

## اولویت‌بندی پیشران‌های پیچیدگی زنجیره تأمین با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

سید محمدعلی خاتمی فیروزآبادی<sup>۱</sup>، لعیا الفت<sup>۲</sup>، مقصود امیری<sup>۳</sup>، حمید شریفی<sup>۴</sup>

**چکیده:** در حال حاضر، پیچیدگی‌های متعددی در زنجیره تأمین وجود دارد. این پیچیدگی‌ها، به‌واسطه ظهور مقوله‌هایی مانند جهانی‌شدن، سفارشی‌سازی، نوآوری، انعطاف‌پذیری، پایداری و عدم قطعیت در حال تکامل و رشد هستند. رشد پیچیدگی زنجیره تأمین بر هزینه‌ها و خدمات ارائه‌شده به مشتریان، تأثیر منفی می‌گذارد. از این رو، هدف این پژوهش اولویت‌بندی پیشران‌های پیچیدگی زنجیره تأمین در شرکت‌های تولید لوازم خانگی است. برای این کار، پس از بررسی ادبیات نظری پژوهش، پیشران‌های پیچیدگی زنجیره تأمین برای اولویت‌بندی شناسایی شدند؛ سپس به کمک روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و نظرسنجی، این شاخص‌ها بر پایه مقایسه‌های زوجی صورت گرفته، توسط تعدادی از خبرگان حوزه تولید لوازم خانگی، وزن‌دهی شدند. طبق نتایج کسب‌شده از این مدل تحقیقاتی، مشخص شد که از ۴۶ پیشران پیچیدگی بررسی شده «سازوکارهای بازگشت مواد اولیه به تأمین‌کنندگان» بیشترین درجه اهمیت را دارد.

**واژه‌های کلیدی:** پیچیدگی، زنجیره تأمین، شرکت‌های تولید لوازم خانگی، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی.

۱. دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

۲. دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

۳. استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

۴. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۱۸

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۲۵

نویسنده مسئول مقاله: سید محمدعلی خاتمی فیروزآبادی

E-mail: A.khatami@atu.ac.ir

## مقدمه

زنجیره تأمین شبکه پیچیده‌ای از امکانات طراحی برای تهیه، تولید و توزیع کالا به مشتریان در مقادیر مناسب، به مکان‌های مناسب و در زمان مناسب است (کاوایلال، ونکاتسان و کومار، ۲۰۱۷). پیچیدگی زنجیره تأمین<sup>۱</sup>، همه عدم قطعیت‌های عملیاتی یا گونه‌های ساختاری مرتبط با علل داخلی و خارجی‌ای که به وسیله جریان اطلاعات یا مواد در زنجیره تأمین وجود دارد، تعریف می‌شود که به شکل‌های شناخته‌شده، ناشناخته، قابل انتظار، غیرمنتظره، پیش‌بینی‌پذیر یا پیش‌بینی‌نشده در سازمان وجود دارد (ایسیک، ۲۰۱۰). پیچیدگی در زنجیره تأمین کنونی به دلیل جهانی شدن<sup>۲</sup>، تنوع<sup>۳</sup>، انعطاف‌پذیری<sup>۴</sup>، پایداری<sup>۵</sup> و عدم قطعیت<sup>۶</sup>، بسیار متعدد بوده و دائم در حال تغییر و تحول است (کریستوفر، ۲۰۱۲؛ هاشمی، بوچر و چتری، ۲۰۱۳؛ بلوم، شونهر و اکستین، ۲۰۱۴؛ گوناسکاران، هانگ و فوجیموتو، ۲۰۱۴). افزایش پیچیدگی زنجیره تأمین به اختلال در زنجیره تأمین (بود و واگیر، ۲۰۱۵)، افزایش هزینه در زنجیره تأمین (دلیو، گروتنهایس و ونگور، ۲۰۱۳) و ارائه خدمات ضعیف به مشتریان (دلیو و همکاران، ۲۰۱۳؛ بود و واگیر، ۲۰۱۵) منجر می‌شود. مطالعات انجام‌شده محققان نشان می‌دهد مدیریت پیچیدگی زنجیره تأمین برای به‌دست آوردن مزیت رقابتی بسیار حیاتی است (کاوایلال و همکاران، ۲۰۱۷). بر اساس مطالعه ایسیک (۲۰۱۰)، استراتژی‌های مدیریت کارای پیچیدگی زنجیره تأمین شامل شناسایی، اولویت‌بندی، اندازه‌گیری و کنترل پیشران‌ها/ منابع پیچیدگی است. پیشران پیچیدگی زنجیره تأمین، به هرگونه خاصیت از زنجیره تأمین گفته می‌شود که موجب افزایش پیچیدگی آن شود (سرداراسان، ۲۰۱۳). تصمیم‌گیرنده می‌تواند برای مدیریت پیچیدگی با تجزیه و تحلیل پیشران‌های پیچیدگی و بررسی وابستگی‌های متقابل آنها، استراتژی مناسب را اجرا کند (وگل و لاش، ۲۰۱۵)؛ بنابراین شناسایی تمام پیشران‌های پیچیدگی و روابط متقابل بین آنها که در زنجیره تأمین به نتایج پیش‌بینی‌ناپذیر منجر می‌شوند، اولین گام در مدیریت پیچیدگی است (سوبرامانیا، عبدالرحمان و رحمان، ۲۰۱۴). برای شناسایی پیشران‌های غالب از بین پیشران‌های پیچیدگی زنجیره تأمین، می‌توان بر اساس میزان تأثیری که بر عملکرد زنجیره تأمین دارند، آنها را رتبه‌بندی کرد (کاوایلال و همکاران، ۲۰۱۷). این رتبه‌بندی بر اساس اهمیت پیچیدگی به متخصصان کمک خواهد کرد که اولویت‌های بهبود و کاهش پیچیدگی زنجیره تأمین را شناسایی کنند و در صدد اصلاح و کاهش

- 
1. Supply Chain Complexity (SCC)
  2. Globalization
  3. Variety
  4. Flexibility
  5. Sustainability
  6. Uncertainties

پیچیدگی‌ها برآیند تا بتوانند از مزیت‌های آن در جهت افزایش کارایی زنجیره تأمین و ایجاد مزیت رقابتی استفاده نمایند.

از طرفی، در بین انبوه ضرورت‌های زندگی، لوازم خانگی به لحاظ گستردگی و ضرورت استفاده از آنها توسط اقشار اجتماعی، اهمیت و حساسیت خاصی دارد. صنعت لوازم خانگی یکی از مهم‌ترین صنایع فعال در عرصه اقتصاد جهان به‌شمار می‌رود و عمدتاً رکود و رونق آن با رکود و رونق اقتصاد کشورها همراه است. اهمیت صنعت لوازم خانگی عمدتاً از آنجا ریشه می‌گیرد که این صنعت با صنایع بسیار زیادی در ارتباط است. صنعت لوازم خانگی با سابقه بیش از ۵۰ سال فعالیت در ایران و کثرت و تنوع تولید در حوزه نیازها و ضرورت‌های خانگی، مورد نیاز تمام اقشار جامعه است. از سوی دیگر، درصد بالایی جمعیت جوان کشور و آغاز زندگی مشترک آنان و به تبع، نیاز این قشر بزرگ به خرید و استفاده از لوازم خانگی، مبین اهمیت بازار لوازم خانگی ایرانی در آینده نزدیک است. در واقع این صنعت، تأمین نیاز خانوارها را برای استفاده از امکانات مدرن و مطمئن در زندگی در فهرست مسئولیت‌های خود دارد. حیات این صنعت و گسترش آن با توجه به جنبه‌های اقتصادی گسترده آن از قبیل اشتغال و ایجاد ارزش افزوده، می‌تواند برای هر کشوری از جمله مهم‌ترین اهداف باشد. اما حیات و بقای این صنعت تا حد زیادی با وضعیت بازار داخلی و به بیان بهتر و فنی‌تر، وجود تقاضای مؤثر در کشور مرتبط است. به همین دلیل، بررسی تحولات آن و تلاش برای ارتقای تکنولوژی و گسترش بازار، یکی از داغ‌ترین صحنه‌های رقابت اقتصادی در عرصه داخلی و بین‌المللی به‌شمار می‌رود.

از این رو، هدف این پژوهش اولویت‌بندی انواع پیچیدگی‌های زنجیره تأمین در حوزه تولید لوازم خانگی است که می‌تواند به بهبود سطح تصمیمات در زنجیره کمک شایانی داشته باشد. بنابراین سؤال پژوهش به این صورت مطرح می‌شود: اهمیت هر یک از پیچیدگی‌های زنجیره تأمین در حوزه تولید لوازم خانگی چقدر است؟

### پیشینه نظری پژوهش

پیچیدگی زنجیره تأمین دو کانون اصلی دارد؛ یکی از آنها نقطه تمرکز بیشتر پیچیدگی‌های عملیاتی در زنجیره‌های تأمین (برای مثال نوع، کیفیت و مقدار رابطه) را بررسی می‌کند (چوی، دولی و رانگتوساناتان، ۲۰۰۱؛ پرونا و میراگلیوتا، ۲۰۰۴) و دیگری بر ساختار پیچیدگی زنجیره تأمین بیشتر متمرکز شده است (پاتاک، دی، نیر، ساوایا و کریستال، ۲۰۰۷؛ بوزارس، وارسینگ، فلاین و فلاین، ۲۰۰۹).

