فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره چهل و هفتم / تابستان ۱۴۰۰

ارائه مدل پرتفوی بهینه از طریق مدل پیش‌بینی شاخص بازار و با وجود حافظه بلندمدت با استفاده از شبکه عصبی

سعید مشتاق[۱]
فرهاد حسین زاده لطفی[۲]
اسمعیل فدایی نژاد[۳]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۹/۱۰/۲۵ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۹/۱۱/۲۶

چکیده

تأثیر متغیرهای اقتصادی بر بازارهای سرمایه مهم‌ترین موضوع تئوری مالی است. بورس اوراق بهادار از جایگاه خاصی در سیستم مالی کشور ما برخوردار بوده است و کارآمدی و توسعه بازار سرمایه در گرو فعال بودن این نهاد درکشور است. دو کارکرد مهم بورس اوراق بهادار را می‌توان جمع‌آوری پس‌اندازهای اندک و نقدینگی موجود در سطح جامعه و هدایت آن‌ها به سمت فرآیند تولید کالا و خدمات درکشور ذکر کرد. در این راستا ارائه مدل پرتفوی بهینه از طریق مدل پیش‌بینی تغییرات شاخص بورس از طریق تغییرات نرخ بازده ارز بسیار کارساز خواهد بود.

یکی از ابزارهای با دقت بالا و کاربردی برای پیش‌بینی استفاده از شبکه‌های عصبی بوده است چراکه میزان دقت آنها با افزایش داده‌های تحقیق کاهش نمی‌یابد و دقت آن نیز از توابع خطی و غیرخطی و رگرسیونی برای پیش‌بینی خیلی زیادتر بوده است. پس از تست‌های مختلف از طریق شبکه‌های عصبی مصنوعی(ANN)، سیستم‌های استنتاج فازی-عصبی تطبیقی(ANFIS) و رگرسیون بردار پشتیبان (SVR) با استفاده نرم افزار متلب انجام گردیده بود، توانستیم مدلی با دقت بالا جهت پیش‌بینی میزان تغییرات شاخص بازده کل و شاخص بازده نقدی از طریق تغییرات قیمت دلار طراحی نماییم. که از طریق این مدل، مدل پرتفوی بهینه به صورت آرمانی طراحی نمودیم.

کلمات کلیدی

مدل پرتفوی بهینه، مدل پیش‌بینی شاخص بازار، سیستم‌های استنتاج فازی-عصبی تطبیقی و شبکه‌های عصبی

۱-گروه مدیریت مالی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. saeed_moshy@yahoo.com
۲-گروه ریاضی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.(نویسنده مسئول) farhad@hosseinzadeh.ir
۳-گروه مدیریت و حسابداری، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. m-fadaei@sbu.ac.ir

مقدمه

مجموعه اقتصاد هر کشور از بخش‌های متفاوتی تشکیل‌شده است که چگونگی روابط بین این بخش‌ها، تعیین‌کننده سمت و سوی اقتصاد آن کشور است. یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی کشورها بازار سرمایه می‌باشد که دارای ارتباطی نزدیک با ساختار اقتصادی کشور بوده است و قوت و ضعف آن می‌تواند شاخصی برای تحلیل وضعیت اقتصادی کشور باشد [5].

به‌منظور ایجاد امنیت در بازار برای جذب سرمایه‌های بیشتر لازم است عوامل کلان موثر بر سرمایه‌گذاری اعم از اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، فرهنگی و تکنولوژی مورد بررسی قرارگرفته و با ترسیم دقیق خطرها و بازده‌های احتمالی، تصمیم‌گیری مناسب توسط سرمایه‌گذاران عمده و جز صورت پذیرد [17].

روشن است هر کدام از این عوامل کلان به اجزای کوچک‌تری قابل‌تفکیک است. در این مقاله سعی بر آن است تا از طریق تغییرات بازده نرخ ارز، تغییرات بازده شاخص نقدی و بازده شاخص کل در بورس اوراق بهادار تهران برای تصمیم‌گیری بهتر سرمایه‌گذار، پیش‌بینی گردد.

اهمیت و ضرورت موضوع مقاله عبارت است از مجموع اطلاعاتی که مشخص می‌کند نتایج این تحقیق، تا چه حد برای محقق و نیز تا چه حد برای دیگران مفید و مثمر می‌باشد. لذا با عنایت به اینکه شاخص بازده نقدی و کل و نرخ بازده دلار را به عنوان دماسنج اقتصادی درنظر می‌گیرند، این موضوع از اهمیت بالایی برخوردار بوده است هم برای سرمایه‌گذاران و هم برای شرکت‌های بورسی، چراکه از طریق سیگنال نرخ بازده دلار می‌توانیم تغییرات شاخص بازده نقدی و شاخص بازده کل را پیش‌بینی نماییم که درصورت تغییر نرخ بازده دلار چند روز قبل، برای شاخص بازده نقدی و کل چه اتفاقی خواهد افتاد.

این مقاله درواقع مقاله کاربردی است و می‌تواند برای کارگزاری‌ها و صندوق‌ها و شرکت‌های سرمایه‌گذاری مورد استفاده قرار گیرد. ضرورت انجام این مقاله ایجاد مدل پرتفوی بهینه برای کمک به مدیران شرکت‌های سرمایه‌گذاری، تصمیم‌گیران مالی می‌باشد. سختی در انتخاب سبد سهام یکی از مباحث مهم در مدیریت پرتفوی است. درواقع مساله اصلی این مقاله چگونگی ارائه مدل پرتفوی بهینه است.

مارکویتز(۱۹۵۲) با ارائه مدل میانگین-واریانس اساس تحلیل مدرن پرتفوی را پی‌ریزی نمود. از آنجا که بازده اوراق بهادار به‌طور طبیعی غیرقطعی است، تخصیص ثروت به دارایی‌های ریسکی به

طوری که ریسک را حداقل نموده و بازدهی را حداکثر نماید از نگرانی‌های اصلی سرمایه‌گذاران می‌باشد.

یکی دیگر از مواردی که طی این سال‌ها به آن پرداخته شده است درنظرگرفتن عدم قطعیت مرتبط با بازارهای مالی می‌باشد. برای مواجهه با این عدم قطعیت، رویکردهای مختلفی مانند رویکرد تصادفی، رویکرد تئوری فازی[۱۴] و رویکرد عدم قطعیت [۱۶] در بهینه سازی پرتفوی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

تئوری عدم قطعیت برای پرداختن به درجه اعتقاد براساس اندازه‌های نامطمئن هنگامی که داده‌های تاریخی کمی در دسترس باشد ایجاد شد.

