

فصل اول

کلیات تحقیق

موضوع: طراحی یک مدل ریاضی برنامه ریزی زنجیره تامین در شرایط عدم قطعیت در صنعت پلاستیک

در دنیای رقابتی امروز، سازمان‌ها برای بقا و رشد ناگزیر به بهره‌گیری از رویکردهای نوین در مدیریت زنجیره تأمین هستند. زنجیره تأمین دیگر صرفاً به جریان مواد و اطلاعات محدود نمی‌شود، بلکه شبکه‌ای پویا از فعالیت‌ها، فرایندها و تصمیم‌گیری‌های استراتژیک است که موفقیت یا شکست یک صنعت را رقم می‌زند. یکی از مهم‌ترین چالش‌هایی که زنجیره‌های تأمین با آن مواجه‌اند، عدم قطعیت در متغیرهای محیطی و تصمیم‌گیری است. عواملی همچون نوسانات بازار، تغییرات تقاضا، محدودیت‌های منابع، اختلالات لجستیکی و شرایط اقتصادی و سیاسی، موجب می‌شوند برنامه‌ریزی و کنترل زنجیره تأمین پیچیده‌تر از گذشته گردد (شکرابی و همکاران، ۲۰۲۴). امروزه صنایع مختلف برای کاهش ریسک و افزایش کارایی، به دنبال طراحی مدل‌های ریاضی پیشرفته‌ای هستند که توانایی تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت را داشته باشند (کوپیتوف^۲ و همکاران، ۲۰۲۴). در این میان، صنعت پلاستیک به دلیل گستردگی کاربردها در حوزه‌های مختلف مانند بسته‌بندی، خودرو، تجهیزات پزشکی و ساختمانی، جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد جهانی و ملی دارد. افزایش تقاضا برای محصولات پلاستیکی، نوسانات قیمت مواد اولیه پتروشیمی، محدودیت‌های زیست‌محیطی و فشارهای ناشی از قوانین جهانی در زمینه مصرف و بازیافت پلاستیک، این صنعت را بیش از پیش در معرض پیچیدگی‌های زنجیره تأمین قرار داده است. از سوی دیگر، مدیریت کارآمد زنجیره تأمین در صنعت پلاستیک نه تنها در کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت محصولات مؤثر است، بلکه می‌تواند نقش بسزایی در ارتقای رقابت‌پذیری شرکت‌ها ایفا کند. به همین دلیل، بهره‌گیری از مدل‌های ریاضی برای برنامه‌ریزی زنجیره تأمین در شرایط عدم قطعیت ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. این مدل‌ها می‌توانند با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف و متغیرهای تصادفی، به مدیران در اتخاذ تصمیم‌های بهینه در زمینه تأمین مواد اولیه، تولید، توزیع و بازیافت کمک کنند (چن^۳ و همکاران، ۲۰۲۵). بنابراین، پژوهش حاضر با تمرکز بر طراحی یک مدل ریاضی برای برنامه‌ریزی زنجیره تأمین صنعت پلاستیک در شرایط عدم قطعیت، در پی آن است که راهکاری علمی و کاربردی برای مدیریت کارآمد منابع، کاهش ریسک‌ها و افزایش بهره‌وری ارائه دهد. در این فصل ابتدا بیان مساله و اهمیت و ضرورت موضوع تحلیل و بررسی شده و سپس اهداف تحقیق، متغیرهای مفهومی و عملیاتی بیان شده‌اند.

^۱. Shekarabi et al

^۲. Kopytov et al

^۳. Chen et al

۱-۲- بیان مسأله

زنجیره تأمین به عنوان یک شبکه پیچیده و پویا از فرآیندهای مرتبط در تولید و توزیع محصولات و خدمات، از مرحله تأمین مواد اولیه تا تحویل نهایی به مشتریان، نقشی اساسی در موفقیت سازمان‌ها ایفا می‌کند. با گسترش بازارهای جهانی و نیاز به پاسخگویی سریع به تقاضاها، مدیریت زنجیره تأمین به یکی از اولویت‌های کلیدی سازمان‌ها تبدیل شده است. در دنیای امروز، عواملی چون تغییرات سریع فناوری، افزایش انتظارات مشتریان و نوسانات اقتصادی باعث شده‌اند که مدیریت زنجیره تأمین به یک چالش بزرگ تبدیل شود (بای^۱ و همکاران، ۲۰۲۱).

یکی از چالش‌های عمده‌ای که سازمان‌ها با آن روبه‌رو هستند، تغییرات مداوم در تقاضا است. تقاضای متغیر و غیرقابل پیش‌بینی می‌تواند منجر به مشکلاتی در تأمین و توزیع محصولات شود و این امر نیاز به انعطاف‌پذیری در زنجیره تأمین را افزایش می‌دهد (وانگ^۲ و همکاران، ۲۰۲۳). به علاوه، محدودیت‌های بودجه‌ای و تغییرات قیمت مواد اولیه، سازمان‌ها را وادار می‌کند تا با دقت بیشتری هزینه‌ها را مدیریت کنند و به دنبال راهکارهایی برای کاهش هزینه‌های تولید و توزیع باشند (چوپرا^۳ و میندل، ۲۰۲۱). در همین راستا، زمان‌بندی تولید و توزیع یکی دیگر از چالش‌های مهم به شمار می‌آید. عدم همخوانی در زمان‌بندی می‌تواند منجر به تأخیر در تحویل کالاها به مشتریان و در نتیجه کاهش رضایت مشتریان شود. بنابراین، بهینه‌سازی زمان‌بندی تولید و توزیع به منظور پاسخگویی به نیازهای مشتریان و کاهش زمان تحویل، اهمیت ویژه‌ای دارد (هوبنر^۴ و همکاران، ۲۰۲۲). علاوه بر این، ریسک‌های مختلف در تأمین منابع، از جمله ریسک‌های مرتبط با تأمین مواد اولیه، حمل و نقل و اختلالات ناشی از شرایط جغرافیایی یا سیاسی، می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی بر عملکرد زنجیره تأمین تأثیر بگذارند. بنابراین، مدیریت ریسک در زنجیره تأمین به عنوان یک استراتژی ضروری برای کاهش تأثیرات منفی این ریسک‌ها و ایجاد قابلیت اطمینان در فرآیندهای زنجیره تأمین اهمیت دارد (خان^۵ و جابین، ۲۰۲۳). یکی از جنبه‌های کلیدی در مدیریت زنجیره تأمین، کاهش هزینه‌ها و بهبود کارایی عملیات است. در دنیای امروز، سازمان‌ها برای حفظ رقابت و افزایش سودآوری، نیاز به بهینه‌سازی هزینه‌های مربوط به تأمین مواد اولیه، تولید کالاها و توزیع محصولات نهایی به مشتریان دارند. هزینه‌های تأمین مواد اولیه می‌تواند شامل هزینه‌های خرید، حمل و نقل و انبارداری باشد که هر یک به تنهایی می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر هزینه کل تولید و در نتیجه بر حاشیه سود داشته باشد (کومار^۶ و سینگ، ۲۰۲۲). علاوه بر این، هزینه‌های تولید کالاها به عوامل

