

## **Banks Income Forecasting Based on Deposits Composition Using Response Surface Methodology**

**Ezatollah Abbasian<sup>1</sup>, Ehsan Saniee<sup>2</sup>**

**Abstract:** In this study, the impact of independent variables including current deposits, investment deposits, saving deposits, long-term investment deposits, short term investment deposits and other deposits on total bank income based on response surface methodology is evaluated. For this purpose, central composite design with 5 independent variables and 1 dependent variable is used. Data analysis was done using Quadratic regression. The statistical population of the study includes data from Eghtesade Novin, Parsian, Pasargad, Post Bank, Tejarat, Export Development Bank, Refah, Saman, Sepah, Sarmayeh, Sina, Karafarin, Bank of Industry and Mine, Melli, Mellat, Maskan and Keshavarzi banks during 2005-2013. The results showed that current deposits, investment deposits, saving deposits, long-term and short-term investment deposits have significantly positive impact on total bank incomes, but the other types of deposits have negative impact on bank income. In addition, the estimation accuracy for response surface methodology, in this research, is 95%.

**Keywords:** *Bank income, Deposits composition, Long term deposit, Response surface methodology, Short term deposit.*

---

1. Associate Prof., Faculty of Economics and Social Sciences, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran

2. Ph.D. Student in Financial Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, University of Bu Ali Sina, Hamedan, Iran

---

Submitted: May, 14, 2017

Accepted: November, 7, 2017

Corresponding Author: Ezatollah Abbasian

Email: [abbasian@basu.ac.ir](mailto:abbasian@basu.ac.ir)

---

**Citation:** Abbasian, E., & Saniee, E. (2018). Banks Income Forecasting Based on Deposits Composition Using Response Surface Methodology. *Financial Research Journal*, 19(4), 579 - 594.

---

## پیش‌بینی میزان درآمد بانک بر اساس ترکیب سپرده‌ها با استفاده از روش رویه سطح پاسخ

عزت‌اله عباسیان<sup>۱</sup>، احسان صنیعی<sup>۲</sup>

**چکیده:** در این مطالعه اثر متغیرهای مستقل، شامل سپرده‌های دیداری، سپرده‌های پس‌انداز، سپرده سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت، سپرده سرمایه‌گذاری بلندمدت و سایر سپرده‌ها بر پیش‌بینی درآمد بانک‌ها به روش رویه سطح پاسخ ارزیابی شده است. این تحقیق با استفاده از طرح مرکب مرکزی با پنج متغیر مستقل و یک متغیر وابسته انجام گرفته و نوع مدل رگرسیونی از نوع معادله درجه دو انتخاب شده است. جامعه آماری این پژوهش شامل بانک‌های اقتصاد نوین، پارسیان، پاسارگاد، پست بانک، تجارت، توسعه صادرات، رفاه، سامان، سپه، سرمایه، سینا، کارآفرین، صنعت و معدن، ملی، ملت، مسکن و کشاورزی در بازه زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۲ است. نتایج و یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد سپرده‌های دیداری، سپرده‌های پس‌انداز، سپرده‌های سرمایه‌گذاری بلندمدت و سپرده‌های سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت بر میزان درآمد بانک تأثیر مثبت می‌گذارند، اما سایر سپرده‌ها بر میزان درآمد بانک تأثیر منفی دارند. همچنین دقت پیش‌بینی روش رویه سطح پاسخ برابر ۹۵ درصد است.

**واژه‌های کلیدی:** ترکیب سپرده‌ها، درآمد بانک، روش رویه سطح پاسخ، سپرده بلندمدت، سپرده کوتاه‌مدت.

۱. دانشیار علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲. دانشجوی دکتری اقتصاد مالی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۲۴

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۰۸/۱۶

نویسنده مسئول مقاله: عزت‌اله عباسیان

E-mail: abbasian@basu.ac.ir

## مقدمه

بانک یک بنگاه اقتصادی است که محصولات و خدمات محدودی ارائه می‌کند. بانک‌ها عامل واسطه‌ای برای دریافت وجوه نقد از مردم هستند و از این سرمایه برای فعالیت‌های اقتصادی استفاده می‌کنند. در سال ۲۰۰۱، مؤسسه‌های قرض‌الحسنه مهم‌ترین منبع تأمین مالی برای مشتریان و کسب‌وکارهای کوچک بودند. فرایند واسطه‌گری مالی در ادبیات تحقیق همواره در کانون توجه بوده است. در مدل‌های کلاسیک شامل توبین (۱۹۵۸)، کلین (۱۹۷۱)، مونتلی (۱۹۷۲) و سیلی و لیندلی (۱۹۷۷) فرض می‌شود که بانک عرضه‌کننده خدمت سپرده‌گیری و بازار بزرگی برای پذیرش وثیقه‌های بالارزش است (مانند بودجه فدرال). امور مالی بانک با ارائه وام از سپرده‌های اصلی با هزینه کم شروع شده و تا مزایده سپرده‌ها با قیمت‌های بالاتر ادامه می‌یابد (کریگ و دینگر، ۲۰۱۳). در واقع وام و سپرده عامل محرک یکدیگرند؛ به طوری که اگر نرخ سپرده‌گذاری بالا باشد، نشان‌دهنده رشد درخواست وام است (جایاراتن و مرگان، ۲۰۰۰).

طی ۵۰ سال اخیر، به دلیل رشد امنیت سیستم بانکی و همچنین بحران‌های مالی، نرخ سپرده‌گذاری در بانک‌ها افزایش یافته است. پیش از این، بانک‌ها برای جذب سپرده‌ها با یکدیگر رقابت می‌کردند، اما دیری نگذشت که هزینه‌های نگهداری از سپرده‌ها افزایش یافت و بانک‌ها مجبور شدند برای تأمین هزینه‌های خود فعالیت‌های جدیدی تعریف کنند (رل نیک، ۱۹۸۷). همین موضوع سبب شد که بانک‌ها برای پوشش هزینه نگهداری از سپرده‌ها، به منابع کسب درآمد روی آورند. از میان عوامل مؤثر بر تأمین مالی بانک، منابع درآمد مهم‌ترین نقش را در پایداری بانک ایفا می‌کنند.

منابع درآمد بانک‌ها طی دهه‌های اخیر دستخوش تغییرات شایان توجهی بوده است. تنوع درآمد یکی از عوامل اصلی وابستگی روزافزون بانک‌ها به درآمدهای مبتنی بر هزینه است که به همین دلیل، پایداری مالی کل سیستم مالی به خطر می‌افتد (اشرف و گدارد، ۲۰۱۲). از این رو درک اقداماتی که برای پیش‌بینی درآمد انجام می‌گیرد، برای ارزیابی طرح‌ریزی بودجه و فرایندهای مدیریتی بسیار اهمیت دارد. از دیدگاه چشم‌انداز بودجه، پیش‌بینی درآمد موجب کاهش نقش انحصاری متخصصان شده و چالش سالمی را در فرایند بودجه‌بندی اعمال می‌کند. این پیش‌بینی موجب به‌وجود آمدن اعتماد به نفس در سهامداران و مشتریان می‌شود. همچنین با در نظر داشتن پیش‌بینی، بانک‌ها می‌توانند ریسک‌های پیش روی خود را کاهش دهند.

