Journal of Economic Research
Print ISSN: 0039-8969
Online ISSN: 2588-6118
Homepage: https://jte.ut.ac.ir
University of Tehran Press

The Estimation of Banknote Lifespan in Iran Using Survival Model Estimation Method

Ramin Mojab[*,1]

1. Department of Banking, Monetary and Banking Research Institute, Tehran, Iran.
[*] Corresponding author.

Article Info

Article Type:
Research Article

Article History:
Received:
24 Jan. 2025
Revised:
07 April 2025
Accepted:
25 Feb. 2025
Published:
21 June 2025

Keywords:
Banknote Lifespan, Central Bank, Survival Model.

JEL Classification:
C41, E42, E58.

Abstract

Understanding the lifespan of banknotes is critical for the efficient management of their production, distribution, and storage by issuing authorities. Calculating the lifespan of banknotes through the recording of their serial numbers at issuance and destruction involves significant operational costs. Utilizing macroeconomic data and statistical inference enables the estimation of the lifespan of various banknote denominations. This study investigates this subject in Iran using the inverse destruction rate method, the Feige method (1989), and survival model estimation. Due to data limitations, the survival model estimation was implemented for the 10,000 Toman banknote. The results show that the average lifespan of 10,000 Toman banknotes, using the inverse destruction rate method, Feige's method, and the survival model, is 22.6, 21, and 23.4 years, respectively. Furthermore, using the Weibull distribution, we provide evidence for the hypothesis that the probability of banknotes being destroyed increases over time at an increasing rate. Nevertheless, the estimated values are relatively high compared to reported statistics from other economies, such as the United States or Japan. Although the lifespan estimates for other denominations vary, the calculated values remain relatively high. These results may provide evidence supporting the hypothesis that different durability thresholds are chosen by the central bank in a developed country and a developing country.

Mojab, R. (2025). Estimation of Banknote Lifespan in Iran Using Survival Model Estimation Method. *Journal of Economic Research, 60*(1), 774-799.

©Authors retain the copyright and full publishing rights.
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: *10.22059/jte.2025.388270.1008968*

تحقیقات اقتصادی
شاپا الکترونیکی: ۲۵۸۸-۶۱۱۸
Homepage: https://jte.ut.ac.ir
انتشارات دانشگاه تهران

برآورد طول عمر اسکناس در ایران با روش برآورد مدل بقا

رامین مجاب *و۱

۱. گروه بانکداری، پژوهشکده پولی و بانکی، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۳۱

کلیدواژه‌ها:

بانک مرکزی،

طول عمر اسکناس،

مدل بقا.

طبقه‌بندی JEL:

C41, E42, E58.

چکیده

آگاهی از طول عمر اسکناس برای مدیریت تولید، توزیع و ذخیره آن توسط ناشر مهم است. محاسبه طول عمر اسکناس از طریق ثبت شماره سریال آن در زمان انتشار و امحا هزینه عملیاتی بالایی دارد. با استفاده از داده‌های کلان و استنباط آماری می‌توان برآوردی از طول عمر قطع‌های مختلف اسکناس داشت. در این مقاله این موضوع در ایران با استفاده از روش‌های معکوس نرخ امحا، روش (۱۹۸۹) Feige و برآورد مدل بقا بررسی می‌شود. به‌دلیل محدودیت‌های موجود در اطلاعات، مدل بقا تنها برای اسکناس‌های ۱۰ هزار تومانی پیاده‌سازی شده، در حالی که دیگر مدل‌ها برای قطع‌های مختلف اسکناس‌ها به‌کار گرفته می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد که متوسط طول عمر اسکناس‌های ۱۰ هزار تومانی در سال‌های مختلف با استفاده از روش‌های معکوس نرخ امحا، روش Feige، و مدل بقا به‌ترتیب ۲۲.۶، ۲۱، و ۲۳.۴ سال است. همچنین، ما با استفاده از توزیع وایبول شواهدی برای این فرضیه ارائه می‌کنیم که احتمال از بین رفتن اسکناس‌ها با گذشت زمان و با نرخ افزایشی افزایش می‌یابد. بااین‌حال، ارزش‌های متوسط محاسبه‌شده نسبت به آمارهای گزارش‌شده در دیگر اقتصادها نظیر ایالات متحده یا ژاپن نسبتاً بالاست. طول عمر قطع‌های دیگر اسکناس متفاوت برآورد می‌شود، اما همچنان ارزش‌های محاسبه شده نسبتاً زیاد است. این نتایج می‌تواند شواهدی در حمایت از این فرضیه باشد که آستانه فرسودگی متفاوتی توسط بانک مرکزی در یک کشور توسعه‌یافته و یک کشور درحال‌توسعه انتخاب می‌شود.

مجاب، رامین. (۱۴۰۴). برآورد طول عمر اسکناس در ایران با روش برآورد مدل بقا. *تحقیقات اقتصادی*، *۶۰*(۱)، ۷۷۴-۷۹۹.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: *10.22059/jte.2025.388270.1008968*

۱- مقدمه

درک صحیح از طول عمر اسکناس برای مدیریت تولید، توزیع و ذخیره آن توسط ناشر بسیار حیاتی است. ناشر باید بداند که اسکناس‌ها تا چه مدت در گردش باقی می‌مانند پیش از آنکه برای استفاده نامناسب تشخیص داده شده و برای امحا به بانک بازگردانده شوند (دینهامر و لدی[1]، ۲۰۱۷). با وجود اهمیت ارزیابی طول عمر اسکناس، مطالعات در این زمینه بسیار محدود است. به طور ایده‌آل، طول عمر اسکناس می‌تواند از طریق ثبت شماره سریال آن در زمان انتشار و امحا به طور مستقیم محاسبه شود (دینهامر و لدی، ۲۰۱۷). این روش به دلیل هزینه‌های بالا برای ثبت اطلاعات یا طولانی بودن دوره مطالعه، ممکن است عملی نباشد. راهکار جایگزین، محاسبه طول عمر اسکناس از طریق داده‌های کلان و استنباط آماری است (راش[2]، ۲۰۱۵).

در مقاله حاضر به برآورد طول عمر اسکناس در اقتصاد ایران پرداخته می‌شود. داده‌های کلان مورد استفاده از اداره نشر اسکناس بانک مرکزی دریافت شده است. با استفاده از این داده‌ها، بر سه روش معکوس نرخ امحا، روش فیج[3] (۱۹۸۹)، و برآورد مدل بقا تمرکز می‌شود. با توجه به محدودیت اطلاعات، برآورد مدل بقا تنها برای اسکناس‌های ۱۰ هزارتومانی انجام می‌گیرد، اما برای قطع‌های دیگر اسکناس هر سه روش پیاده‌سازی می‌شود.

بخش‌بندی پژوهش به این شرح است که پس از این مقدمه، مباحث نظری در بخش ۲ طرح می‌شود. در بخش ۳ توضیحاتی درباره روش‌های برآورد ارائه می‌شود. بخش ۴ به معرفی داده‌ها اختصاص دارد و در بخش ۵ نتایج تجربی ارائه می‌شود. بخش ۶ به نتیجه‌گیری می‌پردازد.

۲- پیش‌زمینه نظری

میانگین طول عمر اسکناس‌ها به طور قابل‌توجهی در میان کشورهای مختلف متفاوت است. این مسئله به عوامل مختلفی بستگی دارد. یکی از آنها شرایط آب‌وهوایی (بالاخص رطوبت زیاد) است. عامل دیگر به فرهنگ چگونگی استفاده از اسکناس برمی‌گردد. قطعات بزرگ اسکناس معمولاً به عنوان ذخیره ارزش استفاده شده و کمتر دست‌به‌دست شده و لذا طول عمر بیشتر و نرخ استهلاک

[1]. Deinhammer and Ladi
[2]. Rush
[3]. Feige

کمتری دارند. در آمریکا ۵۵ درصد از مبادلات زیر ۱۰ دلار با وجه نقد انجام می‌شود و تنها ۱۵ درصد از مبادلات بین ۵۰ تا ۹۹ دلار با اسکناس انجام می‌گیرد (اُبرین[1]، ۲۰۱۷). بنابراین اسکناس ۱، ۵، و ۱۰ دلاری با احتمال بیشتری برای پرداخت‌های نقدی مورد استفاده قرار گرفته و نسبت به سایر قطع‌ها طول عمر پایین‌تری دارند.

جدول ۱. متوسط طول عمر اسکناس‌های ایالات متحده به تفکیک قطع

قطع اسکناس (دلار)	طول عمر (سال)
۱	۶.۶
۵	۴.۷
۱۰	۵.۳
۲۰	۷.۸
۵۰	۱۲.۲
۱۰۰	۲۲.۹

منبع: فدرال رزرو[2] (۲۰۲۳).

