

## بررسی رابطه بین نرخ سود بانکی و نرخ ارز در اقتصاد ایران با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری

محمدرضا لطفعلی پور<sup>1</sup>

استاد اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد

نوشین کریمی علویجه<sup>2</sup>

دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، دانشگاه

فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: 1396/4/7 تاریخ پذیرش: 1398/3/4

### چکیده:

یکی از مباحث مهم در اقتصاد کلان بررسی رابطه بین نرخ سود بانکی و نرخ ارز است. تأثیرات این دو متغیر همواره مورد توجه دولت‌مردان و سیاست‌گذاران بوده است، لذا این مقاله به بررسی رابطه بین نرخ سود بانکی و نرخ ارز در اقتصاد ایران با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری طی سال‌های 1353-1393 می‌پردازد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که بین نرخ سود بانکی کوتاه‌مدت و بلندمدت با نرخ ارز رسمی و غیر رسمی رابطه غیرمستقیم و معناداری وجود دارد، در حقیقت افزایش نرخ سود بانکی باعث کاهش نرخ ارز رسمی و غیر رسمی و افزایش ارزش پول ملی می‌گردد؛ بنابراین می‌توان اذعان داشت که در زمان افزایش نرخ ارز علی‌القاعده یکی از سیاست‌هایی که در ایران به‌منظور مقابله با افزایش نرخ ارز صورت می‌گیرد کاهش نرخ سود بانکی است، این امر سبب تقویت نرخ ارز و افزایش سرمایه‌گذاری می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** نرخ سود بانکی، نرخ ارز، الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات، الگوریتم ژنتیک.

طبقه‌بندی JEL: E43، O24.

---

1- نویسنده مسئول: lotfalipour@um.ac.ir

2- n.karimialavijeh@mail.um.ac.ir

## 1- مقدمه

یکی از مباحث مهم در اقتصاد کلان بررسی رابطه بین نرخ سود بانکی و نرخ ارز در قالب تئوری‌های اقتصادی است. نرخ ارز یکی از عوامل کلیدی بین یک اقتصاد کوچک باز و بقیه دنیا است. این نرخ از طریق بازار کالا و دارایی، روابط بین قیمت‌ها در داخل کشور و قیمت‌های داده شده در بازار جهانی را برقرار می‌سازد و یک عامل اثرگذار بر سیاست‌ها، راهبردها، سازوکارهای روزانه و ساختار سیاسی، اجتماعی و فرهنگی محسوب می‌شود. تا جایی که گروهی از کارشناسان بخصوص در کشورهای در حال توسعه، از این متغیر به عنوان لنگر اسمی یاد می‌کنند. در واقع این نرخ بیانگر شرایط اقتصادی کشور بوده و عاملی جهت مقایسه اقتصاد ملی با اقتصاد سایر ملل است (Hosseinzadeh & Haghigat, 2013). اتخاذ سیاست‌های نرخ ارز مناسب در کشورهای در حال توسعه، همواره بحث‌برانگیز بوده است. بحث‌ها بر محور میزان نوسانات نرخ ارز در رودرویی با شوک‌های داخلی و خارجی متمرکز می‌شوند (Tavakoli & Sayyah, 2010). نرخ ارز به صورت بسیار زیادی تحت تأثیر عوامل مالی به‌ویژه نرخ سود بانکی قرار می‌گیرد. بسیاری از محققان به تأثیرپذیری نرخ ارز از نرخ سود بانکی معتقد می‌باشند (Khajeh Mohammad Lou & Khodavaisi, 2017).

نرخ سود یکی از مهم‌ترین متغیرهای کلان اقتصادی در سیاست‌گذاری است؛ که به عنوان هزینه اجاره سرمایه از دیدگاه سرمایه‌گذار و هزینه فرصت از دیدگاه سپرده‌گذار محسوب می‌شود. سود ماهیتی وابسته به ماهیت پول دارد و بر اساس ترجیح واحدهای اقتصادی برای نگهداری پس‌انداز به صورت نقدینگی قابل توجه است. اقتصادهای پیشرفته کنونی جهان به شدت تحت تأثیر نرخ‌های سود قرار داشته و به سرعت نسبت به تغییرات آن واکنش نشان می‌دهند. در واقع شاخص نرخ سود به عنوان یک ابزار کنترلی قدرتمند در اداره و هدایت بازار عمل می‌کند (Ahmadi & et.al, 2011). از این رو باید بیان نمود که در دهه‌های اخیر تلاش‌های وافری برای تنظیم نرخ سود صورت گرفته است. در واقع دلیل این امر نیز تأثیر قابل توجه این متغیر در حل و یا ایجاد مشکلات و نابسامانی‌های اقتصادی در برخی جوامع است (Deutsch, 2001). از طرف دیگر، نرخ سود در اقتصاد ایران به دلیل اینکه توسط مقامات پولی و بدون ارتباط با عرضه و تقاضای پول مشخص می‌شود و حالت دستوری دارد، کاربرد وسیعی در مکانیسم‌های اثرگذاری

پولی به معنی شاخصی از ارزش دارایی‌های قابل تبدیل به پول را ندارد (Valian & et.al, 2013). از آنجا که اقتصاد ایران طی سال‌های بعد از انقلاب همواره تحت تأثیر نوسانات و تنش‌های اقتصادی زیادی قرار داشته است. لذا بررسی این موضوع که نرخ ارز چه رابطه‌ای با نرخ سود بانکی دارد و یا اینکه نرخ سود بانکی در برابر تکانه‌های وارده بر نرخ ارز چه واکنشی نشان می‌دهد، برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان اقتصادی و همچنین بانک مرکزی دارای اهمیت است، زیرا درک این موضوع که رابطه بین نرخ ارز و نرخ سود بانکی به چه صورت است، می‌تواند دولت را در تعیین بودجه، کنترل و تقویت نرخ ارز و رسیدن به اهداف کلان اقتصادی از جمله رشد اقتصادی بالا، ثبات قیمت‌ها، افزایش اشتغال و ... یاری رساند.

امروزه با پیچیده شدن مسائل و اهمیت یافتن سرعت رسیدن به پاسخ، دیگر روش‌های کلاسیک جوابگویی حل بسیاری از مسائل نیست، از این رو بیشتر از الگوریتم‌های جستجوی تصادفی برای حل مسائل بهینه‌سازی استفاده می‌شود؛ به طوری که استفاده از الگوریتم‌های تکاملی و الگوریتم‌های فرا ابتکاری در سال‌های اخیر رشد چشمگیری داشته است. الگوریتم ژنتیک یکی از کارآمدترین روش‌های بهینه‌سازی در این حوزه است. این الگوریتم بخشی از نظریه محاسبه تکاملی داروین است که در حال حاضر کاربرد این الگوریتم به عنوان بخشی از هوش مصنوعی در علوم مختلف به سرعت در حال گسترش است. الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات هم با الهام از رفتار پرندگان و ماهی‌ها معرفی شد که بر پایه فیزیولوژیکی تأثیرات و یادگیری اجتماعی است (Jalae & et.al, 2013). از نظر کاربردی این دو الگوریتم از بهترین روش‌های بهینه‌سازی مسائل هستند و به همین جهت می‌توان از این الگوریتم‌ها در برآورد توابع و پیش‌بینی روند آتی متغیرهای مورد نظر استفاده کرد. در این زمینه به کارگیری متغیرهای همخوان با مبانی نظری شکل‌گیری این مدل‌ها نه تنها حاوی دلالت‌ها و توصیه‌های سیاستی قابل توجه است، بلکه زمینه را برای پیش‌بینی روند آتی متغیر مورد نظر فراهم می‌سازد.

