



#### چکیده

اقتصاد چرخشی روشی نوین در مدیریت منابع و تولید است که بر پایه استفاده مجدد، بازیافت و بازسازی محصولات تمرکز دارد. این رویکرد، به دنبال ایجاد یک سیستم اقتصادی پایدار و کم‌ضرر برای محیط‌زیست است. اقتصاد چرخشی از چرخه‌های خطی و یک‌سویه تولید و مصرف در اقتصاد سنتی دور می‌شود. این رویکرد، بر اساس حفظ ارزش و استفاده حداکثری از مواد و منابع در طول چرخه عمر محصول بنا شده است. اصول اساسی اقتصاد چرخشی بر اساس حفظ ارزش، به حداقل رساندن ضایعات و استفاده بهینه از منابع شکل گرفته است. این اصول به دنبال ایجاد یک سیستم اقتصادی پایدار و سازگار با محیط‌زیست است. با به کارگیری اصول 7Rs، به ویژه در صنایعی مانند تایرسازی، امکان افزایش طول عمر محصولات، کاهش وابستگی به منابع اولیه و ارتقا نوآوری در زنجیره تامین فراهم می‌شود. این مقاله ضمن بررسی اصول 7Rs، به مزایا و چالش‌های پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی پرداخته و نقش آن را در تحقق اهداف توسعه پایدار و ایجاد آینده‌ای رقابتی‌تر برای صنایع بررسی می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** اقتصاد چرخشی، اصل 7Rs، استفاده مجدد، بازیافت، تایر

**محور مقاله:** پایداری و اقتصاد چرخشی

#### ۱. مقدمه

در دنیای امروز، با افزایش جمعیت و رشد سریع صنعتی، مصرف بی‌رویه منابع طبیعی و تولید حجم عظیم از ضایعات به یکی از چالش‌های اساسی جوامع بشری تبدیل شده‌است. مدل اقتصادی خطی مبتنی بر «استخراج، تولید و دور انداختن» (دیگر پاسخگوی نیازهای توسعه پایدار نیست و ضرورت حرکت به سمت مدل‌های جایگزین بیش از پیش احساس می‌شود. اقتصاد چرخشی به‌عنوان یک رویکرد نوین، با هدف کاهش مصرف منابع و حداقل‌سازی ضایعات، توجه جهانی را به خود جلب کرده است. این مدل بر پایه مفاهیمی همچون بازطراحی، بازیافت، استفاده مجدد و بازیابی منابع بنا شده و تلاش می‌کند تا چرخه عمر محصولات را بهینه‌سازی کرده و تأثیرات زیست محیطی را کاهش دهد [۱]. در سطح سیستم اقتصادی، افزایش تقاضای جهانی برای وسایل نقلیه و رشد حمل و نقل شهری، مصرف تایر را به طور مداوم افزایش داده است. تعداد وسایل نقلیه و به تبع آن تعداد تایرهای پایان عمر یافته در سطح جهان به شدت رشد کرده است، به‌طوری که تنها درصد کمی از ضایعات تایر بازیافت یا بازتعمیر می‌شوند و مابقی غالباً دفن یا سوزانده می‌شوند. این روند نه تنها مشکلات زیست‌محیطی را تشدید می‌کند، بلکه هزینه‌های مدیریت پسماند را به بار مالی سنگینی برای دولت‌ها و صنایع تبدیل کرده است [۲]. پیشرفت فناوری‌های بازیافت لاستیک‌های پایان عمر یافته تاکید می‌کند که با توسعه روش‌های دی‌ولکانیزاسیون و فرآیندهای شیمیایی می‌توان کیفیت مواد بازیافتی را به سطحی نزدیک به مواد اولیه رساند و به کاربرد صنعتی مجدد آن کمک کرد [۳]. این موضوع نه‌تنها اهمیت اقتصادی دارد، بلکه یکی از کلیدی‌ترین راهکارها برای کاهش فشار بر منابع طبیعی و کاهش ضررهای زیست‌محیطی محسوب می‌شود. گذار از الگوهای اقتصادی سنتی مبتنی بر تولید و مصرف خطی، به سوی الگوهای نوین همچون اقتصاد چرخشی، بیانگر تغییر بنیادین در نگرش به منابع، پسماند و ارزش اقتصادی است؛ تغییری که هدف آن دستیابی هم‌زمان به رشد اقتصادی، پایداری زیست‌محیطی و عدالت اجتماعی است.

