فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره چهل و دوم / بهار ۱۳۹۹

طراحی سیستم پشتیبان تصمیم به منظور پیش بینی تقاضا جهت طراحی شبکه پویا پایدار در شرایط عدم قطعیت و تأثیر آن بر توجیه پذیری اقتصادی

محمد مختاری[۱]
ابوتراب علیرضائی[۲]
حسن جوانشیر[۳]
محمود مدیری[۴]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۸/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۸/۱۲/۱۸

چکیده

به حداقل رسیدن هزینه‌های زنجیره تأمین به عنوان یکی از مسائل ضروری در فعالیت‌های مرتبط با پشتیبانی سیستم‌های تولیدی و خدماتی، سیستم‌های برنامه‌ریزی مالی، فعالیت‌های مربوط به بازاریابی و فروش و قیمت تمام شده محصولات به چگونگی مدیریت زنجیره تأمین روش‌هایی که برای یکپارچه‌سازی مؤثر تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و فروشگاه‌ها به کار می‌رود، بستگی دارد تا هزینه‌های کل زنجیره تأمین به حداقل برسد و همچنین نیاز مشتریان با سطح خدمت‌رسانی بالایی برآورده شود. در این پژوهش در راستی حداقل نمودن هزینه‌های زنجیره تأمین و به منظور برنامه‌ریزی و طراحی شبکه زنجیره تامین پویا در شرایط عدم قطعیت از ابزار پیش بینی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداخته شده‌است. یکی از مهمترین موارد رعایت شده در این پژوهش استفاده از متدولوژی‌های هوش مصنوعی مانند Grid Clustering, Subtractive Partitioning, FCM می‌باشد، که به منظور کشف الگوها و روابط بنیادی و تکنیکال موجود در داده‌های تاریخی استفاده شده است. در این راستا به ارائه یک شبکه عصبی مصنوعی چند لایه فازی استنتاجی مبتنی بر ژنتیک جهت جلوگیری از غیرتوجیه پذیری فنی و اقتصادی حل و اجرا پرداخته شده است. مدل پایه این مقاله که توسط محقق ارائه شده است به برنامه‌ریزی استوار و چند دوره‌ای برای حالت چند محصولی در شرایط عدم قطعیت می‌باشد.

کلمات کلیدی

سیستم پشتیبان تصمیم، پیش بینی، طراحی شبکه، استوار، عدم قطعیت

۱- گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. mokhtari.iau@gmail.com
۲- گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.(نویسنده مسئول) AbouTorabalirezaei@gmail.com
۳- گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.h_javanshir@azad.ac.ir
۴- گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. M_Modiri@Azad.ac.ir

مقدمه

تغییر و تحولات تقاضا برای صنایعی که از هزینه راه‌اندازی زیادی برخوردار هستند از مسائل اساسی در حوزه تصمیم‌گیری مدیران است. از طرفی دیگر هزینه‌های راه‌اندازی انبارهای متمرکز و سیستم حمل و نقل در جانمایی و ظرفیت یابی تسهیلات به یکی از دغدغه‌های مدیران تولیدی تبدیل گشته است. ادغام کردن پارامترهای انبار، تولید، برنامه‌ریزی و سیستم حمل و نقل در پیاده سازی مدل زنجیره تأمین در عین پیچیده شدن مساله آن را تا حدود زیادی کیفیت عملکرد تصمیمات استراتژیک را کارا می‌سازد(پیشوایی و همکاران،۲۰۱۰). از طرف دیگر با توجه به دخیل شدن تمام پارامترهای زنجیره تصمیمات تاکتیکی یکپارچه و بهینه نیز گرفته خواهندشد. یکی از معضلات نگران کننده صنایع بالأخص سیمان آلاینده بودن این صنایع از منظر محیط زیست می‌باشد. آلودگی‌های تولیدشده در خود کارخانه درصد قابل توجهی از کل آلودگی ایجاد شده در صنعت را داراست که هزینه‌های زیست محیطی زیادی را از خود به جا می‌گذارد و باعث به هدر رفتن منابع مالی جامعه می‌گردد. بخش دوم مخاطرات محیط‌زیستی این کارخانه‌ها مربوط به انتشار آلاینده از طریق ناوگان حمل و نقل این صنعت می‌باشد. رساندن هزینه‌های و صدمات زیست محیطی به حد مجاز از یک طرف و پیاده سازی ناوگان حمل و نقل کارا و کم هزینه از طرف دیگر یک مساله جدید را بازگو می‌سازد که در این تحقیق بررسی خواهد شد. یکی مواردی که در برنامه‌ریزی مدل‌سازی سیستم حمل و نقل وجود دارد که اغلب راهکار عملیاتی دقیقی در زمینه محاسبات فواصل در آن‌ها صورت نپذیرفته است. به‌طور مثال فواصل بین گره‌ها در شبکه به صورت ضمنی مطرح شده و مسائلی مانند بار ترافیکی، ظرفیت و زمان در آن‌ها با هم مطرح نشده است. ما در این تحقیق با استفاده از نظام اطلاعات جغرافیایی[1] منطقه تحت بررسی و دخیل ساختن پارمترهای مذکور برنامه‌ریزی سیستم حمل و نقل را تا جای ممکن به واقعیت نزدیک خواهیم نمود.

یکی از مسائلی که اغلب نادیده گرفته می‌شود قیمت تمام شده واقعی محصول برای مشتری می‌باشد (پنگ[2] و همکاران،۲۰۱۱).منظور از قیمت واقعی این است که مشتری برای تهیه محصول چه مقدار هزینه می‌کند که این مقدار در اکثر اوقات با قیمت محصول برابر نیست و دلیل این موضوع این است که مشتری هزینه‌ای مانند :هزینه حمل و نقل از محل دریافت تا استفاده ،هزینه دیرکرد در تهیه و... را نیز متحمل می‌شود که در نظر گرفتن این مسائل برای صنعتی همچون صنعت سیمان که هزینه‌های حمل و نقل درصد قابل توجهی از کل هزینه‌های را در برمی‌گیرد یک مزیت رقابتی محسوب می‌شود که در سهم بازار و تبدیل به برند شدن تأثیر بسزایی دارد.

هزینه‌های لجستیکی سهم قابل توجهی از شاخص GDP را به خود اختصاص می‌دهند ،تغییرات در این هزینه‌ها یکی از نشانه‌های شکوفایی اقتصادی یک کشور می‌باشد(کیو[۳] و همکارن،۲۰۱۰) . از طرف دیگر سهم مصرف انرژی در صنعت سیمان از کل انرژی مصرفی در صنعت تقریباً ۱۵٪ می‌باشد و تغییرات در هزینه‌های لجستیکی تأثیر مستقیمی در اقتصاد کشور دارد.بررسی سهمی از شاخص تولید ناخالص ملی که توسط بهبود به‌وسیله یک زنجیره تأمین پویا و کارآمد اثرگذاری می‌شود برای نمایش اهمیت این موضوع در بعد اقتصاد ملی موضوعی است که در این تحقیق به آن پرداخته خواهد شد. ابتدا با توجه به اطلاعات فروش و تقاضا به‌دست‌آمده از کارخانه سیمان و با توجه به پیش‌بینی سناریوهای ممکن شروع به مدل‌سازی مساله نموده که در این مرحله برای هرچه بیشتر نزدیک به واقعیت شدن نتایج مدل از نرم‌افزار GIS به‌منظور آنالیز راه‌ها و مسیرهای ارتباطی بین دو گره در شبکه استفاده می‌شود سپس با توجه به تحقیقات انجام‌شده برای مدل‌سازی مسائل با جواب بهینه پایدار نسبت به عدم قطعیت، بهترین تکنیک در مدل‌سازی مورد استفاده قرارمی‌گیرد. سپس با استفاده از داده‌های کارخانه سیمان شروع به حل مدل نموده و به تحلیل نتایج خروجی خواهیم پرداخت.

سؤال اساسی این است که چگونه می‌توان یک الگوریتم برای حل این مساله تعریف کرد که هم هزینه‌های ثابت و متغیر فعلی را بهینه سازد و هم در صورت بروز تغییرات تحت سناریوهای مختلف از قدرت پاسخ‌دهی و تغییرپذیری مناسبی برخوردار باشد.در صورت ارائه الگوریتم، بهینگی جواب و مدل تحت چه شرایطی حفظ و تهدید می‌شود. بنابراین تحقیق حاضر با اهداف زیر ارائه می‌گردد:

۱- جانمایی و تعیین ظرفیت کارخانه‌ها جدید احداث در شرایط عدم قطعیت و تغییر و تحول تقاضا سیمان در زمانه‌ای مختلف

۲- برآورد سهم سیستم حمل و نقل و توزیع سیمان در قیمت تمام شده تولیدکننده و مصرف‌کننده

مبانی نظری

منطق فازی نخستین بار توسط پروفسور زاده در سال ۱۹۶۵ معرفی شد. او بر این عقیده بود که نیازمند ریاضیات جدیدی هستیم که قابلیت حل مسائلی را داشته باشد که قواعد تئوری احتمالات برای آنها کافی نیستند. به این ترتیب تئوری امکان معرفی شد. منطق فازی یا تئوری مجموعه‌های فازی، بهبودی بر منطق کلاسیک می‌باشد. منطق فازی تصمیم‌گیری را براساس روش تصمیمگیری ذهن انسان انجام می‌دهد که تنها دو حالت صفر یا یک قطعی را در نظر نمی‌گیرد(لطفی زاده،۱۹۶۵). جهت نمایش ابهام به صورت عدد، برای هر عضو ورودی یک تابع عضویت در نظرمی گیرد. این تابع عضویت

می‌تواند هر تابع گسسته بین صفر و یک باشد. برخی از توابع عضویت عبارتند از:تابع مثلثی، ذوزنقه‌ای و گوسی.

سیستم‌های استنتاجی به طور کلی شامل پنج پایگاه کاربردی هستند:

۱. قوانین فازی: که این قواعد شامل تعدادی قوانین اگر- آنگاه از پیش تعیین شده هستند.

۲. پایگاه داده ها: شامل هرکدام از توابع عضویت مثلثی، ذورنقه ای و گوسی استفاده شده در قوانین فازی می‌باشند.

۳. تصمیم گیری: پیاده سازی استلزام بر روی قواعد فازی.

۴. فازی سازی: مبدلی که داده‌های ورودی به صورت عددی را دریافت کرده و آنها را تحت متغیرهای زبانی و بصورت اعداد فازی تحویل می‌دهد.

۵. دی فازی سازی: مبدلی که داده های نتایج مدل را که به فرم فازی هستند را به داده‌های عددی تبدیل می‌کند .

شبکه‌های عصبی نیز یکی دیگر از اجزای اساسی تکنیکهای محاسبات نرم و روشی برای پیاده‌سازی کنترلرهای غیرخطی می‌باشند اولین مدل شبکه عصبی توسط Pits و McCulloch معرفی شد و Wirdrow نخستین الگوریتم آموزش را طرح کرد.

شبکه‌های انطباقی را می‌توان ابرمجموعه تمامی شبکه‌های عصبی روبه جلو با قابلیت یادگیری خواند. به عبارتی شبکه‌های عصبی دستهای از شبکه‌های انطباقی می‌باشندکه از اجزای کوچکی (نورونها) تشکیل شده است. این نورون‌ها به موازات یکدیگر عمل کرده و سعی در مدل‌سازی سیستم عصبی انسان را دارند. ازآنجایی‌که شبکه عصبی یک سیستم مبتنی بر داده است، به سیستم توانایی تجزیه و تحلیل جامع، یادگیری، پیش‌بینی روندهای آینده وتصمیم‌گیری را می‌دهد(کوزما و بارات[۴] ۲۰۰۸)

شبکه‌های عصبی دارای تعدادی گره هستند. این گره‌ها با یکدیگر در ارتباط هستند. به طور کلی دو مدل گره در ساختار شبکه‌های عصبی وجود دارد:

۱. گره تطبیقی: این گره‌ها دارای پارامتر بوده که این پارامترها با توجه به قانون یادگیری شبکه مشخص می‌گردند. خروجی گره‌های تطبیقی وابسته به پارامتر آنها می‌باشد. در نمایش ساختار یک شبکه عصبی این مدل از گره ها را با مربع نمایش می‌دهند.

۲. گره ثابت: این گره‌ها پارامتر نداشته و در نمایش ساختار یک شبکه عصبی آنها را با دایره نمایش می‌دهند.

هر گره، عملیات مشخصی را بر سیگنال‌های ورودی و پارامترهای مربوطه انجام می‌دهد و رابطه بین ورودی و خروجی هر نورون با یک تابع فعالیت نشان داده می‌شود. شبکه‌های عصبی بایستی ساختار درونی و وزن اتصالات بین نورون‌های مصنوعی خود را تغییر دهند تا بتوانند رفتار سیستم را با میزان خطای قابل‌قبولی مدل‌سازی کنند.