بنابراین هدف این مقاله بررسی رابطه بین نرخ سود بانکی و نرخ ارز در اقتصاد ایران است. بر این اساس مقاله به این صورت بخش‌بندی می‌شود که در بخش دوم به پیشینه تحقیق پرداخته می‌شود. در بخش سوم مبانی نظری ارائه می‌گردد. پس از آن در بخش چهارم روش تحقیق معرفی می‌گردد و در بخش پنجم برآورد مدل با استفاده از دو الگوریتم ژنتیک (GA) و بهینه‌سازی انبوه ذرات (PSO) صورت خواهد گرفت و نیز با استفاده از معیارهای ارزیابی عملکرد، مدل برآورد

شده با الگوریتم برتر انتخاب شده و در پایان نتیجه گیری ارائه می شود.

## 2- پیشینه تحقیق

رابطه بین نرخ ارز و نرخ سود از مباحث اصلی اقتصاد بین الملل است. لذا برخی از تحقیقاتی را که در زمینه رابطه بین نرخ سود و نرخ ارز در داخل و خارج از کشور انجام گرفته و نتایج آن به صورت مکتوب منتشر شده است، می توان به صورت زیر بیان نمود:

### 1-2- مطالعات انجام شده در کشورهای در حال توسعه

Zhongxia (2003) در مقاله ای تحت عنوان نرخ بهره واقعی، نرخ ارز واقعی و تعادل تراز پرداختها در چین طی سالهای 1980-2002 به بررسی رابطه نرخ بهره و نرخ ارز می پردازند. وی در مورد اقتصاد چین به این نتیجه می رسد که در خلال اصلاحات بی سابقه و جهت دار بازار طی دو دهه گذشته، نرخ بهره واقعی، نرخ ارز واقعی و تعادل تراز پرداختها اثرات متقابل قابل توجهی بر یکدیگر داشته اند.

Goldfain & Gupta (2003) به بررسی رابطه بین سیاست پولی و نرخ ارز طی دوره 1998-1980 در پی بحرانهای ارزی در هشتاد کشور می پردازند و به این نتیجه می رسند که در دوران بحران کاهش ضریب اطمینان سرمایه گذاران سبب افزایش ریسک شده و در نتیجه نرخ بهره را افزایش داده و هم زمان نرخ ارز را نیز کاهش می دهد. این واقعیت به جای همبستگی مثبت بین نرخ بهره و نرخ ارز، رابطه ای منفی بین آن دو به وجود می آورد.

Utami & Inanga (2009) به بررسی ارتباط بین نرخ ارز با نرخ بهره در اندونزی پرداختند، آن ها نرخ بهره متفاوت را بر روی نرخ ارز بر اساس تئوری تأثیر بین المللی فیشر مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تئوری تأثیر بین المللی فیشر برقرار است اما برای انگلیس، سنگاپور و آمریکا چندان قابل توجه نیست. همچنین تغییرات نرخ بهره اثری منفی و قابل توجه بر تغییر در نرخ ارز ژاپن دارد.

Thaddeus & Nnneka (2014) به بررسی روابط نرخ ارز، تورم و نرخ بهره طی سالهای 1971-2010 در نیجریه پرداختند. نتایج مقاله یک ارتباط مثبت بین تورم و نرخ ارز در بلندمدت و کوتاه مدت را نشان می دهد، در حالی که نرخ بهره تأثیر قابل توجهی بر نرخ ارز ندارد.

Wilson & Sheefeni (2014) در مقاله خود ارتباط بین نرخ بهره و نرخ ارز در نامیبیا مورد بررسی قرار دادند. در این مقاله از داده‌های فصلی 2012-1993 استفاده شده است. نتایج هم-انباشتگی نشان می‌دهد که هیچ هم‌انباشتگی بین متغیر نرخ بهره و نرخ تورم وجود ندارد. در حقیقت نتایج تجربی از این مطالعه قادر به تشخیص یک ارتباط سیستماتیک واضح بین نرخ ارز و نرخ بهره نبوده است.

Tafa (2015) به بررسی رابطه بین نرخ ارز و نرخ بهره طی سال‌های 2014-2002 در آلبانی پرداخت. این رابطه با ساخت دو مدل حسابداری برای نرخ ارز USD/ALL و EUR/ALL و همچنین رابطه آن‌ها با نرخ سود بانکی مورد مطالعه قرار گرفت. دلار به تمام نرخ‌های ارز و یورو به تمام نرخ‌های ارز متغیرهای وابسته در هر مدل می‌باشند، درحالی که نرخ بهره به تمام سپرده‌ها به عنوان متغیر مستقل در هر دو مدل استفاده می‌شود. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که افزایش در نرخ بهره باعث افزایش نرخ دلار نسبت به تمام نرخ‌های ارز می‌شود. در صورتی که در مورد نرخ یورو با افزایش نرخ بهره، تمام نرخ‌های ارز در مقابل یورو با ارزش می‌شوند.

Sarac & Karagoz (2016) تأثیر نرخ سود کوتاه‌مدت بر نرخ ارز در ترکیه را مورد بررسی قرار داده‌اند. هدف این مقاله تعیین سطح کارای نرخ سود کوتاه‌مدت بر نرخ دلار است. بر این اساس از داده‌های ماهانه 2003:02-2015:08 استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهند که هیچ مدرکی، دال بر اینکه نرخ سود بالاتر باعث تضعیف نرخ ارز می‌شود، وجود ندارد.

Rabiee & Bidabad (2009) در مقاله خود رابطه نرخ ارز و نرخ بهره در اقتصاد ایران را با استفاده از روش حداقل مربعات دو مرحله‌ای مورد بررسی قرار دادند. متغیری که در این بررسی استفاده شده است، میانگین وزنی نرخ سود بانکی انواع تسهیلات بانکی است. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که چنانچه نرخ ارز در اقتصاد بالا رود، علی‌القاعده باید مقامات پولی اجازه دهند که نرخ بهره کاهش یابد.

Valian & et.al (2013) ارتباط نرخ بهره با نرخ ارز بر اساس تئوری اثر بین‌المللی فیشر در اقتصاد ایران را طی سال‌های 1369 تا 1390 با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی بررسی نمودند. نتیجه حاصل از آزمون‌ها نشان‌دهنده این موضوع است که بین نرخ بهره با نرخ ارز یک ارتباط معکوس و منفی وجود دارد؛ یعنی با افزایش نرخ بهره، نرخ ارز کاهش می‌یابد و بالعکس. لذا می‌توان به این نتیجه اشاره نمود که چنانچه نرخ برابری ارز در اقتصاد بالا رود علی‌القاعده باید

مقامات پولی اجازه دهند که نرخ بهره کاهش یابد.

Alavi & Naghilo (2016) به بررسی رابطه نرخ ارز، نرخ بهره و تورم در کشورهای درحال توسعه آسیایی منتخب با به کارگیری الگوهای پنل طی سال‌های 1990-2013 پرداختند. نتایج به دست آمده حاکی از تأثیر مثبت و معنی‌دار نرخ تورم و تأثیر منفی و معنی‌دار نرخ سود بانکی بر نرخ ارز کشورهای منتخب آسیایی می‌باشد. بر اساس نتایج بررسی رابطه علی میان متغیرها با آزمون علیت گرنجر، رابطه علی نرخ بهره و نرخ تورم با نرخ ارز، رابطه علی نرخ ارز و نرخ تورم با نرخ بهره و رابطه علی نرخ بهره با نرخ تورم تأیید گردید.

