

## بهینه سازی سبد سپرده های یک بانک خصوصی

احسان صنیعی<sup>۱</sup>  
ایمان غریب<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۲

### چکیده

این پژوهش براساس آمار تاریخی سپرده های یک بانک خصوصی در چهار دسته بندی (وجه) مختلف، هدف آن است که سهم بهینه سپرده های چهاروجهی بانک مزبور با هدف مینیمم کردن سود پرداختی به این سپرده ها و رعایت محدودیت ماتریس سپرده های بانک در چارچوب اسناد بالادستی بانک تخمین گردد. برای حل بهینه سازی مذکور، از الگوریتم های بهینه سازی (روش نقطه درونی و استفاده از تابع  $f \min com$  در نرم افزار متلب) بدلیل تابع هدف غیرخطی استفاده شده است. در ابتدا نتایج و پیش بینی داده ها برای هر یک از سپرده های بانک بر مبنای داده های پیشین و با استفاده از روش های یادگیری ماشین و رگرسیونی در بخش مربوطه انجام گرفته است. سپس با ساختن تابع هدف و محدودیت ها و قراردادن داده های سپرده و بودجه بانک، با استفاده از روش نقطه درونی، سهم سپرده های بهینه استخراج شده است. نتایج نشان دهنده آن است که سپرده حساس به سود بلندمدت با ثبات گران قیمت و بعد از آن سپرده جاری بی ثبات حساس به کسب و کار ارزان قیمت بیشترین سهم را در کل سپرده های بانک به خود اختصاص داده که در برنامه ریزی سپرده های بانکی باید به این مساله توجه کرد.

**واژه های کلیدی:** بهینه سازی سبد سپرده های بانک، ماتریس سپرده های بانک، مدلسازی غیرخطی، الگوریتم نقطه درونی.

۱- دکتری اقتصاد مالی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، نویسنده مسئول مقاله [e.saniee92@basu.ac.ir](mailto:e.saniee92@basu.ac.ir)

۲- دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

## ۱- مقدمه

سپرده های سرمایه گذاری مدت دار و یکساله با نرخ های ترجیحی.

یکی از مهم ترین استراتژی های بازاری در جهت بهینه سازی عملیات بانکها ارائه مدل مدیریت سپرده های بانک در کنار مدیریت مشتری مداری می باشد. (سینکی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱). از این رو مدیریت انواع ترکیب سپرده های بانک یک بانک خصوصی در اینجا مد نظر قرار دارد. این موضوع بسیار مهم است که شعب مختلف بانک مد نظر کدام از یک گروه های سپرده اعم از سپرده حساس به سود، حساس به خدمت و.. را بیشتر جذب کرده و مقدار بهینه ترکیب این سپرده ها چقدر است. براین اساس به صورت کلان براساس آمار کل سپرده های تفکیکی چهاروجهی بانک که شرح داده می شود، سهم های بهینه سپرده های ترکیبی استخراج می شود تا راهنمایی برای هر یک از شعب در امور بازاریابی مشتریان خود باشد. بر اساس اسناد بالادستی و گروه های مختلف سپرده گذاری، این بانک به دنبال پیدا کردن بهترین سبد ترکیب سپرده های چهاروجهی از منظر کاهش هزینه ها می باشد.

انواع سپرده های بانک مزبور به وجوه ذیل می باشد:

### • سپرده های وجه اول (براساس نرخ)

- سپرده های ارزان قیمت: سپرده های ارزان قیمت به آن دسته از سپرده ها اطلاق می گردد که هزینه جذب و تجهیز آن معادل ۲ درصد حجم آن باشد. مثل حساب های قرض الحسنه پس انداز
- سپرده های نسبتاً ارزان قیمت: سپرده های نسبتاً ارزان قیمت به آن دسته از سپرده ها اطلاق می گردد که در قالب طرح های تسهیلاتی ایجاد شده و با نرخ بازده پایین تجهیز می شود نظیر طرح های تسهیلاتی قرض الحسنه
- سپرده های نسبتاً گران قیمت: سپرده های نسبتاً گران قیمت به آن دسته از سپرده ها اطلاق می گردد که هزینه جذب و تجهیز آن معادل ۵۰ درصد تجهیز سپرده های گران قیمت است نظیر حساب های پشتیبان و حساب های کوتاه مدت روزشمار.
- سپرده های گران قیمت: سپرده های گران قیمت به آن دسته از سپرده ها اطلاق می گردد که هزینه جذب و تجهیز آن بالاترین نرخ را بر مبنای مصوبه کمیته دارایی و بدهی به خود اختصاص می دهد نظیر

### • سپرده های وجه دوم (براساس ماندگاری)

- سپرده های بی ثبات: فاقد سررسید هستند.
- سپرده های کم ثبات: فاقد سررسید بوده و لیکن حساس به یک طرح سپرده پذیری می باشد.
- سپرده های تاحدودی باثبات: سپرده هایی هستند که براساس شرایط قرارداد طرح های سپرده پذیری حداقل ۳۰ روز کاری ماندگاری داشته یا حداقل کفی برای مانده آن تعیین می گردد و یا متصل به یک طرح تسهیلاتی باشد.
- سپرده های باثبات: به سپرده های بالاتر از سررسید ۹ ماه گفته می شود.

### • سپرده های وجه سوم (براساس خدمات)

- سپرده های حساس به کسب و کار: به آن دسته از طرح های سپرده پذیری اطلاق می گردد که جذب سپرده ها مبتنی بر ارائه خدمات ارزش افزوده بر روی کسب و کارهای طرف قرارداد با بانک ایجاد می گردد.
- سپرده های حساس به تسهیلات: سپرده هایی که متصل به یک طرح تسهیلاتی بوده و در واقع با هدف اخذ تسهیلات از سوی مشتریان افتتاح می گردد.
- سپرده های حساس به خدمات پایه: در آن سپرده پذیری سپرده گذار به واسطه دریافت خدمات پایه بانکی نسبت به افتتاح حساب اقدام می نماید. به عبارت دیگر طرح های سپرده پذیری خدمت محور مبتنی خدمات پایه بانکی به طور معمول مناسب آن دسته از سپرده گذارانی هستند که به صورت مستمر حساب های آنها در برخی مقاطع پر و در برخی مقاطع دیگر خالی می شوند.
- سپرده های حساس به سود: سپرده هایی هستند که افزایش و یا کاهش نرخ سود در افزایش و یا کاهش حجم منابع آن تاثیر مستقیم دارد.