در این راستا، پارامترهای موجود در مجموعه آموزشی داده ها، بر اساس یک قانون یادگیری تعیین شده به روز رسانی شده و بهبود داده می‌شوند تا زمانی‌که به میزان خطای قابل‌قبول برسد.

قانون یادگیری مورد استفاده در شبکه‌های عصبی، بر پایه روش گرادیان نزولی می‌باشد. اما عمده‌ترین مشکل این روش پایین بودن سرعت آن می‌باشد. به همین خاطر پیشنهاد می‌شود که از ترکیب گرادیان نزولی و حداقل مربعات خطا استفاده شود. این قانون یادگیری ترکیبی را قانون یادگیری هیبرید می‌نامند. در این قانون، فرآیند یادگیری از دو قسمت رو به جلو و رو به عقب تشکیل شده است(کاتتیولی و صیاد[5]، ۲۰۱۱)

۱. قسمت رو به جلو: دراین قسمت ورودی در اختیار سیستم قرار گرفته و با هدایت کردن سیگنال‌ها روبه جلو، خروجی هر گره محاسبه می‌شود.

۲. قسمت رو به عقب: بعد از اینکه خطای مدل اندازه‌گیری شد، نرخ خطا در جهت معکوس حرکت کرده و پارامترهای اولیه به روز رسانی می‌شوند.

۲-۱-خوشه بندی مشبک

روش خوشه بندی مشبک در واقع مبتنی بر یک جدول ارجاع می‌باشد. به این ترتیب که ابتدا فضای ورودی-خروجی به صورت فازی طبقه‌بندی می‌شود، سپس تمامی قوانین فازی موجود در سیستم در یک جدول ایجاد می‌شوند و به مرور زمان بر مبنای میزان تقویت (یاتضعیف) هر قانون توسط هر داده، امتیاز هر قانون مشخص شده و در نهایت پایگاه قوانین فازی تشکیل می‌شود. با توجه به اینکه خوشه‌بندی مشبک پیچیدگی را بصورت یکسان و بدون توجه به فضای داده تقسیم‌بندی می‌کند، عمدتا برای مسائل با وسعت کوچک مناسب‌تر است تا مسائلی که بزرگ و پیچیده هستند. دلیل این پدیده این است که زمانی که با مسئله‌ای بزگ و پیچیده سروکار داریم، تعداد قواعد فازی تشکیل شده زیاد خواهد بود اما به دلیل ساختار خوشه‌بندی مشبک، تنها تعداد محدودی از این قواعد

مورد استفاده قرار گرفته و فعال می‌شوند و این باعث کاهش کارایی سیستم خواهد بود(اصفهانی پور و مردانی،۲۰۱۱).

۲-۲-خوشه‌بندی کاهش فازی

خوشه‌بندی کاهشی فازی توسطChanu معرفی شد و توسعه‌ای بر روش Mountain Clustering می‌باشد که مبتنی بر خوشه بندی مشبک بوده است. این الگوریتم برای تخمین تعداد مراکز خوشه‌ها در یک پایگاه داده بالاخص در مسائل با ابعاد بالا، طراحی شده است(جهرمی و همکاران،۲۰۱۶)

۲-۳-خوشه بندی فازی C-means:

خوشه‌بندی fuzzy C-means یا FCM در واقع تعمیم یافته الگوریتم معروف لوید یا همان تکنیک خوشه بندی K-means می‌باشد. این الگوریتم با در نظر گرفتن درجه تعلق هر داده به خوشه‌های مختلف توسعه ای بر روش کلاسیک قدیمی بوده است. برای اولین بار الگوریتم FCM را در سال ۱۹۷۳ معرفی نمود (بزدک[۶] و همکاران،۱۹۸۴). نحوه عملکرد و تابع بهینه‌سازی این الگوریتم در ادامه توضیح داده می‌شود.

تا بع هدف در این تکنیک خوشه‌بندی در فرمول زیر آورده شده است. دقت نمائید که این تابع هدف از جنس مینیمم‌سازی می‌باشد.

$$, \qquad Minimize\, J_m(U,V) = \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{c} u_{ij}^{m} \left\|x_j - v_i\right\|^2$$

در فرمول بالا n نشان‌دهنده تعداد کل داده‌های مساله، c نشانگر تعداد خوشه‌ها و$R_s X = x_1.x_2.x_3.\ldots.x_n \subset$ مجموعه داده و $V = v_1.v_2.v_3.\ldots.v_c \subset R_s$مراکز خوشه‌های مساله می‌باشند. همانطور که توضیح داده شد هر داده یک درجه عضویتی نسبت به هر خوشه دارد. $U = [u_{ij}]_{c\times n}$ماتریس فازی متشکل از درجه عضویت داده x_jبه کلاستر i می‌باشد. M در این رابطه ضریب تأثیر توان بوده و می‌توان با تغییر آن بر عملکرد خوشه‌بندی تأثیرگذاشت.

۲-۴-سیستم استنتاجی فازی عصبی تطبیقی

برای اولین بار Jang سیستم استنتاجی فازی عصبی تطبیقی را ارائه نمود. این سیستم از نوع تاکاگی- سوگنو- کانگ با درجه اول می‌باشد که طبق ساختار شبکه‌های عصبی تعریف شده است. نقش شبکه عصبی در این سیستم همانطور که در بخش‌های پیشین به آن اشاره شد، تعیین پارامترهای

سیستم می‌باشد. درواقع این سیستم استنتاجی فازی عصبی تطبیقی دارای ویژگی فازی بوده چراکه شامل پارامترها و قوانین فازی می‌باشد. از طرفی یک شبکه عصبی است چون ساختاری همانند شبکه داشته و دارای توانایی یادگیری است. همچنین، به خاطر اینکه الگوریتم‌های یادگیری را جهت سازگاری مدل با داده ها پیاده‌سازی می‌کند، به آن صفت تطبیقی و سازگاری را نسبت می‌دهیم.

۲-۵-ساختار سیستم استنتاجی فازی عصبی تطبیقی

برای شرح ساختار این سیستم ها در ابتدا فرض می شود یک سیستم استنتاجی فازی تاکاگی- سوگنو- کانگ با ورودی $x = (x_1.x_2) \in U \subset R^2$ و دو قانون فازی به شکل زیر داریم:

If x_1 is C_1^l and x_2 is C_2^l then $y^l = c_0^l + c_1^l x_1 + c_2^l x_2$. $l = 1.2$

که در آن C_i^l همان مجموعه‌های فازی یا متغیرهای زبانی می‌باشند، c_i^l ضرایب ثابت بوده و l نیز تعداد قوانین می‌باشد. می‌توان گفت بخش اولیه هر قانون یک زیرفضای فازی است و بخش ثانویه آن خروجی این زیرفضا را نشان می‌دهد.

برای توضیح الگوریتم یادگیری ترکیبی مورد استفاده در سیستم استنتاجی فازی عصبی تطبیقی، یادآوری می‌کنیم که در این سیستم ها دو نوع مجموعه پارامتر وجود دارند. یکی پارامترهای غیرخطی اولیه که در لایه اول از پنج لایه ساختار سیستم قرارداشته و در ارتباط با توابع عضویت ورودی هستند، و دسته دوم پارامترهای ثانویه بوده که این مجموعه از پارامترها برخلاف دسته اول، خطی بوده و در لایه چهارم از ساختار پنج لایه تشریح شده وجود دارند. این دسته در ارتباط با مجموعه خروجی قوانین هستند. الگوریتم یادگیری هیبرید در واقع ترکیبی از دو روش حداقل مربعات خطا و روش گرادیان نزولی می‌باشد. هدف الگوریتم محاسبه پارامترهای دو مجموعه گفته شده است. این الگوریتم یادگیری دو فاز رو به جلو و رو به عقب دارد که در ادامه به توضیح آنها خواهیم پرداخت:

فاز رو به جلو: دراین فاز داده‌ها وارد لایه اول از ساختار سیستم می‌شوند و تخمین اولیه از پارامترها بدست می‌آید. سپس سیستم تا لایه چهارم پیش روی می‌کند و با استفاده از روش حداقل مربعات خطا، پارامترهای ثانویه را محاسبه می‌کند.

فاز رو به عقب: پس از اتمام عملیات در انتهای لایه چهارم، خطای محاسبه شده در جهت معکوس حرکت کرده و با روش گرادیان نزولی مرتبط با ساختار شبکه های عصبی، پارامترهای اولیه که در فاز پیشین تخمین زده شده بودند، به روز رسانی می‌شوند(اصفهانی پور و همکاران،۲۰۱۱). حال دو شرط برای اتمام الگوریتم در نظر میگیریم، یکی رسیدن به میزان خطای هدف از پیش تعیین شده و دیگری

رسیدن به تعداد تکرار مراحل الگوریتم به تعداد تکرار مورد نظر که در صورت رخ دادن هریک از این شروط، الگوریتم به کار خود پایان خواهد داد.

امروزه شیوه‌های مدیریت تولید گذشته که یکپارچگی کمتری را در فرآیندهایشان دنبال می‌کردند کارایی خود را از دست داده‌اند و زنجیره تأمین به‌عنوان یک رویکرد یکپارچه برای مدیریت مناسب جریان مواد، کالا، اطلاعات و مالی، توانایی پاسخگویی به شرایط را دارا است (دوتول[۷] و همکاران ، ۲۰۰۷).پیچیدگی کالاها و خدمات در دنیای امروز به‌گونه‌ای است که بسیار کم اتفاق می‌افتد سازمان یا مؤسسه‌ای به‌تنهایی و بدون کمک گرفتن و همکاری با دیگر سازمان‌ها، بتواند محصولی را تولید یا خدمتی را ارائه کند. غالباً سازمان‌های متعددی، در تولید یک محصول یا ارائه خدمت نقش دارند. تهیه‌کنندگان مواد اولیه و تولیدکنندگان قطعات که خود نیز با تهیه‌کنندگان مواد اولیه مورد نیاز در ارتباط هستند، مواد اولیه و قطعات لازم را برای تولید یک محصول، به کمک کانال‌های توزیع به دست آورده و محصول خود را به دست مشتریان می‌رساند. کلیه افراد و سازمان‌هایی که با همکاری یکدیگر محصولی را تولید و عرضه می‌کنند «حلقه‌های زنجیره تأمین» نامیده می‌شوند. بنابراین، «زنجیره تأمین» به سازمان‌ها و افرادی که در تولید محصول یا ارائه خدمت با یکدیگر همکاری می‌نمایند، مشتریان و مصرف‌کنندگان آن محصول و یا دریافت‌کنندگان آن خدمت اطلاق می‌شود

به‌عبارت‌دیگر، امروزه هیچ شرکتی نمی‌تواند از مدیریت هزینه های زنجیره تأمین چشم‌پوشی کند و انتظار بقا داشته باشند(شا[۸] و همکاران،۲۰۱۲).همچنین بسیاری از محققان بر این عقیده‌اند که واحد تجزیه‌وتحلیل در رقابت از تک‌تک شرکت‌ها و سازمان‌ها به زنجیره‌های تأمین تغییر کرده است.

پیشینه تحقیق

محمدی و همکاران(۱۳۹۴)،در پژوهشی با عنوان " بررسی عملکرد مدیریت مالی زنجیره تامین و نقش آن در بهبود سرمایه درگردش و نقدینگی" براساس مدل کارت امتیازی متوازن شاخص‌های عملکردی زنجیره‌های تأمین را استخراج کرده و سپس تکنیک تصمیم گیری چند معیاره ترکیبی برای ارزیابی عملکرد مالی زنجیره های تأمین با منطق فازی(تکنیک پیشنهادی) ارائه کردند. نتایج حاصل از پیاده سازی تکنیک پیشنهادی، برارتباط مستقیم و مثبت بین مدیریت مالی زنجیره تامین و بهینه سازی سرمایه در گردش تاکید داشت.

