

## دسته بندی و تشخیص اسکناس های ایرانی مبتنی بر تکنیک های پردازش تصویر با مشخصه های بافت و رنگ تصویر

حسن علی کرمی<sup>۱\*</sup>، فرزین یغمایی<sup>۲</sup>.

۱- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سمنان، سمنان ایران، hassan\_alikarami@semnan.ac.ir

۲- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سمنان، سمنان ایران، f\_yaghmaee@semnan.ac.ir

### خلاصه

با توجه به اهمیت شناسایی اسکناس در سیستم های جدید بانکی و عدم کارایی و تطبیق مناسب الگوریتم های بکار رفته بر روی اسکناس های غیر ایرانی، در این مقاله سعی شده است روشی برای بهبود دسته بندی و تشخیص اسکناس های ایرانی ارائه گردد. روش پیشنهادی شامل تکنیک های پردازش تصویر برای تطابق الگویی رنگ اسکناس ایرانی و الگوریتم SURF برای استخراج ویژگی های بافت است که استفاده از نتایج آن برای تطابق ویژگی ها و تعیین وارونگی اسکناس ایرانی می باشد تا این اسکناس ها را دسته بندی و تشخیص دهد. نتایج حاصل از روش پیشنهادی در چهار دسته اسکناس تمیز، رنگ رفته، کثیف (چروک و دارای دست نوشته) و دارای پارگی بر روی ۹۰۰ قطعه اسکناس ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ هزار ریالی رایج ایرانی قابلیت تشخیص ۹۸،۱۰ درصد را نشان می دهد.

**کلمات کلیدی:** تشخیص اسکناس، پردازش تصویر، SURF

### ۱. مقدمه

در سال های اخیر تلاش های فراوانی برای جامعه با پول نقد کمتر انجام شده است با این حال بسیار از معاملات به شدت به چک ها و پول های کاغذی نیازمندند. هزینه پردازش این چک ها و پول های کاغذی برای بانک ها در سال هزینه بالایی دارد که علاوه بر این هزینه نیازمند به زمان بالا برای شمارش دستی است که جهت رفع این مشکل پردازش های الکترونیکی را در بانک ها گسترش داده و رو به گسترش است. تشخیص اسکناس های تمیز، رنگ رفته، دارای دست نوشته، چروک و پارگی در دستگاه های خودپرداز، خوددریافت، سیستم تشخیص اسکناس نابینایان و سیستم های تصدیق پول بانکی از نیازهای روزمره جوامع امروزی و افراد مختلف می باشد. دستگاه های ساخته شده در این حوزه در حال گسترش می باشد و روز به روز در حال ارتقای تشخیص کارآمدتر، سریع تر و دقیق تر هستند تا اسکناس ها با سرعت بالا و قابلیت اطمینان بالا تشخیص داده شود و از اشتباه از تشخیص که در بعضی موارد می تواند باعث زیان مالی جبران ناپذیر شود جلوگیری کند.

\* Corresponding author:

Email: hassan\_alikarami@semnan.ac.ir

با توجه به محدود بودن اسکناس های رایج هر کشور و متفاوت بودن اسکناس های هر کشور، نیاز به سیستم های بومی برای اسکناس های ایرانی بیشتر به چشم می آید. در کشور ایران به دلیل رواج اسکناس های فرسوده، دارای دست نوشته و پاره، برای دسته بندی و تشخیص نیازمند روش های خاص است که اسکناس های رایج را با اطمینان بالا در قالب ۵ دسته اسکناس ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ هزار ریال قرار دهد. از این جهت در مقاله روبرو سعی شده است روشی مطابق با اسکناس های ایرانی ارائه گردد.

## ۲. کارهای پیشین

در زمینه ی تشخیص اسکناس راهکارهای زیادی ارائه گردیده است که بطور کلی دسته بندی را با استفاده از دو معیار رنگ و بافت تصویر انجام می شود. در این بخش به مرور چند روش متداول می پردازیم.

