



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری  
دوره ۱۳ / شماره ۲ (پیاپی ۵۰) / تابستان ۱۴۰۳  
صفحه ۳۹ تا ۷۲

## طراحی الگوریتم ریاضی بهینه سازی سبد دارائی های ارزی بانکها، بر مبنای منطق فازی و شاخص های ریسک مرتبط (مطالعه موردی: بانک ملت)

### غلامرضا بیاتی

دانشجوی دکترای تخصصی مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
Bayaty114@gmail.com

### محمد ابراهیم محمدپورزند

استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)،  
Pourzarandi@yahoo.com

### حمیدرضا کردلویی

دانشیار، گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت و حسابداری، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران،  
Hamidreza.Kordlouie@gmail.com

### عارفه فدوی

استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران،  
ar.fadavi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۳

### چکیده

بهینه سازی سبد ارزی بانکها با هدف تعیین ترکیبی بهینه از دارائی های ارزی به گونه ای است که کمترین ریسک و بیشترین بازده را به همراه داشته باشد. رویکرد مورد استفاده در این مقاله که در واقع اولویت آن نسبت به سایر روشها می باشد، استفاده ترکیبی از مدل های ریاضیات نادقیق (فازی) و بهینه سازی می باشد. به این ترتیب که از برنامه ریزی خطی با ضرایب هدف فازی استفاده شده است. ضرایب هدف همان نرخ ارز می باشد. به بیان دیگر نرخ روزانه تمامی ارزها به دلیل نوسان، به صورت اعداد فازی در نظر گرفته شده است. از اینرو در این پژوهش با تدوین یک مدل ریاضی چند هدفه و با به کارگیری داده های فازی مربوط به نرخ خرید و فروش ۶ ارز در سال ۱۳۹۸ اعم از دلار آمریکا، درهم امارات، ین ژاپن، لیر ترک، ون کره و یورو، ریسکهای مرتبط با نوسانات ارزی یادشده و همچنین بازده آنها، به صورت موردی، در پرتفوی ارزی بانک ملت برای افق زمانی آینده اندازه گیری و برآورد شده است. مدل به دست آمده قابل بهره برداری برای کلیه بانکها بوده با تعیین مقدار بهینه وزن هر ارز ضمن توصیف و تحلیل وضع موجود، به تبیین وضع مطلوب می پردازد و به بانکها این امکان را بدهد تا با سرمایه گذاری مناسب و بهینه در دارائی های ارزی خود ضمن کسب مزیت رقابتی، به ایفای تعهدات ارزی خود نیز در سررسید به موقع عمل نمایند. به منظور حل مدل از نرم افزار Gams استفاده شده است.

**واژه های کلیدی:** سبد ارزی، ریسک، بازده، منطق فازی، بهینه سازی.

## ۱- مقدمه

پرتفوی یا سبد به ترکیبی از دارایی‌های واقعی و مالی گفته می‌شود که توسط یک سرمایه‌گذار (فرد یا موسسه) برای سرمایه‌گذاری تشکیل می‌شود. دارایی‌های مالی جذابیت بیشتری دارند. معمولاً سرمایه‌گذاران در راستای نظریه پرتفولیو، سبد تشکیل می‌دهند. در نظریه پرتفولیو گفته می‌شود دارایی‌ها و سرمایه‌گذارها باید به صورت پرتفولیو (متنوع) باشند یعنی به جای سرمایه‌گذاری در یک دارایی خاص با تشکیل سبد سرمایه‌گذاری، ریسک سرمایه‌گذاری را به حداقل رسانند. به اصطلاح می‌گویند همه تخم مرغها را نباید در یک سبد گذاشت. فلسفه پرتفولیو در آن است که با تشکیل سبد دارایی با کاهش ریسک غیر سیستماتیک به یک سود انتظاری مطمئن هر چند کمتری باریسک پایین دست یافت. هدف از تشکیل سبد سرمایه‌گذاری، تقسیم کردن ریسک سرمایه‌گذاری بین چند دارایی است؛ بدین ترتیب، سودیک دارایی میتواند ضرر دارایی دیگر را جبران کند.

سرمایه‌گذاری یعنی تقابل بین ریسک و بازده. کنار آمدن با این موضوع و رسیدن به ثبات در زمان کنونی با در نظر گرفتن این تقابل چالش بزرگی را برای اکثر موسسات مالی از جمله بانکها در گوشه و کنار جهان به وجود آورده است (Best, 1999, 1-148).

بانک‌ها در راستای بهینه‌سازی سبد، با ریسک‌های مختلفی مواجه اند که در صورت از بین بردن تمامی آنها، فرصتها از دست می‌روند. بنابراین بر اساس تغییر شرایط و اطلاعات دریافتی از بازار، سطوح متفاوتی از ریسک را می‌پذیرند. به بیان دیگر در زمان تصمیم‌گیری و سرمایه‌گذاری به هر دو مفهوم ریسک و بازده همزمان توجه می‌کنند (امیری و دیگران، ۱۳۸۸، ۲۲-۱). این دو عامل از عواملی است که به صورت ویژه مورد توجه مدیران موسسات مالی به عنوان معیارهای اصلی در اتخاذ تصمیمات مالی می‌باشد. می‌توان گفت مهمترین و اصلی‌ترین تصمیمات مدیران مالی در موسسات ذکر شده و همچنین در شرکت‌های سرمایه‌گذاری، تعیین ریسک و بازده و همچنین تشکیل پرتفوی بهینه است که این تصمیمات باید در راستای به حداکثر رساندن ثروت سهامداران، اتخاذ شوند (کیقبادی و احمدی، ۱۳۹۵، ۸۲-۶۳).

امروزه اکثر بانکها و موسسات مالی در دنیا به دلایل زیر ملزم به بهینه‌سازی سبد ارزی خود می‌باشند:

- ۱- بخش عمده دارائی و بدهی بانکها ارزی می‌باشد. ۲- درآمدهای ناشی از ارز به صورت غیر مشاع می‌باشد.
- ۳- به اذعان بسیاری از کارشناسان خبره بانکی، بخش عظیمی از درآمدهای بانک ناشی از درآمدهای ارزی است.
- ۴- این دارائی‌ها و فعالیت‌های ناشی از آن سهم بسزایی در کسب شهرت جهانی و برقراری روابط کارگزاری با سایر بانکها در سطح بین الملل دارد.
- ۵- تاکید نهادهای نظارتی نظیر کمیته بال بر محاسبه ریسک‌های ناشی از تغییرات نرخ‌های ارز. ۶- جهانی‌سازی بازارهای مالی که منجر به، به وجود آمدن منابع ریسک بیشتری شده است.
- ۷- پیشرفتهای تکنولوژیکی که منجر شده است مدیریت ریسک یک شرکت یا موسسه مالی بزرگ با استفاده از روشهای اندازه‌گیری پیچیده امکان پذیر باشد (دیواندری و دیگران، ۱۳۸۹، ۲۱۰-۲۰۸). پر واضح است که عدم توجه به الگوی مناسب برای مدیریت سبد دارائی‌های ارزی بانکها و به دنبال آن تخمین‌های نادرست از میزان ریسک و بازده دارایی‌های ارزی موجود در سبد، موسسات پولی و بانکها را به حفظ ذخیره ناکافی سرمایه برای پوشش ریسک‌های خود هدایت کرده به نحوی که آنها ذخایر سرمایه ناکافی را برای جذب تکانه‌های مالی بزرگ نگهداری

خواهند کرد و در نتیجه با زینهای هنگفت و یا حتی ورشکستگی مواجه می شوند (راغفر و آجرلو، ۱۳۹۵، ۱۴۱-۱۱۳).

بانکهای کشور به طور کلی هر چند که نسبت به بانکهای موفق خارجی دارای پرتفوی ارزی گسترده و نیز کاملاً انعطاف پذیر جهت انجام مبادله در بازارهای جهانی نبوده، اما خواه نا خواه با ریسک ناشی از آن مواجه خواهند بود. لذا انتخاب استراتژی مناسب جهت سرمایه گذاری در این بخش با توجه به نوسانات نرخ ارز، از دیرباز یکی از دغدغه های مهم آنها محسوب می شود. بنابراین بررسی ترکیب سبدهای ارزی و اقدام در جهت بهینه سازی آن همسو با حوادث نامطلوب سیاسی، اقتصادی و ... اهمیت بالایی خواهد داشت. اهمیت و اهداف پژوهش پیش رو ناشی از اهمیت نرخ ارز و همچنین جنبه نوآوری و جدید بودن تحقیق به دلایل زیر است:

۱- نرخ ارز از عوامل کلان اقتصادی و همواره مورد توجه جوامع اقتصادی و مالی است. ۲- نرخ ارز از شاخص های نشانگر شرایط اقتصادی کشور بوده و عاملی برای مقایسه اقتصاد ملی با اقتصاد سایر ملل است. ۳- این نرخ بر روی قیمت سهام و به تبع آن بازده سهام و در نتیجه توانایی شرکت در جذب سرمایه گذاری ها و نهایتاً افزایش سرمایه گذاری اثر گذار است. ۴- از عوامل تعیین کننده در محاسبه سودآوری و کارایی در فرآیند سرمایه گذاری و به تبع آن توسعه و رشد مالی بانکها است. ۵- ثبات نرخ ارز باعث اطمینان در محیط مالی می شود و در نتیجه سرمایه گذاران می توانند با سهولت بیشتری در مورد سرمایه گذاری در زمان حال و آینده تصمیم گیری کنند. ۶- به کارگیری ترکیبی از مدل های ریاضیات نادقیق (فازی) و بهینه یابی. ۷- کاربردی بودن نتایج یافته های تحقیق به عنوان یک سیستم پشتیبان و سیستم اطلاعاتی مدیریت در سیاستگذاری ارزی این پژوهش با توجه به همه محدودیت هایی که در انجام آن، به ویژه از نظر داده ها وجود دارد، با هدف طراحی و تبیین مدلی با ترکیب الگوریتم های بهینه سازی و منطق فازی به منظور توسعه و تنظیم سبد دارائی های ارزی مناسب بانکها، بر مبنای شاخص های ریسک مرتبط انجام پذیرفته است.

## ۲- روش شناسی تحقیق

### ۲-۱- تاریخچه و پیشینه تحقیق

مساله ای که صنعت بانکداری از بدو پیدایش آن با آن مواجه بوده و در نتیجه بازیگران این صنعت را از ابتدا به خود مشغول ساخته آن است که چگونه از بین ریسکها و بازدهی های موجود، بهترین ارزش را کسب کنند تا در بازار رقابت از رقبای خود عقب نمانند. برای رسیدن به این مهم پرواضح است به دلیل وجود انبوه داده ها و پیچیدگی رفتارهای سرمایه گذاری و سهامداران، بدون اتکا به یک مدل و یک سیستم علمی و محاسباتی که بتواند با بهره گیری از اطلاعات و وقایع گذشته کار پیش بینی برای تصمیم گیرندگان در بازار را برای دوره های آتی که قصد سرمایه گذاری و کسب ارزش و سود دارند فراهم سازد، امکان پذیر نیست. به همین منظور در صنعت بانکداری داخلی و خارجی مطالعاتی توسط محققین، پژوهشگران و دانشجویان داخل دانشگاهها صورت پذیرفته است که هر کدام به دنبال حل بخشی از مشکلات و محدودیت های این فرآیند بوده اند.

موضوع تعیین سبد یا پرتفوی ارزی مناسب ذخائر، با وجود اهمیت زیاد آن، از جنبه های کمتر مطالعه شده مبحث مدیریت ذخائر محسوب شده و در ادبیات موضوع، توجه چندانی را به خود جلب نکرده است. شاید یکی از دلایل اصلی این امر، عدم امکان دسترسی محققین و پژوهشگران به آمارهای کشوری به دلیل سری و محرمانه بودن آمار مربوطه میباشد (Eichengreen, Mathieson, 2000).

## ۲-۱-۱- تحقیقات داخلی

اصغری و فلاحی و صنوبر و رضازاده (۱۳۹۳) که با استفاده از روش های پارامتریک MS-Garch به بهینه سازی سبد سهام در چارچوب ارزش در معرض خطر پرداختند و باروش های ناپارامتریک بوت استرپینگ، روش بازنمونه گیری که به بهبود روش شبیه سازی تاریخی کمک می کند، (هال، ۱۹۹۴)، مقایسه کردند که نتایج نشان داد که برای محاسبه ارزش در معرض ریسک سرمایه گذاران روش های پارامتریک را نسبت به ناپارامتریک درالویت قرار دهند (اصغری و دیگران، ۱۳۹۳، ۱۲۲-۸۸).

واعظ و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله ای با عنوان مدیریت بهینه پرتفوی ارزی، مطالعه موردی، ذخایر رسمی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، با استفاده از یک رهیافت میانگین- واریانس، ترکیب ارزی ذخایر خارجی اقتصاد ایران در دوره ۲۰۰۰-۱۹۹۷ را شبیه سازی نموده و به این نتیجه دست یافتند که میانگین سهم دلار آمریکا و پوند استرلینگ در ذخایر ارزی بیشتر از سهم بهینه است، در حالیکه میانگین سهمهای یورو و ین ژاپن کمتر از سهم بهینه است (واعظ، دائی کریم زاده، کریمیان، ۱۳۹۰، ۱۲۷).

سجادی (۱۳۸۰)، طی تحقیقی به بررسی نحوه تغییر در سبد دارائیهای ارزی ایران جهت کاهش ریسک ذخائر ارزی در قبال حادثه ۱۱ سپتامبر پرداخت. بدین منظور با استفاده از نرخ معاملات ارز در بازار آمریکا، داده های نرخ برابری ریال با شش ارز مختلف و همچنین بهای یک گرم طلای ۱۸ عیار طی دوره چهار ماهه مربوط به قبل و بعد از حادثه ۱۱ سپتامبر را مورد استفاده قرار داد. نتایج حاصل از حل الگو نشان داد که با افزایش حد بالای مجاز برای متغیرهای مختلف، میزان ریسک کاهش و سهم بهینه دلار آمریکا روی حد بالای خود تعیین می گردد. این موضوع بدین معنی است که دلار در طی دوره قبل و بعد از عملیات ۱۱ سپتامبر، دارای حداقل میزان نوسانات بوده است. به عبارت دقیقتر، نتایج حاصل از حل الگو حاکی از آن بود که دلار آمریکا با وجود مسائل و مشکلات اقتصادی و بحرانی سیاسی ناشی از عملیات تروریستی در آن کشور، هنوز به عنوان ارز پایه می تواند سهم عمده ای را در سبد ارزی کشور به خود اختصاص دهد (دائی کریم زاده، ۱۳۹۶).