سلطانی تهرانی و دیگران(۱۳۹۵) در تحقیق خود به بهینه سازی زنجیره تأمنی حلقه بسته بندی چندسطحی،چند محصولی و چند دوره ای با هدف کاهش هزینه های زنجیره تأمین پرداختند. در این مقاله به منظور ارائه یک شبکه زنجیره‌تأمین حلقه بسته که شامل مراکز تأمین، تولید، توزیع،

جمع‌آوری، بازیافت و دفن و انهدام است از یک مدل خطی برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط استفاده شده است. این مقاله حالت چند دوره‌ای و چند محصولی را در زنجیره تأمین چند سطحی در نظر گرفته و هزینه‌های پردازش نیز در مکان‌ها لحاظ شده است و کل کالاهای مرجوعی که قابلیت اصلاح دارند به مراکز تولید و توزیع منتقل می‌شوند تا در فرآیند لجستیک مستقیم به دست مصرف کننده برسند. هدف مدل کاهش هزینه‌های اجاره مراکز، هزینه‌های حمل و نقل بین مراکز و هزینه پردازش داخل مراکز می‌باشد. مدل پیشنهادی با استفاده از نرم افزار CPLEX 12 ۳.در قالب یک مطالعه موردی حل گردیده است. مدل مربوطه براساس چند نمونه مسئله آزمایشی و همچنین براساس تعداد محصولات مختلف مورد تحلیل قرار گرفته و در پایان نتیجه گیری کلی ارائه شده است.

صدیقی و همکاران(۱۳۹۶)،در تحقیقی به ارزیابی تأثیر مدیریت جریان مالی زنجیره تأمین بر عملکرد شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. طراحی و تحلیل زنجیره‌های تأمین کارا و طراحی مدل‌های ارزیابی عملکرد در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. هدف اصلی این زنجیره؛ کاهش هزینه، افزایش اثربخشی و کارایی و به طور کلی افزایش سود برای تمام ذینفعان است. پژوهش حاضر به بررسی تأثیر مدیریت جریان مالی زنجیره تأمین بر عملکرد در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداخته است. به جهت کسب نتایجی قابل اتکا و مربوط و همچنین دیدی همه جانبه به موضوع از داده های فصلی ۳۷ شرکت دو صنعت دارو و سیمان (۸۸۸ فصل-شرکت) طی دوره زمانی ۱۳۸۸-۱۳۹۳ به عنوان نمونه استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان داد که دوره وصول مطالبات، دوره گردش کالا و دوره گردش عملیات تأثیر معکوس و معناداری بر عملکرد شرکت‌ها دارد و مدیران شرکت‌ها می‌توانند با اتخاذ تدابیر و سیاست‌هایی در زمینه جریان مالی زنجیره تأمین، عملکرد شرکت را بهبود بخشند. ولیکن دوره واریز بستانکاران و دوره تبدیل وجه نقد تأثیر معناداری بر عملکرد نداشتند.

حسن(۲۰۱۹)، در تحقیق خود به بهینه‌سازی سرمایه در گردش و سیستم پرداخت از طریق ادغام زنجیره تأمین مالی و کالبدی و نقش بانک‌ها پرداخت.او در تحقیق خود به این مسئله پرداخت که این یک واقعیت غیرقابل انکار است که زنجیره تامین را در سازمان‌های تولیدی بدون در نظر گرفتن مدیریت هزینه‌ها از نطر اقتصادی مورد مطالعه قرار دهیم. فرضیه مدیریت زنجیره تأمین مالی نسبتاً یک تفکر معاصر در ادبیات است. اهمیت مدیریت زنجیره تأمین مالی مورد توجه محققان بسیاری قرار گرفته است، اما تنها تحقیقات معدودی در جهت شناسایی ساختاری مدیریت زنجیره تأمین مالی انجام شده است. بحران‌های مالی جهانی نقش مهمی در افزایش علاقه مستمر به مدیریت زنجیره تأمین مالی

طی دهه‌های گذشته داشته است. بیشتر سازمان‌ها شاهد مزیت و فواید روابط همکاری در داخل و خارج از سازمان خودشان بوده‌اند. بسیاری از سازمان‌ها تشخیص داده‌اند که بدون فرایند زنجیره تأمین مالی دیگر نمی‌توانند در محیط فعلی تجارت رقابت کنند. پیوند بین استراتژی‌های زنجیره تأمین سازمان‌ها و برنامه‌های تجاری کلی آنها ، کلید دستیابی به یک روش مدیریت موفق زنجیره تامین مالی و دستیابی به مزیت مقایسه‌ای است. این مقاله با هدف نشان دادن مفهوم بهینه‌سازی سرمایه در گردش با ادغام مدیریت زنجیره تأمین مالی و مروری بر تحقیقات نظری انجام شده است. هدف اصلی این مقاله ارائه یک بررسی ادبیات نظری از بهینه‌سازی سرمایه در گردش است. در ابتدا، این مقاله در مورد عناصر اصلی تشکیل دهنده اصطلاح مدیریت زنجیره تأمین مالی و مالی بحث می‌کند و معنای مطالعه را رمزگشایی می‌کند.

گنووسه[۹](۲۰۱۷)، به بررسی مدیریت پایدار زنجیره تأمین و انتقال به سمت اقتصاد دایره‌ای: شواهد و برخی کاربردها را مورد مطالعه قرار دادند. در دهه‌های گذشته ، شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین سبز و پایدار تدوین شده است که تلاش می‌شود با کاهش پیامدهای منفی ناخواسته بر محیط تولید و فرآیندهای مصرف، نگرانی‌های زیست محیطی را در سازمان‌ها ادغام کند. به موازات آن، گفتمان اقتصاد مدور در ادبیات و عملکرد محیط زیست صنعتی تبلیغ شده است که اقتصاد دایره‌ای با تأکید بر ایده تبدیل محصولات به مرزها، به مرزهای پایداری محیط زیست سوق می‌دهد به گونه‌ای که بین سیستم‌های اکولوژیکی و رشد اقتصادی روابط قابل قبولی وجود داشته باشد. بنابراین ، اقتصاد دایره‌ای فقط به کاهش استفاده از محیط زیست به عنوان سینک ظرفشویی برای باقیمانده‌ها نگران نمی‌شود بلکه با ایجاد سیستم‌های تولیدی خود پایدار است که در آنها از مواد بارها و بارها استفاده می‌شود.این مقاله از طریق دو مطالعه موردی از صنایع فرآیندی مختلف (شیمیایی و مواد غذایی) ، عملکرد سیستم‌های تولید سنتی و دایره‌ای را در طیف وسیعی از شاخص‌ها مقایسه می‌کند. انتشار مستقیم چرخه حیات مستقیم، غیرمستقیم و کل، زباله‌های بازیافت شده، استفاده از منابع باکره، و همچنین نقشه‌های کربن (که یک دید کلی از کل زنجیره تأمین را ارائه می دهد) ارائه شده است. این مقاله ادعا می‌کند که ادغام اصول اقتصاد دایره‌ای در مدیریت زنجیره تأمین پایدار می‌تواند از دیدگاه زیست محیطی مزایای روشنی را ارائه دهد. چالش‌های مدیریت زنجیره تأمین در مدیریت هزینه‌های اقتصادی در حال ظهور و پویایی بازار نیز برجسته و مورد بحث قرار گرفته است.

محمد علی وحدان و محمد اشرف امام (۲۰۱۷)،در تحقیقی با عنوان "تأثیر مدیریت زنجیره تأمین بر عملکرد مالی و مسئولیت پاسخگویی مالی: مورد پژوهش در مصر" به این نتیجه رسیدند که مدیریت

زنجیره تأمین تاثیر با اهمیتی بر عملکرد مالی دارد. چرا که موجب افزایش بهره وری، کاهش بهای تمام شده و به تبع آن ارتقای سودآوری می‌شود.

واگنر[۱۰] و همکاران (۲۰۱۴)، در تحقیقی با عنوان"مدیریت زنجیره تأمین در سطوح بالای شرکتی" به بررسی و کمی‌سازی رابطه زنجیره تأمین یکپارچه و عملکرد مالی واحد تجاری پرداختند. نمونه‌ای از ۲۵۹ شرکت تولیدی از ایاالت متحده امریکا و اروپای غربی انتخاب شدند. نتایج حاکی از وجود رابطه مثبت زنجیره تأمین یکپارچه با عملکرد مالی شرکت‌ها بود. یکپارچگی زنجیره تأمین از طریق شاخص‌های پایبندی به استراتژی و تعهد شرکت به فرایند زنجیره تأمین، همچنین عملکرد مالی از طریق شاخص بازده دارایی‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که یکپارچگی بیشتر زنجیره تأمین موجب بااال رفتن نسبت دارایی‌ها می‌شود.

ویسنر[۱۱](۲۰۱۱)،در پژوهشی با عنوان " ارتباط عملکرد زنجیره تأمین با عملکرد مالی شرکت" به بررسی تأثیرات تصمیمات مدیریت زنجیره تأمین بر عمکرد مالی شرکت پرداخت. جهت تشریح این موضوع، وی به بررسی تأثیر ساختارها و فرایندهای زنجیره تأمین بر صورت‌های مالی شرکت)صورت سود و زیان، ترازنامه، صورت گردش وجوه نقد و صورت صاحبان سرمایه(پرداخت. وی مدلی از زنجیره تأمین و رابطه آن با سنجه‌های عملکرد صورت‌های مالی را معرفی کرد. این مدل، رابطه شاخص‌های عملکرد زنجیره تأمین و اجزای هرکدام از صورت‌های مالی را شناسایی کرده و به تطابق فعالیت‌های زنجیره تأمین و اهداف مالی شرکت اشاره کرد.

الینگر[۱۲] و همکاران(۲۰۱۱)،به بررسی شایستگی مدیریت زنجیره تأمین و موفقیت مالی شرکت‌ها پرداختند. مدیریت زنجیره تأمین با تأثیرگذاری بر سه محرک اصلی عملکرد مالی شرکت: درآمد، هزینه عملیاتی و سرمایه در گردش، نقش مهمی در ایجاد (یا از بین بردن) ارزش سهامدار دارد. با این حال، رابطه بین صلاحیت بین مدیریت زنجیره تأمین و عملکرد مالی شرکت به خوبی برقرار نشده است. این پژوهش با استفاده از داده‌های مبتنی بر منبع از شرکت، ارزیابی این رابطه را با استفاده از داده‌های تفسیری به سبک دلفی از رتبه های برتر ۲۵ زنجیره تأمین تحقیقاتی برای ارزیابی شایستگی مدیریت زنجیره تأمین به عنوان معیار موفقیت مالی ارزیابی می‌کند. یافته های این مطالعه نشان می‌دهد که بنگاه‌های شناخته شده توسط متخصصان صنعت برای صلاحیت مدیریت زنجیره تأمین از رقم قابل توجهی بالاتر از رقبای نزدیک خود و میانگین صنعت برخوردار هستند.

ووی[۱۳] (۲۰۰۸)،طی پژوهشی با عنوان"رابطه مدیریت زنجیره تأمین و موفقیت مالی شرکت ها " جهت تجزیه و تحلیل این رابطه از داده‌های مالی سال های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۶ شرکت‌های مالزی استفاده

کرده است. موفقیت مالی شرکت‌ها توسط چهار شاخص از جمله: درآمد، بهای تمام شده کاالی فروش رفته، چرخه تبدیل وجه نقد و بازده سرمایه در گردش اندازه گیری شدند. داده‌ها به طور موفقیت آمیزی جهت آزمون رابطه عملکرد زنجیره تأمین و موفقیت مالی تجزیه و تحلیل شدند. نتایج حاکی از رابطه ضعیف طی سال های ۱۹۹۹ الی ۲۰۰۲ ،ولیکن رابطه قوی‌تری طی سال های ۲۰۰۳ الی ۲۰۰۶ بود. همچنین نتایج این حقیقت را آشکار ساخت که شرکت‌هایی که به کلیه حوزه‌های زنجیره تأمین توجه کرده‌اند، به فرصت‌هایی دست می‌یابند که آنها را به سمت موفقیت مالی در محیط تجاری امروزه سوق می‌دهد.

یوشر[۱۴] و همکاران(۲۰۰۱)،در تحقیقی به بررسی سیستم پشتیبانی تصمیم گیری در توجیه پذیری اقتصادی سرمایه گذاری‌های مربوط به مواد پرداختند. در این مقاله یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای توجیه اقتصادی سرمایه گذاری‌های انتقال مواد ارائه شده است. به طور خاص ، مکانیزم رسمی را در اختیار کاربران قرار می‌دهد تا مزایای نا مشهود یا "نرم" مربوط به سرمایه گذاری در سیستم‌های پیشرفته انتقال مواد را در نظر بگیرند.

مدل‌سازی

در این قسمت به مدل‌سازی اجزای تابع هدف و محدودیت‌های تحقیق با توجه به ویژگی‌های مسئله خواهیم پرداخت.

