

شناسایی افراد از روی نحوه راه رفتن با استفاده از الگوریتم LLE

مهديه کریمی لاکھانی^۱، دانشجوی کارشناسی ارشد، حمید بهنام^۲، استادیار

۱- دانشکده مهندسی برق- دانشگاه علم و صنعت ایران- تهران- ایران - mahdieh_karimi123@yahoo.com

۲- دانشکده مهندسی برق- دانشگاه علم و صنعت ایران- تهران- ایران - behnam@iust.ac.ir

چکیده: استفاده از نحوه راه رفتن افراد به عنوان بیومتریکی جهت احراز هویت، یکی از مطالعات مورد توجه در زمینه‌ی بینایی ماشین در سال‌های اخیر می‌باشد. روش‌های مطرح شده در این زمینه به دو دسته روش‌های مبتنی بر مدل و مبتنی بر ظاهر تقسیم می‌شوند. در این مقاله هر دو روش ذکر شده برای تعیین ویژگی جهت شناسایی استفاده می‌گردد. در ابتدا جهت شناسایی از شیخ‌های (Silhouette) به دست آمده از توالی‌های ویدئویی راه رفتن افراد استفاده می‌شود. این تصاویر دارای بعد بالایی هستند که باعث پیچیدگی در محاسبات می‌گردد. بنابراین بعد ذاتی تصویر که همان کمینه تعداد پارامترهای مورد نیاز برای شناسایی تصویر است محاسبه می‌گردد و از الگوریتم LLE برای کاهش بعد تصویر و فرونشاندن تصاویر به منیفلدی با بعد ذاتی استفاده می‌شود. از آنجایی که حرکت دست‌ها به دلیل حمل اشیاء و یا تکان خوردن در حین صحبت کردن، نسبت به حرکت پاها غیرقابل پیش‌بینی است در این مقاله نوعی ماسک رقمی برای جداسازی بخش پایینی بدن (پاها) از شیخ‌های به دست آمده از توالی‌های ویدئویی در نظر گرفته می‌شود و مجدداً شناسایی به کمک کلاس‌بندهای مختلف انجام می‌گردد. روش پیشنهادی بر پایگاه داده Osaka اعمال شده و در هر دو حالت نرخ قابل قبولی از شناسایی را ارائه می‌کند.

واژه‌های کلیدی: شناسایی از نوع راه رفتن، الگوریتم LLE، فیلتر هموارکننده، ماسک رقمی، طبقه‌بندی کننده KNN و SVM

Gait Recognition Using LLE Algorithm

M. Karimi Lakhani, H. Behnam

Department of Electrical Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

Abstract: Using the gait as a biometric for authentication is a study of high importance in the field of machine vision in recent years. The proposed methods in this area are divided into two categories of model-related and appearance-based methods. In this paper, both of the mentioned methods of feature extraction are used for authentication purposes. In this paper, silhouettes are used for recognition. These images possess a high dimension which brings about complexity of computations. Therefore, the intrinsic dimension of images which is the minimum number of required parameters for image identification is calculated. Then, the LLE algorithm is utilized for dimension reduction of images to a manifold with an intrinsic dimension. Since the motion of hands, due to carrying of stuff or unwanted movements while speaking, is unpredictable compared to the movements of legs, in this paper, a binary mask is proposed for detachment of the down part of the body (legs) from silhouettes gathered from the considered video frames. The proposed method is applied to the Osaka database and shows an acceptable rate of identification compared to the case in which the whole silhouette of the image is considered.

Keyword: Gait recognition, LLE, Smoothing filter, Binary Mask, KNN & SVM Classification.

تاریخ ارسال مقاله: ۹۱/۰۷/۰۴

تاریخ اصلاح مقاله: ۹۲/۰۱/۲۱ و ۹۲/۰۶/۰۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۰۸/۰۸

نام نویسنده‌ی مسئول: حمید بهنام

نشانی نویسنده‌ی مسئول: تهران- نارمک- خیابان هنگام- خیابان دانشگاه- دانشگاه علم و صنعت و ایران- دانشکده مهندسی برق

۱- مقدمه

در رمزنگاری سنتی، احراز هویت کاربران بر اساس کلید خصوصی بود که در اختیار هر کاربر قرار می‌گرفت. در صورتی که این کلیدها مخفی نمی‌ماندند و یا با کاربران غیرمجاز به اشتراک گذاشته می‌شدند امکان حمله به این نوع از سیستم‌ها وجود داشت [۱]. بیومتریک روشی قوی برای شناسایی خودکار و مطمئن افراد می‌باشد [۲]. در بسیاری از کاربردهای تشخیص هویت، مخصوصاً کاربردهایی که با جرائم سنگین در ارتباط می‌باشند بخش فراوانی از خصوصیات بیومتریک مبهم هستند. مثل مخفی بودن صورت یا پوشیده بودن گوش‌ها توسط موی سر و علاوه بر آن اغلب روش‌های بیومتریک نیازمند همکاری نزدیک شخص هدف هستند [۲ و ۳]. اما مردم باید راه بروند و راه رفتن معمولاً آشکار است و این مسئله باعث گسترش استفاده از شیوهی راه رفتن (گیت) به عنوان یک بیومتریک شد.

روش‌های شناسایی از نحوه‌ی راه رفتن، به دو دسته کلی مبتنی بر مدل و مبتنی بر ظاهر تقسیم می‌شوند [۴]. در رویکردهای مبتنی بر مدل ساختار بدن انسان را به صورت میله، بیضی و یا دوزنقه‌های گرد شده مدل می‌کند [۵] و رویکردهای مبتنی بر ظاهر، بدون تعیین حالت بدن و بر اساس تصاویر نیم‌رخ که از دنباله‌ی راه رفتن شخص به دست می‌آید (شیخ یا Silhouette) به شناسایی می‌پردازند.

پارامترهای استخراج شده برای شناسایی به دو دسته پارامترهای ایستا و پویا تقسیم می‌شوند. پارامترهای ایستا شامل پارامترهایی هم‌چون طول گام، آهنگ حرکت، تناوب راه رفتن و سرعت راه رفتن [۶ و ۷] می‌باشد. فرکانس و فاز راه رفتن قادر به تشریح بخش عمده‌ای از حرکات افراد هستند. فرکانس بیانگر سرعت حرکت پاهای فرد و فاز حالت ایستادن آغازین را بیان می‌کند. پارامترهای پویا برخلاف پارامترهای ایستا از ویژگی‌های شیخ به دست نمی‌آیند و در روش‌های مبتنی بر مدل کاربرد دارند [۸]. مدل‌سازی دست‌ها، مدل‌سازی سر و بالاتنه، مدل‌سازی پاها و ایجاد ساختار اسکلتی از جمله فعالیت‌های انجام شده در زمینه‌ی استخراج پارامترهای پویا است. نیکسون و بنت [۹] در مقاله‌ی خود، شیخ‌های به دست آمده از دنباله‌های ویدئویی فرد در حال حرکت مدنظر قرار داده و ماسک‌های گوناگونی مشابه شکل (۱) را روی بخش‌های مختلف تصویر قرار داده و به تحلیل اجزای مختلف بدن در حین حرکت پرداختند. در این روش به نرخ خوبی از شناسایی (بیش از ۸۰٪) دست یافتند.