یادداشت: برآوردها مربوط به دسامبر ۲۰۱۸ هستند. همچنین در منبع عنوان شده است که آمار مربوط به اسکناس‌های ۲ دلاری به آن دلیل گزارش نشده است زیرا کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در ایالات متحده برای کیفیت قابل قبول اسکناس‌های در جریان شرایط و ضوابط سخت‌گیرانه‌ای اعمال می‌شود و اسکناس‌هایی که طبق ارزیابی با تجهیزات پیشرفته این شرایط را ندارند در فرایند امحا قرار می‌گیرند. این شرایط طول عمر اسکناس‌های فدرال رزرو را تعیین می‌کند. طول عمر اسکناس‌های فدرال رزرو بر اساس قطع اسکناس‌ها متفاوت است و این طول عمر تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله میزان استفاده از قطع‌های مختلف اسکناس توسط عموم مردم است. برای مثال، قطع‌های بزرگ‌تر مانند ۱۰۰ دلاری برای کاربری ذخیره ارزش استفاده می‌شوند تا کارکرد وسیله مبادله پول و این به معنای کمتر دست به دست شدن این قطع از

1. O'Brien
2. Federal Reserve

اسکناس نسبت به قطع‌های کوچک‌تر نظیر ۵ دلاری است که معمولاً برای مبادلات خرد استفاده می‌شود. در جدول ۱ آمارهای گزارش شده برای طول عمر اسکناس‌های مختلف در ایالات متحده گزارش شده است.

بر اساس آمار ارائه شده توسط بانک مرکزی ژاپن، طول عمر اسکناس‌ها در این کشور حتی در قطع‌های بالا هم بسیار کمتر از کشوری مانند ایالات متحده است که یکی از علت‌های آن می‌تواند شرایط آب و هوایی متفاوت و شرجی بودن هوا در ژاپن باشد (جدول ۲ را ببینید).

جدول ۲. متوسط طول عمر اسکناس‌های ژاپن به تفکیک قطع

قطع اسکناس (ین)	طول عمر (سال)
۱۰۰۰۰	۴ تا ۵
۵۰۰۰	۱ تا ۲
۱۰۰۰	۱ تا ۲

منبع: بانک ژاپن[1] (۲۰۲۳).

در ادامه برخی اصطلاحات رایج در این حوزه از ادبیات به طور دقیق معرفی شود. مهم‌ترین نکته آن است که در این زمینه به هر برگ از اسکناس به عنوان موجودی نگاه می‌شود که دارای یک طول عمر است، یعنی یک اسکناس ممکن است بعد از یک دوره مشخص نظیر t دیگر قابل استفاده نباشد و امحا شود.

این یعنی طول عمر و زمان امحای اسکناس همانند زندگی و مرگ ارگانیسم‌های بیولوژیکی است. از زمان انتشار، اسکناس در معرض مخاطرات فیزیکی (مکانیکی، شیمیایی، حرارتی و الکترومغناطیسم) قرار دارد و به واسطه سوراخ، لکه، پارگی و غیره نامناسب تشخیص داده شده و امحا می‌شود. مدل‌های بقا اغلب توسط محققان پزشکی، زیست‌شناسان و مهندسان برای توصیف احتمال وقوع یک رویداد مانند مرگ یا خرابی محصول استفاده می‌شود. در مورد چرخه حیات اسکناس، رویدادی که مورد توجه محققین است، بحث امحای اسکناس‌های نامناسب است.

[1]. Bank of Japan

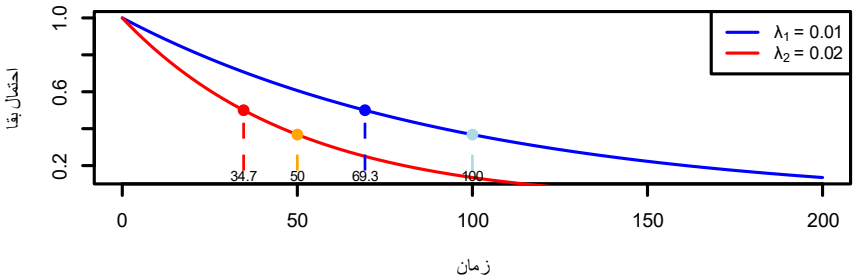
منابع فرسودگی اسکناس به دو منبع کلی بیولوژیک و غیربیولوژیکی قابل تفکیک است. مهمترین عامل فرسودگی عامل انسانی است. همان‌طورکه در کریچاک[1] و همکاران (۲۰۱۴) عنوان می‌شود، مهمترین عامل در آلودگی اسکناس، اثر انگشت است که در طول زمان و در نتیجه آنها، لایه روغنی قهوه‌ای–زرد رنگی روی اسکناس ایجاد می‌شود. علاوه بر این، اسکناس‌ها تحت تأثیر میکروارگانیزم‌ها هستند. مخصوصاً قارچ‌ها از بستر کاغذ برای رشد استفاده و اسیدهای ارگانیک مختلف تولید می‌کنند که باعث محو شدن تصویر اسکناس، رنگی‌شدن و تغییر در ترکیب شیمیایی و ساختار کاغذ می‌شود. در طول زمان، منابع غیربیولوژیکی هم بر اسکناس‌ها تاثیر می‌گذارند که از جمله مهم‌ترین آنها می‌توان به تجهیزات سورتینگ اسکناس، ماشین‌ها و همچنین عوامل محیطی اشاره کرد. موضوع دیگر آن است که کشورهای مختلف ممکن است سطح کیفی متفاوتی برای نامناسب تشخیص‌دادن اسکناس‌ها (برای نقل و انتقالات و گردش در اقتصاد) انتخاب کنند. آستانه‌های حداقلی برای دسته‌بندی اسکناس‌ها به مناسب یا نامناسب می‌تواند به مواردی نظیر پارگی، سوراخ‌شدگی، تاخوردگی گوشه‌های اسکناس و غیره یا فرسایش یا پاک‌شدگی رنگ چاپ بستگی داشته باشند، بنابراین به عنوان جمع‌بندی، اتفاقی که ممکن است رخ دهد، امحاشدن برگ اسکناس است و بر این اساس متغیر تصادفی T به‌عنوان «زمان امحای یک قطع اسکناس» تعریف می‌شود. تابع بقا[2] نشان می‌دهد که با چه احتمالی زمان امحای اسکناس بزرگ‌تر از t است. اگر تابع بقا را با $S(t)$ نمایش دهیم، آنگاه، $S(t)$ در عبارت زیر نشان می‌دهد که با چه احتمالی برگ اسکناس پس از زمان t امحا می‌شود (و قبل آن امحا نمی‌شود و باقی می‌ماند):

$$S(t) = P(T > t)$$
$$F(t) = 1 - S(t) \qquad (۱)$$

اگر اطلاعات در این سطح در اختیار باشد، به عنوان مثال می‌توانیم بگوییم که «احتمال آنکه یک ایران‌چک ۱۰۰ هزار تومانی حداقل ۱۰ سال عمر کند برابر با ۴۰ درصد است». توجه شود که مکمل تابع بقا (یعنی تابع $F(t)$ در عبارت فوق)، تابع توزیع تجمعی متغیر تصادفی است

[1]. Kyrychok
[2]. survival function

که معمولاً با نام «تابع توزیع طول عمر»[1] معرفی می‌شود. سطح اطلاعات این دو تابع یکسان است.



شکل ۱. مثالی حاوی دو تابع بقا با فرض توزیع نمایی و دو نرخ امحای متفاوت.

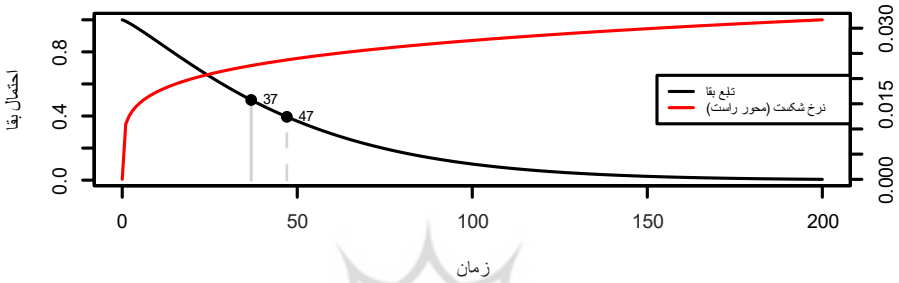
منبع: یافته‌های پژوهش.