Khajeh Mohammad Lou & Khodavaisi (2017) ارتباط نرخ ارز، نرخ تورم و نرخ سود تحت رویکرد تئوری‌های فیشر در اقتصاد ایران طی دوره زمانی 1360-1393 و با استفاده از روش خود رگرسیون برداری مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از آزمون یوهانسن و برآورد الگوی تصحیح خطای برداری نشان داد که در بلندمدت نرخ تورم تأثیر منفی معنی‌دار و نرخ ارز بدون تأثیر بر نرخ سود می‌باشند. همچنین بررسی روابط کوتاه‌مدت نشان داد که در کوتاه‌مدت نرخ ارز تأثیر مثبت معنی‌دار و نرخ تورم بدون تأثیر بر نرخ سود می‌باشند؛ به عبارت دیگر تئوری اثر و بین‌المللی فیشر در اقتصاد ایران، رد می‌شوند. با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌کنند که بانک مرکزی در بسته سیاستی خود تمرکز را بر کنترل تورم قرار دهد زیرا از این طریق خواهد توانست نرخ سود را کنترل نماید.

## 2-2- مطالعات انجام شده در کشورهای توسعه یافته

Giovanni & Shambaugh (2007) به بررسی تأثیر نرخ بهره بر اقتصاد: نقش رژیم نرخ ارز، در کشورهای صنعتی پرداختند. اغلب استدلال می‌شود که بسیاری از اقتصادها تحت تأثیر کشورهای خارجی هستند. این مقاله ارتباط بین نرخ بهره و رشد سالانه تولید واقعی را در کشورهای صنعتی بررسی می‌نماید. نتایج نشان می‌دهد که افزایش نرخ بهره خارجی اثر انقباضی بر رشد تولید ناخالص داخلی در داخل کشور دارد اما این اثر در کشورهای با نرخ ارز ثابت متمرکز است.

Scott & et.al (2012) در مقاله خود به بررسی رابطه بین نرخ ارز و نرخ سود با استفاده از یک روش موجک می‌پردازند. این مقاله از آنالیز موجک برای بررسی رابطه بین دیفرانسیل نرخ

سود و نرخ ارز لحظه‌ای برای هفت جفت کشور، با یک کشور کوچک، سوئد، استفاده می‌کند. نتایج تجربی کلیدی نشان می‌دهند که رابطه منفی بین نرخ ارز لحظه‌ای (قیمت ارز داخلی از ارز خارجی) و دیفرانسیل نرخ سود (حدود نرخ سود داخلی منهای نرخ سود خارجی) در کوتاه‌مدت وجود دارد، در حالی که در بلندمدت رابطه مثبت بین نرخ ارز لحظه‌ای و دیفرانسیل نرخ سود وجود خواهد داشت. این نشان می‌دهد که در میان مدل‌های تعیین نرخ ارز با استفاده از روش دارایی، مدل‌های چسبندگی قیمت در کوتاه‌مدت و مدل‌های انعطاف‌پذیری قیمت در بلندمدت پشتیبانی می‌شوند.

همچنین در زمینه الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات و الگوریتم ژنتیک مطالعات محدودی در داخل کشور انجام شده است؛ که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود:

Emami & et.al (2009) به شبیه‌سازی تابع تقاضای انرژی در ایران با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات در مقاله خود پرداختند. در این مطالعه به منظور پیش‌بینی وضعیت آتی تقاضای انرژی ایران، با استفاده از خط سیر شاخص‌های کلان اقتصادی، دو فرم از معادلات تقاضای انرژی غیرخطی شبیه‌سازی شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهند که فرم دوم نتایج بهتری را در مشاهده داده‌ها فراهم می‌کند و با یک ضریب همبستگی بالاتر، برای پروژه‌های بخش ایران به کار برده می‌شود.

Bakhshi & Khaki (2011) به بررسی تأثیر جمعیت بر رشد اقتصادی در چارچوب الگوی رشد بهینه در اقتصاد ایران با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداختند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که رشد جمعیت در سال‌های 1386-1350، سهم عمده‌ای از رشد سرمایه سرانه و محصول سرانه را در اقتصاد ایران توضیح می‌دهد، به طوری که رشد جمعیت دو ونیم درصدی در سال‌های گذشته، سطح مصرف سرانه، سرمایه سرانه، درآمد سرانه و پس‌انداز سرانه را به ترتیب 46%، 14%، 14% و 8% افزایش داده است.

Sadeghi & et.al (2013) در مقاله خود کاربرد الگوریتم انبوه ذرات و الگوریتم ژنتیک در شبیه‌سازی و پیش‌بینی تقاضای انرژی را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه برای تخمین و پیش‌بینی روند تقاضای انرژی کشور از الگوریتم‌های ژنتیک و انبوه ذرات در قالب دو الگوی خطی و نمایی استفاده شده است. نتایج مطالعه نشان‌دهنده دقت و کارایی بالای الگوی نمایی برآورد شده با استفاده از الگوریتم انبوه ذرات در مقایسه با الگوریتم ژنتیک بوده است.

Jalae & et.al (2013) ظرفیت بالفعل مالیاتی ایران را با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات و الگوریتم ژنتیک طی دوره 1361-1389 مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان دهنده تأثیر مثبت متغیرهای درآمد سرانه و نسبت ارزش افزوده بخش‌های صنعت و معدن و خدمات به تولید ناخالص داخلی بر ظرفیت مالیاتی است. همچنین نسبت ارزش افزوده بخش کشاورزی به تولید ناخالص داخلی، نرخ تورم و بیکاری با ظرفیت مالیاتی رابطه غیرمستقیم دارند.

Golestani & et.al (2013) در مقاله خود مدل‌های رهبری قیمت و تبانی در کارتل‌گازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک را مورد بررسی قرار دادند. این مطالعه به کمک الگوریتم ژنتیک مسیر قیمتی، مسیر استخراج و سود تنزیل شده مربوط به GECF و گروه حاشیه‌ای را بر اساس دو راه حل رهبری قیمت و تبانی مورد محاسبه قرار داده است. نتایج مدل رهبری قیمت بیانگر آن است که تقاضای جهانی گاز در طی زمان به صورت خطی و قیمت جهانی آن به صورت نمایی افزایش خواهد یافت. همچنین نتایج حاصل از راه حل تبانی بیانگر آن است که روند استخراج در مقایسه با راه حل رهبری قیمت کندتر می‌گردد.

جمع‌بندی مطالعات داخلی و نوآوری مقاله حاضر نسبت به سایر مقاله‌های انجام شده مطالعات داخلی انجام شده برای بررسی رابطه بین نرخ سود بانکی و نرخ ارز از روش‌های سنتی اقتصاد سنجی و در پاره‌ای از پژوهش‌ها از معادلات هم‌زمان استفاده کرده‌اند همچون مقالات Rabiee & Bidabad (2009)، Valian & et.al (2013) و Khajeh Mohammad Lou & Khodavaisi (2017). اینگونه پژوهش‌ها مورد انتقاد لو کاس بوده‌اند، از نظر لو کاس پیش‌بینی‌هایی که بر مبنای این الگوها صورت می‌گیرد نمی‌توانند واقعیت داشته باشند، زیرا تنها بر مبنای اطلاعات گذشته صورت می‌گیرند (Khajeh Mohammad Lou & Khodavaisi, 2017). لذا مقاله حاضر با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و بهینه‌سازی انبوه ذرات و مدل‌های غیرخطی به بررسی رابطه بین نرخ سود بانکی و نرخ ارز می‌پردازد و بهترین جواب را ارائه می‌نماید.