بی ریا (۱۳۸۳) در بخشی از رساله دکتری خود به تعیین ترکیب بهینه ذخایر ارزی کشورهای صادر کننده مواد خام پرداخته است. در این پژوهش از رهیافت میانگین- واریانس و رهیافت قیمت گذاری دارایی های سرمایه ای برای بهینه سازی ترکیب ارزی ذخایر خارجی کشورهای صادر کننده مواد خام استفاده شده است. ایشان بیان می کند که نتایج به دست آمده از ارزیابی ترکیب خالص ذخایر ارزی نشان می دهد با تغییر در درجه ریسک گریزی سهم بهینه ارزهای مختلف در ترکیب خالص ارزی تغییر می کند. در شرایط عدم وجود ریسک، کشورها ترکیب ذخایر خالص خود را بر اساس بازدهی ارزهای مختلف تعیین می کنند. در این شرایط بیشترین سهم ذخایر

خالص ارزی به صورت دلار نگهداری می شود. ولی با وارد کردن ریسک به مدل ابتدا سهم بیشتری از ذخایر خود را به صورت مارک و ین نگهداری می کند اما با افزایش درجه ریسک گریزی، سهم بهینه دلار افزایش یافته و سهم بهینه مارک و ین در ذخایر خالص ارزی به تدریج کاهش می یابد (دائی کریم زاده، ۱۳۹۶).  
در مطالعه جودی (۱۳۸۷)، با عنوان "تهیه پرتفوی بهینه ارزی بانک تجارت با استفاده از معیار ارزش در معرض ریسک"، برای محاسبه ریسک پرتفوی ارزی بانک تجارت دو رویکرد پارامتری و ناپارامتری شامل روش های واریانس-کوواریانس و شبیه سازی تاریخی و مونت کارلو به کار گرفته شد. در این تحقیق، مدل بهینه انتخاب و با استفاده از روش ماکویتز، عملیات بهینه سازی روی مدل یادشده انجام و پرتفوی بهینه و کارای ارزی تعیین شد. براساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، رویکرد ناپارامتری به رویکرد پارامتری برتری دارد (راغفر، آجرلو، ۱۳۹۵، ۱۲۲-۱۲۱).

## ۲-۱-۲- تحقیقات خارجی

سوئسمنتو (۲۰۰۸) در رساله دکتری خود تحت عنوان "ترکیب ارزی ذخایر خارجی: یک مطالعه تطبیقی" تاکید می کند ناطمیانی ها در مورد آینده اقتصادی امریکا و ارزش دلار آمریکا منجر به فشار بر بانک های مرکزی به ویژه در کشورهای در حال توسعه جهت انتقال ذخایر ارزی خود از دلار به سایر ارزها شده است. این مطالعه یک بررسی تطبیقی تجربی در مورد عوامل تعیین کننده ترکیب ارزی ذخایر خارجی بر اساس چارچوب نظری میانگین-واریانس و نظریه مبادلاتی انجام می دهد. نتایج تحقیق نشان می دهد، دو عامل معاملاتی، مزیت تصدی گری ارز ذخیره<sup>۱</sup> و سهم تجاری ارز کشور برای مدیریت ترکیب ارزی ذخایر خارجی جهان و هر دو گروه اقتصادهای در حال توسعه و توسعه یافته مهم هستند. در میان اقتصادهای توسعه یافته مزیت تصدی گری دلار آمریکا در مدیریت ذخایر خارجی تداوم داشته است. به علاوه نتایج تحقیق نشان می دهد یورو تاثیر کمی بر این که بانک های مرکز چطور ذخایر ارزی خود را مدیریت کرده اند، گذاشته است. محقق در نهایت نتیجه گرفته هردو رهیافت مبادلاتی و میانگین-واریانس به طور همزمان در تعیین ترکیب ارزی بهینه استرالیا نقش مهمی دارند. روی هم رفته، نتایج مطالعه نشان می دهد دلار آمریکا به عنوان ارز اصلی بین المللی نقش خود را حفظ نموده است (دائی کریم زاده، ۱۳۹۶).

موسسه مطالعات اقتصادی ایسلند<sup>۲</sup> (۲۰۰۰)، پرتفوی بهینه بانک مرکزی ایسلند را طی دوره ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۳ با استفاده از الگوی میانگین-واریانس و دو معیار نرخ بازدهی واقعی<sup>۳</sup> و نرخ بازدهی واقعی پیش از وقوع محاسبه کرده و پرتفوی حاصل را باداده های واقعی مقایسه نمود، سپس توابع تقاضای نسبی ذخائر را با استفاده از رهیافت هزینه مبادله برآورد نمود (دائی کریم زاده، ۱۳۹۶).

سوئسمنتو (۲۰۰۸) در رساله دکتری خود تحت عنوان "ترکیب ارزی ذخایر خارجی: یک مطالعه تطبیقی" تاکید می کند ناطمیانی ها در مورد آینده اقتصادی امریکا و ارزش دلار آمریکا منجر به فشار بر بانک های مرکزی

1 The Incumbency Advantage of the Reserve Currency

2 <http://www.ioes.hi.is/>

3 Ex post real rate of return

به ویژه در کشورهای در حال توسعه جهت انتقال ذخایر ارزی خود از دلار به سایر ارزها شده است. این مطالعه یک بررسی تطبیقی تجربی در مورد عوامل تعیین کننده ترکیب ارزی ذخایر خارجی بر اساس چارچوب نظری میانگین- واریانس و نظریه مبادلاتی انجام می دهد. نتایج تحقیق نشان می دهد، دو عامل معاملاتی، مزیت تصدی گری ارز ذخیره و سهم تجاری ارز کشور برای مدیریت ترکیب ارزی ذخایر خارجی جهان و هر دو گروه اقتصادهای در حال توسعه و توسعه یافته مهم هستند. در میان اقتصادهای توسعه یافته مزیت تصدی گری دلار آمریکا در مدیریت ذخایر خارجی تداوم داشته است. به علاوه نتایج تحقیق نشان می دهد یورو تاثیر کمی بر این که بانک های مرکز چطور ذخایر ارزی خود را مدیریت کرده اند، گذاشته است. محقق در نهایت نتیجه گرفته هر دو رهیافت مبادلاتی و میانگین- واریانس به طور همزمان در تعیین ترکیب ارزی بهینه استرالیا نقش مهمی دارند. روی هم رفته، نتایج مطالعه نشان می دهد دلار آمریکا به عنوان ارز اصلی بین المللی نقش خود را حفظ نموده است (دائی کریم زاده، ۱۳۹۶).

اشنرگین و ماتیسون (۲۰۰۰) در تحقیقی با عنوان "ترکیب ارزی ذخایر خارجی: نگاهی به گذشته و چشم انداز آینده" با استفاده از داده های محرمانه از تعداد کشورهای بیشتری (در یک نمونه شامل ۸۳ کشور از بین اقتصادهای نوظهور و در حال گذار) برای دوره ۱۹۹۶-۱۹۷۹ به بررسی عوامل تعیین کننده ترکیب ارزی ذخایر بین المللی با استفاده از یک الگوی هزینه مبادله پرداختند. آنها دریافتند که بین تقاضا برای ذخایر بر حسب ارزهای گوناگون و عوامل تعیین کننده اصلی آن (شامل جریان های تجاری، جریان های مالی و تثبیت های ارزی)، در طول زمان ثبات قابل توجهی وجود دارد. لذا برخلاف پیش بینی برخی اقتصاددانان، انتقال سریعی را در ترکیب ارزی ذخایر در طول زمان پیش بینی نکردند. آنها به این نتیجه رسیدند که در یک نظام نرخ ارز میخکوب شده، جریان های تجاری و جریان های مالی، تعیین کننده ترکیب ارزی ذخایر هستند. آنها نتیجه گرفتند که در حالی که یک کشور پول خود را به پول کشور دیگر تثبیت کرده است، باید سهم بیشتری از ذخایر ارزی خود را به پول کشور مذکور نگهداری کند (واعظ، دائی کریم زاده، کریمیان، ۱۳۹۰، ۱۲۷).

بن بسات (۱۹۸۰) در تحقیقی با عنوان "ترکیب ارزی بهینه ذخایر خارجی"، از روش بهینه سازی میانگین - واریانس برای انتخاب یک پرتفوی بهینه از ارزهای خارجی استفاده کرد. وی از داده های ماهانه سال های (۱۹۸۰-۱۹۷۶) برای اقتصادهای نیمه صنعتی<sup>۱</sup> و اقتصادهای در حال توسعه به صورت گروهی استفاده و نتایج سبدهای بهینه را با سبدهای واقعی مقایسه کرد. بن بسات نتیجه می گیرد که ترکیب ارزی بهینه ذخایر خارجی وابسته به سه عامل است که عبارت اند از:

۱- انگیزه های کشورها از نگهداری ذخایر ارزی ۲- ریسک و بازده ارزهای مختلف ۳- تمایل کشور برای قرار گرفتن در یک وضعیت باثبات از لحاظ بین المللی (واعظ، دائی کریم زاده، کریمیان، ۱۳۹۱، ۱۲۴).

<sup>۱</sup> Semi-Industrial

## ۲-۱-۳- تجربه برخی بانکها در مدیریت ریسک ارزی

### ۲-۱-۳-۱- بانکهای خارجی

#### ✓ بانکهای هند

برای فعالان در بازار مالی هند همانند بانک ها، برای محاسبه حد کفایت سرمایه که در آن به اندازه گیری ریسک عملیاتی و ریسک بازار در کنار ریسک اعتباری پرداخته می شود، استفاده از VaR اجباری است. این بانک ها به طور عمده از دو روش زیر برای محاسبه VaR استفاده می کنند:

۱- روش واریانس-کوواریانس (همانند روش Risk Metrics). ۲- روش شبیه سازی تاریخی (HS<sup>1</sup>).

نتایج علمی از تجربه بانک های هند نشان داده است که روش واریانس - کوواریانس مقدار VaR را کمتر از مقدار واقعی خود تخمین می زند. شبیه سازی تاریخی مقدار دقیق تری را برای VaR تخمین می زند و سبب در نظر گرفتن حد کفایت سرمایه بیشتری برای بانک ها نسبت به واریانس - کوواریانس می شود (دیواندری و دیگران، ۱۳۸۹، ۲۰۸-۲۱۰).

#### ✓ بانک های سوئیس

تحقیقات در مورد استفاده از VaR در صنعت بانکداری سوئیس نشان می دهند که: ۱- حدود یک سوم از بانک های مورد تحقیق از VaR برای اندازه گیری ریسک استفاده می کنند. ۲- مهم ترین کاربرد VaR در مدیریت پرتفوی، مربوط به تصمیم گیری در مورد تخصیص منابع و اندازه گیری ریسک بازار می باشد. ۳- حدود یک سوم از بانک های استفاده کننده از VaR، برای محاسبه، از روش شبیه سازی تاریخی استفاده می کنند. سایر بانک ها عموماً از روش های واریانس - کوواریانس یا مونت کارلو برای تخمین، بهره می برند. ۴- یافته ها نشان می دهد که در صنعت بانکداری سوئیس، برای اندازه گیری ریسک بازار، علاقه و خوشبینی زیادی به استفاده از VaR ایجاد شده است، به طوری که استفاده از این معیار در میان بانک ها در حال افزایش است (همان منبع، ۲۰۸-۲۱۰).

#### ✓ دوپچه بانک آلمان

در این بانک، VaR به عنوان معیار اصلی اندازه گیری ریسک بازار هم برای گزارشگری داخلی و هم برای گزارشگری قانونی مورد استفاده قرار می گیرد. در مورد پارامترهای VaR باید گفت که سطح اطمینان در نظر گرفته شده ۹۹ درصد است که منطبق با نظرات کمیته بال می باشد. دوپچه بانک آلمان معتقد است که مدل VaR مورد استفاده آنها تمامی عوامل ریسک بازار همانند نرخ بهره، قیمت سهام، نرخ تبدیل ارزها، قیمت کالاها و نوسانات آنها را در شرایط معمول بازار در نظر می گیرد. همچنین، از آنجا که در پرتفوی این بانک اوراق مشتقه وجود دارد، بنابراین مدل برای عوامل غیرخطی ریسک نیز طراحی شده است. داده های گذشته ای که از روی آنها پارامترهای آماری مورد نیاز برای VaR تخمین زده می شود، شامل ۲۶۱ روز کاری گذشته می باشد که به تمام مشاهدات وزن یکسانی داده شده است. روش استفاده شده برای تخمین، شبیه سازی مونت کارلو بوده و فرض می شود که توزیع بازده دارایی ها، نرمال یا نرمال لگاریتمی می باشد (همان منبع، ۲۰۸-۲۱۰).

<sup>1</sup> History Simulation

**۲-۱-۳-۲- بانکهای داخلی**

استفاده از مفهوم ارزش در معرض خطر با دو روش محاسباتی، روش پارامتریک واریانس-کوواریانس و روش ناپارامتریک شبیه سازی تاریخی (HS)، از جمله روش های متداول در بانک های کشور هستند. در میان بانک های داخلی، بانک های توسعه صادرات و صنعت و معدن تجربه اندازه گیری و مدیریت ریسک با معیار VaR را داشته اند. واحد مدیریت ریسک بانک توسعه صادرات بر اساس مدل Risk Metrics که از ویرایش های روش پارامتریک به حساب می آید، مدلی را برای محاسبه ارزش در معرض ریسک طراحی کرده و به طور هفتگی ریسک پرتفوی ارزی بانک را تخمین می زند و به بخش بین الملل گزارش می دهد. بانک صنعت و معدن نیز در جهت اندازه گیری ریسک پرتفوی ارزی خود از مدل VaR استفاده می کند و ضمن انجام پیش بینی در خصوص وضعیت هفته آتی، گزارش های تحلیلی مربوط را به مقامات بانک ارائه می دهد (همان منبع، ۲۰۸-۲۱۰).

**۲-۲- مبانی نظری**

با توجه به اینکه تحقیق حاضر، به دو مساله ریسک و بازده در طراحی و تبیین مدلی با ترکیب الگوریتم های بهینه سازی و منطق فازی به منظور توسعه و تنظیم سبد دارایی های ارزی مناسب بانکها، بر مبنای شاخص های ریسک مرتبط می پردازد، لذا در این بخش به مبانی نظری این دو موضوع می پردازیم.

**۲-۲-۱- مفهوم سبد**

سرمایه گذاری در بیش از یک دارایی یا ورقه بهادار، مجموعه سرمایه گذاری یا پرتفوی<sup>۱</sup> یا سبد یا بدره نام دارد. از آنجا که سرمایه گذاران نسبت به آینده مطمئن نیستند، آنها برای کاهش ریسک سرمایه گذاری خود، در سهام شرکت های و یا دارایی های مختلف سرمایه سرمایه گذاری می کنند. این نوع سرمایه گذاری ها مجموعه اوراق بهادار یا پرتفوی نام دارد. این نظریه نخستین بار توسط مارکویتز (۱۹۵۲) تشریح شد و سپس توسط شارب، فاما، موسین، و دیگران گسترش یافت. (رهنمای رودپشتی و صالحی، چاپ دوم، ۲۰۴).

