ارزیابی توسعه زنجیره ارزش چیپس PET و الیاف پلی‌استر

امیرحسین رهبر[1*]، علی قلعه‌بان بخشایش[2]، سمانه سلماسی[3]، دینا مهدوی[4]

[1]آموزشیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

[2]دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی، دانشکده تجارت و بازرگانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

[3]دانشجوی دکتری مدیریت بازرگانی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

[4]کارشناس ارشد مدیریت کسب و کارهای کوچک، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

a.h.rahbar@gmail.com

تاریخ دریافت ۱۴۰۳/۰۶/۱۴ تاریخ پذیرش ۱۴۰۴/۰۶/۱۰

چکیده

هدف این تحقیق بررسی امکان تکمیل زنجیره ارزش چیپس پت بازیافتی با تولید الیاف پلی‌استر می‌باشد. داده‌های این تحقیق شامل داده‌های ثانویه از پایگاه‌های بر خط می‌باشد؛ همچنین از مصاحبه نیمه‌ساختار یافته با خبرگان صنعت بهره گرفته شده است. تحلیل وضعیت کنونی و آتی بازار داخلی و جهانی مبتنی بر روش تحلیل رگرسیون، تحلیل فرصت‌ها و موانع بازار بر اساس روش تحلیل تماتیک، براورد هزینه‌های ثابت و متغیر تولید مبتنی بر تحلیل نیاز، تحلیل فرایندهای تولید و تجهیزات بوده است و در نهایت تحلیل مالی-اقتصادی بر اساس تحلیل شاخص‌های مالی-اقتصادی با استفاده از نرم‌افزار کامفار صورت گرفت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد صنعت الیاف پلی‌استر ایران با رشد عرضه و تقاضا، نوسانات صادرات و واردات، و چالش‌های ساختاری مواجه است. شکاف فزاینده بین عرضه و تقاضا، تهدیدی برای امنیت تأمین مواد اولیه و رقابت‌پذیری صنایع پایین‌دستی است. روند صادرات افزایشی و واردات کاهش‌یافته، اما وابستگی به مواد اولیه وارداتی و نوسانات قیمت‌ها چالش‌زا باقی مانده‌اند. تحلیل فنی و مالی پروژه تولید الیاف پلی‌استر، توجیه‌پذیری اقتصادی و فنی طرح را تأیید می‌کند. توسعه پایدار این صنعت نیازمند مدیریت بهینه، ارتقاء فناوری و سیاست‌گذاری حمایتی است.

کلمات کلیدی: چیپس پِت؛ کارآفرینی؛ مطالعات مالی؛ امکان‌سنجی؛ نرم‌افزار کامفار

Assessment of the Value Chain Development of PET Chips and Polyester Fibers

Amirhossein Rahbar[1]*, Ali Qalehban Bakhshayesh[2], Samaneh Salmasi[3], Dina Mahdavi[4]

[1]Assistant Prof., Faculty of Management and Accounting, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran.

[2]MSc. Student of Business Management, Faculty of Trade and Commerce, University of Tehran, Tehran, Iran.

[3]Ph.D. Student of Business Management, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

[4]MSc. of Business Administration, Faculty of Economics and Social Sciences, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran

a.h.rahbar@gmail.com

Abstract

This study aims to assess the feasibility of completing the value chain of recycled PET chips through the production of polyester fibers. The research data include secondary data from online databases and semi-structured interviews with industry experts. The current and future domestic and global market conditions were analyzed using regression analysis. Market opportunities and barriers were examined through thematic analysis. Fixed and variable production costs were estimated based on needs assessment, production process analysis, and equipment evaluation. Finally, a financial-economic analysis was conducted using financial indicators and COMFAR software. The results indicate that Iran's polyester fiber industry faces growth in supply and demand, export and import fluctuations, and structural challenges. The widening gap between supply and demand threatens raw material security and the competitiveness of downstream industries. Although exports are increasing and imports decreasing, dependence on imported raw materials and price volatility remain significant challenges. Technical and financial analyses confirm the economic and technical viability of the polyester fiber production project. Sustainable development of this industry requires optimized resource management, technological advancement, and supportive policies.

Keywords: Pet Chips; Entrepreneurship; Financial Study; Feasibility Study; COMFAR Software.

۱ -مقدمه

آلودگی پلاستیکی، به‌ویژه از بطری‌های پت[1] که در بسته‌بندی مواد غذایی و نوشیدنی کاربرد فراوان دارند، به یک مشکل جهانی جدی تبدیل شده است. تولید این پلاستیک از ۲ میلیون تن در سال ۱۹۵۰ به بیش از ۴۰۰ میلیون تن در سال ۲۰۲۲ افزایش یافته است. بیش از ۹۰ درصد بطری‌های پت در محل‌های دفن زباله یا اقیانوس‌ها باقی می‌مانند و برای قرن‌ها در طبیعت می‌مانند و آسیب‌های زیست‌محیطی ایجاد می‌کنند[۱]. مصرف بالا و تجزیه‌ناپذیری زیستی پت به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع زباله‌های انباشته‌شده در محل دفن زباله‌ها که متعاقبا محیط‌زیست را با مشکل و خطر مواجه ساخته، بازیافت این ماده را مهم قلمداد کرده است. ضمناً با توجه به کاهش ذخایر نفت و محدودیت این منابع بازیافت ضایعات که موجب استفاده بهتر از منابع تجدیدناپذیر، کاهش انرژی مصرفی و ارزان‌تر شدن کالای تولیدی می‌شود، بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است[۲و۳]. کشور ایران یکی از کشورهای پر مصرف پلاستیک در جهان است. در کشورهای صنعتی بالای ۴۰ درصد از پلاستیک‌های مصرفی بازیافت می‌شود؛ این نرخ در ایران در حدود ۹ درصد است. همانند اکثر کشورها پر مصرف‌ترین پلاستیک در ایران پت‌ها هستند. در ایران تولید الیاف (۶۰ درصد) و بطری‌های پلاستیکی (۳۰ درصد) بیشترین مصرف پت را دارند[۴]. شایان ذکر است عرضه چیپس پت نو به عنوان ماده اولیه صنعت الیاف پلی‌استر در داخل ایران محدود بوده و تنها از طریق بورس کالای ایران صورت می‌گیرد و تنها تولیدکننده محصولات پلی اتیلن ترفتالات یا پت[2] در ایران، تنها شرکت پتروشیمی شهید تندگویان است (بورس کالای ایران، ۱۴۰۲). این موضوع باعث گردیده تا عرضه کم آن پاسخگوی تقاضای صنایع تکمیلی و پایین دستی را ندهد و تامین مواد اولیه مورد نیاز این صنعت را با کمبود مواجه سازد. الیافی که از پت بازیافتی به دست می‌آیند، استحکام نسبتاً کمتری در مقایسه با الیاف معمولی دارند؛ ولی خصوصیات کلی آن‌ها تفاوت فاحشی ندارد[۵].

با توجه به تقاضای بالای الیاف پلی‌استر در بازار و متعاقبا تقاضای بالای چیپس پت در صنعت نساجی (الیاف پلی‌استر) و کمبود چیپس پت نو و وجود مقادیر بسیار زیاد چیپس پت دست دوم، این نیاز دیده می‌شود تا احداث کارخانه تولید الیاف پلی‌استر از چیپس پت دست دوم در ایران به لحاظ دسترسی به مواد اولیه دست دوم (چیپس پت) کافی به عنوان یکی از فرصت‌های سرمایه گذاری در استان همدان مورد ارزیابی قرار گیرد. قبل از تولید محصول و احداث کارخانه مربوطه، لازم است تا مطالعاتی از جنس امکان‌سنجی صورت بگیرد تا از نگاه بازار، فنی، مالی و اقتصادی، تولید محصول مورد ارزیابی و آنالیز قرار گرفته و نتایج حاصل از آن به‌عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران مورد استفاده قرار بگیرد.

بدین منظور پژوهش حاضر، امکان‌سنجی تکمیل زنجیره ارزش بازیافت چیپس پت با تولید الیاف پلی‌استر

1. PET

2. PET

در استان همدان مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌دهد. به عبارت دیگر این پژوهش درصدد آن است تا به این سوال اصلی پژوهش که "آیا تاسیس واحد تولید الیاف پلی‌استر از چیپس پت در استان همدان از جهات مختلف (از نظر مطالعات بازار، فنی- تکنولوژیک و توجیه مالی- اقتصادی) توجیه‌پذیر است یا خیر؟"، پاسخ دهد.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- نظریه هزینه-فایده[1]

نظریه هزینه-فایده به عنوان یک چارچوب تحلیلی نظام‌مند در ارزیابی کارایی اقتصادی سیاست‌ها، پروژه‌ها و برنامه‌ها شناخته می‌شود که با مقایسه هزینه‌ها و منافع مرتبط، هدف اصلی آن تعیین تأثیر خالص بر رفاه اجتماعی است. این نظریه مبتنی بر اقتصاد رفاه است و بر تخصیص بهینه منابع برای حداکثرسازی رفاه اجتماعی تأکید دارد، به گونه‌ای که ارزش ایجاد شده از طریق تمایل افراد به پرداخت (WTP) و هزینه فرصت به عنوان مفاهیم کلیدی در آن مطرح می‌شوند. فرآیند تحلیل هزینه-فایده شامل شناسایی، کمی‌سازی و ارزش‌گذاری پولی تمام هزینه‌ها و منافع مستقیم و غیرمستقیم، همچنین تنزیل ارزش‌های آتی به ارزش فعلی است تا امکان مقایسه دقیق فراهم شود. این روش در دو نوع اقتصادی و اجتماعی کاربرد دارد؛ نوع اقتصادی بیشتر بر هزینه‌ها و منافع مالی مستقیم تمرکز دارد، در حالی که نوع اجتماعی شامل ارزش‌های غیر بازار مانند منافع زیست‌محیطی و بهداشتی نیز می‌شود. این مطالعه مبتنی بر نوع اقتصادی این نظریه می‌باشد[۶]. نظریه هزینه-فایده به‌عنوان یک چارچوب تحلیلی بنیادی، مبنای اصلی ارزیابی اقتصادی این پژوهش را تشکیل می‌دهد. این نظریه با تمرکز بر شناسایی و کمی‌سازی دقیق هزینه‌ها و منافع مرتبط با پروژه، ابزارهای کارآمدی را برای تحلیل و اتخاذ تصمیمات اقتصادی فراهم می‌آورد. در این مطالعه، فرآیند تحلیل هزینه-فایده در سه مرحله اصلی اجرا شده است: نخست، شناسایی کامل هزینه‌ها و منافع مستقیم و غیرمستقیم پروژه؛ دوم، تنزیل جریان‌های نقدی آتی به ارزش فعلی برای لحاظ کردن اثر زمان بر ارزش پول؛ و سوم، محاسبه شاخص‌های کلیدی اقتصادی از جمله ارزش خالص فعلی (NPV) و نرخ بازده داخلی (IRR). این مراحل به‌طور مستقیم با پرسش‌های تحقیق مرتبط هستند و هدف آنها ارزیابی سودآوری اقتصادی و پایداری مالی طرح تحت شرایط مختلف می‌باشد.

۲-۲- نظریه عرضه-تقاضا[2]

نظریه عرضه و تقاضا به‌عنوان یکی از اصول بنیادین اقتصاد خرد، چارچوبی کلیدی برای تحلیل تعیین قیمت و مقدار کالاها در بازارهای رقابتی فراهم می‌کند؛ این نظریه بر اساس تعامل بین عرضه‌کنندگان، که با توجه به هزینه‌های تولید و فناوری ظرفیت عرضه را تعیین می‌کنند، و تقاضاکنندگان، که تحت تأثیر نیازها، درآمد و قیمت کالاهای جایگزین تصمیم به خرید می‌گیرند، شکل می‌گیرد. قیمت‌ها به گونه‌ای تنظیم می‌شوند که مقدار عرضه و تقاضا برابر شده و تعادل بازار برقرار شود؛ قانون

1. Cost-Benefit Analysis (CBA)

2. Supply and Demand Theory

تقاضا نشان می‌دهد کاهش قیمت منجر به افزایش تقاضا و قانون عرضه بیان می‌کند افزایش قیمت موجب افزایش عرضه می‌شود. تغییرات عوامل مؤثر مانند فناوری، هزینه تولید و ترجیحات مصرف‌کنندگان می‌تواند منحنی‌های عرضه و تقاضا را جابه‌جا کرده و تعادل جدیدی ایجاد کند. در ارزیابی مالی و اقتصادی تولید محصول، تعیین قیمت و مقدار تعادلی نقش محوری در برآورد درآمد و سودآوری پروژه دارد و تغییرات عرضه یا تقاضا اثرات قابل توجهی بر عملکرد اقتصادی تولید می‌گذارد[۷و۸]. نظریه عرضه و تقاضا در این پژوهش برای برآورد تقاضای داخلی محصول و تحلیل بازار هدف به‌کار گرفته شده است. این نظریه در قالب مدلی شامل چهار مؤلفه اصلی (تقاضای داخلی، عرضه داخلی، صادرات و واردات) اجرا شده تا عوامل مؤثر بر بازار و وضعیت تعادلی آن ارزیابی گردد. تقاضای داخلی تحت تأثیر درآمد مصرف‌کنندگان، قیمت کالاهای جایگزین و ترجیحات مصرف‌کنندگان قرار داشته و پیش‌بینی آن نقشی اساسی در تخمین فروش داخلی و درآمد پروژه دارد. عرضه داخلی نیز بر اساس ظرفیت تولید و هزینه‌ها تعیین شده و همراه با صادرات و واردات، در تحلیل تعادل بازار بررسی شده است. این مدل به برآورد قیمت و مقدار تعادلی بازار پرداخته و مبنایی برای ارزیابی سودآوری و پایداری اقتصادی طرح فراهم آورده است.

۲-۳- الیاف پلی‌استر

پلی‌استر[1] نام عمومی خانواده‌ای از مواد پلیمری است که دارای گروه استر -co-o- در زنجیره اصلی خود است[۹]. رایج‌ترین نوع پلی‌استر که در صنایع پلیمر و نساجی استفاده می‌شود، پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) است. پت به دلیل تعادل عالی بین قیمت و عملکرد، کاربرد گسترده‌ای دارد و در صنعت پلیمرسازی و همچنین صنعت نساجی معمولاً منظور از الیاف پلی‌استر، الیاف تهیه شده از پت است که متداول‌ترین توع الیاف پلی‌استر است[۱۰].

۲-۴- پلی‌اتیلن ترفتالات

پلی اتیلن ترفتالات[2] یا پت (PET) از خانواده پلی‌استر بوده و از واکنش دوعاملی بین اسیدها و الکل‌ها در حضور یک کاتالیست فلزی تشکیل می‌شود. پت به دلیل استحکام و تحمل فشار بالا و عدم واکنش‌پذیری با مواد، جزء پلاستیک‌های رایج و کاربردی در بسته‌بندی نوشیدنی و صنعت مربوطه به شمار می‌رود[۱۱]. از مهم ترین ویژگی‌های پت می‌توان به مقاومت در برابر آب، نسبت استحکام به وزن بالا و در دسترس بودن گسترده آن به عنوان یک پلاستیک اقتصادی و قابل بازیافت اشاره نمود[۱۲]. در ادامه مشخصات فیزیکی و شیمیایی پت در جدول (۱) آورده شده است.

پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی با نوع نو یا ویرجین آن تفاوت‌هایی دارد. تفاوت‌های میان این دو به تغییرات ساختار مولکولی و فرآیندهای بازیافت مربوط است که بر خواص حرارتی، مکانیکی و کریستالی آن‌ها اثر می‌گذارد. معمولاً دمای انتقال شیشه‌ای و دمای ذوب در پت بازیافتی به دلیل کاهش وزن مولکولی و تخریب زنجیره‌ها طی چرخه‌های بازیافت کمی پایین‌تر است. درصد کریستالی شدن در پت بازیافتی نیز به‌طور معمول بالاتر بوده و به شرایط خشک‌کردن و رطوبت باقی‌مانده مرتبط است.

