

تشخیص جعل کپی - انتقال در ویدیو بر اساس ماتریس

هم-رخداد شاخص های رنگی و ضریب همبستگی

وجیهه محمدرضاپور^۱، جوادعباسی آقاملکی^۲

Video Copy-Move Forgery Detection Based on Co-occurrence Colour Indices Matrix and Correlation Coefficient

Vajiheh Mohammad Reza Pour, Javad Abbasi Aghamaleki

Email: v_mrezapour@yahoo.com

چکیده

جایگزین کردن تعدادی فریم با یک کپی از فریم‌ها در همان ویدیو جعل کپی - انتقال نامیده می‌شود. در این مقاله، برای تشخیص جعل و مکان‌یابی آن از یک روش دو مرحله‌ای استفاده شده است. بدین صورت که در مرحله‌ی اول ویژگی‌های هر فریم توسط ماتریس هم-رخداد شاخص های رنگی استخراج می‌شود. سپس فاصله اقلیدسی بین ویژگی‌های هر فریم و فریم مرجع محاسبه می‌شود. بعد از آن، ویدیو به توالی های همپوشان تقسیم شده و شباهت بین این توالی‌ها حساب می‌شود. توالی‌هایی که شبیه به هم باشند به عنوان توالی‌های کاندید در نظر گرفته می‌شوند. در مرحله دوم، تکراری بودن توالی‌های کاندید توسط روش تطبیق بلوک تصادفی تایید می‌شود. دقت این روش برای ۱۰ ویدیو تست ۹۵٫۶٪ بدست آمد.

کلمات کلیدی

تشخیص جعل کپی - انتقال، مکان‌یابی، شباهت

۱. مقدمه

با استفاده گسترده از انواع دستگاه‌های چند رسانه‌ای دیجیتال همچون توسعه ابزارهای ویرایش ویدیو قدرتمند (مانند Adobe Premiere Pro و Adobe After Effects و غیره)، کاربران معمولی بدون گذاشتن هیچ سرنخ بصری به آسانی می‌توانند فرایند ویرایش فیلم‌ها را انجام دهند. به طوری که تعداد زیادی فیلم ویرایش شده و جعلی در سایت‌های اشتراک گذاری ویدیو، اخبار، اکتشافات علمی و دادگاه‌ها دیده می‌شوند. بنابراین پزشکی قانونی ویدیو به موضوع تحقیقاتی مهمی تبدیل شده است. پزشکی قانونی ویدیو در درجه اول به دودسته تقسیم می‌شود: پزشکی قانونی فعال و پزشکی قانونی غیرفعال. در پزشکی قانونی فعال، برای احراز هویت، از اطلاعات اعتبارسنجی استفاده می‌شود. به عنوان مثال، واترمارک دیجیتال و امضای دیجیتال که در حین تولید وارد ویدیو می‌شوند. در پزشکی قانونی غیر فعال، صحت و یکپارچگی یک ویدیو بدون استفاده از هرگونه اطلاعات اعتبارسنجی بررسی می‌شود که در عمل بیشتر مؤثر است [7].

دستاوردهای اخیر در پزشکی قانونی منفعل شامل مطالعات مختلفی صورت گرفته است. در یک مطالعه، برای

^۱ مؤسسه آموزش عالی روزبهان، ساری

^۲ مؤسسه آموزش عالی روزبهان، ساری

تشخیص اشیاء حذف شده در ویدیو-های گرفته شده توسط یک دوربین ثابت، روش تخمین حرکت مبتنی بر بلوک را به کاررفت [5]. همچنین به منظور تشخیص کوانتیزاسیون دوگانه در ویدیو دستکاری شده با فشردگی مضاعف از الگوریتمی استفاده شد که براساس مفاهیم تئوری تخمین کوانتیزاسیون دوگانه کار می کند ولی نمی تواند فریم های دستکاری شده را مکان یابی کند [8]. همچنین می توان به منظور تشخیص جعل از خواص فشردگی سازی ویدیو و تطبیق ویژگی هیس توگرام گرادیان جهت- دار (HOG) استفاده کرد. این رویکرد در برابر دستکاری های مختلف پردازش سیگنال مقاوم است [9]. همین طور براساس چارچوب یادگیری ماشین و توجه به ماهیت حساس توزیع اولین رقم در محتوای ویدیو و نرخ بیت هدف، دقت را افزایش داد [10].