مطالعات بسیاری در زمینه تأثیر درآمد بانک بر عملکرد بانک در کشورهای توسعه یافته انجام شده است، اما کشورهای در حال توسعه این مسئله را نادیده گرفته‌اند، به طوری که مطالعات اندکی در زمینه عوامل مؤثر بر پیش‌بینی درآمد و به‌خصوص درآمد از طریق سپرده‌ها وجود دارد.

در سال‌های اخیر، اغلب بانک‌های اروپایی بر پیش‌بینی درآمد از روش‌های مختلف تمرکز کردند تا از این طریق بتوانند چشم‌انداز درست‌تری نسبت به آینده داشته باشند. یکی از روش‌های پیش‌بینی درآمد استفاده از ترکیب سپرده‌هاست. سپرده‌های ارزان‌قیمت و گران‌قیمت با توجه به نرخ‌های سود متفاوت، تأثیرات گوناگونی بر درآمد بانک‌ها دارند. بانک با جذب سپرده، درصدی از سپرده‌ها را به صورت تسهیلات اعطا می‌کند یا اینکه آنها را سرمایه‌گذاری کرده و کسب درآمد می‌کند. پیش‌بینی درآمد مزیت‌های بسیاری دارد و در این زمینه مهم‌ترین عامل تعیین بودجه محسوب می‌شود. با وجود این اهمیت، مطالعات اندکی در زمینه کنترل درآمد انجام شده که آن هم بیشتر در حوزه مدیریت بوده و از دیدگاه متغیرهای کلان و خرد اقتصادی به آن پرداخته نشده است (پترو، موشکین و فوماگالی، ۲۰۱۵).

در این مطالعه به بررسی تأثیر انواع سپرده‌ها بر درآمد بانک‌ها به روش رویه سطح پاسخ<sup>۱</sup> پرداخته می‌شود. همان‌طور که گفته شد، سازوکار تأثیرگذاری سپرده‌ها بر درآمد بانک به این صورت است که بانک‌ها اجازه دارند پس از جذب سپرده‌ها، درصد مشخصی از آنها را به صورت تسهیلات اعطا کرده یا اینکه آن را سرمایه‌گذاری کنند و از این طریق به کسب درآمد بپردازند.

### پیشینه پژوهش

اشرف، رمدی و آلبینالی (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان «شکندگی مالی بانک‌ها، ساختار مالکیت و تنوع درآمدی»، نقشی که ساختار مالکیت و تنوع درآمد در پایداری مالی بانک‌ها بازی می‌کند را بررسی کرد و نتیجه گرفت که تمرکز مالکیت به هر شکلی با ریسک اعسار بالایی همراه است.

پترو و همکارانش (۲۰۱۵) در پژوهشی بیان کردند که بانک‌ها به دنبال مدلی هستند که به عنوان یک ابزار مدیریتی، سود و زیان را برای بودجه‌بندی و پیش‌بینی در اختیار آنان قرار دهد. هم‌اکنون مدل‌های پیشرفته‌ای برای پیش‌بینی میزان درآمد بانک‌ها توسعه داده شده است، اما این بانک‌ها تنها به اروپا محدود می‌شوند و هنوز در سراسر دنیا شکل نگرفته‌اند.

نایز، تارازی و ترنوگروهو (۲۰۱۵) در پژوهشی که در بازه زمانی ۲۰۰۲-۲۰۰۸ در بین بانک‌های تجاری اندونزی انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که روابط سیاسی موجب می‌شود سپرده‌های بیشتری در بانک جذب شود که این امر پس از اجرای بیمه سپرده با پوشش محدود، بیشتر مشهود است.

تارازی، تاسنگ و مسلیر (۲۰۱۴) تلاش کردند به این سؤال پاسخ دهند که آیا تنوع درآمد برای عملکرد بانک در اقتصادهای نوظهور سودمند است یا خیر. نتایج آنها نشان داد برعکس کشورهای غربی، حرکت به سمت فعالیت‌های غیرسودده، سود بانک‌ها را افزایش می‌دهد، به‌ویژه زمانی که بانک مشمول اوراق بهادار دولتی است.

معتمدی، فلاح و راهداری (۱۳۹۲) به بررسی عوامل مؤثر بر ترکیب و سهم انواع سپرده‌ها و تسهیلات بانک کشاورزی به تفکیک استانی پرداختند. طبق نتایج به‌دست آمده از تخمین‌های آنان، مشخص شد که نرخ سود پرداخت شده (بهره)، تبلیغات، جوایز پرداخت شده، تعداد شعبه‌ها، تسهیلات پرداخت شده، ارزش افزوده و سرمایه‌گذاری خالص، تأثیر مثبتی بر سپرده‌ها دارند و نرخ سود، بیشترین تأثیر را بر میزان سپرده‌های بلندمدت می‌گذارد.

شوال‌پور و اشعری (۱۳۹۲) در مطالعه خود به بررسی تأثیر ریسک اعتباری بر سودآوری بانک‌های ایران پرداختند. نتایج آنها نشان داد بین ریسک اعتباری و سودآوری بانک‌ها رابطه منفی معناداری وجود دارد.

نوری، جلیلی و مردانی (۱۳۹۰) به بررسی تأثیر تمرکز و سایر عوامل در صنعت بانکداری بر سودآوری بانک‌ها پرداختند و نشان دادند که عواملی نظیر کارایی، سرمایه، سطح درآمد و نرخ بهره، رابطه مستقیم با سودآوری بانک دارند.

باقری (۱۳۸۶) عوامل مؤثر بر سودآوری بانک‌های تجاری (به‌طور خاص بانک رفاه) را در سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۰ بررسی کرد و نتیجه گرفت که رشد اقتصادی، تورم به‌عنوان عامل بیرونی و دارایی‌ها و تعهدها به‌عنوان عوامل درونی بر سودآوری بانک رفاه تأثیر می‌گذارند.