### • سپرده های وجه چهارم (براساس زمان)

- سپرده پس انداز: این سپرده از نوع سپرده های قرض الحسنه می باشد. به موجودی این حسابها هیچ گونه سودی تعلق نمی گیرد لیکن صاحبان حسابها می توانند

<sup>1</sup> Sinkey

## ۲- ضرورت تحقیق و مروری بر ادبیات پیشین

### ۲-۱- ضرورت تحقیق

امروزه بهینه سازی عملیات بانکی از مهمترین فاکتورهایی است که میبایست به آن توجه کرد. بهینه سازی در دو حوزه تسهیلات و سپرده ها از مهم ترین عملیات واسطه گری بانکی است. در این تحقیق به بررسی بهینه یابی در بخش سپرده ها در جهت تقویت بازاریابی شعب و سمت گیری بهتر شعب به سپرده های بهینه پرداخته می شود. بهینه سازی سبد سپرده های بانک باید به گونه ای تعریف شود که هزینه ها و ریسک بانک (با روشهای مختلفی همچون ارزش در معرض خطر و... برآورد میشود) حداقل شده و از این طریق مشتری را تشویق به جذب سپرده نمود. هزینه و ریسک بانک در اینجا سود پرداختی به سپرده ها است و از بررسی ریسک سپرده بدلیل نبود داده های مناسب صرف نظر گردیده است.

بر اساس آمار اداره پولی و بانکی بانک مرکزی در حجم سپرده کلیه بانکها و موسسات اعتباری اعم از دولتی و خصوصی، در حدود ۱۹ درصد از این حجم مربوط به سپرده های بدون هزینه برای بانکها بوده و در حدود ۸۱ درصد سپرده ها سپرده های هزینه دار برای بانکها است، لذا بانکها باید در ترکیب سپرده های خود و بهینه سازی آن، به این سهم توجه کنند. بر اساس همین آمار، بانکها و موسسات اعتباری خصوصی شده (غیردولتی) در حدود ۷۰ درصد سپرده ها را به خود اختصاص داده اند. البته بانکها و موسسات اعتباری خصوصی ۴۲ درصد سهم دارند و مابقی مربوط به چهار بانک خصوصی شده (۲۸ درصد) میباشد که آمار قابل توجهی است. بنابراین، باتوجه به نقش آماری بانکها در اقتصاد و سهم مختلف سپرده های هزینه زا و غیرهزینه زا در کل سیستم بانکی، هر بانک میبایست سهم بهینه سپرده های کوتاه مدت و بلندمدت و... خود را با توجه به محدودیت های آن بانک بهینه کند.

### ۲-۲- مروری بر ادبیات پیشین

مبانی نظری در قسمت مدل مربوطه ارائه گردیده است. در اینجا قبل از ارائه آن به مرور مطالعات پیشین پرداخته می شود. مطالعات در خصوص مدیریت سبد سپرده های بانک در دنیا گسترده است که برخی از آنها به صورت ذیل می باشد:

از هزاران جایزه ارزنده قرعه کشی در دوره های اعلامی این حساب ها بهره مند شوند.

- سپرده جاری: حساب سپرده قرض الحسنه جاری، حسابداری است که بانک بر اساس قرارداد فیما بین مشتری و بانک به منظور قبول سپرده قرض الحسنه جاری افتتاح می نماید. برداشت و یا انتقال از این حساب می تواند از طریق چک، دفترچه، کارت های الکترونیکی و یا سایر ابزارهای مجاز انجام پذیرد. به موجودی این حساب ها سود تعلق نمی گیرد.

- سپرده کوتاه مدت: منظور از سپرده های کوتاه مدت، سپرده های با سررسید کمتر از یکسال می باشد که البته امروزه به دو صورت کوتاه مدت عادی و ویژه وجود دارد. منظور از سپرده کوتاه مدت عادی آن است که پس از گذشت یک ماه، سپرده گذار می تواند حق برداشت داشته باشد. سپرده کوتاه مدت ویژه منظور سپرده های سه ماهه، شش ماهه و نه ماهه هستند که البته در همه بانکها وجود ندارند.

- سپرده بلندمدت: منظور از سپرده های بلندمدت، سپرده های بیشتر از یکسال می باشد که در گذشته دو ساله الی ۵ ساله بوده ولی اکنون سهم سپرده های یکساله بدلیل تورم و رشد قیمت ها در سایر بازارهای مالی و تمایل مردم به کاهش مدت ماندگاری سپرده ها در بانکها، افزایش یافته است.

- سایر سپرده ها: منظور از سایر سپرده ها در بانکهای مختلف کمی متفاوت است. به طور کلی سایر سپرده ها به سپرده های نقدی ضمانت نامه و اعتبارات نیز گفته می شود که بدلیل کم هزینه بودن برای بانک مناسب میباشد.

بنابراین در این مقاله سهم بهینه هریک از سپرده های فوق در قالب چهاروجهی (ترکیب ۴ تایی از سپرده های فوق) را برای بانک مورد نظر استخراج می گردد که نوعی بهینه سازی است. در این بهینه سازی، متغیر هدف مینیمم کردن هزینه بانک (سود پرداختی به سپرده های مزبور) و متغیر تصمیم همان سطح بهینه سپرده ها میباشد. عمده محدودیت ها مربوط به محدودیت ماتریس سپرده های بانک است. ماتریس سپرده های بانک در واقع محدودیت هایی را برای اینکه جمع سپرده های چهاروجهی بانک حداکثر برابر با بودجه بانک باشد، طراحی می کند.