دستکاری کپی - انتقال یک نوع رایج از جعل ویدیو است. در حال حاضر، روش هایی به منظور تشخیص جعل کپی - انتقال توسعه یافته اند بر این اصل استوارند که این نوع جعل همبستگی بالایی بین فریم های اصلی و کپی شده ایجاد می کند. به عنوان نمونه، برای محاسبه شباهت می توان از ماتریس همبستگی مکانی و زمانی استفاده کرد، به طوری که همبستگی زیر توالی ها، فریم های کپی شده در تمام طول ویدیو را نشان می دهد [11]. یک رویکرد دیگر مبتنی بر درستی به زبری که در تشخیص فریم های کپی شده-ی جعلی به کار می رود [6]. همچنین شباهت ساختاری بین فریم ها نیز می تواند در تشخیص فریم های تکراری به کار رود. در این رویکرد ویدیو به توالی های همپوشان تقسیم می - شود سپس شباهت بین هر دو فریم بدست می آید. در نهایت برای پیدا کردن جفت زیر توالی هایی که رابطه تکراری دارند شباهت زیر توالی ها محاسبه می شود [4]. رویکرد دیگر مبتنی بر شباهت بین فریم ها، روشی دو مرحله ای است که در مرحله اول ویژگی هر فریم استخراج می گردد سپس شباهت بین زیر توالی ها محاسبه می شود در مرحله دوم، فریم های کاندید استخراج می شوند و محل جعل تشخیص داده می شود [12].

در این تحقیق، نیز از یک روش دو مرحله ای برای تشخیص جعل استفاده شد. به طوریکه ابتدا، ماتریس هم - رخداد شاخص های رنگی به عنوان ویژگی از هر فریم استخراج شد سپس زیر توالی های کاندید استخراج گردید و مکان جعل بدست آمد. سپس نتایج برای ۱۰ ویدیو گرفته شده توسط دوربین دیجیتال و دوربین موبایل نشان داده می شود. در ادامه مقاله به شرح ذیل سازماندهی می شود. بخش ۲، جزئیات این روش تشخیص ارائه شده است. بخش ۳، نتایج تجربی نمایش داده شده است. در نهایت، نتیجه گیری در بخش ۴ ارائه شده است.

۲. الگوریتم

از آنجا که از شباهت زیادی بین توالی اصلی و توالی تکرار وجود دارد، تجزیه و تحلیل شباهت یک روش عملی برای تشخیص این نوع جعل است. الگوریتم شامل دو گام است: (۱) جستجوی کاندیدهای تکرار (۲) بررسی مجدد گام اول شامل تعیین توالی های کاندید تکرار در سه مرحله است: (i) استخراج ویژگی های هر فریم (ii) محاسبه فاصله اقلیدسی ویژگی ها (iii) محاسبه شباهت. گام دوم تایید توالی های کاندید تکرار بدست آمده است که در سه مرحله به صورت ذیل خلاصه می شود: (i) ادغام زیر توالی ها (ii) تایید کاندیدهای تکرار (iii) مکان یابی جعل.

۱.۲. جستجوی کاندیدهای تکرار

در این بخش با مشخص کردن توالی هایی از ویدیو که بیشترین شباهت را به یکدیگر دارند تعیین می شود که آیا ویدیو شامل فریم های تکراری است یا خیر.