## روش‌شناسی پژوهش

### مدل مفهومی

نخستین بار باکس و ویلسون در سال ۱۹۵۱ رویه سطح پاسخ را مطرح کردند. رویه سطح پاسخ نوعی تکنیک آماری و ریاضی سودمند برای مدل‌سازی و ارزیابی تأثیر عوامل در سطوح مختلف و برهم‌کنش آنهاست. بسیاری از پدیده‌های فیزیکی به دلیل عوامل کنترل‌کننده زیاد و ناشناخته بودن سازوکار یا پیچیدگی محاسباتی، قابلیت برخورداری از مدل ریاضی مناسب را ندارند. در چنین مواردی، استفاده از روش‌های تجربی مدل‌سازی کارساز است. روش سطح پاسخ، یکی از روش‌های مدل‌سازی تجربی است. این تکنیک در یک طرح تجربی به‌منظور در اختیار قرار دادن تکنیک آماری و ریاضی برای مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل مسائل به‌کار برده شده است. برخلاف پژوهشگران آمار و فیزیکدانان بسیاری که از این روش استفاده کردند، اقتصاددانان نسبت به این

روش توجه کمتری نشان داده‌اند. یکی از دلایل استفاده کم از این مدل در اقتصاد، نیاز به انجام روش در محیط آزمایشگاهی و فراهم نبودن آن در رشته اقتصاد بود که با طراحی آزمایش‌های شبیه‌سازی کامپیوتری<sup>۱</sup> در رشته اقتصاد، استفاده از این روش در رشته اقتصاد نیز امکان‌پذیر شد. مطالعاتی مانند مطالعه کرمی، کیهانی و مولا (۱۳۹۴)، روش سطح پاسخ را در مقایسه با روش‌های سنتی مدل‌سازی، روش قابل قبولی معرفی کرده‌اند. به دلیل ارتباطات ناشناخته بین پاسخ و متغیرهای مستقل، نخستین گام در روش یاد شده، تخمین مناسب برای روابط تابعی صحیح بین پاسخ «y» و مجموعه متغیرهای مستقل  $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  است. از آنجا که تابع پاسخ خطی نیست، مدل درجه ۲ به کار برده شده است (شیردار، گلشن، ازمان و گودسیه، ۲۰۱۴). رابطه ۱ بیان ریاضی مدل درجه ۲ است.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i \leq j}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j + \dots + e \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این رابطه، i تعیین‌کننده ضرایب خطی؛ j تعیین‌کننده ضرایب درجه ۲؛  $\beta$  نشان‌دهنده ضرایب رگرسیون؛ k تعداد فاکتورهای آزمایش و e خطای تصادفی است. در این مدل متغیر پاسخ، درآمد کل بانک و متغیرهای مستقل، ترکیب سپرده‌ها شامل کوتاه‌مدت، دیداری، پس‌انداز، بلندمدت و سایر سپرده‌هاست. با توجه به اینکه درآمد بانک از عوامل مختلفی تأثیر می‌پذیرد (عوامل کنترل‌کننده زیاد است)، به جای روش مدل‌سازی سنتی، از روش رویه سطح پاسخ با توجه به مزیت آن در این زمینه و مواردی همچون ارزیابی تأثیر فاکتورها، استفاده شده است. پایایی مدل رگرسیونی در جدول‌ها از طریق آنالیز واریانس (ANOVA) نیز برآورد می‌شود. مقدار F تعیین‌کننده معناداری مدل با استفاده از واریانس تمام اجزا در سطح مناسب خطای نوع اول ( $\alpha$ ) است. فرض صفر آزمون شده در جدول ANOVA مبنی بر صفر بودن تمام ضرایب متغیرهای پیش‌بینی‌کننده است.

## یافته‌های پژوهش

همان‌طور که اشاره شد، رویه سطح پاسخ یکی از تکنیک‌های آماری است که در آن پاسخ مدنظر با استفاده از متغیرهای مؤثر بر آن، بر اساس روش آنالیز واریانس مدل‌سازی و بهینه‌سازی می‌شود. به کمک طرح ارائه شده می‌توان تعداد مشاهدات را کاهش داد و کلیه ضرایب مدل رگرسیون و اثر متقابل عوامل را برآورد کرد. در این مطالعه اثر متغیرهای مستقل سپرده‌های

1. Computer simulation experiments

دیداری، سپرده‌های پس‌انداز، سپرده سرمایه‌گذاری بلندمدت، سپرده سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت و سایر سپرده‌ها بر مجموع درآمد بانک‌ها ارزیابی می‌شود.

نوع مدل رگرسیونی از نوع درجه ۲ انتخاب شده است. مقادیر کدگذاری برای معرفی به نرم‌افزار در جدول ۱ مشاهده می‌شود. همچنین نتایج برازش مدل در جدول‌های ۲ و ۳ آورده شده است. برای گزینش مدل مناسب به‌طور متداول از ضریب تعیین ( $R^2$ ) و آزمون عدم برازش استفاده می‌شود. معنادار بودن آزمون عدم برازش برای یک مدل، نشان‌دهنده این است که نقاط به خوبی اطراف مدل قرار نگرفته‌اند و نمی‌توان از مدل برای پیشگویی مقدار متغیرهای تابع استفاده کرد. بنابراین چنانچه آزمون عدم برازش معنادار نباشد، می‌توان دریافت که مدل به خوبی می‌تواند بر داده‌های مورد بررسی برازش شود.

جدول ANOVA نشان می‌دهد آزمون عدم برازش برای تمام صفات اندازه‌گیری شده معنادار نیست؛ به این معنا که تمام مدل‌ها به خوبی روند داده‌ها را نشان می‌دهند. از طرف دیگر، پاسخ‌ها با ضرایب اطمینان ۹۵ درصد معنادارند، به این مفهوم که تمام مدل‌ها به خوبی روند تغییر داده‌ها را نشان می‌دهند. شایان ذکر است که ضرایب به کمک نرم‌افزار Design Expert 10 در سطح اطمینان ۹۵ درصد برآورد شده‌اند.

### مقادیر کدگذاری برای معرفی به نرم‌افزار

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق رویه سطح پاسخ در نرم‌افزار Design Expert، ابتدا باید پارامترهای مد نظر کدگذاری شده و به نرم‌افزار معرفی شوند. جدول ۱ پارامترهایی که بررسی شده‌اند را معرفی می‌کند.

جدول ۱. مقادیر کدگذاری شده برای معرفی به نرم‌افزار

پارامترها	نماد	کم (-۱)	متوسط (+)	زیاد (۱)
سپرده‌های دیداری	A	.	۱۳۹۴۱۶	۲۷۸۸۳۳
سپرده‌های پس‌انداز	B	.	۵۲۹۴۸	۱۰۵۸۹۶
سپرده سرمایه‌گذاری بلندمدت	C	.	۱۵۳۸۲۱	۳۰۷۶۴۱
سپرده سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت	D	.	۱۲۴۸۶۵	۲۴۹۷۳۰
سایر سپرده‌ها	E	.	۴۲۹۲۸	۸۵۸۵۵
مجموع درآمدها	R1	۷۵	۳۳۴۱۱	۶۶۷۴۸