شکل (۱): ماسک‌های مورد استفاده در روش نیکسون

استفاده از تمامی پیکسل‌های یک تصویر به عنوان ابعاد تصویر، باعث پیچیدگی محاسباتی و افزایش زمان محاسبات می‌شود. در سال‌های اخیر روش‌های بسیاری در زمینه کاهش بعد خطی غیرخطی مطرح گردیده است [۱۰]. روش‌های کاهش بعد خطی هم‌چون تحلیل جزء اصلی (PCA) و تبدیل موجک (DWT) کاربردهای فراوانی در تحلیل گیت داشته‌اند. در [۱۱] شیخ رقومی به دست آمده از دنباله‌ی راه رفتن را به صورت افقی، عمودی و مورب اسکن کرده و با کاهش بعد این دادگان به کمک تبدیل موجک گسسته، از آن برای شناسایی افراد بهره برده است. در [۱۲] فواصل فضایی بین شیخ و مستطیل محاط بر شیخ را محاسبه نموده و با اعمال PCA به ۴ سیگنال یک بعدی به دست آمده به کاهش بعد فضای ویژگی ورودی و شناسایی افراد می‌پردازد.

در شرایطی که ارتباط بین دادگان، ارتباطی غیرخطی باشد روش‌های کاهش بعد غیرخطی بسیار مؤثر می‌باشند. نمونه‌ای از کاربرد روش‌های کاهش بعد غیرخطی در تخمین سن و تحلیل حرکات افراد بیمار و شناسایی افراد از نحوه‌ی صحبت کردن در [۱۳-۱۵] ذکر شده است. در روش پیشنهادی در این مقاله، ابتدا شناسایی بر اساس الگوریتم کاهش بعد LLE انجام می‌گردد. این روش به کاهش بعد دادگان با حفظ خصوصیات محلی آن‌ها می‌پردازد. پس از آن، از آن‌جا که در حین راه رفتن، سر و بالاتنه تقریباً ثابت بوده و حرکت دست‌ها نیز قابلیت تشخیص پایین‌تری را دارند، نوعی ماسک رقومی تعریف می‌شود که تنها قسمت پایینی بدن و پاها را جدا کرده و تاثیر بالاتنه و دست‌ها را حذف می‌کند. این ماسک رقومی بر تصاویر شیخ اعمال شده و مجدداً الگوریتم LLE به آن اعمال می‌شود و شناسایی به کمک کلاسه‌بندی‌ها، انجام می‌گردد.

مراحل کلی روش در شکل (۲) نشان داده شده است. پس از اخذ اطلاعات و پیش‌پردازش، تصاویر شیخ به دست می‌آیند. در روش اول، الگوریتم LLE بر تصاویر شیخ اعمال می‌شود و شناسایی انجام می‌گردد. در حالت دوم، ماسک رقومی بر اساس داده‌های آناتومیکی تعیین می‌گردد و بر تصاویر شیخ اعمال می‌گردد و مجدداً

مشخص شده و به عنوان تصویر زمینه در نظر گرفته می‌شود. سپس قدرمطلق تفریق تصویر هر فریم از آن محاسبه و با یک مقدار آستانه، آستانه‌گیری می‌شود و نواحی حرکت استخراج می‌گردند. تصویر زمینه در t زمان به صورت رابطه زیر به دست می‌آید:

$$B(x, y, t) = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t I(x, y, i') \quad (1)$$

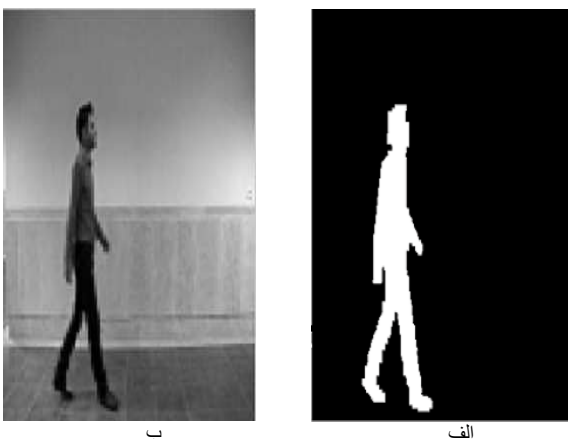
که $I(x, y, i)$ مقدار پیکسل (x, y) در زمان i است. رابطه فوق را می‌توان به روش ساده‌تر به شکل رابطه زیر بیان کرد:

$$B(x, y, t) = \frac{t-1}{t} B(x, y, t-1) + \frac{1}{t} I(x, y, t) \quad (2)$$

با تفریق تصویر از پس‌زمینه، تصویر اشیاء متحرک به دست می‌آید. سپس تصویر اشیاء متحرک با مقداری ثابت آستانه‌گیری می‌شود.

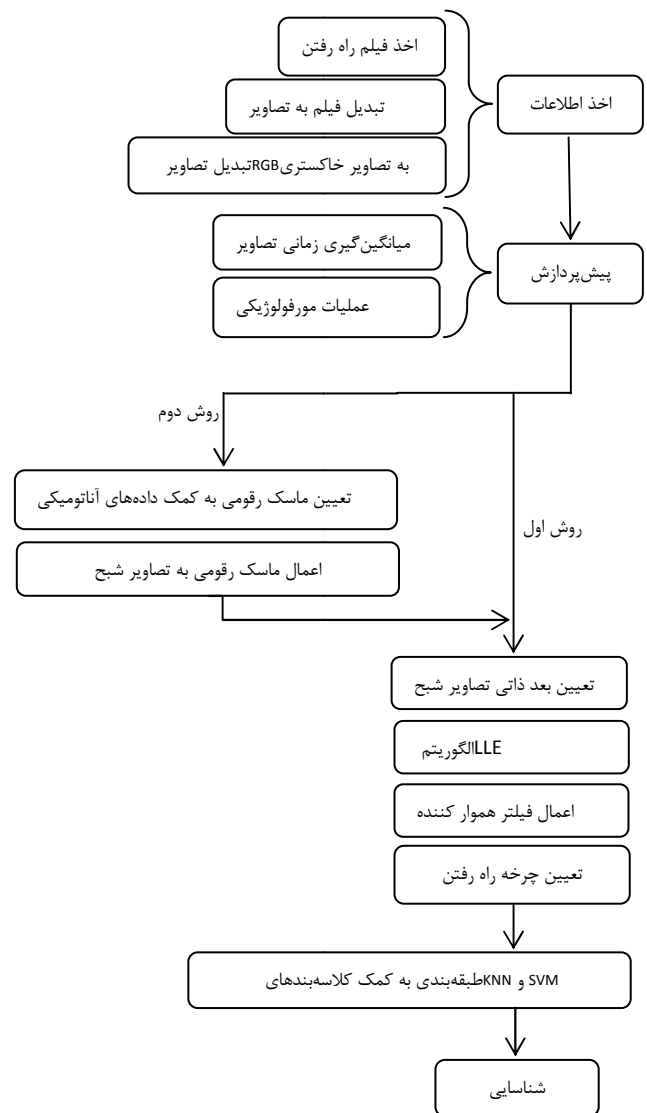
روش میانگین زمانی دنباله تصاویر بسیار سریع است و برای استفاده در محیط‌های بسته که شامل تغییرات نویز و حرکت‌های جزئی مثل حرکت برگ درختان نیستند، نتیجه‌ی خوبی به دست می‌دهد.

در صورتی که به دلیل مشابهت پیکسل‌هایی از پس‌زمینه و پیش‌زمینه، مرز ناحیه پیش‌زمینه به درستی تعیین نشود می‌بایست از عملیات مورفولوژیکی همچون فرسایش و تاخیر استفاده نمود. نمونه‌ای از استخراج پس‌زمینه از پیش‌زمینه با استفاده از این روش در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل (۳): استخراج شیخ، (الف) تصویر اصلی، (ب) شیخ استخراج شده با روش میانگین‌گیری زمانی پس از اعمال عملیات مورفولوژیکی

بعد ذاتی این تصاویر تعیین شده و الگوریتم LLE برای کاهش تصاویر به بعد ذاتی اعمال می‌گردد و شناسایی انجام می‌شود. ساختار کلی مقاله به این صورت است: در قسمت بعدی روش استخراج پیش‌زمینه بیان می‌شود. در بخش ۳ الگوریتم کاهش بعد LLE مطرح می‌شود. در بخش ۴، روش تعیین بعد ذاتی تصاویر شیخ بیان می‌شود. در بخش ۵ نحوه ایجاد ماسک رقومی مطرح می‌شود. در بخش ۶، نحوه محاسبه چرخه گیت بیان می‌شود و در بخش پایانی نتیجه آزمایش‌ها و شبیه‌سازی‌ها مطرح می‌شوند.



