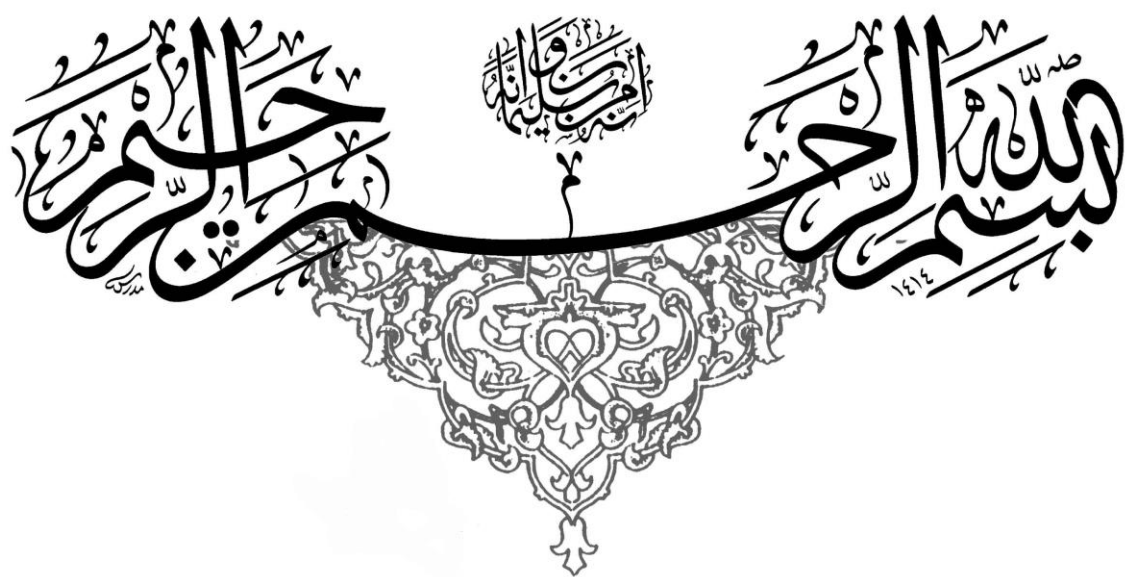






دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت

گروه: مدیریت صنعتی

پایان نامه کارشناسی ارشد

طراحی سیستم مدیریت موجودی برای اقلام فاسدشدنی با رویکرد تکنیک
طراحی مبتنی بر بدیهیات بر اساس استدلال فازی شهودی
(مطالعه موردی اقلام دارویی)

محمد عباسی

استاد راهنما:

دکتر رضا شیخ

بهمن ۱۳۹۴



تقدیم به پدر و مادر،

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه اثار و از خودگذشتگان

به پاس عاطفه سرشار و کرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگار ان بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان که فریادس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند...

پاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشد و به طریق علم و دانش را، نمونه ان شد و به هم نشینی ر هر وان

علم و دانش مفتخر مان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزی مان ساخت.



سپاسگزاری

از استاد فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر رضاشیخ که با نکته‌های دلاویز و گفته‌های بلند، صحیفه‌های سخن را
علم پرور نمود و همواره راهنما و راه‌گشای این جانب در اتمام و اکمال پایان نامه بوده است که با مشاوره‌های
ارزنده‌ی خود و همسر مسرّ تحقق بوده‌اند و در امر معرفی منابع مرایاری نمودند.

چکیده

اهمیت نگهداری موجودی در سیستم‌های تولید و فروش و بالا بودن هزینه‌های ناشی از نگهداری موجودی‌ها، اعم از مواد اولیه، قطعات نیمه‌ساخته و یا محصول نهایی باعث گردید، تعداد زیادی از محققان به بررسی و آنالیز مدل‌های گوناگون کنترل موجودی بپردازند. معمولاً در این بررسی‌ها سیستم موجودی بدون در نظرگیری اثرات فاسد شدن کالا تحلیل می‌شود، اما چنانچه نرخ فاسدشدن قابل‌توجه باشد نمی‌توان از اثرات آن بر مدل چشم‌پوشی کرد. در سال‌های اخیر به دلیل پیشرفت در فناوری، بازارهای رقابتی شدید و مشتریان سخت‌گیر تعداد کالاهای فاسدشدنی بسیار بیشتر از قبل شده است. باوجود چنین بازارهایی یک امر حیاتی برای بنگاه‌های مختلف تعیین سیاست مدیریت موجودی کالای موردنظر است. دراین‌بین اقلام دارویی به دلیل اهمیت بالای حوزه بهداشت و درمان هر کشوری دارای اهمیتی استراتژیک می‌باشد. چراکه این حوزه باید قادر باشد تا با بیشترین سرعت و دقت، نیازهای دارویی جامعه را پوشش دهد و بدین منظور سیاست درست در زمینه مدیریت موجودی امری ضروری به نظر می‌رسد. پیچیدگی در مدل‌سازی یک موقعیت واقعی در محیط عدم اطمینان به علت وجود برخی اطلاعات که قابل‌تشخیص و شناسایی نیستند، افزایش‌یافته است. به این مفهوم که مدل‌های سنتی به‌تنهایی قادر به اعمال دقت و قطعیت منطق ریاضی کلاسیک نیستند. در برخی از موارد، بی‌توجهی به نبود قطعیت در مسائل برنامه‌ریزی برای کنترل تولید و موجودی‌ها، باعث افزایش هزینه‌های سازمان می‌شود. مطالعه حاضر با استفاده از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات ضمن ارائه یک ساختار منسجم و یکپارچه برای سیستم مدیریت موجودی شرکت مورد مطالعه و رسیدن به بیشترین سودآوری، به معرفی تکنیک فازی شهودی که یک تعمیم از مجموعه‌های فازی می‌باشد که علاوه بر درجه عضویت، درجه عدم عضویت و درجه تردید را در محاسبات لحاظ می‌کند پرداخته است. دستاورد کلیدی این مطالعه نیز توسعه‌ی یک مدل جدید بود که مقادیر بهینه میزان سفارش اقتصادی محصول و طول دوره‌ی سفارش را که متناظر با هزینه مجموع کمینه است، تعیین کند. یک مثال عددی برای تشریح مدل ارائه می‌شود و تحلیل حساسیت روی مقادیر برخی پارامترها صورت

می‌گیرد. در انتها از رویکرد فازی شهودی برای پیش‌بینی مقادیر تقاضا، قیمت خرید و نرخ فساد به‌عنوان متغیرهای غیرقطعی مدل برای پنج قلم داروی واکسن آنفلانزا، قرص پنتوپرازول، کپسول آهن، لوسیون پرمترین و قرص سویاگل در یک دوره سه‌ماهه استفاده‌شده است. با توجه به نتایج واقعی ارائه‌شده توسط واحد حسابداری شرکت دارویی آلفا مشخص شد که تکنیک مزبور با کمک متخصصان و خبرگان کمترین اختلاف برآورد مقادیر متغیرهای تقاضا، قیمت خرید و نرخ فساد را برای دوره موردبررسی در مقایسه با رویکرد فازی و رویکرد قطعی دارد و از کارایی بالایی در کنترل شرایط عدم قطعیت با توجه به نیاز مشتریان و همچنین تغییرات بازار برخوردار است. درنهایت عوامل کسب سودآوری و کاهش هزینه‌های احتمالی سازمان و همچنین زیان‌های زیست‌محیطی ناشی از دفع و دورریز اقلام دارویی را فراهم می‌آورد.

کلمات کلیدی: مدیریت موجودی، تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات، تئوری مجموعه‌های

فازی شهودی، اقلام دارویی.

فهرست مقالات مستخرج از پایان نامه

❖ مقاله «طراحی چارچوبی نظام‌مند جهت تدوین کتاب‌های درسی با رویکرد تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات (مطالعه موردی: کتاب مدیریت عملیات رشته MBA)» پذیرش در نشریه علمی-پژوهشی «نگارش و پژوهش کتب دانشگاهی»، وابسته به مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی سمت.

❖ مقاله «نگرشی بر علم طراحی و معرفی تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات به‌عنوان رویکرد علمی در نظام‌مند کردن انتخاب ابزارهای تصمیم‌گیری»، پذیرش در مجله «پژوهش‌های مدیریت منابع سازمانی» دانشگاه تربیت مدرس تهران.

❖ مقاله «تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات به‌عنوان ابزاری نوین در طراحی سیستم» ارائه در «کنفرانس بین‌المللی ابزار و تکنیک‌های مدیریت، دانشگاه تهران، اسفند ۹۳» و انتخاب به‌عنوان مقاله برتر کنفرانس.

- ❖ “Dynamic Axiomatic Design (DAD): Applying Independence Axiom in the Design of Social Systems” - 9th International Conference on Axiomatic Design – ICAD 2015. Published by ELSEVIER
[doi:10.1016/j.procir.2015.07.012](https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.07.012)
- ❖ “Measuring information axiom in the designing social system” in « Design Studies», The Interdisciplinary Journal of Design Research-under reviewer

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه و کلیات طرح	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ بیان مسئله	۷
۳-۱ ضرورت تحقیق	۹
۴-۱ نوآوری تحقیق	۹
۵-۱ اهداف تحقیق	۱۰
۶-۱ روش تحقیق	۱۱
۷-۱ قلمرو زمانی تحقیق و مطالعه موردی	۱۲
۸-۱ سؤالات تحقیق	۱۲
۹-۱ تعریف مفاهیم و اصطلاحات تخصصی	۱۳
فصل دوم: ادبیات و پیشینه تحقیق	۱۵
۱-۲ مقدمه	۱۶
۲-۲ تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات	۱۶
۱-۲-۲ بررسی ادبیات تحقیق تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات	۱۶
۲-۲-۲ منابع بررسی شده	۲۵
۳-۲-۲ کاربرد تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات در طراحی سیستم‌های تولیدی	۲۶
۳-۲ مجموعه‌های فازی شهودی	۲۷
۱-۳-۲ تعاریف اصلی	۳۰
۱-۳-۲-۱ مجموعه قطعی	۳۰
۲-۳-۲-۱ مجموعه فازی	۳۱
۳-۳-۲-۱ مجموعه فازی شهودی	۳۲
۲-۳-۲ مقدمه‌ای کوتاه بر مجموعه‌های فازی	۳۵

۳۵	۱-۲-۳-۲ مفاهیم پایه
۳۶	۲-۲-۳-۲ عمل‌گراهای منتخب در مجموعه‌های فازی
۳۹	۳-۳-۲ مقدمه‌ای کوتاه بر مجموعه‌های فازی شهودی
۴۰	۱-۳-۳-۲ نمایش گرافیکی از مجموعه‌های فازی شهودی
۴۲	۲-۳-۳-۲ عملگرها روی مجموعه‌های فازی شهودی
۴۴	۳-۳-۳-۲ روابط روی مجموعه‌های فازی شهودی
۴۶	۴-۳-۲ ارتباط متقابل بین مجموعه‌های کلاسیک، فازی و فازی شهودی
۴۹	۴-۳-۲ سیستم‌های کنترل موجودی در ارتباط با کالاهای فسادپذیر
۵۲	۱-۴-۲ مرور ادبیات برای سیستم‌های کنترل موجودی اقلام فسادپذیر در حالت قطعی
	۲-۴-۲ مرور ادبیات برای سیستم‌های کنترل موجودی اقلام فسادپذیر در حالت فازی و فازی شهودی
۵۶	
۶۱	فصل سوم: روش‌شناسی تحقیق
۶۲	۱-۳ مقدمه
۶۴	۲-۳ نوع تحقیق
۶۴	۳-۳ جامعه و نمونه آماری
۶۵	۴-۳ روش‌ها و ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات
	۵-۳ ارائه یک ساختار منسجم به کمک تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات برای کم کردن هزینه‌های ناشی از نگهداری دارایی‌های بدون ارزش‌افزوده
۶۶	
	۶-۳ ارائه یک ساختار منسجم با کمک تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات برای بهینه کردن هزینه‌های عملیاتی
۶۷	
۶۹	۷-۳ مدل کنترل موجودی با در نظر گرفتن نرخ فساد برای محصولات
۶۹	۱-۷-۳ نمادها
۷۰	۲-۷-۳ فرضیات
۷۱	۳-۷-۳ مدل در حالت قطعی
۷۲	۱-۳-۷-۳ هزینه ثابت سفارش دهی

۷۳	 هزینه نگهداری موجودی ۲-۳-۷-۳
۷۳	 هزینه خرید کالا ۳-۳-۷-۳
۷۳	 هزینه فساد کالا ۴-۳-۷-۳
۷۴	 به دست آوردن مقادیر بهینه TC^* و T^* ۴-۷-۳
۷۴	 اعداد فازی شهودی مثلثی ۸-۳
۷۶	 مرکز ثقل از یک عدد فازی شهودی مثلثی ۹-۳
۷۸	 ارائه مدل در حالت فازی شهودی ۱۰-۳
۸۱	 فصل چهارم: تجزیه و تحلیل داده‌ها
۸۲	 ۱-۴ مقدمه
۸۲	 ۲-۴ مطالعه موردی: اقلام دارویی
۸۳	 ۳-۴ تهیه یک ساختار منسجم بر پایه تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات برای شرکت دارویی... ۸۳
۸۵	 ۴-۴ مدل کنترل موجودی برای شرکت دارویی آلفا با رویکرد فازی شهودی ۸۵
۸۶	 ۱-۴-۴ نمونه کاربردی تک کالایی ۸۶
۸۹	 ۲-۴-۴ تحلیل حساسیت ۸۹
۹۱	 ۳-۴-۴ نمونه کاربردی چند کالایی ۹۱
۹۵	 فصل پنجم: نتایج و پیشنهادات
۹۶	 ۱-۵ مقدمه ۹۶
۹۶	 ۲-۵ نتیجه‌گیری ۹۶
۹۸	 ۳-۵ محدودیت‌های تحقیق ۹۸
۹۸	 ۴-۵ پیشنهادات کاربردی ۹۸
۹۹	 ۵-۵ پیشنهادات برای مطالعات آتی ۹۹
۱۰۰	 منابع و مآخذ ۱۰۰
۱۰۱	 منابع داخلی ۱۰۱
۱۰۲	 منابع خارجی ۱۰۲

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل (۱-۲) نگاشت چهار قلمرو تصمیم‌گیری.....	۱۹
شکل (۲-۲) شکستن سلسله‌مراتب زیگزاگی.....	۲۰
شکل (۳-۲) انواع روابط در فرآیند طراحی.....	۲۰
شکل (۴-۲) دامنه طراحی سیستم.....	۲۴
شکل (۵-۲) نمایش گرافیکی سه‌بعدی مجموعه‌های فازی شهودی.....	۴۰
شکل (۶-۲) نمایش گرافیکی دوبعدی مجموعه‌های فازی شهودی.....	۴۲
شکل (۷-۲) ارتباط متقابل میان مجموعه‌های کلاسیک، فازی و فازی شهودی.....	۴۷
شکل (۸-۲) مقایسه میان عناصر متعلق به مجموعه کلاسیک، فازی و فازی شهودی.....	۴۹
شکل (۱-۳) فرآیند شکستن زیگزاگی برای رسیدن به کمترین سطح از دارایی‌ها.....	۶۷
شکل (۲-۳) فرآیند شکستن زیگزاگی برای کاهش هزینه‌های عملیاتی.....	۶۸
شکل (۳-۳) نمودار کنترل موجودی.....	۷۱
شکل (۴-۳) نمایش تصویری عدد فازی شهودی مثلثی.....	۷۵
شکل (۱-۴) طراحی یک ساختار منسجم بر پایه تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات برای شرکت دارویی.....	۸۴

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱-۲) استفاده از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات در طراحی سیستم تولیدی	۲۶
جدول (۲-۲) مرور ادبیات سیستم‌های کنترل موجودی اقلام فسادپذیر در محیط قطعی	۵۵
جدول (۳-۲) مرور ادبیات سیستم‌های کنترل موجودی اقلام فسادپذیر در محیط فازی و فازی	
شهودی	۵۸
جدول (۱-۴) اطلاعات قطعی برای یک قلم از محصولات شرکت دارویی آلفا	۸۶
جدول (۲-۴) مقادیر جواب بهینه	۸۶
جدول (۳-۴) مقادیر فازی شهودی برای متغیرهای مورد بررسی	۸۸
جدول (۴-۴) مقادیر بهینه بر پایه اعداد فازی شهودی	۸۹
جدول (۵-۴) تحلیل حساسیت پارامترهای مدل	۹۰
جدول (۶-۴) اختلاف برآورد مقادیر تقاضا از مقادیر واقعی با سه رویکرد قطعی، فازی و فازی شهودی	
.....	۹۲
جدول (۷-۴) اختلاف برآورد مقادیر قیمت خرید از مقادیر واقعی با سه رویکرد قطعی، فازی و فازی	
شهودی	۹۳
جدول (۸-۴) اختلاف برآورد مقادیر نرخ فساد از مقادیر واقعی با سه رویکرد قطعی، فازی و فازی	
شهودی	۹۳



فصل اول: مقدمه و کلیات طرح

انجمن تولید و کنترل موجودی آمریکا^۱ (APICS) مدیریت موجودی را به عنوان شاخه‌ای از مدیریت کسب‌وکار مرتبط با برنامه‌ریزی و کنترل موجودی‌ها تعریف می‌کند. نقش مدیریت موجودی نگه‌داشتن اقلام یا کالاهای خاص در یک سطح مطلوب است. سیستمی که موجودی‌ها را برنامه‌ریزی و کنترل می‌کند باید بر پایه محصول، مشتری و فرایند باشد که عوامل در دسترس‌پذیری محصول را فراهم می‌آورد. هزینه‌های نگهداری موجودی در طی تمام مراحل هزینه پنهان است، اما با این حال به بخشی از هزینه محصول تبدیل می‌شود (Toomey, 2012).

کنترل موجودی به عنوان یک کاربرد برجسته از تحقیق در عملیات پدید آمده است. مطالعه‌ای از کسب‌وکار کنونی گزارش می‌دهد که ارزش موجودی در پایان سال ۲۰۱۰ در ایالات متحده آمریکا به تنهایی از ۱,۳ تریلیون دلار فراتر رفته است. کنترل مقرون به صرفه موجودی در هر اقتصادی می‌تواند هزینه را به طور قابل توجهی کاهش دهد و به جریان کارآمد کالاها و خدمات در آن اقتصاد کمک کند. بسیاری از تکنیک‌ها را می‌توان به مسائل مدیریت موجودی وارد کرد. مدل‌های برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی، تئوری صف و جریان شبکه چند نمونه از آن‌ها می‌باشند. با این حال، اکثر بسته‌های کنترل موجودی بر پایه روش نظریه موجودی بنا شده‌اند. نظریه موجودی یک زیرشاخه اساسی از تحقیق در عملیات است که ما را برای پاسخگویی به سؤالات خاص، مانند: چه زمانی باید سفارش داده شود و برای چه مقدار؟ راهنمایی و هدایت می‌کند (Nahmias, 2011).

نظریه موجودی ریشه در فرمول شناخته شده EOQ^۲ دارد که برای اولین بار توسط فورد هریس^۳ نزدیک به ۱۰۰ سال پیش کشف شده بود (Harris, 1913). هریس، به عنوان یک مهندس جوان در

^۱ American Production & Inventory Control Society

^۲ Economic Order Quantity

^۳ Ford Harris

شرکت وستینگهاوس^۴ در پیتسبورگ^۵ کار می‌کرد، او دریافت که با بالانس صحیح هزینه‌های نگهداری و راه‌اندازی، می‌توان یک فرمول ساده برای تولید در اندازه مطلوب دسته‌ای را به‌دست آورد. فرمول EOQ، برای اولین بار توسط هریس به‌دست‌آمده و شگفت‌آور است که هنوز هم به‌عنوان یک تقریب مؤثر برای مدل‌های بسیار پیچیده بکار می‌رود. پس از اتمام کار هریس، توسعه نظریه موجودی تا حد زیادی تا بعد از جنگ جهانی دوم متوقف شد. مدل روزنامه‌فروش از انتخاب موجودی تحت عدم قطعیت در همین زمان توسعه داده‌شده، اگرچه به نظر می‌رسد که درواقع رویکرد اساسی تعادل هزینه‌های مختلف، تحت عدم قطعیت برای اولین بار توسط اجورث^۶ درزمینه‌ی بانکداری به‌دست‌آمده بود (FY, 1888) (Nahmias, 2011).

هیچ‌یک از کتاب‌ها و یا صدها مقاله نوشته‌شده در کنترل موجودی تاکنون یک دسته مهم از مسائل کنترل موجودی را برطرف نکرده است. در همه مسائل مطرح‌شده، یک فرض ضمنی مبنی بر اینکه اقلام ذخیره‌شده در موجودی طول عمر بی‌نهایت و مطلوبیت تغییرناپذیر دارند، در نظر می‌گرفتند. در حقیقت، برای یک دسته بسیار زیادی از موجودی‌ها که عبارت‌اند از موجودی‌های مشمول به پوسیدگی، منسوخ و یا فاسدشدنی، این فرض نادرست است (Nahmias, 2011).

اهمیت نگهداری موجودی در سیستم‌های تولید و فروش و بالا بودن هزینه‌های ناشی از نگهداری موجودی‌ها، اعم از مواد اولیه، قطعات نیمه‌ساخته و یا محصول نهایی باعث گردید، تعداد زیادی از محققان به بررسی و آنالیز مدل‌های گوناگون کنترل موجودی بپردازند. معمولاً در این بررسی‌ها سیستم موجودی بدون در نظرگیری اثرات فاسدشدن کالا تحلیل می‌شود، اما چنانچه نرخ فاسدشدن قابل‌توجه باشد نمی‌توان از اثرات آن بر مدل چشم‌پوشی کرد (جولای و همکاران، ۱۳۸۵). فساد امری است که باگذشت زمان برای بسیاری از محصولات در دنیای واقعی رخ می‌دهد و از آنجاکه هزینه‌های

⁴ Westinghouse

⁵ Pittsburgh

⁶ Edgeworth

اضافی را بر سیستم موجودی تحمیل می‌کند، در صورت نادیده گرفته شدن، در فرآیند تصمیم‌گیری خلل ایجاد کرده و استراتژی سفارش کالا را به بیراهه می‌کشاند (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۲).

در هنگام انتخاب و استفاده از مدل موجودی برای یک محصول خاص، باید تمایزی بین دو نوع از محصولات در نظر گرفته شود. یک نوع، محصولات پایدار است که هیچ مهلت و ضرب‌الاجلی برای دفع و دورریز آن‌ها وجود ندارد و به‌صورت نامحدود قابل‌فروش باقی خواهند ماند. نوع دیگر، یک محصول فاسدشدنی است که تنها برای یک دوره بسیار محدود می‌تواند در موجودی قرار بگیرد و پس از گذشت آن زمان دیگر نمی‌تواند بفروش برسد (Lieberman, 2015). در حالت کلی کالای فاسدشدنی به کالایی گفته می‌شود که باگذشت زمان ارزش خود را از دست می‌دهد. کالاهایی مانند داروها، میوه و سبزیجات، لبنیات، کالاهای فصلی و مد، وسایل الکترونیکی و غیره در دسته کالاهای فاسدشدنی قرار می‌گیرند. برای اولین بار ویتین و واگنر بحث فاسدشدن کالا را مطرح نمودند (Wagner & Whitin, 1958). در سال‌های اخیر به دلیل پیشرفت در فناوری، بازارهای رقابتی شدید و مشتریان سخت‌گیر تعداد کالاهای فاسدشدنی بسیار بیشتر از قبل شده است. باوجود چنین بازارهایی یک امر حیاتی برای بنگاه‌های مختلف تعیین سیاست مدیریت موجودی کالای موردنظر است. دراین‌بین اقلام دارویی^۷ به دلیل اهمیت بالای حوزه بهداشت و درمان هر کشوری دارای اهمیتی استراتژیک است. چراکه این حوزه باید قادر باشد تا با بیشترین سرعت و دقت، نیازهای دارویی جامعه را پوشش دهد و بدین منظور سیاست درست در زمینه مدیریت موجودی امری ضروری به نظر می‌رسد.

حضور موفق در عرصه رقابت جهانی منوط به برنامه‌ریزی، انعطاف‌پذیری و انطباق با تغییرات است. در این میان سازمان‌ها و صنایعی دوام خواهند آورد که ضمن شناسایی توقعات و نیازهای جدید بهترین طراحی را جهت تحقق آن‌ها داشته و زمان‌بندی معقولانه‌ای را انجام دهند (شیخ و صارمی، ۱۳۸۵). طراحی فرایندی است که به‌طور هوشمندانه‌ای اهداف طراحی را کاربردی می‌کند. طراحی مهندسی

⁷ pharmaceutical items

زیرمجموعه‌ای از توانمندی انسان است که ازجمله اهداف اساسی آن بهبود عملکرد، کیفیت و کاهش هزینه می‌باشد (شیخ، ۱۳۸۷).

امروزه با توجه به شرایط رقابتی، سازمان‌ها سعی می‌کنند تا به‌طور اثربخشی نیازهای مشتری را با توجه به نوع خدمت و سیستم‌های تولیدی موجود برآورده کنند. وجود تنوع گسترده، نیازهای مشتریان نیز عامل تأثیرگذاری بر تصمیم‌های تصمیم‌گیرندگان در طراحی محصول و طراحی سیستم برای یافتن یک جایگزین مناسب شده است. در سال‌های اخیر مدل‌های بسیاری بر اساس تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات^۸ توسعه داده شده است که با یک فرآیند تصمیم‌گیری سیستماتیک نیازها را برآورده کرده و راه‌حل جامعی به تصمیم‌گیرندگان ارائه می‌دهد (مؤدی، ۱۳۹۱).

تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات به‌عنوان روشی علمی و نظام‌مند در طراحی سیستم است که مورد استقبال دانشمندان و محققان در رشته‌های مختلف علمی واقع شده است. این مقبولیت ناشی از به‌کارگیری دو اصل استقلال و اصل اطلاعات در طراحی می‌باشد که تفاوت معناداری را با سایر تکنیک‌های طراحی ایجاد نموده است. دانش، تجربه و تخصص افراد در به‌کارگیری اصول طراحی موجب شده است تا طرح‌هایی با مطلوبیت و کارایی متفاوت ایجاد شود (شیخ و صارمی، ۱۳۸۵).

از ابتدای پیدایش مطالعات کلاسیک در زمینه مدیریت علمی که به دهه‌های اول و دوم قرن اخیر برمی‌گردد، مبحث کنترل موجودی‌ها و چگونگی تصمیم‌گیری در مورد آن‌ها از مشغله‌های فکری مدیران بوده است و تاکنون تلاش‌های گسترده‌ای در این زمینه انجام گرفته و مدل‌های مختلفی برای کنترل موجودی‌ها ارائه شده است. اکثر مدل‌هایی که در ابتدا مطرح شدند مدل‌های نسبتاً ساده‌ای بودند که تا حد امکان سعی در ساده‌سازی واقعیات کرده و پارامترهای مدل را به‌طور قطعی در نظر می‌گرفتند، ولی دنیای واقعی پیچیده است و به دست آوردن داده‌ها و اطلاعات معین و قطعی از آن بسیار مشکل است. تئوری مجموعه‌های فازی^۹ که در سال ۱۹۶۵ میلادی مطرح شده و تاکنون توسعه

^۸ Axiomatic design

^۹ Fuzzy set

فراوانی یافته و در اکثر زمینه‌های علمی وارد شده است، برای حل مسائلی است که در آن‌ها تشریح فعالیت‌ها و رویدادها به‌طور قطعی امکان‌پذیر نبوده و ابهام داشته و قطعیت نداشته است. یکی از مسائلی که در زمینه مدیریت و تصمیم‌گیری مشمول این ابهام و نبود قطعیت است، موضوع کنترل موجودی است که اغلب پارامترهای آن در دنیای واقعی به شکل مبهم و غیرقطعی است (کازمی و همکاران، ۱۳۹۱). پژوهش جدی در مدل‌های تصادفی موجودی حدود سال ۱۹۵۰ آغاز شد. نقطه عطف اولیه مقاله اررو، هریس و مارشاک در سال ۱۹۵۱ بود (Kenneth J Arrow, Harris, & Marschak, 1951). آن‌ها اولین محققانی بودند که یک تحلیل دقیق از یک مسئله چند دوره‌ای موجودی تصادفی ارائه کردند. سه کتاب به شکل قابل توجهی علاقه را در تحقیقات نظریه موجودی تهییج کرد: ویتین (Thomson M Whitin, 1957)، اررو، کارلین و اسکارف (Kenneth Joseph Arrow, 1958)، و هدلی و ویتین (Hadley & Whitin, 1963). در دهه ۱۹۶۰ انفجاری از مقالات در نظریه موجودی دیده شد (Nahmias, 2011). برای مقابله موفقیت‌آمیز با اطلاعات ناقص داشتن یک مدل مناسب برای نمایش و اندازه‌گیری اطلاعات لازم است تا امکان پردازش این اطلاعات را ممکن سازد (Eulalia Szmidt, 2014).

تکنیک‌ها و مدل‌های قطعی علیرغم سادگی و کارایی بالا در شرایط گوناگون، به جهت در نظر نگرفتن بی‌دقتی و عدم اطمینان ذاتی و شرایط متغیر محیط اغلب موردانتقاد قرار گرفته است. در این روش‌ها نظرات تصمیم‌گیرندگان در قالب یک عدد قطعی بیان می‌شود، اما این کار ممکن است به دلیل ابهام و عدم اطمینان موجود در ارزیابی به‌خوبی میسر نباشد. چراکه بسیاری از معیارها ذاتاً کیفی و ذهنی بوده و برای تصمیم‌گیرنده اختصاص یک عدد کمی مطلق و قطعی غیرممکن است، به همین دلیل افراد ترجیح می‌دهند از اعداد فاصله‌ای یا فازی بدین منظور استفاده کنند.

همان‌طور که عدم قطعیت به‌ناچار در تمام ابعاد دنیای واقعی درگیر است، برخورد با اطلاعات مبهم یک کار عادی و یک چالش در زندگی روزمره است. مدل‌های ساخته‌شده برای کنترل، پیش‌بینی و

تشخیص این گونه سیستم‌ها و همچنین عدم قطعیت باید به‌درستی درون جزئیات سیستم گنجانیده شوند (Eulalia Szmidt, 2014).

آتanosوف^{۱۰} در اواسط سال ۱۹۸۰ میلادی مفهوم مجموعه فازی شهودی^{۱۱} را معرفی کرد. درواقع، ایده او این بود که برخلاف مجموعه‌های فازی کلاسیک که در آن عدم دقت فقط با درجه عضویت^{۱۲} از [۰،۱] مدل می‌شود و برای درجه عدم عضویت^{۱۳} از درجه عضویت به‌طور خودکار از یک متمم می‌گیرد، در مجموعه‌های فازی شهودی هر دو درجه عضویت و عدم عضویت اعدادی از [۰،۱] هستند، اما مجموع آن‌ها لزوماً یک نیست (Eulalia Szmidt, 2014). مجموعه‌های فازی شهودی از دو شاخص درجه عضویت و عدم عضویت، برای توصیف شرایط مختلف استفاده می‌کند و بدین‌وسیله می‌تواند سه حالت پشتیبانی (عضویت)، مخالفت (عدم عضویت) و بی‌طرفی را به‌طور هم‌زمان نمایش دهد. به این ترتیب، هنگامی که عدم اطمینان و درجه تردید^{۱۴} وجود دارد مجموعه فازی شهودی نسبت به مجموعه فازی کلاسیک می‌تواند اطلاعات بیشتر و منعطف‌تری نشان دهد و به نظر می‌رسد در شرایط مدیریت پیچیده برای برخورد با ویژگی‌های طبیعی دنیای واقعی مناسب باشد (Li, 2014).

۲-۱ بیان مسئله

در شرایط رقابتی امروز تولیدکنندگان محصولات، توجه زیادی به سیستم‌های تولید و توزیع کرده‌اند. از دیدگاه آنان کالاها به دو دسته کالاهای فسادپذیر و کالاهای معمولی (فاقد نشدنی) تقسیم می‌شوند. کالاهای فسادپذیر به کالاهایی اطلاق می‌شوند که دارای عمر مفید می‌باشند و بعد از گذشت زمان، ارزش اولیه خود را از دست می‌دهند. قطعات فلزی آسیب‌پذیر، مواد غذایی، داروها، فراورده‌های

¹⁰ Atanassov Krassimir

¹¹ intuitionistic fuzzy set

¹² Membership degree

¹³ Non-membership degree

¹⁴ Hesitate degree

خونی و غیره، نمونه‌هایی از کالاهای فسادپذیر هستند که بعد از اتمام عمر مفید، درواقع فرارسیدن تاریخ انقضا، فاسد و یا خراب می‌شوند.