جدول ۲. نتایج مدل سازی اولیه با روش ANOVA

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F- Value	P-value Prob > F
Model	۲۷۹۵۹۱۱۶۷۵۵	۲۰	۱۳۹۷۹۵۵۸۳۸	۷۳/۷۶۱۳۷	< ./.۰۰۰۱
A-A	۹۴۷۶۳۰۱/۳۰۱	۱	۹۴۷۶۳۰۱/۳۰۱	۰/۵۰۰۰۰۵	۰/۴۸۰۴
B-B	۳۳۲۴۰۵۹/۰۸	۱	۳۳۲۴۰۵۹/۰۸	۰/۱۷۵۳۹	۰/۶۷۵۸
C-C	۴۸۹۴۵۶۷/۵۸۷	۱	۴۸۹۴۵۶۷/۵۸۷	۰/۲۵۸۲۵۶	۰/۶۱۱۹
D-D	۶۲۴۳۶۸۵۲۸/۷	۱	۶۲۴۳۶۸۵۲۸/۷	۳۲/۹۴۴۰۲	< ./.۰۰۰۱
E-E	۵۱۰۷۹۹۰۰/۹۸	۱	۵۱۰۷۹۹۰۰/۹۸	۲/۶۹۵۱۶۶	۰/۱۰۲۳
AB	۸۰۸۳۴/۱۵۲۴۷	۱	۸۰۸۳۴/۱۵۲۴۷	۰/۰۰۴۲۶۵	۰/۹۴۸۰
AC	۲۷۸۶۹۳/۲۹۱۴	۱	۲۷۸۶۹۳/۲۹۱۴	۰/۰۱۴۷۰۵	۰/۹۰۳۶
AD	۲۲۵۳۹۰۶۰۵/۷	۱	۲۲۵۳۹۰۶۰۵/۷	۱۱/۸۹۲۴۵	۰/۰۰۰۷
AE	۱۴۲۵۸۱۴۵/۹۲	۱	۱۴۲۵۸۱۴۵/۹۲	۰/۷۵۲۳۲۷	۰/۳۸۶۹
BC	۲۷۲۹۷۹۶/۳۸۹	۱	۲۷۲۹۷۹۶/۳۸۹	۰/۱۴۴۰۳۴	۰/۷۰۴۷
BD	۶۱۲۲۹۴۳۷/۹	۱	۶۱۲۲۹۴۳۷/۹	۳۲/۳۰۶۹۴	< ./.۰۰۰۱
BE	۵۶۶۲۳۵۵۴/۵۶	۱	۵۶۶۲۳۵۵۴/۵۶	۲/۹۸۱۷۶۷	۰/۰۸۵۶
CD	۳۴۶۶۹۱/۶۷۱۷	۱	۳۴۶۶۹۱/۶۷۱۷	۰/۰۱۸۲۹۳	۰/۸۹۲۶
CE	۲۴۱۹۲۷۸۷/۲۹	۱	۲۴۱۹۲۷۸۷/۲۹	۱/۲۱۶۵۰۲	۰/۲۶۰۰
DE	۱۲۶۱۶۸۹۳/۵۱	۱	۱۲۶۱۶۸۹۳/۵۱	۰/۶۶۵۷۱۴	۰/۴۱۵۶
A^2	۶۲۵۳۱۲۱۷/۳۶	۱	۶۲۵۳۱۲۱۷/۳۶	۳/۳۵۳۱۴۴	۰/۰۶۸۷
B^2	۴۹۳۴۰۴۹۸۶/۳	۱	۴۹۳۴۰۴۹۸۶/۳	۲۶/۰۳۳۸۹	< ./.۰۰۰۱
C^2	۴۰۱۴۴۱۱۵/۲۹	۱	۴۰۱۴۴۱۱۵/۲۹	۲/۱۱۸۱۵۴	۰/۱۴۷۲
D^2	۱۰۰۹۹۲۸/۶۶	۱	۱۰۰۹۹۲۸/۶۶	۰/۵۳۳۴۳۸	۰/۴۶۶۱
E^2	۶۲۴۳۵۲۱۷/۴۶	۱	۶۲۴۳۵۲۱۷/۴۶	۳/۲۹۴۳۱۵	۰/۰۷۱۱
Residual	۳۵۲۵۱۴۸۳۴۱	۱۸۶	۱۸۹۵۲۴۱۰/۴۳		
Cor Total	۳۱۴۸۴۲۶۵۰۹۶	۲۰۶			
Model	۲۷۹۵۹۱۱۶۷۵۵	۲۰	۱۳۹۷۹۵۵۸۳۸	۷۳/۷۶۱۳۷	< ./.۰۰۰۱
A-A	۹۴۷۶۳۰۱/۳۰۱	۱	۹۴۷۶۳۰۱/۳۰۱	۰/۵۰۰۰۰۵	۰/۴۸۰۴
B-B	۳۳۲۴۰۵۹/۰۸	۱	۳۳۲۴۰۵۹/۰۸	۰/۱۷۵۳۹	۰/۶۷۵۸
C-C	۴۸۹۴۵۶۷/۵۸۷	۱	۴۸۹۴۵۶۷/۵۸۷	۰/۲۵۸۲۵۶	۰/۶۱۱۹