^۱ . Bai et al

^۲ . Wang et al

^۳ . Chopra & Meindl

^۴ . Hübner et al

^۵ . Khan & Jabeen

^۶ . Kumar & Singh

مختلفی از جمله تکنولوژی‌های مورد استفاده، هزینه‌های نیروی کار و مصرف انرژی بستگی دارد. بهینه‌سازی این هزینه‌ها نه تنها به افزایش کارایی تولید کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به کاهش زمان تولید و کاهش هزینه‌های کل زنجیره تأمین منجر شود (راوت^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). از سوی دیگر، سازمان‌ها باید توانایی مدیریت ریسک‌های موجودی و تأمین را نیز داشته باشند. نوسانات در تقاضا یا مشکلات در تأمین می‌تواند منجر به کمبود یا مازاد موجودی شود. در چنین شرایطی، سازمان‌ها با چالش‌هایی از قبیل هزینه‌های اضافی ناشی از انبارداری یا از دست دادن فرصت‌های فروش مواجه می‌شوند. همچنین، مازاد موجودی می‌تواند منجر به هزینه‌های غیرضروری و کاهش بهره‌وری شود، چرا که منابع مالی در موجودی‌های اضافی قفل می‌شوند (موسی^۲ و همکاران، ۲۰۲۳). زمان تحویل کالاها به مشتریان نیز یکی از عوامل اساسی در رضایت مشتریان و حفظ رقابت‌پذیری در بازار است. تأخیر در تحویل می‌تواند به کاهش رضایت مشتریان و در نهایت به از دست دادن مشتریان و کاهش درآمد منجر شود. تحقیقات نشان داده‌اند که مشتریان امروزی انتظار دارند کالاها در سریع‌ترین زمان ممکن و به‌طور دقیق به آنها تحویل داده شود. بنابراین، بهینه‌سازی زمان تحویل و ایجاد قابلیت اطمینان در فرآیندهای زنجیره تأمین به یکی از اولویت‌های اصلی سازمان‌ها تبدیل شده است (Zhou et al., ۲۰۲۲).

در دنیای امروز، صنعت پلاستیک با چالش‌های زیادی روبه‌رو است که شامل نوسانات قیمت مواد اولیه، تغییرات در تقاضا، محدودیت‌های زیست‌محیطی و ریسک‌های ناشی از اختلالات در زنجیره تأمین می‌شود. این مشکلات منجر به عدم قطعیت‌های زیادی در فرآیند برنامه‌ریزی و مدیریت زنجیره تأمین می‌شود. از این رو، لازم است که یک مدل ریاضی برای برنامه‌ریزی بهینه زنجیره تأمین طراحی شود که به طور همزمان با مدیریت این عدم قطعیت‌ها و ریسک‌ها نیز مقابله کند.

عدم قطعیت در محیط، چالش مهمی را برای مدیریت زنجیره تأمین ایجاد می‌کند. نظریه عدم قطعیت شاخه‌ای از ریاضیات است که بر تحلیل پدیده‌های نامشخص تمرکز دارد. در این زمینه، تعداد فزاینده‌ای از محققان شروع به استفاده از نظریه عدم قطعیت برای مطالعه پدیده‌های نامشخص در مدیریت زنجیره تأمین کرده‌اند (چن و همکاران، ۲۰۲۴). یکی از رویکردهای مؤثر در این زمینه استفاده از تکنیک‌های فازی است که می‌تواند به طور معقول عدم قطعیت‌ها و ابهامات موجود در داده‌ها را مدل‌سازی کنند. از طرفی، در برنامه‌ریزی زنجیره تأمین، اهداف مختلفی وجود دارد که ممکن است متناقض باشند، از جمله کمینه‌سازی هزینه‌ها، بهینه‌سازی سطح موجودی، و رعایت معیارهای زیست‌محیطی. به همین دلیل، استفاده از تکنیک فازی چندهدفه می‌تواند راه‌حل‌های بهینه‌تری ارائه دهد که نیازهای مختلف این صنعت را به طور همزمان برآورده کند. در این تحقیق، هدف اصلی ارائه یک مدل ریاضی برای برنامه‌ریزی بهینه