**۲-۲-۲- مفهوم سبد ارزی**

سرمایه گذاری در مجموعه ای از دارایی های ارزی (بیش از یک دارایی) را پرتفوی یا سبد ارزی می گویند.

**۲-۲-۳- تعریف سبد بهینه**

فلسفه پرتفو (سبد بهینه) در آن است که با تشکیل سبد دارایی با کاهش ریسک غیر سیستماتیک به یک سود انتظاری مطمئن هر چند کمتر ولی با ریسک پایین دست یافت. هدف از تشکیل سبد سرمایه گذاری، تقسیم کردن ریسک سرمایه گذاری بین چند دارایی است. بدین ترتیب، سود یک دارایی میتواند ضرر دارایی دیگر را جبران کند (پورزندی و بیاتی، ۱۳۹۹، ۴۴-۷۳).

<sup>۱</sup> Portfolio



## ۲-۲-۴- مفهوم دارایی ارزی

دارایی<sup>۱</sup>، یک منبع دارای ارزش اقتصادی است. دارایی را می توان به عنوان چیزی تصور کرد که، صرف نظر از اینکه تجهیزات تولیدی باشد یا حق ثبت اختراع، در آینده بتواند جریان نقدی ایجاد کند، هزینه ها را کاهش دهد، و فروش را بهتر کند (<https://www.bourseinness.com>). دارایی های ارزی عبارتست از منابعی از/به ارزشهای خارجی که دارای ارزش اقتصادی بوده می توانند سود عملیاتی را افزایش داده، جریان نقدی ایجاد کرده و هزینه ها را کاهش دهند. وجه نقد، حسابهای ارزی، اوراق بهادار ارزی، تسهیلات اعطایی کوتاه مدت و میان مدت به ارز از انواع دارایی های ارزی به شمار می روند.

## ۲-۲-۵- مفهوم بدهی ارزی

بدهی<sup>۲</sup> در واقع به معنای ادعای شرکت های دیگر نسبت به دارایی های شرکت تعریف می شود. به عبارت دیگر در صورت عدم توانایی یک شرکت در پرداخت بدهی های خود طلبکاران آن شرکت حق مصادره اموال شرکت را دارند. دولتها و شرکتهای همواره به دنبال تأمین منابع مالی مورد نیاز با کمترین هزینه ممکن هستند، به همین دلیل به بازارها و ارزشهای خارجی متوسل می شوند (احمدوند، ۱۳۹۵، ۸۰).

از انواع بدهی های ارزی بانکها می توان به انواع سپرده های ارزی (دیداری، مدتدار) بانک مرکزی، سپرده جاری، سپرده مدتدار ارزی دریافتی از بانکهای خارجی و داخلی، تسهیلات دریافتی از محل صندوق و حساب ذخیره ارزی و ... نام برد.

## ۲-۳- ریسک و انواع آن

ریسک عبارت از خطر و فرصت است. همراه بودن این دو مفهوم با هم نشان می دهد که ریسک، ترکیب راهبردی از آسیب پذیری و داشتن فرصت است (abo&Eta1,2010). در فرهنگ لغت سرمایه گذاری، ریسک به عنوان احتمال متحمل شدن زیان تعریف می شود (بابایی، وزیرزنجانی، ۱۳۸۵). به هنگام مقایسه سرمایه گذاریهای گوناگون، هرچه خطرات یک سرمایه گذاری بیشتر باشد، انتظار بازدهی مورد انتظار به شرطی که سرمایه از بین نرود بیشتر می باشد و یا به عبارتی نرخ بازدهی رابطه مستقیم با میزان خطرات ذاتی سرمایه گذاری انجام شده دارد (رشیدی، ۱۳۸۶، ۲۸۱).

ریسک به دو قسمت کلی تقسیم می شود. دسته اول ریسک مالی است (ریسک مربوط به بازار سرمایه) و دومین دسته ریسک غیر مالی می باشد. ریسک غیر مالی شامل طیفی از ریسک ها از جمله ریسک مدیریت، ریسک سیاسی، ریسک صنعت و غیره می شود. ریسک مالی نیز خود شامل طیف وسیعی از ریسک ها است. از جمله ریسک نقدشوندگی<sup>۳</sup>، ریسک اعتباری، ریسک بازار و ... (راعی و سعیدی، ۱۳۸۳، ۵۹ - ۵۸؛ رایلی و براون، ۱۳۸۴، ۳۵ - ۳۰).

<sup>1</sup> Asset

<sup>2</sup> Liability

<sup>3</sup> Liquidity Risk

### ۱-۳-۲- مدیریت ریسک

فرآیند شناسایی، ارزیابی، تجزیه و تحلیل و نحوه مواجهه مناسب با ریسک‌های عمده‌ای که تأثیرات نامطلوبی بر دستیابی به اهداف مؤسسه اعتباری دارند و نظارت مستمر بر آنها (بخشنامه شماره ۹۶/۵۱۹۳۵ بانک مرکزی ج.ا.ا، ۱۳۹۶).

### ۴-۲- بازده<sup>۱</sup>

به بهره ناشی از سرمایه‌گذاری بازده گفته می‌شود. بازده معمولاً دو جزء داد. جزء اول وجه نقدی است که مستقیماً از محل درآمد حاصل از سرمایه‌گذاری دریافت می‌کنید و جزو دیگر منفعت یا زبانی است که به علت تغییر قیمت آن دارایی نصیب شما می‌شود. قانون کلی این است که هرچه ریسک بیشتری بپذیرید، سود و زیان بالقوه شما هم بیشتر می‌شود.

### ۵-۲- مدل ترکیبی

مدل ترکیبی، مدل بهینه‌سازی چند هدفه است که در آن بهینه‌سازی به دلیل زبانی بودن متغیرها و نادقیق شدن کمیت‌ها منطق فازی هم در کنار آن قرار دارد.

### ۶-۲- هدف به صورت یک تابع<sup>۲</sup>

عبارت است از جهت مناسب ریاضی برای بهینه‌شدن، جهت یا جهاتی که  $DM^3$  نیاز به طراحی برای بهینه‌کردن تصمیم خود دارد (اصغریور، ۱۳۹۲، ۳).

### ۷-۲- مدل‌های تصمیم‌گیری

#### ۲-۷-۱- مدل‌های تصمیم‌گیری تک هدفه

در مدل‌هایی مانند برنامه ریزی خطی و غیر خطی و عمده مدل‌های کلاسیک تحقیق در عملیات، فقط یک معیار مانند سود، هزینه، بهره‌وری، زمان و ... مورد توجه قرار می‌گیرد. این مدل‌ها بیانگر واقعیت و خواسته‌های مورد نظر تصمیم‌گیرنده نیست و در نتیجه مطلوبیت و کارایی نتایج حاصل از مدل را کاهش می‌دهد (مهرگان، ۱۳۹۲، ۱۶۵، ۱۹۳).

<sup>1</sup> yield

<sup>2</sup> Objective

<sup>3</sup> Decision Maker

## ۲-۷-۲- مدل‌های تصمیم‌گیری چند هدفه

مدل‌های تصمیم‌گیری به دو دسته عمده تقسیم می‌گردند: مدل‌های چند هدفه (MODM) و مدل‌های چند شاخصه (MADM) به طوری که مدل‌های چند هدفه به منظور طراحی به کار گرفته می‌شوند در حالی که مدل‌های چند شاخصه به منظور انتخاب گزینه برتر استفاده می‌گردند (اصغرپور، ۱۳۹۲، ۱). در مدل‌سازی‌های چند هدفه عموماً اهداف متضاد هستند و بهبود یک هدف می‌تواند بر اهداف دیگر تأثیر منفی داشته باشد.

## ۲-۸- منطق فازی<sup>۱</sup>

منطق فازی یک منطق چند ارزشی است. در این منطق به جای درست یا نادرست، سیاه یا سفید، صفر یا یک، سایه‌های نامحدودی از خاکستری بین سیاه و سفید وجود دارد. (آذر، ۱۳۷۹). منطق فازی یک جهان بینی جدید است که علی‌رغم ریشه داشتن در فرهنگ مشرق زمین با نیازهای دنیای پیچیده امروز بسیار سازگارتر از منطق ارسطویی است. منطق فازی جهان را آنطور که هست به تصویر می‌کشد. بدیهی است چون ذهن ما با منطق ارسطویی پرورش یافته، برای درک مفاهیم فازی در ابتدا اندکی باید تامل کنیم، ولی وقتی آن را شناختیم، دیگر نمی‌توانیم آن را فراموش کنیم. دنیایی که ما در آن زندگی می‌کنیم دنیای مبهمات و عدم قطعیت است. مغز انسان عادت کرده که در چنین محیطی فکر کند و تصمیم بگیرد و این قابلیت مغز که می‌تواند با استفاده از داده‌های نادقیق و کیفی به یادگیری و نتیجه‌گیری بپردازد، در مقابل منطق ارسطویی که لازمه آن داده‌های دقیق و کمی است، قابل تامل است (آذر و فرجی، ۱۳۹۵، ۱۸-۱۷). سیستم‌های فازی بر اساس نظریه مجموعه فازی پدید می‌آیند و برای شرایط عدم اطمینان به کار گرفته می‌شوند، این سیستم‌ها بسیاری از مفاهیم و متغیرهای مبهم را از طریق فازی‌سازی به مدل ریاضی قابل حل تبدیل نموده و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان را بهبود می‌بخشند (ساده و دیگران، ۱۳۹۶، ۱۱۴). متغیرهای فازی به صورت واقعی‌تر خصیصه‌های متغیرها را بیان می‌کنند.

## ۲-۸-۱- انواع مسائل برنامه ریزی خطی فازی

### ۲-۸-۱-۱- برنامه ریزی خطی با منابع فازی

برنامه ریزی خطی با منابع فازی به صورت زیر فرموله می‌شود:

$$Max z = CX$$

s.t:

$$AX \leq b$$

$$X \geq 0$$

<sup>۱</sup> Fuzzy Logic

در این مساله هر منبع  $b_i$  دارای تولرانس  $t_i > 0$  خواهد بود. بنابراین نامساوی فازی  $(AX)_i \leq b_i$  (برای منبع  $i$  ام) به صورت  $(AX)_i \leq b_i + \theta t_i$  خواهد بود که  $\theta \in [0,1]$  است. به عبارت دیگر قید فازی  $(AX)_i \leq b_i$  به صورت یک مجموعه فازی با تابع تعلق  $\mu_i(X)$  تعریف می‌شود (محمدپورزندی، ۱۳۹۲، ۲۸۴).

### ۲-۱-۸-۲- برنامه ریزی فازی با ضرایب محدودیت های فازی

برنامه ریزی خطی با ضرایب محدودیت‌های فازی، چنین فرموله می‌شود:

$$\text{Max } z = CX$$

s.t:

$$\begin{aligned} \bar{A}X &\leq b \\ X &\geq 0 \end{aligned}$$

فرض کنید  $\bar{A}$  حاوی مقادیر فازی مثلثی به صورت  $\bar{A} = (A^-, A^0, A^+)$  باشد آنگاه مساله به صورت زیر تبدیل خواهد شد:

$$\text{Max } z = CX$$

s.t:

$$\begin{aligned} (A^-X, A^0X, A^+X) &\leq b \\ X &\geq 0 \end{aligned}$$

با استفاده از معیار "به احتمال قوی" رابطه بالا به مساله برنامه ریزی خطی استاندارد زیر تبدیل می‌شود و به سادگی قابل حل است (محمدپورزندی، ۱۳۹۲، ۲۸۹).

$$\text{Max } z = CX$$

s.t:

$$\begin{aligned} \frac{4A^0 + A^- + A^+}{6} X &\leq b \\ X &\geq 0 \end{aligned}$$

### ۲-۱-۸-۳- برنامه ریزی خطی با ضرایب هدف فازی

برنامه ریزی خطی با ضرایب هدف فازی چنین فرموله می‌شود:

$$\text{Max } Z = \bar{c}X$$

s.t:

$$\begin{aligned} AX &\leq b \\ X &\geq 0 \end{aligned}$$

فرض کنید  $\bar{c}_i$  هم‌مقادیر فازی مثلثی با توابع تعلق  $C_i^-, C_i^0, C_i^+$  هستند، که به صورت  $\bar{c}_i = (C_i^-, C_i^0, C_i^+)$  نمایش داده می‌شوند. در نتیجه مدل بالا به صورت زیر درمی‌آید:

$$\text{Max } : (C^-X, C^0X, C^+X)$$

S.t:

$$\begin{aligned} AX &\leq b \\ X &\geq 0 \end{aligned}$$

در این صورت  $C^+ = (C_1^+, \dots, C_n^+)$ ,  $C^0 = (C_1^0, \dots, C_n^0)$ ,  $C^- = (C_1^-, \dots, C_n^-)$  خواهد بود. و این یک مساله برنامه ریزی چند هدفه محسوب می‌شود.

برای حل آن سه هدف  $C^+X, C^-X, C^0X$  را با هم ترکیب و آن را به یک تابع هدف تبدیل می کنیم. به عنوان مثال این سه هدف می توانند ترکیب شده بر اساس معیاری به نام "به احتمال قوی" پیش بروند. بر این اساس رابطه بالا می تواند به مساله برنامه ریزی خطی استاندارد زیر تبدیل شود (محمدپورزندی، ۱۳۹۲، ۲۸۷-۲۸۶):

$$\text{Max: } \frac{(4C^0 + C^- + C^+)X}{6}$$

S.t:

$$\begin{aligned} AX &\leq b \\ X &\geq 0 \end{aligned}$$

## ۹-۲- ارزش در معرض خطر (VaR)

ارزش در معرض خطر حداکثر زیانی است که ممکن است طی یک دوره زمانی معین و یک سطح اطمینان مشخص در یک پرتفوی ایجاد گردد. اگر متغیر تصادفی R نشان دهنده یک پرتفوی، FI تابع چگالی احتمال R و C سطح اطمینان باشد، احتمال اینکه بازده از  $R^*$  کمتر شود عبارت است از:

$$\text{prob}[R < R^*] = \int_{-\infty}^{R^*} f(R)dR = 1 - c$$

مبلغ تحت ریسک، بیانگر حداکثر زیان مورد انتظار روی پرتفوی یا سبد دارایی ها یا مجموعه سرمایه گذاری در طول افق زمانی معین (مثل یک روز یا یک ماه یا یک هفته) در شرایط عادی بازار و در سطح اطمینان معین می باشد. به عبارت ساده تر تفسیر این معیار به صورت زیر است:

"ما X درصد اطمینان داریم که طی N روز آتی، قطعاً بیشتر از مبلغ V متحمل زیان نخواهیم شد." متغیر V همان ارزش در معرض ریسک، یا VaR پرتفوی سرمایه گذاری است که در بردارنده دو پارامتر N یعنی افق زمانی و X یعنی سطح اطمینان است. برای محاسبه حد کفایت سرمایه یا میزان سرمایه لازم جهت نگهداری در یک بانک به منظور اجتناب از ریسک بازار، ضابطان ناظر بر بانکها  $N=10$  و  $X=99$  قرار می دهند. به عبارت دقیق تر سرمایه لازم برای یک بانک خاص حاصلی از ضرب K در مبلغ VaR با اطمینان ۹۹ درصد و یک دوره ۱۰ روزه است که ضریب K توسط نهادهای ناظر تنظیم می شود و حداقل مقدار آن ۳ است (جان هال، ۱۳۹۷، ۵۹۵).