۲.۱.۱.۲ ویژگی‌های هر فریم

ویژگی‌های بافت تصویر ویژگی‌هایی سراسری هستند و ویژگی‌های بصری کل تصویر را به خوبی نشان می‌دهند. از آنجا که بافت و رنگ مفاهیم مستقلی نیستند برای استخراج ویژگی‌ها، ماتریس هم - رخداد شاخص‌های رنگی استفاده شد [1-3]. این ماتریس در زاویای مختلف و بر اساس احتمال اتصال هر جفت پیکسل در کنارهم محاسبه می‌شود. ماتریس هم - رخداد شاخص‌های رنگی ماتریس هم - رخدادی است که به برچسب‌های رنگی یک تصویر ایندکس گذاری شده اعمال می‌شود. در این تحقیق، ۸ ماتریس هم - رخداد با بردارهای ذیل محاسبه شد:

$$\{(1,0), (1,1), (0,1), (-1,1), (-1,0), (-1,-1), (0,-1), (1,-1)\}$$

سپس به منظور مقاومت در برابر چرخش میانگین این ماتریس‌ها در نظر گرفته شد و ویژگی‌های آن به صورت ذیل استخراج گردید:

• انرژی

$$f1 = \sum_{u=0}^{k-1} \sum_{v=0}^{k-1} p(u, v)^2 \quad (1)$$

• کنتراست

$$f2 = \sum_{u=0}^{k-1} \sum_{v=0}^{k-1} |u - v|^2 p(i, j) \quad (2)$$

• همبستگی

$$f3 = \frac{1}{2} \sum_{u=0}^{k-1} \sum_{v=0}^{k-1} \frac{(u - \mu_u)(v - \mu_v)}{\delta_u^2 \delta_v^2} p(u, v) + 1 \quad (3)$$

• همگنی

$$f4 = \sum_{u=0}^{k-1} \sum_{v=0}^{k-1} \frac{p(u, v)}{1 + |u - v|} \quad (4)$$

• آنتروپی

$$f1 = -\frac{1}{2 \log_2 k} \sum_{u=0}^{k-1} \sum_{v=0}^{k-1} p(u, v) \log_2 p(u, v) \quad (5)$$

که u ، v مختصات ماتریس هم - رخداد هستند، k تعداد سطوح خاکستری، μ_u ، μ_v ، σ_u ، σ_v به ترتیب میانگین مقادیر و انحراف معیار u امین سطر و v امین ستون از ماتریس هم - رخداد هستند.

بنابراین در یک توالی ویدیو برای هر فریم ماتریس هم - رخداد محاسبه می‌شود و هر فریم i در این توالی با یک بردار ویژگی پنج مؤلفه‌ای به صورت ذیل نشان داده می‌شود:

$$F_i = \{f_{1i}, f_{2i}, f_{3i}, f_{4i}, f_{5i}\} \quad (6)$$

۲.۱.۲ محاسبه شباهت

به منظور محاسبه شباهت توالی ویدیو به چندین زیرتوالی همپوشان تقسیم می‌شود. اگر طول ویدیو L و طول هر زیر توالی n باشد ویدیو به m زیرتوالی ($m=L-n-1$) تقسیم می‌شود.

سپس شباهت بین زیر توالی‌ها توسط محاسبه ضریب همبستگی بین فریم‌های هر زیر توالی محاسبه می‌شود:

$$Fdist(i) = \left[\sum_{k=1}^{k=L} (F_{ik} - F_{referk})^2 \right]^{1/2} \quad (7)$$

ماتریس $corr$ یک ماتریس متقارن $m \times m$ است که درایه (i, j) ام آن ضریب همبستگی زیر توالی i ام و j ام است

که میزان شباهت بین این دو زیر توالی را مشخص می‌کند. این مقدار همواره در بازه $[1, -1]$ قرار دارد.