^۱ . Raut et al

^۲ . Moussa et al

زنجیره تأمین در صنعت پلاستیک است که در آن ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها به کمک تکنیک‌های فازی چندهدفه مدیریت شوند. این مدل باید بتواند به بهینه‌سازی هزینه‌ها، زمان تحویل، و سطح موجودی در شرایط عدم قطعیت و ریسک پردازد و همچنین اثرات زیست‌محیطی ناشی از تولید و مصرف پلاستیک را کاهش دهد. به طور خلاصه، این تحقیق به دنبال طراحی مدلی است که با ترکیب تکنیک‌های فازی و روش‌های چندهدفه، به طور جامع و کارآمد مشکلات و چالش‌های موجود در زنجیره تأمین صنعت پلاستیک را حل کند و به کاهش ریسک‌ها و بهینه‌سازی فرآیندها کمک کند. به همین دلیل، ایجاد مدل‌هایی که بتوانند این عدم قطعیت‌ها را مدنظر قرار دهند، اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. در این زمینه، استفاده از روش‌های ریاضی و بهینه‌سازی به‌ویژه مدل‌سازی فازی، به سازمان‌ها کمک می‌کند تا با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها، تصمیمات بهینه‌تری اتخاذ کنند. برای مثال، مدل سازی فازی به مدیران این امکان را می‌دهد که پارامترهایی مانند هزینه‌ها، تقاضا و ظرفیت تولید را به‌طور دقیق‌تری بررسی کنند و با توجه به شرایط واقعی بازار، تصمیم‌گیری کنند. با توجه به نوسانات شدید قیمت مواد اولیه و تغییرات ناگهانی در تقاضا، این نوع مدل سازی می‌تواند به حفظ پایداری و رقابت‌پذیری سازمان‌ها کمک کند. گپ اصلی در تحقیقات کنونی به عدم وجود مدل‌های بهینه‌سازی چندهدفه فازی در مدیریت زنجیره تأمین صنعت پلاستیک برمی‌گردد. در حالی که بسیاری از مطالعات بر روی بهینه‌سازی هزینه‌ها و زمان تحویل تمرکز کرده‌اند، کمتر به بررسی هم‌زمان ریسک‌های موجودی و تقاضا پرداخته‌اند. با وجود مطالعات متعدد در زمینه طراحی مدل‌های ریاضی برای زنجیره تأمین، اکثر این پژوهش‌ها بر صنایع عمومی یا خاصی نظیر خودرو سازی، دارو سازی و محصولات کشاورزی متمرکز شده‌اند. صنعت پلاستیک به عنوان یکی از صنایع وابسته به نفت، با ویژگی‌هایی منحصربه‌فردی نظیر نوسانات شدید قیمت مواد اولیه، اهمیت بازیافت، و تأثیرپذیری بالا از سیاست‌های زیست‌محیطی مواجه است که آن را از سایر صنایع متمایز می‌سازد. از سوی دیگر، اکثر مدل‌های ارائه‌شده در ادبیات موجود، فقط برخی از انواع عدم قطعیت‌ها مانند تقاضا یا قیمت را در نظر می‌گیرند، در حالی که در دنیای واقعی، زنجیره تأمین صنعت پلاستیک تحت تأثیر عدم قطعیت‌های چندگانه و هم‌زمان از جمله: نوسانات قیمت، تغییرات تقاضای بازار، ریسک‌های حمل‌ونقل و تأمین، و محدودیت‌های زیست‌محیطی قرار دارد. همچنین، تعداد محدودی از تحقیقات به ادغام ریسک و عدم قطعیت‌ها در قالب یک مدل جامع چندهدفه پرداخته‌اند؛ در حالی که پایداری در زنجیره تأمین، خصوصاً در صنعت پلاستیک که با تولید ضایعات و چالش‌های بازیافت مواجه است، اهمیت بالایی دارد.

افزون بر این، در مطالعات پیشین، استفاده از رویکردهای نوین مانند برنامه‌ریزی مقاوم، تصادفی و فازی به‌طور خاص در بستر صنعت پلاستیک مورد غفلت واقع شده و مدلی که بتواند عدم قطعیت‌ها را به‌طور واقع‌گرایانه در این صنعت مدل‌سازی کند، به‌ندرت ارائه شده است. در نهایت، فقدان مطالعات بومی و منطقه‌ای در کشور، به‌ویژه با در نظر گرفتن محدودیت‌های ارائه شده در مدل تحقیق یک خلا جدی در ادبیات موجود به‌شمار می‌رود. اگرچه نظریه‌ها و چارچوب‌های متعددی برای برنامه‌ریزی زنجیره تأمین در شرایط عدم قطعیت توسعه یافته‌اند، اما هنوز یک چارچوب تئوریک جامع که به‌طور خاص ویژگی‌های منحصربه‌فرد صنعت پلاستیک را در شرایط پرریسک و متغیر مدل‌سازی کند، توسعه نیافته است.

این نقص در ادبیات پژوهشی، نیاز به پژوهش‌های جدیدی را در این زمینه برجسته می‌کند. مسئله اصلی این است که بسیاری از سازمان‌های فعال در صنعت پلاستیک، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، با چالش‌هایی در مدیریت موجودی و تأمین مواجه هستند. این چالش‌ها می‌تواند به‌طور مستقیم بر عملکرد مالی و کیفیت خدمات آن‌ها تأثیر بگذارد. به همین دلیل، پژوهش در زمینه ایجاد مدل بهینه‌سازی چندهدفه فازی برای مدیریت زنجیره تأمین می‌تواند به عنوان یک ابزار مؤثر برای حل این مشکلات مطرح شود. این تحقیق با هدف توسعه یک مدل بهینه‌سازی فازی چندهدفه برای مدیریت زنجیره تأمین در صنعت پلاستیک، که هم‌زمان به کاهش هزینه‌های تأمین و تولید، مدیریت ریسک‌های موجودی و تأمین، و بهبود زمان تحویل پردازد، طراحی شده است. با ارائه این مدل، می‌توان به سازمان‌ها کمک کرد تا با درک بهتری از محیط پیچیده و متغیر زنجیره تأمین، تصمیمات بهینه‌تری اتخاذ کنند و در نتیجه عملکرد کلی خود را بهبود بخشند. بنابراین، ضرورت انجام این پژوهش نه تنها به بهبود مدیریت زنجیره تأمین در صنعت پلاستیک منجر می‌شود، بلکه می‌تواند به عنوان یک مرجع برای تحقیقات آتی در زمینه‌های مختلف زنجیره تأمین و بهینه‌سازی عمل کند و به سازمان‌ها در کاهش هزینه‌ها، مدیریت ریسک‌ها و بهبود رضایت مشتری کمک کند.