## ۱۰-۲- مدل میانگین متحرک موزون نمایی (EWMA)

در این مدل با بازگشت به عقب در طول زمان، وزن ها به طور نمایی کاهش می یابند. به بیان دیگر،  $\alpha_{i+1} = \lambda \alpha_i$  که در آن  $\lambda$  مقداری ثابت بین صفر و یک است.

این الگوی وزن دهی منجر به فرمول زیر برای به هنگام سازی تخمین های تغییر پذیری می گردد:

$$\sigma_n^2 = \lambda \sigma_{n-1}^2 + (1 - \lambda) u_{n-1}^2 \quad (1-2)$$

تغییر پذیری برای روز  $n$  ( $\sigma_n$ ) که در انتهای روز  $n-1$  محاسبه می‌شود) با استفاده از  $\sigma_{n-1}$  (تخمینی برای تغییرپذیری در روز  $n-1$  که در انتهای روز  $n-2$  محاسبه می‌شود) و  $u_{n-1}$  (جدیدترین درصد تغییر روزانه) تخمین زده می‌شود. حال در معادله (۲-۱) مقدار  $\sigma_{n-1}^2$  و به همین ترتیب و به صورت مشابه  $\sigma_{n-2}^2$  و ... را جایگذاری می‌نماییم. داریم:

$$\sigma_n^2 = (1 - \lambda) \sum_{i=1}^m \lambda^{i-1} u_{n-i}^2 + \lambda^m \sigma_{n-m}^2 \quad (2-2)$$

اگر مقدار  $m$  بزرگ باشد، عبارت  $\lambda^m \sigma_{n-m}^2$  آنقدر کوچک می‌شود که می‌توان از آن صرف‌نظر کرد. با حرکت به عقب در طول زمان، وزن  $u_i$  ها با آهنگ  $\lambda$  کاهش می‌یابد. هر وزن،  $\lambda$  برابر وزن قبلی است. رویکرد EWMA دارای این ویژگی جذاب است که لازم است داده‌های نسبتاً کمی ذخیره شود. برای تخمین نرخ واریانس روز بعد در هر زمان، تنها نیاز به تخمین نرخ واریانس کنونی و جدیدترین مشاهدات صورت گرفته روی ارزش متغیر بازار است. هنگامی که یک مشاهده جدید روی ارزش متغیر بازار صورت می‌پذیرد، درصد تغییر روزانه متغیر را محاسبه می‌کنیم و با استفاده از معادله (۲-۱)، تخمین خود را درباره نرخ واریانس به هنگام می‌نماییم.

رویکرد EWMA به منظور دنبال کردن تغییرات در تغییرپذیری، طراحی گردیده است. فرض کنید در  $n-1$  تغییر بزرگ در متغیر بازار صورت می‌پذیرد و در نتیجه مقدار  $u_{n-1}^2$  بزرگ است. با توجه به معادله (۳-۳)، این امر باعث می‌شود که تخمین ما از تغییر پذیری کنونی افزایش یابد. مقدار  $\lambda$  مشخص می‌کند که تخمین تغییرپذیری روزانه چگونه به جدیدترین درصد تغییر روزانه، پاسخگو است. یک مقدار کوچک  $\lambda$  باعث می‌شود که در هنگام محاسبه  $\sigma_n$ ، وزن زیادی به  $u_{n-1}^2$  اختصاص یابد. در این صورت، تخمین‌های صورت گرفته برای تغییرپذیری در روزهای متوالی، خود دارای تغییرپذیری زیادی خواهند بود. یک مقدار بزرگ  $\lambda$  (یعنی یک مقدار نزدیک به ۱)، تخمین‌هایی از تغییرپذیری روزانه تولید می‌کند که به اطلاعات جدید فراهم شده توسط درصد تغییر روزانه، نسبتاً به آهستگی پاسخ می‌دهند.

پایگاه داده "ریسک متریک" که در ابتدا به وسیله بانک جی-پی-مورگان به وجود آمد و در سال ۱۹۹۴ در اختیار عموم قرار گرفت، برای به هنگام سازی تخمین‌های تغییرپذیری روزانه، از مدل EWMA با مقدار  $\lambda = 0.94$  استفاده می‌کند. بانک فوق دریافت کرده است که برای طیف وسیعی از متغیرهای بازار، این مقدار  $\lambda$ ، پیش‌بینی‌هایی برای نرخ واریانس ارائه می‌دهد که به نرخ‌های واریانس تحقق یافته، نزدیک هستند (Morgan, 1995). بانک فوق، نرخ واریانس تحقق یافته در یک روز خاص را به صورت میانگین  $u_t^2$  ها در ۲۵ روز بعدی، محاسبه می‌کند (جان‌هال، ۱۳۹۱).

اکثر شرکتها نیز برای محاسبه VaR از تکنیک EWMA برای به روزرسانی واریانس و کواریانس‌های یک سری متغیرهای مختلف بازار به صورت روزانه بهره می‌گیرند. در این مدل مقدار  $\lambda = 0.94$  فرض می‌شود. در واقع از طریق مشاهده یک سری متغیرهای مختلف بازار، شرکتها درمی‌یابند که این مقدار  $\lambda$  نرخ واریانس را پیش‌بینی می‌کند که خیلی نزدیک به نرخ واریانس تشخیص داده شده می‌باشد.

## ۱۱-۲ - معرفی داده ها و روش تحقیق

### ۱-۱۱-۲ - جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری بانکهای دارای بخش ارزی و بین الملل که مجبور به تشکیل سبد ارزی هستند. همچنین هم سبد ارزی و هم تسهیلات و تعهدات ارزی دارند و هم شعب ارزی خارج از کشور برای انجام این کار دارند. نمونه آماری بانک ملت و روش نمونه گیری انتخابی می باشد. نمونه های آماری عبارتند از نرخ فروش ۶ ارز رایج در سال ۱۳۹۸ مستخرج از سایت بانک مرکزی<sup>۱</sup> و همچنین اطلاعات مربوط به سبد ارزی بانک ملت در پایان اسفند ۱۳۹۸.

### ۲-۱۱-۲ - روش تحقیق

تحقیق عملی که همان کاربرد روش علمی است در جستجوی شرایطی می باشد که تحت آنها پدیده خاصی رخ می دهد. در واقع تحقیق عبارت است از فرآیند جستجوی منظم برای مشخص کردن یک موقعیت نامعین در این ارتباط روش تحقیق چارچوب عملیات یا اقدامات جستجو گرایانه برای تحقق هدف پژوهش جهت آزمودن فرضیه یا پاسخ به سوال های تحقیق را فراهم می آورد. تحقیق حاضر از نظر هدف از نوع تحقیقات کاربردی محسوب می شود. از نظر اینکه به دنبال تنظیم سبد ارزی بانکها و ارایه راه حلی کاربردی و عملی برای کمک به مدیران بانکها به منظور مدیریت دارایی های ارزی می باشیم و از این نظر که با داده های واقعی سر و کار داریم. تحقیق کاربردی تحقیقی است که یافته های آن را می توان مورد استفاده عملی قرار داد. هدف تحقیق کاربردی پیدا کردن راه حلی کاربردی برای یک مسئله در یک جامعه یا یک سازمان تجاری یا صنعتی می باشد (Kothari, 2004, 3). تحقیق کاربردی با هدف توسعه دانش کاربردی در یک زمینه خاص انجام می شود (شهباز مرادی، ۱۳۸۹).

### ۳-۱۱-۲ - روش تجزیه و تحلیل

محققان حوزه مدیریت در تایید یا رد فرضیه ها و پاسخ به سوالات پژوهشی از دو روش آماری و یا فنون غیر آماری مانند تحقیق در عملیات استفاده می کنند. تکنیک مورد استفاده در تحقیق حاضر در حوزه تحقیق در عملیات (OR) و از جمله مدل های ریاضی تصمیم گیری با چندین معیار (MCDM) یعنی مدل های تصمیم گیری با اهداف چند گانه فازی<sup>۲</sup> (FMODM) می باشد که داده های مربوط به ورودی ها و خروجی های مورد استفاده در مدل با نرم افزارهای Lingo, Excel و GAMS حل گردیده است.

<sup>1</sup> <https://www.cbi.ir/>

<sup>2</sup> FMODM

**۳- فرضیه‌ها یا پرسش‌های پژوهش****۳-۱- پرسش اصلی تحقیق**

الگوی مناسب برای مدیریت سبد دارائی‌های ارزی بانکها کدام است؟

**۳-۲ - سوالات و فرضیات تحقیق**

۱- چگونه می‌توان از الگوریتم‌های بهینه‌سازی ترکیبی در تنظیم دارایی‌های ارزی بانکها استفاده کرد؟ ۲- چگونه می‌توان وزن هر یک از دارایی‌های ارزی را تعیین نمود؟ ۳- چگونه می‌توان سبد دارائی‌های ارزی بانکها را به نحو موثری مدیریت نمود؟ ۴- استفاده از مدل‌های چند هدفه در تصمیم‌گیری (MODM) پیش‌بینی بر اساس مدل‌های ریاضی‌مستعمل بر منطق فازی می‌تواند ریسک کمتر و بازده بیشتری به همراه داشته باشد. ۵- روش‌های بهینه‌سازی ریاضی برای تنظیم سبد ارزی بانکها دقیقتر از روش‌های مورد استفاده کارشناسان در صنعت بانکداری می‌باشد.

**۴- یافته‌های پژوهش****۴-۱- مراحل انجام تحقیق**

با مطالعه ادبیات تحقیق به این نتیجه رسیدیم که در این تحقیق موضوعاتی مانند مفهوم سبد، مفهوم سبد ارزی، مفهوم دارائی ارزی، مفهوم بدهی ارزی، ریسک و انواع آن، بازده، مدل ترکیبی، مدل‌های تصمیم‌گیری با اهداف چندگانه و منطق فازی باید مورد توجه قرار گیرند. برای حل چنین مسائلی نیازمند طی مراحل زیر به منظور دستیابی به یک مدل ریاضی چند هدفه فازی هستیم:

الف- استفاده از روش مناسب به منظور محاسبه ریسک ارزش در سبد ارزی (وزن دهی به ارزشها).

ب- استفاده از یک مدل ریاضی چندهدفه فازی مناسب به منظور محاسبه بازده سبد ارزی با توجه به وزن‌های به دست آمده از مرحله قبل.

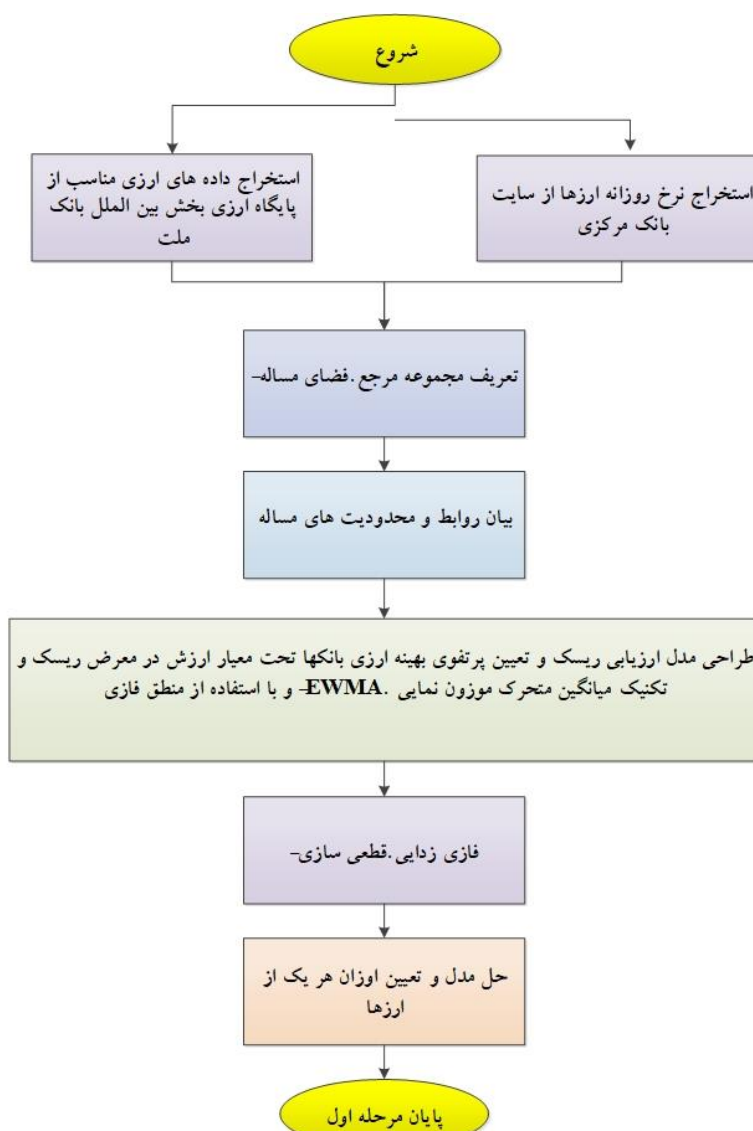
با توجه به توضیحات فوق‌الذکر نیازمند نمودار جریان کار محاسبه ریسک و بازده بودیم. به همین منظور در نمودار جریان کار شکل ۱ ملاحظه می‌شود که دو مرحله کلی برای این کار وجود دارد که پس از معرفی این نمودار هر یک از مراحل این فرآیند به تفکیک و تفصیل برای داده‌های سال ۱۳۹۸ آورده شده است. محاسبات مربوط به مراحل توسط نرم افزارهای Excel و Lingo و Gams انجام پذیرفته است.