ابراهیمی و همکاران(۱۳۹۷) مدل بهینه‌سازی پرتفوی درچارچوب تئوری اعتبار فازی را ارائه دادند، آن‌ها در این پژوهش از ارزش در معرض خطر شرطی(CvaR) به عنوان معیار ریسک استفاده نمودند و محدودیت‌های مانند کف و سقف نسبت سرمایه‌گذاری و نقدشوندگی، در طراحی این مدل بهینه استفاده نمودند و در نهایت ضمن حل مدل مثال عددی با استفاده از سهم در بورس اوراق بهادار تهران مدل را ارائه نمودند[۸].

باپیتسا(۲۰۱۲) و الکساندر و باپیتسا(۲۰۱۱) نیز به ارائه مدل‌هایی جهت بهینه‌سازی پرتفوی باتوجه به معیار حداکثر شانس قابل قبول نرسیدن به بازده موردانتظار پرداختند. از دیگر شاخص‌های ریسک بکارگرفته شده در مسئله بهینه‌سازی پرتفوی نیز می‌توان به نیمه واریانس، آنتروپی، ارزش در معرض خطر میانگین اشاره نمود[۴]و[۵].

در این بخش ابتدا به بررسی مبانی نظری پژوهش پرداخته شده، سپس به بررسی مطالعات صورت گرفته در داخل و خارج کشور در خصوص ارائه مدل بهینه و ایجاد پرتفوی که دغدغه اصلی این تحقیق است، پرداخته خواهد شد.

چارلز و همکاران بر بررسی روابط میان قیمت سهام و نرخ ارز در هفت کشور آفریقایی اقدام نمودند. با استفاده از مدل کمترین خطا ضرایب اثبات نمودند که مابین قیمت سهام و نرخ ارز در بازده کوتاه و بلندمدت ارتباط وجود دارد.

درتحقیقی که توسط امیر علیمی و غلامرضا کردستانی با موضوع استفاده از مدل ارزش‌گذاری سود باقیمانده به عنوان معیاری برای انتخاب پرتفوی انجام گردیده است نتایج نشان داد، شرکت‌هایی که ارزش آنها کمتر از قیمت بازارشان به دست می‌آید، لزوماً شرکت‌های کم بازدهی نیستند و می‌توان از

آنها پرتفویی مناسب ساخت. همچنین از الگوی ارزش‌گذاری سود باقیمانده به شرطی می‌توان به عنوان معیاری برای انتخاب پرتفوی استفاده کرد که سطح ریسکی که سرمایه‌گذار حاضر است تحمل کند، معین باشد [۳].

روش‌شناسی تحقیق

متغیرهای این مقاله عبارتند از : نرخ بازده دلار، شاخص بازده نقدی و شاخص بازده کل

نرخ بازده ارز (دلار):

به پول‌های خارجی ارز گفته می‌شود. به گفته دیگر به واحدهای پولی که در کشورهای دیگر جز کشور اصلی داد و ستد شود به صورت کلی ارز گفته می‌شود.

ارز یک جور تسهیل کننده جهت مبادله کالاها و خدمات است. درواقع آن پولی است که به صورت سکه و اسکناس‌های کاغذی می‌باشد و این عموماً توسط دولت منتشر می‌گردد و اصولاً پذیرش آن براساس ارزش اسمی است و روش‌های مختلفی جهت پرداخت آن وجود دارد.

شاخص بازده کل:

شاخص نماگری است که سطح عمومی پارامتری مشخص(معمولاً قیمت یا بازدهی) درمیان گروهی از متغیرها(تمام یا گروهی از شرکت‌ها) را نشان می‌دهد. از این‌رو شاخص با توجه به پارامتر مورد بررسی به شاخص قیمت و شاخص بازدهی تقسیم می‌شود.

بورس تهران از فروردین ماه ۱۳۶۹ اقدام به محاسبه و انتشار شاخص قیمت خود با نام تپیکس(TEPIX) نموده است. این شاخص در ابتدا شامل ۵۲ شرکت بوده است که از آن زمان کل شرکت‌های پذیرفته شده در بورس را شامل می‌شدند، دربرمی‌گرفت. درواقع این شاخص بیان کننده میانگین بازدهی سرمایه‌گذاران در بورس است و تغییرات نسبت به تاریخ مبداء که سال ۱۳۶۹ است، را نشان می‌دهد، شاخص مزبور با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$TEPIX_t = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_{it} q_{it}}{D_t} * ۱۰۰$$

p_{it}= قیمت شرکت iام در زمان t

q_{it}= تعداد سهام منتشره شرکت iام در زمان t

D_t= عدد پایه در زمان t که در زمان مبدا برابر $\sum p_{i.} q_{i.}$ بوده است

$p_{i.}$ = قیمت شرکت iام در زمان مبدا

$q_{i,}$ = تعداد سهام منتشره شرکت iام در زمان مبدا

n= تعداد شرکت‌های مشمول شاخص

شاخص قیمت بورس تهران تمامی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس را دربرمی‌گیرد و در صورتی که نماد شرکتی بسته باشد یا برای مدتی معامله نشود، قیمت آخرین معامله آن در شاخص لحاظ می-گردد. همانگونه که از فرمول فوق مشخص است، تعداد سهام منتشره شرکت‌ها معیار وزن‌دهی در شاخص مزبور است که این امر منجر به تاثیر بیشتر شرکت‌های بزرگ در شاخص می‌شود.

شاخص قیمت و بازده نقدی:

شاخص قیمت و بازده نقدی یا همان شاخص درآمدکل با نماد TEDPIX از فروردین ۱۳۷۷ در بورس تهران محاسبه و منتشر شده است. تغییرات این شاخص نشانگر بازده کل بورس است و از تغییرات قیمت و بازده نقدی پرداختی، متاثر می‌شود.

این شاخص کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس را دربردارد و شیوه وزن‌دهی و محاسبه آن همانند شاخص کل قیمت (TEPIX) است و تنها تفاوت میان آن دو در شیوه تعدیل آن‌ها است. شاخص قیمت و بازده نقدی بورس تهران با فرمول ذیل محاسبه می‌شود.

$$TEDPIX_t = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_{it} q_{it}}{RD_t} * 100$$

p_{it}= قیمت شرکت iام در زمان t

q_{it}= تعداد سهام منتشره شرکت iام در زمان t

RD_t= پایه شاخص قیمت و بازده نقدی در زمان t که در زمان مبدا برابر $\sum p_{i,} q_{i,}$ بوده است.