### ۲.۱. روش استفاده از تبدیل موجک

اگر هر اسکناس را در حوزه فرکانس، الگویی با دامنه ای مشخص از فواصل فرکانسی فرض کنیم آنگاه می توان آن را به چند زیرمجموعه از باندهای فرکانسی مختلف تجزیه کرد. سپس با محاسبه ی فاصله ی هر تصویر ورودی از این باندها، شبیه ترین تصویر مرجع به تصویر ورودی را تشخیص داد [۱].

### ۲.۲. روش تشخیص لبه ها

یک راهکار برای تشخیص و تمایز اسکناس ها، تشخیص لبه می باشد [۲]. به طور کلی در این روش ابتدا تصویر را به مجموعه ای از چندین تصویر کوچک تر تجزیه می کنیم. سپس در هر زیرمجموعه، تعداد لبه ها را شمارش می کنیم و این تعداد را به عنوان یک ویژگی از تصویر به شبکه ی عصبی اعمال می کنیم. از آنجا که در اسکناس های ایرانی میزان مخدوش بودن می تواند بسیار بالا باشد، این روش چندان کارآمد نیست [۳].

### ۲.۳. روش استفاده از ماسک های لغزان تصادفی

اگر ماسکی مربعی و متقارن با مقادیر تصادفی باینری را در نظر بگیریم و سپس بر روی تصویر مرجع باینری حرکت دهیم و در هر مرحله میزان تطابق را شمارش کنیم، و همین عمل را بر محل یکسان در تصویر ورودی باینری انجام دهیم، با مقایسه ی میزان تطابق ها در دو تصویر می توان به معیاری جهت سنجش شباهت رسید. این مقادیر را می توان به شبکه ی عصبی اعمال کرد و نوع بهترین ماسک ها را به وسیله ی الگوریتم ژنتیک استخراج کرد.

نقطه ی قوت این روش، در متقارن بودن ماسک ها می باشد به گونه ای که به وارونه بودن یا چرخش ۱۸۰ درجه ای تصویر ورودی حساس نیست. ضعف این روش وابستگی شدید به مقادیر پیکسل هاست به گونه ای که با تغییر نور محیط سیستم دچار اختلال و اشتباه می شود [۴].

## ۲.۴. تشخیص بافت تصویر به روش PCA

در این روش ویژگی های بافت هر اسکانس مرجع استخراج شده و به وسیله ی تکنیک های موجود در شناسایی الگو، ابعاد و حجم ویژگی ها با استفاده از روش PCA کاهش داده شده و سپس جهت تطابق به شبکه ی عصبی یا سایر ابزارهای یادگیری اعمال گردد [۵].

## ۲.۵. روش مدل مخفی مارکوف

با توجه به اینکه بطور کلی میزان تغییرات دو پیکسل همجوار در حالت همسایگی قطری یا ۸ گانه بیشتر از میزان تغییرات دو پیکسل همجوار در حالت همسایگی چهارگانه است، در این روش میزان تغییرات پیکسل های موجود بر قطر اصلی به عنوان زنجیره ای از مقادیر ذخیره می گردد. در این راهکار، مقادیر موجود بر قطر اصلی تصویر مرجع و تصویر ورودی با توجه به معیار Jensen مقایسه می گردد [۶].

در این روش وارونه بودن تصویر باعث ایجاد اشتباه و اختلال نمی گردد.

## ۲.۶. شبکه های عصبی

با استفاده از عدد فارسی قرمز رنگ، سطح فارسی اسکانس تشخیص داده شده و وارونگی اسکانس با استفاده از ویژگی خاص اسکانس تشخیص و تصحیح شده سپس با استفاده از تکنیک های پردازش تصویر اعداد فارسی روی اسکانس استخراج می شود. سپس با استفاده از اعداد استخراج شده، ویژگی های خاص اسکانس را برای کار با شبکه عصبی بدست آورده و دوشبکه عصبی برای تشخیص و صحت تشخیص اسکانس تولید می نماییم [۷].