از آنجا که شباهت زیرتوالی‌های مجاور بسیار زیاد است در حالی که آن‌ها کپی یکدیگر نیستند به منظور حذف تاثیر این زیرتوالی‌ها ماتریس انحراف وزن‌دار به صورت ذیل تعریف می‌گردد:

$$\text{Devi} = \begin{cases} 0.2 & i = j + 1 \\ 1/i - j & i > j \leq m \end{cases} \quad (8)$$

توجه شود که ماتریس Devi یک ماتریس $m \times m$ است. سپس شباهت با تفریق دو ماتریس فوق محاسبه می‌شود که به صورت ذیل تعیین می‌گردد:

$$\text{CorrDevi} = \text{Corr} - \text{Devi} \quad (9)$$

دوزیر توالی که شباهت آن‌ها از آستانه تعیین شده بیشتر باشد به عنوان زیر توالی‌های کاندید در نظر گرفته می‌شوند.

۲.۲. بررسی مجدد

در این بخش، هدف تایید و مکان‌یابی موارد تکراری با استفاده از روشی است که به سه مرحله تقسیم می‌شود: (i) ادغام زیر دنباله‌های کاندید، (ii) تایید توالی تکرار، و (iii) مکان‌یابی

۱.۱.۲. ادغام زیر توالی‌ها

در این مرحله توالی‌های کاندید بدست آمده در مرحله قبل در صورتی که مجاور باشند باهم ادغام می‌شوند. در نتیجه یک زیر توالی کامل کاندید ایجاد می‌شود.

۲.۱.۲. تأیید کاندیدهای تکرار

بعد از ادغام زیرتوالی‌های کاندید هدف تأیید تکراری بودن آن‌هاست. بنابراین جهت بررسی از روش تطبیق بلوک تصادفی استفاده می‌شود.

ابتدا هر فریم به تعداد T بلوک غیرهمپوشان با اندازه 8×8 کاشی می‌شود. سپس به طور تصادفی و بدون تکرار R (در این مقاله $R=200$) بلوک بین $1-T$ انتخاب می‌شود و میانگین مقدار هر بلوک محاسبه می‌شود. اگر (P, Q) یک جفت زیر توالی کاندید تکرار باشد هر فریم P_i و Q_i با یک بردار R بعدی نمایش داده می‌شود که به ترتیب GP_i و GP_i نامیده شد. سپس جهت محاسبه شباهت این دو بردار ضریب همبستگی براساس فرمول (۷) محاسبه می‌شود اگر $GP_i, C(i) > T2$ و GQ_i تکراری هستند این کار تازمانی که آخرین فریم P و Q محاسبه شوند انجام می‌گیرد. بنابراین C یک بردار تک بعدی خواهد بود.

۳.۱.۲. مکان‌یابی جعل

بعد از مشخص شدن زیر توالی‌های کاندید (P, Q) ، الگوریتم باید بتواند بین زیرتوالی اصلی و زیرتوالی کپی تمایز قائل شود در این مطالعه از روش $SSIM$ (سنجش شاخص شباهت ساختاری) به منظور اندازه‌گیری شباهت بین دو فریم مجاور (I_i, I_{i+1}) استفاده می‌شود که به صورت تعریف می‌شود:

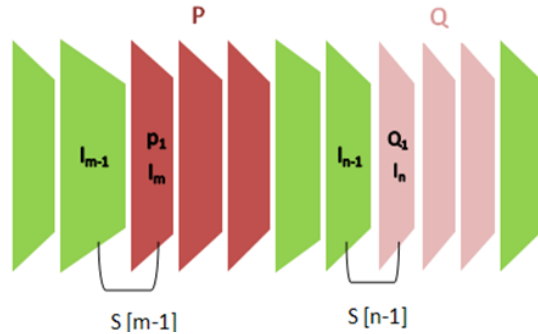
$$S[i] = SSIM(I_i, I_{i+1}) \quad (9)$$

که $i = 1, \dots, N-1$ و i ، امین فریم ویدیو و N تعداد کل فریم‌های ویدیو است.