شهروندی(خرد) کوتاه مدت و بلندمدت و سپرده های غیرشهروندی(کلان) کوتاه مدت و بلندمدت میبایست قرار گیرد. ضمناً محدودیتهای مدل شامل محدودیت های مقداری و پارامتری نیز در مدل نظر گرفته شد. در مطالعات داخلی به هیچ عنوان بهینه سازی سبد سپرده های بانک کار نشده است. البته در خصوص بهینه سازی سبد تسهیلات و سهام کارهایی همانند موارد ذیل شده است.

در مقاله عبدالعلی زاده شهیر و عشقی(۱۳۸۲) کاربرد الگوریتم ژنتیک در مجموعه ای از دارایی های سبد اوراق بهادار مورد استفاده قرار کار شده است. در این تحقیق از بازده و ریسک شرکتها بعنوان اطلاعات ورودی مورد استفاده قرار گرفت. خالوزاده و امیری(۱۳۸۴) به تعیین سبد سهام براساس نظریه ارزش در معرض ریسک پرداختند که براساس الگوریتم ژنتیک، سبد بهینه سهام برای ۱۲ شرکت بورس بدست آمد. ایمان غریب و عماد کوشا(۱۳۹۸) در مطالعه خود به استخراج سهم بهینه سبد تسهیلات بانک انصار براساس اسناد بالادستی بانک پرداختند.

### ۳- معرفی مدل و مبانی نظری مدل مربوطه

باتوجه به اینکه مسأله در اینجا مدل بهینه سازی است در اینجا به مبانی نظری بهینه سازی قبل از ارائه مدل پرداخته میشود. بهینه سازی یکی از مسائل مهم در تصمیم گیری است. در بهینه سازی در ابتدا هدف (objective) خیلی مهم است. هدف می تواند زمان، انرژی و... یا ترکیبی از همه اینها در قالب یک عدد باشد. وقتی هدف شناسایی شد باید باتوجه به متغیرها یا ناشناخته ها کار را دنبال کرد. بهینه سازی شناسایی متغیرهایی است که تابع هدف را بهینه کنند. معمولاً متغیرها در بهینه سازی محدود هستند و در نتیجه محدودیت<sup>۸</sup> وجود دارد.

بنابراین شناسایی تابع هدف، متغیرها و محدودیتها را مدلسازی بهینه سازی میگویند. ساختن مدل اساسی ترین کار در بهینه سازی است. اگر مدل خوب تعریف نشود مساله جواب لازم را ندارد. وقتی مدلسازی صورت گرفت الگوریتم بهینه سازی برای حل مدل استفاده می شود. الگوریتم بهینه سازی<sup>۹</sup> یکتا وجود ندارد اما یک سری الگوریتم های

کومار<sup>۱</sup>(۱۹۷۱) با بهره گیری از تکنیک برنامه ریزی خطی سیمپلکس الگویی را برای تعیین ترکیب بهینه پرتفوی منابع و مصارف بانک نیویورک ارائه کرد.

جاس کلابین و همکاران<sup>۲</sup>(۱۹۷۶) در تحقیق خود برای بررسی استراتژی های بهینه توسعه اعتبار(پرتفوی مصرف) در یک بانک تجاری در فنلاند و در چارچوب ترازنامه از یک الگوی برنامه ریزی خطی بین دوره ای استفاده نمودند.

مطالعه چورافاس<sup>۳</sup>(۱۹۹۱) بر روی سپرده های بانک و بهبود عملیات بانکداری کار شده است. براساس مطالعات او، کنترل هزینه در کنار بهبود فروش سپرده های بانک مورد بررسی قرار گرفته و در عین حال امکانات بازاری و سازمان واحدهای تجاری باید از فروض اصلی موفقیت در عملیات بانک مورد توجه قرار گیرد. او همچنین اشاره کرده است که صنعت بانکداری هرروز باتوجه به افزایش شرایط و تقاضای بازاری، در حال تغییرات میباشد. یکی از فاکتورهای مهم اندازه بانک می باشد که در مواجهه به شرایط جدید موثر است.

ژائو و زیمبا<sup>۴</sup>(۲۰۰۱) از یک الگوی برنامه ریزی خطی تصادفی برای سالهای ۱۹۸۵-۱۹۹۸ برای تخصیص دارایی ها در بازار اوراق قرضه کانادا استفاده نمودند.

هفرنان، متیو و تامسون<sup>۵</sup>(۲۰۰۵) به چشم می خورد. در کار این افراد تحلیل روندهای جدید تخمینی و جاری در سیستم بانکداری در کنار معیارهای ارزیابی عملکرد و دلایل ورشکستگی بانکی آورده شده است.

یانگ<sup>۶</sup>(۲۰۰۶) در مقاله خود براساس بهبود کارایی سبد سهام؛ شیوه ای از الگوریتم ژنتیک را به کاربرد. ضمناً ریسک پرتفوی سهام در این مقاله براساس روش بیزین<sup>۷</sup> برآورد شد. در مطالعه اندرولونی، بارگا و کارلوچی<sup>۸</sup>(۲۰۰۷) به اهمیت عملکرد در بانکها پرداخته شده و امکانات جدید در مدیریت عملیات بانکداری را کشف میشود.

پرسکو و همکاران<sup>۹</sup>(۲۰۱۱) در مطالعه خود در بانکهای کرواسی به استخراج سهم بهینه سپرده های بانک در جهت مینیمم سازی هزینه های بانک در سالهای مختلف پرداختند. روش کار آنها رگرسیون لگارتیمی دوگانه میباشد که نشان دادند برای افزایش A مقدار در کل سپرده های بانک، چه میزان از آن در هر یک از انواع سپرده شامل سپرده های

<sup>6</sup> Bayesian

<sup>7</sup> Ticijan Peruško, PhD

<sup>8</sup> constraint

<sup>9</sup> Optimization algorithms

<sup>1</sup> Kumar

<sup>2</sup> Klabin and the others

<sup>3</sup> Chorafas

<sup>4</sup> Jao and Zimbwa

<sup>5</sup> Heffernan, Mathews and Thompson

فرآیند توصیف، تحلیل و سنتز در ارتباط هزینه های هر سپرده و نیز حجم هریک از سپرده ها مورد استفاده قرار می گیرند که نقطه شروعی برای بهینه سازی باشد. تابع هدف مدل به صورت ذیل می باشد.

$$\min e^{\sum ax} \quad (1)$$

دلیل نمایی شدن تابع هدف در معادله ۱، برازش سودها و سپرده ها می باشد. یعنی از طریق مقادیر گذشته سپرده ها و سودهای پرداختی به آنها برازش مدل نمایی حاصل می شود. شکل تفصیلی تابع هدف به صورت ذیل (معادله ۲) است.