پیچیدگی زنجیره تأمین، سطحی از پیچیدگی جزئیات و پیچیدگی پویای ارائه‌شده توسط محصول‌ها، فرایندها و رابطه‌هایی که یک زنجیره تأمین را تشکیل می‌دهند، تعریف شده است

(بوزارس و همکاران، ۲۰۰۹). پیچیدگی جزئیات، به تعداد مشخصی از قطعاتی که یک سیستم را تشکیل می‌دهند، اشاره دارد؛ در حالی که پیچیدگی پویا نشان‌دهنده پیش‌بینی‌ناپذیر بودن پاسخ سیستم به مجموعه‌ای از ورودی‌ها و ارتباط متقابل قطعات سیستم است. جریان مواد و اطلاعات، پیشران‌های اصلی پیچیدگی در زنجیره تأمین را به دلیل عدم اطمینان و تنوع، نشان می‌دهند (ایسیک، ۲۰۱۰). پیشران‌های پیچیدگی زنجیره تأمین معمولاً به سه دسته بالادستی، تولیدات داخلی و پایین‌دستی طبقه‌بندی می‌شوند (بوزارس و همکاران، ۲۰۰۹). به گفته سرداراسان (۲۰۱۳)، تا کنون پیشران‌های پیچیدگی مختلفی در حوزه‌های مواد غذایی، مواد شیمیایی، الکترونیک و خودروسازی ارائه شده و استراتژی برخورد با آنها نیز بیان شده است. شناسایی عوامل پیچیدگی و راهکارهای برخورد با آن، از جمله مهم‌ترین دغدغه‌های مدیران و رهبران سازمان‌ها در هر زنجیره تأمین است. بر اساس یافته‌های تحقیقاتی، مدیریت پیچیدگی در زنجیره تأمین، به عملکرد بهتر، یکپارچگی بیشتر و هزینه کمتر در زنجیره تأمین منجر می‌شود (چوپرا و میندل، ۲۰۰۷). سوبرامانیا و همکارانش (۲۰۱۵) از تجزیه و تحلیل ماتریس اهمیت - عملکرد برای خوشه‌بندی پیشران‌های پیچیدگی تأمین در بخش تولید چین استفاده کردند. همچنین محققان اثر پیشران‌های پیچیدگی زنجیره تأمین را بر عملکرد آن مطالعه نمودند (بوزارس و همکاران، ۲۰۰۹) و فرکانس اختلالات زنجیره تأمین (بود و واگنر، ۲۰۱۵) را به بحث کشیده‌اند. از دیدگاه کلی، پیچیدگی زنجیره تأمین نیز به قسمت‌هایی همچون پیچیدگی شبکه، فرایند، اقلام محصول، مشتری، عرضه‌کننده و سایر اطلاعات طبقه‌بندی شده است (کریستوفر، ۲۰۱۲). این جنبه‌های مختلف پیچیدگی زنجیره تأمین به یکدیگر وابسته‌اند، از این رو باید به صورت اختصاصی بررسی شوند. وابستگی متقابل و قوی بین پیشران‌های پیچیدگی زنجیره تأمین، موجب می‌شود که کنترل / کاهش هر یک از پیشران‌ها، اثر مثبت یا منفی‌ای بر پیشران‌های دیگر داشته باشد (سرداراسان، ۲۰۱۳). برای کاهش آثار منفی در پیچیدگی زنجیره تأمین، باید پیشران‌های پیچیدگی زنجیره تأمین رتبه‌بندی شوند. این رتبه‌بندی می‌تواند توسط روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره صورت گیرد (کاویلال و همکاران، ۲۰۱۷).

### پیشینه تجربی

تاکنون پژوهش‌های بسیاری در حوزه زنجیره تأمین و پیچیدگی آن انجام شده است. در ادامه به بررسی مختصری از این پژوهش‌ها پرداخته خواهد شد. ماکویی و مددی (۱۳۸۳) در پژوهشی با عنوان «پیچیدگی در زنجیره‌های تأمین» به بررسی اندازه‌گیری پیچیدگی عملیاتی در زنجیره تأمین پرداختند. آنها پیشنهاد دادند که با تحلیل میزان و علل بروز اتلاف در مقادیر

برنامه‌ریزی شده و مقادیر واقعی و نیز، کمیت‌های مورد اندازه‌گیری در جریان‌های اصلی، می‌توان اطلاعات لازم را برای محاسبه پیچیدگی عملیاتی به دست آورد. همچنین، رضانیان، رحمانی، حسینی‌جو و مباشر امینی (۱۳۹۲) در پژوهشی با موضوع «برخورد با پیچیدگی زنجیره تأمین با استفاده از رویکرد فرایند تفکر تئوری محدودیت‌ها (مطالعه موردی: یک شرکت تولیدکننده کاغذ)» روش کارا و اثربخشی را برای شناسایی و برخورد با پیچیدگی زنجیره تأمین معرفی کردند. این پژوهش بر اصول سیستم تئوری محدودیت‌ها استوار بود و نشان داد چگونه مدیر می‌تواند از نمودارهای منطقی فرایند تفکر تئوری محدودیت‌ها، برای شناسایی و برخورد با عوامل ریشه‌ای پیچیدگی زنجیره تأمین استفاده کند. این رویکرد در یکی از شرکت‌های بزرگ تولیدکننده کاغذ در کشور به اجرا درآمد. داده‌های لازم از طریق پرسشنامه و مصاحبه گردآوری شد و با روش منطقی، گام‌به‌گام و تعاملی، یعنی با نظرخواهی از کارشناسان و مدیران ارشد زنجیره تأمین شرکت، تحلیل شدند تا نتایج از اعتبار کافی برخوردار باشند. نتایج نشان داد این نمودارهای منطقی به میزان بسیار زیادی در شناسایی پیچیدگی‌های زنجیره تأمین و ریشه‌یابی آنها مفیدند. باقری (۱۳۹۴) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود با موضوع «بررسی رابطه بین پیچیدگی زنجیره تأمین و عملکرد مالی با بررسی نقش تعدیل‌گری اهرم‌های پیچیدگی در شرکت‌های تولیدی استان خوزستان» به بررسی رابطه بین پیچیدگی زنجیره تأمین و عملکرد مالی پرداخت. یافته‌های پژوهش وی نشان داد کاهش و مدیریت پیچیدگی در زنجیره تأمین، به عملکرد بهتر، هزینه کمتر و یکپارچگی بیشتر زنجیره تأمین منجر می‌شود؛ بنابراین کنترل و مدیریت سطح پیچیدگی می‌تواند به عنوان مسئله‌ای استراتژیک برای شرکت‌ها در نظر گرفته شود. این نکته، ضرورت مقابله با پیچیدگی به عنوان یک مسئله مدیریتی را روشن می‌کند. در تحقیق دیگری با موضوع «مدل‌سازی و اندازه‌گیری پیچیدگی ساختاری در شبکه‌های زنجیره تأمین مونتاژ» همتا، اکبریور شیرازی و قبادی (۱۳۹۴)، پیچیدگی ساختاری شبکه‌های زنجیره تأمین مونتاژ را بر مبنای آنتروپی شان محاسبه کردند. مدل پیچیدگی ارائه‌شده در این مقاله نیز به منظور تعیین پیکره‌بندی بهینه شبکه‌های زنجیره تأمین مونتاژ با عملکرد استوار به کار رفته و شاخص کمی با لحاظ نمودن انتشار عدم قطعیت درون شبکه برای اندازه‌گیری پیچیدگی ارائه شده است. به منظور تولید پیکره‌بندی‌های شنی مختلف، یک الگوریتم تجزیه چهار مرحله‌ای با در نظر گرفتن محدودیت توالی مونتاژ پیشنهاد شده که در نهایت، شبکه زنجیره تأمین مونتاژ بهینه با مقایسه مقادیر پیچیدگی پیکره‌بندی‌های شنی به دست آمده است.

در پژوهشی با عنوان «ارائه مدل مفهومی برای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار (مطالعه موردی: شرکت سایپا)»، صفایی قادیکلایی، مدهوشی و جمالیان (۱۳۹۴)، به ارائه مدلی برای انتخاب

تأمین‌کنندگان پایدار در زنجیره تأمین سایپا پرداختند. آنان با بررسی ادبیات نظری پژوهش، ۵۸ شاخص را برای ارزیابی تأمین‌کننده پایدار شناسایی کردند که پس از بررسی خبرگان زنجیره تأمین در صنعت خودرو، فقط ۱۷ شاخص مناسب تشخیص داده شد. سپس پرسشنامه‌ای را در اختیار کارشناسان زنجیره تأمین شرکت سایپا قرار دادند و بر اساس ۱۹۱ پرسشنامه به دست آمده، مدل مفهومی انتخاب تأمین‌کننده پایدار را با روش تحلیل عاملی - تأییدی برآورد کردند و شاخص‌های پایداری را در سه گروه اقتصادی، رفاه اجتماعی و زیست‌محیطی عامل‌بندی نمودند. طبق نتایج کسب‌شده از این پژوهش، مشخص شد که انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار به ترتیب اولویت به ابعاد «رفاه اجتماعی»، «اقتصادی» و «زیست‌محیطی» بستگی دارد.

