کارایی و بازده یک فرآیند تعریف گردد (نیلی[5] و همکاران، ۱۹۹۵). ارزیابی کارایی و بازده یک زنجیره را می‌توان از طریق ارزیابی شاخص-های مرتبط به اهداف عملکردی نظیر هزینه، چابکی، پاسخگویی، انعطاف‌پذیری، پایداری و غیره می‌باشد (وبستر[6]، ۲۰۰۲). ارزیابی زنجیره تأمین به دلیل نقش‌ها و بازیگران متعدد در آن دارای نوعی پیچیدگی در اجزا است که این پیچیدگی از رفتار متضاد برخی پارامترها، فقدان داده‌های قابل اتکا، ارتباط ضعیف بین حلقه‌ها و غیره نتیجه می‌شود (لوهمن[7] و همکاران، ۲۰۰۴ و نایینی[8]، ۲۰۱۱). مقالاتی که تاکنون در زمینه ارزیابی زنجیره تأمین به چاپ رسیده دارای طیف وسیع و متنوعی از موضوعات شامل چارچوب مفهومی شاخص‌ها (گانسکاران[9] و همکاران، ۲۰۰۱)، مروری بر شاخص‌های پر کاربرد (گانسکاران و همکاران، ۲۰۰۴)، مدل‌های کمی ارزیابی (چیتانبارانتان[10] و همکاران، ۲۰۱۵) و مقالات مروری است (تهیر[11] و همکاران، ۲۰۱۰، آهی[12] و همکاران، ۲۰۱۵، انصاری و همکاران، ۲۰۱۷). تکنیک‌های مرسوم مورد استفاده برای ارزیابی پایداری زنجیره تأمین عبارتند از: تصمیم‌گیری چند معیاره (بویکفوژان[13] و همکاران ۲۰۱۱۱، گویدان[14] و همکاران، ۲۰۱۳)، آمار (آهی و همکاران، ۲۰۱۵) برنامه‌ریزی ریاضی (کنان[15] و همکاران، ۲۰۱۳) هوش مصنوعی (کویو[16] و همکارن، ۲۰۱۰)، تکنیک‌های شبیه‌سازی (وان دروورست[17] و همکاران، ۲۰۰۹). مساله اصلی این تحقیق ارزیابی شاخص‌های پایداری و بررسی میزان تاثیرگذاری با استفاده از روش ماتریس تاثیرات متقاطع می‌باشد. در ادامه سوالات پژوهش به صورت ذیل ارائه می‌گردد:

۱) شاخص‌های پایداری صنعت لاستیک کشور کدامند؟
۲) روابط بین شاخص‌های پایداری به چه صورت می‌باشد؟

پیشینه تحقیق

سالیان متمادی حداقل کردن هزینه‌ها به عنوان هدف اکثر شرکت‌ها بوده امروزه پاسخگویی در زمینه اثرات زیست‌محیطی تولیدات و فرآیندهای تولیدی شرکت‌ها در کنار ایمنی و سلامت کارکنان به هدف اصلی شرکت‌ها تبدیل شده است که در این راستا نقش سازمان‌های مردم نهاد انکارناپذیر است (غضنفری و همکاران، ۱۳۹۵). پایداری در زنجیره تأمین پس از معرفی مفهوم توسعه پایدار و به منظور تلفیق مفاهیم عملکرد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مطرح گردید. در سال‌های اخیر آگاهی سازمان‌ها و شرکت‌ها و نیز ذی‌نفعان ایشان در خصوص مسائل اجتماعی رشد فزاینده‌ای داشته و به این منظور استاندارد ایزو ۲۶۰۰۰ در این خصوص تدوین شده است (صفاری و همکاران، ۱۳۹۵). تعدادی از مقالات گذشته به بررسی مدل‌های کمی جهت انتخاب و وزن‌دهی به شاخص‌های پایداری پرداخته‌اند (بای[18] و همکاران ۲۰۱۲، فیبل[19] و همکاران ۲۰۱۵، فریتز[20] و همکاران ۲۰۱۷). از طرفی برخی از محققان در زمان انتخاب شاخص‌ها تأکید بر در دسترس بودن و از طرفی سهولت در جمع آوری اطلاعات می‌کنند (براز[21] و همکاران ۲۰۱۱، نودروپاتی[22]

1. Osiro 2. Lambert 3. Seuring 4. Naini 5. Neely 6. Webster 7. Lohman 8. Naini 9. Gunasekaran 10. Chithambaranathan 11. Tahir 12. Ahi 13. Büyükozkan 14. Govindan 15. Kannan 16. Kuo 17. Van der Vorst 18. Bai 19. Feil 20. Fritz 21. Braz 22. Nudurupati

و همکاران ۲۰۱۱، ملنیک[1] و همکاران ۲۰۱۴) دلیل این امر را می‌توان به هزینه‌بر و زمان‌بر بودن فرآیند ارزیابی آنها در صورت عمل نکردن به این توصیه یافت. در دهه های گذشته به دلیل قانون‌گذاری و سیاست‌گذاری دولت‌ها، استانداردهای بین المللی، مشتریان، سهامداران (عام یا خاص) بسیاری از سازمان‌ها را برای کاهش و به حداقل رساندن اثرات مخرب ناشی از فعالیت‌هایشان بر محیط زیست و جوامع تحت فشار گذاشته است (وارسی[2] و همکاران، ۲۰۱۴). این فشارها به بخش‌هایی نظیر تدارکات، تولید، توزیع و لجستیک و خرده‌فروشان به‌عنوان سطوح زنجیره تأمین وارد شده است. ارزیابی پایداری زنجیره تامین شامل فرآیند ارزیابی کمی و کیفی اثربخشی و کارایی مدیریت زنجیره تامین برای دستیابی به اهداف پایدار زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی می‌باشد (نیلی[3] و همکاران، ۱۹۹۵). بنابراین برای ارزیابی پایداری زنجیره تأمین نیازمند جمع‌آوری داده‌های عملکردی از کانال‌های زنجیره تأمین نظیر توزیع‌کنندگان، انبارها، لجستیک و سایر تأمین‌کنندگان هستیم (اوسیرو[4] و همکاران ۲۰۱۸). به همین منظور مروری بر مقالات جهت تعیین شاخص‌هایی برای ارزیابی پایداری زنجیره تأمین صورت گرفت. آهی[5] و همکاران

جدول ۱- تحقیقات صورت گرفته در زمینه ارزیابی زنجیره تامین

محقق	سال تحقیق	شاخص اقتصادی	شاخص اجتماعی	شاخص زیست محیط	معیار
احمدی و همکاران	۲۰۱۷	•	•	•	سلامتی و ایمنی کار، برنامه‌ریزی آموزشی و نفوذ ارتباطات، میزان نفوذ سهام‌داران، نظام مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی، علایق و حقوق کارمندان، حقوق سهام‌داران، افشای اطلاعات، اقدامات استخدامی
ایزدی خواه و همکاران	۲۰۱۶	•	•	•	هزینه ایمنی و سلامتی کارکنان، هزینه زیست محیطی، نرخ افزایش هزینه مشارکت در برنامه تولید سبز، نرخ افزایش تعداد محصولات سبز، تعداد گواهینامه‌های ایزوی دریافتی، تعداد افراد آموزش دیده در شغل، ایمنی و بهداشت
بوخواراب[6] و همکاران	۲۰۱۵	•	•	•	عملکرد مالی، انعطاف‌پذیری، پاسخ‌دهی، قابلیت اطمینان، کیفیت، مصرف منابع، تعییرات آب و هوایی، استفاده از مواد خطرناک، آلودگی، ایمنی، سلامت، شرایط کاری و بهداشت
تاجبخش و همکاران	۲۰۱۵	•	•	•	قیمت مواد اولیه، هزینه حمل و نقل، عوامل توانایی تأمین‌کنندگان، هزینه تبلیغات، سرمایه‌گذاری در خصوص پایداری، میزان اکسیدکربن تولیدی، هزینه پرسنلی، زمان تحویل‌دهی، تنوع خدمات، هزینه تأمین مواد اولیه، رضایت مشتریان
حقیقی و همکاران	۲۰۱۶	•	•	•	انعطاف‌پذیری در تولید، هزینه تحویل، سرمایه گذاری در طراحی پایداری، زمان تحویل، نرخ رد تأمین‌کننده، کیفیت خدمات، میزان انتشار آلودگی، گواهینامه ایزو ۱۴۰۰۱، مواد خطرناک، تعداد محصولات سبز، رضایت مشتریان، ایمنی و بهداشت کارکنان
اولگو[7] و همکاران	۲۰۱۲	•	•	•	هزینه سبز کردن (هزینه انطباق با محیط زیست، هزینه مصرف انرژی، هزینه مواد دوست‌دار محیط زیست، نسبت هزینه سبز کردن به درآمد) تعهد مدیریتی (سطح تلاش مدیریت برای تشویق کارمندان، طرح‌های ارزیابی زیست محیطی، نظام ارزیابی زیست محیطی، موجود بودن پایداری زیست محیطی در مأموریت، تعداد خلاقیت‌های موجود در مدیریت زیست محیطی، سطح تشویق مشتریان به تلاش در خصوص مسائل زیست محیطی، موجود بودن مدیریت تشویق، تشویق تأمین کنندگان)، مدیریت فرآیند، شاخص‌های محصول، تعهد تأمین کنندگان، دیدگاه مشتریان، کیفیت، پاسخگویی، انعطاف‌پذیری، هزینه‌های سنتی زنجیره تأمین (درصد کاهش هزینه زنجیره تأمین، درصد کاهش هزینه تحویل، درصد کاهش هزینه انبارداری، درصد کاهش هزینه اشتراک‌گذاری اطلاعات، درصد کاهش هزینه سفارش‌گذاری)
چان بان[8] و همکاران	۲۰۱۲	•	•	•	معیارهای اقتصادی (هزینه مکان‌یابی، هزینه تأمین، هزینه تولید، هزینه توزیع، هزینه لجستیک معکوس، هزینه حمل و نقل)، معیار زیست محیطی (میزان دی اکسید کربن منتشر شده)
شیبک[9] و همکاران	۲۰۱۴	•	•	•	هزینه لجستیک معکوس، کل سرمایه ورودی به شرکت، فروش سالانه و محصولات برگشتی، درآمدهای کسب شده، رضایت مشتریان، رضایت دولت، رضایت کارکنان، رضایت سرمایه گذاران، زمان چرخش لجستیک معکوس، ظرفیت شبکه، ظرفیت حمل و نقل، نرخ بازدهی، مدیریت ابتکارات و شایستگی کارکنان، توانایی فناوری اطلاعات، توانایی نوآوری در فرآیند فناوری، انطباق-پذیری با محیط زیست، بهره‌برداری از مواد و انرژی، توانایی انهدام، تصویر شرکتی، ارتباطات، ایمنی و امنیت

1. Melnyk 2. Varsei 3. Neely 4. Osiro 5. Ahi 6. Boukherroub 7. Olugu 8. Chaabane 9. Shaik

(۲۰۱۵) در یک مقاله مروری به تحلیل شاخص‌های به‌کار رفته در سایر مقالات جهت اندازه‌گیری پایداری در زنجیره تأمین سبز و پایدار پرداختند. پارامترهایی نظیر تعداد کل کارمندان، جبران خسارت و سوددهی، ساعات کل آموزش، هزینه آموزش، مرگ میر وسایر پارامترها نیز در ارزیابی‌های اجتماعی زنجیره تأمین پایدار در مقالات اشاره شده است (سیرسی[1] و همکاران ۲۰۱۶). در ارزیابی پایداری در سطح شرکتی و بررسی چارچوب‌های اجتماعی تعداد ۷۰ شاخص توسط رهداری[2] و همکارن (۲۰۱۵) جمع‌آوری شده است. فریتز[3] و همکاران (۲۰۱۷) رتبه‌بندی‌ای برای شاخص‌های پایداری کل زنجیره تأمین در صنعت خودرو و الکترونیک ارائه داده‌اند. دیابات[4] و همکاران (۲۰۱۱) با شناسایی محرک‌های مدیریت زنجیره تأمین سبز و مطالعه موردی یک شرکت آلومینیوم‌سازی با بهره‌گیری از تکنیک مدل‌سازی ساختاری و نظر خبرگان نقشه علی و ساختاری این محرک‌ها را شناسایی نمودند. در ادامه برای سهولت در ارائه بررسی مطالعات صورت گرفته در جدول (۱) مروری بر تعدادی از تحقیقات صورت گرفته ارائه می‌گردد.

روش شناسی تحقیق

هدف اصلی این تحقیق، شناسایی شاخص‌های پایداری زنجیره تأمین صنعت لاستیک می‌باشد. پس از شناسایی این شاخص‌ها می‌توان نوع شاخص‌های پایداری را با بکارگیری ماتریس تاثیرات متقاطع تعیین نمود، در نتیجه تحقیق فعلی، پژوهشی کاربردی است. برای جمع‌آوری داده‌ها از روش پرسشنامه و مصاحبه با خبرگان صنعت لاستیک استفاده می شود و از تکنیک تحلیل اثرات متقابل برای تحلیل استفاده می‌شود و پرسشنامه‌ها صرفاً با متخصصین و مدیران صنعت لاستیک کشور تکمیل می‌گردد. روش ماتریس تحلیل تأثیر متقابل جهت بررسی میزان تأثیر عوامل بر همدیگر استفاده خواهد شد. جامعه آماری این پژوهش با توجه به قلمرو موضوعی آن شامل مدیران، خبرگان، متخصصان و فعالان در صنعت لاستیک کشور می‌باشد. در این پژوهش مصاحبه و تکمیل پرسشنامه‌ها توسط ۴۶ نفر از خبرگان صنعت لاستیک انجام گرفته است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این بخش ابتدا شاخص‌های پایداری زنجیره تأمین که با مرور ادبیات و مصاحبه با خبرگان صنعت لاستیک کشور شناسایی شده‌اند معرفی می‌گردند و سپس تجزیه و تحلیل صورت گرفته روی داده‌های گردآوری شده در هر یک از مراحل تحقیق تشریح خواهند شد و در نهایت خروجی‌های مربوط به نرم افزارهای Mic Mac ارائه می‌شوند.

گام اول

جهت ارزیابی شاخص‌های پایداری زنجیره تأمین ابتدا از طریق روش مرور پیشینه تحقیق و مصاحبه ۱۱ عامل کلیدی استخراج گردید، سپس این عوامل به صورت پرسشنامه برای تعیین میزان اهمیت هر کدام از این عوامل در میان خبرگان توزیع گردید.

جدول ۲- شاخص‌های پایداری زنجیره تأمین صنعت لاستیک کشور

معیار	زیر معیار
اقتصادی	کیفیت
	انعطاف‌پذیری
	پاسخ‌گویی
	هزینه‌های زنجیره تامین سنتی
	هزینه زیست محیطی
زیست محیطی	سطح مدیریت فرآیندها
	مشخصه‌های محصول
	کارایی بازیافت
	فناوری زیست‌محیطی
اجتماعی	تعهد مدیریت
	توسعه کارکنان

گام دوم

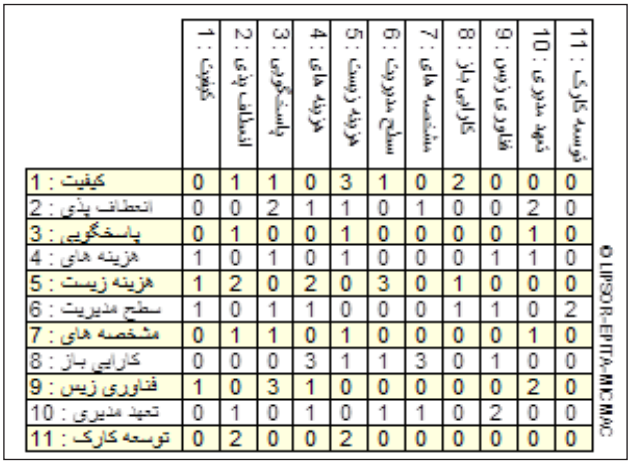
پس از وارد کردن ۱۱ شاخص پایداری استخراج شده، با مرور

1. Searcy 2. Rahdari 3. Fritz 4. Diabat

ادبیات و مصاحبه با خبرگان، شاخص‌های پایداری وارد پرسشنامه خبره‌سنجی گردید و از خبرگان خواسته شد تا میزان اهمیت هر شاخص را از یک تا پنج انتخاب نمایند. نتایج پرسشنامه حاصل از ۴۶ پرسشنامه خبره‌سنجی با نرم افزار Spss تحلیل گردید و تمام ۱۱ شاخص پایداری، با توجه به فرض‌های اماری مربوط به آنها در سطح خطای ۰،۰۵، براساس نظر خبرگان تایید گردید.

گام سوم

پس از مشخص شدن شاخص‌های پایداری تایید شده، برای شناسایی و رتبه‌بندی آنها، متغیرها وارد ماتریس تحلیل تاثیر متقابل می‌گردند و با تدوین پرسشنامه استاندارد تحلیل تاثیر متقابل در اختیار خبرگان قرار گرفت. سپس میانگین پاسخ‌های جمع‌آوری شده، برای ورود به نرم‌افزار Mic Mac به شرح زیر می‌باشد.



	کیفیت : 1	انعطاف پذی : 2	پاسخگویی : 3	هزینه های : 4	هزینه زیست : 5	سطح مدیریت : 6	مشخصه های : 7	کارایی باز : 8	فناوری زیس : 9	تعهد مدیری : 10	توسعه کارک : 11
کیفیت : 1	0	1	1	0	3	1	0	2	0	0	0
انعطاف پذی : 2	0	0	2	1	1	0	1	0	0	2	0
پاسخگویی : 3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
هزینه های : 4	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
هزینه زیست : 5	1	2	0	2	0	3	0	1	0	0	0
سطح مدیریت : 6	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	2
مشخصه های : 7	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
کارایی باز : 8	0	0	0	3	1	1	3	0	1	0	0
فناوری زیس : 9	1	0	3	1	0	0	0	0	0	2	0
تعهد مدیری : 10	0	1	0	1	0	1	1	0	2	0	0
توسعه کارک : 11	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0

شکل ۱- ماتریس تاثیرات متقابل شاخص‌های پایداری زنجیره تامین

گام چهارم

پس از اینکه داده‌های پرسشنامه وارد نرم‌افزار شد. تاثیرات شاخص‌های پایداری زنجیره تامین صنعت لاستیک کشور به صورت مستقیم و غیر مستقیم محاسبه شد که در جداول (۳) و (۴) نشان داده شده است.

جدول ۳- ماتریس تاثیرات مستقیم شاخص‌های پایداری زنجیره تامین صنعت لاستیک کشور

ردیف	شاخص	مجموع ردیف‌ها	مجموع ستون‌ها
۱	کیفیت	۸	۴
۲	انعطاف پذیری	۷	۸
۳	پاسخ‌گویی	۳	۹
۴	هزینه‌های زنجیره تامین سنتی	۵	۹
۵	هزینه زیست محیطی	۹	۱۰
۶	سطح مدیریت فرایندها	۷	۶
۷	مشخصه های محصول	۴	۵
۸	کارایی بازیافت	۹	۴
۹	فناوری زیست محیطی	۷	۵
۱۰	تعهد مدیریت	۶	۷
۱۱	توسعه کارکنان	۴	۲
۱	کل	۶۹	۶۹

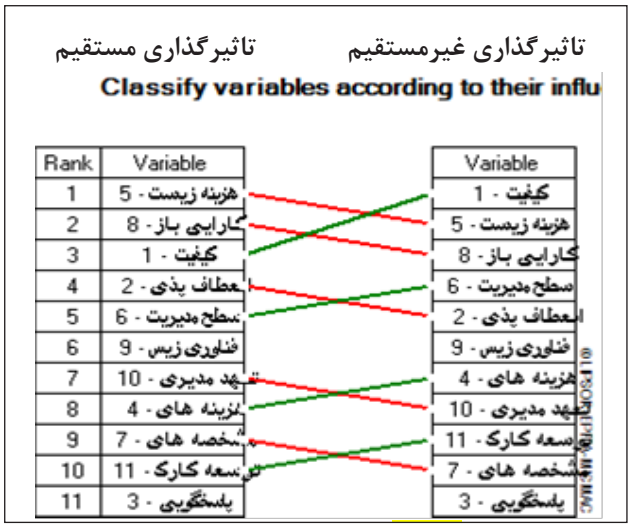
جدول ۴- ماتریس تاثیرات غیرمستقیم شاخص‌های پایداری زنجیره تامین صنعت لاستیک کشور

ردیف	شاخص	مجموع ردیف‌ها	مجموع ستون‌ها
۱	کیفیت	۳۸۴	۱۸۷
۲	انعطاف‌پذیری	۲۳۸	۲۸۷
۳	پاسخ‌گویی	۱۳۵	۳۵۷
۴	هزینه‌های زنجیره تامین سنتی	۲۱۷	۳۵۰
۵	هزینه زیست محیطی	۳۷۰	۳۲۷
۶	سطح مدیریت فرایندها	۲۶۵	۲۵۶
۷	مشخصه های محصول	۱۵۷	۱۷۰
۸	کارایی بازیافت	۳۱۰	۱۵۶
۹	فناوری زیست محیطی	۲۳۵	۲۲۵
۱۰	تعهد مدیریت	۲۰۲	۳۰۴
۱۱	توسعه کارکنان	۱۹۶	۹۰
	کل	۶۹	۶۹

نرم‌افزار، شاخص‌ها را در دو حالت تاثیرگذار و تاثیرپذیر به صورت مستقیم و غیرمستقیم طبقه‌بندی و رتبه‌بندی می‌کند که نتیجه آن در ادامه نشان داده شده است.

همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، براساس رتبه‌بندی "میزان تاثیرگذاری" مستقیم و غیرمستقیم شاخص‌ها، بطور مثال شاخص" هزینه زیست‌محیطی" در رتبه بندی تاثیرات مستقیم

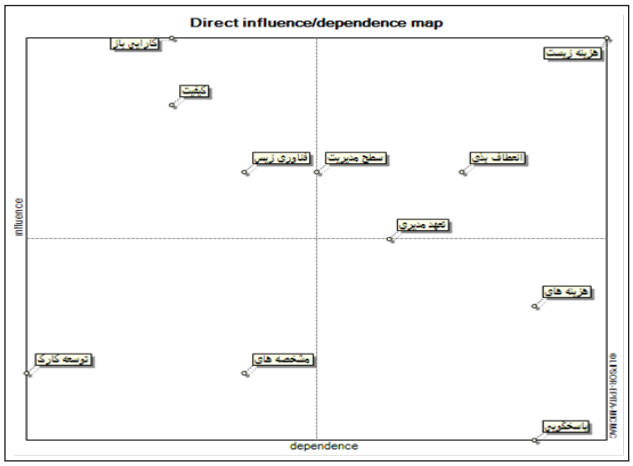
در رتبه اول و در رتبه‌بندی تاثیرات غیرمستقیم در رتبه دوم قرار گرفته است.



شکل ۲- طبقه‌بندی شاخص‌ها براساس میزان تاثیرگذاری آن‌ها به صورت مستقیم و غیر مستقیم

تفسیر تاثیرپذیری و تاثیرگذاری شاخص‌ها

محل قرار گرفتن شاخص‌ها در خروجی نرم‌افزار Mic Mac براساس تاثیرگذاری و تاثیرپذیری شاخص‌ها می‌باشد که به صورت زیر نشان داده شده است.



شکل ۳- نمودار وضعیت شاخص‌های پایداری زنجیره تامین در خروجی نرم‌افزار میک مک

براساس تعریف و تفسیر شاخص‌ها در نمودار Mic Mac، موقعیت و وضعیت هر یک از شاخص‌های پایداری تاثیرگذار براساس نحوه قرارگیری شاخص‌ها که توسط گوده ارائه شده در صنعت لاستیک کشور مورد بررسی قرار گرفت که نتیجه آن در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۵- وضعیت هر یک از شاخص‌های پایداری بر اساس تحلیل در نرم‌افزار میک مک

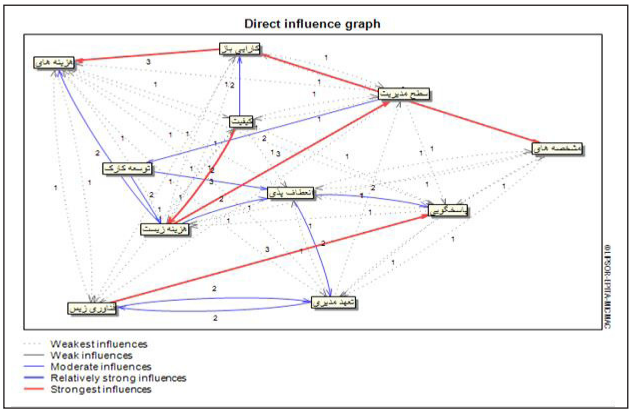
ردیف	نوع متغیر	متغیر
۱	تاثیرگذار	کارایی بازیافت
		کیفیت
		فناوری زیست محیطی
۲	دو وجهی	سطح مدیریت فرآیندها
۳	ریسک	هزینه زیست محیطی
۴	هدف	انعطاف پذیری
		تعهد مدیریت
۵	تاثیرپذیر	هزینه های زنجیره تامین سنتی
		پاسخگویی
۶	مستقل	مشخصه های محصول

پس از مشخص کردن وضعیت هر یک از شاخص‌های پایداری زنجیره تامین، روابط این شاخص‌های پایداری در نرم‌افزار میک مک مورد بررسی قرار گرفت که روابط تاثیرات شاخص‌ها به صورت مستقیم و غیرمستقیم در اشکال زیر نشان داده شده‌اند. چگونگی روابط شاخص‌های پایداری موثر در پنج سطح نشان داده شده‌اند :

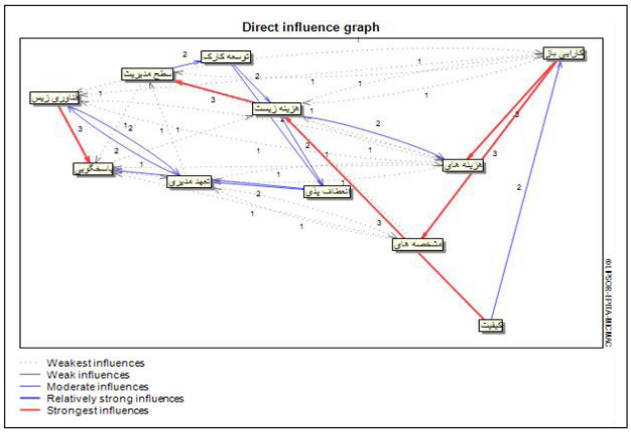
- تاثیرات بسیار ضعیف تا بسیار قوی
- تاثیرات ضعیف تا بسیار قوی
- تاثیرات نسبتاً قوی تا بسیار قوی
- تاثیرات قوی تا بسیار قوی
- تاثیرات بسیار قوی

لازم به ذکر است که پنج سطح بودن تاثیرات در قالب نمودار به نرم‌افزار Mic Mac برمی‌گردد که پدیدآوردندگان آن برای تحلیل مناسب دانسته‌اند و تغییر در آن در اختیار کاربر نمی‌باشد. ماتریس‌های بدست آمده را می‌توان با نمودار متناظر آن نیز نمایش داد که در آن نمودار جهت تاثیرگذاری هر شاخص بر دیگری توسط

"پیکان‌ها" و میزان تاثیرگذاری به صورت عددی، در بالای پیکان نمایش داده می‌شود. در نهایت براساس توپولوژی شاخص‌ها این نرم‌افزار قادر است، شاخص‌ها را استخراج و آن‌ها را رتبه‌بندی کند (گودت[1]، ۱۹۹۱). نمودار مربوط به سطح تاثیرات مستقیم شاخص‌ها از بسیار ضعیف تا بسیار قوی روابط بین شاخص‌ها در خروجی نرم‌افزار میک‌مک در ادامه ارائه می‌گردد.



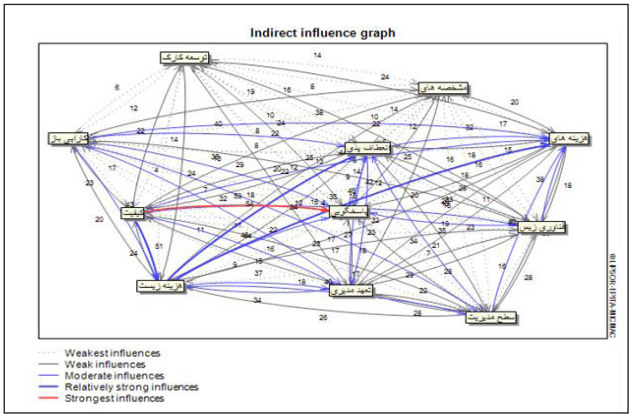
شکل ۴- نمودار تاثیرات مستقیم شاخص‌های پایداری (تاثیرات بسیار ضعیف تا بسیار قوی)



شکل ۵- نمودار تأثیرات مستقیم شاخص‌های پایداری (تأثیرات ضعیف تا بسیار قوی)

نتیجه گیری

مدیریت زنجیره تأمین پایدار برای یکپارچگی جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی درون یک زنجیره تأمین کل تعریف می‌شود که محصولات پایدار، خدمات عالی و اشتراک‌گذاری دقیقی از اطلاعات را فراهم می‌کند به نحوی که برای تمامی کارکنان، سهامداران، شرکای تجاری و کل این اجتماع منافعی را ایجاد کند. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی شاخص‌های پایداری زنجیره تأمین صنعت لاستیک با بکارگیری ماتریس تاثیرات متقاطع می‌باشد. برای جمع‌آوری داده‌ها از روش پرسشنامه و مصاحبه با خبرگان صنعت لاستیک استفاده می‌شود و از تکنیک تحلیل اثرات متقابل برای تحلیل استفاده می‌شود و پرسشنامه‌ها صرفاً با متخصصین و مدیران صنعت لاستیک کشور تکمیل می‌گردد. در این پژوهش مصاحبه و تکمیل پرسشنامه‌ها توسط ۴۶ نفر از خبرگان صنعت لاستیک انجام گرفته است. براساس نتیجه‌ها حاصل از این تحقیق، شاخص‌های کارایی بازیافت، کیفیت و فناوری زیست محیطی جز شاخص‌های تاثیرگذار و شاخص‌های هزینه‌های زنجیره تامین سنتی و پاسخ‌گویی جز شاخص‌های تاثیرپذیر هستند. در ادامه به سایر محققان پیشنهاد می‌شود که از فنون تصمیم گیری چند معیاره از جمله دیمتل فازی جهت تعیین روابط بین شاخص‌ها استفاده کنند و نتایج آن را با خروجی نرم افزار میک مک مقایسه کنند IRM



شکل ۶- نمودار تاثیرات غیرمستقیم (تاثیرات بسیار ضعیف تا بسیار قوی)

1. Godet

مراجع

۱-غضنفري مهدی و مهدی فتح اله. (۱۳۸۵). نگرشي جامع بر مدیریت زنجیره تأمین، چاپ اول، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

۲-صفاری حمید و احمد ماکویی و میر سامان پیشوایی و وحید محمودیان. (۱۳۹۵). یک مدل چند هدفه استوار برای طراحی شبکه زنجیره تأمین با در نظر گرفتن جریان رو به جلو و عقب و مسئولیت پذیری اجتماعی، نشریه مدل‌سازی در مهندسی، ۱۴(۴۷)، صص ۱۸۵- ۱۷۱.

3- Ahi P., Searcy, C.,(2015a). An analysis of metrics used to measure performance in green and sustainable supply chains. J. Clean. Prod. 86, 360-377.

4- Ahi, P., Searcy, C., (2015b). Assessing sustainability in the supply chain: a triple bottom line approach. Appl Math Model. 39, 2882-2896.

5- Ahmadi, H.B., Kusi-Sarpong S., Rezaei J., (2017). Assessing the social sustainability of supply chains using Best Worst Method. Resour. Conservat. Recycl. 126, 99-106.

6- Ansari, Z.N., Kant, R., (2017). A state-of-art literature review reflecting 15 years of focus on sustainable supply chain management. J. Clean. Prod. 142, 2524-2543.

7- Bai C., Sarkis J., Wei X., Koh L., (2012). Evaluating ecological sustainable performance measures for supply chain management. Supply Chain Manag. Int. J. 17 (1), 78-92.

8- Boukherroub T., Ruiz A., Guinet A., Fondrevelle J., (2015). An integrated approach for sustainable supply chain planning. Comput Oper Res. 54, 180-194.

9- Braz R.G.F., Scavarda, L.F., Martins R.A., (2011). Reviewing and improving performance measurement systems: an action research. Int. J. Prod. Econ. 133, Issue 2, Pages 751-760.

10- Büyük□zkan, G., Çifçi, G., (2011). A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information. Comput Ind. 62 (2), 164-174.

11- Chaabane A., Ramudhin A., Paquet M., (2012). Design of sustainable supply chains under the emission trading scheme. Int. J. Prod. Econ. 135, 37-49.

12- Chithambaranathan P., Subramanian N., Gunasekaran A., Palaniappan, P. L. K. (2015). Service supply chain environmental performance evaluation using grey based hybrid MCDM approach. International Journal of Production Economics, 166, 163–176.

13- Diabat A., Govindan K. , (2011). An analysis of the drivers affecting the implementation of green supply chain management. Resources, Conservation and Recycling, 55(6), 659-66.

14- Feil A.A., Quevedo D.M., Schreiber D., (2015). Selection and identification of the indicators for quickly measuring sustainability in micro and small furniture industries. Sustain Prod Consum. 3, 34-44.

15- Fritz M.M.C., Schoggl J., Baumgartner R.J., (2017). Selected sustainability aspects for supply chain data exchange: towards a supply chain-wide sustainability assessment. J. Clean. Prod. 141, 587-607.

16- Godet, M., (1991).From anticipation to action, UNESCO publishing, Paris.

17- Govindan K., Khodaverdi R., Jafarian A., (2013). A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. J. Clean. Prod. 47, 345-354.

18- Gunasekaran A., Patel C., & Mcgaughey R. E. (2004). A framework for supply chain performance measurement. International Journal of Production Economics, 87, 333–347.

19- Gunasekaran A., Patel C., Tirtiroglu E. (2001). Performance measures and metrics in a supply chain environment. International Journal of Operations & Production Management, 21, 71–87.
20- Izadikhah M., Saen R.F., (2016). Evaluating sustainability of supply chains by two stage range directional measure in the presence of negative data. Transp. Res.49, 110-126.
21- Kannan D., Khodaverdi R., Olfat L., Jafarian A., Diabat A., (2013). Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multiobjective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. J. Clean. Prod. 47, 355-367.
22- Kuo R.J., Wang Y.C., Tien F.C., (2010). Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection. J. Clean. Prod. 18 (12), 1161-1170.
23- Lambert D. M., Cooper M. C., & Pagh J. D. (1998). Supply chain management: Implementation issues and research opportunities. The International Journal of Logistics Management, 9, 1–20.
24- Lohman C., Fortuin L., Wouters M. (2004). Designing a performance measurement system: A case study. European Journal of Operational Research, 156, 267–286.
25- Melnyk S.A., Bititci U., Platts K., Tobias J., Andersen B., (2014). Is performance measurement and management fit for the future? Manag. Account. Res. 25 (2), 173-186.
26- Motevali Haghighi S. , Torabi S.A, Ghasemi R.,)2016(, An integrated approach for performance evaluation in sustainable supply chain networks (with a case study) / J. Clean. Prod. 137, 579-597.
27- Naini S. G. J., Aliahmadi A. R., Jafari Eskandari M. (2011). Designing a mixed performance measurement system for environmental supply chain management using evolutionary game theory and balanced scorecard: A case study of an auto industry supply chain. Resources, Conservation and Recycling, 55, 593–603.
28- Neely A., Gregory M., Platts K. (1995). Performance measurement system design: A literature review and research agenda. International Journal of Operations and Production Management, 15, 80–166.
29- Neely A., Gregory M., Platts K., (1995). Performance Measurement system design: a literature review and research agenda. Int. J. Oper. Prod. Manag. 15, 80-166.
30- Nudurupati S.S., Bititci U.S., Kumar V., Chan F.T.S., (2011). State of the art literature review on performance measurement. Comput. Ind. Eng. 60, 279-290.
31- Olugu E.U., Wong K.Y., (2012). An expert fuzzy rule-based system for closed-loop supply chain performance assessment in the automotive industry. Expert, Syst. Appl. 39, 375-384.
32- Osiro L., Lima-Junior F.R., Carpinetti L.C.R., (2018), A group decision model based on quality function eployment and hesitant fuzzy for selecting supply chain sustainability metrics, J. Clean. Prod., 183 964-97.
33- Rahdari A.H., Rostamya A.A.A., (2015). Designing a general set of sustainability indicators at the Corporate level. J. Clean. Prod. 108, 757-771.
34- Searcy C., Dixon S.M., Neumann W.P.,(2016). The use of work environment performance indicators in corporate social responsibility reporting. J. Clean. Prod. 112 (4), 2907-292.
35- Seuring S. (2013). A review of modeling approaches for sustainable supply chain management. Decision Support Systems, 54, 1513–1520.
36- Shaik M.N., Abdul-Kader W., (2014). Comprehensive performance measurement and causal-effect decision making model for reverse logistics enterprise. Comput. Ind. Eng. 68, 87-103.

37- Tahir A.C., Darton R.C., (2010). The Process Analysis Method of selecting indicators to quantify the sustainability performance of a business operation. J. Clean. Prod. 18, 1598-1607.
38- Tajbakhsh A., Hassini E., (2015). A data envelopment analysis approach to evaluate sustainability in supply chain networks. J. Clean. Prod. 105, 74-86.
39- Van der Vorst J.G.A.J., Tromp S.O., van der Zee D.J., (2009). Simulation modeling for food supply chain redesign; integrated decision making on product quality, sustainability and logistics. Int. J. Prod. Res. 47 (23), 6611-6663.
40- Varsei M., Soosay C., Fahimnia B., Sarkis J., (2014). Framing sustainability performance of supply chains with multidimensional indicators. Supply Chain Manag. Int. J. 19, 242-257.
41- Webster M. (2002). Supply system structure, management and performance: A conceptual model. International Journal of Management Reviews, 4, 353–36.

علمی- فنی

لاستیک‌های مهندسی در تولید محصولات ماسک

Engineering Elastomers Used in Gas Mask Production

چکیده:

در تحقیق حاضر و با توجه به اثرات معنادار نوع لاستیك مورد استفاده بر ویژگي‌هاي کیفي و عملکردي محصولات ماسك محافظ، به‌ویژه طول‌عمر انبارداري محصول، به ارزیابي مقایسه‌اي لاستیك‌هاي مهندسي به عنوان مهمترین متغیرهاي طراحي در فرمول‌بندي آمیزه‌هاي لاستیکي مورد نیاز پرداخته شده است. براي این منظور، با استخراج ۱۳ معیار ارزیابي (شامل هشت معیار فني، دو معیار اقتصادي و سه معیار مشعوف‌ساز)، ماتریس ارزیابي و نمودار رادار متغیرها، تشکیل و با تعیین شاخص جذابیت هر گروه از این معیارها، به غربال لاستیك‌هاي مورد استفاده در محصولات ماسك دنیا پرداخته شده است. بر پایه دانش و تجربیات تولیدکننده محصولات ماسك، شاخص جذابیت معیارهاي فني، اقتصادي و مشعوف‌ساز به‌ترتیب برابر با ۶۰٪، ۳۰٪ و ۱۰٪ تعیین گردید. ارزیابي فني لاستیك‌هاي موجود، بیانگر پتانسیل یکسان کاربرد کلیه لاستیك‌هاي مورد بررسي مي‌باشد. اگرچه، توجه همزمان به ملاحظات فني و اقتصادي تولید ماسك در داخل کشور، بیانگر آن است که جذابیت کاربرد لاستیك‌هاي مورد بررسي، از ترتیب پلي‌ایزوپرن (کائوچویي طبیعي)، کلروپرن، اتیلن‌پروپیلن‌دي‌ان، پلي‌ایزوبوتیلن، پلي‌سیلوکسان و آکریلونیتریل‌بوتادین پیروي مي‌نماید.

واژه‌های کلیدی: لاستیك‌هاي مهندسي، غربال‌گري، ماسك محافظ، معیارهاي ارزیابي، نمودار رادار

نوع مقاله: پژوهشی

عباس محمدی[۱*]،یاسر امانی[۲]
۱- کارشناس طراحی، تهران، ایران
۲- کارشناس ارشد مهندسی پلیمر، تهران، ایران

*** عهده دار مکاتبات:**
mohammady.abbas@gmail.com

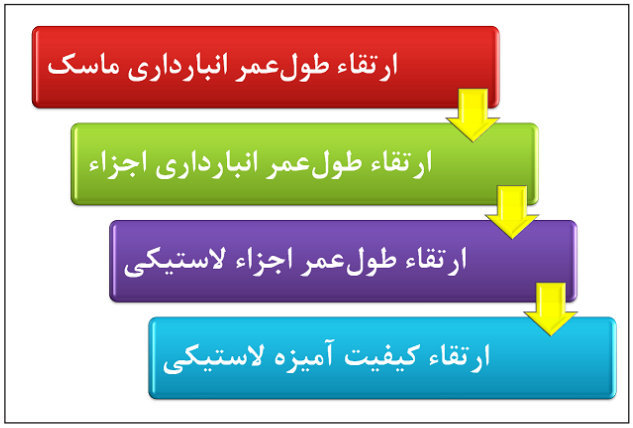
تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۱۱
تاریخ بازنگری:۱۳۹۸/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴

مقدمه:

محصولات ماسک محافظ عموماً متشکل از سه گروه کلی از قطعات شامل قطعات لاستیکی، پلاستیکی و فلزی است که در این میان، قطعات لاستیکی نظیر دیافراگم‌های دم و بازدم[۱]، دیافراگم بخارگیر[۲]، قطعه دهانی[۳]، قطعه صورتی[۴] و در برخی از

1. Inhalation/ Exhalation valves 2. Interior anti-fog valve disk 3. Nosecup 4. Facepiece

موارد، قطعه بندسر نگهدارنده[1]، به‌دلیل حساسیت فرسایشی بالاتر نسبت به شرایط انبارش، قطعات محدودکننده طول‌عمر انبارداری محصول محسوب می‌گردد. با توجه به اهمیت بالای عملیات انبارش در چرخه تولید و مصرف این دسته از محصولات و همچنین نتیجه‌های حاصل از نمونه‌برداری محصولات دهه‌های اخیر، مشاهده گردید که کیفیت فرمول‌بندی آمیزه لاستیکی مورد استفاده در تولید ماسک (به‌ویژه نوع و گونه[2] لاستیک پایه مورد استفاده در فرمول‌بندی آمیزه)، گلوگاه اصلی در تولید قطعه‌ای لاستیکی با طول‌عمر انبارداری مطلوب می‌باشد. از این رو، فرآیند دستیابی به محصول ماسکی با طول‌عمر انبارداری بالا، به صورت شکل ۱ قابل جمع‌بندی است. در این راستا، مقاله حاضر به غربال‌گری شش گروه اصلی از لاستیک‌های قابل استفاده به منظور دستیابی به محصول ماسکی با یک طول‌عمر انبارداری مطلوب در کشور پرداخته است.



شکل ۱- فرآیند ارتقاء طول‌عمر انبارداری محصولات ماسک محافظ

متغیرهای طراحی فرمول‌بندی

در گام نخست، به تعیین رایج‌ترین لاستیک‌های پایه مورد استفاده در محصولات ماسک موجود در دنیا، به عنوان مهمترین متغیرهای موجود در طراحی فرمول‌بندی آمیزه لاستیکی مورد نیاز پرداخته شد. نتیجه‌های حاصل از این بخش، در جدول ۱ آمده است [۱و۲]. از این رو، مهم‌ترین متغیرهای طراحی موجود عبارت است از کائوچویی طبیعی، کلروپرن، هالوبیوتیل‌ها (نظیر بروموبیوتیل)، لاستیک‌های نیتریلی، سیلیکون، اتیلن‌پروپیلن‌دی‌ان و فرمول‌بندی‌های ویژه حاصل از ترکیب آن‌ها.

در اینجا، اشاره به پنج نکته زیر ضروری است.

الف- ماسک‌های محافظ مورد بررسی در این تحقیق، به منظور ایجاد حفاظت فردی در برابر گازهای صنعتی نظیر گازهای کلر، آمونیاک، سولفید هیدروژن، بخارات هیدروکربنی نظیر سیکلوهگزان، بخار حلال‌های آلی نظیر انواع تینرها و رقیق‌سازها و سایر موارد مشابه، مورد استفاده قرار گرفته می‌شود.

ب- به دلیل تفاوت در ماهیت شیمیایی ساختار مولکولی هر یک از این لاستیک‌ها (نظیر وجود و یا عدم وجود پیوندهای غیراشباع) و همچنین تفاوت در کیفیت فرمول‌بندی آن‌ها، آمیزه‌های مختلف حاصل نیز دارای رفتارهای نسبتاً متفاوتی در برابر پدیده انحلال - نفوذ[3] گازها خواهند بود. در اغلب موارد، به منظور بررسی این پدیده در پلیمرها، به مطالعه میزان تراوایی نفوذپذیری[4] گازهایی با اتم‌های کوچک نظیر گازهای نیتروژن و اکسیژن پرداخته می‌شود. در جدول ۲، به مقایسه میزان تراوایی گاز نیتروژن در هر یک از پایه لاستیک‌های مورد بررسی پرداخته شده است [۳]. نکته قابل توجه در این خصوص آن است که با وجود تفاوت محسوس در میزان تراوای گاز معیار نیتروژن در لاستیک‌های مختلف، به دلیل ضخامت قابل توجه قطعات لاستیکی محصولات ماسک (معمولاً بیش از ۱/۴ میلی‌متر)، میزان مقاومت آن‌ها در برابر نفوذ گازهای مختلف، در کلیه لاستیک‌های مورد بررسی قابل قبول می‌باشد. ضخامت‌های مورد استفاده تا حدی است که علاوه بر چالش گاز- گاز اعمال فازهای گازی در بالادست و پایین‌دست صفحه لاستیکی در حین تست[5] ، قطعات لاستیکی موجود در برابر چالش‌های سخت‌تری چون چالش‌های مایع- گاز اعمال فاز مایع در بالادست و فاز گاز در پایین‌دست صفحه لاستیکی در حین تست[6] و مایع- مایع اعمال فازهای

1. Head harness 2. Grade 3. Solution- Diffusion 4. Permeability 5. Vapor challenge/vapor permeation (V/V challenge)
6. Liquid challenge/vapor permeation (L/V challenge)

مایع در بالادست و پایین‌دست صفحه لاستیکی در حین تست[1] نیز به خوبی مقاومت مورد انتظار را از خود به نمایش می‌گذارند. در نتیجه، همان‌گونه که در جدول ۱ نیز مشاهده گردید، کلیه پایه لاستیک‌های مورد بررسی از این جهت قابل قبول بوده و در توسعه محصولات ماسک مختلف مورد استفاده قرار گرفته شده است.

جدول ۱ - لاستیک‌های پایه مورد استفاده در تولید محصولات ماسک دنیا (متغیرهای طراحی فرمول‌بندی)

نام محصول	پایه پلیمری آمیزه لاستیکی مورد استفاده	طول‌عمر انبارداری
ماسک BIC-Panorama	مخلوطی از کائوچوی طبیعی و لاستیک کلروپرن	۸ سال
ماسک CT12	لاستیک Butyl ناتراوا	۷-۱۰ سال
ماسک FM12	لاستیک Butyl ناتراوا	۷-۱۰ سال
ماسک SF10	لاستیک Butyl ناتراوا	۷-۱۰ سال
ماسک Adv. 1000 CBA/RCA	مخلوطی نیمه‌تراوا از لاستیک‌های طبیعی و نیتریلی*	نامحدود**
ماسک Millennium CB	مخلوطی نیمه‌تراوا از لاستیک‌های طبیعی و نیتریلی	نامحدود**
ماسک Phalanx CBA/RCA	مخلوطی از لاستیک‌های طبیعی و مصنوعی*	نامحدود**
ماسک MCU-2/P و MCU-2A/P	لاستیک سیلیکون	نامحدود
ماسک Ultra Elite	لاستیک نرم سیاه‌رنگ Hycar*	بیش از ۱۵ سال
ماسک 4A1	فرمول‌بندی ویژه از لاستیکی ناتراوا	۲۰ سال
ماسک M15-A30	فرمول‌بندی ویژه از لاستیکی ناتراوا	۲۰ سال
ماسک Opti-Fit™	لاستیک Butyl	بیش از ۱۵ سال
ماسک CDR 4500	موجود در دو حالت لاستیک EPDM و یا لاستیک سیلیکونی	بیش از ۱۰ سال
ماسک M110	قطعه صورتی از لاستیک Halo-Butyl و قطعه دهانی از سیلیکون	۷ سال***
ماسک C4	لاستیک Bromobutyl ناتراوا	بیش از ۱۰ سال
ماسک M95	قطعه صورتی از لاستیک Halo-Butyl و قطعه دهانی از سیلیکون	۲۰ سال

* فرمول‌بندی ویژه از کائوچویی طبیعی و لاستیک‌های مصنوعی به‌فرم آمیزه فوق‌نرم Hycar؛** درصورت مناسب بودن شرایط انبارش؛ *** در بسته‌بندی اصلی محصول

جدول ۲- میزان تراوایی (نفوذپذیری) گازهای شیمیایی در پایه‌های لاستیکی مورد مطالعه

معیار ارزیابی	لاستیک طبیعی[1]	نئوپرن	بیوتیل	نیتریل	سیلیکون	اتیلن‌پروپیلن
	پلی‌ایزوپرن[2]	پلی‌کلروپرن	پلی‌ایزوبوتیلن	آکریلونیتریل‌بوتادین	پلی‌سیلوکسان	اتیلن‌پروپیلن‌دی‌ان
	NR[3]	CR	IIR	NBR	Q	EPDM
ضریب تراوایی گاز نیتروژن (10^{-8}) $cm^2/(sec.atm)$	۶/۱۲	۰/۸۹	۰/۲۵	۰/۳۱	۲۰۰	۶/۴۰

[1] نام معمول؛ [2] نام شیمیایی؛ [3] علامت اختصاری.

1. Liquid challenge/liquid permeation (L/L challenge)

ج- در برخی از موارد، به منظور بهبود ویژگی‌های فیزیکی- مکانیکی و عملکردی قطعات لاستیکی محصول و یا کاهش هزینه‌های تولید، در مرحله فرمول‌بندی آمیزه لاستیکی به ترکیب پایه‌های لاستیکی مختلف پرداخته می‌شود. برای این منظور می‌توان به ترکیب نمودن کلروپرن با لاستیک طبیعی به منظور افزایش مقاومت اوزنی و یا بهبود مقاومت در برابر شرایط جوّی آن و یا افزایش سایر پایه‌های لاستیکی به هالوبیوتیل‌ها به منظور رفع مشکلات احتمالی ناشی از پخت ضعیف و کند آن‌ها اشاره نمود. لازم به ذکر است که ترکیب پایه‌های لاستیکی مختلف، منجر به بهبود میزان مقاومت آن‌ها در برابر نفوذ گازهای مختلف نیز خواهد شد این امر نیز مجدداً تاییدکننده نتیجه مذکور در پارگراف فوق می‌باشد.

د- با توجه به مطالب مذکور در بندهای ب و ج می‌توان چنین نتیجه گرفت که مهمترین دلیل تنوع در پایه لاستیک‌های مورد استفاده در محصولات ماسک مختلف، عبارت است از ملاحظات اقتصادی حاکم بر تولید محصول؛ به نحوی‌که تولیدکنندگان مختلف با توجه به قیمت و میزان سهولت دسترسی به پایه لاستیک‌ها و همچنین تجربیات خویش در حوزه فرمول‌بندی آمیزه آن‌ها، به انتخاب لاستیکی با بالاترین پتانسیل اقتصادی پرداخته‌اند. همانگونه که در بخش اول نیز اشاره گردید، این امر یکی از اهداف اصلی مطالعه حاضر به منظور انتخاب بهترین پایه لاستیک در تولید بومی و اقتصادی محصول ماسک محافظ در داخل کشور می‌باشد.

ه- طول‌عمر انبارداری آمیزه، علاوه بر نوع و گونه لاستیک مورد استفاده، تابعی از دانش فرمول‌بندی، کیفیت اختلاط اجزاء و در نهایت، نوع و گونه سایر افزودنی‌های آمیزه نظیر عوامل پخت، روان‌کننده‌ها، نرم‌کننده‌ها، شتاب‌دهنده‌ها، ضداکسنده‌ها، ضدازونش‌ها، پایدارکننده‌ها، تقویت‌کننده‌ها و غیره نیز می‌باشد. اگرچه تجربیات موجود بیانگر آن است که در این میان، نوع، گونه و کیفیت پایه لاستیکی مورد استفاده نقش مهم‌تری را در مقایسه با سایر اجزاء موجود در آمیزه، دارا می‌باشد [۴].

معیارهای غربال‌گری

در تعیین مهمترین معیارهای ارزیابی (غربال‌گری) پایه‌های لاستیکی و به منظور حذف احتمال هرگونه قلم‌افتادگی در معیار مورد نیاز ارزیابی، موارد زیر مورد توجه قرار گرفته شد. ۱- شناسایی و انتخاب معیارهای مرتبط با خواص فیزیکی- مکانیکی و ویژگی‌های کیفی و عملکردی ماسک؛ ۲- شناسایی و انتخاب معیارهای مرتبط با میزان سهولت دسترسی و قیمت تمام شده آمیزه لاستیکی در تولید تجاری ماسک؛ ۳- شناسایی و انتخاب معیارهای مرتبط با تغییرات و یا بهبودهای محتمل محصول در آینده و ۴- اهمیت نسبی مجموعه معیارهای مستخرج از بندهای فوق.

در تحقیق حاضر و به منظور دستیابی به محصول ماسکی با طول‌عمر انبارداری مطلوب، هشت معیار ارزیابی مبتنی بر خواص فیزیکی و مکانیکی آمیزه و ویژگی‌های کیفی و عملکردی محصول نهایی، به صورت ۱- مقاومت ازونی ۲- مقاومت در برابر شرایط جوّی ۳- کشامد در نقطه پارگی ۴- جهندگی ۵- مانایی فشاری ۶- استحکام کششی ۷- میزان سختی و ۸- مقاومت پارگی استخراج و انتخاب گردید. همچنین، با توجه به ملاحظات روند تامین مواد اولیه مورد نیاز از بازارهای جهانی، دو معیار ارزیابی ۱-میزان و سهولت دسترسی و ۲- قیمت نسبی لاستیک به عنوان شاخصه‌های اقتصادی فرآیند غربال‌گری انتخاب شد. در نهایت، سه معیار ۱- سبکی ۲- رنگ‌پذیری و ۳- پایداری رنگ نیز به عنوان مهم‌ترین موارد مرتبط با تغییر و بهبود احتمالی محصول در آینده، مد نظر قرار گرفته شد. در این خصوص، اشاره به سه نکته زیر مناسب می‌باشد.

الف- یکی از مهمترین معیارهای غربال‌گری پایه‌های لاستیکی در تولید محصولات ماسک محافظ عبارت است میزان مقاومت هر پایه در برابر نفوذ گازها و بخارات موجود در معرض محصول.

همانگونه که مشاهده می‌گردد، این شاخص در میان معیار ارزیابی مورد بررسی، انتخاب نشده است. مهمترین دلیل این امر آن است که کلیه پایه‌های مورد مطالعه در تحقیق حاضر، از میان پایه‌های لاستیکی متداول در تولید محصولات ماسک دنیا انتخاب شده است. همانگونه که در بخش متغیرهای طراحی فرمول نیز به تفصیل تشریح گردید، کلیه پایه‌های منتخب ارضاء کننده این معیار بوده و اعمال یا حذف آن در ماتریس ارزیابی، بی‌تاثیر خواهد بود.

ب- در میان قطعات لاستیکی ماسک، قطعه صورتی به عنوان بدنه اصلی محصول و با دارا بودن سهم تقریباً ۶۵ درصدی از وزن کل محصول، از بالاترین درجه اهمیت در خصوص وزن محصول برخوردار است. علاوه بر این قطعه، اجزای دیگری چون قطعه دهانی و در اغلب موارد، بندهای نگهدارنده نیز از جنس لاستیک می‌باشند. در نتیجه، دستیابی به فرمول‌بندی آمیزه‌ای با طول‌عمر مطلوب و وزن کم، تا حد بسیاری می‌تواند به سبک‌سازی محصول ماسک و ارتقاء قابلیت‌های عملیاتی کاربر کمک نماید. ملاحظات ارگونومیکی کاربری این دسته از محصولات (ناشی از وزن وارده بر گردن کاربر) به خوبی نشانگر اهمیت توجه کامل به بهینه‌سازی وزن محصول می‌باشد.

ج- یک لاستیک مناسب در تولید محصولات ماسک، علاوه بر برآورده نمودن الزامات فیزیکی- مکانیکی آمیزه (نظیر وزن، مقاومت در برابر پارگی، سختی، جهندگی و کشش) و در اختیار قرار دادن ویژگی‌های عملکردی مناسب (نظیر ایجاد توان آب‌بندی کامل، طول‌عمر انبارداری بالا، عدم ایجاد حساسیت پوستی، عدم انتشار بوی هرچند مطبوع، مقاومت بالا نسبت به نفوذ آلاینده‌های شیمیایی و سایر موارد مشابه)، بایستی امکان دستیابی به ویژگی‌های دیگری چون قابلیت تولید محصولات ماسکی با تنوع رنگی مختلف را نیز ایجاد نماید. با توجه به اهداف تحقیق حاضر مبنی بر بومی‌سازی تولید ماسک و همچنین سهم قابل توجه مناطق گرمسیری در گستره ارضی کشور، توجه به تولید محصولاتی با رنگ روشن (نظیر سبز و کرم) می‌تواند از طریق کاهش جذب تشعشعات حرارتی خورشید و میزان تعرّق فرد، منجر به افزایش در قابلیت‌های عملیاتی کاربران و سهولت کاربری محصول گردد. این امر در محیط‌های صنعتی که عموماً شامل تجهیزات حرارت‌زا می‌باشد از اهمیتی دو چندان برخوردار می‌باشد.

در فرآیند غربال‌گری مبتنی بر معیارهای سیزده‌گانه فوق، هشت معیار نخست (معیارهای اکتساب دانش‌فنی طراحی فرمول‌بندی آمیزه‌ای با طول‌عمر مطلوب) دارای بالاترین سطح اولویت (یا جذابیت) با وزن نسبی ۶۰٪، معیارهای ۹ و ۱۰ (معیارهای اقتصادی) با اولویت درجه دوم با وزن نسبی ۳۰٪ و معیارهای ۱۱ الی ۱۳ (معیارهای مشعوف‌ساز)، با اولویت درجه سوم و وزن نسبی ۱۰٪ منظور گردید. تخصیص وزن نسبی هر یک از این معیارها، از طریق خبرگی و بر پایه دانش طراحی، تولید و تست محصولات ماسک محافظ در شرکت بعثت صورت پذیرفته است. لازم به ذکر است که شرکت بعثت اولین و تنها تولیدکننده محصولات ماسک محافظ در کشور بوده و تیم طراحی و تحقیقاتی این شرکت، از تجربیات ارزشمندی در توسعه محصولات ماسک تمام صورت[1] و نیمه‌ماسک‌ها[2] برخوردار است. وزن‌های تخصیص‌یافته فوق‌الذکر، میانگین مقادیر حاصل از نظرسنجی کمیته ۸ نفر از کارشناسان خبره این حوزه می‌باشد. همچنین، نظرات کاربران نهایی محصول (به ویژه در خصوص معیارهای مشعوف‌ساز)، نیز مد نظر قرار گرفته شده است.

نتایج و بحث

توسعه ماتریس ارزیابی

پس از استخراج معیارهای ارزیابی (غربال‌گری) لاستیک‌ها و تعیین وزن (یا جذابیت) نسبی هر یک از آن‌ها در دستیابی به یک فرمول‌بندی با طول‌عمر انبارداری مطلوب، ماتریس ارزیابی متغیرها مطابق با جدول ۳ تکمیل گردید [۴ تا ۸]. به دلیل پراکندگی‌های موجود میان اطلاعات گزارش‌شده در مراجع مختلف، تلاش گردید

1. Full-Face Masks 2. Half Masks

تا اطلاعات مورد نیاز در مرحله تشکیل ماتریس ارزیابی لاستیک‌ها، از منابع و مراجع مختلف استخراج گردد. برای نمونه، مقادیر مانایی فشاری لاستیک‌های بیوتیلی و سیلیکونی در مرجع [۵] به ترتیب به‌صورت "ضعیف" و "غیرقابل قبول" گزارش شده است؛ این در حالی است که مرجع [۶] مقدار این پارامتر را برای دو لاستیک به‌صورت "خوب" گزارش نموده است. به عنوان نمونه‌ای دیگر، مقدار پارامتر مقاومت پارگی لاستیک سیلیکونی در مرجع [۵] به صورت "خوب" اما در مرجع [۶] به صورت "ضعیف" گزارش است.