سطح اول: در این سطح هدف دستیابی به ترکیب سبد ارزی با استفاده از یک مدل ریاضی با استفاده از منطق فازی بود به گونه‌ای که کمترین ریسک را در پی داشته باشد. در این راستا ابتدا نرخ روزانه ارزش‌های مورد بررسی از سایت رسمی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران استخراج گردید. سپس با استفاده از اطلاعات نرخ‌های یادشده و همچنین اطلاعات پایگاه داده‌های ارزی بخش بین الملل بانک ملت، مدل ارزیابی ریسک پرتفوی ارزی تحت معیار ارزش در معرض ریسک و تکنیک میانگین متحرک موزون نمایی<sup>۱</sup> (EWMA) طراحی شد. در این راستا به

<sup>۱</sup> Exponentially Weighted Moving Average

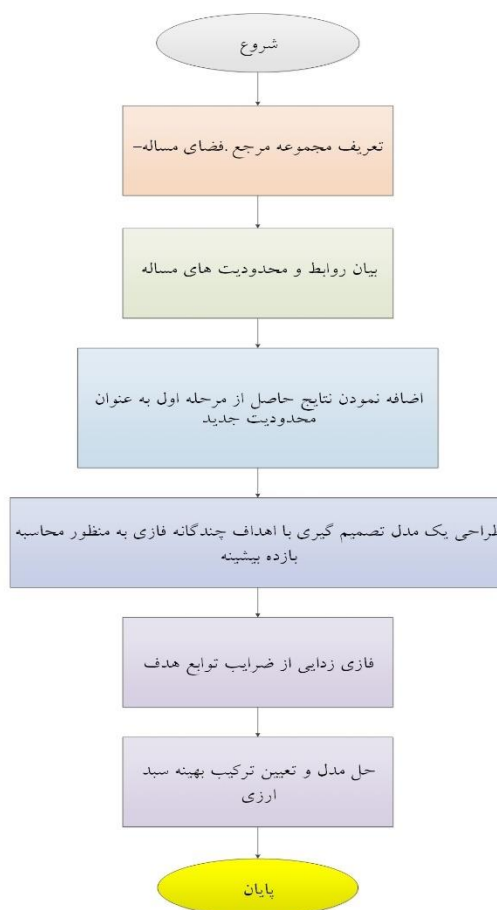


منظور محاسبه ارزش در معرض خطر فازی هر ارز به صورت جداگانه، نرخ ارز در پایان اسفند ۱۳۹۸ به صورت اعداد فازی مثلثی در نظر گرفته شده است. پس از آن مدل طراحی شده به وسیله نرم افزارهای Lingo و Excel حل و وزن هر کدام از ارزها به دست آمد. وزن هر ارز به گونه ای است که کمترین ریسک را برای سبد ارزی به دنبال دارد.



نمودار ۱: جریان کار مرحله اول

سطح دوم: در این سطح هدف آن بود که با استفاده از نتایج و اطلاعات به دست آمده از مرحله قبل، مدل ریاضی چند هدفه ای با استفاده از منطق فازی طراحی نماییم که نتایج حاصل از آن گویای ترکیب بهینه سبد ارزی باشد به نحوی که کمترین ریسک و بیشترین بازده را در پی داشته باشد. در این راستا یک مدل چند هدفه فازی (ضرایب تابع هدف از نوع اعداد فازی می باشند) طراحی شد که شامل بیشینه کردن دارائی های ارزی و کمینه کردن بدهی های ارزی است. نتایج حاصل از مرحله قبل نیز (اوزان ارزشها) به عنوان یک محدودیت<sup>۱</sup> در کنار سایر محدودیت های مدل (نسبتهای مالی) ، در نظر گرفته شد. سپس درمدل حاصل از ضرایب تابع هدف فازی زدایی شده و پس از حل آن ترکیب بهینه سبد ارزی به دست آمد(نمودار ۲).



نمودار ۲: جریان کار سطح دوم

<sup>۱</sup> constraint

## ۴-۲-۴- شروع فرآیند

### ۴-۲-۱-۴- مدلسازی

#### ۴-۲-۱-۱-۴- مدل مربوط به محاسبه ریسک پرتفوی ارزی

در این بخش با استفاده از روش پارامتریک واریانس-کواریانس ارزش در معرض ریسک سبد سرمایه گذاری ارزی بانک ملت با استفاده از منطق فازی به دست آورده شد. به این معنی که نرخ هر کدام از ارزهای دلار آمریکا، درهم امارات، ین ژاپن، لیر ترک، ون کره و یورو را برای سال ۱۳۹۸ ابتدا از بانک مرکزی ج.ا.ا استخراج و سپس نه به صورت یک عدد قطعی که به صورت یک طیف (اعداد فازی مثلثی) در نظر گرفته شد. پس از آن میزان VaR برای یک افق زمانی ۱۰ روزه در آینده در سطح اطمینان ۹۵ درصد به دست آمد. گامهای اندازه گیری ارزش در معرض خطر برای سرمایه گذاری در این پرتفوی ارزی به صورت زیر است (صدقیانی، ۱۳۸۶، صص ۲۰۰-۱۸۳):

گام اول: با توجه به نرخ فروش هر ارز در هر روز و با استفاده از روابط زیر مقادیر بازده روزانه هر دارایی محاسبه می شود:

$$R_{i,t} = \frac{P_{i,t} - P_{i,t-1}}{P_{i,t-1}}$$

به طوری که :

$$P_{i,t} = \text{قیمت دارایی } i \text{ ام در روز } t \text{ ام،}$$

$$R_{i,t} = \text{بازده دارایی } i \text{ ام در روز } t \text{ ام،}$$

گام دوم: محاسبه شاخص های آماری میانگین و انحراف معیار بازده روزانه ارزها

گام سوم: محاسبه ارزش در معرض خطر فازی هر ارز به صورت جداگانه با استفاده از رابطه

$$\text{VaR}_i = \tilde{M}_i \sigma_i Z_i \sqrt{T}$$

$i, z$  = شماره ارزها (دارایی ها)

$\text{VaR}_i$  = ارزش در معرض خطر برای سرمایه گذاری در ارز شماره  $i$  ام،

$\tilde{M}_i$  = ارزش فازی بازار ارز شماره  $i$  ام

$Z_\alpha$  = نقطه ای روی نمودار احتمال نرمال که به ازای آن خطای مورد نظر  $\alpha$  درصد خواهد بود (در این تحقیق

$$Z_\alpha = Z_{0.05} = 1.645 \text{ مدنظر می باشد})$$

$T$  = افق زمانی مورد مطالعه در آینده (اینجا ۳۰ روز آینده مدنظر می باشد)

$\sigma_i$  = انحراف معیار بازده روزانه برای ارز شماره  $i$  ام

در این مرحله به منظور محاسبه ارزش در معرض خطر برای هر ارز، نرخ ارزهای مربوطه به صورت اعداد فازی مثلثی  $(l, m, u)$ ، در نظر گرفته شده است. بنابراین به منظور دستیابی به هدف، ابتدا از اعداد یاد شده فرآیند فازی زدایی مطابق با فرمول (۳-۷) به عمل می آید:

$$\frac{l + 2m + u}{4}$$

گام چهارم: محاسبه کواریانس بازده روزانه دو به دو ارزها

گام پنجم: محاسبه بازده کل پرتفوی موجود

$$R_{\text{exist}} = \sum_{i=1}^6 W_{i(\text{exist})} \bar{R}_i$$

$W_{i(\text{exist})}$  = سهم (وزن) کنونی ارز  $i$  ام (برای  $i=1,2,\dots,6$ ) در پرتفوی ارزی،

$\bar{R}_i$  = میانگین بازده روزانه ارز  $i$  ام (برای  $i=1,2,\dots,6$ ).

$R_{\text{exist}}$  = بازده کل پرتفوی ارزی موجود،

گام ششم: ارزش در معرض خطر بهینه برای کل پرتفوی ارزی موجود با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{VaRp} = \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \text{cov}_{ij}$$

به طوری که:

$\text{Var} = \sigma_p^2$  = ارزش در معرض خطر کل پرتفوی ارزی،

$W_i$  = سهم یا وزن ارز (دارایی)  $i$  ام (برای  $i=1,2,\dots,6$ ) در پرتفوی بهینه که باید محاسبه گردد.

گام هفتم: محاسبه مقدار بهینه  $\sigma_p^2$  و  $W_i$ :

برای دستیابی به سبب بهینه ارز و یا به عبارت دیگر وزن‌های بهینه هر یک از ارزها و ارزش در معرض خطر

بهینه پرتفوی، لازم است مسئله زیر حل شود:

$$\text{Min VaRp} = \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \text{cov}_{ij}$$

S.t.

$$\sum_{i=1}^6 w_i \bar{R}_i \geq R_{\text{exist}}$$

$$\sum_{i=1}^6 w_i = 1$$

$$, i=1, \dots, 6 \quad w_i \geq 0$$

در واقع هدف از حل مدل بالا این است که با در نظر گرفتن سهم (وزن) هر ارز و بدست آوردن بازده کل پرتفوی

موجود ( $R_{\text{exist}}$ )، وزن هر ارز ( $w_i$ ) چقدر باشد تا کل ریسک سرمایه‌گذاری در پرتفوی ارزی به حداقل ممکن

برسد. از این رو با حل مدل زیر می‌توان مقدار ریسک سرمایه‌گذاری در پرتفوی ارزی را مینیمم کرد:

$$\begin{aligned} \text{Min VaRp} = \sigma_p^2 = & 4.0159E - 05 * w_1^2 + 4.01651E - 05 * w_2^2 + 5.07676E - 05 * w_3^2 \\ & + 0.0002796 * w_4^2 + 5.43594E - 05 * w_5^2 + 5.49048E - 05 * w_6^2 + 2 * w_1 \\ & * w_2 * 4.01614E - 05 + 2 * w_1 * w_3 * 3.97672E - 05 + 2 * w_1 * w_4 \\ & * 4.21532E - 05 + 2 * w_1 * w_5 * 4.06345E - 05 + 2 * w_1 * w_6 * 4.13712E \\ & - 05 + 2 * w_2 * w_3 * 3.97703E - 05 + 2 * w_2 * w_4 * 4.21447E - 05 + 2 * w_2 \\ & * w_5 * 4.06413E - 05 + 2 * w_2 * w_6 * 4.13854E - 05 + 2 * w_3 * w_4 \\ & * 4.19861E - 05 + 2 * w_3 * w_5 * 4.05661E - 05 + 2 * w_3 * w_6 * 4.43453E \\ & - 05 + 2 * w_4 * w_5 * 5.8762E - 05 + 2 * w_4 * w_6 * 5.91272E - 05 + 2 * w_5 \\ & * w_6 * 4.84199E - 05 \end{aligned}$$

S.t.

$$w_1 * 0.000319024 + w_2 * 0.000319118 + w_3 * 0.000184967 - w_4 * 0.00047459 + w_5$$

$$* 0.000177204 + w_6 * 0.000109444 \geq 0.000153076$$

$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 = 1$$

$$w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6 \geq 0$$

به طوری که:

$W1$  = سهم (وزن) ارز دلار آمریکا در پرتفوی بهینه ارزی،

$W2$  = سهم (وزن) ارز درهم امارات در پرتفوی بهینه ارزی،

$W3$  = سهم (وزن) ارز ین ژاپن در پرتفوی بهینه ارزی،

$W4$  = سهم (وزن) ارز لیر ترک در پرتفوی بهینه ارزی،

$W5$  = سهم (وزن) ارز ون کره در پرتفوی بهینه ارزی،

$W6$  = سهم (وزن) ارز یورو در پرتفوی بهینه ارزی،

$\sigma_p^2 = VaRp$  = میزان کمترین ریسک (مقدار ریسک بهینه) با توجه به وزن بهینه هر ارز در پرتفوی ارزی بهینه.

مدل با استفاده از نرم افزار Lingo حل و نتایج آن پس از بهینه سازی به صورت زیر است:

$$W1 = 0.5889162$$

$$W2 = 0.3767156$$

$$W3 = 0.3436824E-01$$

$$W4 = W5 = W6 = 0$$

$$\sigma_p^2 = 0.4014754E - 04$$

حالت بهینه بیانگر آن است که برای سرمایه گذاری در پرتفوی ارزی بهتر است تنها سه نوع ارز دلار آمریکا و درهم امارات و ین ژاپن، در نظر گرفته شوند. به طوری که سهم ارز دلار در این پرتفو 58.89162 درصد و سهم ارز درهم امارات 37.67156 درصد و سهم ین ژاپن 3.43682 درصد است. و این در حالی است که سهم هریک از این ارزها قبل از بهینه سازی در پرتفوی ارزی به ترتیب 13.29761852 و 7.03657263 و 0.863761 درصد می باشد. به عبارت دیگر نگهداری سایر ارزها پر خطر بوده، و لذا بانک ملت برای نگهداری این ارزها، بیشتر باید بر اساس نیازهای مبادلاتی خود برنامه ریزی نماید.

#### ۲-۱-۲-۴- مدل تصمیم گیری چند هدفه فازی مربوط به محاسبه بیشینه بازده پرتفوی ارزی

در گام قبلی با استفاده از اطلاعات سبد ارزی بانک ملت، ریسک مربوط به هر ارز به منظور کمینه کردن ریسک سبد ارزی، محاسبه شد. در این بخش و در گام دوم، به عنوان هدف دوم، با توجه به میزان ریسک به دست آمده برای هر ارز در مرحله قبلی و با استفاده از مدل ریاضی طراحی شده بر مبنای منطق فازی، مقدار هر ارز را به گونه ای تعیین نموده ایم که سبد ارزی بیشترین بازده را داشته باشد. همانگونه که اشاره شد به بهره ناشی از سرمایه گذاری، بازده گفته می شود.

در پرتفوی ارزی به منظور کسب بازده بیشینه از دارایی های موجود در آن، می بایست دارایی های ارزی را تا حد امکان افزایش داده در مقابل میزان بدهی های ارزی را نیز تا حد امکان کاهش داد. بنابراین در این تحقیق به منظور دستیابی به این مهم با تشکیل یک مدل تصمیم گیری چند هدفه فازی، اهداف زیر همزمان دنبال می شود:

هدف اول : بیشینه نمودن دارایی های ارزی

هدف دوم: کمینه نمودن بدهی های ارزی

همچنین به دلیل نوسانات نرخ ارز، نرخ تمامی ارزها به صورت اعداد فازی مثلثی  $\tilde{P}_i = (l_i, m_i, u_i)$  (برای  $i=1,2,\dots,6$ ) در نظر گرفته شده است.