رابطه (۲)

$$\begin{aligned} \text{Min } e & c(x21) + c(x41) + c(x31) + c(x22) + c(x42) + c(x32) \\ & + c(x13) + \dots + c(x35) \\ = \text{Min } e & a1x21 + a2x41 + a3x31 + a4x22 + a5x42 + a6x32 \\ & + \dots = \sum anxij \end{aligned}$$

منظور از  $c(X_{ijkt})$  همان سود پرداختی به  $X_{ijkt}$  (سپرده مثلا کسب و کار جاری ارزان قیمت بی ثبات) است. منظور از  $a$  ضریب نرخ سود سپرده خاص می باشد که برای سپرده های مختلف مشخص است.

**محدودیت های بانک:** براساس ماتریس سپرده های بانک خصوصی مد نظر، قاعده ای وجود دارد که به صورت ماتریس چهار وجهی ذیل است.

جدول ۱ ماتریس محدودیت سپرده های بانک انصار<sup>۲</sup>

سند کسب و کار مطابق هدف	سایر ۵	بلندمدت ۴	کوتاه مدت ۳	جاری ۲	پس انداز ۱	سند کسب و کار مطابق هدف
بی ثبات ۱	حساس به خدمت			حساس به خدمت و حساس به کسب و کار	حساس به خدمت و حساس به کسب و کار	بی ثبات ۱
کم ثبات ۲	حساس به تسهیلات	حساس به تسهیلات	حساس به سود/حساس به کسب و کار			کم ثبات ۲
تأخوردی با ثبات ۳			حساس به تسهیلات	حساس به تسهیلات	حساس به تسهیلات	تأخوردی با ثبات ۳
با ثبات ۴		حساس به سود				با ثبات ۴

حساس به خدمت، حساس به کسب و کار، حساس به سود، حساس به تسهیلات

بهینه سازی شناخته شده وجود دارند. معمولاً الگوریتم های بهینه سازی که برای برخی مدلها استفاده می شوند برای سایر مدلها جواب ندارند. وقتی الگوریتم های بهینه سازی را برای حل مدل استفاده کردیم باید از شرایط بهینه سازی برای ارزیابی آن استفاده کنیم و باید شرایط بهینه سازی تأمین شود. (اسفتن رایت، مبانی برنامه ریزی خطی و غیرخطی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷).

### ۳-۱- تابع هدف (مینیمم کردن سود سپرده ها) در مدل مربوطه

منظور سود پرداختی به سپرده ها در دوره مورد بررسی می باشد که در واقع هدف بانک مینیمم کردن سود پرداختی به سپرده ها و انواع ترکیب آنها با توجه به داده های بانک می باشد. به عبارت دیگر اگر منظور از  $a$  سود پرداختی به سپرده های مختلف باشد و  $x$  همان سپرده ها باشند که هریک میتوانند در دسته بندی های مختلف چهاروجهی و... قرار گیرند؛ در آن صورت هدف بانک مینیمم کردن سود پرداختی به سپرده ها به صورت معادله ۱ می باشد. ضمناً مدل برگرفته در این تحقیق براساس کار پرسکو و همکاران که در مرور ادبیات مقاله نیز به آن اشاره شد، می باشد. این مدل در بانکداری کروا سی هم برای بانکداری شرکتی و هم برای بانکداری خرد مناسب است. اطلاعات حاصل از مدل می تواند به مدیریت هر بانکی کمک کند تا تصمیمات مناسب در خصوص برنامه ریزی و فروش هریک از انواع سپرده ها داشته باشند و اطلاعات مدیریتی بانک را تکمیل میکنند. مدل مدیریت سپرده های بانک در این کار به ارائه سپرده های بهینه بانک می پردازد.

<sup>۲</sup> ماتریس مزبور بعنوان داده از سوی بانک ارائه شده است.

<sup>۱</sup> Stephen Wright, linear programming with Matlab

رابطه ۹)  $X_{3422} + X_{3122} + X_{3233} = 0.254a$

رابطه ۱۰)  $X_{4444} + X_{4222} = 0.3713a$

رابطه ۱۱)  $X_{5311} + X_{5222} = 0.0531a$

### ۲-۲- توضیح محدودیت‌ها

در ابتدا قبل از توضیح هر یک از محدودیت‌ها قابل توضیح است که اعداد سمت راست نشان دهنده سهم سپرده‌های رنگی در ماتریس از وجه خودشان می‌باشد. بعنوان مثال براساس داده‌های بودجه بانک، سهم سپرده‌های بی‌ثبات، ۳۷ درصد در بودجه بانک براساس آخرین آمار بوده است.

رابطه شماره ۳: مطابق سطر اول، سپرده پس انداز بی‌ثبات ارزان قیمت حساس به خدمت باضافه سپرده پس انداز ارزان قیمت بی‌ثبات حساس به کسب و کار باضافه سپرده جاری بی‌ثبات ارزان قیمت حساس به خدمت با ضافه سپرده جاری ارزان قیمت بی‌ثبات حساس به کسب و کار باضافه سپرده حساس به خدمت سایر بی‌ثبات ارزان قیمت حداکثر برابر با ۳۷ درصد بودجه می‌شود.

رابطه ۴: سپرده حساس به سود نسبتاً ارزان قیمت کوتاه مدت کم‌ثبات به اضافه سپرده حساس به کسب و کار نسبتاً ارزان قیمت کم‌ثبات کوتاه مدت به اضافه سپرده حساس به تسهیلات بلندمدت کم‌ثبات نسبتاً ارزان قیمت به اضافه سپرده سایر حساس به تسهیلات کم‌ثبات نسبتاً ارزان قیمت حداکثر برابر با ۲۲ درصد بودجه بانک می‌شود.