فرض کنید P_1, m امین فریم ویدیو است که به صورت I_m نشان داده می‌شود و Q_1, n امین فریم ویدیو است که به صورت I_n نشان داده می‌شود. بنابراین $S[m-1]$ و $S[n-1]$ محاسبه می‌شود همین طور که در شکل (۱)



مشخص شده است. اگر $s[m-1]$ بزرگتر از $s[n-1]$ باشد P اصلی و Q کپی است در غیر این صورت Q اصلی و P کپی است.



شکل ۱: مثالی از مکانیابی تکرار

۳. بررسی الگوریتم

در صورت استفاده از اشکال و جداول، الزاماً می‌بایست در متن، پیش از نمایش آنها، ارجاع داده شده باشند. در این مطالعه، از ۱۰ ویدیو تست استفاده شد. از این تعداد، ۶ ویدیو از کتابخانه دانشگاه سوری در رابطه با آنالیز جعل (SULFA) گرفته شد. این دیتاست از طریق آدرس ذیل قابل دسترسی است:

<http://sulfa.cs.surrey.ac.uk/forged.php>

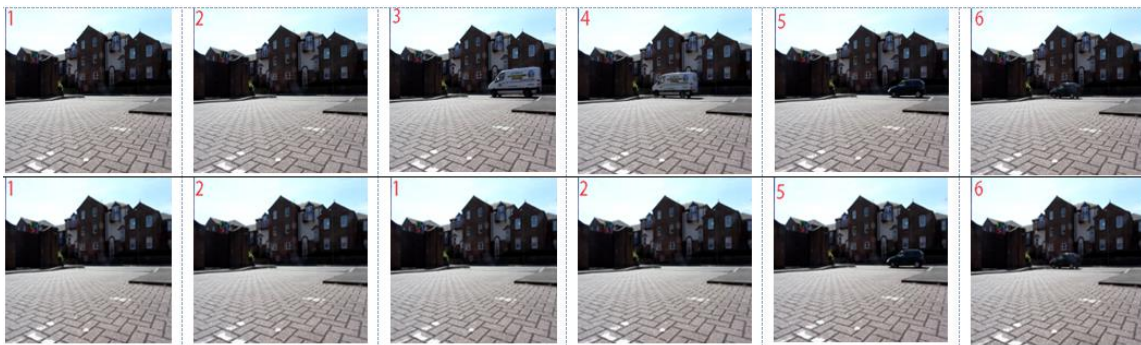
این ۶ ویدیو شامل: 06_ forged , 02_ forged , 02_ man , 2800_ fuji , van _ car forged , van _ car original , 08_ forge , 07_ forged , 07_ forged است. همچنین ۴ ویدیو نیز توسط دوربین موبایل Sony Ericson W995 گرفته شد. جدول (۱) جزئیات ۱۰ ویدیو تست مورد بررسی را نشان می‌دهد. همچنین کامپیوتر مورد استفاده در این مقاله به صورت ذیل است:

Cpu: intel® core™ i5-3230M 2.60 GHz

Os: Microsoft Windows 8

Coding: Matlab R2014a

شکل (۲) مثالی ساده‌ای از جعل ویدیو با روش کپی-انتقال را نشان می‌دهد ردیف بالا توالی اصلی و ردیف پایین توالی جعل شده را نشان می‌دهد. در این مثال فریم‌های ۳ و ۴ با فریم‌های ۱ و ۲ جایگزین شده‌است. جدول (۲) نتایج بدست آمده را نشان می‌دهد.



شکل ۲: مثالی ساده از توالی ویدیوی جعل شده با روش کپی-انتقال. ردیف بالا توالی اصلی و ردیف پایین توالی جعل شده را نشان می‌دهد.