در ادامه، به نمونه‌هایی از مراجع و اطلاعات مورد استفاده در استخراج ماتریس ارزیابی لاستیک‌های اشاره شده است. در جدول ۴ و به‌صورت کدبندی شده در شش سطح از "ناکافی" تا "عالی"، به مقایسه نسبی خواص فیزیکی- مکانیکی لاستیک‌های مورد بررسی در تحقیق حاضر پرداخته است [۸]. شکل ۲ نیز به مقایسه گرافیکی پارامترهای فیزیکی-مکانیکی مقاومت پارگی، مقاومت کششی، مانایی

جدول ۳- ماتریس ارزیابی متغیرهای مختلف طراحی فرمول‌بندی آمیزه لاستیکی محصول ماسک

معیار ارزیابی	واحد	NR	CR	IIR	NBR	Q	EPDM	مرجع
مقاومت جوّی	-	ضعیف	خوب	عالی	غیرقابل قبول	عالی	عالی	[۵]؛[۶]
مقاومت ازونی	-	غیرقابل قبول	خوب	خوب	غیرقابل قبول	عالی	عالی	[۵]؛[۶]
ازدیادطول پارگی	٪	حداکثر ۷۰۰	حداکثر ۶۰۰	حداکثر ۸۵۰	حداکثر ۶۰۰	حداکثر ۷۰۰	حداکثر ۶۰۰	[۶]
جهندگی	-	عالی	عالی	نسبتاً خوب	خوب	خوب	خوب	[۶]
مانایی فشاری	٪	عالی؛ عالی؛ (۱۰-۱۵)	خوب؛خوب (۱۵-۳۰)	ضعیف؛ خوب؛ (۱۵-۳۰)	خوب؛ خوب؛ [۱](n.a.)	غیرقابل‌قبول؛ خوب؛ (n.a.)	خوب؛ خوب؛ (۱۰-۳۰)	[۵]؛[۶] ؛ [۲]([۷])
استحکام کششی	psi	عالی؛ ۴۰۰۰ (۵۰۰-۳۵۰۰)	خوب؛ ۴۰۰۰ (۵۰۰-۳۰۰۰)	مناسب؛ ۳۰۰۰ (۵۰۰-۳۰۰۰)	خوب؛ (۲۰۰-۳۰۰۰)	ضعیف؛ (۲۰۰-۱۵۰۰)	خوب؛ ۳۵۰۰ (۵۰۰-۲۵۰۰)	[۵]؛[۵]؛ ([۶])
سختی Shore A	-	۳۰-۹۰	۲۰-۹۵	۲۰-۷۵	۲۵-۹۵	۱۸-۸۰	۲۵-۹۵	[۵]
مقاومت پارگی	lb/in	عالی؛ عالی (۲۰۰-۲۵۰)	خوب؛خوب (۲۰۰-۲۵۰)	خوب؛ خوب (۱۵۰-۲۰۰)	خوب؛ خوب (n.a.)	خوب؛ ضعیف (n.a.)	ضعیف؛ نسبتاًخوب (۱۰۰-۲۵۰)	[۵] ؛[۶] ؛ ([۵])
سهولت دسترسی[۳]	-	۲	۲	۱	۲	۲	۲	اطلاعات بازار
قیمت نسبی[۴]	-	۱؛ (۱)؛ کم	۱/۵؛ (۳/۱)؛ متوسط	۴؛ (n.a.)؛ کم	۱/۵؛ (۱/۹)؛ متوسط	۱۱؛ (۳/۹)؛ بالا	۱/۵؛ (۱/۳)؛ کم	[۴] ؛([۵])؛[۸]
وزن مخصوص	-	۰/۹۲	۱/۲۳	۰/۹۲	(۰/۹۴-۱/۰۲)	۱/۱ -۱/۶	۰/۸۶	[۵] ([۵])
رنگ‌پذیری	-	کامل (F.R.)[۵]	کامل (F.R.)	محدود [۶](L.R.)	محدود (L.R.)	کامل (F.R.)	محدود (L.R.)	[۴]
پایداری رنگ	-	خوب	غیرقابل قبول	خوب	مناسب	عالی	عالی	[۵]

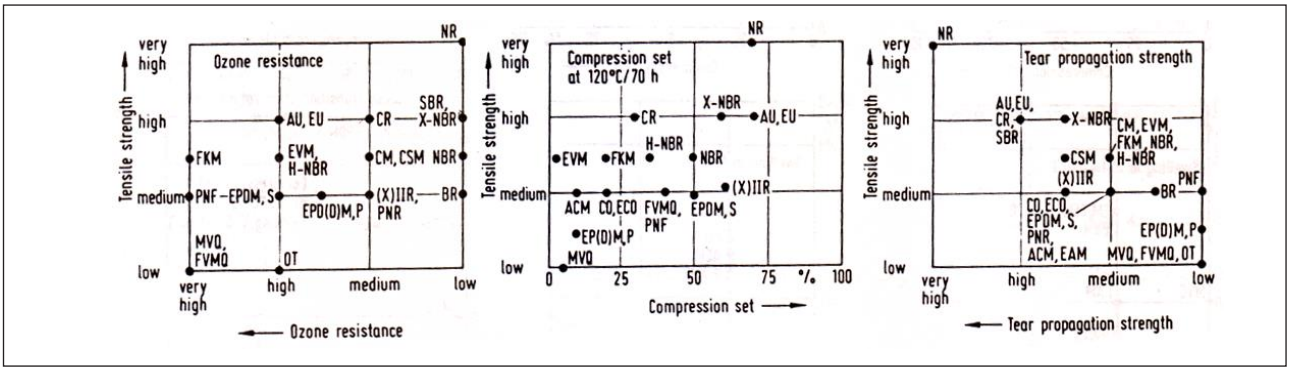
[۱] اطلاعات در مرجع ناموجود (**not available**)؛ [۲] ترتیب مراجع متناظر با ترتیب اطلاعات در جدول؛ [۳] امتیازدهی بر اساس نحوه دسترسی است. ۲= تولید خارج با دسترسی راحت ۱= تولید خارج با دسترسی محدود؛ [۴] بر پایه قیمت کائوچوی طبیعی؛ [۵] **Full Range**؛ [۶] **Limited Range**.

فشاری و مقاومت ازونی چهارده لاستیک مختلف در چهار سطح "خیلی زیاد"، "زیاد"، "متوسط" و "کم" پرداخته است. همچنین در این شکل می‌توان به بررسی رابطه میان پارامترهای مقاومت پارگی، مانایی فشاری و مقاومت اوزنی با پارامتر مقاومت کششی در هر لاستیک نیز پرداخت. در شکل ۳ به نمایش ساختار درختی انتخاب لاستیک مورد نیاز بر اساس سطح کیفی مورد انتظار در خصوص هر یک از ویژگی‌های فیزیکی- مکانیکی آن پرداخته شده است [۸]. اگرچه، در این تحقیق و با توجه به مشخص بودن لاستیک‌های مورد بررسی و نیاز به استخراج وضعیت کیفی ویژگی‌های آنها، کاربرد این نمودار به صورت از پایین به بالا بوده است. در نهایت، شکل ۴ نمودارهای رادار ویژگی‌های مختلف لاستی‌های مورد بررسی را نمایش داده است. نکته قابل توجه در این نمودارها، "تقارن" و یا "عدم تقارن" این نمودارها می‌باشد. هرچه تقارن موجمودارها بیشتر باشد، بیانگر شباهت بیشتر آن ویژگی در لاستیک‌های مختلف است. برای نمونه، تقارن نسبی پارامتر مانایی فشاری در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد به خوبی نشان‌دهنده برابری تقریبی این پارامتر در پایه لاستیک‌های مختلف است؛ اگرچه این امر در خصوص پارامترهایی چون مقاومت ازونی، مقاومت اکسیداسیونی و یا مقاومت در برابر شرایط جوّی، به هیچ وجه صادق نیست. جمع‌بندی اطلاعات استخراج شده از این جداول و اشکال در جدول ۳ آمده است. در نهایت، اشاره به این نکته ضروری است که عموماً انتخاب یک پایه لاستیکی به منظور دستیابی به سطح قابل‌قبول از یک مشخصه، ممکن و آسان می‌باشد. لیکن در مواردی مشابه تحقیق حاضر که هدف، بهینه‌سازی و تجمیع چندین ویژگی مطلوب به‌صورت هم‌زمان در یک ترکیب لاستیکی است، انتخاب پایه لاستیک مورد نیاز، پیچیده و نیازمند بررسی همه‌جانبه است.

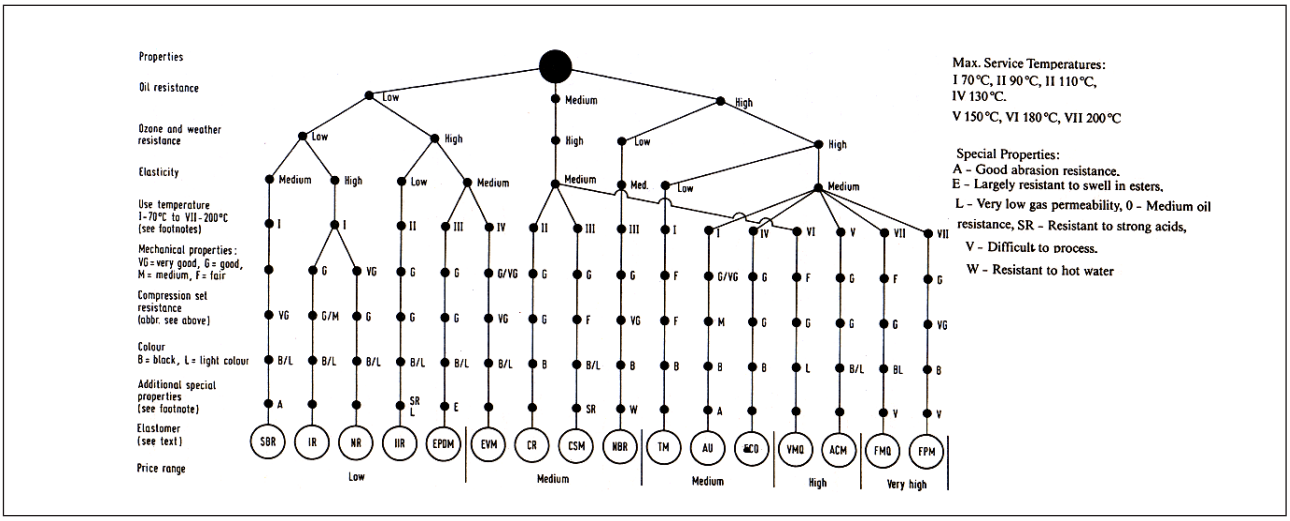
جدول ۴- مقایسه نسبی خواص فیزیکی - مکانیکی پایه‌های لاستیکی

معیار ارزیابی	پایه لاستیکی					
	NR	CR	IIR	NBR	Q	EPDM
مقاومت در برابر شرایط جوّی	۴*	۲	۲	۳	۱	۱
مقاومت ازونی	۴	۲	۲	۳	۱	۱
بیشینه کشامد	۱	۲	۲	۲	۴	۳
جهندگی	۲	۳	۶	۳	۳	۳
مانایی فشاری						
در دمای ۴۰ °C-	۳	۵	۵	۳	۳	۴
در دمای ۲۰ °C	۲	۳	۴	۲	۲	۳
در دمای ۱۰۰ °C	۶	۴	۲	۳	۱	۲
استحکام کششی	۱	۳	۴	۵	۶	۵
مقاومت پارگی	۲	۲	۳	۳	۵	۳
مقاومت در برابر اکسایش	۴	۲	۲	۳	۱	۱
مقاومت در برابر اشعه UV	۴	۲	۲	۳	۱	۱

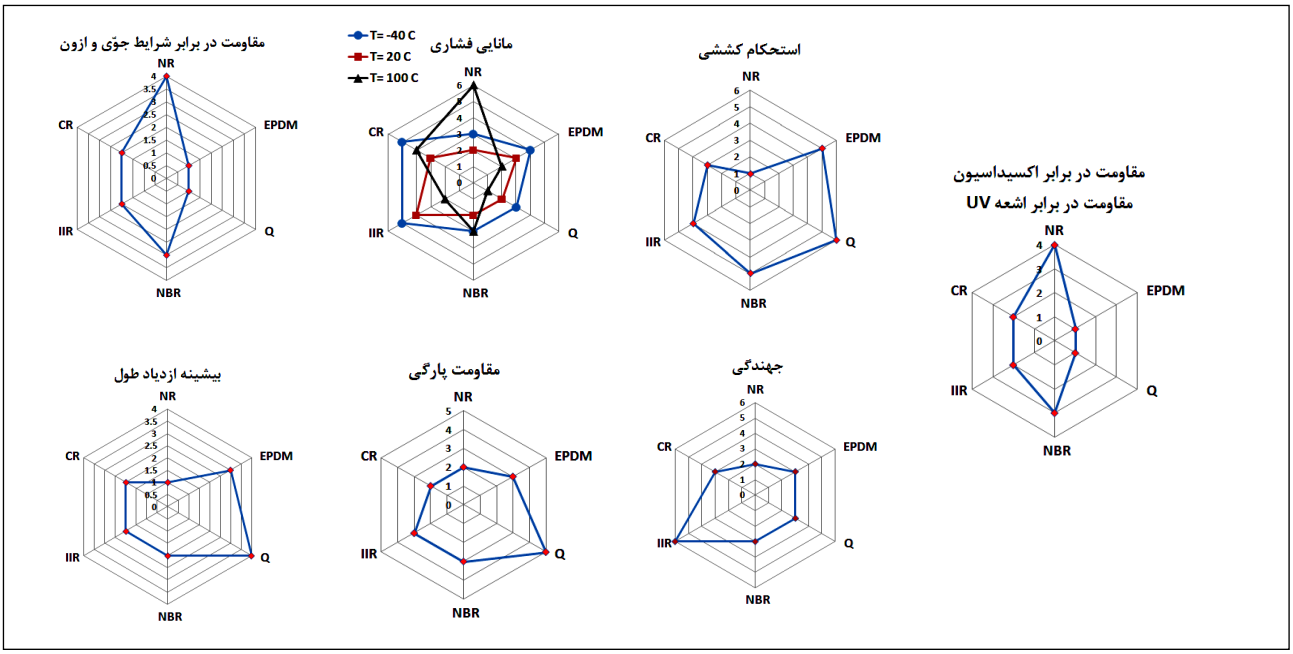
* سطح کیفیت: ۱= عالی (Excellent) و ۶= ناکافی (Insufficint)



شکل ۲- ارتباط خواص فیزیکی- مکانیکی لاستیک‌ها



شکل ۳- ساختار درختی ارزیابی و انتخاب لاستیک‌ها



شکل ۴ - نمودارهای رادار در ارزیابی خواص فیزیکی- مکانیکی پایه‌های لاستیکی ولکانیزه‌شده قابل استفاده در محصول ماسک (۱= عالی و ۶= ناکافی)

تجزیه و تحلیل نتایج

به منظور اصلاح پراکندگی داده‌های مستخرج و همچنین تجزیه و تحلیل اطلاعات مندرج در ماتریس ارزیابی جدول ۳، به کدبندی اطلاعات موجود پرداخته شد. برای این منظور، با تعریف سه سطح از کیفیت، به تعیین میانگین امتیازات هر یک از لاستیک‌های پایه در هر یک از معیارهای سیزده‌گانه مورد بررسی پرداخته شد. بر این اساس، عدد "۳" نشانگر کیفیت "خوب"، عدد "۲" : نشانگر کیفیت "متوسط" و عدد "۱" : نشانگر کیفیت "ضعیف" می‌باشد. در ادامه، با متوسط‌گیری از این نتایج، امتیاز پایه‌های لاستیکی مورد بررسی در هر یک از معیارهای سیزده‌گانه به صورت جدول ۵ حاصل گردید.

جدول ۵- میانگین امتیاز پایه‌های لاستیکی در معیارهای ارزیابی مختلف

معیار ارزیابی	پایه‌های لاستیکی مورد بررسی					
	NR	CR	IIR	NBR	Q	EPDM
معیار ۱: مقاومت در برابر شرایط جوّی	۱*	۲/۷	۳	۱/۳	۳	۳
معیار ۲: مقاومت ازونی	۱	۲/۷	۲/۷	۱/۳	۳	۳
معیار ۳: کشامد	۲/۵	۲	۳	۲	۱/۵	۱/۵
معیار ۴: جهندگی	۳	۲/۳	۱	۲	۲	۲
معیار ۵: مانایی فشاری	۳	۲	۱/۷	۲/۳	۲	۲
معیار ۶: استحکام کششی	۳	۲/۳	۱/۷	۱/۷	۱	۱/۷
معیار ۷: سختی	۲	۲	۲	۲	۲	۲
معیار ۸: مقاومت پارگی	۳	۲/۳	۲	۲	۱	۱/۷
معیار ۹: قابلیت (سهولت) دسترسی	۳	۳	۱	۳	۳	۳
معیار ۱۰: قیمت نسبی	۳	۲	۲/۵	۲	۱	۲/۵
معیار ۱۱: میزان سبکی (وزن مخصوص)	۲	۱	۲	۲	۱	۳
معیار ۱۲: رنگ‌پذیری	۳	۲/۵	۲	۱/۵	۲/۵	۲
معیار ۱۳: پایداری رنگ	۲	۱	۲	۲	۳	۳
I- امتیاز در معیارهای اکتساب فناوری (۸-۱)	۱۸/۵	۱۸/۳	۱۷/۱	۱۴/۶	۱۵/۵	۱۶/۹
II- امتیاز در معیارهای اقتصادی (۱۰-۹)	۶/۰	۵/۰	۳/۵	۵/۰	۴/۰	۵/۵
III- امتیاز در معیارهای مشعوف‌ساز (۱۳-۱۱)	۷/۰	۴/۵	۶/۰	۵/۵	۶/۵	۸/۰
IV- امتیاز کل (بدون احتساب وزن هر معیار)- غیرقابل‌قبول	۳۱/۵	۲۷/۸	۲۶/۶	۲۵/۱	۲۶/۰	۳۰/۴
V- امتیاز کل (با احتساب وزن هر معیار) - قابل قبول**	**۱۳/۶**	**۱۲/۹**	**۱۱/۹**	**۱۰/۸**	**۱۱/۲**	**۱۲/۶**

* سطح کیفیت: ۳= خوب، ۲= متوسط و ۱= ضعیف؛ ** وزن اکتساب فناوری=۶۰٪، اقتصادی=۳۰٪ و مشعوف‌ساز=۱۰٪

به منظور تعیین امتیاز کل هر یک از این لاستیک‌ها، با مد نظر قرار دادن اهداف اصلی تحقیق و با توجه به تجربیات موجود، میزان اثرگذاری هر یک از معیارهای سه‌گانه اکتساب فناوری، اقتصادی و مشعوف‌ساز، به صورت زیر تعیین شد.

- وزن (جذابیت) معیارهای اکتساب فناوری در فرآیند غربال لاستیک‌ها: ۶۰٪

-وزن (جذابیت) معیارهای اقتصادی در فرآیند غربال لاستیک‌ها: ۳۰٪

- وزن (جذابیت) معیارهای مشعوف‌ساز در فرآیند غربال لاستیک‌ها: ۱۰٪

در نهایت، امتیاز هر پایه لاستیک در هر یک از گروه‌های سه‌گانه اکتساب فناوری، اقتصادی و مشعوف‌ساز (ردیف‌های I و II و III) و همچنین امتیاز کل آن لاستیک با و یا بدون اعمال وزن‌های تخصیص‌یافته (ردیف‌های IV و V)، به صورت نتایج مندرج در جدول ۵ حاصل گردید. اشاره به این نکته ضروری است که امتیاز هر پایه لاستیک در گروه‌های سه‌گانه اکتساب فناوری، اقتصادی و مشعوف‌ساز (ردیف‌های I و II و III) برابر مجموع امتیازات کسب‌شده آن لاستیک در معیارهای مرتبط با آن گروه (به ترتیب مندرج در ردیف‌های ۸-۱، ۱۰-۹ و ۱۳-۱۱ جدول ۵) می‌باشد. امتیاز کل هر لاستیک نیز از طریق جمع نمودن امتیاز آن لاستیک در این گروه‌های سه‌گانه (ردیف‌های I و II و III)، با و یا بدون اعمال وزن‌های تخصیص‌یافته محاسبه گردید.

تعیین میزان جذابیت

به منظور سهولت در تجزیه و تحلیل نتایج حاصل، در شکل ۵ به نمایش نمودار رادار نتایج حاصل در جدول ۵ پرداخته شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد:

۱- نمودارهای "امتیاز معیارهای اکتساب فناوری" و "امتیاز کل (با احتساب وزن تخصیص‌یافته)" از تقارن به‌مراتب بهتری در مقایسه با دو نمودار دیگر برخوردار است. همانگونه که در مطالب قبل نیز اشاره شد، این امر به معنای وضعیت تقریباً یکسان لاستیک‌های مورد بررسی در شاخص مورد بررسی آن نمودار می‌باشند. مهمترین دلیل این امر آن است که کلیه لاستیک‌های مورد بررسی در تحقیق حاضر، از میان لاستیک‌های متداول و مورد استفاده در ساخت محصول‌های ماسک‌های دنیا انتخاب شده است (رجوع شود به جدول ۱). لذا همان‌گونه که انتظار هم می‌رفت کلیه این پایه لاستیک‌ها، تا حد بسیاری برآورده‌کننده ویژگی‌های فیزیکی- مکانیکی و قیود حاکم بر توسعه یک محصول ماسک می‌باشند. از این رو، رفتار آنها تا حد زیادی مشابه بوده و نمودار حاصل از مقایسه "امتیاز معیارهای اکتساب فناوری" و یا "امتیاز کل" آن‌ها از تقارن خوبی برخوردار است.

۲- با وجود موارد مذکور در بند ۱، هدف اصلی از تحقیق حاضر، تعیین میزان جذابیت هر یک از لاستیک‌های مورد بررسی با توجه به قیود و شرایط حاکم بر تولید داخلی محصول ماسک (اعم از قیمت، محدودیت دسترسی ناشی از تحریم‌ها، ویژگی‌های مشعوف‌ساز مورد انتظار مشتریان داخلی محصول و سایر موارد مشابه) می‌باشد. همانگونه که در شکل ۵ نیز مشاهده می‌گردد، برخلاف نمودار "امتیاز معیارهای اکتساب فناوری" و "امتیاز کل"، نمودارهای مرتبط با "امتیاز معیارهای اقتصادی" و "امتیاز معیارهای مشعوف‌ساز" از تقارن کمتری برخوردار است که مهمترین دلیل این امر، اثرگذاری پارامترهای منطقه‌ای و بومی (نظیر میزان و سهولت دسترسی به مواد اولیه، هزینه تامین مواد در ایران، تمایل به توسعه محصولاتی با رنگ روشن در مناطق گرمسیر نظیر کشور ایران) می‌باشد.

شکل (۵)

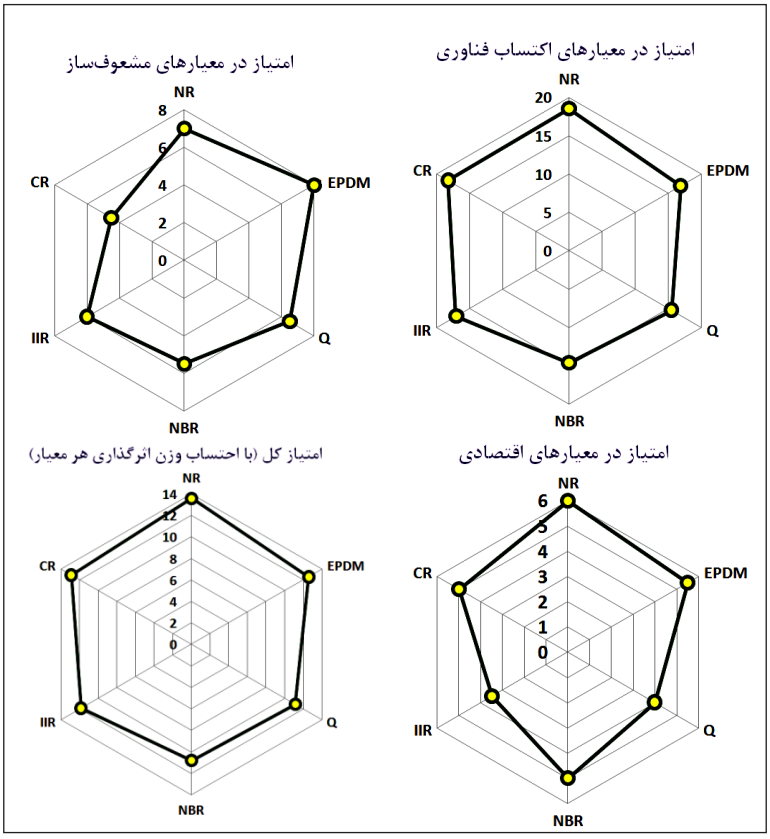
۳- به عنوان نتیجه نهایی حاصل از این بخش، جذابیت پایه‌های لاستیکی مورد بررسی (با احتساب وزن هر گروه از معیارها) در توسعه بومی محصول ماسکی با طول‌عمر انبارداری مطلوب، از ترتیب زیر تبعیت می‌نماید. اگرچه، اشاره به این نکته ضروری است که این نتایج به معنای محدود شدن استفاده از هر یک از پایه لاستیک‌ها به صورت مجزا نمی‌باشد. بلکه تولیدکننده

محصول ماسک با توجه به تجارب خویش در حوزه فرمول‌بندی آمیزه لاستیکی، پیچیدگی‌های قالب‌های مورد استفاده، ویژگی‌های فیزیکی- مکانیکی و یا عملکردی مورد انتظار و یا سایر موارد مشابه، می‌تواند به مخلوط نمودن پایه‌های لاستیکی مختلف بپردازد که نمونه‌هایی از این دسته از محصولات در جدول ۱ آمده است. با این وجود، در تولید بومی محصول ماسک در داخل کشور رعایت ترتیب زیر منجر به افزایش پتانسیل اقتصادی محصول خواهد شد. در صورت تمایل به مخلوط نمودن پایه‌های مختلف در محصولات داخلی نیز توصیه می‌گردد تا بخش عمده آمیزه از پایه‌ای انتخاب گردد که با توجه به نتایج حاصل، از امتیاز بالاتری برخوردار است.

Polyisoprene (NR)> Polychloroprene (CR)> Ethylene-Propylene-Diene (EPDM)> Butyl Rubbers (IIR)> Silicone Rubber (Q)> Nitrile-Butadiene Rubber (NBR)

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، به ارزیابی لاستیک‌های قابل استفاده به منظور دستیابی به محصول ماسکی با یک طول‌عمر انبارداری مطلوب در داخل کشور پرداخته شده است. توسعه محصولات ماسک محافظ، نیازمند توجه به دو نکته اساسی است. از سویی، استفاده از سهم قابل توجهی از این محصول‌ها، دوره‌ای (مقطعی) بوده و کاربرد آن‌ها، شامل حداقل یک دوره انبارداری با مدت‌زمانی قابل توجه (در مقایسه با دوره کاربرد محصول) می‌باشد. همچنین بواسطه ماهیت حفاظتی محصول در مقابله با آلاینده‌های شیمیایی مضر و در مواردی کشنده، کسب سطح بالایی از قابلیت اطمینان،



شکل ۵- نمودار رادار ارزیابی لاستیک‌های مختلف در تولید محصول ماسک

پس از این دوره‌های انبارش، در این محصولات الزامی است. هرگونه عیب جزئی در محصولات ماسک، منجر به اختلال در توان آب‌بندی محصول شده و تلفات انسانی را ناشی می‌گردد. با توجه به نقش به‌سزای قطعات لاستیکی در توان آب‌بندی ماسک و طول‌عمر انبارداری آن، تعیین مناسب‌ترین پایه لاستیکی در طراحی آمیزه لاستیکی از اهمیت شایانی برخوردار است. در این مطالعه، با استخراج مهمترین معیارهای ارزیابی و تشکیل ماتریس ارزیابی، به مقایسه لاستیک‌های محتمل پرداخته شد. نتیجه‌های نشان‌دهنده آن است که با توجه به ملاحظات فنی و اقتصادیِ تولید محصول در داخل کشور، لاستیک‌های کائوچوی طبیعی، کلروپرن، اتیلن‌پروپیلن‌دی‌اِن، پلی‌ایزوبوتیلن، پلی‌سیلوکسان و آکریلونیتریل‌بوتادین به ترتیب دارای بالاترین پتانسیل در توسعه محصولات ماسک بومی است IRM

مراجع

1- Fatah, A.; Guide for the Selection of Personal Protective Equipment for Emergency First Responders: Respiratory Protection Part, National Institute of Standards & Technology, Washington, USA, 2002.
2- Ashcroft, J.; Guide for the Selection of Personal Protective Equipment for Emergency First Responders, National Institute of Standards and Technology, Washington, USA, 2007.
3- Anonymous, Polymer Selection Guide Chart, Industrial Moulded Rubber Products, available on www.imr-inc.com, 2018.
4- Kannan, G.K.; Elastomer Engineering Guide, James Walker Sealing Products Ltd., England, 2012.
5- Anonymous, Rubber Compounds and Elastomers Materials Guide, Industrial Products Division, DYNACAST, available on www.dynacast-ip.com, 2015.
6- Anonymous, General Characteristics of Common Polymers, Minor Rubber Company, NJ, 2015.

۷- بي‌نام؛ كائوچوهاي مصنوعي، فرمول‌بندي- خواص و كاربردها، تاليف، ترجمه و گردآوري، شركت مهندسي و تحقيقات صنايع لاستيك، تهران، ايران، صفحه‌ي ۳۰-۹، ۱۳۷۵.
۸- آبايي، مريم؛ ابراهيمي، پيمان؛ اسلامي، پروين؛ عابديني، زهرا؛ تكنولوژي جامع لاستيك (ترجمه)، انتشارت شركت مهندسي و تحقيقات صنايع لاستيك و شركت ايران تاير و رابر، تهران، ويرايش دوم، صفحه‌ي ۱۳-۱، ۱۳۸۷.

مدیریت

هم‌راستاسازی راهبرد منابع انسانی با راهبرد سازمان بر اساس رویکردسیستمی

Alignment of Human Resources strategy with organizational strategy based on system approach

چکیده:

به دلیل تاثیر زیاد فعالیت‌های منابع انسانی بر عملکرد فرد و سازمان؛ از جمله بر بهره‌وری سازمان، فعالیت‌های منابع انسانی مهم تلقی شده و نیازمند هم‌راستاسازی با راهبردهای سازمان است. هم‌راستاسازی راهبرد منابع انسانی با راهبرد سازمان منجر به نتایج فردی و سازمانی متفاوتی از جمله افزایش خلاقیت و نوآوری، ایجاد و حفظ مزیت رقابتی، توسعه مسئولیت پذیری و افزایش توان بالقوه سازمان، بهبود ارتباطات بین واحد منابع انسانی و ... می شود. لزوم نگاه راهبردی به منابع انسانی، موضوعي انکارناپذیر بوده که با تحولات محیطي بر اهمیت آن افزوده می شود.

از آنجایی‌که مدیریت راهبردی اثربخش سازمان نیازمند منابع انسانی کارا است؛ مقاله حاضر با هدف همسوسازی راهبرد منابع انسانی با راهبرد سازمان، به بیان نقش رویکرد سیستمی در این همسوسازی پرداخته است. سپس با ارائه مزایا و کارکردهای این همسوسازی در عملکرد سازمان؛ نحوه همسوسازی راهبرد سازمان با راهبرد منابع انسانی را تشریح می نماید.

واژه‌های کلیدی: مدیریت منابع انسانی، مدیریت راهبردی منابع انسانی، رویکرد سیستمی

نوع مقاله: مروری

زهرا پورامینی[1و*]،مجید یحیوی قاسم قشلاقی[2]

۱- استادیاگروه مدیریت بازرگانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی دانشگاه محقق اردبیلی،ایران

*** عهده دار مکاتبات:**

z.pouramini2575@gmail.com

تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۱۲
تاریخ بازنگری:۱۳۹۸/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴

مقدمه:

با توجه به رقابت شدید و تنگاتنگ در دنیای امروزی، می‌توان بیان داشت که نیروی انسانی مهم ترین منبع مزیت رقابتی برای هر شرکت محسوب می‌شود. بنابراین مدیران بایستی آگاه باشند که چگونه با این عامل راهبردی برخورد کرده و استفاده هر چه موثرتر از این مزیت رقابتی را بیاموزند (آرمسترانگ، ۱۳۹۰). بر این اساس امروزه

شرکت‌ها برای این‌که بتوانند با رقبای خود، رقابت نمایند، مجبورند چگونگی استفاده مناسب از استعدادها و مهارت های کارکنان خود را بیاموزند و با دید راهبردی به مسائل مربوط به این عامل توجه کنند(دیوان دری و همکاران، ۱۳۹۳).

امروزه نیروی انسانی مناسب یک دارایی راهبردی شمرده می شود و چنانچه اقدامات مرتبط با مدیریت این دارایی ارزشمند با راهبرد سازمانی هماهنگ شود، باعث ایجاد مزیت رقابتی شده و هم‌افزایی سازمان افزایش می‌یابد. تلفیق اندیشه مدیریت راهبردی با مدیریت منابع انسانی باعث می‌شود که به منابع انسانی به عنوان منابع راهبردی نگریسته شود و بنابراین ضرورت برخوردی فراتر از سایر عوامل تولید را الزامی می‌سازد و دخالت دادن تصمیمات مربوط به امور انسانی را در شکل‌گیری راهبردهای عمده سازمان، اجتناب‌ناپذیر می‌سازد (رسولی،۱۳۹۳).

مدیریت راهبردی منابع انسانی رویکردی کلی و فراگیر برای مدیریت امور کارکنان و هماهنگ کردن راهبردهای منابع انسانی با راهبرد تجاری شرکت است، مدیریت راهبردی منابع انسانی به مسائل بلند مدت و مرتبط با محیط داخلی و خارجی سازمان مربوط می شود و خروجی آن سیاست‌هایی برای حوزه‌های منابع انسانی بوده (آرمسترانگ، ۱۳۹۰) و زمانی به عملکرد مطلوب سازمانی منجر می‌شود که تناسب شایسته ای با سایر متغیرهای سازمان داشته باشد(یاند[1]،۲۰۰۹).

با توجه به اهمیت موضوع، اخیرا مدیریت راهبردی منابع انسانی برای محققان مهم شده و وجود یک چارچوب نظری قوی به محققان کمک می‌کند تا به مدیریت منابع انسانی توجه کرده و آن را به استانداردهای راهبردی تبدیل کنند (همتی[2] و همکاران،۲۰۱۲) اما همواره این انتقاد بر مدیریت راهبردی منابع انسانی وارد بوده که فاقد یک چارچوب نظری برای تجزیه و تحلیل نظریه‌ها و رویکردهای این رشته است. از آنجایی‌که مطالعه رویکردهای مختلف، امکان مقایسه تطبیقی راهبردها، نظام‌ها و کارکردهای منابع انسانی را فراهم ساخته؛ همسوسازی راهبردهای منابع انسانی را با راهبرد سازمان امکان پذیر می سازد؛ از این رو هدف اصلی این پژوهش، شناسایی و اولویت بندی عوامل مؤثر بر همسوسازی راهبردهای سازمان و مدیریت منابع انسانی با رویکرد نظام مند است. به عبارت دیگر این تحقیق با اهداف زیر انجام می پذیرد:

- تعریف و تشریح نقش رویکرد نظام مند در مدیریت راهبردی منابع انسانی و همسویی راهبرد آن با راهبرد سازمان
- شناسایی عوامل مؤثر بر همسوسازی راهبردهای سازمان و مدیریت منابع انسانی
- نقش همسوسازی راهبردهای سازمان و مدیریت منابع انسانی در افزایش عملکرد

مبانی نظری

مدیر منابع انسانی نقشی راهبردی در سازمان داشته و منابع انسانی مورد نیاز را برای سازمان تامین می کند. بنابراین اولا مدیر منابع انسانی باید با دیگر فعالیت های سازمان جهت دست یابی به اهداف هماهنگ شده و منابع انسانی مورد نیاز را بسیج کند، ثانیا با ایجاد انگیزه در آن ها، از برآوردن انتظارات سازمان توسط افراد مطمئن شود (مستقفیر[3]،۲۰۱۴) تا هماهنگی بین راهبرد سازمان و مدیریت منابع انسانی ایجاد شود. همسوسازی راهبرد مدیریت منابع انسانی با راهبرد سازمان موضوعی است که اخیرا توسط محققان مختلف مورد توجه قرار گرفته و بعضی شواهد نشان دهنده این است که تاثیر مدیریت منابع انسانی بر عملکرد شرکت وقتی اتفاق می افتد که فعالیت های منابع انسانی بطور راهبردی باهم متجانس شوند.

میلر[4] (۲۰۰۶) بیان میکند که راهبردهای منابع انسانی باید با راهبرد شرکت همسو شوند. به منظور همسوسازی بهتر، فعالیت‌های منابع انسانی باید با دیگر فعالیت‌های سازمان هماهنگ و هم‌گام باشد.

هندری[5] (۱۹۸۶) بیان کرد که باید هماهنگی بین فعالیت‌ها و

1. Youndt 2. Hemmati 3. Moustaghfir 4. Miller 5. Hendry

سیاست‌های مدیریت منابع انسانی و راهبرد سازمان وجود داشته باشد.

گست[1] (۱۹۸۹) نیز بیان می‌کند به منظور مدیریت منابع انسانی راهبردی باید از یکپارچه‌سازی مدیریت منابع انسانی با برنامه‌ریزی راهبردی مطمین بود.

پاتریک اکونگ دیما در سال ۲۰۱۰ ، شیوه‌های راهبردی منابع انسانی و تاثیرآن بر عملکرد را مورد بررسی قرار دادند.

آریف هارتونو در سال ۲۰۱۰ ، نقش مدیریت منابع انسانی راهبردی را در بافت و فضای کشور اندونزی بررسی می‌کند.

مودی(۱۹۸۳) کسی بود که کاربرد مدل‌های نظام‌مند را در فعالیت‌های منابع انسانی و نشان می‌دهد که چگونه این مدل که شامل درون‌داد فرآیند و برون‌داد است به ساختاردهی سازمان و کنترل رفتار کارکنان کمک می‌کند.

رایت و اسنل(۱۹۹۱) از نظام‌ها باز برای ایجاد راهبرد منابع انسانی استفاده کرد.

سعیده امیدی در سال ۱۳۸۴ به بررسی توسعه راهبردی منابع انسانی با استفاده از نقاط مرجع راهبردی پرداخته است.

سید محمد اعرابی و علیرضا مقدم در سال ۱۳۸۷ در مقاله‌ای به بررسی رابطه میان راهبرد منابع انسانی و راهبرد کسب و کار در یک کارخانه تولیدکننده دستمال کاغذی در ایران، با در نظرگرفتن تاثیر فرهنگ سازمانی بر تدوین این راهبردها، پرداخت.

تعریف مدیریت راهبردی منابع انسانی

واژه استراتژی (راهبرد) از لغت یونانی استراتژیا گرفته شده که در حدود ۴۰۰ سال پیش از میلاد به کار رفته و به هنر و علم هدایت نیروهای نظامی گفته شده است. بروس هندرسون صاحب نظر برجسته و موسس گروه مشاوران بوستون، راهبرد را این گونه تعریف می‌کند: ایجاد یک مزیت منحصر به فرد برای تمایز سازمان از رقبا؛ و اساس کار را مدیریت این تمایز می‌داند. لزوم نگاه راهبردی به منابع انسانی نیز موضوعی انکارناپذیر است که با تحولات محیطی بر اهمیت آن افزوده می‌شود.

از مدیریت راهبردی منابع انسانی تعریف‌های متعددی وجود دارد که در ادامه به بعضی از آن‌ها اشاره شده است:

• الگوی برنامه‌ریزی شده منابع انسانی برای دست‌یابی به اهداف سازمان (آیاندا و همکاران ،۲۰۱۱).

• مدیریت راهبردی منابع انسانی عبارتست از مرتبط ساختن مدیریت منابع انسانی با هدف‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت راهبردی برای بهبود عملکرد سازمان، و ایجاد فرهنگ سازمانی که بتوان انعطاف‌پذیری و خلاقیت را تقویت کرد (تراس و گراتون[2]، ۲۰۰۸).

• مدیریت راهبردی منابع انسانی عبارت است از استفاده از منابع انسانی به صورتی برنامه‌ریزی شده و انجام کارها با هدف قادر ساختن سازمان برای تأمین هدف‌های مورد نظر (رایت و همکاران، ۲۰۰۵).

• هماهنگی بین مدیریت منابع انسانی با راهبرد کسب و کار (واکر[3]، ۱۹۹۲) .

• الگوی برنامه‌ریزی شده جهت تحقق اهداف سازمان (مک ماهان، ۱۹۹۹) .

• مدیریت منابع انسانی راهبردی عبارت است از تعیین اهداف و آرمان‌های بلندمدت و اساسی و پذیرش مجموعه‌ای از اقدامات و تخصیص منابع برای حصول به این اهداف و آرمان‌هاست (آرمسترانگ، ۱۳۹۰).

• مدیریت راهبردی منابع انسانی عبارتست از دور اندیشی فراگیر، نوآور و تحول‌گرایی سازمان یافته در تامین منابع انسانی سازمان، پرورش و بهسازی آن، تامین کیفیت زندگی کاری برای آن و بالاخره به‌کارگیری بجا و موثر این منبع راهبردی با شناخت و اعمال جنبه‌های تاثیرپذیری و تاثیرگذاری محیط درون سازمانی و برون سازمانی در راستای تبیین راهبردها، به منظور تحقق رسالت و هدف‌های سازمان (میرسپاسی، ۱۳۸۱).

علاوه بر تعاریف ذکر شده، کامزی و احمد[4](۲۰۰۱) در تعریف مدیریت راهبردی منابع انسانی ابتدا آن را به چند دسته تقسیم

1. Guest 2. Truss and Gratton 3. Walker 4. Kazmi and Ahmad

کرده و تعریف می‌کنند: رویکرد راهبردمحور، رویکرد تصمیم‌محور، رویکرد محتوایی و رویکرد اجرایی، رویکرد راهبردمحور: طبق رویکرد راهبردمحور مدیریت منابع انسانی بخاطر محتوا و اجزا با راهبرد ارتباط دارد (ماتیز و جکسون[1]، ۱۹۸۵).

رویکرد تصمیم‌محور: طبق رویکرد تصمیم‌محور مدیریت راهبردی منابع انسانی در سه سطح مدیریت، عملیاتی و راهبردی قرار می‌گیرد (دوانا و همکاران[2]، ۱۹۸۱).

رویکرد محتوایی: طبق این رویکرد مدیریت راهبردی منابع انسانی وقتی ظهور می-یابد که با راهبرد سازمان هماهنگ شود (هال، ۱۹۹۵).

رویکرد اجرایی: در این رویکرد نظام مدیریت منابع انسانی به تدوین و اجرای راهبرد سازمان کمک می‌کند (مایلز و اسنو، ۱۹۸۴).

در مجموع مدیریت راهبردی منابع انسانی دربردارنده چهار مفهوم است که هندی و پتیگرو (۱۹۸۶) آن را در قالب زیر بیان کرده است:

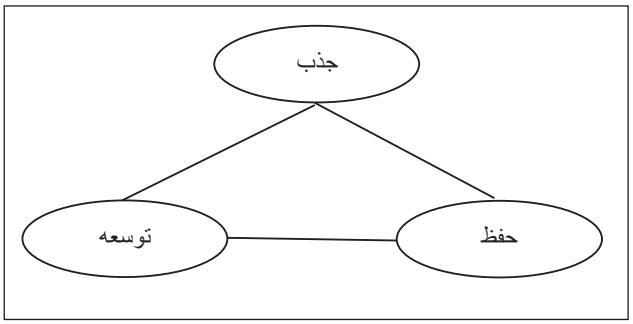
- استفاده از برنامه‌ریزی
- رویکردی یکپارچه به طراحی و مدیریت نظام‌های پرسنلی مبتنی بر رویه-های استخدامی و راهبرد نیروی کار که اغلب دارای فلسفه‌ای هستند.
- هماهنگ‌سازی فعالیت‌ها و سیاست‌های مدیریت منابع انسانی با راهبرد کسب و کار تعیین شده
- نگریستن به کارکنان به مثابه «منبعی راهبردی» به منظور کسب «مزیت رقابتی» (آرمسترانگ، ۱۳۹۰)

اهمیت مدیریت راهبردی منابع انسانی

چشم‌انداز کسب و کارهای امروزی، باعث تغییر گرایش از سوی منابع فیزیکی و قابل لمس به سوی منابع دانشی و غیرقابل لمس شده است. از آنجائی‌که در این سازمان‌ها دانش به عنوان محرک اصلی عملکرد سازمان‌ها شناخته شده، از این رو مدیران به روش‌های مختلف مدیریتی برای شناسایی و استفاده از آن‌ها نیاز دارند. مدیریت منابع‌انسانی به عنوان ابزاری مفید در شناسایی منابع و توانایی‌های فکری، از طریق حمایت از فرآیندهای کارآ و اثربخش برای ایجاد خلاقیت در سازمان ضروری است (مستقفیر،۲۰۱۴). فعالیت‌های مدیریت منابع انسانی از دیگر فعالیت‌های مدیران در سازمان حمایت کرده و به آن‌ها در جهت دست یابی به اهداف راهبردی کمک می‌کند. فعالیت مدیریت منابع انسانی به عنوان فعالیت حمایتی در زنجیره ارزشی سازمان محسوب شده (مستقفیر،۲۰۱۴) و عملکرد آن‌ها باعث ایجاد ارزش، تعیین استانداردهای کیفی، افزایش نرخ بهره‌وری، افزایش رضایت مشتریان، کاهش هزینه‌های سوددهی می‌شود (کاسیو[3]، ۲۰۱۲).

اهداف مدیریت راهبردی منابع انسانی

مدیریت منابع انسانی در چند دهه اخیر به دلیل اینکه سرمایه‌های انسانی منبع مزیت رقابتی بوده و فعالیت‌های مدیریت منابع انسانی تاثیر مستقیمی بر سرمایه‌های انسانی و شرکت دارد؛ مهم شده است. ماهیت پیچیده فعالیت‌های مدیریت منابع انسانی و غیرتقلید بودن این نظام اهمیت آن را افزایش داده است. به تبع آن راهبردهای منابع انسانی نیز مورد توجه قرار گرفته و هدف از آن ایجاد مخزن سرمایه-های انسانی است (اورلاندو و همکاران[4]، ۲۰۱۰). علاوه بر آن جذب، حفظ و توسعه منابع انسانی، جهت اطمینان از این که سازمان به‌طور کارا و اثربخش به اهداف و چشم اندازهای خود خواهد رسید؛ از جمله اهداف اصلی مدیریت راهبردی منابع انسانی است.



شکل۱- اهداف مدیریت راهبردی (مستقفیر، ۲۰۱۴)

1. Mathis and Jackson 2. Devanna 3. Cascio 4. Orlando

هدف اساسی مدیریت منابع انسانی راهبردی خلق قابلیت راهبردی از طریق تضمین این نکته است که سازمان از کارکنان ماهر، متعهد و با انگیزه برای تلاش در راستای دستیابی به مزیت رقابتی پایدار برخوردار است. هدف از این، ایجاد حس هدف‌مند و جهت‌دار بودن در محیط‌های غالبا پرتلاطم است (فریس و همکاران، ۱۹۹۲).

اهداف مدیریت راهبردی را می‌توان در قالب زیر بیان کرد:

- معرفی و تشویق افراد به یادگیری جهت افزایش توانایی
- سازگاری مهارت‌های افراد با نیازهای سازمان
- شناسایی دانش مورد نیاز برای دست یابی به اهداف سازمان
- ایجاد رضایت در مشتریان
- کسب و توسعه ظرفیت‌های فکری
- تعریف رفتارهای مورد نیاز برای موفقیت سازمان
- تشویق و پاداش‌دهی به رفتارهای ارزشمند
- مشارکت افراد در سازمان
- ایجاد تعهد در افراد برای رسیدن به چشم‌اندازها و ماموریت‌های سازمان (کالیشکان[1]، ۲۰۱۰).

مزایای مدیریت راهبردی منابع انسانی

امروزه مدیران و محققان هر روز بیش از پیش در می‌یابند مزیت رقابتی پایدار شرکت، از منابع کمیاب و با ارزشی چون اطلاعات، دانش و رویه‌های سازمانی که به طور کامل تقلیدشدنی نیستند، سرچشمه می‌گیرد (ژائو[2]، ۲۰۱۲). مدیریت راهبردی منابع انسانی نیز به دلیل نقشی که در ایجاد مزیت رقابتی پایدار دارد بیش از پیش مهم شده به‌طوری‌که بیشتر از نیمی از سازمان‌ها از طریق استفاده از راهبردهای منابع انسانی به ظرفیت‌های جدید دست یافته‌اند (همتی و همکاران، ۲۰۱۲).

- مشارکت در انجام اهداف سازمانی و بقای شرکت
- حمایت از راهبرد کسب و کار و اجرای موفقیت‌آمیز آن
- ایجاد و حفظ مزیت رقابتی برای سازمان
- توسعه مسولیت‌پذیری و افزایش توان بالقوه خلاقیت سازمان
- بهبود ارتباط بین واحد منابع انسانی و مدیران عملیاتی، از جمله مزایای مدیریت راهبردی منابع انسانی برای سازمان‌ها است (کالیشکان، ۲۰۱۰).

رویکردهای مدیریت راهبردی منابع انسانی

افزایش رقابت جهانی، اقدام‌هایی که در دهه ۱۹۸۰ برای کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت انجام شد، مدیریت واحد منابع انسانی با را با دو مسئله مواجه کرد. واحد منابع انسانی (واحد کارگزینی) از زمان پیدایش، مشروعیت خود را بر این اساس قرار داده بود که برای فناوری اصلی سازمان همانند یک سپر عمل کند که از تقویت پدیده‌های تردیدآمیز که مانع همگونی نیروی کار می‌شود، جلوگیری کند و سپری در برابر بازارکار ناپایدار و جنبش ستیزه‌جوی اتحادیه کارگری باشد. دراین دهه، مدیران علاقه زیادی به منشا این پدیده‌های تردیدآمیز نداشتند و بیشتر توجه خود را به مسئله کیفیت، انعطاف‌پذیری و شایستگی‌های منحصربه‌فرد معطوف کردند. در واقع در سال‌های نخستین دهه ۱۹۸۰ مدیریت راهبردی منابع انسانی و طرح فرهنگ قوی سازمانی در کانون توجه تعداد زیادی از مشاوران ذی‌نفوذ مدیریت و پژوهشگران روش‌های کاربردی قرار گرفت (افجه و اسماعیل زاده، ۱۳۸۸) و اکثر محققان یکی از موضوعات پر اهمیت دهه ۱۹۸۰ را توسعه مدیریت راهبردی منابع انسانی می‌دانند. این مفهوم اندکی پس از توسعهٔ مفهوم مدیریت منابع انسانی در آمریکا و در اواخر دههٔ ۱۹۶۰ و اوایل دههٔ ۱۹۷۰ مطرح شد که ابتدا در کارهای آکادمیک در ایالات متحده در دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ توسعه یافته و از آن زمان به بعد، در جهان کسب وکار به صورت فزاینده‌ای به کار گرفته شده (برستر[3]، ۱۹۹۴) و از نگاه رویکردهای مختلف بحث می‌شود:

رویکردهای مربوط به راهبردهای منابع انسانی در دو سطح راهبردی و غیرراهبردی مورد بررسی قرار می‌گیرند. رویکردهای راهبردی، بیانگر اتخاذ تصمیمات فعالانه و راهبردی در خصوص

1. ÇALIŞKAN 2. Zhao 3. Brewster

فعالیت‌های منابع انسانی می‌باشد. هر یک از این رویکردها برمبنای منطق عقلایی خود، تشریح می‌کنند که راهبر ها و عملیات مدیریت منابع انسانی می‌بایست به منظور تحقق اهداف راهبردی سازمان دارای چه ویژگی‌هایی باشد و چگونه اجرا گردند. اگر چه در نگاه اول چنین بنظر می‌رسد که این رویکردها به خوبی قادرند موجبات شناخت و پیش‌بینی همسویی اقدامات مدیریت منابع انسانی با راستای راهبردی سازمان فراهم آورند، اما همه می‌دانیم که تمامی اقدامات مدیریت منابع انسانی با یکدیگر هماهنگ نیستند و یا اینکه همگی در جهت هدف راهبردی سازمان عمل نمی‌کنند. بنابراین، برای دستیابی به یک شناخت جامع، رویکردهای غیرراهبردی (رویکردهای وابستگی منابع و نهادگرایی) نیز باید مورد توجه قرارگیرند. با بهره‌گیری از رویکردهای غیرراهبردی می‌توانیم دریابیم که راهبرد و اقدامات منابع انسانی گاهی تحت تأثیر فشارهای نهادی و سیاسی عمل می‌نمایند. در ادامه به تشریح چهار رویکرد راهبردی شامل نگرش مبتنی بر منابع، نگرش رفتاری، نگرش سایبرنتیک و نگرش کارگزار/هزینه مبادله پرداخته می شود.(صیادی و محمدی، ۱۳۸۸).

رویکرد اول: دیدگاه مبتنی بر منابع شرکت

در دیدگاه مبتنی بر منابع شرکت به جای توجه به مزیت رقابتی در بیرون سازمان در درون سازمان به دنبال ایجاد مزیت رقابتی منحصر به فرد برای سازمان است. رویکرد مبتنی بر منابع در خلق مزیت رقابتی سازمان، متفاوت از پارادایم‌های سنتی راهبرد است. در این رویکرد ارتباط و پیوند میان راهبرد و منابع داخلی شرکت مورد توجه و تأکید قرار گرفته است؛ درحالی که پارادایم سنتی و گذشتهٔ راهبرد، بیشتر بر محیط خارجی صنعت تمرکز داشته‌اند (رسولی و همکاران، ۱۳۹۳).

هدف اصلی راهبرد منابع انسانی منبع محور آن گونه که بارنی (۱۹۹۱) ذکر می-کند خلق شایستگی راهبردی است یا به عبارتی ایجاد هماهنگی راهبردی میان منابع و فرصت‌ها و خلق ارزش افزوده به واسطه به کارگیری اثربخش منابع. رویکرد منبع-محور مبتنی بر این باور است که مزیت رقابتی در صورتی به دست خواهد آمد که سازمان بتواند منابع انسانی مورد نیاز خود را جذب و طوری آن‌ها را پرورش بدهد که در یادگیری از رقبا و این که آموخته‌های خود را با سرعتی بیش از آن‌ها به شکلی اثربخش عملی کند توانمند سازد (آرمسترانگ، ۱۳۹۰).

رویکرد دوم: دیدگاه رفتاری

این نظریه بر رفتارهای کارکنان به عنوان عامل میانجی بین «راهبرد سازمان» و «عملکرد شرکت» تمرکز و تأکید می‌کند. فرض اساسی این نظریه مبنی بر این است که هدف اقدامات گوناگون مدیریت منابع انسانی شکل دادن و کنترل نگرها و رفتارهای کارکنان است. نگرش‌ها و رفتارهای خاص کارکنان سازمان زمانی واجد اثربخشی مناسب است که بر اساس ویژگی‌های خاص سازمان، هماهنگ با راهبرد سازمان شکل بگیرند (رویکرد اقتضایی) (رسولی و همکاران، ۱۳۹۳).

رویکرد سوم: دیدگاه هزینه‌ای (مبادله نمایندگی)

مفهوم مبادله به عنوان ابزاری در کنترل رفتار کارکنان است. این رویکرد می کوشد تا مجموعه عوامل محیطی را معرفی کند که با یکدیگر و همراه با مجموعه ای از عوامل انسانی، توضیح می دهند چرا سازمان ها درصدد درونی ساختن مبادلات به عنوان ابزاری برای کاهش هزین های همراه با این مبادلات هستند. در این رویکرد دو عامل انسانی عقلانیت محدود و فرصت طلبی موانع عمده مبادله انسان معرفی می شوند (رسولی و همکاران، ۱۳۹۳).

رویکرد چهارم: دیدگاه سامانه‌های سایبرنتیک

رویکرد سامانه‌های سایبرنتیک مبتنی بر مدل‌های سامانه‌های عمومی است. در این مدل سازمان‌ها جریانی از درونداد، میانداد و برونداد توصیف می‌شوند که در تعامل و مبادلهٔ مستمر با محیط

خویش هستند (رسولی و همکاران، ۱۳۹۳).

نقش رویکرد سامانه‌ای در همسوسازی راهبرد مدیریت منابع انسانی و راهبرد سازمان

بر اساس این رویکرد، سازمان ها سامانه هایی باز بوده که با محیط خود در تعامل می باشند. مووودی یکی از اولین محققینی بود که الگوی سامانه ها را برای راهبردهای منابع انسانی به کار«داده- فرایند- ستاده» گرفت. وی با بهره گیری از الگویِ تامپسون در زمینه چگونگی ساختار سازمان ها و کنترل رفتار، به تشریح راهبردهای کاهش ترک خدمت پرداخت. به طریق مشابه، بیلویی نیز در تحقیق خود به این رویکرد در مدیریت منابع انسانی اشاره کرده و آن را مجموعه ای از درونداد، فرآیند و برونداد می‌داند.

درو داد سامانه مدیریت منابع انسانی: منابع مالی، منابع انسانی، فناوری، اطلاعات و ارزش‌ها .

فرایند عملیات و اقدامات در سامانه مدیریت منابع انسانی، در چهار زیر مجموعه به این گونه تقسیم‌بندی می‌شود:

نظام جذب، تامین وتعدیل منابع انسانی

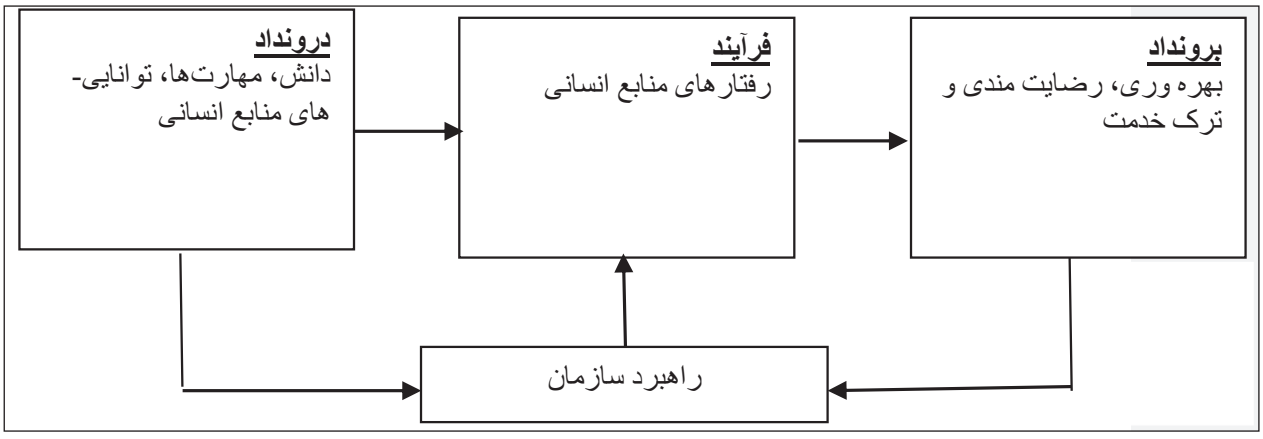
نظام پرورش و آموزش و یا به تعبیر کلی به‌سازی منابع انسانی

نظام حفظ و نگهداری منابع انسانی؛

نظام بکارگیری و استفاده موثر از منابع انسانی

خروجی: هدف‌های سامانه مدیریت منابع انسانی متاثر از هدف‌های راهبردی هر موسسه بوده، متناسب با این هدف‌ها تامین منابع انسانی نخستین انتظار سازمان از این سامانه است که در واقع این اقدام به طورعمده در جهت تامین منافع سازمان صورت می گیرد. افرادی که در سازمان‌ها استخدام می‌شوند نیز به طور عمده در جهت تحقق هدف‌ها و تامین منافع شخصی خود مبادرت به کاریابی و انتخاب کار می‌کنند . بنابراین از هر نظام مدیریت منابع انسانی انتظار می‌رود که درعین توجه به منافع سازمان، منافع کارکنان را نیز در فرایند تصمیم‌گیری‌های راهبردی ملحوظ دارند (بیلویی،۱۳۹۰).

با توجه به تحقیقات انجام شده مدل مفهومی تحقیق به صورت شکل زیر بوده که نقش رویکرد نظام‌مند را در همسویی بین راهبرد سازمان و مدیریت منابع انسانی نشان می‌دهد. در این رویکرد جهت همسوسازی راهبرد سازمان با راهبرد مدیریت منابع انسانی باید بین دروندادهای مدیریت منابع انسانی و راهبرد سازمان همسویی برقرار شود که از آن جمله می‌توان به همسویی راهبرد - ویژگی‌ها و مهارت‌های کارکنان، همسویی راهبرد - رفتار کارکنان و همسویی راهبرد - اقدامات منابع انسانی اشاره کرد.