ادامه جدول ۲

P-value Prob > F	F- Value	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع
< ./.۰۰۰۱	۳۲/۹۴۴۰۲	۶۲۴۳۶۸۵۲۸/۷	۱	۶۲۴۳۶۸۵۲۸/۷	D-D
./۱۰۲۳	۲/۶۹۵۱۶۶	۵۱۰۷۹۹۰۰/۹۸	۱	۵۱۰۷۹۹۰۰/۹۸	E-E
./۹۴۸۰	./۰۰۴۲۶۵	۸۰۸۳۴/۱۵۲۴۷	۱	۸۰۸۳۴/۱۵۲۴۷	AB
./۹۰۳۶	./۰۱۴۷۰۵	۲۷۸۶۹۳/۲۹۱۴	۱	۲۷۸۶۹۳/۲۹۱۴	AC
./۰۰۰۷	۱۱/۸۹۲۴۵	۲۲۵۳۹۰۶۰۵/۷	۱	۲۲۵۳۹۰۶۰۵/۷	AD
./۳۸۶۹	./۷۵۲۳۲۷	۱۴۲۵۸۴۱۵/۹۲	۱	۱۴۲۵۸۴۱۵/۹۲	AE
./۷۰۴۷	./۱۴۴۰۳۴	۲۷۲۹۷۹۶/۳۸۹	۱	۲۷۲۹۷۹۶/۳۸۹	BC
< ./.۰۰۰۱	۳۲/۳۰۶۹۴	۶۱۲۲۹۴۳۷۱/۹	۱	۶۱۲۲۹۴۳۷۱/۹	BD
./۰۸۵۶	۲/۹۸۷۶۷	۵۶۶۲۳۵۵۴/۵۶	۱	۵۶۶۲۳۵۵۴/۵۶	BE
./۸۹۲۶	./۰۱۸۲۹۳	۳۴۶۶۹۱/۶۷۱۷	۱	۳۴۶۶۹۱/۶۷۱۷	CD
./۲۶۰۰	۱/۲۷۶۵۰۲	۲۴۱۹۲۷۸۷/۲۹	۱	۲۴۱۹۲۷۸۷/۲۹	CE
./۴۱۵۶	./۶۶۵۷۱۴	۱۲۶۱۶۸۹۳/۵۱	۱	۱۲۶۱۶۸۹۳/۵۱	DE
./۰۶۸۷	۳/۳۵۲۱۴۴	۶۳۵۳۱۲۱۷/۳۶	۱	۶۳۵۳۱۲۱۷/۳۶	A <sup>2</sup>
< ./.۰۰۰۱	۲۶/۰۳۳۸۹	۴۹۳۴۰۴۹۸۶/۳	۱	۴۹۳۴۰۴۹۸۶/۳	B <sup>2</sup>
./۱۴۷۲	۲/۱۱۸۱۵۴	۴۰۱۴۴۱۱۵/۲۹	۱	۴۰۱۴۴۱۱۵/۲۹	C <sup>2</sup>
./۴۶۶۱	./۵۳۳۴۳۸	۱۰۱۰۹۹۲۸/۶۶	۱	۱۰۱۰۹۹۲۸/۶۶	D <sup>2</sup>
./۰۷۱۱	۳/۲۹۴۳۱۵	۶۲۴۳۵۲۱۷/۴۶	۱	۶۲۴۳۵۲۱۷/۴۶	E <sup>2</sup>
		۱۸۹۵۲۴۱۰/۴۳	۱۸۶	۳۵۲۵۱۴۸۳۴۱	Residual
			۲۰۶	۳۱۴۸۴۲۶۵۰۹۶	Cor Total
./۸۸۰۳۵	R-Squared			۴۳۵۳/۴۳۶۶۲۳	Std. Dev.
./۸۷۵۹۹۵	Adj R-Squared			۹۲۰۷/۱۳۰۰۸۸	Mean
./۶۵۴۵۴۴	Pred R-Squared			۴۷/۲۸۳۳۱۸۲۷	C.V. %
۴۲/۳۳۰۶۱	Adeq Precision			۱۰۸۷۶۴۲۴۰۱۸	PRESS

در جدول ۲، ستون اول تأثیر متغیرهای معرفی شده در جدول ۱ بر یکدیگر، ستون دوم مجموع مربعات مدل، ستون سوم درجه آزادی، ستون چهارم میانگین مربعات، ستون پنجم آماره آزمون F و ستون آخر P-value یا همان معناداری مدل که مهم‌ترین نتیجه است را نشان

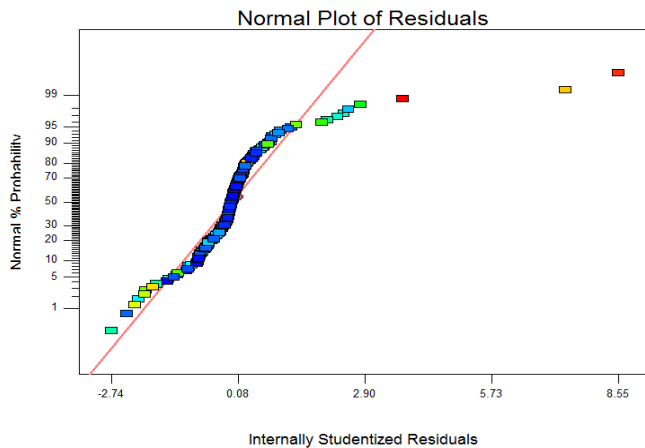
می‌دهد. براساس مقدار P- Value ضرایب  $A_2, D, C, AB, AC, AD, BC, BD, CE, DE,$  B2, ABC, ABD, ABE, ACD, ACE, سیگنال به جمله اخلال، نتایج نهایی به دست می‌آیند که در جدول ۳ مشاهده می‌شوند.

جدول ۳. نتایج نهایی مدل به دست آمده از ANOVA

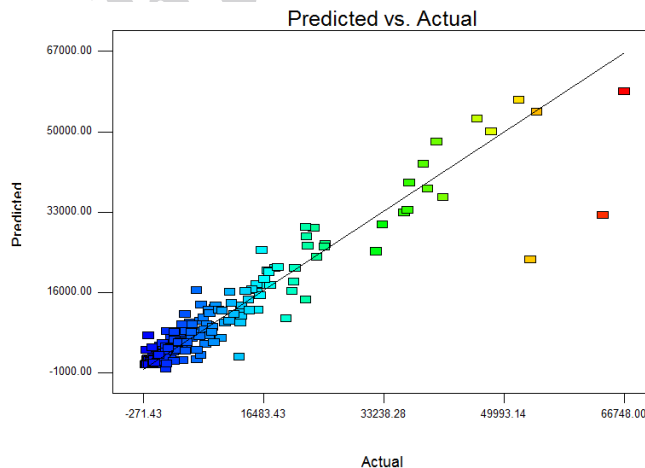
عامل	ضرایب تخمین	درجه آزادی	انحراف معیار	۹۵ درصد فاصله اطمینان پایین	۹۵ درصد فاصله اطمینان بالا	VIF <sup>۱</sup> (عامل تورم واریانس)
Intercept	۳۶۰۹۳/۴۳	۱	۲۷۲۷/۲۶۶	۳۰۷۱۳/۰۸	۴۱۴۷۳/۷۸	
A-A	۴۶۳۹/۶۵۵	۱	۶۵۶۱/۴۳	-۸۳۰۴/۷۳	۱۷۵۸۴/۰۴	۶۴/۶۱۳۰۵
B-B	۳۰۶۵/۷۸۵	۱	۷۳۲۰/۴۷۹	-۱۱۳۷۶/۱	۱۷۵۰۷/۶۳	۵۳/۸۴۶۱
C-C	۳۹۳۴/۰۱۹	۱	۷۷۲۱/۵۸	-۱۱۳۰۹/۱	۱۹۱۵۷/۱۵	۹۶/۲۵۷۳۹
D-D	۳۰۴۳/۱۵	۱	۵۳۰۲/۵۸	۱۹۹۷۴/۲۲	۴۰۸۹۶/۰۸	۴۰/۵۸۸۴۴
E-E	-۸۶۷۹/۴۱	۱	۵۲۸۶/۸۵۴	-۱۹۱۰۹/۳	۱۷۵۰/۴۹۸	۴۴/۳۷۳۴۷
AB	-۱۰۰۸/۵۷	۱	۱۵۴۴۳/۳۷	-۳۱۴۷۵/۲	۲۹۴۵۸/۱	۳۱۰/۶۱۰۸
AC	۱۳۱۰/۶۸۹	۱	۱۰۸۰۸/۵۸	-۲۰۰۱۲/۵	۲۲۶۳۳/۸۶	۱۴۷/۱۷۵۳
AD	-۳۳۸۱۷/۳	۱	۹۸۰۶/۲۴۶	-۵۳۱۶۳	-۱۴۴۷۱/۵	۱۱۶/۶۳۷۱
AE	۴۰۷۲/۶۹۸	۱	۴۶۹۵/۴۶۷	-۵۱۹۰/۵۲	۱۳۳۳۵/۹۲	۳۱/۸۷۰۹۱
BC	-۷۲۲۶/۱۳	۱	۱۹۰۴۰/۲۵	-۴۴۷۸۸/۷	۳۰۳۳۶/۴۸	۵۰۰/۲۰۹۹
BD	۷۶۶۳/۷۳	۱	۱۳۵۰۵/۴۲	۵۰۱۲۰/۲۳	۱۰۳۴۰۷/۲	۲۲۶/۸۰۹۲
BE	-۲۲۱۸۱/۷	۱	۱۲۸۳۳/۰۲	-۴۷۴۹۸/۷	۳۱۳۵/۲۶۴	۲۵۲/۶۶
CD	۱۳۸۰/۶۷۸	۱	۱۰۲۰۸/۲۹	-۱۸۷۵۸/۲	۲۱۵۱۹/۵۹	۱۳۸/۰۷۶۵
CE	۵۸۴۵/۲۲۵	۱	۵۱۷۳/۵۷۲	-۴۳۶۱/۲	۱۶۰۵۱/۶۵	۴۴/۰۹۸۳
DE	-۵۳۲۶/۰۳	۱	۶۵۲۷/۶۹۴	-۱۸۲۰۳/۹	۷۵۵۱/۸۰۴	۶۱/۰۰۹۶۹
A <sup>۲</sup>	۱۵۷۲۴/۷	۱	۸۵۸۸/۵۷۴	-۱۲۱۸/۸۴	۳۲۶۶۸/۲۴	۷۸/۲۹۴۴۶
B <sup>۲</sup>	-۳۲۵۶۰	۱	۶۳۸۱/۳۸۱	-۴۵۱۴۹/۲	-۱۹۹۷۰/۸	۴۴/۸۳۳۸
C <sup>۲</sup>	-۶۴۵۵/۷۴	۱	۴۴۳۵/۷۵۴	-۱۵۲۰۶/۶	۲۲۹۵/۱۱۴	۲۲/۷۷۹۴۹
D <sup>۲</sup>	-۳۳۸۲/۵۲	۱	۴۶۳۱/۲۵۹	-۱۲۵۱۹/۱	۵۷۵۴/۰۲۴	۲۵/۳۳۶۵۶
E <sup>۲</sup>	۴۷۶۹/۲۶۴	۱	۲۶۲۷/۶۵۸	-۴۱۴/۵۷۹	۹۹۵۳/۱۰۷	۵/۹۹۱۲۰۱