تعدیل پایه شاخص TEDPIX به وسیله فرمول ذیل صورت می‌گیرد:

$$RD_{t+1} = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_{it} q_{it} - \sum_{i=1}^{n} DPS_{it+1}}{\sum_{i=1}^{n} p_{it} q_{it}} * RD_t + \frac{RD_t}{Dt} * (D_{t+1} - D_t)$$

RD_{t+1}= پایه شاخص قیمت و بازده نقدی در زمان t+1(پس از تعدیل)

RD_t= پایه شاخص قیمت و بازده نقدی در زمان t (پیش از تعدیل)

p_{it}= قیمت شرکت iام در زمان t

q_{it}=تعداد سهام منتشره شرکت iام در زمان t

DPS_{it+1}=سود نقدی پرداختی شرکت iام در زمان t+1

D_{t+1}= پایه شاخص کل قیمت در زمان t+1(پس از تعدیل)

D_t= پایه شاخص کل قیمت در زمان t (پیش از تعدیل)

همان‌گونه که از فرمول فوق مشخص است، فرمول تعدیل پایه شاخص TEDPIX از دوبخش تشکیل شده است. بخش اول مربوط به بازده نقدی پرداختی شرکت‌هاست که باعث تعدیل پایه شاخص مزبور می‌شود و بخش دوم مربوط به موارد تعدیلی می‌شود که میان TEPIX و TEDPIX مشترک است و شامل مواردی همچون افزایش سرمایه از محل آورده نقدی شرکت‌ها می‌شود.

شرایط را درنظر گیرید که شرکت‌هایی اقدام به پرداخت سود نقدی کرده‌اند و هیچ موردی که منجر به تعدیل پایه شاخص TEPIX شود، رخ نداده باشد. دراین وضعیت Dt با Dt+1 برابر خواهد بود و فرمول فوق به صورت زیر محاسبه خواهد شد.

$$RD_{t+1} = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_{it} q_{it} - \sum_{i=1}^{n} DPS_{it+1}}{\sum_{i=1}^{n} p_{it} q_{it}} * RD_t$$

همان‌گونه که با کمی دقت مشخص است در این شرایط RDt+1 کوچکتر از RDt خواهد شد و این منجر به افزایش شاخص TEDPIX خواهد شد.

حال شرایطی را درنظر گیرید که سود نقدی توسط شرکتی پرداخت نشده باشد، لیکن شرکت‌هایی اقدام به افزایش سرمایه از محل آورده نقدی کرده باشند. در این وضعیت فرمول فوق به صورت ذیل محاسبه خواهد شد :

$$RD_{t+1} = RD_t + \frac{RD_t}{Dt} * (D_{t+1} - D_t)$$

شاخص بازده نقدی:

شاخص بازده نقدی که با نماد TEDPIX منتشر می‌شود، بیانگر سطح عمومی بازده نقدی پرداختی شرکت‌ها است و مقدار آن از تقسیم پایه شاخص کل قیمت بر پایه شاخص قیمت و بازده نقدی، به دست می‌آید. فرمول ذیل بیانگر نحوه محاسبه شاخص TEDIX است.

$$TEDIX_t = \frac{D_t}{RDt} * ۱۶۵۳.۸۰$$

ابزار گردآوری اطلاعات در این تحقیق استفاده از رایانه و اینترنت برای جمع‌آوری اطلاعات می‌باشد. داده‌ها از سایت بورس و سایت TSETMC برای شاخص بازار سهام روزانه بازار بورس و اوراق بهادار تهران و از سایت بانک مرکزی برای نرخ ارز استخراج می‌شود. درواقع داده‌های مربوط به شاخص بورس

و نرخ ارز جزو منابع مورد استفاده در این تحقیق می‌باشد. البته سایر مراجع و کتب و مقالات نیز به اقتضایه این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. سوال اصلی این تحقیق در ابتدا این بود، که نرخ بازده ارز بر بازده شاخص نقدی و بازده شاخص کل تاثیرگذار است یا خیر و چنانچه تاثیرگذار است با وقفه چند روزه تاثیرگذار بوده است ودرواقع نرخ بازده دلار چند روز قبل بر بازده شاخص نقدی و بازده شاخص کل امروز اثرگذار است.

مدل‌های این تحقیق مدل ریاضی بوده است و به شرح ذیل می‌باشد:

$$y_t = f(x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, x_{t-3} \dots . x_{t-k})$$

$$c_t = f(x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, x_{t-3} \dots . x_{t-k})$$

y_t=نرخ بازده شاخص کل

c_t=نرخ بازده شاخص نقدی

$x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, x_{t-3} \dots . x_{t-k}$=نرخ بازده دلار در روز اول و دوم تا روز kام

در ابتدا از همه چیز مهم‌تر این بوده است که ما عدد K را محاسبه نماییم درواقع این موضوع را دریابیم که نرخ بازده شاخص کل و نقدی که جزو متغیرهای وابسته ما هستند به نرخ بازده دلار امروز یا دیروز یا چند روز قبل وابسته هستند که میزان آن همان مقدارk است.

پس از بررسی‌های متعدد با استفاده از نرم افزار Eviews و مدل ARDL، میزان k را عدد ۴ بدست آوردیم، در واقع براساس جداول استخراج شده از نرم افزار ایویوز دریافتیم نرخ بازده دلار۴ روز قبل بر شاخص بازده نقدی و شاخص بازده کل امروز بورس اوراق بهادار تهران تاثیرگذار است.

پس از بدست آوردن k مدل فوق، جهت ارائه مدل پیش‌بینی با استفاده از شبکه عصبی این مدل را طراحی نمودیم. براساس داده‌های مربوط به شاخص بازده کل و نقدی و نرخ بازده دلار، روند تغییرات متغیرهای Y(شاخص بازده کل)، C(شاخص بازده نقدی) و X(نرخ بازده دلار) را تجزیه و تحلیل می‌نماییم. هدف طراحی مدلی برای شناسایی الگوی تغییرات و در نهایت پیش بینی متغیرهای Y و C است به طوری که تاثیر متغیر X بر روی آنها دیده شود. برای این منظور از سه رویکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)، سیستم‌های استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) و رگرسیون بردار پشتیبان (SVR) استفاده می‌کنیم.