مسئله تحقیق

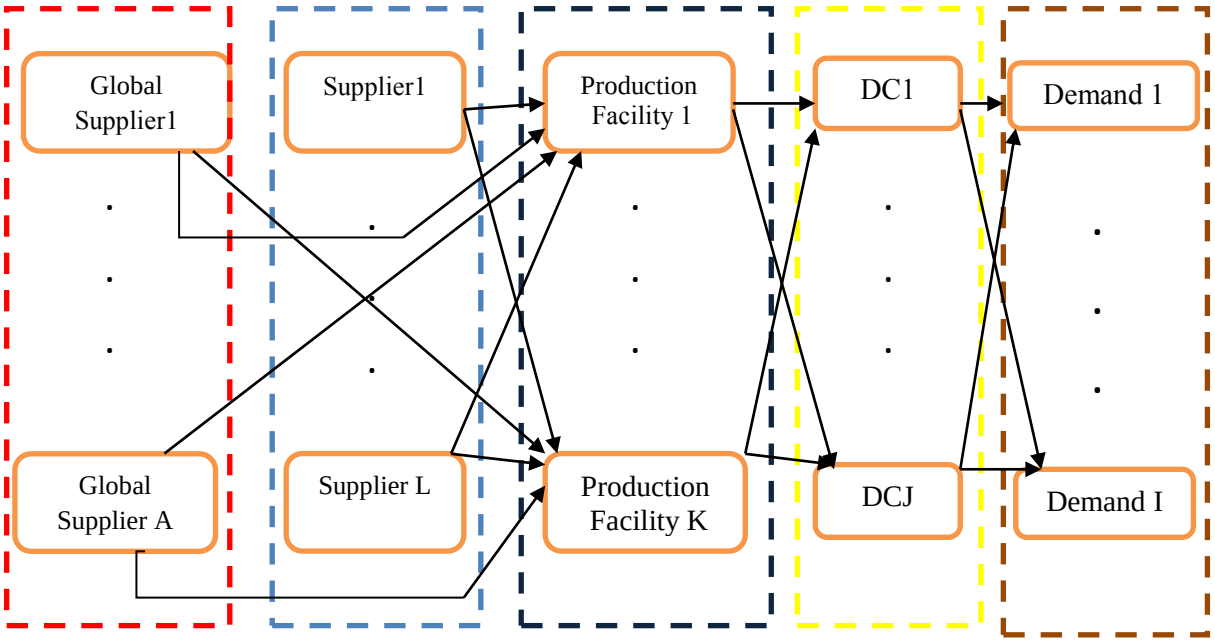
طراحی شبکه پویای زنجیره تأمین یکی از تصمیمات سطح استراتژیک محسوب می‌شود. بحران‌های مالی با نوسانات شدید در متغیرهای مدل‌های ریاضی شبکه زنجیره تأمین همراه هستند. ازاین‌رو پرداختن به طراحی شبکه برای کاهش کمبود و مالی ناشی از بحران کمک بسزایی به سازمان‌ها برای مدیریت بحران‌هایی مانند زلزله می‌کند. یکی از محصولات حساس و پر تقاضا بعد از بروز بحران کالا و در یک عبارت بهتر کالای سیمانی است. عدم برآورد تقاضا در زمان لازم می‌تواند کمبود سنگین را به شبکه تحمیل کرده و باعث تبدیل بحران به فاجعه شود. از طرفی تسهیلات موردنیاز برای تأمین تقاضا، از هزینه‌های راه‌اندازی بالایی برخوردار هستند که احداث آن‌ها، باعث افزایش هزینه‌های سیستم می‌شود. به همین دلیل برای کاهش کمبود در این تحقیق به طراحی شبکه زنجیره تأمین پرداخته‌شده است که دو فاز پیش و بعد از وقوع بحران را در نظر گرفته و اقدام به تخصیص و ظرفیت‌یابی تسهیلات می‌نماید. برای کاهش هزینه‌های سیستم با این فرض که بعد از وقوع بحران با نوسان شدید تقاضا برای

کالای سیمانی مواجه هستیم، در مدل‌سازی تحقیق از دو نوع تسهیل استفاده‌شده است. تسهیلات دائمی مانند مراکز انبار اصلی، تسهیلات پردازش محصول و ... هستند که با دید به آینده و بعد از وقوع و با توجه به هزینه‌ها، تخصیص و ظرفیت‌یابی می‌شوند. تسهیلات موقتی به‌طور معمول و مطابق چیزی که در واقعیت اتفاق می‌افتد برای تأمین تقاضای شدید ایجاد و استفاده می‌شوند. این مراکز می‌توانند مانند مراکز موقتی پخش کالا که در چادر یا کانکس‌ها ایجاد می‌شوند، در نظر گرفته شوند. در ضمن این تسهیلات امکان جابجایی دارند. با توجه به اینکه شرایط قبل و بعد از وقوع در مدل‌سازی وارد شده است شبکه پویا بوده و دارای پنجره زمانی است. از طرفی دیگر زمان تأمین کالا پارامتری بسیار مهم تلقی می‌شود که در مدل‌سازی در کنار پنجره زمانی موردتوجه قرار می‌گیرد. برآورد تقاضا و استواری مدل اهمیت بالایی دارد چون محصولات موردبررسی کالای سیمانی می‌باشند که نقش مهمی در حیات حادثه دیدگان ایفا می‌کنند. ازاین‌رو از برنامه‌ریزی استوار در مدل‌سازی به منظور استوارسازی جواب بدست آمده با رویکرد سناریومحور استفاده‌شده است. با توجه به اینکه مجموعه‌ای از محصولات با هم ارسال و مورد بررسی و تحلیل برای پردازش قرار می‌گیرند، مدل‌سازی چندمحصولی انجام گردید. از طرف دیگر در مدل‌سازی، زمان تولید و حمل نقل محصولات سیمانی که به طور معمول از جنس فسادپذیر هستند و تأمین به موقع آن‌ها بسیار مهم می‌باشد در نظر گرفته شده است. به صورت فهرست‌وار مفروضات مسئله در ادامه مطرح گردیده است:

- تقاضا دارای عدم قطعیت بوده و تحت سناریوهای مختلف تغییر می‌کند که احتمال رخداد هر سناریو مشخص است.
- درصدی از حادثه‌دیدگان بعد از عدم تأمین به موقع تقاضا تلف شده(کمبود از نوع از دست رفته) و درصدی دیگر در دوره بعد با جریمه، تأمین تقاضا می‌شوند(کمبود از نوع پس افت).
- از برنامه‌ریزی استوار مبتنی بر سناریو جهت استوارسازی مدل استفاده شده است.
- تابع هدف مدل از نوع چندمنظوره است که علت این موضوع بهینه‌سازی زمان و هزینه‌های ریالی شبکه است که با توجه به اهمیت زمان تأمین تقاضا و فسادپذیری محصولات امکان تبدیل به یکدیگر را ندارند.
- تصمیم‌گیری در رابطه با استقرار یک تسهیل، ظرفیت تسهیل، تصمیم‌گیری در رابطه با تسهیلات موقتی و جابجایی آن‌ها در دوره‌های مختلف به صورت متمرکز و با در نظر گرفتن کل هزینه‌های شبکه انجام خواهد پذیرفت.

- سطوح تأمین‌کنندگان، مراکز پردازش و تولید، مراکز توزیع و تقاضا در مدل‌سازی مطرح گردیده است.
- مدل دارای پنجره زمانی است. که مرحله قبل از بحران یک دوره و بعد از بحران متناسب با سناریوها مشخص خواهد شد.

در شکل زیر سطوح زنجیره تأمین قابل مشاهده است. همانطور که مشاهده می‌شود تأمین کنندگان مورد بررسی از دو نوع داخلی و خارجی در نظر گرفته شده اند. در شرایطی که بحرانی مانند زلزله اتفاق بیفتد برای استانی مانند تهران احتمال اینکه ظرفیت های درون استان توانایی پاسخ گویی با ظرفیت و محدودیت های زمانی لازم را داشته باشند با چالش همراه است از این رو از تأمین کنندگان خارجی که می توانند از استان‌ها و یا کشورهای دیگر در نظر گرفته شوند، باید استفاده شود که این موضوع به خوبی در این مدل در نظر گرفته شده است.



شکل ۳-۲- سطوح مختلف زنجیره تأمین مدل تحقیق

متغیرهای تصمیم	
شرح متغیر تصمیم	نماد متغیر تصمیم
مقدار ۱ وقتی یک مرکز توزیع دائمی در محل j احداث گردد و در غیر اینصورت صفر	X_j
مقدار ۱ وقتی یک مرکز توزیع موقتی در محل j تحت سناریو s در دوره g احداث گردد و در غیراینصورت صفر	M_j^s
مقدار ۱ وقتی مرکز توزیع موقتی از نقطه j به نقطه n تحت سناریو s در دوره g انتقال پیدا کند و در غیراینصورت صفر	Z_{jng}^s
مقدار ۱ وقتی یک مرکز توزیع در نقطه j برای پوشش قرار دادن نقطه i در دوره g انتخاب می گردد و در غیراینصورت صفر	Y_{ijg}^s
میزان واحد اقلام نوع p که از تسهیل kام به مرکز توزیع jام در دوره g برای تقاضا i تحت سناریو s تعیین می گردد	Q_{kjipg}^s
مقدار ۱ وقتی که تأمین کننده داخلیlام در دوره g برای اقلام p تحت سناریو s انتخاب می گردد و در غیر اینصورت صفر ۰	AI_{lgp}^s
مقدار ۱ وقتی که تأمین کننده خارجیaام در دوره g برای اقلام p تحت سناریو s انتخاب گردد و در غیر اینصورت صفر	AE_{agp}^s

مجموعه‌ها	
شرح مجموعه‌ها	نماد مجموعه‌ها
مجموعه نقاط تقاضا	I
مجموعه نقاط کاندید جهت استقرار مراکز توزیع	J
مجموعه نقاط کاندید جهت استقرار تسهیلات	K

مجموعه تأمین کنندگان خارجی یا بین المللی	A
مجموعه تأمین کنندگان داخلی	L
مجموعه اقلام سیمانی	P
مجموعه دوره‌های زمانی	G
مجموعه سناریوهای محتمل در آینده	S

پارامترها	
شرح پارامتر	نماد پارامتر
زمان انتقال از تأمین کننده خارجی aام به تسهیل kام در دوره g تحت سناریو s	T^{s}_{akpg}
زمان انتقال از تأمین کننده داخلی aام به تسهیل kام در دوره g تحت سناریو s	T^{s}_{lkpg}
زمان انتقال از تسهیل kام به مرکز توزیع jام در دوره g تحت سناریو s	T^{s}_{kjpg}
زمان انتقال از مرکز توزیع jام به نقطه تقاضای iام در دوره g تحت سناریو s	T^{s}_{jipg}
حداکثر زمان ماندگاری کالای pام	TU^{max}_{p}
حداکثر زمان قابل قبول برای تأمین تقاضای کالای pام در دوره gام	$T^{s,max}_{pg}$
هزینه راه اندازی مرکز توزیع ثابت jام	f_j
هزینه راه اندازی مرکز توزیع موقتی jام	fc_j
هزینه جابجایی مرکز توزیع موقتی jام به نقطه nام در دوره g تحت سناریو s	v^{s}_{jng}
هزینه انتقال کالای pام از مرکز توزیع jام به نقطه تقاضا iام در دوره g تحت سناریو s	o^{s}_{ijg}
هزینه تامین و جابجایی محصول pام در دوره g از تامین کننده lام به مرکز تولید k تحت سناریو s	E^{s}_{lkpg}
در صورتیکه امکان جایگزینی محصول e به جای p وجود داشته باشد ۱ و در غیر اینصورت صفر	TR_{pe}

CR_{pe}	هزینه یا جریمه جایگزینی کالای eام به pام
$bigM$	عدد بسیار بزرگ برای آزاد سازی محدودیت
h_{kp}	هزینه نگهداری کالای pام در تسهیل kام
ρ_s	احتمال رخداد سناریو s
S^s_{pkg}	میزان کمبود کالای p در دوره g که از تسهیل k تولید گردیده است تحت سناریو s
ω	ضریب جریمه کمبود
μ^s_j	احتمال پوشش قرار گرفتن نقطه iام توسط مرکز توزیع jام تحت سناریو s
c^s_{jg}	تفاوت ظرفیت مرکز توزیع j در دوره g تحت سناریو s
b^s_{jl}	تفاوت ظرفیت بین تسهیل lام و jام در سناریو sام
u_k	ظرفیت هر یک از مراکز تولید

Min

$$Z1 = \sum_{j\in J} f_j X_j + \sum_{j\in J} fc_j M^s_j + \sum_{j\in J}\sum_{j\in J}\sum_{g\in g} v^s_{jjg} Z^s_{jjg} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{g\in G}\sum_{p\in P} o^s_{ijg} Q^s_{kjipg} + \sum_{l\in L}\sum_{k\in K}\sum_{p\in P}\sum_{g\in G} E^s_{lkpg}\, AI^s_{lpg} + \sum_{a\in A}\sum_{k\in K}\sum_{p\in P}\sum_{g\in G} E^s_{akpg}\, AE^s_{apg} + \sum_{k\in K}\sum_{g\in G}\sum_{p\in P} h_{kp} I^s_{kgp} + \sum_{k\in K}\sum_{g\in G}\sum_{p\in P} \omega_{kp} S^s_{kgp} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{g\in G}\sum_{p\in P} a^s_{ijg} Q^s_{ijkgp}$$