### 3- مبانی نظری

نرخ ارز به عنوان معیار ارزش برابری پول ملی یک کشور در برابر پول کشورهای دیگر و منعکس‌کننده وضعیت اقتصادی آن کشور در مقایسه با شرایط اقتصادی سایر کشورهاست. در



یک اقتصاد باز به دلیل ارتباط متقابل نرخ ارز با سایر متغیرهای داخلی و خارجی، متغیری کلیدی به شمار می‌رود که سیاست‌های اقتصادی داخلی و خارجی و تحولات اقتصادی، تأثیرات بسیاری بر آن می‌گذارند (Halafi & et.al, 2004). همچنین نرخ ارز نقش اساسی در تعیین درجه رقابت-پذیری بین‌المللی و وضعیت اقتصاد داخلی دارد، لذا شناسایی عوامل مؤثر بر آن می‌تواند در سیاست‌گذاری‌ها مفید باشد (Asgharpour & et.al, 2014). برخی از عوامل مؤثر بر نرخ ارز عبارتند از:

**شوگ نفتی:** از بعد نظری، یک شوگ نفتی ممکن است نرخ ارز در یک کشور را از دو کانال تحت تأثیر قرار دهد: کانال‌های ارتباط مبادله و اثر رفاه. کانال رابطه مبادله دو گروه کشورهای صادرکننده و واردکننده نفت را از راه‌های متفاوت متأثر می‌سازد (Cordon & Neary, 1982)، (Cashin & et.al, 2004, Chen & Rogoff, 2003). در کشورهای واردکننده نفت، افزایش در قیمت‌های نفت به تضعیف تراز تجاری و در نتیجه کاهش ارزش پول ملی آن‌ها منجر می‌شود (Fratzcher & et.al, 2014). برعکس در کشورهای صادرکننده نفت، شوگ نفتی مثبت ممکن است با افزایش قیمت کالاهای غیرقابل مبادله، به پدیده بیماری هلندی منجر شود و ارزش پول ملی آن‌ها را افزایش دهد (Buetzer & et.al, 2012).

تمایز بین کشورهای صادرکننده و واردکننده نفت زمانی آشکارتر می‌شود که کانال انتقال از مسیر اثر رفاه نیز مورد توجه قرار گیرد. بر این اساس، یک افزایش در قیمت‌های نفت با انتقال رفاه از کشورهای واردکننده به کشورهای صادرکننده نفت همراه است، که منجر به کاهش ارزش حقیقی پول ملی در کشورهای واردکننده و افزایش ارزش حقیقی پول ملی در کشورهای صادرکننده نفت و در نتیجه عدم تعادل حساب جاری در تراز پرداخت‌ها و تخصیص مجدد سبد دارایی آن‌ها می‌شود (Rasmussen & Roitman, 2011). چارچوب اصلی نظری این کانال را Golub (1983) و Krugman (1983) بسط دادند.

**نرخ سود:** مطابق ادبیات اقتصاد کلان، تغییرات نرخ سود می‌تواند از طریق تأثیرگذاری بر تقاضای پول، نرخ ارز را تحت تأثیر قرار دهد. بدین صورت که در الگوهای درونزای پول، تقاضای پول تابعی معکوس از نرخ سود است. لذا با افزایش نرخ سود، تقاضای پول کاهش می‌یابد، این امر باعث کاهش تورم و افزایش ارزش پول ملی و به تبع آن کاهش نرخ ارز می‌گردد. یکی دیگر از مکانیزم‌های توضیح ارتباط بین نرخ سود و نرخ ارز از طریق سرمایه‌گذاری می‌باشد.

به طوریکه افزایش نرخ سود منجر به کاهش سرمایه‌گذاری و در نتیجه کاهش تولید و درآمد خواهد شد، این امر با کاهش واردات و تقاضای ارز همراه است. ممکن است کاهش تقاضای ارز منجر به کاهش قیمت ارز گردد، لیکن از آنجایی که همه تقاضاهای ارز به تقاضای واردات خلاصه نمی‌شود و در کنار آن تقاضای ارز مسافرتی و سفته‌بازی نیز وجود دارد لذا در کشور ایران مشخص نیست که با افزایش نرخ سود بتوان با قطعیت بیان کرد که نرخ ارز نیز کاهش می‌یابد.

**شوکه‌های پولی:** بر اساس مطالعات Dornbusch (1988) نسلی از مدل‌های پولی پدید آمد. این مدل امکان می‌دهد که نرخ اسمی و حقیقی ارز و نرخ سود بانکی در برابر پاسخ به اطلاعات جدید از سطح تعادل بلندمدت خود افزایش یا کاهش سریع داشته اگر سایر متغیرها (مانند قیمت کالاها) تغییرات کند و تدریجی داشته باشند. در این مدل فرض پیوسته برابری قدرت خرید رها شده و فقط آن را برای بلندمدت در نظر می‌گیرد و تغییرات نرخ ارز و نرخ سود بانکی بار چسبنده بودن قیمت‌ها را بر دوش می‌کشند.

مدل دورنبوش به وضوح نرخ تعادلی ارز را در بلندمدت نرخ می‌داند که به وسیله برابری قدرت خرید تعیین می‌شود و عنوان می‌کند که شوکه‌های پولی در کوتاه مدت باعث انحراف نرخ ارز از این تعادل بلندمدت می‌شود. برای مثال اگر حجم پول افزایش یابد بلافاصله عرضه حقیقی پول زیاد شده و برای جبران مازاد عرضه در بازار پول، نرخ سود بانکی داخلی کاهش می‌یابد. کاهش نرخ سود بانکی داخلی باعث ایجاد جریان خروج سرمایه و افزایش نرخ ارز می‌شود (Hosseinzadeh & Haghghat, 2013).

**تولید ناخالص داخلی:** تولید ناخالص داخلی یک کشور معیاری از همه کالاها و خدمات نهایی است که یک کشور در طول یک دوره معین تولید کرده است، تولید ناخالص داخلی یکی از معیارهای سلامت اقتصاد کشور می‌باشد. افزایش تولید ناخالص داخلی، رشد اقتصادی را نشان می‌دهد. اصولاً سرمایه‌گذاران خارجی جذب کشورهای قوی با تولید ناخالص داخلی بالا می‌شوند. این امر منجر به بهتر شدن ارزش نرخ ارز کشور می‌گردد زیرا پول‌های زیادی وارد آن کشور می‌شوند (Patel & et.al, 2014).

همچنین در رابطه با نرخ سود می‌توان گفت که سود، پدیده‌ای اقتصادی است که از دوران قبل از مسیح در زندگی اقتصادی بشر وجود داشته است و عقاید فلسفی و مذهبی متعددی در رابطه با آن مطرح است. سود را می‌توان به صورت‌های گوناگون تعریف کرد. مبلغی که هنگام بهره-

برداری از سرمایه پرداخت می‌گردد به سود معروف است. چنانچه اندازه مبلغ بهره پرداختی به سرمایه برحسب درصد بیان شود به آن نرخ سود گفته می‌شود. همچنین نرخ سود مهم‌ترین عامل اثرگذار بر روی مبادلات نرخ ارز است و سبب تقویت ارز یک کشور می‌شود (Masah, 2009). لذا با توجه به این که تغییرات نرخ سود اثرات قابل توجهی روی تصمیم‌گیری عاملان اقتصادی دارد، به عنوان یکی از متغیرهای سیاستگذاری در اقتصاد کلان مطرح و همواره مد نظر دولتمردان اقتصادی بوده و توجه بسیاری از کارگزاران و عاملان اقتصادی را به خود جلب نموده است (Mehragan & et.al, 2006).

یکی از تئوری‌هایی که ارتباط میان تغییرات نرخ سود و تغییرات مورد انتظار در نرخ ارز را نشان می‌دهد، تئوری بین‌المللی فیشر می‌باشد. بر اساس این تئوری، بازده واقعی سرمایه‌گذارانی که در بازار سهام کشور خود سرمایه‌گذاری کرده‌اند، همان نرخ سود خارجی و ایجاد تغییر در ارزش پول رایج خارجی است (Madura, 2000).