عناصر پردازشی هر شبکه عصبی وظیفه دریافت و پردازش داده‌ها را برعهده دارد که این داده‌ها می‌توانند داده‌های خام و یا اطلاعات سایر نرون‌ها باشد. لایه‌های ورودی با توجه به ویژگی متغیر به

صورت عدد وارد شبکه شده و پس از تحلیل و پردازش در لایه میانی که عملیات جبری(تابع تبدیل) بر روی داده‌ها را انجام می‌دهد به صورت یک یا چند متغیر از لایه خروجی خارج می‌گردند. تابع جمع کننده، سطح فعال شدن داخلی یک نرون را محاسبه می‌نماید. این توابع تبدیل در لایه خروجی و لایه‌های پنهان شبکه قرار دارند و دارای انواع متفاوتی می‌باشند، که باتوجه به سطح فعال شدن داخلی و برون‌داد می‌تواند خطی یا غیرخطی بوده و براساس نیاز مورد نظر برگزیده گردد. معروف‌ترین تابع غیرخطی تابع سیگموئیدی نام دارد و این تابع به صورت ذیل می‌باشد.

$$Y_t = \frac{1}{1+e^{-cy}} \quad \text{و} \quad C>0$$

که در فرمول فوق C وسعت ناحیه خطی بودن تابع را تعیین و Y_t ارزش نرمال شده Y می‌باشد، که هدف آن تعدیل سطح برون داده‌ها قبل از رسیدن به سطح بعدی می‌باشد و آنرا به یک ارزش نرمال تبدیل می‌نماید. گاهی اوقات به‌جای استفاده از یک تابع تبدیل پیوسته، از یک تابع محرک آستانه‌ای استفاده می‌گردد [۱۵].

می‌توان بیان کرد که هر آنچه وارد لایه ورودی می‌گردد نقش متغیر مستقل و هرآنچه از آن خارج می‌گردد، نقش متغیر وابسته را دارد. متغیرهای که وارد شبکه عصبی می‌گردند با توجه به اهمیت آنها دارای وزن‌های متفاوتی می‌باشند، این وزنها از طریق روش اعداد تصادفی تولید و از طریق تعدیلات مکرر در این وزنها شبکه اقدام به تصحیح داده‌ها نموده و یادگیری را انجام می‌دهد. قانون یادگیری توسط روابط بازگشتی و بصورت معادلات تفاضلی بیان می‌گردد که به آن الگوریتم یادگیری گویند.

درهربار تکرار الگوریتم یادگیری، اطلاعات شبکه از محیط، شرایط و هدف افزایش می‌یابد. از آنجائیکه یک نرون از نقاط متفاوت داده دریافت می‌نماید، بنابراین از یک طرف هر نرون بردار وزنهای متناظر خود را مطابق قانون یادگیری خاص خودش تغییر می‌دهد و از طرف دیگر وابسته به رفتار نرون‌های دیگر در شبکه می‌باشد.

معادلات زیر را می‌توان درارتباط با نحوه یادگیری نرونهای یک شبکه عصبی نوشت:

برای حالات پیوسته $$W_{ij} = -aW_{ij}(t) + \boldsymbol{\Delta} W_{ij}(t)$$

برای حالات گسسته $$W_{ij}(K+1) = (1-a)W_{ij}(K) + \boldsymbol{\Delta} W_{ij}(K)$$

در معادلات فوق W_{ij} همان وزن سیناپسی است که jامین عنصر بردار ورودی را به i امین نرون متصل می‌نماید و $\boldsymbol{\Delta} W_{ij}$ یک عبارت تصحیح کننده است.

براساس داده‌های مربوط به شاخص بازده کل و نقدی و نرخ بازده دلار، روند تغییرات متغیرهای Y(شاخص بازده کل)، C(شاخص بازده نقدی) و X(نرخ بازده دلار) را تجزیه و تحلیل می‌نماییم. هدف طراحی مدلی برای شناسایی الگوی تغییرات و در نهایت پیش بینی متغیرهای Y و C است به طوری که تاثیر متغیر X بر روی آنها دیده شود. برای این منظور از سه رویکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)، سیستم‌های استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) و رگرسیون بردار پشتیبان (SVR) استفاده می‌کنیم.

تعداد نمونه‌های آموزش در این تحقیق ۸۰درصد داده‌ها به صورت تصادفی می‌باشد. و تعداد نمونه تست یا آزمایش ۲۰درصد داده‌ها می‌باشد که اعتبارسنجی آن نیز براساس تست یا آزمایش است.

ضمناً جهت ارائه مدل پرتفوی بهینه نیز مراحل ذیل می‌بایستی طی گردد:

Ri=بازده شرکت iام

σi= نیم واریانس پایین شرکت i ام

Xi = درصد تخصیص بودجه برای خرید سهام iام

فرض کنید می‌خواهیم از n شرکت واقع در بورس یک سبد سهام تهیه کنیم. برای این کار فرض کنید شخص می‌خواهد برای اهداف فوق آرمانی را ارایه نماید. در نظر داشته باشید βوα به ترتیب آرمانهای بازده و نیم واریانس پایین سبد سهام انتخاب شده باشد. لذا هدف حل دستگاه ذیل است.

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} x_i R_i \geq \alpha \\ \sum_{i=1}^{n} x_i \sigma_i \leq \beta \\ \sum_{i=1}^{n} x_i = 1 \\ x \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

همیشه ممکن است دستگاه (۱) دارای جواب نباشد، زیرا ممکن است مدیریت βوα را نامناسب با مقادیر واقعی موجود در بین شرکتهای واقع در بورس باشد. لذا هدف رسیدن به شرایط(۱) در صورت امکان است. از این رو مساله برنامه ریزی آرمانی ذیل طراحی می‌گردد.

$$\begin{aligned} Min \quad & n+t \\ s.t \quad & \sum_{i=1}^{n} x_i R_i + n - p = \alpha \\ & \sum_{i=1}^{n} x_i \sigma_i + s - t = \beta \\ & \sum_{i=1}^{n} x_i = 1 \\ & x \geq 0 \\ & n, p, s, t \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

مدل (۲) تلاش خواهد کرد که سبد سهامی را انتخاب نماید تا بازده سهام حداقل به اندازه α و نیم واریانس پایین مجموعه انتخاب شده حداکثر β باشد.

الگوریتم انتخاب سبد بهینه سهام :

گام ۱ : اطلاعات شاخص بورس و قیمت ارز را در زمانهای مختلف اخذ نمایید.