شکل (۲): مراحل کلی روش پیشنهادی

۲- استخراج پیش‌زمینه

یکی از روش‌های مفید برای استخراج شیخ رقومی استفاده از روش میانگین زمانی دنباله تصاویر می‌باشد که اولین بار در [۱۶] مطرح شد. در این روش میانگین فریم‌های متوالی در طول زمانی محدود

۳- روش کاهش بعد LLE

در روش‌های کاهش بعد، برای جلوگیری از پیچیدگی‌های محاسباتی و کاهش زمان محاسبات سعی می‌شود که داده‌ی اصلی X با ابعاد D را به بعد ذاتی آن (d) کاهش دهند. بعد ذاتی حداقل پارامترهای سیستم برای تخمین ویژگی‌های آن می‌باشد. مسئله کاهش بعد در واقع انتقال از فضای R^D به فضای R^d می‌باشد مشروط به اینکه هندسه دادگان تا حد قابل قبولی قابل بازسازی باشد [۱۷ و ۱۸]. روش مورد استفاده در این مقاله روش LLE می‌باشد که یکی از روش‌های قوی در زمینه‌ی کاهش بعد غیرخطی (NDR) محلی می‌باشد که از تحلیل مقادیر ویژه و بردارهای ویژه استفاده می‌کند.

روودی الگوریتم LLE، ماتریس X با ابعاد $N \times D$ می‌باشد. این ماتریس شامل N بردار است که هر بردار دارای بعد D می‌باشد. خروجی نیز ماتریس Y با ابعاد $N \times d$ می‌باشد، که شامل N بردار با ابعاد d می‌باشد. الگوریتم شامل سه مرحله کلی می‌باشد [۱۵]:

۱- یافتن k همسایه‌ی نزدیک برای هر داده

در این مرحله فاصله میان نقطه x_i با سایر نقاط x_j محاسبه می‌شود. در این مقاله از فاصله‌ی اقلیدسی استفاده شده است. k تا از کوچک‌ترین همسایگی‌ها انتخاب می‌شود و نقاط مرتبط با این همسایگی‌ها به عنوان همسایگان x_i در نظر گرفته می‌شود.

۲- بازسازی ماتریس وزن‌دهی (W)

هر یک از ضرایب ماتریس وزن‌دهی w_{ij} با کمینه‌کردن تابع خطای بازسازی در رابطه‌ی (۳) و با در نظر گرفتن شرط رابطه‌ی (۴) به دست می‌آیند.

$$\varepsilon(W) = \sum_{i=1}^N \left| \vec{x}_i - \sum_{j=1}^k w_{ij} \vec{x}_j \right|^2 \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^k w_j = 1 \quad (4)$$

در صورتی که x_i در همسایگی x_i نباشد، آنگاه $w_{ij} = 0$ قرار داده می‌شود.

۳- نگاشت به فضای R^d

پس از تعیین ماتریس وزن‌دهی، ماتریس خروجی کاهش بعد یافته‌ی Y به‌گونه‌ای تعیین می‌شود که تابع خطای رابطه‌ی (۵) را کمینه نماید.

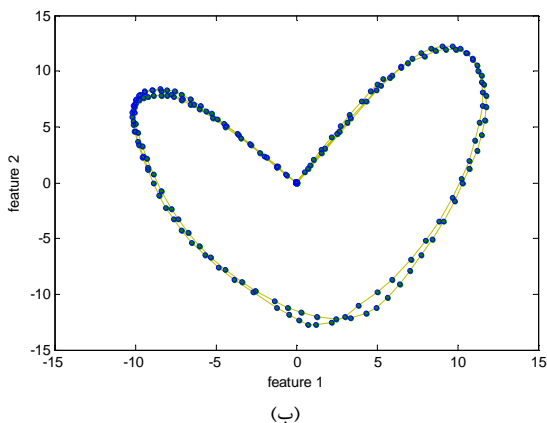
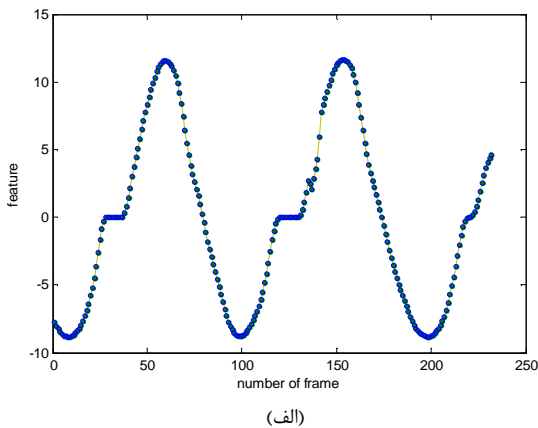
$$\varepsilon(y) = \sum_{i=1}^N \left| \vec{y}_i - \sum_{j=1}^k w_{ij} \vec{y}_j \right|^2 \quad (5)$$

برای سادگی در حل معادله‌ی (۵) ماتریس M مطابق رابطه‌ی (۶) تعریف می‌شود.

$$M = (I - W)^T (I - W) \quad (6)$$

با محاسبه مقادیر ویژه‌ی ماتریس M و در نظر گرفتن d بردار ویژه معادل با d کوچک‌ترین مقدار ویژه می‌توان تابع ارزشی رابطه‌ی (۶) را کمینه نمود. این بردارهای ویژه، مختصات جدید فضای خروجی الگوریتم LLE می‌باشند.

در شکل (۴) ۲۴۰ فریم از تصاویر راه رفتن فرد در سرعت $2 \frac{km}{h}$ با در نظر گرفتن ۱۰ همسایگی بر منیفلدی با فضای یک بعدی (شکل (۴-الف)) و ۲ بعدی (شکل (۴-ب)) پس از اعمال فیلتر هموارکننده فرونشانده شده‌اند. هر یک از نقاط در این نمودارها نشانگر یک فریم از تصویر راه رفتن فرد می‌باشد.



شکل (۴): (الف) فرونشاندن ۲۴۰ فریم از تصاویر راه رفتن بر منیفلدی یک بعدی، (ب) فرونشاندن ۲۴۰ فریم از تصاویر راه رفتن بر منیفلدی دو بعدی

علاوه بر موقعیت دست‌ها و پاها در حین راه رفتن، سرعت فرد و حالت ایستادن آغازین شخص نیز در ایجاد منیفلدها تاثیر دارند. حالت ایستادن آغازین فرد، بیانگر فاز اولیه در نمودار LLE یک بعدی می‌باشد. در شکل (۵) تصاویر راه رفتن یک شخص در سرعت‌های $2 \frac{km}{h}$ ، $3 \frac{km}{h}$ و $4 \frac{km}{h}$ اخذ شده و توسط الگوریتم LLE به منیفلدی یک بعدی فرونشاندن شده است. همان طور که از شکل (۵) برمی‌آید با افزایش سرعت فرد، فرکانس نمودار شبه‌سینوسی LLE یک بعدی نیز افزایش می‌یابد.