در شکل ۱ دو تابع بقا با فرض توزیع نمایی ترسیم شده است. هر کدام از این توابع نرخ امحای متفاوتی دارند. اولاً فرض توزیع نمایی به این معنی است که نرخ امحا در طول زمان ثابت است. ثانیاً نرخ امحای مثلاً ۰.۰۱ به این معناست که در هر دوره از زمان، یک درصد از برگ‌های پول امحا می‌شوند. توجه به این نکته مهم است که در دوره‌های بعد همواره درصد کمتری از برگ‌های باقیمانده امحا می‌شوند. همچنین، مقایسه نرخ امحای بزرگ‌تر نیز نشان می‌دهد که اگر در نرخ کوچکتر تقریباً در دوره ۶۹ پنجاه درصد از برگ‌ها امحا می‌شوند، در نرخ امحای بزرگ‌تر این اتفاق تقریباً در دوره ۳۵ رخ می‌دهد.

در شکل ۱ همچنین میانگین تابع بقا نیز علامت‌گذاری شده است. با توجه به خواص این توابع، میانه در زمان کمتری رخ می‌دهد (در تابع توزیع نمایی مقدار موردانتظار معکوس پارامتر و میانه برابر با مقدار موردانتظار ضربدر $ln2$ است). در اینجا میانگین در نرخ امحای کوچکتر تقریباً در دوره ۱۰۰و در نرخ امحای بزرگ‌تر تقریباً در دوره ۵۰ رخ می‌دهد. این آماره‌های توصیفی مرکزی به منتشرکنندگان اسکناس نشان می‌دهند که اسکناس‌های نو به طور متوسط چقدر عمر می‌کنند (میانگین) یا چقدر طول می‌کشد تا نیمی از آنها از بین بروند (میانه).

[1]. lifetime distribution function

نرخی که بر اساس آن برگ‌های اسکناس در طول زمان از بین می‌روند با نام نرخ شکست[1] (یا تابع شکست یا نرخ فرسایش[2] یا نرخ امحا) نیز شناخته می‌شود. اگرچه در مثال فوق با فرض توزیع نمایی این نرخ ثابت است، اما الزاماً نرخ ثابت در تمام موارد کاربردی مناسب نیست. نرخ امحای ثابت به این معنی است که فارغ از میزان زمانی که گذشته است، همچنان درصد ثابتی از برگ‌های پول امحا می‌شوند.



شکل ۲. مثالی از تابع بقا با فرض توزیع وایبول.

منبع: یافته‌های پژوهش.

دلایل مختلفی می‌توان نام برد که در دنیای واقعی، نرخ ثابت امحا فرض مناسبی نیست. راش (۲۰۱۵) عقیده دارد که شوک‌های تقاضا برای یک اسکناس یکی از دلایلی است که باعث تغییر نرخ فرسایش می‌شود. همچنین، این نرخ ممکن است تحت تاثیر تغییر مواد تهیه شده در چاپ اسکناس قرار گیرد. علاوه بر آن، اگر سیاست‌گذار تصمیم بگیرد که مثلاً به علت انتشار قطع‌های جدید برخی از قطع‌ها را امحا کند، افزایش در نرخ امحا مشاهده خواهد شد.

فارغ از عوامل فوق که به این معناست که مدل موردنیاز برای برآورد نرخ امحا باید عوامل اقتصادی و فنی را در نظر بگیرد، در حالت کلی و بدون این عوامل نیز نرخ ثابت امحا از منظر نظری جذاب نیست. ممکن است اشکلات فیزیکی نظیر پارگی یا سوراخ‌شدگی به طول عمر اسکناس بستگی نداشته باشد و با نرخ ثابت رخ دهد، اما احتمال بیشتری وجود دارد که پول‌های کهنه‌تر، مثلاً به علت کمرنگ‌شدن تصاویر آنها و با توجه به استانداردهای بانک مرکزی از چرخه

[1]. hazard rate
[2]. attrition rate

خارج شوند. راش (۲۰۱۵) این را پاک شدن جوهر[1] می‌نامد و عاملی می‌داند که می‌تواند باعث شود نرخ امحای یک قطع اسکناس صعودی باشد.

در شکل ۲ و با فرض تابع توزیع وایبول[2]، تابع بقا و نرخ شکست ترسیم شده است. دو پارامتر تابع با نام‌های مقیاس[3] و شکل[4] شناخته می‌شوند که در این مثال به ترتیب ۵۰ و ۱.۲ فرض شده‌اند. نرخ شکست در این مثال افزایشی با تقعر به سمت پایین است. شیب مثبت این تابع به این معنی است که با گذشت زمان احتمال از بین رفتن اسکناس بیشتر می‌شود. تقعر به سمت پایین به این معناست که با گذشت زمان، این احتمال با نرخ کاهشی افزایش می‌یابد. این موضوع نتیجه بزرگ‌تر از واحد بودن پارامتر «شکل» در توزیع است. پارامتر مقیاس شبیه به انحراف معیار توزیع نرمال تفسیر می‌شود و در این پیش‌زمینه، ارزش‌های بزرگ‌تر آن به معنی طول عمر بیشتر است.

در شکل ۲ همچنین میانگین و میانه توزیع ترسیم شده است و به ترتیب برابر با ۴۷ و ۳۷ هستند. همان‌طور که پیشتر گفته شد، این اعداد نشان می‌دهند که اسکناس‌های تازه منتشرشده به طور متوسط چقدر عمر می‌کنند یا پس از چند دوره ۵۰ درصد آنها امحا می‌شود. توجه به این نکته مهم است که این اعداد مربوط به اسکناس‌هایی که تازه منتشر شده‌اند می‌باشد و نه اسکناس‌هایی که در جریان هستند.

۳- روش برآورد

۳-۱- تعیین نرخ فرسایش اسکناس به روش نمونه‌گیری

در مطالعات تجربی برای تعیین نرخ امحای اسکناس و مسکوک از روش نمونه گیری استفاده شده است (گریفیتز[5]، ۲۰۰۲). با استفاده از نمونه‌گیری تصادفی از قطع‌های مختلف و ثبت سال انتشار روی هر اسکناس یا مسکوک می‌توان سهم آن قطع خاص را از کل میزان انتشار برای آن سال محاسبه کرد و نرخ فرسایش را به این طریق محاسبه کرد. در مطالعه گریفیتز (۲۰۰۲) از ۳۶ اداره

1. inkwear
2. Weibull
3. scale
4. shape
5. Griffiths

وجوه نقد فدرال درخواست شد تا به مدت ۱۰ روز کاری (۱۱ سپتامبر تا ۲۲ سپتامبر ۲۰۰۰)، روزی ۱۵۰ اسکناس از هر قطع نمونه‌گیری کنند. به عبارتی در ده روز، در مجموع از هر قطع ۱۵۰۰ اسکناس نمونه به دست آمد و با توجه به تعداد ادارات در مجموع مطالعه با نمونه ۵۴ هزارتایی از هر قطع اسکناس انجام گرفت. همچنین از ادارات خواسته شد تا تاریخ روی هر سکه را در پرسشنامه‌های طراحی شده یادداشت نمایند تا بتوان سهم هر قطع از کل تولید آن سال را محاسبه کرد.

۳-۲- برآورد طول عمر متوسط اسکناس

فرض کنید که C_t تعداد اسکناس در ابتدای دوره t باشد. تغییر در اسکناس در طول دوره t را می‌توان با $\Delta C_{t+1} = \mathrm{C_{t+1}} - \mathrm{C_t}$ نمایش داد. اگر فرض کنیم که تنها دلیل تغییر در حجم اسکناس در این دوره امحای اسکناس‌ها باشد، آنگاه نرخ امحا را می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد.

$$\lambda_t = \frac{\Delta C_{t+1}}{\mathrm{C_t}} \qquad (۲)$$

در این مدل ساده، معکوس کسر فوق متوسط عمر اسکناس‌ها را نشان می‌دهد (همان‌طور که گفته شد، در تابع توزیع نمایی مقدار موردانتظار معکوس پارامتر و میانه برابر با مقدار موردانتظار ضربدر $ln2$ است). یکی از کاستی‌های این برآورد آن است که نرخ فوق (یا معکوس آن) تابعی از زمان است و بنابراین معمولاً با این فرض مورد استفاده قرار می‌گیرد که نرخ رشد امحا اسکناس‌ها به سطح باثباتی رسیده است. به عبارت دیگر، فرض این مدل آن است که بعد از گذشت چند سال پس از در جریان قرار گرفتن اسکناس‌ها، نرخ رشد امحا و انتشار به سطوح باثباتی می‌رسند و لذا می‌توان برآورد باثباتی از طول عمر اسکناس داشته باشیم.