رابطه ۵: سپرده پس‌انداز تاحدودی باثبات حساس به تسهیلات نسبتاً گران قیمت به اضافه سپرده جاری تاحدودی باثبات حساس به تسهیلات به اضافه سپرده کوتاه مدت تاحدودی باثبات حساس به تسهیلات برابر با ۰,۰۰۸۷ بودجه می‌شود.

رابطه ۶: سپرده بلندمدت حساس به سود باثبات گران قیمت کوچکتر مساوی ۰,۴۰ بودجه می‌گردد.

رابطه ۷: سپرده پس انداز بی‌ثبات حساس به خدمت ارزان قیمت به اضافه سپرده بی‌ثبات پس‌انداز حساس به کسب و کار ارزان قیمت به اضافه سپرده پس انداز حساس به تسهیلات نسبتاً گران قیمت تاحدودی با ثبات برابر با ۰,۰۰۰۱ بودجه می‌گردد.

رابطه ۸: سپرده جاری بی‌ثبات حساس به خدمت ارزان

ماتریس فوق که در قالب جدول آمده است، چهاروجه دارد. وجه اول که به صورت زردرنگ نشان داده شده است شامل عناصر (پس انداز، جاری، کوتاه مدت، بلندمدت و سایر) می‌باشد. وجه دوم که به رنگ آبی است شامل عناصر (بی‌ثبات، کم‌ثبات، تاحدودی با ثبات و با ثبات) است. وجه سوم که به رنگ سبز می‌باشد شامل عناصر (ارزان قیمت، نسبتاً ارزان قیمت، نسبتاً گران قیمت و گران قیمت) می‌باشد. در کنار این سه وجه، وجه دیگری به رنگ طوسی تحت عنوان وجه چهارم با عناصر (حساس به خدمت، حساس به کسب و کار، حساس به سود و حساس به تسهیلات) وجود دارد. وجه چهارم باید مطابق اسناد بالادستی بانک با سایر وجوه ترکیب شود. از طرفی وجه چهارم نمی‌تواند با همه سایر وجوه و ابعاد ترکیب شود. بعنوان مثال سپرده حساس به سود که یکی از عناصر وجه چهارم است نمی‌تواند در بخش سپرده جاری یا ارزان قیمت قرار گیرد و باید در بخش سپرده‌های بلندمدت و کوتاه مدت باتوجه به اسناد بالادستی بانک قرار بگیرد چرا که این سپرده به سود حساس است این درحالی است که سپرده جاری و بی‌ثبات نمی‌تواند با سپرده ای که به سود حساس است ترکیب شود. بنابراین، باتوجه به اسناد بالادستی بانک، ۱۳ عنصر و متغیر چهاروجهی داریم. لازم به ذکر است که در قبل توضیح کامل در زمینه تعاریف این سپرده‌ها داده شده است. منظور از سند کسب و کار، سهم هر یک از سپرده‌ها در هر وجه باتوجه به بودجه بانک می‌باشد. مثلاً سپرده بی‌ثبات براساس بودجه بانک و داده‌ها، ۳۷ درصد سهم در وجه رنگ آبی را دارد. اعداد این سهم‌ها، براساس داده‌های بانک از بودجه بدست می‌آید. محدودیت‌های بانک پس از آزمون و خطا با تابع هدف در جهت دستیابی به جواب یکتا و همچنین تأمین اهداف بالادستی بانک، به صورت زیر تعریف میشوند. (منظور از a بودجه بانک می‌باشد).

رابطه ۳)  $X_{1111} + X_{1311} + X_{2311} + X_{2111} + X_{5311} \leq 0.37a$

رابطه ۴)  $X_{3422} + X_{3122} + X_{4222} + X_{5222} \leq 0.220a$

رابطه ۵)  $X_{1233} + X_{2233} + X_{3233} = 0.0087a$

رابطه ۶)  $X_{4444} \leq 0.402a$

رابطه ۷)  $X_{1111} + X_{1311} + X_{1233} = 0.0001a$

رابطه ۸)  $X_{2311} + X_{2111} + X_{2233} = 0.3215a$

اکنون با نوشتن شرایط کن تا کر (KKT) رابطه بالا به صورت زیر می شود:

رابطه (۱۳)

$$Ax = b \quad x \geq 0 \quad A'y \leq p \quad x'(p - A'y) = 0$$

اکنون یک  $x$  و  $y$  در مجموعه اعداد حقیقی وجود دارند که رابطه بالا را تامین می کند و اینکه رابطه زیر (۱۴) برقرار است:

رابطه (۱۴)

$$\min_y p'y \quad \text{subject to } A'y \leq p$$

حالا اگر  $s$  را به صورت زیر تعریف کنیم:

رابطه (۱۵)

$$s = p - A'y$$

و روابط (۱۶) زیر برقرار است:

رابطه (۱۶)

$$\max_{y,s} b'y \quad \text{subject to } A'y + s = p \quad s \geq 0$$

#### ۴- برآورد مدل

براساس آخرین آمار از سهم های سپرده ها و با بهینه سازی، نتایج بدست آمده به شرح جدول ۲ است. برای تخمین در حال حاضر اگر براساس داده های داده شده بودجه برابر با ۶۶۱,۸۷۵,۹۸۰ باشد در آن صورت براساس تابع هدف و محدودیت های گفته شده در فصل قبل، میزان بهینه سپرده ها به صورت جدول گفته شده بدست می آید. ضمناً با توجه به اینکه پیش بینی برای هریک از سپرده ها انجام شده، امکان انجام بهینه سازی براساس داده های آینده با همین روش وجود دارد. همچنین براساس آخرین آمار، سپرده های بی ثبات، ۳۷ درصد، سپرده کم ثبات ۲۲ درصد، سپرده تا حدودی با ثبات ۰,۸ درصد و سپرده با ثبات ۴۰ درصد بودجه را تشکیل می دهند که این اعداد در واقع سمت راست معادلات قیود را تشکیل می دهد. از طرف دیگر، سپرده پس انداز ۱ درصد، سپرده جاری ۳۲ درصد، سپرده کوتاه مدت ۲۵ درصد، بلندمدت ۳۷ درصد و سایر سپرده ها ۵ درصد بودجه را تشکیل می دهند که این اعداد نیز سمت راست سایر معادلات قیود را پوشش می دهند.