کالاهای معمولی به کالاهایی اطلاق می‌شوند که کیفیت و کمیت آن‌ها در طول زمان تغییر نمی‌کند. همچنین با توجه به ماهیت کالاهای فسادپذیری را می‌توان به دو دسته فسادپذیری آنی و فسادپذیری غیر آنی تقسیم کرد. در فسادپذیری آنی، بلافاصله پس از تولید امکان فاسدشدن کالاهای وجود دارد، درحالی‌که فسادپذیری غیر آنی پس از گذشت زمان معینی فساد کالا شروع می‌شود.

در برخی از صنایع مانند صنایع داروئی و غذایی کالاهای فسادپذیر منابع اصلی را تشکیل می‌دهند. بر اساس ارزیابی صورت گرفته در سال ۲۰۰۳، ۳۱ درصد کالاهای غیرقابل فروش در صنایع، مربوط به داروهایی می‌باشند که تاریخ انقضا آن‌ها گذشته است (عمر مفید آن‌ها تمام شده است). سازمان ارزیابی ملی سوپرمارکت طی گزارشی در سال ۲۰۰۵ اعلام می‌کند که کالاهایی که تاریخ انقضا آن‌ها گذشته، حدوداً ۵۴ درصد فروش کل فروشگاه‌ها را تشکیل می‌دهند که این مقدار بالغ بر ۲۰۰ میلیارد دلار است. همچنین گزارش شده است که در صنایع غذایی آمریکا ۳۰ میلیارد دلار به دلیل فاسدشدن کالاهای از دست رفته است. فقدان یک سیستم مدیریت موجودی درست که بتواند ضمن داشتن انسجام در ساختار، هزینه‌های کل سیستم را کاهش دهد و در نهایت سودآوری یک سازمان را تضمین نماید نیاز به داشتن یک رویکرد کارا برای مواجهه با شرایط عدم اطمینان و مدیریت پیچیده دنیای واقعی را ملزم می‌سازد.

در این راستا مطالعه حاضر درصدد است تا از نظریه مجموعه فازی شهودی که حالت تکامل یافته‌ای از مجموعه‌های فازی می‌باشد در راستای طراحی و تجزیه و تحلیل مدل‌های کنترل موجودی برای مقابله با عدم اطمینان و شرایط پیچیده محیطی استفاده کند. مجموعه فازی شهودی علاوه بر تابع عضویت، تابع عدم عضویت نیز مبنای محاسبات ریاضی آن قرار دارد. این تحقیق به بررسی و تحلیل مدل‌های کنترل موجودی در شرایط نامشخص و غیرقابل پیش‌بینی دنیای واقعی می‌پردازد.

۳-۱ ضرورت تحقیق

مسائل مرتبط با کنترل موجودی از جایگاه غیرقابل انکاری در کاهش هزینه‌ها و رسیدن به بهره‌وری بالا در هر سازمان برخوردار می‌باشند. در این بین کنترل موجودی اقلام دارویی به عنوان یک زیرمجموعه ویژه از اقلام فسادپذیر به دلیل اهمیت بالای حوزه بهداشت و درمان کشور از اهمیت استراتژیکی برخوردار می‌باشد که خبرگان و متخصصان این حوزه در پیش‌بینی تغییرات تقاضا و سایر پارامترهای مرتبط با هزینه‌ها برای مقابله با شرایط ابهام و عدم اطمینان نقش کلیدی ایفا می‌کنند.

کاربرد نظریه مجموعه فازی شهودی در شبیه‌سازی فرآیند تصمیم‌گیری انسان و فعالیت‌هایی که نیاز به تخصص و دانش انسانی دارد، معتبر و قابل اعتماد می‌باشد. مطالعه حاضر با بهره‌گیری از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات و نیز تئوری مجموعه‌های فازی شهودی به دنبال ارائه یک سیستم مدیریت موجودی برای اقلام فسادپذیر می‌باشد که علاوه بر انسجام و یکپارچگی در ساختار، توانایی کاهش ریسک ناشی از عدم وجود اطلاعات در تصمیم‌گیری و مقابله با شرایط مبهم و پیچیده دنیای واقعی را داشته باشد. در این تحقیق پس از طراحی یک سیستم یکپارچه مدیریت موجودی با استفاده از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات به ارائه یک مدل مناسب برای کنترل موجودی اقلام فسادپذیر پرداخته شده که جنبه‌های خاصی از لحاظ نوآوری مثل تعریف پارامترهای تقاضا، قیمت و البته نرخ فساد^{۱۵} به عنوان متغیرهای فازی شهودی در آن لحاظ شده است.

۴-۱ نوآوری تحقیق

در زمینه طراحی سیستم‌های مختلف اعم از تولیدی و غیره با استفاده از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات و نیز ارائه مدل‌های گوناگون برای کنترل موجودی اقلام فاسدشدنی در شرایط مختلف و با فرضیات گوناگون مطالعاتی به صورت جداگانه توسط محققان انجام شده است. ولی در مطالعه حاضر به

¹⁵ deterioration rate

دلیل ادغام مدل مدیریت موجودی برای اقلام فاسدشدنی با رویکرد تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات و نیز به کارگیری این مدل تحت شرایط فازی شهودی که توان بالایی برای برخورد با شرایط عدم قطعیت با در نظر گرفتن پارامترهای اصلی مدل به عنوان متغیرهای فازی شهودی دارد از جنبه های نوآوری مطالعه حاضر بوده که تاکنون مطالعه ای در این حیطه صورت نگرفته است که می تواند کاستی و نقص بی دقتی و عدم اطمینان ذاتی ادراکات تصمیم گیرندگان را با استفاده از اعداد فازی و توافق نظر خبرگان در تصمیم گیری، رفع کند.

۱-۵ اهداف تحقیق

یکی از هزینه هایی که هریک از اجزای زنجیره تأمین به منظور پاسخگویی به نیازهای اجزای پایین دست خود متحمل می شوند، هزینه های موجودی می باشد که از جمله مهم ترین هزینه های یک زنجیره تأمین به شمار می آید. امروزه، ماهیت تولید، حمل و نقل و مصرف محصولات و همچنین خدمات متعدد، جهانی و سراسری است. به شکل متناقضی بسیاری از محصولات و در نتیجه زنجیره تأمین آن ها به صورت فزاینده ای حساس به زمان می باشند. از داروهایی که باید بر اساس برنامه و در شرایط مطلوب به منظور بهبود و درمان در محل مصرف شوند تا محصولات تازه، ماهی، گوشت و شیر که کیفیت زوال پذیری در طی زمان دارند و البته محصولات بهداشتی که نیاز به شرایط ذخیره سازی ویژه ای دارند و حتی ممکن است به مرور زمان تباه شوند (Nagurney, Yu, Masoumi, & Nagurney, 2013).

تحولات اقتصادی و بروز تغییرات در روند بازار، حضور رقبای جدید، بالا رفتن توقعات مشتری و مسائلی از این دست، فصل جدیدی از مسائل موجودی را مطرح می نماید که هزینه ها و دیگر پارامترهای مدل در طول افق زمانی متأثر از این پدیده ها تغییر نموده و به تبع آن سیاست سفارش اقتصادی نیز تغییر می نماید. وجود یک چارچوب یکپارچه تجزیه و تحلیل شبکه زنجیره تأمین لازم و ضروری است.

چنین چارچوبی باید توانایی رفتار رقابتی و همچنین کنترل بهینه‌سازی را داشته باشد و برای بسیاری از بخش‌های صنعتی که در آن محصولات فاسدشدنی دارای اهمیت می‌باشند، از مراقبت‌های بهداشتی تا غذا، پوشاک مد و های‌تک^{۱۶} مناسب باشد (Nagurney et al., 2013).

مطالعه حاضر به دنبال ارائه مدل مدیریت موجودی برای اقلام فاسدشدنی در شرایط عدم اطمینان می‌باشد که با استفاده از رویکرد تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات ضمن سادگی و اطمینان مدل بتواند سازمان را در رسیدن به سیاست‌های اقتصادی بهتر در سفارش و نگهداری موجودی این اقلام و دستیابی به سهم بیشتر بازار و درنهایت کسب سود بیشتر کمک کند. به واسطه توانایی ذاتی مجموعه‌های فازی شهودی در بیان اطلاعات مبهم، سودمندی این مجموعه‌ها در تصمیم‌گیری به شکل ویژه‌ای قابل‌درک است (Eulalia Szmidt, 2014).

۱-۶ روش تحقیق

متدولوژی پژوهش حاضر را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

الف. مطالعه پیرامون ادبیات و مدل‌های مختلف کنترل موجودی ارائه‌شده در زمینه کالاهای فسادپذیر، تعدد انواع آن‌ها باگذشت زمان، جدیدترین مدل‌های ارائه‌شده و بررسی نقاط ضعف و گپ تحقیقاتی موجود در تحقیقات صورت گرفته.

ب. مطالعه پیرامون انواع محیط‌های موجود، تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان و تئوری مجموعه‌های فازی شهودی به عنوان یک ابزار مناسب در کنترل عدم قطعیت محیط واقعی.

ج. تحلیل شرایط یک زنجیره تأمین سودآور و به کارگیری تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات برای ارائه ساختار منسجم به منظور کسب بیشترین سودآوری در یک شرکت دارویی.

¹⁶ High tech

د. ارائه یک مدل مناسب برای کنترل موجودی اقلام دارویی در راستای بهینه‌سازی میزان سفارش دهی، طول دوره و مجموع هزینه‌ها به کمک نرم‌افزار LINGO.

ه. استفاده از اعداد فازی شهودی مثلثی به‌جای اعداد قطعی مدل برای پارامترهای متغیر در شرایط پیچیده عدم اطمینان از جمله نرخ فساد، میزان تقاضا و قیمت خرید.

و. تبدیل اعداد فازی شهودی مثلثی با روش دی فازی مرکز ثقل به اعداد قطعی و دستیابی به جواب بهینه و انجام تحلیل حساسیت با استفاده از نرم‌افزار MATLAB.

ی. استفاده از روش مقیاس ۱۱ نقطه‌ای فازی برای دریافت نظرات خبرگان و متخصصان حوزه بهداشت و درمان در پیش‌بینی میزان تقاضا، نرخ فساد و قیمت خرید برای اقلام دارویی مختلف.

ط. انجام پیش‌بینی با سه رویکرد قطعی، فازی و فازی شهودی برای متغیرهای موردبررسی از پنج قلم دارویی واکسن آنفولانزا، کپسول آهن، لوسيون پرمترین، قرص پنتوپرازول و قرص سویاگل در یک دوره سه‌ماهه و مقایسه نتایج به‌دست‌آمده با مقادیر واقعی ارائه‌شده از طرف واحد حسابداری شرکت دارویی مورد مطالعه.

۱-۷ قلمرو زمانی تحقیق و مطالعه موردی

این پژوهش از تیرماه سال ۱۳۹۴ تا بهمن ۱۳۹۴ به طول انجامید و با توجه به وسعت صنایع غذایی و شیمیایی کشور که نگه‌دارنده اقلامی با عمر محدود هستند، به ارائه مدلی برای سیستم مدیریت موجودی، ذخیره‌کننده اقلام دارویی در شرایط عدم قطعیت با رویکرد تکنیک مبتنی بر بدیهیات می‌پردازیم.

۱-۸ سؤالات تحقیق

این مطالعه به دنبال پاسخگویی به دو سؤال کلی زیر است:

- چگونه می‌توان بر اساس تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات مدلی جهت مدیریت موجودی برای اقلام فاسدشدنی طراحی نمود؟
- باوجود تنوع زیاد نظرات تصمیم‌گیرندگان و محیط اطلاعاتی مبهم چگونه می‌توان سیستم مدیریت موجودی برای اقلام فاسدشدنی با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی شهودی مدل‌سازی کرد؟

۹-۱ تعریف مفاهیم و اصطلاحات تخصصی

مدیریت موجودی: مدیریت موجودی جریانی است که ضمانت می‌کند اقلام موجود سازمان با در نظر گرفتن عوامل زمان، مکان، تعداد، کیفیت و هزینه، برای بخش‌هایی از عملیات (تولید، توزیع، فروش، مهندسی) که به آن‌ها نیاز دارند، تدارک شود.

تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات: یکی از روش‌های بسیار کارا در طراحی انواع ابزارها و فرایندهای مدیریتی، تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات است که می‌تواند در تصمیم‌گیری و طراحی بسیاری از مسائل پیچیده بکار رود و اهداف و خواسته‌های سازمان‌ها را به بهترین نحو ممکن طراحی نماید. در فرایند طراحی از دو اصل بدیهی (استقلال و اطلاعات) استفاده می‌شود. اصل بدیهی اول (اصل استقلال) بیانگر رابطه بین نیازهای عملکردی و متغیرهای فیزیکی است و اصل بدیهی دوم (اصل اطلاعات) پیچیدگی طراحی را نشان می‌دهد.

کالای فسادپذیر: در حالت کلی کالای فاسدشدنی به کالایی گفته می‌شود که باگذشت زمان ارزش خود را از دست می‌دهند. کالاهایی مانند داروها، میوه و سبزیجات، لبنیات، کالاهای فصلی و مد، وسایل الکترونیکی و غیره در راستای کالاهای فاسدشدنی قرار می‌گیرند.

تئوری مجموعه‌های فازی: مجموعه فازی بر اساس تابع عضویت تعریف می‌شود که تصویر مجموعه فراگیر در بازه [صفر و یک] است. هر یک از اعضا درجه عضویت دارند. مجموعه فازی از تعمیم و عمومیت دادن تئوری مجموعه‌های کلاسیک ایجاد شد. در تئوری مجموعه‌های کلاسیک، عضویت اعضا در یک مجموعه به صورت جملات باینری بر اساس شرط دودویی تعیین می‌شوند که یک عضو یا به مجموعه تعلق دارد یا ندارد. درحالی‌که در تئوری فازی درجات نسبی عضویت اعضا در مجموعه مجاز است.

تئوری مجموعه‌های فازی شهودی: یک مجموعه فازی شهودی می‌تواند به عنوان یک تعمیم یا کلیت از مجموعه فازی دیده شود، در مواردی که اطلاعات در دسترس برای تعریف یک مفهوم مبهم به وسیله مجموعه فازی معمولی، کافی نیست. در مجموعه‌های فازی شهودی دو درجه عضویت و عدم عضویت وجود دارد که اعدادی از [۰، ۱] هستند، اما مجموع آن‌ها لزوماً یک نیست.

در فصل دوم این رساله در ابتدا به صورت مختصر به مطالعات انجام شده در زمینه تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات و نیز سیستم‌های موجودی در ارتباط با کالاهای فسادپذیر پرداخته می‌شود. در ادامه مرور کلی بر مطالعات انجام شده در زمینه مطالعات فازی شهودی بکار رفته در این حوزه بیان می‌شود. در فصل سوم مسئله موردنظر در این پژوهش به طور کامل تشریح، فرضیات بیان و مدل ریاضی برای این مسئله ارائه می‌شود؛ و در فصل چهارم کاربرد مدل در صنعت دارو به عنوان یکی از اصلی‌ترین زیرشاخه‌های اقلام فسادپذیر به عنوان مطالعه موردی توسط یک مسئله کاربردی شرح داده می‌شود و در فصل پنجم نیز نتایج حاصل از اجرای این روش، گزارش و پیشنهادات برای مطالعات آتی بیان می‌شود.



فصل دوم: ادبیات و پیشینه تحقیق

طراحی یکی از چالش‌های هوشمندانه در قرن بیست و یکم است و با توجه به اینکه در حوزه طراحی تجربه بسیار مهم‌تر از تحصیلات رسمی می‌باشد؛ دانشمندان در پی آن می‌باشند که آموزش طراحی را به صورت علمی درآورده و مبنایی را جهت تمیز و شناسایی طرح‌های خوب و بد در دست داشته باشند.

با توجه به اینکه مسئله موردبررسی ترکیبی از طراحی سیستم مدیریت موجودی با کمک تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات و کنترل موجودی برای اقلام فسادپذیر تحت محیط فازی شهودی است، در این فصل ابتدا مروری بر ادبیات تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات و سپس مطالعات انجام شده در رابطه با سیستم‌های کنترل موجودی کالاهای فسادپذیر در محیط فازی شهودی خواهیم داشت و سعی بر آن است تا شکاف تحقیقاتی را مشخص کرده و تا حد ممکن به آن بپردازیم.

سؤال مهمی که در مطالعات اولیه به وجود می‌آید این است که چرا باوجود هزینه‌های بسیار زیادی که بابت از بین رفتن کالاهای فسادپذیر پرداخته می‌شود، مدت زمان زیادی به کنترل موجودی آن‌ها بی‌توجهی شده است؟

۲-۲ تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات

۱-۲-۲ بررسی ادبیات تحقیق تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات

ناکافی بودن تحقیقات در زمینه ادبیات تئوری طراحی، لزوم داشتن رویکرد و نگرش علمی به طراحی و انجام مطالعات بیشتری در زمینه تئوری طراحی را ایجاب می‌کند. وجود این طرز تفکر که طراحی برخلاف علوم طبیعی نمی‌تواند بر پایه‌ای علمی استوار شود، یکی از دلایل بی‌توجهی به رویکرد علمی است.

مهندسان و مدیران جهت اتخاذ تصمیمات مرتبط با مسائل طراحی به اصول اساسی و روش‌هایی صحیح نیاز دارند تا بتوانند در ماهیت خاص طراحی بهبودی شگرف ایجاد نمایند. فقدان اصول و بدیهیات در طراحی به عنوان مرجع یا پایه‌های ثابت تصمیم‌گیری موجب می‌شود تا تصمیمات طراحی به صورت تجربی و قضاوت کارشناسان اتخاذ شوند.

طراحی با موضوعات خلاق دیگر مانند هنر، مسائل و مشترکات زیادی دارد. افراد جنبه‌های مختلف هنرهای زیبا را فهمیده و درک می‌کنند، اما قادر به تشریح عددی ترکیبات نهایی آن نیستند. برخی از آن‌ها از طریق فرآیند تصادفی راه‌حل‌های خلاق را ایجاد نموده‌اند، اما این راه‌حل‌ها استثنا بوده و قانون کلی نمی‌باشند. متأسفانه بسیاری از نوابغ قادر نیستند که هسته اصلی ایده‌ها و فن‌های خود را با جزئیات کامل به نسل‌های جوان‌تر منتقل نمایند. نبوغ سرشار این افراد نمی‌تواند به راحتی انتقال پیدا کند، زیرا آن‌ها نمی‌فهمند که چه می‌دانند و چطور توانایی‌های طبیعی خود را با کلمات بیان نمایند در طراحی می‌توان تعداد بی‌شماری راه‌حل قابل‌پذیرش و تکنیک‌های تخصصی داشت. بدیهیات طراحی، قوانینی ایجاد می‌کنند که پایه‌ای مناسب برای مقایسه و انتخاب طرح‌ها بوده و انتخاب یک طرح خوب به توانایی آن جهت برآورده ساختن این بدیهیات بستگی دارد.

فرآیند طراحی شامل انتقال ادراک مشتریان از یک مسئله به موضوع طراحی است به طوری که مشتری احساس رضایت نماید. طراحان قادرند تا ادراکات مشتریان را از طریق ابزارها، روش‌های طراحی و یکسری منابع در دسترس انتقال دهند. با معرفی تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات دانشمندان و محققان زیادی سعی کرده‌اند تا تکنیک مزبور را در رشته‌های مختلف به کار گیرند.

طراحی بد هزینه‌های زیادی را به جامعه و سازمان تحمیل نموده و دانشمندان آن‌ها را جزء ضایعات به شمار می‌آورند؛ بنابراین الگوبرداری از سیستم در حقیقت نوعی طراحی محسوب می‌شود. لازمه طراحی مناسب داشتن شناخت کامل از سیستم می‌باشد (عباسی طلایی و همکاران، ۱۳۹۳).

یکی از روش‌های بسیار کارا در طراحی انواع ابزارها و فرایندهای مدیریتی، تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات است که می‌تواند در تصمیم‌گیری و طراحی بسیاری از مسائل پیچیده به کار رود و اهداف و خواسته‌های سازمان‌ها را به بهترین نحو ممکن طراحی نماید.

تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات به‌عنوان یکی از جدیدترین تکنیک‌ها با بهره‌گیری از دو اصل استقلال و اطلاعات بسیاری از مشکلات مدیران امروزی برای استفاده از خیل تکنیک‌ها و ابزارهای موجود را مرتفع نموده است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۳).

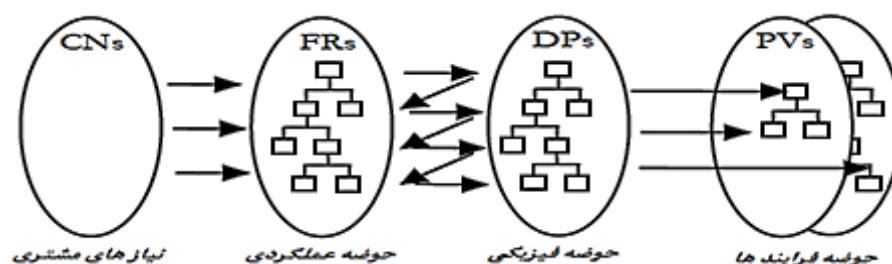
در فرایند طراحی از دو اصل بدیهی (استقلال و اطلاعات) استفاده می‌شود. اصل بدیهی اول (اصل استقلال) بیانگر رابطه بین نیازهای عملکردی و متغیرهای فیزیکی است و اصل بدیهی دوم (اصل اطلاعات) پیچیدگی طراحی را نشان می‌دهد. اصول بدیهی موجود در طراحی مبتنی بر بدیهیات درواقع رویکردی تحلیلی-فرایندی را در طراحان ایجاد می‌کند تا بتوانند بهترین تابع هدف ممکن را انتخاب نمایند (شیخ و صارمی، ۱۳۸۵). طراحی به‌عنوان یک تعامل پیوسته بین «آنچه خواهان رسیدن به آن هستیم» و «چگونگی دستیابی به آن» تعریف می‌شود. آنچه خواهان رسیدن به آن هستیم الزامات عملکردی (FR^{17}) نامیده می‌شود که بر اساس نیازهای مشتری تعیین می‌شود. برای ارضای نیازهای عملکردی، پارامترهای طراحی (DP^{18}) باید با استفاده از تجسم آن‌ها در یک دامنه فیزیکی انتخاب شوند (Suh, 1990).

فرایند طراحی شامل ارتباط FR ها در حوزه عملکردی و DP ها در حوزه فیزیکی می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر طراحی به‌عنوان فرایند نگاشت بین FR ها و DP ها از طریق انتخاب DP های مناسب که FR ها برآورده شود، تعریف می‌شود. فرایند نگاشت به خلاقیت فردی طراح بستگی دارد، بنابراین امکان دستیابی به چندین راه‌حل خوب برای طراحی وجود دارد.

حوزه‌های مختلف فرایند نگاشت در شکل (۲-۱) نشان داده شده است.

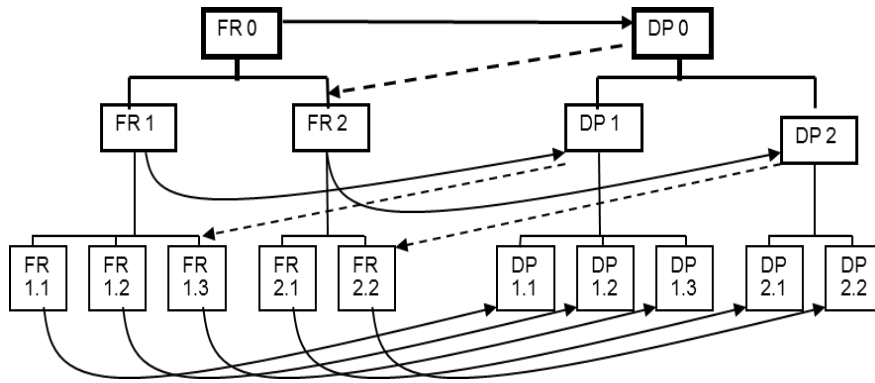
¹⁷ Functional requirement

¹⁸ Design parameter



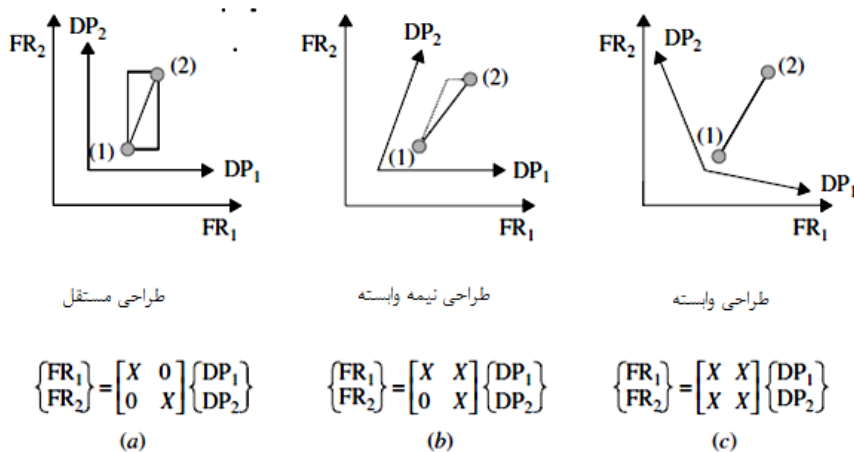
شکل (۲-۱) نگاشت چهار قلمرو تصمیم‌گیری

حوزه مشتری توسط نیازهای که مشتری در یک محصول به دنبال آن است مشخص می‌شود. بر اساس این نیازها مهندسين طراحی FR ها را از نظر یکنواختی و همچنین محدودیت‌های موجود تعریف می‌کنند و پس از آن DP ها در حوزه فیزیکی مصمم به برآورده کردن FR های متناظر هستند. در نهایت برای تولید محصول مشخص شده از نظر DP ها، متغیرهای فرآیند (PV) در حوزه فرآیندی تعریف می‌شوند. همان‌طور که در شکل (۲-۲) نشان داده شده است، FR ها و DP ها به یک سلسله‌مراتب تجزیه می‌شوند تا طراحان یک طراحی با جزئیات کامل به دست آورند. DP توسط FR مربوطه همان سطح و FR ها در سطح بعد به واسطه مشخصات DP در سطح بالایی تعیین می‌شوند. این فرایند طبق شکل (۲-۲) تجزیه، شکستن زیگزاگی نامیده می‌شود. این فرآیند برای سیستم‌های مقیاس بزرگ بسیار مفید است.



شکل (۲-۲) شکستن سلسله مراتب زیگزاگی

به طور کلی در فرایند طراحی روابط بین FR های مرتبط با DP ها طبق شکل (۲-۳) می تواند به سه شکل مستقل، نیمه وابسته و وابسته باشد. در طراحی مستقل (نمودار a) با تغییر DP_1 تنها متغیر عملکردی مرتبط با DP_1 یعنی FR_1 و با تغییر DP_2 تنها متغیر عملکردی مرتبط با DP_2 یعنی FR_2 تغییر می نماید و سایر متغیرهای عملکردی ثابت باقی می ماند. در طراحی نیمه وابسته (نمودار b) با تغییر DP_1 تنها متغیر عملکردی مرتبط با DP_1 یعنی FR_1 و با تغییر DP_2 علاوه بر تغییر FR_1 ، FR_2 نیز تغییر می نماید؛ و سرانجام در طراحی وابسته با تغییر DP_1 یا DP_2 هر دو متغیر عملکردی FR_1 و FR_2 تغییر می کند.



شکل (۲-۳) انواع روابط در فرآیند طراحی

بنابراین طبق شکل (۳-۲) فرایند طراحی را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

$$[FR] = [A][DP] \quad (۱-۲)$$

طبق معادله (۱-۲) فرایند طراحی شامل انتخاب مجموعه‌ای از DP های مناسب برای برآورده ساختن FR ها است که در آن $[A]$ ماتریس طراحی است.

$$[A] = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix}$$

به طور کلی A_{ij} را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$A_{ij} = \frac{\partial FR_i}{\partial DP_j} \quad (۲-۲)$$

هر جزء از ماتریس A_{ij} عبارت است از میزان تغییر متغیر عملکردی FR_i به ازای تغییر میزان DP_j .

تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات شامل دو اصل اساسی است. اصل استقلال و دیگری اصل اطلاعات. اصل استقلال با رابطه بین FR ها و DP ها سروکار دارد و اصل اطلاعات به پیچیدگی طراحی می‌پردازد. دو اصل (بدیهه) تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات به صورت زیر تعریف می‌شود:

اصل استقلال: همان‌طور که اشاره شد طراحی می‌تواند به سه صورت انجام پذیرد: طراحی مستقل، طراحی وابسته و طراحی نیمه‌مستقل (شبه وابسته). طرح مستقل بدیهه استقلال را ارضاء می‌کند. درحالی‌که طرح وابسته عملکردهایی مبتنی بر سایر عملکردها پدیدآورده و بدیهه یک را نقض می‌کند. وقتی که طراحی وابسته ناشی از تعداد ناکافی ابعاد طراحی در مقایسه با نیازهای عملکردی باشد با اضافه کردن اجزایی که تعداد ابعاد طراحی را افزایش می‌دهند می‌توان بر این مشکل غلبه کرد و طرح وابسته را به طرحی مستقل تبدیل کرد. طراحی نیمه‌مستقل بخاطر داشتن محتوای اطلاعاتی بیشتر نسبت به طراحی مستقل ارزش کمتری دارد. در بررسی طرح ابتدا ماتریس طراحی آن را تعیین کرده

تا مشخص شود طرح ایجادشده بدیهه استقلال را نقض می‌کند یا خیر؛ در صورتی که طرحی از قبل وجود نداشته باشد می‌توان از بدیهه استقلال در مرحله توسعه ایده به نحوی مؤثر استفاده نمود، در این حالت نیازهای عملکردی را که قرار است برآورده گردد به دلخواه انتخاب می‌شوند.

به‌طور کلی اصل استقلال اشاره به این نکته دارد که در طول فرآیند طراحی، با حرکت از FR ها در قلمرو عملکردی به DP ها در قلمرو فیزیکی، ارتباط بین FR ها و DP ها باید به‌گونه‌ای باشد که انحراف کوچکی در یک DP خاص تنها بر FR مربوط به آن تأثیر داشته باشد (قاسمیه و همکاران، ۱۳۹۱).

اصل اطلاعات: بر اساس اصل اطلاعات بهترین طرح، یک طرح مستقل است که حداقل اطلاعات را در بر دارد. یا به عبارتی در تعیین پارامترهای طراحی از ابزارهایی استفاده شود که احتمال دستیابی به هدف را حداکثر نماید. این اطلاعات ممکن است در قالب نقشه‌ها، معادله‌ها، مشخصات مواد و غیره باشد. با توجه به ماهیت اطلاعات تولیدشده و اثر متقابل آن بر اطلاعات موجود، می‌توان عملیات را پیچیده‌تر و با هزینه بیشتر و یا به‌صورت ساده‌تر و با هزینه کمتری انجام داد. مثلاً برای طراحی یک کالا بایستی ابعاد آن تعیین‌شده و جهت تولید آن از یکسری ماشین‌آلات و فرآیندهای تولیدی استفاده کرد. اگر در انتخاب ماشین اشتباهی رخ دهد، عملیات ماشین‌کاری بسیار پیچیده شده و نیاز به محتوی اطلاعات زیادی خواهد داشت. به عبارتی همه می‌دانند که اگر ابزار درستی در اختیار داشته، انجام کار بسیار آسان‌تر خواهد بود. این مسئله سؤالاتی را در ذهن ایجاد می‌کند که قبل از اینکه به اطلاعات در طراحی بدیهه گرا پرداخته شود، باید به آن‌ها پاسخ داد:

ماشین اشتباه چه ماشینی است؟ چگونه باید محتوای اطلاعات طرح را به‌صورت کمی اندازه‌گیری نمود؟ چگونه می‌توان با سنجش اطلاعات، بهترین طرح را انتخاب کرد؟ چگونه طراحی بر تولید تأثیر می‌گذارد؟

بررسی پیچیدگی به صورت کیفی ساده است، اما سنجش کمی آن مشکل به نظر می‌رسد. پیچیدگی، در ارتباط با سختی انجام یک کار مطرح می‌شود. زمانی که طراحی به صورت وابسته یا نیمه وابسته باشد روابط بین نیازهای عملکردی و ابعاد طراحی پیچیده‌تر شده و در نتیجه محاسبه مقدار دقیق محتوی اطلاعاتی مشکل‌تر می‌گردد. اطلاعات مرتبط گاهی اوقات مبهم و به صورت زبانی مطرح می‌شود. شناسایی و سنجش محتوی اطلاعاتی بسیار مهم و حیاتی است. روش‌های موجود بیشتر بر مبنای تئوری احتمال بوده و در آن فرض می‌شود اطلاعات در دسترس بایستی به شکل عدد قطعی و یا به صورت بازه‌ای بیان شود. شانون^{۱۹} اولین فردی بود که آنتروپی را به عنوان یک معیار اندازه‌گیری محتوی اطلاعات معرفی نموده است. ویلسون^{۲۰} نیز محتوی اطلاعاتی را به صورت معکوس لگاریتم ارضای یک تلورانس بیان داشت. به منظور سنجش اصل اطلاعات می‌توان از تکنیک‌های چند معیار فازی یا تکنیک تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده نمود. این تکنیک‌ها درجه اثربخشی هر پارامتر طراحی بر تابع عملکردی را به صورت عددی بین صفر و یک اندازه‌گیری می‌کنند (قاسمیه و همکاران، ۱۳۹۱).