۱.۳ محاسبه کارایی و انتخاب آستانه

برای ارزیابی روش پیشنهادی از دو معیار دقت و بازخوانی به صورت ذیل بیان می‌شوند:

$$\text{Precision} = \frac{Nc}{Nc + Nf} \quad (10)$$

$$\text{Recall} = \frac{Nc}{Nc + Nm} \quad (10)$$

Nc ، تعداد فریم‌های معتبری که معتبر تشخیص داده شده‌اند و Nf تعداد فریم‌های معتبری که جعلی تشخیص داده شده‌اند و Nm ، تعداد فریم‌های جعلی که معتبر تشخیص داده شده‌اند. پارامتر آستانه $T1$ ، تعداد کاندیدهای تکرار در مرحله جستجوی کاندیدهای تکرار را تعیین می‌کند. در حالی که پارامتر آستانه $T2$ ، برای اطمینان از تشخیص در مرحله بررسی مجدد استفاده شد. در این الگوریتم $T1=0.98$ ، $T2=0.995$ و $n=20$ در نظر گرفته شد. پس از محاسبه دومعیار فوق نتایج در جدول (۳) آمده است

جدول ۲: نتایج تست

محل دستکاری	رزولوشن	طول ویدیو	ویدیو تست
اصلی	۳۲۰×۲۴۰	۳۶۱	ویدیو ۱
۵۱-۱: اصلی کیپی: ۸۴-۱۳۷	۳۲۰×۲۴۰	۳۶۱	ویدیو ۲
۱-۱۰۸: اصلی کیپی: ۱۱۱-۲۲۰	۳۲۰×۲۴۰	۳۳۰	ویدیو ۳
۱۰۲-۶۰: اصلی کیپی: ۱۲۰-۱۶۲	۳۲۰×۲۴۰	۳۲۹	ویدیو ۴
۲۲۰-۲۴۶: اصلی کیپی: ۱۲۷-۱۵۹	۳۲۰×۲۴۰	۴۱۲	ویدیو ۵
۳۶۵-۳۹۲: اصلی کیپی: ۹۰=۱۱۷	۳۲۰×۲۴۰	۲۱۴	ویدیو ۶
۲۲۰-۲۴۶: اصلی کیپی: ۱۳۳-۱۵۹	۳۲۰×۲۴۰	۳۰۵	ویدیو ۷
۵۶-۹۷: اصلی کیپی: ۲۲۱-۲۶۵	۳۲۰×۲۴۰	۳۴۵	ویدیو ۸
۲۹۵-۳۲۸: اصلی کیپی: ۶۹-۱۰۵	۳۲۰×۲۴۰	۲۸۹	ویدیو ۹
۱۲۴-۱۶۴: اصلی کیپی: ۱۹۹-۲۴۴	۳۲۰×۲۴۰	۳۲۵	ویدیو ۱۰

جدول ۱: ویدیوهای تست

محل دستکاری	رزولوشن	طول ویدیو	ویدیو تست
اصلی	۳۲۰×۲۴۰	۳۶۱	ویدیو ۱
۵۱-۱ به جای فریم‌های ۱۳۷-۸۶ کیپی شد	۳۲۰×۲۴۰	۳۶۱	ویدیو ۲
۱-۱۰۸ به جای فریم‌های ۲۲۰-۱۱۱ کیپی شد	۳۲۰×۲۴۰	۳۳۰	ویدیو ۳
۱۰۲-۶۰ به جای فریم‌های ۱۲۰-۱۶۲ کیپی شد	۳۲۰×۲۴۰	۳۲۹	ویدیو ۴
۲۲۰-۲۴۶ به جای فریم‌های ۱۲۷-۱۵۹ کیپی شد	۳۲۰×۲۴۰	۴۱۲	ویدیو ۵
فریم‌های ۳۶۵-۳۹۲ به جای فریم‌های ۹۰=۱۱۷ کیپی شد	۳۲۰×۲۴۰	۲۱۴	ویدیو ۶
۲۲۰-۲۴۶: اصلی کیپی: ۱۳۳-۱۵۹	۳۲۰×۲۴۰	۳۰۵	ویدیو ۷
فریم‌های ۵۶-۹۷ به جای فریم‌های ۲۲۱-۲۶۵ کیپی شد	۳۲۰×۲۴۰	۳۴۵	ویدیو ۸
فریم‌های ۲۹۵-۳۲۸ به جای فریم‌های ۷۰-۱۰۳ کیپی شد	۳۲۰×۲۴۰	۲۸۹	ویدیو ۹
فریم‌های ۱۲۴-۱۶۴ به جای فریم‌های ۲۰۴-۲۴۴ کیپی شد	۳۲۰×۲۴۰	۳۲۵	ویدیو ۱۰