قیمت به اضافه سپرده حساس به کسب و کار جاری بی ثبات ارزان قیمت به اضافه سپرده تا حدودی با ثبات حساس به تسهیلات جاری نسبتاً گران قیمت برابر با ۰,۳۲ بودجه می شود.

رابطه ۹: سپرده حساس به سود کوتاه مدت کم ثبات نسبتاً ارزان قیمت به اضافه حساس به کسب و کار کوتاه مدت کم ثبات نسبتاً ارزان قیمت به اضافه سپرده حساس به تسهیلات کوتاه مدت تا حدودی با ثبات نسبتاً گران قیمت برابر با ۰,۲۵ بودجه می گردد.

رابطه ۱۰: سپرده حساس به تسهیلات بلندمدت نسبتاً ارزان قیمت کم ثبات به اضافه سپرده حساس به سود گران قیمت با ثبات بلندمدت برابر با ۰,۳۷ بودجه می گردد.

رابطه ۱۱: سپرده حساس به خدمت ارزان قیمت سایر بی ثبات به اضافه سپرده حساس به تسهیلات نسبتاً ارزان قیمت سایر کم ثبات برابر با ۰,۰۵ بودجه می گردد.

#### ۳-۳- روش نقطه درونی<sup>۱</sup> در حل بهینه سازی بالا

این روش در دهه ۱۹۸۰ کشف شد که بعد از روش سیمپلکس است که در واقع از الگوریتم های غیرخطی برای حل مسائل با محدودیت های خطی استفاده می کند. این روش کمی کندتر از روش سیمپلکس است ولی روشی است که در واقع برای توابع محدب بسیار عالی است. ضمناً این روش در واقع ابتدا یک حد بالا و پایین در اطراف نقطه درونی در نظر می گیرد و سپس به اجرای آن می پردازد. تابع  $fmin\ com$  در این روش مورد استفاده قرار می گیرد که براساس یک سری کد نویسی ها در متلب می باشد. این روش بدنبال نقاط درونی و نه گوشه ای (همانند سیمپلکس) است.

تفاوت روش نقطه درونی با سیمپلکس در این است که سیمپلکس از یک راس به راس دیگر حرکت می کند و معمولاً تابع هدف را با این روش بهینه می کند ولی روش نقطه درونی بر روی شرایط کن تا کر (KKT) استوار است و بدنبال متغیرهای اولیه و دوگانه برای حل مساله است. نقاط اولیه و ثانویه باید اکیدا مثبت باشند.

نمونه یک بهینه سازی به روش نقطه درونی به صورت زیر (۱۲) است:

رابطه (۱۲)

$$\min_x z = p'x \quad \text{subject to } Ax = b \quad x \geq 0$$

<sup>۱</sup> Interior point method

جدول ۲- نتایج بهینه سازی متغیرهای تصمیم (۱۳ متغیر)

متغیر	مبلغ بهینه (میلیون ریال)
x1111	1,603,991
x1311	1,603,991
x2311	107,539,473
x2111	108,248,571
x5311	34,204,056
x3422	78,220,329
x3122	78,220,018
x4222	0.65
x5222	603,603
x1233	423,274
x2233	571,974
x3233	8,038,760
x4444	251096045

البته تابع هدف مینیم شده به میزان  $\exp(1.06e+08)$  حاصل می شود. شایان ذکر است، سهم سپرده ها در بین یکدیگر در فایل ذیل دیده شده است. ضمناً اگر اعداد بالا را در محدودیت ها قرار داده شود همگی صدق کرده و جواب یکتا می باشد.

جدول ۳ سهم سپرده ها از کل سبد

متغیر	سهم - درصد
x1111	0.24%
x1311	0.24%
x2311	16.04%
x2111	16.15%
x5311	5.10%
x3422	11.67%
x3122	11.67%
x4222	0.00%
x5222	0.09%
x1233	0.06%
x2233	0.09%
x3233	1.20%
x4444	37.46%

همانگونه که از جدول بالا قابل مشاهده است بیشترین سهم مربوط به x2311 و x4444 و x2111 با سهم های ۱۶ و ۳۷ و ۱۶ درصد می باشد. یعنی این نوع سپرده ها در کل سبد سهم های بیشتری به ترتیب در حدود ۳۷، ۱۶، ۱ و ۱۶ درصد را به خود اختصاص داده اند. نکته جالب آن است که x4444 دارای بیشترین سهم به عبارت دیگر ۳۷ درصد می باشد. بنابراین سپرده حساس به سود بلندمدت با ثبات گران قیمت بیشترین سهم و بعد از آن سپرده جاری بی ثبات حساس به کسب و کار ارزان قیمت و سپرده جاری بی ثبات حساس به خدمت ارزان

قیمت بیشترین سهم را به خود اختصاص داده اند که در برنامه ریزی سپرده های بانکی باید به این مساله توجه کرد.

X1111 سپرده پس انداز بی ثبات کسب و کار ارزان قیمت  
X1311 سپرده پس انداز بی ثبات حساس به خدمت ارزان قیمت

X2311 سپرده جاری بی ثبات حساس به کسب و کار ارزان قیمت

X2111 سپرده جاری بی ثبات حساس به خدمت ارزان قیمت  
X5311 سپرده سایر بی ثبات کسب و کار ارزان قیمت

X3122 سپرده کوتاه مدت حساس به سود نسبتاً ارزان قیمت  
X4222 سپرده کوتاه مدت حساس به کسب و کار کم ثبات نسبتاً ارزان قیمت

X5222 سپرده بلندمدت جاری حساس به تسهیلات کم ثبات  
X4444 حساس به سود بلندمدت با ثبات گران قیمت