۴- تعیین بعد ذاتی

تاکنون روش‌های بسیاری برای تعیین بعد ذاتی تصاویر بکار گرفته شده است. در این مقاله از روش "تخمین بعد هم‌بستگی" برای تعیین بعد ذاتی تصاویر استفاده می‌شود. در این روش از این واقعیت استفاده می‌شود که اگر بعد ذاتی دادگانی برابر با d باشد آنگاه تعداد نقاط درون ابرکراهی به شعاع r با افزایش شعاع، متناسب با r^d افزایش می‌یابد. تعداد نقاط موجود درون ابرکراهی به شعاع r به صورت ریاضی طبق رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$H(r) = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n h \quad (7)$$

$$h = \begin{cases} 1, & \text{if } \|x_i - x_j\| \leq r \\ 0, & \text{if } \|x_i - x_j\| > r \end{cases}$$

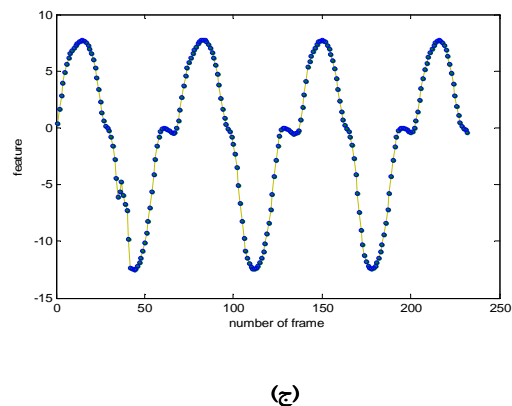
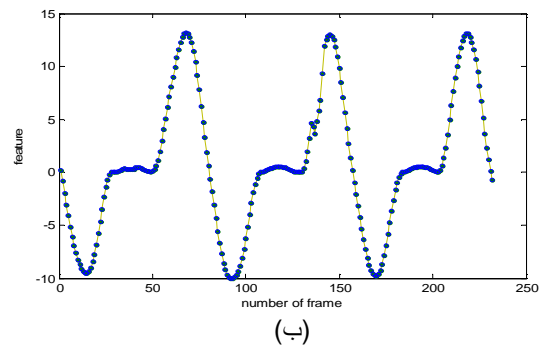
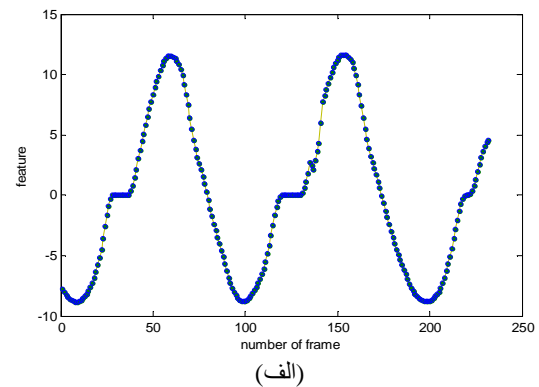
در رابطه‌ی (۷)، n بیانگر تعداد نقاط کل می‌باشد. با توجه به رابطه‌ی (۷)، بعد ذاتی تصاویر طبق رابطه‌ی (۸) محاسبه می‌شود.

$$d = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\log H(r)}{\log(r)} \quad (8)$$

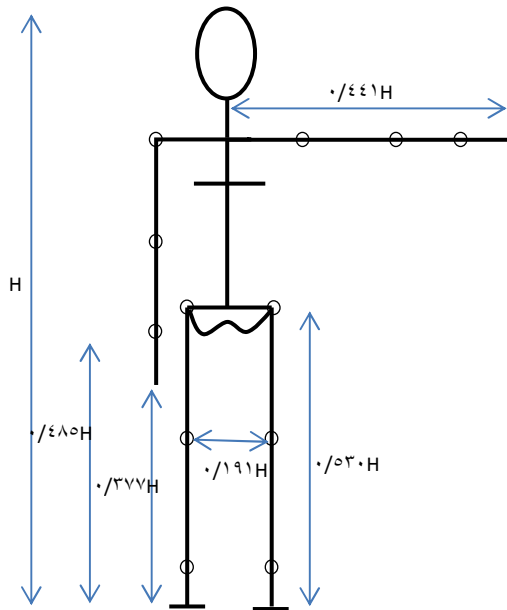
۵- تعیین ماسک رقومی

یکی از مشکلات در زمینه‌ی شناسایی از نحوه راه رفتن، وضعیت دست‌ها می‌باشد. چرا که قابلیت تشخیص دست‌ها در تصاویر شبیح بسیار پایین است و از طرف دیگر، حرکت دست‌ها به دلایلی همچون حرکت‌های غیرمتعارف دست‌ها در حین صحبت کردن و یا حمل اشیاء غیرقابل پیش‌بینی می‌باشد. همین امر باعث می‌شود که در موارد غیر آزمایشگاهی و واقعی، نرخ شناسایی افراد کاهش یابد. در این مقاله، برای رفع این مشکل با استفاده از یک ماسک رقومی، تنها حرکات پاها در نظر گرفته می‌شود. لازم به ذکر است که همواره این روش نسبت به حالتی که حرکت دست‌ها به صورت طبیعی و در شرایط آزمایشگاهی باشد نرخ شناسایی پایین‌تری دارد چرا که در حالت استفاده از ماسک‌های باینری، بخشی از اطلاعات

در نمودار LLE یک بعدی و دو بعدی، مقدار هر نقطه نشانگر موقعیت دست‌ها و پاها می‌باشد. در تصویر (۴-الف) در فریم‌های ۱۳ و ۵۴ تقریباً دو پا در کنار هم و در یک راستا قرار دارند و در فریم‌های ۱۳ تا ۵۴ در مسیر شیب مثبت پای چپ در قسمت جلو قرار دارد. در فریم‌های ۶۲ تا ۹۴ که بخش شیب منفی از نمودار را نشان می‌دهد پای راست در قسمت جلو قرار دارد. در نقاط قسمت کمینه و بیشینه، پاها و دست‌ها بسیار به یکدیگر نزدیک هستند و در نقاط عبور از صفر، دست‌ها و پاها بیشترین فاصله را از یکدیگر دارند.



شکل (۵): نمودار LLE یک بعدی از تصاویر راه رفتن یک فرد در سرعت‌های مختلف، (الف) منیفلد یک بعدی از تصاویر راه رفتن در سرعت $2 \frac{km}{h}$ ، (ب) منیفلد یک بعدی از تصاویر راه رفتن در سرعت $3 \frac{km}{h}$ ، (ج) منیفلد یک بعدی از تصاویر راه رفتن در سرعت $4 \frac{km}{h}$



شکل (۷): داده‌های آناتومیکی بدن بر اساس درصدی از ارتفاع بدن

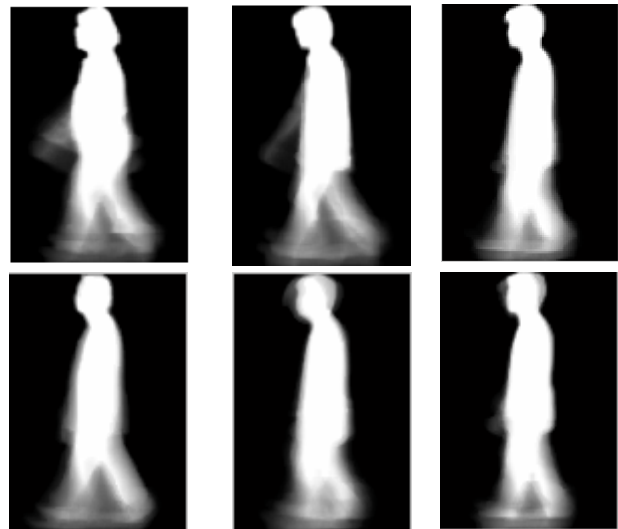


شکل (۸): تصویر ماسک رقومی پیشنهادی

در شکل (۹) اعمال الگوریتم LLE بر روی تصاویر شیخ و تصاویر بدست آمده پس از اعمال ماسک رقومی بر تصاویر شیخ نشان داده شده است.