به طوری که:

$$l_i = \text{پایین ترین نرخ برای ارز } i \text{ ام در سال } ۱۳۹۸ ،$$

$$m_i = \text{میانگین نرخ برای ارز } i \text{ ام در سال } ۱۳۹۸ ،$$

$$u_i = \text{بالاترین نرخ برای ارز } i \text{ ام در سال } ۱۳۹۸ ،$$

می باشد، که به صورت ضرایب فازی توابع هدف، در مدل نمایان است. بنابراین قبل از حل مدل می بایست فرآیند فازی زدایی از ضرایب تابع هدف بر اساس فرمول زیر به عمل آید:

$$\frac{l_i + 2m_i + u_i}{4}$$

در نهایت مدل ریاضی به دست آمده، با استفاده از نرم افزار Gams، حل گردیده است.

#### ۱-۲-۱-۴- اجزای مدل

جدول ۱: متغیرهای تصمیم مدل پژوهش

انواع دارایی ها به ارز دلار آمریکا	$\sum_{i=1}^{30} A_i$	دارایی های ارزی	متغیرهای تصمیم
انواع دارایی ها به ارز درهم امارت	$\sum_{i=1}^{30} B_i$		
انواع دارایی ها به ارز ین ژاپن	$\sum_{i=1}^{30} C_i$		
انواع دارایی ها به ارز لیر ترک	$\sum_{i=1}^{30} D_i$		
انواع دارایی ها به ارز ون کره	$\sum_{i=1}^{30} E_i$		
انواع دارایی ها به ارز یورو	$\sum_{i=1}^{30} F_i$		
انواع بدهی ها به ارز دلار آمریکا	$\sum_{i=1}^{27} \hat{A}_i$	بدهی های ارزی	
انواع بدهی ها به ارز درهم امارت	$\sum_{i=1}^{27} \hat{B}_i$		
انواع بدهی ها به ارز ین ژاپن	$\sum_{i=1}^{27} \hat{C}_i$		
انواع بدهی ها به ارز لیر ترک	$\sum_{i=1}^{27} \hat{D}_i$		

انواع بدهی ها به ارز ون کره	$\sum_{i=1}^{27} \hat{E}_i$		
انواع بدهی ها به ارز یورو	$\sum_{i=1}^{27} \hat{F}_i$		

جدول ۲: انواع سرفصلهای دارایی ها و بدهی های ارزی مورد مطالعه

انواع بدهی های ارزی		انواع دارایی های ارزی	
$i = 1, 2, \dots, 27$		$i = 1, 2, \dots, 30$	
۱	سپرده ارزی دیداری بانک مرکزی	۱	وجه نقد
۲	سپرده ارزی مدتدار بانک مرکزی	۲	جاری نزد بانک مرکزی
۳	سپرده ارزی دیداری بانکهای ایرانی	۳	حساب شعب
۴	سپرده ارزی دیداری بانکهای خارجی	۴	حساب مرکز
۵	سپرده قرض الحسنه جاری	۵	حساب وضعیت ارزی-دارایی
۶	سپرده قرض الحسنه پس انداز	۶	سپرده های ارزی دیداری نزد بانک مرکزی
۷	سپرده مدت دار	۷	سپرده های ارزی دیداری نزد بانکهای داخلی
۸	سپرده مدت دار دریافتی از بانکهای ایرانی	۸	سپرده های ارزی دیداری نزد بانکهای خارجی
۹	سپرده مدت دار دریافتی از بانکهای خارجی	۹	سپرده های ارزی مدتدار نزد بانکهای خارجی
۱۰	سپرده نقدی ضمانتنامه ها	۱۰	سپرده های ارزی دیداری نزد شعب خارج
۱۱	بستانکاران موقت	۱۱	سپرده های ارزی مدتدار نزد شعب خارج
۱۲	بستانکاران داخلی	۱۲	اوراق بهادار ارزی
۱۳	وجه التزام پرداختنی	۱۳	سهام و مشارکتهای خارجی
۱۴	تسهیلات دریافتی از شعب خارج از کشور بابت یوزانسههای داخلی	۱۴	سرمایه پرداختی به شعب خارج
۱۵	تسهیلات دریافتی از بانکهای خارجی بابت یوزانسههای داخلی	۱۵	تسهیلات اعطایی کوتاه مدت- غیر دولتی
۱۶	تسهیلات دریافتی از محل حساب ذخیره ارزی	۱۶	تسهیلات اعطایی میان مدت- غیر دولتی
۱۷	تسهیلات دریافتی از محل صندوق توسعه ملی	۱۷	تسهیلات اعطایی میان مدت- دولتی
۱۸	بدهی بابت پذیرش اسناد اعتبارات و بروات ارزی	۱۸	بدهکاران بابت اعتبارات و بروات اسنادی
۱۹	بدهی حساب مرکز	۱۹	بدهکاران بابت اعتبارات و بروات اسنادی مدتدار
۲۰	بدهی حساب شعب	۲۰	بدهکاران بابت ضمانتنامه های ارزی
۲۱	بدهی به بانک مرکزی	۲۱	بدهکاران موقت
۲۲	حساب وضعیت ارزی-بدهی	۲۲	بدهکاران داخلی
۲۳	پیش دریافت از مشتریان بابت اعتبارات اسنادی-دولتی	۲۳	سود دریافتنی

انواع بدهی های ارزی		انواع دارایی های ارزی	
$i = 1, 2, \dots, 27$		$i = 1, 2, \dots, 30$	
۲۴	پیش دریافت از مشتریان بابت اعتبارات اسنادی- غیردولتی	۲۴	وجه التزام دریافتی
۲۵	مانده های مطالبه نشده-بدهی	۲۵	مطالبات معوق تسهیلات- غیر دولتی
۲۶	حواله های عهده ما	۲۶	مطالبات مشکوک الوصول بابت اعتبارات اسنادی
۲۷	سایر بدهی ها	۲۷	مطالبات مشکوک الوصول بابت تسهیلات- غیر دولتی
		۲۸	مطالبات مشکوک الوصول بابت ضمانتنامه ها
		۲۹	مطالبات از دولت
		۳۰	مطالبات از بانک مرکزی

جدول ۳: ضرایب فازی توابع هدف

شرح	ضرایب فازی توابع هدف
نرخ فازی دلار آمریکا	$\bar{P}_1 = 41426.25$
نرخ فازی درهم امارات	$\bar{P}_2 = 11280.5$
نرخ فازی ین ژاپن	$\bar{P}_3 = 37716.25$
نرخ فازی لیر ترک	$\bar{P}_4 = 8244.25$
نرخ فازی ون کره	$\bar{P}_5 = 37457.25$
نرخ فازی یورو	$\bar{P}_6 = 48918.75$

۱-۲-۱-۲-۴- تابع هدف که هدف از آن بیشینه نمودن بازده سبد ارزی بانک ملت است.

$$\begin{aligned} \text{Max } Z = & (\bar{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i - \bar{P}_1 \sum_{i=1}^{27} \hat{A}_i) \\ & + (\bar{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i - \bar{P}_2 \sum_{i=1}^{27} \hat{B}_i) + (\bar{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i - \bar{P}_3 \sum_{i=1}^{27} \hat{C}_i) + (\bar{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D_i - \bar{P}_4 \sum_{i=1}^{27} \hat{D}_i) \\ & + (\bar{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i - \bar{P}_5 \sum_{i=1}^{27} \hat{E}_i) + (\bar{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i - \bar{P}_6 \sum_{i=1}^{27} \hat{F}_i) \end{aligned}$$

۱-۲-۱-۲-۴- محدودیت های مدل:

الف- محدودیت های مربوط به خالص وضعیت باز منفی یک ارز (محدودیت فردی):



خالص وضعیت باز منفی یک ارز عبارت است از مازاد معادل ریالی مجموع بدهی ها و تعهدات موسسه اعتباری به هر ارز نسبت به معادل ریالی مجموع دارایی های موسسه اعتباری و تعهدات مشتریان آن به همان ارز (بخشنامه شماره ۹۶/۱۴۳۱۱۳ بانک مرکزی ج.ا.ا، ۱۳۹۶، ۲).  
حد مجاز خالص وضعیت باز منفی هر ارز حداکثر به میزان ۱۵ درصد سرمایه پایه<sup>۱</sup> (سرمایه نظارتی) موسسه اعتباری می باشد (همان منبع، ۲).

$$\begin{aligned} \bar{P}_1 \sum_{i=1}^{27} \hat{A}_i - \bar{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i &\leq 0.15 * 1,838,092,015,000,000 \\ \bar{P}_2 \sum_{i=1}^{27} \hat{B}_i - \bar{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i &\leq 0.15 * 1,838,092,015,000,000 \\ \bar{P}_3 \sum_{i=1}^{27} \hat{C}_i - \bar{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i &\leq 0.15 * 1,838,092,015,000,000 \\ \bar{P}_4 \sum_{i=1}^{27} \hat{D}_i - \bar{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D_i &\leq 0.15 * 1,838,092,015,000,000 \\ \bar{P}_5 \sum_{i=1}^{27} \hat{E}_i - \bar{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i &\leq 0.15 * 1,838,092,015,000,000 \\ \bar{P}_6 \sum_{i=1}^{27} \hat{F}_i - \bar{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i &\leq 0.15 * 1,838,092,015,000,000 \end{aligned}$$

ب- محدودیت های مربوط به خالص وضعیت باز مثبت یک ارز (محدودیت فردی):  
خالص وضعیت باز مثبت یک ارز عبارت است از مازاد معادل ریالی مجموع دارایی های موسسه اعتباری و تعهدات مشتریان آن به هر ارز نسبت به معادل ریالی مجموع بدهی ها و تعهدات موسسه اعتباری به همان ارز (بخشنامه شماره ۹۶/۱۴۳۱۱۳ بانک مرکزی ج.ا.ا، ۱۳۹۶، ۲).  
حد مجاز خالص وضعیت باز مثبت هر ارز حداکثر به میزان ۱۵ درصد سرمایه پایه موسسه اعتباری می باشد (همان منبع، ۲).

$$\begin{aligned} \bar{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i - \bar{P}_1 \sum_{i=1}^{27} \hat{A}_i &\leq 0.15 * 1,838,092,015,000,000 \\ \bar{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i - \bar{P}_2 \sum_{i=1}^{27} \hat{B}_i &\leq 0.15 * 1,838,092,015,000,000 \\ \bar{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i - \bar{P}_3 \sum_{i=1}^{27} \hat{C}_i &\leq 0.15 * 1,838,092,015,000,000 \end{aligned}$$

<sup>۱</sup> Basic Capital: سرمایه پایه بانک ملت در پایان اسفند ماه سال ۱۳۹۸ و بر اساس صورتهای مالی حسابرسی شده آن بانک، مبلغ ۱,۸۳۸,۰۹۲,۰۱۵ میلیون ریال می باشد.

$$\begin{aligned} \tilde{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D - \tilde{P}_4 \sum_{i=1}^{27} \hat{D}_i &\leq 0.15 * 1,838,092,015,000,000 \\ \tilde{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i - \tilde{P}_5 \sum_{i=1}^{27} \hat{E}_i &\leq 0.15 * 1,838,092,015,000,000 \\ \tilde{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i - \tilde{P}_6 \sum_{i=1}^{27} \hat{F}_i &\leq 0.15 * 1,838,092,015,000,000 \end{aligned}$$

ج- محدودیت مربوط به وضعیت باز منفی تمامی ارزها (محدودیت جمعی):

وضعیت باز منفی تمامی ارزها عبارت است از مجموع خالص وضعیت باز منفی ارزها (بخشنامه شماره ۹۶/۱۴۳۱۱۳ بانک مرکزی ج.ا.ا، ۱۳۹۶، ۲).

حد مجاز وضعیت باز منفی تمامی ارزها حداکثر به میزان ۳۰ درصد سرمایه پایه موسسه اعتباری می باشد (همان منبع، ۳).

$$\begin{aligned} \tilde{P}_1 \sum_{i=1}^{27} \hat{A}_i + \tilde{P}_2 \sum_{i=1}^{27} \hat{B}_i + \tilde{P}_3 \sum_{i=1}^{27} \hat{C}_i + \tilde{P}_4 \sum_{i=1}^{27} \hat{D}_i + \tilde{P}_5 \sum_{i=1}^{27} \hat{E}_i + \tilde{P}_6 \sum_{i=1}^{27} \hat{F}_i \\ - (\tilde{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i + \tilde{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i + \tilde{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i + \tilde{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D_i + \tilde{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i + \tilde{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i) \\ \leq 0.3 * 1,838,092,015,000,000 \end{aligned}$$

د- محدودیت مربوط به وضعیت باز مثبت تمامی ارزها (محدودیت جمعی):

وضعیت باز مثبت تمامی ارزها عبارت است از مجموع خالص وضعیت باز مثبت ارزها (بخشنامه شماره ۹۶/۱۴۳۱۱۳ بانک مرکزی ج.ا.ا، ۱۳۹۶، ۲).

حد مجاز وضعیت باز مثبت تمامی ارزها حداکثر به میزان ۳۵ درصد سرمایه پایه موسسه اعتباری می باشد (همان منبع، ۳).

وضعیت باز ارزی عبارت است از وضعیت باز مثبت یا قدرمطلق وضعیت باز منفی تمامی ارزها هر کدام که بیشتر است (همان منبع، ۲).

$$\begin{aligned} \tilde{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i + \tilde{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i + \tilde{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i + \tilde{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D_i + \tilde{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i + \tilde{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i - (\tilde{P}_1 \sum_{i=1}^{27} \hat{A}_i + \tilde{P}_2 \sum_{i=1}^{27} \hat{B}_i \\ + \tilde{P}_3 \sum_{i=1}^{27} \hat{C}_i + \tilde{P}_4 \sum_{i=1}^{27} \hat{D}_i + \tilde{P}_5 \sum_{i=1}^{27} \hat{E}_i + \tilde{P}_6 \sum_{i=1}^{27} \hat{F}_i) \leq 0.35 * 1,838,092,015,000,000 \end{aligned}$$

و- محدودیت مربوط به ارزشهای مهم:

ارزهای مهم عبارت از دلار آمریکا، یورو، پوند انگلیس، فرانک سوئیس و ین ژاپن می باشد. سایر ارزشهایی که نسبت معادل ریالی مجموع دارایی های موسسه اعتباری و تعهدات مشتریان بر حسب آن ارز به مجموع دارایی های ارزی موسسه اعتباری و تعهدات ارزی مشتریان و یا مجموع بدهی ها و تعهدات ارزی موسسه اعتباری بر حسب آن ارز به مجموع بدهی ها و تعهدات ارزی موسسه اعتباری، حداقل پنج درصد باشد نیز ارز مهم محسوب می شوند (بخشنامه شماره ۹۶/۱۴۳۱۱۳ بانک مرکزی ج.ا.، ۱۳۹۶، ۲).