(1)

MinZ2=

$$\sum_{l\in L}\sum_{k\in K}\sum_{p\in P}\sum_{g\in G} T^s_{lkpg}\, AI^s_{lpg} + \sum_{a\in A}\sum_{k\in K}\sum_{p\in P}\sum_{g\in G} T^s_{akpg}\, AE^s_{apg} + \sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{p\in P}\sum_{g\in G}\left(X_j + M^s_j + \sum_{l\in J} Z^s_{jlg}\right) T^s_{kjpg} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{g\in G}\sum_{p\in P} Y^s_{ijg} T^s_{jipg}$$

(2)

$$\text{Min } Z3 = \sum_{p\in P} d^s_{ekg}\, TR_{pe} CR_{pe} \qquad \forall p,e \in P - \{p = e\} \quad (3)$$

$$I^s_{pk(g-1)} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} Q^s_{kjipg} - I^s_{pkg} + S^s_{pkg} - S^s_{pkg-1} Re^s_{pg} = d^s_{pkg} \quad (4)$$

$$\sum_{p\in P} d^s_{ekg}\, TR_{pe} = D^s_{pkg} \;\forall p,e \in P \quad (5)$$

$$\sum_{a\in A}\sum_{k\in K} QE^s_{akpg} + \sum_{l\in L}\sum_{k\in K} QI^s_{lapg} = \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} Q^s_{kjipg} \quad (6)$$

$$Q^s_{ijpkg} \le bigMY^s_{ijg} (7)$$

$$QE^s_{akpg} \le bigM * AE^s_{apg} \ (8)$$

$$QI^s_{lkpg} \le bigM * AI^s_{lpg} \ (9)$$

$$X_j + M^s_j + \sum_{l\in J} Z^s_{jlg} \le 1 \ (10)$$

$$\sum_{j\epsilon J} Z^s_{jjg} \le \sum_{j\in J} Z^s_{jjg-1} \ (11)$$

$$Y^s_{ijg} \le X_j + M^s_j + \sum_{l\in J} Z^s_{jng} \ (12)$$

$$AI^s_{lpg}\ T^s_{lkpg} + AE^s_{apg}\ T^s_{akpg} + \left(X_j + M^s_j + \sum_{l\in J} Z^s_{jlg}\right)T^s_{kjpg} + Y^s_{ijg} T^s_{jipg} \le TU^{max}_p \ (13)$$

$$Y^s_{ijg} T^s_{jipg} \le T^{s,max}_{pg} \ (14)$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{p\in P}\sum_{g\in G} Q^s_{ijkpg} \le m^s_k \ (15)$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{p\in p} Q^s_{ijkpg} \le c^s_{jg} X_j + b^s_{jl}\sum_{l\in J} Z^s_{jlg} + cs^s_{jg} M^s_j \ (16)$$

$$I^s_{kpg} \le u_k \ (17)$$

$$X_j \in \{0,1\} \ \forall j \in J \ (18)$$

$$Y^s_{ijt} \in \{0,1\} \ \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T, \forall s \in S \ (19)$$

$$Z^s_{ijt} \in \{0,1\} \ \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T, \forall s \in S \ (20)$$

$$Q^s_{ijkpg} \ge 0 \ \forall g \in G, \forall i \in I, \forall j \in J, \forall p \in P, \forall s \in S \ (21)$$

$$I^s_{kpg} \ge 0 \ \forall g \in G, \forall s \in S, \forall k \in K, \forall p \in P \ (22)$$

توضیح محدودیت‌ها

رابطه (۱) تابع هدف اول شامل هزینه‌های ریالی شبکه از قبیل تسهیلات ثابت و موقتی، هزینه جابجایی تسهیلات موقتی، هزینه تولید، انتقال و نگهداری کالای سیمانی در کمان‌های شبکه پویای زنجیره تأمین است.

رابطه (۲) تابع هدف دوم شامل زمان‌های انتقال مواد اولیه از تأمین کنندگان داخلی و خارجی به تسهیلات پردازش و فرآوری، انتقال به تسهیلات موقتی و دائمی پخش کالا و سپس رساندن آن به

نقاط تقاضا است که برای محصولات سیمانی که اکثرا فسادپذیر بوده و رساندن آن‌ها به دست متقاضی در زمان مناسب از اهمیت بالایی برخوردار است.

رابطه (۳) تابع هدف سوم است که به برآورد تقاضا با محصولات جایگزین پرداخته است. در بسیاری مواقع اضطراری بدلیل عدم وجود کالای اصلی مورد نیاز، از کالایا اقلام مشابه ولی با راندمان پایین‌تر استفاده می‌شود که این کار با جریمه در مدل در نظر گرفته شده است.

رابطه (۴) به برآورد تقاضا در دوره‌های مختلف پرداخته است. در صورت عدم تأمین نیاز در دوره مورد نظر کمبود به صورت درصدی پس افت باید برآورد گردد. در واقع در دنیای واقعی وقتی کالا در یک دوره به متقاضی نرسد در دوره بعدی ممکن است کمبود باعث از بین رفتن نیاز به آن کالا شده و به نوعی کمبود از نوع از دست رفته رخ دهد در عوض در برخی موارد دیگر در دوره‌های بعدی نیز می‌توان به ارائه کالا به متقاضی با در نظر گرفتن جریمه به علت دیرکرد، پرداخت.

محدودیت (۵) به‌عنوان بررسی شدنی بودن استفاده از کالای جایگزین در نظر گرفته شده است.

محدودیت (۶) برای تأمین کالای سیمانی متشکل از مواد اولیه قابل تأمین از تأمین کنندگان داخلی و خارجی در نظر گرفته شده است.

محدودیت‌های (۷) و (۸) و (۹) برای جلوگیری از بروز تخصیص ظرفیت تولید به تسهیلاتی که انتخاب نشده‌اند در نظر گرفته شده‌اند.

روابط (۱۰) و (۱۱) و (۱۲) برای جلوگیری از تخصیص تسهیلات موقتی و دائمی غیر واقعی و همچنین بروز جابجایی‌های غیر منطقی تسهیلات در نظر گرفته شده است.

محدودیت (۱۳) برای جلوگیری از تجاوز زمان انتقال کالای سیمانی به خصوص خون در زنجیره تأمین تا لحظه رسیدن به دست متقاضی در نظر گرفته شده است.

محدودیت (۱۴) برای تأمین تقاضای کالای سیمانی توسط تسهیلات پخش در زمان مقرر برای کاهش کمبود پس از بحران در دوره‌های مختلف تحت سناریوهای مختلف در نظر گرفته شده است.

محدودیت‌های (۱۵) و (۱۶) به منظور رعایت ظرفیت‌های موجود در تسهیلات فرآوری و مراکز پخش در نظر گرفته شده است.

رابطه (۱۷) برای رعایت محدودیت ظرفیت انبار تسهیلات فرآوری در نظر گرفته شده است.

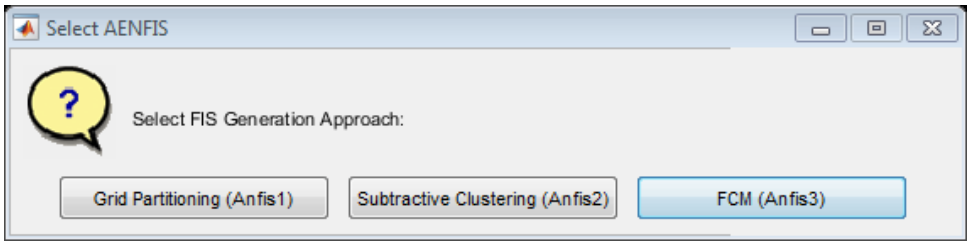
محدودیت‌های (۱۸-۲۲) تشریح متغیرهای تصمیم هستند.

پیش‌بینی تقاضا با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی چند لایه

با توجه به ماهیت احتمالی تقاضا و عدم قطعیت موجود در آن در این تحقیق برای پیش‌بینی با توجه به ابزار برنامه نویسی موجود در نرم افزار MATLAB اقدام به برازش شبکه عصبی مصنوعی چند لایه برای پیش‌بینی تقاضا با توجه به داده‌های تاریخی جمع‌آوری شده است. مزیت این‌کار این است که دیگر تعداد دوره‌ها محدودیت نداشته و می‌توان مدل را برای دوره‌های بیشتر و نامحدود اجرا و حل نمود.

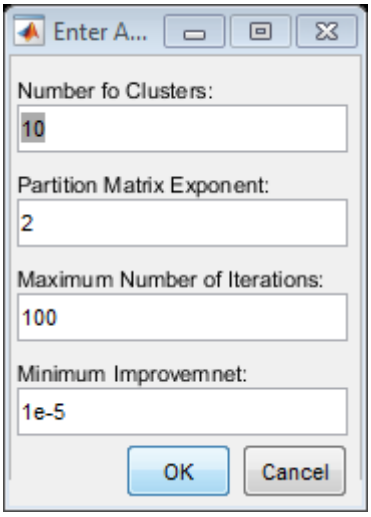
اجرای الگوریتم ANFIS برای پیش‌بینی تقاضا

در این قسمت از پژوهش به منظور پیش‌بینی درست و با دقت بالای تقاضا در شرایط رخداد بحران‌های مختلف که فاکتور بسیار حساسی است از الگوریتم Anfis برای آموزش و پیش‌بینی تقاضا در مسئله‌های نمونه استفاده گردید که در این قسمت به تشریح این الگوریتم و نتایج آن پرداخته می‌شود. در این الگوریتم از سه روش تشخیص الگو و روند در گذشته استفاده گردیده است. برای ارزیابی انواع تکنیک‌های موجود در ادبیات موضوع سه روش Grid Partitioning, FCM, Subtractive Clustering با استفاده از نرم‌افزار MATLAB کدنویسی و بروی داده‌های جمع آوری شده و همچنین داده‌های مربوط به معیارها و روابط مابین آن‌ها اجرا گردید که در این قسمت به بررسی خروجی‌های حاصل پرداخته می‌شود. همانطور که در شکل زیر مشاهده می‌شود به منظور بررسی نتایج هر یک از روش‌ها بعد از اجرای الگوریتم کافیست روش مورد نظر انتخاب شود. برای شروع از روش FCM استفاده شد.



شکل۱ : انتخاب روش مورد نظر در الگوریتم ANFIS(منبع:خروجی نرم افزار متلب)

بعد از کلیک بروی گزینه FCM باید مقادیر مربوط به این روش مطابق شکل زیر تنظیم گردد.

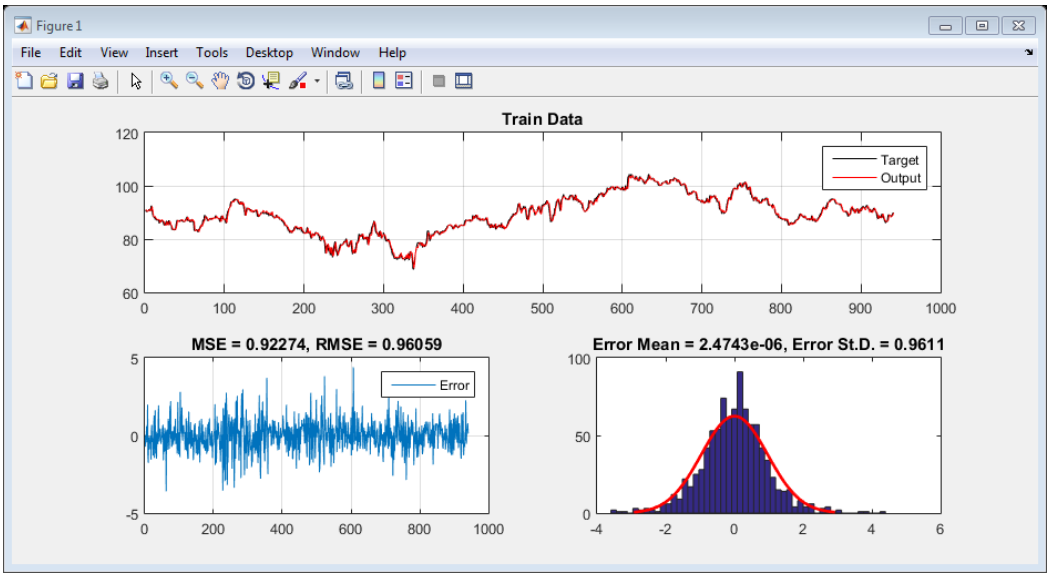


شکل ۲ : تنظیم مقادیر(منبع:خرئجی نرم افزار متلب)

با توجه به اینکه الگوریتم دارای پارامترهای متعددی است با استفاده از روش تاگوچی به تنظیم پارامترها مطابق با مقادیر شکل بالا پرداخته شد. شایان ذکر است افزایش تعداد خوشه‌ها در این روش تا ۱۰ خوشه باعث کاهش خطا و بعد از آن باعث افزایش می‌شود (البته برای داده‌های این تحقیق).