(اطلاعات مربوط به دست‌ها و سر و گردن) حذف می‌شود و در نتیجه نرخ شناسایی کاهش می‌یابد. استفاده از ماسک باینری عنوان شده، اهمیت خود را در مواقعی نشان می‌دهد که فرد در حین حمل شی می‌باشد و یا عمداً در پی فریب است. در شکل (۶) میانگین ۳۶۰ فریم از ۶ شخص مختلف در حال راه رفتن نشان داده شده است.

همان‌طور که در شکل (۶) مشخص است معمولاً قسمت سر و بالاتنه در حین حرکت ثابت بوده و حرکت دست‌ها نیز به دلیل قرار گرفتن و انطباق بر بالاتنه، قابلیت تشخیص بسیار پایینی دارد.

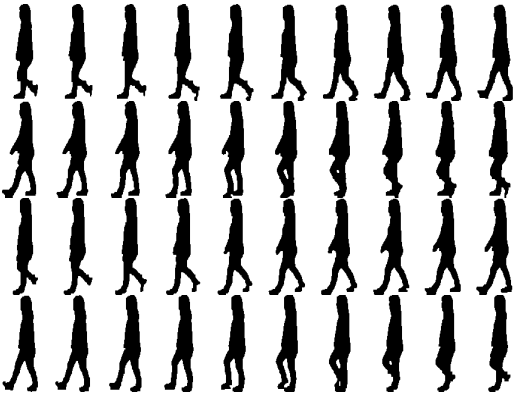


شکل (۶): میانگین تصاویر شیخ برای ۶ شخص مختلف در ۳۶۰ فریم. تصاویر شیخ از [۱۹] بدست آمده است.

در رویکردهای مبتنی بر مدل، دو نوع مدل شکلی و مدل حرکتی مورد توجه قرار می‌گیرند. در مدل‌های شکلی از مبنای هندسی برای اجزای بدن استفاده می‌شود. در سال ۱۹۶۶ دریلز و کونتینی طی بررسی‌های خود، داده‌های آناتومیکی بدن را به صورت درصدی از ارتفاع بدن بدست آوردند [۲۰] که به اختصار در شکل (۷) آمده است.

با توجه به شکل (۶) و (۷)، برای جداسازی حرکات پا از حرکات دست‌ها و سایر قسمت‌ها، از نوعی ماسک رقومی دوزنقه‌ای استفاده می‌شود که ۳۷٪ پایینی بدن را جدا نماید. تصویر ماسک مورد استفاده در شکل (۸) آمده است.

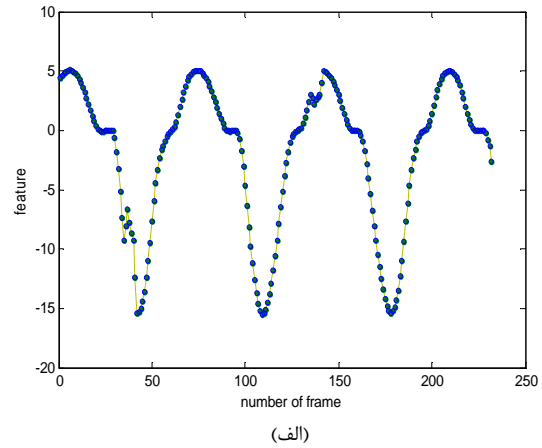
گیت در نظر گرفته می‌شود. در شکل (۱۰) نمونه‌ای از سیکل راه رفتن نشان داده شده است. همان طور که در این شکل نشان داده شده است، چرخه راه رفتن با اولین ضربه پاشنه پای چپ به زمین شروع شده و با ضربه‌ی مجدد پاشنه پای چپ به زمین نیز خاتمه یافته است.



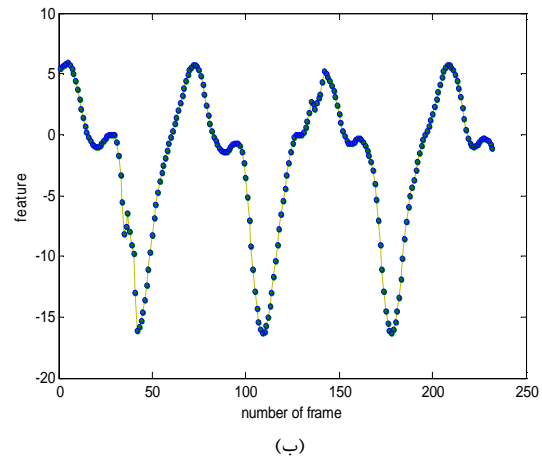
شکل (۱۰): یک چرخه گیت. (تصاویرشبح از [۱۹] انتخاب شده‌اند.)

تاکنون روش‌های بسیاری برای تعیین چرخه راه رفتن مطرح شده‌اند. همان طور که در شکل (۱۰) مشخص است طول و عرض شبح در طول یک چرخه تغییر می‌کند. این مورد مبنای روش‌های تعیین چرخه در [۲۱] و [۲۲] بود. اما این تغییرات در هر نیم-سیکل، به طور متناوب تغییر می‌کنند. بنابراین، این روش‌ها قادر به تشخیص نیم‌سیکل می‌باشند که می‌توان با دو برابر کردن آن به چرخه گیت دست یافت.

در روش کاهش بعد و فرونشاندن تصاویر شبح به منیفلد یک‌بعدی با تعیین نقاط ماکزیمم محلی یا مینیمم محلی می‌توان چرخه گیت را محاسبه نمود. در شکل (۱۱-الف) نمودار LLE یک‌بعدی از تصاویر شبح نشان داده شده است. در تصاویر (۱۱-ب) و (۱۱-ج) نیز به ترتیب نقاط بیشینه محلی و کمینه محلی تصویر (۱۱-الف) نشان داده شده‌اند. فاصله بین نقاط کمینه (و یا بیشینه) نشان‌دهنده‌ی یک سیکل کامل از راه رفتن فرد می‌باشد. روش دیگر برای تعیین چرخه گیت، تعیین نقاط عبور از صفر در نمودار LLE یک‌بعدی می‌باشد. اما همان طور که در شکل (۱۱-د) نشان داده شده است، این روش، این سیکل راه رفتن را ارائه می‌دهد.



(الف)



(ب)

شکل (۹): LLE یک بعدی، (الف) اعمال الگوریتم LLE بر تصاویر پاها (تصاویر شبح که ماسک رقومی بر آن اعمال شده است)، (ب) اعمال الگوریتم LLE بر تصاویر کامل شبح

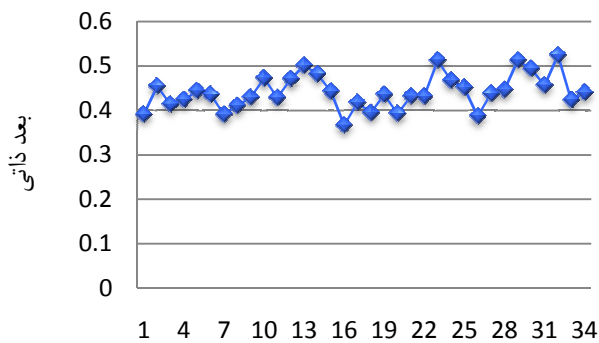
همان‌طور که از شکل (۹) مشخص است، نمودار LLE یک‌بعدی در شرایطی که کل تصویر شبح در نظر گرفته می‌شود و در شرایطی که تنها قسمت پاها از شبح در نظر گرفته می‌شود، تقریباً یکسان هستند. این مورد نشان‌دهنده‌ی این مطلب است که تاثیر دست‌ها در LLE بسیار کم‌تر از تاثیر پاها می‌باشد. اما منحنی شکل (۹-الف) حالت یکنواخت‌تری داشته و تناوب‌های مختلف آن شباهت بیشتری با یکدیگر دارند.