شکل۲- مدل مفهومی پژوهش (صیادی و محمدی، ۱۳۸۸)

همسویی راهبرد - ویژگی‌ها و مهارت‌های کارکنان

پژوهشگران چندی به مطالعهٔ هم‌ردیفی میان راهبرد شرکت با مهارت‌ها و ویژگی-های کارکنان سازمان پرداخته‌اند. برای مثال تجویزهای بسیاری در مورد شباهتِ ویژگی‌ها و مهارت‌های مدیران ارشد اجرایی و مدیران عمومی ارائه شده است. این نوع همردیفی بر این فرض اساسی مبتنی است که برای عملکرد اثربخش، راهبردهای مختلف نیازمند کارکنانی با ویژگی‌های متفاوت هستند .علاوه بر آن، در بسیاری از کارهای تجربی، پژوهشگران همردیفی راهبرد رقابتی سازمان را با مهارت‌های خاص کارکنان آزموده‌اند (دیوان دری و همکاران، ۱۳۹۳). برای مثال، بانتل و جکسون(۱۹۸۹) و هیل(۲۰۰۷) هماهنگی و تناسب میان ویژگی‌های مدیریتی انواع گوناگون راهبردها را روشن کرده‌اند.

همسویی راهبرد- رفتار کارکنان

پژوهشگران حوزهٔ مدیریت راهبردی منابع انسانی، انطباق میان راهبرد شرکت و انواع رفتارهایی که از کارکنان به نمایش گذارده می‌شود را بررسی کرده‌اند. برای مثال، فرض اساسی شولر و جکسون مبتنی بر دیدگاه رفتاری این است که «راهبردهای متفاوت، نقش‌های رفتاری متفاوتی را طلب می‌کنند». محققان حوزهٔ مدیریت راهبردی منابع انسانی بر مفهوم همردیفی در این حوزه بسیار تکیه کرده‌اند و این ارتباطات همردیفی، شامل سطح عمومی متغیرهای مدیریت منابع انسانی، یعنی اقدامات مدیریت منابع انسانی، مهارت‌های کارکنان و رفتارهای کارکنان بوده است. رایت و اسنل با مرور پژوهش‌ها و آثار ارائه شده در این حوزه، مدل مفهومی مدیریت راهبردی منابع انسانی را مبتنی بر همردیفی متغیرها و فرایندها، ارائه کردند. در مدل مفهومی رایت و اسنل در مدیریت راهبردی منابع انسانی، همردیفی ابزاری است که شرکت به وسیلهٔ آن، هماهنگی و همسویی میان اقدامات مدیریت منابع انسانی، مهارت‌های کارکنان و رفتارهای کارکنان را با نیازهای رقابتی کسب وکار خود جست وجو می‌کند (دیوان دری و همکاران، ۱۳۹۳).

همسوسازی راهبرد – اقدامات منابع انسانی

به منظور تبیین اثربخش راهبردهای منابع انسانی، هیوسلید، جکسون، و شولر (۱۹۹۷) بیان می‌کنند که راهبرد منابع انسانی بایستی با راهبرد سازمان همراستا شده تا بتواند بیشترین اثربخشی را برای سازمان به وجود بیاورد. از این رو همسوسازی راهبرد ضرورت اجتناب‌ناپذیر در سازگاری میان راهبرد سازمان و منابع انسانی است. همسوسازی راهبرد مدیریت منابع انسانی اشاره به درگیری مدیریت منابع انسانی درتدوین و اجرای راهبرد سازمان دارد (آیاندا و همکاران، ۲۰۱۱).

همسوسازی راهبرد مدیریت منابع انسانی با راهبرد سازمان موضوعی است که اخیرا توسط محققان مختلف مورد توجه قرار گرفته و بعضی شواهد نشان‌دهنده این است که تاثیر مدیریت منابع انسانی بر عملکرد شرکت وقتی اتفاق می‌افتد که فعالیت‌های منابع انسانی بطور راهبردی باهم متجانس شوند.

میلر[1] (۲۰۰۶) بیان می‌کند که راهبردهای منابع انسانی باید با راهبرد شرکت همسو شوند. به منظور همسوسازی بهتر، فعالیت‌های منابع انسانی باید با دیگر فعالیت‌های سازمان هماهنگ و هم‌گام باشد.

هندری[2] (۱۹۸۶) بیان کرد که باید هماهنگی بین فعالیت‌ها و سیاست‌های مدیریت منابع انسانی و راهبرد سازمان وجود داشته باشد.

گست[3] (۱۹۸۹) نیز بیان می‌کند به منظور مدیریت منابع انسانی راهبردی باید از یکپارچه‌سازی مدیریت منابع انسانی با برنامه‌ریزی راهبردی مطمئن بود.

یک تعداد از محققان دیگر نیز بیان کردند که یکپارچه‌سازی نظام‌های منابع انسانی و سازمان از طریق همسوسازی راهبرد سازمان و منابع انسانی باید صورت گرفته (چادویک[4]،۲۰۰۵) و نظام‌های منابع انسانی باید با تمام راهبردهای سازمان همسو شوند

1. Miller 2. Hendry 3. Guest 4. Chadwick

(تایسون[1]، ۱۹۸۷). وقتی واحد مدیریت منابع انسانی با تدابیری عملکرد کل سازمان را با عملکرد تک تک افراد پیوند می‌زند و عملکرد فرد را با کل سازمان همسو می‌کند. راهبردهای سازمان تحقق می‌یابد. هم‌چنان که شکل زیر نشان می‌دهد یکی از وظایف مدیران منابع انسانی همسوسازی راهبرد منابع انسانی با راهبرد سازمان است (قلی پور، ۱۳۹۰).

شکل۳- همسوسازی راهبرد مدیریت منابع انسانی و سازمان(قلی پور، ۱۳۹۰)

جهت همسوسازی راهبرد مدیریت منابع انسانی با راهبرد کسب و کار یک راهبرد مدون مدیریت منابع انسانی لازم است که از طریق آن به مدیریت منابع انسانی اختیار تصمیم‌گیری داده شود (آیاندا و همکاران، ۲۰۱۱). راهبرد مدون منابع انسانی به ایجاد چشم‌انداز مدیریت منابع انسانی کمک کرده (همتی و همکاران، ۲۰۱۲) و از طریق آن باعث تناسب عمودی و افقی راهبردها می‌شود. تناسب عمودی به همسوسازی نظام منابع انسانی با راهبرد کسب و کار اشاره دارد (دوانا و همکاران، ۱۹۸۴) در حالی‌که تناسب افقی به همسوسازی نظام‌های مختلف منابع انسانی با یکدیگر اشاره دارد. به گفته استیلز و تراس[2](۱۹۹۹) این نوع تناسب باعث ایجاد ارتباط بین فرآیندهای درونی می‌شود.

عوامل تسهیل کننده همسویی راهبرد–اقدامات منابع انسانی

با استفاده از این رویکرد، دو نوع مسئولیت کلی برای مدیریت راهبردی منابع انسانی جهت همسوسازی با راهبرد سازمان وجود دارد: مدیریت شایستگی و مدیریت رفتار به اعتقاد رایت و اسنل، مدیریت شایستگی عبارت است از اتخاذ مجموعه راهبردها و اقداماتی که مهارت‌های مورد نیاز برای اجرای راهبردهای سازمان را تضمین می‌دهد، این امر شامل شناسایی، جذب، گزینش، به کارگماری و به‌کارگیری کارکنانی است که از دانش، مهارت‌ها و توانمندی‌های لازم برای اجرای راهبردهای سازمان برخوردارند . آنها چهار راهبرد را برای مدیریت شایستگی ارائه نمودند:

اکتساب شایستگی: عبارت است از فعالیت‌هایی از قبیل گزینش و آموزش که تضمین می‌دهد افراد ازشایستگی‌های لازم برخوردارند.

بهره‌برداری از شایستگی: عبارت است از فعالیت‌هایی که به منظور بهره‌برداری از مهارت‌های پنهان و یا مهارت‌هایی که تحت راهبرد قبلی سازمان غیرضروری پنداشته شده بودند، برداشته می‌شود.

حفظ شایستگی: عبارت است از فعالیت‌هایی که به منظور نگهداری از شایستگی‌های مختلف سازمان از طریق کاهش ترک خدمت و آموزش مستمر، انجام می‌پذیرد.

حذف شایستگی: شامل کلیه فعالیت‌هایی است که در جهت حذف شایستگی‌هایی که به هیچ وجه برای راهبرد سازمان ضروری نیستند، اعمال می‌گردد (صیادی و محمدی، ۱۳۸۸).

از سوی دیگر، مدیریت رفتار تضمین می‌دهد افرادی که اکنون

1. Tyson 2. Stiles and Truss

با توجه به شایستگی‌هایشان در سازمان هستند، در راستای راهبرد سازمان فعالیت می‌کنند. مانند رویکرد رفتاری، رایت و اسنل از دو راهبرد مدیریت رفتار سخن به میان آوردند:

- کنترل رفتار، شامل فعالیت هایی از قبیل ارزشیابی عملکرد و نظام پاداش است که تضمین می‌دهد رفتارکارکنان در جهت اهداف سازمان است.

- هماهنگی، شامل فعالیت‌هایی نظیر ارزیابی و بهبود سازمانی بوده که به منظور ایجاد همسوئی بین رفتار افراد با راهبرد سازمان صورت می‌گیرد.

تمرکز عمده مدل رایت و اسنل بر ایجاد هماهنگی بین خرده فعالیت‌های راهبردهای منابع انسانی از قبیل گزینش، ارزشیابی، جبران خدمات کارکنان و آموزش بود .این نویسندگان متذکر شدند که رویکرد سامانه باز نسبت به مدیریت راهبردی منابع انسانی مستلزم آن است که به جای برخی کارکردها (از قبیل پاداش)، تمامی کارکردهای منابع انسانی در راستای راهبرد سازمان باشند (صیادی و محمدی، ۱۳۸۸).

تاثیر راهبرد منابع انسانی بر عملکردهای سازمان

نقش راهبردهای منابع انسانی در موفقیت سازمان یک امر بدیهی بوده (همتی و همکاران، ۲۰۱۲)، به همین دلیل توسط محققان مختلف مورد توجه قرار گرفته است:

فریس[1] (۱۹۹۰) از اولین کسانی بود که به بررسی این موضوع پرداخت که چگونه مدیریت اثربخش منابع انسانی در عملکرد سازمانی تاثیر دارد و در مطالعه ۲,۲۳۶ شرکت آمریکایی نشان داد که شرکت‌هایی که عملکرد بالایی دارند واحد منابع انسانی جداگانه‌ای دارند.

آرتور (۱۹۹۲): شرکت‌های دارای راهبرد تعهدبالا نسبت به شرکت‌های دارای راهبرد کنترل سطوح بسیار بالاتری از بهره‌وری و کیفیت داشتند (آرمسترانگ، ۱۳۹۰).

بکر و همکاران (۱۹۹۷) بیان می‌کنند نظام‌های دارای عملکرد بالا، مادامی که زیرساخت‌های مدیریتی نهادینه باشند، نقشی تاثیرگذار دارند.

هانگ[2] (۱۹۹۸) نیز در بررسی خود یافت که مدیریت راهبردی منابع انسانی با اخلاق سازمانی، عملکرد سازمانی، و کل سازمان ارتباط دارد.

گست و همکاران (۲۰۰۰) معتقدند استفاده بیش‌تر از عملکردهای منابع انسانی با سطوح بالای تعهد و مشارکت کارکنان و در نتیجه سطوح بالای بهره‌وری و کیفیت خدمات مرتبط بود.

دیوید و همکاران (۲۰۰۲) رابطه بین راهبرد منابع انسانی و منابع مالی شرکت را بررسی کردند. نتایج نشان داد که همه راهبردهای منابع انسانی بر عملکرد شرکت تاثیر دارد.

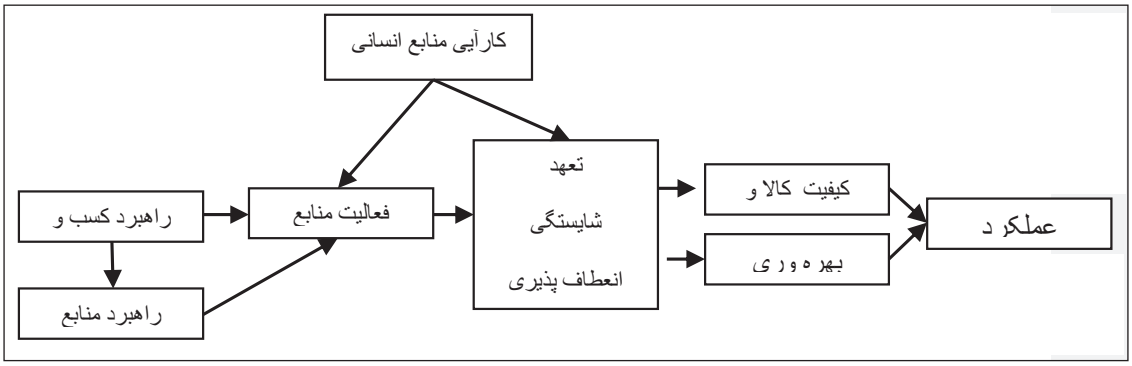
وای و جانسون[3] (۲۰۰۵) نتایج مدیریت منابع انسانی راهبردی را در قالب نتایج سازمانی و منابع انسانی بیان کرده به تاثیر آن هم در سازمان و هم در منابع انسانی تاکید می‌کنند.

سام[4] (۲۰۰۸) ۶۹ شرکت هندی را بررسی کرده و ارتباط فعالیت‌های منابع انسانی راهبردی در عملکرد شرکت را بیان کرد.

فعالیت‌های منابع انسانی از آنجایی‌که تاثیر زیادی بر عملکرد فرد داشته، بر عملکرد و بهره‌وری سازمان اثر دارد. افزایش بهره‌وری نیروی کار، ایجاد و افزایش تعهد کارکنان، تغییر انتظار مشتریان و ارباب رجوع در خصوص افزایش خدمات مناسب‌تر، افزایش نقش نیروی کار در تدوین و اجرای راهبردهای سازمانی، بخشی از نقش‌های در حال تغییر مدیریت راهبردی منابع انسانی است (حسن پور و عباسی، ۱۳۸۸). شکل زیر نیز نقش فعالیت‌های منابع انسانی در عملکرد سازمانی را نشان می‌دهد.

اقدامات منابع انسانی بر توانایی کارکنان شامل یادگیری و بالندگی و یا بر انگیزش کارکنان از طریق پاداش و شیوه‌های ارزشیابی تاثیر دارد. همچنین اقدامات منابع انسانی بر فرصت‌های کارکنان از جمله ایجاد فضای اعتماد و همکاری (پاستور و همکاران،۲۰۱۰)، افزایش بهره‌وری، انعطاف‌پذیری، موفقیت فردی و تعهد سازمانی

1. Ferris 2. Huang 3. Way and Johnson 4. Som



شکل ۴- نقش راهبرد های مدیریت منابع انسانی در عملکرد سازمان(آرمسترانگ، ۲۰۰۶)

جدول۱- حوزه عملکردی منابع انسانی و تاثیر آن بر عملکرد سازمان(کالیشکان، ۲۰۱۰).

حوزه عملکردی منابع انسانی	چگونگی تاثیر گذاری
جذب، توسعه و حفظ افراد با کیفیت بالا	هماهنگی افراد با راهبرد و عملیات سازمان جذب، توسعه و نگهداشت استعدادها تناسب بین فرهنگ سازمانی و نیازمندی‌های راهبردی سازمان
مدیریت استعداد	پیروزی در نبرد استعدادها رویارویی با نیازهای حال و آینده سازمان
طراحی شغل و کار	افزایش رضایت و انعطاف‌پذیری شغلی تامین افرادی که به کار خود علاقه مندند
یادگیری و توسعه	غنی سازی مهارت‌ها و توسعه سطح شایستگی مور نیاز برای محیط کار توسعه جو یادگیری، رشد و مربی گری
مدیریت دانش و سرمایه‌های فکری	تمرکز بر یادگیری فرد و سازمان فراهم سازی فرصت‌های یادگیری و تسهیم دانش
افزایش انگیزش، تعهد و درگیری نقش	توسعه جو همکاری و اعتماد تشویق افراد به هویت‌یابی خود با ارزش‌های سازمان و همکاری در دست‌یابی به اهداف سازمان
مدیریت با افراد با کیفیت بالا	تشویق افراد به نمایش رفتارهایی که با عملکرد بالای کسب و کار مرتبط هستند مانند خلاقیت، نوآوری، تسهیم دانش و ایجاد اعتماد بین مدیران و زیردستان
مدیریت پاداش	ایجاد انگیزه و تعهد، مشارکت در کار پاداش‌دهی به افراد بر اساس میزان همکاری در کار

(آبسار[1]و همکاران ، ۲۰۱۰)، خلاقیت و انعطاف‌پذیری، یکپارچگی زیاد، عملکرد رقابتی تاثیر دارد (مارکت و همکاران، ۲۰۰۹). جدول زیر حوزه عملکردی منابع انسانی و تاثیر آن بر عملکرد سازمان را نشان می‌دهد.

به منظور راهبرد های قوی در سازمان باید فعالیت¬های منابع انسانی نیز بهینه شود از این رو مدیریت اثر بخش راهبرد سازمان نیازمند منابع انسانی کارآ است.

1. Absar

نتیجه‌گیری

راهبرد سازمان نیازمند الزامات خاصی برای موفقیت است و به کارگیری اقدامات مناسب مدیریت منابع انسانی در سازمان، می تواند آن را تقویت کرده و در جهت دستیابی به عملکردی ممتاز، یاری رساند(کلهر و پرت،۲۰۰۳). مطالعات نشان می‌دهد سازمان‌هایی که راهبرد سازمان را با راهبرد منابع انسانی همراستا می‌کنند عملکرد بهتری خواهند داشت. فریس (۱۹۹۰) از اولین کسانی بود که به بررسی این موضوع پرداخت که چگونه مدیریت اثربخش منابع انسانی برعملکرد سازمانی تاثیر دارد و در مطالعه ۲,۲۳۶ شرکت آمریکایی نشان داد که شرکت‌هایی که عملکرد بالایی دارند واحد منابع انسانی جداگانه‌ای دارند. آرتور (۱۹۹۲) در مطالعه این موضوع، نشان داد که شرکت‌های دارای راهبرد تعهدبالا نسبت به شرکت‌های دارای راهبرد کنترل، سطوح بسیار بالاتری از بهره‌وری و کیفیت داشتند. سام (۲۰۰۸) شرکت هندی را بررسی کرده و ارتباط فعالیت‌های منابع انسانی راهبردی در عملکرد شرکت را بیان کرد. موودی نیز الگوی نظام‌های«داده‌فرایندستاده» را برای راهبردهای منابع انسانی به کارگرفته و به نقش آن در عملکرد سازمانی اشاره می‌کند. بر اساس این رویکرد، سازمان‌ها سامانه‌هایی باز با جریانی از درونداد، میانداد و برونداد هستند که با محیط خود در تعامل می‌باشند. از این رو جهت تعامل بهتر با محیط، نیازمند هماهنگی فعالیت‌های سازمانی و همسویی راهبردهای سازمان با راهبرد واحدهای مختلف، از جمله مدیریت منابع انسانی هستند.

طبق این رویکرد جهت همسوسازی راهبرد سازمان با راهبرد مدیریت منابع انسانی باید بین دروندادهای مدیریت منابع انسانی و راهبرد سازمان همسویی برقرار شده تا نتایج سازمانی اثربخش حاصل شود. از آن جمله می توان به همسویی راهبرد ویژگی‌ها و مهارت‌های کارکنان، همسویی راهبرد رفتار کارکنان و همسویی راهبرد اقدامات منابع انسانی اشاره کرد. این نوع همردیفی بر این فرض اساسی مبتنی است که برای عملکرد اثربخش، راهبردهای مختلف نیازمند کارکنانی با ویژگی‌های متفاوت و رفتار متفاوت است. این رویکرد از طریق به کارگیری راهبردهای مدیریت شایستگی و مدیریت رفتار بیشترین اثربخشی را برای سازمان به وجود می‌آورد.

با فرض این‌که امروزه سازمان‌ها مهم‌ترین مکان برای جذب، توسعه و حفظ منابع انسانی هستند، نتایج ارائه شده در اینجا می‌تواند برای توسعه یک روش‌شناسی اساسی جهت ایجاد مزیت رقابتی از طریق منابع انسانی مورد استفاده قرار بگیرد. بویژه برای سازمان‌های مختلف با توجه به نگرش ایجاد مزیت رقابتی که در قرن ۲۱ وجود دارد همسویی راهبرد سازمان با راهبرد مدیریت منابع انسانی نه تنها باعث افزایش بهره‌وری، انعطاف‌پذیری، موفقیت فردی، تعهد سازمانی، خلاقیت و انعطاف‌پذیری می‌شود، بلکه این همسویی یک همبستگی منطقی با پیشرفت‌های فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی ایجاد می‌کند. از این رو امید است سازمان‌ها به نقش رویکرد نظام‌مند در این همسویی توجه کرده و آن را مورد مطالعه و بررسی قرار دهند IRM

مراجع

۱- آرمسترانگ، م. (۱۳۹۰)، مديريت استراتژيک منابع انساني، ترجمه سيد محمد اعرابي، داود ايزدي، دفتر پژوهش هاي فرهنگي
۲- افجه، س و اسماعيل زاد، م. (۱۳۸۸)، بررسي رابطه بين مديريت استراتژيک منابع انساني و عملکرد شرکت‌ها، مجله مديريت توسعه و تحول(۲)، صص ۱۹-۹
۳- حسن پور، ا و عباسي، ط. (۱۳۸۸)، مديريت منابع انساني پيشرفته، چاپ اول، تهران، نشر يکان.
۴- ديواندری، ع، نظری،م، رضوی، س و امین، ف. (۱۳۹۳)، شناسایی و اولویت بندی عوامل مؤثر بر همسوسازی راهبر های تجاری و اقدامات

مدیریت منابع انسانی با رویکرد اقیانوس آبی با تکنیک الکتر، مدیریت صنعتی، دوره ۶، صص۳۰۲-۲۸۳

۵- رسولي، ر، ضماهني، م و شهرآئيني، س. (۱۳۹۳)، بررسي تأثير مديريت استراتژيک منابع انساني بر عملکرد مالي شرکت‌ها در بورس تهران، راهبرد مديريت مالي، سال دوم، شماره ۷، صص۵۷-۳۳

۶- صيادي، س و محمدی، م. (۱۳۸۸)، رويکرد نظري استراتژی منابع انساني ، فصلنامه مديريت، سال ششم، شماره ۱۳، صص ۵۵-۴۶

۷- قلی پور، آ(۱۳۹۰)، مدیریت منابع انسانی(مفاهیم، تئوری ها و کاربردها)،تهران: انتشارات سمت

۸- میرسپاسی، ا. (۱۳۸۱)، مدیریت راهبردک منابع انسانی و روابط کار، تهران، انتشارات میر

9- Absar, M. M. N., Nimalathasan, B., and Jilani, M. M. A. K. (2010). Impact of HR Practices

10- on Organizational Performance in Bangladesh. [Article]. International Journal of Business Insights and Transformation, 3(2), 15-19.

11- Armstrong, M. (2010). Armstrong's Essential Human Resource Management Practice: A Guide to People Management. London: Kogan Page Ltd.

12- Ayanda, Oladipo Jimoh and Sani, Danlami(2011), An Evaluation of Strategic Human Resource Management (SHRM) Practices in Nigerian Universities: The Impact of Ownership Type and Age, European Journal of Economics, Finance and Administrative Sciences, 1450-2275

13- Cascio, W. F. (2012). Managing human resources: Productivity, quality of work life, profits (9th ed.). New York, ny: McGraw-Hill Irwin.

14- C Brewster(1994): The integration of human resource management and corporate strategy.in: Policy and Practice in European Human Resource:74-83

15- ÇALIŞKAN, Esra NEMLİ(2010), The Impact of OF Strategic Human Resource Management on Organizational Performance, Journal of Naval Science and Engineering, Vol. 6 , No.2, pp. 100-116

16- Chadwick C (2005) Thevital role of strategic human resource management education, Human Resource Management Review15(3).

17- David, F. R. (2011). Strategic management. Pearson College.

18- Devanna, M.A., Fombrun, C. & Tichy, N. 1981. Human resource management: A strategic perspective. Organizational Dynamics, 9 (3): 51-68.

19- Ferris, G.R.; Buckley, M.R. & Allen, G.M. (1992). Promotion system's in organizations, Human Resource Planning, 15(3), pp. 47-68.

20- Guest, D. (1989), “Personnel and Human Resource Management: Can You Tell the Difference?” Personnel Management,Jan.

21- Hemmati, M and Gilani, N, Sadeghi Zadeh, M., Saderi, H. R (2012), The Role of Strategic Human Resource Management in Creation of Competitive Advantages (Case Study: A Commercial Organization in Malaysia), International Journal of Business and Social Science, Vol. 3 No. 16, pp. 225-238

22- Huang T. (1998). The Strategic Level of Human Resource Management and Organizational Performance: An Empirical Investigation, Asia Pacific Journal of Human Resources, 36(2): 59-72.

23. Kazmi, A. & Ahmad, F. (2001). Differing approaches to strategic human resource management, Journal of Management Research, 1 (3), pp.133-140.

24. Mathis, R. L. & J. H. Jackson. 1985. Personnel/Human Resource Management. New York: West Publishing.

25. McMahan, G.C.; Virick, M. & Wright, P.M. (1999). Alternative theoretical perspectives for strategic human resource management revisited: progress, problems and prospects, Research in Personnel and Human Resources Management, supplement, 4, pp.99–122.

26. Miller D (2006) Strategic human resource management stores.Journal of Retailing and Consumer Services 13, pp. 99-109.

27. Miles, R.E. & Snow, C.C. 1984. Designing strategic human resource management systems, Organizational Dynamics, 28 (3): 62-74.

28. Moustaghfir, Karim(2014). Strategic approaches to human resources management practice (pp. 105–124). Lublin, Poland: ToKnowPress.

29. Orlando C. Richard & Nancy Brown Johnson (2010), Strategic human resource management effectiveness and firm performance, The International Journal of Human Resource Management, 12:2, pp. 299-310

30. Pastor, I. M. P., Santana, M. P. P., and Sierra, C. M. (2010). Managing knowledge through human resource practices: empirical examination on the Spanish automotive industry.[Article]. International Journal of Human Resource Management, 21(13), pp. 2452-2467.

31. Som A. (2008). Innovative Human Resource management and Corporate performance in the Context of Economic Liberalization in India, Thunderbird International Business Review, 49(2), pp. 1-33.

32. Truss, C. and Gratton, L. (1994), "Strategic human resource management: a conceptual approach", International Journal of Human Resource Management, Vol. 5, pp. 663-86

33. Truss, C. and Gratton, L., (2008), Strategic Human Resource Management, The International Journal of HRM, 6(43), pp.47-56

34. Tysons (1987) Themanagement of the personnel function, Journal of Management studies24: 523.

35. Way, S. A., & Johnson, D. E. (2005). Theorizing about the impact of strategic human resource management, Human Resource Management Review, 15(1), pp.1−19.

36. Wright, P., Gardner, T., Moynihan, L., & Allen, M.(2005). "The relationship between HR practices and firm performance: examining causal order", Personnel Psychology Journal, 58(2), pp. 409-446.

37. Youndt, M., (2009), human resource management systems, intellectual capital and organizational performance, the Pennsylvania state university, college of business administration, doctoral thesis.

38. Zhao, J., Ordonez de Pablos, P. & Qi, Z. (2012). Enterprise knowledge management model based on China's practice and case

بررسی تأثیر قابلیت های زیست محیطی بر استراتژی و کارایی زیست محیطی: نقش میانجی قابلیت بازاریابی

Investigating the Impact of Environmental Capabilities on Strategies and Environmental Efficiency: The Mediating Role of Marketing Capabilities

چکیده:

هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیر قابلیت های زیست محیطی بر استراتژی و کارایی زیست محیطی با در نظر گرفتن نقش میانجی قابلیت بازاریابی می باشد. این پژوهش از منظر هدف، از نوع تحقیقات کاربردی است. از نظر روش در ردیف تحقیقات توصیفی قرار می گیرد. جامعۀ آماري این پژوهش، کلیه مدیران بازرگانی شرکت‌های تولیدی صنایع شیمیایی استان تهران است. همچنین از میان شرکت‌های فعال در زمینه مواد شیمیایی ۱۰ شرکت که عملکرد مناسب‌تری داشته‌اند بررسی شد و تعداد کل جامعه آماری ۵۵۰ مشخص گردیده است. حجم نمونه بر اساس جدول مورگان ۲۲۶ نفر برآورده شده است. در مورد مبانی نظری تحقیق، ابزار گرد آوری اطلاعات، استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای می باشد که از نوع ابزار بررسی مدارک سازمانی و اسناد ثانویه است و در مورد داده های آمار تحقیق، از ابزار پرسشنامه جهت شناسایی روابط بین متغیرهای تحقیق استفاده شد. ابزار مورد استفاده در این تحقیق، پرسشنامه‌های ۲۵ سوالی سونگ (۲۰۱۷) و مارتین و همکاران (۲۰۱۵) براساس طیف پنج تایی لیکرت است. روایی ابزار از طریق صوری و پایایی آن از طریق آلفای کرونباخ به دست آمد. در انتها با استفاده از روش مدلسازی معادلات ساختاری تجزیه و تحلیل انجام پذیرفت.

واژه‌های کلیدی: قابلیت های زیست محیطی، استراتژی زیست محیطی، کارایی زیست محیطی، قابلیت بازاریابی

نوع مقاله: پژوهشی

مهدی نصراللهی[۱*]، محمدرضا فتحی[۲]، سحر دهقان[۳]، علی صابری[۴]

۱- دکترای تخصصی. استادیار. استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران

۲- دکترای تخصصی، استادیار دانشکده مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

۳- کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی و کارشناس بنیاد مستضعفان تهران

۴- دکترای تخصصی. استادیار. استادیار دانشکده مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

*** عهده دار مکاتبات:**

m.nasrollahi@soc.ikiu.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۰۸

تاریخ بازنگری:۱۳۹۷/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲

مقدمه:

در محیط پیچیده، پویا و بسیار متغیر امروزی، شرکت‌ها نیازمند طراحی و اتخاذ استراتژی‌هایی هستند که بتوانند آنها را در بهبود روزافزون عملکردشان یاری رساند. زیرا در چنین محیط رقابتی شرکت‌هایی قادر به بقاء هستند که از گردونه رقابت جا نمانده و خود را با شرایط متغیر و پویای

بازار رقابتی همگام نمایند. به عبارت دیگر، مدیران شرکت‌ها، حاصل تصمیم‌گیری‌های خود را در قالب انتخاب استراتژی، در آیینه معیارهای عملکردی مشاهده خواهند نمود. تجزیه و تحلیل و مقایسه عملکرد مشاهده شده با روند گذشته، رقبا و یا متوسط صنعت، بازخورد مناسبی را جهت تصمیم‌گیری و انجام فعالیت‌های آتی فراهم می‌آورد. به همین دلیل یکی از مهم ترین اهداف تمامی شرکت‌ها در طول زمان، بهبود مستمر عملکرد بوده است. رویکردهای اخیر معمولاً بر روی نوآوری و نام تجاری به عنوان قابلیت‌های بازاریابی متمرکز شده‌اند (گیلمور و کارسون[1]، ۱۹۶۲). شاخص‌های دیگری نیز وجود دارند که به عنوان محرک‌های مهم برای عملکرد شرکت‌ها محسوب می‌شوند. با توجه به تحولاتی که امروزه در اداره سازمان‌ها و سامانه‌های تولیدی به وجود آمده، ابزارها و تکنیک‌های فراوانی توسعه یافته و به کار گرفته می‌شوند. علاوه بر آن شرکت‌ها باید نسبت به رقبا در ایجاد هماهنگی بین اعضای زنجیره و تجزیه و تحلیل بازار و پاسخ به نیازهای آن پیش دستی کنند و این مهم را می‌توانند با توسل به استراتژی های بازاریابی و قابلیت‌های آن انجام دهند. پژوهش‌های متعددی که طی چند دهه اخیر در خصوص کاربرد قابلیت‌های بازاریابی در شرکت‌های تولیدی انجام شده، اهمیت روز افزون کاربرد قابلیت های بازاریابی را آشکار می نماید و گویای این واقعیت است که قابلیت‌های بازاریابی کاربردی و مؤثر بوده و می‌توانند تأثیرات مثبتی در سطح شرکت‌ها ایجاد نمایند .تئوری منبع محور شرکت‌ها از منابع شرکت‌شان در جهت کسب مزیت رقابتی استفاده می‌نمایند. صنعتی شدن، مرحله ای جدایی ناپذیر از فرآیند رشد و توسعه اقتصادی کشورها به ویژه اقتصادهای در حال توسعه است. ولی بهره مندی از صنعتی شدن، می تواند مشکلات جدی همچون افزایش آلودگی و مشکلات زیست محیطی به همراه داشته باشد. به عبارت دیگر، اگر چه کشورها به دنبال افزایش تولید داخلی و رشد اقتصادی خود هستند، ولی رشد اقتصادی به خصوص در سطوح پایین تر توسعه یافتگی می تواند کیفیت محیط زیست را کاهش دهد. نگرانی درباره پیامدهای زیست محیطی و هزینه های آینده موجب شده است که دولت ها به منظور کاهش آلودگی و استفاده بهتر از منابع طبیعی، در پی طراحی و اجرای سیاست های سازگار با محیط زیست و منابع کارآمد شوند و نهاد عمومی مشخصی را مسئول امر حفاظت از محیط زیست قرار دهند. به همین دلیل، امروزه شاهد تصویب قوانین سختگیرانه در زمینه حفظ محیط زیست و هماهنگ کردن دیگر بخش های اقتصادی و اجتماعی با این بخش هستیم (عبدالهی و فریادی، ۱۳۸۹). فعالیت‌های اقتصادی اعم از فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و خدماتی، از یک سو از منابع طبیعی استفاده کرده و به آن ها وابسته اند و از سوی دیگر، ماهیت فرآیندشان به گونه ای است که بالقوه محیط زیست را آلوده می کنند. بنابراین، چنانچه به پیامدها و مسائل زیست محیطی انجام این گونه فعالیت ها توجه نشود، باید هزینه های کلانی برای رفع خسارت و ضایعات ناشی از عدم توجه به این موضوع پرداخت (ایمانی و احمدی، ۱۳۹۰). همچنین امروزه آلودگی محیط زیست مشکل اصلی کره زمین است که اگر به آن پرداخته نشود، می تواند به انقراض نوع بشر ختم شود. آلودگی هوا از جمله این آلودگی هاست که نیاز به توجه فوری دارد. گرم شدن زمین نیز از اثرات افزایش مقدار گازهای گلخانه ای موجود در هوا بوده و بیش تر مردم را با مشکلات شدید مواجه می کند. از این رو، اخذ تدبیر مناسب در مقیاس وسیع تکنولوژیک و تغییرات اجتماعی، مالی و سیاسی ضروری به نظر می رسد. مدیریت زنجیره تأمین یکی از فرآیندهایی است که برای در نظر گرفتن این مهم و اعمال آن در تمام فرآیندهای کاری در تمام سازمان ها، مؤثر است. مدیریت زنجیره تأمین، مدیریت و هماهنگی شبکه پیچیده ای از فعالیت های درگیر در ارائه محصول نهایی به مشتری است. فراتر از این تعریف، با افزودن کلمه سبز، مدیریت زنجیره تأمین سبز معرفی می شود (نیک نژاد، ۱۳۹۰). ایده مدیریت زنجیره تأمین سبز از بین بردن یا به حداقل رساندن ضایعات (انرژی، تولید گازهای گلخانه ای، شیمیایی/ خطرناک، مواد زائد جامد) در امتداد

1. Kilmar and Karson

زنجیره تأمین است (عاقله و حمیدی، ۱۳۹۵). از سویی دیگر، یکی از بخش‌های سازمانی که در سال‌های اخیر به موضوع پایداری محیط زیست اهمیت می دهد، بخش بازاریابی است. شاید کسی تصور نمی کرد که روزی بازاریابی علاوه بر سودآوری و فروش، نگران سلامت مصرف کننده نیز باشد، اما پویایی و رقابت شدید و افزایش نگرانی نسبت به محیط زیست و همچنین مقررات دولتی و افزایش آگاهی مصرف کنندگان، شرکت ها را بر آن داشته که در سلامت جسمانی، روانی و پاکیزگی محیط مصرف کنندگان نیز تأمل کنند (امیرشاهی و همکاران، ۱۳۹۲). تحقیقات پیشین، تأثیر مثبت یکپارچه سازی لجستیک (واکن و کلاسن[1]، ۲۰۰۶)، شیوه های زنجیره تأمین سبز خریدار و آمادگی زنجیره ی تأمین سبز عرضه کننده (لی[2]، ۲۰۰۸)، یکپارچه سازی برای مدیریت زنجیره تأمین سبز (وانگ[3] و همکاران، ۲۰۱۵)، محیط بازار رقابتی (هانگ[4] و همکاران، ۲۰۰۹) و قابلیت های عمومی خاص سازمانی را بر یک استراتژی زیست محیطی تأیید کردند. به علاوه، پژوهش های پیشین نشان دادند که گسترش تولید یکپارچه و هماهنگی زنجیره تأمین (هانگ و همکاران، ۲۰۰۹)، ابتکار زیست محیطی (رائو[5]، ۲۰۰۲)، سرمایه اجتماعی (لی، ۲۰۱۵) و سیاست تولید زیست محیطی (لی، ۲۰۱۲) دارای تأثیر مثبتی بر عملکرد زیست محیطی است. شرکت هایی که دارای قابلیت های زیست محیطی بالاتری هستند می توانند در داخل یک استراتژی زیست محیطی را بین بخش ها اجرا نمایند و به صورت خارجی یک استراتژی زیست محیطی مرتبط با تولیدکنندگان و مصرف کنندگان را از نظر مدیریت زنجیره تأمین سبز اجرایی نمایند. قابلیت های زیست محیطی باعثِ ایجاد ابهام پیچیدگی اجتماعی در رابطه با عملکرد می شوند. منابع ضمنی بر منابع انسانی یا بر پایه تکنولوژی متمرکز هستند (هارت، ۱۹۹۵). منابع، توسط کارکنانی که تجربه کسب می کنند و تکنولوژی را در طریق انجام کار چرخشی می آموزند، توسعه می‌یابد. با وجود نتایجی که بیان شد، محدودیت هایی برای اینگونه مطالعات وجود دارد. اول، مطالعات پیشین به صورت واضح قابلیت های زیست محیطی را توضیح نداده اند. منابعی که شرکت ها دارند، می تواند از نقطه نظرهای متفاوتی باشد. با این وجود، مطالعات پیشین، ویژگی های منابع را برای درک یک ماهیت طبقه بندی نکرده است و تأثیر آنها را بر یک استراتژی زیست محیطی تحلیل ننموده است. بنابراین، این تحقیق نیازمند تحلیل قابلیت های زیست محیطی و اثبات تأثیر آنها بر یک استراتژی زیست محیطی از دیدگاه منابع است. با عنایت به موارد پیش گفته، پژوهش حاضر در پی پاسخگویی به سوال اصلی تحقیق مبنی بر چگونگی تأثیر قابلیت های زیست محیطی بر استراتژی زیست محیطی و کارایی زیست محیطی با نقش میانجی قابلیت بازاریابی است. در ادامه اهداف تحقیق ارائه شده است.

- بررسی تأثیر قابلیت‌های زیست محیطی بر استراتژی زیست محیطی.
- بررسی تاثیر قابلیت‌های زیست محیطی بر کارایی زیست محیطی.
- بررسی تأثیر استراتژی زیست محیطی بر کارایی زیست محیطی.
- بررسی تأثیر قابلیت‌های زیست محیطی با نقش میانجی قابلیت بازاریابی بر استراتژی زیست محیطی.
- بررسی تأثیر قابلیت‌های زیست محیطی با نقش میانجی قابلیت بازاریابی بر کارایی زیست محیطی.

پیشینه پژوهش

قابلیت‌های بازاریابی را می‌توان سازمان و درک بازار و ارتباط با مشتری دانست (دی[6]، ۱۹۹۴). قابلیت‌های بازاریابی فرآیند یکپارچه‌ای است که در آن شرکت‌ها منابع محسوس و نامحسوس را برای آگاهی از پیچیدگی نیازهای خاص مشتریان، دستیابی به یک تمایز نسبی محصولات برای برتری رقابتی و در نهایت دستیابی به یک کیفیت برند برتر به کار می‌برند (سونگ[7]، ۱۹۹۴). قابلیت بازاریابی فرایندهای یکپارچه‌ای هستند که برای اعمال مهارت‌های

1. Vachon & Klassen 2. Lee 3. Wong 4. Hong 5. Rao 6. Day 7. Song

جمعی، دانش و منابع شرکت و به منظور شناسایی نیازهای مرتبط با شرکت طراحی می‌شوند و شرکت را قادر می‌سازد تا ارزش افزوده‌ای برای کالا و خدمات بدست آورده و خود را با تقاضای رقابتی تطبیق دهد (تووومینن[1]،۱۹۹۷). راسخی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی ارتباط کارایی اقتصادی و کارایی زیست محیطی: شواهد جدید برای کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته پرداختند. براساس نتایج برآورد مدل به روش حداقل مربعات دو مرحله ای بین کارایی اقتصادی و کارایی زیست محیطی در کشورهای منتخب ارتباط مثبت دوطرفه وجود داشت. بدین ترتیب به نظر می رسد ارتقای یکی از این دو کارایی، افزایش کارایی دیگر را به همراه داشته باشد. حقیقی نسب و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به بررسی تأثیر حمایت مدیریت ارشد از اقدامات زیست محیطی بر استراتژی بازاریابی سبز و عملکرد زیست محیطی کسب و کارهای صنعتی در ایران پرداختند. یافته ها نشان داد که فرهنگ زیست محیطی در درون کسب و کارهای صنعتی بر اتخاذ استراتژی بازاریابی سبز تأثیر مثبت و معناداری دارد و حمایت مدیریت ارشد از اقدامات زیست محیطی موجب تقویت فرهنگ زیست محیطی در کسب و کارهای صنعتی در ایران می شود. اتخاذ استراتژی بازاریابی سبز در کسب و کارهای ایرانی، عملکرد اقتصادی را بهبود می بخشد اما با توجه به اینکه موضوع محیط زیست به عنوان یک موضوع استراتژیک در کشور ما در نظر گرفته نمی شود و کسب و کارها از استانداردهای به روز استفاده نمی کنند، عملکرد زیست محیطی وضعیت نامناسبی دارد. حاجی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی به تبیین استراتژی محصول- بازار و قابلیتهای بازاریابی شرکت بر عملکرد بازار پرداختند. این محقق بیان میکند که شناخت استراتژی‌های محصول بازار چالشی جدی برای پژوهشگران حوزه مدیریت استراتژیک بازار ایجاد کرده است. این پژوهشگران نیازمند کسب اطلاعات در مورد رقبا و قابلیت های داخلی شرکت (قابلیت های بازاریابی)، جهت شناخت استراتژی‌های محصول بازار هستند. این در حالی است که رابطه استراتژی‌های محصول- بازار شرکت با قابلیتهای بازاریابی و عملکرد، کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. پژوهش مذکور، به دنبال بررسی تأثیر ابعاد مختلف استراتژی محصول- بازار شامل رهبری هزینه، تمایز و قلمرو محصول بازار بر قابلیتهای بازاریابی شامل قابلیت‌های تخصصی شده و معماری بازاریابی و رابطه آن‌ها با عملکرد بازار است. جامعه آماری پژوهش کلیه شرکت‌های صادرکننده و واردکننده از گمرکات جمهوری اسلامی ایران است. ابزار مورد استفاده جهت جمع‌آوری داده‌های لازم، برای آزمون ۸ فرضیه این پژوهش، پرسشنامه است. پرسشنامه‌ها در بین ۴۰۱ نماینده شرکت صادرکننده و واردکننده از چهار حوزه نظارتی گمرکات کشور (هرمزگان، خوزستان، سیستان و بلوچستان و بوشهر) توزیع و جمع‌آوری شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل دادهها نشان داد که استراتژیهای رهبری هزینه، تمایز و قلمرو محصول - بازار بر قابلیت‌های معماری و تخصصی شده بازاریابی تأثیر مثبت و معنی‌داری دارند. همچنین، رابطه بین قابلیتهای معماری و تخصصی شده بازاریابی با عملکرد بازار مثبت و معنی‌دار است. نتایج آزمون مدل نیز نشان داد که مدل پژوهش از برازش خوبی برخوردار است. قیومی و ابراهیمی (۱۳۹۵) پژوهشی با عنوان "ارتباط قابلیت‌های بازاریابی با عملکرد سازمان به واسطه شرایط محیطی (مورد مطالعه شرکت صنایع شیر ایران پگاه) به انجام رساندند، نتایج نشان داد که قابلیت رابطه محوری رابطه معناداری با عملکرد شرکت ندارد و ابعاد بازار محوری، زنجیره تأمین و منابع انسانی رابطه مثبتی بر پیامدهای عملکردی شرکت صنایع شیر ایران پگاه دارند. همچنین مشخص شد شرایط محیطی تأثیر منفی بر رابطه قابلیت بازار محور و قابلیت زنجیره تأمین با عملکرد شرکت دارد. رحیم نیا و مرادیان (۱۳۹۵) پژوهشی با عنوان ارائه مدل مفهومی تاثیر گرایش های استراتژیک و منابع بازاریابی بر عملکرد سازمان با میانجی گری قابلیت های بازاریابی انجام دادند، آنها بیان می کنند، بسیاری از مطالعات و تحقیقات جدید بازاریابی در خصوص بازار گرایی، بر روی جنبه های رفتاری و فرهنگی بازار و مشتریان متمرکز

1. Tuominen

شده اند. اما این گونه تحقیقات تا حد زیادی به منابع و فعالیت های عملیاتی از جمله، منابع بازاریابی سازمان ها در راستای ایجاد ارزش برای مشتریان و پی بردن به نیاز های پنهان آنان، بستگی دارد. لذا از آنجایی که صرف تمرکز بر بازارگرایی می تواند منجر به غفلت سازمان در شناسایی نیازهای پنهان مشتریان حال حاضر و آینده گردد، در نتیجه ایجاد نوعی رویکرد تلفیقی بین بازار گرایی و گرایش‌های استراتژیک سازمان، از قبیل مشتری گرایی، رقیب گرایی و نوآورگرایی، می تواند علاوه بر بهبود عملکرد سازمان، زمینه ارائه پیشرو محصولات و خدمات متمایز را از طریق ارتقاء قابلیت های بازاریابی فراهم آورد. لاتان و همکاران (۲۰۰۲) در پژوهشی به بررسی اثرات استراتژی زیست محیطی، عدم اطمینان زیست محیطی و تعهد مدیریت بالا بر کارایی زیست محیطی شرکتی: با نقش حسابداری مدیریت زیست محیطی پرداختند. یافته ها نشان داد که حسابداری مدیریت زیست محیطی یک ابزار مفید و مهم برای ارائه اطلاعات جهت دستیابی به کارایی زیست محیطی برتر شرکتی در شرکت‌های اندونزیایی است و همچنین یافته های مربوط به شرکت های فعال در دیگر کشورها نشان داد که از نظر توسعه قابلیت ها با توجه به ادراک عدم اطمینان زیست محیطی قادر به مدیریت ابزار حسابداری مدیریت زیست محیطی بودند و در نتیجه کارایی زیست محیطی سازمانی نیز بهبود بیشتری داشت. کاکیولاتی و لی[1] (۲۰۱۶) پژوهشی با عنوان بازنگری رابطه بین قابلیت های بازاریابی و عملکرد شرکت: نقش بازارگرایی، استراتژی بازاریابی و قدرت سازمانی به انجام رساندند، نتایج نشان داد که رابطه مثبت و معنی داری بین قابلیت های بازاریابی و عملکرد شرکت وجود دارد، همچنین نقش جهت‌گیری بازار، استراتژی بازاریابی و قدرت سازمانی نیز تاثیر معنی داری بر رابطه قابلیت های بازاریابی و عملکرد شرکت دارد. براوسون (۲۰۱۳) در مقاله ای با عنوان ساختار سازمانی و قابلیت‌های بازاریابی تخصصی در کسب و کارهای کوچک و متوسط به دنبال توسعه و آزمایش مدلی مفهومی از طراحی ساختار سازمانی است که در برگیرنده برخی عوامل تاثیرگذار بر پیاده سازی استراتژی می باشد. این تحقیق همچنین بر آن است مفهوم میان عملکردی را در فرآیندهای توسعه محصول جدید و تصمیم گیری های بازاریابی از طریق اندازه گیری پراکندگی این فعالیت ها در زمینه های کاربردی در نظر بگیرد. مهمترین یافته این مطالعه، این بود که روابط میان سازمانی و فرآیند های میان عملکردی به مطالعه طراحی ساختار سازمانی وابسته است. چنین نتیجه گیری شد که فرآیند توسعه محصول جدید و تصمیمات بازاریابی، تاثیر مثبتی را بر قابلیت های معماری بازاریابی اعمال می کنند. نتایج نشان داد که پراکندگی فرآیندهای توسعه محصول جدید و تصمیمات بازاریابی، توسعه قابلیت های بازاریابی را تنها در شرکت هائی که روابط میان سازمانی دارند، تحت تاثیر قرار می دهند. علاوه بر این، به این نتیجه رسیدیم که طراحی میان سازمانی اثر ارتباط بین پراکندگی تصمیمات بازاریابی و فرآیند توسعه محصول جدید بر قابلیت های تخصصی را تحت تاثیر قرار نمی دهد.

روش تحقیق

این پژوهش از نظر هدف جزء تحقیقات کاربردی محسوب می گردد. این تحقیق از نظر نوع، به صورت کمی بوده و از نظر روش تحقیق نیز یک تحقیق توصیفی- پیمایشی است. جامعهٔ آماری این پژوهش، کلیه مدیران بازرگانی شرکت‌های تولیدی صنایع شیمیایی استان تهران است. همچنین از میان شرکت‌های فعال در زمینه مواد شیمیایی ۱۰ شرکت که عملکرد مناسب‌تری داشته‌اند بررسی شد و تعداد کل جامعه آماری ۵۵۰ تعیین گردیده است. حجم نمونه براساس جدول مورگان ۲۲۶ نفر برآورده شده است. روش نمونه‌گیری به صورت تصادفی طبقه‌ای است. لازم به ذکر است که پاسخ‌دهندگان پرسشنامه مدیران و کارشناسان فروش و بازاریابی شرکت‌های تولیدی صنایع شیمیایی استان تهران بود. روش جمع آوری اطلاعات در این تحقیق کتابخانه ای و میدانی می‌باشد. در این پژوهش ابتدا برای گردآوری اطلاعات در زمینه‌های

1. Kakiolati & Lee

مبانی نظری و تدوین ادبیات تحقیق و تعاریف عملیاتی از روش مطالعه کتابخانه‌ای شامل مطالعه کتاب‌ها، مقاله ها، نشریه ها، رساله ها و منابع علمی موجود در دانشگاه و مراکز علمی استفاده شده و در خصوص جمع آوری اطلاعات برای پاسخ به سوالات پژوهش از روش میدانی و ابزار پرسشنامه استفاده شده است. برای تعیین روایی محتوایی پرسشنامه تحقیق، ابتدا پرسشنامه اولیه بین ۵ نفر صاحب‌نظر و خبره مرتبط با موضوع تحقیق که متشکل از اساتید دانشگاهی و کارشناسان موضوع توزیع شد و پس از تکمیل و جمع‌آوری پرسشنامه و تجزیه و تحلیل اطلاعات اولیه مشخص شد، مؤلفه‌های ذکر شده پرسشنامه، مورد تأیید قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل داده ها

در این بخش از پژوهش، نتایج آزمون‌های آماری مورد استفاده در پژوهش ارائه شده است.

بررسی نرمال یا غیرنرمال بودن داده‌ها

به منظور مشخص شدن نوع آزمون مورد استفاده برای تحقیق ابتدا به بررسی نرمال یا غیرنرمال بودن داده های از طریق آزمون کولموگروف پرداخته شده است. مقدار آماره آزمون در مورد متغیرهای تحقیق در سطح خطای ۵ درصد بیشتر از مقدار بحرانی است. بنابراین فرضیه صفر، یعنی نرمال بودن داده‌ها تایید می‌شود. لذا با توجه به نرمال بودن توزیع متغیر می‌توان از آزمون‌های پارامتریک استفاده کرد نتایج حاصل از آزمون کولموگروف-اسیمرئوف در جدول ۱ ارائه شده است.

نتیجه‌های بدست آمده از این آزمون در سطح معناداری نشان می‌دهد که توزیع داده‌های مربوطه به تمامی متغیرهای تحقیق در سطح اطمینان ۹۵ درصد نرمال است.

ضریب همبستگی بین متغیرها

برای شناسایی رابطه بین متغیرهای حاضر در مدل از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شده است. یافته های بدست آمده از ضریب همبستگی بین متغیرهای پژوهش در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمون کولموگروف- اسیمرئوف

ردیف	متغیر	مقادیر آماره‌ی Z	مقادیر معناداری
۱	قابلیت های زیست محیطی	۰/۲۰۳	۰/۰۸۵
۲	استراتژی زیست محیطی	۰/۱۹۶	۰/۱۰۵
۳	قابلیت بازایابی	۰/۰۵۸	۰/۰۹۶
۴	کارایی زیست محیطی	۰/۲۱۵	۰/۱۰۱

جدول ۲ - ماتریس همبستگی سازه‌های پژوهش

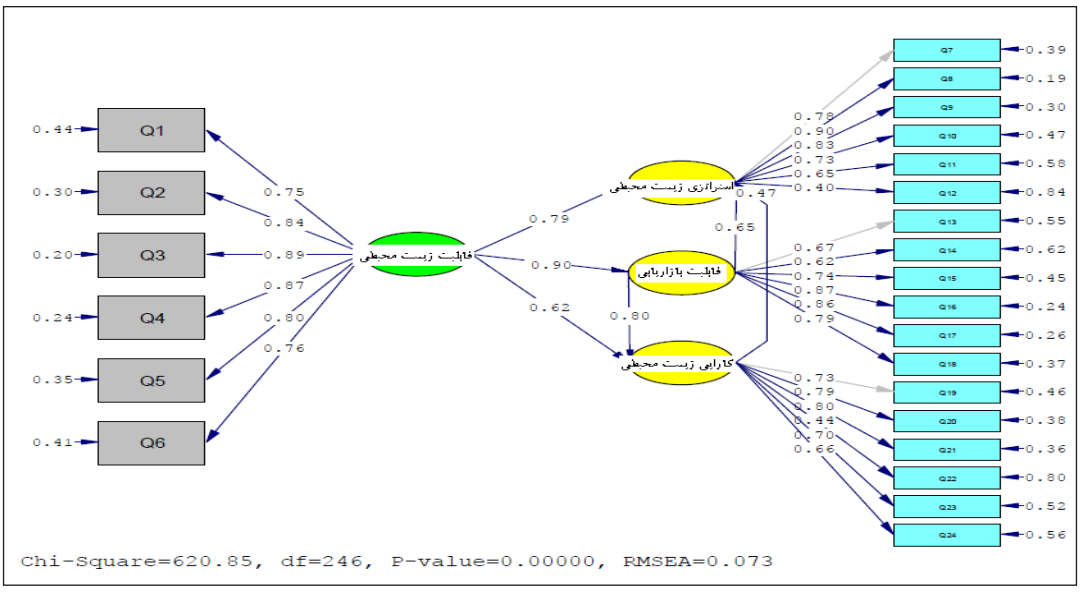
ردیف	متغیرها	۱	۲	۳	۴
۱	قابلیت‌های زیست محیطی	۱			
۲	استراتژی زیست محیطی	۰/۶۵**	۱		
۳	قابلیت بازایابی	۰/۷۷**	۰/۶۹**	۱	
۴	کارایی زیست محیطی	۰/۷۵**	۰/۷۸**	۰/۵۲**	۱

* p < 0.05 ** p < 0.01

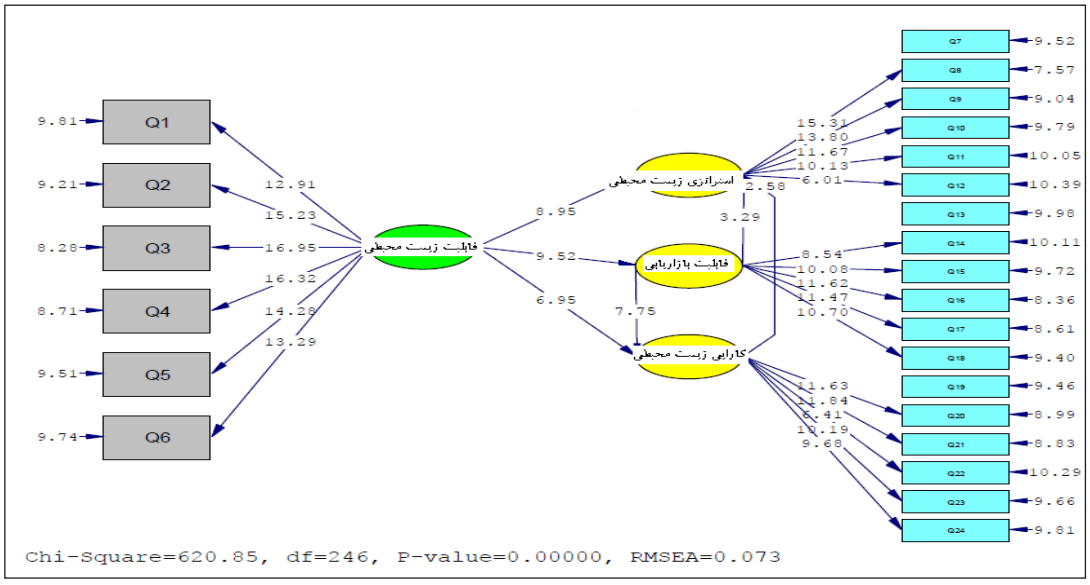
یافته ها نشان می دهد که ضریب همبستگی بین کارایی زیست محیطی با استراتژی زیست محیطی (r=۰/۷۸) دارای بیشترین میزان و ضریب همبستگی بین کارایی زیست محیطی با قابلیت بازاریابی (r =۰/۵۲) دارای کمترین میزان می باشند.

مدل کلی پژوهش

در شکل ۱ مدل آزمون شده همراه با مقادیر استاندارد شده روی هر کدام از مسیرها درج شده است. یافته ها نشان می دهد که همه ضرایب مسیر عنوان شده همگی معنادار بوده و تاثیر مثبتی بر روی یکدیگر دارند.



شکل ۱- مدل آزمون شده پژوهش در حالت ضریب مسیر



شکل ۲- مدل آزمون شده پژوهش در حالت مقادیر معناداری

اما شاخص های برازش بدست آمده برای مدل آزمون شده در جدول (۳) نشان می دهد که شاخص RMSEA در مدل برآورد شده با میزان ۰٫۰۷۳ از سطح قابل قبولی برخوردار بوده و دیگر شاخص برازش مانند CFI، GFI، NFI، NNFI و AGFI به ترتیب برابر با ۰٫۹۸، ۰٫۹۶، ۰٫۹۸، ۰٫۹۷ و ۰٫۹۲ همگی در سطح مناسبی هستند و این مشخصه های نکویی برازش نشان می‌دهد داده‌های این پژوهش با ساختار عاملی این مدل برازش مناسبی دارد.

جدول ۳- مشخصه‌های برازندگی مدل برازش شده

x/df	RMSEA	CFI	GFI	NNFI	NFI	AGFI
۲/۵۳	۰/۰۵۴	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۸	**۰/۹۲**

نتایج آزمون فرضیه‌های تحقیق

جدول (۴) نتایج آزمون فرضیه‌های تحقیق را نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه گیری

براساس اطلاعات جمع‌آوری شده از پرسشنامه، فراوانی آزمودنی‌ها بر حسب جنسیت پاسخ دهندگان بیشترین فراوانی مربوط به پاسخ دهندگان مرد با (۶۵٫۲) درصد و کمترین فراوانی مربوط به پاسخ دهندگان زن با (۳۴٫۸) است. و فراوانی آزمودنی‌ها بر حسب سن پاسخ دهندگان بیشترین فراوانی مربوط به پاسخ دهندگان دارای سنی بین ۴۱ تا ۵۰ سال با (۳۳) درصد و کمترین فراوانی مربوط پاسخ دهندگان دارای سنی بالاتر از ۵۰ سال با (۷) درصد است. همچنین فراوانی آزمودنی‌ها بر حسب سطح تحصیلات بیشترین فراوانی مربوط به پاسخ دهندگان دارای مدرک لیسانس و بالاتر با (۵۹) درصد و کمترین فراوانی مربوط به مدرک دیپلم با (۷) درصد است. به علاوه، فراوانی آزمودنی‌ها بر حسب سطح تحصیلات بیشترین فراوانی مربوط به پاسخ دهندگان دارای سابقه خدمت بالاتر از ۲۰ سال با (۳۴٫۴۰) درصد و کمترین فراوانی مربوط به

جدول ۴- نتایج آزمون فرضیه‌های تحقیق

متغیر مستقل	متغیر وابسته	متغیر میانجی	ضریب مسیر	مقادیر تی	نتیجه
قابلیت‌های زیست محیطی	استراتژی زیست محیطی	-	۰/۷۹	۸/۹۵	تایید فرضیه
قابلیت‌های زیست محیطی	کارایی زیست محیطی	-	۰/۶۲	۶/۹۵	تایید فرضیه
استراتژی زیست محیطی	کارایی زیست محیطی	-	۰/۴۷	۲/۵۸	تایید فرضیه
قابلیت‌های زیست محیطی	استراتژی زیست محیطی	قابلیت بازاریابی	۰/۶۵*۰/۵۸ ۰/۸۰	-	تایید فرضیه
قابلیت‌های زیست محیطی	کارایی زیست محیطی	قابلیت بازاریابی	۰/۶۵*۰/۵۲ ۰/۸۰	-	تایید فرضیه

دارندگان با سابقه خدمت بین ۱۱ تا ۱۵ سال با (۹٫۶۸) درصد است.