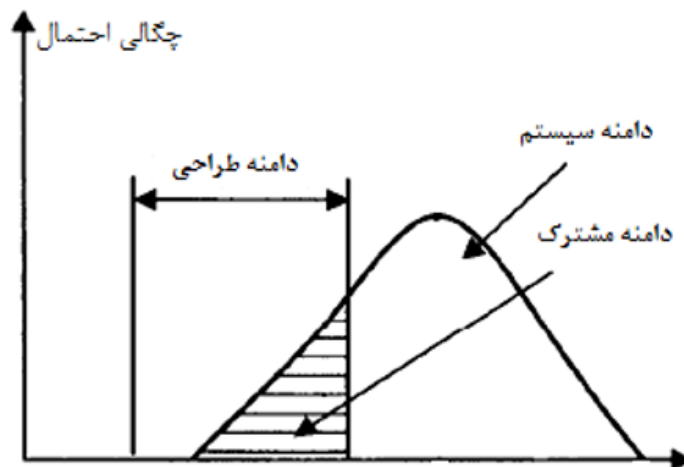
محتوای اطلاعاتی I_i نشان‌دهنده میزان احتمال دستیابی به نیاز عملکردی (تابع هدف) FR_i از طریق متغیر فیزیکی DP_i می‌باشد.

$$I_i = \log_p \frac{1}{p_i} = -\log_p p_i \quad (3-2)$$

احتمال دستیابی به نیاز عملکردی FR طبق شکل (۲-۴) از همپوشانی دامنه طراحی و دامنه سیستم حاصل می‌شود. طبق اصل اطلاعات طراحی که دارای حداقل محتوای اطلاعاتی برای دستیابی به نیاز عملکردی FR (اهداف طراحی) باشد بهترین طراحی است؛ بنابراین هنگامی که تمام احتمالات برابر یک باشد محتوای اطلاعات برابر صفر است و برعکس.

¹⁹ Sannon

²⁰ Wilson



شکل (۲-۴) دامنه طراحی سیستم

دامنه سیستم توانائی فعلی سیستم را نشان داده و برحسب ابعاد بیان می‌گردد. دامنه مشترک به مقدار اشتراک بین دامنه طراحی و دامنه سیستم اطلاق می‌شود. اگر یک سیستم به‌گونه‌ای انتخاب شود که بازه طراحی آن (محدوده خواسته‌های طرح) بتواند بازه سیستم (محدوده عملکرد سیستم) را پوشش دهد آنگاه بازه سیستم زیرمجموعه بازه طراحی خواهد بود و طرح قادر است تا کلیه خواسته‌های مورد انتظار برای دستیابی به FR ها را تأمین نماید.

قبل از معرفی تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات تعیین اهداف و نیازهای عملکردی در طراحی فرایند مشکل بود اما با استفاده از این تکنیک طراحی به‌صورت منظم‌تری انجام می‌پذیرد و می‌تواند در طراحی مسائل پیچیده و چندبعدی به کار رود. این فن یک چارچوبی برای درک پروژه‌ها فراهم می‌آورد و افراد قادرند تا خواسته‌ها و اهداف شرکت را طراحی نمایند. بدین ترتیب تصمیم‌گیری در نحوه انجام مراحل طراحی پروژه‌ها و اجرای آن‌ها به بهترین نحو ممکن انجام می‌شود (قاسمیه و همکاران، ۱۳۹۱).

۲-۲-۲ منابع بررسی شده

با بررسی منابع مختلف از جمله پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد، دکتری و مقالات معتبر داخلی و خارجی، پیشینه‌های به‌دست‌آمده ارائه شده است.

طراحی مبتنی بر بدیهیات اگرچه روشی نسبتاً نو می‌باشد ولی افراد بسیاری در سرتاسر جهان پایان‌نامه و مقالات خود را به این موضوع اختصاص داده‌اند ولی متأسفانه این روش بدیع در ایران مورد غفلت واقع شده است. یک رساله دکتری در زمینه طراحی مبتنی بر بدیهیات توسط آقای دکتر شیخ، دانشیار دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شده است. ایشان از این تکنیک در حیطه مدیریت عملیات و تولید ناب بهره برده‌اند. از نوآوری‌های این پژوهش داشتن رویکردی تحلیلی بر طراحی سیستم با استفاده از اصول بدیهی، مدل‌سازی سیستم با نگرش چندلایه‌ای جهت زمان‌بندی معتبر و معرفی فن‌هایی برای تسهیل سنجش اصول مطروحه در طراحی سیستم می‌باشد (شیخ، ۱۳۸۷).

در تحقیقی دیگر، شناسایی عوامل تأثیرگذار بر انتخاب خودروی سواری با استفاده از اصول طراحی مبتنی بر بدیهیات توسط آقای مرتضی ناظمی در دانشگاه صنعتی شاهرود صورت گرفته است. هدف این تحقیق، تحلیل و ارزیابی گزینه‌های مختلف خودروی سواری با توجه به معیارهای کیفی و کمی به‌طور هم‌زمان می‌باشد. هدف اصلی این تحقیق مکانیسمی برای تصمیم‌گیری در مورد بهترین خودرو در بازار می‌باشد. این پژوهش پیشنهاد روشی است برای ترکیب طراحی مبتنی بر بدیهیات و تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی و رسیدن به رتبه‌بندی نهایی با استفاده از نتایج دو روش (ناظمی، ۱۳۹۰).

در مطالعه‌ای دیگر خانم نجمه مؤدی از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات برای تعیین روایی و سنجش مطلوبیت ساختار طراحی شده استفاده کرد و به معرفی چارچوبی برای ارزیابی طراحی‌ها با کمک تکنیک‌های تصمیم‌گیری پرداخته است (مؤدی، ۱۳۹۱).

شیخ، عباسی طلایی و عباسی در سال ۱۳۹۴ از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات در طراحی چارچوبی نظام‌مند جهت تدوین کتاب‌های درسی برای انتخاب منابع درس مدیریت عملیات رشته مدیریت در مقطع ارشد استفاده کردند (شیخ و همکاران، ۱۳۹۴).

۳-۲-۲ کاربرد تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات در طراحی سیستم‌های تولیدی

طراحی سیستم تولیدی چارچوبی بزرگ که شامل روش‌ها، فرایندها و طراحی فرایند تولید می‌باشد. یک سیستم تولیدی ممکن است از یک سلول تولیدی تا یک کارخانه بزرگ شامل ماشین‌آلات، مواد، نیروی انسانی و اطلاعات به‌منظور تولید انواع محصولات، خدمات و اطلاعات را در برداشته باشد. پژوهش‌های صورت گرفته در جدول (۱-۲) نمونه‌های خوبی از طراحی سیستم‌های تولیدی بر اساس اصول طراحی مبتنی بر بدیهیات می‌باشد.

جدول (۱-۲) استفاده از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات در طراحی سیستم تولیدی

نام پژوهشگران	پژوهش مربوطه
(Suh, Cochran, & Lima, 1998)	ارائه روشی برای طراحی ساخت سیستم ایده آل برای تعداد زیادی از محصولات باکیفیت مشابه در طی دوره‌ای که برای نرم‌افزار آن تعریف شده باشد. معیارهای بکار رفته در این طراحی کیفیت، هزینه و زمان تحویل است. این پژوهش اولین بار است که با استفاده از اصول AD به طراحی یک سیستم با چند تولید مختلف می‌پردازد که از اصول آن در سیستم تولید ناب به کار گرفته می‌شود.
(Cochran, Eversheim, Kubin, & Sesterhenn, 2000)	پیشنهاد یک روش برای تبدیل سیستم تولیدی به واحدهای تولیدی کوچک به‌منظور انعطاف‌پذیری بیشتر و غیرمتمرکز به‌منظور مدیریت بهتر و مؤثرتر. این روش بر اساس اصول مدیریت ناب و اصل استقلال طراحی مبتنی بر بدیهیات پایه‌گذاری شده است.
(Kulak, Durmusoglu, & Tufekci, 2005)	طراحی یک رویکرد برای تبدیل سیستم تولیدی سنتی که با استفاده از فرایند کاری هدایت می‌پذیرد، به سیستم تولیدی با امکان اتصال به تلفن همراه برای انجام فرایند. استفاده از مجموعه نیازهای کاربردی و طراحی سلسله مراتبی در ابعاد طراحی سیستم تولیدی از دیگر نوآوری‌های این پژوهش می‌باشد.
(Houshmand & Jamshidnezhad, 2006)	پیشنهاد یک مدل‌سازی برای طراحی سیستم تولیدی ناب که این مدل در قالب الزامات سیستمی، ابعاد طراحی، روابط بین متغیرها بنانهاده شده است. در این مطالعه بسیاری از کاستی‌های موجود در پیاده‌سازی با استفاده از اصل استقلال که باعث شفاف‌سازی در روابط متقابل می‌شود، جبران شده است.
(Nakao, Kobayashi, Hamada, Totsuka, & Yamada, 2007)	استفاده از اصل استقلال به‌منظور کوتاه کردن زمان سفارش تا تحویل با حذف رابطه متقابل بین سیستمی.

ارائه یک مدل مبتنی بر اصل استقلال از تکنیک AD حمایت از مدیریت زنجیره تأمین، مدیریت اطلاعات و فن آوری اطلاعات می باشد. در این مطالعه روشی به منظور هماهنگ نمودن فعالیت های مدیریت اطلاعات در رابطه با زنجیره تأمین با استفاده از اصل استقلال، توسعه داده شده است	(Schnetzler, Sennheiser, & Schönsleben, 2007)
روشی به منظور طراحی عملیات اداری کارآمد با استفاده از پیشنهاد شده است. پژوهشگران در AD اصل استقلال در این پژوهش ادعا دارند که روش بیان شده باعث بهبود عملیات اداری و رقابتی شدن کسب و کار از طریق کاهش زمان سفارش تا تولید می گردد.	(Durmusoglu & Kulak, 2008)
یک مدل طراحی سیستم تولید چابک با استفاده از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات بیان کرده است. پژوهشگر در مطالعه مذکور یک دستورالعمل جامع و کارآمد از مراحل فرایند طراحی برای مشخص کردن ابزار، روش و منابع طراحی سیستم تولید چابک در شرکت تولید کلیدهای الکترونیکی در کشور هند ارائه داده است.	(Vinodh, 2011)
یک سیستم تولیدی قابل تغییر را معرفی کردند. تکرارپذیری و مقیاس پذیر بودن از ویژگی های سیستم معرفی شده است. پژوهشگران در انتها یک مطالعه موردی از سیستم ارائه شده را تشریح داده اند.	(Matt & Rauch, 2013)
یک سیستم تولید مجدد برای مقابله با رقابت های جهانی و واکنش سریع به تقاضای مشتری ارائه کردند؛ که در سیستم طراحی شده در شرایط گوناگون با اضافه کردن یا از بین بردن بخش های مختلف و با تغییر در برنامه نویسی نرم افزار مربوطه تغییر مورد نظر در ساختار سیستم به وجود می آید.	Puik, Gerritsen, Smulders, van Huijgevoort,) (& Ceglarek, 2013
از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات برای طراحی سیستم های تولید برای ایجاد مزیت عملیاتی استفاده کردند. مقاله به طور خاص در ایجاد و حفظ سازمان و قابلیت های زنجیره تأمین تمرکز دارد.	(Arcidiacono & Brown, 2013)
یکپارچگی ماتریس ساختار طراحی و تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات موجب بهبود فرایند طراحی محصول از طریق ارتباط بهتر بین الزامات عملکردی و پارامترهای طراحی می شود.	(Rizzuti & De Napoli, 2014)

۲-۳ مجموعه های فازی شهودی

همان طور که عدم قطعیت به ناچار در هر سیستمی در دنیای واقعی وجود دارد، برخورد با اطلاعات مبهم یک امر طبیعی و یک چالش در زندگی روزمره است. مدل های ساخته شده برای کنترل، پیش بینی و تشخیص این گونه سیستم ها و همچنین عدم قطعیت باید به درستی درون توصیفات سیستم گنجانده شوند. سروکار داشتن با اطلاعات نامعلوم برای مدت زمان طولانی یک چالش بزرگ به حساب می آید تا اینکه در سال ۱۹۶۰ میلادی، عدم اطمینان صرفاً برحسب نظریه احتمال در نظر گرفته شد و به عنوان «رندم» یا تصادفی بودن قابل فهم بود. این ارتباط به ظاهر بدون ابهام بین عدم

قطعیت و احتمال، با چندین تئوری ریاضی متمایز از نظریه احتمال که قادر به توصیف شرایط تحت عدم قطعیت بودند موازی شد. شناخته‌شده‌ترین این نظریه‌ها که در اوایل سال ۱۹۶۰ شروع به پدیدار شدن کردند، عبارت‌اند از: نظریه مجموعه‌های فازی (Zadeh, 1965)، نظریه شواهد^{۲۱} (Dempster, 1967a, 1967b, 1968)، تئوری امکان^{۲۲} (Shafer, 1976)، تئوری امکان (Negoita, Zadeh, & Zimmermann, 1978)، تئوری اندازه‌گیری فازی^{۲۳} (Sugeno, 1974)، تئوری مجموعه راف^{۲۴} (Pawlak, 1982) و به‌تازگی تئوری مجموعه‌های فازی شهودی^{۲۵} (K. T. Atanassov, 1999; K. T. Atanassov, 1983)، که باعث تحریک تعداد بیشتری از محققان در سرتاسر دنیا شده است. توسعه نظریه‌های ذکر شده نشان داد که چندین نوع متفاوت از عدم اطمینان وجود دارد (G. G. Klir & Yuan, 1995; G. J. Klir & Wierman, 1999; G. J. Klir & Folger, 1988, 2005; J. Klir, 1987) و برای سه سال عدم قطعیت با تصادفی بودن در ارتباط بود. در ادامه بحث عمده‌تاً از اصطلاح کلی‌تر - اطلاعات ناقص^{۲۶} (که شامل تصادفی بودن نیز می‌شود) استفاده خواهد شد. برای مشاهده و تحلیل مجموعه‌های فازی شهودی در یک چشم‌انداز مناسب و به‌عنوان یک ابزار برای نمایش اطلاعات ناقص، در نگاه اول بهتر است، به چگونگی ظهور و اهمیت نظریه مجموعه فازی پرداخته شود.

نظریه فازی توسط زاده در سال ۱۹۶۵ میلادی به‌عنوان یک ابزار ساده و کارآمد برای نمایش و پردازش مفاهیم و مقادیر مبهم - برای مثال، زمانی که می‌گویند، مردان بلندقد، تعداد زیادی و غیره - ارائه شد. این مجموعه‌ها به دلیل اینکه ذاتشان انتقال تدریجی، نه ناگهانی بین عناصر عضویت و عدم عضویت در یک مجموعه است، فراتر از محدوده ریاضیات دقیق و رایج قرار می‌گیرند. زاده به این هدف با جایگزین کردن تابع مشخصه معمولی از کلاسیک قطعی که مقادیرش در $\{0,1\}$ است با تابع عضویت که امکان انتخاب مقادیری برای نمایش درجه عضویت در فاصله $[0,1]$ را فراهم می‌کند،

²¹ evidence theory

²² possibility theory

²³ theory of fuzzy measures

²⁴ rough set theory

²⁵ theory of intuitionistic fuzzy sets

²⁶ Imperfect information

دست‌یافت. به عبارت دیگر، تعیین یک مقدار حقیقی در واحد فاصله‌ای برای هر عنصر از یک مجموعه فازی، ضروری است؛ که این مقدار نشان‌دهنده درجه عضویت عنصر داده‌شده است.

مفهوم مجموعه فازی شهودی می‌تواند در این چشم‌انداز به عنوان روش دیگری برای تعریف یک مجموعه فازی مطرح شود. زمانی که اطلاعات در دسترس برای تعریف مفهوم مبهم - با استفاده از یک مجموعه فازی همان‌طور که در بالا ذکر شد - کافی نیست. فرض اساسی در تئوری مجموعه فازی این است که برای مثال، اگر درجه‌ای از عضویت یک عنصر در یک مجموعه فازی را به عنوان یک عدد حقیقی از $[0, 1]$ مشخص شود، می‌گویند a ، پس درجه عدم عضویت به‌طور خودکار $a-1$ تعیین می‌شود. در عوض، در نظریه مجموعه فازی شهودی فرض بر این است که مقادیر عدم عضویت حداکثر باید $a-1$ باشد (به عبارت دیگر، مجموع مقادیر عضویت و عدم عضویت حداکثر ۱ است). اختلاف بین مجموع درجات عضویت و عدم عضویت و مقدار ۱، اجازه بیان کمبود دانش را می‌دهد (تردید در مورد هم عضویت و هم عدم عضویت یک عنصر به یک مجموعه). در این روش بهتر می‌توان اطلاعات مبهم را مدل کرد. واضح است که برای تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی هر پدیده یا روندی در دنیای واقعی، باید تنوع جنبه‌های ذاتی اطلاعات ناقص را در نظر گرفت.

آتانوسوف در اواسط سال ۱۹۸۰ میلادی مفهوم مجموعه فازی شهودی را معرفی کرد. درواقع، ایده او این بود که برخلاف مجموعه‌های فازی کلاسیک که در آن عدم دقت (صراحت) فقط با درجه عضویت از $[0, 1]$ مشخص می‌شود و برای درجه عدم عضویت، از درجه عضویت تنها به‌طور خودکار تا ۱ متمم می‌گیرد، در مجموعه‌های فازی شهودی هر دو درجه عضویت و عدم عضویت اعدادی از $[0, 1]$ هستند، اما مجموع آن‌ها لزوماً یک نیست.

۲-۳-۱ تعاریف اصلی

تصور کلی آتانوسوف از یک مجموعه فازی شهودی می‌تواند به‌عنوان یک تعمیم یا کلیت از مجموعه فازی دیده شود، در مواردی که اطلاعات در دسترس برای تعریف یک مفهوم مبهم به‌وسیله مجموعه فازی معمولی، کافی نیست. ما از تعاریف پایه یک مجموعه و مجموعه فازی شروع می‌کنیم.

۲-۳-۱-۱ مجموعه قطعی

مجموعه یکی از مفاهیم اساسی در ریاضیات است. یک مجموعه، منتخبی از عناصر است که صفات مشابه دارند. مجموعه کلاسیک (مجموعه قطعی) دارای حدودمرزهای مشخص می‌باشد، به‌عنوان مثال، تنها دو احتمال وجود دارد:

- یک جزء X متعلق است به مجموعه A
 - یک جزء X متعلق نیست به مجموعه A
- یک مجموعه کلاسیک می‌تواند با تابع مشخصه آن بیان شود.

تعریف (۱-۲) برای یک مجموعه X و یک زیرمجموعه A از X ($A \subseteq X$) ما داریم:

$$\varphi_A(x) = \begin{cases} 1 & x \in A \\ 0 & x \notin A \end{cases} \quad (۴-۲)$$

تابع مشخصه A در X . با استفاده از این تابع $\varphi_A(x)$ یک مجموعه قطعی A به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$A = \{ \langle x, \varphi_A(x) \rangle / x \in X \} \quad (۵-۲)$$

برای یک مجموعه قطعی یک عنصر نمی‌تواند «تا حدی» متعلق باشد به یک مجموعه.

۲-۳-۱-۲ مجموعه فازی

مجموعه فازی یک تعمیم از یک مجموعه قطعی می‌باشد. مفهوم مجموعه فازی توسط زاده معرفی شد. یک مجموعه فازی A' در مجموعه مرجع X توسط تابع عضویت $\mu_{A'}$ مشخص می‌شود که برای هر عنصر $x \in X$ یک مقدار حقیقی $\mu_{A'}(x) \in [0, 1]$ تعیین می‌شود که درجه عضویت x در مجموعه فازی A' را بیان می‌کند.

تعریف (۲-۲) (Zadeh, 1965) یک مجموعه فازی A' در $X = \{x\}$ توسط زاده به شکل زیر تعریف شده است:

$$A = \{ \langle x, \mu_{A'}(x) \rangle / x \in X \} \quad (۲-۶)$$

جایی که $\mu_{A'}(x): X \rightarrow [0, 1]$: تابع عضویت مجموعه فازی A' می‌باشد. برای هر عنصر $x \in X$ میزان عضویت به مجموعه فازی A' را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در بالا ذکر شد، یک مجموعه فازی A' ، یک تعمیم از مجموعه قطعی A است که توسط توابع مشخصه $\varphi_A: X \rightarrow \{0, 1\}$ نشان داده می‌شود. عضویت کامل برای x در A' وقتی اتفاق می‌افتد که $\mu_{A'}(x) = 1$ و عدم عضویت کامل برای $\mu_{A'}(x) = 0$ اما برخلاف مجموعه کلاسیک درجه عضویت دیگر نیز برقرار است. هر مجموعه قطعی یک مجموعه فازی است. تابع عضویت از مجموعه قطعی $A \subseteq X$ توسط تابع مشخصه زیر نشان داده می‌شود.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & x \in A \\ 0 & x \notin A \end{cases} \quad (۲-۷)$$

۳-۱-۳-۲ مجموعه فازی شهودی

مفهوم مجموعه فازی شهودی توسط آتاناسوف معرفی شد (K. Atanassov, 1983). یک مجموعه فازی شهودی تعمیمی از یک مجموعه فازی است.

تعریف (۳-۲) (آتاناسوف) (K. T. Atanassov, 1986; K. Atanassov, 1983, 2012, 1999) یک مجموعه فازی شهودی A در X به صورت زیر تعریف می شود:

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle / x \in X \} \quad (۸-۲)$$

جایی که

$$\mu_A: X \rightarrow [0,1]$$

$$\nu_A: X \rightarrow [0,1]$$

با شرایط

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1 \quad \forall x \in X \quad (۹-۲)$$

اعداد $\mu_A(x)$ و $\nu_A(x)$ به ترتیب نشان دهنده درجه عضویت و درجه عدم عضویت عنصر $x \in X$ به مجموعه A می باشد.

آشکار است که هر مجموعه فازی زیرمجموعه ای از مجموعه فازی شهودی به شکل زیر می باشد:

$$FS: \{ \langle x, \mu_A(x), 1 - \mu_A(x) \rangle / x \in X \} \quad (۱۰-۲)$$

تعریف (۴-۲) (آتاناسوف) (K. T. Atanassov, 1986; K. Atanassov, 1983 1999, 2012) برای یک مجموعه فازی شهودی ما خواهیم داشت:

$$\pi A(x) = 1 - \mu A(x) - v A(x) \quad (11-2)$$

شاخص فازی شهودی (حاشیه تردید) عنصر x در مجموعه A ، $\pi A(x)$ بیان کننده کمبود دانش است

که آیا x متعلق است به A یا خیر. واضح است که برای هر x :

$$0 \leq \pi A(x) \leq 1 \quad (12-2)$$

برای هر مجموعه فازی A' جایی که $x \in X$:

$$\pi_{A'}(x) = 1 - \mu_{A'}(x) - [1 - \mu_{A'}(x)] = 0. \quad (13-2)$$

استفاده از مجموعه‌های فازی شهودی به جای مجموعه‌های فازی به معنی معرفی درجه‌های دیگری از استقلال (شامل درجه عدم عضویت و حاشیه تردید) به مجموعه فازی یا قطعی می‌باشد. چنین تعمیمی از مجموعه‌های فازی به ما، جزئیات دقیق‌تری برای نشان دادن ابهامات و توصیف بهتر بسیاری از مشکلات دنیای واقعی می‌دهد.

محاسبه حاشیه تردید (در کنار مقدار عدم عضویت) در بسیاری از مناطق نمونه‌های پردازش تصویر (Bustince, Mohedano, Barrenechea, & Pagola, 2006)، طبقه‌بندی از کلاس‌های نامتوازن (Eulalia Szmidt & Kukier, 2006a, 2008b)، تصمیم‌گیری گروهی، مذاکرات، رأی‌گیری و شرایط دیگر حیاتی است (Eulalia Szmidt, 2014; E Szmidt & J ; E Szmidt & Kacprzyk, 1998; Kacprzyk, 2000; Eulalia Szmidt & Kacprzyk, 2001, 2002, 2006).

مجموعه‌های فازی شهودی بر پایه مدل‌ها می‌تواند در شرایطی که با اظهار نظرات انسان روبه‌رو می‌شویم بسیار مناسب باشد. ما در این شرایط با سه نوع پاسخ مواجه می‌شویم:

-بله،

-خیر،

- پرهیز از پاسخگویی (خودداری کردن) یعنی به صورت بله یا خیر قابل طبقه‌بندی نیست (به دلایل مختلف، به عنوان مثال «نمی‌دانم»، «مطمئن نیستم»، «نمی‌خواهم پاسخ دهم»، «با همه گزینه‌ها موافق هستم» و غیره).

در زیر مثال ارائه داده شده توسط آتاناسوف (K. T. Atanassov, 1999) که ماهیت مجموعه فازی شهودی، و تفاوت آن را با مجموعه‌های فازی نشان می‌دهد.

مثال (۱-۲) (K. T. Atanassov, 1999) اجازه دهید X مجموعه‌ای از همه کشورها با دولت منتخب مردم باشند. فرض کنید که ما می‌دانیم برای هر کشور $x \in X$ درصدی از مردم به دولت مربوطه رأی داده‌اند. این تعداد را با $M(X)$ نشان داده $\mu(X) = M(X) / 100$ ؛ و نیز $v(X) = 1 - \mu(X)$ در نظر بگیرید. این عدد مربوط به آن بخشی از رأی‌دهندگان است که به دولت منتخب رأی نداده‌اند. با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی این مقدار را می‌توان با جزئیات بیشتری در نظر گرفت. با این حال، اگر $v(X)$ به عنوان تعداد آراء داده شده به احزاب یا افراد خارج از دولت تعریف شود، پس امکان نشان دادن بخشی از رأی‌دهندگان که به هیچ‌یک از احزاب رأی نداده‌اند وجود دارد که مقدار مربوط به آن‌ها $1 - \mu(x) - v(x)$ است. بنابراین می‌توان مجموعه $\{x \in X / \mu(x), v(x)\}$ را تشکیل داد و واضح است که $\mu(x) + v(x) \leq 1$.

این مقدار مشخص شده که متمم مجموع درجه عضویت (رأی‌دهندگان به دولت منتخب) و عدم عضویت (رأی‌دهندگان به سایر احزاب) از یک می‌باشد را با عنوان حاشیه تردید یا شاخص شهودی^{۲۷} در مجموعه فازی شهودی شناخته می‌شود.

²⁷ intuitionistic index

۲-۳-۲ مقدمه‌ای کوتاه بر مجموعه‌های فازی

۱-۲-۳-۲ مفاهیم پایه

به یک مجموعه A' در X مجموعه تهی گفته می‌شود، $A' = \emptyset$ ، اگر و فقط اگر:

$$\mu'_A(x) = 0, \quad \text{for each } x \in X \quad (14-2)$$

مجموعه فازی A' تعریف شده در X یک زیرمجموعه از مجموعه فازی B' در X می‌باشد، $A' \subseteq B'$ ، اگر و تنها اگر:

$$\mu'_A(x) \leq \mu'_{B'}(x), \quad \text{for each } x \in X \quad (15-2)$$

دو مجموعه A' و B' تعریف شده در مجموعه مرجع یکسان X ، برابر هستند، $B' = A'$ اگر و تنها اگر:

$$\mu'_A(x) = \mu'_{B'}(x), \quad \text{for each } x \in X \quad (16-2)$$

به مجموعه فازی A' تعریف شده در X نرمال گفته می‌شود اگر و تنها اگر تابع عضویت حداقل برای یک عضو مقدار ۱ بدهد،

$$\max_{x \in X} \mu'_A(x) = 1 \quad (17-2)$$

در غیر این صورت یک مجموعه فازی را غیر نرمال می‌نامند.

مجموعه ساپورت $\text{supp } A'$ ، از یک مجموعه فازی A' در X ، یک مجموعه غیر فازی یا قطعی است که به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\text{supp } A' = \{x \in X : \mu'_A(x) > 0\} \quad (18-2)$$

جایی که $\emptyset \subseteq \text{supp } A' \subseteq X$

برش α برای یک مجموعه فازی A' در X که یک مجموعه غیر فازی است مطابق زیر تعریف می‌شود:

$$A_\alpha = \{x \in X : \mu_A(x) \geq \alpha\}, \quad \text{for each } \alpha \in (0, 1] \quad (19-2)$$

با جایگزین کردن $>$ بجای $\geq$ در رابطه بالا برش α قوی بدست می‌آید.

برش‌های α از نقطه نظر هر دو تئوری و کاربردهای آن‌ها بسیار مهم هستند و می‌توان با آن‌ها به‌طور منحصربه‌فردی یک مجموعه فازی را با یک توالی از مجموعه‌های غیر فازی جایگزین کرد.

۲-۲-۳-۲ عمل‌گراهای منتخب در مجموعه‌های فازی

عمل‌گراهای اصلی در مجموعه‌های فازی، درست همانند مجموعه‌های قطعی شمال اجتماع، اشتراک و مکمل می‌باشد که بر اساس توابع عضویت تعریف می‌شوند.

مکمل A'^C از مجموعه فازی A' در مجموعه مرجع X ، مربوط به رابط «نفی»، به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{A'^C}(x) = 1 - \mu_A'(x), \quad \text{for each } x \in X \quad (20-2)$$

اشتراک دو مجموعه A' و B' در X که $A' \cap B'$ نوشته می‌شود و مرتبط است با رابط «و» به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{A' \cap B'}(x) = \mu_A'(x) \wedge \mu_B'(x), \quad \text{for each } x \in X \quad (21-2)$$

جایی که $\wedge$ ، عملگر مینیمم می‌باشد، برای مثال $a \wedge b = \min(a, b)$.

اجتماع دو مجموعه A' و B' در X که $A' + B'$ نوشته می‌شود و مرتبط است با رابط «یا» به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{A'+B'}(x) = \mu_{A'}(x) \vee \mu_{B'}(x), \quad \text{for each } x \in X \quad (22-2)$$

جایی که " $\vee$ "، عملگر ماکزیمم می‌باشد، برای مثال $a \vee b = \max(a, b)$.

به طور کلی اشتراک و اجتماع تعریف شده در بالا، t -نرم و s -نرم (t -کونرم) نامیده می‌شود.

یک t -نرم به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$t : [0, 1] \times [0, 1] \longrightarrow [0, 1] \quad (23-2)$$

به طوری که برای هر $a, b, c \in [0, 1]$ خصوصیات زیر را برآورده می‌کنند:

$$1. \text{ مقدار } 1, \text{ عضو واحد است } t(a, 1) = a$$

$$2. \text{ یکنواختی. به عنوان مثال}$$

$$a \leq b \implies t(a, c) \leq t(b, c)$$

$$3. \text{ جابه جایی به عنوان مثال}$$

$$t(a, b) = t(b, a)$$

$$4. \text{ شرکت پذیری به عنوان مثال}$$

$$t[a, t(b, c)] = t[t(a, b), c]$$

$$\text{یک } t\text{-نرم یکنواخت و غیر کاهشی است و } t(a, 0) = 0$$

در ادامه به تعدادی از پرکاربردترین t نرم‌ها اشاره می‌شود:

➤ مینیمم که بیشترین کاربرد را در بین t -نرم‌ها دارد

$$t(a, b) = a \wedge b = \min(a, b) \quad (24-2)$$

➤ ضرب جبری

$$t(a, b) = a \cdot b \quad (25-2)$$

➤ T -نرم لوکاسویچ

$$t(a, b) = \max(0, a + b - 1) \quad (26-2)$$

S -نرم که t -کونرم نیز نامیده می‌شود به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$s : [0, 1,] \times [0, 1] \longrightarrow [0, 1] \quad (27-2)$$

به طوری که برای هر $a, b, c \in [0, 1]$ خصوصیات زیر را برآورده می‌کنند:

۱. مقدار صفر عنصر واحد است و $s(a, 0) = a$.