۶- محاسبه چرخه گیت

در حرکت بدن در حین راه رفتن، یک پا به عنوان تکیه‌گاه عمل می‌کند و پای دیگر، در حال حرکت به سوی نقطه اتکای بعدی می‌باشد. این نقش به طور متناوب میان پاها جابجا می‌شود. یک توالی واحد از این مراحل توسط پاها، را چرخه گیت می‌نامند. هر نقطه‌ای در این توالی را می‌توان به عنوان نقطه شروع در نظر گرفت. اما معمولاً تماس پاشنه پا با زمین به عنوان نقطه آغاز یک چرخه

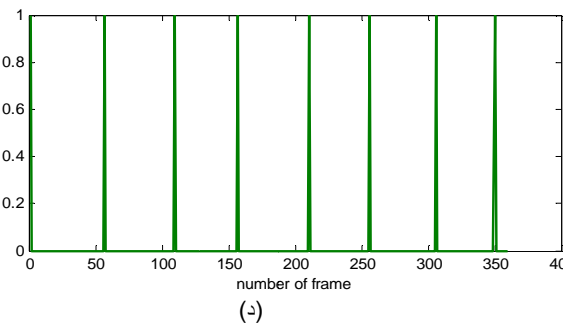
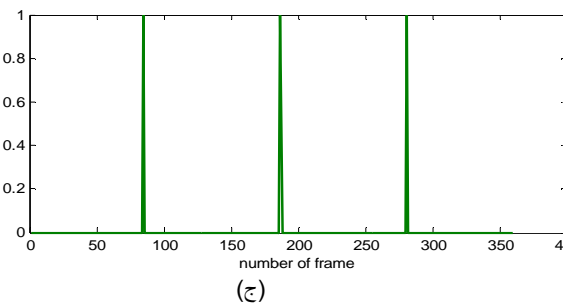
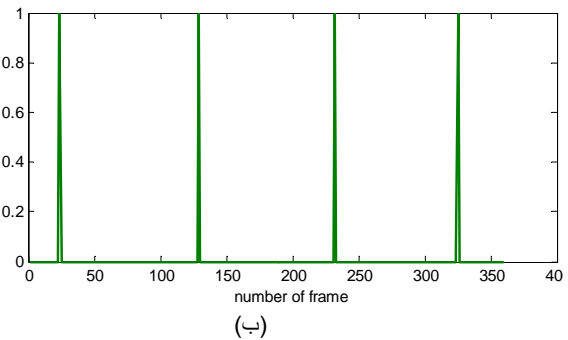
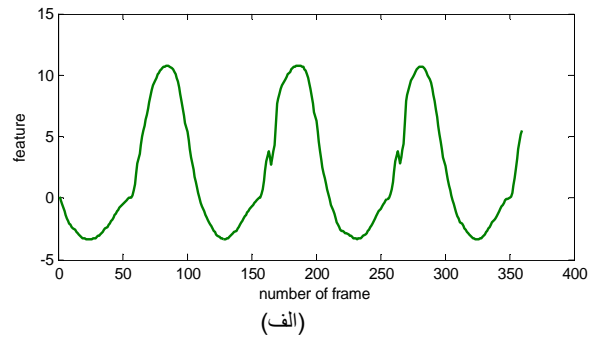
سرعت‌های $2 \frac{km}{h}$ الی $10 \frac{km}{h}$ تصاویری موجود است. از هر فرد، ۲ بار فیلم گرفته شده که یکی برای آموزش و دیگری برای آزمایش استفاده می‌شود. در این مقاله از تصاویر شبیح در سرعت $2 \frac{km}{h}$ استفاده شده است.

در ابتدا بعد ذاتی تصاویر شبیح برای ۳۴ نفر در پایگاه داده OU-ISIR-A محاسبه شده که در شکل (۱۲) نشان داده شده است. بعد ذاتی کم‌ترین تعداد پارامترهای سیستم برای توصیف آن می‌باشد. بنابراین تصاویر شبیح به منیفلدی با بعد ذاتی به دست آمده در این بخش فرونشاندن می‌شود.



شکل (۱۲): بعد ذاتی برای ۳۴ نفر، محور عمودی نشان‌دهنده‌ی بعد ذاتی و محور افقی معرف شماره‌ی شناسایی افراد است.

با میانگین‌گیری از ابعاد ذاتی اشخاص مختلف در شکل (۱۲)، بعد ذاتی به طور متوسط مقدار 0.4415 به دست می‌آید بنابراین بعد ذاتی "۱" برای کاهش بعد در نظر گرفته می‌شود. تصاویر شبیح مورد استفاده دارای ابعاد 128×88 می‌باشند. بنابراین بعد هر تصویر برابر 11264 می‌باشد. برای تشکیل ماتریس ورودی، هر تصویر به آرایه‌ای 1×11264 تبدیل می‌شود. تعداد فریم‌های موجود برای هر فرد ۳۶۰ عدد است. بنابراین ماتریس ورودی، ماتریس 360×11264 می‌باشد که هر سطر آن بیانگر یک فریم از تصاویر شبیح می‌باشد. تصویر این ماتریس ورودی در شکل (۱۳-الف) نشان داده شده است. ماتریس ورودی در شرایطی که ماسک رقومی اعمال می‌شود نیز مشابه ماتریس فوق می‌باشد با این تفاوت که تاثیر دست‌ها حذف شده است. در شکل (۱۳-ب) ماتریس ورودی در شرایط اعمال ماسک رقومی بر تصاویر نشان داده شده است.



شکل (۱۱): (الف) نمودار LLE یک بعدی پس از اعمال ماسک رقومی بر تصاویر شبیح، (ب) نمودار کمینه محلی، (ج) نمودار بیشینه محلی، (د) نمودار نقاط عبور از صفر

۷- نتایج تجربی

الگوریتم‌های پیشنهادی در این مقاله، بر پایگاه داده OU-ISIR اعمال شده است [۱۹]. این پایگاه داده شامل چند بخش مختلف با در نظر گرفتن تصاویر راه رفتن افراد در سرعت‌های مختلف، پوشش‌های مختلف و تغییرات نوسانی در تردمیل می‌باشد. در این مقاله از پایگاه داده A از OU-ISIR استفاده شده است که شامل تصاویر شبیح ۳۴ نفر می‌باشد. در این پایگاه داده از هر شخص، در

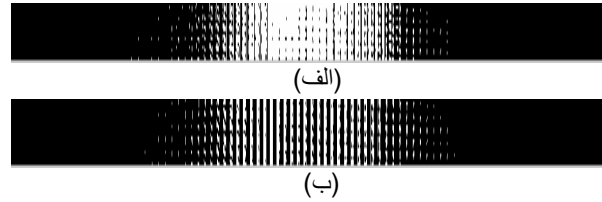
کاهش بعد و سایر روش‌های بکار رفته جهت شناسایی از نحوه‌ی راه رفتن در مقالات گوناگون انجام گرفته است. با توجه به جدول (۲) نرخ شناسایی به دست آمده، نرخ قابل قبول می‌باشد. مزیت این روش نسبت به سایر روش‌ها این است که در این روش، یک چرخه-ی کامل گیت قابل محاسبه است. در حالی که در سایر روش‌ها نیم چرخه‌ی گیت محاسبه شده و دو برابر می‌گردید که این عمل با خطا همراه است.

در بخش دوم، تاثیر ماسک رقومی مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از این ماسک نرخ شناسایی ۸۸٪ را ارائه داد. نرخ شناسایی در شرایطی که از ماسک باینری استفاده شده است به ازای طبقه-بندهای مختلف در جدول (۱) نشان داده شده است. در حالت استفاده از ماسک باینری، تنها از تصاویر پاها برای شناسایی استفاده می‌شود. بنابراین استفاده از این ماسک در شرایط واقعی و غیرآزمایشگاهی مناسب است چرا که در شرایط واقعی، معمولاً حرکت دست‌ها حالت تناوبی خود را حفظ نمی‌کند.