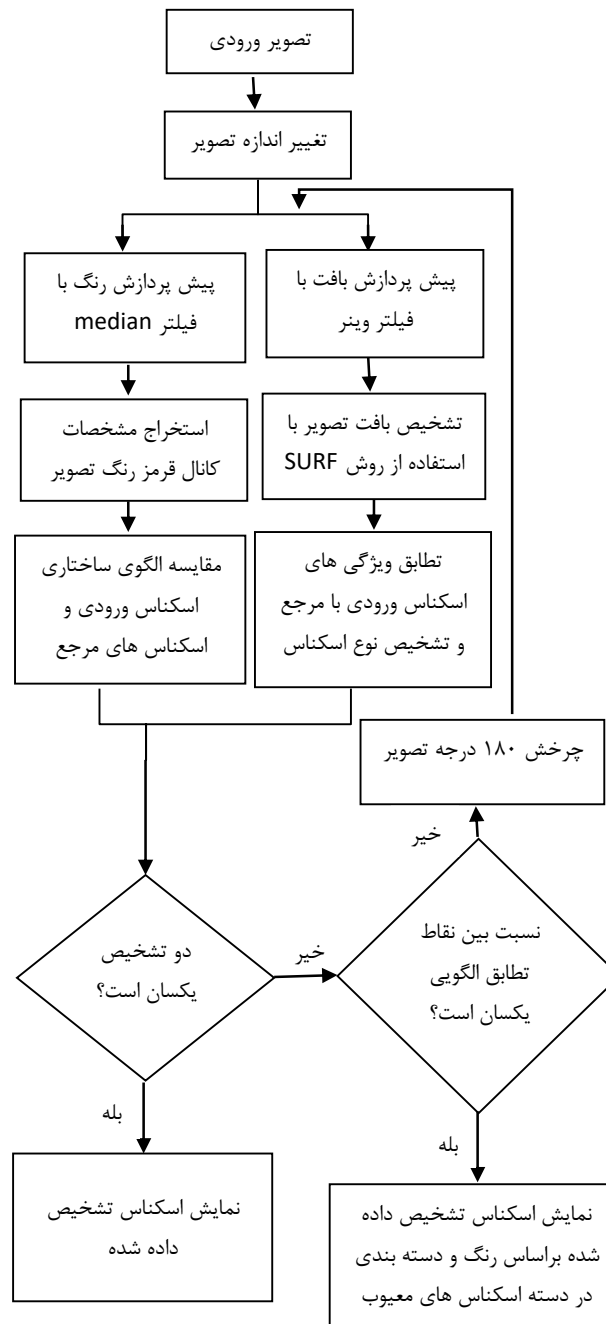
## ۲-۷- درخت تصمیم و بیز

با تشکیل سیگنال هایی یک بعدی از تصویر ورودی و تصاویر مرجع و تطابق به وسیله ی مساحت شکل گرفته بین آنها به معیاری قابل اتکا رسید. برای اینکه الگوریتم، نسبت به تغییرات نور محیط یا نویزهای موجود بر تصویر مقاوم باشد می توان با جابجا کردن سیگنال تصویر ورودی در راستای محور افق، در راستای کاهش مساحت شکل گرفته حرکت کرد. مشاهده گردید که کانال قرمز در دسته بندی اولیه بالاترین دقت را داراست اما جهت بالاتر بردن دقت دسته بندی، می توان به وسیله ی تشکیل درخت تصمیم یکبار دیگر با توجه به خروجی مرحله اول، دقت تصمیم گیری را بهبود داد [۸].

## ۳. روش پیشنهادی

در این مقاله روشی برای تشخیص اسکانس ارائه می گردد که از مشخصات مهم اسکانس شامل رنگ و بافت استفاده می کند و در آخر اسکانس را تشخیص و دسته بندی می کند. در اکثر روش های موجود، به طور معمول جهت تشخیص و دسته بندی اسکانس ها از بافت تصویر یا ساختار رنگی اسکانس به کار می رود که این مسئله عدم تشخیص تعدادی از اسکانس ها را باعث شده و روش جامع و کامل نمی تواند باشد. اما همان گونه که در شکل ۱ مشخص شده، روش پیشنهادی

تشخیص و دسته بندی اسکناس ها براساس دو مشخصه بافت و رنگ محاسبه و دسته بندی می کند که در صورت همسان بود دو تشخیص، اسکناس به درستی دسته بندی شده است در صورت همسان نبودن دو تشخیص در حالتی که نسبت بین یک نقطه از تطابق الگو ثابت باشد نتیجه تشخیص رنگ به عنوان جواب درست نمایش داده می شود و در صورت ثابت نبودن نسبت بین نقاط تطابق الگو با وارون کردن اسکناس، دوباره براساس رنگ دسته بندی می کنیم. نمونه ای از اسکناس های ورودی در شکل ۲ نمایش داده شده است.