1. polyester

2. Polyethylene terephthalate

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی پلی اتیلن ترفتالات

ویژگی	پلی اتیلن ترفتالات
وزن مولکولی	۱۹۲ (g/mol)
معادله مارک – هووینک	۰/۷۳
میانگین وزن	۸۰,۰۰۰-۳۰,۰۰۰ (g/mol)
دانسیته (چگالی)	۱/۴۱ (g/cm^3)
دمای انتقال شیشه‌ای	۱۱۵-۶۹ (^oC)
دمای ذوب	۲۶۵ (^oC)
گرمای نهان همجوشی	۱۶۶ (J/g)
مقاومت گسیختگی	۵۰ (MPa)
مقاومت کششی	۱,۷۰۰ (MPa)
مقاومت تسلیم	۴ درصد
مقاومت ضربه‌ای	۹۰ (J/m)
جذب آب (بعد از ۲۴ ساعت)	۰/۵ درصد

از نظر مکانیکی، پت بازیافتی انعطاف‌پذیری بیشتری دارد اما مدول خمشی آن پایین‌تر است، در حالی که استحکام خمشی مشابه پت ویرجین است. مقاومت ضربه‌ای پت بازیافتی نیز به دلیل کاهش وزن مولکولی و وجود ناخالصی‌ها کمتر است. با وجود این تفاوت‌ها، خواص پت بازیافتی در محدوده خواص پت ویرجین قرار داشته و تمایز کامل آن‌ها صرفاً بر اساس این ویژگی‌ها دشوار است. این موضوع نیاز به کنترل کیفیت دقیق فرآیندهای بازیافت را نشان می‌دهد. در جدول (۲) تفاوت‌های پت نو و پت بازیافتی از نظر خواص مواد مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۵- مطالعات امکان‌سنجی

مطالعات امکان‌سنجی گزارشی دقیق، توصیفی و جامع را شامل می‌شود که جنبه‌های حیاتی مختلفی مانند ویژگی‌های محصولات و روش‌های تولید، تحلیل بازار و بخش‌بندی مشتریان، استراتژی‌های بازاریابی، منابع انسانی، ساختار سازمانی، نیازهای زیرساختی، نیازهای مالی، منابع تأمین مالی و نحوه استفاده برنامه‌ریزی شده از آن‌ها را در بر می‌گیرد. این مطالعات به عنوان پیش‌نیازی ضروری برای هرگونه درخواست تأمین مالی، به‌ویژه در جذب سرمایه از نهادهای سرمایه‌گذاری ریسک‌پذیر یا سایر منابع مالی، محسوب می‌شوند. بنابراین، مطالعه امکان‌سنجی باید کامل، جامع، صادقانه، منطبق بر شرایط واقعی و به گونه‌ای باشد که برای مخاطب به‌وضوح قابل درک باشد. با انجام این مطالعات، چشم‌اندازی جامع از تولید محصولات منتخب با در نظر گرفتن تمامی عوامل مرتبط تدوین می‌شود که تضمین می‌کند تمامی ملاحظات به صورت منسجم و هماهنگ مورد توجه قرار گرفته‌اند و بدین ترتیب، اعتبار و قابلیت اطمینان پیشنهاد سرمایه‌گذاری افزایش می‌یابد[۱۴].

جدول ۲- مقایسه ویژگی‌های پت ویرجین[1] و پت بازیافتی[۱۳].

ویژگی / خاصیت	پت ویرجین (vPET)	پت بازیافتی (rPET)
دمای ذوب (°C)	۲۵۵-۲۵۰	۲۵۰,۱–۲۴۱,۱
دمای انتقال شیشه‌ای (°C)	۱۱۵–۶۹	۸۱,۲–۷۸,۳
کریستالینیتی (%)	۳۶–۲۵	۳۶,۱–۲۴,۵
رطوبت باقی‌مانده (%)	٪۰,۰۲>	معمولاً بالاتر از ٪۰,۰۲
استحکام خمشی (MPa)	۱۱۵-۹۰	۱۱۵-۹۰
مدول خمشی (MPa)	۲۴۰۰-۱۹۰۰	۲۱۶۲-۱۸۶۰
طول کشش خمشی (%)	۸-۳,۵	۵,۲-۴,۸
مقاومت ضربه (kJ/m^2)	۳–۲	۲,۸–۱,۳
وزن مولکولی (g/mol)	۷۰,۰۰۰-۲۰,۰۰۰	۷۰,۰۰۰-۳۹,۰۰۰
وجود ناخالصی و آلودگی	کم یا ناچیز	وجود برخی ناخالصی‌ها مانند PVC، PS و...
شکل‌پذیری	صاف و یکنواخت	احتمال وجود ناهمواری

1. virgin

۲-۶- پیشینه پژوهش

جدول ۳- پیشینه تحقیق

مرجع	هدف تحقیق	روش جمع‌آوری داده	روش تحلیل داده	یافته‌های کلیدی
[۱۵]	کمی‌سازی الگوهای جریان تولید، مصرف، تجارت و بازیافت الیاف پت در چین و تحلیل اثرات اقتصاد، فناوری و سیاست بر فرآیندهای متابولیکی این الیاف	جمع‌آوری داده‌های آماری از تولید، مصرف، تجارت و بازیافت الیاف پت در چین طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۲؛ داده‌های ملی و صنعتی	تحلیل جریان مواد (Substance Flow Analysis - SFA) و مدل‌سازی متابولیسم مواد در چرخه عمر الیاف پت	۱) مصرف و صادرات الیاف پت روند رشد نمایی داشته که ناشی از رشد اقتصادی، عضویت در WTO و پیشرفت فناوری از سال ۲۰۰۱ است ۲) تولید الیاف PET طی سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸ به دلیل سیاست‌های ارتقای کیفیت و حذف ظرفیت‌های قدیمی کاهش یافته است. ۳) از سال ۲۰۱۹ با سیاست‌های اوج کربن، خنثی‌سازی کربن و اقتصاد چرخشی، ورود الیاف PET بازیافتی افزایش یافته و الگوی جدیدی در جریان PET ایجاد شده که فرصت‌ها و چالش‌های جدیدی برای صنعت فراهم کرده است.
[۱۶]	تعیین سودآوری مالی و میزان کربن‌زدایی الیاف پلی‌استر تولیدشده از پت زیستی، پت بازیافتی یا ترکیبی از هر دو	شبیه‌سازی فرایندهای صنعتی و جمع‌آوری داده‌های انرژی، مواد و هزینه‌ها از طریق مدل‌سازی در نرم‌افزار مهندسی زیست‌فرایندی (SuperPro Designer) و ابزار اکسل	تحلیل اقتصادی (محاسبه سود و NPV)، ارزیابی چرخه عمر (LCA) برای سنجش اثرات کربنی، سناریوسازی مالی	سناریو ۱ (ساخت کارخانه جدید) سودآوری نداشت؛ سناریو ۲ و ۳ (بدون هزینه سرمایه‌ای برخی یا همه فرایندها) در صورت استفاده از بیش از ۴۰ درصد bio-PET به سودآوری مالی رسیدند؛ افزایش درصد bio-PET از ۰ به ۱۰۰ درصد باعث کاهش ردپای کربنی از ۲,۹۹ به ۰,۴۶ کیلوگرم CO_2 معادل به ازای هر کیلوگرم الیاف PET شد.
[۱۷]	طراحی مفهومی و بهینه‌سازی اقتصادی یک فرایند بازیافت شیمیایی PET به منظور کاهش هزینه سالانه کل (TAC) و بررسی اثر متغیرهای فرایندی و قیمتی بر قیمت فروش حداقلی محصول اصلی (p-xylene)	شبیه‌سازی فرایند با استفاده از نرم‌افزار Aspen Plus، داده‌های آزمایشگاهی از پژوهش‌های قبلی، و داده‌های اقتصادی مرتبط با قیمت مواد اولیه و محصولات	تحلیل فنی-اقتصادی و بهینه‌سازی فرایند با استفاده از روش بهینه‌سازی بیزی (Bayesian optimization)؛ انجام آنالیز حساسیت بر متغیرهای کلیدی اقتصادی	- بهینه‌سازی بیزی موجب بهبود طراحی فرایند و کاهش هزینه سالانه کل به میزان ۴,۲ تا ۴,۴ درصد شد. - قیمت خوراک PET تأثیرگذارترین عامل بر اقتصادی بودن فرایند است. - استفاده از رابط جدید (Aspen Plus، Python و Aspen Simulation Workbook) برای بهینه‌سازی فرایند مؤثر بود. - آنالیز حساسیت نشان داد که تغییرات قیمت خوراک و شرایط عملیاتی می‌توانند به طور قابل توجهی قیمت فروش حداقلی محصول را تحت تأثیر قرار دهند.
[۱۸]	پیش‌بینی قیمت نخ پلی‌استر با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندگانه و شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر قیمت این محصول در زنجیره صنعت نساجی پلی‌استر چین. همچنین بررسی نقش داده‌های دیجیتال و نرخ	جمع‌آوری داده‌های روزانه و هفتگی از منابع مختلف: - قیمت روزانه نخ پلی‌استر (۵۰ D/24F FDY) - قیمت روزانه PTA و MEG از بورس‌های	مدل رگرسیون خطی چندگانه (Multiple Linear Regression) برای تحلیل رابطه بین متغیر وابسته (قیمت نخ پلی‌استر) و متغیرهای مستقل (قیمت مواد اولیه، نرخ بهره‌برداری	- مدل رگرسیون خطی چندگانه با وارد کردن متغیرهای نرخ بهره‌برداری خطوط تولید بالادستی و پایین‌دستی، دقت بالاتری در پیش‌بینی قیمت نخ پلی‌استر نسبت به مدل‌های سنتی نشان داد. - متغیرهای قیمت PTA، MEG، نرخ تولید کارخانه‌ها و نرخ بهره‌برداری دستگاه‌های بافندگی تأثیر معناداری بر قیمت نخ پلی‌استر

مرجع	هدف تحقیق	روش جمع‌آوری داده	روش تحلیل داده	یافته‌های کلیدی
	بهره‌برداری خطوط تولید بالادستی و پایین‌دستی در بهبود دقت مدل پیش‌بینی.	کالایی - نرخ تولید ماهانه کارخانه‌های پلی‌استر - نرخ بهره‌برداری هفتگی دستگاه‌های بافندگی در استان‌های جیانگسو و ژجیانگ - قیمت روزانه نفت خام برنت داده‌ها از ژانویه ۲۰۱۸ تا مارس ۲۰۲۲ جمع‌آوری شده‌اند.	تولید، قیمت نفت و غیره). همچنین از روش Holt-Winters برای مقایسه و بهبود دقت پیش‌بینی استفاده شده است.	دارند. - ورود داده‌های دیجیتال و شاخص‌های بهره‌برداری صنعتی باعث بهبود قابل توجه مدل‌های پیش‌بینی قیمت شد. - این مدل می‌تواند به بنگاه‌های صنعتی برای مدیریت ریسک نوسانات قیمت و تصمیم‌گیری بهتر کمک کند.
[۱۹]	تحلیل فنی-اقتصادی و ارزیابی چرخه عمر تولید پلی‌استرهای زیست‌تخریب‌پذیر پلی‌آلیفاتیک-پلی‌آروماتیک	مدل‌سازی فرآیند تولید و گردآوری داده‌های مرتبط با هزینه‌ها و ویژگی‌های زیست‌محیطی	تحلیل تکنو-اقتصادی و ارزیابی چرخه عمر (LCA)	هزینه تولید پلی‌استرها به شدت وابسته به قیمت مونومرها است (بیش از ۹۰ درصد هزینه کل). پلی‌استرهای زیست‌توده‌ای می‌توانند تا نصف اثرات گرمایش جهانی PBAT را کاهش دهند و تحت شرایط بازار می‌توانند از نظر هزینه رقابتی باشند.
[۲۰]	توسعه فرآیند و تحلیل فنی-اقتصادی بازیافت مکانوشیمیایی پلی‌اتیلن ترفتالات (PET)	آزمایش‌های آزمایشگاهی (بر روی نمونه‌های پودری و تجاری پِت)، مدل‌سازی فرآیند و شبیه‌سازی کامپیوتری (Aspen Plus)، جمع‌آوری داده‌های اقتصادی	تحلیل آزمایشگاهی (NMR، SEM، IC)، شبیه‌سازی فرآیند (Aspen Plus)، تحلیل اقتصادی (NPV، MSP)، تحلیل حساسیت	بازیافت بیش از ۹۷٪ مونومرها (TPA و EG) با خلوص بالای ۹۹٪؛ طراحی فرآیند بدون تخلیه مایع؛ ارزش اقتصادی مثبت (NPV مثبت) و قیمت فروش حداقلی ۰,۹۹ دلار به ازای هر کیلوگرم؛ مقایسه اقتصادی با سایر روش‌های تولید TPA؛ امکان استفاده از انواع مختلف ضایعات PET
[۲۱]	بررسی امکان‌پذیری فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی تولید گلوکز از ضایعات نساجی با ادغام هیدرولیز آنزیمی، تصفیه مکانیکی و فرآیندهای سفیدکنندگی بدون کلر (TCF)	داده‌های آزمایشگاهی، مراجع صنعتی و داده‌های موجود در ادبیات تحقیق	تحلیل فنی-اقتصادی و ارزیابی چرخه عمر (LCA) برای چهار سناریوی مختلف تبدیل ضایعات نساجی به گلوکز	۱. سناریوی ترکیب پنبه/پلی‌استر کمترین قیمت فروش حداقلی گلوکز (۲۹۰ دلار به ازای هر تن) را داشت. ۲. تحلیل حساسیت نشان داد که محتوای پلی‌استر بازیافتی تأثیر قابل توجهی بر امکان‌پذیری اقتصادی دارد. ۳. پیش‌تیمار تصفیه مکانیکی تنها ۱۰٪ از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در فرآیند پیشنهادی را تشکیل می‌دهد (در مقایسه با ۷۰٪ در سایر پیش‌تیمارهای موجود). ۴. سرمایه‌گذاری اولیه برای خط تولید سالانه ۱۴،۰۰۰ تن گلوکز بین ۵,۶ تا ۷,۹ میلیون دلار آمریکا متغیر است. ۵. هزینه‌های تولید هر تن گلوکز بین ۲۱۵ تا ۴۷۵ دلار آمریکا بسته به ترکیب نساجی مورد استفاده متفاوت است.
[۲۲]	بررسی وضعیت فعلی و	مصاحبه کیفی با ۲۰	تحلیل و ترکیب داده‌های	طراحی برای استفاده مجدد و بازیافت به