فرضیه اول: قابلیت‌های زیست محیطی بر استراتژی زیست محیطی تأثیرگذار است. یافته‌ها نشان می‌دهد که ضریب تاثیر قابلیت‌های زیست محیطی بر استراتژی زیست محیطی β= ۰٫۷۹ در سطح p <۰٫۰۱ مثبت و و از سوی دیگر، مقدار معنادار تی نیز ۸٫۹۵ می‌باشد. که این نشان از معنی‌دار بودن تاثیر دارد. بنابراین قابلیت‌های زیست محیطی بر استراتژی زیست محیطی تأثیرگذار است. نتیجه‌ها به دست آمده با مطالعات راسخی و همکاران (۱۳۹۵) و لاتان و همکاران (۲۰۰۲) همسویی دارد. بنابراین می توان گفت که با وجود قابلیت‌های مختلف در یک سازمان، می توان استراتژی مختلف را در یک سازمان پیاده نمود. در حقیقت زمانی که محیط زیست این اجازه را بدهد می توان انتظار داشت که استراتژی‌های مختلفی را مورد بررسی قرار داد. همچنین اجرا و پیاده سازی هر گونه استراتژی منوط به وجود قابلیت های زیست محیطی است. به عبارتی زمانی که در محیط فرصت های مختلفی میسر باشد، می‌توان از آن برای توسعه هر نوع استراتژی استفاده نمود.

فرضیه دوم: قابلیت‌های زیست محیطی بر کارایی زیست محیطی تأثیرگذار است. یافته‌ها نشان می‌دهد که ضریب تاثیر قابلیت‌های زیست محیطی بر کارایی زیست محیطی β=۰٫۶۲ در سطح p <۰٫۰۱ مثبت و و از سوی دیگر، مقدار معنادار تی نیز ۶٫۹۵ می‌باشد. که این نشان از معنی‌دار بودن تاثیر دارد. بنابراین قابلیت های زیست محیطی بر کارایی زیست محیطی تأثیرگذار است. نتایج به دست آمده با مطالعات حقیقی نسب و همکاران (۱۳۹۵)، لاتان و همکاران (۲۰۰۲) و کاکیولاتی و لی (۲۰۱۶) همسویی دارد. در تبیین این نتیجه می‌توان گفت زمانی قابلیت های مختلفی در زیست محیطی وجود داشته باشد، یک سازمان می تواند با استفاده از آن، کارایی زیست محیطی را ارتقا دهد. در دهه‌های اخیر فعالیت های اقتصادی و صنعتی، همواره با نگاهی اقتصادی به موضوع پیگیری می‌شد. در این بین، روند فزاینده جمعیت و عدم ایجاد زیرساخت های زیست محیطی برای تهیه مواد اولیه باعث گردد تا محیط زیست رو به افول بگراید. به زعم لاتان و همکاران (۲۰۰۲)، زمانی می توان از کارایی زیست محیطی صحبت کرد که قابلیت های مختلفی در زیست محیطی فراهم باشد. از این می توان استنباط کرد که اگر بتوانیم قابلیت های زیست محیطی را ارتقا دهیم، امیدوار بود تا منافع اقتصادی آن را به خود جذب نمود.

فرضیه سوم: استراتژی زیست محیطی بر کارایی زیست محیطی تأثیرگذار است. یافته‌ها نشان می‌دهد که ضریب تاثیر استراتژی زیست محیطی بر کارایی زیست محیطی β= ۰٫۴۷ در سطح p <۰٫۰۱ مثبت و و از سوی دیگر، مقدار معنادار تی نیز ۲٫۵۸ می‌باشد. که این نشان از معنی‌دار بودن تاثیر دارد. بنابراین استراتژی زیست محیطی بر کارایی زیست محیطی تأثیرگذار است. نتایج به دست آمده با مطالعات قیومی و ابراهیمی (۱۳۹۵)، رحیم نیا و مرادیان (۱۳۹۵) و لاتان و همکاران (۲۰۰۲) همسویی دارد. در تبیین این نتیجه می توان گفت که با اتخاذ راهبردهای مناسب در قبال محیط زیست، می توان انتظار داشت که کارایی زیست محیطی ارتقا یابد. در محیط پیچیده، پویا و بسیار متغیر امروزی، شرکت‌هایی موفق خواهند بود که بتوانند با نیازمند طراحی و اتخاذ استراتژی‌هایی در بهبود روزافزون عملکردشان موفق شوند. زیرا در چنین محیط رقابتی شرکت‌هایی قادر به بقاء هستند که از گردونه رقابت جا نمانده و خود را با شرایط متغیر و پویای بازار رقابتی همگام نمایند. به عبارت دیگر، مدیران شرکت‌ها، حاصل تصمیم‌گیری‌های خود را در قالب انتخاب استراتژی، در آیینه معیارهای عملکردی مشاهده خواهند نمود. در این بین صنایع شمیایی از این قائده مستثنی نبوده و می‌توانند با تولید، تبدیل و مصرف انرژی، سهمی زیادی در آلودگی زیست محیطی داشته باشند.

فرضیه چهارم: قابلیت های زیست محیطی با نقش میانجی قابلیت بازاریابی بر استراتژی زیست محیطی تأثیرگذار است. یافته‌ها نشان می‌دهد که ضریب تاثیر قابلیت‌های زیست محیطی بر استراتژی زیست محیطی با توجه به نقش میانجی قابلیت بازاریابی β= ۰٫۵۸ در سطح p <۰٫۰۱ می‌باشد. نتایج به دست آمده با

مطالعات لاتان و همکاران (۲۰۱۸) و اندوبیسی و ایفتخار (۲۰۱۲) همسویی دارد. در تبیین این نتیجه می توان اظهار داشت که با به کارگیری قابلیت های بازاریابی که در سطح شرکت وجود دارد، و همچنین قابلیت هایی که در سطح جامعه مورد مطالعه وجود دارد، اطمینان حاصل نمود که استراتژی مناسبی را اتخاذ نمود تا بتواند با ابزارهای مختلفی که در قابلیت های زیست محیطی نهفته است، استراتژی مناسبی را اتخاذ نمود. از آنجایی‌که هزینه این گونه خسارات زیست محیطی در قیمت‌های کالا و منابع انرژی وارد نمی شوند و عدم توجه به این عامل باعث استفاده بی رویه از انرژی می شود. این گونه آثار خارجی انگیزه قوی را جهت مداخله در طراحی اقداماتی در خصوص کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها فراهم آورده است مهمترین چالش پیش روی توسعه پایدار، کاهش اثرات نامطلوب زیست محیطی فعالیت بشر همراه با رشد حفظ اقتصادی است. زیست کارایی ابزاری برای رسیدن به توسعه پایدار است که رشد اقتصادی و صنعتی سازی را همراه با اثرات مخرب زیست محیطی در نظر می‌گیرد.

فرضیه پنجم: قابلیت های زیست محیطی با نقش میانجی قابلیت بازاریابی بر کارایی زیست محیطی تأثیرگذار است. یافته‌ها نشان می‌دهد که ضریب تاثیر قابلیت های زیست محیطی بر کارایی زیست محیطی با توجه به نقش میانجی قابلیت بازاریابی $\beta=$ ۰/۵۸ در سطح $p <$ ۰/۰۱ می‌باشد. نتایج به دست آمده با مطالعات لاتان و همکاران (۲۰۰۲) و اندوبیسی و ایفتخار (۲۰۱۲) همسویی دارد. در تبیین این نتیجه می توان اظهار داشت که با به کارگیری قابلیت های بازاربابی که در سازمان وجود دارد و همچنین قابلیت هایی که در مباحث زیست محیطی منطقه وجود دارد، با اتخاذ استراتژی مناسبی، کارایی زیست محیطی را افزایش داد. در این بین، قابلیت های بازاریابی نقش مهمی در موفقیت تجاری محصولات و خدمات عرضه شده توسط شرکت مشارکت دارد. سانگ و پاری (۱۹۹۶)، ویراواردنا (۲۰۰۳) و دی (۱۹۹۴ قابلیتهای بازاریابی شرکت در توانایی شرکت برای متمایز نمودن محصولات و خدمات شرکت از رقبا انعکاس یافته است و ایجاد نام‌های تجاری و شرکت‌های موفق با نام‌های تجاری قدرتمند باعث افزایش سوددهی شود. از سوی دیگر مطالعات اندوبیسی و ایفتخار (۲۰۱۲) نشان داد که سازمان های کارآفرین به صورت فعالانه اطلاعات را از مشتری دریافت می‌کنند و نسبت به رقبا عملکرد بهتری دارند. زیرا این سازمان‌ها با سازماندهی مجدد منابع، از جمله قابلیت های بازاریابی می‌توانند نوآوری را در سازمان خود ایجاد کنند و پاسخ سریع تری نسبت به رقبا به تغییرات محیط بدهند. در ادامه پیشنهادهای پژوهش به صورت ذیل ارائه می گردد:

- برگزاری کارگاه‌های آموزشی به منظور افزایش دانش و مهارت در کارکنان بخش برنامه‌ریزی
- استفاده از شبکه های اجتماعی مجازی به منظور انجام تبلیغات؛ تولید محصولات شیمیایی براساس خواسته های مشتریان با استفاده از بررسی های میدانی بر روی ترجیحات مشتری؛
- جذب کارکنانی که توانمندی بالایی داشته و می تواند در بخش تحقیق و توسعه فعالیت نمایند.
- افزایش میزان سرمایه گذاری در بخش تحقیق و توسعه به منظور بازاریابی صادرات.
- از شرکت های زیر مجموعه خود بخواهند که در تولید محصولات شیمیایی، استانداردهای زیست محیطی را رعایت نمایند.
- شرکت‌ها برای کاهش زباله‌های جامد محصولاتی را مبتنی بر استفاده مجدد، بازیافت مواد و قطعات طراحی کنند.
- شرکت‌ها در طراحی محصولات تمیزتر و بسته‌بندی سبز با مشتریان همکاری داشته باشند.
- از تقاضای مشتریان برای محصولات و فرآیندهای سازگار با محیط زیست حمایت شود.
- شرکت‌ها با مشتریان خود برای استفاده کمتر از انرژی در حمل و نقل کالا همکاری داشته باشند تا گازهای گلخانه‌ای کمتری منتشر شود IRM

مراجع

۱- امیرشاهی، میراحمد، یزدانی، حمیدرضا و عالی پور، الهه (۱۳۹۲). بررسی تأثیر بازاریابی سبز بر رفتار مصرف کنندگان عضو شبکه‌های اجتماعی در ایران، فصلنامه ی علمی ـ پژوهشی تحقیقات بازاریابی نوین، ۳(۴)، صص ۵۸-۴۱.

۲- ایمانی، دین محمد و احمدی، افسانه (۱۳۹۰). مدیریت زنجیره تأمین؛ استراتژی جدید برای دستیابی به مزایای رقابتی، مجله مانتلی مهندسی صنایع و صنایع وابسته، ۱(۱۰)، صص ۱۹-۱۴.

۳- حاجی پور، بهمن؛ درزیان، عبدالهادی؛ شمسی، سجاد (۱۳۹۰). تبیین استراتژی محصول بازار و قابلیتهای بازاریابی شرکت بر عملکرد بازار، فصلنامه کاوهش های بازرگانی، ۴ (۷)، صص ۸۷-۵۷.

۴- حقیقی نسب، منیژه، یزدانی، حمیدرضا، داورپناه کیاسرایی، فاطمه (۱۳۹۵). تأثیر حمایت مدیریت ارشد از اقدامات زیست محیطی بر استراتژی بازاریابی سبز و عملکرد زیست محیطی کسب و کارهای صنعتی در ایران، فصلنامه علمی ـ پژوهشی تحقیقات بازاریابی نوین، سال ششم، ۱(۲۰)، صص ۳۸-۲۳.

۵- راسخی، سعید؛ شهرازی، میلاد؛ شیدایی، زهرا؛ جعفری، مریم و دهقان، زهرا (۱۳۹۵). ارتباط کارایی اقتصادی و کارایی زیست محیطی: شواهد جدید برای کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته، فصلنامه پژوهش ها و سیاست های اقتصادی، ۲۴(۷۸)، صص ۵۶-۳۱.

۶- رحیم نیا، فریبرز و یاشار مرادیان، ارائه مدل مفهومی تاثیر گرایش های استراتژیک و منابع بازاریابی بر عملکرد سازمان با میانجی گری قابلیت های بازاریابی، کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت، تهران،

۷- عاقله، حسن و حمیدی، ناصر (۱۳۹۵). شناسایی و رتبه بندی موانع استقرار زنجیره تأمین سبز در صنایع کوچک و متوسط (مطالعه موردی استان قزوین)، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، ۸۰، صص ۱۹۷-۱۷۳.

۸- عبدالهی، ناصر و فریادی، مسعود (۱۳۸۹). چالش های حقوقی سازمان حفاظت محیط زیست ایران، مجله علوم محیطی، ۷، صص ۱۸۰-۱۴۳.

۹- قیومی، عباسعلی و ابراهیمی مجید (۱۳۹۵)، ارتباط قابلیتهای بازاریابی با عملکرد سازمان به واسطه شرایط محیطی (موردمطالعه شرکت شیر ایران پگاه)، همایش پژوهش های کاربردی در مدیریت صنعتی، سمنان.

۱۰- نیک نژاد، مریم (۱۳۹۰). مدیریت زنجیره تأمین (با مطالعه موردی)، فصلنامه مدیریت زنجیره تأمین، ۳۴(۱)، صص ۲۷-۲۰.

11- Andovise, K., & Eftekhar A.J. (2012) "Business-level competitive strategy: a contingency link to internationalization". Journal of Management, Vol. 18 No. 3, pp: 473-87.

12- Brauson,T. (2013). Entrepreneurial orientation and new venture performance: The moderating role of intra- and extra-indsutry social capital. Academy of Management Journal, 51(1), 97–111.

13- Day, G.S. (1994). The capabilities of market-driven organizations. Journal of Marketing,58(4), 37–52.

14- Hart, S.L. (1995), "A natural-resource-based view of the firm," Academy of Management Review, Vol. 20, No. 4, pp. 986-1014.

15- Hong, P., Kwon, H.B. and Roh, J.J. (2009), “Implementation of strategic green orientation in supply,” European Journal of Innovation Management, Vol. 12 No. 4, pp. 512-532.

16- Kakiolati, D.P., & Lee, S. (2016). Entrepreneurial orientation: Reviewing three papers and implications for further theoretical and methodological development.

17- Lee, L.T.S. (2012), “The pivotal roles of corporate environment responsibility,” Industrial Management and Data Systems, Vol. 112, No. 3, pp. 446-483.

18- Lee, S.Y. (2008), “Drivers for the participation of small and medium-sized suppliers in green supply chain initiatives,” Supply chain Management: An International Journal, Vol. 13, No. 3, pp. 185-198.

19- Lee, S.Y.(2015), “The effects of green supply chain management on the supplier’s performance through social capital accumulation,” Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 20, No. 1, pp. 42-55.

20- Letens, Bjorn, (2002), “Foreign Direct Investment and Human Rights An ambiguous Relationship" Forum For development Studies, Vol 29. Marketing, 58:1-21.

21- Martin, S.L., & Javalgi, R.(R.) G., Entrepreneurial orientation, marketing capabilities and performance: The Moderating role of Competitive Intensity on Latin America, Journal of Business Research (2015), http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.10.149

22- Rao, P. (2002), “Greening the supply chain: A new initiative in South East Asia,” International Journal of Operations and Production Management, Vol. 22, No. 6, pp. 632-655.

23- Song, D.T., & Pari, J.S. (1996). Entrepreneurial orientation, distinctive marketing competencies, and organizational performance. Journal of Applied Business Research, 10(3), 28–38.

Song, R.C. (1994). Collaboration and performance in foreign markets: The case of young high-technology manufacturing firms". Academy of Management Journal, 1, 45–60.

24- Tuominen, L. C. (1997). Marketing strategy determinants of export performance: A meta-analysis. Journal of Business Research, 55(1), 51–67.

25- Vachon, S. and Klassen, R.D. (2006), “Extending green practices across the supply chain,” International Journal of Operations and Production Management, Vol. 26, No. 7, pp. 795-821.

26- Viruvaredna, J.C. (2003). Does competitive environment moderate the market orientation performance relationship? Journal of Marketing, 58(1), 46–55.

27- Wong, C.Y., Wong, C.W.Y. and Boon-ITT, S. (2015), “Integrating environmental management into supply chains,” International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Vol. 45, No. 1/2, pp. 43-68.

علمی- فنی

فعال‌ساز گرفته شده از نیشکر به عنوان یک جایگزین دوست‌دارمحیط‌زیست برای افزودنی‌های رایج پخت

Ractivator from sugar cane as a green alternative to conventional vulcanization Additives

چکیده:

فعال‌سازها، افزودنی‌های لازم در تهیه‌ی آمیزه‌های لاستیکی هستند. اگر چه اکسیدروی به همراه اسیداستئاریک اکثرا استفاده می‌شوند، اما به علت رفتگی تایر صدمات زیست‌محیطی را ایجاد می‌کند که درنتیجه‌ی پیامد رهاسازی آمیزه‌ی پودر شده در محیط زیست است. به همین دلیل تحقیقات عدیده‌ای برای یافتن افزودنی‌هایی از منابع تجدیدپذیر که ماندگار ، ارزان‌تر و دوست‌دار محیط‌زیست باشند، انجام شده است. این مقاله به معرفی یک ماده‌ی جدید به عنوان فعال‌ساز جایگزین در پخت کائوچوی طبیعی پرداخته است. جایگزینی افزودنی‌های پخت متداول با مواد گرفته شده از سلولز، واکنش پخت آمیزه‌های لاستیکی را تغییر می‌دهد که در پی آن ساختار شیمیایی و ریخت‌شناسی فازی آمیزه‌ی‌نهایی دستخوش تغییر می‌گردد. این اصلاحات در ساختار آمیزه، چگالی اتصالات عرضی، حداکثر گشتاور، پایداری گرمایی و خواص مکانیکی را نیز تحت تاثیر قرار داده که نتیجه‌ها نویدبخشی را در پی دارد. نتایج مطلوب به‌دست آمده و کاهش چشم‌گیر مقدار روی استفاده شده (۷۴٫۴٪) در آمیزه، در مقایسه با نمونه‌ی استاندارد، احتمال تغییر فعال‌سازهای رایج، مانند اکسیدروی، با یک جایگزین دوست‌دار محیط‌زیست گرفته شده از نیشکر را برجسته می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: کائوچوی طبیعی، ماندگاری، افزودنی‌های رایج، افزودنی‌های دوست‌دار محیط‌زیست، نیشکر

نوع مقاله: ترجمه

فاطمه خودکار[1و*]، محمد صفری[2]

۱- دکترای تخصصی.سایر . رئیس واحد تحقیق و توسعه - مواد و آمیزه شرکت ایران یاسا تایر و رابر، تهران، ایران

۲- کارشناسی. دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

*** عهده دار مکاتبات:**

f.khodkar@gmail.com

تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۰۴
تاریخ بازنگری:۱۳۹۸/۰۷
تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۷

مقدمه:

صنعت لاستیک به‌طور مداوم در تکاپوی گسترش فراورده‌های جدید ارزان، بادوام و دوست‌دار محیط زیست که نیازهای بازار را برآورده سازد، است. در راستای تحقق این خواسته، بحث توسعه‌ی پایدار مطرح شده است. این امر به پاسخگو بودن تحقیقات به مسائل اقتصادی و گسترش مواد بدون آسیب

به حیات انسان‌ها و محیط زیست با استفاده‌ی هوشمندانه از منابع طبیعی اشاره دارد، چرا که نسل‌های آینده نیز به آن‌ها نیاز دارند. در این راستا محققان مطالعات زیادی در زمینه‌ی اثر افزودنی‌های تجدیدپذیر که برای محیط زیست یا سلامت انسان مضر نیستند انجام داده‌اند، تا موادی که نیازهای بازار را برآورده سازد و منجر به تهیه‌ی محصولات پاک شود، تولید کنند. مبنای مطالعات امروزی افزودنی‌های جدید، جایگزینی افزودنی‌های قبلی با افزودنی‌های برگرفته از منابع زیستی و ماندگار است که منجر به تولید موادی به عنوان بسپار دوست‌دار محیط زیست یا سبز شده است.

شیمی سبز[1] را می‌توان تحت عنوان طراحی، ساخت و پیاده‌سازی فرایندها و فراورده‌های شیمیایی با کاهش یا حذف، استفاده یا تولید مواد مضر برای سلامت انسان و محیط‌زیست، معنا کرد. طبق این مفهوم، فرایندهایی که باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی می‌شود می‌تواند با فرایندهای کم آلاینده یا بدون آلایندگی جایگزین شود.

در میان انواع افزودنی‌های مورد استفاده در فرمول‌بندی لاستیکها، فعال‌سازهای پخت معمولا شامل اکسید فلز (اکسیدروی یا ZnO) و اسید چرب (اسید استئاریک) هستند. به علت مسائل زیست محیطی فلز روی موجود در ساخت لاستیک موضوع پژوهش‌های بسیاری است. رهایش فلز روی در محیط زیست می‌تواند در طی تولید، بازیافت یا از بین بردن مصنوعات لاستیکی، به ویژه در محیط مسئله‌سازی مانند آب، اتفاق بیافتد.

آلودگی آب با روی موجود در ساخت لاستیک عمدتا به‌صورت غیرمستقیم و به علت دفع پسماند در خاک (به خاطر رفتگی طبیعی تایرها) که منجر به حل شدن یا شستشو توسط آب باران و رسیدن به منابع آبی زیرزمینی یا سطحی می‌شود، رخ می‌دهد. این پسماندها آلودگی‌های معدنی هستند و سمومی را به سامانه‌های آبی اضافه می‌کنند که ممکن است برای گیاهان و جانداران دریایی مضر باشند. موجودات زنده ممکن است حساسیت‌هایی نسبت به زیست‌انباشتگی[2] این سموم نشان دهند و احتمالا این ویژگی مضر را به جاندارانی که در راس هرم زنجیره‌ی غذایی قرار دارند وارد می‌کند. بنابراین مطلوب است که تا حد امکان مقدار ZnO کم درنظر گرفته شود، نه فقط به خاطر این که خطر آلودگی کاهش یابد، بلکه از نظر اقتصادی نیز باید ارزش سرمایه‌گذاری داشته باشد.

اتحادیه‌ی اروپا و ایالات متحده ZnO را در دسته‌ی مواد مضر برای محیط زیست دسته‌بندی کرده است. در نتیجه کاهش مقدار اکسیدروی مصرفی در آمیزه‌ی لاستیکی حائز اهمیت بوده تا حضور آن و اثرات ناشی از آن در منابع آبی به حداقل برسد.

روش‌های مختلفی برای کاهش مقدار روی موجود در آمیزه‌ی لاستیکی مطالعه و گسترش یافته است. Heideman و Pysklo از همتافت(کمپلکس)های فلز-روی به عنوان جایگزین فعال‌ساز پخت در حضور گوگرد و نانوذرات اکسیدروی استفاده کرده‌اند. طبق مطالعات این نویسندگان، نانوذرات اکسیدروی به عنوان فعال‌کننده در فرمول‌بندی‌های حاوی گوگرد، یک جایگزین ممکن برای اکسیدروی هستند که به مشخصات پخت آسیب نمی‌زنند، مضاف بر این‌که چگالی اتصالات عرضی را نیز افزایش می‌دهند.

Gujel و همکارانش، استفاده از استئارات روی را به عنوان جایگزین ZnO در آمیزه‌های کائوچوی اتیلن-پروپیلن-دی‌ان (EPDM) بررسی کردند و دریافتند کاهش ۶۰ درصد مقدار روی، بدون آسیب به عملکرد فنی محصول نهایی، امکان‌پذیر است. به‌طور خلاصه این مطالعات شامل استفاده از منابع تجدیدپذیر یا بازیافت شده‌ی مواد خام است.

هدف اصلی کار حاضر، گسترش فرمول‌بندی‌های لاستیک حاوی یک فعال‌ساز برگرفته از نیشکر به عنوان جانشین اکسیدروی و اسیداستئاریک (افزودنی‌های متداول پخت) در نسبت‌های مختلف، با هدف کاهش میزان روی مصرفی، است. در این مقاله استفاده از شیمی سبز به جهت حفاظت از جانداران و گیاهان دریایی در برابر اثرات زیست محیطی روی است که با کاهش میزان مصرفی آن تحقق می‌یابد. تمایلات اخیر مبنی بر جایگزینی افزودنی‌های سنتی

1. Green chemistry 2. Bioaccumulation

با منابع تجدیدپذیر میتواند فرایند پخت کائوچوی طبیعی (NR) را تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین اثر تغییر افزودنی‌ها بر فرآیند پخت و در نهایت تاثیر مواد برگرفته از منابع سلولزی در فرمول ساخت اهداف این مقاله می‌باشد که می‌تواند کاربردی بودن آن را به عنوان یک محصول جدید معین سازد.

مواد و روش‌ها

مواد

مواد استفاده شده در این پژوهش در جدول ۱ آورده شده است. اجزای تشکیل‌دهنده افزودنی گرفته شده از نیشکر که با تجزیهی گرماوزن‌سنجی[1] (TGA) شناسایی شده‌اند عبارتند از آب (۶٫۱ درصد)، کربوکسیلات‌روی ۱۰ درصد)، اسیداستئاریک (۲۰٫۳ درصد) و لیگنین[2] (۲۹٫۴ درصد). مقدار فلز روی ۲۵٫۶ درصد به‌دست آمد.

اختلاط آمیزه

همه‌ی افزودنی‌ها به جز عوامل پخت در مخلوط‌کن بنبوری (Cope) در شرایط زیر مخلوط شدند: وزن کل ۱٫۲ کیلوگرم در هر اختلاط، سرعت چرخانه[3] ۵۰ rpm و دما ۱۲۰ °C. پس از مرحله اول اختلاط، افزودنی‌های پخت (گوگرد و شتاب‌دهنده) روی آسیای دوغلتکی[4] (Prenmar) اضافه شدند. در متن این مقاله، فعال‌ساز گرفته شده از نیشکر تحت عنوان DC یا افزودنی سبز به‌کار برده شده است.

شناسایی آمیزه‌ها

اثر پاین[5]

اختلاف ($\Delta G'$) بین مدول کشسان[6] در کرنش کم (G'_0) و کرنش زیاد (G'_∞)، اندازه‌ای از اثر پاین است که به ساختار پرکننده و به پیوندهای فیزیکی (نیروهای واندروالسی و لاندن[7]) موجود در کلوخه‌های پرکننده نسبت داده می‌شود و در کرنش‌های زیاد می‌شکنند. این روش برای ارزیابی برهم‌کنش‌های پرکننده-پرکننده در آمیزه با استفاده از تحلیل‌گر فرایند لاستیک (RPA-2000) به‌کار گرفته شده است. مدول کشسان با افزایش آهسته کرنش از ۱٪ تا ۳۰۰٪ در آمیزه‌های پخت نشده در دمای ۱۰۰ °C به دست‌آمده است. اثر پاین ($\Delta G'$) از تفاضل دو مقدار G' در ۱٪ و G' در ۱۰۰٪ محاسبه شده است.

جدول ۱- دستورالعمل آمیزه‌های لاستیکی

مواد	شرکت سازنده	شاهد	DC3	DC5
NR	Lanxess, Duque de Caxias, RJ, Brazil	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
اکسیدروی	Agrozinco Industry and Commerce Ltd., Ferraz de Vasconcelos, SP, Brazil	۵	-	-
اسیداستئاریک	Proquitec Chemical Products Industry S/A, Vargem Grande Paulista, SP, Brazil	۱	-	-
سیلیکای سیلان‌دار	GR COUPSIL® 8113/8113, Evonik Industries, São Paulo, SP, Brazil	۵۰	۵۰	۵۰
روغن نفتنیک	Agecom 600 N, Agecom Petroleum Products Ltd., Mauá, SP, Brazil	۵	۵	۵
گوگرد	Basile Chemical Industry and Commerce Ltd., São Paulo SP, Brazil	۲/۵	۲/۵	۲/۵
مرکاپتو بنزوتیازول (MBT)	Interchemical Industry and Commerce of hemical Products Ltd., São Leopoldo, RS, Brazil	۱	۱	۱
تترا متیل‌دی‌سولفید (TMTD)	o مInterchemical Industry and Commerce of Chemical Products Ltd., S Leopoldo, RS, Brazil	۱	۱	۱
فعال‌کننده گرفته شده از نیشکر	Quimica Madater Industry and Commerce Ltd.,Estância Velha, RS, Brazil	-	۳	۵

1. Thermogravimetric analysis 2. Lignin 3. Rotor 4. Tow-roll mill 5. Payne effect 6. Elastic moduli 7. Van der Waals forces, London

مشخصات پخت

مشخصات پخت با استفاده از RPA 2000, Alpha Technologies در دمای ۱۶۰ °C طبق استاندارد ASTM D2084 مشخص شده است. ویژگی‌های مربوط به پخت شامل زمان رسیدن به پخت بهینه، t_{90} (زمان رسیدن به ۹۰٪ حداکثر گشتاور پخت)، زمان برشتگی[1]، ts_1 (زمان ایمنی)، حداکثر گشتاور M_H (مربوط به سفتی)، حداقل گشتاور M_L (متناسب با گرانروی) و $\Delta M=M_H\ M_L$ (که مرتبط با چگالی اتصالات عرضی است) می‌باشد. مقدار میانگین سرعت پخت (CRA) طبق معادله‌ی ۱ محاسبه می‌شود.

$$CRA=\frac{100}{t90-ts1} \qquad (۱)$$

آمیزه‌ها در دمای ۱۶۰ °C و فشار ۷٫۵ MPa در یک پرس هیدرولیکی (با ابعاد ۲×۱۶۰×۱۶۰ میلی‌متر) طبق استاندارد ASTM D3189 پخت شدند. زمان پخت قطعات مطابق با t_{90} به‌دست آمده از مشخصات پخت بود. در تمام تحلیل‌ها آمیزهی پخت شده مورد بررسی قرار گرفته، به جز اثر پاین که با استفاده از آمیزه‌ی خام انجام شد.

تحلیل شیمیایی

اصلاح شیمیایی آمیزه با طیف‌سنجی فروسرخ انتقال فوریه با بازتابندگی کلی تضعیف شده[2] (ATR-FTIR) و تورم با حلال انجام شد. طیف‌ها با طیف‌سنج Nicolet 6700 و با تفکیک cm^{-1} ۲ در cm^{-1} ۴۰۰۰ -۴۰۰ ثبت شدند. سطح نمونه و ناحیه نزدیک به مرکز ضخامت نمونه (در عمق ۱ میلی‌متر) تحلیل شد.

چگالی اتصالات عرضی به روش تورم در حلال طبق معادله‌ی فلوری-رنر[3] اندازه‌گیری شد (معادله‌ی ۲). روش تورم بر مبنای این اصل است که لاستیک پخت شده در یک مایع غوطه‌ور و تا رسیدن به درجهی تعادلی متورم شود. نمونه با ابعاد mm^3 ۲×۲۰×۲۰ در هپتان در دمای ۲۳±۲ °C به مدت ۷۲ ساعت به‌دور از نور غوطه‌ور شد. سپس حجم پرکننده از حجم نمونه کسر شد. در معادله (۲)، [X] چگالی اتصالات عرضی ($mol.cm^{-3}$)، v_r جزء حجمی لاستیک متورم شده، χ پارامتر حلالیت کائوچو (۰٫۵۹) V_0 حجم مولی حلال (۱۴۷٫۴۷ $cm_3.mol^{-1}$) است.

$$[X]=\frac{-[\ln(1-v_r)+v_r+\chi.v_r^2]}{V_0(v_r^{\frac{1}{3}}-\frac{v_r}{2})} \qquad (۲)$$

تحلیل گرمایی

پایداری گرمایی آمیزه‌ها با استفاده از تجزیه‌ی گرماوزنسنجی (Q500 TGA, TA Instruments) بررسی شد. حدود ۶-۷ mg از هر نمونه از دمای اتاق تا دمای ۸۰۰ °C با آهنگ گرمایش ۱۰ C°/min تحت محیط نیتروژن گرم شد. همه‌ی تحلیل‌ها دوبار تکرار شدند.

اندازه‌گیری‌های تحلیل دینامیکی مکانیکی (DMA Q800, TA Instruments) (DMA) نیز انجام شد. نمونه‌ی به روش قالب‌گیری فشاری با ابعاد mm^3 ۳۵×۱۳×۳ تهیه شد و در حالت دو سرگیردار آزمایش شد. دما از ۱۰۰- تا ۳۰ درجهی سانتی-گراد با آهنگ 3 C°/min در بسامد Hz ۱ افزایش یافت. کرنش در µm ۲۵ تنظیم شد. ، مدول ذخیره‌ای (E‘) و مدول اتلافی (E“) برحسب دما محاسبه شد و دمای گذار شیشه‌ای (T_g) در بیشترین قله منحنی “E تعیین شد.

پیرسازی سریع[4]

نوراکسایش[5] طبق استاندارد ASTM G154 در محفظه‌ی Comexin UV در دمای ۵۰ °C به مدت ۵۰۰ ساعت در ۲ چرخه‌ی ۵۰٪ مربوط به فشردگی و ۵۰٪ مربوط به تابش UVB انجام شد. نمونه‌های پیر شده به روش ATR-FTIR طبق بخش تحلیل شیمیایی تحیل شد.

1. Scorch time 2. Flory- Rehner 3. Attenuated Total Reflectance–Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR–FTIR) 4. Flory- Rehner 5. Accelerated aging

خواص مکانیکی

خواص کششی آمیزه‌های دمبلی شکل با دستگاه کشش (Instron Universal) تحت بارگذاری[1] ۲۰ kN و سرعت کشش ۵۰۰ $mm.min^{-1}$ طبق استاندارد ASTM 412 (نوع D) ارزیابی شد.

آزمون سختی طبق استاندارد ASTM D2240 با استفاده از سختی‌سنج Shore A (Reed model HT-6510A) انجام شده است.

تحلیل ریخت‌شناسی[2]

ویژگی‌های ریخت‌شناسی نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترون پویشی (SEM)[3] (FESEM JMS-6701F, JEOL) بررسی شد. نمونه‌ها در نیتروژن مایع شکسته شدند و سپس توسط یک پوشش‌دهنده پرانشی[4] با طلا پوشش‌دهی شدند تا از تجمع بارهای الکترواستاتیک روی سطح نمونه جلوگیری شود.

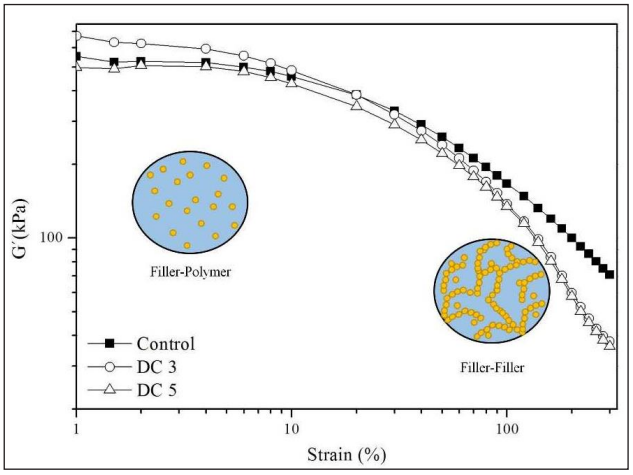
میکروسکوپ نیروی اتمی[5](NX10, Park systems) برای بررسی ریختشناسی نمونه‌ها به‌کار گرفته شد. تصاویر فازی به واسطه‌ی ضربه زدن یک نوار سیلیکونی ثبت شد. کاوند[6] با بسامد تشدیدی[7] حدود ۳۲۰ kHz و ثابت فنر[8] ۴۸ N/m نوسان داشت.

بحث و نتیجه‌گیری

اثر پاین

اختلاف ($\Delta G'$) بین مدول کشسان در کرنش کم (G'0) و کرنش زیاد (G∞)، اندازه‌ای از اثر پاین است که به ساختار پرکننده نسبت داده می‌شود و میتواند به عنوان پیوندهای فیزیکی درون کلوخه‌های پرکننده (نیروهای واندروالسی و لاندن) که در کرنش‌های زیاد شکسته می‌شوند، درک شود. برطبق نظریه‌ی اثر پاین تغییرشکل کم مربوط به برهم‌کنش‌های پرکننده-کائوچو و تغییرشکل زیاد مربوط به برهم‌کنش‌های پرکننده-پرکننده است. $\Delta G'$ بزرگ‌تر منجر به اثر پاین بیشتر میشود که به شکست بیشتر برهم‌کنش پرکننده-پرکننده و حضور خوشه‌های[9] بیشتر در بستر لاستیکی اشاره دارد.

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، برهم‌کنش پرکننده-کائوچو و پرکننده-پرکننده در آمیزه‌ها با اثر پاین ارزیابی شده که از طریق مطالعه‌ی مدول کشسان در گستره‌ی وسیعی از کرنش با ثابت نگه‌داشتن دما و بسامد انجام شده است.



شکل ۱- 'G آمیزه‌ها در تغییر شکل‌های مختلف

می‌توان مشاهده کرد که اختلاف مدول کشسان ($\Delta G'=G'1\%-G'300\%$) به ترتیب برای نمونه‌ی شاهد، DC3 و DC5 برابر با ۴۵۱٫۲ و ۸۵۸٫۲ و ۴۷۰٫۹ است. اثر پاین در نمونه‌ی DC3 بیشتر مشخص است که به شکسته تعداد بیشتری از برهم‌کنش-های پرکننده-پرکنندهی اشاره دارد. غلظت زیاد کلوخه‌ها در بستر لاستیکی می‌تواند به تمامی خواص، به ویژه خواص دینامیکی، آسیب برساند.

مشخصات شیمیایی و پخت

در شکل۲ نتیجه‌های ATR-FTIR آمیزه‌ی کائوچوی طبیعی آورده شده است. نمونه‌ی شاهد، قله‌های شناسایی مربوط به ساختار NR را نشان می‌دهد (جدول ۲).

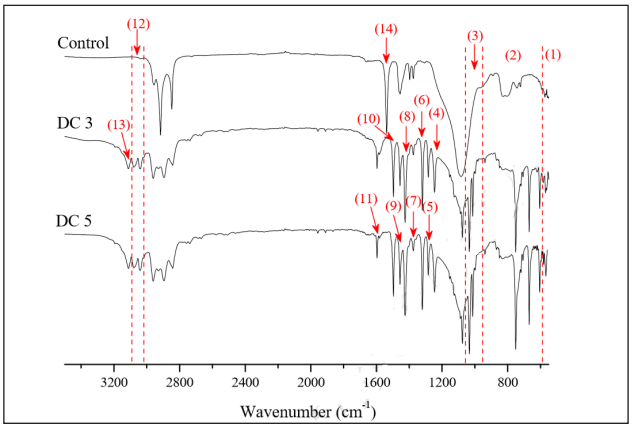
قله‌های اصلی مشاهده شده در نمونه‌ها در جدول ۳ نمایش داده شده است. قله در ۷۵۱ cm^{-1}، قله مشخصه‌ی پیوند S-S

1. Load cell 2. Morphological analysis 3. Scanning electron microscope 4. Sputter coater 5. Atomic force microscope 6. Probe 7. Resonance frequency 8. Spring 9. Cluster

می‌باشد. این قله‌ها در هر نمونهی حاوی افزودنی سبز به خوبی مشاهده می‌شوند. قله در cm^{-1} ۶۰۵ نمایانگر پیوندهای C-S است. همان‌طور که برای پیوندهای S-S مشاهده شد، پیوندهای C-S در نمونه‌های حاوی افزودنی سبز بهتر نمایان می‌شوند. قله‌ها در cm^{-1} ۱۳۷۲ و cm^{-1} ۱۴۵۴ مربوط به ارتعاش کششی CH_3– حاصل از NR هستند و در تمام نمونه‌ها ثابت میمانند. قله در cm^{-1} ۱۴۲۴ مربوط به تغییرشکل CH_2 درون NR و در cm^{-1} ۱۵۴۰ مربوط به کشش پیوندهای C=C درون NR است. همان قله می‌تواند به کشش COO^- کربوکسیلات روی اختصاص داده شود و اشاره به آن دارد که کائوچوی خالص حساسیت بیشتری نسبت به اتاقک UV دارد (نوراکسایش). این امر حاکی از آن است که آمیزه‌های لاستیکی حاوی افزودنی سبز مقاومت بیشتری نسبت به اکسایش دارند، زیرا فعال‌ساز گرفته شده از نیشکر حاوی مقادیر زیاد لیگنین است که مشخصات پاداکسندگی دارد.

جدول ۲- قله‌های شناسایی مربوط به ساختار NR

عدد موجی (cm^{-1})	علت مشاهده قله
۲۹۶۰ و ۲۹۱۲	ν_s C–H of $–CH_3$
۲۸۳۷	ν_s C–H of $–CH_2–$
۲۷۲۶	$\nu–CH_2–C=(CH_3)$
۱۴۵۰	δ $–CH_2–$
۱۳۷۵	δ_s $–CH_3$
۱۳۰۹ و ۱۲۴۴	–CH2– twist
۱۱۲۸	bending in the plane/ν C–C cis/–CH2– wag
۸۳۷	δ C=C–H



شکل ۲: طیف FTIR نمونه‌های شاهد، DC3 و DC5. اعداد مرجع همان‌هایی هستند که در جدول ۳ آمده‌اند

قله‌های جدیدی در آمیزه‌های حاوی افزودنی سبز می‌تواند مشاهده شود. آن‌هایی که در cm^{-1} ۶۶۹ و cm^{-1} ۹۳۸ هستند مربوط به پیوندهای C-S هستند. در cm^{-1} ۱۰۱۳ و cm^{-1} ۱۰۳۵ مربوط به پیوندهای C–O–C هستند و آن‌ها درجه‌ای از اکسایش زنجیرهای اصلی NR را نشان می‌دهند. در ۱۲۴۵، ۱۲۸۵ و cm^{-1} ۱۳۱۹ به ترتیب قله‌های لیگنین، شبه‌سلولز[1] و سلولز هستند. در cm^{-1} ۱۴۲۴ و cm^{-1} ۱۴۹۵ نیز از لیگنین (δ (C–H))؛C=C ناشی از حلقه‌ی آروماتیک و تغییرات زاویه‌ای پیوندهای C=O و O-H می‌باشد) هستند. cm^{-1} ۱۵۹۶ قله مشخصه‌ی کشش COO^- کربوکسیلات روی است. قله‌های بین cm^{-1} ۳۰۳۸-۳۰۸۸ مربوط به کشش C-H گروه متیل/متیلن موجود در NR و cm^{-1} ۳۱۱۴ قله شناسایی تغییرشکل محوری گروه‌های –OH و پیوند هیدروژنی درون‌مولکولی مربوط به سلولز است.

برای تحلیل کمی اتصالات گوگردی، قله پیوند S-S (cm^{-1} ۵۷۱) با تقسیم ارتفاع آن بر ارتفاع قله در cm^{-1} ۲۸۳۷ (مربوط به پیوند C-H در زنجیر اصلی NR) نرمال شد که منجر به نسبت شدت پیوندهای S-S ۰/۷۹ (در نمونه‌ی شاهد)، ۱/۷۲ (در DC3) و ۱/۱۳ (در DC5) می‌شود.

تعداد پیوندهای S-S در نمونه‌های حاوی افزودنی سبز بیش از نمونه‌ی شاهد است. انرژی لازم برای شکست این نوع پیوند کمتر از انرژی لازم برای شکست پیوند C-S است (به ترتیب ۲۶۸ kJ/mol و ۲۸۵). این نوسان در مقدار اتصالات دی‌سولفیدی و پلی‌سولفیدی بین نمونه‌ها می‌تواند ناشی از توانایی کمتر DC برای فعال‌سازی سامانه پخت باشد. بنابراین، برای موثر بودن به اندازه‌ی ZnO باید از مقدار بیشتری از افزودنی سبز استفاده کرد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش مقدار افزودنی زیستی از ۳ phr تا ۵ phr، اتصالات پلی‌سولفیدی کاهش می‌یابد. به دلیل وجود پیوندهای S-S بیشتر، نمونه‌های حاوی این افزودنی پایداری گرمایی کمتری نسبت به نمونه‌ی شاهد دارند. برای اثبات این رفتار، نمونه در محفظه‌ی UV به مدت ۵۰۰ ساعت پیرسازی شد و نتایج طیف FTIR از نمونه‌ی پیرشده در شکل ۳ نمایش داده

1. Hemicellulose

شده است. تحلیل‌ها در زمان‌های مختلف قرارگیری در محفظه‌ی UV نیز انجام شد که در کارهای آینده به آن‌ها اشاره خواهدشد. قله مربوط به پیوند S-S (۵۷۱ cm^{-1}) در نمونه‌ی پیر شده واضح نیست، به خصوص در نمونه‌های حاوی افزودنی سبز. به نظرمی‌رسد که در نمونه‌های DC3 و DC5 این اتصالات شکسته و به علت بازآرایی رادیکال‌های آزاد گوگرد موجود در نمونه، اتصالات دوباره تشکیل شده‌اند. در نتیجه آمیزه‌های حاوی افزودنی سبز، پایداری محیطی کمتری در شرایط هوازدگی دارند (منظور، نمونه‌های پیر نشده است).

چگالی اتصالات عرضی آمیزه‌ها در جدول ۴ آورده شده است. مشاهده می‌شود که نتیجه‌ها، مطابق با نوع فعال‌ساز مصرفی و غلظت آن‌ها تغییر می‌کند. برای نمونه‌های DC، نمونه‌ی DC3، در مقایسه با نمونه‌ی شاهد که حاوی افزودنی‌های متداول است، نتیجه‌های ضعیف‌تری را نشان می‌دهد. در مقابل، نمونه‌ی DC5 با توجه به نتیجه‌های MH عکس این امر را نشان داد. فعال‌ساز گرفته شده از نیشکر مصرفی در این تحقیق حاوی یون‌های Zn^{2+} بوده و این یون‌ها با شتاب‌دهنده‌ی آلی درون ترکیب، همتافت (کمپلکس) روی-شتاب‌دهنده را تشکیل می‌دهد که اولین مرحله‌ی پخت است. اسیدچرب موجود (اضافه شده به ZnO) به عنوان یک هم‌فعال‌کننده[1] پخت عمل کرده و برای تشکیل

جدول ۳- باندهای اصلی مشاهده شده در نمونه‌های شاهد، DC3و DC5

شماره‌ی مرجع	عدد موجی (cm^{-1})	مشخصه‌ی پیوند	منبع
۱	۵۷۱	S–S	(Li و همکارانش ۲۰۰۱)
۲	۶۰۵،۶۶۹،۷۵۰،۹۳۸	C–S	(Hirayama و Saron ۲۰۱۲)
۳	۱۰۳۵و۱۰۱۳	C–O–C	(Zanchet و همکارانش ۲۰۱۲)
۴	۱۲۴۵	شبه سلولز (C–O)	(Pastore و همکارانش ۲۰۰۸)
۵	۱۲۸۵	لیگنین (C–O)	(Pastore و همکارانش ۲۰۰۸)
۶	۱۳۱۹	سلولز δ (C–H)	(Pastore و همکارانش ۲۰۰۸)
۷	۱۳۷۲	ارتعاشی کششی CH_3– در کائوچوی طبیعی	(Jiang و همکارانش ۲۰۱۱)
۸	۱۴۲۴	تغییرشکل CH_2– در کائوچوی طبیعی و سلولز δ (C–H)	(Pastore و همکارانش۲۰۰۸)
۹	۱۴۵۴	ارتعاشی کششی CH_3– در کائوچوی طبیعی	(Jiangو همکارانش ۲۰۱۱)
۱۰	۱۴۹۵	C=C حلقه‌ی آروماتیک و تغییر زاویه‌ی پیوندهای C=O وO–H در لیگنین	(Pastore و همکارانش ۲۰۰۸ Silva و همکارانش ۲۰۱۵)
۱۱	۱۵۹۶	کشش COO^- کربوکسیلات روی	(Gujel و همکارانش ۲۰۱۴)
۱۲	۳۰۳۸-۳۰۸۸	کشش C–H گروه‌های متیل/متیلن NR	(Santos و همکارانش ۲۰۱۱)
۱۳	۳۱۱۴	تغییرشکل محوری گروه‌های OH– و پیوند هیدروژنی درون‌مولکولی	(Gujelو همکارانش ۲۰۱۴)
۱۴	۱۵۴۰	ارتعاش کششی C=O در استئارات روی و کشش COO^- در کربوکسیلات روی	(Zanchet و همکارانش۲۰۱۲)

جدول ۴- مشخصات پخت و چگالی اتصالات عرضی آمیزه‌ها

نمونه‌ها	چگالی اتصالات عرضی	CRA	ΔM	M_H	M_L	t_{90}	ts_1
	([X] × 10^{-4} mol.cm^{-3})	(min^{-1})	(dN.m)	(dN.m)	(dN.m)	(min)	(min)
شاهد	۲/۷۸±۰/۲۳	۲۵/۸	۲۲/۴	۲۴/۰	۱/۴۷	۴/۵۰	۰/۶۲
DC 3	۲/۳۰±۰/۱۱	۱۸/۳	۱۹/۹	۲۱/۴	۱/۴۵	۶/۰۱	۰/۵۴
DC 5	۳/۱۹±۰/۳۹	۱۱/۲	۲۲/۶	۲۴/۲	۱/۶۶	۹/۴۲	۰/۵۰

1. Co-activator

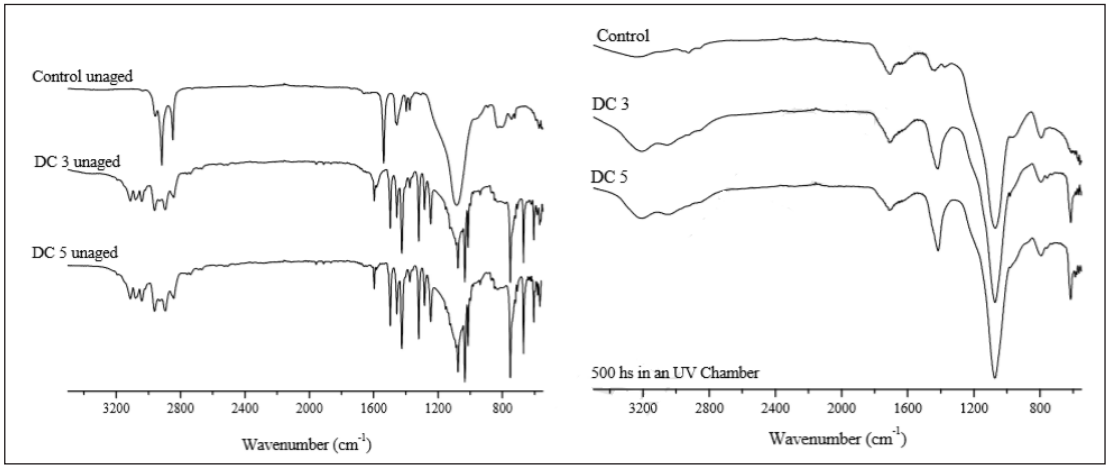
استئارات روی واکنش می‌دهد و با آزاد کردن Zn^{2+}، کمپلکس‌ها با شتاب-دهنده‌ها را تشکیل می‌دهد. علاوه‌بر این اسید چرب با گوگرد نیز واکنش می‌دهد. طبق گفته‌ی Yu و همکارانش (۲۰۱۶)، حضور لیگنین (که در فعال‌ساز گرفته شده از نیشکر وجود دارد) ممکن است فرایند پخت را تحت‌تاثیر قرار دهد و چگالی اتصالات عرضی نمونه‌های حاوی این افزودنی را کاهش دهد.

افزودن مستقیم استعارات روی، در افزودنی سبز، می‌تواند بر مشخصات پخت تاثیر منفی بگذارد و در نتیجه چگالی اتصالات عرضی نیز کاهش دهد. در واقع، استعارات روی به عنوان فعال‌ساز اثر کمتری، در مقایسه با سامانه متداول، نشان می‌دهد و این امر، تمایل یون‌های روی (Zn^{2+}) برای تشکیل کمپلکس‌ها با شتاب‌دهنده‌های آلی و در نتیجه فرایند پخت مناسب را کاهش می‌دهد. چگالی اتصالات عرضی کمتر در نمونه‌ی DC3 ممکن است مربوط به حضور لیگنین باشد که اسیدی بوده و با شتاب‌دهنده در طی فرایند پخت واکنش می‌دهد. علاوه‌بر این لیگنین می‌تواند به علت داشتن اثر رادیکال‌خواری، فرایند پخت را به تاخیر بیاندازد، زیرا لیگنین حاوی فنل تاخیرانداز است. در این شرایط چگالی اتصالات عرضی، کمتر از نمونه‌ی شاهد است.

از سوی دیگر با مقایسه‌ی نمونه‌ی DC5 با نمونه‌ی شاهد، نتایج مشابهی به دست می‌آید که ثابت می‌کند افزودنی‌های سبز به اندازه‌ی اکسیدروی کارآمد هستند. افزودنی گرفته شده از منابع طبیعی در نسبت ۵ phr همان مقدار چگالی اتصالات عرضی را ایجاد می‌کند. در مقایسه با نمونه‌ی شاهد، مقدار روی موجود در این فرمول به میزان ۷۴/۴ درصد کاهش داشته، که نمایانگر آینده‌ی روشن این ماده است. جزئیات مشخصات پخت در جدول ۴ خلاصه شده است.

در مقایسه‌ی آمیزه‌های DC با نمونه‌ی شاهد، ts_1 کاهش و t_{90} افزایش می‌یابد که به معنی شروع زودتر واکنش پخت در نمونه‌های حاوی افزودنی سبز است. در این شرایط، این نمونه‌ها مقادیر CRA کمتری را نشان می‌دهند که آهسته‌تر اتفاق افتادن واکنش را بیان می‌کند. افزودنی سبز در ساختار خود، استعارات‌روی دارد. بنابراین، اثر کمتری نسبت به ترکیب اسید استعاریک و اکسیدروی موجود در نمونه‌ی شاهد، نشان می دهد. این رفتار ممکن است منجر به مقادیر کمتر CRA شود.

در کل، گرانروی، که متناسب با ML است، تحت تاثیر مقدار افزودنی سبز قرار می‌گیرد. در خصوص نمونه‌ی شاهد و نمونه‌ی DC3، کاهش گرانروی به علت افزایش برهم‌کنش‌های سیلیکا-سیلیکا و در نتیجه تمایل پرکننده به تشکیل کلوخه (اثر پاین)



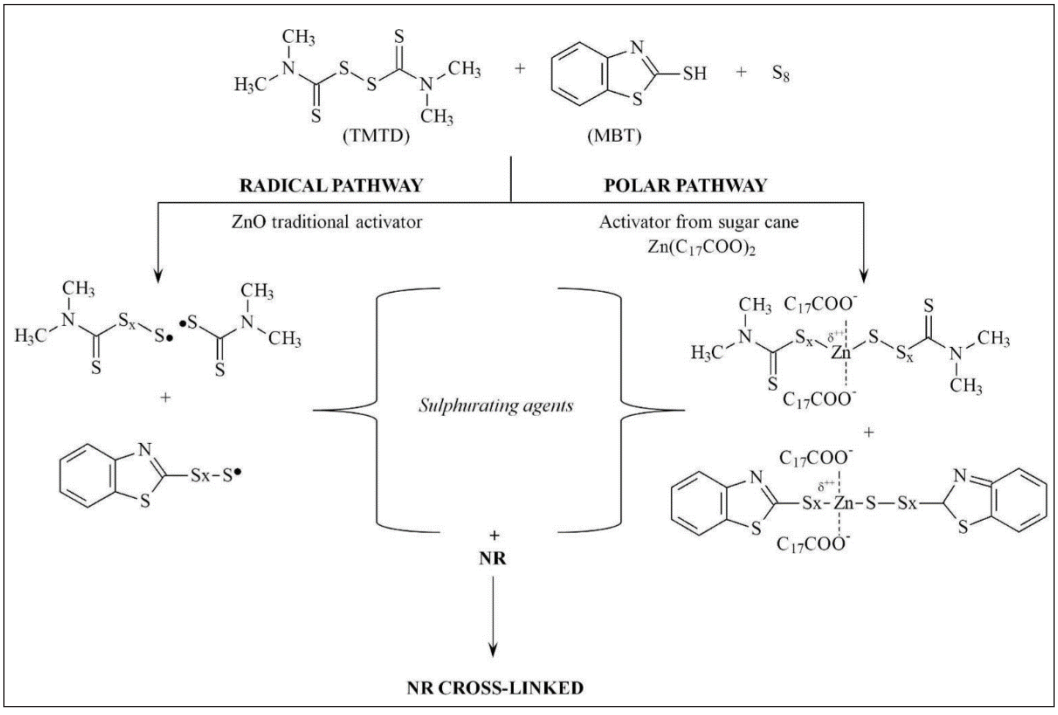
شکل ۳- طیف ATR-FTIR (a) نمونه‌ی پیر نشده، (b) نمونه‌ی پیر شده به مدت ۵۰۰ ساعت در محفظه‌ی UV

در آمیزه است. هر چقدر پرکننده‌ی کلوخه‌ای شده بیشتر باشد، مقدار کائوچوی محبوس[1] در انبوهه‌ها بیشتر بوده که منجر به اثر هیدرودینامیکی بیشتر و کاهش برهم‌کنش پرکننده با بستر لاستیکی می‌شود. این تمایل در ادامه با استفاده از روش‌های میکروسکوپی تحلیل خواهد شد. در مورد DC5 برهم‌کنش پرکننده – بستر لاستیکی افزایش یافته و هیچ کلوخه‌ای مشاهده نمی‌شود. MH که مربوط به سفتی لاستیک پخت شده است می‌تواند با افزایش چگالی اتصالات عرضی تایید گردد. (همان‌طور که در جدول ۴ نیز بحث شد). نمونه‌ی DC5 سفتی بیشتری را در مقایسه با نمونه‌های دیگر نشان می‌دهد که مقادیر MH نیز این امر را تایید می‌کنند.

در شکل ۴ به اختصار طرح ساده‌ای از اثرات افزودنی‌های سبز و متداول بر پخت نمایش داده شده است. در مرحله‌ی اول فعال‌ساز گرفته شده از نیشکر (نمک آلی کربوکسیلات) به راحتی در بستر لاستیکی نفوذ کرده و با مولکول‌های گوگرد و فعال‌ساز که در بین زنجیرهای NR قرار دارند، واکنش می‌دهد. از سوی دیگر نمونه‌ی شاهد با ZnO متداول، به علت دشوار بودن واکنش با استعاریک موجود در توده، به صورت رادیکالی وارد واکنش می‌شود. به‌طور کلی، بعد از این، به دلیل اکسایش و پخت، این پیوندهای اولیه شکسته می‌شوند که پیامد آن کمتر بودن مقدار پیوندهای پلی‌سولفیدی در لاستیک پخت شده است. در همین راستا بر طبق نتیجه‌ها FTIR نمونه‌ی حاوی افزودنی سبز در مقایسه با نمونه‌ی شاهد، پیوندهای S-S بیشتری نشان داد که احتمالا نتیجه‌ی فعالیت افزودنی سبز در فرایند پخت و اکسایش اتصالات اولیه است.

تحلیل گرمایی

نتایج FTIR نشان می‌دهد که جایگزین کردن فعال‌ساز پخت متداول با مواد گرفته شده از منابع تجدیدپذیر منجر به اصلاح ساختار شیمیایی آمیزه پخت شده می‌شود. با تغییر در ساختار شیمیایی، سایر ویژگی‌های پخت از قبیل پایداری گرمایی تغییر



شکل ۴- طرح ساده‌ی فرایند پخت NR در اثر افزودنی‌های سبز و افزودنی‌های متداول

1. Occluded

می‌کنند که توسط تحلیل گرماوزن‌سنجی بررسی شده است. نتایج در جدول ۵ نمایش داده شده‌اند. در جدول ۵، T_{10}و T_{40} و T_{60} به ترتیب دماهایی هستند که در آن ۱۰، ۴۰ و ۶۰ درصد افت جرمی رخ داده است و T_{max} حداکثر دمای تخریب است.