شکل ۱- نمودار روش پیشنهادی

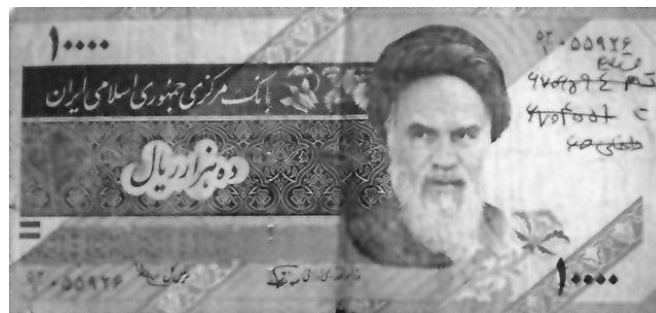




شکل ۲- نمونه اسکناس های تست شده

### ۳.۱. تشخیص بافت تصویر با استفاده از روش SURF

تصاویر اسکناس شامل بخش های مهم بافت تصاویر، طرح ها و اشکال موجود در اسکناس می باشد. به دلیل تأثیر زیاد نویز و کثیفی از یک مرحله فیلتر وینر استفاده شده است (شکل ۳).



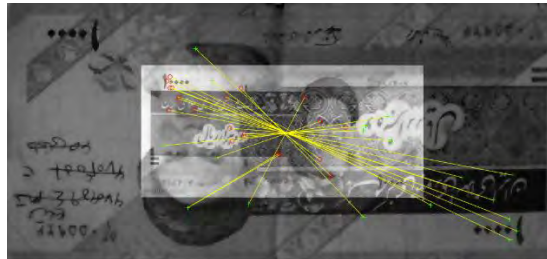
شکل ۳- اجرای فیلتر وینر با قاب ۵\*۵ بر روی تصویر ورودی

مقایسه دو تصویر اسکناس به دلیل حجم بالای اطلاعات و اشکال، زمان بر و نیازمند به محاسبات بالا دارد. روش های مختلفی برای مقایسه وجود دارد که هر کدام قسمتی از اطلاعات مهم را در نظر و باهم مقایسه می کند. الگوریتم انتخاب ویژگی SURF، ویژگی های بافتی و اشکالای شکل را استخراج کرده (شکل ۴) و بعد از تطبیق آن ها به تعدادی ویژگی مشترک می رسیم (شکل ۵) که می تواند بیانگر تعداد شباهت های دو تصویر باشد و در نهایت بیشترین شباهت مربوط به اسکناس تشخیص داده شده است.



شکل ۴- اجرای الگوریتم SURF بر روی تصویر ورودی

برای دقیق بودن این الگوریتم نقاط تطابق یافته تکراری در تصویر مورد آزمایش را یکی در نظر می گیریم تا مقدار شباهت واقعی باشد. در صورتی که تصویر ورودی یک اسکناس معیوب و پاره باشد این قسمت را نادیده می گیریم چون تعداد نقاط تطابق در آن به شدت کاهش می یابد که در شرط دوم در شکل ۱ نمایش داده شده است و فقط از آن برای بررسی وارونگی استفاده می کنیم.



شکل ۵- تطابق الگوهای اسکناس ورودی و مرجع

## ۳.۲. تشخیص رنگ

هر اسکناس یک رنگ زمینه مخصوص به خود را دارد که فارغ از طرح ها و نقش های جزئی می باشد. ولی اگر بخواهیم از رنگ اسکناس در تشخیص آن ها (نه تایید آن ها) استفاده نماییم، پیدا کردن رنگ غالب اسکناس، کافی نمی باشد. تصویر هر اسکناس را به بخش هایی تقسیم کرده که هر کدام از این بخش ها رنگ یکسانی داشته و یا تغییر رنگ در آن ها کم می باشد، همین رنگ های منطقه ای می تواند معیار خوبی برای تشخیص باشد [۹].