۲. یکنواختی. به عنوان مثال

$$a \leq b \implies s(a, c) \leq s(b, c)$$

۳. جابه‌جایی به عنوان مثال

$$s(a, b) = s(b, a)$$

۴. شرکت پذیری به عنوان مثال

$$s[a, s(b, c)] = s[s(a, b), c]$$

در ادامه به تعدادی از پرکاربردترین S نرم‌ها اشاره می‌شود:

➤ ماکزیمم که پر استفاده‌ترین S-نرم می‌باشد

$$s(a, b) = a \vee b = \max(a, b) \quad (28-2)$$

➤ ضرب احتمالی

$$s(a, b) = a + b - ab \quad (29-2)$$

➤ S-نرم لوکاسویچ

$$s(a, b) = \min(a + b, 1) \quad (30-2)$$

این نکته قابل توجه است که یک t-نرم امکان بیان به شکل یک S-نرم را دارد.

$$s(a, b) = 1 - t(1 - a, 1 - b) \quad (31-2)$$

۲-۳-۳ مقدمه‌ای کوتاه بر مجموعه‌های فازی شهودی

این بخش با بحث در مورد دو نمایش هندسی مجموعه فازی شهودی شروع می‌شود. بازنمایی با استفاده از دو اصطلاح (مقدار عضویت و مقدار عدم عضویت) و همچنین توصیف مجموعه فازی شهودی منجر به نمایشی دوبعدی می‌شود. استفاده از سه اصطلاح (مقادیر عضویت، عدم عضویت و حاشیه تردید) در توضیحات مجموعه فازی شهودی نمایشی سه‌بعدی را نتیجه می‌دهد.

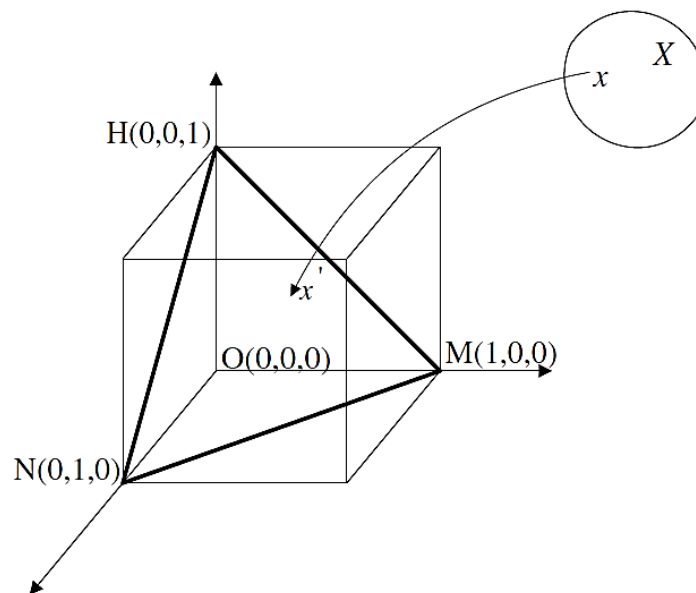
دیگر نمایش‌های هندسی از مجموعه فازی شهودی توسط آتاناسوف (K. T. K. Atanassov, 1994) ; (Atanassov, 1986, 2012) ارائه شده. در ادامه، عمل‌گراهای پایه و روابط روی مجموعه فازی شهودی مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۲-۳-۱ نمایش گرافیکی از مجموعه‌های فازی شهودی

به خاطر داشته باشید که برای هر عنصر x متعلق به یک مجموعه فازی شهودی A ، مجموع مقادیر عضویت، عدم عضویت و شاخص فازی شهودی برابر یک است، یعنی؛

$$\mu_A(x) + \nu_A(x) + \pi_A(x) = 1 \quad (2-32)$$

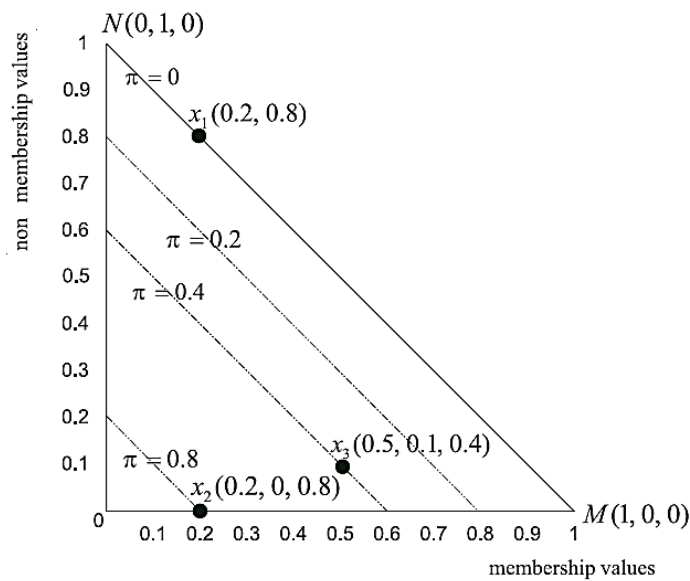
و هر یک از مقادیر عضویت، عدم عضویت و شاخص فازی شهودی متعلق به $[0,1]$ می‌باشد. ما می‌توانیم یک مکعب واحد تصور کنیم (شکل ۲-۵) که در داخل آن یک مثلث MNH که در آن معادله بالا برآورده شده است (Eulalia Szmidt & Janusz Kacprzyk, 2000).



شکل (۲-۵) نمایش گرافیکی سه‌بعدی مجموعه‌های فازی شهودی

به عبارت دیگر، مثلث MNH نشان دهنده یک سطح مقطع است که در آن مختصات هر عنصر متعلق به یک مجموعه فازي شهودی را می توان بیان کرد. هر نقطه متعلق به مثلث MNH از طریق سه مختصات توصیف شده است: (μ, ν, π) . امتیاز M و N نشان دهنده عناصر قطعی می باشد. نقطه $M(1, 0, 0)$ نشان دهنده عناصر به طور کامل متعلق به یک مجموعه فازي شهودی می باشد یعنی $\mu = 1$. نقطه $N(0, 1, 0)$ نشان دهنده عناصر به طور کامل عدم تعلق به یک مجموعه فازي شهودی می باشد، یعنی $\nu = 1$. نقطه $H(0, 0, 1)$ نشان دهنده عناصری است که ما قادر نیستیم به گفتن اینکه، آیا آنها به یک مجموعه فازي شهودی تعلق دارند یا خیر. مجموعه ای که در آن (شاخص فازي شهودی $\pi = 1$) است. چنین تفسیری اطلاعات بسیار جذابی فراهم می کند و به معنی نمایش بسیاری از جنبه های اطلاعات ناقص می باشد. بخش MN که در آن $\pi = 0$ نشان دهنده عناصر متعلق به مجموعه های فازي کلاسیک ($\mu + \nu = 1$) می باشد. هر ترکیب دیگر از مقادیر توصیف یک مجموعه فازي شهودی می تواند در داخل مثلث MNH نشان داده شود. به عبارت دیگر، هر یک از عناصر متعلق به یک مجموعه فازي شهودی می توان به عنوان یک نقطه نشان (μ, ν, π) متعلق به مثلث MNH مطابق شکل (۲-۵) بیان شود.

شکل (۲-۶) یکی دیگر از نمایش های ممکن برای مجموعه های فازي شهودی در فضای دوبعدی را نمایش می دهد.



شکل (۲-۶) نمایش گرافیکی دوبعدی مجموعه‌های فازی شهودی

لازم به ذکر است که تفسیر هندسی ارائه شده به طور مستقیم به تعریف یک مجموعه فازی شهودی که توسط آتانوسوف معرفی شده (K. T. Atanassov, 1983; K. T. Atanassov, 1999)، مرتبط می باشد

۲-۳-۳-۲ عملگرها روی مجموعه‌های فازی شهودی

این بخش شامل نتایج معرفی شده به وسیله آتانوسوف (K. T. Atanassov, 1999) در عملیات و روابط روی مجموعه فازی شهودی می باشد. نقطه عطف به واسطه تعاریف مربوط به روابط و عملیات روی مجموعه‌های فازی که در اینجا گسترش یافته، شکل گرفته است. در چشم اندازی معکوس، روابط و عملیات بر روی مجموعه‌های فازی در موارد خاصی از این تعاریف جدید، بکار می روند. در اینجا روابط اساسی و عملیات بر روی مجموعه‌های فازی شهودی تعریف شده است.

تعریف (۲-۵) آتانوسوف (K. T. Atanassov, 1999)

برای هر جفت از مجموعه فازی شهودی A و B روابط و عملیات زیر می تواند تعریف شود (iff معنی می دهد: اگر و تنها اگر)؛

$$A = B \text{ iff } (\forall x \in X)(\mu_A(x) = \mu_B(x) \& v_A(x) = v_B(x)),$$

$$A^C = \{\langle x, v_A(x), \mu_A(x) \rangle | x \in X\},$$

$$A \cap B = \{\langle x, \min(\mu_A(x), \mu_B(x)), \max(v_A(x), v_B(x)) \rangle | x \in X\},$$

$$A \cup B = \{\langle x, \max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \min(v_A(x), v_B(x)) \rangle | x \in X\},$$

$$A + B = \{\langle x, \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \cdot \mu_B(x), v_A(x) \cdot v_B(x) \rangle, | x \in X\}$$

$$A.B = \{\langle x, \mu_A(x) \cdot \mu_B(x), v_A(x) + v_B(x) - v_A(x) \cdot v_B(x) \rangle | x \in X\},$$

$$A @ B = \{\langle x, (\frac{\mu_A(x) + \mu_B(x)}{2}, \frac{v_A(x) + v_B(x)}{2}) \rangle | x \in X\},$$

$$A \$ B = \{\langle x, \sqrt{\mu_A(x) \cdot \mu_B(x)}, \sqrt{v_A(x) \cdot v_B(x)} \rangle | x \in X\},$$

$$A * B = \{\langle x, \frac{\mu_A(x) + \mu_B(x)}{2 \cdot (\mu_A(x) \cdot \mu_B(x) + 1)}, \frac{v_A(x) + v_B(x)}{2 \cdot (v_A(x) \cdot v_B(x) + 1)} \rangle | x \in X\},$$

$$A \bowtie B = \{\langle x, 2 \cdot \frac{\mu_A(x) \cdot \mu_B(x)}{\mu_A(x) + \mu_B(x)}, 2 \cdot \frac{v_A(x) \cdot v_B(x)}{(v_A(x) + v_B(x))} \rangle | x \in X\},$$

for which we will accept that if

$$\mu_A(x) = \mu_B(x) = 0, \text{ then } \frac{\mu_A(x) \cdot \mu_B(x)}{\mu_A(x) + \mu_B(x)} = 0$$

$$\text{and if } v_A(x) = v_B(x) = 0, \text{ then } \frac{v_A(x) \cdot v_B(x)}{v_A(x) + v_B(x)} = 0.$$

۳-۳-۳-۲ روابط روی مجموعه‌های فازی شهودی

همان‌طور که در تعاریف بالا نشان داده شد، یک عبارت، یعنی تابع عضویت، یک مجموعه فازی را به‌طور کامل توصیف می‌کند، درحالی‌که زمانی که در ارتباط با مجموعه‌های فازی شهودی صحبت می‌شود دو عبارت (تابع عضویت و عدم عضویت) لازم است. همین تفاوت مشابه زمانی که یک رابطه فازی و یک رابطه فازی شهودی تعریف می‌شود، وجود دارد.

تعریف (۲-۶) یک رابطه فازی بین دو مجموعه غیر فازی $X = \{x\}$ و $Y = \{y\}$ تعریف می‌شود روی

یک جدول دکارتی $X \times Y$. برای مثال $R \subset X \times Y = \{(x,y): x \in X, y \in Y\}$

$$R = \{ \langle (x,y), \mu_R(x,y) \rangle / x \in X, y \in Y \} \quad (۳۳-۲)$$

جایی که $\mu_R: X \times Y \rightarrow [0,1]$ یک تابع عضویت از یک رابطه فازی R اختصاص یافته به هر جفت (x,y) ، $x \in X$ ، $y \in Y$ است. درجه عضویت $\mu_R(x,y) \in [0,1]$ توصیف اندازه‌گیری شدت رابطه فازی R بین x و y می‌باشد.

مثال (۲-۲) اگر $X = \{Al, Bob, Clark\}$ و $Y = \{Paul, Jim\}$ ، ارتباط فازی R که نشان‌دهنده

«شباهت» است به شکل زیر بیان می‌شود:

$$R = (Al, Paul)/0.5 + (Al, Jim)/0.3 + (Bob, Paul)/0.6 + \\ + (Bob, Jim)/0.4 + (Clark, Paul)/0.9 + (Clark, Jim)/0.1$$

برای مثال خواننده شود: بین پل و کلارک شباهت وجود دارد (با توجه به جنبه‌های ذهنی «خود ما») با درجه ۰٫۹، یعنی تا حد بسیار بالا و شباهت نسبتاً کم بین جیم و کلارک - تنها با درجه ۰٫۱ و غیره. هر رابطه فازی (در یک فضای محدود $X \times Y$) ممکن است در یک فرم ماتریس نشان داده شود. ماتریس زیر مربوط به رابطه «شباهت» بالا است.

$$R = [r_{ij}] = \begin{array}{c|cc} & Paul & Jim \\ \hline Al & 0.5 & 0.3 \\ Bob & 0.6 & 0.4 \\ Clark & 0.9 & 0.1 \end{array}$$

با توجه به تعریف مجموعه‌ای فازی شهودی، تعریف رابطه‌ی R فازی شهودی می‌تواند به‌عنوان همتای رابطه فازی معرفی شود.

تعریف (۲-۶) (آتاناسوف) (K. T. Atanassov, 1999):

یک رابطه فازی بین دو مجموعه غیر فازی $X = \{x\}$ و $Y = \{y\}$ تعریف می‌شود روی یک جدول دکارتی $X \times Y$. برای مثال. $R \subset X \times Y = \{(x,y): x \in X, y \in Y\}$ و به‌دست می‌آید:

$$R = \{ \langle (x,y), \mu_R(x,y), \nu_R(x,y) \rangle / x \in X, y \in Y \} \quad (۲-۳۴)$$

در شرایطی که:

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1 \quad \forall x \in X, y \in Y \quad (۲-۳۵)$$

و مانند قبل $\mu_R: X \times Y \rightarrow [0,1]$ یک تابع عضویت از یک رابطه فازی R اختصاص یافته به هر جفت (x,y) , $x \in X, y \in Y$ است. درجه عضویت $\mu_R(x,y) \in [0,1]$ توصیف اندازه‌گیری شدت رابطه فازی R بین x و y می‌باشد.

بنابراین، یک رابطه فازی شهودی توسط هر دو عبارت از سه اصطلاح موجود: تابع عضویت، تابع عدم عضویت، شاخص عملکرد فازی شهودی، تشریح می‌شود.

مثال: اگر $X = \{Bob, Peter\}$ و $Y = \{Liz, Jim, John\}$ ، رابطه فازی شهودی R بانام تعاون و همکاری درحالی که یک پروژه جدید آماده می‌کنند با استفاده از $\{(x,y), \mu_R(x,y), \pi_R(x,y)\}$ مشخص

شود. به عنوان مثال، روابط بین مجموعه‌های فازی شهودی ممکن است با استفاده از درجه تردید $\pi_R(x,y)$ به جای درجه عدم عضویت $\nu_R(x,y)$ شرح داده شود.

$$R = (\text{Bob, Liz})/1, 0 + (\text{Bob, Jim})/0.7, 0.2 + (\text{Bob, John})/0.5, 0.3 + (\text{Peter, Liz})/0.7, 0.2 + (\text{Peter, Jim})/0.9, 0 + (\text{Peter, John})/0.4, 0.5$$

یا در شکل ماتریسی:

$$\mu_R = \begin{array}{c|cc} & \text{Bob} & \text{Peter} \\ \hline \text{Liz} & 1 & 0.7 \\ \text{Jim} & 0.7 & 0.9 \\ \text{John} & 0.5 & 0.2 \end{array} \quad \pi_R = \begin{array}{c|cc} & \text{Bob} & \text{Peter} \\ \hline \text{Liz} & 0 & 0.2 \\ \text{Jim} & 0.2 & 0 \\ \text{John} & 0.3 & 0.8 \end{array}$$

که برای مثال تفسیر می‌شود: همکاری عالی بین باب و لیز دیده می‌شود (با بالاترین درجه: ۱) و در ارتباط با همکاری‌شان هیچ سختی در انتظار آن‌ها نیست ($\pi = 0$). پتر و جیم معمولاً در حد بالایی با یکدیگر همکاری می‌کنند (با درجه ۰.۹) و در مواقع خیلی نادر نظرات متفاوتی دارند ($\pi = 0$) یعنی $\nu = 0.1$. پتر و جان معمولاً خیلی با یکدیگر موافق نیستند ($\mu = 0.2$) اما آن‌ها معمولاً آماده مباحثه با یکدیگرند ($\pi = 0.8$)؛ بنابراین ممکن است تقریباً در اکثر موارد برای رسیدن به هدف یکسان یکدیگر را متقاعد کنند.

۲-۳-۴ ارتباط متقابل بین مجموعه‌های کلاسیک، فازی و فازی شهودی

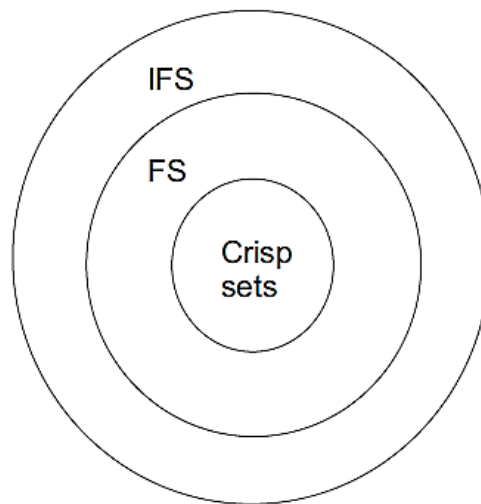
بر اساس تعاریف و ویژگی‌های ارائه شده در این فصل، نتایج زیر می‌توانند استنباط شوند:

یک تابع عضویت یک مجموعه فازی را به طور کامل شرح می‌دهد (با مشخص کردن تابع عضویت به طور خودکار تابع عدم عضویت بدست می‌آید).

اگر ما می‌خواهیم یک مجموعه فازی شهودی را به طور کامل توضیح دهیم، باید از دو اصطلاح از سه عبارت موجود استفاده کنیم: {تابع عضویت، تابع عدم عضویت، شاخص عملکرد فازی شهودی}. به عبارت دیگر، استفاده از مجموعه‌های فازی شهودی به جای مجموعه‌های فازی به معنی معرفی درجه

دیگری از آزادی به توصیفات مجموعه‌ای می‌باشد (جدا از تابع μ_A به نظر می‌رسد یک تابع ν_A یا π_A وجود دارد).

روابط درونی میان مجموعه کلاسیک (قطعی)، مجموعه‌های فازی (FS) و مجموعه فازی شهودی (IFS) در شکل (۷-۲) نشان داده شده است.

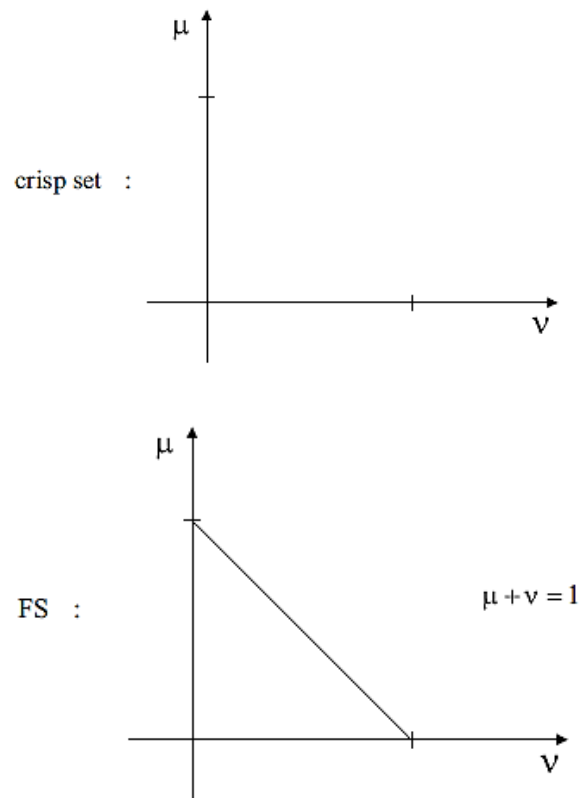


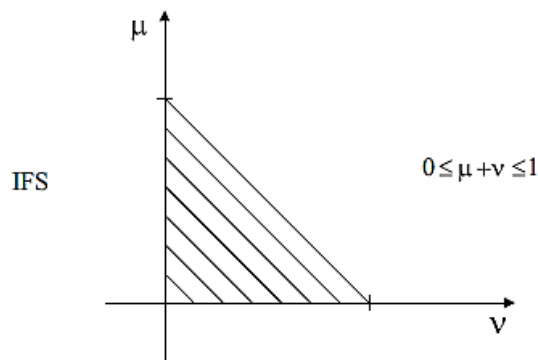
شکل (۷-۲) ارتباط متقابل میان مجموعه‌های کلاسیک، فازی و فازی شهودی

مفهوم شکل (۷-۲) در شکل (۸-۲) بیان شده است. برای یک مجموعه قطعی، تنها دونقطه در سیستم مختصات داده شده در شکل (۸-۲). می‌توانید عناصر متعلق به چنین مجموعه‌ای را ببینید. به عنوان یک عنصر مربوط به مجموعه‌ای قطعی، یا به طور کامل به مجموعه تعلق دارد و یا به طور کامل به مجموعه تعلق ندارد، تنها نقطه با مختصات: $\mu = 1$ و $\nu = 0$ (به طور کامل متعلق) و یا نقطه $\mu = 0$ و $\nu = 1$ (به طور کامل تعلق ندارد) می‌تواند عناصر مجموعه قطعی را نمایش دهد. این مورد در قسمت بالای شکل (۲-۸) نشان داده شده است. در مورد یک مجموعه فازی، به دلیل این واقعیت که $\mu + \nu = 1$ ، علاوه بر امتیاز قبلی (به طور کامل تعلق و به طور کامل تعلق ندارد) شرح داده شد، کل بخش خط متصل این

نقاط می‌تواند یک تصویر از عناصر متعلق به یک مجموعه فازی باشد. قسمت وسط از شکل (۸-۲) این واقعیت را نشان می‌دهد.

درنهایت، برای یک مجموعه فازی شهودی، به دلیل وضعیت: $0 \leq \mu + v \leq 1$ ، علاوه بر موارد فوق، همچنین داخل مثلث سایه‌دار در قسمت پایین شکل (۸-۲) عناصر متعلق به یک مجموعه فازی شهودی را می‌تواند نمایش دهد. هر یک از خطوط موازی (در داخل مثلث) یک تصویر از عناصر با همان مقدار شاخص فازی شهودی است.





شکل (۸-۲) مقایسه میان عناصر متعلق به مجموعه کلاسیک، فازی و فازی شهودی

در مفهوم فوق، مجموعه فازی شهودی شامل مجموعه‌های فازی است که به‌نوبه خود، شامل مجموعه قطعی یا کلاسیک نیز می‌باشد (شکل ۷-۲). از نظر اطلاعات به این معنی که:

❖ مجموعه قطعی - اطلاعات کامل می‌باشند (عناصر یا به‌طور کامل به مجموعه‌ای قطعی متعلق‌اند و یا به‌طور کامل تعلق ندارند)،

❖ مجموعه‌های فازی - اطلاعات کامل‌اند اما عناصر می‌تواند به یک مجموعه فازی با مقداری از درجه تعلق داشته باشند؛ با دانستن درجه‌ای که عناصر متعلق‌اند به یک مجموعه فازی (μ)، ما بلافاصله درجه‌ای که آن‌ها به همان مجموعه تعلق ندارند را می‌فهمیم ($1-\mu$)،

❖ مجموعه فازی شهودی - اطلاعات ممکن است به دلیل شاخص فازی شهودی کامل نباشد. از سوی دیگر، با استفاده از مجموعه‌های فازی شهودی، اطلاعات را می‌توان از طریق مجموعه قطعی و یا مجموعه‌های فازی (اشکال ۷-۲ و ۸-۲) بیان کرد.

۴-۲ سیستم‌های کنترل موجودی در ارتباط با کالاهای فسادپذیر

زنجیره‌های تأمین امروزی پویا و پیچیده و متشکل از شبکه‌هایی از تولیدکنندگان، تأمین‌کنندگان، توزیع‌کنندگان و مصرف‌کنندگان در بازارهای تقاضا می‌باشند (Nagurney 2006). به‌عنوان زیرساخت‌های

ضروری برای تولید، توزیع و مصرف محصولات و همچنین خدمات در اقتصاد شبکه جهانی شده امروزی، زنجیره‌های تأمین به‌طور گسترده‌ای در معرض چالش‌های روزافزون قرار گرفته‌اند. تقاضای مشتریان برای محصولات جدید، چشم‌انداز اقتصادی رو به وخامت و همچنین نگرانی‌های زیست‌محیطی نیاز شرکت‌ها به خلاقیت را افزایش داده است و باعث شده در تهیه، تولید و توزیع محصولات و خدمات خود دقیق‌تر و مقرون به‌صرفه‌تر شوند (Nagurney et al., 2013).

با این وجود، به‌رغم دستاوردهای قابل توجه، ساختار یکپارچه مدیریت زنجیره تأمین در کنترل رضایت‌بخش بسیاری از چالش‌های عملی در دنیای واقعی هنوز هم ناتوان است (Georgiadis, Vlachos, & Iakovou, 2005). زنجیره تأمین محصولات فاسدشدنی زمانی مطرح می‌شود که محصولات در طی دوره مصرف، طول عمر محدود دارند (Federgruen, Prastacos, & Zipkin, 1986)، این چالش‌ها نگرانی بیشتری برای تصمیم‌گیرندگان و مدیران ایجاد می‌کند (Nagurney et al., 2013).

هیچ‌یک از کتاب‌ها و یا صدها مقاله نوشته‌شده در کنترل موجودی تاکنون یک دسته مهم از مسائل کنترل موجودی را برطرف نکرده است. در همه مسائل مطرح‌شده، یک فرض ضمنی مبنی بر اینکه اقلام ذخیره‌شده در موجودی طول عمر بی‌نهایت و مطلوبیت تغییرناپذیر دارند، در نظر می‌گرفتند. در حقیقت، برای یک دسته بسیار زیادی از موجودی‌ها که عبارت‌اند از موجودی‌های مشمول به پوسیدگی^{۲۸}، منسوخ^{۲۹} و یا فاسدشدنی^{۳۰}، این فرض نادرست است (Nahmias, 2011).

اجازه دهید اصطلاحات بالا را تعریف کنیم. پوسیدگی (فروپاشی نمایی) به این معنی است که یک بخش ثابت از موجودی در هر دوره برنامه‌ریزی از بین برود. در یک بازه زمانی پیوسته، فروپاشی نمایی به معنی کاهش موجودی با یک نرخ نمایی می‌باشد. تعداد بسیار کمی از سیستم‌های واقعی توسط واپاشی نمایی به‌طور دقیق شرح داده‌شده‌اند. برای مثال، فرض کنید فروشگاه مواد غذایی محلی به‌طور متوسط ۱۰٪ از تولید هرروزش را به دلیل فساد دور می‌ریزد. درواقع، چند روز او هیچ محصولی را دور نمی‌ریزد و چند

²⁸ decay

²⁹ Obsolescence

³⁰ perishability

روز خیلی بیشتر از ۱۰٪ دور می‌ریزد. فرض از دست دادن ۱۰٪ در روز یک تقریب مناسب از یک فرایند پیچیده‌تر است. واپاشی نمایی به‌عنوان یک مدل برای تبخیر مایعات فرار، مانند الکل و بنزین ارائه شده است؛ اما چگونه اغلب این مواد در ظروف درباز ذخیره می‌شوند، درحالی‌که آن‌ها ممکن است درخطر تبخیر باشند؟ مواد رادیواکتیو (مانند داروهای رادیواکتیو) یک نمونه درست از واپاشی نمایی هستند. باین‌حال، مدیریت موجودی مواد رادیواکتیو جزء موضوعات تخصصی است. درحالی‌که واپاشی نمایی به‌عنوان یک تقریب برای اقلام فاسدشدنی با عمر ثابت پیشنهادشده، تقریب‌های بهتری نیز وجود دارد (Nahmias, 2011).

یک دسته مسائل مرتبط با مدیریت موجودی کالاهای درخطر منسوخ شدن است. در ادامه علت و وجه تمایز میان اقلام منسوخ شدنی و فاسدشدنی تبیین می‌شود. منسوخ شدن معمولاً زمانی رخ می‌دهد که یک‌قلم کالا توسط یک نسخه بهتر جایگزین می‌شود. قطعات الکترونیکی، نقشه‌ها و دوربین‌ها نمونه‌هایی هستند از اقلامی که منسوخ می‌شوند (Nahmias, 2011).

توجه به این نکته ضروری است که در هر مورد، اقلام خودشان دچار تغییر نمی‌شوند، بلکه تغییراتی در محیط اطراف آن‌ها شکل می‌گیرد و به‌عنوان یک نتیجه از محیط در حال تغییر، مطلوبیت آیتم کاهش می‌یابد. در برخی از موارد، مطلوبیت رو به صفر می‌رود و اقلام فروخته نشده اسقاط و یا دور ریخته می‌شوند. باین‌حال، در اغلب موارد مطلوبیت به صفر کاهش نمی‌یابد. کاهش مطلوبیت می‌تواند منجر به کاهش تقاضا و یا کاهش قیمت شود. به‌عنوان مثال، اقلام الکترونیکی قدیمی‌تر، مانند نسل قبل از PDAها و یا دیسک‌های سخت، همچنان در دسترس هستند، اما به‌طورمعمول باقیمت پایین به فروش می‌رسند. از دیدگاه مدل‌سازی، نقطه‌ای که در آن یک آیتم منسوخ می‌شود نمی‌تواند از قبل پیش‌بینی شود. ازاین‌رو، منسوخ شدن در طول عمر مفید محصول، توسط عدم قطعیت مشخص می‌شود (Nahmias, 2011).

درنهایت، به اقلام فاسدشدنی می‌رسیم. در سرتاسر این رساله تعریف زیر برای اقلام فاسدشدنی در نظر گرفته می‌شود. یک کالای فاسدشدنی تا تاریخ انقضا (که ممکن است معلوم و یا نامعلوم باشد)، دارای مطلوبیت ثابت است، در آن نقطه از نظر مطلوبیت به صفر می‌رسد. این اقلام شامل بسیاری از انواع غذاهای بسته‌بندی‌شده، مانند شیر، پنیر، گوشت فرآوری شده و محصولات کنسرو، و همچنین، داروها و فیلم عکاسی می‌باشد. هنگامی که فرض بر عدم اطمینان از عمر محصول می‌شود، طبقه از اقلام می‌تواند به صورت قابل ملاحظه‌ای بزرگ‌تر، مدل‌سازی شود. به عنوان مثال، موجودی فاسدشدنی با عمر نامشخص دقیقاً می‌تواند با بسیاری از انواع اقلام منسوخ شدنی توصیف شود (Nahmias, 2011).

با توجه به تعداد زیادی از اقلام فاسدشدنی در اقتصاد، چرا این دسته مهم از مسائل برای مدت طولانی نادیده گرفته شده‌اند؟ پاسخ کوتاه این است که تجزیه و تحلیل این مسائل دشوار می‌باشد. ذکر این نکته جالب توجه است که پیت وینات^{۳۱}، در پایان نامه دکترای خود در اوایل سال ۱۹۶۰ میلادی، شکل عمده‌ای از تئوری موجودی، در مدل‌های مختلف قطعی برای سفارش و صدور موجودی فاسدشدنی نوشت، اما هرگز این پژوهش منتشر نشده است. هنگامی که از او علت را پرسیدند، او گفت که نمادسازی بسیار پیچیده بود و او ترجیح داد که کار را کنار بگذارد و بر روی مسائل دیگر مطالعه کند (Veinott, 1960). همچنین پژوهش مهم وان زیل (Van Zyl, 1964) در مورد طول عمر دو دوره با تقاضا نامشخص تا حد زیادی ناشناخته باقی مانده است، در نتیجه هرگز منتشر نشد (Nahmias, 2011).