#### ۲. مزایا اقتصاد چرخشی

اقتصاد چرخشی دارای مزایای متعددی است که می‌تواند به توسعه پایدار و بهبود کیفیت زندگی کمک کند. برخی از این مزایا عبارتند از:

**۱.۲ کاهش ضایعات:** با استفاده مجدد و بازیافت مواد، تولید ضایعات به حداقل می‌رسد که این امر به کاهش آلودگی محیط‌زیست کمک می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که اقتصاد چرخشی نه تنها به کاهش ضایعات کمک می‌کند بلکه نقش مهمی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. براساس گزارش Ellen MacArthur (۲۰۱۹)، اجرای گسترده این رویکرد می‌تواند تا ۳۹ درصد از انتشار CO<sub>2</sub> موردنیاز برای رسیدن به اهداف توافق پاریس را کاهش دهد [۴].

**۲.۲ ایجاد فرصت‌های شغلی:** از بُعد اجتماعی، پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی باعث ایجاد فرصت‌های شغلی جدید در حوزه‌هایی مانند تعمیرات، نوسازی، بازیافت پیشرفته و توسعه فناوری‌های سبز می‌شود. Kirchherr و همکاران (۲۰۱۷) در یک مطالعه مروری نشان داده‌اند که این رویکرد می‌تواند به شکل‌گیری اکوسیستم‌های نوآوری و کسب‌وکارهای محلی کمک کند که علاوه بر رشد اقتصادی، تاب‌آوری اجتماعی جوامع را نیز افزایش می‌دهد [۵].

**۳.۲ تقویت اقتصاد محلی:** با تمرکز بر تولید محلی و استفاده از منابع محلی، اقتصاد چرخشی می‌تواند به تقویت جوامع محلی کمک کند. از منظر اقتصادی، Accenture (۲۰۱۵) برآورد کرده است که مدل‌های کسب و کار مبتنی بر اقتصاد چرخشی می‌توانند تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۵/۴ تریلیون دلار ارزش اقتصادی جدید ایجاد کنند [۶]. این موضوع بیانگر اهمیت اقتصاد چرخشی به عنوان یکی از ابزارهای کلیدی در سیاست‌های مقابله با تغییرات اقلیمی است.

همچنین در صنایع خاصی مانند تایرسازی، مزایای اقتصاد چرخشی ملموس‌تر است؛ زیرا با بازیافت و بازتولید لاستیک‌های پایان عمر یافته می‌توان هم هزینه‌های دفع و دفن را کاهش داد و هم مواد ارزشمندی مانند دوده صنعتی و انرژی حرارتی را بازیابی کرد. Miletic و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کرده‌اند که مدیریت پایدار تایرهای فرسوده می‌تواند به‌طور مستقیم از آلودگی خاک و هوا جلوگیری کرده و به کاهش مصرف منابع فسیلی در صنایع پایین‌دست کمک نماید [۲].

**۴.۲ حفظ تنوع زیستی:** کاهش استخراج منابع و آلودگی به حفاظت از محیط‌زیست و تنوع زیستی کمک می‌کند.

**۵.۲ افزایش رضایت مشتری:** محصولات پایدار و باکیفیت می‌توانند به تجربه بهتر مشتری و ایجاد وفاداری منجر شوند.

## کاربرد اصول اقتصاد چرخشی (7Rs) در بهینه‌سازی چرخه تولید و بازیافت تایر

## شیفته شهابی، آندیمه فتحی زاده، آسجاد مظفری

**مدیر واحد نوآوری و پژوهش‌های مواد اولیه، آمیزه و محصول، کارشناس اداره طراحی محصول، گروه صنعتی بارز shahabi.shifteh94@gmail.com**

#### ۳. چالش‌های اجرای اقتصاد چرخشی

با وجود مزایا گسترده، پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی با موانع متعددی رو به رو است که در سطوح فنی، اقتصادی، اجتماعی و نهادی قابل بررسی هستند:

**۱.۳ هزینه‌های سرمایه‌گذاری و فناوری‌های نوین:** توسعه زیرساخت‌های بازیافت پیشرفته، فناوری‌های شیمیایی (مانند پیرولیز و دی‌ولکانیزاسیون)، و سامانه‌های هوشمند جمع‌آوری پسماند نیازمند سرمایه‌گذاری‌های کلان است. مطالعات نشان می‌دهند که هزینه‌های بالای راه‌اندازی این فناوری‌ها، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، یکی از موانع تحقق اقتصاد چرخشی است [۵].