برای استخراج رنگ تصویر به صورت زیر عمل می کنیم:

۱- برای پیوستگی در تغییرات رنگ تصویر و حذف تغییرات ناگهانی رنگ تصویر از فیلتر median استفاده می کنیم.

۲- هر تصویر را به ۴۰ نوار عمودی تقسیم می کنیم (شکل ۶) و میانگین هر بلوک در کانال قرمز (تغییرات سطح رنگی اسکناس ایرانی در این کانال زیاد و متفاوت است) را محاسبه و روند تغییرات الگویی و سطحی آن ها را به نمودار تبدیل می کنیم (شکل ۷).



شکل ۶- تقسیم اسکناس ورودی به نوارهای عمودی

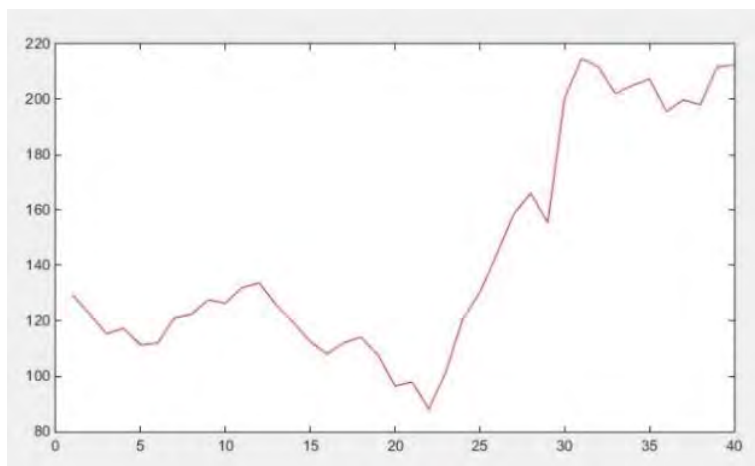
۳- با استفاده از بندهای زیر اختلاف بین اطلاعات رنگی در هر بلوک نسبت به کل اطلاعات کلیه اسکناس های مرجع محاسبه می کنیم که براساس تشابه بین اسکناس ها در هر بلوک می باشد. استفاده از این روش در تصاویر رنگ رفته بسیار کارآمد و با اطمینان بالا می باشد.

۳-۱- محاسبه تفاضل اندازه بلوک A تصویر مورد آزمایش از اندازه بلوک A تصویر [از تصاویر مرجع برای ۴۰ بلوک هر ۵ تصویر مرجع.

۳-۲- برای محاسبه تطابق الگوی رنگی، هر بار یکی از مقادیر محاسبه شده را به ترتیب از بلوک متناظر با خود کم می کنیم.

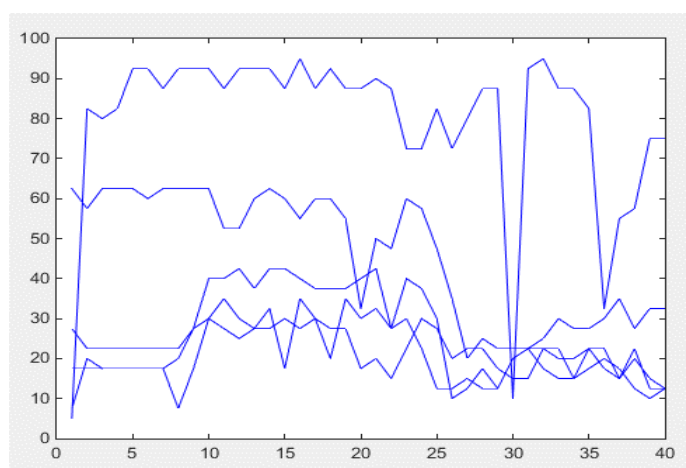
۳-۳- نمودار بلوک های تصاویر را با هم مقایسه می کنیم و شباهت سطح رنگ قرمز بلوک ها در یک بازه اختلاف ۲۰ تایی را محاسبه می کنیم و به ازای هر تطابق یک واحد مجموع را افزایش می دهیم.

۳-۴- درصد شباهت را بر اساس تعداد واحدهای شمارش شده نسبت به تعداد کل (۴۰ بلوک) محاسبه می کنیم.