جعفرنژاد، آذر و ابراهیمی (۱۳۹۵) نیز در پژوهشی با عنوان «طراحی مدل ریاضی مدیریت سفارشات زنجیره تأمین با تکیه بر رویکرد بهینه‌سازی استوار و ساختار هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت»، به طراحی مدل ریاضی مدیریت سفارش‌های دو قطعه به کار رفته در زنجیره تأمین یکی از شرکت‌های خودروسازی پرداختند. بدین منظور از دو رویکرد بهینه‌سازی استوار و هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت استفاده کردند. با توجه به ساختار هزینه‌ای مدل، پیچیدگی اجزای هزینه‌ای و عدم اطمینان برخی پارامترها، مدل تحقیق را به مدلی استوار تبدیل نمودند تا پاسخ‌های آن قابل اتکا باشد. در پایان نیز، برای ارزیابی صحت عملکرد مدل و بررسی کیفیت جواب‌ها، از تکنیک شبیه‌سازی استفاده کردند. نتایج ضمن تأیید اعتبار مدل، نشان داد تخمین سبد سفارش‌ها و تدوین سناریوهای گوناگون و کاربردی امکان‌پذیر است.

کریمی و فوکردی (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان «مدل تلفیقی اولویت‌بندی فازی و پرمته برای انتخاب تأمین‌کننده» از روش اولویت‌بندی فازی استفاده کردند. آنها به کمک ترکیب نتایج این روش با روش رتبه‌بندی پرمته، چارچوب اثربخشی را برای حل مسئله ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان ارائه دادند. به کارگیری این چارچوب برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان قطعات یکی از شرکت‌های خودروسازی ایران، مؤید این ادعا بوده است.

نهفتی کهنه و تیموری (۱۳۹۵) نیز در پژوهشی با عنوان «ارائه مدلی برای طراحی زنجیره تأمین فرآورده‌های خونی در زمان وقوع بحران زلزله با در نظر گرفتن انتقال از سایر استان‌ها (مطالعه موردی: شبکه انتقال خون تهران)»، با طراحی زنجیره تأمین فرآورده‌های خونی مطابق با دنیای واقعی، سعی بر پاسخگویی به نیاز متقاضیان این فرآورده‌ها هنگام وقوع بحران زلزله شدند و به دلیل ناتوانی شهر حادثه‌دیده در زمان وقوع این بحران در تأمین فرآورده‌های خونی موردنیاز خود، بحث انتقال این فرآورده‌ها از مراکز استان‌های مجاور مطرح شد. این مسئله به صورت دوهدفه تحت عدم قطعیت فازی مدل‌سازی شد و از روش محدودیت اپسیلون اصلاحی برای

حل آن استفاده گردید. مطالعه موردی در خصوص وقوع بحران زلزله در شهر تهران با استفاده از اطلاعات شبکه انتقال خون این شهر بررسی شد. نتایج نشان داد با در نظر گرفتن امکان انتقال فرآورده‌های خونی از سایر استان‌ها، می‌توان به تصمیم‌گیرندگان شبکه انتقال خون برای افزایش خدمت‌رسانی به متقاضیان در زمان زلزله کمک شایانی کرد.

همچنین، در حوزه پیچیدگی دستگاه‌های تولید، بلکر، کرسین و میر (۲۰۰۵) در تحقیقی با عنوان «توسعه یک رویکرد برای تجزیه و تحلیل پیچیدگی زنجیره تأمین»، بیان کردند پیچیدگی ساختاری به دلیل ماهیت ایستای فرایندها، محصولات و ساختارها به وجود می‌آید، در حالی که پیچیدگی پویا از منابع بیرونی و درونی داخل عملیات از جمله تغییرپذیری در زمان‌ها و مقادیر به دلیل کمبود مواد، قابلیت اطمینان نامناسب تأمین‌کننده یا خرابی و از کار افتادگی ماشین‌آلات ایجاد می‌شود.

شو، مونوستوری، ساجی و دورینگ (۲۰۰۸) در پژوهشی با موضوع «مدل‌سازی مبتنی بر پیچیدگی همکاری پیکربندی مجدد در صنعت تولید»، محرک‌های اصلی پیچیدگی را عدم قطعیت، پویایی، کثرت، تنوع و تعاملات معرفی کردند و معتقدند ترکیب این عوامل تعیین می‌کند که یک سیستم پیچیده است یا خیر.

ژو، هو، کورن و مارین (۲۰۰۸) در تحقیقی با عنوان «مدل‌سازی پیچیدگی تولید در مدل مخلوط خطوط مونتاژ»، شاخصی برای محاسبه پیچیدگی تولید پیشنهاد کردند که تنوع محصول و عملکرد اپراتورها را در تصمیم‌گیری‌های مختلف در نظر می‌گیرد. ونگ و همکارانش (۲۰۱۱) در تحقیقی با عنوان «بهینه‌سازی چند هدفه تنوع محصول و پیچیدگی ساخت در مدل مخلوط سیستم‌های مونتاژ» رویکرد بهینه‌سازی چندهدفه‌ای را برای پیچیدگی تولید در سیستم‌های تولید با تنوع محصول زیاد توسعه داده‌اند. آنها یک شاخص نسبی برای محاسبه پیچیدگی با در نظر گرفتن یک خانواده محصول ارائه کردند تا بتوانند مجموعه بهینه گونه‌های محصول را بیابند.

اخیراً المرآغی، المرآغی، تومیاما و مونوستوری (۲۰۱۲) در پژوهشی با موضوع «پیچیدگی در طراحی مهندسی و ساخت»، مدل‌های پیچیدگی در طراحی مهندسی، تولید و کسب‌وکار را به‌طور جامع مرور کردند. آنها معتقدند که طراحی سیستم‌هایی با پیچیدگی کمتر، موضوع مهمی برای تحقیقات آتی است. بود و واگنر (۲۰۱۵) در تحقیقی با عنوان «پیشران‌های ساختاری پیچیدگی و فرکانس اختلالات زنجیره تأمین»، قسمت بالادستی زنجیره تأمین را بررسی کردند. آنها با بررسی ادبیات حوزه پیچیدگی زنجیره تأمین، مدلی را که فرکانس اختلالات پیچیدگی زنجیره تأمین را پیش‌بینی می‌کند ارائه و ارزیابی نمودند. یافته‌های تجربی تحقیق نشان داد نه تنها سه پیشران بررسی پیچیدگی موجب افزایش فرکانس اختلالات پیچیدگی زنجیره تأمین می‌شوند،

بلکه در کنار هم موجب هم‌افزایی خواهند شد. آیتکین و همکارانش (۲۰۱۶) در تحقیقی با عنوان «حذف یا جذب پیچیدگی زنجیره تأمین: مدل و مورد مطالعه مفهومی» مدلی برای کاهش جذب پیچیدگی زنجیره تأمین در واحدهای کسب‌وکار ارائه کردند. مورد مطالعه در این پژوهش، شرکت تولید غذاهای بسته‌بندی شده بوده است. یافته‌های این تحقیق نشان داد شرکت ابتدا باید بین پیشران‌های استراتژیک و ناکارآمد تمییز قائل شوند.

بر اساس مرور پیشینه پژوهش و ادبیات موضوع، مشخص شد که هیچ‌یک از تحقیقات داخلی به اولویت‌بندی انواع پیچیدگی‌های زنجیره تأمین نپرداخته‌اند. همچنین هیچ‌یک از تحقیقات داخلی در محیط فازی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، پیچیدگی زنجیره تأمین را بررسی نکرده‌اند. به همین صورت، بررسی پیچیدگی زنجیره تأمین در صنعت لوازم خانگی به‌عنوان یک صنعت پرکاربرد توسط اقشار اجتماعی، تا کنون در تحقیقات گذشته انجام نشده است که در این پژوهش همه آنها بررسی خواهند شد.

### روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی است و از دسته پژوهش‌های کمی به‌شمار می‌رود. همچنین از نظر شیوه گردآوری اطلاعات، «توصیفی (غیرآزمایشی)» است که به‌دلیل استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی از نوع پیمایشی - تک مقطعی محسوب می‌شود (سرمد، بازرگان و حجازی، ۱۳۹۳: ۸۳-۸۲).

جامعه آماری در این پژوهش شرکت‌های تولید لوازم خانگی است. برای مقایسه‌های زوجی ابعاد اصلی «پیچیدگی زنجیره تأمین» و مقایسه‌های زوجی زیرشاخص‌های هر بعد، پرسشنامه‌ای تدوین شد که هشت نفر از خبرگان حوزه زنجیره تأمین با دست‌کم ۵ سال سابقه کار مدیریت و حداقل مدرک کارشناسی ارشد، به‌صورت توافقی به آن پاسخ دادند. نمونه‌های آماری این تحقیق به‌صورت گلوله برفی انتخاب شدند. برای وزن‌دهی به پیچیدگی‌های شناسایی شده نیز، از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شد.