فرمول بازده واقعی که بازده مؤثر (نرخ ارز تنظیم شده) نیز نامیده می‌شود، برابر است با:

$$r = (1+if) (1+ef) - 1 \quad (2-1)$$

که در آن  $r$  بازده واقعی سرمایه‌گذاری،  $if$  نرخ سود خارجی و  $ef$  درصد تغییرات در ارزش ارز خارجی اختصاص داده شده، می‌باشد. به همین دلیل تئوری تأثیر بین‌المللی فیشر پیشنهاد می‌کند که بازده مورد انتظار سرمایه‌گذاری در یک بازار پول خارجی  $E(r)$ ، باید برابر با نرخ سود سرمایه‌گذاری در بازار پول داخلی  $ih$ ، باشد. چون به‌طور متوسط بازده مؤثر در یک سرمایه‌گذاری خارجی باید برابر با بازده مؤثر در یک سرمایه‌گذاری داخلی باشد؛ بنابراین:

$$E(r) = ih \quad (2-2)$$

برای فراهم کردن شرایط سرمایه‌گذاری هم در داخل کشور و هم در خارج از کشور و به دست آوردن نرخ سود مشابه،  $r$  باید با  $ih$  تنظیم شود و ارز خارجی باید تغییر کند تا  $r = ih$  شود؛ بنابراین  $(1+ef) (1+if) - 1 = ih$  و می‌توان نوشت  $(1+ih) = (1+ef) (1+if)$  در این معادله  $r$  بازده مؤثر سپرده خارجی و  $ih$  نرخ سود سپرده داخلی است. فرمول  $ih$  به صورت  $(1+ef) (1+if) =$

(1+ih) بیان می‌شود تا ارزش ارز خارجی (ef) تعیین شود. در نهایت عملکرد تئوری<sup>1</sup> IFE به صورت زیر فرموله می‌شود:

$$e_f = \frac{1+i_h}{1+i_f} - 1 \quad (2-3)$$

به عنوان یک نتیجه‌گیری می‌توان بیان نمود زمانی که نرخ سود داخلی پایین‌تر از نرخ سود خارجی باشد، ارزش پول رایج خارجی کاسته خواهد شد زیرا با فراتر رفتن میزان نرخ سود خارجی از نرخ سود داخلی، پول رایج خارجی با افت بها روبرو خواهد شد (Utami & et.al, 2009).

#### 4- روش تحقیق

در این پژوهش به منظور بررسی رابطه بین نرخ ارز و نرخ سود بانکی از الگوریتم‌های فرا ابتکاری (الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات و الگوریتم ژنتیک) استفاده شده است، که در زیر به شرح مختصری از هر کدام پرداخته می‌شود.

الگوریتم بهینه‌سازی ذرات (PSO) اولین بار توسط Eberhart & Kennedy در سال 1995 ارائه شد. این الگوریتم از یک سو به حیات مصنوعی خصوصاً تئوری‌های گروهی و از سوی دیگر به الگوریتم‌های پردازش تکاملی و به طور خاص به استراتژی تکاملی مرتبط است که از رفتار دسته جمعی ماهی‌ها یا پرندگان برای یافتن غذا الهام می‌گیرد. گروهی از پرندگان یا ماهی‌ها در یک فضای تصادفی دنبال غذا می‌گردند و تنها یک تکه غذا وجود دارد و هیچ‌یک از پرندگان از محل غذا اطلاعی ندارد و فقط فاصله خود تا غذا را می‌داند. یکی از بهترین استراتژی‌ها دنبال کردن پرنده‌ای می‌باشد که به غذا نزدیک‌تر است. اساس کار الگوریتم بر این اصل استوار است که هر ذره مکان خود را در فضای جستجو با توجه به بهترین مکانی که تاکنون در آن قرار گرفته و بهترین مکانی که در کل همسایگی‌اش وجود دارد تنظیم می‌کند. موقعیت اولیه هر ذره به صورت تصادفی در فضای جستجو با یک توزیع یکنواخت در محدوده تعریف مسأله تعیین می‌شود (Jalaei & et.al, 2015).

1. International Fisher Effect

هر ذره به صورت چند بعدی (سته به طبیعت مسأله) با دو مقدار  $X_i^d(t)$  و  $V_i^d(t)$  که به ترتیب معرف وضعیت مکانی و سرعتی مربوط به بعد  $d$  ام از  $i$  امین ذره هستند تعریف می‌شوند. در زمان‌های بعد، موقعیت هر ذره بر مبنای تجربه خودش و نیز همسایگانش تعیین می‌شود. اگر  $X_i^d(t)$  موقعیت بعد  $d$  ام ذره  $i$  در زمان  $t$  باشد، موقعیت بعدی ذره از جمع موقعیت بعد  $d$  ام ذره  $i$  در زمان  $t$  با سرعت ذره  $i$  به دست می‌آید. ذرات از طریق بردار سرعت هدایت می‌شوند، در بردار سرعت هم نتیجه تجربه اجتماعی ذره‌های همسایه و هم تجربه فردی هر ذره دخیل است. هر ذره سرعت خود را با ترکیب خطی از جزء فردی که نشان‌دهنده استفاده از دانش و تجربه شخصی است و جزء اجتماعی که بیانگر تجربیات همسایه‌هاست به روز رسانی می‌کند. در جزء فردی بهترین موقعیت ذره  $pbest$  که تا آن لحظه به آن دست یافته و در جزء اجتماعی بهترین موقعیتی که کل ذرات  $gbest$  به آن دست یافته‌اند لحاظ می‌شود. هر ذره برای رسیدن به بهترین جواب سعی می‌کند موقعیت خود را با استفاده از اطلاعات و روابط زیر تغییر دهد. موقعیت کنونی  $X_{ij}(t)$ ، سرعت کنونی  $V_{ij}(t)$  فاصله بین موقعیت کنونی و  $pbest$ ، فاصله موقعیت کنونی و  $gbest$  بدین صورت سرعت هر ذره طبق رابطه زیر تغییر می‌کند (Jalae & et.al, 2015):

$$= w V_{ij}(t) + c_1 r_1 (pbest_{ij}(t) - X_{ij}(t)) + c_2 r_2 (gbest_j(t) - X_{ij}(t)) V_{ij}(t+1) \quad (4-1)$$

که در آن  $V_{ij}(t)$ ، بعد  $j$  ام هر ذره در تکرار  $t$  ام است،  $c_1$ ،  $c_2$  ثوابت مثبتی هستند که برای وزن‌دهی به اجزا خودی و جمعی استفاده می‌شود و ضرایب شتاب نامیده می‌شوند.  $r_1$ ،  $r_2$  اعداد تصادفی با توزیع بین صفر و یک بوده  $(r_1(t), r_2(t) \sim u(0,1))$  که تصادفی بودن الگوریتم را حفظ می‌کنند.  $w$  پارامتر وزن اینرسی می‌باشد.

موقعیت جدید هر ذره از مجموع موقعیت گذشته و سرعت جدید به دست می‌آید که بر طبق رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$X_{ij}(t+1) = X_{ij}(t) + V_{ij}(t+1) \quad (4-2)$$

یکی دیگر از الگوریتم‌های فرا ابتکاری الگوریتم ژنتیک می‌باشد. الگوریتم ژنتیک در واقع

شناخته شده‌ترین نوع از الگوریتم‌های تکاملی است که طی سال‌های 1960 تا 1980 توسط John Holland و همکارانش ابداع و گسترش یافت. ایده محاسبات تکاملی<sup>2</sup> در دهه 1960 توسط Rechenberg در کتابی با عنوان "استراتژی‌های تکامل" معرفی شد. تحقیقات بر روی الگوریتم ژنتیک دقیقاً پس از تحقیقات روی شبکه‌های عصبی مصنوعی آغاز شد که در هر دو شاخه از سیستم‌های بیولوژیکی به عنوان مدل انگیزشی و محاسباتی الهام گرفته شده است. این الگوریتم دارای روند تکراری بوده و در هر تکرار با یک راه حل یا چندین راه حل مختلف کار می‌کند. الگوریتم ژنتیک جستجو را با جمعیتی از راه حل‌های اولیه تصادفی آغاز می‌کند. اگر معیارهای نهایی ارضا نشود، سه عملگر متفاوت تکثیر، جهش و ادغام به کار گرفته می‌شوند تا جمعیت به روز شود. هر تکرار از این سه عملگر به عنوان یک نسل شناخته می‌شود.