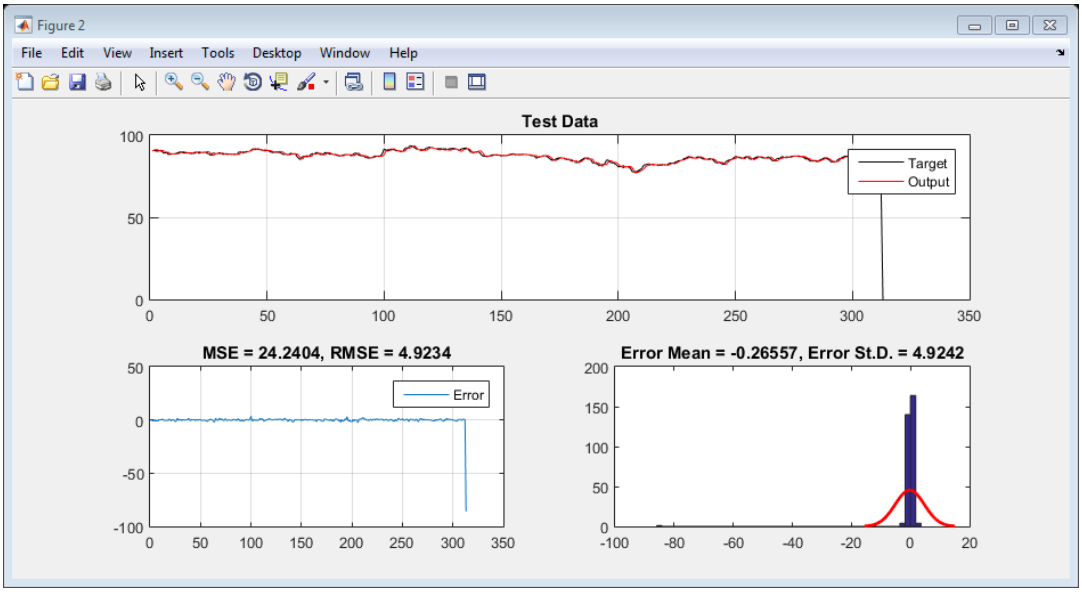
بعد از ادامه الگوریتم، ANFIS اقدام به برازش شبکه عصبی فازی تطبیقی نموده و نتایج به شرح زیر است.

در شکل ۳ نتایج مربوط به خطا در فاز آموزش نمایش داده شده است.

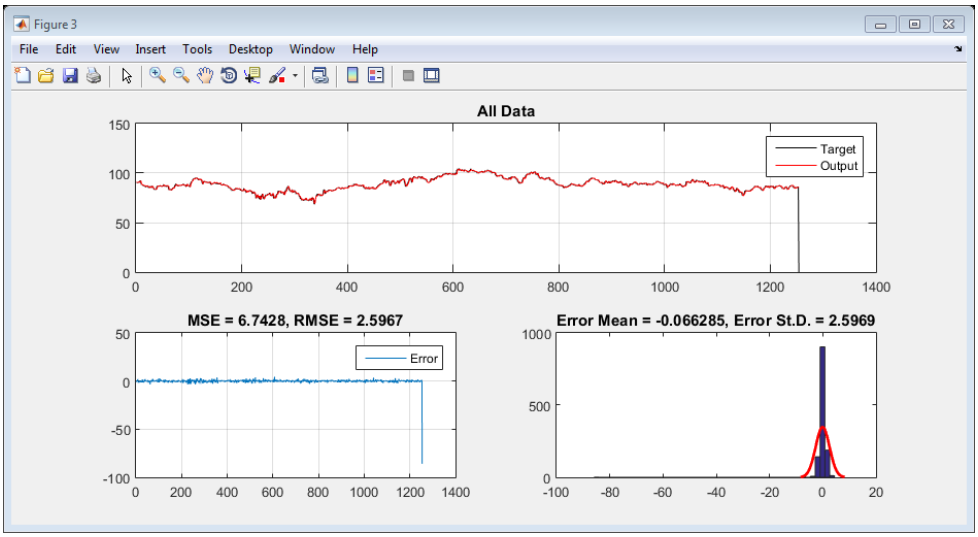


شکل ۳ : نتایج مربوط به خطا در فاز آموزش در روش FCM(منبع:خروجی نرم افزار متلب)

در شکل ۴، خطای مربوط به مرحله تست به نمایش گذاشته شده است.

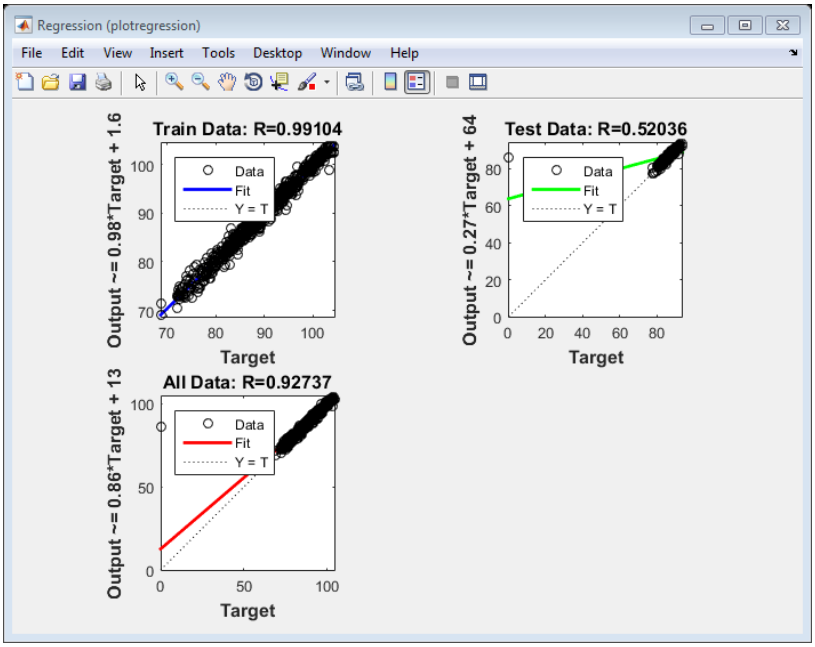


شکل ۴: خطای مربوط به مرحله تست در روش FCM(منبع:خروجی نرم افزار متلب)



شکل۵: خطای مجموع مراحل تست و آموزش در روش FCM(منبع:خروجی نرم افزار متلب)

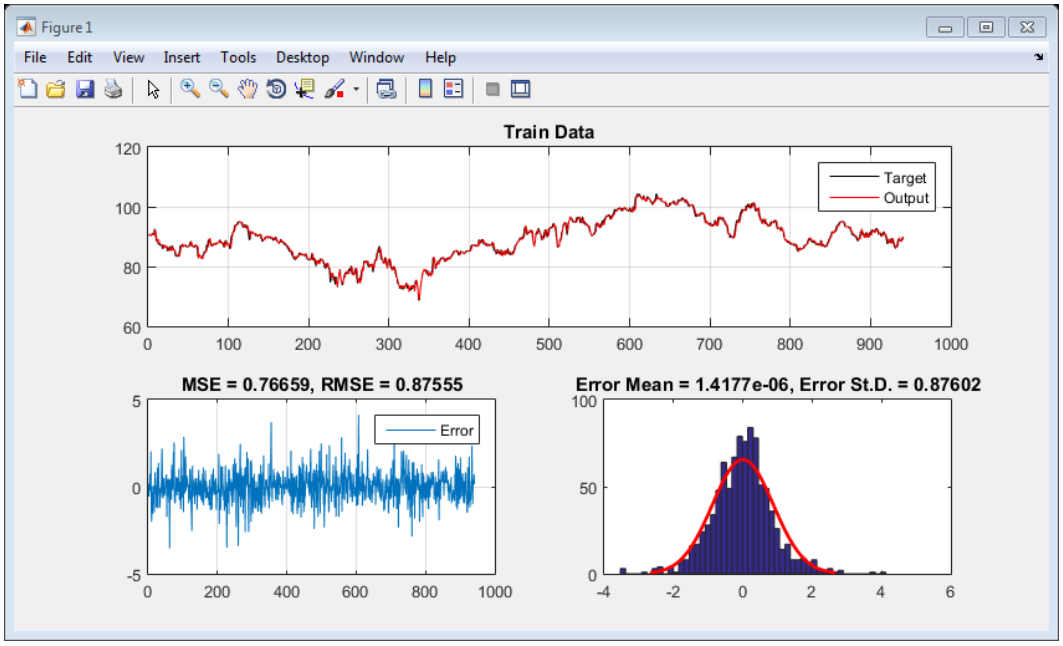
در شکل بالا خطای مجموع مراحل تست و آموزش قابل مشاهده است. در انتهای این قسمت تابع برازش در تابع ANFIS.m ذخیره و ازین به بعد به منظور برنامه ریزی قابل استفاده است. در شکل ۶ وضعیت رگرسیون تابع برازش در یک شکل منسجم قابل مشاهده است.



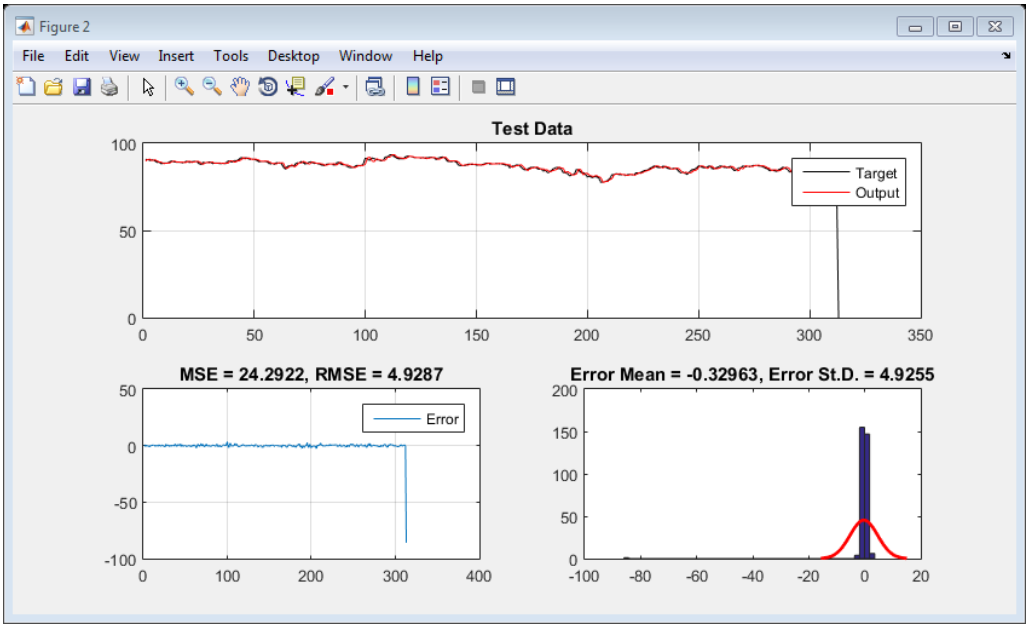
شکل۶: رگرسیون تابع برازش در روش FCM(منبع:خروجی نرم افزار متلب)

اجرای الگوریتم با استفاده از روش Grid Partitionng

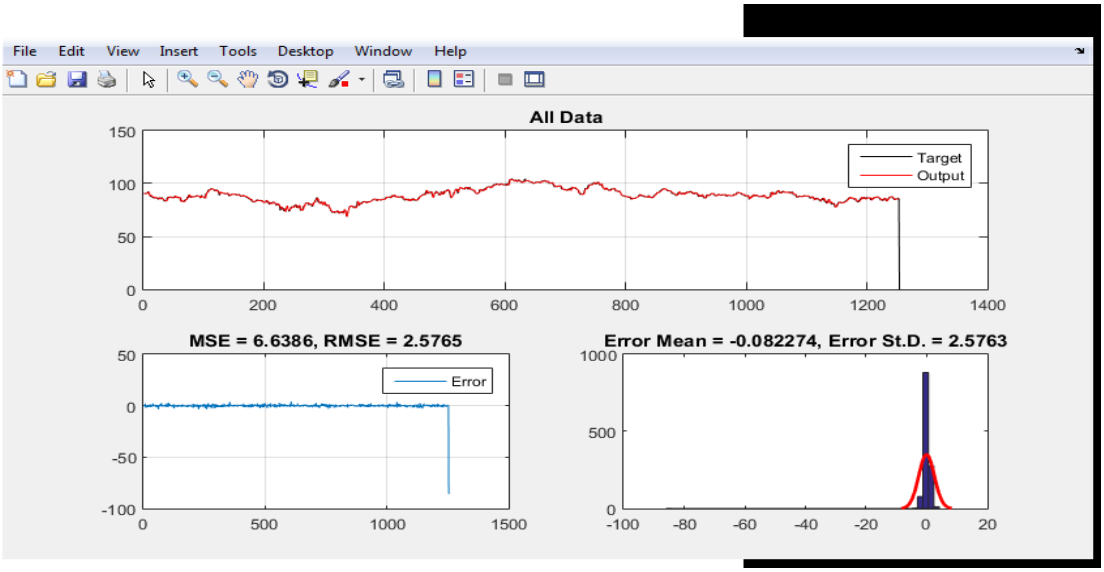
در این قسمت نتایج حاصل از اجرای ANFIS برای این روش قابل مشاهده است دقیقا توضیح نمودارها مشابه قسمت قبل است.