مرجع	هدف تحقیق	روش جمع‌آوری داده	روش تحلیل داده	یافته‌های کلیدی
	امکانات آینده برای تحقق پلی‌استر چرخشی و شناسایی موانع و فرصت‌های سیستماتیک برای گذار به پلی‌استر بازیافتی	کارشناس صنعت، همراه با طراحی مشترک نقشه‌های اکوسیستم فعلی و آینده پلی‌استر چرخشی.	کیفی (کدگذاری مصاحبه‌ها، مقایسه سیستم فعلی و آینده، استفاده از مصورسازی داده‌ها)	عنوان محور تحقق پلی‌استر چرخشی؛ موانعی مانند بی‌عملی برندها، نبود داده‌های دقیق پس از مصرف، نبود جمع‌آوری مناسب و قیمت پایین پلی‌استر معمولی؛ فرصت‌هایی چون افزایش آگاهی و همکاری ذینفعان؛ ارائه ۶ اقدام پیشنهادی برای صنعت و پژوهش.
[۲۳]	تحلیل تکنو-اقتصادی، چرخه عمر و تاثیرات اجتماعی-اقتصادی فرایند بازیافت آنزیمی پلی‌اتیلن ترفتالات	مدل‌سازی فرایند بازیافت آنزیمی پِت با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی و مدل‌سازی شبیه‌سازی فرایندها	تحلیل فنی-اقتصادی، ارزیابی چرخه عمر (LCA)، مدل‌سازی زنجیره تامین و تحلیل تاثیرات اجتماعی-اقتصادی	بازیافت آنزیمی پت می‌تواند هزینه رقابتی با تولید پت تازه داشته باشد؛ کاهش ۶۹-۸۳ درصد مصرف انرژی و ۱۷-۴۳ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای؛ افزایش ۴۵ درصد مزایای اجتماعی-اقتصادی نسبت به تولید پت تازه
[۲۴]	تحلیل زنجیره ارزش پوشاک پلی‌استر برای شناسایی نقاط کلیدی مداخله جهت پایداری محیط زیستی	مرور ادبیات و تحلیل داده‌های موجود در مورد تولید، مصرف و پایان عمر پوشاک پلی‌استر	تحلیل کیفی زنجیره ارزش، بررسی اثرات زیست‌محیطی شامل انتشار گازهای گلخانه‌ای، مصرف منابع، آلودگی آب و خاک و ارزیابی پایداری	تولید پلی‌استر از نفت خام باعث آلودگی هوا، آب و خاک و تهدید سلامت انسان می‌شود؛ بیشترین اثرات زیست‌محیطی در مرحله رنگرزی و تکمیل پارچه است؛ مصرف انرژی و انتشار کربن‌دی‌اکسید بسیار بالاست؛ راهکارهایی مانند استفاده از مواد بازیافتی و منابع تجدیدپذیر، بهبود مدیریت ضایعات و بازیافت، و کاهش رهاسازی میکروفیبرها پیشنهاد شده است.
[۲۵]	بررسی امکان بازیافت چرخشی ضایعات نساجی پلی‌استر با استفاده از فرآیند گلیکولیز و کاتالیزور پایدار Mg–Al double oxides	آزمایشگاهی: جمع‌آوری ضایعات الیاف پلی‌استر صنعتی، تهیه و آماده‌سازی کاتالیزور، انجام واکنش گلیکولیز در راکتور، جمع‌آوری و خالص‌سازی محصول	آنالیز کمی و کیفی محصولات با استفاده از FTIR، GC-MS، ICP-MS، تست‌های مکانیکی الیاف و محاسبه بازده مولی BHET	بازده تولید BHET بالای ۸۰٪؛ کاتالیزور پلت تا سه بار بدون افت عملکرد قابل بازیافت است؛ پس از احیا، فعالیت کاتالیزور مشابه نمونه اولیه است؛ r-PET تولیدی کیفیت و قابلیت ریسندگی مشابه PET نو دارد؛ روش ارائه‌شده دوستدار محیط زیست و قابل استفاده در مقیاس صنعتی است.

مطالعات متعددی در زمینه موضوع پژوهش و یا مطالعات اقتصادی صورت گرفته است؛ اما با توجه به ادبیات و پیشینه پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که مطالعات ارزیابی بازار، فنی و اقتصادی تولید الیاف پلی‌استر از چیپس پِت دارای خلاء تجربی بوده و با توجه به حیاتی بودن این مطالعات قبل از ورود به صنعت، نمی‌توان با استناد به مطالعات پیشین وارد این صنعت شد و یا در مورد آن تصمیم‌گیری نمود. این شکاف تحقیق منجر به طرح سوالاتی می‌گردد؛ آیا تاسیس واحد تولید الیاف پلی‌استر از چیپس پِت در استان همدان از جهات مختلف توجیه‌پذیر است؟ با محوریت این سوال اصلی، سه سوال فرعی مطرح می‌شود؛ آیا تاسیس این واحد از منظر مطالعات بازار توجیه‌پذیر است؟، آیا از نظر فنی و تکنولوژیک توجیه‌پذیر است؟ و آیا می‌تواند از لحاظ مالی و اقتصادی توجیه‌پذیر باشد؟

۳- روش تحقیق

۳-۱- نوع پژوهش و محدوده زمانی و مکانی

پژوهش حاضر یک تحقیق کاربردی و از نظر انجام پژوهش، مقطعی است که در بازه زمانی خرداد ۱۴۰۱ الی شهریور ۱۴۰۲ به مدت ۴ ماه به طول انجامید و هدف اصلی آن ارزیابی بازاریابی، تکنولوژی و مالی-اقتصادی تولید الیاف پلی‌استر از چیپس پِت در استان همدان است. جهت تحقق این هدف، روش آمیخته (کیفی و کمّی) استفاده شده است. بخش کیفی پژوهش به دلیل اکتشافی بودن آن، فاقد متغیر است؛ اما در بخش کمی، از روش‌های تحلیل آماری و مدل‌سازی بهره گرفته شده است.

۳-۲- روش جمع‌آوری داده‌ها

داده‌های تحقیق از دو روش اصلی پیمایشی و کتابخانه‌ای جمع‌آوری شده است. روش پیمایشی شامل انجام مصاحبه‌های نیمه‌ساختار یافته با تولیدکنندگان و خبرگان حوزه تولید الیاف پلی‌استر بوده است.

جمع‌آوری داده های این تحقیق به چند دسته تقسیم می‌شود. داده‌های مربوط به بخش بازار شامل آمار صادرات و واردات کشور ایران بین سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۴۰۱ با کد تعرفه ۵۵۰۶۲۰ از گمرک جمهوری اسلامی ایران، آمار سرشماری و ظرفیت‌های در حال بهره‌برداری و در حال احداث صنایع تولیدی بین سال‌های ۱۳۹۷ الی ۱۴۰۱ از پایگاه وزارت صمت و آمار صادرات و واردات کشورها بین سال‌های ۲۰۰۵ الی ۲۰۲۴ از مرکز تجارت بین‌الملل[1] جمع‌آوری گردید[۲۶].

هزینه‌های ثابت تولید شامل بهای زمین از شرکت شهرک‌های صنعتی استان همدان، هزینه‌های محوطه‌سازی، ساختمان‌سازی و تأسیسات بر اساس فهرست بهای ابنیه و تأسیسات مکانیکی سال ۱۴۰۲ سازمان برنامه و بودجه کشور، هزینه ماشین‌آلات، وسایل نقلیه، تجهیزات کارگاهی، آزمایشگاهی و اداری از طریق استعلام قیمت از شرکت‌های سازنده داخلی و خارجی مربوطه و همچنین هزینه‌های قبل از بهره‌برداری با استفاده از برآوردهای ارائه شده توسط شرکت‌های مشاوره تعیین گردید.

در بخش هزینه‌های متغیر، هزینه مواد اولیه از طریق استعلام از تأمین‌کنندگان مربوطه، و هزینه‌های سوخت و انرژی از شرکت‌های برق، آب، گاز، نفت و مخابرات اخذ گردید. همچنین، هزینه‌های نیروی انسانی بر اساس گزارش حقوق و دستمزد سال ۱۴۰۱ ارائه شده توسط پلتفرم ایران‌سلری تعیین شد. هزینه‌های تعمیرات، نگهداری و استهلاک نیز با استفاده از استانداردهای حسابداری مربوطه برآورد گردید. همچنین جهت برآورد درامدهای فروش از سامانه بورس کالای ایران[2] (۱۴۰۲) استعلام گرفته شد.

۳-۳- روش تحلیل داده‌ها

۳-۳-۱- رگرسیون

1. International Trade Centre (ITC)

۲. استعلام در هفته منتهی به ۱۷ شهریور ماه ۱۴۰۲

برای تحلیل وضعیت کنونی و پیش‌بینی صادرات، واردات و تقاضای داخلی محصول از روش تحلیل رگرسیون و با استفاده از نرم‌افزار اکسل استفاده شد؛ ولی برای پیش‌بینی عرضه داخلی، تعداد واحدهایی که مجوز تولید الیاف پلی‌استر را گرفته و پیشرفت فیزیکی داشته‌اند و در سال‌های آتی به بهره‌برداری می‌رسیدند، متناسب با درصد پیشرفت فیزیکی این واحدها در تخمین ظرفیت تولید آتی، سهیم شدند.

به دلیل ماهیت داده‌های بخش کمی و همچنین وابسته بودن تغییرات متغیرهای بازار به روند تاریخی آن‌ها، رگرسیون خطی برای مدل‌سازی و در نتیجه پیش‌بینی روابط بین متغیرهای کمی مورد استفاده قرار گرفت. رگرسیون یک مدل آماری است که برای سنجش ارزش یک متغیر عددی با توجه به رابطه‌ای که با یک یا چند متغیر عددی دیگر دارد به کار می‌رود به گونه‌ای که با بهره‌گیری از یک متغیر می‌توان دیگری را برآورد کرد[۱۸]. مدل کلی رگرسیون خطی به صورت رابطه (۳) می‌باشد.

رابطه (۳) $$Y = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon$$

که در آن Y: متغیر وابسته؛ X_i: متغیر مستقل یا توضیحی؛ B_0: عرض از مبدأ (ثابت)؛ β_1: ضریب رگرسیون؛ ε: خطای مدل

۳-۳-۲- کمبود عرضه

برای ارزیابی کمبود عرضه از مدل عرضه-تقاضا استفاده شد. مدل عرضه و تقاضا یکی از بنیادی‌ترین مدل‌های اقتصادی است که رابطه بین حجم کالا و مقدار عرضه و تقاضا در بازار رقابتی را تحلیل می‌کند. طبق این مدل، حجم کالا تعیین‌کننده میزان تمایل تولیدکنندگان به عرضه و مصرف‌کنندگان به تقاضا است. قانون عرضه بیان می‌کند که با افزایش حجم عرضه، تولیدکنندگان مایل به ارائه مقدار بیشتری کالا هستند، در حالی که قانون تقاضا نشان می‌دهد که با افزایش حجم تقاضا، مصرف‌کنندگان تمایل بیشتری به خرید کالا دارند. نقطه‌ای که در آن حجم عرضه و تقاضا برابر می‌شود، نقطه تعادل بازار نامیده می‌شود که در آن میزان کالا و خدمات ارائه شده و مورد تقاضا تثبیت می‌گردد[۲۷].

اقتصاد هر واحد تولیدی، نقش بسیار مهمی در ارزیابی امکان‌سنجی پروژه ایفا می‌کند. معیارهای اقتصادی برای واحدهای مختلف ممکن است بسته به نوع آن، محل استقرار و بازار، متفاوت یا مشابه باشند. معیارهای اقتصادی در نظر گرفته شده برای مطالعه حاضر شامل ارزش فعلی خالص (NPV)، نرخ بازده داخلی (IRR)، دوره بازگشت سرمایه (PBP) و تحلیل حساسیت است.

۳-۳-۳- نرم‌افزار کامفار

نرم‌افزار کامفار برای محاسبه ارزش فعلی خالص (NPV)، نرخ بازده داخلی (IRR)، دوره بازگشت سرمایه (PBP) و تحلیل حساسیت استفاده شد. کلمه کامفار مخفف Computer Model for Feasibility Analysis and Reporting است. این نرم‌افزار یکی از معتبرترین برنامه‌های تحلیلی در زمینه‌های فنی، اقتصادی و مالی است که توسط سازمان توسعه صنعتی ملل متحد (UNIDO) در سال ۱۹۷۹ برای تهیه و ارزیابی طرح‌های اقتصادی در کشورهای در حال توسعه مانند ایران توسعه یافته است[۲۸].

در این مطالعه جهت ارزیابی مالی-اقتصادی تولید محصول، پیش‌فرض‌هایی در نظر گرفته شده است؛ در این پژوهش، همانند سایر مطالعات امکان‌سنجی در ایران، فرض بر این است که نرخ تورم به طور یکسان درآمدها و هزینه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، از این رو تأثیر تورم بر سود یا زیان نادیده گرفته شده است. دوره ساخت و آماده سازی کارخانه یک سال به طول می‌انجامد و دوره بهره برداری ۱۰ سال می‌باشد. تأمین مالی تولید از طریق حقوق صاحبان سهام، وام‌های بلند مدت و حساب‌های پرداختنی خواهد بود. بازپرداخت اقساط تسهیلات مالی بلند مدت ظرف مدت ۵ سال به صورت ۱۰ قسط شش ماهه و با سود ۲۳ درصد در سال منظور گردیده است. با توجه به اینکه مکان تاسیس کارخانه، شهرک صنعتی ویان در نظر گرفته شده است، معافیت مالیاتی ده سال در نظر گرفته شده است. ظرفیت اسمی تولید الیاف پلی‌استر مطابق ظرفیت خط تولید، ۳،۰۰۰ تن در سال است. ظرفیت عملی تولید در سال اول ۷۰ درصد، در سال دوم ۸۰ درصد، در سال سوم ۹۰ درصد و در سال چهارم به بعد، ۱۰۰ درصد ظرفیت اسمی می‌باشد. مطابق استعلام‌های صورت گرفته از سامانه بورس کالای ایران[1] (۱۴۰۲)، قیمت هر تن الیاف پلی‌استر به ارزش ۶۰۰ میلیون ریال در نظر گرفته شده است.

۳-۳-۴- ارزش خالص فعلی[2]

روشی است که برای ارزیابی سودآوری پروژه‌ها به کار می‌رود و بر اساس تنزیل جریان‌های نقدی آتی به ارزش فعلی آن‌ها عمل می‌کند. این روش این امکان را می‌دهد تا ارزش فعلی تمام درآمدها و هزینه‌های یک پروژه محاسبه گردد و بر اساس آن تصمیم‌گیری صورت بگیرد که پروژه از نظر مالی مقرون به صرفه است یا خیر. تخمین ارزش خالص فعلی با استفاده از رابطه (۱) انجام می‌شود.

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t} - c_0 \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن NPV؛ ارزش خالص فعلی، C_t؛ جریان نقدی خالص خروجی در زمان t، C_0؛ هزینه سرمایه؛ n: دوره زمانی پروژه (سال)، i؛ نرخ تنزیل مورد انتظار است.

۳-۳-۵- نرخ بازده داخلی[3]، نرخ بهره‌ای است که NPV را در n سال برابر صفر می‌کند و با حل رابطه (۲) محاسبه می‌شود[۲۹].

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+IRR)^t} - C_0 = 0 \qquad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن: C_t؛ جریان نقدی در دوره t، IRR: نرخ بازگشت داخلی، n؛ دوره زمانی پروژه (سال) است.

۳-۳-۶- دوره بازگشت سرمایه[4]

دوره بازگشت سرمایه مدت زمانی را نشان می‌دهد که طول می‌کشد تا سرمایه اولیه صرف شده در پروژه از طریق جریان‌های نقدی بازگردد. دوره بازگشت سرمایه به عنوان معیاری برای سنجش ریسک و نقدینگی پروژه‌ها مطرح می‌شود، زیرا پروژه‌هایی که دوره بازگشت کوتاه‌تری

۱. استعلام در هفته منتهی به ۱۷ شهریور ماه ۱۴۰۲

2. Net Present Value (NPV)

3. Internal Rate of Return (IRR)

4. Payback period

دارند، معمولاً ریسک کمتری دارند و نقدینگی سریع‌تری را فراهم می‌کنند.

۳-۳-۷- تحلیل تماتیک

در ادامه تحلیل تماتیک داده‌های مصاحبه جهت شناسایی فرصت‌ها و چالش‌های صنعت و بازار پلی استر، صورت گرفته است. تحلیل تماتیک[1] روشی کیفی است که به شناسایی، تحلیل و تفسیر الگوها یا تم‌های معنایی در داده‌های کیفی مانند مصاحبه‌ها و متون می‌پردازد. این روش با تمرکز بر کشف معانی پنهان و آشکار در داده‌ها، به پژوهشگر امکان می‌دهد تا مفاهیم اصلی و تکرارشونده را استخراج کند و به درک عمیق‌تری از پدیده‌های اجتماعی، فرهنگی و روان‌شناختی دست یابد. تحلیل تماتیک فرایندی نظام‌مند و بازگشتی است که شامل مراحل آشنایی با داده‌ها، کدگذاری، جستجوی تم‌ها، بازبینی و تعریف تم‌ها و نگارش گزارش نهایی می‌شود. ضمنا در این پژوهش از رویکرد تحلیل تماتیک بازتابی[2] استفاده شده است.