گام ۲ : بردارهای (yi,xi,xi-1,xi-2,xi-3) را تشکیل دهید که yi شاخص بورس روز i ام و xt قیمت ارز در روز tام است.

گام۳: به کمک شبکه عصبی طراحی شده قانون پیش‌بینی شاخص بورس را بسازید.

گام۴: اگر شاخص بورس برای سرمایه‌گذاری مناسب بود(شرایط را بگویید) آنگاه به گام ۵ بروید. در غیر این صورت به گام ۶ بروید.

گام۵: حداقل بازده مورد انتظار و حداکثر نیم واریانس پایین مورد انتظار سبد سهام را از مدیریت بگیرید و سپس مدل(۲) را حل کنید. و از آنجا سبد سهام بهینه را بدست آورید.

گام۶ : پایان

جامعه آماری در این مقاله عبارتست از کل داده‌های مربوط به قیمت ارز(دلار) براساس داده‌های بانک مرکزی ج.ا.ا. و شاخص بازده نقدی و شاخص بازده کل و اطلاعات و بازده سهام شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد.

نمونه آماری در این مقاله عبارتست از داده‌های مربوط به نرخ بازده دلار که از قیمت دلار محاسبه گردیده است و شاخص بازده نقدی و شاخص بازده کل و اطلاعات و بازده سهام شرکت‌ها که در محدوده زمانی ابتدای سال مالی ۱۳۹۵ تا تیرماه ۱۳۹۹ شمسی است. تعداد ۹۵۴ داده بوده است که به عنوان حجم نمونه درنظر گرفته می‌شود و نوع نمونه گیری این مقاله نمونه‌گیری قضاوتی است.

فرضیه‌ها یا پرسش‌های پژوهشی

پرسش اصلی مقاله چگونگی ایجاد مدل پرتفوی بهینه با استفاده از مدل پیش بینی شاخص بازده نقدی و شاخص بازده کل از طریق نرخ بازده دلار می‌باشد.

در این مقاله ابتدا به دنبال مدل پیش‌بینی تغییرات شاخص بازده نقدی و شاخص بازده کل از طریق نرخ بازده دلار هستیم و در این پیش‌بینی با استفاده از مدل ARDL تعداد روز را به دست آوردیم یعنی در واقع ارتباط شاخص بازده نقدی و شاخص بازده کل را با نرخ بازده دلار سنجیدیم و متوجه شدیم شاخص بازده نقدی و شاخص بازده کل امروز به نرخ بازده دلار ۴روز قبل وابستگی دارد و

پس از آن مدل پیش‌بینی را با استفاده از شبکه‌های عصبی بدست آوردیم. و از طریق این مدل، مدل پرتفوی بهینه را ایجاد نمودیم.

یافته‌های پژوهش

در این بخش فرایند بازشناسی الگو و پیش‌بینی متغیرهای وابسته (Y و C) تحت دو سناریوی مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. این دو سناریو شامل موارد زیر است:

سناریو اول: پیش‌بینی هر یک از متغیرهای وابسته Y و C تنها بر اساس روند تغییرات X

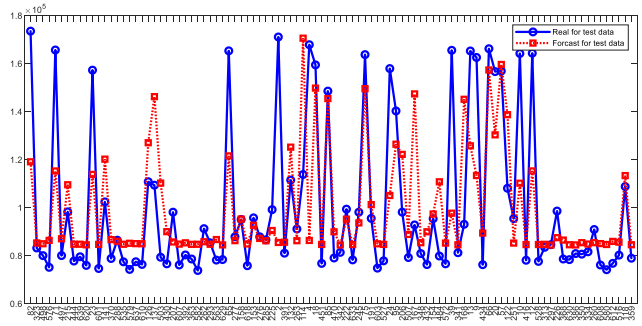
سناریو دوم: پیش‌بینی هر یک از متغیرهای وابسته Y و C بر اساس روند تغییرات X و همچنین روند تغییرات درونی خود آنها (سری زمانی).

پیش‌بینی از طریق سری‌های زمانی[1] برای مقادیر ناشناخته آینده، بر اساس یک سری از پیش‌گویی‌های متغیر با زمان صورت می‌گیرد. این روش از نتایج معلوم قبلی برای اعمال پیش‌گویی‌های بعدی‌اش بهره می‌برد. مدل‌ها باید دارای ویژگی‌های مشخص زمانی مخصوصا به صورت سلسه مراتب دوره‌های زمانی (پنج یا هفت روز هفته، دوازدهم ماه از سال...)، فصلی، داده‌های تاریخی و توجه خاص به گذشته داشته باشند. نتایج بدست آمده از هر سه رویکرد در هر یک از سناریوهای فوق گزارش داده شده و همچنین با یکدیگر مقایسه می‌شود.

نتایج بدست آمده از پیش‌بینی کننده‌ها در سناریو ۱: پیش‌بینی متغیر Y در سناریو ۱:

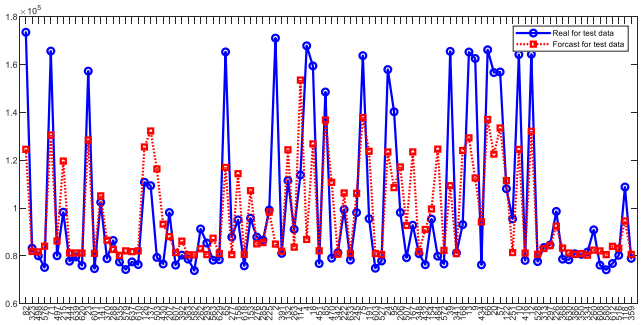
نمودارهای زیر برهم‌کنش داده های واقعی و داده‌های پیش بینی شده بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از هر سه روش SVR، ANFIS و ANN را نشان می‌دهد. در این نمودارهای محور x شماره‌ی داده‌ی موجود در مجموعه داده‌ی آزمایش می باشد (که به صورت تصادفی از مجموعه داده‌ی اصلی انتخاب شده‌اند). و محور y مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده‌ی داده‌ها می‌باشد. در سه شکل زیر متغیر وابسته Y است.