۱-۳- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق

تحقیق حاضر به بررسی بهینه‌سازی زنجیره تأمین در شرایط فازی می‌پردازد که در دنیای امروز به دلیل پیچیدگی‌ها و عدم قطعیت‌های موجود، از اهمیت بالایی برخوردار است. زنجیره تأمین به عنوان یک شبکه پیچیده و پویا از فرآیندهای مرتبط در تولید و توزیع محصولات و خدمات، از مرحله تأمین مواد اولیه تا تحویل نهایی به مشتریان، نقشی اساسی در موفقیت سازمان‌ها ایفا می‌کند. با گسترش بازارهای جهانی و نیاز به پاسخگویی سریع به تقاضاها، مدیریت زنجیره تأمین به یکی از اولویت‌های کلیدی

سازمان‌ها تبدیل شده است. در دنیای امروز، عواملی چون تغییرات سریع فناوری، افزایش انتظارات مشتریان و نوسانات اقتصادی باعث شده‌اند که مدیریت زنجیره تأمین به یک چالش بزرگ تبدیل شود (بای و همکاران، ۲۰۲۱).

یکی از چالش‌های عمده‌ای که سازمان‌ها با آن روبه‌رو هستند، تغییرات مداوم در تقاضا است. تقاضای متغیر و غیرقابل پیش‌بینی می‌تواند منجر به مشکلاتی در تأمین و توزیع محصولات شود و این امر نیاز به انعطاف‌پذیری در زنجیره تأمین را افزایش می‌دهد (وانگ و همکاران، ۲۰۲۳). به علاوه، محدودیت‌های بودجه‌ای و تغییرات قیمت مواد اولیه، سازمان‌ها را وادار می‌کند تا با دقت بیشتری هزینه‌ها را مدیریت کنند و به دنبال راهکارهایی برای کاهش هزینه‌های تولید و توزیع باشند (چوپرا و میندل، ۲۰۲۱). در همین راستا، زمان‌بندی تولید و توزیع یکی دیگر از چالش‌های مهم به شمار می‌آید. عدم همخوانی در زمان‌بندی می‌تواند منجر به تأخیر در تحویل کالاها به مشتریان و در نتیجه کاهش رضایت مشتریان شود. بنابراین، بهینه‌سازی زمان‌بندی تولید و توزیع به منظور پاسخگویی به نیازهای مشتریان و کاهش زمان تحویل، اهمیت ویژه‌ای دارد (هوبنر^۲ و همکاران، ۲۰۲۲).

علاوه بر این، ریسک‌های مختلف در تأمین منابع، از جمله ریسک‌های مرتبط با تأمین مواد اولیه، حمل و نقل و اختلالات ناشی از شرایط جغرافیایی یا سیاسی، می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی بر عملکرد زنجیره تأمین تأثیر بگذارند. بنابراین، مدیریت ریسک در زنجیره تأمین به عنوان یک استراتژی ضروری برای کاهش تأثیرات منفی این ریسک‌ها و ایجاد قابلیت اطمینان در فرآیندهای زنجیره تأمین اهمیت دارد (خان^۳ و جابین، ۲۰۲۳). در نتیجه، با توجه به پیچیدگی‌های مدیریت زنجیره تأمین و چالش‌های موجود در آن، سازمان‌ها به ابزارهای کارآمد و استراتژی‌های هوشمند برای بهینه‌سازی عملکرد زنجیره تأمین نیاز دارند. این امر نه تنها به دستیابی به مزیت رقابتی پایدار کمک می‌کند، بلکه به سازمان‌ها این امکان را می‌دهد تا در یک محیط پویا و غیرقابل پیش‌بینی، به‌طور مؤثر عمل کنند و نیازهای مشتریان را به بهترین نحو برآورده سازند. زنجیره تأمین به عنوان یک سیستم متشکل از مراحل مختلف تأمین، تولید و توزیع، نقش حیاتی در موفقیت سازمان‌ها ایفا می‌کند. با توجه به تغییرات سریع در تقاضای بازار و نیاز به واکنش سریع به این تغییرات، بهینه‌سازی زنجیره تأمین برای کاهش هزینه‌ها و بهبود عملکرد کلی بسیار ضروری است. در این راستا، اهمیت و ضرورت تحقیق به دو جنبه اصلی تقسیم می‌شود: اول، کاهش هزینه‌ها و دوم، بهبود کارایی و کیفیت خدمات. با استفاده از مدل‌های فازی، می‌توانیم عدم قطعیت‌های موجود در تقاضا، ظرفیت تولید و هزینه‌ها را به‌طور مؤثری مدیریت کنیم. این امر نه تنها به کاهش