۳-۴- جامعه آماری و نمونه‌گیری

جامعه مورد مطالعه شامل تولیدکنندگان و خبرگان فعال در صنعت تولید الیاف پلی‌استر است. در این راستا، ۶ نفر از تولیدکنندگان این حوزه به صورت نمونه‌گیری هدفمند و قضاوتی انتخاب شدند. معیارهای انتخاب خبرگان در جدول (۴) ارائه شده است.

پس از انتخاب اولیه، برای افزایش حجم داده‌ها و تعمیق تحلیل، از روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی استفاده شد. در این روش، از هر مصاحبه‌شونده خواسته شد تا افراد دیگری با دانش و تجربه مرتبط را معرفی نماید. این فرایند تا رسیدن به نقطه اشباع ادامه یافت؛ یعنی زمانی که اطلاعات جدید و متفاوتی از مصاحبه‌ها به دست نیامد، نمونه‌گیری متوقف گردید.

جدول ۴- معیارهای انتخاب خبرگان

شاخص	تعریف
تجربه حرفه‌ای	حداقل ۴ سال تجربه در صنعت تولید الیاف پلی‌استر
نقش در فرآیند تولید	انتخاب افراد با نقش‌های متنوع شامل مدیران و مهندسان به منظور کسب دیدگاهی جامع از فرآیند تولید
تحصیلات	شامل ۳ نفر با مدرک کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر و شیمی، ۲ نفر کارشناسی مهندسی نساجی و مدیریت صنعتی و ۱ نفر کارشناسی ارشد مهندسی مواد
تنوع در اندازه و نوع شرکت	شامل شرکت‌های بزرگ و کوچک جهت پوشش گستره وسیعی از تجربیات و چالش‌ها

همچنین جهت سنجش پایایی مصاحبه‌ها، پرسشنامه به اساتید دانشگاهی نشان داده شد و از آنان تایید گرفته شد. ضمناً اطلاعات مصاحبه‌ها یک‌بار دیگر برای آن‌ها بازگو شد تا از اشتباه و خطا جلوگیری شود و از اعتبار اطلاعات اطمینان حاصل شود. شباهت نتایج مصاحبه‌های مختلف و هم‌چنین تایید نتایج مصاحبه توسط مصاحبه‌شوندگان نشان از پایایی مصاحبه‌های صورت گرفته دارد.

۴- یافته‌های تحقیق

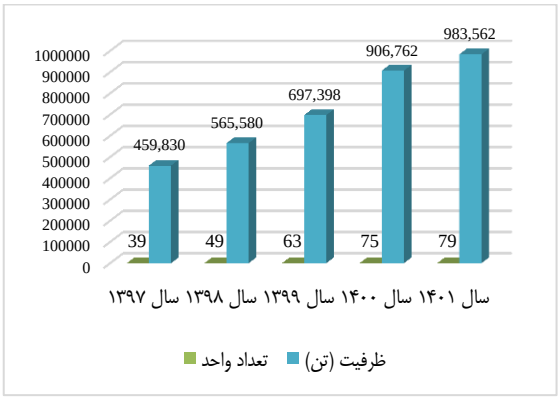
یافته‌های پژوهش به سه بخش اصلی مطالعات بازار، فنی و مالی تقسیم بندی می‌گردد. در ادامه هر کدام از یافته‌ها به تفکیک تشریح شده است.

۴-۱- مطالعات بازار

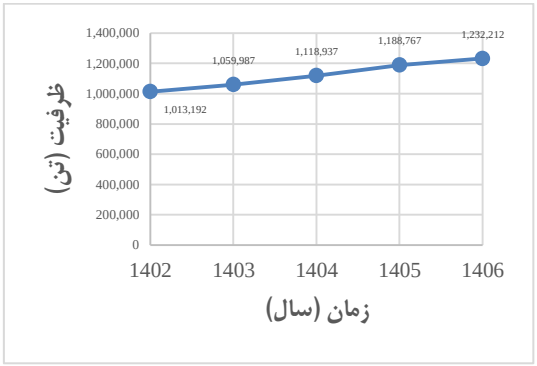
نتایج حاصل از سرشماری واحدهای تولید الیاف پلی‌استر در بازارهای داخلی ایران طی پنج سال گذشته نشان دهنده رشد مثبت میزان تولید در طی سال‌های اخیر بوده (شکل ۱) و پیش‌بینی می‌شود طی سال‌های آینده نیز این

1. Thematic Analysis
2. Reflexive TA

رشد ادامه داشته و ظرفیت عرضه داخلی در سال ۱۴۰۶ به ۱،۲۳۲،۲۱۲ تن برسد (شکل ۲).

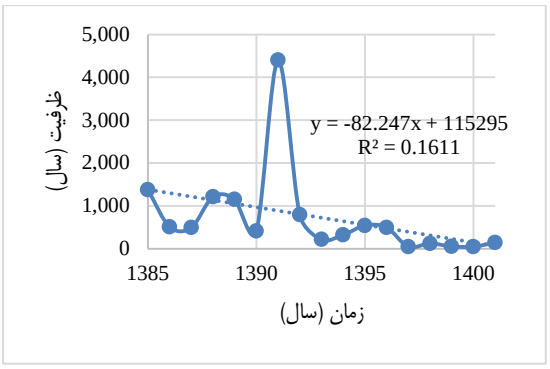


شکل ۱- نتایج سرشماری از واحدهای تولید الیاف پلی‌استر ایران از سال ۱۳۹۷-۱۴۰۱



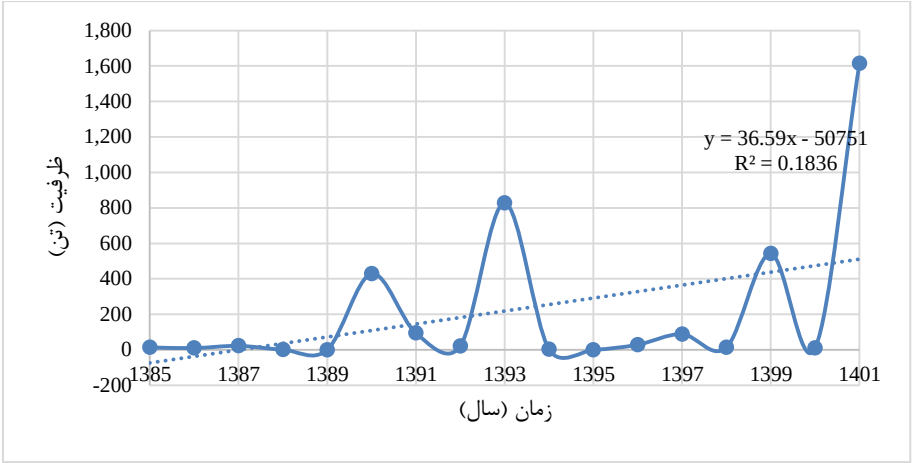
شکل ۲. پیش‌بینی عرضه داخلی طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۶

بررسی روند واردات الیاف پلی‌استر ایران طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۱ (شکل ۳) نشان می‌دهد که واردات این محصول با نوسانات قابل توجهی همراه بوده و پس از رسیدن به اوج در سال ۱۳۹۱، روندی نزولی و پایدار را طی کرده است. تحلیل رگرسیونی، کاهش میانگین سالانه واردات را تأیید می‌کند و پیش‌بینی می‌شود که از سال ۱۴۰۲ به بعد واردات به صفر برسد.



شکل ۳- برازش خط رگرسیون بر حسب آمار واردات

شکل (۳) تغییرات ظرفیت صادرات (بر حسب تن) را در بازه زمانی مذکور نشان می‌دهد و با استفاده از خط روند (rend Line) و معادله رگرسیون خطی، سعی در تبیین جهت‌گیری و رفتار صادرات این محصول در بازارهای بین‌المللی دارد. بررسی شکل نشان می‌دهد که روند صادرات الیاف پلی‌استر ایران در این بازه زمانی، به‌رغم نوسانات شدید، به طور میانگین صعودی بوده است. شیب مثبت خط روند (۳۶،۵۹) نشان‌دهنده رشد سالانه صادرات است، هرچند این رشد به صورت یکنواخت نبوده و در برخی سال‌ها شاهد جهش یا افت قابل توجه هستیم. بر اساس پیش‌بینی مدل رگرسیون (جدول ۵)، صادرات الیاف پلی‌استر ایران در سال‌های آینده روندی نسبتاً صعودی و باثبات خواهد داشت. مقدار صادرات از ۵۴۸ تن در سال ۱۴۰۲ به ۶۹۴ تن در سال ۱۴۰۶ افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده رشد سالانه متوسط حدود ۳۶ تا ۳۷ تن است. این رشد منطبق با شیب مثبت معادله خط روند (۳۶،۵۹) است که از داده‌های تاریخی استخراج شده است.

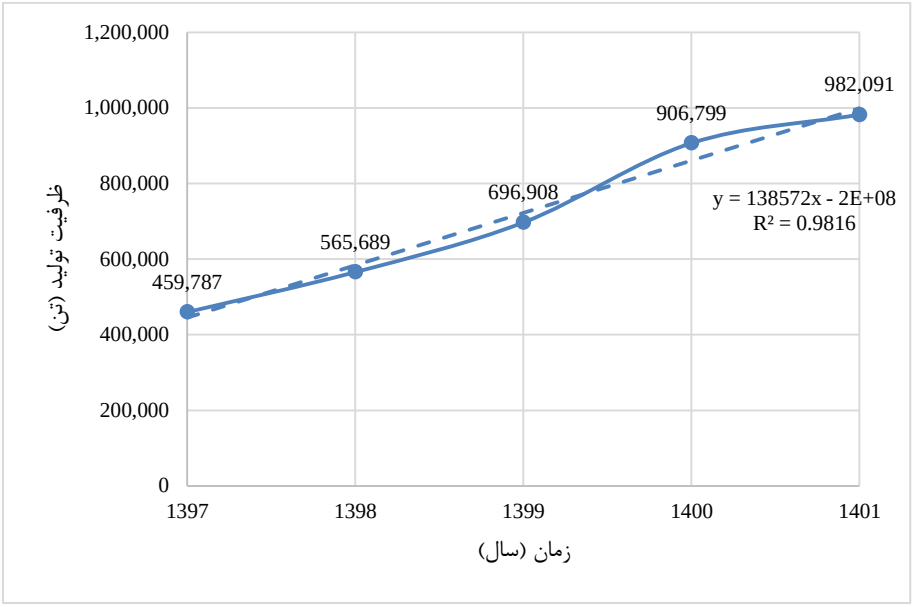


شکل ۴- برازش خط رگرسیون بر حسب آمار صادرات

جدول ۵- پیش‌بینی صادرات

سال	ظرفیت (تن)
۱۴۰۲	۵۴۸
۱۴۰۳	۵۸۵
۱۴۰۴	۶۲۱
۱۴۰۵	۶۵۸
۱۴۰۶	۶۹۴

بر اساس داده‌های آماری و موازنه عرضه و تقاضای کل (شکل ۵)، روند تقاضای داخلی الیاف پلی‌استر ایران طی سال‌های ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۶ با استفاده از روش رگرسیون خطی پیش‌بینی شد (جدول ۶). مطابق با شکل ۵، تقاضای داخلی از ۴۵۹،۷۸۷ تن در سال ۱۴۰۲ به ۹۸۲،۰۹۱ تن در سال ۱۴۰۶ افزایش می‌یابد.

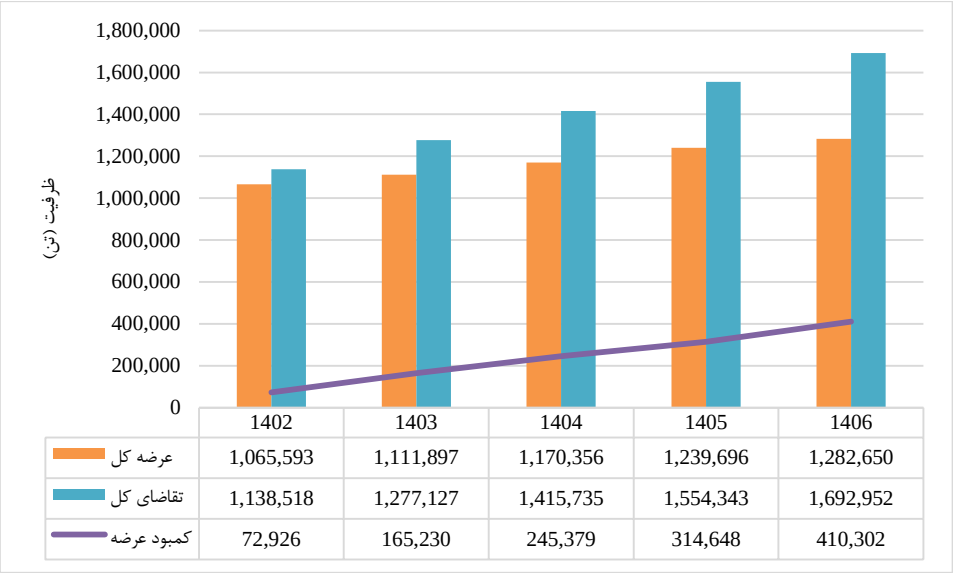


شکل ۵- برازش خط رگرسیون بر حسب میزان تقاضای داخلی محصول در سال‌های گذشته

جدول ۶- پیش‌بینی تقاضای داخلی

سال	ظرفیت (تن)
۱۴۰۲	۱,۱۳۷,۹۷۰
۱۴۰۳	۱,۲۷۶,۵۴۲
۱۴۰۴	۱,۴۱۵,۱۱۴
۱۴۰۵	۱,۵۵۳,۶۸۶
۱۴۰۶	۱,۶۹۲,۲۵۷

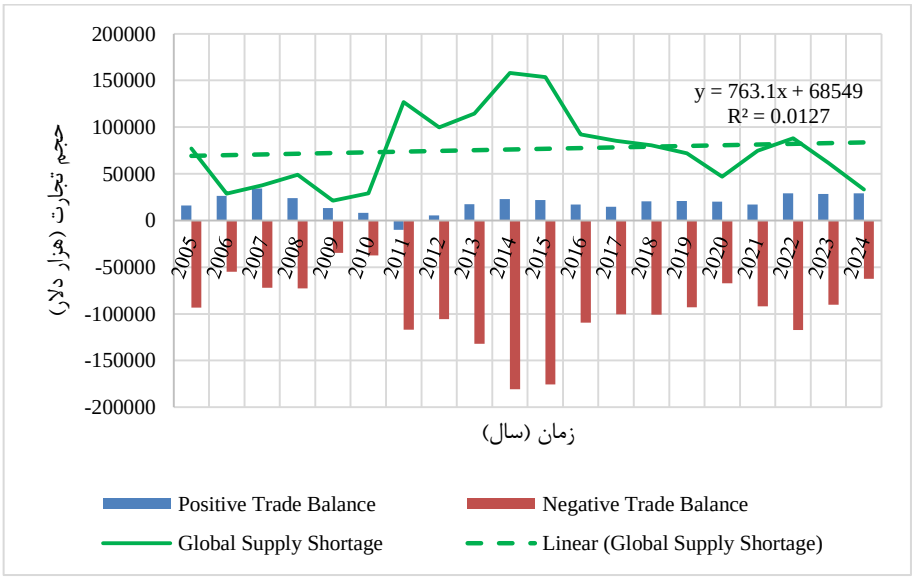
بر اساس پیش‌بینی موازنه عرضه و تقاضای الیاف پلی‌استر در ایران طی سال‌های ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۶ (شکل ۶)، مشاهده می‌شود که تقاضای کل در تمامی سال‌ها از عرضه کل پیشی گرفته و شکاف عرضه (کمبود عرضه) به طور پیوسته افزایش می‌یابد. به‌طوری‌که کمبود عرضه از ۷۲،۹۲۶ تن در سال ۱۴۰۲ به بیش از ۴۱۰،۳۰۲ تن در سال ۱۴۰۶ خواهد رسید.