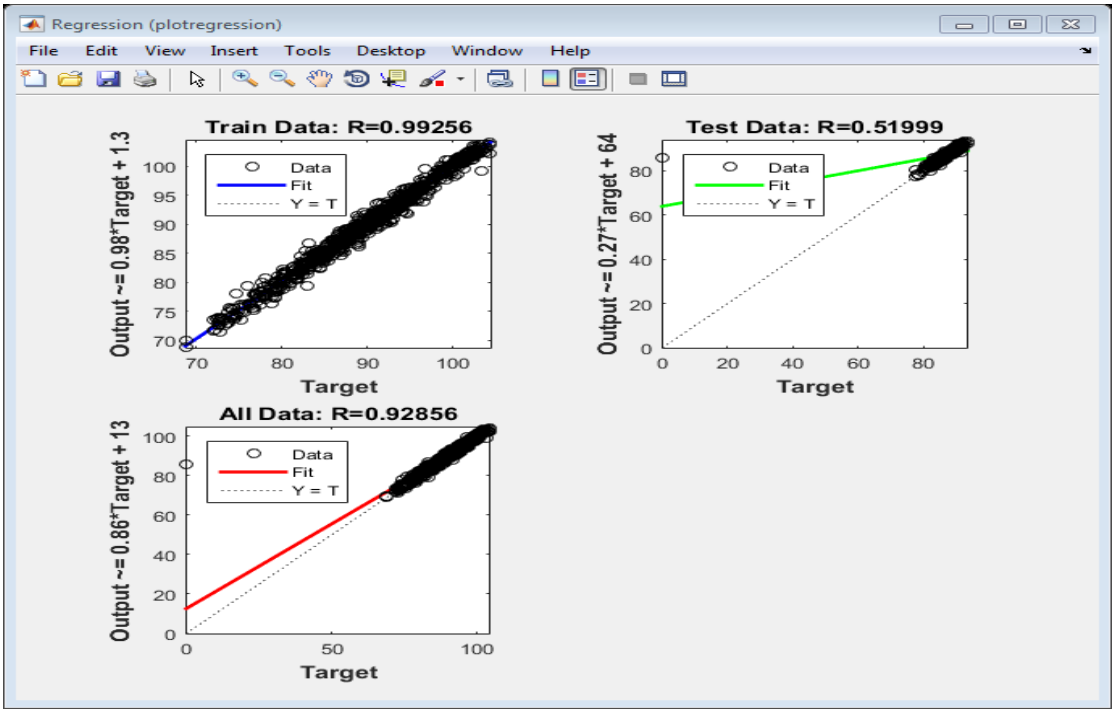
شکل ۷ : نتایج مربوط به خطا در فاز آموزش در روش Grid Partitionng(منبع:خروجی نرم افزار متلب)



شکل ۸: خطای مربوط به مرحله تست در روش **Grid Partitionng**(منبع:خروجی نرم افزار متلب)



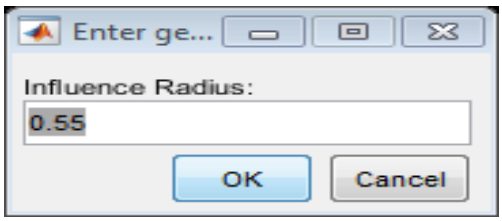
شکل۹: خطای مجموع مراحل تست و آموزش در روش **Grid Partitionng** (منبع:خروجی نرم افزار متلب)



شکل۱۰: رگرسیون تابع برازش در روش Grid Partitionng(منبع:خروجی نرم افزار متلب)

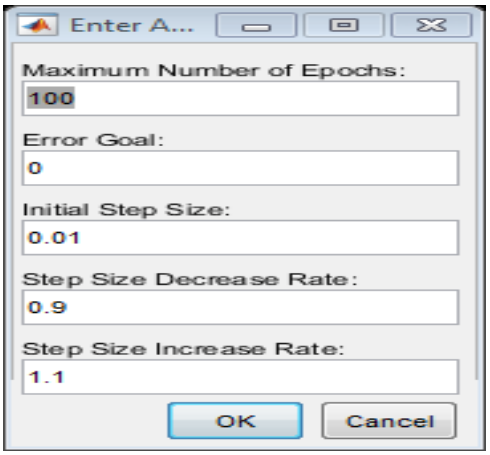
نتایج اجرای الگوریتم با استفاده از روش Subtractive Clustering

بعد از اجرای این روش همانطور که در شکل زیر مشاهده می‌شود باید میزان شعاع تاثیرگذاری مشخص گردد.



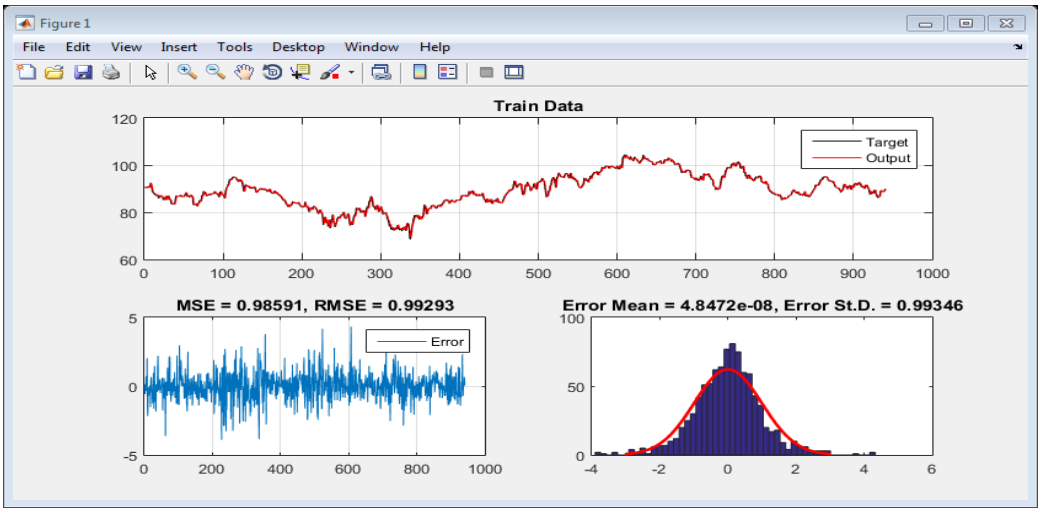
شکل ۱۱: تعیین میزان شعاع تاثیرگذاری(منبع:خروجی نرم افزار متلب)

در مرحله بعد مشابه با روش FCM پارامترهایی که در شکل زیر مشاهده می‌گردد با استفاده از روش تاگوچی باید تنظیم شود.



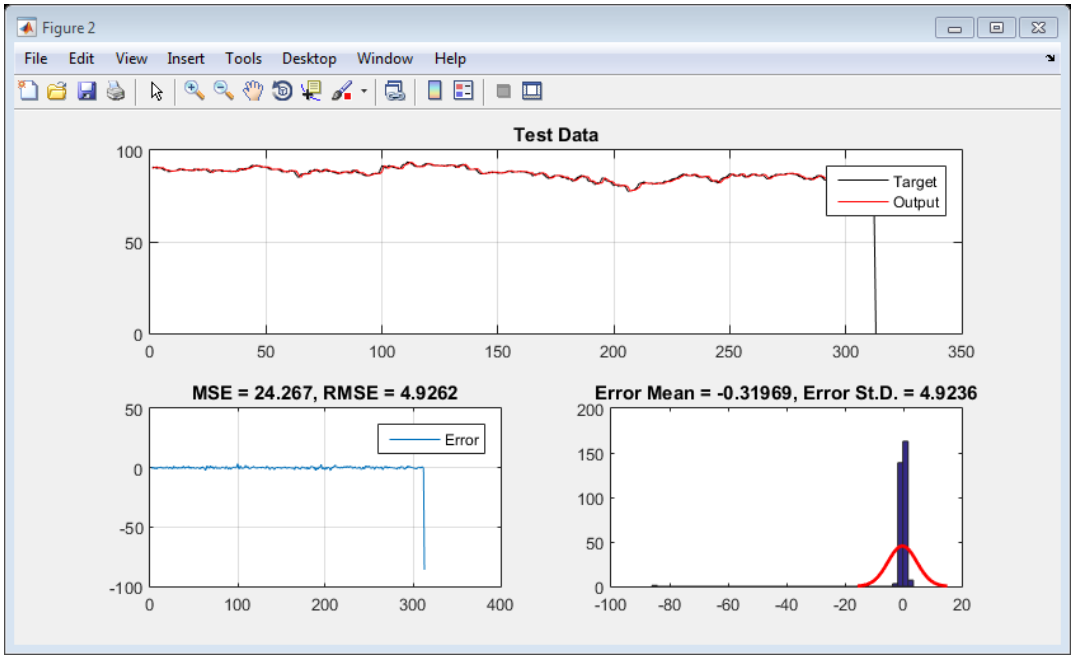
شکل۱۲: تنظیم پارامتر در روش Subtractive Clustering(منبع:خروجی نرم افزار متلب)

در نهایت نتایج مربوط به خطا در شکل‌های زیر قابل مشاهده است.



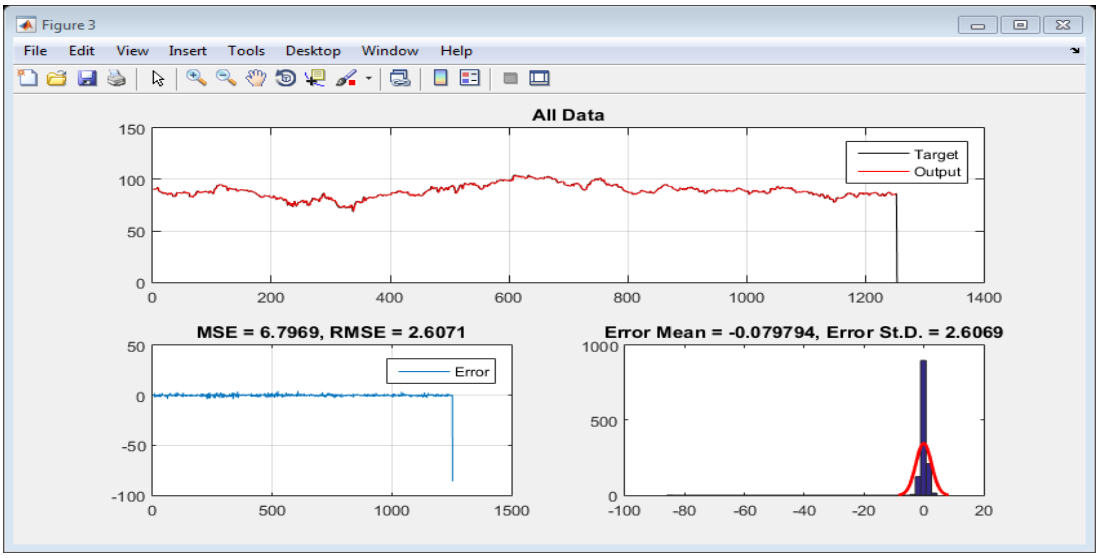
شکل۱۳ : نتایج مربوط به خطا در فاز آموزش در روش Subtractive Clustering

(منبع:خروجی نرم افزار متلب)



شکل ۱۴ : نتایج مربوط به خطا در مرحله تست در روش **Subtractive Clustering**

(منبع:خروجی نرم افزار متلب)



شکل۱۵: خطای مجموع مراحل تست و آموزش در روش **Subtractive Clustering**

(منبع:خروجی نرم افزار متلب)

ارزیابی تکنیک‌های خوشه‌بندی مورداستفاده در طراحی سیستم فازی

همانطور که به تفصیل در رابطه با طراحی سیستم‌های فازی توسط سه تکنیک خوشه بندی توضیح دادیم، می‌دانیم که برای طراحی یک سیستم فازی از سه تکنیک خوشه‌بندی مُشبک، خوشه‌بندی کاهشی و خوشه‌بندی FCM استفاده می شود. حال در این قسمت از هر سه تکنیک برای طراحی سیستم فازی استفاده خواهیم کرد و نهایتاً بهترین گزینه را انتخاب می‌کنیم به همین خاطر از شاخص‌های موجود برای ارزیابی میزان دقت و خطای پیش‌بینی، برای مقایسهٔ عملکرد سیستم استنتاجی فازی عصبی تطبیقی با پیاده‌سازی از هر کدام از این سه تکنیک خوشه‌بندی، استفاده می‌کنیم. در ادامه به توضیح این شاخص‌های مورد استفاده و نحوه محاسبهٔ هر یک از آن‌ها می‌پردازیم. (اوسی و همکاران،۲۰۱۰).