[1] Time Series



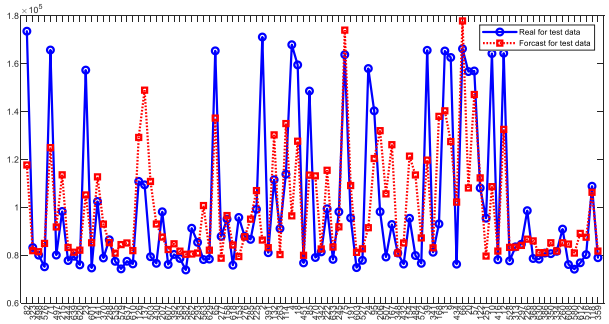
شکل ۱ : نمودار داده‌های واقعی و داده‌های پیش بینی شده

بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از SVR



شکل ۲ : نمودار داده‌های واقعی و داده‌های پیش بینی شده

بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از ANFIS

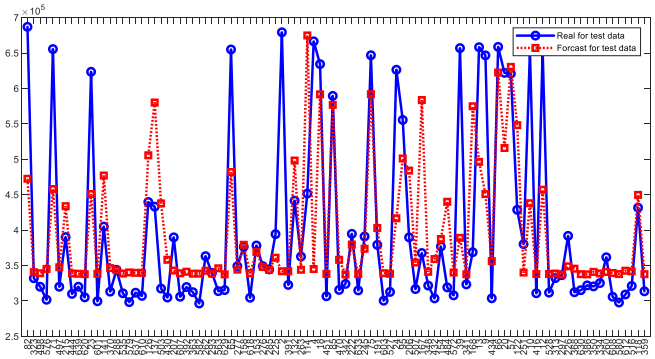


شکل ۳ : نمودار داده‌های واقعی و داده‌های پیش بینی شده

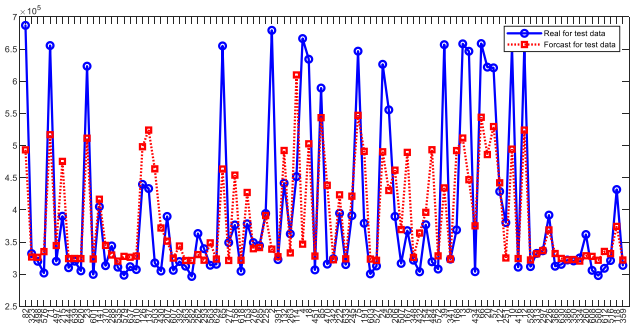
بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از ANN

پیش‌بینی متغیر C در سناریو ۱:

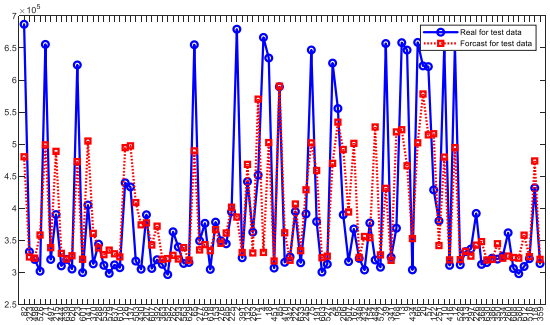
نمودارهای زیر برهم‌کنش داده‌های واقعی و داده‌های پیش بینی شده بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از هر سه روش SVR، ANFIS و ANN را نشان می‌دهد. در این نمودارهای محور x شماره‌ی داده‌ی موجود در مجموعه داده‌ی آزمایش می‌باشد (که به صورت تصادفی از مجموعه داده‌ی اصلی انتخاب شده‌اند). و محور y مقادیر واقعی و پیشبینی شده‌ی داده ها می‌باشد. در سه شکل زیر متغیر وابسته C است.



شکل ۴ : نمودار داده‌های واقعی و داده‌های پیش بینی شده بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از SVR



شکل ۵ : نمودار داده‌های واقعی و داده‌های پیش بینی شده بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از ANFIS



شکل ۶ : نمودار داده‌های واقعی و داده‌های پیش بینی شده

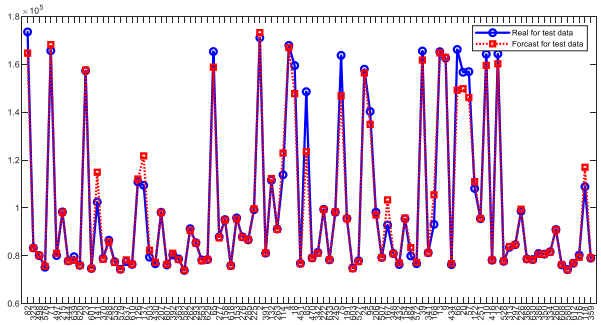
بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از ANN

جدول ۱ : تست نتایج بدست آمده از پیش‌بینی کننده‌ها در سناریو ۱:

Method	Y		C	
	Train MSE	Test MSE	Train MSE	Test MSE
SVR	۰,۱۴۳۰	۰,۲۱۵۲	۱۴۴۰	.۰,۲۱۸
ANFIS	۰,۱۴۷۱	۰,۱۸۳۶	۰,۱۴۸۴	۰,۱۸۶۴
ANN	۰,۱۴۹۶	۰,۲۰۰۳	۰,۱۵۵۷	۰,۱۸۴۶

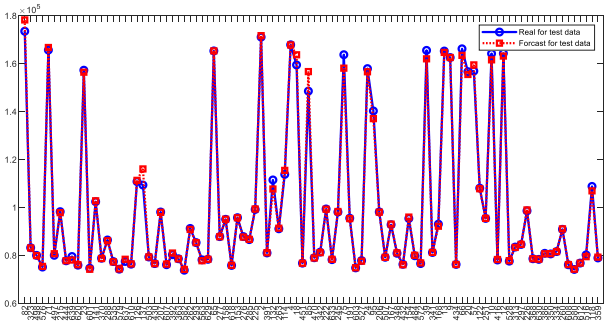
نتایج بدست آمده از پیش‌بینی کننده‌ها در سناریو ۲: پیشبینی متغیر Y در سناریو ۲

نمودارهای زیر برهم‌کنش داده‌های واقعی و داده‌های پیش‌بینی شده بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از هر سه روش SVR، ANFIS و ANN را نشان می‌دهد. در این نمودارهای محور x شماره‌ی داده‌ی موجود در مجموعه داده‌ی آزمایش می‌باشد (که به صورت تصادفی از مجموعه داده‌ی اصلی انتخاب شده‌اند). و محور y مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده‌ی داده‌ها می باشد. در سه شکل زیر متغیر وابسته Y است.