بنابراین بر اساس نظریه بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (مطالب فوق) و با عنایت به اینکه سبد ارزی بانک ملت در حال حاضر مرکب از ارزهای دلار آمریکا، درهم امارات، ین ژاپن، لیرترک، ون کره و یورو بوده به گونه ای که ارزشهای یادشده بیشترین نقش را در رویدادها و مراودات مالی بانک ملت ایفاء می کنند، لذا ارز مهم محسوب شده و بنابراین محدودیت های زیر برای آنها متصور می باشد. به بیان دیگر سهم هریک از آنها در سبد ارزی بانک ملت صرفنظر از ریسکهای مرتبط و پرخطر بودن آنها بر اساس نیازهای مبادلاتی بانک، حداقل ۵ درصد از سبد ارزی در نظر گرفته می شود:

$$\frac{\bar{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i}{\bar{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i + \bar{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i + \bar{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i + \bar{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D_i + \bar{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i + \bar{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i} \geq 0.05$$

$$\frac{\bar{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i}{\bar{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i + \bar{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i + \bar{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i + \bar{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D_i + \bar{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i + \bar{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i} \geq 0.05$$

$$\frac{\bar{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i}{\bar{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i + \bar{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i + \bar{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i + \bar{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D_i + \bar{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i + \bar{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i} \geq 0.05$$

$$\frac{\bar{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D_i}{\bar{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i + \bar{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i + \bar{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i + \bar{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D_i + \bar{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i + \bar{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i} \geq 0.05$$

$$\frac{\bar{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i}{\bar{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i + \bar{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i + \bar{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i + \bar{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D_i + \bar{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i + \bar{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i} \geq 0.05$$

$$\frac{\bar{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i}{\bar{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i + \bar{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i + \bar{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i + \bar{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D_i + \bar{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i + \bar{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i} \geq 0.05$$

ه- محدودیت حاصل از نتایج مدل ارزیابی ریسک سبد ارزی

حالت بهینه مدل ارزیابی ریسک سبد ارزی بانک ملت، بیانگر آن است که برای سرمایه گذاری در پرتفوی ارزی بهتر است سهم دلار آمریکا حداکثر 58.89162 درصد، درهم امارات 37.67156 درصد و سهم ین ژاپن حداکثر 3.43682 درصد در نظر گرفته شود. بیان ریاضی مطلب فوق عبارتست از:

$$\frac{\tilde{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i}{\tilde{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i + \tilde{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i + \tilde{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i + \tilde{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D_i + \tilde{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i + \tilde{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i} \leq 0.5889162$$

$$\frac{\tilde{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i}{\tilde{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i + \tilde{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i + \tilde{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i + \tilde{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D_i + \tilde{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i + \tilde{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i} \leq 0.3767156$$

$$\frac{\tilde{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i}{\tilde{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i + \tilde{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i + \tilde{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i + \tilde{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D_i + \tilde{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i + \tilde{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i} \leq 0.0343682$$

ی-محدودیت مربوط به مقررات احتیاطی:

بر اساس دستورالعمل بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (مقررات احتیاطی)، موسسه اعتباری ملزم به رعایت نسبتهای مقررات احتیاطی به شرح ذیل می باشند:

۱-نسبت وجه نقد، جاری نزد بانکها به کل سپرده می بایست حداقل ۵ درصد باشد. یعنی:

$$\frac{\text{وجه نقد و جاری نزد بانکها}}{\text{کل سپرده ها}} \geq 0.05$$

به بیان دیگر:

$$\frac{\tilde{P}_1 \sum_{i=1}^5 A_i + \tilde{P}_2 \sum_{i=1}^5 B_i + \tilde{P}_3 \sum_{i=1}^5 C_i + \tilde{P}_4 \sum_{i=1}^5 D_i + \tilde{P}_5 \sum_{i=1}^5 E_i + \tilde{P}_6 \sum_{i=1}^5 F_i}{\tilde{P}_1 \sum_{i=6}^{11} A_i + \tilde{P}_2 \sum_{i=6}^{11} B_i + \tilde{P}_3 \sum_{i=6}^{11} C_i + \tilde{P}_4 \sum_{i=6}^{11} D_i + \tilde{P}_5 \sum_{i=6}^{11} E_i + \tilde{P}_6 \sum_{i=6}^{11} F_i} \geq 0.05$$

۲-نسبت مجموع تعهدات و بدهی های ارزی به دارایی های ارزی می بایست حداکثر ۱۵۰ درصد باشد. یعنی:

$$\frac{\text{مجموع تعهدات و بدهی های ارزی}}{\text{دارایی های ارزی}} \leq 1.5$$

به بیان دیگر:

$$\frac{\tilde{P}_1 \sum_{i=1}^{27} \hat{A}_i + \tilde{P}_2 \sum_{i=1}^{27} \hat{B}_i + \tilde{P}_3 \sum_{i=1}^{27} \hat{C}_i + \tilde{P}_4 \sum_{i=1}^{27} \hat{D}_i + \tilde{P}_5 \sum_{i=1}^{27} \hat{E}_i + \tilde{P}_6 \sum_{i=1}^{27} \hat{F}_i}{\tilde{P}_1 \sum_{i=1}^{30} A_i + \tilde{P}_2 \sum_{i=1}^{30} B_i + \tilde{P}_3 \sum_{i=1}^{30} C_i + \tilde{P}_4 \sum_{i=1}^{30} D_i + \tilde{P}_5 \sum_{i=1}^{30} E_i + \tilde{P}_6 \sum_{i=1}^{30} F_i} \leq 1.5$$

۳-حد مجاز سرمایه گذاری ها در اوراق بهادار ارزی :

حد مجاز نسبت سرمایه گذاری در اوراق بهادار به سرمایه پایه حداکثر ۲۰ درصد می باشد. به بیان ریاضی عبارتست از:

$$\frac{\tilde{P}_1 \sum_{i=12}^{13} A_i + \tilde{P}_2 \sum_{i=12}^{13} B_i + \tilde{P}_3 \sum_{i=12}^{13} C_i + \tilde{P}_4 \sum_{i=12}^{13} D_i + \tilde{P}_5 \sum_{i=12}^{13} E_i + \tilde{P}_6 \sum_{i=12}^{13} F_i}{1,838,092,015,000,000} \leq 0.2$$

۴- حد جمعی تسهیلات و تعهدات کلان:

حد مجاز نسبت تسهیلات و تعهدات کلان به سرمایه پایه حداکثر ۸ برابر می باشد. به بیان ریاضی عبارتست از:

$$\frac{\tilde{P}_1 \sum_{i=15}^{17} A_i + \tilde{P}_2 \sum_{i=15}^{17} B_i + \tilde{P}_3 \sum_{i=15}^{17} C_i + \tilde{P}_4 \sum_{i=15}^{17} D_i + \tilde{P}_5 \sum_{i=15}^{17} E_i + \tilde{P}_6 \sum_{i=15}^{17} F_i}{1,838,092,015,000,000} \leq 8$$

۵- کفایت سرمایه<sup>۱</sup>:

نسبت کفایت سرمایه مؤسسه اعتباری که عبارت است از نسبت سرمایه نظارتی به کل دارایی های موزون به ریسک، باید حداقل معادل ۸ درصد باشد. ضریب ریسک دارایی ها به شرح زیر است:

۱- موجودی های نقدی، مطالبات از بانک مرکزی و اوراق بهادار منتشره و یا تضمین شده توسط بانک مرکزی با ضریب ریسک صفر درصد.

۲- مطالبات (در قالب تسهیلات، سپرده گذاری و خرید اوراق بهادار) از مؤسسات اعتباری با وزن های ریسک متناسب با رتبه اعلامی بانک مرکزی برای هر یک از مؤسسات اعتباری، به شرح جدول ۴ است:

جدول ۴: وزن ریسک مطالبات از مؤسسات اعتباری

رتبه	عالی/خوب	متوسط	ضعیف	بد
وزن ریسک مطالبات از مؤسسات اعتباری (/.)	۲۰	۵۰	۸۰	۱۰۰

۳- مطالبات از دولت (در قالب تسهیلات و خرید اوراق بهادار) با وزن ریسک ۲۰ درصد؛

۴- مطالبات از مؤسسات و شرکت های دولتی و نهادها و مؤسسات عمومی غیردولتی (در قالب تسهیلات و خرید اوراق بهادار) با وزن ریسک ۱۰۰ درصد؛ و ... (بخشنامه شماره ۹۶/۱۱۵۹۷ بانک مرکزی ج.ا.ا، ۱۳۹۶، ۸). به بیان ریاضی عبارتست از:

$$\frac{1,838,092,015,000,000}{0.5 * \tilde{P}_1 * (A_7 + \sum_{i=10}^{11} A_i + \sum_{i=18}^{20} A_i) + 0.75 * \tilde{P}_1 * (\sum_{i=8}^9 A_i + A_{13}) + 0.2 * \tilde{P}_1 * (A_{12} + A_{29}) + \tilde{P}_1 (\sum_{i=15}^{17} A_i + \sum_{i=21}^{28} A_i) + 0.5 * \tilde{P}_2 * (B_7 + \sum_{i=10}^{11} B_i + \sum_{i=18}^{20} B_i) + 0.75 * \tilde{P}_2 * (\sum_{i=8}^9 B_i + B_{13}) + 0.2 * \tilde{P}_2 * (B_{12} + B_{29}) + \tilde{P}_2 (\sum_{i=15}^{17} B_i + \sum_{i=21}^{28} B_i) + 0.5 * \tilde{P}_3 * (C_7 + \sum_{i=10}^{11} C_i + \sum_{i=18}^{20} C_i) + 0.75 * \tilde{P}_3 * (\sum_{i=8}^9 C_i + C_{13}) + 0.2 * \tilde{P}_3 * (C_{12} + C_{29}) + \tilde{P}_3 (\sum_{i=15}^{17} C_i + \sum_{i=21}^{28} C_i) + 0.5 * \tilde{P}_4 * (D_7 + \sum_{i=10}^{11} D_i + \sum_{i=18}^{20} D_i) + 0.75 * \tilde{P}_4 * (\sum_{i=8}^9 D_i + D_{13}) + 0.2 * \tilde{P}_4 * (D_{12} + D_{29}) + \tilde{P}_4 (\sum_{i=15}^{17} D_i + \sum_{i=21}^{28} D_i) + 0.5 * \tilde{P}_5 * (E_7 + \sum_{i=10}^{11} E_i + \sum_{i=18}^{20} E_i) + 0.75 * \tilde{P}_5 * (\sum_{i=8}^9 E_i + E_{13}) + 0.2 * \tilde{P}_5 * (E_{12} + E_{29}) + \tilde{P}_5 (\sum_{i=15}^{17} E_i + \sum_{i=21}^{28} E_i) + 0.5 * \tilde{P}_6 * (F_7 + \sum_{i=10}^{11} F_i + \sum_{i=18}^{20} F_i) + 0.75 * \tilde{P}_6 * (\sum_{i=8}^9 F_i + F_{13}) + 0.2 * \tilde{P}_6 * (F_{12} + F_{29}) + \tilde{P}_6 (\sum_{i=15}^{17} F_i + \sum_{i=21}^{28} F_i)} \geq 0.08$$

<sup>1</sup> Capital Adequacy Ratio

## ۵- نتیجه‌گیری و بحث

هدف از پژوهش حاضر طراحی الگوریتم ریاضی بهینه‌سازی سبد دارایی‌های ارزی بانکها (بانک ملت)، بر مبنای منطق فازی و شاخص‌های ریسک مرتبط با افق زمانی یکساله است (مدل با اهداف چندگانه). بهینه‌سازی یعنی سبد دارایی‌های ارزی کمترین ریسک و بیشترین بازده را داشته باشد. از آنجا که بر اساس نظر سنجی انجام شده از افراد خبره، در موسسات مالی و در مباحث بهینه‌سازی پرتفوی ارزی، داشتن کمترین ریسک در اولویت بالاتری قرار دارد لذا در ابتدا به عنوان هدف اول، با استفاده از روش پارامتریک واریانس-کواریانس و همچنین تکنیک میانگین متحرک موزون نمایی (EWMA)، ارزش در معرض ریسک سبد سرمایه‌گذاری ارزی بانک ملت با داده‌ها و منطق فازی به دست آورده شد. در این مرحله برای حل مدل از نرم افزار Lingo استفاده شد. سپس نتایج حاصل از حل مدل ریسک مذکور به عنوان یک محدودیت جدید به محدودیتهای مدل هدف دوم یعنی کسب بیشترین بازده سبد دارایی ارزی، اضافه گردید. در نهایت مدل مربوط به کسب بیشترین بازده با استفاده از نرم افزار Gams حل شد.

با توجه به روند تاریخی نوسانات نرخ ارزهای مورد بررسی یعنی دلار آمریکا، درهم امارات، ین ژاپن، لیر ترک، ون کره جنوبی و یورو و همچنین نتایج حاصل از حل مدل، حالت بهینه بیانگر آن است که بهتر است سپرده‌های ارزی مدت‌دار نزد شعب خارج به ارزهای دلار آمریکا، درهم امارات، ین ژاپن، لیر ترک، ون کره و یورو و همچنین حساب وضعیت ارزی-دارایی آنها تنها به ارز ون کره برای سرمایه‌گذاری در پرتفوی ارزی بانک ملت در نظر گرفته شوند. به عبارت دیگر نگهداری سایر ارزها پر خطر بوده، و لذا بانک ملت برای نگهداری این ارزها، بیشتر باید بر اساس نیازهای مبادلاتی خود برنامه ریزی نماید. همچنین بهتر است بانک ملت تنها از بانک مرکزی از طریق سپرده‌های ارزی دیداری به ارزهای دلار آمریکا و درهم امارات استقراض نماید و میزان بدهی آن بانک به ارزهای یادشده نباید به ترتیب از رقم‌های معادل ۴۴۳۷۰۲۲۴۵ ریال به دلار آمریکا و ۲۱۸۱۲۱۸۷۵۸۹ ریال به درهم امارات تجاوز نماید.