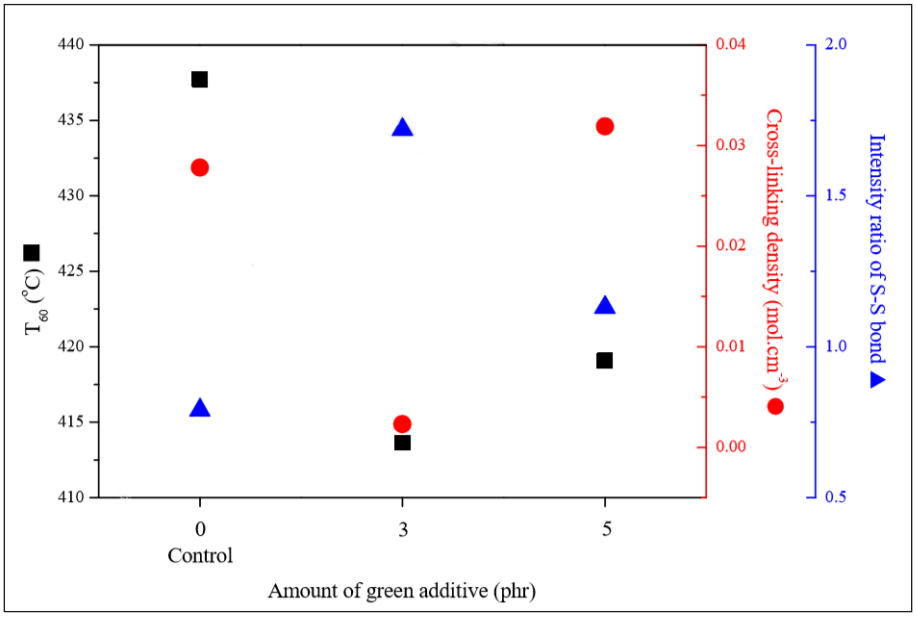
جدول ۵ نتایج آزمون گرماوزن‌سنجی

نمونه	T_{10} (°C)	T_{40} (°C)	T_{60} (°C)	T_{max} (°C)	باقیمانده (٪)
شاهد	۳۵۲/۳	۳۹۰/۳	۴۳۷/۷	۳۶۷/۳	۳۵/۸
DC3	۳۳۳/۱	۳۷۹/۶	۴۱۳/۶	۳۵۶/۲	۲۸/۶
DC5	۳۳۶/۸	۳۸۰/۷	۴۱۹/۱	۳۶۵/۳	۳۰/۴

بر طبق نتایج، نمونه‌ی شاهد،DC3 و DC5 به ترتیب افت وزن ۶۴٫۲، ۷۱٫۴ و ۶۹٫۶ را نشان داده‌اند. دماهای (T_{10},T_{40},T_{60}) نمونه‌های حاوی افزودنی سبز در مقایسه با نمونه‌ی شاهد کمتر بوده که نشان می‌دهد نمونه‌های DC در یک محیط خنثی پایداری گرمایی کمتری دارند. DC مقدار زیادی لیگنین در ساختار خود دارد. طبق گفته‌ی Yu و همکارانش (۲۰۱۶)، لیگنین میتواند پایداری گرمایی آمیزه را در محیط خنثی کاهش دهد، زیرا یک زیست فراوردهی آلی با پایداری گرمایی کمتر است.

شکل ۵ ارتباط بین T_{60}، چگالی اتصالات عرضی و نسبت شدت پیوند S-S را نمایش می‌دهد که تابعی از مقدار DC است و میزان وابستگی آن‌ها را می‌توان از شکل استنباط کرد. شایان ذکر است که T_{10}، T_{40} و T_{max} رفتاری مشابه T_{60} دارد. بنابراین تعداد کمتر پیوندهای S-S و چگالی اتصالات عرضی کمتر منجر به پایداری گرمایی بیشتر می‌شود. مشاهده می‌شود که نتایج مطابق با نوع فعال‌ساز مصرفی و غلظت آن‌ها در آمیزه متفاوت است. چگالی اتصالات عرضی کمتر در نمونه DC3 شاید به خاطر مقادیر ناکافی روی در مقایسه‌ی با DC5 و نمونه‌ی شاهد باشد. در این شرایط چگالی اتصالات عرضی کمتر از نمونه‌ی شاهد است.

از سوی دیگر، هنگامی که نمونه‌ی DC5 با نمونه‌ی شاهد مقایسه می‌شود نتایج مشابه بوده که اثبات می‌کند افزودنی سبز با غلظت ۵ phr به اندازه‌ی روی موثر است. افزودنی سبز با نسبت ۵ phr همان مقدار چگالی اتصالات عرضی را ایجاد می‌کند. هرچند مقدار روی موجود در این فرمول‌بندی، در مقایسه با نمونه‌ی شاهد، ۷۴٫۴٪ کاهش یافته که این نویدبخش آینده‌ی روشن این ماده است.



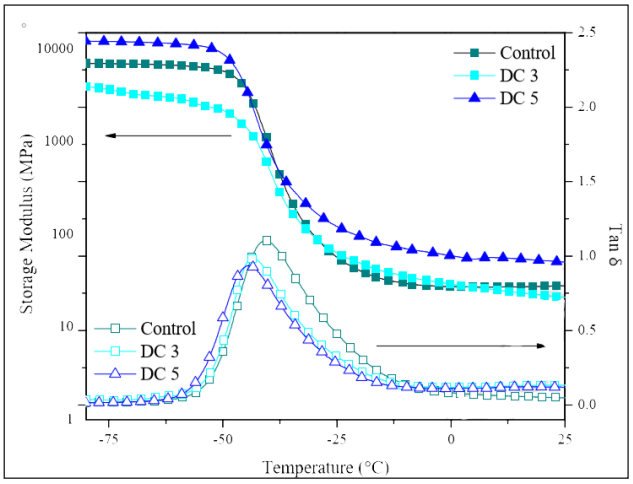
شکل ۵- رابطه‌ی بین چگالی اتصالات عرضی، نسبت شدت پیوند S-S و T_{60} برحسب مقدار افزودنی سبز موجود در نمونه‌ها.

نتایج تورم در حلال (جدول ۴) نشان می‌دهد که DC3 چگالی اتصالات عرضی کمتری در مقایسه با سایر نمونه‌ها دارد. به علت پایداری گرمایی کم و چگالی اتصالات عرضی کم، این نمونه بیشترین کاهش وزن را در آزمون گرماوزن‌سنجی داشته است. هم‌چنین DC3، کلوخه‌های پرکننده در بستر لاستیکی نشان می‌دهد که با اثر پاین اثبات می‌شود. به عبارت دیگر برهم‌کنش کمتر بین پرکننده و بستر لاستیکی وجود دارد که ممکن است منجر به ایجاد کمترین پایداری گرمایی شده باشد. هم‌چنین این رفتار می‌تواند پیامد اصلاح ساختار شیمیایی، که در نتایج FTIR مشاهده شد، باشد. با وجود این که همه‌ی نمونه‌ها با سامانه پخت متداول سازگار پخت شده‌اند، نمونه‌ی شاهد، اتصالات گوگردی پایدارتری را در مقایسه با نمونه‌های حاوی افزودنی سبز نشان داد. شکست اتصالات عرضی، پایداری لاستیک را تضعیف می‌کند و امکان تخریب در دماهای کمتر را فراهم می‌سازد. بنابراین با این‌که نمونه‌ی حاوی افزودنی سبز مقدار پیوندهای S-S بیشتری را نشان می‌دهد، این پیوندها پایداری گرمایی ندارند و امکان دارد این پیوندها تخریب نمونه‌ها را در آزمون TGA تسهیل کنند که به علت عدم پایدارسازی آن‌ها است. به عبارت دیگر، مقادیر بیشتر پیوندهای ناپایدار گرمایی (S-S) موجود در نمونه‌های DC به نحوی تخریب این نمونه‌ها را تحت تاثیر قرار داده است.

منحنی‌های مدول ذخیره‌ای و tan δ برحسب دما در شکل۶ آورده شده‌اند. این روش برای تحلیل سفتی مواد لاستیکی قبل و بعد از دمای گذار شیشه‌ای (Tg) بسیار مفید است.

سفتی آمیزه‌های لاستیکی با چگالی اتصالات عرضی ارتباط دارد. نتایج تورم نمونه‌ها نشان داد که نمونه‌ی DC3 کمترین مقدار چگالی اتصالات عرضی را در بین نمونه‌ها دارد، از این‌رو این نمونه کمترین مدول ذخیره‌ای را، به ویژه در دماهای کمتر از T_g کائوچوی طبیعی، نشان می‌دهد.

در طول فرایند پخت با استفاده از فعال‌سازهای متداول مانند اکسیدروی و اسیداستئاریک، اسیداستئاریک حلالیت اکسیدروی را در کائوچو افزایش می‌دهد و در اثر هم‌افزایی[1] بین دو افزودنی، تاثیر آن افزایش می‌یابد. بعضی از نتایج به وضوح اهمیت این افزودنی را برای شروع واکنش و افزایش آهنگ آن، ثابت می‌کند. در مورد جایگزینی این افزودنی‌ها با مواد دیگر گرفته شده از منابع تجدیدپذیر، مانند نمونه‌های DC، حضور کربوکسیلات روی و اسید استئاریک با نتایج FTIR اثبات شده است، اما بسته به غلظت آن‌ها در آمیزه‌ی لاستیکی می‌توانند به عنوان فعال‌ساز کم‌تاثیر یا ناتوان باشند، همان‌طور که این امر در مورد نمونه‌ی DC3 اتفاق افتاد. در مورد نمونه‌ی DC5، مقدار کربوکسیلات روی و اسید استئاریک احتمالا به غلظت موجود در نمونه‌ی شاهد نزدیک بوده که منجر به مشاهده‌ی بیشترین چگالی اتصالات عرضی در این نمونه شده و به طور مستقیم سفتی را تحت تاثیر قرار داده است. به‌علاوه، تحرک مولکولی کائوچو با افزایش مقدار افزودنی سبز کاهش یافته است. این به علت برهم‌کنش بین ذرات و زنجیرهای کائوچو است.



شکل ۶: منحنی‌های مدول ذخیره‌ای و tan δ برحسب دما در نمونه‌ها

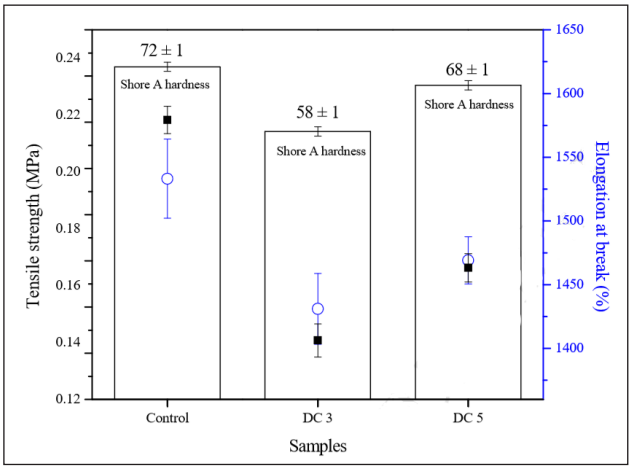
سفتی مواد متاثر از هر دو عامل پیوندهای شیمیایی بین زنجیرها و گره‌خوردگی مولکولی است که ویژگی‌های فیزیکی را ارتقا می‌بخشد. گره‌خوردگی‌ها وابستگی بیشتری به جنبش مولکولی دارند و با افزایش دما افزایش می‌یابد، در حالی که اتصالات عرضی در مقابل گرما پایدارتر هستند. کاهش سفتی می‌تواند مربوط به

1. Synergistic effect

حضور گره‌خوردگی‌های فیزیکی باشد که در نمونه‌های حاوی افزودنی سبز بیشتر است. با توجه به نتایج tan δ برای نمونه‌ی شاهد، DC3 و DC5 مقادیر T_g به ترتیب ۴۰٫۸ °C-، ۴۳٫۲ °C- و ۴۴٫۴ °C- شد. DC5 کم‌ترین T_g را دارد که می‌تواند نتیجه‌ی برهم‌کنش بیشتر پرکننده- بستر لاستیکی باشد و به فرایند تغییر صورت‌بندی زنجیرها، کمک کند یا مانع آن شود.

خواص مکانیکی

نتایج آزمون کشش و سختی در شکل ۷ نشان داده شده است. نتایج سختی نیز رفتاری مشابه MH دارد، به این معنی که نمونه‌ی DC3 کمترین مقدار سختی را نشان می‌دهد. هر دو نتیجه، پیامد سفتی ماده هستند و در این مورد، نتیجه‌ی سفتی، پیامد کلوخه‌ای شدن پرکننده در بستر لاستیکی و چگالی اتصالات عرضی است که به طور مستقیم مقدار MH را تحت تاثیر قرار داده است.



شکل ۷ خواص مکانیکی آمیزه‌ها

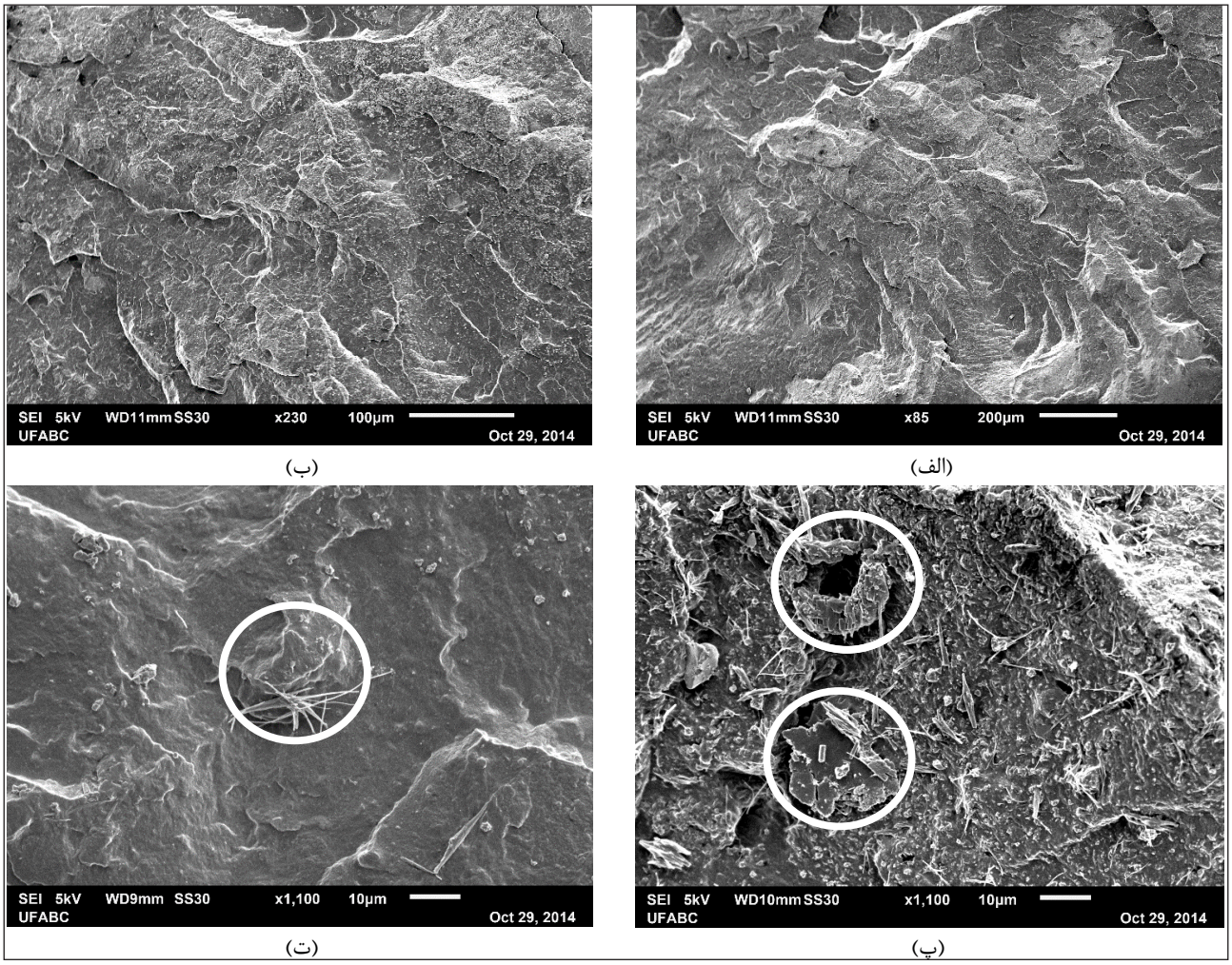
در مورد نتایج تنش و افزایش طول (کشامد) در نقطه‌ی پارگی، نمونه‌ی DC3 مجددا کم‌ترین مقدار را نشان داد که تاییدی بر نتایج MH ، چگالی اتصالات عرضی و سختی است. نمونه‌ی شاهد، بیشترین خواص مکانیکی را نشان داد. علاوه‌بر تمام عواملی که در این باره ذکر شد، این نکته که مقدار ZnO می‌تواند خواص مکانیکی را تحت تاثیر قرار دهد، کاملا مشخص است. بر طبق گفته‌ی Ikede (۲۰۱۴)، ZnO می‌تواند نقش یک پرکننده تقویت‌کننده را داشته باشد. در تحقیق مورد مطالعه، چون اثبات مصرف تمام مقدار ZnO در طول واکنش ممکن نیست، مقداری از آن می‌تواند به عنوان تقویت‌کننده عمل کند و نتایج را تحت تاثیر قرار دهد، حتی با علم بر این که مقدار ZnO موجود در نمونه‌ی شاهد کم است.

تحلیل ریخت‌شناسی

تصاویر SEM نمونه‌ی شاهد و DC3 در شکل ۸ نمایش داده شده‌اند. ابتدا مشاهده می‌شود که مقیاس تصاویر متفاوت هستند. زیرا هدف در این بخش مقایسه‌ی آن‌ها نبود، بلکه بررسی رفتار خوشه‌ای شدن افزودنی سبز بود.

چالش اصلی در تهیه‌ی آمیزه‌های حاوی مواد گرفته شده از سلولز، رسیدن به پراکنش مناسب پرکننده در بستر لاستیکی است، زیرا این مواد تمایل کمی به یکدیگر دارند. سازگاری شیمیایی بین افزودنی سبز و بستر لاستیکی، نقش کلیدی در پراکنش ذرات پرکننده در بستر لاستیکی و چسبندگی بین دو فاز ایفا می‌کند .حضور DC در بستر غیرقطبی، به علت سطح بسیار قطبی آن، می‌تواند منجر به مشکلاتی هم‌چون سازگاری بین سطحی کم، مقاومت/ سدگری کم در برابر آب و تشکیل انبوهه‌ی ذرات به دلیل ایجاد پیوندهای هیدروژنی شود. این پیوندهای هیدروژنی، عامل تشکیل ساختار رشته‌ای با بلورینگی زیاد در مواد سلولزی است. برخی از روش‌های فیزیکی و شیمیایی برای افزایش پراکنش ذرات این ماده در محیط آب‌گریز مانند اصلاح شیمیایی سطح مواد سلولزی به کار گرفته می‌شوند.

همان‌طور که قبلا اشاره شد، اسیداستئاریک هم به عنوان فعال‌ساز عمل کرده و هم حلالیت اکسیدروی در کائوچو را افزایش می‌دهد. با استناد به شکل ۸ مشاهده می‌شود که در نمونه‌ی DC3، مقدار اسید موجود در افزودنی سبز احتمالا برای عملکرد مناسب به عنوان فعال‌ساز کافی نبوده که منجر به چگالی اتصالات عرضی کم در آمیزه می‌شود. هم‌چنین نتوانسته اثری بر حلالیت افزودنی



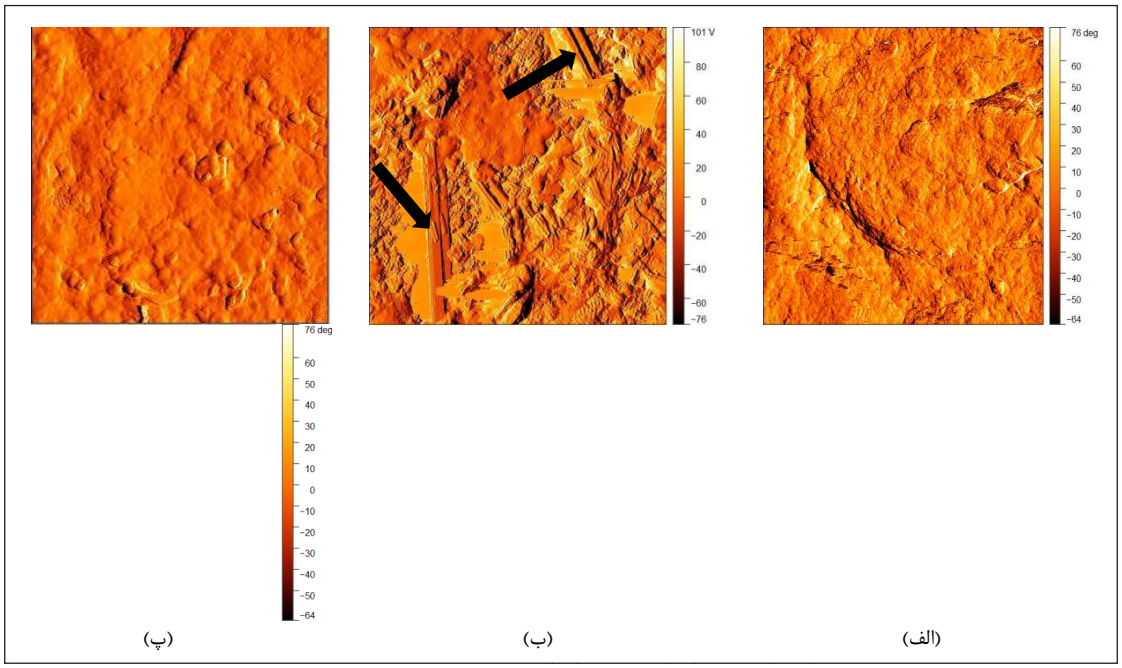
شکل۸- تصاویر SEM نمونه‌ها. (الف) و (ب) نمونه شاهد، (پ) و (ت) نمونه DC3. دایره‌ها در شکل‌های (پ) و (ت) کلوخه‌های DC را نشان می‌دهد

در بستر لاستیکی بگذارد که منجر به کلوخه‌ای شدن DC می‌شود (شکل ۸ (c) و (d)).

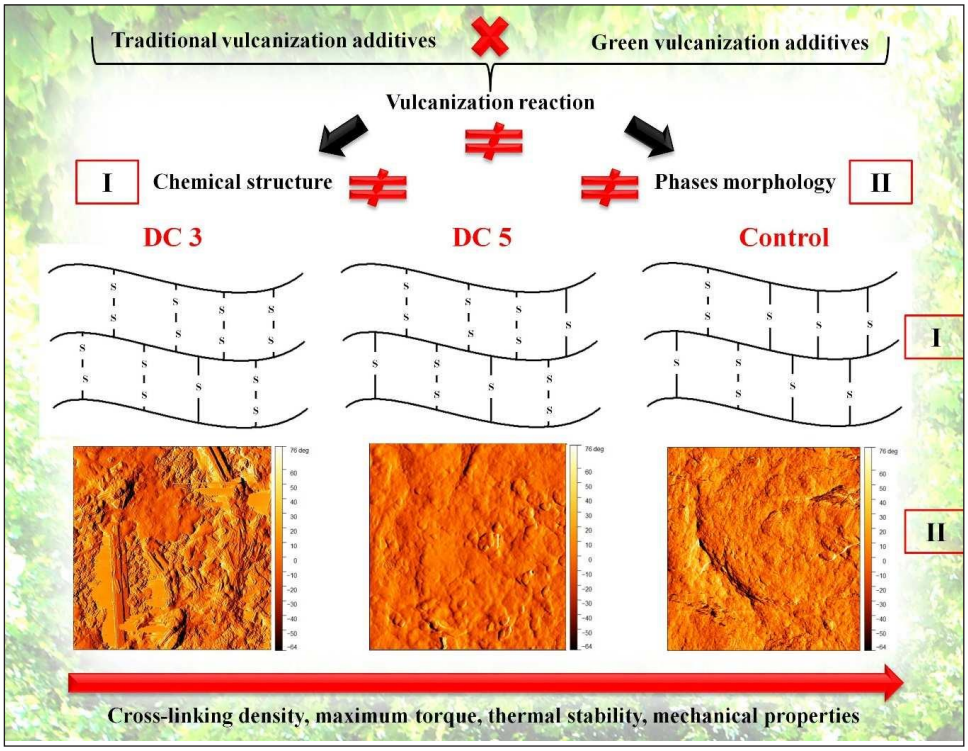
تصاویر AFM در شکل ۹ نمایش داده شده‌اند. علی‌رغم مشاهده نشدن کلوخه در نمونه‌ی DC5، کلوخه‌هایی در بستر لاستیکی نمونه‌ی DC3 مشاهده شد که قبلا در تصاویر SEM نیز مشاهده شد. این امر به خاطر سطح زیاد و برهم‌کنش شدید پیوندهای OH بین بستر لاستیکی و افزودنی سبز است. تصاویر AFM (شکل ۹) و تصاویر SEM (شکل ۸) با وقوع خوشه‌ای شدن به علت همان دلایلی که قبلا اشاره شد، رفتار مشابهی را نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که روش‌های ماکروسکوپی مختلف یکدیگر را تایید میکنند.

در شکل ۱۰ نمای کلی اثرات استفاده از افزودنی‌های سبز و متداول پخت نشان داده شده است. تمام مشاهدات در این پژوهش اشاره به این دارد که افزودنی‌های گوناگون بررسی شده قادراند که واکنش پخت را به کلی تغییر دهند و این، پیامد اصلاح ساختار شیمیایی و ریخت‌شناسی فازی ماده‌ی پخت شده‌ی نهایی است. در نتیجه،

این اصلاحات در ساختار آمیزه، تغییراتی در چگالی اتصالات عرضی، حداکثر گشتاور، پایداری گرمایی و خواص مکانیکی به وجود می‌آورد.



شکل ۹- تصاویر AFM نمونه‌ها .(الف) شاهد، (ب)DC 3 و (پ) DC5 . قله‌ها کلوخه‌هایی از افزودنی سبز را در بستر لاستیکی نشان می‌دهند



شکل ۱۰- اصلاحات ساختار در نمونه‌ی پخت شده بسته به انتخاب افزودنی پخت سبز یا افزودنی پخت متداول در فرمول‌بندی نمونه‌ها

نتیجه‌گیری

جایگزینی افزودنی‌های پخت متداول (ZnO و استئاریک اسید) با مواد گرفته شده از سلولز، واکنش پخت آمیزه‌های لاستیکی را تغییر می‌دهد که در پی آن ساختار شیمیایی و ریخت‌شناسی فازی آمیزه‌ی نهایی دست‌خوش تغییر می‌گردد. این اصلاحات در ساختار آمیزه، چگالی اتصالات عرضی، حداکثر گشتاور، پایداری گرمایی و خواص مکانیکی را نیز تحت تاثیر قرار داده که نتایج نویدبخشی را در پی دارد. استفاده از فعال‌ساز گرفته شده از نیشکر (افزودنی سبز)، جایگزین ZnO و استئاریک اسید، مقدار روی مصرفی در فرمول‌بندی را ۷۴٫۴ درصد کاهش می‌دهد. این موضوع حائز اهمیت است، چرا که روی یک پسماند آلاینده سمی بوده و برای سلامتی انسان، گیاهان و جانداران دریایی مضر است. بنابراین به منظور کاهش تخریب محیط زیست و کمک به بقای حیات و عدم استفاده از منابع تجدیدناپذیر و کاهش قیمت محصولات لاستیکی در نتیجه‌ی مواد دوست‌دار محیط زیست، استفاده از شیمی سبز و افزودنی‌های گرفته شده از منابع طبیعی اهمیت زیادی دارد.

مراجع

1- Al-hartomy, O.A., Al-ghamdi, A.A., Al-said, S.A.F., Dishovsky, N., 2014. A comparative study of the phase distribution in carbon-silica hybrid fillers for rubber obtained by different methods. Materials Sciences and Applications, v. 5, n. 10, p. 685, 2014685–697.

2- Boeriu, C.G., Bravo, D., Gosselink, R.J.A., Van Dam, J.E.G., 2004. Characterisation of structure-dependent functional properties of lignin with infrared spectroscopy. Ind. Crops Prod. 20, 205–218.

3- Chan, C.H., Kammer, H.W., Sim, L.H., Karum, M.K., 2013. Blends of epoxidized naturalrubber and thermoplastics, in: Popa, G.A. (Ed.), In: Rubber: Types, properties and use. Nova Science Publishers, Malaysia, 306–336.

4- Coran, A.Y., 1995. Vulcanization: Conventional and dynamic. Rubber Chem. Technol. 68, 351–375.

5- Dall'Antonia, A.C., Martins, M. a., Moreno, R.M.B., Mattoso, L.H.C., Gonçalves, P.S., Job, A.E., 2009. Caracterização mecânica e térmica da borracha natural formulada e vulcanizada dos clones: GT 1, IAN 873, PB 235 e RRIM 600. Polímeros 19, 63–71.

6- Dasgupta, S., Agrawal, S.L., Bandyopadhyay, S.; Mukhopadhyay, R., MalkaniI, R.K., Ameta, S.C., 2008. Characterization of eco-friendly processing aids for rubber compounds: Part II. Polym. Test. 27, 277–238.

7- de Sousa, F.D.B., Scuracchio, C.H., 2012. Vulcanization behavior of NBR with organically modified clay. J. Elastomers Plast. 44, 263–272.

8- de Sousa, F.D.B., Scuracchio, C.H., 2015. The role of carbon black on devulcanization of natural rubber by microwaves 18, 791–797.

9- de Sousa, F.D.B., 2016. Vulcanization of natural rubber: Past, present and future perspectives, in: Hamilton, J.L. (Ed.), Natural rubber: Properties, behavior and applications. Nova Science Publishers, New York, 47–88.

10- de Sousa, F.D.B., Scuracchio, C.H., Hu, G.H., Hoppe, S., 2017a. Devulcanization of waste tire rubber by microwaves. Polym. Degrad. Stab. 138, 169–181.

11- de Sousa, F.D.B., Zanchet, A., Scuracchio, C.H., 2017b. Influence of reversion in compounds containing recycled natural rubber : In search of sustainable processing. J. Appl. Polym. Sci. 134, 45325.

12- Dos Santos, K.A.M., Suarez, P.A.Z., Rubim, J.C., 2005. Photo-degradation of synthetic and natural polyisoprenes at specific UV radiations. Polym. Degrad. Stab. 90, 34–43.

13- Flory, P.J., 1953. Principles of polymer chemistry, Cornel Uni. ed. New York.

14- Freire, C.S.R., Silvestre, A.J.D., Neto, C.P., Gandini, A., Martin, L., Mondragon, I., 2008. Composites based on acylated cellulose fibers and low-density polyethylene: Effect of the fiber content, degree of substitution and fatty acid chain length on final properties. Compos. Sci. Technol. 68, 3358–3364.

15- Garcia, P.S., de Sousa, F.D.B., de Lima, J.A., Cruz, S.A., Scuracchio, C.H., 2015. Devulcanization of ground tire rubber: physical and chemical changes after different microwave exposure times. Express Polym. Lett. 9, 1–21.

16- Gualtieri, M., Andrioletti, M., Vismara, C., Milani, M., Camatini, M., 2005. Toxicity of tire debris leachates. Environ. Int. 31, 723–730.

17- Gujel, A.A., Bandeira, M., Veiga, V.D., Giovanela, M., Carli, L.N., Brandalise, R.N., Crespo, J.S., 2014a. Development of bus body rubber profiles with additives from renewable sources: Part I – Additives characterization and processing and cure properties of elastomeric compositions. Mater. Des. 53, 1112–1118.

18- Gujel, A.A., Bandeira, M., Giovanela, M., Carli, L.N., Brandalise, R.N., Crespo, J.S., 2014b. Development of bus body rubber profiles with additives from renewable sources : Part II – Chemical , physical–mechanical and aging characterization of elastomeric compositions. Mater. Des. 53, 1119–1123.

19- Heideman, G., Noordermeer, J.W.M., Datta, R.N., van Baarle, B., 2006. Various ways to reduce zinc oxide levels in S-SBR rubber compounds. Macromol. Symp 245–246, 657–667.

20- Helaly, F.M., El Sabbagh S.H., El Kinawy, O.S., El Sawy, S.M., 2011. Effect of synthesized zinc stearate on the properties of natural rubber vulcanizates in the absence and presence of some fillers. Mater. Des. 32, 2835 – 2843.

21- Henning, S.K., 2007. Reduced zinc loading: using zinc monomethacrylate to activate accelerated sulfur vulcanization. Cray Valley USA: Cleveland, 2007.

22- Hirayama, D., Saron, C., 2012. Chemical modifications in styrene-butadiene rubber after microwave devulcanization. Ind. Eng. Chem. Res. 51, 3975–3980.

23- Hubbe, A.M., Rojas, O.J., Lucia, L.A., Sain, M., 2008. Cellulosic nanocomposites: a review. BioResources 3, 929–980.

24- Kohjiya, S., Ikeda, Y. (Eds.), 2014. Chemistry, manufacture and applications of natural rubber. Elsevier.

25- Jiang, G., Zhao, S., Li, W., Luo, J., Wang, Y., Zhou, Q., Zhang, C., 2011. Microbial desulfurization of SBR ground rubber by Sphingomonas sp. and its utilization as filler in NR compounds. Polym. Adv. Technol. 22, 2344–2351.

26- Kleps, T., Piaskiewicz, M., Parasiewicz, W., 2000. Use of thermogravimetry in the study of rubber devulcanization. J. Therm. Anal. Calorim. 60, 271–277.

27- Kraus, G., 1963. Swelling of filler-reinforced vulcanizates. J. Appl. Polym. Sci. 7, 861–871.

28- Lenardão, E.J., Freitag, R.A., Dabdoub, M.J., Batista, A.C.F., Silveira, C.C., 2003. "Green chemistry" - Os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. Quim. Nova 26, 123–129.

29- Li, F., Hanson, M.V., Larock, R.C., 2001. Soybean oil–divinylbenzene thermosetting polymers: synthesis, structure, properties and their relationships. Polymer. 42, 1567–1579.

30- Mark, J.E., 1999. Polymer data handbook, second ed. Oxford University Press, New York.

31- Moon, R.J., Martini, A., Nairn, J., Simonsen, J., Youngblood, J., 2011. Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites. Chemical Society Reviews. Chem. Soc. Rev. 40, 3941–3994.

32- Moresco, S., Giovanela, M., Carli, L.N., Crespo, J.S., 2015. Development of passenger tire treads: Reduction in zinc content and utilization of a bio-based lubricant. J. Clean. Prod. v. 117, p. 199-206, 2016

33- Nando, G.B., De, S.K., 1980. Effect of lignin on the network structure and properties of natural rubber mixes vulcanized by conventional, semiefficient and efficient vulcanization systems. J. Appl. Polym. Sci. 25, 1249–1252. doi:10.1002/app.1980.070250625

34- Nelson, S.M., Mueller, G., Hemphill, D.C., 1994. Identification of tire leachate toxicants and a risk assessment of water quality effects using tire reefs in canals. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 52, 574–581.

35- Pastore, T.C.M., de Oliveira, C.C.K., Rubim, J.C., Santos, K.O., 2008. Effect of artificial weathering on tropical woods monitored by infrared spectroscopy (DRIFT). Quimica Nova, 31(8), 2071-2075.

36- Payne, A.R., 1962. The dynamic properties of carbon black loaded natural rubber vulcanizates. Part II. J. Appl. Polym. Sci. 6, 368–372, 1962.

37- Payne, A.R.; Whittaker, R.E., 1971.Low strain dynamic properties of filled rubbers. Rubber chemistry and technology, 44, n. 2, 440-478, 1971

38- Pysklo, L.; Pawlovski, P.; Parasiewics, W., 2007. Study on reduction of zinc oxide level in rubber compounds part I. KGK-Kautschuk Gummi Kunstsoffe 60, 548–553.

39- des Santos, M.L., de Lima, O.J., Nassar, E.J., Ciuffi, K.J., Calefi, P.S., 2011. Study of the storage conditions of

the sugarcane bagasse through thermal analysis. Quim. Nova 34, 507–511.

40- da Silva, E.J., Marques, M.L., Velasco, F.G., Fornari Junior, C.C.M., Luzardo, F.H.M., 2015. Degradação da fibra de coco imersa em soluções alcalinas de cimento e NaOH. Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambient. 19, 981–988.

41- Weber, T., Zanchet, A., Brandalise, R.N., Crespo, J.S., Nunes, R.C.R., 2008. Grinding and Characterization of Scrap Rubbers Powders. J. Elastomers Plast. 40, 147–159.

42- Yu, P., He, H., Jia, Y., Tian, S., Chen, J., Jia, D., Luo, Y., 2016. A comprehensive study on lignin as a green alternative of silica in natural rubber composites. Polym. Test. 54, 176–185.

43- Zanchet, A., Weber.T., Carli, L.N., Giovanela, M., Crespo, J.S., Scuracchio, C.H., Nunes, R.C.R., 2009. Characterization of microwave-devulcanized composites of ground SBR scraps. J. Elastomers Plast. 41, 497–507.

44- Zanchet, A., Carli, L.N., Giovanela, M., Brandalise, R.N., Crespo, J.S., 2012. Use of styrene butadiene rubber industrial waste devulcanized by microwave in rubber composites for automotive application. Mater. Des. 39, 437–443.

45- Zanchet, A., Garcia, P.S., Nunes, R.C.R., Crespo, J.S., Scuracchio, C.H., 2016. Sustainable natural rubber compounds : Naphthenic oil exchange for another alternative from renewable source. Int. Ref. J. Eng. Sci. 4, 10–19.

ارزیابی میزان حفظ فشار باد تایر

Evaluation of Tire Air Retention

چکیده:

تنظیم مناسب فشار باد تایر و حفظ آن یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر عملکرد تایر و مصرف بهینه سوخت خودرو می‌باشد. تایری که فشار باد آن کم باشد، نمی‌تواند شکل خود را حفظ کند و در تماس با جاده، تخت‌تر از حد قابل قبول خواهد بود. فشار کم باد تایر باعث انحراف بیشتر تایر در زمان چرخش می‌گردد که این مسأله گرمای درونی تایر را افزایش داده و سبب افزایش مقاومت غلتشی و افزایش مصرف سوخت تا ۵٪ خواهد شد. عوامل مختلفی چون دما، زمان تنظیم فشار باد، بار اعمال شده روی تایر در سرعت‌های بالا و عملکرد تایر در سطوح خشک و خیس، عواملی تأثیرگذار بر فشار باد تایر هستند. در شرایط ایده‌آل، فشار باد تایر در هر ماه حدود psi ۱ کاهش می‌یابد؛ این بدان معناست که اگر فشار باد تایر برای مدت زمان ۲ تا ۳ ماه تنظیم نگردد، ممکن است تایر پس از آن مدت، psi ۳-۲ کاهش فشار را تجربه نماید. از این رو، به جهت اهمیت موضوع، روش‌هایی جهت پایش فشار باد تایر ایجاد شده‌اند. یکی از این روش‌ها، سامانه TPMS است که روشی برخط جهت پایش فشار باد تایر نصب شده روی خودرو می باشد. روش آزمون دیگری نیز (ASTM F-1112) جهت ارزیابی آهنگ کاهش فشار باد تایرها پیش از نصب روی خودرو تعریف شده است. مطالعه حاضر، مروری بر عوامل مؤثر بر کاهش فشار باد تایر و روش‌های ارزیابی میزان حفظ فشار باد تایر است.

واژه‌های کلیدی: فشار باد تایر، حفظ فشار باد تایر، آستری داخلی تایر، نفوذپذیری هوا

نوع مقاله: مروری

شبنم عزالدین[1و*]، علی عباسیان[2]

۱- کارشناسی ارشد. کارشناس ارشد تحلیل تکنولوژی، تهران، ایران
۲- دکترای تخصصی. استادیار. عضو هیأت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی پلیمر، تهران، ایران

*** عهده دار مکاتبات:**

sh.ezzoddin@srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۰۲
تاریخ بازنگری:۱۳۹۸/۰۴
تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۴

مقدمه:

تنظیم مناسب فشار باد تایر و حفظ آن یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر عملکرد تایر و مصرف بهینه سوخت خودرو می‌باشد. در واقع این فشار هوای داخل تایر است که وزن خودرو را پشتیبانی می‌کند. اگر فشار باد تایر از مسیر بدنه تایر در طی کار کم شود، دو اتفاق کلیدی در تایر رخ می‌دهد: یکی

افزایش مصرف سوخت خودرو و کارایی کمتر تایر است و دیگری، نفوذ اکسیژن در لایه‌های مختلف تایر است که منجر به کاهش عمر تایر در دمای زیاد (در سرعت یا بار زیاد) می‌شود و از این منظر هم برای مصرف‌کننده و هم طراح تایر مساله‌ی مهمی است. در این مطالعه، سعی بر این است که عوامل مختلف مؤثر بر فشار باد تایر مورد بررسی قرار گرفته و روش‌های آزمون مربوط معرفی و تشریح گردند.

تایری که فشار باد آن کم باشد، نمی‌تواند شکل خود را حفظ کند و در تماس با جاده، تخت‌تر از حد قابل قبول خواهد بود. فشار کم باد تایر باعث انحراف بیشتر تایر در زمان چرخش می‌گردد که این مسأله گرمای درونی تایر را افزایش داده و سبب افزایش مقاومت غلتشی و افزایش مصرف سوخت تا ۵٪ خواهد شد؛ هم‌چنین کنترل فرمان خودرو دشوار خواهد شد. psi ۶ کاهش فشار باد تایر در واقع معادل کاهش حدود ۲۰٪ از فشار باد تایر است [۱].

اگر یک وسیله نقلیه فقط با یک تایر کم باد به میزان psi ۸ (۵۶ KPa) کمتر از حد استاندارد حرکت کند، عمر تایر ۹۰۰۰ مایل کمتر شده و مصرف سوخت خودرو ۴٪ افزایش می‌یابد [۱]. به دلیل اهمیت موضوع، سامانه‌ای برای پایش فشار تایر به نام TPMS تعریف شده است که روشی کنترلی برای پایش فشار تایرهای نصب شده روی خودرو بوده و وظیفه آن نشان دادن میزان باد تایرها به راننده می‌باشد. این سامانه به صورت الکترونیکی کار می‌کند و به صورت برخط، میزان باد تایر را به راننده گزارش می‌دهد. این سامانه نه تنها می‌تواند از بروز تصادف‌هایی که به دلیل کم باد بودن تایر پیش می‌آید، جلوگیری کند، بلکه با تذکر به راننده در مورد کم بودن باد تایرها، مقدار مصرف سوخت را نیز کاهش می‌دهد [۳].

نکته شایان توجه در پایش فشار باد تایر این است که همان‌گونه که بیان شد، سامانه TPMS روشی برخط جهت کنترل تایرهای در حین حرکت است ولی برای ارزیابی طراحی تایر پیش از کار کردن تایر نیز مهم است که ارزیابی درستی از عملکرد تایر طراحی شده برای نگه‌داری فشار باد وجود داشته باشد که منظر اصلی این مقاله نیز هست. روش آزمون (ASTM F-1112) در دنیا مدت هاست وجود دارد ولی در ایران کمتر به آن پرداخته شده است. این روش می‌تواند به ارزیابی آهنگ کاهش فشار باد تایرها (IPR)[1] در شرایط قبل از نصب بپردازد. در مطالعه حاضر به بررسی این روش آزمون پرداخته می‌شود.

فشار باد استاندارد و اهمیت آن

مزایای تنظیم مناسب فشار باد تایر

حفظ فشار باد تایر در یک میزان صحیح کمک می‌کند که عملکرد تایر و مصرف سوخت بهینه گردد. هم‌چنین به رانندگان اجازه می‌دهد که راحتی، دوام و کارایی مناسب تایر را تجربه کنند. میزان لمیدگی تایر[2] به همان میزان طراحی شده اصلی باقی مانده و از خمش بیش از حد دیواره جانبی[3] و اعوجاج رویه[4] جلوگیری خواهد شد. گرما اندوزی[5] قابل کنترل بوده و تایر، مقاومت غلتشی مناسبی خواهد داشت. فشار باد مناسب تایر همچنین ساختار تایر را پایدار می‌سازد [۱].

عوامل تأثیرگذار بر فشار باد تایر

عوامل متفاوتی بر فشار باد تایر اثر می‌گذارند که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

دما

در برخی خودروها، فشار باد مناسب تایر روی برچسب اطلاعات تایر و یا در دفترچه راهنمای خودرو درج شده است اما این فشار، برای تایر سرد محاسبه شده است. این بدان معناست که فشار باد تایر باید در آغاز روز، قبل از اینکه چند کیلومتر رانده شود، یا قبل از افزایش دمای محیط یا قرار گرفتن در معرض تابش نور خورشید کنترل گردد.

از آنجاکه هوا یک نوع گاز است، با افزایش و کاهش دما منبسط و منقبض می‌شود؛ بنابراین لازم است فشار باد تایر در فصول مختلف

1. Tire Inflation Pressure Retention 2. Tire Deflection 3. Sidewall Flexing 4. Tread Squirm 5. Heat Built Up 6. Air Permeation

سال تحت کنترل قرار گیرد.

به عنوان یک قانون کلی هر ۵٫۵ درجه سانتی‌گراد تغییر در دمای هوا، سبب تغییر فشار باد تایر تا حدود ۲٪ (افزایش فشار با افزایش دما و کاهش فشار با کاهش دما) می‌شود. این بدان معناست که فشار باد تایرهای سواری معمولی (که در حالت استاندارد psi ۳۵-۳۰ است)، به میزان psi ۱ و فشار باد تایرهای باری (که در حالت استاندارد psi ۱۰۰-۸۰ است)، به میزان psi ۲ تغییر خواهد کرد.

در بسیاری از نقاط جهان اختلاف دما در تابستان و زمستان حدود ۲۸ درجه سانتی‌گراد است که کاهش احتمالی psi ۵ فشار را در زمستان نتیجه می‌دهد و psi ۵ کاهش فشار باد تایر برای غیر قابل استفاده شدن تایر کافی است [۴].

زمان

از آنجاکه فشار باد مناسب برای تایرهای سواری و باری به ترتیب psi ۳۵-۳۰ و psi ۱۰۰-۸۰ است، همواره نیروی ثابتی وجود دارد تا هوا را از داخل تایر به سمت بیرون تایر هل بدهد. این کار سبب می‌شود که مقداری هوا از میان مولکول‌های لاستیک به سمت بیرون هدایت شود که به آن تراوش هوا می‌گویند و اگر فشار باد تایر کنترل نگردد، این خروج هوا ممکن است تا پنچری کامل تایر ادامه یابد [۵].

در شرایط ایده‌آل، فشار باد تایر در هر ماه حدود psi ۱ کاهش می‌یابد؛ این بدان معناست که اگر فشار باد تایر برای مدت زمان ۲ تا ۳ ماه تنظیم نگردد، ممکن است تایر پس از آن مدت، psi ۳-۲ کاهش فشار را تجربه نماید [۶].

بار اعمال شده روی تایر در سرعت‌های بالا

وقتی هدف، رانندگی با سرعت زیاد باشد، باید مطمئن بود که تایرهای وسیله نقلیه اندازه مناسبی دارند، به اندازه کافی و لازم باد شده اند و هم چنین به طور کامل مورد بازرسی قرار گرفته اند؛ زیرا رانندگی در سرعت بالا تایرها را تحت تنش بسیار زیادی قرار می‌دهد.

به دلیل وزنی که تایرها باید تحمل کنند، دیواره جانبی تایرها خمیده شده و رویه تایرها در تماس با جاده تخت می‌شوند. این مسأله سبب بروز اختلاف ابعادی بین شعاع تایر ایستا (بین مرکز و بالای تایر) و شعاع تایر تحت بار (بین مرکز تایر و سطح جاده) می‌شود. این اختلاف بین دو شعاع، خمش[1] نامیده می‌شود. افزایش سرعت وسیله نقلیه سبب انحراف سریع‌تر تایرها شده و افزایش بار وسیله نقلیه، در صورتی که فشار باد تایر افزایش نیابد، سبب انحراف بیشتر تایرها می‌گردد.

سازمان فنی تایر و رینگ اروپا (ETRTO) استانداردی را برای تایرهایی که در اروپا به فروش می‌رسند، تدوین کرده است که بر اساس آن، انحراف تایر باید به حداقل رسیده و کنترل شود تا تایر بتواند بر تنش‌های ناشی از رانندگی در سرعت زیاد غلبه نماید. برای پاسخ به نیازمندی‌های استاندارد مذکور، فشار باد تایر و ظرفیت‌های بارگذاری تایرها برای سرعت‌های بیشتر از km/h ۱۶۰ برای همه تایرهای رده سرعتیV و برای سرعت‌های بیش از km/h ۱۹۰ برای تایرهای رده سرعتی Z طبقه‌بندی شده‌اند [۷].

عملکرد تایر در سطوح خشک

وقتی فشار باد تایر به میزان مناسب باشد، توزیع بار یکنواخت به وجود آمده و ساختار تایر پایدار می‌گردد که این مسأله، تأثیر بسزایی بر سایش تایر، مقاومت غلتشی و دوام تایر دارد.

تایرهای کم باد، نیازمند دور فرمان بیشتری هستند تا بتوانند شروع به حرکت کنند و هم‌چنین سرعت پاسخ‌گویی آنها به تغییرات فرمان کمتر است.

در مقایسه با تایرهای دارای فشار باد مناسب، واکنش تایرهای کم باد به تغییر مسیر، ۲ ثانیه کندتر است که این تأخیر، افت ۷ درصدی عملکرد تایر را منجر می‌شود [۸].

عملکرد تایر در سطح خیس

در یک تایر کم باد، سرعت سایش کناره‌های رویه بیشتر از مرکز

1. Deflection

آن خواهد بود. این بدان علت است که فشار باد کافی در مرکز رویه وجود ندارد تا به آن اجازه دهد که سهم مناسبی از توزیع وزن را داشته باشد. در تایری که دارای فشار باد مناسب است، توزیع بار به طور یکنواخت صورت می‌گیرد و با این‌که بیشتر رانندگان می‌دانند که توزیع یکنواخت وزن، تأثیر به‌سزایی بر رفتگی[1]، مقاومت غلتشی و دوام تایر دارد، کمتر کسی از تأثیر قابل توجه آن بر مقاومت در برابر آب پیمایش[2] در جهت حفظ کشانش خیس[3] آگاه است [۹]. شکل‌های زیر، نتایج آزمونی است که شرکت میشلن در خصوص ارزیابی آب پیمایش و کشانش خیس انجام داده است

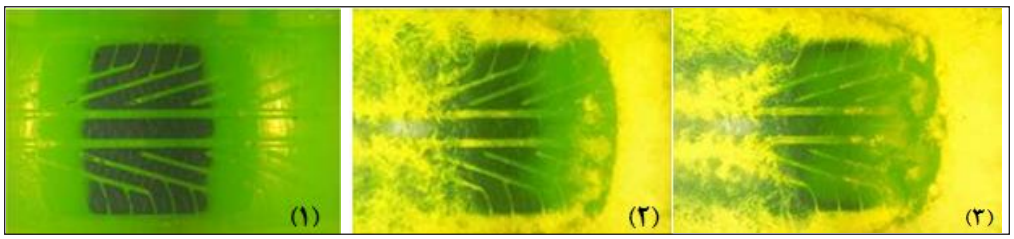
شکل اول یک تایر با فشار باد مناسب (۳۵ psi) را نشان می‌دهد که بدون حرکت روی صفحه شیشه‌ای قرار دارد و بیانگر ایده صحیح و مناسب شکل و اندازه جاپای تایر می‌باشد. سطح سیاه جایی است که آمیزه لاستیکی تایر روی شیشه فشرده شده و سطوح سبز رنگ نشانگر آب در شیارهای درونی زاویه‌دار و پیرامونی تایر و روی باقی‌مانده صفحه شیشه‌ای است.

شکل دوم تایری با فشار باد مناسب (۳۵ psi) است که با سرعت ۶۰ mph روی صفحه شیشه‌ای حرکت می‌کند. اگر صفحه شیشه‌ای خشک بود، اندازه جاپا دقیقاً مشابه با شکل اول بود زیرا هوا مانع از تماس رویه با صفحه نخواهد شد. اما وقتی صفحه شیشه ای خیس است، عمق و طرح رویه باید آب را تخلیه نماید.

مشاهده می‌شود که جاپا هنوز تماس خوبی را با صفحه نشان می‌دهد اما مقدار آن کمی از جاپای تایر ثابت کوچک‌تر است.

تایری که کمی کم باد است، در مرکز رویه که در تماس با سطح جاده است هوای بیشتری از دست داده و بنابراین رویه کمی مقعر می‌شود. شکل سوم مربوط به تایری با فشار باد ۳۰ psi است که با سرعت ۶۰ mph در طول صفحه در حرکت است. مقدار آب روی صفحه مشابه با دو شکل قبلی است. مشاهده می‌شود که مرکز رویه تایر بالا رفته است زیرا نقش رویه نتوانسته است آب را تخلیه نماید. همان‌گونه که در شکل قابل مشاهده است، جاپا تماس ضعیفی با صفحه برقرار کرده و به طور قابل توجهی کوچک‌تر از جاپای تایر دارای فشار باد مناسب است. از این آزمون نتیجه گرفته می‌شود که هرچند رانندگی در سطوح خیس به طور کلی دشوار است، اما تایری که دارای فشار باد مناسب است، عملکرد خوبی از خود در برابر آب‌پیمایش و کشانش خیس نشان می‌دهد؛ در صورتی که رانندگی با تایر کم باد در این شرایط بسیار دشوارتر بوده و راننده مجبور است برای حفظ کنترل، خودرو را با سرعت کمتری براند [۹].

جدول ۱ تأثیر افت فشار باد تایر را بر عملکرد آن در سطوح خشک و خیس نشان می‌دهد.



شکل ۱- عملکرد تایر در سطوح خیس [۹] (۱) تایر با فشار باد مناسب (۳۵ psi) ایستا روی صفحه شیشه‌ای، (۲) تایر با فشار باد مناسب (۳۵ psi) در حال حرکت با سرعت ۶۰ mph روی صفحه شیشه‌ای (۳) تایر با فشار باد ۳۰ psi در حال حرکت با سرعت ۶۰ mph روی صفحه شیشه‌ای

جدول ۱- اثر افت فشار باد تایر بر عملکرد آن در سطوح خشک و خیس

	سرعت رفتگی	مقاومت غلتشی	دوام	کشانش خیس	طول خط ترمز
افت فشار باد در سطوح خشک	افزایش	افزایش	کاهش	-	-
افت فشار باد در سطوح خیس	افزایش	افزایش	کاهش	کاهش	کاهش

1. Wear 2. Hydroplaning 3. Wet Traction

تأثیر فشار باد تایر بر عملکرد و خواص آن

اثر فشار باد تایر بر سرعت و میزان تحمل بار وسیله نقلیه

تعیین فشار مناسب تایر ارتباط مستقیم به میزان تحمل بار وسیله نقلیه و اندازه تایر دارد. چندین سازمان در جهان وجود دارند که هدف اصلی آنها تدوین و انتشار استانداردهای تایر و چرخ می‌باشد. در ایالات متحده این وظیفه بر عهده سازمان تایر و رینگ (TRA) است. سازمان مشابه در اروپا، سازمان فنی تایر و رینگ اروپا (ETRTO) بوده و در ژاپن نیز، سازمان ژاپنی تایر خودرو (JATMA) این وظیفه را بر عهده دارد.

با اینکه TRA، ETRTO و JATMA توافقاتی تا حدی متفاوت دارند، اما به طور کلی با یکدیگر هماهنگ بوده و استانداردهای تدوین شده توسط آنها بسیار مشابه یکدیگر می‌باشد.

این سازمان‌ها هم‌چنین منحنی‌های بار[1] را برای هر تایر تهیه می‌کنند که ارتباط بین فشار باد تایر و بیشینه ظرفیت تحمل بار تایر است. همانند استانداردهای مربوط به اندازه تایر، اختلاف اندکی میان منحنی‌های بار تهیه شده توسط سازمان‌های مختلف وجود دارد که قابل چشم‌پوشی هستند. در هر منحنی بار، نقطه‌ای وجود دارد که در آن، منحنی از صعود باز می‌ایستد. این نقطه در منحنی‌های بار سازمان TRA، در فشار ۳۵ psi اتفاق می‌افتد که معادل آن در منحنی‌های سازمان‌های ETRTO و JATMA فشار ۳۶ psi است.

در جدول (۲)، مقادیر فشار باد تایرهای سواری بر حسب سرعت که توسط سازمان ETRTO تهیه شده است، ارائه می‌گردد.

فشار باد تایر ارائه شده در جداول، کمینه فشارهای مرتبط با بار اعمالی روی تایر هستند [۱۰].

باید توجه داشت که فشار باد تایر نه تنها به مقادیر بار[2] و ظرفیت حمل بار تایر[3]، بلکه به شرایط عملیاتی، بیشینه سرعت، موقعیت تایر روی وسیله نقلیه، شرایط سرویس و ساختمان و ویژگی‌های وسیله نقلیه بستگی دارد [۱۱].

جدول ۲- فشار باد تایر بر حسب سرعت وسیله نقلیه در بیشینه بار اعمالی روی تایر (واحد: psi) [۱۰]

سرعت وسیله نقلیه (km/h)	نماد سرعت		
	T	H	V
کمتر از ۱۶۰	۳۶/۳	۳۶/۳	۳۶/۳
۱۷۰	۳۷/۷	۳۷/۷	۳۷/۷
۱۸۰	۳۷/۷	۳۷/۷	۳۷/۷
۱۹۰	۳۹/۲	۳۹/۲	۳۹/۲
۲۰۰		۳۹/۲	۳۹/۲
۲۱۰		۴۰/۶	۴۰/۶
۲۲۰			۴۰/۶
۲۳۰			۴۰/۶
۲۴۰			۴۰/۶

روش‌های پایش فشار باد تایر

تاکنون مشخص شد که فشار باد تایر عامل مهمی در عملکرد و کارایی تایر محسوب می‌گردد. از این رو، تدوین روش‌هایی برای پایش و اندازه‌گیری فشار باد تایر امری ضروری به نظر می‌رسد.

امروزه در کشورهای پیشرفته برای ارزیابی فشار باد تایر روش آزمونی به کار برده می‌شود که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

روش آزمون استاندارد برای آزمون آهنگ کاهش فشار باد تایرهای بدون تویی (تیوب) بادی (ASTM F-1112)

روش آزمون ASTM F-1112 روشی برای ارزیابی فشار باد تایر پس از طراحی و ساخت و قبل از تحویل به تولید یا ارزیابی تایرهای مختلف وقتی که تایر زیر خودرو نیست، است که روش آن خلاصه در اینجا درج می‌شود. این روش آزمون، تعیین سرعت کاهش فشار باد تایر ناشی از عبور هوا از ساختار تایر تحت شرایط دمایی ثابت را پوشش می‌دهد. آزمون‌ها تحت شرایط ایستا، یعنی در شرایطی که تایرها نه می‌چرخند و نه تحت بار هستند، انجام می‌شوند [۱۲].

روش آزمون

فشار باد تایرها، دمای محیط و فشارهای جو به طور متوالی

1. Load Curve 2. Tire Load 3. Tire Load Carrying Capacity

(روزانه) به مدت دو هفته ثبت می‌شوند. اگر از یک فشارسنج استفاده می‌شود، قبل از هر بار خواندن فشار، باید یک ضربه آرام به فشارسنج زده شود.

زمانی که شیب نمودار لگاریتمی فشار باد نرمال شده بر حسب زمان ثابت می‌شود، می‌توان در نظر گرفت که تایرها به طور رضایت بخشی تحت شرایط آزمون قرار گرفته‌اند.

از دو هفته، خواندن فشار باد تایرها، دمای محیط و فشار جو باید حداقل هفته‌ای یک بار تا پایان دوره آزمون انجام گیرد. بهتر است پایش دمای محیط به طور پیوسته صورت گیرد تا اطمینان حاصل شود که تایرها همواره تحت دمای تعادلی قرار دارند تا از اثرات تغییر دما بر فشار باد تایر جلوگیری شود.

معمولاً طول دوره آزمون، ۱۸۰ روز است. بسته به دقت داده‌ها، طول آزمون می‌تواند کوتاه‌تر یا بلندتر شود.