X3233 سپرده سایر حساس به تسهیلات کم ثبات نسبتاً ارزان قیمت

X1233 سپرده پس انداز حساس به تسهیلات نسبتاً گران قیمت  
قیمت تاحدودی با ثبات

X2233 سپرده جاری حساس به تسهیلات نسبتاً گران قیمت  
تاحدودی با ثبات

## ۵- بحث و نتیجه گیری

هدف اصلی از این تحقیق مدلسازی و حل پرتفوی سپرده های بانک بوده است. در این تحقیق محدودیت های ماتریس سپرده های بانک به صورت چهاروجهی رعایت شده است. تابع هدف نیز مینیم سود پرداختی به سپرده های بانک بوده است. با حل این مدل، سبد بهینه سپرده های بانک بدست آمد. مطابق آخرین نتایج بدست آمده، سپرده حساس به سود بلندمدت با ثبات گران قیمت بیشترین سهم با حدود ۳۷ درصد سهم در کل سبد و بعد از آن سپرده جاری بی ثبات حساس به خدمت ارزان قیمت بیشترین سهم را با حدود ۱۶ درصد سهم در کل سبد به خود اختصاص داده اند که در برنامه ریزی سپرده های بانکی باید به این مساله توجه کرد. همچنین سپرده بلندمدت کم ثبات نسبتاً ارزان قیمت حساس به تسهیلات نیز کم ترین سهم را به خود اختصاص داده است. به نظر میرسد که بانک برای دستیابی به این ترکیب بهینه سپرده، باید اسناد بالادستی بانک یا همان محدودیت ها را رعایت کند و در عین حال سود پرداختی به هریک از این سپرده ها در حداقل حالت خود باشد.



## ۵-۱- پیشنهادات

## فهرست منابع

- ✓ برای هر یک از مجموعه سپرده‌ها (برای مثال سپرده‌های کوتاه مدت، بلندمدت و...) باید سهمی را در ترکیب بهینه پرتفوی سپرده‌های بانک در نظر گرفت.
- ✓ به منظور دستیابی به حداقل هزینه جذب منابع بانک، ثبات و ماندگاری در روند سپرده‌ها بسیار حائز اهمیت است.
- ✓ پیشنهاد می‌شود نوسانات سپرده‌های مختلف به حداقل برسد. بعنوان مثال میتوان از شاخص ضریب تغییرات برای کنترل نوسانات سپرده‌ها استفاده کرد که در کارهای آینده قابل استفاده است.
- ✓ مدل بهینه‌سازی که در اینجا ارائه شده به روش نقطه درونی حل شده و قابلیت تغییرات در اعداد و پویایی و حل برای مقادیر آینده را در پی دارد. دلیل استفاده از روش نقطه درونی، تابع هدف غیرخطی می‌باشد.
- ✓ باتوجه به اینکه فقط ماتریس های مربعی برگشت پذیر هستند و ماتریس محدودیت‌های ما غیرمربعی است لذا از روشهای گرادیان برای پیدا کردن کوچکترین و مینیمم هزینه‌ها استفاده شده است.
- ✓ پیشنهاد می‌شود بهینه‌سازی همزمان سبد سپرده‌های بانک و سبد تسهیلات بانک با هدف کاهش هزینه تمام شده پول و متغیرهای این چینی در آینده نیز انجام شود.
- ✓ پیشنهاد می‌شود محدودیت‌های بیشتری از قبیل رشد سپرده‌ها و روند حداقلی سپرده‌ها با کسب نظر از مدیران بانک در کارهای آتی ارائه گردند.
- ✓ پیشنهاد می‌شود ضریب تغییرات و نوسانات سبدهای مختلف از سپرده‌های بانک محاسبه و در کارهای آتی ارائه گردد.
- ✓ پیشنهاد می‌شود بهینه‌سازی برای هر یک از سپرده‌های بی‌ثبات، باثبات و... نیز انجام پذیرد. مثلا سپرده حساس به سود نسبت به کل سپرده‌ها و یا سپرده بی‌ثبات نسبت به کل سپرده‌ها یا نسبت به سپرده جاری چه حدی باید داشته باشد. به عبارتی بخشی از سبد بهینه‌سازی گردد و نه کل سبد. و اینکه به طور کلی بجای اینکه دنبال ترکیب بهینه باشیم بلکه بگوییم مثلا سپرده قرض الحسنه اصلا حدی ندارد و همین روند صعودی آن خوب است
- \* اختیاری، مصطفی و عالم تبریز، اکبر (۱۳۹۴)، بهینه‌سازی پرتفوی منابع و مصارف بانک ها با استفاده از برنامه‌ریزی خطی (مورد مطالعه: بانک صادرات ایران)، فصلنامه چشم انداز مدیریت مالی؛ صص ۸۲
- \* پورزندی ابراهیم و سایرین (۱۳۹۲)، طراحی مدل ریاضی به منظور پیش‌بینی ساختار دارایی و بدهی ها در سیستم بانکی، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، صص ۷۵-۹۱.
- \* خالوزاده، حمید و امیری نسیمه (۱۳۸۴)، تعیین سبد سهام بهینه در بازار بورس براساس نظریه‌های مربوطه، فصلنامه تحقیقات اقتصادی، دوره ۴۱- شماره ۶.
- \* شهیکی تاش، محمد مهدی و محمد پور کامران (۱۳۹۴)، ارزیابی ساختار سپرده‌های بانکی در ایران، فصلنامه علمی مدل‌سازی اقتصادی، صص ۶۱-۸۱.
- \* عبدالعلی زاده شهیر و عشقی کوروش (۱۳۸۲)، کاربرد ژنتیک در مجموعه دارایی سبد اوراق بهادار، فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران، دوره ۵، شماره ۱۷.
- \* عسکرزاده غلامرضا (۱۳۸۵)، مدل‌سازی ریاضی تعیین ترکیب بهینه پرتفوی تسهیلات اعطایی در موسسات مالی و اعتباری، فصلنامه اندیشه و صادق، صص ۱۳۰-۱۷۰.
- \* غریب ایمان و کوشا عماد (۱۳۹۸)، بهینه‌سازی سبد مشتریان بانک در گروه بانکداری خرد با استفاده از الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی بانک انصار)، فصلنامه راهبرد مدیریت مالی، شماره ۷، صص ۱۶۴-۱۴۷.
- \* قندهاری، مهسا و همکاران (۱۳۹۶)، بهینه‌سازی سبد سهام بر مبنای روش‌های تخمین ناپارامتریک، فصلنامه تولید عملیات، شماره ۱- صص ۱۷۵-۱۸۴.
- \* کریم‌زاده، سعید (۱۳۹۵)، ترکیب بهینه تسهیلات مشارکتی بانک‌های تجاری ایران در بخش‌های اقتصادی با استفاده از نظریه فرا مدرن سبد سرمایه‌گذاری، فصلنامه مدیریت و دارایی تامین مالی، شماره ۴، صص ۱۷-۲۸.
- \* مهرآرا، محسن و صادقیان کبری (۱۳۸۷)، تعیین ترکیب بهینه وام در بخش های اقتصادی: (مطالعه موردی بانک سامان)، فصلنامه اقتصاد مالی، دوره ۵ شماره ۲ صص ۱۱۶-۱۳۴.
- \* محمودی ازناوه، احمد (۱۳۹۶)، ارائه بحث یادگیری ماشین و مجموعه‌های جداپذیر خطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