در عمل می‌توان با تقسیم کردن میانگین موجودی اسکناس‌های منتشر شده در طول ۱۲ ماه و تعداد اسکناس‌های امحا شده در طول ۱۲ ماه، برآوردی از متوسط عمر اسکناس‌ها داشت (راش، ۲۰۱۵). همچنین، فرض ثابت بودن نرخ و استفاده از خواص تابع توزیع نمایی این امکان را فراهم می‌کند که عدد متوسط را با ضرب کردن در $ln2$ به میانه تبدیل کنیم و معیاری از تعداد سال‌هایی که نصف اسکناس‌های منتشرشده امحا می‌شوند را بدست آوریم.

سادگی محاسبه مهمترین مزیت اینگونه روش‌هاست. بااین‌حال، آنها با محدودیت‌هایی نیز روبرو هستند. یکی از محدودیت‌های این روش‌ها آن است که با اسکناس های تازه منتشره در طول یک سال برآوردها تحت تاثیر قرار می‌گیرد. متوسط تعداد اسکناس‌های در حال انتشار منعکس‌کننده مجموع تجمعی طی چند سال از جمله سال برآورد است. در همین حال، اسکناس‌های امحا شده معمولاً فقط اسکناس‌هایی را شامل می‌شود که برای مدت زمان معینی در جریان بوده‌اند.

فیج (۱۹۸۹) فرمول فوق را با تعداد اسکناس‌هایی که در هر دوره تولید می‌شوند تعدیل می‌کند. وی نشان می‌دهد که نسبت متوسط تعداد استفاده از اسکناس‌ها در طول عمر آنها به متوسط تعداد استفاده از اسکناس‌ها در یک سال برابر با نسبت زیر است:

$$L = \frac{C_t}{(P_t + E_t)/2} \qquad (۳)$$

در این نمایش، P_t تعاد اسکناس‌های جدید منتشر شده و E_t تعداد اسکناس‌های امحا شده است. همانند قبل میانه طول عمر با استفاده از خواص توزیع نمایی قابل محاسبه است.

۳-۳- مدل بقا

همان‌طور که پیشتر توضیح داده شد، راش (۲۰۱۵) تابع بقای مناسب برای توصیف طول عمر اسکناس را تابع توزیع تجمعی وایبول می‌داند. البته در مطالعه دیگری برای استرالیا و برای سنجش بقای اسکناس‌های پلیمری تابع توزیع گامای تعمیم‌یافته[1] نیز انتخاب شده است (اوس[2]، ۲۰۱۹). فقدان داده‌های خرد برای اسکناس در استرالیا و به عبارت دیگر نبود ردیابی شماره سریال اسکناس‌ها، باعث گردید تا راش (۲۰۱۵) از داده‌های کلان مربوط به انتشار و امحای اسکناس استفاده نماید. شرایط اقتصادی و پیرامونی و نیز گذشت زمان از انتشار اسکناس، دو عامل اثرگذار بر بقای اسکناس محسوب می‌شوند. این مدل این قابلیت را دارد تا متغیرهای توضیحی نظیر شوک‌های تقاضا و تغییرات در سیاست‌های ناشران اسکناس را در نظر بگیرد.

[1]. generalized Gamma
[2]. Aves

تابع بقا می‌تواند با استفاده از ارتباط میان تعداد واقعی و قابل پیش‌بینی اسکناس‌های مناسب برآورد شود. تعداد واقعی اسکناس‌های مناسب شامل تمامی اسکناس‌های منتشر شده منهای کل تعداد اسکناس‌های امحا شده تا زمان t است، یعنی، C_t در عبارت زیر که در آن C_t تعداد کل اسکناس‌های مناسب در زمان t، P_n تعداد کل اسکناس‌های منتشر شده در زمان n، و E_n تعداد کل اسکناس‌های امحا شده در زمان n است:

$$C_t = \sum_{n=1}^{t} (P_n - E_n) \qquad (۴)$$

تعداد اسکناس‌های مناسب مورد انتظار در یک نقطه از زمان برابر است با مجموع انتشارهای جدید ضربدر تابع بقا؛ یعنی کسری از اسکناس‌ها از هر انتشار که ممکن است در زمان t مناسب باشند. بنابراین، تعداد مورد انتظار اسکناس مناسب بر اساس داده های کل به صورت زیر است (راش، ۲۰۱۵):

$$E(C_t) = \sum_{n=1}^{t} S(\tau_n, \boldsymbol{\alpha}) P_n \qquad (۵)$$

که در این نمایش S تابع بقا، τ_n زمان سپری شده از اولین انتشار اسکناس منتشره در زمان t، و $\boldsymbol{\alpha}$ بردار پارامترهای تابع بقاست.

به هدف بردار پارامترهای $\boldsymbol{\alpha}$ می‌توان از روش حداقل مربعات غیرخطی استفاده کرد. به عبارت دیگر، تعداد اسکناس‌های C_t به طور تقریبی با تعداد مورد انتظار آن یعنی $E(C_t)$ برابر است و تفاوت میان این دو به دلیل عواملی کاملاً تصادفی نظیر رفتار عموم، ترجیحات در مورد ابزارهای پرداخت و غیره است که در تابع بقا وارد نمی‌شوند. شکل تابعی که عموماً در تحلیل بقا مورد استفاده قرار می‌گیرد توزیع وایبول است که دو پارامتر مقیاس و شکل توزیع دارد.

راش (۲۰۱۵) توزیع وایبول و تصریح فوق را به دو طریق بسط داد. اول احتمال اینکه اسکناسی برای امحا به بانک مرکزی برگردد به عنوان پارامتری اضافی که برآورد می‌شود در مدل لحاظ کرد. دوم، متغیرهای توضیحی برای در نظر گرفتن عوامل مؤثر بر انتشار، دوام و امحای اسکناس‌ها را در مدل وارد کرد. متغیرهای توضیحی می‌توانند شامل متغیرهای موهومی مربوط به تغییر طراحی اسکناس‌ها (مشخصاً تغییرات رنگ جوهر)، تغییر در تقاضاهای احتیاطی اسکناس،

رشد اقتصادی، انواع سیاست‌های مربوط به توزیع، امحا و تغییر در شاخصه‌های نامناسب‌بودن اسکناس باشند. همچنین، متغیرهای توضیحی می‌تواند برای قطع های مختلف اسکناس متفاوت باشد.

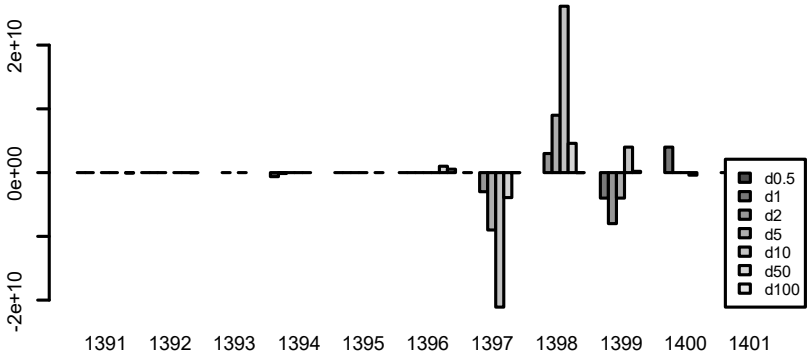
۳- داده‌ها

داده‌های تولید و انتشار اطلاعات و امحا به تفکیک قطع‌های مختلف به طور سالانه و از دوره ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱ در دسترس است. همچنین، حجم پول و اسکناس به تفکیک قطع در تواتر ماهانه از دوره ۱۳۹۰:۰۱ تا ۱۴۰۱:۱۲ استفاده شده است. داده‌های مختلف با توجه به گزارش‌های محرمانه بانک مرکزی و در فایل جداگانه استخراج شده است. همچنین، «تعداد» برگ‌های اسکناس ناچاراً از تقسیم ارزش‌کل بر ارزش قطع محاسبه شده است، بنابراین بررسی خطاهای احتمالی مفید است. برای این منظور از روشی که در ادامه توضیح داده می‌شود استفاده می‌کنیم. انتظار می‌رود محدودیت:

$$C_{it+1} = C_{it} + P_{it} - E_{it} \qquad (۶)$$

برقرار باشد، که در آن C_{it} تعداد اسکناس در قطع i در ابتدای دوره t، P_{it} تعداد اسکناس جدید تولیدشده در قطع i و E_{it} تعداد اسکناس امحا شده در قطع i در طول دوره t است. می‌توان تساوی فوق را به صورت $\Delta C_{it+1} = P_{it} - E_{it} + \epsilon_{it}$، بنویسیم که در آن ϵ_{it} کیفیت داده‌ها را نشان می‌دهد و اگر هیچ خطایی در اطلاعات وجود نداشته باشد، این ارزش برای تمام i و t صفر خواهد بود.