محاسبات

فشار نرمال شده از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$P=(P_1+B_1)(T_2-T_1)-B_2 \quad (1)$$

که در آن:

P: فشار باد نرمال شده (KPa)

P_1: فشار باد اندازه‌گیری شده (KPa)

B_1: فشار جو اندازه‌گیری شده (KPa)

B_2: فشار جو مرجع (KPa) (۱ اتمسفر معادل ۱۰۱٫۳ KPa)

T_1: دمای اندازه‌گیری شده (K)

T_2: دمای اسمی آزمون (K)

داده‌های عبور هوا از مدل زیر تبعیت می‌کنند:

$$P=P_0e^{\beta t} \quad (2)$$

که:

P: فشار نرمال شده (KPa)

P_0: فشار نرمال شده اولیه (KPa)

β: آهنگ کاهش روزانه در دمای اسمی آزمون

t: زمان آزمون (روز)

واحد ثابت آهنگ کاهش محاسبه شده (β، 1/day) است که عددی معنادار بوده و به این دلیل که عموماً عدد کوچکی است، به صورت ضرب در ۳۰۰۰ (100% * 30 days/month) گزارش می‌شود.

محاسبات آهنگ کاهش پایدار و پیش‌بینی‌های آینده می‌تواند از هر نقطه‌ای در این آزمون (در مدت زمان ۳۰ روز اولیه آزمون) به دست آید [۱۲].

مثالی عملی از بهره‌گیری از روش آزمون استاندارد ASTM F-1112 در شرایط ایستا و پویا در ادامه ارائه می‌شود.

شایان ذکر است از آنجا که روش آزمون مذکور عمدتاً در شرایط ایستا مورد استفاده قرار می‌گیرد، آزمودن تایر در شرایط پویا بدین ترتیب صورت می‌گیرد که تایر در زمان‌های ویژه پس از طی مسافتی از خودرو جدا شده و همانند شرایط ایستا تحت آزمون قرار می‌گیرد.

در این آزمون چهار تایر مشابه از یک برند با اندازه R 16 55 /205 در شرایط زیر مطالعه شدند [۱۳].

شرایط ایستا و بدون بار

یک تایر نو مطابق شکل ۲ روی دستگاه آزمون قرار گرفت. تایر با هوای فشرده در فشار ۲۳۰ KPa باد شده و هیچ چرخش، تماس یا بارگذاری روی آن انجام نشده و در یک اتاق بسته در دمای ۲۵ °C نگهداری شد. هر ماه با استفاده از ابزار اندازه‌گیری فشار، افت فشار تایر اندازه‌گیری می‌شود. آزمون به مدت ۵ ماه ادامه داشت.

نتایج آزمون در شرایط ایستا و بدون بار در جدول ۳ قابل مشاهده است.

نتایج آزمون شرایط ایستا و بدون بار نشان داد که کاهش فشار

باد تایری که با هوا پر شده است، به میزان KPa ۳ یا ۱٫۳٪ در هر ماه می‌باشد و آهنگ افت فشار بسته به اندازه تایر می‌تواند متغیر باشد.

شکل ۲- آزمون سنجش کاهش فشار باد تایر تحت شرایط ایستا و بدون بار

جدول ۳- نتایج آزمون در شرایط ایستا و بدون بار

ماه	فشار (KPa)
۱	۲۳۰
۲	۲۲۷
۳	۲۲۳
۴	۲۲۰

شرایط پویا و تحت بار

در این آزمون نیز از تایرهای نو استفاده شد با این تفاوت که تایرها روی یک خودرو مناسب حرکت در جاده[1] بسته شدند. در این آزمون نیز فشار باد اولیه تایرها KPa ۲۳۰ بود. فقط یک تایر (تایر جلو سمت راست) برای سنجش و ارزیابی مد نظر قرار گرفت. فشار تایر در ابتدای هر روز توسط ابزار اندازه‌گیری فشار به مدت ۵ ماه اندازه‌گیری می‌شد و در این مدت باد تایرها تنظیم نشد. دمای تایرها نیز روزانه تحت کنترل بود.

نتایج آزمون پویا و تحت بار در جدول (۴) نشان داده شده است.

نتایج آزمون پویا و تحت بار نشان داد که تایر در هر ماه حدود KPa 20-10 افت فشار را تجربه می‌کند [۱۳].

جدول ۴- نتایج آزمون در شرایط پویا و تحت بار

ماه	فشار (KPa)	مسافت (km)
۱	۲۳۰	۰
۲	۲۱۰	۴۶۴
۳	۱۹۵	۵۷۵
۴	۱۸۲	۶۹۰
۵	۱۶۵	۱۱۵۰

روش‌های کاهش تراوایی باد تایر

کاهش تراوایی باد تایر عمدتاً به سه روش تغییر ضخامت لایه آستری داخلی، پروفیل‌دار کردن لایه آستری داخلی و تغییر جنس کائوچوی مورد استفاده در تولید آستری داخلی صورت می‌پذیرد. از آنجا که هدف کلی، کنترل آهنگ کاهش فشار باد تایر است، در ادامه عوامل مؤثر بر آهنگ کاهش باد تایر در جهت نگهداری تایر در شرایط مناسب مورد بررسی قرار می‌گیرند.

آهنگ کاهش فشار باد تایر (IPR)

همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، آهنگ کاهش فشار باد تایر (IPR)، عددی است که میزان کاهش فشار باد تایر را در زمان و دمای مشخص به صورت درصد نشان می‌دهد. مطابق روش آزمون ASTM F-1112 معمولاً مدت زمان یک ماه و دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد به عنوان زمان و دمای استاندارد برای محاسبه IPR در نظر گرفته می‌شوند.

با محاسبه آهنگ کاهش فشار باد تایر در مدت زمان یک ماه به روش استاندارد ASTM F-1112 می‌توان محاسبه کرد که چه مدت طول می‌کشد تا فشار باد تایر ۲۵٪ کاهش یابد.

شکل ۳ نشان می‌دهد که مدت زمان کاهش ۲۵٪ از فشار باد

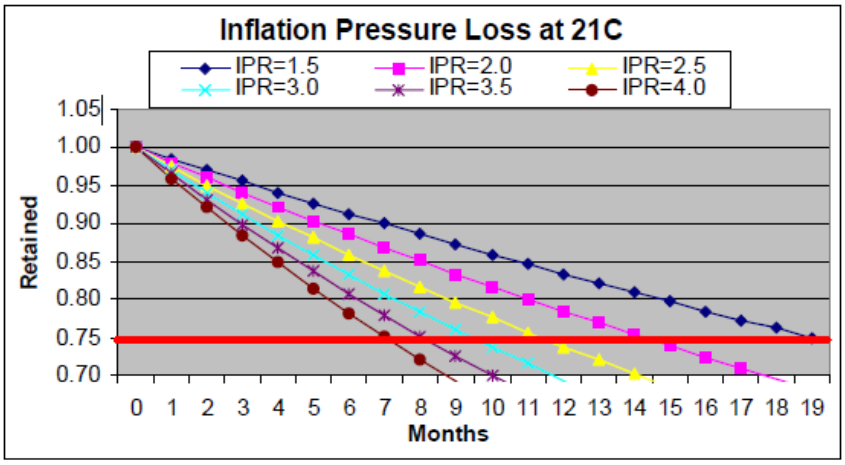
1. Proton Perdana, Malaysian, 1000 ton

تایر، وابسته به آهنگ کاهش فشار باد تایر IPR است؛ به گونه‌ای که هر چه IPR کمتر باشد، زمان بیشتری طول می‌کشد تا ۲۵٪از فشار باد تایر کاهش یابد [۱۴].

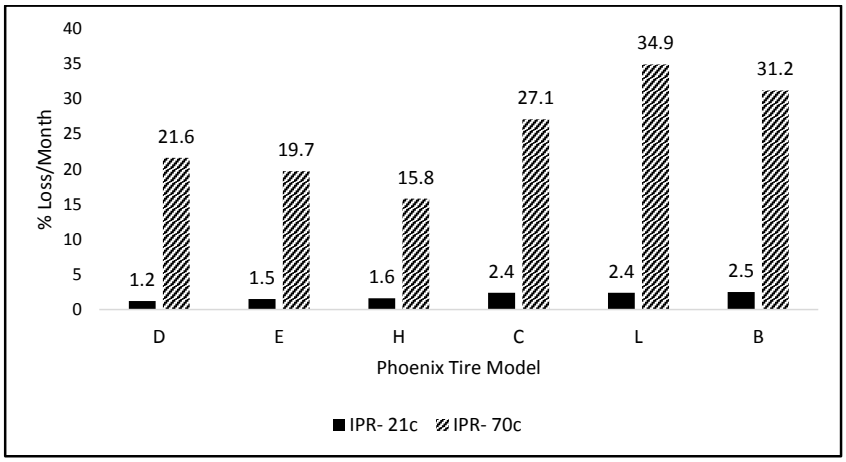
اثر دما بر آهنگ کاهش فشار باد تایر

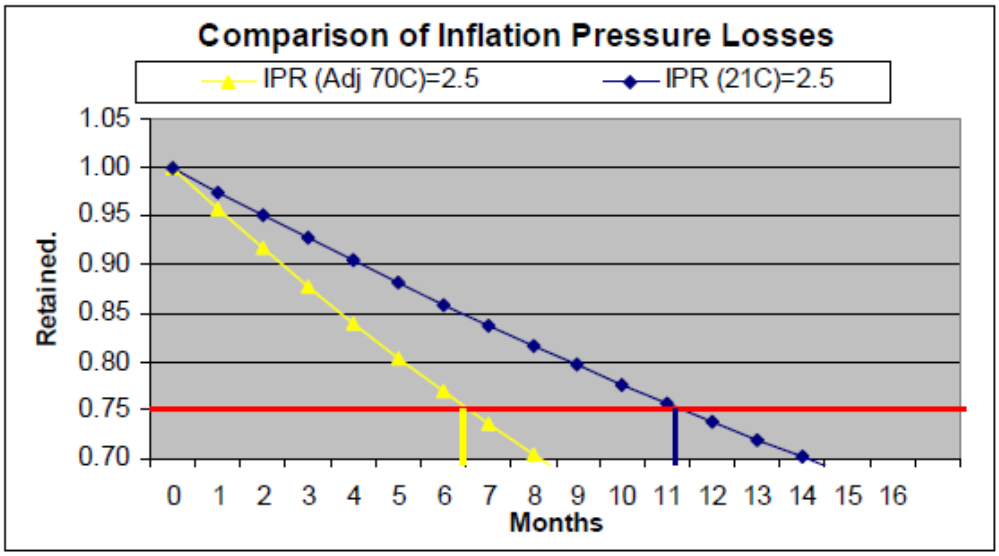
در دماهای بالاتر، آهنگ کاهش فشار باد تایر افزایش می‌یابد. استاندارد ASTM F-1112 آهنگ کاهش IPR را در دمای استاندارد ۲۱ درجه سانتی‌گراد محاسبه می‌نماید. اما به طور معمول تایرها در شرایط عملیاتی در بازه دمایی ۷۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرد؛ بنابراین لازم است وضعیت فشار باد تایر در شرایط دمایی سرویس نیز مد نظر قرار گیرد.

شکل (۴) نشان می‌دهد که افزایش دما تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد به طور چشم‌گیری آهنگ کاهش IPR را افزایش می‌یابد؛ به گونه¬ای که مستقل از نوع و سازنده تایر، نرخ کاهش فشار باد تایر در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۹-۱۰ برابر خواهد بود. به عنوان مثال، تایری که در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد دارای IPR معادل ۲٫۴ درصد است، در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد، IPR معادل با ۳۰ درصد خواهد داشت که معنای آن، کاهش قابل توجه در مدت زمانی است که تایر، ۲۵٪از فشار باد خود را از دست می‌دهد. مثالی از این کاهش مدت زمان، در شکل (۵) قابل مشاهده است [۱۴].



شکل ۳- مدت زمان کاهش ۲۵٪ از فشار باد تایر در تایرها با IPR% مختلف





شکل ۵- اثر افزایش دما بر کاهش مدت زمان کم شدن ۲۵٪ از فشار باد تایر

اثر میزان کائوچوی بیوتیل بر آهنگ کاهش فشار باد تایر

به دلیل ویژگی سدگری مناسب کائوچوی بیوتیل، افزایش میزان کائوچوی بیوتیل در آمیزه آستری داخلی به کاهش (بهبود) آهنگ کاهش فشار باد تایر کمک می‌کند. البته باید توجه داشت که این افزایش میزان کائوچوی بیوتیل، افزایش هزینه محصول را به همراه خواهد داشت. جدول (۵) به مقایسه بهبود آهنگ کاهش فشار باد با تغییر در فرمول‌بندی آمیزه آستری داخلی و تغییرات هزینه محصول پرداخته است.

جدول ۵- اثر تغییر نسبت BIIR/NR در بهبود IPR تایر

کائوچوی موجود در آمیزه	۱		۲		۳	
	phr	$	phr	$	phr	$
کائوچوی بیوتیل، BB 2222	۱۰۰	۱/۱۰۵	۸۰	۰/۸۸۴	۶۰	۰/۶۶۳
کائوچوی طبیعی، SMR 20	۰	-	۲۰	۰/۱۵۷	۴۰	۰/۳۱۳
IPR تایر (٪ کاهش در ماه)	۱/۵		۲/۱		۲/۸	
نسبت هزینه مواد اولیه تایر سواری با تغییر نسبت کائوچو (وزن: kg ۰/۸۵)	۱		۰/۹۶		۰/۹۱	
نسبت هزینه مواد اولیه تایر باری با تغییر نسبت کائوچو (وزن: kg ۱/۶)	۱		۰/۹۶		۰/۹۱	

مشاهده می‌شود که تنها با تغییر نسبت BIIR/NR، می‌توان به ۳۰٪ بهبود در IPR دست یافت.

دستیابی به ۱٪ کاهش ماهیانه IPR در تایر سواری، افزایش هزینه‌ای معادل ۰٫۲ دلار به ازای هر تایر را در بر خواهد داشت [۱۵].

اثر ضخامت لایه آستری داخلی بر آهنگ کاهش فشار باد تایر

شکل (۶) اثر ضخامت لایه آستری داخلی را بر آهنگ کاهش IPR در فرمول‌بندی‌های مختلف آمیزه آستری داخلی نشان می‌دهد.

مشاهده می‌شود که کاهش ضخامت لایه آستری، افزایش آهنگ کاهش فشار باد تایر را برای هر سه نوع فرمول‌بندی به همراه خواهد داشت. بدیهی است که اثر استفاده از کائوچوی بیوتیل خالص در بهبود IPR در نمودارهای فوق نیز مشهود است [۱۵].

اثر آهنگ کاهش فشار باد تایر بر مقاومت غلتشی

یک اصل قدیمی وجود دارد که طبق آن، مقاومت غلتشی با افزایش فشار باد تایر، کاهش می‌یابد.

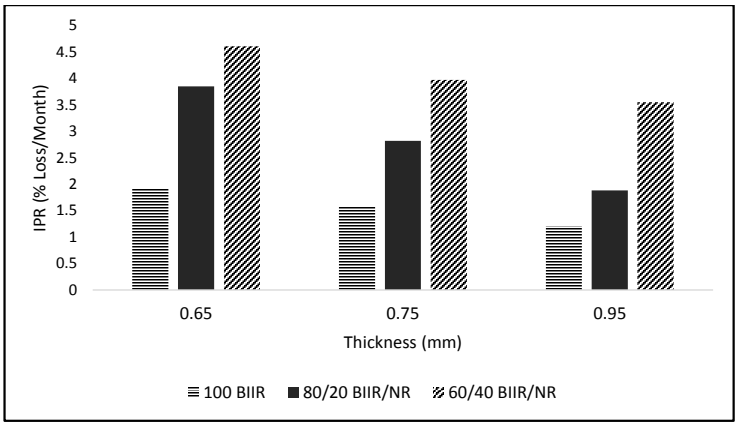
اما به تازگی پژوهشگری[1] برای اولین بار به نتایج غیرمنتظره‌ای در این زمینه دست یافته است. وی با مقایسه نتایج آزمایش‌های خود با نتایج دنیای واقعی، دریافت که در فشارهای بالای تایر، یک افزایش غیر منتظره در مقاومت غلتشی تایرها در سطح جاده رخ می‌دهد.

متعاقباً دو پژوهشگر دیگر[2] نیز این ملاحظات را با آزمودن مقاومت غلتشی در سطوح واقعی مختلف تأیید کردند که نتایج آن‌ها در شکل (۷) قابل مشاهده است.

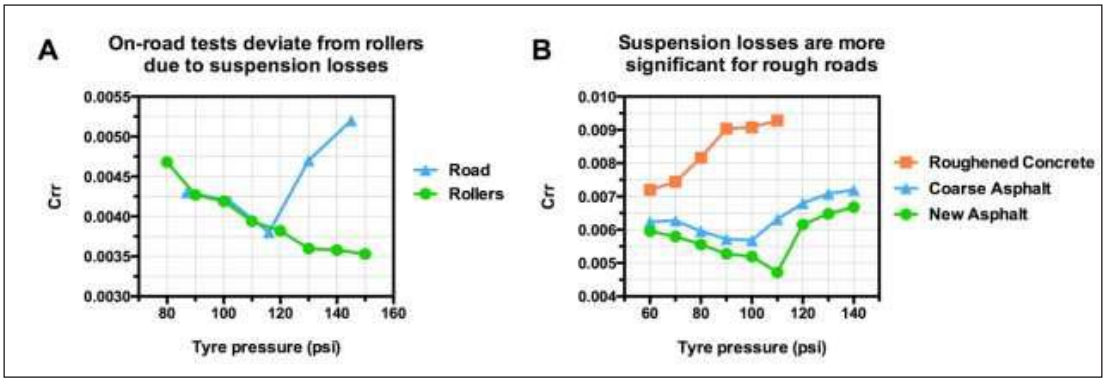
بنابراین مقاومت غلتشی شامل دو جزء خواهد بود: الف) اتلاف‌های گرمازایی[3] که وقتی تایر منعطف می‌شود، رخ می‌دهند و وقتی تایر خیلی نرم است، در بالاترین میزان خود خواهند بود و ب) اتلاف‌های سامانه تعلیق[4] که زمانی که تایر خیلی سخت باشد، در بیشترین مقدار خود می‌باشند. هر یک از این آثار، مستقل از یکدیگر عمل می‌کنند و بنابراین نتیجه نهایی وابسته به جمع این دو نوع اتلاف است.

رانندگان معمولاً در هنگام راندن وسیله نقلیه خود از اتلاف‌های گرمازایی آگاه هستند و چاره آن را در افزایش فشار باد تایر تا بیش از اندازه لازم می‌جویند. بالعکس برای رهایی از آثار اتلاف تعلیقی، تصمیم به افزایش سرعت وسیله نقلیه خود می‌گیرند. با این‌که با افزایش سرعت، میزان لرزش‌های ناشی از اتلاف‌های تعلیقی افزایش‌می‌یابد، با کمی کاهش در فشار باد تایر وسیله نقلیه خود، بر این لرزش‌ها غلبه می‌نمایند. میزان انرژی ناشی از اتلاف‌های تعلیقی با افزایش ناصافی سطح جاده به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد.

پیامدهای این مطالعات روشن هستند: رانندگانی که فشار بیش از حد تایر را تحمل می‌کنند، انرژی زیادی را هدر می‌دهند؛ بنابراین با کاهش فشار تایرها تا حدود ۲۰-۱۰ psi، می‌توان به کاهش مقاومت غلتشی و (در نتیجه افزایش بازدهی) دست یافته و به سادگی روی هر سطحی رانندگی کرد[۱۶].



شکل ۶- اثر ضخامت لایه آستری داخلی بر IPR تایر



شکل ۷- وقتی یک تایر روی غلتک‌های آزمایشگاهی مورد آزمون قرار می‌گیرد، مقاومت غلتشی (crr) با افزایش فشار تایر، کاهش می‌یابد. اما این نتیجه لزوماً برای شرایط جاده‌ای صادق نیست، همانگونه که نتایج به دست آمده از آزمایش‌های Tom Anholt نشان می‌دهد (2A). آزمایش‌های اخیر نیز این پدیده را تأیید نموده‌اند و این موضوع بیشتر برای سطوح جاده‌های ناصاف قابل مشاهده می‌باشد (2B).

1. Tom Anholt 2. Jan Heine & Josh Poertner 3. Hysteretic Losses 4. Suspension Losses

مقاومت غلتشی تایر، ارتباط مستقیم به زمان تنظیم باد تایر دارد؛ به گونه‌ای که هر چه دوره زمانی تنظیم باد تایر طولانی‌تر باشد، شاهد افزایش بیشتری در مقاومت غلتشی تایر خواهیم بود.

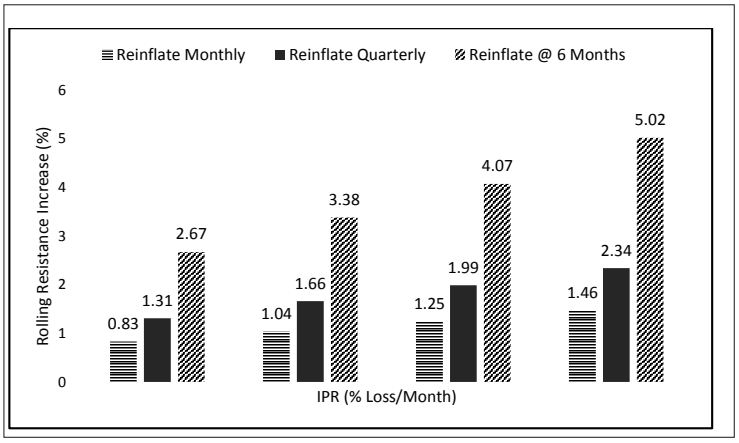
شکل (۸) اثر زمان تنظیم باد تایر بر افزایش مقاومت غلتشی را برای چهار نوع تایر با IPR% مختلف نشان می‌دهد.

بدین ترتیب، اهمیت تنظیم باد تایر بر کارکرد مناسب تایر مشخص می‌گردد. زیرا بهبود مقاومت غلتشی تایر سبب کاهش مصرف سوخت و کاهش رفتگی تایر می‌گردد[۱۷].

نتیجه‌گیری

به نظر می رسد استفاده و مقایسه میزان کاهش فشار باد تایرهای مختلف و استاندارد کردن آن در سطح کشور می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش مصرف سوخت در کشور و نیز بهبود ایمنی مصرف کننده داشته باشد، ولی تاکنون به رغم سادگی بهره‌برداری از این روش نه روش آزمون استانداردی در کشور ایجاد شده است و نه تایرهای داخلی و خارجی وارداتی به این روش ارزیابی می‌شوند که کنترل کیفی مناسبی در آنها باشد. گرچه در دنیا عدد استانداردی در این زمینه تاکنون گزارش نشده است ولی می‌شود در داخل کشور یک استاندارد ملی بنا نهاد که تایرهایی که افت فشار باد زیادی دارند مورد تأیید واقع نشوند.

وجود چنین استاندارد و مقایسه‌ای ضمناً باعث می‌شود مهندسی بهتری در زمینه‌ی آستری داخلی تایرهای سواری و باری در کشور رخ بدهد.



شکل ۸- اثر زمان تنظیم باد تایر بر مقاومت غلتشی

مراجع

1- Tire tech: Air pressure- Correct, underinflated and overinflated, www.tirerack.com

2- The right tire pressure: Why the maximum isn’t the best, info.kaltire.com

3- Tire pressure monitoring system, www.khodrobank.com

4- Tire tech: Air pressure- Temperature fluctuations, www.tirerack.com

5- Tire tech: Air pressure- Time fluctuations, www.tirerack.com

6- Sivarao T.J.S Anand, M. Warikh, Engineering of tire pressure controllong device: An invention towards successful product development, International Journal of Basic & Applied Sciences, 09 (09), 2009.

7- Tire tech: Air pressure- Load adjustments for high speed driving, www.tirerack.com

8- Tire tech- Air pressure vs. dry performance, www.tirerack.com

9- Tire tech- Air pressure vs. wet performance, www.tirerack.com

10- Determining the right PSI, www.tirereview.com

11- ETRTO, Standards Manual, 2018

12- ASTM F-1112-06a (Reapproved 2010), Standard test method for static testing of tubeless pneumatic tires for rate of loss of inflation pressure

13- Sivaraos M.J. Raguvaran, A.S. Dahlan, K. Kadirgama, M.A. Amran, Air permeability investigation towards automotive tire pressure sustainability and life saving, APRN Journal of Engineering and Applied Sciences, 10 (10), 2015.

14- Walter H. Waddell, ExxonMobil Chemical, Summary- Inflation pressure retention effects on tire rolling resistance, vehicle fuel economy and CO2 emissions, California Air Resources Board, 2008.

15- Walter H. Waddell, ExxonMobil Chemical, 10th worldwide tire survey: Replacement tires, California Air Resources Board, 2008.

16- Matt Wikstorm, What is the optimal tire pressure? Our thinking on rolling resistance has changed, 2017, www.cyclingtips.com

17- Walter H. Waddell, ExxonMobil Chemical, Inflation pressure retention effects on tire rolling resistance and vehicle fuel economy, California Air Resources Board, 2008.

اصطکاک شناسی مواد آب‌بند لاستیکی

Tribology of elastomeric seal materials

چکیده:

آب‌بندها مانع از نشت سیال یا گاز از دستگاه و ورود آلودگی به دستگاه می‌شوند. آب‌بندها به دو دسته آب‌بندهای پویا و ایستا تقسیم می‌شوند. بسته به نوع کاربرد و شرایط مورد استفاده آن‌ها می‌توانند از فلزات، پلاستیک‌های منعطف، لاستیک‌ها و مواد چندسازه ساخته شوند. لاستیک‌ها با توجه به ویژگی‌های منحصر به‌فرد خود پرکاربردترین مواد هستند. برخی از عوامل شایع در ایجاد وادادگی آب‌بندها عبارتند از: طراحی، اندازه، برهم‌کنش روغن-لاستیک، سایش،شرایط محیطی و بارگذاری. بسیاری از این وادادگی ها مربوط به مسائل اصطکاک-شناسی می‌باشد. گرمایش اصطکاکی ممکن است باعث افزایش دما و تسریع تخریب شیمیایی یا حرارتی آب‌بندهای لاستیکی شود. از طرفی درجه حرارت بالا می‌تواند سختی آب‌بندهای لاستیکی را کاهش دهد و به دنبال آن وادادگی‌های دیگری را به دنبال داشته باشد. اصطکاک‌شناسی علم و فناوری برهم‌کنش سطوح در حال حرکت می‌باشد و شامل مطالعه و کاربرد اصول اصطکاک، رفتگی و روانکاری است. ضریب اصطکاک سطح لاستیک را می‌توان با توجه به عوامل موثر آن که شامل بخش‌های چسبش، تغییر شکل(پسماند)، گرانرو و هم‌چسبی(پارگی) می‌باشد، بیان کرد. ضریب اصطکاک یکی از خواص کنترل کننده لاستیک در نوع رفتگی است. در حالت کلی رفتگی به سه نوع خستگی، سایشی، گوله‌ای شدن رخ می‌دهد. در عمل ترکیبی از سه شکل رفتگی اتفاق می‌افتد و مشخص کردن سهم هر یک از آنان در طول رفتگی مشکل است.شناخت رفتار اصطکاکی و سازوکار رفتگی لاستیک‌های ویژه آب‌بندی در تعیین عملکرد و عمر سرویس‌دهی آنها مهم است و همچنین درک عمیقتر این رفتارها می‌تواند به طراح کمک کند تا موادی با خواص مناسب برای کاربردهای مشخص در آب‌بندی انتخاب کند.

واژه‌های کلیدی: آب‌بندهای لاستیکی، وادادگی آب‌بندها، اصطکاک شناسی، رفتگی

نوع مقاله: ترجمه

گلرخ ذوالفقاری‌فرد[۱*]، علی عباسیان[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد. گروه مهندسی پلیمر، دانشکده نفت و مهندسی شیمی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- دکترای تخصصی. استادیار. عضو هیأت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی پلیمر، تهران، ایران

*** عهده دار مکاتبات:**

golrokh.zolfaghari@srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۰۲
تاریخ بازنگری:۱۳۹۸/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴

مقدمه:

آب‌بند قسمتی است که مانع از نشت سیال یا گاز از دستگاه و ورود آلودگی به دستگاه می شود. لاستیک‌ها دارای ویژگی‌های کاملا منحصر به فردی هستند که آنها را مواد مناسبی برای ساخت آب‌بندها می‌کند.

بسیاری از آب‌بندها (آب‌بندهای پویا) روی سطحی که باید آب‌بندی شود حرکت می‌کنند و برای کاهش نشتی، اصطکاک و رفتگی (wear) در طول عملکردشان باید بهینه‌سازی شوند. اصطکاک حرکتی یک آب‌بند در برابر سطح آب‌بندی‌شونده باید به حداقل رسانده شود تا هم عملکرد کلی دستگاه افزایش یابد و هم با کاهش ضخامت لایه روانکار، نشتی به حداقل برسد. به واسطه الگوهای شکل‌گرفته روی سطح آب‌بند لاستیکی (که ممکن است در زمان تولید یا عملکردشان روی آنها به وجود آمده باشد) از نشتی می‌توان جلوگیری کرد، اما در برخی آب‌بندها به عنوان مثال آب‌بندهای رفت و برگشتی (reciprocating seal) با افزایش فشار تماس و کاهش ضخامت لایه روانکار، نشتی را می‌توان کاهش داد. در چنین شرایطی خطر ناکافی بودن روانکار و تماس مستقیم بین آب‌بند لاستیکی و سطح آب‌بندی شده وجود دارد و امکان دارد این خطر توسط عوامل دیگر مانند بارهای جانبی، ارتعاشات و سطح نهایی خوب پرداخت نشده تشدید شود.

امکان دارد آب‌بندها از طریق سازوکارهای مختلف حاصله از نشتی یا آلودگی به روان کننده دچار وادادگی شوند. مهم‌ترین انواع وادادگی آب‌بندها عبارتند از سایش (abrasion)، تخریب حرارتی، تخریب شیمیایی، مانایی فشاری، تخریب پلاسمایی، فشردگی بیش از حد، بیرون‌زدگی و از جا درآمدن. اصطکاک زیاد آب‌بندها کارایی دستگاه‌ها را کاهش می‌دهد و هم‌چنین باعث افزایش دما و سرعت بخشیدن به وادادگی آب‌بندها از طریق سازوکارهایی مانند تخریب حرارتی، تخریب شیمیایی، سایش و غیره می‌شود. اکثر آب‌بندها در شرایط روانکاری شده عمل می‌کنند اما گاهی اوقات نیز ممکن است در شرایط خشک یا با روان‌کننده ناکافی حین کار عمل کنند. بدین ترتیب درک رفتار اصطکاکی و سازوکار رفتگی لاستیک‌های ویژه آب‌بندی در تعیین عملکرد و عمر سرویس‌دهی آنها مهم است. با اینکه رفتار اصطکاکی لاستیک‌ها به طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است، اما بیشتر مطالعات قبلی مربوط به رفتار آنها در دو حالت شرایط خشک و یا روانکاری شده‌ی کامل می‌باشد. رفتار اصطکاک‌شناختی لاستیک‌های آب‌بندی شده در مرز یا روانکاری مخلوط زیاد بررسی نشده است. درک عمیق‌تر رفتارهای اصطکاک شناختی لاستیک‌ها می‌تواند به طراح کمک کند تا موادی با خواص مناسب برای کاربردهای مشخصی انتخاب کند.

آب‌بندها و آب‌بندی

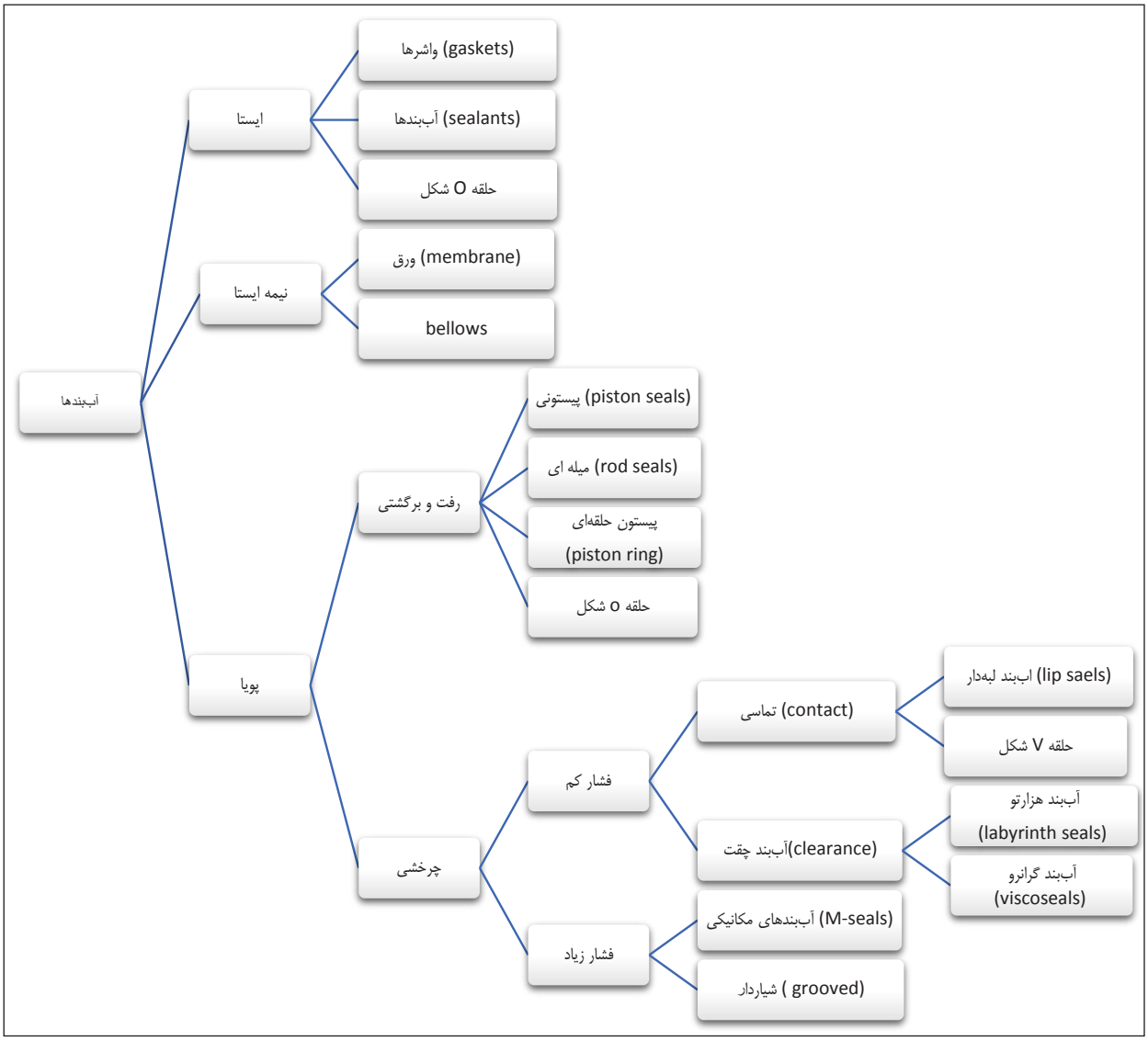
کنترل جابجایی سیال بین دو ناحیه با مرز مشترک را آب‌بندی می‌گویند. برخی ملاحظات مربوط به ساختار یا طراحی یا رواداری (tolerance) ممکن است فاصله‌ای بین دو سطح ایجاد کند که دیگر خودشان نتوانند عمل آب‌بندی را انجام دهند. در این شرایط آب‌بندها جسمی اضافه شونده بین دو سطح هستند که می‌تواند چنین فواصلی را به ابعاد کوچک‌تری کاهش دهند.

دسته‌بندی آب‌بندها

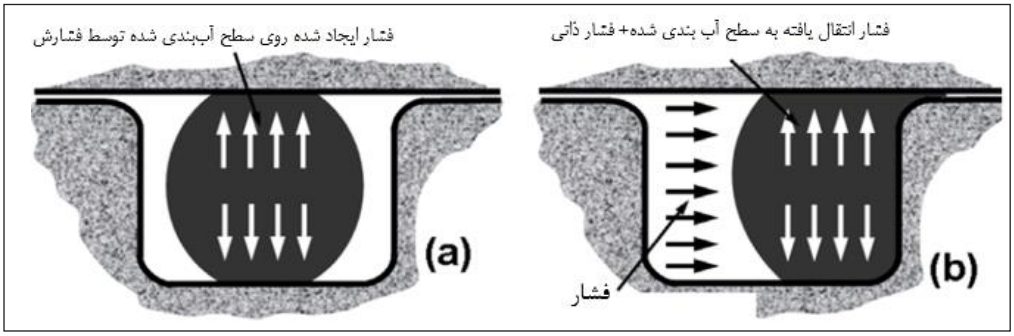
آب‌بندها را می‌توان به دو دسته آب‌بندهای ایستا و پویا تقسیم کرد. آب‌بندهای ایستا عمل آب‌بندی را بین دو سطحی که حرکت نسبی ندارند و آب‌بندهای پویا عمل آب‌بندی را بین دوسطحی که در حرکت نسبی هستند، ایجاد می‌کنند. دسته‌بندی آب‌بندها در شکل ۱ نشان داده شده است. مسائل مربوط به اصطکاک‌شناختی در آب بندهای پویا به دلیل حرکت آنها بر روی سطوح آب‌بندی شده قابل توجه است.

آب‌بندهای ایستا و نیمه‌ایستا

آب‌بندهای ایستا در مکان‌هایی که حرکت نسبی بین دو سطح آب بندی شده وجود ندارد مورد استفاده قرار می‌گیرند. در آب‌بندهای ایستا حرکت از طریق تغییرشکل کشسان آب‌بند ممکن می‌شود. شکل ۲ آب‌بند استاتیک حلقه‌ای O شکل را نشان می‌دهد. به دلیل انعطاف‌پذیری مواد لاستیکی و مقاومت آنها در برابر تغییر حجم فشار وارده به آب‌بند به سطح آب‌بندی شده انتقال می‌یابد. حلقه‌هایO شکل در آب‌بندهای رفت و برگشتی و گاه چرخشی نیز با همان سازوکار مورد استفاده قرار می‌گیرند. .



شکل ۱- دسته‌بندی آب‌بندها



شکل ۲- عملکرد یک حلقه O شکل لاستیکی: (a) بدون فشار اعمالی، (b) هنگامی که فشار اعمال می‌شود.

با توجه به این که در آب‌بندهای ایستا و نیمه‌ایستا هیچ حرکت نسبی بین سطوح آب‌بندی شده وجود ندارد، موضوع اصطکاک‌شناختی مهم نیست.

آب‌بندهای چرخشی

آب‌بندهای چرخشی عمل آب‌بندی را بین یک شفت در حال چرخش و یک سطح خارجی مانند سطح شیاردار یا بدنه‌ی توخالی ایجاد می‌کنند.

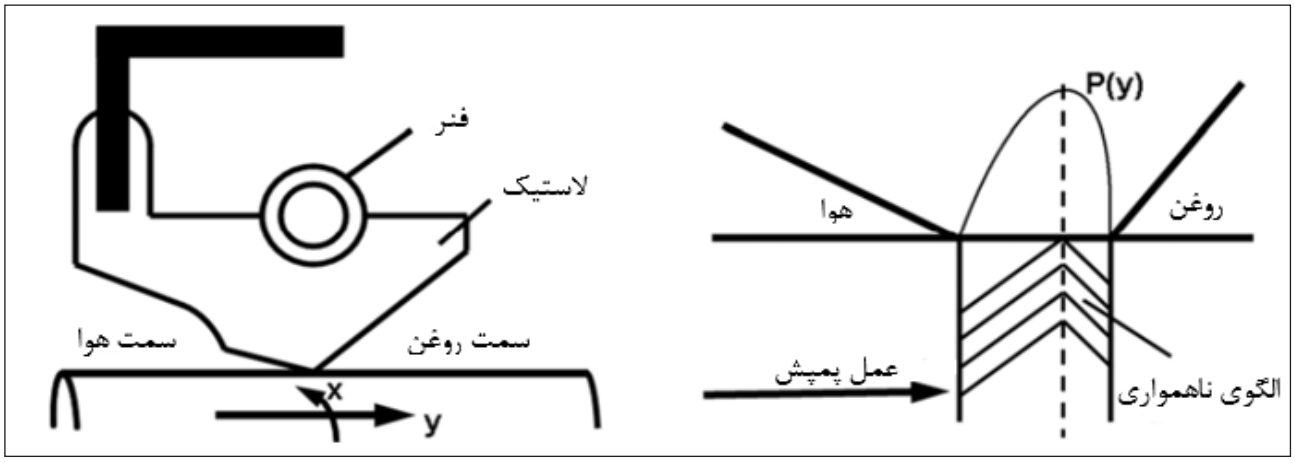
آب‌بندهای لبه‌دار چرخشی (rotary lip seals) از پراستفاده‌ترین آب‌بندهای پویا هستند. سطح آب‌بندی شده توسط یک لایه بسیار نازک از مایع آب‌بندی‌کننده روانکاری می‌شود. روانکاری دوگانه (یا مخلوطی از دو روش روانکاری) در سرعت‌های بسیارکم و در حین کار اتفاق می افتد.

شکل ۳ منطقه‌ای را در مجاورت ناحیه آب‌بندی شده نشان می‌دهد.یک لایه مایع نازک از کنار سطح شفت جدا می‌شود. ضخامت این لایه ۱ میکرومتر و طول آن ۱-۰،۰۵ میلی‌متر است. سازوکار پمپش وارو مانع از نشت روغن به سمت هوا می‌شود. دلایل متعددی برای توضیح پمپش وارو بیان شده‌است که مهم‌ترین دلیل آن تاثیر تغییر شکل برشی است. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، هنگامی که شفت می‌چرخد تنش برشی در لایه منجر به تغییر شکل ناصافی‌های سطح شده و آن‌ها را به صورت پره‌ای درمی‌آورد و باعث می‌شود مایع از سمت آب‌بند شده هوا به سمت روغن پمپ شود.

آب‌بندهای رفت و برگشتی

آب‌بندهای رفت و برگشتی عمل آب‌بندی را در زمان حرکت‌های رفت و برگشتی و در امتداد محور شفت بین عناصر بیرونی و درونی ایجاد می‌کنند (شکل ۴). آب‌بندهای رفت و برگشتی به آب‌بندهای پیستونی، میله‌ای و برف پاک‌کنی (wipers) تقسیم می‌شوند.

رفتار آب‌بندهای میله‌ای و پیستونی شبیه به آب‌بندهای ایستای نشان داده‌شده در شکل ۲ است. تلاش‌های قابل توجهی برای توسعه مواد کاربردی، فناوری، شکل و هندسه، دقت و قابلیت اطمینان آب‌بندهای رفت و برگشتی برای بهبود ویژگی‌های کاربردی آنها مانند کاهش نشتی و اتلاف اصطکاکی، کاهش حجم محفظه مورد نیاز، افزایش عمر آب‌بندها و غیره صورت گرفته‌است. از آنجایی که معمولا حلقه‌های O شکل و دیگر آب‌بندهای رفت و برگشتی لاستیکی با شکل متقارن عملکرد ضعیفی دارند در بسیاری از کاربردها از حلقه‌های V شکل، حلقه‌های U شکل یا ترکیبی از



شکل ۳: شبیه‌سازی آب‌بندهای لبه‌دار چرخشی (سمت چپ) و سازوکار پمپش وارو (reverse pumping) در آب‌بندهای لبه‌دار چرخشی (سمت راست)

چند آب‌بند مختلف استفاده می‌شود. برخی از آب‌بندهای رفت و برگشتی برای بهبود عملکردشان با مواد سخت‌تری مانند فلزات یا بسپارهای سخت تقویت شده‌اند. هنگامی که یک حلقه U شکل به جای حلقه V شکل استفاده می‌شود، حجم محفظه مورد نیاز کاهش می‌یابد و عملکرد آن افزایش می‌یابد. این تغییر در مقدار متغیرها هنگامی که یک آب‌بند فشرده چندسازه (به شکل چندسازه فشرده) (compact composite) مورد استفاده قرار می‌گیرد باعث ایجاد یک مرحله اضافی می‌شود.

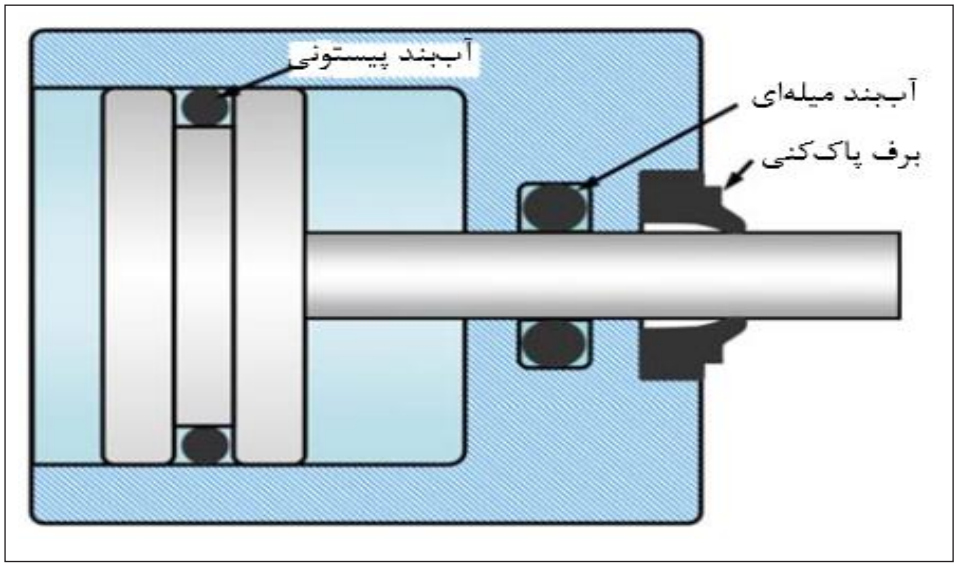
آب‌بندهای رفت و برگشتی در آغار عملکردشان، اصطکاک بسیار زیادی دارند و میزان آن به طور قابل توجهی به میزان توقف قبلی وابسته است. هنگامی که آب‌بند در حال حرکت از سطح آب‌بندی شده روغن به سمت خشک (in-stroke) است، ضخامت لایه بسیار نازک و اصطکاک بالا است اما هنگامی که آب‌بند در حال حرکت از سمت خشک به سمت روغن است (outstroke)، ضخامت لایه بسیار بیشتر و اصطکاک کمتر می‌شود. نشتی آب‌بند با ضخامت لایه کامل در محل تماس که عمدتا در زمان حرکت به سمت روغن ایجاد می‌شود متناسب است.

مواد آب‌بند لاستیکی

بسته به کاربرد: فلزات، پلاستیک‌های منعطف، لاستیک‌ها و مواد چندسازه می‌توانند تبدیل به آب‌بند شوند. با این حال لاستیک‌ها محبوب‌ترین مواد آب‌بند در کاربردهای عمومی هستند.

لاستیک‌ها دسته‌ای از مواد بسپارند که دارای قابلیت ارتجاعی بوده بدان معنی که توانایی بازیابی شکل بعد از تغییر شکل را دارا می‌باشند، اما بین لاستیک خام و لاستیک شبکه‌ای شده تفاوت وجود دارد. در لاستیک خام چون ساختار شبکه‌ای سختی وجود ندارد رفتارشان مانند مواد روان‌شونده برشی است و در دماهای بالا تغییر شکل می‌دهند در مقابل لاستیک‌های شبکه‌ای شده به دلیل ساختار شبکه‌ای خود که حرکت بزرگ مولکول‌های زنجیره مولکولی را محدود می‌کند ناحیه انتقال شیشه‌ای ندارند.

لاستیک‌ها پدیده کرنش وابسته به زمان که گرانروکشسانی (viscoelasticity) نامیده می‌شود را از خود نشان می‌دهند. و در هنگام تغییر شکل هر دو مشخصه گرانرو و کشسان را از خود نشان می‌دهند. مواد گرانرو هنگام اعمال تنش در برابر جریان برشی و

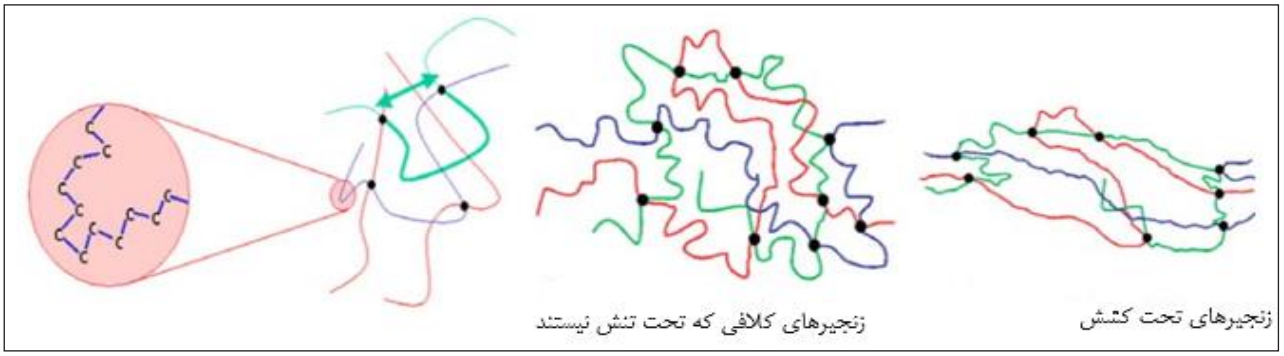


شکل ۴- تصویر شبیه‌سازی شده از انواع آب‌بندهای رفت و برگشتی

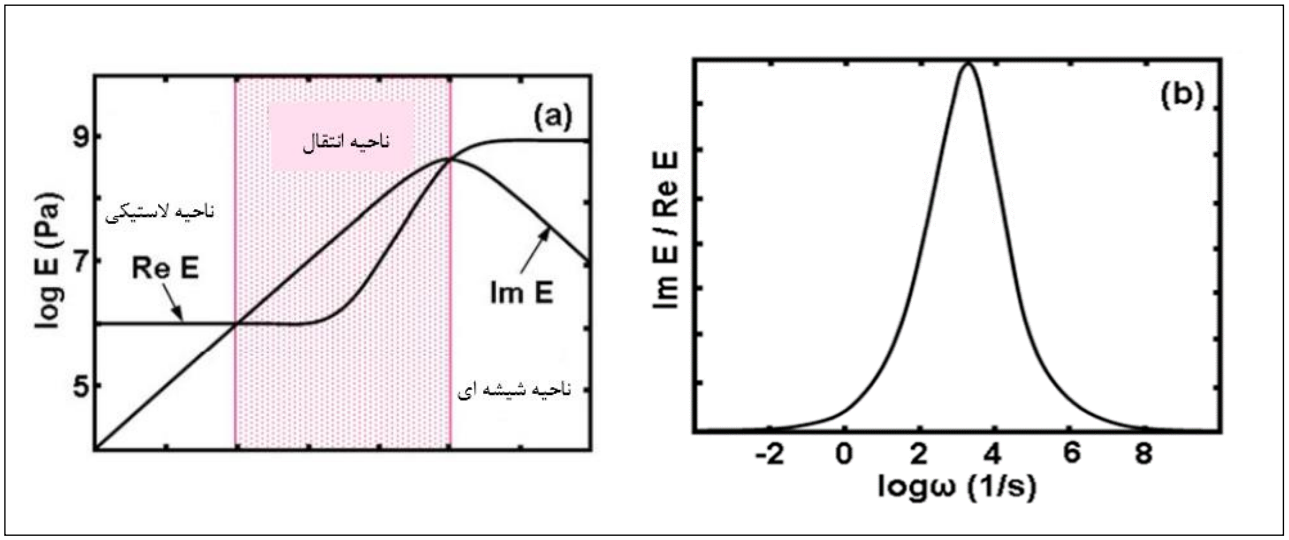
کرنش خطی با زمان مقاومت می‌کنند. هنگامی که تنش اعمالی از روی مواد کشسان برداشته می‌شود سریعا به حالت اصلی خود باز می‌گردند. مواد گرانروکشسان هر دوی این خواص و کرنش وابسته به زمان را دارند. تغییر شکل یک ماده اریخت (amorphous) مستلزم جابه‌جایی اتمی بر روی صفحات بلورشناختی خاص مانند فلزات بلوری نیست. شکل ۵ یک شبیه‌سازی از زنجیره‌های لاستیکی در حالت تحت کشش و بدون کشش را نشان می‌دهد.

هنگامی‌که کرنش‌های نوسانی کوچک یک ماده که حاصل از تنش وارده به آن است اندازه گیری می‌شود برای مواد کشسان تنش و کرنش در یک فاز هستند یعنی واکنش یکی بلافاصله بعد از واکنش دیگری اتفاق می‌افتد. در مواد گرانرو کرنش بعد از تاخیر فاز ۹۰ درجه‌ای تنش به وقوع می‌پیوندد. مواد گرانروکشسان رفتاری مابین این دو مواد (مقداری تاخیر در کرنش) را از خود نشان می‌دهند. برای نشان دادن رابطه بین تنش و کرنش نوسانی می توان از مجموعه مدول پویای استفاده کرد. بخش حقیقی و بخش موهومی هستند و هم‌چنین اتلاف تانژانت E2 /E1 در شکل ۶ نشان داده شده است.

در بسامدهای کم مواد در ناحیه لاستیکی قرار می‌گیرند و



شکل ۵- شبیه‌سازی زنجیره‌های لاستیکی که تحت کشش قرار گرفته‌اند و زنجیره‌هایی که تحت کشش نیستند. نقطه‌ها نمایان گر اتصالات عرضی هستند.



شکل ۶- (a) مدول گرانروکشسان نوعی از مواد شبه‌کشسان $E(\omega) = E_1 + iE_2$ ، (b) اتلاف تانژانت E2/E1

مقدار به نسبت کوچک و ثابتی دارد. در بسامدهای بسیار زیاد (ناحیه شیشه‌ای) ماده بسیار سفت می‌شود و بازهم میزان تقریبا ثابت است اما مقدار بسیار بزرگ‌تری (معمولا به میزان بزرگی سه تا چهار مرتبه) نسبت به ناحیه لاستیکی دارد. در محدوده بسامدهای متوسط (ناحیه انتقال) اتلاف تانژانت بسیار زیاد است. افزایش دما طیف گرانروکشسان را به بسامدهای بالاتر انتقال می‌دهد.

وادادگی آب‌بندهای لاستیکی

معمولا برخی از عوامل باعث ایجاد وادادگی در آب‌بندها می‌شوند. شایع‌ترین عوامل عبارتند از: طراحی، اندازه، برهم‌کنش روغن‌لاستیک، سایش، شرایط محیطی، نصب و شرایط بارگذاری.

بسیاری از این وادادگی‌ها مربوط به مسائل اصطکاک‌شناختی می‌باشد. گرمایش اصطکاکی ممکن است باعث افزایش دما و تسریع تخریب شیمیایی یا حرارتی آب‌بندهای لاستیکی شود. درجه حرارت بالا می‌تواند سختی آب‌بندهای لاستیکی را کاهش دهد که در نتیجه ممکن است باعث انواع دیگر وادادگی مانند وادادگی حلزونی (spiral failure)، تجزیه انفجاری و بیرون‌زدگی شود. غیریکنواختی اصطکاک ممکن است سبب پیچ خورده‌شدن حلقه O شکل و وادادگی حلزونی بشود. اصطکاک غیریکنواخت ممکن است بر اثر لقی زیاد به همراه بارهای جانبی، ناهمسویی اجزا، پرداخت نایکنواخت سطح یا روانکاری ناکافی ایجاد شود.

اصطکاک‌شناسی لاستیک‌ها

اصطکاک‌شناسی علم و فناوری برهم‌کنش سطوح در حال حرکت می‌باشد، که شامل مطالعه و کاربرد اصول اصطکاک، رفتگی و روانکاری است. بسیاری از لاستیک‌ها مانند آب‌بندها، تایر خودرو، برف پاک‌کن شیشه جلو خودرو، کمربندها و غیره با دیگر سطوح در حال حرکت برهم‌کنش دارند و با توجه به خواص ویژه لاستیک‌ها مطالعات تحقیقاتی مربوط به ویژگی‌های اصطکاک‌شناسی آنها کار مهمی در علم و فناوری است.

برهم‌کنش روغن-لاستیک

برهم‌کنش روغن‌لاستیک و مقاومت حرارتی لاستیک‌ها تاثیر بسیار زیادی بر عملکرد، عمر و اطمینان بخشی سامانه‌های آب‌بندی شده دارد. زمانی که لاستیک و روغن با یکدیگر در تماس هستند ممکن است لاستیک، روغن را جذب کند یا روغن اجزای حل‌پذیر لاستیک را استخراج کند و یا روغن با لاستیک واکنش دهد. درجه برهم‌کنش بین مواد به خصوص مواد غیرقطبی مانند بسیاری از بسپارها پارامتر حلالیت (پارامترHildebrand) تعریف می‌شود و به صورت δ نشان می‌دهند. این پارامتر توسط تقسیم ریشه مربع انرژی داخلی تبخیر بر حجم مولی مشخص می‌شود و به عنوان چگالی انرژی هم‌چسبی (cohesion) شناخته می‌شود. مواد با مقدار مشابه δ احتمالا امتزاج پذیر هستند. وجود گروه‌های جانبی قطبی در مازه زنجیر (backbone) یک لاستیک باعث افزایش مقاومت بسپار به روغن می‌شود. اتصالات عرضی درجه تورم بسپار را از طریق وجود نقاط گره (محدودیت‌ها) کنترل می‌کنند و میزان حلال جذب شده به بسپار را محدود می‌سازند.

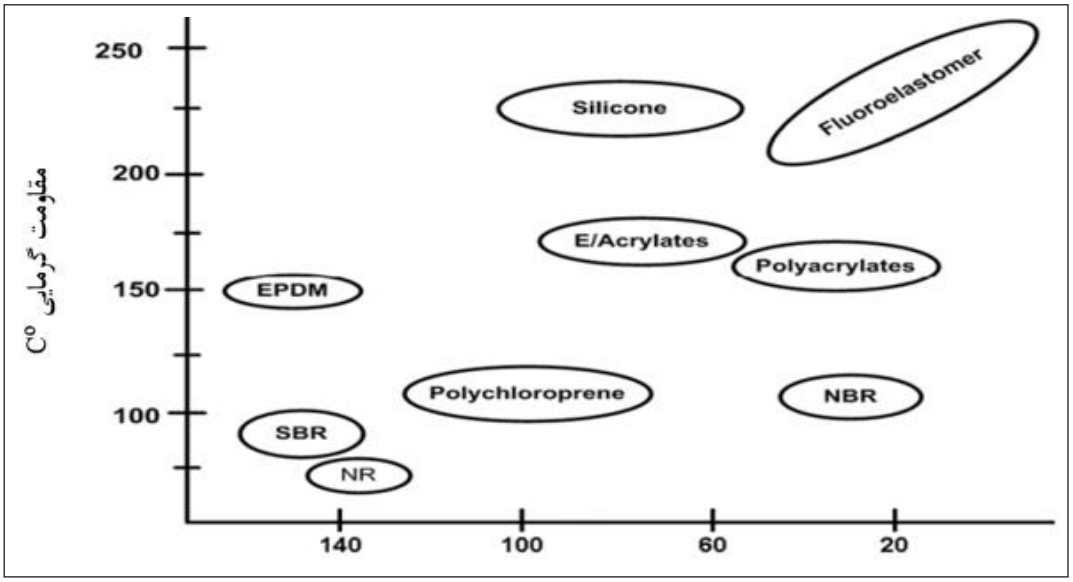
لاستیک‌ها ممکن است به دلیل قرار گرفتن در معرض گرما تغییراتی تصاعدی در خواص فیزیکی خود نشان دهند. سه نوع تغییر مشاهده شده است: اتصالات عرضی اضافی که منجر به افزایش چگالی اتصالات عرضی و سختی می‌شود، بریدگی زنجیره که منجر به کاهش طول زنجیره و وزن مولکولی متوسط شده و نرم شدن لاستیک را به دنبال دارد، تشکیل گروه‌های قطبی یا دیگر گروه‌ها از طریق جابه‌جایی شیمیایی زنجیره بسپاری. شکل ۷ مقاومت گرمایی روغن و لاستیک‌های مختلف را نشان می‌دهد.