**۴. نتیجه گیری**

در این تحقیق، از یک روش مبتنی بر تکرار فریم ارایه شد. در گام اول ویژگی‌های هر فریم توسط ماتریس هم - رخداد شاخص های رنگی استخراج شد سپس فاصله اقلیدسی بین ویژگی‌های هر فریم و فریم مرجع بدست آمد. سپس شباهت بین زیرتوالی‌ها محاسبه شد. در مرحله دوم، کاندیدهای تکرار توسط روش تطبیق بلوک تصادفی تأیید شدند و در نهایت مکان رخ دادن جعل کپی - انتقال تشخیص داده شد. در کار بعدی، به منظور کاهش زمان محاسبه ویژگی‌های دیگر از هر فریم استخراج خواهد شد و از زیر توالی‌های دیگری استفاده خواهد شد.

جدول ۳: معیارهای دقت و بازخوانی

کارایی	
دقت (Precision)	بازخوانی (Recall)
۹۵,۶٪	۱

مراجع

- [1] Arvis, V., Debain, C., Berducat, M., Benassi, A , Generalization of the cooccurrence matrix for colour images: application to colour texture classification , Image Analysis & Stereology, vol .23,no.1,pp 63-72, 2011.
- [2] Bianconi, F., Harvey, R., Southam, P., Fernández, A, Theoretical and experimental comparison of different approaches for color texture classification, Journal of Electronic Imaging, vol.20, Issue. 4, 2011
- [3] Hauta-Kasari, M., Parkkinen, J., Jaaskelainen, T., Enz, R. L , Generalized cooccurrence matrix for multispectral texture analysis, Proceedings of the 13th International Conference on Pattern Recognition, vol. 2, pp.785-789,IEEE, 1996.
- [4] Li, F., Huang, T., Video Copy-Move Forgery Detection and Localization Based on Structural Similarity, Proceedings of the 3rd International Conference on Multimedia Technology (ICMT 2013) , pp. 63-76, Springer ,2014.
- [5] Li, L., Wang, X., Zhang, W., Yang, G., Hu, G. Detecting removed object from video with stationary background, IDigital Forensics and Watermaking ,pp. 242-252, Springer,2013.
- [6] Lin, G. S., Chang, J. F., Detection of frame duplication forgery in videos based on spatial and temporal analysis, International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence , vol. 26, no. 07 ,2012.
- [7] Milani S., Fontani M., Bestagini P et al ,An overview on video forensics ,APSIPA Transactions on Signal and Information Processing ,vol. 1,pp.1-18,ASIPA,2012.
- [8] Subramanyam, A. V., Emmanuel, S. ,Pixel estimation based video forgery detection, Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pp. 3038-3042, IEEE ,2013.
- [9] Subramanyam, A. V., Emmanuel, S., Video forgery detection using HOG features and compression properties, Multimedia Signal Processing (MMSp), pp. 89-94. IEEE, 2012.
- [10] Sun, T., Wang, W., Jiang, X. ,Exposing video forgeries by detecting MPEG double compression, Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pp.1389-1392,IEEE,2012.
- [11] Wang, W., Farid, H., Exposing digital forgeries in video by detecting duplication, Proceedings of the 9th workshop on Multimedia & security, pp. 35- 42 , ACM,2007.
- [12] Yang, J., Huang, T., Su, L., Using similarity analysis to detect frame duplication forgery in videos, Multimedia Tools and Applications, Springer,2014.