1. Variance Inflation Factor

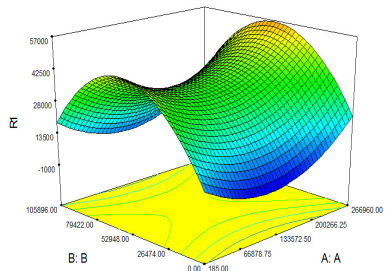
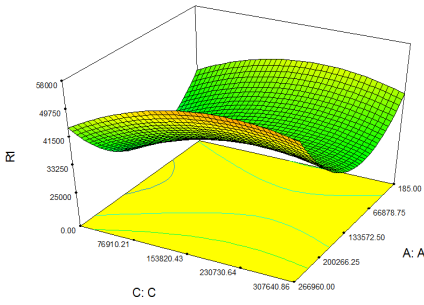
در جدول ۳، ستون اول تأثیر عامل‌های مختلف بر یکدیگر، ستون دوم ضریب تخمین، ستون سوم درجه آزادی، ستون چهارم خطای استاندارد، ستون پنجم و پنجم ۹۵ درصد فاصله اطمینان پایین و بالا و ستون آخر VIF همخطی مدل یا عامل تورم واریانس را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، عامل تورم واریانس در همه فاکتورها بالای ۱۰ است، از این رو مدل همخطی ندارد.



شکل ۱. نمودار نرمالیتی مانده‌ها

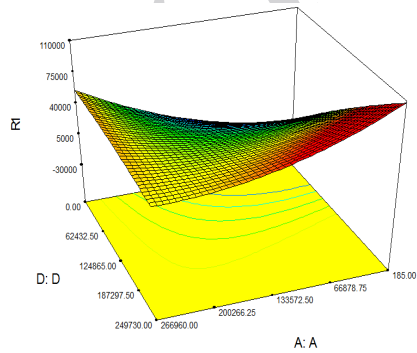
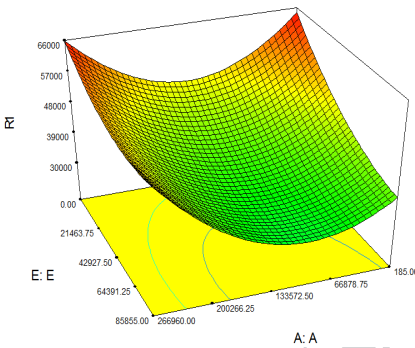


شکل ۲. مقادیر پیش‌بینی شده در برابر مقادیر واقعی درآمد



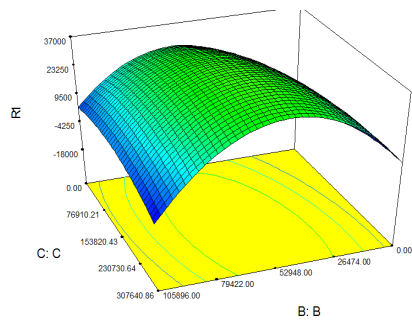
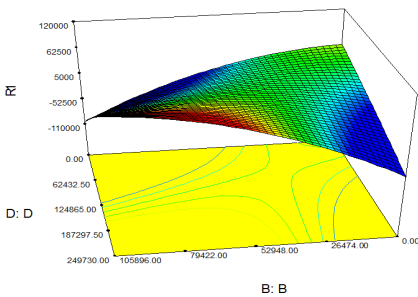
شکل ۳-۲. تأثیر سپرده‌های دیداری و سپرده سرمایه‌گذاری بلندمدت بر درآمد

شکل ۳-۱. تأثیر سپرده‌های دیداری و پس‌انداز بر درآمد



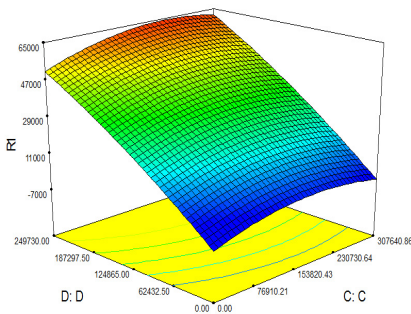
شکل ۳-۴. تأثیر سپرده‌های دیداری و سایر سپرده‌ها بر درآمد