لاستیک نیتریل (NBR) یک هم‌بسپار از اکریلونیتریل و بوتادین است و از یک کائوچو ارزان قیمت با خواص مکانیکی خوب برای کاربردهای آب‌بندی تهیه می‌شود. غلظت اکریلونیتریل در هم‌بسپار تاثیر قابل توجهی بر قطبیت، ولکانش و تورم در حلال‌های غیر قطبی دارد. بیش‌ترین مقدار اکریلونیتریل در سوخت‌های موتور، روغن‌ها، چربی‌ها و غیره برای پایین آوردن میزان تورم استفاده

می‌شود. دوده پرکننده اصلی برای آمیزه‌های NBR است و بهبود خواص آمیزه‌ها را در پی دارد. که این خواص شامل استحکام کششی و پارگی، مقاومت سایشی، مقاومت شیمیایی، جهندگی، مانایی فشاری کم و خواص خوب فرآیندی می‌شود. انواع اصلی پرکننده‌های غیر دوده‌ای که در لاستیک نیتریل استفاده می‌شوند عبارتند از: سیلیس، سیلیکات، کائولن، کربنات کلسیم، سولفات باریم، تیتانیوم دی‌اکسید، آلومینیوم تری‌اکسید، آنتیمون تری¬اکسید، منیزیم هیدروکسید، روی اکسید. با توجه به اینکه لاستیک نیتریل قطبی است باید نرم‌کننده قطبی با این لاستیک مورد استفاده قرار گیرد. روغن‌های آروماتیک بسیاری برای کاهش هزینه در مقادیر محدود با NBR دارای اکریلونیتریل (ACN) کمتر از ۲۸٪ مورد استفاده قرار می‌گیرند. به همان میزان که ACN در لاستیک نیتریل افزایش می‌یابد قطبیت لاستیک نیز افزایش یافته و میزان سازگازی با نرم‌کننده کمتر می‌شود. بنابراین فقط مقادیر کمتری از روغن را می‌توان با لاستیک مخلوط کرد که منجر به تراوش یا خروج آن از سطح قطعه ولکانیده نشود. برای اطمینان از سازگاری معمولا دو یا سه نوع نرم‌کننده در آمیزه‌های NBR استفاده می‌شود. برای NBR های حاوی مقادیر زیاد ACN، نرم‌کننده‌های قطبی توصیه می‌شوند.

لاستیک نیتریل هیدروژن‌دار شده (HNBR) توسط یاریگر (کاتالیزگر) هیدروژن‌دار از لاستیک نیتریل تولید می‌شود. مواد HNBR در مقایسه با NBRها در برابر پاداکسنده‌ها (antioxidant) و حملات گوگردی در دماهای بالا مقاوم‌ترند و انعطاف‌پذیری و چقرمگی(toughness) NBRها را با دما و مقاومت شیمیایی آن‌ها را بهبود بخشیدند. HNBR وNBRها را می توان با بسیاری از نرم‌کننده‌ها ترکیب کرد. برای آمیزه‌های HNBR نیز دوده پرکننده اصلی است. نرم‌کننده‌های مورد استفاده با HNBR نباید فرار باشتد چون از مقاومت گرمایی کلی این آمیزه می‌کاهند.

لاستیک اکریلیک (ACM) یک نوع لاستیک حاوی اکریلونیتریل است. این هم‌بسپار از دو جزء اصلی شامل مازه زنجیر(۹۵-۹۹٪) و بخش واکنشگر پخت (۱-۵٪) تشکیل می‌شود. از ویژگی برجسته لاستیک ACM مقاومت آن به روغن داغ است. مقاومت گرمایی،



شکل ۷- مقاومت روغن (درصد تورم در ASTM oil #3)

مقاومت در برابر هوا، ازون و پیرش (ageing) طبیعی آن از NBRها بیشتر است. اما مقاومت آن در برابر رفتگی و تورم روغن کم است. پرکننده‌هایی که در ACM مورد استفاده قرار می‌گیرند باید خنثی یا بازی باشند تا از دخالت در واکنش ولکانش جلوگیری شود. برای بهبود خواص مکانیکی در ACM از پرکننده‌های سیلیکات و دوده فعال استفاده می‌شود. هم‌چنین از ترکیب سیلیس با آلومینیم سیلیکات یا رس‌های اصلاح شده با مواد آلی نیز توصیه می‌شود. نرم‌کننده‌ها معمولا در آمیزه‌های ACM استفاده نمی‌شوند اما امکان دارد بعضی از نرم‌کننده‌ها با میزان فراریت کم برای بهبود انعطاف‌پذیری در دماهای پایین مورد استفاده قرار بگیرد.

به طور معمول لاستیک‌های فلوئور در محیط‌های سخت که دیگر لاستیک‌ها وا می‌دهند مورد استفاده قرار می‌گیرند. از دو ویژگی اصلی لاستیک‌های فلوئور مقاومت شیمیایی و گرمایی است که برای کاربردهای آب‌بندی مورد توجه قرار می‌گیرد. FKM نامی است که برای خانواده بزرگ لاستیک‌های فلوئور حاوی تک‌پار وینیلیدین فلوئورید انتخاب شده است. لاستیک‌های فلوئور از لاستیک‌های اکریلیک و نیتریل گران‌تر هستند. برای فراهم کردن قابلیت فراورش خوب، سختی مطلوب و کاهش هزینه‌های آمیزه از پرکننده‌های معدنی و دوده‌های غیرتقویت‌کننده استفاده می‌شود. نرم‌کننده‌های معمولی مانند نرم‌کننده‌های استری با FKM سازگار نیستند. برای بهبود قابلیت پردازش لاستیک‌های فلوئور از آمیزه‌های ویژه (به خصوص بسپارهایی با وزن مولکولی کم) استفاده می‌شود.

اصطکاک

ضریب اصطکاک سطح لاستیک روی یک سطح سخت را می‌توان با توجه به عوامل موثر بر آن شامل بخش‌های چسبش (adhesion)، تغییرشکل (پسماند) گرانرو و هم‌چسبی (cohesion) (پارگی) بیان کرد. به طورکلی چسبش (شکل ۸) به عنوان ساخت و شکست اتصالات در یک سطح مولکولی شناخته می‌شود. پسماند اصطکاکی (Hysteretic friction) (شکل ۸) نتیجه از دست دادن انرژی بر اثر میرایش داخلی درون جسم گرانروکشسان است. بخش همچسبی یا پارگی اصطکاک در واقع همان بخش رفتگی است که منجر به از دست رفتن بخشی از ماده می‌شود و بخش گرانرو اصطکاک نیز نیروی غژکی گرانرو (viscous drag) در شرایط خیس است.

بیشتر متون فقط دو بخش برای اجزای اصطکاک مطرح کرده‌اند زیرا جزء تغییرشکل می‌تواند هر دو مولفه پسماند و پارگی را نشان دهد و جزء گرانرو اصطکاک می‌تواند زیرمجموعه‌ای از مولفه چسبش باشد. مطالعات اخیر تنها با یک فرض ساده استقلال اجزای چسبش و تغییرشکل در اصطکاک را نشان می‌دهند. اگر فرض شود که نیروی چسبندگی در واحد سطح در طول هر تغییر شکل باید ثابت باشد و در حالی که می‌دانیم انرژی آزاد سطحی تابعی از هردو انرژی داخلی و آنتروپی است پس اگر انرژی داخلی یا آنتروپی تغییر کند تغییرشکل توده را نیز به دنبال دارد.

بخش‌های چسبش و پسماند اصطکاک به دما، سرعت سرش (sliding)، هندسه و تمیزی سطوح اتصال بستگی دارند. بخش چسبش زمانی مورد توجه است که لاستیک بر روی سطح بسیار تمیز، خشک و صاف سر می‌خورد. هم‌چنین می‌تواند در بارهای کم حتی در شرایط روانکاری شده به دلیل اهمیت نیروهای جاذب واندروالسی در پیوندهای موقتی بین سطوح در مقایسه با بار عمودی قابل توجه باشد.

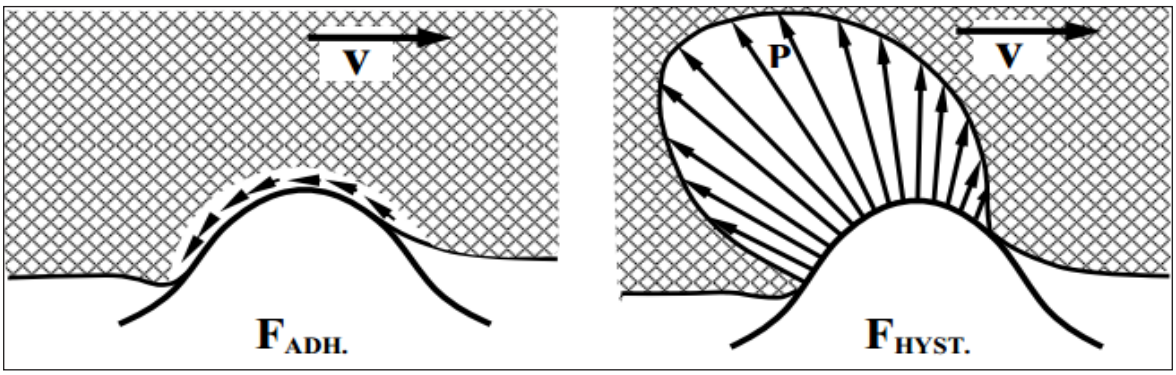
مطالعات قبلی بر روی اصطکاک لاستیک عمدتا بر روی بخش پسماند که مهم‌ترین بخش در کاربردهای حقیقی می‌باشد متمرکز شده است. نظریه‌ای در مورد اتلاف انرژی در سرش لاستیک روی یک سطح سخت توسط پرسن ارایه شده است. اصطکاک پسماندی لاستیک در هنگام سر خوردن بر روی یک سطح سخت به نسبت دامنه بر طول موج ناهمواری سطح بستگی دارد. اگر این نسبت ثابت باشد، احتمالا ناهمواری‌های سطح با مقادیر مختلف تاثیر یکسانی بر نیروی اصطکاکی دارند.

هنگامی که لاستیک در برابر یک سطح سخت و ناهموار با

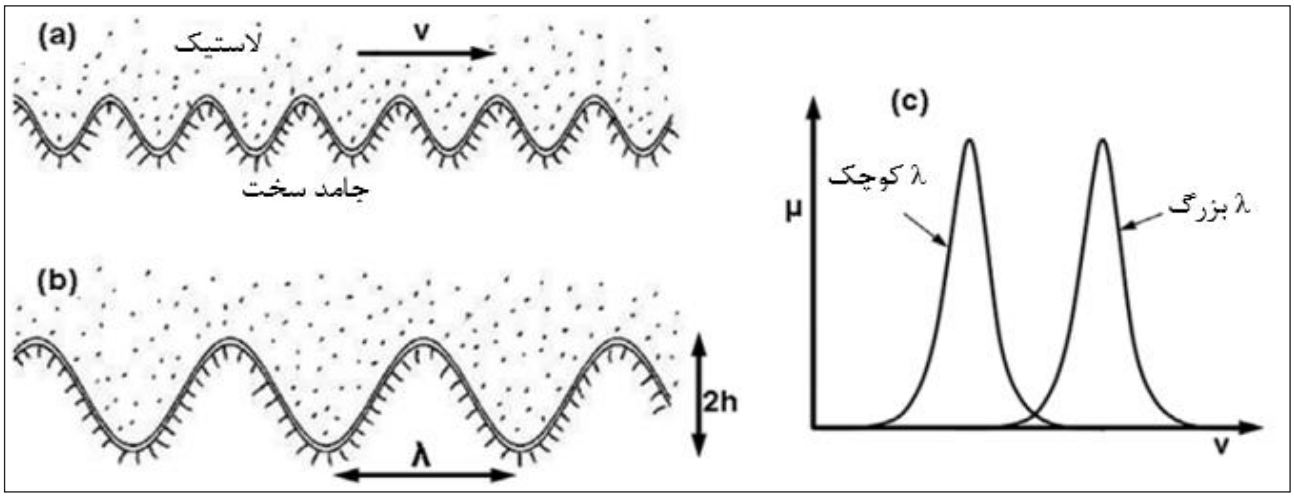
ناهمواری‌هایی به طول λ سر می‌خورد در معرض نیروهای نوسانی با بسامد قرار می‌گیرد. از آنجایی که یک سطح واقعی دارای ناهمواری‌هایی با توزیع گسترده‌ای از طول‌های مختلف است. سهم ناهمواری سطح با میزان طول λ و ضریب اصطکاک μ زمانی به بیشترین میزان خود می‌رسد که برقرار باشد این در جایی است که بسامد در $\mathrm{Im}\,E(\omega)/|E(\omega)|$ به بیش‌ترین میزان خود می‌رسد. این نقطه در ناحیه انتقال بین ناحیه لاستیکی (بسامدهای کم) و ناحیه شیشه‌ای (بسامدهای زیاد) قرار دارد. سهم میزان طول‌های مختلف ناهمواری سطح در شکل ۹ شبیه‌سازی شده است.

هنگامی‌که لاستیک روی یک سطح سخت سر می‌خورد گرمایش اصطکاکی باعث افزایش دما می‌شود و در نتیجه طیف گرانروکشسان به بسامدهای بالاتر انتقال پیدا می‌کند. از آنجایی که در بیشتر کاربردها بسامدهای زیر ایجاد آشفتگی می‌کنند (جایی که $\mathrm{Im}\,E(\omega)/|E(\omega)|$ بیشترین میزان است) افزایش دما (به واسطه گرمای اصطکاکی) باعث کاهش ضریب اصطکاک می‌شود.

هنگامی که یک لاستیک نرم بر یک سطح سخت سر می‌خورد



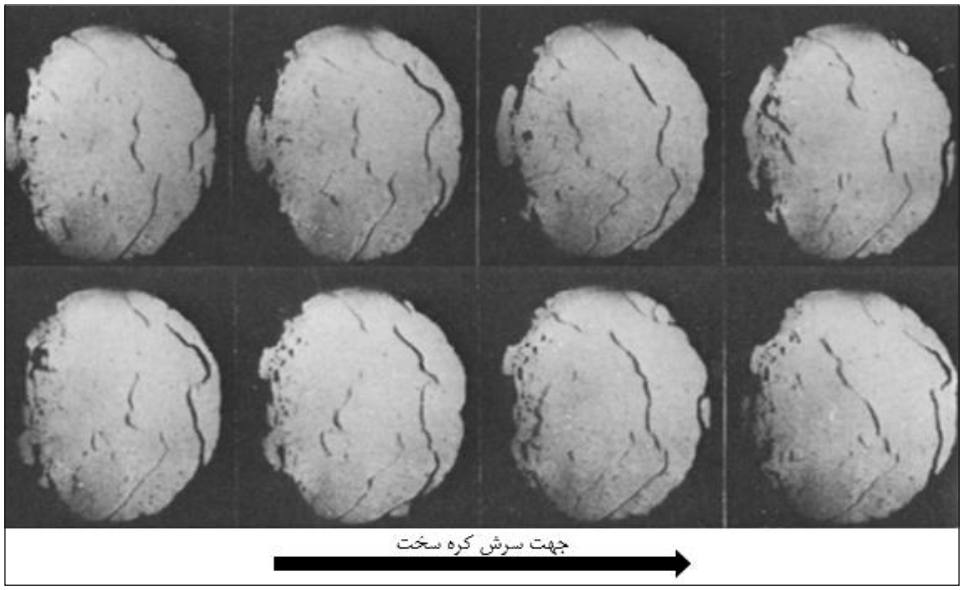
شکل ۸- اجزای چسبش و پسماند اصطکاک لاستیک‌ها



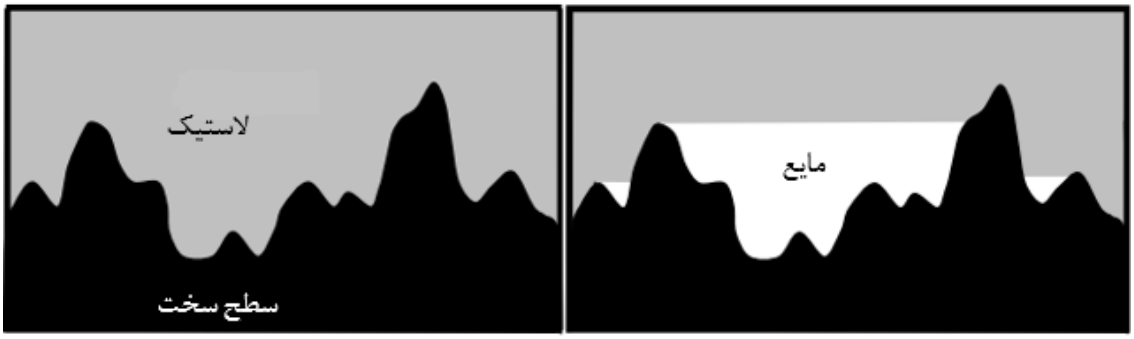
شکل ۹: حرکت لاستیک روی یک سطح سخت موج‌دار. مقدار سهم برای اصطکاک بر اثر میرایش(damping) داخلی لاستیک در (a) و (b) مشابه است زیرا نسبت بین دامنه و طول موج یکسان است.(c) شبیه‌سازی منحنی‌های برای پروفایل ناهمواری‌های (a) و(b) می‌باشد.

یا برعکس یک سرنده سخت بر روی یک سطح لاستیکی نرم سر می‌خورد، یک حرکت نسبی بین این دو عضو تحت اصطکاک به دلیل موج‌های جدایشی (waves of detachment)در سطح تماس دو عضو از جلو به عقب دیده می‌شود. این امواج که حرکتی بسیار سریع‌تر از دو جسم در سرش دارند به نام محققی که اولین بار آن‌ها را توصیف کرد امواج شالاماک نامیده شدند. امواج شالاماک در یک سرعت سرشی بحرانی ظاهر می‌شوند که مقدار آن بستگی به خواص چسبندگی فصل مشترک، مشخصات هندسه محل تماس، خواص کشسانی مواد شبه‌لاستیکی، بار عمودی و دما دارد. شکل ۱۰ امواج شالاماک تولید شده به وسیله یک سرنده کروی بر روی سطح لاستیک را نشان می‌دهد.

روانکار، سطح تماس واقعی بین لاستیک و سطح سخت را کاهش می‌دهد در نتیجه موجب کاهش ضریب اصطکاک می‌شود. حضور مایع بین لاستیک و لایه سخت نه تنها باعث کاهش چسبش می‌شود بلکه بخشی از جزء پسماند اصطکاک را نیز کاهش می‌دهد. در یک سطح روانکاری شده فرورفتگی‌های سطح پر از مایع شده و به طور موثری سطح را هموار کرده و منافذ را می‌بندند (شکل ۱۱). صافی سطح، تغییرشکل گرانروکشسان ناشی از ناهمواری سطح را کاهش می‌دهد و باعث کاهش اصطکاک لاستیک می‌شود.



شکل ۱۰- امواج شالاماک که توسط یک کره سخت با سرعت سرشی ۰٫۴۳ mm/s روی سطح لاستیکی ایجاد شده است (۸ عکس در فواصل ۱٫۳۲ s).



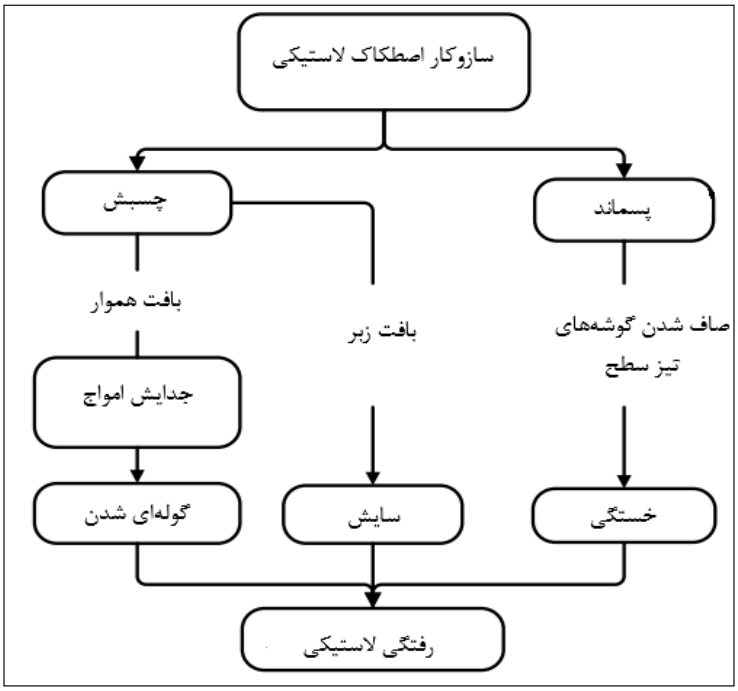
شکل ۱۱- هموار شدن سطح در حضور روان‌کننده

رفتگی(wear)

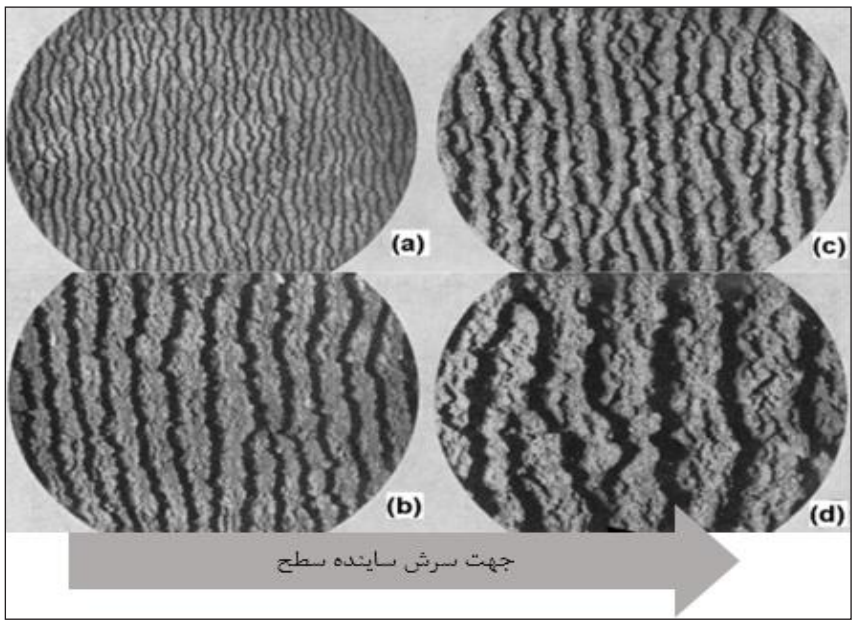
هنگامی که یک لاستیک بر روی یک سطح سخت سر می‌خورد سه سازوکار متفاوت از رفتگی می‌تواند رخ دهد. در طول سرش بر روی سطح سخت با بافت تیز به علت پارگی سطح سرش لاستیک، رفتگی سایشی اتفاق می‌افتد. رفتگی خستگی یکی دیگر از سازوکارهای رفتگی می‌باشد که هنگام سرش سطح لاستیک روی برآمدگی‌های لایه سخت اتفاق می‌افتد. هنگامی که یک لاستیک بسیار کشسان روی یک سطح هموار سر می‌خورد سطح لاستیک گوله‌ای می‌شود (roll formation). در این نوع رفتگی نیروی اصطکاک بالا، طرح روی لاستیک و رویه‌ها را می‌برد و سپس زبانه در طول جهت سرش می‌چرخد. مقدار تنش برشی بحرانی برای هر لاستیک این گونه تعریف می‌شود که اگر تنش برشی از تنش برشی بحرانی بیش‌تر شود گوله‌ای شدن رخ می‌دهد. در تنش های برشی کمتر از مقدار بحرانی رفتگی عمدتا به دلیل خستگی است. بنابراین ضریب اصطکاک یکی از مهم ترین خواص کنترل کننده لاستیک در نوع رفتگی است. شکل ۱۲ نموداری از سازوکارهای اصطکاک و رفتگی لاستیک‌ها را نشان می‌دهد.

در عمل ترکیبی از سه شکل رفتگی اتفاق می‌افتد و مشخص کردن سهم هر یک از آنان در طول رفتگی مشکل است.

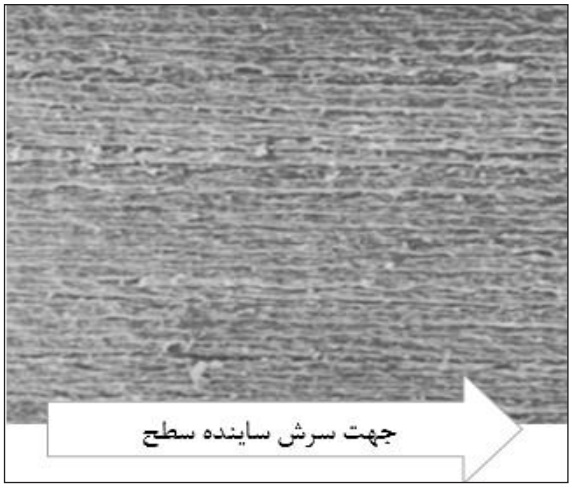
هنگامی که لاستیک بدون تغییر در جهت سرش ساییده می‌شود مجموعه‌ای از برآمدگی‌های موازی روی نمونه و در جهت عمود بر جهت حرکت ایجاد می‌شود. که "الگوهای سایش" نامیده شده‌اند. شدت آن‌ها با افزایش ناهمواری مسیر و کاهش سفتی آمیزه افزایش می‌یابد. شکل ۱۳ چند نوع از سطح لاستیک طبیعی ساییده شده را نشان می‌دهد. سطوح لاستیک ساییده شده توسط رفتگی خستگی علائم حفره مانندی را نشان می‌دهند در حالی که سطوح لاستیک سخت‌تر در برابر ناهمواری‌های تیز، خراش‌هایی موازی با جهت سرش را نشان می‌دهند. خراش‌های موازی با جهت سرش، بر روی سطح لاستیک‌های ساییده شده در نقاط تماس با ناهمواری‌های تیز رخ می‌دهد. شکل ۱۴ نوعی از سطح ساییده شده لاستیک نیتریل هیدروژن دار شده را نشان می‌دهد که توسط خراش‌های موازی با جهت سرش مشخص شده است.



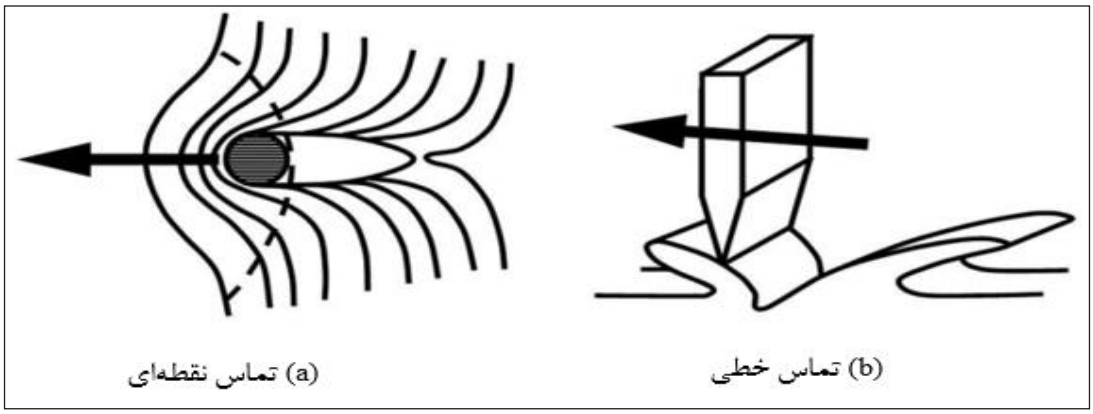
شکل ۱۲- نمودار شبیه‌سازی شده از سازوکارهای اصطکاک و رفتگی در لاستیک‌ها



شکل ۱۳- الگوهای سایش بر روی دو لاستیک طبیعی متفاوت پر شده با دوده (a) و (c) لاستیک سخت، (b) و (d) لاستیک نرم. (a) و (b) مسیر سایشی ریز، (b) و (d) مسیر سایشی درشت



شکل ۱۴- خراش روی سطح ساییده شده لاستیک نیتریل هیدروژن‌دار در دمای ۲۵°c.



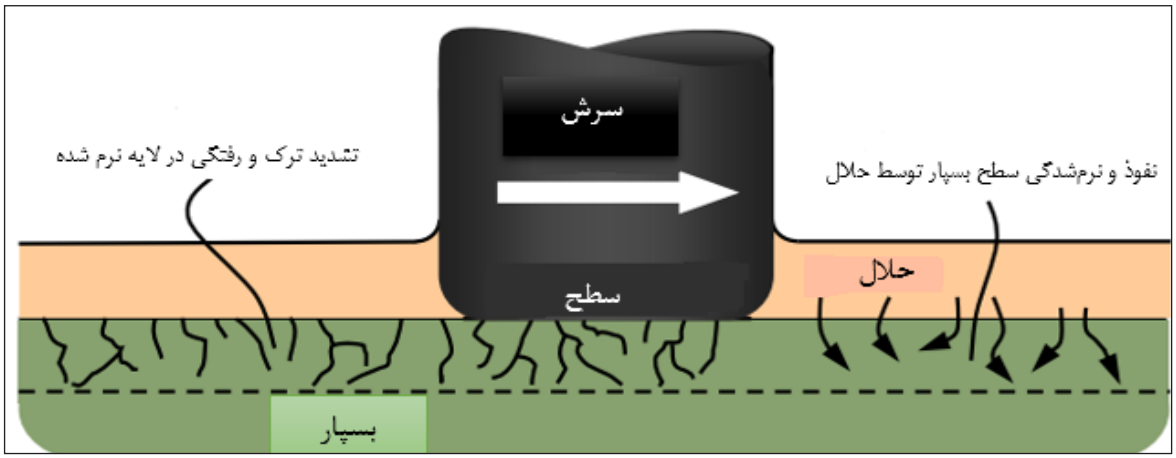
شکل ۱۵- سازوکار تشکیل خراش و برآمدگی روی سطح سرش لاستیک؛ (a) تشکیل خراش و (b) تشکیل برآمدگی

شالاماک و گروش دریافتند که آهنگ رفتگی خطی روی یک مسیر تیز مانند کاغذ ساینده همانند نتیجه وادادگی کششی با نسبت اتلاف انرژی اصطکاکی به چگالی انرژی در شکست متناسب است. سایش سطوح لاستیکی در تماس خطی به‌طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است اما بیشتر مطالعات قبلی بر روی سایش خشک لاستیک متمرکز بوده است. ساثرن و توماس سایش سطح لاستیک توسط یک تیغه تیز در تماس خطی مورد مطالعه قرار دادند و یک نظریه¬ای را ارائه دادند که رابطه بین آهنگ رفتگی و نیروی اصطکاکی و هم‌چنین مشخصات رشد ترک‌های لاستیک را توصیف کند. آنها هم‌چنین بیان کردند که فاصله الگوها به نیروی ساینده و دمای آزمایش بستگی دارد. جانگ و یانگ یک معادله نظری از رفتگی سایشی لاستیک در تماس خطی با توجه به دیدگاه انرژی بر اساس نتایج تجربی توصیف کردند.

طبقه‌بندی دیگری، رفتگی لاستیک‌ها را به عنوان نتیجه دو فرآیند معرفی می کند: گسیختگی مکانیکی موضعی (پارگی) و تخریب مولکولی (رفتگی تخریبیsmearing))). روغن حاصل فرایند تخریب که در طول رفتگی تخریبی شکل می‌گیرد از پاره شدن لایه زیرین لاستیک محافظت می‌کند و باعث کاهش آهنگ رفتگی می‌شود. آزمایش‌های تجربی نشان می‌دهند که کاهش آهنگ رفتگی در طول رفتگی تخریبی از طریق اضافه کردن پاداکسنده‌ها ممکن است. بسپارها در بسیاری از مایعات آلی محلول هستند و می‌توانند یک اثر هم‌افزا بین حلال خورنده و بسپار داشته باشند که باعث رفتگی قابل توجهی شوند. اگر حلال بتواند به سطح بسپار نفوذ کند اثر مخربی روی رفتار بسپار خواهد داشت و منجر به رفتگی سریع در اثر ترک‌زایی سریع می‌گردد که به دلیل تضعیف بسپار توسط حلال در تماس با سطح مقابل است.

این به صورت شبیه‌سازی شده در شکل ۱۶ نشان داده شده است. باور بر این است هنگامی که پارامتر حلالیت بسپار و حلال مشابه باشد آهنگ رفتگی به حداکثر میزان خود می‌رسد.

موهر و همکارانش تاثیر روانکار بر روی سایش لاستیک را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها مشاهده کردند که وقتی یک روانکار هنگام سایش لاستیک توسط تیغه در تماس خطی اعمال می‌شود الگوی بسیار ریزی توسعه می‌یابد و آهنگ سایش بسیار پایین است اما نیروی افقی روی تیغه به طور چشمگیری کاهش نمی‌یابد. با این حال هنگامی که یک ساینده دارای لبه ضخیم بر روی سطح لاستیک سر می‌خورد نیروی افقی در حضور یک روانکار به طور چشمگیری کاهش می‌یابد. چاندرسکان و بچلر اصطکاک و رفتگی به واسطه سرش لاستیک بیوتیل بر روی کاغذ ساینده به عنوان تابعی از دما و نیرو را مطالعه کردند. آن‌ها آزمایش‌های سرش تک‌جهته در حضور روانکار و شرایط خشک را انجام دادند و گزارش کردند که ضریب اصطکاک در حضور روانکار کاهش می‌یابد اما به علت تخریب شیمیایی لاستیک رفتگی سرعت می‌گیرد.



شکل۱۶: هم‌افزایی بین رفتگی بسپار و آسیب توسط یک حلال

مراجع

Mofidi, Mohammad. "Tribology of elastomeric seal materials." PhD diss., Luleå tekniska universitet, 2009.

بررسی روندهای آموزش و پژوهش در حوزه لاستیک در دنیا و ایران

Review on the Elastomer Education and Research in Iran and the World

چکیده:

یکی از مسایل مورد پرسش از بابت این که چرا فناوری لاستیک و تایر در ایران به خوبی رشد نیافته است، بازمی‌گردد به این نکته که شاید موسسات آموزشی و یا مراکز پژوهشی دانشگاهی در ایران به نسبت دنیا خیلی خوب عمل نکرده‌اند که خروجی خوبی از آن‌ها مشاهده نمی‌شود. این مقاله تلاش دارد با بررسی رخدادهای پژوهشی و آموزشی در سطح دنیا در زمینه‌ی لاستیک و تایر و مقایسه‌ی آن با وضعیت فعلی ایران تا حدی کاستی‌های آموزشی و پژوهشی و چرخه‌ی تولید و انتقال دانش را بررسی کند. بر اساس بهینه‌کاوی‌های به عمل آمده به نظر می‌رسد کمیت و یا کیفیت آموزش در ایران در حوزه لاستیک فرقی با دنیا ندارد، تفاوت قابل توجهی نیز بین خروجی‌های پژوهشی دانشگاه‌های ایران و دنیا نیست ولی تمایل و رویکرد پژوهشی صنعت تایر و لاستیک ایران درونگرا است و چندان موثر در ارتباطات داخلی و یا بین‌المللی نیست و به نظر مهم است که برای رفع این ضعف از درون صنعت تایر راه حل را جست به جای این که مشکل را در ضعف دانشگاه یا کمبود تقویت دانشگاه‌ها در این حوزه دانست.

واژه‌های کلیدی: آموزش لاستیک، پژوهش لاستیک، تایر، روندهای آموزش و پژوهش

نوع مقاله: ترجمه

بیتا کاظمی‌نژاد[1*]، علی عباسیان[2]

۱- کارشناسی ارشد. دانش آموخته کارشناسی مهندسی پلیمر دانشگاه علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲- دکترای تخصصی. استادیار. عضو هیأت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی پلیمر، تهران، ایران

*** عهده دار مکاتبات:**

bita.kazeminejad@gmail.com

تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۰۱

تاریخ بازنگری:۱۳۹۸/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴

مقدمه:

یکی از مسایل مورد پرسش از بابت این که چرا فناوری لاستیک و تایر در ایران به خوبی رشد نیافته است، بازمی‌گردد به این نکته که شاید به لحاظ موسسات آموزشی و یا مراکز پژوهشی ما در ایران به نسبت دنیا بیلی خوب عمل نکرده‌ایم. نشریه Mac-

romolecular Symposia در حدود چهار سال پیش در سپتامبر ۲۰۱۵ یک شماره خود را به مسئله آموزش بسپار اختصاص داد [۱]. در این شماره خاص، با مشارکت متخصصین حوزه بسپار از کشورهای مختلف، روند توسعه دانش و پژوهش در حوزه بسپار در دانشگاه‌های مختلف در دنیا بررسی شد و تجربیات موفق در این حوزه، به ویژه در طراحی رشته‌های دانشگاهی، روش‌های انتقال دانش و آماده کردن نسل بعد برای برعهده گرفتن وظایف در صنعت به اشتراک گذاشته شد. ۳۵ سال پیش از آن نیز مقاله‌ای مشابه درباره تاریخچه آموزش بسپار در امریکا نوشته شده بود که در آن تاریخچه شکل‌گیری بسپارها در دانشگاه، از اندک واحدهای درسی تا رشته‌های کامل، مورد بررسی قرار گرفته بود [۲].

هر چند شاید به سادگی بتوان لاستیک را شاخه‌ای مشخص از مهندسی بسپار در دنیا دانست و ذیل حوزه‌ی بسپار، ولی تایر وضعیت متفاوت‌تری دارد و به وضوح در قالب یک رشته‌ی دانشگاهی نمی‌توان آن را گنجاند. بیش‌ترین همپوشانی دانشگاهی این محصول با رشته‌های مهندسی بسپار، مهندسی مکانیک و در مراحل بعدی فیزیک و مهندسی نساجی است، و شاید به همین دلیل رد پای آن را در دانشگاه سخت‌تر می‌توان یافت. اما از سویی لاستیک را نیز نمی‌توان از تایر جدا کرد، چون بسیاری از پژوهش‌های مرتبط با لاستیک از تایر جدا نیست. این مقاله در مورد آموزش و پژوهش لاستیک و تایر است ولی با تمرکز بر حوزه‌های بسپاری، هر چند برای بررسی آموزش تایر به حوزه های مکانیک و نساجی نیز نگاه شده است. در ایران البته حوزه‌ی تایر در اوان شکل‌گیری این صنعت با به کارگیری متخصصین شیمی و فیزیک و بعدتر مهندسی شیمی رشد کرد و این اواخر بوده است که مهندسی پلیمر و مکانیک خود را به عنوان رشته‌های اصلی طراحی تایر و به تازگی مهندسی نساجی نشان داده‌اند و کمی به لحاظ مفهومی فاصله‌ی تخصصی صنعت تایر ایران با آن چه که در خارج رواج داشته است فاصله داشته است.

تقریبا برای تمام رشته‌های علمی دانشگاهی می‌توان چرخه‌ای از پژوهش (تولید دانش) و آموزش (انتقال دانش) را در نظر گرفت که بسته به حوزه‌ی مورد نظر ممکن است بار آموزشی یک حوزه در دانشگاه قوی یا ضعیف باشد ولی به هر حال هر چه آموزانده می‌شود نتیجه خروجی‌های پژوهشی آن حوزه است. از سوی دیگر توجه به این نکته نیز اهمیت دارد که نیروی انسانی برای برعهده گرفتن وظایف مختلف در صنعت، بسته به سطح پیچیدگی وظایف و نوآوری لازم، نیاز به دانش و مهارت متفاوت و در نتیجه آن آموزش و توان پژوهشی متفاوت دارد که حاصل تربیت سه سطح از نیروی انسانی تحت عنوان فن‌ورز، فناور و مهندس است.

این مقاله تلاش دارد با بررسی رخدادهای پژوهشی و آموزشی در سطح دنیا در زمینه‌ی لاستیک و تایر و مقایسه‌ی آن با وضعیت فعلی ایران تا حدی کاستی‌های آموزشی و پژوهشی و چرخه‌ی تولید دانش و انتقال دانش را با توجه به نیازمندی‌های صنعت بررسی کند.

پژوهش در حوزه لاستیک/تایر

پژوهش در حوزه لاستیک را می‌توان در سه بخش توسط گروه‌های پژوهشی در دانشگاه‌ها، در همکاری بخش صنعت با دانشگاه و مراکز پژوهشی مستقل تفکیک کرد. از آن‌جایی که عموما هزینه‌های پژوهش بسیار بالاست، ممکن است این مسئله عاملی تاثیرگذار در میزان پژوهش انجام شده و به تبع آن دستاوردهای پژوهشی در هر یک از این بخش‌ها باشد. این موضوع از آن جهت اهمیت دارد که نشان می‌دهد دستاوردهای پژوهشی الزاما با سطح توانایی موسسات پژوهشی یا دانشگاه‌ها ارتباطی ندارد. کمبود بودجه پژوهشی در دانشگاه‌ها، به ویژه در دانشگاه‌های دولتی، پررنگ‌تر است [۳] ولی مساله این است که آیا صنعت جایگزین مناسبی برای تامین بودجه‌ی پژوهشی (در صنعت تایر به صورت خاص یا در صنعت لاستیک به صورت عام) هست یا خیر، چه بر خلاف بسیاری از صنایع بسپاری، پژوهش‌های گسترده دانشگاهی یا همایش‌های برجسته‌ی صنعتی و متعدد در صنعت تایر، به رغم

وجود سرمایه کافی برای این کار به نظر تاکنون وجود نداشته است و صنعت تایر به خصوص کاملا درون‌گرا به لحاظ آموزشی و پژوهشی عمل کرده است، هر چند در سالیان اخیر تمایل بیشتری برای این امر در صنایع لاستیک نیز دیده می‌شود که در ادامه بیشتر به آن پرداخته می‌شود.

در موارد معدودی که تامین بودجه پژوهش با همکاری بخش صنعت صورت می‌گیرد می‌شود گفت جوانه‌های ارتباط صنعت و دانشگاه به تولید دانش و حل مسائل صنعت و یا تولید محصولات جدید منجر می‌شود (نک. جدول ۱). مثلا دانشگاه Sabanci ترکیه در ماه اوت سال ۲۰۱۶ با همکاری شرکت کوردسا، مرکز پژوهشی فناوری‌های چندسازه (کامپوزیت) را با هدف ایجاد تحول در صنایع مختلف، از صنایع هوایی تا خودروسازی، تاسیس کرد [۴].

نمونه دیگر ارتباط صنعت و دانشگاه، مرکز پژوهشی لاستیک و تایر Hari Shankar Singhania در هند است که با هدف ایجاد پلی میان صنعت و دانشگاه و با همکاری پژوهشگران و استادهای دانشگاه از موسسات آموزشی مختلف تشکیل شده‌است [۵]. این مرکز با ارائه خدمات گوناگون از انجام آزمون‌های صنعتی، تحقیق و توسعه، طراحی محصول، تحلیل فرایند، خدمات مدیریت کیفیت تا آموزش حین کار نیروی انسانی و برگزاری دوره‌های آموزشی دیگر، در کنار انجام پروژه‌های تحقیقاتی برای صنعت کسب درآمد می‌کند و به این ترتیب از برنامه‌های پژوهشی در دانشگاه‌های IIT Delhi، IIT Chennai، IIT Kharagpur و دانشگاه‌های دیگر در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری نیز حمایت مالی می‌کند.

برخلاف مرکز پژوهشی لاستیک و تایر Hari Shankar Singhania،

جدول ۱- نمونه‌های همکاری‌های پژوهشی صنعت و دانشگاه در حوزه لاستیک

موسسه	کشور	دانشگاه/ شرکت *	حوزه پژوهشی
مرکز پژوهشی فناوری‌های کامپوزیت	ترکیه	دانشگاه سابانچی و شرکت کوردسا	کامپوزیت‌ها
مرکز پژوهشی لاستیک و تایر Hari Shankar Singhania	هند	**	-
مرکز CenTire	امریکا	دانشگاه Akron، دانشگاه Virginia و صنعت تایر	مواد، فیزیک تایر (مدل‌سازی)، آزمون و تولید تایر
مرکز پژوهش و توسعه Hankook Technodome	کره	دانشگاه سینسیناتی (امریکا – رشته طراحی صنعتی) و تایرسازی هنکوک	طراحی تایرهای آینده
گروه پژوهشی Taraxagum	آلمان	دانشگاه Munster و تایرسازی کانتیننتال	جایگزین لاستیک طبیعی
برنامه CORIMAV	ایتالیا	دانشگاه Bicocca میلان و تایرسازی پیرلی	مواد نانوکامپوزیت، انتقال انرژی و مدل‌سازی مولکولی
-	هلند	دانشگاه Wageningen و شرکت وردشتاین	تولید تایر دوچرخه با لاستیک طبیعی استخراج‌شده از قاصدک
مرکز تحقیقاتی لاستیک	چین	دانشگاه علوم و فناوری Qingdao و شرکت LANXESS	آمیزه‌سازی و تحلیل لاستیک‌های سنتزی

* در این جدول اطلاعات در دسترس همکاری صنعت و دانشگاه در زمینه‌ی لاستیک ارائه شده است که به نسبت صنعت پلاستیک تعداد قابل توجهی ندارد و عمدتا یک رویکرد در کشورهای در حال توسعه نیز دیده می‌شود تا در کشورهای توسعه یافته.

** این موسسه با همکاری استادهای دانشگاه‌هایی مانند موسسه فناوری هند، دانشگاه اکرون و ... تشکیل شده است اما توافق رسمی با یک دانشگاه خاص ندارد.

که از گرد هم آمدن پژوهشگران و استادهای دانشگاه شکل گرفته است، مرکز CenTire (یا مرکز تحقیقات تایر) در امریکا توسط صنعت‌گران توسعه یافته است. اعضای این مرکز پژوهشی شامل تولیدکنندگان تایر، تامین‌کنندگان مواد اولیه، تولیدکنندگان وسایل نقلیه و تجهیزات آزمون و تامین‌کنندگان خدمات این صنعت از سراسر دنیا هستند که در همکاری با دو دانشگاه Akron و Virginia (که هر دو در حوزه پژوهش لاستیک و تایر کارنامه درخشانی دارند)، تاسیس شده است. این مرکز پژوهشی در حوزه مواد، فیزیک تایر (مدل‌سازی)، آزمون و تولید فعالیت می‌کند و جهت‌گیری پژوهش توسط صنعت‌گران مشخص می‌شود تا نتایج معنادار و قابل انتقال به صنعت به دست آید [۶].

اخیرا بسیاری از تایرسازها نیز تلاش‌هایی برای بهره‌گیری از دانشگاه‌ها در حوزه‌های گوناگون تولید تایر انجام داده‌اند. مثلا شرکت هنکوک از سال ۲۰۱۲ برنامه مشترک "تایرهای جدید برای آینده" را با همکاری دانشکده طراحی صنعتی دانشگاه سینسیناتی امریکا آغاز کرده است [۷] و برنامه طراحی تایر مشابهی توسط تایرسازی گودیر با همکاری دانشگاه کیس‌وسترن تحت عنوان "فراتر از تایر" به صورت مسابقه در ماه اوت سال ۲۰۱۸ برگزار شده است. هم‌چنین تایرسازی پیرلی ایتالیا نیز از سال ۲۰۰۵ برنامه CORIMAV را با همکاری دانشگاه Bicocca میلان راه‌اندازی کرده است که دانشجویان دکتری را برای پژوهش بر روی حوزه‌هایی مانند نانوکامپوزیت‌ها، انتقال انرژی و مدل‌سازی مولکولی راه‌اندازی کرده است [۸]. در هلند نیز دانشگاه Wageningen با همکاری وزارت کشاورزی این کشور و همچنین تایرسازی وردشتاین برنامه‌ای برای کشت و تولید قاصدک جایگزین برای لاستیک طبیعی در مقیاس صنعتی را پیگیری می‌کند که از نمونه اولیه تایر دوچرخه تولیدشده با این فناوری جدید رونمایی شده است، و در حوزه مشابه، تایرسازی کانتیننتال در همکاری با بخش زیست‌فناوری دانشگاه Munster اخیرا موفق به یافتن روشی برای کشت قاصدک‌های روسی در مقیاس تجاری به عنوان جایگزینی برای لاستیک طبیعی شدند [۹]. همچنین برنامه PENRA که برنامه‌ای برای جایگزینی لاستیک طبیعی با گوآیول و قاصدک در دانشکده علوم غذا، کشاورزی و محیط زیست دانشگاه ایالتی اوهایو، متشکل از پژوهشگران و دانشگاه‌ها، موسسات و شرکت‌های گوناگون متخصص در حوزه لاستیک است. البته همان‌طور که مشخص است چنین تلاش‌هایی به صورت برنامه‌های تک‌دفعه‌ای است و به معنای سرمایه‌گذاری بلندمدت صنعت برای بهره‌گیری صنعت از دانشگاه‌ها نبوده است، ضمن این که روی طراحی تایر و محصولات جدید نیز نیست و عملا روی زنجیره‌ی ارزش تایر این کار صورت گرفته است.

به‌رغم محدودیت‌های تامین بودجه‌های پژوهشی، پژوهش در حوزه بسپارها مختص همکاری‌های صنعتی نبوده و دانشگاه‌های بسیاری در دنیا گروه‌های پژوهشی در حوزه لاستیک‌ها دارند (نک. جدول ۲). دانشکده علوم مواد و مهندسی نانو دانشگاه Sabanci بر روی حوزه پژوهشی مواد پیشرفته کامپوزیتی (چندسازه‌ای) که به صورت خاص بر روی کامپوزیت‌های (چندسازه‌های) پلی‌یورتان، پلی‌یورتان‌اوره و پلی‌اوره‌ها که از لاستیک‌های گرمانرم متمرکز هستند، پژوهش می‌کند. دانشگاه فناوری شیمی پکن، مرکز مواد لاستیکی پیشرفته را در سال ۱۹۷۵ تاسیس کرده و از آن زمان روابط بسیار گسترده‌ای با مراکز مختلف پژوهش و توسعه در حوزه لاستیک در دنیا برقرار کرده است. این مرکز در حال حاضر بر روی پنج حوزه اصلی در زمینه لاستیک‌ها فعالیت می‌کند که عمدتا در راستای نوسازی فناوری‌های قدیمی در صنعت، بر مسائل نوین مانند جایگزینی قاصدک با لاستیک طبیعی، لاستیک‌های زیستی، تایرهای سبز، کاربردهای پزشکی لاستیک‌های نوین و ... تمرکز کرده است. فعالیت‌های این مرکز محدود به پژوهش دانشگاهی نمی‌شوند و این مرکز پروژه‌های متعددی را نیز با همکاری شرکت‌های مختلف، و در سطح ملی با همکاری وزارت دفاع، و در سطح بین‌المللی پروژه‌های مشترک با NSF انجام داده است. از سایر دستاوردهای این مرکز پژوهشی انتشار دست کم ۱۰۰۰ مقاله

و ۷ کتاب به زبان انگلیسی و کتاب‌های درسی دانشگاهی در حوزه لاستیک است [۱۰].

گروه پژوهشی مواد نرم (Soft Matter) در دانشگاه کوئین مری لندن سابقه‌ای طولانی (از سال ۱۹۶۵) در حوزه کار بر روی لاستیک‌ها در مباحث گوناگون مانند پیش‌بینی شکست در اثر رشد ترک، پیش‌بینی رفتار مکانیکی اجزا، بلورینگی و فیزیک لاستیک‌ها دارد. در دانشگاه ماساچوست لوول نیز اگر چه تمرکز اصلی بر روی پلاستیک‌هاست، گروه پژوهشی در حوزه لاستیک نیز وجود دارد.

جدول ۲- مراکز دانشگاهی با گروه‌های پژوهشی در حوزه لاستیک

گروه پژوهشی	کشور	دانشگاه	حوزه‌های پژوهشی
-	امریکا	دانشگاه ماساچوست لوول	لاستیک از حوزه‌های پژوهشی است.
گروه پژوهشی مواد نرم	انگلیس	دانشگاه کوئین مری	- پیش‌بینی شکست - پیش‌بینی رفتار مکانیکی اجزا - بلورینگی - فیزیک لاستیک‌ها
-	هلند	دانشگاه توئنته	– لاستیک طبیعی – فناوری پرکننده‌ها – الیاف تقویت‌کننده – بازیافت
Arrow	ایرلند	دانشگاه فناوری دوبلین	- رفتار مواد هایپرالاستیک و ویسکوالاستیک - Magnetorhedigical Elastomers (MREs) - Acoustics and Inequitable Biaxial Dynamic Deformation
مواد پیشرفته کامپوزیتی	ترکیه	دانشگاه سابانچی	مواد پیشرفته کامپوزیتی
مرکز مواد لاستیکی پیشرفته[1]	چین	دانشگاه فناوری شیمی پکن	- طراحی و سنتز لاستیکهای نوین - تئوری و روش‌های جدید تقویت لاستیکها - آماده‌سازی کامپوزیت‌های لاستیکی ویژه و کارکردی - لاستیکهای پیشرفته برای مسائل زیست‌محیطی و تامین منابع - لاستیکهای پیشرفته برای سلامت
مرکز پژوهشی نانوکربن‌های جدید	چین	دانشگاه شینتو	- گروه توسعه آمیزه‌های لاستیکی نانوکربنی - گروه توسعه آمیزه‌های لاستیکی نانوکربنی به عنوان آب‌بند
مرکز پژوهشی فناوری لاستیک طبیعی	تایلند	دانشگاه Prince of Songkla	در حوزه‌هایی مانند اصلاح مولکولی، آماده‌سازی لاستیک طبیعی، توسعه فرایند تولید لاستیک برای کشاورزان فعالیت می‌کند.
مرکز پژوهشی اسفنج‌ها و محصولات لاستیکی از لاستیک طبیعی	تایلند	دانشگاه Prince of Songkla	در حوزه‌های گوناگون اسفنج‌های لاستیکی از جمله شکل‌دهی، کنترل خواص و کیفیت محصول، بهبود تولید لاستیک طبیعی و توسعه محصولات جدید بر اساس لاستیک طبیعی.
برنامه جایگزین‌های لاستیک طبیعی یا PENRA	امریکا	دانشگاه ایالتی اوهایو	توسعه مواد جایگزین لاستیک طبیعی

* دانشگاه‌هایی که دارای گروه پژوهشی در همکاری با صنعت هستند در جدول ۱ ذکر شده‌اند و در این جدول تنها برخی گروه‌های پژوهشی دانشگاه‌ها ارائه شده‌اند.

1. Center of Advanced Elastomer Materials

گروه‌های پژوهشی نیز مستقیما به واسطه نیازهای صنعت در دانشگاه‌ها تشکیل شده‌اند. از جمله این موارد می‌توان به دانشگاه Prince of Songlka در تایلند اشاره کرد که دو گروه پژوهشی در حوزه توسعه فناوری لاستیک طبیعی و اسفنج‌های لاستیک طبیعی دارد [۱۱]. دانشگاه Shinshu چین نیز گروه‌های پژوهشی خاصی را برای توسعه نانوکربن‌های لاستیکی جدید با عملکرد خاص دارد که در حوزه‌های گوناگون از جمله توسعه آب‌بند برای تجهیزات استخراج نفت تا تهیه مواد برای توسعه تایر فعالیت می‌کند [۱۲]. از سوی دیگر برخی گروه‌های پژوهشی دیگری نیز به صورت مستقل در دنیا در حوزه لاستیک‌ها فعال هستند که عمده فعالیت‌های آن‌ها در حوزه توسعه مواد جدید و انجام آزمون‌های مواد است. برخی از این موارد در جدول ۳ فهرست شده‌اند.

تایرسازی‌های آسیای شرقی که عمدتاً در ژاپن، کره و چین هستند نیز سرمایه‌گذاری‌های عظیمی بر روی فعالیت‌های پژوهشی انجام داده‌اند. با این تفاوت که عمده آن‌ها در همکاری با دانشگاه نبوده است و این مراکز پژوهش و توسعه به عنوان بخشی زیرمجموعه شرکت فعالیت می‌کنند و یا پژوهش‌ها به صورت مشترک با موسسات پژوهشی مستقل انجام شده است. این مسئله به ویژه در کره و ژاپن پررنگ‌تر است چرا که تعهد این دو کشور به تولید پایدار تغییرات عمده‌ای را در تولید تایر، از ماده اولیه تا فرایند تولید و طراحی محصول، می‌طلبد. پژوهش و توسعه تایرسازی Toyo به صورت داخلی انجام می‌شود و تایرسازی Sumitomo با مراکز پژوهشی دیگر (عمدتا داخلی) همکاری می‌کند. با این حال تایرسازی Bridgestone مراکز پژوهش و توسعه خود را علاوه بر ژاپن، در امریکا (اکرون)، ایتالیا (رم)، چین و تایلند احداث کرده است. هم‌چنین با خرید زمین‌های زراعتی بزرگی در

جدول ۳- برخی مراکز پژوهشی مستقل در حوزه لاستیک

مرکز پژوهشی	کشور	حوزه‌های پژوهشی
Deutsches Institut für Kautschuktechnologie (DIK)	آلمان	این مجموعه در حوزه‌های گوناگون از جمله فیزیک لاستیک، شیمی لاستیک، توسعه و تولید مواد، آزمون مواد و ... پژوهش صنعتی انجام می‌دهد.
leibniz-institut für polymerforschung dresden	آلمان	حوزه‌های پژوهشی در بخش لاستیک شامل توسعه مواد هوشمند، لاستیک‌های با عملکرد بالا و پرکننده‌ها، آماده‌سازی و فرآوری لاستیک‌ها است.
مرکز تحقیقاتی و آزمایشگاه لاستیک اروپا	بلژیک ایتالیا فرانسه آلمان	حوزه‌های پژوهشی شامل شیمی و فیزیک لاستیک‌ها، لاستیک‌های گرمانرم، فناوری فرآوری لاستیک‌ها، شناسایی کامپوزیت‌های لاستیکی و پلاستیکی، پیش‌بینی طول عمر، شبیه‌سازی لاستیک‌ها، الکترونیک و لاستیک (Elastronique®)، چسبندگی لاستیک به مواد مختلف، بازیافت لاستیک و ... می‌شود.
مرکز تحقیقاتی آزمون لاستیک‌ها B.V.	هلند	انجام انواع آزمون مربوط به لاستیک‌ها و خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی آن‌ها.
- RIKEN SPring-8 Center - Japan Synchrotron Radiation Research Institute - Japan Atomic Energy Agency - J-PARC Center - KEK Institute of Materials Structure Science - Comprehensive Research Organization for Science and Society	ژاپن	در همکاری مشترک با مرکز پژوهش و توسعه Sumitomo پژوهش بر روی تحلیل رفتار مولکولی و ساختار داخلی لاستیک انجام می‌شود [۱۶].
American Biotech Company	امریکا	این شرکت در همکاری با شرکت Sumitomo در حوزه توسعه روش‌های تولید لاستیک طبیعی از قاصدک روسی پژوهش می‌کند [۱۷].

امریکا، برنامه پژوهش بر روی گوآیول به عنوان جایگزینی برای هوآ را اجرایی کرده است [۱۳]. از سوی دیگر شرکت Pirelli با ۲۸ دانشگاه در حوزه پژوهش و توسعه همکاری دارد [۱۴] و ۶۰٪ از شرکای تجاری شرکت میشلن در حوزه پژوهش و توسعه دانشگاه‌ها هستند [۱۵]. هر چند پیرلی به صورت مشخص بیان کرده است که هدفش از همکاری با دانشگاه در مقاطع تحصیلات تکمیلی تربیت نیروی انسانی است و برای این تامین مالی دانشگاه‌ها را انجام می‌دهد و منظورش انجام کار پژوهشی نیست، موضوع همکاری میشلن نیز چندان شفاف نیست چون بروز آن در همایش‌های بین‌المللی از مطالعاتی که نتیجه‌ی کار دانشگاهی در زمینه‌ی تایر باشند چندان مشخص نیست. به نظر می‌رسد گستره‌ی وسیعی از پروژه‌های صنعتی در حوزه‌ی لاستیک یا به صورت خاص تایر، بر خلاف گردش مالی بزرگ این صنعت، در دنیا وجود ندارد و عمده‌ی موارد پژوهشی با دانشگاه‌ها که خبری می‌شوند در سالیان اخیر جنبه‌ی زیست‌محیطی نیز دارند که خود نوعی تبلیغ برای محصولات این شرکت‌ها نیز هست. در مواردی هم که پروژه‌های پژوهشی بزرگی دیده می‌شود، یا در زمین‌ی مواد نو در زنجیره تامین است مثل مواد نانو یا گیاهان جدید کائوچوی طبیعی و یا در حوزه نوآوری در طراحی مکانیکی سازه‌های جدید؛ در واقع مسیر خیلی بازی حداقل در کشورهای پیشرفته بین صنعت و دانشگاه وجود ندارد. در صنعت تایر عمده پژوهش‌ها در زمینه زیست فناوری و یا نانوفناوری است که با ظهور و بروز مواد جدید گفتگوی دانشگاه و صنعت را گسترش داده است. البته رویکرد کشورهای در حال توسعه متفاوت است و به واسطه عدم توان صنعت و عدم وجود سرمایه‌ی کافی برای پژوهش در داخل شرکت‌ها، رویکرد بهتر و بازتری نسبت به همکاری دانشگاه و صنعت در آن وجود دارد.

آموزش لاستیک

تعداد اندکی از دانشگاه‌ها در دنیا رشته لاستیک را به صورت مستقل یا دوره‌های آموزشی ارائه کرده‌اند که به برخی از این موارد در جدول ۴ اشاره شده است. در نظر گفتن این نکته در اینجا اهمیت دارد که اگرچه به لحاظ عنوان رشته و درجه اعطاشده این برنامه‌ها عناوینی مانند کارشناسی علوم یا مهندسی دارند اما به لحاظ محتوا، خروجی این برنامه‌ها تربیت فناور است و نه مهندس یا پژوهشگر [۱۸].