	1402	1403	1404	1405	1406
عرضه کل	1,065,593	1,111,897	1,170,356	1,239,696	1,282,650
تقاضای کل	1,138,518	1,277,127	1,415,735	1,554,343	1,692,952
کمبود عرضه	72,926	165,230	245,379	314,648	410,302

شکل ۶- پیش‌بینی موازنه عرضه و تقاضای الیاف پلی‌استر در ایران (سال ۱۴۰۲-۱۴۰۶)

تحلیل داده‌های تجارت جهانی الیاف پلی‌استر طی دوره ۲۰۰۵-۲۰۲۴ نشان می‌دهد که کمبود عرضه جهانی این محصول دارای روند صعودی معناداری است. بر اساس معادله رگرسیون خطی، کمبود عرضه سالانه به میزان ۷۶۳/۱ هزار دلار افزایش می‌یابد. نتایج حاکی از غلبه تراز تجاری منفی بر مثبت در اکثر سال‌های مورد بررسی است. پیش‌بینی‌های محاسبه شده برای دوره ۲۰۲۵-۲۰۲۹ نشان می‌دهد که کمبود عرضه از ۸۴،۵۷۴ هزار دلار در سال ۲۰۲۵ به ۸۷،۶۲۶ هزار دلار در سال ۲۰۲۹ خواهد رسید.



شکل ۷- روند کمبود عرضه جهانی پلی‌استر (سال‌های ۲۰۰۵ الی ۲۰۲۴)

جدول ۷- پیش‌بینی کمبود عرضه جهانی

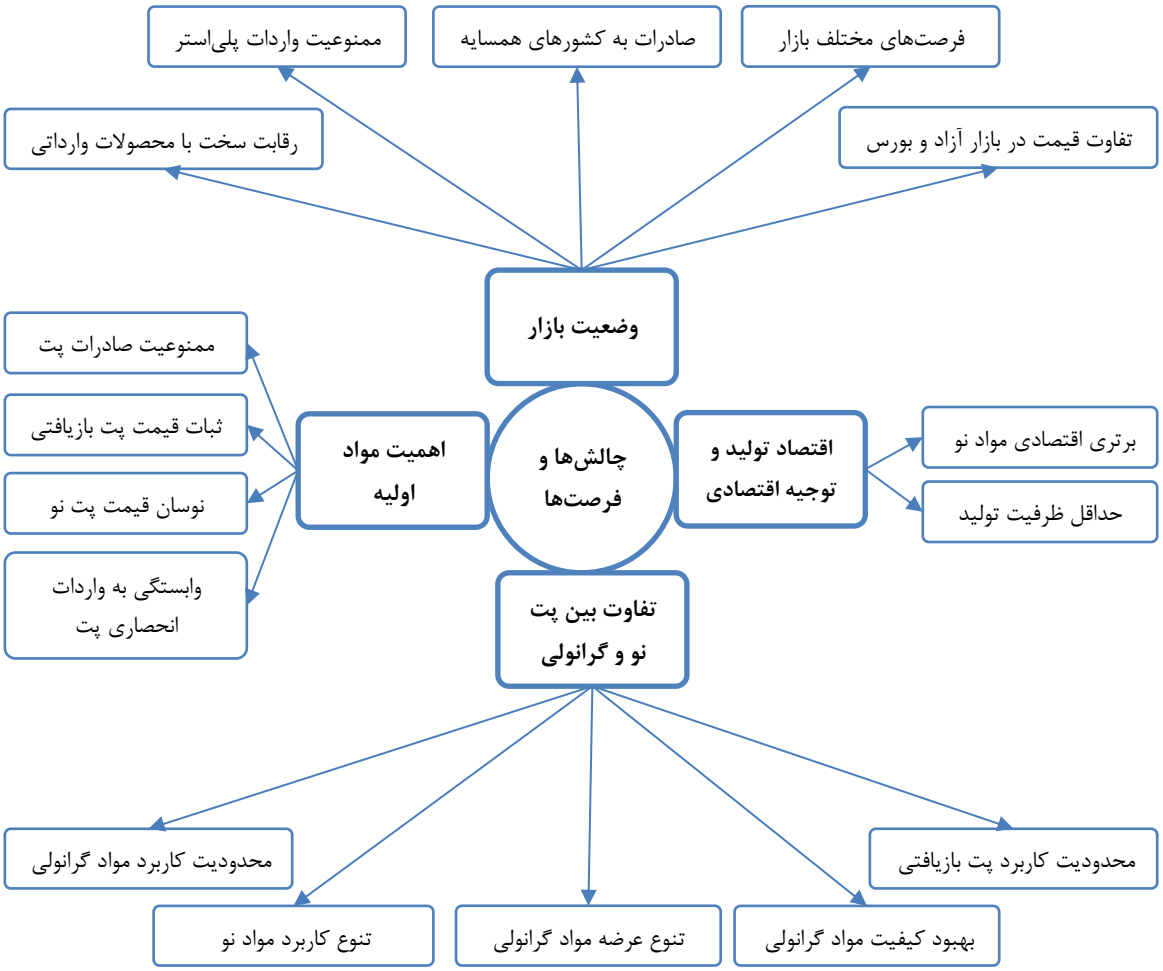
سال	میزان تجارت (هزار دلار)
۲۰۲۵	۸۴،۵۷۴
۲۰۲۶	۸۵،۳۳۷
۲۰۲۷	۸۶،۱۰۰
۲۰۲۸	۸۶،۸۶۳
۲۰۲۹	۸۷،۶۲۶

۴-۲- تحلیل مضمون

مصاحبه‌های صورت گرفته با خبرگان، داده‌های با ارزشی را در اختیار تیم تحقیق قرار داد. پرسش‌های اصلی و فرعی در اختیار پاسخ‌دهندگان قرار گرفت و هیچ‌گونه جهت‌یابی توسط پرسشگر انجام نشد و پاسخگو در ارائه پاسخ آزاد بود. جهت تحلیل مصاحبه‌ها کدگذاری صورت گرفت و عبارات معنایی، مضامین فرعی و اصلی استخراج شد (جدول ۸).

جدول ۸- کدگذاری و مضمون‌های بدست آمده از مصاحبه‌ها

کد اولیه (مفهوم)	عبارت معنایی	مضامین فرعی	مضامین اصلی
عرضه مواد گرانولی	مواد گرانولی به دو صورت عرضه می‌شود؛ یکی بصورت رشته‌های کوچک و دیگری عدسی.	تنوع عرضه مواد گرانولی	تفاوت‌های کلیدی بین پت نو و پت گرانولی
کاربرد مواد نو	مواد اولیه نو را می‌توان در تمامی صنایع مرتبط استفاده نمود.	تنوع کاربرد مواد نو	
کاربرد مواد گرانولی	مواد اولیه گرانولی را نمی‌توان در صنایع غذایی و بهداشتی استفاده نمود.	محدودیت کاربرد مواد گرانولی	
کیفیت مواد گرانولی	مواد گرانولی به دلیل اینکه بار دوم حرارت می‌بینند، از کیفیت پایین‌تری برخوردارند ولی با افزودن مواد افزودنی کیفیت‌شان بیشتر می‌شود.	بهبود کیفیت مواد گرانولی	
کاربرد پت بازیافتی	در تولید الیاف رنگی نمی‌توان از پت بازیافتی استفاده نمود.	محدودیت کاربرد پت بازیافتی	
اهمیت پت	پت، یک کالای استراتژیک در ایران است و به خارج از کشور صادر نمی‌شود.	ممنوعیت صادرات پت	اهمیت مواد اولیه
بهای پت بازیافتی	بهای پت بازیافتی با نوسانات دلار تغییر نمی‌کند.	ثبات قیمت پت بازیافتی	
بهای پت نو	بهای مواد اولیه تولید شده توسط شرکت‌های پتروشیمی با نوسان دلار، دچار نوسان می‌شود.	نوسان قیمت پت نو	
موانع تأمین مواد اولیه	تأمین مواد اولیه (پت، مستربچ و مواد روغنی) وارداتی بوده و به صورت انحصاری تأمین می‌گردد.	وابستگی به واردات و انحصار در تأمین مواد اولیه	
مقایسه مواد نو و گرانولی	در حال حاضر خرید مواد نو نسبت به خرید مواد گرانولی، در بعضی از مواقع به صرفه‌تر است.	برتری اقتصادی خرید مواد نو نسبت به مواد گرانولی	اقتصاد تولید و توجیه اقتصادی
توجیه اقتصادی کارخانه	تأسیس کارخانه تولید نخ پلی‌استر با خط تولید کوچک (ظرفیت کم) توجیه اقتصادی ندارد و حداقل ظرفیت خط تولید باید ۲۰۰ الی ۳۰۰ تن باشد.	حداقل ظرفیت تولید	
رقابت با محصولات خارجی	محصولات (الیاف پلی‌استر) کشورهای چین و هند بسیار ارزان بوده و بهای تمام شده محصولات داخلی از قیمت محصولات آن‌ها بالاتر است.	قیمت پایین محصولات خارجی	وضعیت بازار و قیمت‌ها
ارزش محصول در بازار	ارزش هر تن نخ پلی‌استر در بازار آزاد، ۴۷۰ الی ۴۸۰ میلیون ریال است؛ درحالی که ارزش هر تن نخ پلی‌استر در بازار بورس، نزدیک به ۶۱۰ میلیون ریال است.	تفاوت بهای نخ پلی‌استر در بازار آزاد و بورس	
بازار الیاف پلی‌استر	الیاف پلی‌استر در صنایعی از جمله پوشاک، نساجی، فرش ورود پیدا کرده و بازار جذابی دارد.	فرصت‌های مختلف بازار الیاف پلی‌استر	
بازارهای بین‌المللی	صادرات این محصول به کشور ترکیه و عراق انجام می‌شود.	صادرات به کشورهای همسایه	
واردات پلی‌استر	در حال حاضر واردات الیاف پلی‌استر به کشور ممنوع می‌باشد.	ممنوعیت واردات پلی‌استر	
چالش‌های بازار آزاد	در صورت آزاد شدن واردات، رقابت با محصولات خارجی دشوار خواهد بود.	رقابت سخت با محصولات وارداتی	



شکل ۸- ارتباط بین مضامین اصلی و فرعی

۴-۳- مطالعات فنی

زمین[۱] مورد نیاز واقع در شهرک صنعتی ویان[۲]، به مساحت ۶،۰۰۰ متر مربع، به ارزش ۳۹،۰۰۰ میلیون ریال (بهای هر متر ۶/۵ میلیون ریال) مدنظر واقع شده است. محوطه‌سازی[۳] مورد نیاز شامل تسطیح، خاک‌برداری و خاک‌ریزی (۶،۰۰۰ متر مکعب)، دیوارکشی به ارتفاع ۳ متر (۷۷۵ متر مربع)، خیابان‌کشی (۲،۳۶۰ متر مربع)، جدول‌بندی (۵۹۸ متر)، فضای سبز (۱،۲۰۰ متر مربع)، چراغ روشنایی محوطه (۴۳ عدد) و درب ورودی جمعاً به ارزش ۳۰،۴۷۸ میلیون ریال برآورد می‌شود. ساختمان‌های مورد نیاز شامل ساختمان اداری (۳۰۰ متر مربع)، سوله (۲،۱۰۰ متر مربع) و نگهبانی (۴۰ متر مربع) شده و بهای کل مورد نیاز جهت اجرایی نمودن آن، ۳۵۹،۲۰۰ میلیون ریال برآورد می‌گردد. تأسیسات مورد نیاز شامل تأسیسات برق، آب و انشعاب، گاز، گرمایش و سرمایش، ارتباطات و اطفاء حریق شده که جمعاً به ارزش ۷،۷۶۲/۲ میلیون ریال برآورد می‌گردد. ماشین‌آلات خط تولید و هزینه مرتبط با آن‌ها در جدول (۹) آورده شده

۱. ارزش‌گذاری زمین از کارشناس شرکت شهرک‌های صنعتی استان همدان استعلام گرفته شده است.
۲. واقع در استان همدان، شهرستان کبودرآهنگ
۳. بر اساس فهرست بهای سال ۱۴۰۲

است. ماشین‌آلات خط تولید با توجه به نظر کارشناسان و خبرگان این حوزه، طراحی شده است.

جدول ۹- ماشین‌آلات خط تولید

تجهیزات	شرح تجهیزات	مدل / مشخصات	بهای تجهیزات (م.ر)
خردکن	نوارنقاله، خرد کن، بارگیر اسکرو، مخزن شستشو، خشک کن سانریفیوژ، مخزن ذخیره، کابین الکتریکی	Brand Name: LIANSHUN	۷۶،۵۰۰
تزریق کننده خوراک	–	Brand Name: SEVENSTARS	۳۶،۰۰۰
نخ‌ریسی	خشک کن خلاء، هاپر، اکسترودر، فیلتر، سیستم چرخش و بافت، سیستم خنک کننده، غلتک، سیستم انتقال نخ	Brand Name: LIANSHUN	۳۱۵،۰۰۰
بخش پایانی (کشیدن نخ)	کریل، حمام، کولر، غلتک، گرمکن بخار،کرامپر، نوارنقاله، دستگاه اسپری، خشک کن، ردیاب گره، دستگاه کاتر، بسته بندی	Brand Name: LIANSHUN	۱۱۲،۵۰۰
هزینه حمل و نقل، نصب و راه‌اندازی			**۲۲۹،۲۳۰**

تجهیزات کارگاهی مورد نیاز شامل دستگاه اینورتر جوشکاری ۲۵۰ آمپر، دریل برقی، مینی فرز، سنگ فرز بزرگ، جعبه ابزار کامل تعمیراتی ۱۸۰ پارچه و جعبه ابزار کامل تعمیراتی ۱۸۰پارچه، جمعاً به ارزش ۳۵۲ میلیون ریال برآورده شده است. تجهیزات آزمایشگاه مورد نیاز شامل میکروسکوپ، ماشین‌های آزمون کششی، حرارت‌سنج‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری رنگ، دستگاه DSC[1]، ابزارهای طیف‌سنجی، دستگاه اندازه‌گیری خواص الیاف، دستگاه آزمون Denier، آنالیزور مرطوبت، دستگاه‌های اسپینینگ و اکسترودر، دستگاه‌های آزمون کیفیت، ماشین‌های پردازش طول و تنظیم حرارتی، سیستم‌های کنترل محیطی، دستگاه‌های آزمون فرسایش و سایش، میزها و تجهیزات آزمایشی، نرم‌افزارهای تجزیه و تحلیل داده، تجهیزات ایمنی، تجهیزات تعمیر و نگهداری و تجهیزات مدیریت زباله، جمعاً به ارزش ۵۸،۵۰۰ میلیون ریال برآورده شده است. اثاثیه اداری مورد نیاز شامل تجهیزات سالن غذاخوری، تجهیزات شبکه کامپیوتر، میز، کمد، مبل و صندلی چرخدار، نرم‌افزارهای اداری و حسابداری، گاوصندوق، سیستم دوربین مداربسته و کنترل تردد، تجهیزات رختکن، ضدعفونی و تجهیزات اتاق نگهبانی جمعاً به ارزش ۷،۰۶۸ میلیون ریال برآورد شده است. هزینه‌های قبل از بهره‌برداری (شامل: مشاوره امکان‌سنجی و اخذ مجوز، آموزش پرسنل و راه‌اندازی و تولید آزمایشی)، ۱،۴۰۰ میلیون ریال برآورد شده است. ۵ درصد هزینه‌های کل نیز به عنوان هزینه‌های پیش‌بینی نشده احتساب شده است. در نهایت جمع هزینه‌های ثابت کل احداث واحد تولید الیاف پلی‌استر از چیپس پت، ۱،۲۶۴،۵۷۸/۲ میلیون ریال برآورد می‌گردد.

پس از مصاحبه با افزاد متخصص مواد اولیه مورد نیاز، ۳،۰۰۰ تن چیپس پت[2] در نظر گرفته شده است. برای اجرایی نمودن تولید الیاف پلی‌استر نیاز به ۹ نفر در بخش اداری- خدماتی و ۳۱ نفر در بخش تولید محصول است. برآورد هزینه‌های جاری در جدول ۱۰ آورده شده است. هزینه‌های تولید به تفکیک هزینه‌های ثابت و متغیر در

1. Differential Scanning Calorimeter

2. PET Chips

جدول ۱۱ آورده شده است.