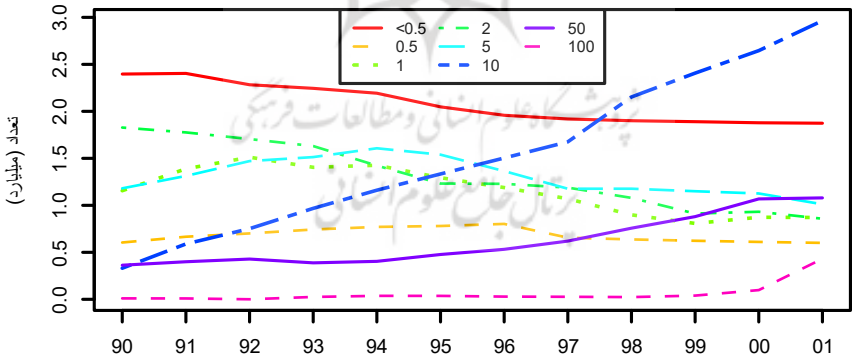
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ٤. معیاری از خطا در اطلاعات در دسترس به تفکیک قطع و دوره انتشار.

منبع: یافته‌های پژوهش.

به منظور بررسی کیفیت داده‌های موجود در شکل ۴ ارزش‌های ϵ_{it} برای تمام i و t ترسیم شده است. حداکثر قدرمطلق خطا در این اطلاعات برابر با ۱.۲۶ میلیارد عدد است. با توجه به خطاهای موجود داده‌های انتشار اسکناس با استفاده از تساوی موردنظر تعدیل می‌شوند. این بر پایه این احتمال است که به دلیل عدم توزیع اسکناس، این داده‌ها در جریان قرار نگرفته باشند.



شکل ۵. تعداد اسکناس‌ها در انتهای هر سال به تفکیک قطع.

منبع داده‌ها: بانک مرکزی.

در شکل ۵ تعداد اسکناس‌ها در انتهای هر سال (محور افقی) گزارش شده است. یکی از مشاهدات اصلی آن است که حجم اسکناس‌های ۱۰ هزار تومانی روند افزایشی بسیار متمایزی در طول دهه ۹۰ داشته است. نرخ رشد متوسط سالانه این سری برابر با ۱.۲۲ درصد محاسبه می‌شود. از دیگر مشاهدات قابل‌ملاحظه، تغییر روند افزایش ایران‌چک‌های ۱۰۰ هزار تومانی در ابتدای دهه جاری است. همچنین می‌توان مشاهده کرد که اسکناس‌های با قطع کوچک یا روند ثابت یا نزولی دارند در حالی که اسکناس ۱۰ هزار تومانی و ایران‌چک‌ها روند افزایشی دارند.

جدول ۲. آمارهای توصیفی مربوط به رشد ماهانه تعداد برگ‌های اسکناس و مسکوک در جریان در قطع‌های مختلف و تجمیع آنها

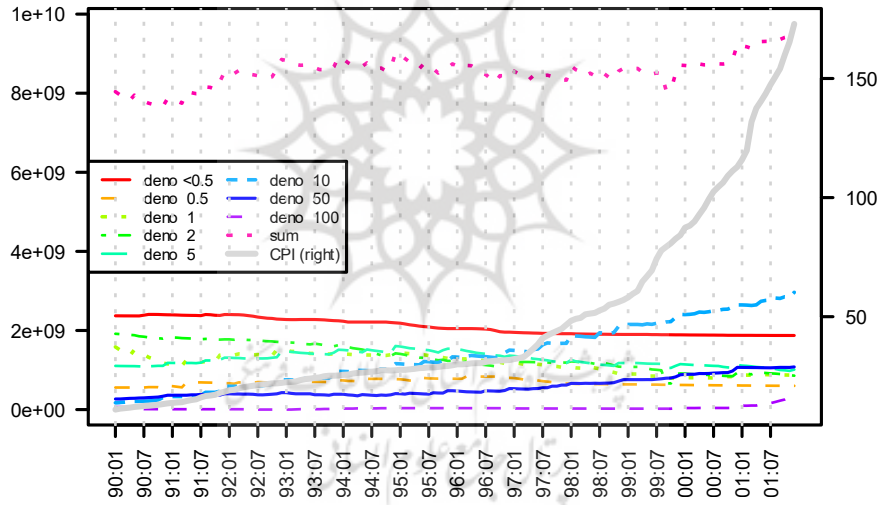
	متوسط	واریانس	چولگی	میانه	حداقل	حداکثر
قطع<۰.۵	-۰.۰۰۱	۰	-۰.۲۴۳	۰	-۰.۰۱	۰.۰۰۸
قطع ۰.۵	۰	۰	۴.۳۴۲	-۰.۰۰۱	-۰.۰۳۳	۰.۱۴۲
قطع ۱	-۰.۰۰۳	۰	۲.۱۹۳	-۰.۰۰۲	-۰.۰۴۱	۰.۰۹
قطع ۲	-۰.۰۰۴	۰.۰۰۱	-۱.۹۰۱	-۰.۰۰۵	-۰.۲۸	۰.۲۱۵
قطع ۵	۰	۰	۱.۹۵۶	-۰.۰۰۴	-۰.۰۶۲	۰.۰۷۹
قطع ۱۰	۰.۰۱۴	۰.۰۰۱	۲.۷۸۹	۰.۰۰۲	-۰.۰۰۷	۰.۱۶۳
قطع ۵۰	۰.۰۰۷	۰	۱.۲۶۲	۰	-۰.۰۴۳	۰.۰۹۳
قطع ۱۰۰	۰.۰۰۹	۰.۰۵۴	۱.۶۰۸	-۰.۰۰۲	-۱.۴۸۵	۱.۸۷۵
جمع کل	۰.۰۰۱	۰	۱.۰۹۱	-۰.۰۰۱	-۰.۰۳۵	۰.۰۳۵

منبع: یافته‌های پژوهش. **منبع داده‌ها:** بانک مرکزی.

یادداشت. آمارها به درصد است. سطر اول مربوط به قطع‌های کوچک‌تر از ۵۰۰ تومان است.

در ادامه نگاه جزئی‌تری به آماره‌های توصیفی در داده‌های در دسترس با تواتر ماهانه خواهیم داشت. بحث را با ارائه آمارهای آماره‌های توصیفی نرخ رشد آغاز می‌کنیم. علت آن است که ویژگی مهم این آمارها روند تغییرات آنها در طول زمان است. در جدول۲ بعضی آماره‌های

توصیفی برای نرخ رشد ماهانه در قطع‌های مختلف گزارش شده است. مطابق با این آمارها، به طور متوسط قطع‌های کوچک‌تر روند کاهشی و قطع‌های بزرگ‌تر روند افزایشی داشته‌اند (چند سطر اول جدول را با چند سطر آخر آن مقایسه کنید). به عنوان مثال، نرخ رشد متوسط قطع‌های کوچک‌تر از ۵۰۰ تومانی (شامل قطع‌های ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، و ۲۰۰۰ ریالی) برابر با ۰.۰۰۱- درصد و در قطع ۱۰۰ هزار تومان (بزرگ‌ترین قطع) برابر با ۰.۰۰۹ درصد است. واریانس داده‌ها نسبتاً کوچک است و چولگی داده‌ها بر گزاره پیشین در رابطه با روند متفاوت قطع‌های مختلف صحه می‌گذارد زیرا در قطع‌های کوچک چولگی به سمت اعداد منفی‌تر است. در مجموع، تعداد برگ‌ها در هر ماه به طور متوسط ۰.۰۰۱ درصد رشد داشته است که نسبتاً کم است، به این معنا که در این دوره ۱۲ ساله ترکیب و نه تعداد قطع‌ها تغییر کرده است. البته در این زمینه نیاز به یادآوری است که ابزارهای جایگزین پرداخت رشد داشته‌اند.