شکل ۳-۳. تأثیر سپرده‌های دیداری و سپرده سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت بر درآمد

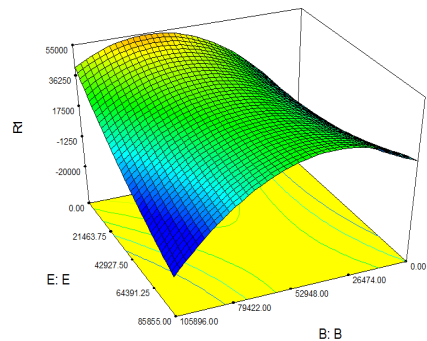


شکل ۳-۶. تأثیر سپرده‌های پس‌انداز و سپرده سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت بر درآمد

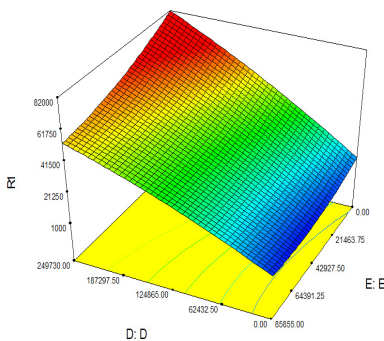
شکل ۳-۵. تأثیر سپرده‌های پس‌انداز و سپرده سرمایه‌گذاری بلندمدت بر درآمد



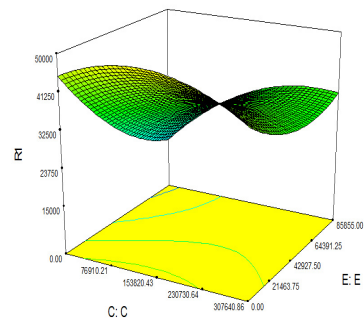
شکل ۳-۸. تأثیر سپرده سرمایه‌گذاری بلندمدت و سپرده سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت بر درآمد



شکل ۳-۷. تأثیر سپرده‌های پس‌انداز و سایر سپرده‌ها بر درآمد



شکل ۳-۱۰. تأثیر سپرده سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت و سایر سپرده‌ها بر درآمد



شکل ۳-۹. تأثیر سپرده سرمایه‌گذاری بلندمدت و سایر سپرده‌ها بر درآمد

### توضیح نمودارها

به‌منظور بررسی دقت مدل‌ها، از نمودار نرمالیتیه مانده‌ها استفاده شده است. شکل ۱ نمودار نرمالیتیه مانده‌ها را نشان می‌دهد. این نمودار نشان‌دهنده پیروی نقاط از یک رفتار تقریباً خطی است. توزیع یکنواخت و خطی بودن، گویای توزیع نرمال خطاها بوده و نشان‌دهنده خطای کمتر و اعتبار بیشتر مدل‌هاست.

شکل ۲ مقادیر پیش‌بینی شده را در برابر مقادیر واقعی میزان درآمد بانک‌ها نشان می‌دهد. همان‌طور که به خوبی مشخص است، نتایج همبستگی مطلوبی دارند و مدل ارائه شده توانسته است با دقت ۹۵ درصد، درآمد بانک‌ها را پیش‌بینی کند.

شکل‌های ۱-۳ تا ۱۰-۳ تأثیر همزمان انواع سپرده‌ها را بر درآمد نشان می‌دهند. محور R1 در این نمودارها نشان‌دهنده واکنش متغیر وابسته یا همان درآمد است. سایر محورها براساس مقادیر معرفی شده در نمادهای جدول ۱ تعریف شده‌اند. شکل ۱-۳ تصویر سه بعدی تأثیر سپرده‌های دیداری و پس‌انداز بر درآمد را نمایش می‌دهد. منحنی به‌دست آمده شکل زینتی دارد، واضح است که نقاط کمینه و بیشینه سپرده‌های دیداری موجب افزایش درآمد شده و در نقاط میانه، درآمد کاهش یافته است که این روند برای سپرده‌های پس‌انداز کاملاً برعکس است. در شکل ۲-۳ نقاط بیشینه و کمینه سپرده‌های دیداری و سپرده سرمایه‌گذاری بلندمدت موجب افزایش درآمد شده‌اند، اما در نقاط میانه درآمد کاهش یافته است. شکل ۳-۳ تأثیر سپرده‌های دیداری و سپرده سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت بر درآمد را نشان می‌دهد، همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، تأثیر سپرده سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت بر درآمد خطی و ثابت است؛ به‌طوری که سپرده سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت تأثیر چشمگیری بر درآمد ندارد، اما پس از ترکیب با سپرده‌های دیداری، موجب افزایش درآمد می‌شود. روند موجود در شکل ۳-۴ نیز مشابه شکل ۲-۳ است. شکل ۳-۵ نشان‌دهنده تأثیر سپرده‌های پس‌انداز و سپرده سرمایه‌گذاری بلندمدت بر درآمد است. مشخص است در نقاط بیشینه و کمینه، دو متغیر مستقل درآمد را کاهش داده‌اند، اما پس از ترکیب این دو متغیر در نقاط میانه، درآمد افزایش یافته است. شکل ۳-۶ تأثیر سپرده‌های پس‌انداز و سپرده سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت بر درآمد را نشان می‌دهد. واضح است با افزایش مقادیر سپرده پس‌انداز و سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت، میزان درآمد افزایش یافته و ترکیب این دو نوع سپرده نیز موجب افزایش درآمد می‌شود. شکل ۳-۷ تأثیر سپرده‌های پس‌انداز و سایر سپرده‌ها بر درآمد را نشان می‌دهد، رفتار سهمی‌وار این نمودار نیز حاکی از آن است که ترکیب این دو نوع سپرده به افزایش درآمد منجر می‌شود. همان‌طور که در شکل ۳-۸ مشاهده می‌شود، افزایش سپرده سرمایه‌گذاری بلندمدت موجب کاهش درآمد شده و افزایش سپرده سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت موجب افزایش درآمد شده است، اما ترکیب این دو نوع سپرده‌گذاری تأثیر مثبتی بر درآمد می‌گذارد. شکل ۳-۹ نشان‌دهنده تأثیر سپرده سرمایه‌گذاری بلندمدت و سایر سپرده‌ها بر درآمد است. از این شکل چنین استنباط می‌شود که برای کسب درآمد بیشینه باید میزان سایر سپرده‌ها را کاهش داد و بر سرمایه‌گذاری بلندمدت تمرکز کرد. این مطلب در شکل ۳-۱۰ نیز تکرار شده است.