جدول ۱۰- هزینه‌های جاری تولید الیاف پلی‌استر

مواد اولیه				
مواد اولیه مورد نیاز	واحد	مقدار مصرف در سال	بهای هر واحد (ریال)	هزینه سالیانه (م.ر)
چیپس PET	تن	۳,۰۰۰	۲۹۰,۰۰۰,۰۰۰	۸۷۰,۰۰۰

سوخت و انرژی					
ردیف	شرح واحد	واحد	میزان مصرف روزانه	هزینه هر واحد (ریال)	هزینه مصرف سالانه[1] (م.ر)
۱	برق	کیلووات ساعت	۲۰،۳۳۲/۸	۴,۰۰۰	۲۴،۳۹۹/۴
۲	آب	متر مکعب	۸۸	۵,۰۰۰	۱۳۲
۳	گاز	متر مکعب	۵۵۰	۳,۰۰۰	۱,۴۸۵
۴	ارتباطات	دقیقه	۲,۰۰۰	۶۰۰	۳۶۰
۵	اینترنت	گیگابایت	۱/۲۲	۶,۲۵۰	۲.۳
۶	بنزین	لیتر	۵۰	۳۰,۰۰۰	۴۵۰

حقوق و دستمزد[2]				
ردیف	بخش	مورد نیاز (نفر)	جمع حقوق ماهیانه (م.ر)	حقوق سالیانه (م.ر)
۱	حقوق و دستمزد اداری	۹	۹۳۸	۱۵،۳۸۳/۲
۲	حقوق و دستمزد تولیدی	۳۱	۲,۸۳۰	۴۶,۴۱۲

جدول ۱۱- هزینه‌های ثابت و متغیر تولید الیاف پلی‌استر (یافته‌های پژوهش)

شرح هزینه‌ها	هزینه ثابت		هزینه متغیر		مبلغ کل
	مقدار	درصد	مقدار	درصد	
مواد اولیه	۰	۰	۸۷۰,۰۰۰	۱۰۰	۸۷۰،۰۰۰
سوخت و انرژی	۱۸،۷۸۰/۱	۷۰	۸،۰۴۸/۶	۳۰	۲۶،۸۲۸/۷
حقوق و دستمزد	۱۲,۳۵۹	۲۰	۴۹،۴۳۶/۲	۸۰	۶۱،۷۹۵/۲
تعمیرات و نگهداری	۸،۶۴۸/۴	۲۰	۳۴،۵۹۳/۴	۸۰	۴۳،۲۴۱/۸
اداری	۶۳۹/۵	۹۰	۷۱	۱۰	۷۱۰/۵
بازاریابی و فروش	۲۵,۲۰۰	۲۰	۱۰۰,۸۰۰	۸۰	۱۲۶,۰۰۰
استهلاک	۱۳۲،۵۵۱/۱	۱۰۰	۰	۰	۱۳۲،۵۵۱/۱
متفرقه و پیش بینی نشده (۵ درصد)	۱۱،۲۸۵/۸	۲۰	۴۵،۱۴۳	۸۰	۵۶،۴۲۸/۸
جمع هزینه‌های تولید	**۲۰۹،۴۶۳/۹**		**۱،۱۰۸،۰۹۲/۲**		**۱،۳۱۷،۵۵۶/۱**

۱. یکسال ۳۰۰ روز کاری در نظر گرفته شده است.

۲. حقوق سالانه ۱۶,۴ حقوق ماهانه محاسبه می‌گردد (۱۲ ماه حقوق، یک ماه مرخصی، دو ماه عیدی، یک ماه سنوات، ۲۰ درصد حق بیمه سهم کارفرما و ۳ درصد بیمه بیکاری)

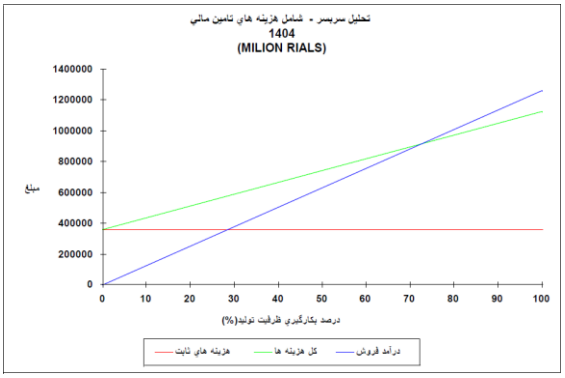
۴-۴- مطالعات مالی

در ادامه کل سرمایه‌گذاری مورد نیاز پروژه به تفکیک آورده شده است (جدول ۱۲).

جدول ۱۲- کل سرمایه‌گذاری پروژه

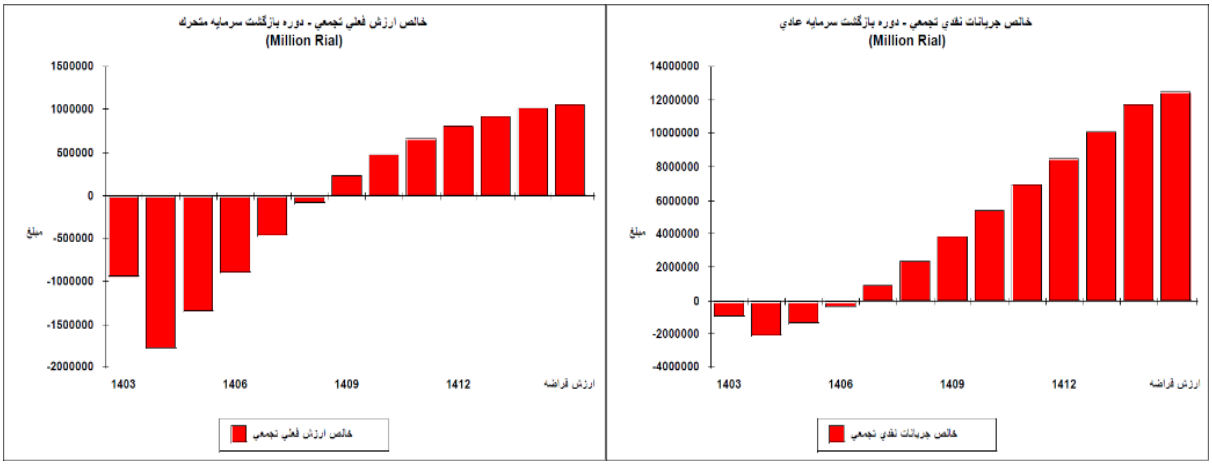
اقلام سرمایه‌گذاری	ارزش (میلیون ریال)
سرمایه ثابت مورد نیاز	۱،۲۶۴،۵۷۸/۲
مخارج پیش از تولید	۱،۴۰۰
سرمایه در گردش	۵۵،۴۲۰/۷
کل سرمایه‌گذاری	**۱،۳۲۱،۳۹۸/۹**

بر اساس محاسبات نرم‌افزار کامفار، با ارائه ۷۲/۵۲ درصد از ظرفیت تولید در سال اول بهره‌برداری (۱۴۰۵)، طرح به نقطه سربه‌سری می‌رسد؛ لذا تا زمانی که تولید از این نقطه عبور نکند، تولید در وضعیت ضرر قرار دارد. در این نقطه ارزش فروش محصول ۹۱۳،۷۷۷/۱۵ میلیون ریال می‌باشد (شکل ۹).



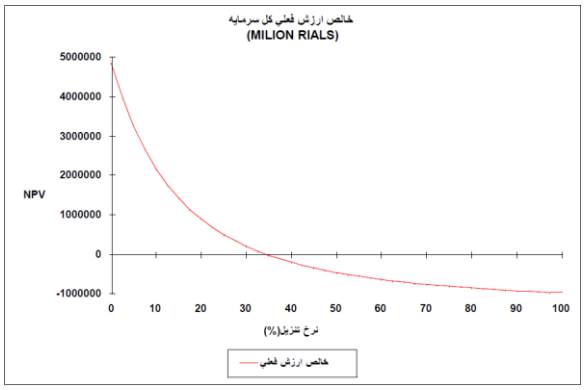
شکل ۹- تحلیل سربه‌سر

دوره بازگشت سرمایه عادی، ۴/۰۸ سال بدست آمده است که به سال ۱۴۰۷ منتهی می‌شود. دوره بازگشت سرمایه متحرک با نرخ تنزیل ۳۰ درصد، ۸/۱۲ سال بدست آمده است که به سال ۱۴۱۱ منتهی می‌شود (شکل ۱۰).



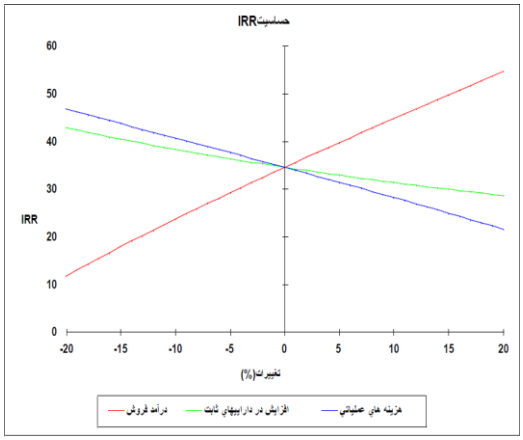
شکل ۱۰- دوره بازگشت سرمایه عادی و متحرک

ارزش خالص فعلی کل سرمایه با نرخ تنزیل ۳۰ درصد، ۲۱۱،۵۱۷/۰۵ میلیون ریال بدست آمد. خالص ارزش فعلی کل حقوق صاحبان سهام با نرخ تنزیل ۳۵ درصد، ۱۲۶،۶۹۲/۸۶ میلیون ریال بدست آمد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- خالص ارزش فعلی کل سرمایه

نرخ بازده داخلی سرمایه‌گذاری (IRR) این پروژه برابر ۳۴/۶۳ درصد بدست آمده است و با توجه به حداقل نرخ بهره بانکی (۲۳ درصد)، می‌توان نتیجه گرفت که تولید محصول در شرایط بررسی شده از نظر اقتصادی توجیه پذیر است. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت پارامترهای اقتصادی تولید محصول نسبت به تغییرات برخی از اقلام اساسی حاکی از آن است که در صورت نوسان درآمد حاصل از فروش الیاف پلی‌استر به میزان ۲۰ درصد (کاهش و افزایش)، نرخ بازده داخلی سرمایه‌گذاری، به ترتیب در دامنه ۱۱/۸۶ الی ۵۴/۷۱ درصد تغییر خواهد کرد که حد پایین آن با توجه به حداقل نرخ بهره بانکی (۲۳ درصد)، توجیه اقتصادی ندارد. در مورد تغییرات مربوط به افزایش دارایی‌های ثابت به میزان ۲۰ درصد (کاهش و افزایش)، مشاهده می‌شود که نرخ بازده داخلی به ترتیب از ۲۸/۷۲ تا ۴۲/۹۳ درصد در نوسان خواهد بود. در مورد تغییرات مربوط به هزینه‌های عملیاتی به میزان ۲۰ درصد (کاهش و افزایش)، مشاهده می‌شود که نرخ بازده داخلی به ترتیب از ۲۱/۶۷ تا ۴۶/۷۶ درصد در نوسان خواهد بود؛ بنابراین بیشترین حساسیت نرخ بازده داخلی طرح، در خصوص تغییرات درآمد حاصل از فروش می‌باشد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲. تحلیل حساسیت نرخ بازده داخلی

۵- بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- بحث

در این مطالعه، ارزیابی جامعی از جنبه‌های بازاریابی داخلی و بین‌المللی، هزینه‌های تولید و تحلیل مالی-اقتصادی تکمیل زنجیره ارزش پت با تولید الیاف پلی‌استر انجام شد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که وضعیت عرضه در سال‌های اخیر، سالانه به طور میانگین ۲۸,۴۷ درصد بوده و رشد آن در سال‌های آتی کاهش یافته به طور میانگین سالانه ۵,۰۶ درصد خواهد بود و از مقدار ۱،۰۱۳،۱۹۲ تن (۱۴۰۲) به مقدار ۱،۲۳۲،۲۱۲ تن (۱۴۰۶) خواهد رسید.

بررسی روند صادرات الیاف پلی‌استر ایران در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۱، همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، حاکی از وجود نوسانات شدید در مقادیر صادرات سالانه است. اگرچه میزان صادرات در برخی سال‌ها با افت یا جهش قابل توجهی همراه بوده، اما خط روند ترسیم‌شده و معادله رگرسیون خطی ($y = 36.59x - 50751$) نشان می‌دهد که به طور میانگین، صادرات این محصول طی سال‌های اخیر روندی صعودی داشته است. شیب مثبت خط روند (۳۶,۵۹) بیانگر رشد سالانه صادرات است و این موضوع نشان می‌دهد که علی‌رغم بی‌ثباتی‌های مقطعی، بازار صادرات الیاف پلی‌استر ایران در مجموع در حال توسعه بوده است. وجود پیک‌های صادراتی در برخی سال‌ها می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی نظیر تغییرات سیاست‌های تجاری، نوسانات نرخ ارز، تحولات بازارهای هدف و یا تغییرات ظرفیت تولید داخلی باشد. همچنین، افت‌های ناگهانی در برخی سال‌ها ممکن است به دلیل محدودیت‌های صادراتی، مشکلات لجستیکی، یا کاهش تقاضا در بازارهای جهانی رخ داده باشد. این نوسانات قابل توجه، ضریب تعیین پایین مدل رگرسیون ($R^2 = 0.1836$) را توجیه می‌کند که نشان می‌دهد تنها بخشی از تغییرات صادرات توسط مدل خطی توضیح داده می‌شود و سایر عوامل بیرونی نیز نقش مهمی در این روند ایفا می‌کنند. با این حال، پیش‌بینی‌های مبتنی بر مدل رگرسیون نشان می‌دهد که در صورت ثبات نسبی شرایط اقتصادی و سیاسی، انتظار می‌رود صادرات الیاف پلی‌استر ایران طی سال‌های آینده با نرخ رشد متوسط سالانه حدود ۳۶ تا ۳۷ تن افزایش یابد. این پیش‌بینی با شیب مثبت معادله خط روند مطابقت دارد و بیانگر پتانسیل رشد صادراتی این صنعت است.

تحلیل روند واردات الیاف پلی‌استر ایران طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۱ نشان می‌دهد که این بازار با تغییرات چشمگیری مواجه بوده است. واردات در سال‌های اولیه این بازه زمانی در سطح نسبتاً بالایی قرار داشت و در سال ۱۳۹۱ به اوج خود، نزدیک به ۴۵۰۰ تن، رسید. پس از آن، روند واردات به طور قابل توجهی نزولی شد و در سال‌های پایانی به مقادیر بسیار پایین و نزدیک به صفر کاهش یافت. معادله رگرسیون خطی که بر داده‌ها برازش شده، کاهش میانگین سالانه واردات را به وضوح نشان می‌دهد و پیش‌بینی می‌کند که واردات از سال ۱۴۰۲ به بعد به صفر خواهد رسید. این روند بیانگر افزایش ظرفیت تولید داخلی و سیاست‌های محدودکننده واردات است که

نقش مهمی در کاهش وابستگی به بازارهای خارجی ایفا کرده است.

تقاضای داخلی الیاف پلی‌استر طی سال‌های اخیر روندی صعودی و نسبتاً پرشتاب داشته است. نقطه شروع این روند در سال ۱۴۰۲ با مقدار ۴۵۹،۷۸۷ تن بوده و تا سال ۱۴۰۶ به ۹۸۲،۰۹۱ تن رسیده است. این افزایش قابل توجه، بیانگر رشد مستمر مصرف داخلی این محصول است که می‌تواند ناشی از عوامل متعددی نظیر افزایش جمعیت، رشد صنایع پایین‌دستی (مانند نساجی و پوشاک)، توسعه زیرساخت‌های صنعتی، و جایگزینی محصولات داخلی به جای واردات باشد.