از آنجا که نمایش راه حل‌ها در الگوریتم ژنتیک بسیار شبیه کروموزوم‌های طبیعی است و همچنین عملگرهای الگوریتم ژنتیک شبیه به عملگرهای ژنتیکی عمل می‌کنند، روند فوق را به نام الگوریتم ژنتیک نام‌گذاری کرده‌اند. در واقع الگوریتم ژنتیک فضای حل را با تکرار سه گام ساده جستجو می‌کند. گام اول، گروهی از نقاط جستجو را که جمعیت نامیده می‌شود، بر اساس تابع هدف ارزیابی می‌کند. در گام دوم، بر اساس وضعیت ارزیابی شده، برخی از نقاط به عنوان کاندیداهای حل مساله انتخاب می‌شوند. در گام سوم نیز عملگرهای ژنتیک روی این کاندیدها اعمال می‌شوند تا جمعیت نسل بعدی ساخته شوند. این فرآیند تا زمانی که معیارهای نهایی به دست آید، تکرار می‌شود. معیار نهایی زمانی است که نتیجه‌ای در حد قابل قبول به دست آید یا تعداد حداکثر نسل تکرار شود. شبه کد مربوط به الگوریتم‌های انبوه ذرات و ژنتیک در شکل‌های (1-4) و (2-4) ارائه شده‌اند.

## 5- تجزیه و تحلیل مدل

از آنجا که هدف اصلی مقاله به کارگیری روش‌های غیرخطی در تفسیر مدل نرخ ارز در اقتصاد ایران است، می‌توان بیان نمود که با توجه به مبانی نظری در بخش سوم مقاله و به دلیل دو نرخی

بودن نرخ ارز در اقتصاد ایران (نرخ ارز رسمی و نرخ ارز غیر رسمی)، همچنین دستوری بودن نرخ سود بانکی که از طرف بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران اعلام می‌گردد. مدل نرخ ارز به فرم نمایی برای اقتصاد ایران به صورت روابط (5-1) و (5-2) می‌باشد:

$$R = A_0 \cdot (r_1)^{\alpha_1} (r_5)^{\alpha_2} (M_1)^{\alpha_3} (GDP)^{\alpha_4} \quad (5-1)$$

$$RA = A_0 \cdot (r_1)^{\alpha_1} (r_5)^{\alpha_2} (M_1)^{\alpha_3} (GDP)^{\alpha_4} \quad (5-2)$$

#### شکل 4-1 - شبه کد الگوریتم انبوه ذرات

- 1- انتخاب جمعیت اولیه.
- 2- تعیین ارزش تابع هدف.
- 3- مقایسه و جایگزینی ذرات.
- 4- بروز کردن سرعت و موقعیت ذرات.
- 5- ارزیابی ذرات بر اساس بهترین موقعیت کشف شده.
- 6- در صورتی که شرط توقف برآورده نشود، الگوریتم به مرحله 3 بر می‌گردد، در غیر این صورت بهترین جواب دیده شده تا کنون به خروجی داده شده و الگوریتم متوقف می‌شود.

#### شکل 4-2 - شبه کد الگوریتم ژنتیک

- 1- انتخاب جمعیت اولیه.
- 2- تعیین ارزش تابع هدف.
- 3- انتخاب افراد برای تولید نسل.
- 4- اعمال عملگرهای تکثیر، جهش و ادغام.
- 5- ارزیابی زاده‌ها بر اساس میزان تطبیق انتخاب والدهای جدید.
- 6- در صورتی که شرط توقف برآورده نشود، الگوریتم به مرحله 3 بر می‌گردد، در غیر این صورت بهترین جواب دیده شده تا کنون به خروجی داده شده و الگوریتم متوقف می‌شود.

در این مطالعه، از داده‌های سری زمانی سالانه 1353 تا 1393 استفاده شده است. متغیرهای بکار گرفته شده در این تحقیق از "نماگرهای بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران" استخراج شده‌اند و به صورت زیر می‌باشند:

1- مقدار ثابت ( $A_0$ )

2- نرخ ارز رسمی (R): نرخ ارزی است که از سوی بانک مرکزی کشور اعلام می‌گردد.

3- نرخ ارز غیر رسمی (RA): ارز غیررسمی به ارزی گفته می‌شود که بنا به تصمیم دولت به نرخی متفاوت با نرخ رسمی ارز، خرید و فروش می‌شود. دولت‌ها برای تحت تأثیر قرار دادن و

کنترل بازار آزاد ارز و اعمال سیاست‌های ارزی خود دست به تعیین نرخ‌های غیررسمی متفاوت ارز می‌زنند.

4- نرخ سود ( $r$ ): نرخ سود درصد پاداش پرداختی بر روی پول، بر حسب پول در تاریخ معین که معمولاً یکسال بعد از تاریخ معین است، می‌باشد؛ که در این تحقیق  $r_1$  نرخ سود بانکی کوتاه-مدت (یک ساله) و  $r_5$  نرخ سود بانکی بلندمدت (پنج ساله) می‌باشند.

5- نرخ رشد حجم پول ( $M_1$ )

6- تولید ناخالص داخلی (GDP): تولید ناخالص داخلی در برگیرنده ارزش مجموع کالاها و خدمات نهایی است که طی یک دوره معین، معمولاً یک سال، در یک کشور تولید می‌شود. همچنین  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  و  $\alpha_4$  به ترتیب توان  $r_1, r_5, M_1$  و GDP در هر دو مدل (5-1) و (5-2) می‌باشند، که میزان تاثیرگذاری هر یک از متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته را نشان می‌دهند. برای برآورد هر دو مدل و تخمین ضرایب با دو الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات و الگوریتم ژنتیک از نرم افزار MATLAB به منظور برنامه‌نویسی دو الگوریتم استفاده شده است.

مدل‌های برآورد شده با روش الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات (PSO) به صورت زیر می‌باشند:

$$R = 0.9322 (r_1)^{-0.4602} (r_5)^{-0.4987} (M_1)^{0.4229} (GDP)^{0.3086} \quad (5-3)$$

$$RA = 1.1921 (r_1)^{-0.5063} (r_5)^{-0.4537} (M_1)^{0.4320} (GDP)^{0.2814} \quad (5-4)$$

مدل‌های برآورد شده با روش الگوریتم ژنتیک (GA) به صورت زیر می‌باشند:

$$R = 1.0020 (r_1)^{-0.4975} (r_5)^{-0.4985} (M_1)^{0.4907} (GDP)^{0.2734} \quad (5-5)$$

$$RA = 0.9535 (r_1)^{-0.5475} (r_5)^{-0.4631} (M_1)^{0.4485} (GDP)^{0.2977} \quad (5-6)$$

هر چهار مدل برآورد شده نشان می‌دهند که متغیرهای نرخ سود بانکی کوتاه‌مدت ( $r_1$ ) و نرخ سود بانکی بلندمدت ( $r_5$ ) دارای تأثیر غیر مستقیم و منفی هم بر نرخ ارز رسمی ( $R$ ) و هم بر نرخ ارز غیررسمی ( $RA$ ) می‌باشند. به عبارتی افزایش نرخ سود بانکی باعث کاهش نرخ ارز و افزایش ارزش پول ملی می‌گردد. همچنین متغیرهای نرخ رشد حجم پول ( $M_1$ ) و تولید ناخالص داخلی (GDP) تأثیر مستقیم و معناداری بر هر دو نرخ ارز دارند، در حقیقت با افزایش این دو متغیر از ارزش پول ملی در ایران کاسته می‌شود.