جدول (۱): نرخ شناسایی با استفاده از الگوریتم LLE در حالت استفاده از ماسک رقومی و بدون استفاده از ماسک رقومی

شناسایی با اعمال ماسک رقومی و تنها در نظر گرفتن پاها	شناسایی بر اساس کل تصویر شیخ	نوع طبقه بندی کننده بکار رفته
۰/۸۸	۰/۷۶	SVM
۰/۸۸	۰/۷۶	9NN- Euclidean
۰/۸۸	۰/۹۴	9NN- City block
۰/۷۶	۰/۷۶	9NN- cosine
۰/۷۶	۰/۷۶	9NN- correlation

با توجه به جدول (۱) طبقه‌بندی کننده‌ی 9NN با فاصله‌ی City block بهترین جواب را ارائه می‌دهد.



شکل (۱۳): (الف) ماتریس ورودی به الگوریتم LLE بدون اعمال ماسک رقومی. (ب) ماتریس ورودی به الگوریتم LLE پس از اعمال ماسک رقومی بر تصاویر شیخ

با توجه به بعد ذاتی به دست آمده، این ماتریس‌ها، توسط الگوریتم LLE و استفاده از فیلتر هموارکننده به منیفلدی یک‌بعدی مشابه شکل (۱۱-الف) فرونشاندن می‌شوند.

اکنون به ازای هر تصویر شیخ، یک نقطه در فضای یک‌بعدی معرفی می‌شود و برای هر فرد که دارای ۳۶۰ فریم راه رفتن می‌باشد برداری ۱×۳۶۰ به عنوان بردار شناسایی به طبقه‌بندی کننده-های SVM و KNN به ازای K=9 آموزش داده می‌شود. برای طبقه‌بندی کننده‌ی K نزدیک‌ترین همسایه، از چهار معیار فاصله اقلیدسی، سیتی بلاک، کسینوسی و هم‌بستگی استفاده می‌شود. برای دو بردار x و y با ابعاد 1×n فواصل فوق به صورت روابط (۹) تا (۱۲) تعریف می‌شود.

- فاصله اقلیدسی:

$$d = \sqrt{(x - y)(x - y)'} \quad (9)$$

- فاصله سیتی بلاک:

$$d = \sum_{i=1}^n |x_{1j} - y_{1j}| \quad (10)$$

- فاصله کسینوسی:

$$d = \left(1 - \frac{xy'}{\sqrt{(xx')}(yy')}\right) \quad (11)$$

- فاصله هم‌بستگی:

$$d = 1 - \frac{(x - \bar{x})(y - \bar{y})'}{\sqrt{(x - \bar{x})(x - \bar{x})'}\sqrt{(y - \bar{y})(y - \bar{y})'}} \quad (12)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_j x_{1j}$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_j y_{1j}$$

پس از آزمایش، نرخ شناسایی به ازای طبقه‌بندی‌هایی مختلف، مطابق با جدول (۱) به دست می‌آید. در بهترین حالت، نرخ شناسایی به ۹۴٪ می‌رسد. در جدول (۲) مقایسه‌ای بین نرخ شناسایی به دست آمده از روش پیشنهادی، سایر الگوریتم‌های

۸- نتیجه گیری

شناسایی هویت از روی نحوه راه رفتن در سال‌های اخیر به یکی از بیومتریک‌های مهم برای احراز هویت تبدیل شده است. در این مقاله به احراز هویت افراد با استفاده از الگوریتم کاهش بعد LLE پرداخته شد. بعد ذاتی تصاویر راه رفتن افراد محاسبه گردید و سپس با استفاده از الگوریتم LLE، تصاویر راه رفتن به بعد ذاتی خود فرونشاندند. نمودارهای به دست آمده پس از عبور از فیلتر هموارکننده برای شناسایی استفاده شدند. مزیت استفاده از این روش، به دست آمدن یک سیکل کامل چرخه راه رفتن می‌باشد. در حالت استفاده از الگوریتم LLE نرخ شناسایی ۹۴٪ به دست آمد. همان‌طور که در جدول (۲) نشان داده شده است، نتیجه‌ی به دست آمده از روش کاهش بعد LLE در این مقاله با توجه به نتایج سایر مقالات، نرخ قابل قبول می‌باشد.

در مرحله‌ی دوم مقاله، نوعی ماسک رقومی برای جداسازی حرکات پاها از حرکات سایر اجزای بدن تعریف شد. الگوریتم پیشنهادی بر پایگاه داده OU-ISIR آزمایش شد. نرخ شناسایی در این حالت، ۸۸٪ به دست آمد.

برای قدم‌های بعدی، می‌توان از سایر فواصل برای تعیین همسایگی‌های هر داده در الگوریتم LLE بهره برد.

سپاس‌گزاری

در این مقاله از پایگاه داده OU-ISIR که توسط دانشگاه Osaka جمع‌آوری شده است استفاده گردیده که از آن‌ها کمال تشکر را داریم.

مراجع

[1] U. Uludag, S. Pankanti and S. Prabhakar, "Biometric Cryptosystems: Issues and Challenges," Proceedings of the IEEE, Vol. 92, No. 6, 2004.

[2] D. Cunado, M. S. Nixon, and J. N. Carter, "Automatic Extraction and Description of Human Gait Models for Recognition Purposes," Computer Vision and Image Understanding, Vol. 90, No. 1, pp. 1-41, 2003.

[3] M. R. Dawson, *Gait Recognition*, Imperial College of Science, Technology and Medicine, 2002.

[4] D. Gafurov and E. Snekenes, "Spoof Attacks On Gait Authentication System," IEEE Transactions on Information Forensics and Security, Vol. 2, No. 3, pp. 491-502, 2007.

[5] H. G. Li and X. G. Li, "Gait Analysis Using Isomap," Proceedings of the 3rd International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 2004.

جدول (۲): مقایسه‌ی نرخ شناسایی در روش پیشنهادی و سایر روش‌ها

نرخ شناسایی	توضیح	روش
۹۰٪	اعمال تبدیل فوریه بر بردار تغییر شیب خطوط پاها	کاندو [۲۳] ۱۹۹۷
۹۳٪	استفاده از شناسه گام برای شناسایی	اور [۲۴] ۲۰۰۰
۹۳٪	استخراج پیش‌زمینه، محاسبه نمودار خودتشابهی میان تصاویر در تعدادی فریم، استفاده از تحلیل جزء اصلی	عبدالقادر [۲۵] ۲۰۰۱
۸۲.۵٪	شناسایی و احراز هویت بر اساس طول گام و طول قدم	عبدالقادر [۲۶] ۲۰۰۲
۱۰۰٪	استفاده از زاویه میان پاها در طول حرکت و تبدیل رگرسیون	یو [۲۷] ۲۰۰۲
۷۸.۷۵٪	جداسازی پس‌زمینه بر اساس روش گوسی مخلوط و تحلیل شیب	فیلیپس [۲۸] ۲۰۰۲
۸۷.۵٪	تعیین مرکز ثقل و تقسیم شیب به ۷ قسمت و شناسایی بر اساس ویژگی‌های بیضی‌های محاط بر هر قسمت	لی [۲۹] ۲۰۰۲
۷۰.۲٪	استفاده از اطلاعات مربوط به شناسه گام	سوتالا [۳۰] ۲۰۰۴
۸۹٪	استفاده از ویژگی‌های پویا و ایستا بصورت همزمان	ساندرسون [۳۱] ۲۰۰۴
۸۰٪	شناسایی بر اساس نسبت زمان برخورد پاشنه پا به زمین به زمان برخورد پنجه به زمین	میدلتون [۳۲] ۲۰۰۵
۹۶٪	استفاده از پارامترهای ایستا و تکیه بر اطلاعات مربوط به قالب و شکل	لیو [۳۳] ۲۰۰۶
۸۶.۳٪	شناسایی با استفاده از حسگر قابل پوشش	گافورو [۳۴] ۲۰۰۷
۸۸.۷۵٪	استخراج سیلهووت بر اساس روش CDM و استفاده از تبدیل ویولت	بو یه [۱۱] ۲۰۰۷
۹۶٪	استفاده از تبدیل رادون و تحلیل تفکیک کننده خطی	بولگوریس [۷] ۲۰۰۷
۹۷٪	استخراج پیش‌زمینه به روش تفرق	ایوانیدیس [۳۵] ۲۰۰۷
۹۰٪	شناسایی بر اساس روش‌های مبتنی بر مدل و شیوه ASM	کیم [۳۶] ۲۰۰۹
۹۸٪	استفاده روش تفرق برای استخراج شیب و استفاده از عرض شیب برای تحلیل گیت	سودها [۳۷] ۲۰۱۲
۶۴٪	شناسایی بر اساس فاز و فرکانس حرکت با الگوریتم Isomap	بکارگیری روش کاهش بعد ایزومپ
۹۴٪	شناسایی بر اساس فاز و فرکانس حرکت با الگوریتم LLE	روش پیشنهادی
۸۸٪	شناسایی بر اساس ماسک باینری و فاز و فرکانس حرکت پاها و الگوریتم LLE	روش پیشنهادی