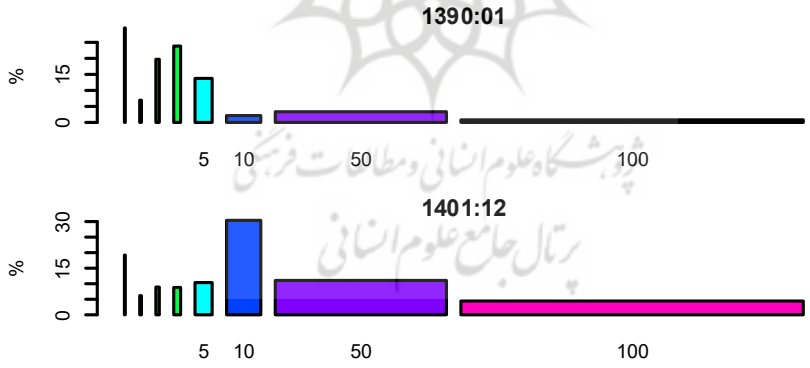
شکل ٦. روند حرکت تعداد برگ در جریان قطع‌های مختلف اسکناس در طول زمان

منبع داده‌ها: بانک مرکزی.

یادداشت: ارزش قطع‌ها به ۱۰۰۰۰ تقسیم شده است. محور افقی زمان و محور عمودی تعداد برگ را نشان می‌دهد. سال پایه شاخص قیمت مصرف‌کننده ۱۴۰۰ است.

در شکل ۶ روند تغییرات تعداد برگ‌های اسکناس و مسکوک به تفکیک قطع ترسیم شده است. این روند نرخ رشد متوسط ماهانه جدول ۲ را نشان می‌دهد. به عنوان مثال می‌توان روند نزولی تعداد برگ‌ها با قطع کوچک‌تر از ۵۰۰ تومان و روند صعودی قطع‌های ۱۰ هزار تومان و ۵۰ هزار تومان را مشاهده کرد. همچنین در این شکل، روند تغییرات شاخص قیمت مصرف‌کننده نیز ترسیم شده است. این شاخص از ابتدای دوره تا انتهای دوره) یعنی ۱۲ سال (از ارزش ۱۱ به ۱۷۲.۹ افزایش یافته است (یعنی ۱۵.۷ برابر). اگرچه این همزمان با توسعه ابزارهای جایگزین پرداخت است، اما تغییر ترکیب قطع‌های مختلف به نفع قطع‌های بزرگ‌تر را می‌توان با این موضوع نیز مرتبط دانست.

موضوع دیگری که می‌تواند در شکل ۶ توجه جلب کند، سهم تعداد هر کدام از قطع‌های اسکناس و ایران‌چک از تعداد کل است. این نسبت‌ها و روند تغییرات آنها قابل محاسبه و ارزیابی است (نتایج نزد نویسندگان محفوظ است). روند صعودی تعداد برگ‌ها برای قطع‌های نسبتاً بزرگ‌تر نظیر ۱۰ هزار، ۵۰ هزار و (مخصوصاً در چند سال اخیر) ۱۰۰ هزار تومانی مشخص است. همچنین، روند نزولی تعداد برگ‌ها برای دیگر قطع‌ها مخصوصاً قطع‌های کوچک‌تر از ۵۰۰ تومانی نیز دیده می‌شود، بنابراین توزیع تعداد برگ‌ها به سمت برگ‌های با قطع بزرگ‌تر حرکت کرده است.



شکل ۷. مقایسه سهم تعداد اسکناس و مسکوک در قطع‌های مختلف در دو دوره فروردین ۱۳۹۰ و اسفند ۱۴۰۱

منبع: یافته‌های پژوهش.

یادداشت: به جز ستون اول، عرض بقیه ستون‌ها برابر با ارزش قطع انتخاب شده است.

به عبارت دیگر، تغییر چولگی توزیع تعداد برگ‌ها بدیهی است. سوألی که ممکن است مطرح شود آن است که این تغییر در انتهای این دوره نسبت به ۱۲ سال قبل از آن چقدر بوده است؟ ممکن است پاسخ این سوأل در شکل ۶ چندان مشهود نباشد. بنابراین در شکل ۷ توزیع نسبی برای ماه اول و آخر دوره ترسیم شده است. در این شکل نیز تغییر ترکیب قابل رصد است، هرچند به طور مشخص‌تری به دو نکته اشاره می‌کند: اولاً همچنان سهم تعداد اسکناس‌های با قطع نسبتاً کوچک از کل اسکناس‌ها بالاست. ثانیاً، در این شکل عرض هر ستون به اندازه قطع آن انتخاب شده است و نشان می‌دهد که از منظر ارزش، تغییرات تعداد قطع‌های بزرگ‌تر، نسبتاً بااهمیت‌تر است.

موضوع دیگری که ممکن است با توجه به آمارهای این بخش محل سوأل شود به نقش شاخص قیمت مصرف‌کننده باز می‌گردد. در شکل‌های قبل برای تاکید بر نقش این متغیر، آنرا به همراه سایر متغیرها ترسیم کردیم. با این حال، ارزش حقیقی اسکناس و مسکوک به تفکیک قطع‌های مختلف نیز قابل ترسیم است (نتایج نزد نویسندگان محفوظ است). به جز ایران‌چک ۱۰۰ هزار تومانی، ارزش حقیقی اسکناس یا ایران‌چک تمام قطع‌ها روند کاهشی دارد. به عبارت دیگر، سرعت رشد ایران‌چک ۱۰۰ هزارتومانی و ارزش نسبتاً بالای هر برگ آن باعث شده است که ارزش حقیقی مجموع این نوع قطع در جریان در چند سال اخیر افزایشی باشد. تغییر این روند، روند ارزش حقیقی مجموع کل اسکناس و ایران‌چک را نیز صعودی کرده است.

۵- نتایج تجربی

در این مقاله طول عمر اسکناس‌ها در قطع‌های مختلف از سه روش معکوس نرخ امحا، فیج (۱۹۸۹) و مدل بقا محاسبه می‌شود. مهم‌ترین محدودیت در این زمینه داده‌های در دسترس هستند. همان‌طور که توضیح داده شد، اطلاعاتی در مورد نحوه انتشار اسکناس‌ها به‌تفکیک شماره سریال آنها در اختیار نیست، بلکه صرفاً می‌دانیم که در هر سال چه تعداد اسکناس در جریان بوده، چه مقدار جدید تولید شده، و چه تعداد از چرخه بیرون کشیده شده و امحا شده است.

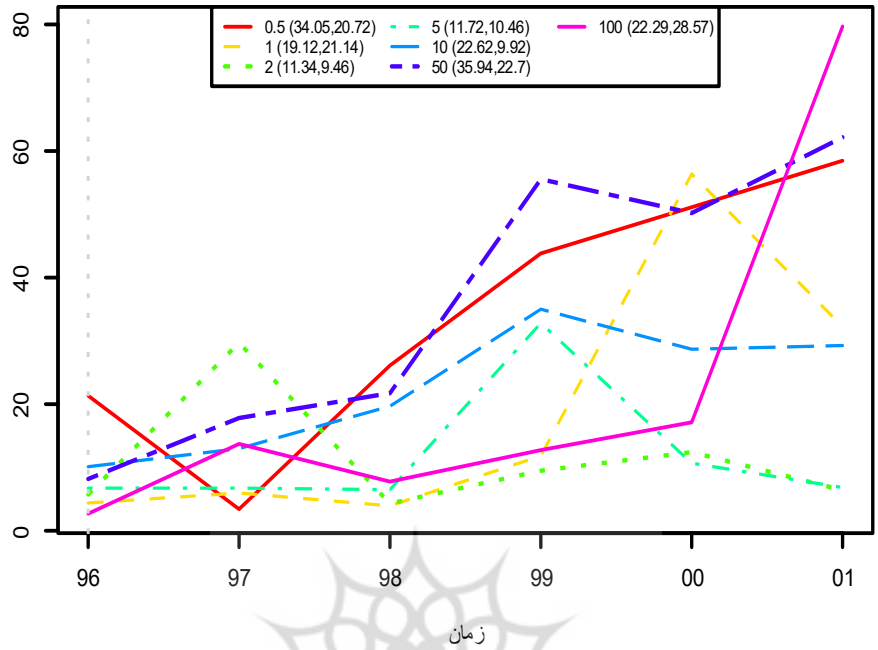
روش‌های ساده نظیر معکوس نرخ امحا و روش فیج (۱۹۸۹) تحت تأثیر فرض ثابت‌بودن نرخ امحا قرار می‌گیرند و همان‌طور که مشاهده خواهد شد، این فرض در محاسبات در سال‌های

مختلف نقض می‌شود، به این معنی که با تغییر طول دوره با اعداد متفاوتی به عنوان نرخ امحا مواجه می‌شویم. با این حال برای کامل‌بودن بحث و همینطور وجود یک برآورد بر اساس این روش‌ها، متوسط چند دوره انتهایی به عنوان طول عمر برآوردی توسط هر کدام از این روش‌ها گزارش خواهد شد.