برای ارزیابی عملکرد چهار مدل برآورد شده از طریق دو الگوریتم از سه معیار میانگین انحراف معیار (MSE)، میانگین خطای مطلق (MAE) و میانگین درصد خطای مطلق (MAPE)



استفاده می‌شود. این معیارها به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

جدول 5-1- معیارهای ارزیابی و انتخاب مدل

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y - \hat{y})^2}{n} \quad \text{میانگین مجذور خطا}$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y - \hat{y}|}{n} \quad \text{میانگین خطای مطلق}$$

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{y - \hat{y}}{y} \right|}{n} \quad \text{درصد خطای مطلق}$$

در روابط فوق n نشانگر تعداد مشاهدات است.

با بررسی و مقایسه نتایج به دست آمده از برآورد مدل‌های فوق توسط الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات و الگوریتم ژنتیک نتایج زیر حاصل گردید:

جدول (5-2) - مقایسه عملکرد مدل‌های برآورد شده با الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات و الگوریتم ژنتیک

الگوریتم معیار	الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات			الگوریتم ژنتیک		
	MSE	MAE	MAPE	MSE	MAE	MAPE
نتایج حالت اول	0,0409	0,0040	0,0004	0,0440	0,0650	<b>0,0057</b>
نتایج حالت دوم	0,0413	0,0033	0,0004	0,0801	0,0871	<b>0,0070</b>

ماخذ: یافته‌های تحقیق.

با توجه به جدول (5-2) نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که خطای برآورد همواره در الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات (PSO) کمتر از الگوریتم ژنتیک (GA) می‌باشد؛ بنابراین برای بررسی رابطه نرخ سود بانکی و نرخ ارز در اقتصاد ایران (در هر دو حالت) از الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات استفاده می‌گردد.

## 6- نتیجه گیری

از آنجایی که در ایران طی سال‌های اخیر بین نرخ ارز رسمی و نرخ ارز غیر رسمی تفاوت قابل توجهی مشاهده شده است، لذا در این تحقیق تغییرات نرخ سود بانکی کوتاه‌مدت و بلندمدت، بر هر دو نرخ ارز طی دوره زمانی 1353-1393 مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور با استفاده

از الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات (PSO) و الگوریتم ژنتیک (GA) مدل بهینه برآورد گردید که با توجه به معیارهای ارزیابی، مدل برآورد شده با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات برای بررسی رابطه نرخ سود بانکی و نرخ ارز در هر دو حالت انتخاب گردید.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بین نرخ سود بانکی کوتاه‌مدت و بلندمدت با نرخ ارز رسمی و غیر رسمی، رابطه منفی و معناداری وجود دارد. در حقیقت با افزایش نرخ سود بانکی چه در کوتاه‌مدت و چه در بلندمدت، هم نرخ ارز رسمی و هم نرخ ارز غیر رسمی کاهش می‌یابند و برعکس. به عبارتی افزایش نرخ سود بانکی، باعث افزایش ارزش پول ملی و از طرف دیگر کاهش نرخ ارز می‌شود.

نتایج تحقیقات پژوهشگرانی همچون (Utami & Inanga, Goldfain & Gutpa (2003)، (2009)، (2015) Tafa و (2009) Rabiee & Bidabad، (2013) Alavi & Valian & et.al، (2016) Naghilo، نتایج به دست آمده از این پژوهش را که رابطه بین نرخ سود بانکی و نرخ ارز یک رابطه منفی و معکوس می‌باشد، تأیید می‌کنند. البته برخی دیگر از مطالعات بر این موضوع تأکید دارند که همواره بین نرخ سود بانکی و نرخ ارز رابطه معنی‌داری وجود ندارد. از جمله این تحقیقات می‌توان به پژوهش‌های (Thaddeus & Nnnek (2014)، (Wilson & Sheefeni (2014)، (2016) Sarac & Karagoz اشاره کرد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت ندارند. شاید بتوان اذعان داشت که اصلی‌ترین دلیل اختلاف نتایج، ساختار اقتصادی کشورها و سیاست‌های متفاوت مورد استفاده آن‌ها می‌باشد.

بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد زمانی که در اقتصاد ایران نرخ سود بانکی افزایش می‌یابد این امر باعث کاهش تقاضای پول می‌شود و در پی آن سطح عمومی قیمت‌ها کاهش می‌یابد، لذا می‌توان انتظار داشت که نرخ ارز در طی زمان کاهش یابد. پس با توجه به نظام حاکم در ایران که تا حدودی یک نظام غیر شناور و کم و بیش دستوری است، می‌توان اشاره کرد که از نرخ سود بانکی می‌توان برای کنترل نرخ ارز استفاده کرد. همچنین نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بین نرخ رشد حجم پول با نرخ ارز رسمی و غیر رسمی در ایران رابطه مستقیم و معناداری وجود دارد. به عبارتی افزایش رشد حجم پول، باعث افزایش حجم اسکناس و مسکوک در دست مردم می‌شود که در پی آن از ارزش پول ملی کاسته می‌شود و نرخ ارز افزایش می‌یابد. همچنین تولید ناخالص داخلی (یا درآمد ناخالص داخلی) تأثیر مثبت و معناداری بر نرخ ارز رسمی

و غیر رسمی دارد، به این معنا که در صورت افزایش درآمد ملی، واردات افزایش و تقاضای ارز نیز بالا می‌رود که منجر به افزایش نرخ ارز می‌شود.

بنابراین با توجه به مطالب ذکر شده در این تحقیق، به منظور کاهش نرخ ارز و تقویت پول ملی در ایران، یکی از راهکارها این است که نرخ سود بانکی بانکی، هم در کوتاه‌مدت (یکساله) و هم در بلندمدت (پنج ساله) کاهش یابد. این امر موجب افزایش سرمایه‌گذاری (با توجه به ثبات سایر شرایط) و به تبع آن، افزایش تولید ملی می‌گردد، که سرانجام منجر به رونق اقتصادی، ثبات در قیمت‌ها و افزایش اشتغال می‌شود.

#### References

- [1] Ahmadi, M.T., Falahi, M.A. and Khosravi, S. (2011). Hsiao's Causality Test Between Interest Rate and Inflation Rate for MENA Countries Group. Quarterly Journal of Economic Growth and Development Research, Volume 1, Number 3, pp. 203-233. (In Persian)
- [2] Alavi, V. and Naghilo, A. (2016). Investigate the Relationship Between Exchange Rate, Interest Rate and Inflation in Selected Asian Developing Countries by Using Panel Models. Third International Conference on Green Economy. (In Persian)
- [3] Asgharpour, H., Mehdilou, A. and Esmaili, S.M. (2014). Determinants of Real Effective Exchange Rate in Iran using Fuzzy Regression. Quarterly Journal of Applied Theories of Economics, Volume 1, Number 3, pp. 25-56. (In Persian)
- [4] Bakhshi Dastjerdi, R. and Khaki, N. (2011). Examining the Effect of Population on Economic Growth Using Optimal Growth Theory An Application of Genetic Algorithm Iranian Economy (1350-1385). Tahghighate Eghtesadi, Volume 46, Number 1, pp. 1-22. (In Persian)
- [5] Buetzer, S., Habib, M. and Stracca, L. (2012). Global Exchange Rate Configurations: Do Oil Shocks Matter?. Working Paper Series No 1442. European Central Bank.
- [6] Cashin, P., Cespedes, L. F. and Sahay, R. (2004). Commodity Currencies and the Real Exchange Rate. Journal of Development Economics 75, pp. 239-268.
- [7] Chen, Y. and Rogoff, K. (2003). Commodity currencies and empirical exchange rate puzzles. De Nederlandsche Bank, DNB Staff Reports. 76. pp. 1-50.
- [8] Corden, W. M. and Neary, J. P. (1982). Booming sector and de-industrialization in a small open economy. The Economic Journal. 92. pp. 825-848.
- [9] Deutsch, Bundesbank report. (2001). Real Interest Rates: Movement and Determinants. pp. 31-47.
- [10] Dornbusch, R. (1988). Exchange Rate and Inflation London. The MIT press.