شکل ۷- نمودار تغییرات الگوی رنگی تصویر ورودی براساس کانال قرمز

۴- درصد های تشابه را به صورت نمودار ترسیم کرده (شکل ۸) و بیشترین شباهت ها را برای هر کلاس در نظر می گیریم (جدول ۱) که بیشترین شباهت نشان دهنده تعلق داشتن تصویر ورودی در آن کلاس است.



شکل ۸- نمودار درصد شباهت های اسکناس ورودی با هر کلاس



جدول ۱- شباهت های ساختاری نمونه ورودی با الگوهای دیتابیس

بیشترین شباهت	کلاس ۵	کلاس ۴	کلاس ۳	کلاس ۲	کلاس ۱	
۹۵	۳۰	۴۲,۵	۳۵	۹۵	۶۲,۵	شباهت (%)

### ۳,۳. تعیین و اصلاح وارونگی

با استخراج نقاط تطابق یافته بافت اسکناس و همسان نبودن تشخیص اسکناس های قسمت رنگ و بافت، ضریب های نقاط را محاسبه می کنیم که در صورت برابر نبودن آن ها وارونه بودن تصاویر را می توان تشخیص داد. بنابراین تصویر ۱۸۰ درجه چرخانده می شود و محاسبات تشخیص رنگ دوباره انجام می گیرد.

### ۴. نتایج

این روش با ترکیب بررسی بافت و رنگ، عملیات تشخیص اسکناس را با اطمینان بالاتر نسبت به تک مرحله ای انجام می دهد. تعداد نمونه های مورد استفاده ما در این مقاله ۹۰۰ نمونه بوده است که براساس روش پیشنهادی آن ها را دسته بندی نموده ایم و به نتایج زیر رسیدیم (جدول ۲ تا ۵).

جدول ۲- تعداد تعلق های صورت گرفته در هر دسته ۴۵ تایی از اسکناس های تمیز

کلاس ۵	کلاس ۴	کلاس ۳	کلاس ۲	کلاس ۱	نوع اسکناس
۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	درست
۰	۰	۰	۰	۰	غلط
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	دقت %

جدول ۳- تعداد تعلق های صورت گرفته در هر دسته ۴۵ تایی از اسکناس های رنگ رفته

کلاس ۵	کلاس ۴	کلاس ۳	کلاس ۲	کلاس ۱	نوع اسکناس
۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	درست
۰	۰	۰	۰	۰	غلط
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	دقت %

جدول ۴- تعداد تعلق های صورت گرفته در هر دسته ۴۵ تایی از اسکناس های دارای دست نوشته و چروک

کلاس ۵	کلاس ۴	کلاس ۳	کلاس ۲	کلاس ۱	نوع اسکناس
۴۲	۴۵	۴۴	۴۳	۴۵	درست
۳	۰	۱	۲	۰	غلط
۹۳,۳۳	۱۰۰	۹۷,۷۷	۹۵,۵۵	۱۰۰	دقت %



جدول ۵- تعداد تعلق های صورت گرفته در هر دسته ۴۵ تایی از اسکناس های پاره و معیوب

نوع اسکناس	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴	کلاس ۵
درست	۴۵	۴۳	۴۳	۴۴	۳۹
غلط	۰	۲	۲	۱	۶
دقت (%)	۱۰۰	۹۵,۵۵	۹۵,۵۵	۹۷,۷۷	۸۶,۶۶

در نهایت گرچه به دلیل نبود دیتاستی مشخص و مرجع از اسکناس های ایرانی مقایسه ی نتایج غیر مقدور است اما با اعمال دیتاست موجود به روش های مذکور و استفاده از نتایج [۹] برای ۳ دسته از اسکناس ها به جدول ۶ رسیدیم. تصاویر اسکناس های موجود از لحاظ کیفیت به ۴ دسته تقسیم شده و دقت هر روش به ازای ۳ دسته درج شده است. برای مقایسه تشخیص و دسته بندی اسکناس های معیوب، در روش مویک ۸۰ درصد بوده [۱۰] که در روش پیشنهادی به ۹۵,۱۰ درصد بهبود داده شده است.