**۲.۳ چالش‌های فنی و کیفیت مواد بازیافتی:** کیفیت و یکنواختی مواد بازیافتی در بسیاری از موارد پایین‌تر از مواد اولیه بکر است. برای مثال، دوده بازیافتی حاصل از تایرهای پایان عمر، هنوز به‌طور کامل نمی‌تواند جایگزین دوده بکر شود و این مسئله موجب تردید صنایع در پذیرش گسترده آن شده است [۳].

**۳.۳ زیرساخت‌های ناکافی مدیریت پسماند:** فقدان شبکه‌های کارآمد برای جمع‌آوری، جداسازی و پردازش ضایعات یکی از موانع اساسی در کشورهای در حال توسعه است. نبود استانداردها و فناوری‌های هماهنگ در زنجیره بازیافت باعث می‌شود حجم زیادی از ضایعات همچنان به دفن یا سوزاندن اختصاص یابد.

**۴.۳ موانع فرهنگی و رفتاری:** پذیرش محصولات بازتولیدشده یا بازیافتی در میان مصرف‌کنندگان همچنان با مقاومت روبه‌رو است. تغییر الگوهای مصرف نیازمند فرهنگ‌سازی گسترده، آموزش عمومی و تغییر نگرش در مورد «ارزش» (و «کیفیت» محصولات است.

**۵.۳ چارچوب‌های قانونی و سیاست‌گذاری ناکافی:** نبود سیاست‌های جامع و ضعف نظام‌های نظارتی، روند گذار به اقتصاد چرخشی را کند کرده است. در مقابل، تجربه اتحادیه اروپا نشان داده که وجود سیاست‌های الزام‌آور و مشوق‌های مالی می‌تواند محرک مهمی برای سرمایه‌گذاری و نوآوری در این حوزه باشد [۷و۲].

#### ۴. اصول 7Rs در چارچوب اقتصاد چرخشی

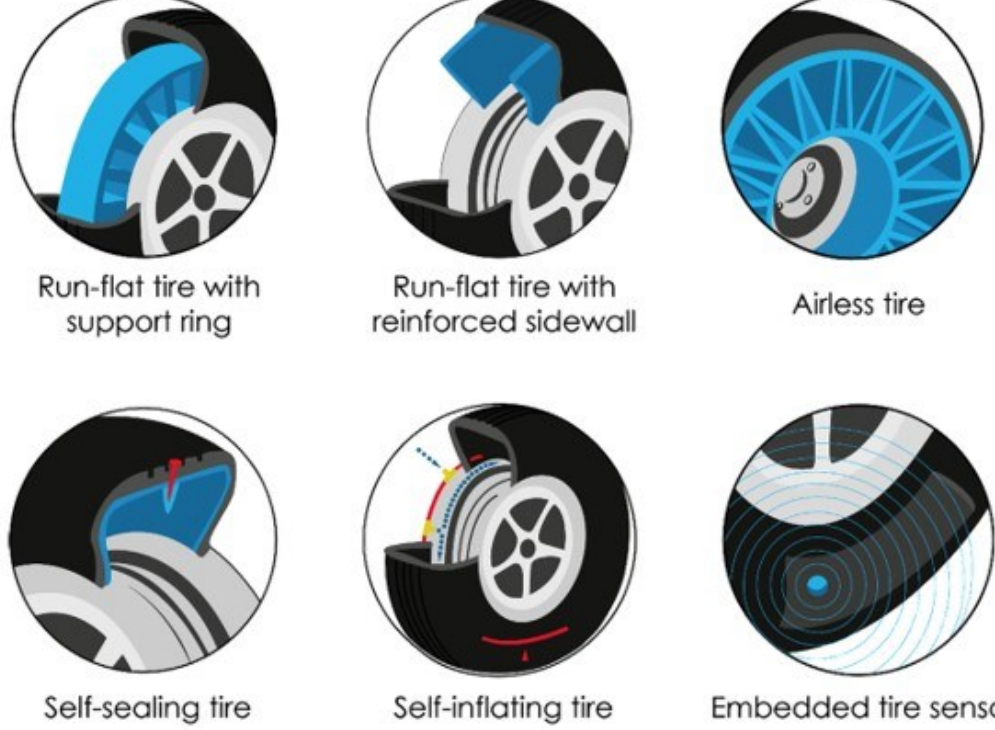
در اقتصاد چرخشی مفهوم 7Rs به هفت اصل کلیدی اشاره دارد که برای کاهش ضایعات، بهینه‌سازی منابع و حفظ محیط‌زیست استفاده می‌شوند. که شامل: طراحی مجدد، نوسازی، کاهش دادن، استفاده مجدد، تعمیر، بهبود و بازیافت است [۸].