- pp.61-77.
- [11] Emami, A., Khezri, M. and Azami, A. (2009). Energy Demand Function Simulation in Iran, by Using Particle Swarm Optimization Algorithm. *Journal of Energy Economics Studies*, Number 20, pp. 141-159. (In Persian)
- [12] Fratzscher, M.; Schneider, D. and Van Robays, I. (2014). Oil prices, exchange rates and asset prices. Working Paper Series No 1689, European Central Bank.
- [13] Giovanni, J. and Shambaugh, J. (2007). The Impact of Foreign Interest Rates on the Economy: The Role of the Exchange Rate Regime. National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper No.13467.
- [14] Goldfain, I. and Gupta. (2003). Does Monetary Policy Stabilize the Exchange Rate Following a Currency Crisis?. *IMF Staff Papers*, Vol. 50, No. 1, pp.90-115.
- [15] Golestani, SH., Hatefi, M. and Jalali, O. (2013). Price Leadership and Collusion Models in Gas Cartel with Use of Genetic Algorithm *Iranian Energy Economics*, Volume 2, Number 6, pp. 151-182. (In Persian)
- [16] Golub, S. S. (1983). "Oil prices and exchange rates". *Economic Journal* 93. Pp. 576-593.
- [17] Halafi, H.R., Eghbali, A.R. and Gaskari, R. (2004). Deviation of Real Exchange Rate and Economic Growth in Iran. *Journal of Economic Research*, Volume 4, Number 14, pp. 167-188. (In Persian)
- [18] Holland, J. H. (1975). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. Cambridge, MA: MIT Press. Second edition (1992). (First edition, University of Michigan Press, 1975).
- [19] Hosseinzadeh, S.M. and Haghghat, A. (2013). The Effect of Monetary Policy on the Exchange Rate in Iran by Using the Model of Auto Regressive Distributed Lag (ARDL). *Journal of Financial Economics (Financial Economics and Development)*, Volume 7, Number 25, pp. 123-146. (In Persian)
- [20] J.Patel, Pareshkumar., J.Pate, Narendra. And R.Patel, Ashok. (2014). Factors affecting Currency Exchange Rate, Economical Formulas and Prediction Models. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAEM)*, Volume 3, Issue 3, March 2014.
- [21] Jalae, A., Ghaseminejad, A. and Khorasani, M. (2013). The Estimation of Iran's Tax Capacity by Using the Particle Swarm Optimization (PSO) Algorithm and the Genetic Algorithm (GA). *Tax Research*, 21 (17), pp. 7-30. (In Persian)
- [22] Jalae, A., Ghassemi, A. and Sattari, O. (2015). Simulating Consumption Function and Forecasting Iran's Consumption until 1404 Horizon Using Genetic and Particle Swarm Optimization Algorithm, *QJER*. 2015; 15 (2), pp.27-47. (In Persian)
- [23] Kennedy, J. and Eberhart, R. (1995). Particle swarm optimization. *Neural Networks 1995, Proceedings. IEEE International Conference on*, vol. A, pp. 1942-1948.
- [24] Khajeh Mohammad Lou, A. and Khodavaisi, H. (2017). The Relationship

- Between the Exchange Rate, Inflation and Interest Rates under Fisher's Theories Approach for Iran. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, Volume 6, Number 24, pp. 199-221. (In Persian)
- [25] Krugman, P. (1983). Oil and the dollar. NBER Working Paper No. 0554.
- [26] Madura, Jeff. (2000). *International Financial Management*. 6th Edition, South-Western College Publishing.
- [27] Masah, M. (2009). *Economic Foundations in The Foreign Exchange Market*. Second edition, Chalesh Publication, Tehran. (In Persian)
- [28] Mehragan, N., Ezati, M. and Asgharpour, H. (2006). Investigating the Causal Relationship Between Interest Rate and Inflation: Using Panel Data. *Economic research*, Volume 6, Number 3, pp. 91-105. (In Persian)
- [29] Mitchell, M. (1995). Genetic Algorithms: An Overview. *Complexity*, 1(1), pp.31-39.
- [30] Rabiee, M. and Bidabad, B. (2009). The Relationship between Interest Rate and Exchange Rate (Reappraisal and Expansion of Quantitative Theory of Money). Volume 9, Number 32, pp. 67-96. (In Persian)
- [31] Rasmussen, T. N. and Roitman, A. (2011). Oil shocks in a global perspective: Are they really that bad?. *International Monetary Fund. Working paper No. 11/194*. pp.1-29.
- [32] Sadeghi, H., Zolfaghari, M., Sohrabi, H. and Salmani, Y. (2013). Application of Particle Swarm Optimization Algorithm and Genetic Algorithm in Simulation and Prediction of Energy Demand. *Iranina journal of Energy*, Volume 15, Number 2. (In Persian)
- [33] Sarac, T. and Karagoz, K. (2016). Impact of Short-term Interest Rate on Exchange Rate: The Case of Turkey. *Procedia Economics and Finance*, 38 (2016), pp. 195 – 202.
- [34] Scott Hacker, R., Karlsson, H. and Mansson, K. (2012). The Relationship between Exchange Rates and Interest Rate Differentials: A Wavelet Approach. *The World Economy*, Volume 35, Issue 9, September 2012 , pp.1162–1185.
- [35] Tafa, J. (2015). Relationship between Exchange Rates and Interest Rates: Case of Albania. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, Volume 6, No 4, July 2015.
- [36] Tavakoli, A. and Sayyah, M. (2010). The Impact of Exchange Rate Fluctuations on Economic Activities in Iran. *Journal of Money and Economy*, Volume 2, Number 4, pp. 59-77. (In Persian)
- [37] Thaddeus, E. and Nnneka, A. (2014). Exchange Rate, Inflation and Interest Rates Relationships: AnAutoregressive Distributed Lag Analysis. *Journal of Economics and Development Studies*, June 2014, Vol. 2, No. 2, pp. 263-279.
- [38] Utami, Siti rahimi., Inanga, Eno L. (2009). *Exchange Rates, Interest Rates, and Inflation Rates in Indonesia: The International Fisher Theory*. Euro Journals Publishing, Inc.
- [39] Valian, H., Abdoli, M.R. and Kabosi, M. (2013). Studying the Relation Between Currency Rate and Interest Based on Fischer International Theory in

- Iran Economy. Quarterly of Financial Economics, Volume 7, Number 22, pp. 91-114. (In Persian)
- [40] Wilson, Lungu., and Sheefeni, Johannes Peyavali. (2014). The Relationship between Interest Rate and Exchange Rate in Namibia. Journal of Emerging Issues in Economics, Finance and Banking (JEIEFB) , Volume 3, Issue 1.
- [41] Zhongxia, Jin. (2003).The Dynamics of Real Interest Rate, Real Exchange Rates and Balance of Payments in China: 1980-2002. IMF Working pp, No. 03/67.