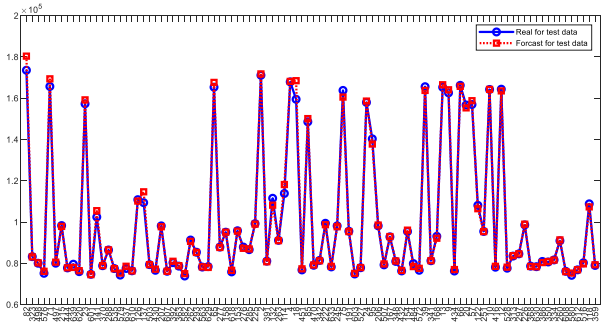
شکل ۷ : نمودار داده‌های واقعی و داده‌های پیش‌بینی شده

بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از SVR



شکل ۸ : نمودار داده‌های واقعی و داده‌های پیش‌بینی شده

بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از ANFIS

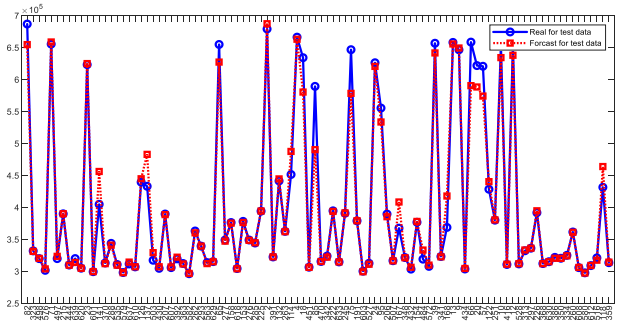


شکل ۹ : نمودار داده‌های واقعی و داده‌های پیش‌بینی شده

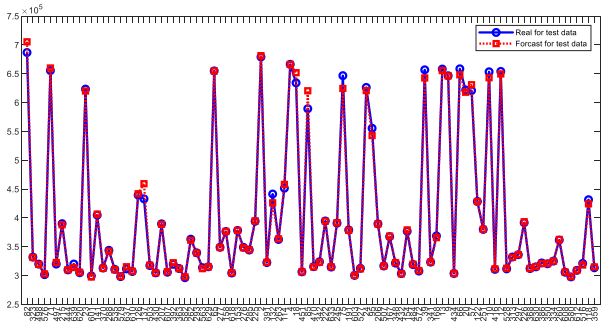
بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از ANN

پیش‌بینی متغیر C در سناریو ۲:

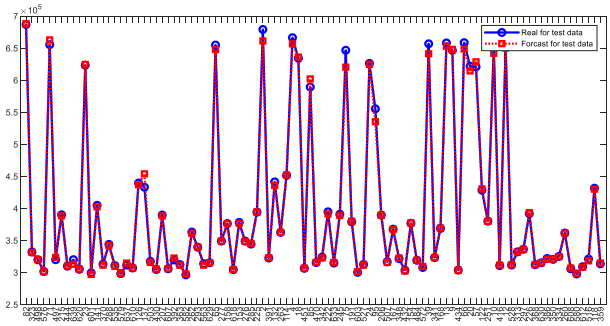
نمودارهای زیر برهم‌کنش داده‌های واقعی و داده‌های پیش‌بینی شده بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از هر سه روش SVR، ANFIS و ANN را نشان می‌دهد. در این نمودارهای محور x شماره‌ی داده‌ی موجود در مجموعه داده‌ی آزمایش می‌باشد (که به صورت تصادفی از مجموعه داده‌ی اصلی انتخاب شده‌اند). و محور y مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده‌ی داده‌ها می باشد. در سه شکل زیر متغیر وابسته C است.



شکل ۱۰ : نمودار داده‌های واقعی و داده‌های پیش بینی شده بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از SVR



شکل ۱۱ : نمودار داده‌های واقعی و داده‌های پیش بینی شده بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از ANFIS



شکل ۱۲ : نمودار داده‌های واقعی و داده‌های پیش‌بینی شده

بر روی مجموعه آزمایش با استفاده از ANN

جدول ۲ : تست نتایج بدست آمده از پیش‌بینی کننده‌ها درسناریو۲:

Method	Y		C	
	Train MSE	Test MSE	Train MSE	Test MSE
SVR	4. 39e-05	0.0090	4.50e-05	0.0096
ANFIS	5.56e-04	9.52e-04	5.67e-04	9.53e-04
ANN	7.74e-04	9.93e-04	3.33e-04	7.20e-04

نتیجه‌گیری و بحث

ارائه یک مدل پیش‌بینی میزان تغییرات شاخص بازده نقدی و شاخص بازده کل از طریق تغییرات بازده دلار از دغدغه‌های اصلی این تحقیق می‌باشد. درواقع هدف اصلی این تحقیق مدل‌سازی جهت پیش‌بینی آن است که به‌توان از طریق تغییرات در بازده دلار و قیمت دلار میزان تغییرات در شاخص بازده نقدی و شاخص بازده کل را بدست آورد. و سپس ارائه یک مدل آرمانی بهینه از طریق مدل پیش بینی فوق است. بکارگیری شاخص بازده نقدی و شاخص بازده کل دماسنج بورس در کشور است و خود بورس نیز دماسنج اقتصاد کشور می‌باشد. یکی از ابزارهای با دقت بالا و کاربردی برای پیش‌بینی استفاده از شبکه‌های عصبی است چراکه میزان دقت آنها با افزایش داده‌های تحقیق کاهش نخواهد یافت و دقت آن نیز از توابع خطی و غیرخطی و رگرسیونی برای پیش‌بینی خیلی زیادتر است. دراین تحقیق دو سناریو جهت پیش‌بینی طراحی نمودیم همانطوری که در بخش‌های قبلی ملاحظه فرمودید سناریو دوم پیش‌بینی بسیار بسیار دقیقتر را ارائه نمود، درواقع سناریو اول پیش‌بینی هریک از متغیرهای وابسته CوY تنها براساس روند تغییرات X مورد بررسی قرار گرفت، یعنی صرفاً براساس روند تغییرات ۴ روز گذشته بازده دلار بوده است، درحالی که در سناریو دوم علاوه برآنکه براساس روند تغییرات X مورد بررسی قرار گرفت، همچنین براساس روند تغییرات درونی خود آنها به صورت سری

زمانی نیز بررسی گردید، یعنی ضمن اینکه ۴روز گذشته بازده دلار را بررسی کردیم وضعیت شاخص در ۴ روز قبل را نیز دراین سناریو دخیل نمودیم.