شکل ۱. مدل 7Rs اقتصاد چرخشی

#### ۱.۴ طراحی مجدد

به نحوه طراحی محصولات، خدمات و فرآیندها با هدف کاهش ضایعات، افزایش کارایی و تسهیل بازیافت و استفاده مجدد اشاره دارد. این مفهوم بر تغییراتی در طراحی اولیه تمرکز دارد تا محصولات از ابتدا با اصول پایداری و چرخه عمر طولانی‌تری ساخته شوند. مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد اصول 7Rs در طراحی محصول می‌تواند شاخص‌های ارزیابی چرخه عمر مانند مصرف انرژی، انتشار CO<sub>2</sub> و مصرف آب را به‌طور قابل‌توجهی کاهش دهد [۹].



شکل ۲. طراحی مجدد، تغییرات در طراحی اولیه

#### ۲.۴ نوسازی

به معنای بازگرداندن یا احیای محصولات، مواد یا منابع به حالت قابل استفاده مجدد است. این مفهوم به رویکردی اشاره دارد که در آن محصولات پس از استفاده، به جای دور ریخته شدن، به روش‌هایی نوسازی می‌شوند تا دوباره وارد چرخه مصرف شوند.

#### ۴.۴ کاهش

در اقتصاد چرخشی به معنای کاهش مصرف منابع، انرژی و مواد خام در فرآیند تولید و مصرف محصولات است. هدف از Reduce کاهش ورود مواد به چرخه تولید و کاهش تولید ضایعات در پایان چرخه عمر محصولات است.

#### ۴.۴ استفاده مجدد

در اقتصاد چرخشی به معنای استفاده از محصولات، مواد یا اجزای یک محصول برای اهداف جدید یا مجدد، بدون نیاز به تغییرات اساسی در آن‌ها است. این مفهوم به جای دور انداختن اقلام پس از استفاده، بر روی بهره‌برداری دوباره از آن‌ها تأکید دارد و در نتیجه می‌تواند به کاهش ضایعات و مصرف منابع کمک کند.

#### ۵.۴ تعمیر

این اصل به معنای فرآیند بازگرداندن قابلیت استفاده یا عملکرد یک محصول با تعمیر و اصلاح آن به جای دور انداختن و خرید یک محصول جدید است. این مفهوم بر اهمیت نگهداری و حفظ محصولات برای افزایش طول عمر آن‌ها و کاهش ضایعات تأکید دارد. تعمیر بخشی از اصول اقتصاد چرخشی است که هدف آن افزایش طول عمر محصولات است. باعث صرفه‌جویی در مواد خام و انرژی می‌شود و به کاهش ضایعات کمک می‌کند.

#### ۶.۴ بازیابی

بازیابی به معنای فرآیند بازگرداندن مواد، انرژی یا منابع از محصولات یا مواد غیرقابل استفاده است. این مفهوم به دنبال استخراج و بازیابی ارزش از مواد و محصولاتی است که دیگر قابل استفاده نیستند یا به پایان عمر خود رسیده‌اند. هدف اصلی بازیابی کاهش زباله‌ها و افزایش بهره‌وری منابع است.