در جدول ۱ عناصر اصلی مدل همراه با ابعاد، مؤلفه‌ها و شاخص‌های پیچیدگی در زنجیره تأمین نشان داده شده است. هریک از عناصر در دسته‌بندی خاص خود قرار گرفته‌اند و مسئله با نگرش تحلیل‌گرا و عمیق بررسی خواهد شد. اگرچه بنیان مدل زیر بر اساس مطالعات پیشین و با توجه به مدل‌های مطرح‌شده محققان (هوآن، شوران و وانگ، ۲۰۰۴؛ باتینی، پرسونا و آلسینا، ۲۰۰۷؛ سان و رز، ۲۰۱۵) طراحی شده است؛ پس از طراحی اولیه مدل از طریق مرور ادبیات، روایی محتوای پیشران‌های پیچیدگی با نظرسنجی از چند تن از استادان و خبرگان حوزه زنجیره



تأمین ارزیابی شد؛ به این صورت که پرسشنامه‌ای متشکل از عوامل شناسایی شده در اختیار خبرگان حوزه زنجیره تأمین قرار گرفت و از آنها درخواست شد بر اساس مقیاس هفت درجه‌ای لیکرت به این عوامل امتیاز دهند. در انتها نیز چند جای خالی لحاظ شد تا خبرگان در صورت نیاز، عامل یا عوامل مهمی که در نظر داشتند، اما آنها را در فهرست اولیه ندیدند، اضافه کنند و به آن امتیاز دهند. در نهایت، عواملی که امتیاز آنها بیشتر از ۵ بود انتخاب شدند. گویه‌های اصلی پرسشنامه برای متغیرهای مکنون مرتبه پایین مدل، در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱. مدل تحلیلی پژوهش برای پیچیدگی زنجیره تأمین

متغیر	کد	گویه	منابع
طراحی و برنامه‌ریزی	P1	حجم اطلاعات موجود در سازمان	کارپ و رنون (۱۹۹۲)
	P2	همکاری بین شرکت‌های همکار	ساهین، ویدال و بنزرتی (۲۰۱۳)
	P3	تنوع شرکت‌های همکار	ساهین و همکاران (۲۰۱۳)، بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)، سرداراسان (۲۰۱۳)
	P4	تصمیم‌گیری در سازمان	سرداراسان (۲۰۱۳)
	P5	رفتار کارکنان در سازمان	توویل (۱۹۹۹)، هاشمی و همکاران (۲۰۱۳)
	P6	نوآوری تکنولوژیکی	سرداراسان (۲۰۱۳)
	P7	درجه تعامل بین اجزاء زیرسیستم‌ها و محیط	نوواک و اپینگر (۲۰۰۱)، ساهین و همکاران (۲۰۱۳)
جایزه و پاداش	M1	راه‌اندازی محصولات / خدمات جدید	پرونا و میراگلیوتا (۲۰۰۴)
	M2	طول چرخه عمر محصول	سرداراسان (۲۰۱۳)، پرونا و میراگلیوتا (۲۰۰۴)، بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)
	M3	تنوع محصولات / خدمات	بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)
	M4	پیچیدگی تکنولوژی تولید	پرونا و میراگلیوتا (۲۰۰۴)
	M5	حجم تولید	بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)
	M6	پیچیدگی برنامه‌ریزی تولید	بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)
	M7	تنوع فرایندهای تولیدی	ساهین و همکاران (۲۰۱۳)، بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)، سرداراسان (۲۰۱۳)
	M8	تعداد اجزای محصول	جیکوبز (۲۰۱۳)، بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)
	M9	پیچیدگی ساختار محصول	ایسیک (۲۰۱۱)، جیکوبز (۲۰۱۳)
	M10	پیچیدگی ارتباطات بین واحدها	مصاحبه با خبرگان

ادامه جدول ۱

متغیر	کد	گویه	منابع
ارسال و تحویل	D1	درجه پیش‌بینی‌پذیری نیازها و تقاضاهای مشتریان	پرونا و میراگلیوتا (۲۰۰۴)
	D2	تعداد مشتریان	جیکوبز (۲۰۱۳)، بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)، پرونا و میراگلیوتا (۲۰۰۴)
	D3	حجم سفارش‌های دریافتی	بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)
	D4	گسترده‌گی شبکه مشتریان	بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)
	D5	میزان پیش‌بینی‌پذیری مرتبط با تقاضاها و نیازهای مشتریان	سرداراسان و همکاران (۲۰۰۴)
	D6	تنوع تقاضای مشتریان	جیکوبز (۲۰۱۳)، سرداراسان (۲۰۱۳)
	D7	نیازهای ناهمگن مشتریان	سرداراسان (۲۰۱۳)
	D8	تغییر نیازها و انتظارات مشتری	پرونا و میراگلیوتا (۲۰۰۴)
تأمین و منبع‌یابی	S1	کمبودهای مواد اولیه	مصاحبه با خبرگان
	S2	برون‌سپاری فعالیت‌ها به سازمان‌های دیگر	مصاحبه با خبرگان
	S3	عدم اطمینان تأمین‌کنندگان در برآورده کردن تعهدات	بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)، چوی و کراوسه (۲۰۰۶)
دین و منبع‌یابی	S4	تعداد تأمین‌کنندگان در پایگاه تأمین	بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)، پرونا و میراگلیوتا (۲۰۰۴)، سرداراسان (۲۰۱۳)، ساهین و همکاران (۲۰۱۳)، سرداراسان (۲۰۰۹)
	S5	تنوع ناشی از جریان مواد و اطلاعات	بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)، پرونا و میراگلیوتا (۲۰۰۴)
	S6	گسترش جغرافیایی پایگاه تأمین‌کنندگان	ساهین و همکاران (۲۰۱۳)، سرداراسان (۲۰۰۹)، بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)
	S7	قابلیت اطمینان عرضه مواد اولیه	بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)
	S8	سطح روابط بین تأمین‌کنندگان	چوی و کراوسه (۲۰۰۶)، سرداراسان (۲۰۰۹)
	S9	تغییر نیازها و انتظارات تأمین‌کننده	پرونا و میراگلیوتا (۲۰۰۴)
	E1	جهانی‌شدن سازمان	سرداراسان (۲۰۰۹)
	E2	رقابت بالا در صنعت	مصاحبه با خبرگان
	E3	اندازه سازمان‌های همکار	بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)
فناوری‌ها	E4	درگیر شدن در فعالیت‌های مربوط به اکتساب و ادغام	مصاحبه با خبرگان
	E5	مقررات و استانداردهای صنعت خاص	ساهین و همکاران (۲۰۱۳)، سرداراسان (۲۰۰۹)
	E6	قوانین و مقررات ملی و بین‌المللی	ساهین و همکاران (۲۰۱۳)، سرداراسان (۲۰۰۹)
	E7	تفاوت در فرهنگ و زبان شرکت‌های همکار	ساهین و همکاران (۲۰۱۳)
	E8	تغییرات محیط کسب‌وکار (بیرونی)	پرونا و میراگلیوتا (۲۰۰۴)

## ادامه جدول ۱

متغیر	کد	گویه	منابع
سازگاری	R1	روابط بین عمده‌فروش، خرده‌فروش و مشتری	سahین و همکاران (۲۰۱۳)، ریس (۱۹۹۳)
	R2	سازوکارهای بازگشت محصول از مشتری به سازمان	مصاحبه با خبرگان
	R3	سازوکارهای بازگشت مواد اولیه به تأمین‌کنندگان	چوی و کراوسه (۲۰۰۶)
	R4	روابط بین سازمان و تأمین‌کنندگان مواد اولیه	ریس (۱۹۹۳)، بوزارت و همکاران (۲۰۰۹)، چوی و کراوسه (۲۰۰۶)

## روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

برای سنجش مدل «پیچیدگی زنجیره تأمین» از Fuzzy AHP استفاده می‌شود. توجه به این نکته ضروری است که فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی سنتی، امکان انعکاس سبک تفکر انسانی را به‌طور کامل ندارد. به بیان بهتر، استفاده از مجموعه‌های فازی با توضیحات زبانی و گاه مبهم انسانی، سازگاری بیشتری دارد، بنابراین بهتر است که با استفاده از مجموعه‌های فازی (به‌کارگیری اعداد فازی) به پیش‌بینی بلندمدت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت. در این تحقیق از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی چانگ (۱۹۹۶) استفاده می‌شود.

در تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، پس از ترسیم درخت سلسله‌مراتب تصمیم، باید به مقایسه زوجی عناصر هر سطح مدل پرداخت. در مرحله محاسبات، با استفاده از تعاریف و مفاهیم تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، ضرایب هر یک از ماتریس‌های مقایسه زوجی محاسبه می‌شود که برای هر یک از سطرها ماتریس مقایسه‌های زوجی، ارزش  $S_k$  که خود یک عدد فازی مثلثی است، از رابطه ۱ به‌دست می‌آید. برای محاسبه هر یک از بخش‌های این رابطه از رابطه‌های ۲ تا ۴ استفاده می‌شود.

$$S_k = \sum_{j=1}^n M_{ki}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} \right]^{-1} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$\sum_{j=1}^m M_{ij} = \left( \sum_{i=1}^m l_j, \sum_{i=1}^m m_j, \sum_{i=1}^m u_j \right) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} = \left( \sum_i^n l_i, \sum_i^n m_i, \sum_i^n u_i \right) \quad \text{رابطه ۳}$$

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ki}^j \right]^{-1} = \left[ \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right] \quad \text{رابطه ۴}$$

پس از محاسبه تمام  $S_k$ ها، در این مرحله باید طبق رابطه‌های زیر، درجه بزرگی هر یک از عناصر سطوح را بر سایر عناصر آن سطح، به صورت جداگانه، محاسبه کنیم.

$$\begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 & \text{if } m_1 \geq m_2 \\ V(M_1 \geq M_2) = 0 & \text{if } l_2 \geq u_1 \\ V(M_1 \geq M_2) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{رابطه ۵}$$

$$\text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \frac{l_2 - u_1}{(m_1 - u_1) - (m_2 - l_2)} \quad \text{رابطه ۶}$$