¹. Chopra & Meindl

². Hübner et al

³. Khan & Jabeen

هزینه‌های کلی زنجیره تأمین منجر می‌شود، بلکه می‌تواند سطح خدمات به مشتریان را نیز بهبود بخشد. به همین دلیل، شرکت‌ها باید به سمت بهینه‌سازی فرایندها و سیستم‌های خود حرکت کنند تا بتوانند در یک بازار رقابتی موفق عمل کنند. ضرورت تحقیق همچنین به نیاز به درک بهتر از تأثیر مدیریت ریسک موجودی و تأمین در زنجیره تأمین فازی مرتبط است. عدم تعادل بین تأمین و تقاضا می‌تواند منجر به مشکلات جدی در زنجیره تأمین شود که به نوبه خود می‌تواند به کاهش کیفیت خدمات و افزایش هزینه‌ها منجر گردد. بنابراین، این تحقیق به دنبال ارائه راهکارهایی برای مدیریت این عدم تعادل از طریق مدل سازی فازی و تحلیل ریسک است. از طرف دیگر، در دنیای امروز، زمان تحویل کالاها به مشتریان یکی از عوامل کلیدی در رضایت مشتریان و موفقیت کسب و کارهاست. با بهینه‌سازی زمان تحویل، می‌توان انتظار داشت که عملکرد زنجیره تأمین بهبود یافته و مشتریان بیشتری جذب شوند. این امر به ویژه در صنایعی که زمان پاسخ‌گویی سریع و خدمات به موقع حیاتی است، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. علاوه بر این، محدودیت‌های فازی مانند تقاضا، ظرفیت تولید و بودجه، به چالش‌های جدیدی در مدیریت زنجیره تأمین دامن می‌زنند. این تحقیق به شناسایی و تحلیل این محدودیت‌ها پرداخته و به بررسی تأثیر آن‌ها بر تصمیم‌گیری‌های زنجیره تأمین می‌پردازد. شکاف‌های تحقیقاتی در مدل‌سازی زنجیره تأمین صنعت پلاستیک با چند رویکرد مواجهه است. بیشتر پژوهش‌های پیشین، صرفاً بر یک بُعد از عدم قطعیت (مانند تقاضا یا قیمت) تمرکز داشته‌اند. این در حالی است که صنعت پلاستیک به‌طور هم‌زمان با عدم قطعیت‌های مختلفی همچون نوسانات قیمت نفت و مواد اولیه، تغییرات تقاضای بازار، محدودیت‌های زیست‌محیطی، و ریسک‌های لجستیکی مواجه است. عدم وجود مدل‌هایی که بتوانند این پیچیدگی‌ها را در یک چارچوب ریاضی یکپارچه مدیریت کنند عدم توسعه مدل‌های جامع چندهدفه تحت عدم قطعیت‌های چندگانه، یکی از شکاف‌های اساسی در ادبیات تحقیق است. علی‌رغم کاربرد موفق تکنیک‌های فازی در برخی صنایع، در صنعت پلاستیک، استفاده از رویکرد فازی چندهدفه برای مدل سازی هم‌زمان هزینه، زمان، موجودی و تأثیرات زیست‌محیطی، هنوز به‌طور گسترده توسعه نیافته است. این در حالی است که این رویکرد می‌تواند قابلیت انعطاف‌پذیری بالایی در شرایط عدم قطعیت فراهم آورد. به این ترتیب، نتایج این تحقیق می‌تواند به سازمان‌ها در شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های جدید کمک کرده و آن‌ها را در اتخاذ تصمیمات هوشمندانه‌تری کند. در نهایت، با توجه به چالش‌های روزافزون در مدیریت زنجیره تأمین و تأثیر آن بر موفقیت کسب و کارها، این تحقیق به دنبال پر کردن شکاف‌های موجود در ادبیات تحقیقاتی و ارائه راهکارهای عملی و کارآمد است. نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان یک منبع ارزشمند برای محققان، مدیران و تصمیم‌گیرندگان در زمینه بهینه‌سازی زنجیره

تأمین و مدیریت ریسک عمل کند و به آن‌ها کمک کند تا در بازارهای پیچیده و رقابتی امروز، به بهترین نحو عمل کنند.

ضرورت انجام تحقیق در زمینه مدل‌سازی ریاضی برنامه‌ریزی زنجیره تأمین با در نظر گرفتن مدیریت ریسک با تکنیک فازی چند هدفه در صنعت پلاستیک به‌ویژه به دلیل چالش‌های پیچیده‌ای که این صنعت با آن‌ها مواجه است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. صنعت پلاستیک، که به‌عنوان یکی از صنایع حیاتی در سطح جهانی شناخته می‌شود، در دهه‌های اخیر با چالش‌های متعددی روبه‌رو بوده است که بر عملکرد زنجیره تأمین این صنعت تأثیرگذار است. این چالش‌ها شامل نوسانات قیمت مواد اولیه، تغییرات در تقاضا، محدودیت‌های زیست‌محیطی، مشکلات در حمل و نقل و اختلالات در زنجیره تأمین هستند که به پیچیدگی‌های فرآیند برنامه‌ریزی و مدیریت زنجیره تأمین دامن زده‌اند.

۱. پیچیدگی‌ها و چالش‌های صنعت پلاستیک

صنعت پلاستیک به دلیل ماهیت خاص خود، با چالش‌هایی نظیر نوسانات شدید قیمت مواد اولیه، تغییرات فصلی در تقاضا، و تأثیرات محیطی منفی روبه‌رو است. این مشکلات باعث شده‌اند که مدیران و تصمیم‌گیرندگان در صنعت پلاستیک برای مقابله با نوسانات و پیش‌بینی تقاضا، نیاز به ابزارهایی دقیق و بهینه داشته باشند. در این راستا، بهینه‌سازی فرآیندهای زنجیره تأمین و کاهش هزینه‌ها به یکی از اهداف اساسی این صنعت تبدیل شده است. علاوه بر این، محدودیت‌های زیست‌محیطی و فشارهای اجتماعی برای کاهش اثرات منفی پلاستیک‌ها بر محیط زیست، از دیگر چالش‌های موجود در این صنعت به شمار می‌آید. بنابراین، استفاده از مدل‌های ریاضی و روش‌های بهینه‌سازی که بتوانند این چالش‌ها را به‌طور هم‌زمان مدیریت کنند، امری ضروری است.

یکی از مشکلات اصلی در صنعت پلاستیک، مدیریت ریسک‌های مختلف در فرآیندهای تأمین و توزیع است. این ریسک‌ها ناشی از عوامل مختلفی مانند تغییرات ناگهانی در قیمت مواد اولیه، مشکلات حمل و نقل، و حتی اختلالات در تأمین منابع طبیعی برای تولید مواد پلاستیکی است. این عدم قطعیت‌ها باعث افزایش هزینه‌ها و کاهش کارایی زنجیره تأمین می‌شوند و مدیریت آن‌ها نیازمند استفاده از روش‌های نوین و پیچیده است. در این زمینه، استفاده از تکنیک‌های فازی می‌تواند نقش بسزایی در مدل‌سازی و مدیریت عدم قطعیت‌ها ایفا کند.

۲. عدم قطعیت‌ها و ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین

زنجیره تأمین در صنعت پلاستیک معمولاً با عدم قطعیت‌های زیادی مواجه است. این عدم قطعیت‌ها به‌ویژه در زمینه قیمت مواد اولیه، زمان‌بندی تولید، و پیش‌بینی تقاضا مشاهده می‌شوند. این مشکلات، نه‌تنها موجب افزایش هزینه‌های تولید و تأمین می‌شوند، بلکه می‌توانند به کاهش کیفیت خدمات و تأخیر

در تحویل کالا به مشتریان منجر شوند. بنابراین، استفاده از مدل‌هایی که بتوانند این عدم قطعیت‌ها را به‌طور مؤثر مدیریت کنند، ضروری است. یکی از روش‌های مؤثر در این زمینه، استفاده از تکنیک‌های فازی است.