#### ۷.۴ بازیافت

در اقتصاد چرخشی به معنای فرآیند جمع‌آوری، پردازش و تبدیل مواد ضایعاتی به مواد اولیه برای تولید محصولات جدید است. بازیافت به هدف کاهش مصرف منابع طبیعی، کاهش زباله‌ها و حفظ محیط‌زیست تأکید دارد و بخشی اساسی از مدل اقتصاد چرخشی است و به جلوگیری از اتلاف مواد و استفاده مؤثرتر از منابع کمک می‌کند. به طور کلی، بازیافت به عنوان یکی از اصول کلیدی اقتصاد چرخشی، به بازیابی ارزش از مواد ضایعاتی و تبدیل آن‌ها به منابع جدید اشاره دارد و به تلاش برای کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و افزایش پایداری کمک می‌کند.

#### ۵. نتیجه‌گیری

اقتصاد چرخشی به‌عنوان یک الگوی نوین توسعه پایدار، پاسخی مؤثر به بحران‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی عصر حاضر محسوب می‌شود. مرور اصول هفت‌گانه (7Rs) نشان داد که این چارچوب نه‌تنها ابزاری برای کاهش ضایعات و افزایش بهره‌وری منابع است، بلکه زمینه‌ساز نوآوری، ایجاد ارزش اقتصادی و ارتقای تاب‌آوری اجتماعی نیز می‌باشد. در صنایع لاستیک و پلیمر، اجرای راهکارهای اقتصاد چرخشی می‌تواند علاوه بر کاهش وابستگی به منابع اولیه وارداتی، فرصت‌های ارزشمندی برای بازتولید تایرهای فرسوده، بازیابی انرژی و تولید مواد بازیافتی با ارزش افزوده بالا فراهم آورد. با وجود این ظرفیت‌ها، چالش‌هایی همچون هزینه‌های بالای فناوری‌های نوین، کیفیت پایین برخی مواد بازیافتی، فقدان زیرساخت‌های کارآمد، موانع فرهنگی در پذیرش محصولات بازتولیدشده و ضعف چارچوب‌های قانونی، همچنان موانع جدی در مسیر تحقق کامل اقتصاد چرخشی هستند. تجربه‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که تدوین سیاست‌های الزام‌آور، توسعه نظام‌های مسئولیت توسعه‌یافته تولیدکننده، سرمایه‌گذاری هدفمند در فناوری‌های پیشرفته (مانند پیرولیز و دی‌ولکانیزاسیون)، و ایجاد بازارهای پایدار برای محصولات بازیافتی می‌تواند این موانع را تا حد زیادی برطرف کند. از منظر آینده‌پژوهی، اقتصاد چرخشی نه‌تنها به‌عنوان یک انتخاب، بلکه به‌عنوان ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار و تعهدات جهانی در زمینه کاهش انتشار کربن باید در دستور کار کشورها و صنایع قرار گیرد. برای صنعت تایر ایران، بهره‌گیری از این رویکرد می‌تواند ضمن کاهش اثرات زیست‌محیطی و هزینه‌های دفع ضایعات، مسیر نوآوری و رقابت‌پذیری جهانی را هموار سازد. بدین ترتیب، گذار به اقتصاد چرخشی، راهی استراتژیک برای تضمین پایداری منابع، افزایش بهره‌وری و خلق ارزش اقتصادی و اجتماعی در دهه‌های آینده خواهد بود.

#### مراجع

- Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Completing the picture: How the circular economy tackles climate change*. Retrieved from/
- Dabic-Miletic, S., Marinkovic, V., Stanisavljevic, N., & Sokolovic, S. (2023). Smart and sustainable waste tire management: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 43795–43816. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16263-6>
- Formela, K. (2021). Progressive recycling of waste rubbers and tires: A review. *Advances in Industrial and Engineering Polymer Research*, 4(3), 209–222. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2021.06.004>
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Completing the picture: How the circular economy tackles climate change*.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*, 127, 221–232.
- Accenture. (2015). *Circular Advantage: Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth*.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2018). The Circular Economy – a new sustainable paradigm?. *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
- Kirchgeorg, M., & Boone, I. (2018). Sustainable business models and the role of the circular economy: A call for a broad research agenda. *Business Strategy and the Environment*, 27(6), 873886