از مجموع نمودارهای به‌دست آمده از مدل‌سازی رویه سطح پاسخ، می‌توان نتیجه گرفت که این روش به خوبی می‌تواند میزان درآمد را بر اساس انواع سپرده‌ها پیش‌بینی کند و در عمل نیز

از دقت کافی برخوردار است. همچنین سهولت استفاده از نمودارها مزیت مهمی است که به کمک آن به راحتی می‌توان تأثیر همزمان متغیرهای مستقل بر جواب را مشاهده کرد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش تلاش شد تأثیر انواع سپرده‌ها بر میزان درآمد کل بانک‌ها برآورد شود. جامعه آماری این پژوهش شامل بانک‌های اقتصاد نوین، پارسیان، پاسارگاد، پست بانک، تجارت، توسعه، صادرات، رفاه، سامان، سپه، سرمایه، سینا، کارآفرین، صنعت و معدن، ملی، ملت، مسکن و کشاورزی در بازه زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۲ بود.

نتایج استفاده از روش سطح پاسخ برای ارزیابی تأثیر انواع سپرده بر میزان درآمد، حاکی از آن بود که متغیرهای مستقل انواع سپرده‌ها (سپرده‌های دیداری، سپرده‌های پس‌انداز، سپرده‌های سرمایه‌گذاری بلندمدت و سپرده‌های سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت) بر میزان درآمد تأثیر مثبتی می‌گذارند، ولی متغیر سایر سپرده‌ها بر میزان درآمد تأثیر منفی دارد. این مسئله نشان می‌دهد که بانک‌ها در چند سال اخیر بیشتر به سپرده‌های هزینه‌زایی همچون کوتاه‌مدت و بلندمدت روی آورده و از محل این سپرده‌ها درآمد کسب کرده‌اند. این درآمد به احتمال زیاد از محل اعطای تسهیلات با نرخ بالاتر از نرخ سپرده‌های یاد شده بوده است. متغیر سایر سپرده‌ها، سپرده کم‌هزینه‌ای بوده، اما بانک‌ها سود این نوع سپرده‌ها را برای کسب درآمد کم در نظر می‌گرفتند. در نهایت یافته‌های تحقیق نشان داد که ۹۵ درصد از رفتارهای درآمد بانک با اتکا به نرخ و ترکیب سپرده‌ها و با استفاده از روش سطح پاسخ قابل پیش‌بینی است.

شایان ذکر است که این پژوهش صرفاً تأثیر سپرده‌ها بر درآمد بانک را مد نظر قرار داده و متغیر هزینه را لحاظ نکرده است که می‌توان در مطالعات بعدی، هزینه و در واقع سود را نیز در نظر گرفت.

پیشنهاد می‌شود برای برنامه‌ریزی و تخصیص بودجه، از روش‌های پیش‌بینی به‌ویژه از روش رویه سطح پاسخ به‌منظور تخمین درآمد مورد انتظار، استفاده شود تا بودجه‌بندی با توجه به واقعیت‌های عملیاتی بانک صورت گیرد.

به محققان توصیه می‌شود که این پژوهش را با روش‌های مدل‌سازی و پیش‌بینی دیگری انجام دهند و یافته‌های هر دو روش را با یکدیگر مقایسه کنند.

## منابع

- باقری، ح. (۱۳۸۶). تحلیل عوامل مؤثر بر سودآوری بانک‌های تجاری (مطالعه موردی: بانک رفاه). فصلنامه تحقیقات مالی، ۸ (۲۱)، ۳-۲۶.
- شوالپور، س.؛ اشعری، ا. (۱۳۹۲). بررسی تأثیر ریسک اعتباری بر سودآوری بانک‌ها در ایران. فصلنامه تحقیقات مالی، ۱۵ (۲)، ۲۲۹-۲۴۶.
- معمودی، س. (۱۳۹۲). بررسی عوامل مؤثر بر ترکیب و سهم انواع سپرده‌ها و تسهیلات بانک کشاورزی به تفکیک استانی طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۷۶. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد. دانشگاه پیام نور، تهران.
- نوری، پ.؛ جلیلی، م.؛ مردانی، ف. (۱۳۸۹). بررسی تأثیر تمرکز و سایر عوامل در صنعت بانکداری بر سودآوری بانک‌های دولتی. پژوهش‌های پولی - بانکی، ۲ (۵)، ۱۷۵-۲۰۲.

## References

- Ashraf, D., & Goddard, J. (2012). Derivatives in the wake of disintermediation: a simultaneous equations model of commercial and industrial lending and the use of derivatives by US banks. *International Journal of Banking, Accounting and Finance*, 4(3), 250-271.
- Ashraf, D., Ramady, M., & Albinali, K. (2016). Financial fragility of banks, ownership structure and income diversification: Empirical evidence from the GCC region. *Research in International Business and Finance*, 38, 56-68.
- Bagheri, H. (1996). Analyzing the Effective Factors of Commercial Banks. *Financial Research Journal*, 8 (21), 3-26. (in Persian)
- Craig, B. R., & Dinger, V. (2013). Deposit market competition, wholesale funding, and bank risk. *Journal of Banking & Finance*, 37(9), 3605-3622.
- Jayarathne, J., & Morgan, D. P. (2000). Capital market frictions and deposit constraints at banks. *Journal of Money, Credit and Banking*, 32(1), 74-92.
- Karami, H.R., Keyhani, M., & Mowla, D. (2016). Experimental analysis of drag reduction in the pipelines with response surface methodology. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 138, 104-112.
- Meslier, C., Tacneng, R., & Tarazi, A. (2014). Is bank income diversification beneficial? Evidence from an emerging economy. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 31 (C), 97-126.



- Motamedi, S., Fallah, M.R., & Rahdari, M. (2014). *Factors affecting the composition and share of various types of deposits and loans in Agricultural Bank by provincial type*. Tehran: Payame Noor University. (in Persian)
- Nouri, P., Jalili, M., & Mardani, F. (2015). Investigating the Effect of concentration and other factors in the banking industry on the profitability of state-owned banks. *Journal of Monetary and Banking Research*, 2(5), 176-202. (in Persian)
- Nys, E., Tarazi, A., & Trinugroho, I. (2015). Political connections, bank deposits, and formal deposit insurance. *Journal of Financial Stability*, 19, 83-104.
- Petrov, A., Mushkin, Y., & Fumagalli, F. (2015). *P&L Forecasting - the new horizon of stress testing, and beyond*. McKinsey & Company.
- Rolnick, A. (1987). The Benefits of Bank Deposit Rate Ceilings: New Evidence on. Federal Reserve Bank of Minneapolis. *Quarterly Review-Federal Reserve Bank of Minneapolis*, 11(3), 2-19.
- Shavalpour, S., & Ashari, E. (2014). Effect of credit risk on profitability of Iranian Banks. *Financial Research Journal*, 15(2) 229-246. (in Persian)
- Shirdar, M. R., Golshan, A., Izman, S., & Ghodsiyeh, D. (2014). The application of surface response methodology to the pretreatment of WC substrates prior to diamond coating. *Journal of materials engineering and performance*, 23(1), 13-24.