- \* Presco and the others(2012), Designing Banking Deposit Management by Optimization, Croatian Operational Research Review, VOL2
- \* Stephen Wright,(2007), Linear Programming With Matlab, Societ with Industrial Mathematics
- \* Sinkey, J. F. (2001). Commercial Bank Financial Management in The Financial-services Industry, Sixth Edition. New Jersey: Prentice-Hall.
- \* Šošić, I. (2006)., Primjenjena statistika, drugo izmjenjeno izdanje. Zagreb: Školska knjiga
- \* Trethowan, J., Scullion, G., (1997), "Strategic responses to change in retail banking in the UK", International Journal of Bank Marketing, 15, 2., p. 60-68.  
21.  
<http://www.hnb.hr/publikac/hpublikac.htm>  
[Accessed 10/08/10]
- \* محمودی، وحید و عباسیان عزت اله(۱۳۹۲)، حد بهینه پرتفوی سرمایه گذاری شرکت های بیمه شامل دارایی های ریسکی و غیرریسکی با استفاده از مدل مارکویتز (مطالعه موردی یک شرکت بیمه)، فصلنامه پژوهشنامه بیمه، شماره ۱۱۱-صص ۱-۱۱۱.
- \* یزدان پناه احمد و عباسی طیبه(۱۳۹۰)، بهینه سازی سبد دارایی یک بانک نمونه، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه الزهراء، وزارت علوم تحقیقات و فناوری.
- \* یزدان پناه احمد و شکیب حاجی آقا سکینه(۱۳۸۸)، عوامل موثر بر ریسک نقدینگی بانکها (مطالعه موردی بانک ملت)، فصلنامه دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، شماره ۳، صص ۲۷-۵۴.
- \* Allred, A. T., Addams, H. L., (2000), "Service quality at banks and credit unions: what do their customers say?", International Journal of Bank Marketing, 18, 4., p. 200-207.
- \* Andreoni, L., Barga, M. D., Carluccio E. M. (2007). New Frontiers in Banking Services. Berlin:Springer.
- \* Barfield, J., Raiborn, C. A., Kinney, M. R., (2000), Cost Accounting: Traditions and Innovations, Fourth Edition, South – Western College Publishing, Ohio.
- \* Chiang, A. C., (1994), Osnovne metode matematičke ekonomije, Third Edition, Mate, Zagreb.
- \* Chorafas, N. D., (1991), Obiettivo profitto-dal controllo dei costi al pricing nell'impresa banca, 120 Edibank-Iceb srl., Milano.
- \* Cox, D., Cox, M., (2006), The Matematic of Banking and Finance, John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- \* Freixas, X., Rochet, J. C., (1999), Microeconomics of Banking, The MIT Press, Cambridge.
- \* Harvey, M., Myers, M. B., Novicevic, M. M., (2003), "The managerial issues associated with global account management", Journal of Management Development, 22, 2., p. 103-129.
- \* Heffernan, S. (2005). Modern banking. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- \* Helliari, C., Cobb, I., Innes, J., (2002), "A longitudinal case study of profitability reporting in a bank", The British Accounting Review, 34,1., p. 27-53.
- \* Hussain, M., Gunasekaran, A., (2001), "Activity-based cost management in financial services industry", Managing Service Quality, 11, 3., p. 213-226.
- \* Kwan, S.H., Wilcox, J.A., (2002), "Hidden cost reductions in bank mergers: Accounting for more productive banks", Research in Finance, 19., p. 109-124.
- \* Lapin, L. L., (1987) Statistic for Modern Business Decision, Fourth Edition, HBJ, Orlando.
- \* Nocedal Jorge and Stephen Wright(2006), Operations in Linear Programming, printed by Springer.

## **Optimizing the deposit portfolio of a private bank**

Ehsan Saniee<sup>1</sup>  
Iman Gharib<sup>2</sup>

### **Abstract**

In this study based on the historical statistics of deposits of a private bank in four different categories , the purpose is to estimate the optimal share of the bank's quadrilateral deposits with the aim of minimizing the interest paid on these deposits and observing the limit of the bank's deposit matrix within the framework of the bank's upstream documents. To solve this optimization, optimization algorithms in Matlab Package have been used due to the nonlinear objective function. Initially, the results and data prediction for each of the bank deposits are based on previous data and using machine learning and regression methods in the relevant section. Then, by constructing the objective function and constraints and inserting the bank deposit and deposit data, the optimal deposit share is extracted using the internal point method. The results show that long-term stable sensitive deposit with expensive and then unstable current deposit sensitive to cheap business have the largest share in total bank deposits, which should be considered in the planning of bank deposits.

**Keywords:** Bank deposit portfolio optimization, bank deposit matrix, nonlinear modeling, internal point algorithm

---

1- Phd of financial Economics-Bu Ali Sina University,09122992048 ehsansaniee@yahoo.com  
2- Phd of Industrial Management-Science and Research Branch-Islamic Azad University