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از  $K$  عدد فازی مثلثی دیگر از رابطه ۷ به دست می‌آید:

$$V(M_1 \geq M_2, \dots, M_k) = V(M_1 \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } V(M_1 \geq M_k) \quad \text{رابطه ۷}$$

برای محاسبه وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسه‌های زوجی به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$w'(x_i) = \min \{V(S_i \geq S_k)\} \quad k = 1, 2, \dots, n, k \neq i \quad \text{رابطه ۸}$$

بنابراین بردار وزن شاخص‌ها به صورت رابطه ۹ یا همان بردار ضرایب نابهنجار تحلیل سلسله‌مراتبی فازی خواهد بود.

$$w' = [w'(x_1), w'(x_2), \dots, w'(x_n)]^t \quad \text{رابطه ۹}$$

### محاسبه سازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی فازی

گاگوس و بوچر (۱۹۹۸) بر اساس شرایط انتقال‌پذیری قوی، روشی را برای محاسبه درجه سازگاری ماتریس‌های مقایسه فازی زوجی ارائه کردند. در این روش به منظور بررسی شرایط سازگاری، لازم است از هر ماتریس مقایسه زوجی  $\tilde{A}_{n \times n}$ ، دو ماتریس مجزای  $A^m$  و  $A^s$  تشکیل شود. ماتریس  $A^m$  از مقادیر میانی ترجیحات هر خبره (مقادیر میانی اعداد فازی مثلثی) به دست می‌آید ( $A^m = [a_{ijm}]$ ). ماتریس دوم نیز ( $A^s$ )، از میانگین هندسی حد بالا و حد پایین اعداد فازی مثلثی ایجاد می‌شود (رابطه ۱۰).

$$A^g = \sqrt{a_{ijL} \cdot a_{ijU}} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

برای یافتن میزان سازگاری، بردار وزن هر یک از این دو ماتریس باید محاسبه شود. از آنجا که این ماتریس‌ها شامل داده‌های غیر فازی هستند، می‌توان از روش ساعتی برای محاسبه بردار وزن استفاده کرد. از این رو، بردارهای دو وزن  $W^m$  و  $W^g$  از رابطه‌های ۱۱ و ۱۲ به دست می‌آید.

$$w^m = [w_i^m] \quad \text{where} \quad w_i^m = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ijm}}{\sum_{i=1}^n a_{ijm}} \quad \text{رابطه ۱۱}$$

$$w^g = [w_i^g] \quad \text{where} \quad w_i^g = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{\sqrt{a_{ijL} \cdot a_{ijU}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{a_{ijL} \cdot a_{ijU}}} \quad \text{رابطه ۱۲}$$

$n$  بُعد ماتریس است. بزرگ‌ترین مقدار ویژه ( $\lambda_{max}$ ) برای هر یک از ماتریس‌ها از رابطه‌های ۱۳ و ۱۴ محاسبه می‌شود.

$$\lambda_{max}^m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ijm} (w_j^m / w_i^m) \quad \text{رابطه ۱۳}$$

$$\lambda_{max}^g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sqrt{a_{ijL} \cdot a_{ijU}} (w_j^g / w_i^g) \quad \text{رابطه ۱۴}$$

بر اساس روش ساعتی، شاخص سازگاری (CI) برای سنجش پایایی پرسشنامه اول که انحراف از سازگاری کامل را نشان می‌دهد، به ترتیب زیر به دست می‌آید.

$$CI^m = \frac{(\lambda_{max}^m - n)}{(n - 1)} \quad \text{رابطه ۱۵}$$

$$CI^g = \frac{(\lambda_{max}^g - n)}{(n - 1)} \quad \text{رابطه ۱۶}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{رابطه ۱۷}$$

برای محاسبه درصد سازگاری  $\left(CR = \frac{CI}{RI}\right)$ ، شاخص‌های تصادفی  $R^m$  و  $R^g$  مطابق جدول ۲ توسط گاگوس و بوچر (۱۹۹۸) ارائه شده است.

جدول ۲. شاخص‌های تصادفی گاگوس و بوچر

اندازه ماتریس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
$R^m$	۰	۰	۰/۴۸۹	۰/۷۹۳	۱/۰۷۲	۱/۱۹۹	۱/۲۸۷
$R^g$	۰	۰	۰/۱۷۹	۰/۲۶۲	۰/۳۵۹	۰/۳۸۱	۰/۴۰۹۰

  

اندازه ماتریس	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
$R^m$	۱/۳۴۱	۱/۳۷۹	۱/۴۰۹	۱/۴۱۸	۱/۴۴۶	۱/۴۵۵	۱/۴۹۱	۱/۴۹۹
$R^g$	۰/۴۱۶	۰/۴۳۴۸	۰/۴۴۵	۰/۴۵۳	۰/۴۷۷	۰/۴۶۹	۰/۴۸۰	۰/۴۸۸

اگر هر دو مقدار سازگاری ( $CR^g$  و  $CR^m$ ) هر ماتریس مقایسه زوجی، بزرگ‌تر از ۰/۱ باشد، باید از تجربه مدنظر درخواست شود که در ترجیحات خود تجدیدنظر کند. اگر فقط  $CR^m$  یا  $CR^g$  از ۰/۱ بزرگ‌تر شود و دیگری در مجموعه قابل قبول باشد، بهتر است تصمیم‌گیرنده برای ارزیابی مجدد مقادیر میانی ترغیب شود و مقدار حدا بدون تغییر بماند؛ اما با توجه به اینکه در این مطالعه از اعداد فازی مثلثی استاندارد چانگ استفاده می‌شود - که بین حد پایین، مقدار میانی و حد بالای هر عدد رابطه خاصی حاکم است - در صورت ناسازگاری هر یک از این دو ماتریس، باید به‌طور کلی درباره ترجیحات ماتریس مربوطه تجدیدنظر شود.

### یافته‌های پژوهش

پس از مرور ادبیات و شناسایی پیشران‌های پیچیدگی زنجیره تأمین، می‌توان مدل شناسایی شده را مبنای فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی قرار داد و به وزن‌دهی عوامل و زیر شاخص‌های مدل پرداخت.

پرسشنامه مقایسه‌های زوجی ابعاد اصلی «پیچیدگی زنجیره تأمین» و مقایسه‌های زوجی زیرشاخص‌های هر بعد، در اختیار تعدادی از خبرگان حوزه زنجیره تأمین بخش تولید لوازم خانگی

قرار گرفت و از آنها درخواست شد به صورت توافقی به این پرسشنامه پاسخ دهند و از داده‌های این پرسشنامه و از طریق روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، پیمان‌های پیچیدگی زنجیره تأمین وزن دهی شدند. ماتریس‌های مقایسه زوجی نهایی روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی با فرمول نویسی در نرم‌افزار اکسل به دست آمد و وزن دهی نهایی شاخص‌ها با ضرب وزن به دست آمده هر شاخص در زیرگروه خود در وزن بُعد مربوطه، محاسبه شد. در نهایت برای تعیین پایایی پرسشنامه (تعیین سازگاری یا ناسازگاری نظرها)، مقدار ناسازگاری هر یک از جدول‌های مقایسه زوجی به طور جداگانه محاسبه شد (میزان ناسازگاری هر ماتریس تلفیقی باید کمتر از ۰/۱ باشد). وزن نهایی هر زیر معیار در کل مدل پیچیدگی زنجیره تأمین، به کمک وزن معیار اصلی ضرب در وزن زیرمعیارها در گروه خودشان به دست می‌آید. وزن نهایی به دست آمده برای هر زیرمعیار و رتبه آنها در بین تمام شاخص‌های مدل پیچیدگی زنجیره تأمین به شرح جدول ۳ است.

جدول ۳. وزن‌ها و رتبه معیارها و زیرمعیارهای مدل پیچیدگی زنجیره تأمین

وزن تعدیل شده	وزن زیرشاخص	وزن معیارهای اصلی	زیرشاخص	رتبه زیرشاخص	معیارهای اصلی
۵/۳۹٪	۲۳/۰۳٪	۲۳/۴۱٪	حجم اطلاعات موجود در سازمان	۱	طراحی و برنامه‌ریزی
۳/۳۵٪	۱۴/۳۲٪		همکاری بین شرکت‌های همکار	۴	
۰/۷۷٪	۰۳/۲۹٪		تنوع شرکت‌های همکار	۷	
۵/۱۸٪	۲۲/۱۲٪		تصمیم‌گیری در سازمان	۲	
۲/۸۷٪	۱۲/۲۷٪		رفتار کارکنان در سازمان	۵	
۱/۵۴٪	۰۶/۵۸٪		نوآوری تکنولوژیکی	۶	
۴/۳۱٪	۱۸/۳۹٪		درجه تعاملات بین اجزا، زیرسیستم‌ها و محیط	۳	
۱/۵۶٪	۱۵/۰۱٪	۱۰/۳۸٪	راه‌اندازی محصولات / خدمات جدید	۱	تولید و ساخت
۰/۳۵٪	۰۳/۳۹٪		طول چرخه عمر محصول	۱۰	
۱/۲۸٪	۱۲/۳۴٪		تنوع محصولات / خدمات	۴	
۱/۲۲٪	۱۱/۷۷٪		پیچیدگی تکنولوژی تولید	۵	
۰/۶۴٪	۰۶/۱۲٪		حجم تولید	۷	
۰/۶۴٪	۰۶/۱۲٪		پیچیدگی برنامه‌ریزی تولید	۷	
۱/۲۲٪	۱۱/۷۴٪		تنوع فرایندهای تولیدی	۶	
۱/۴۵٪	۱۳/۹۸٪		تعداد اجزای محصول	۳	
۱/۵۴٪	۱۴/۸۲٪		پیچیدگی ساختار محصول	۲	
۰/۴۹٪	۰۴/۷۱٪	پیچیدگی ارتباطات بین واحدها	۹		