جذر میانگین مربعات خطا: یک ابزار قوی برای اندازه‌گیری تفاوت میان مقدار پیش‌بینی شده توسط مدل و مقدار واقعی می‌باشد. نحوهٔ محاسبهٔ آن در فرمول زیر ارائه شده است(احمدی فرد و همکاران، ۲۰۱۳).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{T} (a_t - o_t)^2}{T}}$$

که در این فرمول، T تعداد الگوهای تست بوده، a_t مقدار واقعی و o_t مقدار پیش‌بینی شده توسط مدل می‌باشد.

میانگین درصد خطا: یک سنجه برای محاسبهٔ دقت پیش‌بینی می‌باشد نحوهٔ محاسبهٔ آن در فرمول زیر ارائه شده است(احمدی فرد و همکاران،۲۰۱۳).

$$\mathrm{MAPE} = \left(\frac{100}{\mathrm{T}}\right)\sum_{\mathrm{t=1}}^{\mathrm{T}}\left|\left(\frac{\mathrm{a_t} - \mathrm{o_t}}{\mathrm{a_t}}\right)\right|$$

ضریب تشخیص: با علامت R^2 نشان داده می‌شود. در واقع بیانگر میزان احتمال همبستگی میان دو دسته داده در آینده می‌باشد. برای محاسبهٔ این شاخص از فرمول زیر استفاده می‌کنیم(احمدی فرد و همکاران،۲۰۱۳).

$$R^2 = 1 - \left[\frac{\sum_{t=1}^{T} (a_t - o_t)^2}{\sum_{t=1}^{T} (a_t - \bar{a})^2} \right]$$

که $\bar{a}$ متوسط تمام داده‌های واقعی مرتبط با T الگوی تست هستند.

طراحی سیستم فازی به منظور پیاده‌سازی ANFIS و محاسبهٔ میزان دقت پیش‌بینی آن

ما در این‌پژوهش، با استفاده از هر سه تکنیک خوشه‌بندی مشبک، خوشه‌بندیFCM و خوشه‌بندی کاهش فازی به طراحی سیستم فازی می‌پردازیم و سپس بهترین گزینه را از میان آن‌ها انتخاب می‌کنیم. در نهایت با استفاده از پیاده‌سازی ANFIS به پیش‌بینی میزان کمبود متناسب با قدرت هر زلزله و سایر شاخص ها پرداخته شده است. با استفاده از شاخص‌های تعریف شده در قسمت قبلیْ دقت پیش‌بینی و میزان خطای آن را محاسبه کرده و نتایج را گزارش شده است.

برای طراحی سیستم فازی با استفاده از دو تکنیک خوشه‌بندی FCM و خوشه‌بندی کاهشی فازی در ابتدا باید در NATLAB، پارامترهای آن‌ها را تعیین کنیم. و با توجه به اینکه این دو الگوریتم دارای پارامترهای متعددی هستند، به منظور انتخاب بهترین مجموعهٔ پارامترها، از روش تاگوچی استفاده کرده‌ایم. جدول زیر مقایسهٔ سیستم استنتاجی فازی عصبی تطبیقی پیاده‌سازی شده با هریک از سه روش خوشه‌بندی نشان می‌دهد.

مقایسهِ ANISپیاده‌سازی شده با سه تکنیک خوشه‌بندی

جدول۱: مقایسهِ ANISپیاده‌سازی شده با سه تکنیک خوشه‌بندی

روش خوشه‌بندی	RMSE	MAPE	R^2
FCM	۴/۹۳۲۸*	۰/۹۷۱۳*	۰/۹۸۷۰*
مُشبک	۴/۹۴۸۵	۰/۹۹۰۷	۰/۹۷۱۳
کاهش فازی	۴/۹۴۱۳	۰/۹۸۵۲	۰/۹۸۵۲

همانطور که ملاحظه می‌فرمائید در پیاده‌سازی ANFIS ، با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی FCM، میزان دقت پیش‌بینی بالاتر و میزان خطای آن پائین‌تر می‌باشد. لذا برای طراحی سیستم فازی از تکنیک خوشه‌بندی FCM استفاده خواهیم کرد.

نتیجه گیری

در این تحقیق به طراحی مدل استوار شبکه پویای زنجیره تأمین کالای سیمانی با هدف کاهش هزینه‌های مدیریت زنجیره تأمین بعد از وقوع بحران پرداخته شد. طراحی اصولی و کارامد زیر ساخت‌های شبکه کالای سیمانی با توجه به وجود نوسانات شدید تقاضا در برهه‌های مختلف زمانی در آن می‌تواند به مقدار قابل‌توجهی در کاهش هزینه های مالی از یک سو و کاهش اضافه محصول با امکان فساد سریع با پیش‌بینی درست از سوی دیگر منجر گردد. با توجه به الگوی سناریو محور استفاده شده در تحقیق اغلب سناریوهای ممکن قابل پیاده‌سازی در مدل می‌باشند. این مدل قابلیت استفاده در بسیاری از شبکه‌های مربوط به اقلام دیگر که ماهیت نوسانات شدید تقاضا در پنجره‌های زمانی مختلف را دارند، دارا است. مدل پیشنهادی این تحقیق به مدلسازی زمان به عنوان شاخص حساس و پر اهمیت در برآورد تقاضا بعد از بروز بحران پرداخت که اینکار باعث برنامه ریزی با دقت بیشتر خواهد شد، مدیریت زمان سبب کنترل هزینه‌های مدیریت زنجیره تأمین سیستم پشتیبانی تصمیم گیری خواهد. از طرف دیگر برا اولین بار موضوع تریاژ به منظور نزدیک شده هرچه بیشتر مدل به دنیای واقعی بررسی و مدلسازی گردید. چند محصولی بودن و امکان استفاده از کالای جایگزین در کنار در نظر داشتن سطح تامین کننده که برای کالایی مثل خون از اهمیت بالایی برخودار است از دیگر نوآوری‌های این تحقیق به حساب می آید. یکی از مسائل مهم دیگر پیش بینی درست و با دقت بالای تقاضا در شرایط بروز بحران است که در این تحقیق برای افزایش دقت جواب خروجی مدل از روش شبکه عصبی مصنوعی فازی تطبیقی برای پیش بینی استفاده گردید. پیاده سازی این مدل قابلیت بالایی در کنترل هدفمند هزینه های شبکه زنجیره تامین در کنار افزایش قابلیت آن در تامین تقاضا دارد.

منابع

۱) سلطانی تهرانی،مهدی،مصدق خواه،مهدی،حسن پور،حسینعلی(۱۳۹۵)، بهینه سازی زنجیره‌تأمین حلقه‌بسته چند سطحی، چند محصولی و چند دوره‌ای با هدف کاهش هزینه های زنجیره تأمین (مطالعه موردی: شرکت آمادبهینه‌ساز)، نشریه علمی مدیریت زنجیره تأمین، دوره ۱۸، شماره ۵۳، پاییز ۱۳۹۵، صفحه ۲۷-۳۶ .

۲) صدیقی،روح الله،ریاحی،محبوبه،(۱۳۹۶)، ارزیابی تأثیر مدیریت جریان مالی زنجیره تأمین بر عملکرد شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران،صلنامه مطالعات تجربی حسابداری مالی،دوره ۱۴،شماره ۵۶،صفحه ۱۳۳-۱۵۴.

۳) محمدی، فاطمه و نجفی، امیر(۱۳۹۴)بررسی عملکرد مدیریت مالی زنجیره تامین و نقش آن در بهبود سرمایه درگردش و نقدینگی، اولین همایش بین المللی حسابداری، حسابرسی مدیریت و اقتصاد، اصفهان، دبیرخانه همایش.

4) Bezdek JC, Ehrlich R, Full W, FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm, Computers & Geosciences,Volume 10, Issues 2–3, 1984, Pages 191-203.

5) Cattivelli FS, Sayed AH, Distributed Detection Over Adaptive Networks Using Diffusion Adaptation, IEEE Transactions on Signal Processing (Volume: 59 , Issue: 5 , May 2011), Page(s): 1917 – 1932.

6) Dotoli, M., Fanti, M.P., Mangini, A.M., (2007). Fuzzy multi-objective optimization for network design of integrated e-supply chains. International Journal of Computer Integrated Manufacturing 20, 588 – 601.

7) Ellinger AE, Natarajarathinam M, Adams FG, Gray JB, Hofman D, O'Marah K,(2011) , Supply Chain Management Competency and Firm Financial Success, Journal of Business LogisticsVolume 32, Issue 3, Wiley Online Library.

8) Esfahanipour A, Mardani P, An ANFIS model for stock price prediction: The case of Tehran stock exchange, International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications,2011.

9) Genovese A, Acquaye AA, Figueroa A, Koh SCL, (2017), Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications, Omega,Volume 66, Part B, Pages 344-357

10) Hasan M, Optimizing working capital and payment system through integrating financial and physical supply chain and the role of banks, (2019), Cataloged from PDF version of internship report,Includes bibliographical references (pages 23-26).

11) Jahromi AT, Er MJ, Li X, Lim BS, Sequential fuzzy clustering based dynamic fuzzy neural network for fault diagnosis and prognosis, Neurocomputing,Volume 196, 5 July 2016, Pages 31-41.
12) Kozma B, Barrat A, Consensus formation on adaptive networks, Physical Review E, Vol. 77, Iss. 1 ,January 2008.
13) Mohammed Ali Wahdan & Mohamed Ashraf Emam (2017). The Impact of Supply Chain Management on Financial Performance and Responsibility Accounting: Agribusiness Case from Egypt. Accounting and Finance Research, Vol. 6, No. 2; 2017
14) Peng, P., Snyder, L.V., Lim, A., Liu, Z., (2011). Reliable logistics networks design with facility disruptions, Transportation Research Part B, doi:10.1016/j.trb.2011.05.022.
15) Pishvaee, M.S., Torabi, S.A., (2010). A possibilistic programming approach for closedloop supply chain network design under uncertainty. Fuzzy Sets and Systems, 161, 2668–2683.
16) Qi, L., Shen, Z-J.M., Snyder, L.V., (2010). The Effect of Supply Disruptions on Supply Chain Design Decisions. Transportation Science 44(2): 274–289.
17) Sha Y, Huang J, The multi-period location-allocation problem of engineering emergency blood supply systems, Systems Engineering Procedia,Volume 5, 2012, Pages 21-28.
18) Usher JS, Kamal AH, Kim SW, (2001), A decision support system for economic justification of material handling investments, Computers & Industrial Engineering, Volume 39, Issues 1–2, February 2001, Pages 35-47.
19) Wagner, S.M , Kemmerling,R .(2014). Supply chain management executives in corporate upper echelons. Journal of Purchasing & Supply Management 20 (2014) 156–166.
20) Wisner, P. (2011). Linking Supply Chain Performance to a Firm's Financial Performance. Distinguished Lecturer The University of Tennessee. 25 may 2011.
21) Woei, Loh Shyong. (2008), "Supply chain performance and financial success of selected companies on bursa Malaysia", www.dspace.fsktm.um.edu.my.com
22) Zadeh LA, Fuzzy sets, Information and Control,Volume 8, Issue 3, June 1965, Pages 338-353.

یادداشت‌ها :

1-GIS
2- Peng
3- Qi
4- Kozma & Barrat
5- Cattivelli & Sayed
6- Bezdek
7- Dotoli
8- Sha
9- Genovese
10- Wagner
11- Wisner
12- Ellinger
13- Woei
14- Usher