تکنیک‌های فازی به‌ویژه در شرایط عدم قطعیت و ابهام، به تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهند که اطلاعات دقیق و قطعی را به اطلاعات فازی تبدیل کنند و از این طریق، تصمیمات بهینه‌تری اتخاذ کنند. این تکنیک‌ها به‌ویژه در شرایطی که داده‌ها و شرایط دقیق و قطعی مشخص نیستند، می‌توانند راه‌حل‌های بهینه‌تری برای مسائل پیچیده ارائه دهند. از طرفی، با توجه به اینکه صنعت پلاستیک به‌طور خاص با مشکلات زیست‌محیطی و اجتماعی روبه‌رو است، مدل‌هایی که بتوانند علاوه بر بهینه‌سازی اقتصادی، به این مسائل نیز توجه کنند، از اهمیت زیادی برخوردارند.

۳. اهمیت بهینه‌سازی چندهدفه در مدیریت زنجیره تأمین

یکی از ویژگی‌های بارز زنجیره تأمین در صنعت پلاستیک، وجود اهداف مختلف و حتی گاهی متناقض است. به‌طور مثال، از یک‌سو، کاهش هزینه‌ها و بهینه‌سازی سطح موجودی‌ها به‌عنوان هدف اصلی در نظر گرفته می‌شود، و از سوی دیگر، رعایت استانداردهای زیست‌محیطی و کاهش اثرات منفی پلاستیک‌ها نیز باید مورد توجه قرار گیرد. این تضادهای احتمالی در اهداف مختلف، به چالش‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی پیچیده‌ای می‌انجامد.

مدل‌سازی فازی چندهدفه به‌ویژه در شرایطی که اهداف مختلف باید به‌طور همزمان بهینه شوند، می‌تواند به مدیران کمک کند تا تصمیمات بهینه‌تری اتخاذ کنند. این مدل‌ها به‌طور خاص به حل مشکلاتی می‌پردازند که در آن‌ها هدف‌های مختلف، نظیر کاهش هزینه‌ها، بهینه‌سازی سطح موجودی‌ها، بهبود زمان تحویل، و رعایت معیارهای زیست‌محیطی باید همزمان مدیریت شوند. استفاده از این تکنیک‌ها به مدیران کمک می‌کند تا بهترین ترکیب از اهداف را با توجه به محدودیت‌ها و شرایط موجود انتخاب کنند.

۴. نگرانی‌های زیست‌محیطی و اجتماعی

با توجه به نگرانی‌های فزاینده در مورد اثرات منفی پلاستیک‌ها بر محیط زیست، بهینه‌سازی فرآیندهای تولید و تأمین در صنعت پلاستیک باید به‌گونه‌ای انجام شود که ضمن کاهش هزینه‌ها، اثرات منفی زیست‌محیطی نیز کاهش یابد. این نیاز به طراحی مدل‌هایی دارد که در آن‌ها جنبه‌های زیست‌محیطی نیز در نظر گرفته شده و همزمان با بهینه‌سازی اقتصادی، تأثیرات منفی بر محیط زیست کاهش یابد. بنابراین، تحقیق در زمینه طراحی مدل‌هایی که بتوانند این ابعاد را همزمان بهینه‌سازی کنند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۵. نوآوری و بهبود کارایی در صنعت پلاستیک

در نهایت، تغییرات سریع در فناوری‌ها و رقابت فزاینده در بازار جهانی، ضرورت بهینه‌سازی زنجیره تأمین و مدیریت ریسک‌ها را در صنعت پلاستیک بیشتر می‌کند. استفاده از مدل‌های نوآورانه می‌تواند به شرکت‌ها در این صنعت کمک کند تا در برابر تغییرات بازار و شرایط اقتصادی پیچیده، رقابتی باقی بمانند. تحقیق در این حوزه می‌تواند به توسعه روش‌ها و ابزارهای نوآورانه در برنامه‌ریزی زنجیره تأمین کمک کند که باعث بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها، و افزایش سودآوری شود.

در نهایت، این تحقیق می‌تواند به عنوان یک ابزار مؤثر برای کمک به سازمان‌ها در صنعت پلاستیک عمل کند و به آن‌ها در بهبود کارایی و پایداری کمک نماید. نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان مرجع و راهنمایی برای تحقیقات آتی در زمینه‌های مشابه و مرتبط با مدیریت زنجیره تأمین و بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۴- هدف اصلی تحقیق

هدف کلی

طراحی مدل ریاضی برنامه ریزی زنجیره تأمین با رویکرد فازی و با در نظر گرفتن عدم قطعیت در صنعت پلاستیک

اهداف اختصاصی

- بررسی و تبیین تأثیر نقش مدیریت موجودی و تأمین در شرایط عدم قطعیت بر کاهش عدم تعادل بین تأمین و تقاضا زنجیره تأمین صنعت پلاستیک .
- بررسی و تبیین تأثیر بهینه‌سازی زمان تحویل در شرایط عدم قطعیت بر عملکرد کلی زنجیره تأمین و سطح رضایت مشتریان در صنعت پلاستیک .
- تأثیر محدودیت‌های فازی مانند تقاضای فازی، ظرفیت تولید فازی، و بودجه فازی چگونه بر فرآیند بهینه‌سازی زنجیره تأمین در صنعت پلاستیک .

۱-۵- سوال‌های پژوهش

سوال اصلی

مدل ریاضی برنامه ریزی زنجیره تأمین با رویکرد فازی با در نظر گرفتن عدم قطعیت در صنعت پلاستیک چگونه است؟

سوالات فرعی

عدم قطعیت در تقاضا، تأمین و زمان تحویل چگونه بر بهینه‌سازی زنجیره تأمین در صنعت پلاستیک تأثیر می‌گذارد؟

بهینه‌سازی زمان تحویل در شرایط عدم قطعیت چه تاثیری بر عملکرد کلی زنجیره تأمین و سطح رضایت مشتریان در صنعت پلاستیک دارد؟

استفاده از محدودیت‌های فازی (مانند تقاضای فازی و ظرفیت فازی تولید) چگونه می‌تواند فرآیند بهینه‌سازی زنجیره تأمین در صنعت پلاستیک را بهبود بخشد؟

۱-۶- قلمرو تحقیق

قلمرو زمانی: این پژوهش از سال ۱۴۰۳ تا ۱۴۰۴ انجام شد. به عبارتی دیگر، قلمرو زمانی این تحقیق به صورت مقطعی است.