برآورد مدل بقا به سطح اطلاعات بیشتری نیاز دارد. در این حالت اطلاعات باید از ابتدای انتشار یک قطع اسکناس وجود داشته باشد. این اطلاعات فقط برای اسکناس ۱۰ هزار تومانی در دسترس است و بنابراین این مدل تنها برای این قطع برآورد می‌شود.

از دیگر چالش‌های اطلاعاتی مدل بقا آن است که اطلاعات برای برگ‌های به خصوص در دسترس نیست و ما از زمان انتشار و یا امحای یک برگ چیزی نمی‌دانیم. برای گذر از این محدودیت در این فصل به شبیه‌سازی اطلاعات روی می‌آوریم. اگر این فرض که «برگ‌های اسکناسی که زودتر منتشر می‌شوند، زودتر نیز امحا می‌شوند» را معتبر بدانیم، تولید اطلاعات خرد از اطلاعات کلان به هدف برآورد یک مدل بقا ساده است. در شبیه‌سازی تحت فرض مذکور، تعدادی مشخصی اسکناس تولید می‌شود، تعداد مشخصی اسکناس با اولویت اسکناس‌های قدیمی‌تر امحا می‌شود. خوشبختانه این اطلاعات که چه میزان اسکناس تولید و امحا شده است در اختیار است. البته این فرض که ابتدا برگ‌های اسکناسی امحا می‌شوند که زودتر منتشر شده‌اند می‌تواند به بیش‌برآورد طول عمر اسکناس‌ها بیانجامد، زیرا در این حالت زمان پیگیری[1] حداکثر است. تنها ویژگیی که شبیه‌سازی موردنظر نیاز دارد، حجم نمونه در هر دوره است. استفاده از مقیاس «تعداد برگ»ها در اطلاعات کلان دردسترس، باعث می‌شود که با حجم نمونه بسیار زیاد روبه‌رو شویم. در این حالت فرضیه‌های پایه می‌توانند به دلیل به دلیل اختلاف بسیار جزئی در فروض رد شوند، به این معنی که معناداری آماری وجود دارد، اما معناداری عملیاتی[2] وجود نداشته و اندازه اثر[3] کوچک است. انتخاب حجم کوچک در این زمینه می‌تواند مفید باشد.

[1]. follow-up time
[2]. practical significant
[3]. effect size



شکل ۸. نسبت متوسط تعداد اسکناس‌ها در ۱۲ ماه سال به تعداد اسکناس‌های امحا شده در آن سال (معکوس نرخ امحا) به تفکیک قطع

منبع: یافته‌های پژوهش.

یادداشت: اولین عدد در برچسب شکل‌ها قطع اسکناس در واحد هزار تومان است. اعداد داخل پرانتز به ترتیب میانگین و انحراف معیار هر سری است.

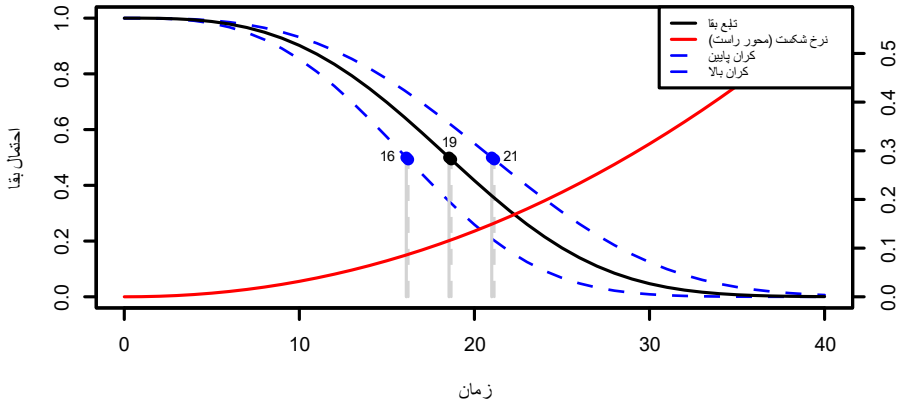
در ابتدا به این موضوع می‌پردازیم که چه درصدی از اسکناس‌هایی که در هر دوره وجود دارد امحا شده است (نرخ امحا). البته از آنجا که موجودی اسکناس یک متغیر ذخیره است، همانند راش و همکاران (۲۰۱۵) متوسط دوازده ماهه حجم اسکناس‌ها را در صورت کسر قرار می‌دهیم. همان‌طور که در بخش روش‌شناسی توضیح داده شد، معکوس نرخ امحا را می‌توان به عنوان معیاری از متوسط طول عمر اسکناس‌ها در قطع‌های مختلف معرفی کرد.

نتایج محاسبات برای قطع‌های مختلف در شکل ۸ گزارش شده است. مهم‌ترین نکته‌ای که می‌توان به آن اشاره کرد نوسان آمارهاست. ارزش میانگین و انحراف معیار هر کدام از سری‌ها در برچسب آنها در شکل و درون پرانتز گزارش شده است.

نوسان آمارها به این معنی است که فرض ثابت بودن نرخ امحا چندان معتبر نیست. یک راهکار برای دستیابی به یک آمار اولیه در این زمینه میانگین‌گیری از نتایج در چند دوره آخر است. همان‌طور که از شکل مشخص است، طول عمر اسکناس‌ها (چه با محاسبه میانگین و چه با محاسبه میانه) نسبتاً بالاست. مثلاً با این روش برای اسکناس‌های ۱۰۰۰ تومانی تقریباً ۲۰ سال و برای اسکناس‌های ۵۰ هزار تومانی بیش از ۳۰ سال طول عمر محاسبه می‌شود. البته، همان‌طور که در نتیجه‌گیری بحث خواهد شد، این نتایج را می‌توان نه الزاماً طول عمر بالا، بلکه استاندارد پایین امحا نیز دانست.

روش دیگر در محاسبه طول عمر اسکناس‌ها روش پیشنهاد شده توسط فیج (۱۹۸۹) است. اصلاحی که در اینجا لحاظ شده است عدم لحاظ مشاهداتی است که در آنها برای یک قطع به خصوص و در یک دوره مشخص تعداد انتشار صفر بوده است. در واقع لحاظ این مشاهدات باعث می‌شود که مخرج کسر نسبتاً کوچک و طول عمر محاسبه شده نسبتاً بزرگ محاسبه شود. این تعدیل شکل‌های قطع ۵۰۰ تومانی و ۱۰۰ هزار تومانی را تقطیع می‌کند. محاسبات در اینجا تا اندازه‌ای مشابه با روش معکوس نرخ امحا است (با هدف کاهش حجم نتایج نزد نویسندگان محفوظ است).

در ادامه، نتایج برآورد مدل بقا گزارش می‌شود. همان‌طور که بیان شد، اطلاعات فقط برای اسکناس ۱۰ هزار تومانی در دسترس است و بنابراین این مدل تنها برای این قطع برآورد می‌شود. در اولین قدم در برآورد مدل بقا برای محاسبه طول عمر اسکناس ۱۰ هزار تومانی، مدل را صرفاً با عرض از مبدأ تخمین می‌زنیم. تابع بقای برآورد شده وایبول در شکل ۹ ترسیم شده است. همچنین در این شکل میانگین و میانه طول عمر اسکناس‌ها به همراه کران‌های پایین و بالا گزارش شده است. نتایج برآورد مدل در جدول ۳ به عنوان مدل ۱ گزارش می‌شود. مدل‌های دیگری نیز با لحاظ شرایط اقتصادی (تورم و تولید) برآورد شده و نتایج در ستون‌های دیگر جدول مذکور گزارش شده است.



شکل ۹. برآورد طول عمر اسکناس با قطع ۱۰ هزار تومان با مدل بقا

منبع: یافته‌های پژوهش.