ادامه جدول ۳

وزن تعدیل‌شده	وزن زیرشاخص	وزن معیارهای اصلی	زیرشاخص	رتبه زیرشاخص	معیارهای اصلی
٪۲/۹۷	٪۹/۹۳	٪۲۹/۹۳	درجه پیش‌بینی‌پذیری نیازها و تقاضاهای مشتریان	۵	ارسال و تحویل
٪۵/۳۵	٪۱۷/۸۷		تعداد مشتریان	۳	
٪۱/۳۲	٪۴/۴۱		حجم سفارش‌های دریافتی	۸	
٪۵/۷۳	٪۱۹/۱۵		گسترده‌گی شبکه مشتریان	۲	
٪۲/۲۱	٪۷/۳۷		میزان پیش‌بینی‌پذیری مرتبط با تقاضاها و نیازهای مشتریان	۶	
٪۵/۸۹	٪۱۹/۶۶		تنوع تقاضای مشتریان	۱	
٪۱/۶۴	٪۵/۴۸		نیازهای ناهمگن مشتریان	۷	
٪۴/۸۳	٪۱۶/۱۳		تغییر نیازها و انتظارات مشتری	۴	
٪۰/۶۱	٪۵/۸۴	٪۱۰/۳۶	کمبودهای مواد اولیه	۸	تأمین و منع‌یابی
٪۱/۶۳	٪۱۵/۷۰		برون‌سپاری فعالیت‌ها به سازمان‌های دیگر	۳	
٪۱/۲۳	٪۱۱/۸۴		عدم اطمینان تأمین‌کنندگان در برآورده کردن تعهدات	۵	
٪۱/۷۶	٪۱۶/۹۵		تعداد تأمین‌کنندگان در پایگاه تأمین	۲	
٪۱/۸۲	٪۱۷/۵۹		تنوع ناشی از جریان مواد و اطلاعات	۱	
٪۱/۵۵	٪۱۴/۹۳		گسترش جغرافیایی پایگاه تأمین‌کنندگان	۴	
٪۰/۶۷	٪۶/۴۶		قابلیت اطمینان عرضه مواد اولیه	۷	
٪۰/۹۱	٪۸/۷۴		سطح روابط بین تأمین‌کنندگان	۶	
٪۰/۱۲۰	٪۱/۹۵		تغییر نیازها و انتظارات تأمین‌کننده	۹	
٪۲/۳۱	٪۸/۰۸	٪۲۸/۵۴	جهانی‌شدن سازمان	۶	توانمندسازها
٪۱/۵۳	٪۵/۳۵		رقابت بالا در صنعت	۷	
٪۴/۱۵	٪۱۴/۵۴		اندازه سازمان‌های همکار	۴	
٪۵/۰۶	٪۱۷/۷۱		درگیر شدن در فعالیت‌های مربوط به اکتساب و ادغام	۳	
٪۵/۵۲	٪۱۹/۳۵		مقررات و استانداردهای صنعت خاص	۱	
٪۵/۳۶	٪۱۸/۷۸		قوانین و مقررات ملی و بین‌المللی	۲	
٪۳/۹۳	٪۱۳/۷۷		تفاوت در فرهنگ و زبان شرکت‌های همکار	۵	
٪۰/۶۹	٪۰۲/۴۲		تغییرات محیط کسب‌وکار (بیرونی)	۸	
٪۲/۸۹	٪۹/۲۹	٪۳۱/۱۵	روابط بین عمده‌فروش، خرده‌فروش و مشتری	۴	بازگشت
٪۶/۵۱	٪۲۰/۹۰		سازوکارهای بازگشت محصول از مشتری به سازمان	۳	
٪۱۱/۵۷	٪۳۷/۱۵		سازوکارهای بازگشت مواد اولیه به تأمین‌کنندگان	۱	
٪۱۰/۱۷	٪۳۳/۶۶		روابط بین سازمان و تأمین‌کنندگان مواد اولیه	۲	



بر اساس نتایج فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی مطابق جدول ۳، بعد «طراحی و برنامه‌ریزی» وزن ۲۳/۴۱ درصد را به‌دست آورد. وزن‌های نهایی شاخص‌های بعد «طراحی و برنامه‌ریزی» نیز به‌ترتیب برای «حجم اطلاعات موجود در سازمان» برابر با ۵/۳۹، «تصمیم‌گیری در سازمان» معادل ۵/۱۸، «درجه تعاملات بین اجزا، زیرسیستم‌ها و محیط» برابر با ۴/۳۱، «همکاری بین شرکت‌های همکار» معادل ۳/۳۵، «رفتار کارکنان در سازمان» برابر با ۲/۸۷، «نوآوری تکنولوژیکی» برابر با ۱/۵۴ و «تنوع شرکت‌های همکار» برابر با ۰/۷۷ درصد به‌دست آمد.

بعد «تولید و ساخت» وزنی معادل ۱۰/۳۸ درصد را کسب کرد. وزن‌های نهایی شاخص‌های بعد «تولید و ساخت» نیز به‌ترتیب برای «راه‌اندازی محصولات/خدمات جدید» برابر با ۱/۵۶، «پیچیدگی ساختار محصول» برابر با ۱/۵۴، «تعداد اجزای محصول» معادل ۱/۴۵، «تنوع محصولات/خدمات» برابر با ۱/۲۸، «پیچیدگی تکنولوژی تولید» برابر با ۱/۲۲، «تنوع فرایندهای تولیدی» برابر با ۱/۲۲، «پیچیدگی برنامه‌ریزی تولید» برابر با ۰/۶۴، «حجم تولید» معادل ۰/۶۴، «پیچیدگی ارتباطات بین واحدها» برابر با ۰/۴۹ و «طول چرخه عمر محصول» برابر با ۰/۳۵ درصد به‌دست آمد.

به همین ترتیب، وزن بعد «ارسال و تحویل» ۲۹/۹۳ درصد محاسبه شد. وزن‌های نهایی شاخص‌های بعد «ارسال و تحویل» نیز به‌ترتیب برای «تنوع تقاضای مشتریان» برابر با ۵/۸۹، «گسترده‌گی شبکه مشتریان» برابر با ۵/۷۳، «تعداد مشتریان» برابر با ۵/۳۵، «تغییر نیازها و انتظارات مشتری» برابر با ۴/۸۳، «درجه پیش‌بینی‌پذیری نیازها و تقاضاهای مشتریان» برابر با ۲/۹۷، «میزان پیش‌بینی‌پذیری مرتبط با تقاضاها و نیازهای مشتریان» برابر با ۲/۲۱، «نیازهای ناهمگن مشتریان» برابر با ۱/۶۴ و «حجم سفارش‌های دریافتی» معادل ۱/۳۲ درصد به‌دست آمد.

با توجه به جدول ۳، بعد «تأمین و منبع‌یابی» دارای وزن ۱۰/۳۶ درصد است. وزن‌های نهایی شاخص‌های بعد «تأمین و منبع‌یابی» به‌ترتیب عبارت‌اند از: «تنوع ناشی از جریان مواد و اطلاعات» برابر با ۱/۸۲، «تعداد تأمین‌کنندگان در پایگاه تأمین» برابر با ۱/۷۶، «برون‌سپاری فعالیت‌های به‌سازمان‌های دیگر» برابر با ۱/۶۳، «گسترش جغرافیایی پایگاه تأمین‌کنندگان» برابر با ۱/۵۵، «عدم اطمینان تأمین‌کنندگان در برآورده کردن تعهدات» برابر با ۱/۲۳، «سطح روابط بین تأمین‌کنندگان» برابر با ۰/۹۱، «قابلیت اطمینان عرضه مواد اولیه» معادل ۰/۶۷، «کموادهای مواد اولیه» برابر با ۰/۶۱ و «تغییر نیازها و انتظارات تأمین‌کننده» معادل ۰/۲۰.