قلمرو مکانی: فعالان عرصه کارآفرینی سازمانی در توسعه رفتار کارآفرینانه در صنعت حمل و نقل ریلی
قلمرو موضوعی: این پژوهش در حوزه مدیریت و کارآفرینی با تأکید بر کارآفرینی سازمانی و رفتار کارآفرینانه می‌باشد.

۱-۷- جنبه نوآوری پژوهش

تحقیق حاضر با تمرکز بر صنعت پلاستیک و رویکرد فازی، به منظور مدیریت و بهینه‌سازی زنجیره تأمین در شرایط عدم قطعیت، از مدل‌های فازی استفاده کرده است. یکی از تفاوت‌های اصلی این تحقیق با پژوهش‌های پیشین، استفاده از مدل‌سازی هزینه‌ها به صورت فازی مثالی است که به تصمیم‌گیرندگان امکان می‌دهد مقادیر کمیته، محتمل و بیشینه برای هر پارامتر در نظر گرفته شود و از این طریق، تغییرات احتمالی هزینه‌های تأمین، تولید و توزیع با دقت بیشتری مدیریت گردد. این ویژگی در صنعت پلاستیک که به شدت تحت تأثیر نوسانات هزینه‌های مواد اولیه است، کاربرد ویژه‌ای دارد. نوآوری دیگر تحقیق، استفاده از بهینه‌سازی چندهدفه فازی برای دستیابی همزمان به اهداف کاهش هزینه‌ها، کاهش ریسک‌های موجودی و تأمین و حداقل‌سازی زمان تحویل محصولات است. برخلاف پژوهش‌های پیشین که بیشتر به یک یا دو هدف محدود می‌شدند، این تحقیق رویکرد جامعی را ارائه می‌دهد که به‌ویژه برای شرایط پیچیده و پویا مناسب است. همچنین، استفاده از محدودیت‌های فازی برای تقاضا و ظرفیت تولید باعث افزایش انعطاف‌پذیری مدل شده و امکان سازگاری بهتر با نوسانات تقاضا و تغییرات در بازار را فراهم کرده است که این امر می‌تواند به پاسخگویی سریع‌تر به شرایط متغیر بازار کمک کند. مسئله مورد بررسی در این تحقیق شامل ۴ سطح تأمین‌کننده، تولیدکننده، توزیع‌کننده و مراکز فروش با ظرفیت محدود می‌باشد که در آن به مکانیابی تسهیلات، توزیع و ارسال کالاها پرداخته شده است. جهت نزدیکی مسئله به مسائل دنیای واقعی، برخی از پارامترهای مدل بصورت فازی در نظر گرفته شده‌اند.

۸-۱- تعاریف مفهومی و عملیاتی واژه‌های تحقیق

تعاریف مفهومی

زنجیره تأمین: زنجیره تأمین یک فرایند یکپارچه و مبتنی بر همکاری میان تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و خرده‌فروشان است که با هدف ایجاد ارزش افزوده برای مشتری، جریان مواد، اطلاعات و مالی را از مرحله تأمین مواد اولیه تا تحویل محصول نهایی مدیریت می‌کند. این فرایند نه تنها فعالیت‌های سنتی تولید و توزیع را در بر می‌گیرد، بلکه شامل جنبه‌های نوینی همچون بازیافت، استفاده مجدد و بازگردانی محصولات مصرف‌شده نیز می‌شود و از طریق برنامه‌ریزی، تحلیل و هماهنگی کارآمد، به بهبود عملکرد کل شبکه کمک می‌کند (پونوماروا، ۲۰۱۹).

ریسک: ریسک به شرایطی گفته می‌شود که در آن رویدادهای آینده نامشخص هستند، اما احتمال وقوع آن‌ها قابل اندازه‌گیری است. به بیان نایت (۱۹۲۱)، ریسک عدم قطعیتی است که می‌توان آن را با استفاده از توزیع احتمالات برآورد کرد. ریسک به تغییرات پیش‌بینی‌نشده یا اثرات منفی بر عملکرد سازمان از جمله درآمد، هزینه، سود و سهم بازار اشاره دارد (وانگ، ۲۰۱۸).

عدم قطعیت: عدم قطعیت به شرایطی اطلاق می‌شود که رویدادهای آینده غیرقابل پیش‌بینی و غیرقابل اندازه‌گیری هستند و حتی توزیع احتمالات آن‌ها نیز مشخص نیست. عدم قطعیت همان ریسکی است که امکان سنجش و محاسبه آن وجود ندارد. در واقع، عدم قطعیت ناشی از فقدان اطلاعات کافی یا غیرقابل پیش‌بینی بودن متغیرهای محیطی و سازمانی است که می‌تواند بر عملکرد تجاری اثر بگذارند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۴).

ریسک زنجیره تأمین: ریسک زنجیره تأمین به مجموعه‌ای از عدم قطعیت‌ها و رویدادهای احتمالی اطلاق می‌شود که می‌توانند جریان مواد، اطلاعات و مالی میان اجزای زنجیره را مختل ساخته و در نهایت منجر به کاهش کارایی، افزایش هزینه‌ها، ایجاد اختلال در فرآیندها و ناتوانی سازمان در پاسخ‌گویی به تقاضای مشتری شوند. این ریسک ناشی از عواملی همچون اختلالات تأمین، تأخیر در تحویل، نوسانات ظرفیت، خرابی سیستم‌ها، کیفیت نامطلوب محصولات و بی‌ثباتی محیطی است و به عنوان احتمال وقوع حوادثی تعریف می‌شود که پیامدهای منفی قابل توجهی برای عملکرد زنجیره تأمین و رضایت مشتری به همراه دارند (گورتو و جانی، ۲۰۲۱).