۲-۴-۱ مرور ادبیات برای سیستم‌های کنترل موجودی اقلام فسادپذیر در حالت قطعی

با توجه به اهمیت نگهداری موجودی‌ها در سیستم‌های تولید و توزیع و به دلیل بالا بودن هزینه‌های ناشی از نگهداری موجودی‌ها، تعداد زیادی از محققان به بررسی و آنالیز مدل‌های گوناگون موجودی می‌پردازند. منظور از موجودی‌ها در یک سیستم، کالاهایی می‌باشند که به منظور استفاده یا فروش نگهداری می‌شوند و جزء دارایی‌های سازمان محسوب می‌شوند. معمولاً در مدل‌های موجودی فرض بر

³¹ Pete Veinott

این بوده است که می‌توان کالاها را به صورت نامحدود ذخیره کرد ولی واضح است که در بسیاری از شرایط به خاطر قابل توجه بودن نرخ فسادپذیری، لحاظ کردن این فرض غیرواقعی می‌باشد و باعث تحلیل اشتباه می‌گردد.

در مدل‌سازی ریاضی، مسائل کنترل موجودی که با مسئله کلاسیک میزان سفارش اقتصادی هریس (Harris, 1913) شروع شد، این فرض در نظر گرفته می‌شد که محصولات عمر نامتناهی دارند. در نظر گرفتن فسادپذیری کالا برای اولین بار توسط ویتین (T.M. Whitin, 1953) به صورت از مد افتادگی کالا پس از مدت زمان مشخص، مطرح شد. حدود یک دهه قبل گوپال و گیری (Goyal & Giri, 2001) به دسته‌بندی مدل‌های کنترل موجودی بر مبنای فسادپذیری پرداختند. ایشان با بررسی ۱۳۰ منبع، مدل‌های کنترل موجودی را بر اساس وجود یا نبود از مد افتادگی و فسادپذیری تقسیم‌بندی کردند. از جمله مقالات جامعی که در زمینه فسادپذیری محصولات انجام شده است، می‌توان به کار باکر و همکاران (Bakker, Riezebos, & Teunter, 2012) اشاره کرد. در این مقاله به مرور ادبیات مقالات مرتبط با مبحث فسادپذیری از سال ۲۰۰۱ تاکنون با در نظر گرفتن فرضیاتی مانند تخفیف در قیمت، کمبود پس‌افت و فروش از دست‌رفته، تک‌محصولی یا چند محصولی بودن و پرداخت‌های معوقه پرداخته شده است.

از پیشینه داخلی و مقالاتی که در آن، به در نظر گرفتن فرضیه فسادپذیری محصولات پرداخته شده، می‌توان به کارهای جولای و همکاران (F. Jolai, Rabbani, M. and Honarvar, M, 2006) در سال ۱۳۸۴، میرزازاده و همکاران (Mirzazadeh, 2006) و همچنین جولای و همکاران (F. Jolai, 2011) اشاره کرد. (Gheisariha, E. and Nojavan, F, 2011) در سال ۲۰۱۱ اشاره کرد.

محمد مهدی مزده و همکاران در سال ۱۳۹۱ یک مدل کنترل موجودی قطعی برای کالاهای فسادپذیر با در نظر گرفتن کمبود پس‌افت و تخفیف مقداری ارائه دادند روش حل دقیق و الگوریتم ساده و کارآمدی جهت یافتن مقادیر بهینه معرفی کردند (مزده و همکاران، ۱۳۹۱).

بهاری کاشانی (Bahari-Kashani, 1989) یک مدل هیوریستیک برای تعیین برنامه سفارش دهی برای کالاهای فسادپذیر ارائه کرد که در آن تقاضا در طول زمان به طور خطی تغییر می کند. در این مدل هیوریستیک، اندازه سفارش و طول چرخه ی بازپرسازی، هر دو، متغیر است. چانگ و لین (K.-J. Chung & Lin, 2001) روش جریان نقدی تخفیف یافته را برای بررسی مسئله بازپرسازی موجودی برای کالاهای فسادپذیر، با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول، در طول یک افق برنامه ریزی ثابت دنبال کردند. آن ها مدل ها و جواب های بهینه با پسافت و بدون پسافت را توسعه دادند. راو و همکاران (Rau, Wu, & Wee, 2004) در زمینه توسعه مدل موجودی برای توسعه کالاهای فسادپذیر با وقوع کمبود برای تأمین کننده کار کردند. نتایج بررسی های آن ها نشان داد تصمیم های یکپارچه در مقایسه با تصمیم های مستقل تأمین کننده، تولیدکننده و خریدار از لحاظ هزینه باصرفه تر است. هو (Hou, 2006) یک مدل موجودی برای کالاهای فسادپذیر با نرخ زوال (خرابی) وابسته به موجودی و کمبود با شرایط تورم و تخفیف زمانی در طول یک افق برنامه ریزی محدود به دست آورد. لی و چانگ (C.-F. Lee & Chung, 2012) شیوه تفکر سیستم دینامیک را برای طرح یک سیستم جدید سفارش دهی و شبیه سازی سیستماتیک بکار بردند. نتیجه کار آن ها نشان داد شیوه ی شبیه سازی سیستماتیک مناسب است و کمترین هزینه زنجیره را به دست می دهد. چانگ (C.-J. Chung, 2013) یک مدل موجودی تک مرحله ای را در نظر گرفت که در آن فرسایش موجودی فقط با نرخ ثابت انجام می شود. سپس اثر تقاضای وابسته به موجودی و همچنین رابطه بین سیاست گارانتی کالاهای معیوب را بررسی کرده و یک مدل موجودی-تولید یکپارچه دومرحله ای برای کالاهای فسادپذیر با سیاست بازپرسازی و برنامه نظارتی توسعه داد.

بسیاری از محققان دیگر (مشاهده کنید در جدول ۲-۲) به اشکال مختلف، با در نظر گرفتن نرخ تقاضای مشتری به عنوان توابع مناسبی از زمان، قیمت فروش، سطح موجودی در دست و غیره، توابع هدف مسائل EOQ را فرمول بندی کرده اند.

جدول (۲-۲) مرور ادبیات سیستم‌های کنترل موجودی اقلام فسادپذیر در محیط قطعی

سایر فرضیات / روش حل	فرضیات مرتبط با نرخ تقاضا	محقق
مدل EOQ، بدون انباشت یا تراکم تقاضا	$D(t) = \alpha t^{\gamma-1}$	(Barbosa & Friedman, 1978)
مدل EOQ، هزینه دورریز، تابع سود/روش منحنی شیبدار	$D(q) = \alpha q^{1-\beta}$	(Baker & Urban, 1988)
فسادپذیر، تخفیف، بدون تراکم، انبار، چند محصولی، EOQ چندمرحله‌ای	$R(t)$ نرخ بازپس‌سازی $R(t) = \alpha - \beta Q(t) + \gamma D(t)$ $\alpha > 0, \gamma \geq 0, 0 \leq \beta < 1$ $D(t) = a + bt, a > 0, b \geq 0$	(Bhunia & Maiti, 1998)
چندمرحله‌ای، زنجیره تأمین با چندین مشتری	مدل EOQ با تقاضای ثابت	(Cárdenas-Barrón, 2007)
زنجیره تأمین دومرحله‌ای با رویکرد هندسی-حسابرسی	مدل EOQ با تقاضای ثابت	(Cárdenas-Barrón, Wee, & Blois, 2011)
تولید یکپارچه-مدل موجودی با زنجیره تأمین سه مرحله‌ای	مدل EOQ با تقاضای ثابت	(Cárdenas-Barrón, Teng, Treviño-Garza, Wee, & Lou, 2012)
سیستم کنترل VMI، چند محصولی با چند محدودیت	مدل EOQ با تقاضای ثابت	(Cárdenas-Barrón, Treviño-Garza, & Wee, 2012)
بازپس‌سازی، دوباره‌کاری، سیاست چندمرحله‌ای در تحویل	تقاضای ثابت با انباشت جزئی ^{۳۲}	(Cárdenas-Barrón, Taleizadeh, & Treviño-Garza, 2012)
حداکثر سازی سود	تقاضای وابسته به قیمت، فسادپذیر، انباشت جزئی، فروش ازدست‌رفته	(Ghosh, Khanra, & Chaudhuri, 2011)
فروشنده -خریدار، دوره اعتباری، تخفیف نقدی، تأخیر در پرداخت، سود مشترک	$D(p) = \alpha p^{-\beta}$ $B > 1$ یک ضریب کشش قیمت است	(Ho, Ouyang, & Su, 2008)
مدل قیمت و موجودی چند سطحی	تقاضای متغیر	(Lau & Lau, 2003)
مدل EOQ با کمبود، فسادپذیر، مقدار سفارش بالا-پایین	$D(t) = kt$ و k ثابت	(Sachan, 1984)
حداکثر سازی سود، مدل EOQ چند محصولی	تقاضا متأثر از خلاقیت تیم فروش، اقلام فسادپذیر و قبال بهبود	(Sana, 2010)
مسئله حداکثر سازی سود در سیستم‌های پویا	تقاضا تحت تأثیر ابتکار تیم فروش، قیمت و میزان موجودی	(Sana, 2011a, 2011b, 2012)
مسئله کمینه کردن هزینه	مدل EOQ برای تقاضای تصادفی با محدودیت فضای انبار	(Sana, 2013)
تابع هزینه باوجود تورم	تقاضا افزایشی متغیر بازمان	(Sarkar, Sana, & Chaudhuri, 2010)
تابع سود، سیستم تولید ناقص	تقاضا وابسته به میزان موجودی	(Sarkar, Chaudhuri, & Sana, 2010)
تابع سود، مدل EOQ با انباشت جزئی	تقاضا وابسته به میزان موجودی با فسادپذیری متغیر بازمان	(Sarkar & Sarkar, 2013)
مدل EOQ، پایین آوردن قیمت	$D(p, t, Q) = \alpha p^{-\varepsilon} t^{\gamma-1} Q^{1-\beta}$ $\alpha > 0, \varepsilon > 0, \gamma > 0, 0 < \beta < 1$	(Urban & Baker, 1997)

³² Partial backlogging

(Yao, Leung, & Lai, 2008)	$D(p, \varepsilon) = \alpha - \beta p + \varepsilon$	تقاضا تصادفی و وابسته به قیمت، مدل EPQ
(You & Hsieh, 2007)	P واحد فروش قیمت $D(p, t) = \alpha - \beta p + \gamma Q(t)$	مدل سود EOQ، استراتژی تغییر قیمت
(Wang, Tsung, & Lee, 2010)	P : قیمت فروش و α : تقاضای اولیه، β : حساسیت قیمت $D(p) = \alpha - \beta p$	EOQ برگشتی، تأخیر زمانی، مدل سود، اقلام قابل استفاده مجدد
(Zhang et al., 2010)	γ : نرخ افت تقاضا $D_1(p_1, p_2) = a_1 - b_1 p_1 - \gamma(p_1 - p_2)$ $D_{12}(p_1, p_2) = a_2 - b_2 p_2 + \gamma(p_1 - p_2)$	تابع سود، فروش از دست رفته، سود مشترک، اقلام معیوب

۲-۴-۲ مرور ادبیات برای سیستم‌های کنترل موجودی اقلام فسادپذیر در حالت فازی و

فازی شهودی

در حال حاضر، بخش عملیاتی از مدیریت یک سیستم موجودی یکی از عوامل مهم یک سازمان محسوب می‌شود. در شرایط دنیای واقعی، ماهیت اجزای هزینه و دیگر پارامترهای مرتبط در مدل موجودی به صورت نامشخص و فازی بوده و با ابهام همراه هستند. زاده (Zadeh, 1965) برای اولین بار مفهوم نظریه مجموعه فازی را توسعه داد و بعدها بلمن و زاده (Bellman & Zadeh, 1970) از نظریه مجموعه فازی در مباحث تصمیم‌گیری مرتبط با تحقیق در عملیات استفاده کردند. پس‌از آن، آثار پژوهشی متعددی (مشاهده کنید جدول ۲-۳) کاربرد این مفهوم ویژه را در موجودی و همچنین ادبیات زنجیره تأمین، به وضوح نشان داد.

کافمن و گوپتا (Kaufmann & Gupta, 1988) یک مدل ریاضی فازی در مهندسی و علوم مدیریت توسعه دادند. زیمرمن (Zimmermann, 1978) در مسائل برنامه‌ریزی خطی فازی با انواع مختلف توابع هدف را مورد مطالعه قرارداد. وجوسویچ و همکاران (Vujošević, Petrović, & Petrović, 1996) هزینه سفارش دهی را به شکل اعداد فازی دوزنقه‌ای در یک مدل فازی به همراه کمبود بکار بردند. با استفاده از این گزاره، وو و یائو (Wu & Yao, 2003) برای یک مدل موجودی همراه با تقاضای پس‌افت، پارامترهای مقدار سفارش و مقدار کمبود را در مطالعه خود به شکل فازی در نظر گرفتند. با

کمک اصول فازی، یک مدل EOQ فازی بدون کمبود توسط لی و یائو (H.-M. Lee & Yao, 1999) توسعه داده شد. کائو و هسو (Kao & Hsu, 2002) مدل موجودی نقطه سفارش مجدد با تقاضای فازی را با استفاده از یک آلفا برش از اعداد فازی و رتبه‌بندی به روش شاخص^{۳۳} بررسی کردند. کومار و همکاران (Kumar, De, & Goswami, 2012) یک مدل فازی با نرخ تقاضا از نوع رمپ و تراکم تقاضای جزئی^{۳۴} فرموله کردند. اخیراً، دی و سانا (De & Sana, 2013a, 2013b)، یک مدل EOQ با تقاضای پس‌افت^{۳۵} فازی و فازی شهودی، به ترتیب، با در نظر گرفتن تابع تقاضا به‌عنوان تابعی از تلاش‌های تبلیغاتی^{۳۶} و قیمت فروش ارائه داده‌اند.

تئوری مجموعه‌های فازی شهودی که یک تعمیمی از مجموعه‌های فازی می‌باشد توسط آتانوسوف ارائه شد. این تئوری در شرایطی که مجموعه‌های فازی در توصیف و شرایط مبهم اقتصادی و پیچیده دنیای واقعی توان لازم را نداشته باشند برای شبیه‌سازی فرایند تصمیم‌گیری انسان و فعالیت‌هایی که نیاز به تخصص و دانش انسانی است معتبر و قابل‌اعتماد می‌باشد.

آنگلوف (Angelov, 1997) تئوری مجموعه‌های فازی شهودی را در بهینه‌سازی مسائل دنیای واقعی در محیط فازی شهودی اجرا کرد. تئوری فازی شهودی فاصله‌ای توسط آتانوسوف و گارگوف (K. Atanassov & Gargov, 1989) توسعه داده شد و یک راه‌حل از مقدار سفارش ثابت فاصله‌ای احتمالاتی توسط بانرجی و روی تجزیه و تحلیل شد (Banerjee & Roy, 2010). چندین تکنیک بهینه‌سازی تکاملی برای مجموعه‌های فازی فاصله‌ای و همچنین مدل‌های فازی شهودی فاصله‌ای توسط پژوهشگران مورد مطالعه قرار گرفته است (چن و همکاران (Chen, Wang, & Arthur, 1996)، هسیه (Hsieh, 2002)، چانگ و همکاران (Chang, Yao, & Ouyang, 2004)، مائیتی و مائیتی (Maiti & Maiti, 2006)، هو و همکاران (Ho et al., 2008)، و طالع‌زاده و همکاران (Taleizadeh,)

³³ ranking index method

³⁴ Partial backlogging

³⁵ backorder

³⁶ promotional effort

Chakrabortty, Pal, & (Niaki, Aryanezhad, & Shafii, 2013). اخیراً، چاکرابورتی و همکاران

(Nayak, 2013) یک مدل EPQ چندهدفه با مقادیر فاصله‌ای ارائه داده‌اند.

جدول (۲-۳) مرور ادبیات سیستم‌های کنترل موجودی اقلام فسادپذیر در محیط فازی و فازی شهودی

روش حل	سایر فرضیات	مرور دوره‌ای / پیوسته	محقق
تکنیک‌های فازی شهودی	-	-	(Angelov, 1997)
تکنیک‌های فازی شهودی فاصله‌ای	-	-	(K. Atanasov & Gargov, 1989)
تکنیک‌های فازی شهودی	-	-	(K. T. Atanasov, 1986, 1999)
تکنیک‌های برنامه‌ریزی فازی و فازی شهودی	زمان انتظار ^{۳۷} ، فروش ازدست‌رفته	مدل EOQ احتمالی با تقاضای پس‌افت	(Banerjee & Roy, 2010)
تکنیک‌های فازی	-	-	(Bellman & Zadeh, 1970)
تکنیک برنامه‌ریزی فازی شهودی، بهینه‌سازی پارتو	بردار ضرایب اعداد فازی مثلثی	مدل EOQ با تقاضای پس‌افت	(Chakrabortty et al., 2013)
غیرفازی‌ساز و ابتکاری	زمان انتظار متغیر، تقاضا به‌صورت فازی	مدل (r,Q) دومرحله‌ای	(Chang et al., 2004)
قوانین توابع	هزینه‌های موجودی و تقاضا به‌صورت فازی، تقاضای برآورد نشده	مدل EOQ	(Chen et al., 1996)
شاخص رتبه‌بندی یاگر	تقاضا حساس به تلاش‌های تبلیغاتی، بردار ضرایب اعداد فازی مثلثی	مدل EOQ فازی با تقاضای پس‌افت	(De & Sana, 2013a)
تابع امتیاز و روش‌های رتبه‌بندی	تقاضا حساس به قیمت فروش و تلاش‌های تبلیغاتی، بردار ضرایب اعداد فازی مثلثی	مدل EOQ فازی شهودی با تقاضای پس‌افت	(De & Sana, 2013b)
تکنیک‌های فازی شهودی	-	-	(Dubois, Gottwald, Hajek, Kacprzyk, & Prade, 2005)
روش ابتکاری و لاگرانژ	همه پارامترها فازی هستند	مدل EPQ	(Hsieh, 2002)
تکنیک‌های فازی	تقاضا فازی	مدل EOQ	(Kao & Hsu, 2002)
تکنیک‌های فازی	-	-	(Kaufmann & Gupta, 1988)
تکنیک‌های فازی	انباشته تقاضا به‌صورت جزئی	تقاضای نوع رمپ	(Kumar et al., 2012)
قوانین گسترش فازی	انباشته تقاضا	مدل EOQ	(H.-M. Lee & Yao, 1999)
شبیه‌سازی فازی و الگوریتم ژنتیک	نرخ تقاضا و قیمت اعداد فازی هستند، چندهدفه، تقاضا برآورد نشده	مدل (r,Q) دومرحله‌ای	(Maiti & Maiti, 2006)

³⁷ Lead Time

(Sakawa, 1983)	-	-	برنامه‌ریزی خطی فازی با چندین هدف
(Takeuti & Titani, 1984)	-	-	تکنیک فازی شهودی
(Taleizadeh et al., 2013)	مدل EOQ	تقاضا فازی، چند محصولی، تقاضای برآورد نشده به صورت جزئی	برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح، روش ترکیبی از شبیه‌سازی فازی و الگوریتم ژنتیک
(Vujošević et al., 1996)	مدل EOQ با تقاضای برآورده نشده	هزینه سفارش فازی با تابع عضویت دوزنقه‌ای	تکنیک فازی
(Wu & Yao, 2003)	مدل EOQ با تقاضای برآورده نشده	مقدار کمبود و مقدار سفارش فازی	تکنیک فازی
(Zimmermann, 1978)	-	-	تئوری مجموعه فازی، برنامه‌ریزی خطی فازی
(De, Goswami, & Sana, 2014)	مدل EOQ با تقاضای برآورده نشده	همه پارامترها اعداد فازی مثلثی	تکنیک برنامه‌ریزی فازی شهودی، بهینه‌سازی پارتو

مسائل مرتبط با کنترل موجودی از نقش ویژه‌ای در کاهش هزینه‌ها و رسیدن به بهره‌وری بالا در هر سازمان برخوردار می‌باشند. در این بین کنترل موجودی اقلام دارویی به عنوان یکی از زیرشاخه‌های اصلی از اقلام فسادپذیر به دلیل نقش حیاتی حوزه بهداشت و درمان کشور از اهمیت استراتژیکی برخوردار می‌باشد که خبرگان و متخصصان این حوزه در پیش‌بینی تغییرات تقاضا و سایر پارامترهای مرتبط با هزینه‌ها برای مقابله با شرایط ابهام و عدم اطمینان نقش کلیدی ایفا می‌کنند.

کاربرد نظریه مجموعه فازی شهودی در فرآیند تصمیم‌گیری انسان و فعالیت‌هایی که نیاز به تخصص و دانش انسانی دارد، معتبر و قابل اعتماد است، اما متأسفانه این تئوری کاربردی در تحقیقات داخلی به طور کامل مورد کم‌توجهی واقع شده است. علاوه بر این مدل‌های ارائه شده توسط محققان در سرتاسر دنیا فاقد پیروی از یک چارچوب نظام‌مند و کارا برای سیستم‌های مدیریت موجودی می‌باشند.

مطالعه حاضر با بهره‌گیری از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات و نیز تئوری مجموعه‌های فازی شهودی به دنبال ارائه یک سیستم مدیریت موجودی برای اقلام فسادپذیر است که علاوه بر انسجام و یکپارچگی در ساختار، توانایی کاهش ریسک ناشی از عدم وجود اطلاعات در تصمیم‌گیری و مقابله با

شرایط مبهم و پیچیده دنیای واقعی را داشته. در فصل ۳ مدل پیشنهادی ارائه و مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.



فصل سوم: روش‌شناسی تحقیق

زنجیره تأمین یک محصول فرآیندی است از جریان مواد خام تا محصول نهایی در دسترس برای مصرف‌کننده نهایی که همه تأمین‌کننده‌های درگیر در فرآیند را با یکدیگر پیوند می‌دهد (Toomey, 2012). یک زنجیره تأمین شامل همه مراحل است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم خواسته‌های مشتری را برآورده می‌سازد. زنجیره تأمین تمامی موارد مرتبط با شبکه تدارکات را در برمی‌گیرد که شامل تأمین‌کنندگان، مراکز تولیدی، انبارها، مراکز توزیع و بازار خرده‌فروشان و همچنین مواد خام، موجودی‌های در حال ساخت و محصولات نهایی جاری بین آن‌ها می‌شود.

مدیریت زنجیره تأمین تلفیقی از علم و هنر است که روش یافتن مواد خام موردنیاز شرکت‌ها برای تولید یا خدمت‌رسانی را بهبود می‌بخشد. عدم قطعیت جزء لاینفک مدیریت زنجیره تأمین و سیستم مدیریت موجودی است و مدیریت زنجیره تأمین به لحاظ وجود عدم قطعیت در داده‌ها و روابط پیچیده بین واحدهای مختلف زنجیره تأمین امری بسیار دشوار است. عدم قطعیت می‌تواند از تغییرات تقاضای مشتری یا قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان خارجی ناشی شود (میرزا حسینیان و رنجبر بورانی، ۱۳۸۶).

هزینه موجودی برای یک محصول برابر است با مجموع هزینه‌های موجودی در همه بخش‌های زنجیره تأمین. تولیدکننده یک محصول مونتاژ ممکن است تمام قطعات را خریداری کند و با آن قطعات از تأمین‌کنندگان به تقاضا در زمان مشخص پاسخ دهد. این محصول مونتاژ ممکن است از طریق فروشگاه‌های خرده‌فروشی به فروش برسد که محصول را در مقادیر زیاد با توجه به تخفیف مطلوب از تولیدکننده خریداری و انبار می‌کنند. هزینه‌های مستقیم موجودی برای تولیدکننده ممکن است نسبتاً کوچک باشد. هزینه‌های پنهان موجودی در زنجیره تأمین هزینه‌های قطعات خواهد بود. هر تأمین‌کننده‌ای که به هزینه‌های موجودی نپردازد در معرض خطر خروج از کسب‌وکار قرار خواهد

گرفت. بسیاری از سازمان‌ها ممکن است از هزینه‌های موجودی خود آگاه نباشند، اما به‌خوبی از هزینه کل (ازجمله هزینه‌های موجودی) که می‌تواند تعیین‌کننده هزینه فروش باشد، باخبر هستند. هزینه نگهداری کالا نهایی در کمترین مقدار، هزینه‌های تخفیف مقداری ارائه‌شده به خرده‌فروش است (Toomey, 2012).

به‌طور کلی قابلیت اطمینان تأمین‌کننده (دیرکرد تحویل)، فرآیند ساخت (از کارافتادگی ماشین و قابلیت اعتماد حمل‌ونقل) و تقاضای مشتری (مقدار و ترکیب)، سه منبع اصلی عدم قطعیت در زنجیره تأمین، می‌باشند (Handfield & Nichols, 1999). علاوه بر آن عدم قطعیت در تخمین هزینه‌های موجودی، مثل هزینه سفارش‌های عقب‌افتاده و همچنین عمر مفید محصولات، نیز وجود دارد. بسیاری از تحقیقات برای توسعه استراتژی‌های موجودی زنجیره تأمین عدم قطعیت را (مانند تقاضای غیرقطعی) به‌وسیله توزیع‌های احتمال مدل‌سازی کرده‌اند. در این حالت‌ها، عدم اطمینان منابع و عوامل اصلی با توزیع‌های احتمالی مدل می‌شوند که این توزیع‌ها از آنالیز و تحلیل تجربیات گذشته به دست می‌آیند. با کاهش روزافزون طول عمر محصولات به دلیل رشد میزان نوآوری، تقاضاها بسیار متغیر می‌باشند و جمع‌آوری آمار (که لازمه مدل‌های احتمالی است) کمتر قابل‌اطمینان و استفاده می‌باشد؛ بنابراین ادعا می‌شود که نظریه احتمال برای ارزیابی تقاضای بازار و هزینه‌های مرتبط موجودی مناسب نیست. همچنین زمانی که به دلیل وجود مشکلاتی نظیر اندازه‌گیری تقاضای بازار، هزینه‌های موجودی و میزان و شدت فسادپذیری محصولات عدم قطعیت وجود دارد، امکان‌پذیری بیشتر از احتمال برای مدل کردن عدم قطعیت مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این تقاضای امکان‌پذیر، در بازه زمانی کوتاه‌تر، قابل‌اطمینان‌تر می‌باشد (میرزا حسینیان و رنجبر بورانی، ۱۳۸۶).

نظریه مجموعه‌های فازی شهودی به دلیل کارایی بالا و شبیه‌سازی نظرات تصمیم‌گیرندگان می‌تواند به‌عنوان یک گزینه جذاب برای مواجهه با عدم قطعیت در زنجیره تأمین مطرح باشد.

برای رسیدن به بیشترین ارزشافزوده در یک زنجیره تأمین ما نیاز به دستیابی به اهداف طبقه‌بندی‌شده در سه زیر بخش اساسی شامل، سود فروش، نگهداری دارایی و هزینه‌های عملیاتی داریم. در ادامه ما با معرفی یک ساختار منسجم و یکپارچه مدیریت سیستم‌های موجودی از طریق تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات به دنبال کم کردن هزینه‌های پنهان ناشی از نگهداری کالاهای بدون ارزشافزوده و همچنین کاهش هزینه‌های عملیاتی در یک سیستم مدیریت موجودی هستیم. در انتهای نیز یک مدل کنترل موجودی زنجیره تأمین در قالب مسئله کاربردی از کنترل موجودی اقلام فسادپذیر با فرضیات مشخص و در نظر گرفتن عدم اطمینان محیطی (در نظر گرفتن پارامترهای تقاضا، هزینه خرید و نرخ فساد به صورت متغیرهای فازی شهودی) ارائه و تحلیل می‌گردد.

۲-۳ نوع تحقیق

پژوهش حاضر با توجه به نوع آن و از نظر روش و چگونگی به دست آوردن داده‌های موردنیاز، تحقیق توصیفی و از نوع پیمایشی است. تحقیق پیمایشی، توصیفی است از نگرش و رفتار جمعیتی بر اساس انتخاب نمونه‌ی تصادفی و معرف از آن‌ها به یک‌رشته سؤال. پژوهش‌گران علوم اجتماعی می‌کوشند تا با استفاده از تحقیقات پیمایشی به تبیین پدیده‌ها پرداخته و صرفاً به توصیف بسنده نکنند. همچنین این تحقیق با توجه به ماهیت موضوع و هدف آن از نوع کاربردی است. از منظر اعتبار علمی تحقیق حاضر از نوع ذهنی است زیرا روابط بین آن‌ها از طریق تحلیل‌های ذهنی و بدون استعانت از واقعیات تجربی کشف و تعریف می‌شوند.

۳-۳ جامعه و نمونه آماری

جامعه عبارت است از گروه یا طبقه‌ای از افراد، اشیاء، متغیرها، مفاهیم یا پدیده‌ها که حداقل در یک ویژگی، مشترک باشند. در برخی موارد، کل اعضای جامعه، مورد مطالعه قرار می‌گیرند که به آن

سرشماری گویند. باین حال، در بسیاری موارد، کمبود نیروی انسانی لازم، وقت و هزینه‌های مالی، اجازه‌ی مطالعه‌ی کل جامعه را نمی‌دهد. روش معمول در چنین مواردی این است که نمونه‌ای از جامعه انتخاب شود. جامعه‌ی تحقیق پژوهش حاضر، یک شرکت دارویی است که بنا بر دلایلی از ذکر نام آن در این اثر خودداری می‌کنیم. پس از انتخاب آن‌ها از طریق نمونه‌گیری هدفمند، تمام افراد خبره، شامل کارشناسان و مدیران گذشته و حاضر در حوزه‌ی بهداشت و درمان انتخاب و نظرات ایشان به وسیله‌ی مصاحبه و پرسشنامه نمره دهی برحسب روش بسط مقیاس امتیازدهی ۱۱ نقطه‌ای فازی جمع‌آوری گردیده است.

نمونه، بخش کوچکی از جامعه است که معرف کل جامعه فرض می‌شود. نکته مهم در این تعریف، معرف بودن است. نتایج نمونه‌ای را که معرف جامعه نباشد، نمی‌توان به جامعه تعمیم داد. از آنجاکه در این تحقیق همه‌ی افراد جامعه آماری در نمونه‌گیری هدفمند تمایل به همکاری و مصاحبه داشتند، لذا نمونه آماری با جامعه آماری برابر می‌باشد.

۳-۴ روش‌ها و ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات

ابزار سنجش و اندازه‌گیری، وسایلی هستند که محقق به کمک آن‌ها می‌تواند متغیرها را اندازه‌گیری و اطلاعات موردنیاز را برای تجزیه و تحلیل و بررسی پدیده‌ی مورد مطالعه و نهایتاً کشف حقیقت گردآوری نماید؛ بنابراین باید به گونه‌ای طراحی و سازمان‌دهی شوند که بتوانند اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری و سنجش متغیرها را به نحو مطلوب جمع‌آوری نمایند. در تعریف ابزار اندازه‌گیری می‌توان گفت:

در علوم انسانی برخلاف علوم طبیعی کار اندازه‌گیری متغیرها و پدیده‌ها و موضوعات مورد مطالعه چندان راحت نیست و محققان سعی زیادی نموده‌اند تا شاید بتوانند راه‌حلهایی برای این مسئله بیابند و ابزارهایی را برای ثبت اطلاعات مربوط به پدیده مورد مطالعه و اندازه‌گیری آن ابداع نمایند. نمونه‌های ابزارهای سنجش و گردآوری اطلاعات عبارت‌اند از: سؤالات پرسشنامه، سؤالات کارت

مصاحبه، شاخص‌های کارت مشاهده، نظرسنج، آزمون پیشرفت تحصیلی، آزمون استعداد، آزمون هوش، رغبت سنج، آزمون فرافکن می‌باشد.