بعد «توانمندسازها» وزنی معادل ۲۸/۵۴ درصد را کسب کرد. وزن‌های نهایی شاخص‌های بعد «توانمندسازها» به‌ترتیب برای «مقررات و استانداردهای صنعت خاص» برابر با ۵/۵۲، «قوانین و مقررات ملی و بین‌المللی» برابر با ۵/۳۶، «درگیر شدن در فعالیت‌های مربوط به

اكتساب و ادغام» برابر با ۵/۰۶، «اندازه سازمان‌های همکار» برابر با ۴/۱۵، «تفاوت در فرهنگ و زبان شرکت‌های همکار» برابر با ۳/۹۳، «جهانی‌شدن سازمان» معادل ۲/۳۱، «رقابت بالا در صنعت» برابر با ۱/۵۳ و «تغییرات محیط کسب‌وکار (بیرونی)» برابر با ۰/۶۹ درصد به‌دست آمد. درنهایت با توجه به جدول ۳، وزن بعد «بازگشت» ۳۱/۱۵ درصد محاسبه شد. وزن‌های نهایی شاخص‌های بعد «بازگشت» به‌ترتیب برای «سازوکارهای بازگشت مواد اولیه به تأمین‌کنندگان» برابر با ۱۱/۵۷، «روابط بین سازمان و تأمین‌کنندگان مواد اولیه» برابر با ۱۰/۱۷، «سازوکارهای بازگشت محصول از مشتری به سازمان» برابر با ۶/۵۱ و «روابط بین عمده‌فروش، خرده‌فروش و مشتری» برابر با ۲/۸۹ درصد به‌دست آمد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف این تحقیق، اولویت‌بندی انواع پیچیدگی‌های زنجیره تأمین در زمینه تولید لوازم خانگی بود. ابتدا پس از مرور ادبیات و شناسایی پیشران‌های پیچیدگی زنجیره تأمین، از طریق روایی محتوا پیشران‌های استخراج‌شده توسط خبرگان منتخب حوزه زنجیره تأمین بخش تولید لوازم خانگی به تأیید رسید و چند مورد نیز پس از مصاحبه با خبرگان به فهرست اضافه شد. بر اساس تجزیه و تحلیل‌هایی که به کمک نرم‌افزار اکسل انجام گرفت، اولویت متغیرهای اصلی بدین ترتیب مشخص شد: بازگشت؛ ارسال و تحویل؛ توانمندسازها؛ طراحی و برنامه‌ریزی، تولید و ساخت و تأمین و منبع‌یابی. به همین صورت شاخص‌های مربوط به متغیرهای اصلی نیز به‌ترتیب زیر اولویت‌بندی شدند:

- بازگشت: سازوکارهای بازگشت مواد اولیه به تأمین‌کنندگان؛ روابط بین سازمان و تأمین‌کنندگان مواد اولیه؛ سازوکارهای بازگشت محصول از مشتری به سازمان؛ روابط بین عمده‌فروش، خرده‌فروش و مشتری.
- ارسال و تحویل: تنوع تقاضای مشتریان؛ گستردگی شبکه مشتریان؛ تعداد مشتریان؛ تغییر نیازها و انتظارات مشتری؛ درجه پیش‌بینی‌پذیری نیازها و تقاضاهای مشتریان؛ میزان پیش‌بینی‌پذیری مرتبط با تقاضاها و نیازهای مشتریان؛ نیازهای ناهمگن مشتریان؛ حجم سفارش‌های دریافتی.
- توانمندسازها: مقررات و استانداردهای صنعت خاص؛ قوانین و مقررات ملی و بین‌المللی؛ درگیر شدن در فعالیتهای مربوط به اکتساب و ادغام؛ اندازه سازمان‌های همکار؛ تفاوت در فرهنگ و زبان شرکت‌های همکار؛ جهانی‌شدن سازمان؛ رقابت بالا در صنعت؛ تغییرات محیط کسب‌وکار (بیرونی).

- طراحی و برنامه‌ریزی: حجم اطلاعات موجود در سازمان؛ تصمیم‌گیری در سازمان؛ درجه تعاملات بین اجزا، زیرسیستم‌ها و محیط؛ همکاری بین شرکت‌های همکار؛ رفتار کارکنان در سازمان؛ نوآوری تکنولوژیکی؛ تنوع شرکت‌های همکار.
  - تولید و ساخت: راه‌اندازی محصولات/خدمات جدید؛ پیچیدگی ساختار محصول؛ تعداد اجزای محصول؛ تنوع محصولات/خدمات؛ پیچیدگی تکنولوژی تولید؛ تنوع فرایندهای تولیدی؛ پیچیدگی برنامه‌ریزی تولید؛ حجم تولید؛ پیچیدگی ارتباطات بین واحدها؛ طول چرخه عمر محصول.
  - تأمین و منبع‌یابی: تنوع ناشی از جریان مواد و اطلاعات؛ تعداد تأمین‌کنندگان در پایگاه تأمین؛ برون‌سپاری فعالیت‌ها به سازمان‌های دیگر؛ گسترش جغرافیایی پایگاه تأمین‌کنندگان؛ عدم اطمینان تأمین‌کنندگان در برآورده کردن تعهدات؛ سطح روابط بین تأمین‌کنندگان؛ قابلیت اطمینان عرضه مواد اولیه؛ کمبودهای مواد اولیه؛ تغییر نیازها و انتظارات تأمین‌کننده.
- نتایج این تحقیق در بسیاری از ابعاد با نتایج سایر تحقیقات صورت گرفته هماهنگی دارد. برای مثال، بر مبنای نتایج این پژوهش، مهم‌ترین پیشران مؤثر بر مدل پیچیدگی زنجیره تأمین، «سازوکارهای بازگشت مواد اولیه به تأمین‌کنندگان» شناسایی شد که کوهن، آگراوال و آگراوال (۲۰۰۶) نیز به همین نتیجه دست یافتند. همچنین نتایج این پژوهش در مواردی با پژوهش‌های پیشین همخوانی ندارد. برای مثال، در این پژوهش مهم‌ترین پیشران مؤثر بر مدل پیچیدگی زنجیره تأمین، «سازوکارهای بازگشت مواد اولیه به تأمین‌کنندگان» تشخیص داده شد، اما در پژوهشی که آبراهامسون، کریستوفر و استینسون (۲۰۱۵) انجام دادند، مهم‌ترین پیشران مؤثر بر مدل پیچیدگی زنجیره تأمین، «کمبودهای مواد اولیه» بود.
- به‌طور کلی نتایج این تحقیق آگاهی ما را نسبت به پیشران‌های مدل پیچیدگی زنجیره تأمین افزایش داد و میزان اهمیت هر یک از این پیشران‌ها را نیز مشخص کرد. بر اساس نتایج روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای پیشران‌های مدل پیچیدگی زنجیره تأمین، در ادامه، پیشنهادهایی ارائه شده است.
- تولیدکنندگان لوازم خانگی برای زنجیره تأمین خود بیش از هر چیز باید به مسئله «بازگشت» توجه کنند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، تولیدکنندگان باید «سازوکارهای بازگشت مواد اولیه به تأمین‌کنندگان» را بازبینی کنند. برای مثال در این بخش می‌توان با استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند<sup>۱</sup> تحولات شگرفی در زمینه بهبود عملکرد، کارایی، بهره‌وری و ایمنی

حمل‌ونقل به‌وجود آورد. سازمان‌ها باید «روابط بین سازمان و تأمین‌کنندگان مواد اولیه» را بهبود دهند. برای این کار باید با تأمین‌کنندگان شایسته و منتخب، روابط استراتژیک برقرار کنند تا در کنار همکاری استراتژیک با آنها بتوانند به مزایای رقابتی مدنظر دست یابند. «سازوکارهای بازگشت محصول از مشتری به سازمان» در اولویت بعدی بهبود قرار دارد که پیشنهاد می‌شود از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند بهره برده شود. «روابط بین عمده‌فروش، خرده‌فروش و مشتری» در درجه بعدی اهمیت قرار دارد. در اولویت بعد باید به شاخص‌های «ارسال و تحویل» توجه ویژه‌ای شود. در این بخش به شرکت‌های تولیدی پیشنهاد می‌شود به «تنوع تقاضای مشتریان» توجه کنند و آن را نادیده نگیرند. شبکه ارتباط با مشتریان را گسترش دهند و اقدامات لازم را در این زمینه به عمل آورند. در زمینه «توانمندسازها» نیاز است که شرکت‌های تولید لوازم خانگی به مقررات و استانداردهای صنعت تسلط کافی داشته باشند و قوانین و مقررات ملی و بین‌المللی را رعایت کنند. این اقدامات به ادامه فعالیت سازمان کمک خواهد کرد. شاخص‌های «طراحی و برنامه‌ریزی» به بازرسی و بهبود نیاز دارند. برای بهبود طراحی و برنامه‌ریزی در سازمان باید حجم اطلاعات موجود در سازمان را به‌خوبی مدیریت کرد و جریان اطلاعات را به‌گونه‌ای هموار ساخت تا تصمیم‌گیری در سازمان را مورد حمایت قرار دهد.

محققان در طول دوره پژوهش با محدودیت‌های متعددی مواجه شدند که از آن جمله می‌توان به بررسی تنها یک صنعت خاص در پژوهش اشاره کرد. محدودیت دیگر، استفاده از روش‌های کمی در این پژوهش بود؛ از این رو به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود برای تحقیقات آتی در این زمینه، این مدل را در دیگر صنایع دیگر نیز بررسی کنند. همچنین پیشنهاد می‌شود پژوهش در این حوزه را به‌صورت آمیخته اجرا کنند.

## فهرست منابع

باقری، م. (۱۳۹۴). بررسی رابطه بین پیچیدگی زنجیره تأمین و عملکرد مالی با بررسی نقش تعدیل‌گری اهرم‌های پیچیدگی در شرکت‌های تولیدی استان خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران، اهواز.

رمضانیان، م. ر.، رحمانی، ز.، حسینی‌جو، س. ع.، مباشر امینی، ر. ع. (۱۳۹۲). برخورد با پیچیدگی زنجیره تأمین با استفاده از رویکرد فرایند تفکر تئوری محدودیت‌ها (مطالعه موردی: یک شرکت تولیدکننده کاغذ). پژوهش‌های مدیریت در ایران، ۱۷(۲)، ۱۴۴-۱۲۵.

سرمد، ز.، بازرگان، ع.، حجازی، الف. (۱۳۹۳). روش‌های تحقیق در علوم رفتاری. تهران: نشر آگاه.