مدل ریاضی برنامه‌ریزی زنجیره تأمین: مدل ریاضی برنامه‌ریزی زنجیره تأمین ابزاری تحلیلی و کمی است که با استفاده از روش‌های ریاضی و بهینه‌سازی، به تصمیم‌گیری در خصوص طراحی، هماهنگی و

¹. Gurtu & Johny

مدیریت فعالیت‌های مختلف زنجیره تأمین می‌پردازد. این مدل‌ها جریان مواد، اطلاعات و منابع مالی را از مرحله تأمین مواد اولیه تا تحویل محصول نهایی به مشتری در نظر گرفته و با تعریف متغیرهای تصمیم‌گیری، محدودیت‌ها و تابع هدف، به دنبال دستیابی به بهترین راهکار برای کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری، بهبود کیفیت خدمات و ایجاد تعادل میان عرضه و تقاضا هستند. به طور معمول، تابع هدف در این مدل‌ها می‌تواند کمینه‌سازی هزینه‌ها، زمان و ریسک‌ها یا بیشینه‌سازی سود، کارایی و سطح رضایت مشتری باشد (چن و همکاران، ۲۰۲۵). مدل ریاضی برنامه‌ریزی زنجیره تأمین، یک چارچوب کمی برای حل مسائل پیچیده زنجیره تأمین است که با کمک آن می‌توان تخصیص منابع، مسیرهای حمل‌ونقل، سطح موجودی و ظرفیت تولید را به شکل بهینه مدیریت کرد.

۹-۱- روش تحقیق

تحقیق از نوع کاربردی-توسعه‌ای است و با رویکرد کمی و مدل‌محور انجام می‌شود، زیرا هدف اصلی طراحی یک مدل ریاضی برنامه‌ریزی زنجیره تأمین در شرایط عدم قطعیت برای صنعت پلاستیک است. در ابتدا، مسئله واقعی زنجیره تأمین این صنعت با استفاده از داده‌های ثانویه شامل اطلاعات تولید، موجودی، ظرفیت کارخانه‌ها، هزینه‌ها و زمان تحویل و همچنین داده‌های اولیه از طریق مصاحبه با مدیران و تأمین‌کنندگان شناسایی و تحلیل شد. سپس متغیرهای تصمیم، محدودیت‌ها و اهداف مدل ریاضی تعریف گردید و مدل تحت شرایط عدم قطعیت با استفاده از رویکردهای برنامه‌ریزی احتمالی، بهینه‌سازی مقاوم و برنامه‌ریزی فازی طراحی شد. مدل نهایی با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای بهینه‌سازی مانند GAMS و یا متلب حل شده و نتایج آن با تحلیل حساسیت و سناریوسازی مورد اعتبارسنجی قرار گرفت تا اثر تغییرات پارامترهای کلیدی بر تصمیمات زنجیره تأمین مورد بررسی قرار گیرد. خروجی این تحقیق شامل یک مدل ریاضی قابل اجرا برای مدیریت بهینه جریان مواد، موجودی و منابع در زنجیره تأمین صنعت پلاستیک است که می‌تواند به کاهش هزینه‌ها، افزایش کارایی و مقابله با عدم قطعیت‌ها کمک کند.

۱۱-۱- خلاصه تحقیق

این پژوهش در پنج فصل به شرح زیر تنظیم شده است :

فصل اول : در این فصل به بررسی بیان مسأله و اهمیت و ضرورت موضوع پرداخته شد. و تشریح مسأله با توجه به پیچیدگی‌های صنعت پلاستیک و اثرات عدم قطعیت در تقاضا، تأمین مواد اولیه و ظرفیت تولید، ضرورت طراحی مدل‌های کمی و ریاضی برای برنامه‌ریزی بهینه زنجیره تأمین مورد بررسی قرار گرفت. هدف اصلی تحقیق، طراحی یک مدل ریاضی برنامه‌ریزی زنجیره تأمین در شرایط عدم قطعیت با قابلیت بهینه‌سازی جریان مواد، اطلاعات و منابع مالی در صنعت پلاستیک است.

فصل دوم: در این فصل مفاهیم کلیدی زنجیره تأمین، ریسک و عدم قطعیت در زنجیره تأمین و برنامه‌ریزی ریاضی تشریح شد. تعاریف علمی ریسک زنجیره تأمین، انواع عدم قطعیت و تفاوت‌های آن با ریسک ارائه گردید. همچنین مرور مدل‌های برنامه‌ریزی زنجیره تأمین بررسی شد. تحقیقات پیشین در حوزه صنایع مشابه و چالش‌های مدیریت زنجیره تأمین در شرایط عدم قطعیت نیز تحلیل گردید تا چارچوب نظری و ضرورت تحقیق مشخص شود.

فصل سوم: در این فصل به روش تحقیق، جامعه آماری و حجم نمونه مورد تحقیق، معرفی ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات پرداخته شده است

فصل چهارم: در این فصل مدل ریاضی برنامه‌ریزی زنجیره تأمین در شرایط عدم قطعیت ارائه شد و نتایج آن با استفاده از نرم‌افزارهای بهینه‌سازی حل گردید. جریان‌های مواد، محصولات و موجودی‌ها برای سناریوهای مختلف شبیه‌سازی شد.

فصل پنجم: در این فصل، نتایج تحقیق جمع‌بندی شد. مدل ارائه شده ابزاری کاربردی برای مدیریت جریان مواد، اطلاعات و منابع مالی در زنجیره تأمین صنعت پلاستیک است و می‌تواند به کاهش هزینه‌ها، بهبود کارایی و مدیریت عدم قطعیت‌ها کمک کند. همچنین پیشنهادهایی برای کاربرد عملی مدل در سازمان‌ها ارائه گردید، پس از بیان نتایج حاصله و ارائه پیشنهادهایی بر اساس آنها، محدودیتهای تحقیق عنوان شده است.

۱-۱۲- جمع‌بندی

در تحقیق حاضر به بررسی طراحی یک مدل ریاضی برنامه‌ریزی زنجیره تأمین در شرایط عدم قطعیت در صنعت پلاستیک پرداخته شد. عدم قطعیت به عنوان عوامل تعیین‌کننده عملکرد زنجیره تأمین مورد نقد و بررسی قرار گرفت و بیان مسئله و اهمیت و ضرورت تحقیق مشخص شد و مطابق با مسئله تعریف شده، اهداف و سوالات تحقیق، تعاریف مفهومی که کلیات تحقیق می‌باشد مشخص شد.