جدول ۶- مقایسه ی دقت چهار روش براساس نوع کیفیت تصاویر ورودی

کیفیت روش	تمیز	رنگ رفته	کثیف و چروک
مارکوف	۹۸٪	۹۱٪	۶۱٪
ماسک لغزان	۵۰٪	۴۰٪	۴۵٪
روش PCA	۷۱٪	۹۱٪	۶۱٪
روش پیشنهادی	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۹۷,۳۳٪

## ۵. نتیجه گیری و پیشنهادات

در روش پیشنهادی، برای رفع مشکل تشخیص اسکناس های تمیز، رنگ رفته، کثیف، چروک، دارای قلم خوردگی و معیوب از تطابق الگوهای بافت و سیگنال های رنگ در کانال قرمز استفاده کرده ایم. نتایج آزمایش این روش در تشخیص اسکناس تمیز ۱۰۰ درصد، رنگ رفته ۱۰۰ درصد، کثیف و چروک ۹۷,۳۳ درصد و برای اسکناس های معیوب و پاره ۹۵,۱۰ درصد را نشان می دهد. در حالت کلی این روش دارای ۹۸,۱۰ درصد تشخیص درست است و قابلیت تفکیک اسکناس های معیوب و پاره را دارا می باشد. پیشنهاد می شود برای کارایی بالاتر این روش از قطعه بندی تصاویر استفاده شود و در مرحله اول اسکناس را جدا و در مرحله دوم اسکناس تراز سازی شود. برای بهبود عملکرد و افزایش دقت می توان از بررسی سه کانال رنگ و مقایسه آن با اسکناس مرجع و در آخر از ترکیب وزن دار آنها استفاده نمود.

## ۶. مراجع

- [1] Chioa, E., Lee, J., and Yooni, J., "Feature Extraction for banknote classification using wavelet transform", 18<sup>th</sup> international conference on pattern recognition, Hong Kong, 2006.

- [2] Gunaranta, D., Kodikara, N., and Premaratne, H., "ANN based currency recognition system using compressed gray scale and application for Srilankan currency note SLCTec", world academy of science, engineering and technology, vol.35, pp.2070-374, 2008.
- [3] Aboa, M., Kikuchi, T., and Takefuji, Y., "Euro banknote recognition system using three-layered perceptron and RBF network", IPSJ Transaction on mathematical modeling and it's application , vol.44, pp.2291-2298, 2003.
- [4] Takeda, F., and Omata, S., "High speed paper currency recognition by nueral networks", IEEE Transaction on neural networks, vol.6, No.1, pp.73-77, 1995.
- [5] Tanka, M., "Modeling of mixtures of principal component analysis model with geneticalgorithm", 31<sup>st</sup> International Symposium on stochastic systems, Japan, 1999.
- [6] Hasanpour, H., and Farahabadi, M., "Using Hidden Markov Model for paper currency rognition, expert systems with application", vol.36, pp.10105-10111, 2009.

[۷] سالاریور، امیر، بهمنش، علی اصغر، ختن لو، حسن، "روش ترکیبی جهت تشخیص اسکناس های فارسی"، پانزدهمین کنفرانس بین المللی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، کد COI مقاله: CSICC15\_259، انجمن کامپیوتر، مرکز توسعه فناوری نیرو، تهران، ۱۳۸۸.

[۸] صبوری، فردین، علی کرمی، حسن، یغمایی، فرزین، "دسته بندی و تشخیص اسکناس های ایرانی بر اساس قوانین بیز و درخت تصمیم"، هشتمین کنفرانس بین المللی فناوری اطلاعات و دانش، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ۱۳۹۵.

[۹] مهدوی، مهرگان، آهکی لاکه، حبیب، ناصرشریف، بابک، "طراحی یک سیستم تشخیص اسکناس مبتنی بر شبکه عصبی با استفاده از مشخصه های بافت و رنگ تصویر"، دو فصل نامه ی پردازش علائم و داده ها، شماره ۲ پیاپی ۱۴، ۱۳۸۹.

- [10] F. Daraee,, and S. Mozaffari. "Eroded money notes recognition using wavelet transform." In 6th Iranian Machine Vision and Image Processing (MVIP), 2010, pp. 1-5. IEEE, 2010.