ماکویی، ا.، مددی، ع. ر. (۱۳۸۳). پیچیدگی در زنجیره‌های تأمین. اولین کنفرانس لجستیک و زنجیره تأمین، تهران، انجمن لجستیک ایران.

همتا، ن.، اکبرپور شیرازی، م.، قبادی، ش. (۱۳۹۴). مدل سازی و اندازه گیری پیچیدگی ساختاری در شبکه های زنجیره تأمین مونتاژ. دوازدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، تهران: دانشگاه خوارزمی و انجمن مهندسی صنایع ایران.

- Abrahamsson, M., Christopher, M. & Stensson, B. I. (2015). Mastering supply chain management in an era of uncertainty at SKF. *Global Business and Organizational Excellence*, 34(6), 6-17.
- Aitken, J., Aitken, J., Bozarth, C., Bozarth, C., Garn, W. & Garn, W. (2016). To eliminate or absorb supply chain complexity: A conceptual model and case study. *Supply Chain Management: An International Journal*, 21(6), 759-774.
- Bagheri, M. (2015). *Investigating the Relationship between Supply Chain Complexity and Financial Performance by Investigating the Role of Adjustment of Complexity Levers in Khuzestan Province Manufacturing Companies*. Master of Science dissertation. Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz. (in Persian)
- Battini, D., Persona, A. & Allesina, S. (2007). Towards a use of network analysis: quantifying the complexity of Supply Chain Networks. *International Journal of Electronic Customer Relationship Management*, 1(1), 75-90.
- Blecker, T., Kersten, W. & Meyer, C. M. (2005, January). Development of an approach for analyzing supply chain complexity. In *Mass Customization: Concepts–Tools–Realization. Proceedings of the International Mass Customization Meeting* (pp. 47-59).
- Blome, C., Schoenherr, T. & Eckstein, D. (2014). The impact of knowledge transfer and complexity on supply chain flexibility: A knowledge-based view. *International Journal of Production Economics*, 147, 307-316.
- Bode, C. & Wagner, S. M. (2015). Structural drivers of upstream supply chain complexity and the frequency of supply chain disruptions. *Journal of Operations Management*, 36, 215-228.
- Bozarth, C. C., Warsing, D. P., Flynn, B. B. & Flynn, E. J. (2009). The impact of supply chain complexity on manufacturing plant performance. *Journal of Operations Management*, 27(1), 78-93.
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 95(3), 649-655.
- Choi, T. Y., Dooley, K. J. & Rungtusanatham, M. (2001). Supply networks and complex adaptive systems: control versus emergence. *Journal of Operations Management*, 19(3), 351–366.

- Choi, T.Y. & Krause, D.R. (2006). The supply base and its complexity: Implications for transaction costs, risks, responsiveness, and innovation. *Journal of Operations Management*, 24(5), 637-652.
- Chopra, S. & Meindl, P. (2007). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Christopher, M. (2012). Managing supply chain complexity: Identifying the requisite skills. In *Supply Chain Forum: An International Journal*, 13(2), 4-9.
- Cohen, M. A., Agrawal, N. & Agrawal, V. (2006). Achieving breakthrough service delivery through dynamic asset deployment strategies. *Interfaces*, 36(3), 259-271.
- de Leeuw, S., Grotenhuis, R. & van Goor, A. R. (2013). Assessing complexity of supply chains: evidence from wholesalers. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(8), 960-980.
- ElMaraghy, W., ElMaraghy, H., Tomiyama, T. & Monostori, L. (2012). Complexity in engineering design and manufacturing. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 61(2), 793-814.
- Gogus, O. & Boucher, T. O. (1998). Strong transitivity, rationality and weak monotonicity in fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy Sets and Systems*, 94(1), 133-144.
- Gunasekaran, A., Hong, P. & Fujimoto, T. (2014). Building supply chain system capabilities in the age of global complexity: Emerging theories and practices. *International Journal of Production Economics*, (147), 189-197.
- Hamta, N., Akbarpour Shirazi, M. & Ghobadi, SH. (2016, January). Modeling and Measurement of Structural Complexity in Assembly Supply Chain Networks. *Tehran: 12th International Conference on Industrial Engineering. (in Persian)*
- Hashemi, A., Butcher, T. & Chhetri, P. (2013). A modeling framework for the analysis of supply chain complexity using product design and demand characteristics. *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 5(2), 150-164.
- Huan, S. H., Sheoran, S. K. & Wang, G. (2004). A review and analysis of supply chain operations reference (SCOR) model. *Supply Chain Management: An International Journal*, 9(1), 23-29.
- Isik, F. (2010). An entropy-based approach for measuring complexity in supply chains. *International Journal of Production Research*, 48(12), 3681-3696.

- Jacobs, M. A. (2013). Complexity: Toward an empirical measure. *Technovation*, 33(4), 111-118.
- Jafarnejad, A., Azar, A. & Ebrahimi, A. (2017). Mathematical Model of Supply Chain Order Management Relying on Robust Optimization and Activity-Based Costing. *Journal of Industrial Management*, 8(3), 333-358.
- Karami, I. & Foukerdi, R. (2016). A Hybrid Fuzzy Prioritization - PROMETHEE Model for Supplier Selection. *Journal of Industrial Management*, 8(3), 467-486.
- Karp, A. & Ronen, B. (1992). Improving shop floor control: an entropy model approach. *International Journal of Production Research*, 30(4), 923-938.
- Kavilal, E. G., Venkatesan, S. P. & Kumar, K. H. (2017). An integrated fuzzy approach for prioritizing supply chain complexity drivers of an Indian mining equipment manufacturer. *Resources Policy*, 51, 204-218.
- Makouei, A. & Madadi, A. R. (2005, February). Complexity in Supply Chains. *Tehran: 1<sup>st</sup> National Conference on Logistics & Supply Chain. (in Persian)*
- Nahoffi Kohneh, J. & Teimoury, E. (2016). A model for the design of blood products supply chain at the time of the earthquake disaster considering the transfer from the other provinces (Case Study: Tehran blood transfusion network). *Journal of Industrial Management*, 8(3), 487-513.
- Novak, S. & Eppinger, S. D. (2001). Sourcing by design: Product complexity and the supply chain. *Management science*, 47(1), 189-204.
- Pathak, S. D., Day, J. M., Nair, A., Sawaya, W. J. & Kristal, M. M. (2007). Complexity and adaptivity in supply networks: Building supply network theory using a complex adaptive systems perspective. *Decision Sciences*, 38(4), 547-580.
- Perona, M. & Miragliotta, G. (2004). Complexity management and supply chain performance assessment. A field study and a conceptual framework. *International Journal of Production Economics*, 90(1), 103-115.
- Ramzani, M. R., Rahmany, Z., Hoseinijou, S. A. & Mobasher Amini, R. A. (2013). Dealing with Supply Chain Complexity using Theory of Constraints Thinking Processes (Case Study of a Paper Manufacturing Firm). *Management Research in Iran*, 17(2), 125-144. (in Persian)
- Safaei Ghadikolaei, A., Madhoshi, M. & Jamalian, A. (2016). Presenting a Conceptual Model for Sustainable Supplier Selection (A case study in SAIPA supply chain). *Journal of Industrial Management*, 7(4), 767-784.

- Sahin, E., Vidal, L.A. & Benzarti, E. (2013). A framework to evaluate the complexity of home care services. *Kybernetes*, 42(4), 569-592.
- Sarmad, Z., Bazargan, A. & Hejazi, E. (2014). *Research Methods in the Behavioral Sciences* (26th ed.). Tehran: Agah. (in Persian)
- Schuh, G., Monostori, L., Csáji, B. C. & Döring, S. (2008). Complexity-based modeling of reconfigurable collaborations in production industry. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 57(1), 445-450.
- Serdarasan, S. (2013). A review of supply chain complexity drivers. *Computers & Industrial Engineering*, 66(3), 533-540.
- Sivadasan, S., Efstathiou, J., Calinescu, A., Huaccho Huatuco, L. (2004). Supply Chain Complexity. in New, S. & Westbrook, R. (Eds.), *Understanding Supply Chains: Concepts, Critiques and Futures*, Oxford University Press, UK, pp. 133-163.
- Subramanian, N., Abdulrahman, M. D. & Rahman, S. (2014). Sourcing complexity factors on contractual relationship: Chinese suppliers' perspective. *Production & Manufacturing Research*, 2(1), 558-585.
- Subramanian, N., Rahman, S. & Abdulrahman, M. D. (2015). Sourcing complexity in the Chinese manufacturing sector: An assessment of intangible factors and contractual relationship strategies. *International Journal of Production Economics*, 166, 269-284.
- Sun, C. & Rose, T. (2015). Supply Chain Complexity in the Semiconductor Industry: Assessment from System View and the Impact of Changes. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1210-1215.
- Towill, D.R. (1999). Simplicity wins: twelve rules for designing effective supply chains. *Control - Institute of Operations Management*, 25(2), 9-13.
- Vogel, W. & Lasch, R. (2015). Approach for complexity management in variant-rich product development. *Operational Excellence and Supply Chains, Conference Paper*, Hamburg.
- Wang, H., Zhu, X., Wang, H., Hu, S. J., Lin, Z. & Chen, G. (2011). Multi-objective optimization of product variety and manufacturing complexity in mixed-model assembly systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 30(1), 16-27.
- Zhu, X., Hu, S. J., Koren, Y. & Marin, S. P. (2008). Modeling of manufacturing complexity in mixed-model assembly lines. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 130(5), 051013.