در این مقاله از روش Non Functional استفاده نمودیم، به گونه‌ای که براساس روش شبکه عصبی داده‌ها را در داخل یک جعبه سیاه وارد می‌نمایم و به آنها وزن‌دهی می‌کنیم و در دوفاز آنها را مورد بررسی قرار می‌دهیم. بدون الگوی از پیش تعیین‌شده داده‌های را به هم می‌ریزیم یعنی درواقع به صورت تصادفی داده‌ها را دسته بندی می‌کنیم به دلیل اینکه دقت پیش‌بینی ما افزایش یابد، این دو فاز عبارتند از فاز یادگیری یا همان Train و فاز آزمون یا همان Test.

در فاز یادگیری ۸۰درصد داده‌ها را هم متغیر مستقل و هم متغیر وابسته را به پیش‌بینی کننده یا همان شبکه عصبی ارائه می‌دهیم، در حالی که ۲۰درصد الباقی داده‌ها را درفاز آزمون از پیش‌بینی کننده دریافت می‌کنیم، به این صورت که در فاز آموزش به پیش‌بینی‌کننده آموزش می‌دهیم درصورتی که برای X تغییراتی ایجاد گردد برای Cو Y چه تغییراتی ایجاد می‌شود، اما در فاز آزمون از پیش‌بینی کننده می‌خواهیم که اگر برای X تغییراتی ایجاد گردد پیش‌بینی‌کننده به من بگو برای CوY چه اتفاقی خواهد افتاد. درواقع در ابتدا به آن یاد می‌دهیم و سپس از آن آزمون می‌گیریم.

در سیستم استنتاج تطبیقی عصبی-فازی ANFIS از الگوریتم‌های شبکه‌ی عصبی و منطق فازی به منظور طراحی نگاشت غیرخطی بین فضای ورودی و خروجی استفاده می‌گردد. این سیستم به عنوان ابزاری قدرتمند قابلیت پیش‌بینی نتایج را با استفاده از داده‌های عددی موجود دارد.

پیشنهاد کاربردی این مقاله این است که از نتایج این تحقیق مدیران پرتفوی و مدیران سرمایه‌گذاری و سیاست‌گذاران سازمان بورس و اوراق بهادار تهران استفاده نمایند. پیشنهاد مقاله آتی این است که متغیرهای کلان اقتصادی همچون تولید ناخالص داخلی، درآمد ملی و شاخص قیمت و... جهت ایجاد مدل پیش‌بینی شاخص بازده نقدی و شاخص بازده کل استفاده گردد. یکی دیگر از پیشنهادات مقاله آتی استفاده از سایر متغیرهای بنیادی مالی همچون سود خالص شرکت جهت ارائه مدل بهینه‌سازی پرتفوی بوده است.

منابع

1) Afsaneh, Sina. & Fallah, Mirfeyz (1399). “Comparison of Value Risk Models and CoppolaCVaR in Portfolio Optimization in Tehran Stock Exchange”, Journal of Financial Management Perspective, No. 29, Spring 2020. In Persian.

2) Alexander G.j., & Baptista A.M.(2011) Portfolio selection with mental accounts and delegation. Journal of Banking & Finance, 35 , 2637-2656.

3) Alimi, Amir, Kordestani, Gholamreza, (1390). “Using of Valuing remaining Profit Model as a Benchmark for Selecting Portfolio” Journal of Financial Management Perspective, No. 4, Winter 2012. In Persian.

4) Baptista A.M. (2012) Portfolio selection with mental accounts and background risk Journal of Banking & Finance, 35 , 2637-2656.

5) Butler, Alexander W., Jess Cornaggia, Gustaro Grullon, and James P. Weston,2011: corporate financing decisions, managerial market timing, and real investment, Journal of Financial Economics 101, 210-197

6) Chen N.F., R. Roll and S.A. Ross (1986) “Economic Forces and the Stock Market”, Journal of business, Vol. 59, No.3, PP. 383-403.

7) Chen, N. Fu & Roll, R. & Ross, S.A. (1986), “Economic Forces and the Stock Market”, Journal of Business, Vol.59, No.3, PP.383-403

8) Ebrahimi, Seyed Babak, Jirofti, Amirsina, Abdi, Matin, (1397) "Optimization of Investing Portfolio Under Fuzzy Credit Theory with Conditional Value At Risk. Journal of Knowledge Finance, 11(37), 17-27.

9) Feldstein, Martin, “Inflation and the stock Market”, American Economic Review, 1980. PP. 839-847.

10) Geske R. and R. Roll. The Fiscal and Monetary Linkage between stock returns and Inflation/Journal of Finance, 1983, Vol.38, No.1, PP 7-33.

11) Ghlibaf Asl, Hassan, 2001: The analysis of effect exchange rate at value’s Company in Iran, Master Degree Thesis, Tehran University.45-99. In Persian.

12) Johansen, S. (۱۹۸۸), “Statistical Analysis of Contegration Vectors”, Journal of Economic Dyn Control. Vol. ۱۲, PP. .۲۵۴-۲۳۱

13) KarimZadeh, Mostafa, 1385: the analysis of long relationship Tehran exchange index with money macroeconomic varaibles by Cointegation Method in Iran, Iran Economic Research Journal, Vol.8, PP.54-51. In Persian

14) Katagiri, H., & Ishii, H. (1999). Fuzzy Portfolio Selection Problem. In Systems, Man , and Cybernetics , 1999. IEEE SMC' 99 Conference Proceedings. Vol. 3, PP. 973-978 with Stochastic interest rate and uncontrollable liability". European Journal of operational Research, 252(3), 837-851.

15) Komijany, Akbar, 2010 the applicate of neural network in Forecasting Iranian Accepted in Tehran exchange companies Economic Bankruptcy, Third Year, Vol.6, Autumn 2010. In Persian.

16) Liu, B.(2007). Uncertaninty Theory. (2nded). Berlin : Springer-verlag.

17) Loughani, N.E., (1995), "Random Walk in Thinly Traded Stock Markets: The case of Iranian", Arab Journal of Administrative Sciences, VOL.3

18) L.R. Medsker and D.L. Bailey, "Models and guidelines for integrating expert systems and neural networks", in Hybrid architectures for intelligent systems, CRC Press, Inc., 1992, PP. 153-171.

19) Markowitz, H., & Selection. P.(1959)."Efficient diversification of investments", John Wiley and Sons,12,26-31.

20) Mayasami, R.C. and T.S. Koh, A Vector Error Correction Model of the Singapore Stock Market, International Review od Economics and Finance, Vol.9. PP. 79-96, 2000