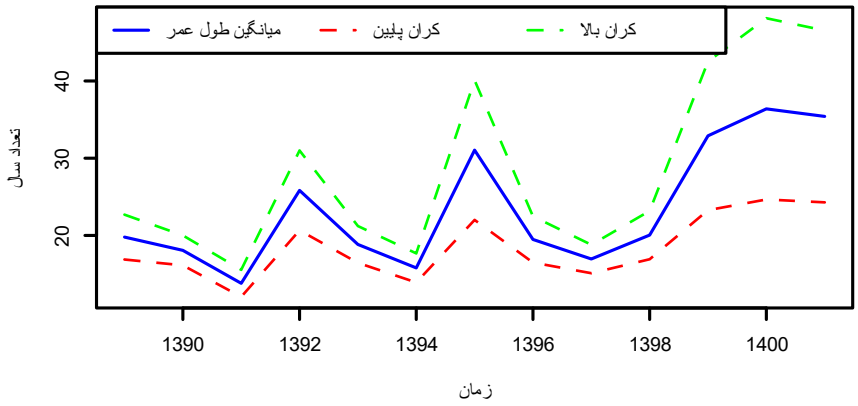
یادداشت: اعداد روی شکل ارزش بر محور افقی (تعداد سال) است. تعداد سال کوچکتر مربوط به میانه و عدد بزرگ‌تر مربوط به میانگین است. برآوردها با استفاده از بسته نرم‌افزاری survival (ترنو، ۲۰۲۳) بدست آمده‌اند.

جدول ۳. برآورد مدل بقا با فرض توزیع وایبول

	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ٤
عرض‌ازمبدأ	۳***	۲.۸***	۳***	۲.۶***
تورم	-	۰.۰۰۷۶***	–	۰.۰۱۶***
رشد	-	–	۰.۰۳۹***	۰.۰۵۱***
لگاریتم (مقیاس)	−۱.۱***	−۱.۱***	−۱.۲***	−۱.۲***
تعداد مشاهدات	۳۶۱	۳۶۱	۳۶۱	۳۶۱
AIC	۶۸۷.۶۳	۶۸۰.۳۱	۶۵۸.۴۶	۶۳۶.۳۲
BIC	۶۹۵.۴	۶۹۱.۹۸	۶۷۰.۱۳	۶۵۱.۸۷

منبع: یافته‌های پژوهش.

یادداشت. اعداد پارامترهای تخمین‌زده شده را نشان می‌دهد. *، **، و *** به‌ترتیب معناداری در سطوح ۱۰، ۵ و ۱ درصد است. بسته نرم‌افزاری survival (ترنو، ۲۰۲۳) بدست آمده‌اند.



شکل ۱۰. برآورد طول عمر اسکناس با قطع ۱۰ هزار تومان با مدل بقا با متغیرهای تورم و تولید (مدل ۴ در جدول ۳).

منبع: یافته‌های پژوهش.

پارامتر مقیاس در مدل‌هایی که شرایط اقتصادی را لحاظ می‌کنند تابعی از زمان هستند که به این معناست که برآورد طول عمر به شرایط اقتصادی بستگی دارد. نرخ شکست در این برآورد افزایشی با تقعر به سمت بالاست. شیب مثبت این تابع به این معنی است که با گذشت زمان احتمال از بین رفتن اسکناس بیشتر می‌شود. تقعر به سمت بالا به این معناست که با گذشت زمان، این احتمال با نرخ افزایشی افزایش می‌یابد. در شکل ۱۰ برآورد برای مدل ۴ (دارای کوچک‌ترین AIC به همراه کران‌های بالا و پایین در سال‌های مختلف ترسیم شده است.

متوسط میانگین طول عمر در تمام دوره‌ها برابر با ۲۳.۴ است و این عدد را می‌توان طول عمر متوسط برآوردشده شده توسط مدل بقا برای اسکناس‌های ۱۰ هزار تومانی لحاظ کرد (البته همان‌طور که در بخش روش‌شناسی بحث شد، به علت ماهیت داده‌ها این عدد می‌تواند تا اندازه‌ای بیش‌برآورد داشته باشد). این ارزش با استفاده از روش معکوس نرخ امحا برابر با ۲۲.۶ و با استفاده از روش فیج (۱۹۸۹) برابر با ۲۱ سال محاسبه شد.

۳- نتیجه‌گیری

در بخش تجربی این مقاله سه روش مختلف برای محاسبه طول عمر اسکناس در ایران معرفی و پیاده‌سازی شد. دو روش اول (معکوس نرخ امحا و روش فیج (۱۹۸۹) با این فرض انجام می‌گیرند که نرخ امحاء به یک سطح باثبات و ثابت رسیده است و این فرض بحث‌برانگیز است و در نتایج نیز چندان تایید نمی‌شود. روش سوم بر پایه برآورد مدل بقا انجام می‌شود. البته محدودیت اطلاعات باعث شد روش سوم تنها برای برآورد طول عمر اسکناس ۱۰ هزار تومانی پیاده‌سازی شود. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که طول عمر قطع‌های مختلف اسکناس بسته به روش انتخاب شده متفاوت است. متوسط طول عمر اسکناس‌های ۱۰ هزار تومانی با استفاده از روش‌های اول تا سوم به‌ترتیب به برآوردهای ۲۲.۶، ۲۱، و ۲۳.۴ سال می‌رسد.

یکی از موضوعات قابل طرح با مشاهده این نتایج، مقایسه طول عمر برآورد شده با طول عمر اسکناس‌ها در ژاپن و ایالات متحده است. این در حالی است که کیفیت اسکناس‌ها در این کشورها به مراتب بهتر از کیفیت اسکناس های در گردش در ایران است. اگرچه محدودیت و کیفیت آمار و اطلاعات در برآوردهای این گزارش بااهمیت است، اما این مقایسه روی دیگری نیز دارد. درواقع، اگر چه طول عمر اسکناس به جنس اسکناس، فرهنگ استفاده از آن، شرایط آب‌وهوا و غیره بستگی دارد، اما نباید تفاوت در استانداردها و سطوح آستانه بانک‌های مرکزی برای انتخاب اسکناس‌های فرسوده را نادیده گرفت. به عبارت دیگر، نتایج بدست آمده را می‌توان شواهدی در حمایت از این فرضیه دانست که آستانه فرسودگی متفاوتی بین بانک مرکزی در یک کشور توسعه‌یافته و یک کشور درحال‌توسعه انتخاب می‌شود.

پرتال جامع علوم انسانی

ملاحظات اخلاقی

کلیه موازین اخلاقی پژوهشی در این تحقیق رعایت شده است.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله حاضر بر خود لازم می‌دانند از تمامی افرادی که زمینه انجام این پژوهش را فراهم کردند، قدردانی کنند.

حمایت مالی

این تحقیق هیچ نوع کمک مالی از سازمان‌های دولتی، عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد.

References

Aves, S. (2019). Survival Analysis and the Life of Australian Banknotes. *RBA Bulletin, 20*, 1-25.

Bank of Japan. (2023). Outline of the Issuance and Circulation of Banknotes and Coins. Retrieved from https://www.boj.or.jp/en/note_tfjgs/note/outline/index.htm

Berenguer, G., Keskinocak, P., Shanthikumar, J. G., Swaminathan, J. M., Van Wassenhove, L., Geismar, H. N., Sriskandarajah, C., & Zhu, Y. (2017). A Review of Operational Issues in Managing Physical Currency Supply Chains. *Production and Operations Management, 26*(6), 976-996.

Deinhammer, H., & Ladi, A. (2017). Modelling Euro Banknote Quality in Circulation. *European Central Bank*, Retrieved from chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpops/ecb.op204.en.pdf

European Central Bank. (2023). Online survey on the quality of euro banknotes in circulation. Retrieved November 25, 2023, from https://epsilon.escb.eu/limesurvey3/827918

Federal Reserve. (2023a). Life Cycle of a Bank Note in US. Retrieved from https://www.federalreserve.gov/faqs/how-long-is-the-life-span-of-us-paper-money.htm

---------- (2023b). Supporting Statement for the Payment Systems Surveys. Retrieved November 25, 2023, from https://www.federalreserve.gov/paymentsystems/frps_about.html

Feige, E. L. (1989). Currency Velocity and Cash Payments in the US Economy: The Currency Enigma. *SSRN, 2735004*, 1-20.

Griffiths, D. (2002). The Attrition Rate of United States Coins in Circulation: Some Evidence from Federal Reserve data. *Applied Economics, 34*(16), 2023-2029.

Kyrychok, T., Shevchuk, A., Nesterenko, V., & Kyrychok, P. (2014). Banknote Paper Deterioration Factors: Circulation Simulator Method. *BioResources, 9*(1), 710-724.

O'Brien, S. (2017). Understanding Consumer Cash Use: Preliminary Findings from the 2016 Diary of Consumer Payment Choice. Federal Reserve Bank of San Francisco. Retrieved November 25, 2023, from https://www.frbservices.org/news/fed360/issues/010218/010218-cash-2016-diary-consumer-payment-choice.html

Rush, A. (2015). The Life of Australian Banknotes. Retrieved from https://www.rba.gov.au/publications/rdp/2015/pdf/rdp2015-10.pdf

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی