

روش جدیدی برای تشخیص و آنالیز حرکتهای پریودیک در تصاویر ویدئویی

معراج قادریان^۱، علیرضا بهراد^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده فنی مهندسی دانشگاه شاهد، ghaderian@shahed.ac.ir

^۲ استادیار دانشکده فنی مهندسی دانشگاه شاهد، behrad@shahed.ac.ir

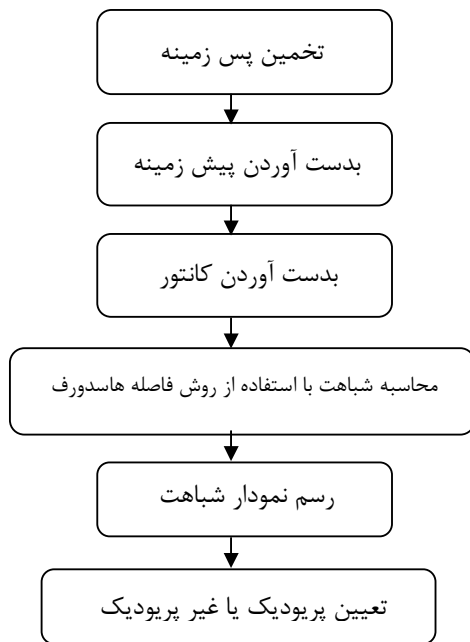
چکیده - در این مقاله روش جدیدی برای تشخیص و دسته بندی حرکتهای پریودیک و غیر پریودیک ارائه می شود. از آنجا که حرکت انسان از جمله مهمترین حرکتهای پریودیک می باشد، تمرکز ما بر روی این حرکات می باشد. روش کار به این صورت است که ابتدا به تشخیص پیش زمینه از پس زمینه می پردازیم سپس با استفاده از روش فاصله هاسدورف (*Hausdorff distance*) و خود تشابهی، شباهت فریم های مختلف ویدئو محاسبه شده و در نهایت بر اساس این معیار به ارزیابی پریودیک و یا غیر پریودیک بودن حرکت پرداخته می شود. در انتها نتایج عملی بر روی پایگاه داده ای متشکل از ۱۰۰ ویدئو بررسی شده که موثر بودن این روش نشان داده می شود. کلید واژه- حرکت های پریودیک و غیر پریودیک، خود تشابهی، فاصله هاسدورف.

مولفه های عمودی که دارای حرکت هستند طیف توان گرفته می شود. سپس آشکارسازی سیکل راه رفتن و نرمالیزه کردن طیف صورت گرفته و بردارهای توان ویژگی بدست می آید. سرانجام الگوی حرکتی ایجاد شده و با استفاده از آن به تشخیص حرکت پریودیک پرداخته می شود. Davis و Cutler [۳] به آشکارسازی و آنالیز حرکتهای پریودیک پرداختند. در روش ارائه شده ابتدا اشیاء متحرک جداسازی می شود. برای تشخیص پریود هر شیء، ابتدا شیء جدا شده برای هر تک تصویر با استفاده از مرکز شیء، هم ردیف شده و اشیاء تغییر اندازه داده می شود تا همگی اندازه یکسانی پیدا کنند. سپس خود تشابهی شیء محاسبه می شود. برای تشخیص اینکه یک شیء پریودیک است، طیف توان یک بعدی تخمین زده شده و حرکت پریودیک بصورت قله هایی در فرکانس های اصلی حرکت طیف دیده می شود. در روش Jin و همکارانش [۴]، حرکت محلی بدست آمده سپس به شناسایی شی پرداخته شده و در نتیجه یک نقاب حرکت شی ایجاد می گردد. با استفاده از میانگین مجذور بردارهای حرکت بدست آمده، خود تشابهی انرژی حرکت شی محاسبه شده و ماکزیمم های محلی در آن مشاهده می شود. نهایتاً در مجموعه ای از ماکزیمم های محلی بدست آمده توسط برازش، پریود تخمین زده می شود. Yoo و Nixon و Harris [۵] به استخراج و توصیف بدن انسان متحرک با استفاده از آنالیز حرکت پریودیک پرداختند. در روش آنها بدن انسان متحرک بدست می آید. سپس پس زمینه محاسبه شده و تصویر لبه بدست آورده می شود و سر

۱- مقدمه

حرکتهای پریودیک از جمله مهمترین حرکتهای موجود در طبیعت می باشد مانند پرواز پرنندگان، ضربان قلب، راه رفتن انسانها و غیره. از آنجا که مهمترین حرکت پریودیک، حرکت های مربوط به انسان است و این مساله یکی از مسایل مهم در بینایی ماشین می باشد و از طرفی پریود نشانه مهمی در تشخیص و آنالیز حرکت است، تحقیقاتی بر روی تشخیص و آنالیز حرکتهای پریودیک صورت گرفته است. Cheng و همکارانش [۱] یک تفکیک کننده ویژگی حرکت پریودیک معرفی کردند که انواع ورزش های مختلف را که دارای حرکت پریودیکی است متمایز می کند. در روش آنها با استفاده از بردارهای حرکت، منحنی ویژگی حرکت در راستای افقی و عمودی استخراج شده، سپس چگالی طیف توان منحنی های ویژگی با استفاده از روش کواریانس اصلاح شده بدست می آید. سر انجام با شناسایی ماکزیمم طیف توان، یکسری از مشخصه های فرکانسی بدست می آید که برای آنالیز حرکت انسان در تشخیص چهار نوع ورزش مختلف که دارای حرکت پریودیک هستند استفاده می شود. Meng و Holstein [۲] به تشخیص حرکتهای پریودیک بر اساس اطلاعات بدست آمده از روشهای فرکانسی مبتنی بر حرکت می پردازند. بر اساس روش آنها داده های حرکتی بر اساس نقاط ویژگی حرکت شار بدست می آید. سپس از منحنی های مسیر

خودشبهاتی برای تشخیص پرئودیک یا غیر پرئودیک بودن آن استفاده می‌شود.



شکل ۱: بلوک دیاگرام کلی الگوریتم پیشنهادی

۲-۱- تخمین پس زمینه

روشهای مختلفی برای تخمین پس زمینه مانند روش فیلتر میانه زمانی [۸]، روش ترکیب گوسی ها [۹] و روش تخمین چگالی هسته [۱۰] وجود دارد. در صورتی که تغییرات شدت روشنایی پس زمینه کم باشد فیلتر میانه عملکرد مناسبی برای تخمین پس زمینه خواهد داشت. در روش فیلتر میانه زمانی، تک تک پیکسل های فریم های یک ویدئو مرتب شده و میانه آن بعنوان پیکسل پس زمینه در نظر گرفته می شود که رابطه (۱) بیانگر آن است.

$$B(x, y, t) = \text{median}\{I(x, y, t - i)\} \quad (1)$$

$$i \in \{0, \dots, n-1\}$$

در رابطه (۱)، B تصویر پس زمینه و I تصویر موجود و n تعداد فریم های ویدئو می باشد. به منظور غلبه بر تغییرات شدت روشنایی، پس زمینه تصویر با محاسبه دوباره در طول زمان به روز می‌شود.

انجام ناحیه متحرک بدست می آید. پس از تشخیص بدن انسان، برای بهبود تشخیص و ناحیه بندی شی از اطلاعات حرکت پرئودیک حرکت راه رفتن استفاده می شود. در روش ارایه شده توسط Pogalin و همکارانش [۶]، تشخیص حالت پرئودیک بینایی با استفاده از همتراز کردن پنجره های شیء استخراج شده توسط یک الگوریتم ردیاب مناسب صورت می گیرد. رفتار پرئودیک شیء در این روش با استفاده از PCA تحلیل شده است [۷]، بطوریکه گروه داده های ورودی با هم دارای همبستگی فاصله ای هستند. PCA تغییرات دوره تناوب را با استفاده از شدت روشنایی و شکل شیء و به کمک متغیرهای ناشناس بدست می آورد. همچنین تحلیل داده ها از طریق تقسیم آنها به عناصر فاصله و زمان می باشد.

در اکثریت روشهای ذکر شده در بالا از بردارهای حرکت یا ویژگی های مستخرج از بردارهای حرکت برای تشخیص پرئودیک بودن حرکت استفاده شده است. اما مشکل این روشها در تشخیص پرئودیک بودن حرکت های انسانی، دقت کم آنها به علت خاصیت غیر صلب بودن حرکت بدن انسان است. از سوی دیگر محاسبات این روشها نیز زیادتر است. استفاده از روش خود تشابهی روش دیگری است که در برخی از مراجع برای تشخیص پرئودیک بودن استفاده شده است اما مشکل این روش تخمین دقیق ناحیه هدف و حساسیت آن نسبت به تغییرات شدت روشنایی است.

در این مقاله ما روشی برای تشخیص پرئودیک و یا غیر پرئودیک بودن حرکت پیشنهاد می دهیم که مبنای آن استفاده از خودتشابهی می باشد. برای رفع مشکلات روش خود تشابهی ما از استخراج کانتور هدف و محاسبه شباهت کانتور هدف در فریم های مختلف با استفاده از فاصله هاسدورف بهره برده ایم. ساختار این مقاله بصورت زیر است. در بخش ۲ روش پیشنهادی توضیح داده می شود. نتایج عملی در بخش ۳ بررسی شده و در بخش ۴ نتیجه گیری بیان می شود.

۲- روش پیشنهادی

مراحل کلی الگوریتم پیشنهادی در شکل ۱ نشان داده شده است. الگوریتم با تخمین پس زمینه شروع شده و با استفاده از پس زمینه محاسبه شده، پیش زمینه و کانتور هدف تخمین زده می شود. سپس با استفاده از روش فاصله هاسدورف خودشبهاتی بین هدف در فریم های مختلف محاسبه می شود. از منحنی

۲-۲- تفاوت پس زمینه و بدست آوردن کانتور

پس از بدست آوردن تصویر پس زمینه، تصویر موجود را از تصویر پس زمینه کم کرده و نیمرخ (Silhouette) ناحیه متحرک بدست می آید.

$$|I(x, y, t) - B(x, y, t)| > TH \quad (۲)$$

در اینجا TH یک آستانه بوده که بصورت تجربی و بر اساس نوع تصاویر بدست می آید که ما آنرا عدد ۱۰ در نظر می گیریم.

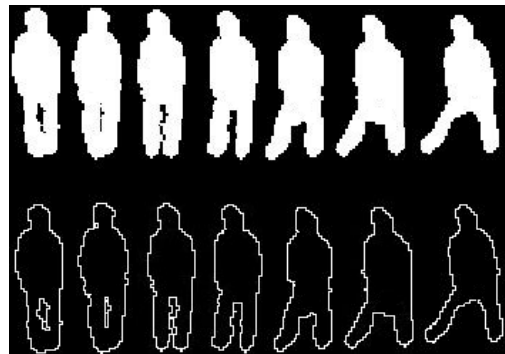
از آنجایی که نویزهایی در تصویر وجود داشته و دقت کار پایین می آید از عملگرهای شکل شناسی برای تشخیص بهتر نیمرخ استفاده می شود. ما از مراحل زیر برای تخمین دقیق کانتور هدف استفاده کرده ایم.

- حفره‌های کوچک پیش زمینه با استفاده از الگوریتمهای شکل شناسی پر می شوند.
- مرز بین اجزای متصل نزدیک به هم پر می شوند.
- مرز بزرگترین جزء متصل استخراج می شود و به عنوان هدف در نظر گرفته می شود.

- لبه‌های هدف در تصویر اصلی استخراج و کانتور هدف با استفاده از لبه‌های بدست آمده و مرز تخمینی در مرحله قبل محاسبه می شود. شکل ۲ نمونه‌ای از نتایج را نشان می دهد.
- پس از بدست آوردن کانتور، مرکز جرم آن (\bar{x}, \bar{y}) در هر فریم توسط رابطه (۳) بدست آورده می شود.

$$\bar{x} = \frac{\iint xb(x, y) dx dy}{\iint b(x, y) dx dy}, \bar{y} = \frac{\iint yb(x, y) dx dy}{\iint b(x, y) dx dy} \quad (۳)$$

که در رابطه (۳)، $b(x, y)$ تصویر باینری کانتور می باشد. برای همتراز کردن فریم ها با فریم اول و بدست آوردن شباهت حرکت، همه فریم ها را به مختصات مرکز جرم فریم اول انتقال داده تا همگی همتراز شوند.



شکل ۲: نمایش نیمرخ و کانتور ویدئوی شامل حرکت پیرودیک

۲-۳- فاصله هاسدورف و محاسبه شباهت

فاصله هاسدورف فاصله دو مجموعه از نقاط از یکدیگر را در یک فضای متریک اندازه گیری می کند. اگر هر نقطه از یک مجموعه به بعضی از نقاط مجموعه دیگر نزدیک باشد، دو مجموعه فاصله هاسدورف کمتری را خواهند داشت. فاصله هاسدورف طولانی ترین فاصله ایست که از نقطه ای در یک مجموعه به نقطه مجاور در مجموعه دیگر می توان رسید (شکل ۲).

فرض کنید X و Y دو زیر مجموعه غیر تهی از یک فضای متریک (M, d) باشد. فاصله هاسدورف $d_H(X, Y)$ بصورت زیر تعریف می شود.

$$d_H(X, Y) = \max\{\sup_{x \in X} \inf_{y \in Y} d(x, y), \sup_{y \in Y} \inf_{x \in X} d(x, y)\} \quad (۴)$$

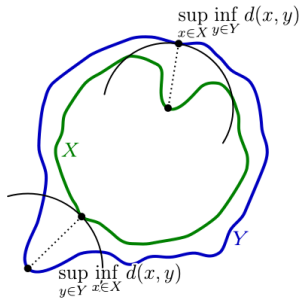
که \sup بیانگر supremum و \inf بیانگر infimum است. رابطه را می توان بصورت زیر نیز بیان کرد.

$$d_H(X, Y) = \inf\{\varepsilon > 0; X \subseteq Y_\varepsilon, Y \subseteq X_\varepsilon\} \quad (۵)$$

و

$$X_\varepsilon = \bigcup_{x \in X} \{z \in M; d(z, x) \leq \varepsilon\} \quad (۶)$$

بنابراین مجموعه همه نقاط در ε از مجموعه X است.



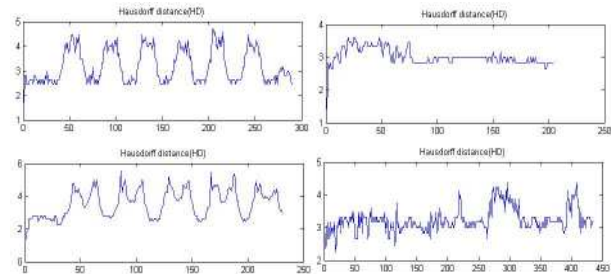
شکل ۳: نمایش فاصله هاسدورف میان دو منحنی

در این مرحله شباهت بین کانتور فریم اول با کانتور فریم های دیگر توسط فاصله هاسدورف محاسبه می شود. لازم به ذکر است که در تصاویر پیرودیک شباهت بین فریم اول با فریم های بعدی مرتباً افزایش و کاهش یافته و خود تشابهی حالت پیرودیک خواهد داشت. بنابراین از این معیار برای تشخیص حرکت‌های پیرودیک استفاده می کنیم.

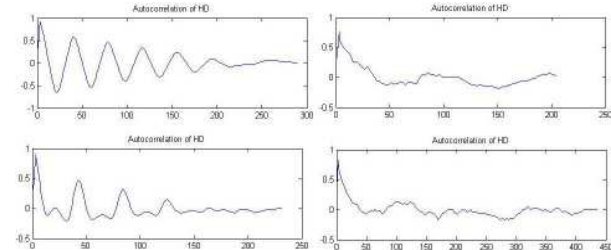
۲-۴- تشخیص پرئودیک بودن حرکت

همان طور که ذکر شد در حرکت‌های پرئودیک منحنی فاصله هاسدورف بین کانتور هدف در اولین فریم با کانتور هدف در بقیه فریم‌ها شکلی پرئودیک خواهد داشت. شکل ۴ نمونه‌ای از منحنی فاصله هاسدورف را برای حرکت‌های پرئودیک و غیر پرئودیک نشان می‌دهد. همان طور که از این شکل مشخص است این منحنی دارای نویز بوده و تشخیص پرئودیک بودن حرکت در آن سخت است. بنابراین ما از الگوریتم زیر برای تشخیص پرئودیک یا غیر پرئودیک بودن حرکت در تصاویر ویدئویی استفاده می‌کنیم:

- منحنی فاصله هاسدورف برای هدف متحرک محاسبه می‌شود.
- خود همبستگی منحنی فاصله هاسدورف محاسبه می‌شود. نمونه‌ای از منحنی خود همبستگی برای منحنی‌های شکل ۴ در شکل ۵ نشان داده شده است.
- قله‌ها و دره‌های منحنی خود همبستگی محاسبه شده و اختلاف دامنه و فاصله زمانی بین قله‌ها و دره‌های مجاور محاسبه می‌شود.
- اگر حداکثر اختلاف دامنه‌های محاسبه شده در مرحله قبل کمتر از حد آستانه T_1 باشد حرکت غیر پرئودیک است در غیر این صورت به مرحله بعد می‌رویم.
- اگر تغییرات فاصله‌های زمانی متوالی از یک حد آستانه بیشتر باشد حرکت غیر پرئودیک و گرنه پرئودیک است.



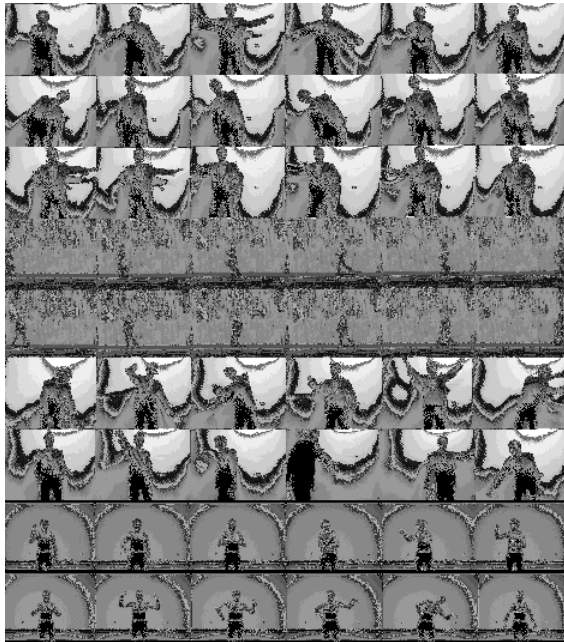
شکل ۴: منحنی فاصله هاسدورف برای حرکت‌های پرئودیک (ستون سمت چپ) و حرکت‌های غیر پرئودیک (ستون راست)



شکل ۵: منحنی خود همبستگی برای منحنی‌های شکل ۴

۳- نتایج تجربی

الگوریتم پیشنهاد شده با استفاده از نرم‌افزار Matlab پیاده سازی و با استفاده از پایگاه داده‌ای متشکل از ۱۰۰ ویدئو تست شد. پایگاه داده استفاده شده حاوی ۵۰ ویدئو با حرکت‌های پرئودیک و ۵۰ ویدئو شامل حرکت‌های غیر پرئودیک می‌باشد که تعداد فریم‌های پایگاه داده بین ۵۰ تا ۵۰۰ فریم می‌باشد. تعدادی از ویدئوهای پایگاه داده توسط نویسنده و با دوربین Canon ۱۲ مگاپیکسلی (با رزولوشن ۴۶۰×۴۸۰ و ۲۵ فریم بر ثانیه) تهیه شده و تعداد دیگر از ویدئوها از مراجع [۱۱ و ۱۲ و ۱۳] (رزولوشن ۱۴۴×۱۸۰ و ۲۵ فریم بر ثانیه) استخراج گردیده است. نمونه‌ای از ویدئوهای پایگاه داده شامل حرکت‌های پرئودیک و غیر پرئودیک در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶: نمونه‌های مختلف از ویدئوهای پایگاه داده

حرکت‌های پرئودیک موجود در پایگاه داده شامل ۲۲ نمونه ویدئو شامل انواع حرکت راه رفتن (۰ درجه، ۴۵ درجه و ۹۰ درجه)، ۷ نمونه ویدئو شامل انواع حرکت دویدن و ۲۱ نمونه ویدئو شامل انواع حرکت‌های ایروبیک می‌باشد. حرکت‌های غیر پرئودیک موجود در پایگاه داده شامل انواع حرکت‌های ایروبیک است که بصورت غیر پرئودیک صورت گرفته است.

جدول ۱ نتایج آزمایش الگوریتم پیشنهاد شده بر روی ۱۰۰ ویدئو پایگاه داده را نشان می‌دهد. همان طور که از این جدول مشخص است، الگوریتم شش حرکت پرئودیک را غیر پرئودیک تشخیص داده و یک حرکت غیر پرئودیک را پرئودیک تشخیص

۴- نتیجه گیری و پیشنهادات

ما روش جدیدی برای تشخیص و دسته بندی حرکت های پرودییک و غیر پرودییک ارائه کردیم که بر اساس آن با شناسایی پیش زمینه از پس زمینه و بدست آوردن کانتور آن، شباهت فریم های ویدئو را بر اساس فاصله هاسدورف بدست آورده و خود تشابهی آن را محاسبه می کنیم. آزمایشات نشان می دهد که این روش علاوه بر سادگی، دقت قابل ملاحظه ای داشته و در تشخیص حرکت های پرودییکی که تغییرات کمی نداشته باشد نتیجه مناسبی را دارد.

از جنبه هایی که می توان بعنوان راهکار در نظر گرفت استفاده از پارامترهای دیگری است که شباهت را بهتر تخمین بزند. بر این اساس روشهای اندازه گیری شباهتی مورد نظر است که بجای تمرکز بر روی شباهت ناحیه که کلیات شکل را مقایسه می کند، بر روی شباهت شکل متمرکز می شود.

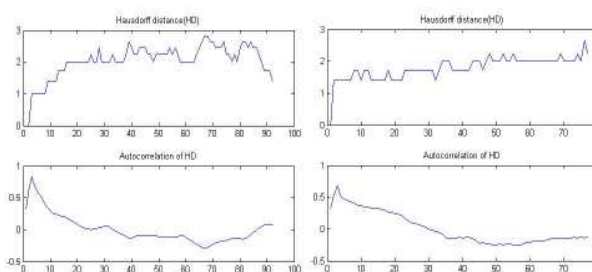
مراجع

- [1] F.X. Cheng, W. Christmas, and J. Kittler, "Periodic human motion description for sports video database", *International Conference on Pattern Recognition*, Vol. 3, pp. 870 – 873, 2004.
- [2] Q.Meng, B.Li and H.Holstein, "Recognition of human periodic movements from unstructured information using a motion-based frequency domain approach", *Image and Vision Computing*, Vol. 24, No. 8, pp. 795–809, 2006.
- [3] R.Cutler and L.Davis, "View-based Detection and Analysis of Periodic Motion", *Proc. Int'l Conf. Pattern Recognition*, Vol. 1, pp. 495 - 500, Aug. 1998.
- [4] X. Tong, L. Duan, C. Xu, Q. Tian, H. Lu, J. Wang and J.S. Jin, "Periodicity Detection of Local Motion", *IEEE International Conference on ICME*, pp. 650 – 653, 2005.
- [5] J.H.Yoo, M.S.Nixon and C.J.Harris, "Extraction and Description of Moving Human Body by Periodic Motion Analysis", *Proc. ISCA 17th International Conference on Computers and Their Applications*, pp. 110-113, 2002.
- [6] E. Pogalin, A.W.M. Smeulders, and A.H.C Thean, "Visual quasiperiodicity", *Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE Conference on*, pp. 1-8, August 2008.
- [7] R. O. Duda, P. E. Hart, and D. G. Stork, *Pattern Classification, Wiley- Interscience Publication*, 2000.
- [8] B.P.L. Lo and S.A. Velastin, "Automatic congestion detection system for underground platforms," *Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing, 2001. Proceedings of 2001 International Symposium on*, pp. 158-161, May 2001.
- [9] C. Stauffer and W.E.L. Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking," *IEEE COMPUTER SOCIETY CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION*, Vol. 2, pp. 246-252, June 1999.
- [10] A. Elgammal, D. Harwood, and L.S. Davis, "Nonparametric model for background subtraction," *LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE, ISSU 1843*, pp. 751-767, June 2000.
- [11] L. Gorelick, M. Blank, E. Shechtman, M. Irani, and R. Basri, "Actions as space-time shapes," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. 29, No. 12, pp. 2247–2253, Dec. 2007.
- [12] C. Schuldt, I. Laptev, and B. Caputo, "Recognizing Human Actions: A Local SVM Approach", *INTERNATIONAL CONFERENCE ON PATTERN RECOGNITION*, Vol. 17, pp. 32- 36, UK, 2004.
- [13] Online: <http://mocap.cs.cmu.edu/>

داده است. شکل ۷ منحنی فاصله هاسدورف و خود همبستگی را برای دو نمونه از این حرکت های پرودییکی که غیر پرودییک تشخیص داده شده اند را نشان می دهند. همان طور که مشخص است منحنی حالت پرودییک ندارد. این اتفاق زمانی رخ می دهد که حرکت های پرودییک باعث ایجاد تغییرات کمی در شکل کانتور شود. مانند حالتی که شخص به سمت دوربین می آید (راه رفتن ۹۰ درجه). در این حالت چون تغییرات شخص در حال حرکت کم می باشد فاصله هاسدورف بین فریم ها کم بوده و عملاً در تشخیص شباهت بین فریم ها و در نتیجه در تشخیص پرودییک حرکت، الگوریتم دچار خطا می شود. شکل ۸ منحنی فاصله هاسدورف و خود همبستگی حرکت غیر پرودییکی که پرودییک تشخیص داده است نشان می دهد. خطای بدست آمده در تشخیص حرکت های غیر پرودییک در موردی است که تغییرات ساختار و کلیت بدن حالت پرودییک داشته ولی حرکت شخص پرودییک نبوده است.

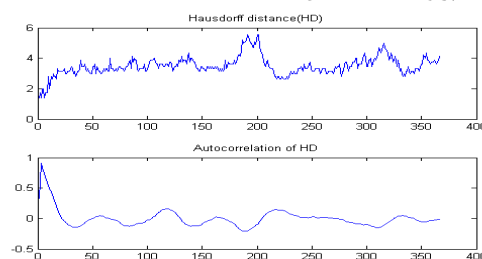
جدول ۱: نتایج تشخیص حرکت های پرودییک و غیر پرودییک

حرکت	تعداد	تشخیص درست	درصد تشخیص
پرودییک	۵۰	۴۴	٪۸۸
غیر پرودییک	۵۰	۴۹	٪۹۸
مجموع	۱۰۰	۹۳	٪۹۳



شکل ۷: منحنی های فاصله هاسدورف و خود همبستگی برای دو نمونه

از حرکت های پرودییک با تشخیص غلط



شکل ۸: منحنی های فاصله هاسدورف و خود همبستگی برای حرکت

غیر پرودییک با تشخیص غلط