جدول ۴- رشته‌های آموزشی حوزه لاستیک در دانشگاه‌ها

دانشگاه	کشور	رشته	درجه اعطا شده
دانشگاه Ferris	امریکا	مهندسی فناوری لاستیک	فناور
دانشگاه Wisconsin-Milwaukee	امریکا	دوره کوتاه مدت	گواهی فناوری لاستیک
دانشگاه Twente	هلند	مهندسی و فناوری لاستیک	کارشناسی ارشد
دانشگاه Leibniz	آلمان	دوره تکمیلی فناوری لاستیک	گواهی فناوری لاستیک
مرکز آموزشی HIEI	عربستان	- دوره آموزشی فناوری لاستیک - دوره‌های آموزش کوتاه‌مدت - دوره‌های آموزشی خاص	- کارشناسی فناوری لاستیک - گواهی دوره - گواهی دوره
دانشگاه Mohan Lal Sukhadia	هند	علوم بسپار و فناوری لاستیک	کارشناسی ارشد
برنامه مشترک VERT *	اروپا	دوره آموزش مجازی فناوری لاستیک	گواهی دوره
برنامه DRIVE **	اروپا	- دوره لاستیک - دوره آمیزه‌ساز - دوره بازیافت	فناور

* این برنامه به صورت مشترک میان چندین دانشگاه و شرکت فعال در صنعت لاستیک توسعه داده شده است.

** کوته‌نوشت عبارت Development and Research on Innovative and Vocational Education؛ این برنامه به صورت مشترک توسط اتحادیه اروپا و اراسموس برای صنعت خودرو طراحی و اجرا شده است و آموزش‌های تکمیلی را براساس رده‌های شغلی/مهارتی و هم‌چنین نیازهای صنعت به شرکت‌های این صنعت و صنایع زیرمجموعه از جمله صنعت تایر ارائه می‌کند.

از معدود دانشگاه‌هایی که در مقطع کارشناسی رشته‌ای را در حوزه لاستیک ارائه کرده‌اند، دانشگاه ایالتی Ferris در امریکا است که از سال ۱۹۸۸ به واسطه نیاز صنعت لاستیک به نیروی انسانی متخصص، رشته کارشناسی فناوری لاستیک را تدوین کرده است [۱۹]. دانش‌آموختگان این برنامه حول آمیزه‌سازی و آزمون آمیزه‌های لاستیکی بر اساس استانداردهای صنعت، طراحی محصول و قالب، انتخاب مواد و خواص آن‌ها آموزش می‌بینند. این دوره آموزشی تاکید خاصی بر فعالیت‌های عملی دارد و دانشجویان در کلاس‌های درس از تجهیزات مشابه مورد استفاده در صنعت استفاده می‌کنند و دست کم دو برنامه کارآموزی ده‌هفته‌ای را می‌گذرانند. این برنامه رویکردی عملی دارد و عموما دانش‌آموختگان کاردانی به آن جذب می‌شوند و پس از اتمام دوره در کارخانه‌های لاستیک میشیگان مشغول به کار می‌شوند. در واقع تربیت نیروی انسانی متخصص در این رشته با هدف تامین نیازهای منابع انسانی صنعت صورت گرفته است. در همین ایالت، دانشگاه Wisconsin-Milwaukee نیز به افرادی که می‌خواهند در صنعت لاستیک فعالیت کنند پس از گذراندن تعدادی واحد درسی طی ۱۸ ماه یک گواهی فناوری لاستیک ارائه می‌کند [۲۰]. روند مشابهی در نیاز به شکل‌گیری دوره‌های آموزشی حول صنعت لاستیک در کشور مالزی دیده می‌شود. به واسطه عدم تناسب میان نسبت جایگاه‌های شغلی در صنعت لاستیک مالزی و دانش‌آموختگان بسپار، در سال‌های اخیر پیشنهادهایی جهت نوسازی برنامه‌های آموزشی ارائه شده است [۳].

بسیاری از دوره‌های آموزشی حوزه لاستیک به همین ترتیب رویکردی صنعتی دارند و در راستای تکمیل دانش و مهارت افرادی برنامه‌ریزی شده‌اند که تجربه کار در صنعت لاستیک را دارند. دانشگاه Leibniz در همکاری با موسسه پژوهشی لاستیک DIK یک دوره کوتاه مدت با محوریت حل مسئله برای افراد شاغل در صنعت لاستیک طراحی کرده است که شامل حوزه‌هایی مانند شیمی درشت‌مولکول‌ها، فیزیک بسپارها، مهندسی فرایند، فناوری فرآوری لاستیک، آزمون محصول، تضمین کیفیت، بازیافت و شارش‌شناسی (رئولوژی) و همچنین اصول طراحی محصولات لاستیکی و خواص مکانیکی آن‌ها می‌شود [۲۱].

تدوین دوره‌های آموزشی در همکاری صنعت و دانشگاه در سایر کشورها نیز دیده می‌شود. شرکت آموزش‌های فنی و حرفه‌ای در عربستان با همکاری پتروشیمی Saudi-Yanbu از سال ۲۰۰۸ توافق‌نامه‌ای را جهت برگزاری دوره‌های آموزشی در مرکز HIEI در حوزه لاستیک زیر نظر وزارت پتروشیمی و منابع معدنی امضا کرده‌اند [۲۲]. این برنامه‌های آموزشی به سه صورت ارائه شده است: دوره آموزشی فناوری لاستیک که شامل پنج نیم‌سال تحصیلی می‌شود: در سال اول تمرکز بر زبان انگلیسی و اهداف شغلی، آموزش‌های رایانه¬ای و شیمی و ریاضی پایه است و در سال‌های بعد دانش فنی لاستیک و تایر و همچنین مهارت‌های عملی در کارگاه‌ها آموزش داده می‌شود. دوره‌های دیگر شامل دوره‌های کوتاه مدت دوهفته‌ای (در پنج حوزه علوم لاستیک، آمیزه‌سازی، آزمون مواد لاستیکی، پخت لاستیک و فرآوری لاستیک) و همچنین دوره‌های کوتاه‌مدت شخصی‌سازی شده منطبق با نیازمندی‌های نیروی انسانی شرکت‌های فعال در صنعت لاستیک است.

انطباق تعداد دانش‌آموختگان و هم‌چنین توانایی‌های آن‌ها با تقاضای نیروی انسانی متخصص در صنعت از اهمیت زیادی برخوردار است، اما حل این مسئله برای توسعه اقتصادی صرفا کافی نیست. از این رو بسیاری از دانشگاه‌ها با رویکردی دیگر به این مسئله ورود کرده‌اند و در تحصیلات تکمیلی و در گروه‌های پژوهشی به حوزه لاستیک پرداخته‌اند؛ هر چند ممکن است واحدهای درسی اندکی مربوط به لاستیک‌ها را در دوره کارشناسی یا کارشناسی ارشد نیز تعریف کرده باشند. دانشگاه Twente هلند یک نمونه از دانشگاه‌هایی است که رشته مهندسی و فناوری لاستیک را در مقطع کارشناسی ارشد ارائه کرده است و علاوه بر گروه‌های پژوهشی در حوزه لاستیک طبیعی، فناوری پرکننده‌ها،

الیاف تقویت‌کننده و بازیافت، واحدهای درسی فناوری لاستیک را نیز برای دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد ارائه می‌دهد [۲۳].

هم‌چنین گاه دانشگاه‌هایی نیز بوده‌اند که در مشارکت با مراکز پژوهشی، رشته‌های حوزه لاستیک را ارائه دادند. برای نمونه دانشگاه Mohan Lal Sukhadia در هند به همراه مرکز پژوهشی لاستیک و تایر Hari Shankar Singhania برنامه‌ای مشترک برای ارائه مدرک کارشناسی ارشد علوم بسپار و فناوری لاستیک تدوین کرده‌اند [۵].

دوره آموزش مجازی فناوری لاستیک - VERT نیز به صورت مشترک از جانب دانشگاه فناوری Tampere فنلاند، شرکت تایرسازی Nokian، دانشگاه HAN و Twente در هلند، شرکت Läroverket i Småland AB در سوئد، دانشگاه فناوری Alexan-dra Dubčeka و تایرسازی ماتادور در اسلونی طراحی شده است [۲۴] و همچنین برنامه DRIVE در اروپا برای به روز نگه داشتن دانش و مهارت‌های نیروی انسانی در صنایع خودرو (و صنایع زیرمجموعه آن از جمله تایر) برنامه‌های ویژه‌ای ارائه کرده‌است.

از سوی دیگر برخی حوزه‌های مکمل مانند نساجی را به ویژه در صنعت تایر باید در نظر گرفت. از این نظر دانشگاه‌هایی مانند دانشگاه علوم کاربردی Niederrhein در هلند رشته مدیریت فناوری و تجارت الیاف را در حوزه الیاف فنی ارائه می‌کنند که به کاربردهایی مانند تولید رسن نخی تایر می‌پردازد و دانشگاه کلمسون نیز زیرمجموعه دانشکده نساجی دارای گروه پژوهشی خودرو است که بر روی تایر نیز پژوهش می‌کند. هم‌چنین دانشگاه کارولینای شمالی در امریکا نیز رشته کارشناسی مهندسی نساجی را ارائه می‌کند که مفاهیم الیاف صنعتی را پوشش می‌دهد. نمونه‌های دیگری از جمله دانشگاه دولتی JNGEC در هندوستان نیز با شرایط مشابه در آسیا وجود دارد.

در نهایت به نظر می‌رسد رشته دانشگاهی یا دوره آموزشی با هدف تربیت مهندس لاستیک در دنیا وجود ندارد و معدود برنامه‌های موجود نیز برای تربیت فناورانی طراحی شده‌اند که بتوان از آن‌ها به صورت مستقیم برای کار در صنعت استفاده کرد. طبیعی‌ست منظور از این کارها، وظایفی است که پیچیدگی بالا و نیاز به نوآوری ندارد و فرد برای انجام آن به دانش یا مهارت‌های سطح بالایی نیاز ندارد. این وضعیت البته تفاوت چندانی با وضعیت آموزش لاستیک در ایران ندارد که در بخش‌های بعدی به آن پرداخته‌ایم.

انجمن‌های لاستیک پلی میان پژوهش و آموزش

یک بررسی اجمالی انجمن‌های لاستیک در دنیا نشان می‌دهد که بسیاری از کشورها به صورت مستقل یا در کنار پلاستیک‌ها به این حوزه پرداخته‌اند (نک. جدول ۵). این انجمن‌ها فعالیت‌های گسترده‌ای را از برگزاری رویدادها و نشست‌های فنی تا انتشار مجلات و برگزاری همایش‌های علمی انجام می‌دهند و به بیان دیگر به عنوان پلی میان پژوهش و آموزش، مسیر مدیریت فناوری را تسهیل می‌کنند. برای نمونه انتقال فناوری از اهداف اصلی همایش بین‌المللی لاستیک (IRC) که به صورت سالیانه توسط انجمن لاستیک کشورهای مختلف (که عمده آن‌ها در جدول ۵ فهرست شده‌اند) برگزار می‌شود. در این همایش بخشی به ارائه مقالات علمی اختصاص داده شده است. رویکردی مشابه در همایش علوم و فناوری تایر وجود دارد که توسط انجمن تایر در اکرون آمریکا برگزار می‌شود. دانشگاه کلمسون در آمریکا نیز همایش تایر را به صورت سالیانه برگزار می‌کند که مسیر را برای هم‌فکری صنعت تایر و دانشگاه در توسعه حوزه‌های طراحی، پژوهش و تولید هموار کرده است. به همین ترتیب عمده رویدادهای برگزارشده در صنعت لاستیک عمدتا ماهیت پژوهشی صرف ندارند و به صورت کلی می‌توان گفت رویکرد عملی موجود به صورت مستقیم به جهت‌دهی پژوهش با توجه به نیازمندی‌های صنعت و در نتیجه انتقال فناوری منجر شده‌است و انجمن‌های لاستیک که برگزارکننده این رویدادها هستند نقشی تسهیل‌کننده در این میان ایفا می‌کنند.

جدول ۵. برخی انجمن‌های لاستیک در دنیا

انجمن	کشور
انجمن لاستیک آلمان [۱]	آلمان
انجمن مواد، مواد آلی و معدنی [۲]	انگلیس
انجمن مهندسان و مدیران حوزه بسپار و لاستیک[۳]	فرانسه
انجمن فناوری لاستیک سوئد[۴]	سوئد
انجمن مهندسان پلاستیک و لاستیک[۵]	هلند
انجمن لاستیک فنلاند[۶]	فنلاند
موسسه فناوری لاستیک نروژ[۷]	نروژ
موسسه پلاستیک و لاستیک بلژیک [۸]	بلژیک
انجمن شیمی صنعتی چک – بخش لاستیک[۹]	جمهوری چک
موسسه پژوهش‌های علمی مواد لاستیکی [۱۰]	روسیه
موسسه پلاستیک و لاستیک سنگاپور[۱۱]	سنگاپور
انجمن شیمی آمریکا – بخش لاستیک [۱۲]	آمریکا
انجمن تایر	آمریکا
انجمن فناوری لاستیک بزریل [۱۳]	برزیل
انجمن علوم و فناوری لاستیک[۱۴]	ژاپن
موسسه پژوهش و طراحی صنعت لاستیک پکن[۱۵]	چین
انجمن لاستیک کره [۱۶]	کره
انجمن لاستیک هند[۱۷]	هند
موسسه پلاستیک و لاستیک مالزی [۱۸]	مالزی
انجمن بسپار تایلند[۱۹]	تایلند
موسسه لاستیک[۲۰]	ترکیه
موسسه پلاستیک و لاستیک استرالیا [۲۱]	استرالیا

وضعیت آموزش و پژوهش حوزه لاستیک در ایران

نزدیک‌ترین رشته دانشگاهی برای آموزش لاستیک در ایران، رشته مهندسی صنایع بسپار است. دانشجویان کارشناسی مهندسی بسپار واحدهای اندکی را در حوزه مفاهیم لاستیک‌ها می‌گذرانند که عملا آن‌ها را برای کار در شرکت‌های فعال در صنعت لاستیک آماده نمی‌کند. لاستیک‌ها در برنامه‌های آموزش عالی در ایران از دیدگاه مواد بررسی شده‌اند و مطالعه و پژوهش بر روی مکانیک تایر یا ارتباط با آن رشته نساجی طبیعتا دیده نمی‌شود. تفاوت عمده دیگری که میان آموزش لاستیک در ایران و دنیا وجود دارد حجم محتوای آموزشی و سطح پژوهش در درجات مختلف (کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری) است. تعداد واحدهای درسی آموزشی در ایران (با توجه به اینکه صرفا در بعد مواد لاستیکی است) نسبت به سایر کشورهای دنیا حتا کشورهایی که صنعت لاستیک بزرگی دارند اندک نیست.

1. Deutsche Kautschuk-Gesellschaft 2. Institute of Materials, Minerals and Mining 3. Association Française des Ingénieurs et Cadres du Caoutchouc et des Polymères 4. The Swedish Institution of Rubber Technology (SGF) 5. Vereniging van Kunstoff en Rubbertechnologen (VKRT) 6. The Finnish Association of Rubber Technology 7. Belgian Plastics and Rubber Institute (BPRI) 8. Rubber Division, Czech Society of Industrial Chemistry 9. Scientific Research Institute of Elastomeric Materials and Articles 10. Plastic and Rubber Institute of Singapore (PRIS) 11. Rubber Division, American Chemical Society 12. ABTB 13. The Society of Rubber Science and Technology 14. Beijing Research and Design Institute of Rubber Industry 15. The Rubber Society of Korea 16. Indian Rubber Institute 17. Plastics and Rubber Institute Malaysia 18. The Polymer Society of Thailand 19. Kauçuk Dernegi 20. The Australasian Plastics and Rubber Institute (APRI)

وضعیت در مقطع کارشناسی ارشد با امکان پژوهش در این حوزه تا حدودی بهتر است. بیش از ۱۰ دانشگاه رشته مهندسی بسپار را در مقطع کارشناسی و کارشناسی ارشد ارائه می‌کنند (بیش از تعداد صنایع تایر کشور). اخیرا قرار است در دانشگاه تربیت مدرس نیز رشته مهندسی لاستیک قرار است ارایه شود و علاوه بر آن دروس اختیاری لاستیک در گرایش فراورش در مقطع کارشناسی ارشد در همه‌ی دانشگاه‌ها ارایه می‌شود. هم‌چنین رشته مهندسی صنایع لاستیک در مقطع کاردانی و کارشناسی نیز توسط دانشگاه علمی کاربردی ارائه می‌شود (در این دانشگاه یک دوره در مقطع کارشناسی ارشد نیز گرایش لاستیک ارایه شد که متوقف شد). علاوه بر دانشگاه‌ها، دوره‌های آموزشی دیگری نیز توسط شرکت مهندسی و تحقیقات صنعت لاستیک برگزار می‌شود که همان‌طور که پیش‌تر نمونه‌های آن را مشاهده کردیم، در حوزه لاستیک در دنیا بسیار متداول است.

تعداد کتاب‌های تألیفی منتشرشده در حوزه لاستیک بر اساس اطلاعات موجود در وبگاه شرکت مهندسی و تحقیقات لاستیک ایران در حدود ۵۳ مورد است (نک. جدول ۷). این تعداد البته تناسبی با تعداد مقالات علمی پژوهشی منتشرشده ندارد. چه در حالت ایده‌آل می‌توان فرض کرد مجموع چند مقاله که حاصل چندین سال کار پژوهشی در یک حوزه خاص است منجر به انتشار یک کتاب می‌شود، این در حالی است که تعداد مقالات منتشرشده در ایران که سرجمع امکان تبدیل شدن به کتاب را داشته باشند

جدول ۶. وضعیت آموزش و پژوهش در ایران در حوزه لاستیک

واحدهای آموزشی	رشته/ عنوان دوره
دانشگاه (سراسری – آزاد)	کارشناسی مهندسی پلیمر
	کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر
	کارشناسی ارشد مواد – پلیمر
	کارشناسی ارشد شیمی – پلیمر
دانشگاه علمی-کاربردی لاستیک	کارشناسی مهندسی فناوری صنایع لاستیک
	کاردانی صنایع لاستیک
	کاردانی پلیمر – قطعات پلاستیک، لاستیک و تزئینات خودرو
	کاردانی پلیمر – قطعات کامپوزیتی و فومی خودرو
شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک	دوره‌های ۶ تا ۱۶ ساعته متغیر *
واحدهای پژوهشی	گروه پژوهشی
پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران	گروه لاستیک

* این دوره‌ها به صورت تک‌دفعه‌ای برگزار می‌شوند.

جدول ۷. آمار انتشارات در ایران در حوزه لاستیک

انتشارات	تعداد
کتاب‌های تالیفی *	۵۳
کتاب‌های ترجمه *	۸
مقالات علمی- پژوهشی	۴۳ **
مقالات علمی – ترویجی	۷۷۰ ***

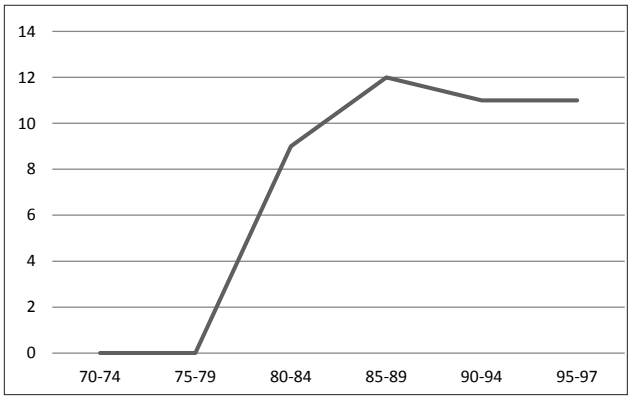
* بر اساس آمار کتاب‌های منتشرشده موجود در وبگاه شرکت مهندسی و تحقیقات لاستیک

** بر اساس اطلاعات موجود در وبگاه sid.ir (سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۷)

*** بر اساس اطلاعات کسب شده از شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک (دوره سوم تا چهاردهم همایش لاستیک)

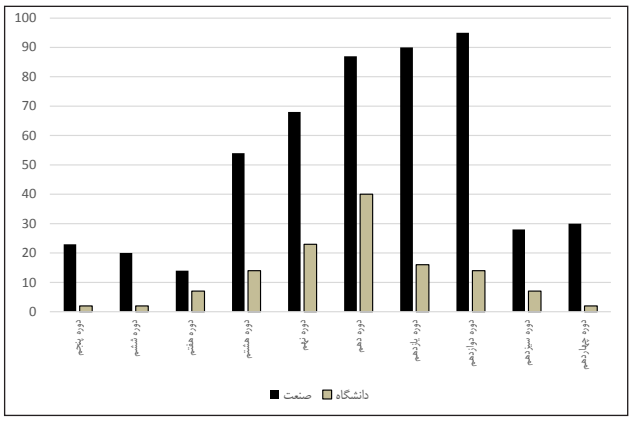
از تعداد کتاب‌های تألیفی کمتر است. بنابراین به نظر می‌رسد با رویکردی مشابه آن چه در سایر حوزه‌ها در تولیدات علمی وجود دارد عملا یا کتاب‌سازی رخ می‌دهد و یا ترجمه‌ای است که به نام تالیف ارایه می‌گردد.

سیر انتشار مقالات علمی پژوهشی در حوزه لاستیک البته سیری افزایشی بوده است. نمودار ۱ تعداد مقالات منتشرشده در بازه زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۷ را به زبان فارسی نشان می‌دهد که با رشدی قابل توجه تا سال ۱۳۸۵ آغاز کرده و سپس روندی ثابت را طی کرده است.

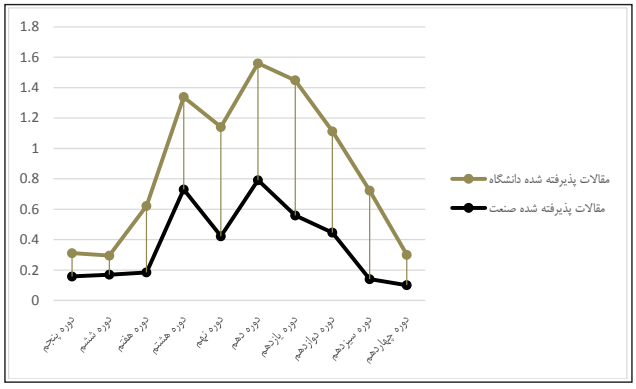


نمودار ۱. تعداد مقالات علمی - پژوهشی فارسی منتشرشده. در حوزه لاستیک (بازه زمانی سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۷)

هم‌چنین سیر مقالات منتشر شده در ده دوره اخیر همایش ملی لاستیک سیری افزایشی و سپس در سال‌های اخیر سیری به شدت کاهشی داشته است (این همایش در دوره ی نخست بین‌المللی برگزار شده است و سپس رویکرد تغییر کرده است و فقط ملی برگزار شده است). مقایسه میان مقالات پذیرفته شده از طرف صنعت و دانشگاه در این همایش نشان می‌دهد که تعداد بسیار بیشتری مقالات از جانب صنعت در این همایش پذیرفته شده‌اند (نک. نمودار ۲)، هر چند نسبت مقالات پذیرفته‌شده به مقالات ارسال‌شده در دانشگاه‌ها بیشتر است (نک. نمودار ۳) که می‌تواند نشان‌دهنده کیفیت بالاتر پژوهش‌های دانشگاهی باشد که البته مشابه روند همایش‌های خارجی در صنعت تایر نیست که عمدتا پژوهش‌های صنعتی کیفیت برتر و دست بالاتر را نسبت پژوهش‌های دانشگاهی دارند.



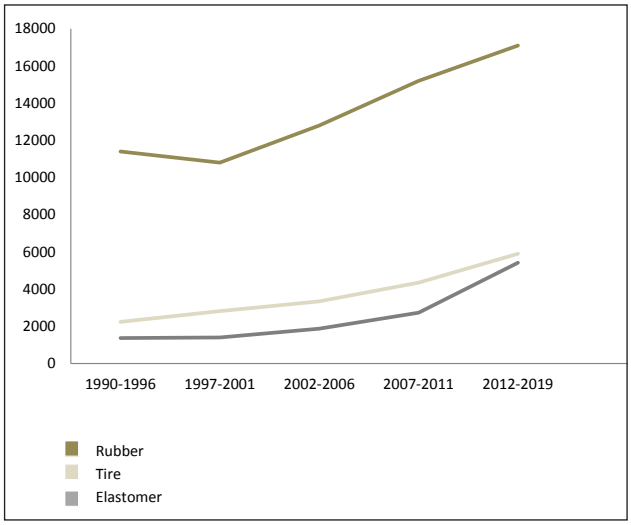
نمودار ۲. تعداد مقالات پذیرفته شده در همایش لاستیک (دوره پنجم تا چهاردهم) اخذ شده از دبیرخانه همایش ملی لاستیک



نمودار ۳. نسبت پذیرش به ارسال مقالات پژوهشی صنعت و دانشگاه در همایش لاستیک (دوره پنجم تا چهاردهم) اخذ شده از دبیرخانه همایش ملی لاستیک

نمودار ۴ نیز تعداد مقالات منتشرشده را در سال‌های متناظر میلادی در دنیا نشان می‌دهد که سیری افزایش داشته است. اگرچه اطلاعات تعداد مقالات منتشرشده توسط دانشگاه‌های هر کشور (جهت مقایسه) به صورت مجزا قابل دسترسی نیست و اطلاعات مربوط به مقالات منتشرشده در ایران مربوط به مقالات فارسی است، اما یک مقایسه سرانگشتی نشان می‌دهد روند کلی مقالات منتشرشده در ایران همانند روند جهانی صعودی بوده است، ولی این نکته را نیز روشن می‌کند که چه در ایران و چه در دنیا وجود

مراکز مستقل آموزشی و یا پژوهشی لاستیک نیست که باعث تولید این دانش مکتوب پژوهشی شده است.



نمودار۴. تعداد مقالات انگلیسی منتشرشده* در حوزه لاستیک (بازه زمانی سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹)

نتیجه‌گیری

وضعیت موجود در دنیا نشان می‌دهد شرکت‌های بزرگ در صنعت لاستیک به ویژه تایرسازی‌ها عمدتاً تلاش کرده‌اند نیروی انسانی را به صورت داخلی پرورش بدهند. معدود رشته‌های دانشگاهی خارجی که در این حوزه فعال هستند (منظور دانشگاه‌هایی است که رشته فناوری لاستیک یا تایر را در مقطع کارشناسی و با تمرکز فنی و غیرپژوهشی ارائه کرده‌اند) عموماً علاوه بر رشته درسی ارائه شده، امکان سفارشی‌کردن یک برنامه آموزشی ویژه آموزش نیروی انسانی برای شرکت‌های فعال در صنعت لاستیک و تایر را فراهم کرده‌اند تا به این ترتیب پاسخگوی نیاز شرکت‌ها در پرورش نیروی انسانی به صورت داخلی باشند. الگوی مشابهی در ایران در تعریف رشته مهندسی لاستیک در مقطع کاردانی و کارشناسی دانشگاه علمی و کاربردی و یا ارائه دوره‌های آموزشی کوتاه‌مدت در حوزه لاستیک دیده می‌شود. در نهایت هیچ یک از این دانشگاه‌ها مهندس (با استناد به تفکیک مهندس، فناور و فن‌ورز) تربیت نمی‌کنند و می‌توان گفت عملا در دنیا رشته مهندسی لاستیک به صورت مستقل وجود ندارد و وضعیت ایران نیز در این میان عملا بهتر از دنیا اگر نباشد، بدتر نیست.

با بررسی وضعیت موجود در دنیا می‌توان گفت میان صنعت و دانشگاه در حوزه لاستیک و تایر، چه در حوزه آموزش و چه پژوهش به نظر ارتباطی عمیق وجود ندارد. هر چند شاید بتوان این شکل از ارتباط را با ماهیت صنعت لاستیک و تایر و شیوه پژوهش در آن مربوط دانست. چرخه عمر یک محصول در این صنایع بسیار بلندمدت است و از این رو فواصل طولانی‌تری برای ارائه، بلوغ و منسوخ شدن در بازار در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه زمان نیاز به محصول جدید و پژوهش برای آن توسط در دوره‌های بلندمدت‌تری (مثلا هر ده سال یک بار) اتفاق می‌افتد. به این ترتیب شاید این گونه برداشت شود که سطح ارتباط صنعت و دانشگاه، دست کم نسبت به صنایع دیگر، اندک بوده است. به هر حال تلاش‌هایی نیز در این راستا انجام شده است اما به صورت کلی به نظر رویکرد سنتی صنعت عدم اتکای کامل به دانشگاه در حوزه آموزش و پژوهش بوده است و در نتیجه در بسیاری موارد شرکت‌های فعال در این صنعت عموماً از نیروی انسانی داخلی و یا مراکز نوآوری داخلی بهره برده‌اند. همچنین به نظر ارتباطات پژوهشی در تحصیلات تکمیلی با دانشگاه نیز از جانب صنعت تایر در دنیا و نیز ایران بیشتر از بعد تربیت نیروی انسانی مهم است تا از بعد خروجی پژوهشی آن.

به نظر می‌رسد ضعف مدیریت نوآوری و پژوهش و تشخیص نحوه ارتباط با صنعت، مساله اصلی در حوزه پژوهش تایر و لاستیک است. همایش ملی لاستیک ایران عملا نگاه به بیرون نتوانسته است ایجاد کند که یکی از دلایل آن می‌تواند ضعف توان پژوهشی و یا نگاه به خرید فناوری به جای ایجاد آن باشد، در صورتی که دانشگاه در ایران در حوزه‌ی لاستیک نیز به اندازه‌ی کافی نگاه به خارج داشته است. در صنعت تایر یا لاستیک ایران به ندرت می‌توان از نگارش مقاله‌ای در مجله‌ای بین المللی و علمی پژوهشی مثال زد در حالی که در دانشگاه چنین مواردی زیاد است و مانعی برای حضور در مجامع

بین‌المللی در خود نمی‌بیند. حتا آمار همایش لاستیک ایران نیز افت کیفیت پژوهش انجام شده توسط صنعت (با توجه به نسبت تعداد مقالات پذیرفته شده به تعداد مقالات دریافتی) نسبت به دانشگاه (با مقایسه همین نسبت) را به ویژه در سال‌های اخیر نشان می‌دهد. از سوی دیگر به رغم این که تقریبا تمام انجمن‌های لاستیک دنیا (حتا کشورهایی که صنعت تایر نیز ندارند) از مشارکت‌کنندگان و برگزارکنندگان همایش بین المللی IRC هستند که بتوانند تعامل دانشی و سطح کیفی خود را با دنیا همسان کنند، عملا صنعت لاستیک و تایر ایران از این امر استنکاف ورزیده است و گویا گمان بر خودبسندگی دارد. به نظر می‌رسد یک مساله در آموزش و پژوهش در صنعت تایر و لاستیک ایران به ضعف دانشگاه بازنمی‌گردد و بیشتر به رویکرد صنعت داخل وابسته است. اما مساله ی جدی‌تر این است که در داخل صنعت نیز پژوهش‌های عمیق و دامنه‌داری که بخشی هم به دانشگاه می‌تواند واگذار شود عملا صورت نگرفته است که بتواند بروندادهای قابل تاملی ایجاد کند که خود شاید علل عمیق‌تر اقتصادی در اندازه‌ی صنعت فعلی تایر و یا نگاهی که تاکنون صنعت را راهبردی کرده است، داشته باشد.

مراجع

1. Macromolecular Symposia: Special Issue: World Polymer Congress-MACRO 2014 Volume on Polymer Education, Vol. 355, Issue. 1, 2015.
2. Charles E. Carraher JR. (1981): History of Polymer Education- USA, Journal of Macromolecular Science: Part A - Chemistry: Pure and Applied Chemistry, 15:6, 1237-1261.
3. Chan, C. H., & Ho, C. C. (2015, September). Polymer education of public universities in Malaysia. In Macromolecular Symposia,Vol. 355, No. 1, pp. 75-81.
4. Composite Worlds (2016). New composites technology center opens in Turkey, Retrieved from: www.compositesworld.com/news/new-composites-technology-center-opens-in-turkey-
5. Retrieved from: https://www.hasetri-mys.website/
6. Retrieved from: https://centire.org/index.php/about-centire/about-centire
7. Retrieved from: https://www.hankooktire.com/global/tires-services/technology/designinnovation/collaboration/2012.html
8. Retrieved from: https://www.pirelli.com/tire/us/en/news/2016/10/14/pirelli-and-milan-bicocca-university-continue-to-join-forces-in-developing-increasingly-ecological-tires/
9. Retrieved from: https://www.continental-corporation.com/en/sustainability/csr-news/news-2018/continental-honored-by-university-of-muenster-for-research-on-dandelion-tires-134958
10. Retrieved from: Retrieved from: http://www.caem.buct.edu.cn/yww/about/introductionofcaem/index.htm
11. Retrieved from: http://w08.psu.ac.th/en/node/333

12. Retrieved from: http://www.shinshu-u.ac.jp/project/encs/english/team/noguti/content.html

13. Retrieved from: https://www.bridgestone.com/corporate/news/2012080201.html

14. Retrieved from: https://corporate.pirelli.com/corporate/en-ww/aboutus/what-we-do/research-and-development

15. Retrieved from: https://www.michelin.com/en/innovation/open-innovation/research-partnerships/

16. Retrieved from: http://www.srigroup.co.jp/english/news/2015/2015_137.html

17. Retrieved from: http://www.srigroup.co.jp/english/news/2015/2015_091.html

۱۸. کاظمی‌نژاد، بیتا. عباسیان، علی. "شایستگی‌ها و توسعه حرفه‌ای مهندسی؛ یک الگوی بین‌المللی"، نشریه عملی- ترویجی صنعت لاستیک ایران، شماره ۶۸، صفحه ۷۱، زمستان ۱۳۹۱.

19. Retrieved from: https://www.ferris.edu/rubber/

20. Retrieved from: https://uwm.edu/sce/certificates/elastomer-technology-certificate/

21. Retrieved from: https://www.wbs-kautschuk.de/de/Informationen.html

22. Retrieved from: http://hiei.edu.sa/?page_id=130&lang=en_US

23. Retrieved from: https://www.utwente.nl/en/et/ms3/researchchairs/ete/education/courses/elastomer-technology/

24. Retrieved from: https://www.tut.fi/ms/muo/vert/index.htm

HEC

شرکت مهندسی هیوا

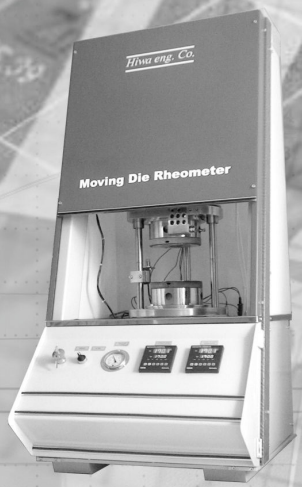
HIGH QUALITY

HIWA ENG CO.

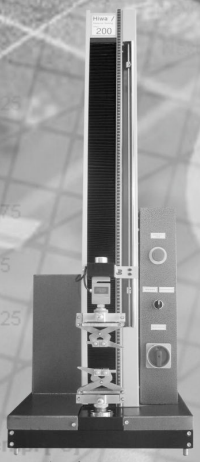
Material testing machine

HIGH PERFORMANCE

کشش و فشار یونیورسال

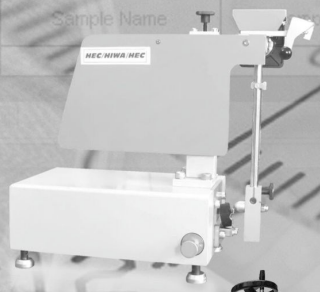


رئومتر با قالب نوسانی MDR



کشش و فشار

رئومترODR و مونی ویسکومتر



آزمون جهندگی

پایه سختی سنج

آزمون ضربه

آزمون سایش

آزمون خستگی

شرکت مهندسی هیوا برترین تولید کننده تجهیزات و ماشین آلات آزمایشگاهی صنایع گوناگون

اولین تولید کننده دستگاه های رئومتر ODR و MDR و مونی ویسکومتر در ایران

صادرات به کشورهای آسیایی و اروپایی و ارائه محصولات به بیش از دویست مرکز صنعتی دولتی و خصوصی

هیوا متعهد به خدمات پس از فروش، ارائه کیفیت بالا و جلب رضایت مشتری می باشد.

به روز رسانی دستگاه های آزمایشگاهی و صنعتی قدیمی با کمک سخت افزار و نرم افزار تحت ویندوز و PLC

شرکت مهندسی هیوا آماده ارائه مشاوره و خدمات مهندسی و تامین تجهیزات در زمینه های اتوماسیون صنعتی

و تاسیسات هوشمند ، مدلسازی و طراحی و تحلیل سیستمهای مختلف در صنایع گوناگون توسط نرم افزار های روز دنیا می باشد

تلفن وفکس : 021-77387193

همراه :09121783974

website : www.hiwaco.com ,Email : info@hiwaco.com

راهنمای تدوین، ترجمه و ارسال مقاله

از استادان محترم دانشگاه‌ها، مدیران، کارشناسان و پژوهش‌گران گرامی صنعت تایر و قطعات لاستیکی کشور و نیز از دانشجویان عزیز رشته‌ی پلیمر و رشته‌های مرتبط با بخش‌های نشریه، دعوت می‌شود برای ارسال مقاله‌های پژوهشی، تألیفی و ترجمه شده‌ی خود، در زمینه‌های فنّاوری طراحی و تولید تایر، فنّاوری تولید قطعات لاستیکی، آمیزه‌کاری، مواد اولیه و فرایندهای تولید محصولات لاستیکی، دانش روز مدیریت، مدیریت استراتژیک و شاخه‌های مدیریت (تولید/ عملیات/ منابع انسانی)، نظام‌های کیفی و کنترل کیفیت، بازاریابی و خدمات پس از فروش، از طریق آدرس اینترنتی www.iranrubbermag.ir ثبت نام کرده و با دریافت نام کاربری و رمز عبور مربوطه، اقدام به بارگذاری مقاله مطابق با بندهای این راهنما نمایند. برای مقاله‌های ترجمه شده، ارسال فایل اصل مقاله ضروری‌ست. از کارشناسان و دانشجویان محترمی که قصد دارند از طریق ترجمه‌ی مقاله با این نشریه همکاری داشته باشند تقاضا می‌شود قبل از ترجمه، فایل متن اصلی یا چکیده‌ی آن را برای تأیید از طریق آدرس الکترونیکی entesharat.rierco@yahoo.com به دبیرخانه نشریه ارسال کنند.

مقاله‌های پژوهشی و تألیفی نباید همزمان به نشریه‌ی دیگری برای چاپ فرستاده شود یا قبلاً به چاپ رسیده باشد.

۱ متن مقاله

۱-۱ متن مقاله باید در قالب Word 2007، با فاصله‌ی سطرهای یک در میان (با قلم میترا، نازنین، لوتوس) با قلم ۱۲ تایپ شده باشد. تیترهای فرعی درون مقاله با قلم ۱۳ بولد تایپ شود.

۱-۲ مقاله باید حداکثر در ۱۵ صفحه‌ی A4 تنظیم شده باشد.

۱-۳ حاشیه‌ی متن مقاله از هر طرف باید ۲٫۵ سانتی‌متر باشد.

۱-۴ توصیه می‌شود در نوشتن متن مقاله از شیوه‌ی نگارش جدید خط فارسی استفاده شود به‌طوری که تمام حروف جدا نوشته شود (ی، ها، می، آن‌ها، آن‌که، و...).

۱-۵ صفحه‌ی نخست مقاله باید شامل عنوان فارسی و انگلیسی (قلم فارسی ترافیک و لاتین تایمز ۱۸ بولد)، نام کامل مؤلف یا مؤلفان یا مترجم، نام مسؤول مکاتبات، سطح تحصیلی، واحد سازمانی و نشانی و تلفن محل کار ایشان (قلم میترا ۱۰ بولد) باشد. نشانی الکترونیکی مسؤول مکاتبات نیز باید درج شده باشد.

۱-۶ مقاله باید دارای چکیده (شامل هدف پژوهش یا تألیف، روش انجام و نتیجه‌های به دست آمده) به زبان فارسی (با قلم خرمشهر ۱۲) و زبان انگلیسی (با قلم Times New Roman فونت ۱۳) باشد.

۱-۷ مقاله باید دارای واژه‌های کلیدی (حداکثر ۵ واژه) به زبان فارسی (با قلم خرمشهر ۱۳ بولد) و زبان انگلیسی (با قلم Times New Roman فونت ۱۳) باشد.

۱-۸ متن مقاله به ترتیب باید شامل بخش مقدمه، بخش تجربی (مواد، دستگاه‌ها، روش‌ها و استانداردها)، بخش نتیجه‌ها و بحث، بخش نتیجه‌گیری، و مراجع باشد.

۱-۹ تمام نمادها و علامت‌های اختصاری که برای نشان دادن متغیرها، ثابت‌ها، مقادیر و خواص، استانداردها و نیز معرفی نام سازمان‌ها و مراکز پژوهشی در مقاله مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید در نخستین کاربرد توضیح داده شده و معادل انگلیسی کامل آن‌ها در پاورقی (با قلم RL Times فونت ۸) بیاید.

۱-۱۰ شماره‌ی مراجع مورد استفاده به ترتیب در متن مربوطه، داخل کروشه درج شود.

۲ جدول‌ها

۲-۱ جدول‌ها باید به ترتیب شماره‌گذاری، در متن مشخص شود. متن جدول‌ها با قلم نازنین ۱۰ تایپ شود و در صفحه‌های جداگانه در پایان مقاله آورده شوند.

۲-۲ تمام مقدارهای جدول‌ها باید دارای واحد یکسان باشد، و مقدارهایی که نیاز به توضیح داشته باشد باید پس از علامت‌گذاری روی آن‌ها، به شکل پانویس در زیر جدول شرح داده شوند.

۲-۳ تمام جدول‌ها باید دارای عنوان یا شرح باشند (قلم میترا ۱۱ بولد). اعلام نام مرجع برای جدول‌هایی که کار نویسنده نباشد ضروری‌ست.

۲-۴ تمام جدول‌ها باید در word اجرا و ارسال شود (اسکن نشود).

۳ شکل‌ها و عکس‌ها

۳-۱ شکل‌ها به ترتیب شماره‌گذاری باید در متن مشخص و مورد اشاره قرار گیرند. شکل‌ها و عکس‌ها در صفحه‌های جداگانه در پایان مقاله آورده شود.

۳-۲ عنوان و شرح تمام شکل‌ها و عکس‌ها باید در زیر آن‌ها درج شود (با قلم میترا ۱۱ بولد).

۳-۳ عکس‌ها باید وضوح کامل داشته باشند (در صورت امکان عکس‌ها در فرمت jpg و با 300 resolution باشد).

۴ نوع مقاله: نویسندگان باید نوع مقاله از نظر پژوهشی، تألیفی، مروری، یا ترجمه بودن را در بالای نام نویسندگان مقاله درج کنند.

فرم اشتراک نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران (*IRM*)

(علمی ترویجی، فنی، اقتصادی و خبری)

خواهشمند است به نکات زیر توجه فرمایید:

۱- بهای هر شماره ۴۰۰,۰۰۰ ریال است.
۲- بهای اشتراک سالانه با تخفیف ۱,۳۰۰,۰۰۰ ریال است.
۳- بهای اشتراک دو ساله با تخفیف ۲,۵۰۰,۰۰۰ ریال است.
۴- از فرستادن وجه نقد جهت اشتراک حتی الامکان خودداری کنید.
۵- نشانی و کدپستی خود را به‌صورت کامل و خوانا بنویسید.
۶- نام و شماره‌ی تماس خود را روی فیش بانکی بنویسید.

Email:entesharat.rierco@yahoo.com

Website:www.iranrubbermag.ir

در صورت تمایل به اشتراک نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران، فرم زیر را تکمیل و به همراه اصل فیش بانکی واریز حق اشتراک، به نشانی زیر ارسال، یا به شماره‌ی ۴۴۷۸۷۹۰۵-۰۲۱ فاکس نمایید.

شماره حساب: بانک ملت، شعبه‌ی شهرک راه‌آهن، حساب جاری جام، شماره‌ی ۵۹۰۰۵۷۰۰۴۹ به نام "شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک - واحد انتشارات" (شماره‌ی شبا IR050120000000005900570049)

نشانی: تهران، اتوبان تهران-کرج، بعد از ایران خودرو، خروجی شهرک علم و فناوری، انتهای بلوار پژوهش، جنب پژوهشکده‌ی هواشناسی، انتهای کوچه، شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک
تلفن: ۴۴۷۸۷۹۱۷-۰۲۱ فاکس: ۴۴۷۸۷۹۰۵-۰۲۱ کدپستی: ۱۴۹۷۷۱۶۳۶۵

فرم اشتراک
نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران (IRM)

نوع اشتراک:

اشتراک جدید ☐ تمدید اشتراک ☐

نام و نام خانوادگی مشترک

سمت | ایمیل

نام شرکت | نوع فعالیت

نشانی

تلفن | تلفن همراه

تلفن | صندوق پستی | کدپستی

به پیوست فیش بانکی به شماره ____ و به مبلغ ____ ریال بابت حق اشتراک یک ساله/دوساله‌ی نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران از شماره‌ی ____ ارسال می‌شود.

تاریخ امضاء

فرم نظرسنجی از خوانندگان

نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران (*IRM*)

(نشریه‌ی سال بیست‌وچهارم، شماره‌ی ۹۶، زمستان ۹۸)

نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران با هدف آگاهی از میزان رضایت‌مندی شما خوانندگان گرامی نسبت به مطالب و صفحه‌های متفاوت نشریه، فرم نظرخواهی حاضر را تهیه کرده است. ضمن تشکر از همراهی شما عزیزان خواهشمندیم در هنگام پاسخ دادن، دقت و صراحت لازم را مبذول فرمایید.

ردیف	عوامل مورد ارزشیابی	عالی ۵	بسیارخوب ۴	خوب ۳	متوسط ۲	ضعیف ۱	بسیارضعیف ۰
۱	مقاله‌های بخش علمی- فنی						
۲	مقاله‌های بخش مدیریت						
۳	سایر نظرها:						

* کدام یک از بخش‌های نشریه را بیش از سایر بخش‌ها مطالعه می‌کنید؟ لطفاً با درصد بیان کنید.

* آیا کمبودی در مطالب نشریه احساس می‌کنید؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، مطالب موردنظر را بیان کنید.

* موضوع پیشنهادی شما برای ارائه‌ی سرمقاله چیست؟

* عمده‌ترین تغییرهایی که به‌نظر شما باید در محتوای نشریه ایجاد شود، چیست؟

* به‌منظور افزایش و بهبود کیفی مطالب، در چه زمینه‌هایی می‌توانید در ارائه‌ی مطالب همکاری کنید؟

* نام و نام خانوادگی و شماره‌ی تماس در صورت تمایل:

لطفاً پس از تکمیل، فرم مربوطه را برای واحد انتشارات فاکس کنید.

تلفن: ۹۰۵ و ۴۴۷۸۷۹۱۷-۰۲۱ فاکس: ۴۴۷۸۷۹۰۵-۰۲۱ www.iranrubbermag.ir Email:entesharat.rierco@yahoo.com

سامانه‌ی پیامکی : ۴۴۷۸۷۹۱۱-۰۲۱

Review on the Elastomer Education and Research in Iran and the World

B. Kazemi nezhad[1,*], A. Abbasian[2]

1. Masters. BSc in Polymer Engineering University of Science and Research,tehran,iran
2. Ph.D. Assistant Professor. Faculty Member of Islamic Azad University, Science and Research Branch, Polymer Engineering Department,tehran,iran

*Corresponding author Email: bita.kazeminejad@gmail.com

Abstract: One speculation regarding rubber and tire technology slight growth in Iran is that educational or research institutes doesn't have excellent performance, in comparison to their counterparts in the world, and therefore, the outcome is not good enough. The aim of this article is to study educational and research global efforts in the area of tire and rubber and compare them with status quo in Iran, in order to demonstrate deficiencies of Iran's education and research and the cycle of knowledge generation and transformation. The results of the benchmark indicate that there is no considerable difference between Iran and the world in terms of the quantity or the quality of tire/ rubber academic education or research. However, Iran's tire/ rubber industry approach is more introverted and does not contribute to the internal or international relationships. As a result, instead of identify the problem as a weakness of the universities or lack of university improvement, it seems important to find the solution to resolve this problem within the tire/ rubber industry.

Keywords: Elastomer Education, Elastomer Research, Tire, Research and Education Trends

Tribology of elastomeric seal materials

G.Zolfaghari fard[1,*] , A. Abbasian[2]

1. Masters student. Department of Polymer Engineering, Faculty of Petroleum and Chemical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Ph.D. Assistant Professor. Faculty Member of Islamic Azad University, Science and Research Branch, Polymer Engineering Department, tehran, iran

*Corresponding author Email: golrokh.zolfaghari@srbiau.az.ir

Abstract: Sealants prohibit leakage of fluids, or gases, and entrance of dirt and pollution of the instrument. Sealants are divided into two types of dynamic and static. Depending on the application conditions, they can be produced from metals, flexible plastics (plastomer), elastomer, and composite. elastomers due to their specific characteristics are the most applicable material in this field. Some common reasons of failure of sealants are: design, size, interaction of elastomer-oil, abrasion, environmental conditions and loading. Most of these failures are related to tribological reasons. The heat of friction can result in an increase in temperature and acceleration of chemical and heat degradation of the elastomer sealants. On the other hand, high temperature can reduce hardness of elastomer sealants and consequently their failure. Tribology is the science and technology of interaction of moving surfaces and interfaces and includes study and application of principles of friction, wear and lubrication. Friction coefficient of the surface of elastomer can be categorized based on affecting parameters, which include adhesion, deformation(hysteresis), viscose and cohesion. Friction coefficient is one of main controlling parameters of wear of elastomer properties. wear occurs due to three reasons of fatigue, abrasion, and roll formation. In action, all these three reasons occurs and finding their relative share during wear is difficult to find. Characterization of tribology and mechanism of wear of elastomer sealants has a critical role in determining performance and service time and also give a deeper insight into these behaviors and help the designer in selecting appropriate materials for sealants.

Keywords: elastomeric sealants, seals failure, tribological, wear

Evaluation of Tire Air Retention

S. Ezzoddin[1,*] , A. Abbasian[2]

1. Masters. MSc in Technology Analysis, tehran,iran
2. Ph.D. Assistant Professor. Faculty Member of Islamic Azad University, Science and Research Branch, Polymer Engineering Department, tehran, iran

∗**Corresponding author Email:** sh.ezzoddin@srbiau.ac.ir

Abstract: Adjusting tire inflation and maintaining it seem to be of great importance influencing the performance of tire and optimum fuel consumption. An under-inflated tire fails to maintain its form and would run flatter in contact with the road surface. Under-inflation causes more deflection while rotating which leads to heat built up as well as an increase in rolling resistance and fuel consumption up to 5%. Several factors affect tire inflation containing temperature, time, tire load at high speeds and tire performance on dry and wet surfaces. Ideally, tire faces under-inflation of about 1 psi monthly which means experiencing 2-3 psi pressure loss if it would not been adjusted for 2-3 months. Therefore, some methods have been introduced to monitor tire inflation. One of those methods is the TPMS system which is an online method for monitoring the pressure of installed tires. ASTM F-1112 is another standard test method for evaluating tire inflation pressure retention before it is installed on the vehicle. This study, reviews factors affecting tire inflation and methods to evaluate tire air retention.

Keywords: Tire Inflation, Tire Air Retention, Tire Inner Liner, Air Permeability

Activator from sugar cane as a green alternative to conventional vulcanization Additives

F. Khodkar[1,*] , M. Safari[2]

1. Ph.D. Head of R&D Unit - Materials and Mixtures of Iran Yasa Tire & Rubber Company,tehran,iran
2. Masters. Islamic Azad University - Science and Research Branch, tehran,iran

*Corresponding author Email: f.khodkar@gmail.com

Abstract: Activators are essential additives in the production of industrially viable elastomeric compounds. However, zinc oxide, the most widely used along with stearic acid, produces environmental damage due to tire wear; as a consequence, the powdered compound is released into the environment. For this reason, there is an intense search for additives from renewable sources that are sustainable, cheaper and eco-friendly. This work brings about the use of a new material from sugar cane as an alternative activator in the vulcanization of natural rubber. The replacement of conventional vulcanization additives (ZnO and stearic acid) by another option of cellulosic origin changes the vulcanization reaction of the elastomeric compounds, which consequently modifies the chemical structure and phase morphologies of the final compounds. These modifications in the structure of the compounds influenced changes in the cross-linking density, maximum torque, thermal stability and the mechanical properties. These changes showed very promising results. Both the favorable results obtained and the considerable reduction of zinc content (74.4%) used in the compounds, with similar results compared to the standard sample, highlight the possibility of changing conventional activators such as zinc oxide to a green option from sugar cane.

Keywords: natural rubber, sustainability, conventional additives, green additive, sugar cane

Investigating the Impact of Environmental Capabilities on Strategies and Environmental Efficiency: The Mediating Role of Marketing Capabilities

M. Nasrollahi[1,*], M.R. Fathi[2], S.Dehghan[3], A. Saberi[4]

1. Ph.D. Assistant Professor. Assistant Professor, Department of Industrial Management, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
2. Ph.D., Assistant Professor of Management and Accounting, Farabi Campus, University of Tehran, Qom, Iran
3. Master of Industrial Management and Expert of the Mostazafan Foundation in Tehran,iran
4. Ph.D. Assistant Professor. Assistant Professor, Faculty of Management and Accounting, Farabi Campus, University of Tehran, Qom, Iran

∗**Corresponding author Email:** m.nasrollahi@soc.ikiu.ac.ir

Abstract: The main objective of this research is to investigate the impact of environmental capabilities on strategy and environmental performance by considering The Mediating Role of Marketing Capabilities. The purpose of this research is from applied research. The methodology is descriptive in the research line. The statistical population of this research is all the managers of the chemical industry companies in Tehran province. Also among the companies active in the field of chemicals, ten companies that had a better performance were surveyed and the total number of the statistical population was 550. The sample size according to the Morgan table is 226 people. In the case of theoretical foundations of the research, information gathering tools are using library studies, which is a tool for reviewing organizational documents and secondary documents. In the case study data, a questionnaire was used to identify the relationships between the variables of the research. The tool used in this research is the questionnaire of the 25 questions of Song (2017) and Martin et al. (2015) based on the Likert scale. The validity of the tool was obtained through its formal and reliability through Cronbach's alpha. Finally, the structural equation modeling method was used for analysis.

Keywords: Environmental Capabilities, Environmental Strategy, Environmental Efficiency, Marketing Capability.

Alignment of Human Resources strategy with organizational strategy based on system approach

Z. P. Amini[1,*] , M.Y.Gheshlaghi[2]

1. Department of Business Management, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. Masters student. M.Sc. Student of Business Management, Mohaghegh Ardabili University

∗**Corresponding author Email:** z.pouramini2575@gmail.com

Abstract: Due to the huge impact of human resource activities on individual and organization performance, including organizational efficiency, human resource activities are considered important and need to be aligned with the organization's strategies. The alignment of HR strategy with the organization's strategy results in different individual and organizational outcomes, including increasing creativity and innovation, creating and maintaining competitive advantage, developing accountability and increasing the potential of the organization, improving communication between the HR department and others. The need for a strategic look at human resources is an undeniable issue that is added with environmental changes.Since the effective management of the organization requires efficient human resources, the present article aims to reconcile the HR strategy with the organization's strategy and the role of the system approach in this alignment. Then, by presenting the benefits and functions of this alignment in the performance of the organization, describes how to align the organization's strategy with the human resources strategy.

Keywords: Human Resources Management, Strategic Human Resources Management, System Approach

Engineering Elastomers Used in Gas Mask Production

A. Mohammadi[1,*] , Y. Amani[2]

1. Design Expert
2. M.Sc. in Polymer Engineering

∗**Corresponding author Email:** mohammady.abbas@gmail.com

Abstract: In the present research work, a detailed comparative study was accomplished on more recently developed gas mask products to evaluate several different types of elastomers, as major design variants in required rubber compounding. Through a systematic definition of evaluation criteria (including eight technical criteria, two economical and three satisfactory criteria), radar diagrams and evaluation matrix were formed. Meanwhile, based on the manufacturer's knowledge and experience, the importance of the technical, economical and satisfactory criteria were found as 60, 30 and 10%, respectively. It was found that all of the investigated elastomers have the same technical potential for gas mask production. However, taking into account the techno-economical considerations simultaneously for gas mask production in Iran, results revealed that the desirability of these elastomers follows the trend of polyisoprene (NR)> polychloroprene (CR)> ethylene-propylene-diene (EPDM)> butyl rubbers (IIR)> silicone rubber (Q)> nitrile-butadiene rubber (NBR).

Keywords: Engineering Elastomers, Screening, Protective Gas Mask, Evaluation Criteria, Radar Diagram

Evaluation the Sustainability Indicators of Rubber Supply Chain using the Cross-Impact Matrix

M. Fathi[1,*], A.Zamanian[2], R. Fathi[3]

1. Ph.D., Assistant Professor of Management and Accounting, Farabi Campus, University of Tehran, Qom, Iran
2. Postgraduate student. Master of Science in Industrial Management, School of Management and Accounting, Farabi Campus, University of Tehran, Qom, Iran
3. Ph.D. Others. PhD Student in Industrial Management, School of Management and Accounting, Farabi Campus, University of Tehran, Qom, Iran

∗**Corresponding author Email:** reza.fathi.ac.ir

Abstract: Sustainable supply chain management involves the strategic and transparent integration of organizational goals in the social, environmental and economic spheres and achieving them in a systematic co-ordination and coordination process in key inter-organizational processes to improve the organization's long-term economic performance and its supply chain. The main objective of this research is to evaluate the Sustainability iindicators of the rubber supply chain by applying a cross-impact matrix. Questionnaires and interviews with rubber industry experts are used to collect data and a cross-impact analysis technique is used for analysis and questionnaires are only completed by specialists and managers of the rubber industry. The statistical population of this research is considering its subject area including managers, experts and activists in the rubber industry of the country. In this research, interviews and completion of the questionnaires were completed by 46 experts in the rubber industry. Based on the results of this research, the indicators of recycling efficiency, quality and environmental technology are only effective indicators and indicators of traditional supply chain costs and accountability indicators that are effective.

Keywords: Sustainability Indicators, Rubber Industry, Supply Chain, Cross-Impact Matrix.

In The Name of God

IRM

Iranian Rubber Magazine

(Scientific)

(Scientific / Technical / Economical / Managerial)

Volume 24, No. 96, Winter 2020

Copyright and Publisher:
Rubber Industries Engineering and Research Co. (RIERCO)

Manager in Chief / Editor in Chief:

Dr. S. Taghvaei

Administration Manager:

A. Fourouzesh–Mehr

Editor:

Dr. A. Abbasian

Designer:

S. Soufi_Niaraki

Responsible of Advertising & Subscribers:

A. Fourouzesh–Mehr

With Cooperation of:

Kian Tire Co., Iran Tire Co.,
Iran Yasa Tire and Rubber Co.,
Dena Tire Co., Pars Tire Co., Barez Tire Co.,
Yazd Tire Co., Goldstone Tire Co.,
Kavir Tire Co.

Address:
Tehran–Karaj Fwy, after Iran Khodro, Output of Science and Technology Town, Pajouhesh Blvd, Close to Meteorological Research Center, Tehran, Iran, B.O.Box:15875-5981

Tel: 0098(21)44787917

Fax: 0098(21)44787905

Email: entesharat.rierco@yahoo.com

Website: www.iranrubbermag.ir

Editorial Board:

- Dr. G.R. Bakhshandeh, *Prof., Polymer & Petrochemical Research, Tehran, Iran.*
- Dr. S. Taghvaei–Ganjali, *Prof., Faculty of Chemistry, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Iran.*
- Dr. A. Jalali, *Associate Prof., Amir Kabir University of Technology, Tehran, Iran.*
- Dr. M. Razaghi–Kashani, *Associate Prof., Tarbiyat Modaress University, Tehran, Iran.*
- Dr. E. Setoudeh, *Ph.D. Polymer, Rubber Industries University of Applied Science & Technology, Tehran. Iran.*
- Dr. A. Abbasian, *Assistant Prof., Science and Research Department, Islamic Azad University, Tehran. Iran.*
- Dr. A.R. Azimi, *Ph.D. Polymer, Rubber Industries University of Applied Science & Technology, Tehran. Iran.*
- Dr. M.H.R. Ghoreishy, *Prof., Polymer & Petrochemical Research, Tehran, Iran.*

Partners in this issue:

M. Fathi
A. Mohammadi
F. Khodkar
G. Zolfaghari fard
Z. Pour amini
M. Nasrollahi
Sh. Ezzoddin
B. Kazeminezhad

This journal is abstracted / indexed in:

ISC.gov.ir
iranrubbermag.ir