- Proceedings of International Conference on Automatic Face and Gesture recognition, pp. 366-371, 2002.
- [22] S. Sarkar, P. J. Phillips and Z. Liu, "The Human ID Gait Challenge Problem: Data Sets, Performance and Analysis," IEEE Transactions On PAMI, Vol. 27, No. 2, pp.162-177, 2005.
- [23] D. Cunado, M. S. Nixon and J. N. Carter, "Using Gait as a Biometric, via Phase-Weighted Magnitude Spectra," Proceedings of 1st International Conference on Audio and Video Based Biometric Person Authentication, pp. 95 –102, 1997.
- [24] R. J. Orr and G. D. Abowd, "The Smart Floor: A mechanism for Natural Use R identification and Tracking," Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems, 2000.
- [25] C. B. Abdelkader, R. Cutler, H. Nanda, and L. Davis, "Eigengait: Motion-Based Recognition of People Using Image Self-Similarity," Proceedings of 3rd International Conference on Audio- and Video-Based Biometric Person Authentication, 2001.
- [26] C. B. Abdelkader, R. Cutler, and L. Davis, "Stride and Cadence as a Biometric in Automatic Person Identification and Verification," Proceedings of 5th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, Vol. 2, pp. 357–362, 2002.
- [27] J. Yoo, M. S. Nixon and C. J. Harris, "Extracting Human Gait Signatures by Body Segment Properties," 5th IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation, Vol. 20, No. 2, pp. 35-39, 2002.
- [28] P. J. Phillips, S. Sarkar, I. Robledo, P. Grother, and K. Bowyer, "The Gait Identification Challenge Problem: Data Sets and Baseline Algorithm," Proceedings of International Conference on Pattern Recognition, pp. 385-388, 2002.
- [29] L. Lee, "Gait Dynamics for Recognition and Classification," Proceedings of International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, Vol. 2, pp. 702-718, 2002.
- [30] J. Suutala and J. Rning, "Towards the Adaptive Identification of Walkers: Automated Feature Selection of Footsteps Using Distinction Sensitive LVQ," Proceedings of International Workshop on Processing Sensory Information for Proactive Systems, 2004.
- [31] A. Kale, A. Sundaresan, "Identification of Humans Using Gait," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 13, No. 9, 2004.
- [32] L. Middleton, A. A. Buss, A. Bazin, and M. S. Nixon, "A Floor Sensor System for Gait Recognition," Proceedings of 4th IEEE Workshop on Automatic Identification Advanced Technologies, pp. 171–176, 2005.
- [33] Z. Liu, "Improved Gait Recognition by Gait Dynamics Normalization," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 28, No. 6, pp. 863-876, 2006.
- [34] D. Gafurov, E. Snekenes, and P. Bours, "Gait authentication and Identification Using Wearable Accelerometer Sensor," Proceedings of 5th IEEE
- [6] S. A. Niyogi and E. H. Adelson, "Analyzing and Recognizing Walking Figures in XYT," In Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition IEEE, pp. 469-474, 1994.
- [7] N. V. Boulgouris and Z. X. Chin, "Gait Recognition Using Radon Transform and Linear Discriminant Analysis," IEEE transactions on image processing, Vol. 16, No. 3, 2007.
- [8] R. Tanawongsuwan and A. F. Bobick, "Gait Recognition from Time Normalized Joint Angle Trajectories in the Walking Plane," In Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition Conference, Vol. 2, 2001.
- [9] J. P. Foster, M. S. Nixon and A. Prugel-Bennett, "New Area Based Gait Recognition," Audio and Video Based Biometric Person Authentication, pp. 312-317, 2001.
- [10] L. J. P. Van Der Maaten, E. O. Postma, and H. J. Van Den Herik, "Dimensionality R Education: A Comparative Review." IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2007.
- [11] B. Ye and Y. M. Wen, "Gait Recognition Based on DWT and SVM," IEEE International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, pp. 1382-1387, 2007.
- [12] M. Ekinci, "Gait Recognition Using Multiple Projections," Proceedings of the 7th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, Vol. 13, No. 9, pp. 517-522, 2006.
- [13] G. Guo, "Image-Based Human Age Estimation by Manifold Learning and Locally Adjusted Robust Regression," IEEE Transactions on image processing, Vol. 17, No. 7, 2008.
- [14] R. Ali and L. Atallah, "Detection and Analysis of Transitional Activity in Manifold Space," IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, Vol. 16, No. 1, 2012.
- [15] S. Zhang and L. Zha, "Speech Emotion Recognition Based on Supervised Locally Linear Embedding," The National Natural Science Foundation of China, pp. 401-404, 2010.
- [16] N. Friedman and S. Russell, "Image Segmentation in Video Sequences: a Probabilistic Approach," Proceedings 13th Conference Uncertainty in Artificial Intelligence, pp. 1–3, 1997.
- [17] L. Cayton, "Algorithms for Manifold Learning," Mathematical Methods of Operations Reseach, Vol. 64, pp. 541-555, 2006.
- [18] X. Huo, X. S. Ni, and A. K. Smith, "A Survey of Manifold Based Learning Methods," Book Chapter (Chapter1) of Mining of Enterprise Data, Springer, pp. 691-745, 2005
- [19] The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University: <http://www.am.sanken.osaka-u.ac.jp/>
- [20] D. A. Winter, *Biometrics and Motor Control of Human Movement*, John Wiley and Sons, 1990
- [21] R. T. Collins, R. Gross and J. Shi, "Silhouette-Based human Identification From Body Shape and Gait,"

- Workshop on Automatic Identification Advanced Technologies, pp. 220–225, 2007.
- [35] D. Ioannidis, D. Tzovaras and I. G. Damousis, “Gait Recognition Using Compact Feature Extraction Transforms and Depth Information,” *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, Vol. 2, No. 3, pp. 623-630, 2007.
- [36] D. Kim, S. Lee and J. Paik, *Active Shape Model-Based Gait Recognition Using Infrared Images*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009.
- [37] L. R. Sudha, Dr. RBhavani, “Performance Comparison of SVM and KNN in Automatic Classification of Human Gait Patterns,” *International Journal of Computers*, Vol. 6, No. 1, pp.19-28, 2012.

زیر نویس ها

- ¹ Principal Component Analysis
² Discrete Wavelet Transform
³ City Block