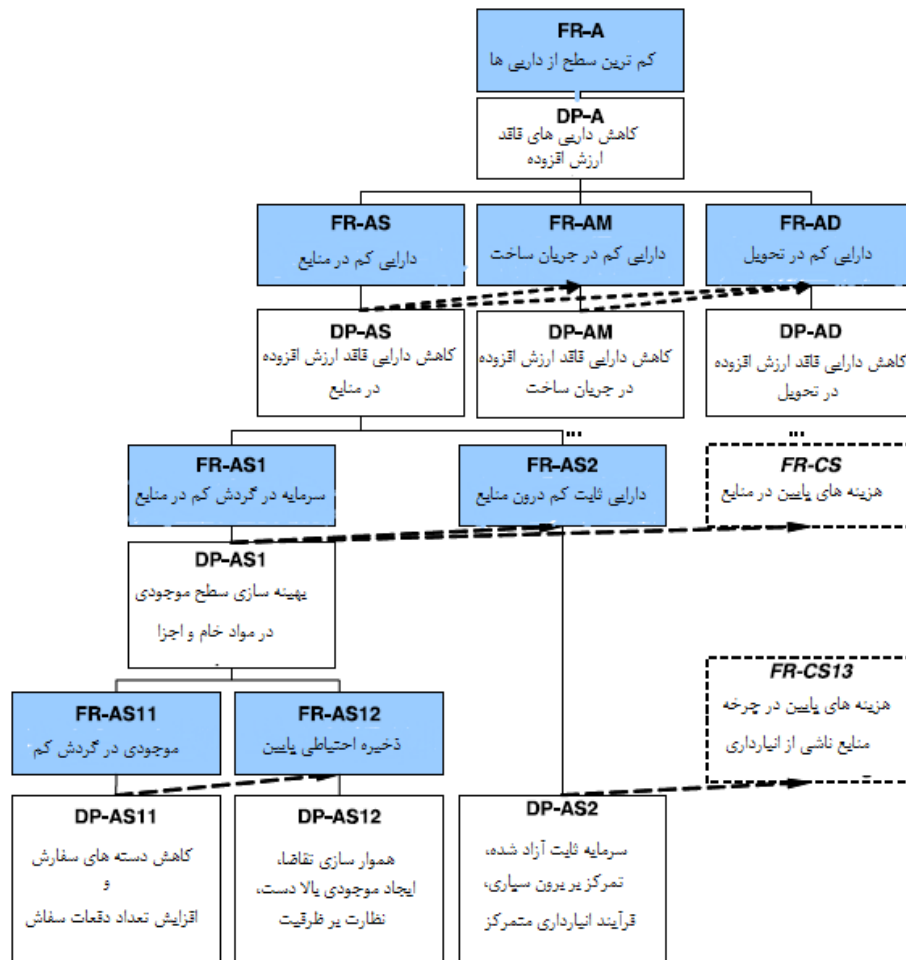
برای طراحی ساختار مدیریت موجودی برای اقلام فسادپذیر از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات استفاده شده است. برای گردآوری داده‌های موردنظر از جامعه‌ی تحقیق پیش‌رو، از ابزارهای مصاحبه، پرسشنامه نمره دهی برحسب روش بسط مقیاس امتیازدهی ۱۱ نقطه‌ای فازی، اینترنت و منابع کتابخانه‌ای استفاده شده است. اصلی‌ترین ابزار در این پژوهش، پرسشنامه‌ی فازی می‌باشد. فازی شهودی از انواع روش‌های تصمیم‌گیری در محیط با اطلاعات مبهم است.

۳-۵ ارائه یک ساختار منسجم به کمک تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات برای کم کردن

هزینه‌های ناشی از نگهداری دارایی‌های بدون ارزش‌افزوده

دارایی به هر دودسته از دارایی‌های جاری و ثابت با توجه به مدیریت زنجیره تأمین اشاره دارد که شامل موجودی، نقدینگی، یا زیرساخت می‌شود. به‌منظور پایین نگه‌داشتن هزینه‌های سرمایه، دارایی باید در حد امکان کم نگهداری شود (FR-A «دارایی‌های کم»). در همین راستا، لازم است که دارایی‌های که از دیدگاه مشتری ارزش‌افزوده ایجاد نمی‌کنند حذف و یا محدود شوند. اولین تجزیه روی منابع، کالای در حال ساخت و همچنین کالای آماده تحویل انجام می‌شود. پس‌ازآن، هر یک از آن‌ها به دارایی‌های در جریان (سرمایه در گردش) و ثابت شکسته می‌شوند. ابزار مناسب برای دستیابی به این هدف، به‌عنوان مثال، تطبیق میزان سفارش و چرخه سفارش مجدد، مدیریت موجودی، کاهش سطح موجودی و دوره برنامه‌ریزی، برون‌سپاری به ارائه‌دهندگان خدمات لجستیک، پیشگیری از اثرات شلاق چرمی، بهینه‌سازی از ذخیره احتیاطی و همچنین به اشتراک‌گذاری اطلاعات (به‌عنوان مثال، تقاضا، سطح موجودی، نقطه داده‌های فروش) می‌باشد.

شکل (۳-۱) جزئیات شکستن زیگزاگی به‌منظور کاهش دارایی‌های فاقد ارزش‌افزوده را نشان می‌دهد.



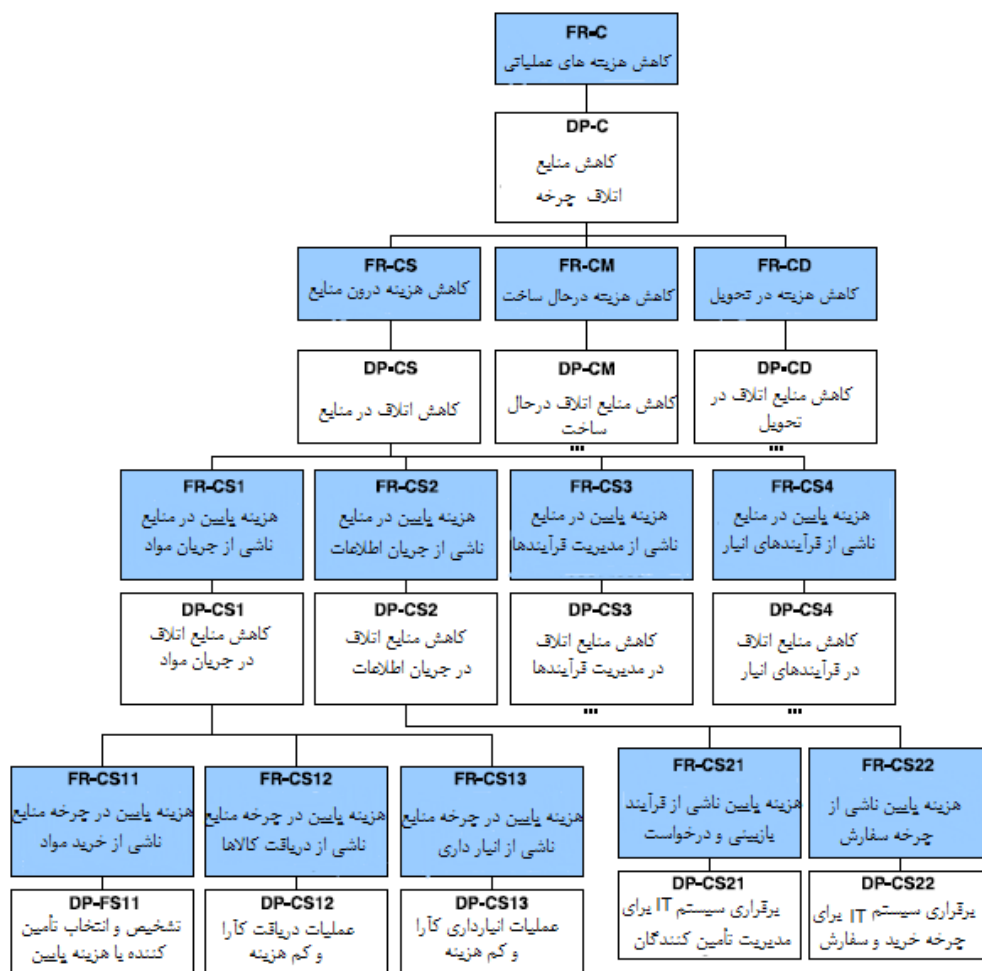
شکل (۳-۱) فرآیند شکستن زیگزاگی برای رسیدن به کمترین سطح از دارایی‌ها

۳-۶ ارائه یک ساختار منسجم با کمک تکنیک طراحی مبتنی بر بديهيات برای بهینه کردن

هزینه‌های عملیاتی

برای دستیابی به هدفی که در بالا ارائه شد، ابزارهایی، مانند زمان انتظار کوتاه و کم بودن موجودی انبار، بر هزینه‌های عملیاتی تأثیرگذار می‌باشند. برای رسیدن به هدف نگهداشتن هزینه‌های عملیاتی در پایین‌ترین سطح (FR-C «هزینه‌های پایین عملیاتی»)، ضایعات و اتلاف و به شکل ویژه در زیرشاخه‌های منابع، کالای در جریان ساخت و آماده تحویل تا حد امکان باید حذف شود. برای تجزیه

بیشتر، تنها هزینه‌های پشتیبانی آورده شده است؛ که شامل هزینه‌های جریان مواد و اطلاعات، فرآیندهای مدیریت و فرآیندهای انبارداری می‌شود. هزینه‌ها را می‌توان، به‌عنوان مثال، با حمایت و تبادل خودکار اطلاعات، پردازش سفارش با استفاده از فن‌آوری اطلاعات، فن‌آوری شناسایی و ردیابی، خرید و پرداخت الکترونیکی، سیستم پیکربندی و همچنین بهترین شیوه‌ها در تحویل مانند، اتصال متقابل^{۳۸} و غیره کاهش داد. به‌عنوان مثال، کاهش بی‌دقتی و خطاها در نگهداری موجودی با بهره‌گیری از روش‌ها و فن‌آوری تکنولوژیکی می‌تواند به هزینه‌های کلی پایین‌تر منجر شود. شکل (۲-۳) جزئیاتی از تجزیه هزینه‌های عملیاتی را نشان می‌دهد (FR-C).



شکل (۲-۳) فرآیند شکستن زیگزاگی برای کاهش هزینه‌های عملیاتی

³⁸ cross-docking

۳-۷ مدل کنترل موجودی با در نظر گرفتن نرخ فساد برای محصولات

در این بخش، مدل کنترل موجودی سفارش اقتصادی ساده برای حالتی که محصولات باگذشت زمان با نرخی مشخص فاسد می‌شوند، توسعه داده شده است. لازم به ذکر است که در این مدل، تقاضا برای محصولات به دلیل وجود بازارهای رقابتی و عدم اطمینان محیطی، مقداری نامشخص در نظر گرفته شده است. سایر مفروضات مسئله در ادامه بیان می‌شود.

در این مدل ما به بررسی نحوه تعیین یک چرخه سفارش بهینه در ارتباط با اقلام فاسدشدنی، می‌پردازیم. در مدل ارائه شده تقاضا برای محصولات، قیمت خرید و همچنین نرخ فساد متغیرهایی از جنس اعداد فازی شهودی هستند و زمان انتظار ثابت می‌باشد. پارامترهای موردنیاز برای حل توابع عضویت برای تقاضا فازی هستند. هزینه خرید برای هر آیتم و نرخ فساد فازی، هزینه سفارش و هزینه دفع ثابت و همچنین هزینه ذخیره‌سازی برای هر آیتم در هر دوره ثابت و مشخص است. سه پارامتر فازی در تابع هزینه کل به عنوان متغیرهای فازی شهودی در نظر گرفته می‌شوند به طوری که تأثیر نوسانات این متغیرها بر تابع اولیه هزینه محاسبه می‌شود. در این مسئله همچنین، ذخیره احتیاطی موجود و در همان نرخ بقیه موجودی زوال می‌یابد.

در ادامه نمادها و فرضیات کلی مدل بیان می‌شود.

۳-۷-۱ نمادها

➤ P : هزینه خرید هر واحد از کالا

➤ $\bar{P}$: هزینه خرید فازی هر واحد از کالا

➤ K : هزینه هر بار سفارش دهی

➤ h : هزینه نگهداری هر واحد کالا در واحد زمان

- F : هزینه فساد هر واحد کالا
- T : طول دوره سفارش دهی
- Q : مقدار هر بار سفارش در هر دوره سفارش دهی
- $I(t)$: میزان موجودی کالا در زمان t
- I_0 : ذخیره احتیاطی اولیه
- D : نرخ تقاضای قطعی کالا در واحد زمان
- $\tilde{D}$: نرخ تقاضای فازی کالا در واحد زمان
- $\tilde{\theta}$: ضریب فساد موجودی در دست در واحد زمان
- TC_k : مجموع هزینه سفارش دهی در واحد زمان
- TC_h : مجموع هزینه نگهداری در واحد زمان
- TC_p : مجموع هزینه خرید در واحد زمان
- TC_f : مجموع هزینه فساد در واحد زمان
- TC : مجموع هزینه‌های کنترل موجودی‌ها در واحد زمان

۳-۷-۲ فرضیات

- سیستم موجودی، تک کالایی و بدون محدودیت است.
- مدت زمان تحویل سفارش برابر با $k \neq 0$ است.
- افق زمانی، نامحدود در نظر گرفته می‌شود.
- کمبود مجاز نیست.
- کالای موجود در انبار در طول زمان با نرخ ثابت θ ($0 < \theta < 1$) فاسد می‌شود و کالای فاسد شده غیرقابل بهبود و بدون جایگذاری است.

➤ ذخیره احتیاطی در زمان t از کالای فسادپذیر تشکیل شده که با همان نرخ θ مانند موجودی انبار زوال می‌یابد.

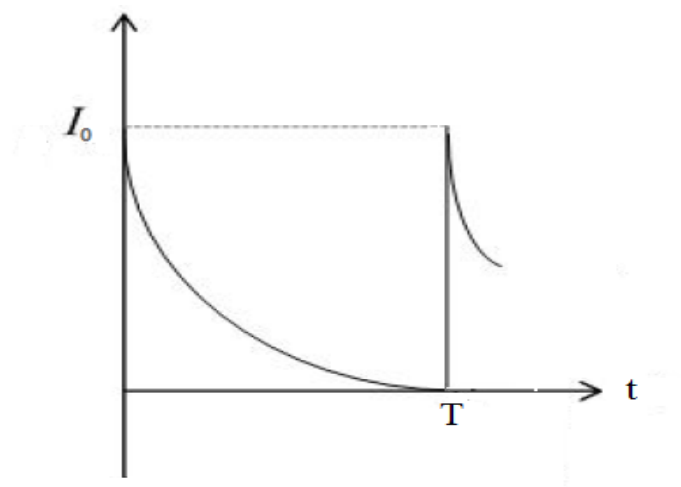
$$dI_{ss}(t)/dt = -\theta I_{ss}(t); 0 \leq t \leq T; I_{ss}(0) = I_0$$

و بنابراین:

$$I_{ss}(t) = I_0 e^{-\theta t} \quad (۱-۳)$$

۳-۷-۳ مدل در حالت قطعی

همان‌طور که در قسمت قبل نیز بیان شد $I(t)$ نشان‌دهنده سطح موجودی در دست در زمان t است. بدیهی است که تغییرات موجودی تحت تأثیر دو عامل فساد و تقاضا می‌باشد. تابع موجودی به‌صورت نمایی از بیشترین مقدار در زمان $t=0$ تا کمترین مقدار در زمان $t=T$ کاهش می‌یابد. این مسئله در نمودار کنترل موجودی شکل (۳-۳) نیز به‌وضوح قابل‌رویت است.



شکل (۳-۳) نمودار کنترل موجودی

برای محاسبه هزینه‌های کنترل تولید و موجودی، ابتدا به محاسبه تابع موجودی در دست برحسب زمان می‌پردازیم:

$$\frac{dI(t)}{dt} = -\theta I(t) - D, 0 \leq t \leq T \quad (2-3)$$

اثبات می‌شود که حل معادله دیفرانسیل خطی $y' = -p(x)y + q(x)$ به صورت زیر خواهد بود:

$$y = e^{-\int p(x)dx} \times \left[\int q(x) \cdot e^{\int p(x)dx} dx \right] \quad (3-3)$$

که در آن y تابعی از x است و y' برابر است با $\frac{dy}{dx}$ و همچنین $p(x)$ و $q(x)$ نیز توابعی دلخواه از x هستند. با توجه به روابط ذکرشده و اینکه $I(T) = I_{ss}(T) = I_0 e^{-\theta T}$ برای به دست آوردن $I(t)$ خواهیم داشت:

$$I(t) = I_0 e^{-\theta t} + \frac{D}{\theta} (e^{\theta(T-t)} - 1) \quad (4-3)$$

مدت زمان تحویل سفارش در مقدار سفارش تأثیری ندارد اما در زمانی که سفارش بیاید انجام شود تأثیرگذار است. از این رو مقدار سفارش در هر دوره از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Q(T-k) = I(0) = I_0 + \frac{D}{\theta} (e^{\theta T} - 1) \quad (5-3)$$

در ادامه به محاسبه هزینه‌های کنترل تولید و موجودی می‌پردازیم.

۱-۳-۷-۳ هزینه ثابت سفارش دهی

با توجه به اینکه در هر دوره فقط یک بار سفارش انجام می‌گیرد و هزینه ثابتی دارد. مجموع هزینه سفارش دهی در هر دوره برابر (K) می‌باشد.

۲-۳-۷-۳ هزینه نگهداری موجودی

برای محاسبه هزینه نگهداری ابتدا لازم است میزان متوسط موجودی در دوره ($\bar{I}$) محاسبه شود:

$$\bar{I} = \int_0^T I(t) dt = \int_0^T [I_0 e^{-\theta T} + \frac{D}{\theta} (e^{\theta(T-t)} - 1)] dt = \frac{I_0}{\theta} (1 - e^{-\theta T}) + \frac{D}{\theta^2} (e^{\theta T} - \theta T - 1) \quad (۶-۳)$$

با توجه به مقدار متوسط موجودی ($\bar{I}$) محاسبه شده، هزینه نگهداری کل به صورت زیر محاسبه می شود:

$$HC = h \int_0^T I(t) dt = h \int_0^T [I_0 e^{-\theta T} + \frac{D}{\theta} (e^{\theta(T-t)} - 1)] dt = \frac{h I_0}{\theta} (1 - e^{-\theta T}) + \frac{h D}{\theta^2} (e^{\theta T} - \theta T - 1) \quad (۷-۳)$$

۳-۳-۷-۳ هزینه خرید کالا

با توجه به میزان سفارش در دوره (Q) محاسبه شده در رابطه (۳-۵)، مقدار کل هزینه خرید در هر دوره به صورت زیر محاسبه می شود:

$$PC = P \cdot Q(T - k) = P I_0 + P \frac{D}{\theta} (e^{\theta T} - 1) \quad (۸-۳)$$

۴-۳-۷-۳ هزینه فساد کالا

برای محاسبه هزینه فساد در هر دوره، ابتدا لازم است میزان محصولی که در هر دوره فاسد می شود را به طور متوسط محاسبه کنیم. از آنجایی که در هر لحظه مشخص زمانی مانند t میزان مشخصی از موجودی در دست (نسبت مشخصی از موجودی در دست (θ)) فاسد می شود، بنابراین در هر لحظه از دوره، میزان فساد برابر با $\theta I(t)$ خواهد بود. مقدار هزینه کل کالای فاسد شده در کل دوره به این شکل خواهد شد:

$$DC = F(Q(T - k) - TD) = F I_0 + F \frac{D}{\theta} (e^{\theta T} - \theta T - 1) \quad (۹-۳)$$

بنابراین با توجه به هزینه های محاسبه شده بالا، کل هزینه کنترل تولید و موجودی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$TC(T) = \frac{1}{T} (K + PC + HC + DC) = \frac{1}{T} \left\{ K + PI_0 + P \frac{D}{\theta} (e^{\theta T} - 1) + \frac{hI_0}{\theta} (1 - e^{-\theta T}) + \frac{hD}{\theta^2} (e^{\theta T} - \theta T - 1) + FI_0 + F \frac{D}{\theta} (e^{\theta T} - \theta T - 1) \right\} \quad (10-3)$$

با توجه به کوچک بودن مقدار θ ، می‌توان از بسط تیلور به صورت

$$e^{\theta T} \cong 1 + \theta T + \frac{1}{2} \theta^2 T^2 \text{ و } e^{-\theta T} \cong 1 - \theta T \quad (11-3)$$

استفاده کرد، بنابراین خواهیم داشت:

$$TC(T) = \frac{1}{T} \{ K + PI_0 + hI_0 T + FI_0 \} + \left\{ P \left(1 + \frac{\theta T}{2} \right) + \frac{hT}{2} + \frac{F\theta T}{2} \right\} D \quad (12-3)$$

۳-۷-۴ به دست آوردن مقادیر بهینه TC^* و T^*

هدف از مدل تعیین کردن مقدار بهینه دوره زمانی (T) و همچنین مقدار سفارش اقتصادی به منظور کمینه کردن متوسط هزینه کل در واحد زمان می‌باشد، در راستای در نظر گرفتن سیاست‌های کلان‌شهری در قبال نرخ دورریز محصولات زوال یافته و همچنین تأثیرات کلی آن‌ها. برای دستیابی به مقدار بهینه دوره زمانی باید از TC به ازای T مشتق گرفت و برابر صفر قرار داد: $\frac{dTC(T)}{dT} = 0$

در نتیجه جواب بهینه است:

$$T_{opt} = \sqrt{\frac{2K + 2(P+F)I_0}{hD + (P+F)\theta D}} \quad (13-3)$$

۳-۸ اعداد فازی شهودی مثلثی^{۳۹}

با توجه به اطلاعاتی که از فصول پیشین به دست آوردیم، یک عدد فازی شهودی، می‌تواند به عنوان یک عدد فازی شهودی مثلثی بیان شود، اگر و فقط اگر توابع عضویت و عدم عضویت برای آن به شکل زیر تعریف شوند:

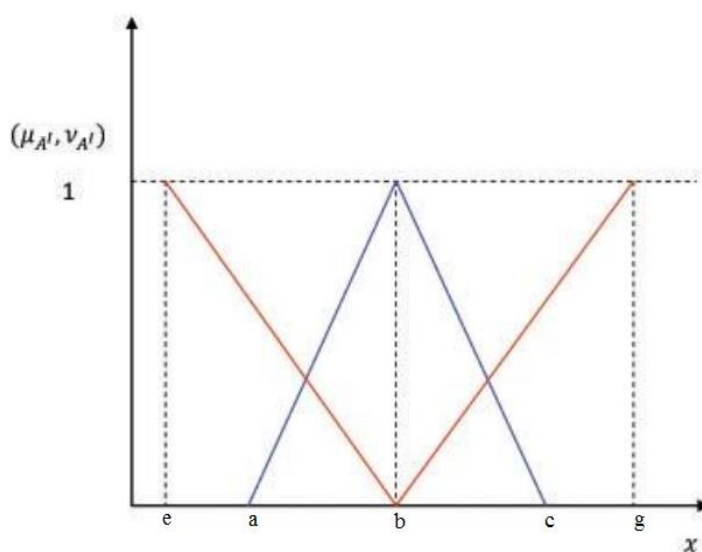
³⁹ triangular intuitionistic fuzzy number

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases}$$

$$\nu_A(x) = \begin{cases} 1, & x < e \\ \frac{b-x}{b-e}, & e \leq x \leq b \\ \frac{x-b}{g-b}, & b \leq x \leq g \\ 1, & x > g. \end{cases}$$

به طوری که $e \leq a$ و $c \leq g$.

به صورت نمادی یک عدد فازی شهودی مثلثی به شکل $\{(a; b; c); (e; b; g)\}$ نمایش داده می شود که در شکل (۳-۴) به صورت تصویری به نمایش درآمده است.



شکل (۳-۴) نمایش تصویری عدد فازی شهودی مثلثی

۳-۹ مرکز ثقل^{۴۰} از یک عدد فازی شهودی مثلثی

در اینجا ما عدد فازی جدید p را معرفی می‌کنیم که امتیاز آن به‌عنوان مرکز ثقل از یک عدد فازی شهودی مثلثی در نظر گرفته می‌شود.

تعریف (۳-۱). اجازه دهید $p: R \rightarrow [0; 1]$ به شکل زیر تعریف شود:

$$p(x) = \frac{(\mu - \nu)(x) + 1}{2} \quad (۳-۱۴)$$

به‌طوری‌که μ و ν توابع عضویت و عدم عضویت از عدد فازی شهودی می‌باشند.

قضیه (۳-۱): یک عدد فازی می‌باشد.

اثبات: رنج $\mu - \nu$ در $[-1, 1]$.

$$p(x) = \begin{cases} 0, & x < e \\ \frac{1-h(x)}{2}, & e \leq x < a \\ \frac{f(x)-h(x)+1}{2}, & a \leq x < b \\ \frac{g(x)-k(x)+1}{2}, & b \leq x < c \\ \frac{1-k(x)}{2}, & c \leq x < g \\ 0, & x \geq g \end{cases}$$

$h(b)=1$ بنابراین:

$$p(x) = \begin{cases} 1 & \text{for } x = b \\ l(x) & \text{for } x \in (-\infty, b) \\ r(x) & \text{for } x \in (b, \infty) \end{cases}$$

⁴⁰ gravity center

جایی که

$$l(x) = \begin{cases} 0, & x < e \\ \frac{1-h(x)}{2}, & e \leq x < a \\ \frac{f(x)-h(x)+1}{2} & a \leq x < b \end{cases}$$

L یک تابع است از $(-\infty, b]$ روی $[0, 1]$ پیوسته و به صورت یکنواخت صعودی

$$r(x) = \begin{cases} \frac{g(x)-k(x)+1}{2}, & b < x \leq c \\ \frac{1-k(x)}{2}, & c < x \leq g \\ 0, & x > g \end{cases}$$

R یک تابع است از (b, ∞) روی $[0, 1]$ پیوسته و به صورت یکنواخت نزولی. از آنجا که p یک عدد فازی است.

قضیه (۳-۲): مرکز ثقل p است:

$$\frac{\int_e^a \frac{1-h(x)}{2} x dx + \int_a^b \frac{f(x)-h(x)+1}{2} x dx + \int_b^c \frac{g(x)-k(x)+1}{2} x dx + \int_c^g \frac{1-k(x)}{2} x dx}{\int_e^a \frac{1-h(x)}{2} dx + \int_a^b \frac{f(x)-h(x)+1}{2} dx + \int_b^c \frac{g(x)-k(x)+1}{2} dx + \int_c^g \frac{1-k(x)}{2} dx} \quad (۱۵-۳)$$

نکته: از رابطه (۳-۱۵) مرکز ثقل برای یک عدد فازی شهودی به دست می آید.

یادآوری: اگر $\mu_A(x) = 1 - \nu_A(x)$ ، در آن صورت عدد فازی شهودی به یک عدد فازی تبدیل می شود

که مرکز ثقل آن با استفاده از رابطه (۳-۱۵) به صورت زیر به دست می آید:

$$\frac{\int_a^b x f(x) dx + \int_b^c x g(x) dx}{\int_a^b f(x) dx + \int_b^c g(x) dx} \quad (۱۶-۳)$$

از آنجایی که یک عدد فازی شهودی تعمیمی است از اعداد فازی کلاسیک است.

نکته: مرکز ثقل برای عدد فازی شهودی مثلثی $A = \{(a; b; c); (e; b; g)\}$ به شکل زیر به دست می آید:

$$\frac{1}{3} \left[\frac{(g-e)(b-2g-2e) + (c-a)(a+b+c) + 3(g^2 - e^2)}{g-e+c-a} \right]$$

اثبات: مرکز ثقل برای یک عدد فازی شهودی مثلثی به شکل:

$$\frac{\int_e^a x \left(\frac{\frac{x-b}{b-e} + 1}{2} \right) dx + \int_a^b \left(\frac{\frac{x-a}{b-a} - \frac{b-x}{b-e} + 1 \right) x dx + \int_b^c \left(\frac{\frac{x-c}{b-c} - \frac{b-x}{b-g} + 1 \right) x dx + \int_c^g x \left(\frac{\frac{x-b}{b-g} + 1}{2} \right) dx}{\int_e^a \left(\frac{\frac{x-b}{b-e} + 1}{2} \right) dx + \int_a^b \left(\frac{\frac{x-a}{b-a} - \frac{b-x}{b-e} + 1 \right) dx + \int_b^c \left(\frac{\frac{x-c}{b-c} - \frac{b-x}{b-g} + 1 \right) dx + \int_c^g \left(\frac{\frac{x-b}{b-g} + 1}{2} \right) dx}$$

می باشد. در نتیجه با استفاده از رابطه (۳-۱۵) برای عدد فازی مثلثی A مرکز ثقل به صورت زیر به دست می آید:

$$= \frac{1}{3} \left[\frac{(g-e)(b-2g-2e) + (c-a)(a+b+c) + 3(g^2 - e^2)}{g-e+c-a} \right]. \quad (۳-۱۷)$$

۳-۱۰ ارائه مدل در حالت فازی شهودی

در این بخش ما پارامترهای مبهم در مدل قطعی شامل تقاضا (D)، قیمت خرید (P) و نرخ فساد (θ) را با متغیرهای فازی شهودی به شکل اعداد مثلثی جایگزین می کنیم. اجازه دهید به ما تا فرض کنیم:

$$\tilde{D} = \{(D_1, D_2, D_3), (D'_1, D'_2, D'_3)\}; \tilde{\theta} = \{(\theta_1, \theta_2, \theta_3), (\theta'_1, \theta'_2, \theta'_3)\}; \text{ and } \tilde{P} = \{(P_1, P_2, P_3), (P'_1, P'_2, P'_3)\}$$

در نتیجه بر اساس اطلاعات داده شده در ارتباط با توابع عضویت و عدم عضویت اعداد فازی شهودی مثلثی، مقدار مورد انتظار از هزینه کل در هر دوره از رابطه زیر به دست می آید:

$$E[\widetilde{TC}(T)] = E\left[\frac{1}{T}\{K + \tilde{P}I_0 + hI_0T + FI_0\} + \{\tilde{P}(1 + \frac{\tilde{\theta}T}{2}) + \frac{hT}{2} + \frac{F\tilde{\theta}T}{2}\} \tilde{D}\right] \quad (۱۸-۳)$$

در انتها برای تحلیل شرایط و بررسی خروجی مدل با استفاده از غیرفازی‌ساز مرکز ثقل اعداد فازی شهودی را به اعداد قطعی تبدیل تا زمینه دستیابی به اهمیت و کارایی مدل و تحلیل و بررسی دقیق و جزء به جزء پارامترهای تأثیرگذار در مدل فراهم آید.

در فصل چهارم مدل توسعه داده شده با کمک یک مطالعه موردی و یک مدل کاربردی تفسیر و نتایج آن تحلیل می‌گردد.



فصل چهارم: تجزیه و تحلیل داده‌ها

حوزه بهداشت و درمان هر کشوری از پراهمیت‌ترین حوزه‌ها می‌باشد و زنجیره تأمین این حوزه دارای اهمیتی استراتژیک است؛ چراکه هزینه‌های زنجیره تأمین تأثیر مستقیمی بر هزینه‌های اقلام دارویی دارد. عدم قطعیت و دشواری پیش‌بینی همواره از ویژگی‌های هر زنجیره تأمین می‌باشند. این امر تصمیم‌گیری در این حوزه را پیچیده می‌کند (غلامیان و همکاران، ۱۳۹۲). بر این اساس هم صنعت دارو را می‌توان از صنایع استراتژیک هر کشوری یادکرد که نقش مهمی در امنیت و سلامت جامعه دارد و در دنیا میزان دسترسی به داروهای موردنیاز و امکان تولید آن را نیز یکی از شاخص‌های مؤثر توسعه‌یافتگی هر کشوری می‌دانند.

۴-۲ مطالعه موردی: اقلام دارویی

در دانش پزشکی از آن به‌عنوان ماده‌ای یاد می‌شود که برای تشخیص، پیشگیری، درمان و تسکین بیماری استفاده و به‌اصطلاح «دارو» یا به قول فرنگی‌ها "Drug" یا "medicine" نامیده می‌شود و به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین زیرشاخه‌های اقلام فسادپذیر شناخته می‌شود.

تجارت دارو در جهان در سال گذشته ۱۰۰۰ میلیارد دلار به ثبت رسیده است. در کشور ایران نیز با داشتن یک درصد جمعیت جهان، تجارت دارو ۰,۴ درصد معادل چهار میلیارد دلار را در سال گذشته به خود اختصاص داده است و از نگاهی دیگر سهم هزینه‌های دارویی در کل هزینه‌های سلامت کشور هم ۱۵ درصد است که در مقایسه با شاخص نرخ میانگین جهانی آن جایگاه مطلوبی دارد. از سوی دیگر، به این دلیل از صنعت دارو به‌عنوان یک صنعت استراتژیک یاد می‌شود که نیاز عمومی به دارو در کشور انکار ناشدنی می‌باشد.