از دیگر نتایج مدل ریاضی پژوهش می‌توان به رقم مجموع دارایی‌های ارزی به دست آمده در هر ارز اشاره کرد. به این معنی که حالت بهینه زمانی اتفاق می‌افتد که مجموع دارایی‌های ارزی به ارزهای دلار آمریکا، درهم امارات، ین ژاپن، لیر ترک، ون کره و یورو به ترتیب معادل ۴۴۳۷۰۲۲۴۵.۵۵۶۸، ۴۴۳۷۰۲۲۴۵.۵۵۷۳، ۱۶۲۹۴۴۱۹۷۰.۶۵۷۳، ۴۸۷۳۴۷۵۰.۸۲۸، ۲۲۲۹۵۴۴۲۴۵.۹۸۹۶، ۴۹۰۷۱۷۲۸۸.۳۷۵۴ و ۹۵۴۵ ریال باشد. این مهم به دلیل محدودیت ناشی از محاسبات مدل ریسک سبد ارزی بانک، می‌باشد. لذا پیشنهاد محقق آن است که بانک ملت در مورد دارایی‌های صدرا اشاره، بیشتر از ارقام ذکر شده در بالا در سبد ارزی خود نگهداری ننماید. در نهایت دو سناریوی ذیل جهت اجرا پیشنهاد می‌گردد:

سناریوی اول، افزایش دارایی‌های مذکور بیش از ارقام به دست آمده/ پیشنهادی از طریق مدل ریاضی می‌باشد. به بیان دیگر در این سناریو محقق می‌تواند/ تصمیم می‌گیرد به منظور افزایش بازده، میزان دارایی‌های ارزی را افزایش دهد. اما از آن طرف نیز بر اساس مدل ریسک طراحی شده، ارزش در معرض خطر هر ارز، یعنی حداکثر مبلغی که احتمال دارد در سبد سرمایه‌گذاری ارزی، در حداکثر زمان ممکن با سطح اطمینان مشخص

به زیان تبدیل شود، نیز افزایش می باید و این به معنای افزایش ریسک پرتفوی ارزی در مجموع می باشد. مدیران ارشد موسسات مالی به طور معمول زمانی از این سناریو استفاده می کنند که موسسه، تعهدات مالی با سررسید های کوتاه مدت/ نزدیک دارد و نیازمند نقدینگی می باشند و یا به قصد سودآوری در کوتاه مدت، مبادرت به اتخاذ این سناریو می نمایند.

سناریوی دوم: در این سناریو محقق/ تصمیم گیرنده بر اساس منطق مدل ریسک طراحی شده و با هدف کاهش ارزش در معرض خطر هر ارز که در مجموع باعث کاهش میزان ریسک(زیان احتمالی) سبد ارزی می گردد، تصمیم به کاهش میزان دارایی های ارزی می گیرد. طبیعی است که در این صورت میزان بازده مجموع دارایی های ارزی نیز کاهش می یابد. کاهش در میزان دارایی های ارزی از آنجا اهمیت پیدا می کند که ممکن است باعث شود تا بانکها نتوانند به موقع به تعهدات خود به دلیل کاهش منابع نقدینگی، عمل نمایند. در نتیجه این امر ضمن مخدوش کردن وجهه و برند بانک در بین موسسات مالی بین المللی و داخلی، ضرر و زیان و جرایم دیرکرد ناشی از عدم انجام به موقع تعهدات در سررسیدها را نیز به بانک تحمیل خواهد نمود.

باعنایت به اینکه عدم اطمینان و ابهام جزئی از حیات سازمانهای امروزی شده لذا ضرورت ساماندهی پرتفوی ارزی برای کلیه بانکها امری اجتناب ناپذیر است. این روش در واقع انواع ریسک ها را در یک رقم خلاصه کرده، مدیریت ارشد را از انبوهی از محاسبات خلاص می کند و می توان از آن در سطح گسترده ای بین شرکتها، مدیران وجوه و موسسات مالی، با در نظر گرفتن الزامات و محدودیتهای قانونی خاص هر موسسه مالی، استفاده کرد. در واقع ریسکهای موجود در بازار را نمی توان از بین برد، بلکه باید روش های مناسبی را برای کنترل و به حداقل رساندن آنها به کار برد. آنچه که واضح است، در تمامی تحقیقات من جمله تحقیق حاضر، موانع و مشکلاتی موجود است. از جمله این موارد عبارتند از: ۱- نبودن موضوع (به کارگیری ترکیبی از مدل های ریاضیات نادقیق (فازی) و بهینه یابی) اشاره داشت. به این ترتیب که در این تحقیق از برنامه ریزی خطی با ضرایب هدف فازی استفاده شده است. ضرایب هدف همان نرخ ارز می باشد. به بیان دیگر نرخ روزانه تمامی ارزها به دلیل نوسان، به صورت اعداد فازی در نظر گرفته شده است. به این جهت از لحاظ ادبیات و پیشینه تحقیق مقدار مختصری را به خود اختصاص می داد. ۲- دسترسی دشوار به آمار و اطلاعات سرفصلهای دارایی ها و بدهی های ارزی بانک هدف به دلیل محرمانه تلقی شدن آنها. همچنین برای دسترسی به برخی از اطلاعات از روش مصاحبه نیمه ساختاریافته با خبرگان استفاده شد که مستلزم صرف زمان طولانی بوده و مشکلات و مسائل خاص خود را دارد. ۳- فقدان سیستم پکیارچه اطلاعاتی مدیریت در بخش ارز بانک مورد هدف و به تبع آن عدم استخراج اطلاعات یکسان می باشد که محقق را تعیین صحت و سقم آنها سردرگم می نماید. ۴- وجود سرفصلهای مختلف دارایی ها و بدهی های ارزی در هر ارز و همچنین گوناگونی ارزهای مهم است که هر یک ویژگی خاص خود را دارند. اگرچه به سبب نوسانات در کلیت با یکدیگر وجوه مشترکی دارند، اما به سبب تاثیر گذاری در میزان ریسک و بازده سبد ارزی، دارای ماهیت های متفاوت می باشند. البته سعی شده مدل ریاضی تحقیق به گونه ای ساختار بندی شود که تا حد ممکن بر مشکلات و محدودیتهای فوق فائق آید. از جمله استفاده از اعداد فازی در مدل. مدل به دست آمده قابل بهره برداری برای

کلیه بانکها می باشد. پیشنهاد می شود از تکنیک و روش این مدل برای بهینه سازی دیگر پرتفویهای سرمایه گذاری همچون پرتفوی بازار سهام با اهداف چندگانه نیز، استفاده شود.

### فهرست منابع

- \* آذر، عادل، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، بهار ۱۳۷۹، فصلنامه علمی تخصصی مدیریت توسعه، شماره ۴،
- \* آذر، عادل و فرجی، حجت، علم مدیریت فازی، ۱۳۹۵، چاپ پنجم، موسسه کتاب مهربان نشر.
- \* اصغرپور، محمد جواد، تصمیم گیری های چند معیاره ، ۱۳۹۲، چاپ یازدهم، انتشارات دانشگاه تهران.
- \* اصغرپور، حسین، فیروز فلاحی، ناصر صنوبر و علی رضازاده، ۱۳۹۳، بهینه سازی سبد سهام در چارچوب ارزش در معرض خطر: مقایسه روش های MS-GARCH و بوت استرپینگ، فصلنامه تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی، شماره ۱۷، صص ۸۸-۱۲۲
- \* امیری، مقصود، صالحی صدقیانی، جمشید، اختیاری، مصطفی و رضوی، حسین. "بهینه سازی سبدهای ارزی با استفاده از معیار جهانی". فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۵۳، زمستان ۱۳۸۸، صص ۱-۲۲
- \* احمدوند، میثم، نگاهی کاربردی بر اوراق بدهی ارزی، بهمن واسفند ۱۳۹۵، مجله بازار سرمایه، شماره ۸۴-۸۳، صص ۸۴-۸۰
- \* بابایی، محمدعلی و حمیدرضا وزیر زنجانی، مدیریت ریسک، رویکردی نوین برای ارتقای اثربخشی سازمانها، ۱۳۸۵، ماهنامه تدبیر، سال هفدهم، شماره ۱۷۰
- \* بخشنامه شماره ۹۶/۵۱۹۳۵، ابلاغ دستورالعمل الزامات ناظر بر حاکمیت شرکتی در موسسات اعتباری غیر دولتی، ۱۳۹۶، بانک مرکزی ج.ا.ا، مدیریت کل مقررات، مجوزهای بانکی و مبارزه با پولشویی
- \* بخشنامه شماره ۹۶/۱۱۱۵۹۷، ابلاغ دستورالعمل محاسبه سرمایه نظارتی و کفایت سرمایه موسسات اعتباری، ۱۳۹۶، بانک مرکزی ج.ا.ا، مدیریت کل مقررات، مجوزهای بانکی و مبارزه با پولشویی
- \* بخشنامه شماره ۹۶/۱۴۳۱۱۳، ابلاغ دستورالعمل ناظر بر وضعیت باز ارزی موسسات اعتباری، ۱۳۹۶، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران
- \* پورزندی، محمد ابراهیم، بیاتی، غلامرضا (۱۳۹۹)، طراحی مدل ارزیابی ریسک و تعیین پرتفوی بهینه ارزی بانکها تحت معیار ارزش در معرض ریسک و تکنیک میانگین متحرک موزون نمایی (EWMA)، فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، دوره ۱۱، شماره ۴۴
- \* جان هال، مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک، ۱۳۹۷، ترجمه سجاد سیاح و علی صالح آبادی، انتشارات بورس
- \* دائی کریم زاده، سعید، پرتفوی ارزی بهینه ذخایر بانک مرکزی ج.ا.ا (رهیافت فرامدرن پرتفوی)، پائیز ۱۳۹۶، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره سی و دوم
- \* دیواندری، علی، محمدپورزندی، محمد ابراهیم، بغزیان، آبرت، نادری، اصغر. "طراحی الگو و نرم افزار ارزیابی ریسک و تعیین پرتفوی بهینه ارزی". پژوهش های پولی و بانکی، بهار ۱۳۸۹، شماره ۳



- \* راغفر، حسین، آجرلو، نرجس. "برآورد ارزش در معرض خطر پرتفوی ارزی یک بانک نمونه با روش GARCH-EVT-Copula"، فصلنامه پژوهش اقتصادی ایران، سال بیست و یکم، شماره ۶۷، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۱۴۱-۱۱۳
- \* راعی، رضا و علی سعیدی، میانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک، بهار ۱۳۸۳، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها، دانشکده مدیریت تهران، چاپ اول، صص (۴۷-۴۴) و (۱۵۶-۱۳۶).
- \* رایلی، فرانکی و براون، کیتس "تجزیه و تحلیل سرمایه گذاری و مدیریت سبد اوراق بهادار"، غلامرضا اسلامی بیدگلی، هیبتی، فرشاد و رهنمای رودپشتی، فریدون، پژوهشکده امور اقتصادی، تهران، ۱۳۸۴، چاپ اول، صص ۴۷-۸۰.
- \* رشیدی، مهدی، بانکداری بین المللی-۱، ۱۳۸۶، چاپ پنجم، موسسه عالی بانکداری ایران، بانک مرکزی ج.ا.ا. رهنمای رودپشتی، فریدون، صالحی، اله کرم، مکاتب و تئوری های مالی و حسابداری، چاپ دوم، سازمان چاپ و انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی
- \* ساده، احسان، رضا احتشام راثی و علی شیدایی نرمیقی، مدل فازی عصبی با ترکیب الگوریتم ژنتیک جهت پیش بینی قیمت سهام در صنعت خودرودر بورس اوراق بهادار تهران، زمستان ۱۳۹۶، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره ۳۳، دوره ۸
- \* شهباز مرادی، سعید، جزوه روش تحقیق در مدیریت، ۱۳۸۹
- \* صالحی صدقیانی، جمشید، تعیین ریسک سرمایه گذاری در یک پرتفوی ارزی با استفاده از روش ارزش در معرض خطر، پاییز ۱۳۸۶، فصلنامه علمی - پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، سال ششم، شماره ۱۷، صفحات ۱۸۳ تا ۲۰۰
- \* کیقبادی، امیررضا، احمدی، محمد، مقایسه کارایی روشهای GARCH و ARCH در پیش بینی ارزش در معرض ریسک جهت انتخاب پرتفولیوی بهینه، زمستان ۱۳۹۵، پژوهش های حسابداری مالی و حسابرسی، سال ۸، شماره ۳۲، صفحه ۶۳ تا ۸۲
- \* مهرگان، محمدرضا، پژوهش عملیاتی پیشرفته، ۱۳۹۲، چاپ سوم، نشر کتاب دانشگاهی،
- \* واعظ، محمد، دائی کریم زاده، سعید و کریمیان، غلامحسین، مدیریت بهینه پرتفوی ارزی: مطالعه موردی ذخایر رسمی بانک مرکزی ج.ا.ا.، ۱۳۹۰، فصلنامه پول و اقتصاد، شماره ۹، ۱۴۶-۱۱۷.
- \* abo, Tom & John R.S. Fraser & Betty J. Simkins (2010), The Risk and Evolution of the Chief Risk Officer, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
- \* Best, Philip, (1999) "Implementing Value at Risk" John Wiley, England, First Edition. 1-148
- \* Eichengreen, B., D. Mathieson, (2000). "The Currency Composition of Foreign Exchange Reserves: Retrospect and Prospect", IMF Working Paper.
- \* J.P.Morgan, Risk Metrics Monitor, Fourth Quarter, 1995.
- \* Kothari, C.R. Research Methodology, New Age International (P) Limited Journal, second revised edition, 2004.

## **Design of Mathematical Optimization Algorithm of Banks' Foreign Exchange Portfolios on the Basis of Fuzzy Logic and Relevant Risk Indices (Case Study: Bank Mellat)**

**Gholamreza Bayati**

Ph.D Student, Department of Industrial Management, Faculty of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

**Mohammad Ebrahim Mohammad Pourzarandi**

Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (coresponding Author)  
pourzarandi@yahoo.com

**Hamidreza Kordlouie**

Associate Professor, Department of Financial Management, Faculty of Management and Accounting, Islamshahr Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

**Arefeh Fadavi**

Assistant Professor, Faculty of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

### **Abstract**

Optimization of banks' foreign exchange portfolios aiming to determine an optimized combination of foreign exchange assets is in such a manner that it leads to a minimum risk and maximum yield. The approach used in this article, which is actually a priority over other methods is to use a combination of inexact mathematical models (fuzzy) and optimization. Thus, in this research, linear programming with fuzzy target coefficients has been used. The target coefficients are the same as the exchange rate. In other words, the daily rates of all currencies due to fluctuations are considered as fuzzy numbers. Therefore, in this investigation, by developing a multi-purpose mathematical model and by applying the fuzzy data relating to transaction rate of six foreign exchanges in year ended on March 20, 2020, including US dollar, Emirates Dirham, Japanese Yen, Turkish Lira, Korean Won and Euro, case by case risks related to the fluctuations of noted foreign exchanges and also their yield in the foreign exchange portfolio of Bank Mellat were measured and estimated for the future time horizon. All banks may benefit from the developed model. By determination of the optimal weight of each foreign exchange, upon describing and analyzing the existing status it specifies the optimal status, enabling banks to fulfill their foreign exchange obligations on due dates by properly and optimally making investment in foreign exchange assets meanwhile gaining a competitive advantage. "Gams Software" was used for solving the model.

**Keywords:** Foreign Exchange Portfolio, Risk, Yield, Fuzzy Logic, Optimization