بررسی روند عرضه و تقاضای الیاف پلی‌استر در ایران طی سال‌های ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۶، نشان‌دهنده یک شکاف رو به رشد میان عرضه کل و تقاضای کل این محصول است و تقاضا برای الیاف پلی‌استر همواره از عرضه آن پیشی گرفته و این فاصله در طول دوره مورد بررسی به طور معناداری افزایش یافته است. در سال ۱۴۰۲، عرضه کل الیاف پلی‌استر معادل ۱،۰۶۵،۵۹۳ تن بوده، در حالی که تقاضای کل به ۱،۱۳۸،۵۱۸ تن رسیده است. این اختلاف ۷۲،۹۲۶ تنی، نشان‌دهنده نخستین نشانه‌های کمبود عرضه در بازار داخلی است. با گذر زمان، نه تنها تقاضا رشد قابل توجهی را تجربه می‌کند، بلکه شکاف میان عرضه و تقاضا نیز به طور تصاعدی افزایش می‌یابد؛ به طوری که در سال ۱۴۰۶، میزان عرضه به ۱،۲۸۲،۶۵۰ تن رسیده اما تقاضا با جهشی چشمگیر به ۱،۶۹۲،۹۵۲ تن می‌رسد و کمبود عرضه به ۴۱۰،۳۰۲ تن افزایش می‌یابد. پیامدهای این شکاف عرضه و تقاضا چندوجهی است. نخست، افزایش وابستگی به واردات الیاف پلی‌استر و در نتیجه خروج ارز از کشور، به ویژه در شرایط نوسانات نرخ ارز و محدودیت‌های تجاری، می‌تواند امنیت تأمین مواد اولیه‌ی صنایع داخلی را تهدید کند. دوم، کمبود عرضه ممکن است منجر به افزایش قیمت تمام‌شده محصولات نهایی و کاهش رقابت‌پذیری صنایع نساجی و پوشاک ایران در بازارهای داخلی و خارجی شود. همچنین، این وضعیت می‌تواند زمینه‌ساز ایجاد بازارهای غیررسمی و افزایش قاچاق مواد اولیه گردد.

بررسی روند تجارت جهانی الیاف پلی‌استر طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۴ نشان می‌دهد که این بازار با چالش‌های ساختاری و پویایی قابل توجهی مواجه بوده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، کمبود عرضه جهانی الیاف پلی‌استر به طور مستمر و با شیب ملایم اما معناداری افزایش یافته است. معادله رگرسیون خطی ارائه‌شده در شکل ($y = 763.1x + 68549$) حاکی از آن است که به طور متوسط هر سال حدود ۷۶۳ هزار دلار به کمبود عرضه افزوده می‌شود، که این روند با ضریب تعیین نسبتاً پایین ($R^2 = 0.0127$) نشان‌دهنده وجود عوامل متعدد و پیچیده مؤثر بر بازار است که صرفاً با یک مدل خطی قابل تبیین نیست. در طول این دوره، تراز تجاری منفی تقریباً در تمامی سال‌ها بر تراز مثبت غلبه داشته است. این موضوع بیانگر آن است که واردات الیاف پلی‌استر در سطح جهانی نسبت به صادرات آن بیشتر بوده و بسیاری از کشورها در تأمین نیاز داخلی خود به واردات

وابسته هستند. این وابستگی می‌تواند ناشی از عوامل متعددی از جمله رشد تقاضا در صنایع پایین‌دستی مانند نساجی و پوشاک، محدودیت‌های ظرفیت تولید داخلی در برخی کشورها، و همچنین نوسانات قیمت مواد اولیه باشد. از سوی دیگر، روند کمبود عرضه جهانی، نشان‌دهنده افزایش فاصله میان عرضه و تقاضا در بازار جهانی است. اوج کمبود عرضه در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ مشاهده می‌شود که پس از آن نوساناتی در این شاخص دیده می‌شود، اما روند کلی همچنان صعودی باقی مانده است. پیش‌بینی‌های ارائه‌شده برای سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۲۹ نیز نشان می‌دهد که این روند افزایشی ادامه خواهد یافت و کمبود عرضه جهانی از ۸۴،۵۷۴ هزار دلار در سال ۲۰۲۵ به ۸۷،۶۲۶ هزار دلار در سال ۲۰۲۹ خواهد رسید.

مطابق با تحلیل مضمون انجام‌شده، چهار مؤلفه اصلی در ارتباط با فرصت‌ها و چالش‌های صنعت پلی‌استر شناسایی شده است. در ادامه، هر یک از این مؤلفه‌ها به تفصیل بررسی شده‌اند.

مولفه وضعیت بازار و قیمت‌ها، نشان‌دهنده نوسانات قابل توجه قیمت محصولات پلی‌استر در بازارهای مختلف داخلی و خارجی است. به‌طور خاص، قیمت محصولات خارجی مانند الیاف پلی‌استر تولید شده در چین و هند بسیار پایین‌تر از محصولات داخلی است که این امر رقابت‌پذیری تولیدکنندگان داخلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین، تفاوت قیمت نخ پلی‌استر در بازار آزاد (۴۷۰ الی ۴۸۰ میلیون ریال به ازای هر تن) و بورس (نزدیک به ۶۱۰ میلیون ریال) بیانگر عدم تعادل در عرضه و تقاضا و چالش‌های موجود در نظام قیمت‌گذاری است. از سوی دیگر، فرصت‌هایی برای صادرات به کشورهای همسایه نظیر ترکیه و عراق وجود دارد که می‌تواند زمینه‌ساز توسعه بازارهای بین‌المللی شود. با این حال، ممنوعیت واردات الیاف پلی‌استر به کشور ممکن است مانعی برای ایجاد رقابت سالم با محصولات خارجی باشد.

مؤلفه تفاوت‌های کلیدی بین پت نو و پت گرانولی، به تنوع عرضه و کاربردهای متفاوت پت نو و پت گرانولی اشاره دارد. مواد گرانولی به دو صورت رشته‌های کوچک و عدسی عرضه می‌شوند؛ اما محدودیت‌هایی در کاربرد آن‌ها وجود دارد، به‌ویژه در صنایع غذایی و بهداشتی که استفاده از مواد اولیه گرانولی امکان‌پذیر نیست. در مقابل، مواد اولیه‌ی نو دارای کاربرد گسترده‌ای در تمامی صنایع مرتبط هستند. علاوه بر این، کیفیت مواد گرانولی به دلیل حرارت دوباره‌ای که می‌بینند معمولاً پایین‌تر است؛ هرچند افزودن مواد افزودنی می‌تواند کیفیت آن‌ها را تا حدی افزایش دهد.

مولفه اهمیت مواد اولیه، بر چالش‌های تأمین مواد اولیه مورد نیاز صنعت پلی‌استر تمرکز دارد. وابستگی شدید به واردات مواد اولیه نظیر پت، مستربچ، و مواد روغنی که عمدتاً انحصاری تأمین می‌شوند، فشار زیادی بر تولیدکنندگان داخلی وارد کرده است. همچنین، ثبات قیمت پت بازیافتی در مقایسه با نوسانات شدید قیمت پت نو که تحت تأثیر نرخ ارز قرار دارد، نشان‌دهنده پیچیدگی‌های اقتصادی مرتبط با تأمین مواد اولیه است. علاوه بر این، ممنوعیت صادرات پت به خارج از کشور نیز

جایگاه این ماده را به عنوان یک کالای استراتژیک برجسته کرده است.

مؤلفه اقتصاد تولید و توجیه اقتصادی، نشان‌دهنده اهمیت انتخاب مواد اولیه مناسب و ظرفیت تولید کافی برای دستیابی به صرفه اقتصادی است. خرید مواد نو نسبت به مواد گرانولی در بسیاری از موارد مقرون‌به‌صرفه‌تر است؛ اما برای بهره‌وری اقتصادی مطلوب، حداقل ظرفیت خط تولید باید بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ تن باشد. تأسیس کارخانه تولید نخ پلی‌استر با ظرفیت کمتر از این مقدار فاقد توجیه اقتصادی بوده و ممکن است سرمایه‌گذاری در چنین پروژه‌هایی را با ریسک مواجه کند. این موضوع یکی از چالش‌های مهم پیش روی کارآفرینان فعال در صنعت پلی‌استر محسوب می‌شود.

در این بخش به تحلیل فنی تولید الیاف پلی‌استر با توجه به یافته‌های تحقیق پرداخته می‌شود. تولید الیاف پلی‌استر به عنوان یکی از مهم‌ترین رشته‌های صنعت نساجی، از نظر اقتصادی و فنی دارای اهمیت بالایی است. نتایج به دست آمده از مطالعات فنی نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری اولیه قابل توجهی برای احداث واحد تولیدی در شهرک صنعتی ویان با مساحت ۶،۰۰۰ متر مربع مورد نیاز است. این زمین با قیمت تقریبی ۳۹،۰۰۰ میلیون ریال و هزینه محوطه‌سازی بالغ بر ۳۰،۴۷۸ میلیون ریال، نشان‌دهنده اهمیت زیرساخت‌های فیزیکی در راه‌اندازی چنین واحدی است.

از سوی دیگر، ساختمان‌های اداری، سوله تولید و نگهبانی با هزینه‌ای بالغ بر ۳۵۹،۲۰۰ میلیون ریال، بخش عمده‌ای از سرمایه‌گذاری ثابت را تشکیل می‌دهند. این امر بیانگر نیاز به فضای مناسب و تجهیزاتی است که بتوانند فرآیند تولید را به صورت بهینه و استاندارد پشتیبانی کنند. همچنین تأسیسات برق، آب، گاز، گرمایش و سرمایش، ارتباطات و سیستم‌های اطفاء حریق به ارزش تقریبی ۷،۷۶۲ میلیون ریال، اهمیت فراهم کردن شرایط ایمن و پایدار برای تولید را نشان می‌دهد.

یکی از نقاط قوت این پروژه، انتخاب ماشین‌آلات خط تولید با برندهای معتبر و طراحی شده توسط خبرگان حوزه است که کیفیت و بهره‌وری تولید را تضمین می‌کند. ماشین‌آلات خردکن، تزریق کننده خوراک، نخ‌ریسی و بخش پایانی کشیدن نخ، با هزینه‌ای بالغ بر ۵۴۰،۰۰۰ میلیون ریال، نشان‌دهنده سرمایه‌گذاری عظیم در بخش تجهیزات فنی است. این ماشین‌آلات با قابلیت‌های پیشرفته و اتوماسیون مناسب، امکان تولید الیاف پلی‌استر با کیفیت بالا و ظرفیت مطلوب را فراهم می‌آورند.

تجهیزات کارگاهی و آزمایشگاهی نیز به عنوان بخش‌های مکمل در تضمین کیفیت محصول نهایی اهمیت دارند. تجهیزاتی مانند دستگاه‌های آزمون کششی، طیف‌سنجی، اندازه‌گیری خواص الیاف و کنترل محیطی، نقش کلیدی در کنترل کیفیت و بهبود فرآیند تولید ایفا می‌کنند. ارزش این تجهیزات بالغ بر ۵۸،۵۰۰ میلیون ریال است که نشان‌دهنده توجه ویژه به استانداردهای کنترل کیفیت و تحقیق و توسعه در این صنعت می‌باشد.

در بخش نیروی انسانی، نیاز به ۴۰ نفر پرسنل (۹ نفر در بخش اداری و خدماتی و ۳۱ نفر در بخش تولید) با حقوق

و دستمزد سالانه حدود ۶۱،۷۹۵ میلیون ریال، نشان‌دهنده اهمیت نیروی انسانی ماهر و کارآمد در فرآیند تولید است. این نیروی انسانی با تخصص‌های مختلف، از مرحله تامین مواد اولیه تا تولید و بسته‌بندی، نقش حیاتی در موفقیت پروژه دارد.

مواد اولیه اصلی، چیپس پت به میزان ۳،۰۰۰ تن در سال با هزینه ۸۷۰،۰۰۰ میلیون ریال، بخش عمده‌ای از هزینه‌های متغیر تولید را تشکیل می‌دهد. استعلام‌های دقیق از مراکز عمده فروشی و نرخ‌های بازار داخلی، امکان برنامه‌ریزی دقیق و بهینه‌سازی هزینه‌ها را فراهم می‌آورد. همچنین هزینه‌های سوخت و انرژی به میزان ۲۶،۸۲۸ میلیون ریال در سال، نشان‌دهنده وابستگی قابل توجه تولید به منابع انرژی است که باید با مدیریت بهینه مصرف انرژی، هزینه‌های عملیاتی کاهش یابد.

تحلیل هزینه‌های ثابت و متغیر نشان می‌دهد که بخش عمده هزینه‌ها مربوط به مواد اولیه، حقوق و دستمزد، تعمیرات و نگهداری و بازاریابی و فروش است. هزینه استهلاک ماشین‌آلات نیز به میزان ۱۳۲،۵۵۱ میلیون ریال، نشان‌دهنده اهمیت نگهداری و به‌روزرسانی تجهیزات برای حفظ بهره‌وری و کاهش خرابی‌ها است. همچنین پیش‌بینی ۵ درصد هزینه‌های پیش‌بینی نشده، نشان‌دهنده رویکرد واقع‌بینانه و مدیریت ریسک در این پروژه است.

از منظر فنی، انتخاب تجهیزات با فناوری روز و برنامه‌ریزی دقیق برای نصب و راه‌اندازی، به همراه آموزش پرسنل و تولید آزمایشی، تضمین‌کننده عملکرد مطلوب واحد تولیدی است. این اقدامات موجب کاهش خطاهای فنی و افزایش کیفیت محصول نهایی می‌شود. همچنین توجه به زیرساخت‌های آزمایشگاهی و کنترل کیفیت، امکان ارتقاء مستمر محصول و تطابق با استانداردهای بین‌المللی را فراهم می‌آورد.

در نهایت، تحلیل فنی این پروژه نشان می‌دهد که با وجود سرمایه‌گذاری اولیه قابل توجه، امکان تولید الیاف پلی‌استر با کیفیت بالا و ظرفیت مناسب وجود دارد. مدیریت بهینه منابع، بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته و نیروی انسانی متخصص، از عوامل کلیدی موفقیت این طرح است. همچنین توجه به مسائل زیست‌محیطی و استفاده از مواد اولیه بازیافتی چیپس پت می‌تواند به کاهش اثرات زیست‌محیطی و افزایش پایداری پروژه کمک کند.

تحلیل مالی-اقتصادی نشان‌دهنده توجیه‌پذیری اقتصادی این پروژه است. بر اساس داده‌های استخراج شده از نرم‌افزار کامفار، نقطه سر به سری تولید در حدود ۷۲،۵۲ درصد از ظرفیت اسمی تولید در سال اول بهره‌برداری (سال ۱۴۰۵) محقق می‌شود. این بدان معناست که تا زمانی که تولید کمتر از این مقدار باشد، پروژه در وضعیت زیان‌دهی قرار دارد، اما پس از عبور از این نقطه، تولید وارد فاز سودآوری می‌شود. دوره بازگشت سرمایه عادی پروژه حدود ۴،۰۸ سال برآورد شده که نشان‌دهنده بازگشت سریع سرمایه‌گذاری اولیه در مقایسه با دوره‌های معمول صنعتی است. همچنین، دوره بازگشت سرمایه متحرک با در نظر گرفتن نرخ تنزیل ۳۰ درصد، ۸،۱۲ سال محاسبه شده که این رقم با توجه به ریسک‌های مالی

موجود، بازه زمانی مناسبی برای سرمایه‌گذاران تلقی می‌شود. این دو شاخص کلیدی، جذابیت سرمایه‌گذاری در این حوزه را تأیید می‌کنند.

ارزش خالص فعلی (NPV) کل سرمایه‌گذاری با نرخ تنزیل ۳۰ درصد، بیش از ۲۱۱ میلیارد ریال و خالص ارزش فعلی حقوق صاحبان سهام با نرخ ۳۵ درصد، بیش از ۱۲۶ میلیارد ریال به دست آمده است. این ارقام مثبت نشان‌دهنده ایجاد ارزش افزوده اقتصادی برای سرمایه‌گذاران و سهامداران است و ریسک پروژه را کاهش می‌دهد. نرخ بازده داخلی سرمایه‌گذاری (IRR) نیز معادل ۳۴,۶۳ درصد است که به طور قابل توجهی بالاتر از حداقل نرخ بهره بانکی (۲۳ درصد) قرار دارد. این موضوع نشان می‌دهد که پروژه از نظر اقتصادی کاملاً توجیه‌پذیر بوده و قابلیت جذب سرمایه را دارد.