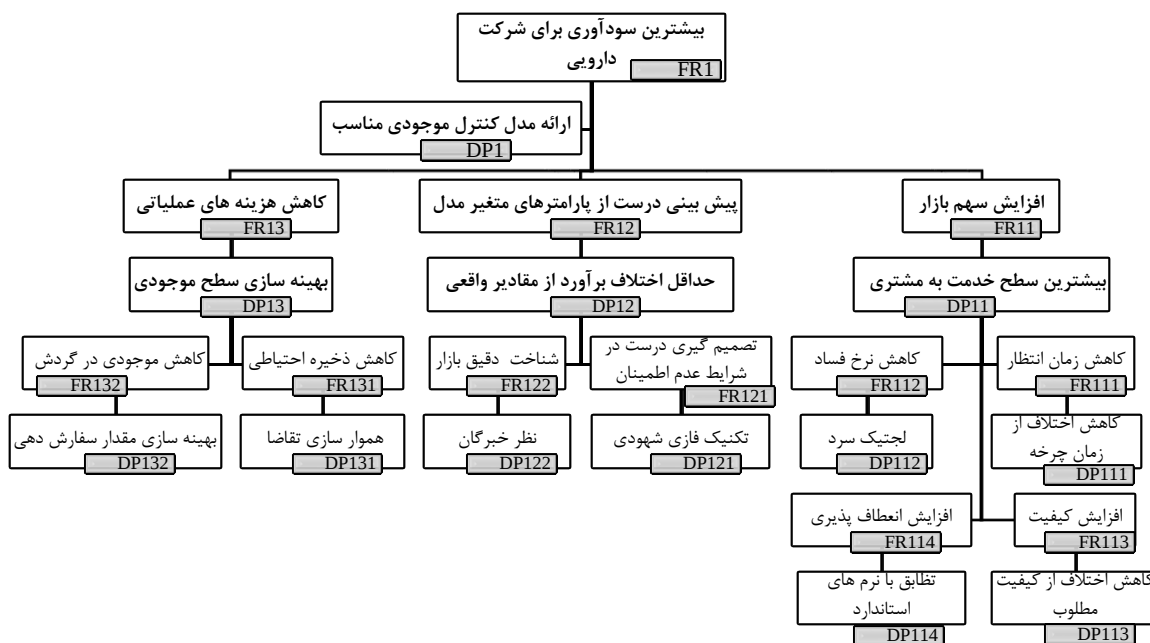
هزینه بالای دارو و افزایش پیوسته آن به عنوان یک نگرانی جهانی مطرح است، از طرف دیگر این حوزه باید قادر باشد تا با بیشترین سرعت، نیازهای دارویی جامعه را پوشش دهد. این موضوع ضرورت نیاز به وجود یک ساختار منسجم و قوی در سیستم مدیریت موجودی و همچنین سیستم سفارش دهی اقتصادی بر پایه بهینه سازی هزینه ها که کمترین دورریز و بیشترین بازدهی را عاید شرکت های دارویی کند را روشن می سازد.

۴-۳ تهیه یک ساختار منسجم بر پایه تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات برای شرکت

دارویی

مسائل کنترل موجودی به صورت غیرقابل انکاری بر مباحث مالی سازمان ها و واحدهای صنعتی تأثیرگذار می باشند. این دسته از مسائل در شرکت های دارویی به واسطه فسادپذیری اقلام دارویی و همچنین نقش حیاتی آنها در چرخه سلامت جامعه از اهمیت بالاتری برخوردار هستند. هدف نهایی از تأسیس هر شرکتی علاوه بر ارائه خدمات در جهت رشد جامعه بدون شک دستیابی به سود مالی بیشتر است. در راستای این هدف، یک شرکت دارویی علاوه بر به حداقل رساندن مجموع هزینه های عملیاتی و افزایش سهم بازار در رقابت با سایر شرکت های هم ردیف، لازم است شناخت دقیقی از بازار به دست آورد. این مهم تا حدود زیادی با کمک نظرخواهی از متخصصان و استفاده از رویکردهای فازی و فازی شهودی ممکن می باشد.

شکل (۴-۱) اهداف، زیر اهداف و ابزارهای دستیابی به آنها را برای به حداکثر رساندن سودآوری شرکت با جزئیات نشان می دهد.



شکل (۴-۱) طراحی یک ساختار منسجم بر پایه تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات برای شرکت دارویی

شکل سیستمی طراحی شده بر مبنای تکنیک مبتنی بر بدیهیات نشان دهنده این است که در سطح صفر هدف بیشترین سودآوری برای شرکت دارویی (FR1) است. این امر منوط به ارائه یک مدل مناسب (DP1) می باشد. دستیابی به این مدل زمانی حاصل می گردد که سازمان دارای بیشترین سهم بازار (FR11) و همچنین کمترین سطح از هزینه های عملیاتی (FR12) باشد و علاوه بر آن در راستای یک مکانیسم درست، بهترین پیش بینی را از پارامترهای متغیر مدل (FR13) داشته باشد. دستیابی به بیشترین سهم بازار درگرو بیشترین سطح خدمت رسانی به مشتری (DP11) است. برای پیش بینی درست از پارامترهای متغیر لازم است برآوردها کمترین اختلاف را با مقادیر واقعی موردنظر (DP12) داشته باشد و هزینه های با بهینه سازی سطح موجودی (DP13) کاهش می یابد. رابطه (۴-۱) اصل استقلال را برای این تغییرات نشان می دهد.

$$\begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP11 \\ DP12 \\ DP13 \end{bmatrix} \quad (۱-۴)$$

طبق رابطه (۱-۴) با بهبود سطح خدمت‌رسانی به مشتری تنها سهم شرکت در بازار افزایش می‌یابد و این بهبود تأثیر منفی بر هزینه‌های عملیاتی و همچنین پیش‌بینی درست از پارامترهای مدل ندارد. در ایجاد سایر سطوح شکل (۱-۴) بر اساس شکستن زیگزاگی این اصول رعایت شده است.

بر اساس اصل اطلاعات، بهترین طرح یک طرح مستقل است که حداقل اطلاعات را در بر دارد. یا به عبارتی در تعیین پارامترهای طراحی از ابزارهایی استفاده می‌شود که احتمال دستیابی به اهداف را حداکثر نماید. دانشمندان برای اجرای اصل اطلاعات از تکنیک‌های مختلفی استفاده می‌کنند. شانون اولین فردی بود که آنتروپی را به‌عنوان یک پارامتر اندازه‌گیری محتوی اطلاعات معرفی نموده است. ویلسون نیز محتوی اطلاعات را به‌صورت معکوس لگاریتم ارضای یک تلورانس بیان داشت. به‌کارگیری تکنیک آنتروپی در عمل مشکل و تعیین عددی آن برای اکثر استفاده‌کنندگان غیرملموس و ناممکن می‌باشد.

به‌منظور سنجش اصل اطلاعات می‌توان از تکنیک‌های فازی استفاده نمود. این تکنیک‌ها درجه اثربخشی هر پارامتر طراحی بر تابع عملکردی را به‌صورت عددی بین صفر و یک اندازه‌گیری می‌کند. بعد از سنجش درجه اثربخشی، پارامتر و ابزار طراحی انتخاب می‌شود که بیشترین اثر را بر روی تابع هدف داشته و احتمال دستیابی به آن را حداکثر می‌نماید.

۴-۴ مدل کنترل موجودی برای شرکت دارویی آلفا با رویکرد فازی شهودی

سه مورد از رایج‌ترین ابهامات در مسائل کنترل موجودی شبکه‌های عرضه دارو، (الف) عدم اطمینان در تقاضا، (ب) تغییرات قیمت و (ج) نرخ زوال کالا هستند که به‌طور گسترده در مطالعات مختلف موردبررسی قرار گرفته‌اند اما بدون در نظر گرفتن تأثیرات متقابل احتمالی که این پارامترها ممکن

است بر یکدیگر داشته باشند که این تعامل در اینجا در نظر گرفته شده است. اقلام فاسدشدنی طول عمر محدود دارند، اما غالباً نرخ زوال آن‌ها به تغییرات شرایط محیطی بستگی دارد؛ بنابراین، زمانی که دارو به دست مصرف‌کننده می‌رسد می‌تواند به‌طور کامل یا تا حدودی منقضی و فاسد باشد و هزینه زیادی را تحمیل کند و یا به‌جای اینکه به مصرف‌کننده تحویل داده شود نیاز به بازیافت آن‌ها باشد و همچنین شهرها و مناطق مسکونی هزینه‌های گزافی بابت دفع مواد زائد آلی می‌پردازند و ضایعات مواد غذایی و دارو تهدیدی برای حوزه زندگی انسان محسوب می‌شوند.

۴-۴-۱ نمونه کاربردی تک کالایی

واحد حسابداری شرکت دارویی آلفا برای یک قلم از محصولات شرکت اطلاعات قطعی جدول (۴-۱) را بر اساس میانگین دوره‌های قبل منتشر کرده است.

جدول (۴-۱) اطلاعات قطعی برای یک قلم از محصولات شرکت دارویی آلفا

ریال/واحد 100	P	قیمت خرید
ریال/هر سفارش 900	K	هزینه سفارش
ریال/واحد/در واحد زمان 10	h	هزینه نگهداری
ریال/واحد 20	F	هزینه فساد
واحد 10	I_0	ذخیره احتیاطی اولیه
واحد 500	D	تقاضا قطعی
0.5	θ	نرخ فساد

با استفاده از نرم‌افزار بهینه‌سازی LINGO و معادلات (۳-۱) تا (۳-۱۳) ارائه‌شده در فصل ۳ مقدار بهینه مجموع هزینه‌ها، میزان سفارش دهی و همچنین طول دوره به دست می‌آیند که در جدول (۴-۲) ارائه شده است.

جدول (۴-۲) مقادیر جواب بهینه

طول دوره	مقدار سفارش اقتصادی	مقدار بهینه مجموع هزینه‌ها
۰/۳۴۶	۹۱/۱	۶۲۲۲۴,۳۶

قیمت اقلام دارویی غالباً بی‌ثبات هستند. در گذشته محققانی در مطالعاتشان موجودی به‌طور مداوم در حال فساد با فرض ثابت بودن تقاضا را در نظر گرفته‌اند؛ اما پارامترهای قیمت، نرخ زوال و تقاضا در یک سیستم یا متغیر فازی هستند و یا احتمالی. با توجه به تغییرات سریع تکنولوژیکی در صنعت و زنجیره تأمین دارویی، توزیع‌های احتمال ممکن است به‌سادگی و با دقت برآورد نشوند؛ بنابراین، مدیران موجودی از نرخ زوال و یا توزیع احتمال آن به‌طور دقیق آگاهی ندارند. درواقع، زوال‌پذیری دارویی تأثیر قابل‌توجهی در طول چرخه بهینه سفارش دارد، اما تعامل با تقاضا نامشخص و بی‌ثباتی قیمت، احتمال دستیابی به دوره تناوب خرید و سفارش بهینه را بیشتر کاهش می‌دهد.

متخصصان واحد فروش و تحلیل مالی شرکت به دنبال بررسی و رسیدگی به این مشکل و نیز عدم اطمینان محیطی با تشکیل کارگروهی و نظرسنجی از افراد خبره حوزه بهداشت با استفاده از بسط مقیاس امتیازدهی ۱۱ نقطه‌ای فازی به این نتیجه رسیدن که برای دوره T و برای مقابله با اثرات تغییرات قیمت، تقاضا و نرخ فساد محصولات، به‌جای استفاده از اعداد قطعی، اعداد فازی شهودی مثلی را در تحلیل‌های مالی خود و برآورد هزینه‌ها کلی در طول دوره لحاظ کنند.

از این رو آن‌ها پس از بررسی شرایط مختلف، بر اساس پیش‌بینی از روند تغییر نیاز مشتریان، بیشترین و کمترین میزان ممکن از تقاضا در محصول موردبررسی، تغییرات قیمت خرید از سمت تأمین‌کنندگان شرکت و همچنین تغییرات شرایط محیطی و سایر عوامل تعیین‌کننده و تأثیرگذار بر پارامترهای موردبررسی، ازجمله قوانین دولتی، تغییرات وضعیت سیاسی و میزان دسترسی به مواد اولیه یا تأمین‌کننده‌ها با تشدید یا کاهش تحریم‌ها، شیوع بیماری‌های فصلی یا معلول از سفرهای برون‌مرزی و زیارتی و غیره، با اعمال رنج حداکثر و حداقل تغییرات برای پارامتر تقاضا، قیمت خرید و نرخ فساد به ترتیب بین [۰،۱۵۰۰]، [۰،۱۰۰۰]، [۰،۱] و بسط مقیاس امتیازدهی ۱۱ نقطه‌ای فازی، اعداد فازی شهودی ارائه‌شده در جدول (۳-۴) را جایگزین اعداد قطعی محاسباتشان کردند و با ثابت فرض کردن سایر پارامترها تحلیل‌های اقتصادی خود را گسترش دادند.

جدول (۳-۴) مقادیر فازی شهودی برای متغیرهای موردبررسی

پارامترهای متغیر مدل	اعداد فازی شهودی مثلثی
قیمت خرید	$\tilde{P} = \{(85, 100, 110), (75, 100, 115)\}$
تقاضا	$\tilde{D} = \{(200, 500, 900), (100, 500, 1500)\}$
نرخ فساد	$\tilde{\theta} = \{(0.45, 0.5, 0.75), (0.1, 0.5, 0.8)\}$

برای انجام تحلیل‌های مناسب و قرار دادن اعداد فازی ارائه‌شده در فرمول نهایی زیر:

$$E[\tilde{TC}(T)] = E\left[\frac{1}{T}\{K + \tilde{P}I_0 + hI_0T + FI_0\} + \{\tilde{P}(1 + \frac{\tilde{\theta}T}{2}) + \frac{hT}{2} + \frac{F\tilde{\theta}T}{2}\} \tilde{D}\right] \quad (۲-۴)$$

و بهینه‌سازی مجموعه هزینه‌ها، لازم است تا با کمک روش غیرفازی‌ساز مرکز ثقل اعداد فازی شهودی مثلثی را به اعداد قطعی بازگردانیم.

همان‌طور که در فصول قبلی ارائه شد مرکز ثقل برای یک عدد فازی شهودی مثلثی به شکل:

$$\frac{\int_e^a x(\frac{\frac{x-b}{b-e}+1}{2})dx + \int_a^b (\frac{\frac{x-a}{b-a}-\frac{b-x}{b-e}+1}{2})x dx + \int_b^c (\frac{\frac{x-c}{b-c}-\frac{b-x}{b-g}+1}{2})x dx + \int_c^g x(\frac{\frac{x-b}{b-g}+1}{2})dx}{\int_e^a (\frac{\frac{x-b}{b-e}+1}{2})dx + \int_a^b (\frac{\frac{x-a}{b-a}-\frac{b-x}{b-e}+1}{2})dx + \int_b^c (\frac{\frac{x-c}{b-c}-\frac{b-x}{b-g}+1}{2})dx + \int_c^g (\frac{\frac{x-b}{b-g}+1}{2})dx}$$

می‌باشد. در نتیجه با استفاده از رابطه (۳-۱۵) برای عدد فازی مثلثی A مرکز ثقل به صورت زیر به دست می‌آید:

$$= \frac{1}{3} \left[\frac{(g-e)(b-2g-2e) + (c-a)(a+b+c) + 3(g^2-e^2)}{g-e+c-a} \right]. \quad (۳-۴)$$

روش مذکور در غیرفازی سازی متغیرهای فازی $\tilde{P}$ ، $\tilde{D}$ و $\tilde{\theta}$ که در رابطه (۳-۱۸) بکار رفته اند، اعمال می شود. در نتیجه :

$$P = \left[\frac{(115-75)(100-2*115-2*75) + (110-85)(85+100+110) + 3(115^2-75^2)}{115-75+110-85} \right] = 97.3$$

$$\theta = \left[\frac{(0.8-0.1)(0.5-2*0.8-2*0.1) + (0.75-0.45)(0.45+0.5+0.75) + 3(0.8^2-0.1^2)}{115-75+110-85} \right] = 0.31$$

$$D = \left[\frac{(1500-100)(500-2*1500-2*100) + (900-200)(200+500+900) + 3(1500^2-100^2)}{115-75+110-85} \right] = 644.4$$

با قرار دادن این مقادیر در رابطه نهایی (۴-۲) مقادیر بهینه بر اساس جدول (۴-۴) به دست می آیند:

جدول (۴-۴) مقادیر بهینه بر پایه اعداد فازی شهودی

طول دوره	مقدار سفارش اقتصادی	مقدار بهینه مجموع هزینه ها
۰/۳۷۲	۲۶۴/۴۵۵	۷۳۹۲۹/۶۸

۲-۴-۴ تحلیل حساسیت

تغییر در مقادیر پارامترهای مسئله، منجر به نبود قطعیت در تصمیم گیری می شود. برای بررسی این تغییرات و تأثیر آن ها در تصمیم گیری، آنالیز حساسیت، ابزار بسیار مفیدی است. در این قسمت روی مثال عددی ارائه شده در قسمت قبل، آنالیز حساسیتی به ازای مقادیر مختلف پارامترها ارائه می شود. مقادیر جدول (۴-۵) که با استفاده از نرم افزار MATLAB به دست آمده، میزان تغییر مقادیر بهینه

مجموع هزینه‌ها، طول دوره و میزان سفارش اقتصادی را برای اطلاعات قطعی جدول (۴-۱) مربوط به یک محصول مشخص اعلام‌شده بود، به ازای تغییرات سایر پارامترهای مدل نشان می‌دهد.

جدول (۴-۵) تحلیل حساسیت پارامترهای مدل

پارامترها	تغییرات	Z*	T*	Q*
P	۰٫۵	۹۰۸۱۶٫۲۳	۰٫۳۳۰۹	۱۸۹٫۹۲
	۰٫۲	۷۳۶۶۴٫۶۶	۰٫۳۳۹۱	۱۹۴٫۷۷
	-۰٫۲	۵۰۷۷۷٫۰۸	۰٫۳۵۵۹	۲۰۴٫۷۷
	-۰٫۵	۳۳۵۸۵٫۲۸	۰٫۳۷۷۱	۲۱۷٫۵
K	۰٫۵	۶۳۴۶۰٫۳۹	۰٫۳۸۱۷	۲۲۰٫۲۸
	۰٫۲	۶۲۷۳۳٫۲۹	۰٫۳۶۱	۲۰۷٫۸۲
	-۰٫۲	۶۱۶۹۳٫۱	۰٫۳۳۱۲	۱۹۰٫۱
	-۰٫۵	۶۰۸۴۷٫۰۹	۰٫۳۰۷۱	۱۷۵٫۹۷
h	۰٫۵	۶۲۶۹۹٫۹	۰٫۳۳۴۷	۱۹۲٫۱۷
	۰٫۲	۶۲۴۱۶٫۳۴	۰٫۳۴۱۶	۱۹۶٫۲۵
	-۰٫۲	۶۲۰۲۹٫۹	۰٫۳۵۱۵	۲۰۲٫۱۴
	-۰٫۵	۶۱۷۳۳٫۳۲	۰٫۳۵۹۵	۲۰۶٫۹۲
F	۰٫۵	۶۲۹۴۵٫۲۳	۰٫۳۴۲۵	۱۹۶٫۷۹
	۰٫۲	۶۲۵۱۲٫۹	۰٫۳۴۴۸	۱۹۸٫۱۵
	-۰٫۲	۶۱۹۳۵٫۵۴	۰٫۳۴۸۱	۲۰۰٫۱۲
	-۰٫۵	۶۱۵۰۱٫۷۵	۰٫۳۵۰۸	۲۰۱٫۷۲
I	۰٫۵	۶۳۸۹۷٫۷۳	۰٫۳۹۲۸	۲۳۲٫۰۱
	۰٫۲	۶۲۹۱۸٫۴۴	۰٫۳۶۵۷	۲۱۲٫۶۳
	-۰٫۲	۶۱۴۹۰٫۵۲	۰٫۳۲۶	۱۸۵٫۰۴
	-۰٫۵	۶۰۲۹۶٫۹۵	۰٫۲۹۲۸	۱۶۲٫۶۶
D	۰٫۵	۸۹۹۴۹٫۲۴	۰٫۲۸۲۸	۲۳۷٫۸۳
	۰٫۲	۷۳۳۸۱٫۵۷	۰٫۳۱۶۲	۲۱۵٫۵۴
	-۰٫۲	۵۰۹۴۴٫۳۵	۰٫۳۸۷۳	۱۸۰٫۹۴
	-۰٫۵	۳۳۶۷۳٫۲۱	۰٫۴۸۹۹	۱۴۸٫۷۸
θ	۰٫۵	۶۴۵۹۱٫۳۸	۰٫۲۸۹۸	۱۷۱٫۸۵
	۰٫۲	۶۳۲۲۲٫۵	۰٫۳۲۰۱	۱۸۶٫۴۵
	-۰٫۲	۶۱۱۳۶٫۳	۰٫۳۸۰۶	۲۱۵٫۵۵
	-۰٫۵	۵۹۲۶۵٫۱۵	۰٫۴۵۸۳	۲۵۲٫۷

۴-۳ نمونه کاربردی چند کالایی

واحد حسابرسی شرکت دارویی آلفا، در ابتدای دوره سه‌ماهه پاییز، برای پنج قلم دارویی شامل واکسن آنفولانزا، قرص پنتوپرازول، کپسول آهن، لوسيون پرمترین و قرص سویاگل، با ثابت فرض کردن تقریبی هزینه سفارش دهی، هزینه نگهداری، هزینه فساد و میزان موجودی اولیه، برای پارامترهای متغیر نرخ فساد، میزان تقاضا و قیمت خرید به‌صورت جداگانه با رویکرد قطعی و بر اساس متوسط مقادیر این پارامترها در دوره‌های قبلی پیش‌بینی انجام داده است. همین برآورد را با توجه به شرایط و محیط متغیر بازار دارویی کشور که متأثر از عوامل مختلفی است و از عدم اطمینان ذاتی ناشی می‌شود، گروه بازاریابی و تحقیق و توسعه شرکت با کمک متخصصان و خبرگان این حوزه با استفاده از بسط مقیاس امتیازدهی ۱۱ نقطه‌ای فازی و با توجه به درجه تعلق برای رویکرد فازی و همچنین درجه تعلق، عدم تعلق و تردید برای رویکرد فازی شهودی با اعمال رنج حداکثر و حداقل تغییرات برای پارامتر تقاضا، قیمت خرید و نرخ فساد به ترتیب بین $[0, 1500]$ ، $[0, 1000]$ ، $[0, 1]$ انجام داده است. در انتهای دوره واحد حسابرسی مقادیر واقعی را برای پارامترهای مورد سؤال منتشر کرده است.

جداول (۴-۶) تا (۴-۸) میزان این پیش‌بینی‌ها، برای اقلام دارویی مشخص در سه رویکرد ذکرشده به همراه میزان اختلافشان از مقادیر واقعی را نشان می‌دهد

لازم به ذکر است که اعداد فازی و فازی شهودی مثلی که با نظر خبرگان حوزه بهداشت و درمان گردآوری شده‌اند برای مقایسه و انجام تحلیل‌های مختلف با استفاده از روش دی‌فازی مرکز ثقل به یک عدد قطعی تبدیل شده‌اند و سپس در جدول وارد شده‌اند.

افزایش بیش‌ازحد میزان تقاضا برای «واکسن آنفولانزا» در دوره موردبررسی از مقدار برآورد شده به روش قطعی ناشی از شیوع و گسترش بیماری H1N1 می‌باشد. خبرگان با استفاده از رویکرد فازی و فازی شهودی با کنترل شرایط عدم اطمینان تا حدود زیادی تأثیرات این عامل ناگهانی در تقاضای واکسن آنفولانزا را پیش‌بینی کردند. همچنین داروی «لوسيون پرمترین» با ورود به فصل شروع

مدارس و شیوع یک نوع بیماری مسری موخوگرگی با افزایش ناگهانی تقاضا مواجه شد؛ و داروی «سویاگل» با کاهش ناگهانی تقاضا ناشی از اتمام فصل گرما و ورود به فصل سرما و کاهش نیاز به داروی ضد تعریق روبه‌رو گردید. در سایر موارد اختلافات چشمگیری دیده نشد. در جدول (۴-۶) اطلاعات کاملی ناشی از تغییرات تقاضا برای اقلام موردبررسی بیان شده است.

جدول (۴-۶) اختلاف برآورد مقادیر تقاضا از مقادیر واقعی با سه رویکرد قطعی، فازی و فازی شهودی

واقعی - شهودی فازی	واقعی - فازی	واقعی - قطعی	مقادیر واقعی	فازی شهودی	فازی	اعداد قطعی	تقاضا
۱۴	۲۹	۱۰۱	۱۴۳۲	۱۴۱۸	۱۴۰۳	۱۳۳۱	واکسن آنفولانزا
۳۰	۴۱	۱۰۸	۱۳۲۸	۱۲۹۸	۱۲۸۷	۱۲۲۰	لوسیون پرمترین
۹	۱۷	۶۸	۱۱۱۸	۱۱۰۹	۱۱۰۱	۱۰۵۰	کپسول آهن
۱۲	۳۷	۳۷	۹۸۰	۹۶۸	۹۴۳	۱۰۱۷	قرص پنتوپرازول
۱۴	۱۷	۲۶	۷۸۵	۷۷۱	۷۶۸	۷۵۹	شربت سویاگل
۷۹	۱۴۱	۳۴۰					مجموع

جدول (۴-۷) اطلاعات لازم برای مقایسه رویکردهای مختلف و اختلاف آن‌ها از میزان واقعی برای پارامتر قیمت خرید را دارا می‌باشد. در ارتباط با تغییرات ناگهانی قیمت خرید برای «کپسول آهن» شایان ذکر است که در دوره موردبررسی به علت وجود تحریم‌های سیاسی دسترسی به نوع خارجی این دارو امکان‌پذیر نبود و تقاضا دارو از تولیدات داخلی تأمین می‌شد که از لحاظ قیمت اختلاف زیادی با نوع خارجی آن دارد. همچنین تغییرات قیمت برای «قرص پنتوپرازول» از تولید مشابه توسط شرکت‌های داخلی و ایجاد رقابت و ارائه تخفیفات بالا برای فروش بیشتر، ناشی می‌شود.

جدول (۷-۴) اختلاف برآورد مقادیر قیمت خرید از مقادیر واقعی با سه رویکرد قطعی، فازی و فازی شهودی

واقعی - شهودی فازی	واقعی - فازی	واقعی - قطعی	مقادیر واقعی	فازی شهودی	فازی	اعداد قطعی	قیمت خرید
۷	۱۲	۲۶	۹۸۰	۹۷۳	۹۶۸	۹۵۴	واکسن آنفولانزا
۲	۵	۱۹	۵۵۹	۵۵۷	۵۵۴	۵۴۰	لوسیون پرمترین
۴	۱۵	۲۰۶	۶۶۹	۶۷۳	۶۸۴	۸۷۵	کپسول آهن
۵	۵۴	۸۰	۵۸۸	۵۹۳	۶۱۲	۶۳۸	قرص پنتوپرازول
۲	۵	۲	۳۴۲	۳۴۴	۳۴۷	۳۴۰	شریت سویاگل
۲۰	۹۱	۳۳۳					مجموع

جدول (۸-۴) میزان اختلافات در رویکردهای برآورد نرخ فساد اقلام دارویی موردبررسی را نشان می‌دهد.

جدول (۸-۴) اختلاف برآورد مقادیر نرخ فساد از مقادیر واقعی با سه رویکرد قطعی، فازی و فازی شهودی

واقعی - شهودی فازی	واقعی - فازی	واقعی - قطعی	مقادیر واقعی	فازی شهودی	فازی	اعداد قطعی	نرخ فساد
۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۸۲	۰,۸۳	۰,۸۱	۰,۸	واکسن آنفولانزا
۰	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۷۲	۰,۷۲	۰,۷۱	۰,۷۳	لوسیون پرمترین
۰,۰۰۵	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۵۵	۰,۵۴۵	۰,۵۴	۰,۵۴	کپسول آهن
۰,۰۰۵	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۳۶	۰,۳۵۵	۰,۳۵	۰,۳۴	قرص پنتوپرازول
۰,۰۱	۰,۰۳	۰,۰۲	۰,۲۳	۰,۲۲	۰,۲	۰,۲۱	شریت سویاگل
۰,۰۳	۰,۰۷	۰,۰۸					مجموع

پیش‌بینی و برآورد درست از تغییرات محیط رمز موفقیت و سودآوری هر سازمانی در شرایط متغیر محیط رقابت و نیاز منعطف مشتریان می‌باشد. با توجه به نتایج خروجی از جداول (۴-۶) تا (۴-۸) این نکته شایان‌ذکر است که استفاده از رویکرد فازی شهودی به‌عنوان یک شبیه‌ساز برای کنترل عدم

قطعیت در شرایط مدیریتی در دنیای واقعی کارایی بهتری را داشته و پیش‌بینی‌ها نزدیک به واقعیات را برای تصمیم‌گیران سازمان فراهم می‌آورد. در فصل پنجم نتایج تحقیق به صورت کلی تفسیر می‌شود.



فصل پنجم: نتایج و پیشنهادات

۵-۱ مقدمه

امروزه با توجه به شرایط رقابتی، سازمان‌ها سعی می‌کنند تا به‌طور اثربخشی نیازهای مشتری را با توجه به نوع خدمت سیستم‌های تولیدی موجود برآورده کنند. وجود تنوع گسترده در نیازهای مشتریان عامل تأثیرگذاری بر تصمیم‌های تصمیم‌گیرندگان در طراحی محصول و طراحی سیستم برای یافتن یک جایگزین مناسب شده است. در سال‌های اخیر مدل‌های بسیاری بر اساس تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات توسعه داده شده است که با یک فرآیند تصمیم‌گیری سیستماتیک نیازها را برآورده کرده و حل جامعی به تصمیم‌گیرندگان ارائه می‌دهد.

حوزه بهداشت و درمان هر کشوری از پراهمیت‌ترین حوزه‌ها می‌باشد و زنجیره تأمین این حوزه دارای اهمیتی استراتژیک است؛ چراکه هزینه‌های زنجیره تأمین تأثیر مستقیمی بر هزینه‌های اقلام دارویی دارد. عدم قطعیت و دشواری پیش‌بینی همواره از ویژگی‌های هر زنجیره تأمینی می‌باشند. این امر تصمیم‌گیری در این حوزه را پیچیده می‌کند.

۵-۲ نتیجه‌گیری

هزینه بالای دارو و افزایش پیوسته آن به‌عنوان یک نگرانی جهانی مطرح است، از طرف دیگر این حوزه باید قادر باشد تا با بیشترین سرعت، نیازهای دارویی جامعه را پوشش دهد. این موضوع ضرورت نیاز به وجود یک ساختار منسجم و قوی در سیستم مدیریت موجودی اقلام دارویی که در عین سادگی در ساختار، از کارایی بالایی برخوردار باشد و همچنین سیستم سفارش دهی اقتصادی بر پایه بهینه‌سازی هزینه‌ها که کمترین دورریز و بیشترین بازدهی را عاید شرکت‌های دارویی کند روشن می‌سازد. با در نظر گرفتن تمامی پیچیدگی‌ها و عدم اطمینان محیطی و محدودیت‌های زمانی مختص با نگهداری این اقلام که باگذشت زمان ممکن است ارزش اولیه خود را از دست بدهند.

مسائل کنترل موجودی به صورت غیرقابل انکاری بر مباحث مالی سازمان‌ها و واحدهای صنعتی تأثیرگذار می‌باشند. در مدل‌های کنترل موجودی به دلیل آنکه نمی‌توان به طور دقیق پارامترها را پیش‌بینی نماییم با ابهام روبه‌رو خواهیم بود. اگرچه در بخش‌هایی مثل پیش‌بینی زمان تحویل استفاده از روش‌های آماری می‌تواند تقریب خوبی از حالت واقعی باشد ولی در مورد پارامترهای هزینه‌ای و تقاضا به دلیل کمبود مشاهدات تصادفی، بهتر است به جای استفاده از روش‌های آماری از مجموعه‌های فازی استفاده نماییم. این دسته از مسائل در شرکت‌های دارویی به واسطه فسادپذیری اقلام دارویی و همچنین نقش حیاتی آن‌ها در چرخه سلامت جامعه از اهمیت بالاتری برخوردار هستند. هدف نهایی از تأسیس هر شرکتی علاوه بر ارائه خدمات در جهت رشد و شکوفایی جامعه بدون شک دستیابی به سود مالی بیشتر می‌باشد. در راستای این هدف، یک شرکت دارویی علاوه بر به حداقل رساندن مجموع هزینه‌های عملیاتی و افزایش سهم بازار در رقابت با سایر شرکت‌های هم‌ردیف، لازم است شناخت دقیقی از بازار به دست آورد. این مهم تا حدود زیادی با کمک نظرخواهی از متخصصان و استفاده از رویکردهای فازی و فازی شهودی ممکن می‌باشد.

در این مطالعه راه‌حلی ارائه شد که در آن به جای استفاده از اعداد دقیق برای پارامترهای متغیر مانند، تقاضا، نرخ فساد و قیمت خرید که پارامترهایی مبهم خواهند بود، از اعداد فازی استفاده شده است که می‌تواند در حل مسائل مربوط به سفارش دهی و بهینه‌سازی هزینه‌ها بسیار راهگشا باشد.

برآورد صحیح و نزدیک به واقعیات پارامترهای تأثیرگذار در مدل کنترل موجودی، منجر به جلوگیری از تحمیل هزینه منقضی شدن اقلام دارویی و در نتیجه کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از دفع و دورریز ضایعات این اقلام می‌گردد. پیش‌بینی دقیق و با کنترل عدم اطمینان محیطی همچنین، به تخمین دقیق هزینه‌های کل مدل و بهینه‌سازی میزان سفارش اقتصادی برای جلوگیری از تحمیل هزینه نگهداری کالای مازاد بر نیاز بازار، یا کمبود که علاوه بر زیان مالی در اعتبار شرکت و وفاداری مشتریان نیز تأثیر منفی دارد، کمک می‌کند.

در این بین با توجه به نتایج تحقیقات اختلاف میزان پیش‌بینی با رویکردهای فازی از مقادیر واقعی پارامترها، نسبت به برآوردهای قطعی انجام‌شده از صحت و درستی بیشتری برخوردار است؛ و در مقایسه دو رویکرد فازی و فازی شهودی، درحالی که نظرات تصمیم‌گیران با رویکرد فازی تنها بر پایه درجه تعلق صورت می‌گیرد، کاربرد نظریه مجموعه فازی شهودی با در نظر گرفتن مقادیر تعلق، عدم تعلق و تردید در شبیه‌سازی فرآیند تصمیم‌گیری انسان و فعالیت‌هایی که نیاز به تخصص و دانش انسانی دارد، معتبر و قابل‌اعتماد می‌باشد و متخصصان برآوردهای نزدیک‌تری به واقعیات داشته‌اند، به‌طوری که مجموع اختلاف از مقادیر واقعی در پیش‌بینی برای پنج قلم دارویی بررسی شده با رویکرد فازی شهودی کمترین میزان اختلاف از مقادیر واقعی را دارد. در نهایت استفاده و توسعه رویکرد مذکور قادر است عوامل رشد مالی و سودآوری شرکت را فراهم می‌کند.

۵-۳ محدودیت‌های تحقیق

از محدودیت‌های موجود در این کار پژوهشی می‌توان به موارد زیر اشاره داشت:

- کمبود اطلاعات علمی برای دستیابی به مفاهیم اولیه مجموعه‌های فازی شهودی در مطالعات داخلی.
- پیچیدگی‌های محاسباتی در مدل‌های مرتبط با کنترل موجودی و به‌طور خاص کنترل موجودی اقلام فسادپذیر که نگارنده برای دستیابی به جواب بهینه از نرم‌افزار بهینه‌سازی LINGO استفاده کرد و به‌منظور تحلیل حساسیت و تأثیرگذاری پارامترهای مدل نسبت به یکدیگر مدل مسئله در محیط نرم‌افزار MATLAB کد نویسی شده است.
- تعدد انواع اقلام فسادپذیر و ارائه مدلی منطبق بر شرایط مخصوص اقلام دارویی.
- محدودیت‌های جمع‌آوری برخی از داده‌های اقتصادی در حوزه بهداشت و درمان.

۵-۴ پیشنهادات کاربردی

محققان بخش فروش و تحقیق و توسعه شرکت‌های دارویی می‌توانند با استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی شهود و نظرخواهی از خبرگان، عملکرد سازمان خود را بر پایه تغییرات نیازهای مشتریان قرار داده و علاوه بر تغییرات فصلی سایر عوامل سیاسی و اقتصادی را در تولید و عرضه انواع داروها اعمال کنند تا بتوانند با کسب سهم بیشتر بازار، انتخاب تأمین‌کنندگان شایسته‌تر و جلوگیری از نگهداری بیش از دوره مصرف دارو، علاوه بر کسب سود مالی بیشتر از آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از دفع و دورریز اقلام دارویی جلوگیری کنند.

۵-۵ پیشنهادت برای مطالعات آتی

رویکرد فازی شهودی به دلیل توانایی بالایی که در پیش‌بینی و کنترل شرایط عدم اطمینان با کمک نظرخواهی از خبرگان و متخصصان را دارد می‌تواند در سایر حوزه‌های صنعتی مانند تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، سیستم‌های تولیدی، زنجیره تأمین و غیره و همچنین حوزه‌های اقتصادی مانند پیش‌بینی روند تغییرات شاخص‌ها در بورس اوراق بهادار بکار گرفته شود. محققان در حوزه بهداشت و درمان از رویکرد ارائه‌شده می‌توانند در زمان‌بندی عمل‌های جراحی با مدت‌زمان نامشخص در بیمارستان‌ها و مدل‌هایی برای مکان‌یابی و بازآرایی پویای آمبولانس‌ها نیز استفاده کنند.

علاوه بر مدل ارائه‌شده برای کمینه کردن مجموع هزینه‌های عملیاتی از اعداد فازی شهودی می‌توان با اضافه کردن پارامترهایی مانند نرخ تورم در مدل‌های کنترل موجودی، در نظر گرفتن تخفیفات خرید و فروش در مدل‌های کنترل موجودی، در نظر گرفتن تقاضای پویا در به‌کارگیری مفهوم نرخ تورم در مدل‌های چندهدفه کنترل موجودی، در نظر گرفتن سفارش، کمبود، مقدار تقاضا، محدودیت فازی در محدودیت‌ها و توابع هدف و همچنین در نظر گرفتن محدودیت‌های دیگری چون هزینه فرصت از دست‌رفته و غیره مسائل مرتبط با کنترل موجودی را مدل‌سازی کرد.



منابع و مأخذ

منابع داخلی

شیخ ر، صارمی م، (۱۳۸۵)، "طراحی مبتنی بر بدیهیات ابزاری جهت فزبندی و استقرار سیستم تولیدی"، فصلنامه دانش مدیریت، سال ۱۹، شماره ۷۴، از صفحه ۴۷ تا ۶۹.

عباسی طلایی ع، شیخ ر، عباسی م، طهماسبی م، (۱۳۹۳)، "تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات به عنوان ابزاری نوین در طراحی سیستم"، کنفرانس بین المللی ابزارها و تکنیک های مدیریت، دانشگاه تهران، تهران.

عباسی م، شیخ ر، عباسی طلایی ع، طهماسبی م، (۱۳۹۳)، "نظام مند کردن تفکر مدیران در مواجهه با جنگلی از تکنیک ها و ابزارهای مدیریتی با رویکرد طراحی مبتنی بر بدیهیات"، کنفرانس بین المللی ابزارها و تکنیک های مدیریت، دانشگاه تهران، تهران.

قاسمیه ر، سلیمی فرد خ، دسترنج م، (۱۳۹۱)، "مروری بر کاربردهای روش طراحی مبتنی بر بدیهیات"، نخستین همایش ملی علوم مدیریت نوین، گرگان.

شیخ ر، عباسی طلایی ع، عباسی م، (۱۳۹۴)، "طراحی چارچوبی نظام مند جهت تدوین کتاب های درسی با رویکرد تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات"، فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش و نگارش کتب دانشگاهی سمت، دوره ۱۹، شماره ۳۳.

ناظمی م، (۱۳۹۰)، پایان نامه ارشد: "شناسایی عوامل تأثیرگذار بر انتخاب خودروی سواری با استفاده از اصول طراحی مبتنی بر بدیهیات"، دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شاهرود.

شیخ ر، (۱۳۸۷)، رساله دکتری: "ارائه مدل ریاضی جهت زمانبندی استقرار سیستم تولیدی ناب طراحی شده بر مبنای بدیهیات"، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران.

مؤدی ن، (۱۳۹۱)، پایان نامه ارشد: "تعیین روایی و سنجش مطلوبیت ساختار طراحی شده، توسط تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات با تکنیک های تصمیم گیری"، دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شاهرود.

میرزا حسینیان ح، رنجبر بورانی م، (۱۳۸۶)، "مدلسازی اثر فناوری اطلاعات در کاهش هزینه های موجودی زنجیره تأمین"، نخستین کنفرانس بین المللی مدیریت زنجیره ی تأمین و سیستم های اطلاعات، انجمن مدیریت استراتژیک ایران.

غلامیان م، مؤمنی شهرکی م، سکاکی ا، (۱۳۹۲)، "ارائه ی رویکرد مبتنی بر انتگرال چوکوئت در زنجیره تأمین دارویی"، فصلنامه مدیریت صنعتی (آزاد سنندج)، سال هشتم، شماره ۲۴.

کاظمی ا، ملکیان م، صراف ها ک، (۱۳۹۱)، "ارائه یک مدل جدید کنترل موجودی مقدار تولید اقتصادی (EPQ) چند کالایی با تقاضای فازی تصادفی"، نشریه تخصصی مهندسی صنایع، دوره ۴۶، شماره ۱، از صفحه ۵۳ تا ۶۲.

هاشمی ط، تیموری ا، جولای ف، (۱۳۹۲)، "کاربرد تئوری صف در بهینه‌سازی سیستم کنترل موجودی در زنجیره تأمین کالاهای فاسدشدنی"، دهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، تهران.

مهدوی مزده م، ریاحی نظری ا، طالعی زاده ع، (۱۳۹۲)، "توسعه مدل کنترل موجودی قطعی برای کالاهای فسادپذیر با در نظر گرفتن کمبود پس‌افت و تخفیف مقداری"، نشریه تخصصی مهندسی صنایع، دوره ۴۷، شماره ۱، از صفحه ۶۹ تا ۸۰.

طالعی زاده ع، صالحی ع، (۱۳۹۴)، "مدل کنترل موجودی احتمالی تحت سیاست خرید اعتباری"، نشریه تخصصی مهندسی صنایع، دوره ۴۹، شماره ۱، از صفحه ۴۷ تا ۶۹.

- Bahari-Kashani, H. (1989). Replenishment schedule for deteriorating items with time-proportional demand. *Journal of the Operational Research Society*, 40, 115-129.
- Jolai, F., Gheisariha, E. and Nojavan, F. (2011). Inventory Control of Perishable Items in a Two-Echelon Supply Chain. *Journal of Industrial Engineering, University of Tehran*(Special), 69-77.
- Jolai, F., Rabbani, M. and Honarvar, M. (2006). Continuous review inventory model for deteriorating items with no shortage, stochastic demand, and expedited ordering. *Journal of University College Of Engineering, University of Tehran*, 40, 487-494.
- Mirzazadeh, A., Seyed Esfehiani, M. and Fatemi, M. (2006). Determining economic order policy for deteriorating items with time-dependent inflation. *Journal of University College Of Engineering, University of Tehran*, 40, 585-595.

منابع خارجی

- Angelov, P. P. (1997). Optimization in an intuitionistic fuzzy environment. *Fuzzy sets and systems*, 86(3), 299-306 .
- Arcidiacono, G., & Brown, C. A. (2013). AXIOMATIC DESIGN OF PRODUCTION SYSTEMS FOR OPERATIONAL EXCELLENCE.
- Arrow, K. J. (1958). *Studies in the mathematical theory of inventory and production*: Stanford University Press.
- Arrow, K. J., Harris, T., & Marschak, J. (1951). Optimal inventory policy. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 250-272.
- Atanassov, K. (1983). Intuitionistic fuzzy sets, VII ITKR's Session, Deposited in Central Sci. Techn. Library of Bulg. Acad. of Sci. Sofia June, 1697-1684.
- Atanassov, K. (1994). On the geometrical interpretations of the intuitionistic fuzzy logical objects. *Part III., submitted to BUSEFAL*.
- Atanassov, K., & Gargov, G. (1989). Interval valued intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy sets and systems*, 31(3), 343-349.
- Atanassov, K. T. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy sets and systems*, 20(1), 87-96.
- Atanassov, K. T. (1999). *Intuitionistic fuzzy sets*: Springer.
- Atanassov, K. T. (2012). On the concept of intuitionistic fuzzy sets *On Intuitionistic Fuzzy Sets Theory* (pp. 1-16): Springer.
- Baker, R., & Urban, T. L. (1988). Single-period inventory dependent demand models. *Omega*, 16(6), 605-607.
- Bakker, M., Riezebos, J., & Teunter, R. H. (2012). Review of inventory systems with deterioration since 2001. *European Journal of operational research*, 221(2), 275-284.

- Banerjee, S., & Roy, T. (2010). Solution of a probabilistic fixed order interval system: a general fuzzy programming technique and intuitionistic fuzzy optimization technique. *Global Journal of Finance and Management*, 2(2), 257-294.
- Barbosa, L. C., & Friedman, M. (1978). Deterministic inventory lot size models-a general root law. *Management science*, 24(8), 819-826.
- Bellman, R. E., & Zadeh, L. A. (1970). Decision-making in a fuzzy environment. *Management science*, 17(4), B-141-B-164.
- Bhunia, A., & Maiti, M. (1998). Deterministic inventory model for deteriorating items with finite rate of replenishment dependent on inventory level. *Computers & Operations Research*, 25(11), 997-1006.
- Bustince, H., Mohedano, V., Barrenechea, E., & Pagola, M. (2005). Image thresholding using intuitionistic fuzzy sets. *Issues in the Representation and Processing of Uncertain and Imprecise Information. Fuzzy Sets, Intuitionistic Fuzzy Sets, Generalized Nets, and Related Topics. EXIT*, Warsaw.
- Bustince, H., Mohedano, V., Barrenechea, E., & Pagola, M. (2006). An algorithm for calculating the threshold of an image representing uncertainty through A-IFSs. *Proceedings of 11th information processing and management of uncertainty in knowledge-based systems*, 2383-2390.
- Cárdenas-Barrón, L. E. (2007). Optimizing inventory decisions in a multi-stage multi-customer supply chain: a note. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(5), 645-647.
- Cárdenas-Barrón, L. E., Taleizadeh, A. A., & Treviño-Garza, G. (2012). An improved solution to replenishment lot size problem with discontinuous issuing policy and rework, and the multi-delivery policy into economic production lot size problem with partial rework. *Expert Systems with Applications*, 39(18), 13540-13546.
- Cárdenas-Barrón, L. E., Teng, J.-T., Treviño-Garza, G., Wee, H.-M., & Lou, K.-R. (2012). An improved algorithm and solution on an integrated production-inventory model in a three-layer supply chain. *International Journal of Production Economics*, 136(2), 384-388.
- Cárdenas-Barrón, L. E., Treviño-Garza, G., & Wee, H. M. (2012). A simple and better algorithm to solve the vendor managed inventory control system of multi-product multi-constraint economic order quantity model. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3888-3895.
- Cárdenas-Barrón, L. E., Wee, H.-M., & Blos, M. F. (2011). Solving the vendor-buyer integrated inventory system with arithmetic-geometric inequality. *Mathematical and computer modelling*, 53(5), 991-997.
- Chakraborty, S., Pal, M., & Nayak, P. K. (2013). Intuitionistic fuzzy optimization technique for Pareto optimal solution of manufacturing inventory models with shortages. *European Journal of operational research*, 8(2), 381-387.
- Chang, H.-C., Yao, J.-S., & Ouyang, L.-Y. (2004). Fuzzy mixture inventory model with variable lead-time based on probabilistic fuzzy set and triangular fuzzy number. *Mathematical and computer modelling*, 39(2), 287-304.
- Chen, S.-H., Wang, C.-C., & Arthur, R. (1996). Backorder fuzzy inventory model under function principle. *Information Sciences*, 95(1), 71-79.
- Chung, C.-J. (2013). Investigating imperfect process and demand effects on inspection scheduling and supply chain replenishment policy. *Computers & Industrial Engineering*, 64(1), 31-44.
- Chung, K.-J., & Lin, C.-N. (2001). Optimal inventory replenishment models for deteriorating items taking account of time discounting. *Computers & Operations Research*, 28(1), 67-83.
- Cochran, D. S., Eversheim, W., Kubin, G., & Sesterhenn, M. L. (2000). The application of axiomatic design and lean management principles in the scope of production system segmentation. *International Journal of Production Research*, 38(6), 1377-1396.
- De, S. K., Goswami, A & Sana, S. S. (2014). An interpolating by pass to Pareto optimality in intuitionistic fuzzy technique for a EOQ model with time sensitive backlogging. *Applied Mathematics and Computation*, 230, 664-674.

- De, S. K., & Sana, S. S. (2013a). Backlogging EOQ model for promotional effort and selling price sensitive demand-an intuitionistic fuzzy approach. *Annals of Operations Research*, 1-20.
- De, S. K., & Sana, S. S. (2013b). Fuzzy order quantity inventory model with fuzzy shortage quantity and fuzzy promotional index. *Economic Modelling*, 31, 351-358.
- Dempster, A. P. (1967a). Upper and lower probabilities induced by a multivalued mapping. *The annals of mathematical statistics*, 325-339.
- Dempster, A. P. (1967b). Upper and lower probability inferences based on a sample from a finite univariate population. *Biometrika*, 54(3-4), 515-528.
- Dempster, A. P. (1968). A generalization of Bayesian inference. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 205-247.
- Dubois, D., Gottwald, S., Hajek, P., Kacprzyk, J., & Prade, H. (2005). Terminological difficulties in fuzzy set theory—The case of “Intuitionistic Fuzzy Sets”. *Fuzzy Sets and Systems*, 156(3), 485-491.
- Durmusoglu, M. B., & Kulak, O. (2008). A methodology for the design of office cells using axiomatic design principles. *Omega*, 36(4), 633-652.
- Federgruen, A., Prastacos, G., & Zipkin, P. H. (1986). An allocation and distribution model for perishable products. *Operations Research*, 34(1), 75-82.
- FY, E. (1888). The mathematical theory of banking. *Journal of Royal Statistical Society*, 51, 113-127.
- Georgiadis, P., Vlachos, D., & Iakovou, E. (2005). A system dynamics modeling framework for the strategic supply chain management of food chains. *Journal of food engineering*, 70(3), 351-364.
- Ghosh, S., Khanra, S., & Chaudhuri, K. (2011). Optimal price and lot size determination for a perishable product under conditions of finite production, partial backordering and lost sale. *Applied Mathematics and Computation*, 217(13), 6047-6053.
- Goyal, S., & Giri, B. C. (2001). Recent trends in modeling of deteriorating inventory. *European Journal of Operational Research*, 134(1), 1-16.
- Hadley, G., & Whitin, T. M. (1963). *Analysis of inventory systems*: Prentice Hall.
- Handfield, R. B., & Nichols, E. L. (1999). *Introduction to supply chain management* (Vol. 1): prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
- Harris, F. W. (1913). How many parts to make at once. *The Magazine of Management*, 10(2), 135–136.
- Ho, C.-H., Ouyang, L.-Y., & Su, C.-H. (2008). Optimal pricing, shipment and payment policy for an integrated supplier–buyer inventory model with two-part trade credit. *European Journal of operational research*, 187(2), 496-510.
- Hou, K.-L. (2006). An inventory model for deteriorating items with stock-dependent consumption rate and shortages under inflation and time discounting. *European Journal of operational research*, 168(2), 463-474.
- Houshmand, M., & Jamshidnezhad, B. (2006). An extended model of design process of lean production systems by means of process variables. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 22(1), 1-16.
- Hsieh, C. H. (2002). Optimization of fuzzy production inventory models. *Information Sciences*, 146(1), 29-40.
- Kao, C., & Hsu, W.-K. (2002). Lot size-reorder point inventory model with fuzzy demands. *Computers & Mathematics with Applications*, 43(10), 1291-1302.
- Kaufmann, A., & Gupta, M. M. (1988). *Fuzzy mathematical models in engineering and management science*: Elsevier Science Inc.
- Klir, G., & Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic* (Vol. 4): Prentice Hall New Jersey.
- Klir, G. J. (1987). Where do we stand on measures of uncertainty, ambiguity, fuzziness, and the like? *Fuzzy sets and systems*, 24(2), 141-160.

- Klir, G. J. (2005). *Uncertainty and information: foundations of generalized information theory*: John Wiley & Sons.
- Klir, G. J., & Folger, T. A. (1988). Fuzzy sets, uncertainty, and information.
- Klir, G. J., & Wierman, M. J. (1999). *Uncertainty-based information: elements of generalized information theory* (Vol. 15): Springer Science & Business Media.
- Kulak, O., Durmusoglu, M. B., & Tufekci, S. (2005). A complete cellular manufacturing system design methodology based on axiomatic design principles. *Computers & Industrial Engineering*, 48(4), 765-787.
- Kumar, R. S., De, S., & Goswami, A. (2012). Fuzzy EOQ models with ramp type demand rate, partial backlogging and time dependent deterioration rate. *International Journal of Mathematics in Operational Research*, 4(5), 473-502.
- Lau, A. H. L., & Lau, H.-S. (2003). Effects of a demand-curve's shape on the optimal solutions of a multi-echelon inventory/pricing model. *European Journal of operational research*, 147(3), 530-548.
- Lee, C.-F., & Chung, C.-P. (2012). An inventory model for deteriorating items in a supply chain with system dynamics analysis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 40, 41-51.
- Lee, H.-M. & Yao, J.-S. (1999). Economic order quantity in fuzzy sense for inventory without backorder model. *Fuzzy sets and systems*, 105(1), 13-31.
- Li, D.-F. (2014). *Decision and game theory in management with intuitionistic fuzzy sets*: Springer.
- lieberman, f. s .h. a. g. j. (2015). *introduction to operation research* (10 ed.). Stanford University: McGraw-Hill Education.,
- Maiti, M. K., & Maiti, M. (2006). Fuzzy inventory model with two warehouses under possibility constraints. *Fuzzy sets and systems*, 157(1), 52-73.
- Matt, D. T., & Rauch, E. (2013). AN AD BASED DESIGN AND IMPLEMENTATION APPROACH FOR FRANCHISE-NETWORKS WITH DISTRIBUTED MANUFACTURING UNITS.
- Nagurney, A., Yu, M., Masoumi, A. H., & Nagurney, L. S. (2013). *Networks against time: Supply chain analytics for perishable products*: Springer Science & Business Media.
- Nahmias, S. (2011). *Perishable inventory systems* (Vol. 160): Springer Science & Business Media.
- Nakao, M., Kobayashi, N., Hamada, K., Totsuka, T., & Yamada, S. (2007). Decoupling executions in navigating manufacturing processes for shortening lead time and its implementation to an unmanned machine shop. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 56(1), 171-174.
- Negoita, C., Zadeh, L., & Zimmermann, H. (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy sets and systems*, 1, 3-28.
- Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Computer & Information Sciences*, 11(5), 341-356.
- Puik, E., Gerritsen, J., Smulders, E., van Huijgevoort, B., & Ceglarek, D. (2013). *A Method for Indexing Axiomatic Independence Applied To Reconfigurable Manufacturing Systems*. Paper presented at the 7th International Conference on Axiomatic Design ICAD, 1st edn., Worcester.
- Rau, H., Wu, M.-Y., & Wee, H.-M. (2004). Deteriorating item inventory model with shortage due to supplier in an integrated supply chain. *International Journal of Systems Science*, 35(5), 293-303.
- Rizzuti, S., & De Napoli, L. (2014). The integration of DSM and Axiomatic Design in product design as part of a MDM process. *Risk and change management in complex systems :Proceedings of the 16th International DSM ConferenceParis, France, 2-4 Juli 2014*, 35.
- Sachan, R. (1984). On (T, S i) policy inventory model for deteriorating items with time proportional demand. *Journal of the Operational Research Society*, 1013-1019.
- Sakawa, M. (1983). Interactive computer programs for fuzzy linear programming with multiple objectives. *International Journal of Man-Machine Studies*, 18(5), 489-503.
- Sana, S. S. (2010). Demand influenced by enterprises' initiatives—a multi-item EOQ model of deteriorating and ameliorating items. *Mathematical and computer modelling*, 52(1), 284-302.

- Sana, S. S. (2011a). An EOQ model for salesmen's initiatives, stock and price sensitive demand of similar products—A dynamical system. *Applied Mathematics and Computation*, 218(7), 3277-3288.
- Sana, S. S. (2011b). An EOQ model of homogeneous products while demand is salesmen's initiatives and stock sensitive. *Computers & Mathematics with Applications*, 62(2), 577-587.
- Sana, S. S. (2012). The EOQ model—A dynamical system. *Applied Mathematics and Computation*, 218(17), 8736-8749.
- Sana, S. S. (2013). An EOQ model for stochastic demand for limited capacity of own warehouse. *Annals of Operations Research*, 1-17.
- Sarkar, B., Chaudhuri, K., & Sana, S. S. (2010). A stock-dependent inventory model in an imperfect production process. *International Journal of Procurement Management*, 3(4), 361-378.
- Sarkar, B., Sana, S. S., & Chaudhuri, K. (2010). A finite replenishment model with increasing demand under inflation. *International Journal of Mathematics in Operational Research*, 2(3), 347-385.
- Sarkar, B., & Sarkar, S. (2013). An improved inventory model with partial backlogging, time varying deterioration and stock-dependent demand. *Economic Modelling*, 30, 924-932.
- Schnetzler, M. J., Sennheiser, A., & Schönsleben, P. (2007). A decomposition-based approach for the development of a supply chain strategy. *International Journal of Production Economics*, 105(1), 21-42.
- Shafer, G. (1976). *A mathematical theory of evidence* (Vol. 1) :Princeton university press Princeton.
- Sugeno, M. (1974). *Theory of fuzzy integrals and its applications*: Tokyo Institute of Technology.
- Suh, N. P. (1990). *The principles of design* (Vol. 990): Oxford University Press New York.
- Suh, N. P., Cochran, D. S & ,Lima, P. C. (1998). Manufacturing system design. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 47(2), 627-639.
- Szmidt, E. (2014). *Distances and similarities in intuitionistic fuzzy sets*: Springer.
- Szmidt, E., & Kacprzyk, J. (1998). *Group decision making under intuitionistic fuzzy preference relations*. Paper presented at the Traitement d'information et gestion d'incertitudes dans les systèmes à base de connaissances. Conférence internationale.
- Szmidt, E., & Kacprzyk, J. (2000). Distances between intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy sets and systems*, 114(3), 505-518.
- Szmidt, E., & Kacprzyk, J. (2000). *On measures on consensus under intuitionistic fuzzy relations*. Paper presented at the Proc. of Eight Int. Conf. on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-based Systems IPMU.
- Szmidt, E., & Kacprzyk, J. (2001). *Analysis of consensus under intuitionistic fuzzy preferences*. Paper presented at the EUSFLAT Conf.
- Szmidt, E., & Kacprzyk, J. (2002). *Evaluation of agreement in a group of experts via Distances between intuitionistic fuzzy preferences*. Paper presented at the Intelligent Systems, 2002. Proceedings. 2002 First International IEEE Symposium.
- Szmidt, E., & Kacprzyk, J. (2006). An application of intuitionistic fuzzy set similarity measures to a multi-criteria decision making problem *Artificial Intelligence and Soft Computing-ICAISC 2006* (pp. 314-323): Springer.
- Szmidt, E., & Kukier, M. (2006). *Classification of imbalanced and overlapping classes using intuitionistic fuzzy sets*. Paper presented at the Intelligent Systems, 2006 3rd International IEEE Conference on.
- Szmidt, E., & Kukier, M. (2008a). Atanassov's intuitionistic fuzzy sets in classification of imbalanced and overlapping classes *Intelligent techniques and tools for novel system architectures* (pp. 455-471): Springer.
- Szmidt, E., & Kukier, M. (2008b). A new approach to classification of imbalanced classes via Atanassov's intuitionistic fuzzy sets. *Intelligent data analysis: developing new methodologies through pattern discovery and recovery*, 85-101.
- Takeuti, G., & Titani, S. (1984). Intuitionistic fuzzy logic and intuitionistic fuzzy set theory. *The journal of symbolic logic*, 49(03), 851-866.

- Taleizadeh, A. A., Niaki, S. T. A., Aryanezhad, M.-B., & Shafii, N. (2013). A hybrid method of fuzzy simulation and genetic algorithm to optimize constrained inventory control systems with stochastic replenishments and fuzzy demand. *Information Sciences*, 220, 425-441.
- Toomey, J. (2012). *Inventory management: principles, concepts and techniques* (Vol. 12): Springer Science & Business Media.
- Urban, T. L., & Baker, R. (1997). Optimal ordering and pricing policies in a single-period environment with multivariate demand and markdowns. *European Journal of operational research*, 103(3), 573-583.
- Van Zyl, G. J. J. (1964). *Inventory control for perishable commodities*: publisher not identified.
- Veinott, A. F. (1960). *Optimal Ordering, Issuing, and Disposal of Inventory with Known Demand* (Vol. NY). Columbia University: New York.
- Vinodh, S. (2011). Axiomatic modelling of agile production system design. *International Journal of Production Research*, 49(11), 3251-3269.
- Vujošević, M., Petrović, D., & Petrović, R. (1996). EOQ formula when inventory cost is fuzzy. *International Journal of Production Economics*, 45(1), 499-504.
- Wagner, H. M., & Whitin, T. M. (1958). Dynamic version of the economic lot size model. *Management science*, 5(1), 89-96.
- Wang, K.-H., Tsung, C., & Lee, Y.-J. (2010). A specific EOQ model for deteriorating items with non-instantaneous resalable returns. *Journal of Information & Optimization Sciences*, 31(3), 729-748.
- Whitin, T. M. (1953). *The Theory of Inventory Management*. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA.
- Whitin, T. M. (1957). *Theory of inventory management*: Princeton University Press.
- Wu, K., & Yao, J.-S. (2003). Fuzzy inventory with backorder for fuzzy order quantity and fuzzy shortage quantity. *European Journal of operational research*, 150(2), 320-352.
- Yao, Z., Leung, S. C., & Lai, K. K. (2008). Analysis of the impact of price-sensitivity factors on the returns policy in coordinating supply chain. *European Journal of operational research*, 187(1), 275-282.
- You, P.-S., & Hsieh, Y.-C. (2007). An EOQ model with stock and price sensitive demand. *Mathematical and computer modelling*, 45(7), 933-942.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
- Zhang, M., Bell, P. C., Cai, G. G., & Chen, X. (2010). Optimal fences and joint price and inventory decisions in distinct markets with demand leakage. *European Journal of operational research*, 204(3), 589-596.
- Zimmermann, H.-J. (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. *Fuzzy sets and systems*, 1(1), 45-55.

Abstract

The importance of inventory maintenance in the system of production and sales and the high cost of it such as raw material, semi-finished components or final product has motivated the researchers to analyze and study the different models in inventory control. Usually in such studies, the inventory system analyzes without considering the effects of perishing the products, but if the rate of perishing is being noticeable, the effects on the model cannot be overlooked. In recent years, due to advances in technology, competition markets, and strict customers, the number of perishable products have been more than before. Despite such markets one of the vital tasks for different companies is to determine inventory management policy. In the meantime, Pharmaceuticals items because of the great importance of the healthcare in any country is a strategic situation. Because this area should be able to quickly and accurately cover the pharmaceutical needs of society, so correct policy in the field of inventory management seems necessary. In modeling of a real situation in the uncertainty environment due to defection in detectable information the complexity has been increased. This means that traditional methods are not able to apply the accuracy and certainty of classical mathematical logic alone. In some cases, the neglect of the uncertainty in planning issues for production control and inventory, increases the cost of the organization. This study using axiomatic design techniques while provide a coherent and integrated structure for the inventory management system of company's case and achieve maximum profitability, introduce intuitionistic fuzzy technique that is a generalization of fuzzy sets in addition to the membership degree, non-membership degree and the degree of hesitation in terms of the calculation method. The considerable achievement of this study is the development of a new model that optimum values in economic order of goods and duration of the order, which correspond to determine the total minimized cost. A numerical example is proposed to illustrate the model and sensitivity analysis based on the values of some parameters. the end of the intuitionistic fuzzy approach to predict demand, the purchase price and deterioration rate is used as uncertain variables model for five drugs, influenza vaccine, pantoprazole tablets, iron capsules, permethrin lotion and Soyagol tablets on a three-month period. According to real results provided by Accounting Unit of the pharmaceutical company Alpha it was found that the technique with the aid of experts have minimized different estimated values of the variables of demand, the purchase price and deterioration rate for the period under review, in comparison with the fuzzy and classical approach and it provides more efficiency and certainty in controlling uncertainty situation regarding the needs of customers and changing in market. Eventually it provides the business factors, profitability and reduction in the potential costs of the organization, environmental losses due to disposal of leftovers of pharmaceuticals.

Key word: inventory management, axiomatic design technique, theory of intuitionistic fuzzy set, pharmaceutical item.



University of Shahrood
Faculty of industrial engineering and management

**Designing inventory management system for perishable items
using axiomatic design technique approach based on
intuitionistic fuzzy reasoning
(case study: pharmaceutical items)**

Mohammad Abbasi

Supervisor:
Dr Reza Sheikh

February 2016