تحلیل حساسیت پارامترهای کلیدی اقتصادی، اهمیت مدیریت دقیق درآمدهای فروش، دارایی‌های ثابت و هزینه‌های عملیاتی را برجسته می‌کند. بیشترین حساسیت نرخ بازده داخلی به تغییرات درآمد حاصل از فروش است؛ به گونه‌ای که نوسان ۲۰ درصدی در درآمد فروش، نرخ بازده داخلی را در بازه ۱۱,۸۶ تا ۷۱,۵۴ درصد تغییر می‌دهد. این دامنه وسیع نشان می‌دهد که کاهش قابل توجه در فروش می‌تواند توجیه اقتصادی پروژه را به خطر اندازد، اما افزایش فروش به طور چشمگیری سودآوری را ارتقا می‌دهد. همچنین، تغییرات ۲۰ درصدی در دارایی‌های ثابت و هزینه‌های عملیاتی نیز تأثیر قابل توجهی بر نرخ بازده داخلی دارند، اما این تأثیر کمتر از تغییرات درآمد فروش است.

۵-۲- نتیجه گیری

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که صنعت الیاف پلی‌استر ایران در سال‌های اخیر با رشد عرضه، افزایش تقاضا، نوسانات صادرات و واردات، و چالش‌های ساختاری در بازارهای داخلی و جهانی مواجه بوده است.

نخست، تحلیل روند عرضه و تقاضا بیانگر آن است که علی‌رغم افزایش ظرفیت تولید داخلی و کاهش واردات، شکاف معناداری میان عرضه و تقاضای الیاف پلی‌استر در حال شکل‌گیری است. این شکاف، که طی سال‌های ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۶ به طور تصاعدی افزایش یافته، می‌تواند پیامدهای اقتصادی و صنعتی قابل توجهی به همراه داشته باشد؛ از جمله افزایش وابستگی به واردات، تهدید امنیت تأمین مواد اولیه صنایع پایین‌دستی، افزایش قیمت تمام‌شده محصولات نهایی، و کاهش رقابت‌پذیری صنایع نساجی و پوشاک کشور. این وضعیت، ضرورت برنامه‌ریزی راهبردی برای توسعه ظرفیت تولید داخلی، ارتقاء بهره‌وری خطوط تولید، و حمایت از سرمایه‌گذاری‌های جدید را برجسته می‌سازد.

در سطح تجارت خارجی، بررسی روند صادرات و واردات الیاف پلی‌استر ایران طی دو دهه اخیر نشان‌دهنده نوسانات شدید و تأثیرپذیری از عوامل متعددی نظیر تغییرات سیاست‌های تجاری، نوسانات نرخ ارز، تحولات بازارهای هدف، و محدودیت‌های لجستیکی است. با وجود این نوسانات، روند کلی صادرات صعودی بوده و

پیش‌بینی‌ها حاکی از پتانسیل رشد صادراتی این صنعت در صورت ثبات نسبی شرایط اقتصادی و سیاسی است. از سوی دیگر، کاهش واردات تا نزدیک به صفر، بیانگر افزایش خودکفایی و سیاست‌های محدودکننده واردات است، اما در صورت تداوم شکاف عرضه و تقاضا، این روند می‌تواند به افزایش فشار بر بازار داخلی و رشد قاچاق منجر شود.

در سطح جهانی نیز، بازار الیاف پلی‌استر با کمبود عرضه ساختاری مواجه است که به طور مستمر در حال افزایش بوده و بسیاری از کشورها را به واردات وابسته ساخته است. این روند، فرصت مناسبی برای توسعه صادرات ایران فراهم می‌آورد، مشروط بر آنکه چالش‌های داخلی تولید و تأمین مواد اولیه به طور مؤثر مدیریت شود.

در تحلیل مضمون، چهار مؤلفه اصلی شامل وضعیت بازار و قیمت‌ها، تفاوت‌های کلیدی مواد اولیه (پت نو و گرانولی)، اهمیت تأمین مواد اولیه، و اقتصاد تولید شناسایی شد. نوسانات قیمت، پایین‌تر بودن قیمت محصولات خارجی نسبت به داخلی، و محدودیت‌های واردات از جمله چالش‌های کلیدی بازار هستند. همچنین، وابستگی به مواد اولیه وارداتی و نوسانات قیمت پت، فشار مضاعفی بر تولیدکنندگان داخلی وارد کرده است. از منظر اقتصادی، بهره‌وری تولید و صرفه اقتصادی تنها در ظرفیت‌های بالا و با انتخاب مواد اولیه مناسب تحقق می‌یابد، و سرمایه‌گذاری در ظرفیت‌های پایین فاقد توجیه اقتصادی است.

تحلیل فنی پروژه احداث واحد تولید الیاف پلی‌استر نشان داد که سرمایه‌گذاری اولیه قابل توجهی برای تأمین زمین، ساختمان، تجهیزات، ماشین‌آلات و نیروی انسانی ماهر مورد نیاز است. انتخاب تجهیزات مدرن، طراحی خطوط تولید توسط خبرگان، و توجه به زیرساخت‌های آزمایشگاهی و کنترل کیفیت، از عوامل کلیدی موفقیت پروژه محسوب می‌شود.

در نهایت، تحلیل مالی-اقتصادی پروژه با استفاده از شاخص‌هایی نظیر نقطه سر به سری، دوره بازگشت سرمایه، ارزش خالص فعلی و نرخ بازده داخلی، توجیه‌پذیری اقتصادی طرح را تأیید می‌کند. نرخ بازده داخلی بالاتر از نرخ بهره بانکی و دوره بازگشت سرمایه کوتاه، جذابیت سرمایه‌گذاری در این حوزه را برجسته می‌سازد. با این حال، تحلیل حساسیت نشان داد که سودآوری پروژه به شدت به درآمد حاصل از فروش وابسته است و کاهش فروش می‌تواند توجیه اقتصادی پروژه را به خطر اندازد.

در مجموع، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که توسعه زنجیره ارزش الیاف پلی‌استر در ایران، با وجود چالش‌های ساختاری و بازار، از منظر فنی و اقتصادی امکان‌پذیر و توجیه‌پذیر است. موفقیت در این حوزه مستلزم مدیریت بهینه منابع، ارتقاء فناوری، سیاست‌گذاری حمایتی، و توسعه بازارهای صادراتی است. این یافته‌ها می‌تواند به عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری‌های راهبردی سرمایه‌گذاران، سیاست‌گذاران صنعتی و فعالان بازار مورد

استفاده قرار گیرد و مسیر توسعه پایدار صنعت پلی‌استر کشور را هموار سازد.

۵-۳- محدودیت‌های تحقیق

دامنه فرامرزی تحریم‌های آمریکا بارهای رعایت مقررات را بر شرکت‌های چندملیتی و یا مؤسسات مالی تحمیل می‌کند، که می‌تواند منجر به گزارش نادرست داده‌های تجاری مرتبط با ایران به منظور اجتناب از جریمه‌ها شود.

۵-۴- پیشنهادها

اگرچه تحلیل اثرات زیست‌محیطی تولید الیاف پلی‌استر از چیپس پت بازیافتی مهم است، اما این مقاله به دلیل تمرکز بر ارزیابی‌های بازاریابی، فنی و مالی، به جزئیات زیست‌محیطی نپرداخته است. با توجه به اهمیت تحلیل جامع اثرات زیست‌محیطی برای بهبود تولید و توسعه پایدار، پیشنهاد می‌شود اثرات زیست‌محیطی تولید الیاف المللی و دومین کنفرانس ملی مدیریت، اخلاق و کسب و کار. شیراز. https://civilica.com/doc/1117911/

۴. حکیمیان، غلامرضا. (۱۳۹۸). مشخصات مکانیکی و دوام بتن الیافی سبز حاوی تراشه های بازیافتی پلی اتیلن ترفتالات (PET) . پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لشت‌نشا - زیباکنار، دانشکده فنی.

5. Atakan, R., Sezer, S., & Karakas, H. (2020). Development of nonwoven automotive carpets made of recycled PET fibers with improved abrasion resistance. *Journal of Industrial Textiles*, 49(7), 835-857. https://doi.org/10.1177/1528083718798637

پلی‌استر از چیپس پت در استان همدان بررسی شود. ضمناً برای بهینه‌سازی منابع و ارتقاء فناوری در صنعت بازیافت پت، توصیه می‌شود همکاری‌های نزدیک و هدفمند با شرکت‌های دانش‌بنیان و مراکز تحقیق و توسعه صورت گیرد. این همکاری‌ها می‌تواند بر طراحی و توسعه تجهیزات پیشرفته بازیافت و بهبود فناوری خطوط تولید متمرکز باشد تا با بهره‌گیری از دانش تخصصی و نوآوری‌های فناورانه، کارایی فرآیندها افزایش یافته و هزینه‌های عملیاتی کاهش یابد.

۵-۵- تقدیر و تشکر

گروه پژوهشی بر خود لازم می‌داند از سازمان امور اقتصاد و دارایی استان همدان که حامی مالی این پژوهش بوده است، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشد.

۶- منابع

1. Enache, A. C., Grecu, I., & Samoila, P. (2024). Polyethylene terephthalate (PET) recycled by catalytic glycolysis: A bridge toward circular economy principles. *Materials*, 17(12), 2991. https://doi.org/10.3390/ma17122991

2. Shojaei. B., Abtahi. M., & Najafi. M. (2020). Chemical recycling of PET: A stepping-stone toward sustainability. *Polymers for Advanced Technologies*, 31(12), 2912-2938. https://doi.org/10.1002/pat.5023

۳. خاشعی، رضوان. (۱۳۹۹). مطالعه اهمیت بازیافت ضایعات پلی استری (PET) جهت تولید الیاف مصرفی نساجی در مدیریت کسب و کار. نخستین کنفرانس بین

6. Samat, N., Goh, K. H., & See, K. F. (2024). Review of the application of cost–benefit analysis to the development of production systems in aquaculture. *Aquaculture*, 740816. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740816

7. Zhuo, Z., Chen, S., Yan, H., & He, Y. (2024). A new demand function graph: Analysis of retailer-to-individual customer product supply strategies under a non-essential demand pattern. *Plos one*, 19(2), e0298381. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298381

8. Ferri, P., & Tramontana, F. (2022). Autonomous demand, multiple equilibria and unemployment dynamics. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 17(1), 209-223. https://doi.org/10.1007/s11403-020-00306-1

9. Thomas, R.M., Sambhudevan, S., Hema, S., Reghunadhan, A. (2023). PTT/Rubber, Thermoplastic and Thermosetting Polymer Blends and IPNs. In: Ajitha, A.R., Thomas, S. (eds) Poly Trimethylene Terephthalate. *Materials Horizons: From Nature to Nanomaterials*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-7303-1_4

10. Forakis, J., & Lynch, J. (2025). Pyrolysis-GC/MS differentiates polyesters and detects additives for improved monitoring of textile labeling accuracy and plastic pollution. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 1-14. https://doi.org/10.1007/s00216-025-05851-x

11. Benyathiar, P., Kumar, P., Carpenter, G., Brace, J., & Mishra, D. K. (2022). Polyethylene terephthalate (PET) bottle-to-bottle recycling for the beverage industry: a review. *Polymers*, 14(12), 2366. https://doi.org/10.3390/polym14122366

12. Pudack. C., Stepanski. M., & Fassler. P. (2020). PET Recycling – Contributions of Crystallization to Sustainability. *Journal Metrics*, 92(4), 452-458. https://doi.org/10.1002/cite.201900085

13. Celik, Y., Shamsuyeva, M., & Endres, H. J. (2022). Thermal and mechanical properties of the recycled and virgin PET—part I. *Polymers*, 14(7), 1326. https://doi.org/10.3390/polym14071326

14. Li, J., Qin, C., Lv, Z., Gao, C., Chen, L., & Xu, S. (2025). Techno-economic analysis of integrated carbon capture and dry reforming of methane. *Energy*, 316, 134516. https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.134516

15. N Ning, J., Tang, S., Fu, Y., Liu, G., Sun, Y., Feng, Z., et al. (2025). Substance flow analysis of polyethylene terephthalate (PET) fiber in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 212, 107984. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107984

16. Berger, N. J., & Pfeifer, C. (2024). Comparing the financial costs and carbon neutrality of polyester fibres produced from 100% bio-based PET, 100% recycled PET, or in combination. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-18. http://dx.doi.org/10.1007/s13399-024-05362-2

17. Urm, J. J., Choi, J. H., Kim, C., & Lee, J. M. (2023). Techno-economic analysis and process optimization of a PET chemical recycling process based on Bayesian optimization. *Computers & Chemical Engineering*, 179, 108451. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2023.108451

18. Qiu, W., Mao, Q., & Liu, C. (2024). Price prediction of polyester yarn based on multiple linear regression model. *PloS one*, 19(9), e0310355. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310355

19. Wang, B. X., Cortes-Peña, Y., Grady, B. P., Huber, G. W., & Zavala, V. M. (2024). Techno-

economic analysis and life cycle assessment of the production of biodegradable polyaliphatic–polyaromatic polyesters. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, *12*(24), 9156-9167. http://dx.doi.org/10.1021/acssuschemeng.4c01842

20. Anglou, E., Ganesan, A., Chang, Y., Gołąbek, K. M., Fu, Q., Bradley, W., et al. (2024). Process development and techno-economic analysis for mechanochemical recycling of poly (ethylene terephthalate). *Chemical Engineering Journal*, 481, 148278. https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.148278

21. Vera, R. E., Vivas, K. A., Forfora, N., Marquez, R., Urdaneta, I., Frazier, R., et al. (2024). From waste to advanced resource: Techno-economic and life cycle assessment behind the integration of polyester recycling and glucose production to valorize fast fashion garments. *Chemical Engineering Journal*, 500, 156895. https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.156895

22. Hornbuckle, R., Goldsworthy, K., & Knight, L. (2023). A Systemic Material Innovation Study of the Current State and Future Possibilities for Circular Polyester. *Sustainability*, 15(12), 9843. https://doi.org/10.3390/su15129843

23. Singh, A., Rorrer, N. A., Nicholson, S. R., Erickson, E., DesVeaux, J. S., Avelino, A. F., et al. (2021). Techno-economic, life-cycle, and socioeconomic impact analysis of enzymatic recycling of poly (ethylene terephthalate). *Joule*, *5*(9), 2479-2503. https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.06.015

24. Palacios-Mateo, C., Van der Meer, Y., & Seide, G. (2021). Analysis of the polyester clothing value chain to identify key intervention points for sustainability. *Environmental Sciences Europe*, 33(1), 2. https://doi.org/10.1186/s12302-020-00447-x

25. Guo. Z., Eriksson. M., Motte, H. de la, & Adolfsson. E. (2021). Circular recycling of polyester textile waste using a sustainable catalyst. *Journal of Cleaner Production*, 124579. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124579

26. Ministry of Industry, Mine and Trade. (2023). Database of production and trade capacities. https://www.mimt.gov.ir/fa/general_content/162128.html, 2023/06/11. (in Persian)

27. Pinhão, M., Fonseca, M., & Covas, R. (2022). Electricity spot price forecast by modelling supply and demand curve. *Mathematics*, *10*(12), 2012. https://doi.org/10.3390/math10122012

28. Syah, R., Davarpanah, A., Elveny, M., Ghasemi, A., & Ramdan, D. (2021). The economic evaluation of methanol and propylene production from natural gas at petrochemical industries in Iran. *Sustainability*, *13*(17), 9990. https://doi.org/10.3390/su13179990

29. Kim, Y. S., Park, G. H., Kim, S. W., & Kim, D. (2024). Incentive design for hybrid energy storage system investment to PV owners considering value of grid services. *Applied Energy*, *373*, 123772. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123772