

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده برق و ریاضیات

پایان نامه کارشناسی ارشد

عنوان:

تشخیص هویت افراد بر اساس بازشناخت

الگوی راه رفتن

شروین رحیمزاده عرشلو

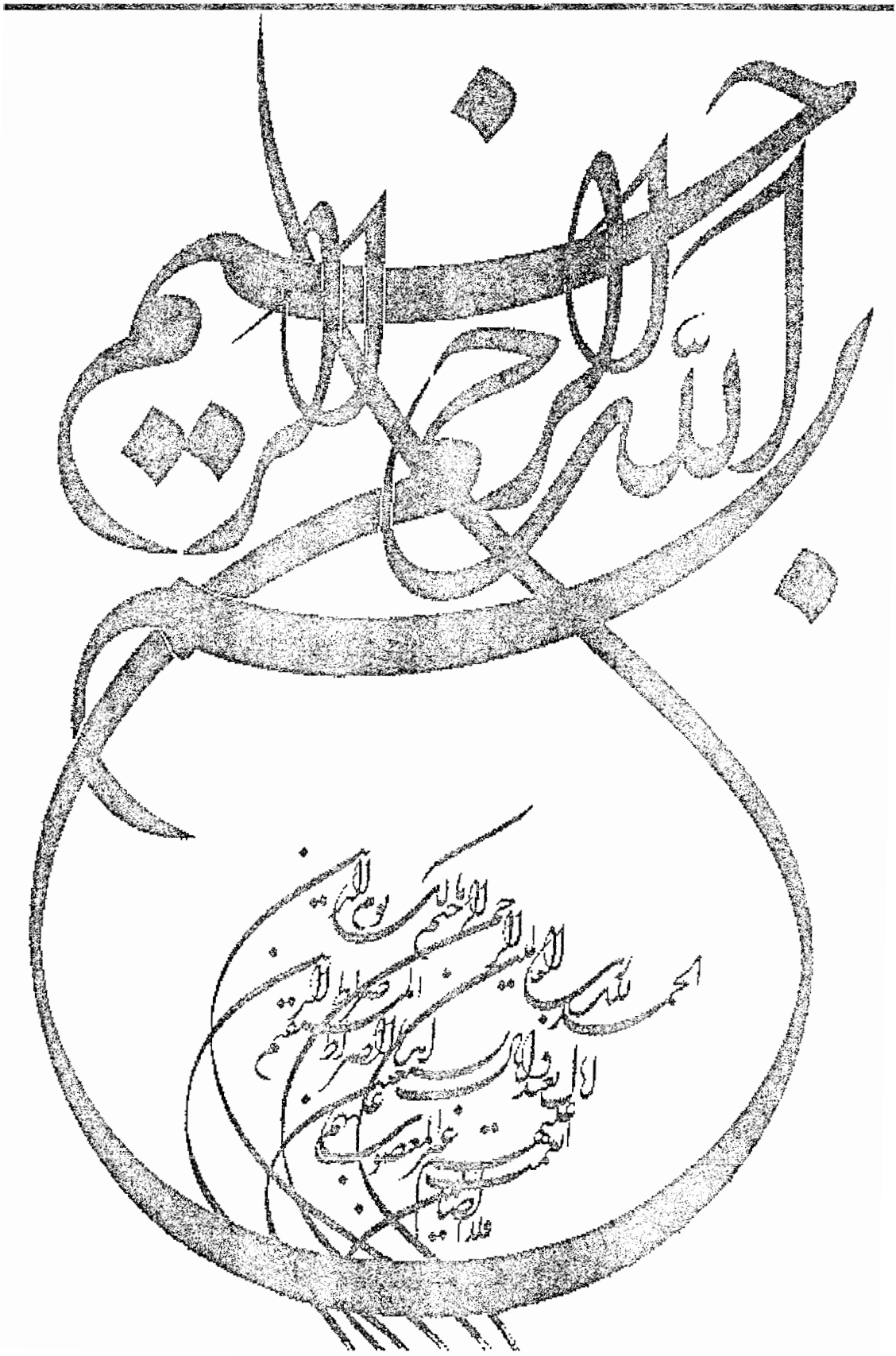
استاد راهنما:

دکتر حسین مروی

استاد مشاور:

دکتر علیرضا احمدی فرد

تابستان ۱۳۸۶



تقدیم به:

پدر و مادرم،

که در تمامی مراحل زندگی همواره پشتیبان من بوده‌اند.

تقدیر و تشکر

لازم می‌دانم از تمامی اساتیدی که در این مدت با راهنمایی‌های مدبرانه خود، نظارت و سرپرستی این پایان‌نامه را بر عهده داشتند، به ویژه جناب آقای دکتر حسین مروی و جناب آقای دکتر علیرضا احمدی فرد صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از پایگاه داده CASIA در خصوص در اختیار دادن پایگاه داده تشکر و قدردانی می‌شود.

فهرست مطالب

۱	فصل اول: کلیات.....
۲	۱-۱ مقدمه.....
۳	۱-۱-۱- مقایسه الگوی راه رفتن با سایر بیومتریک‌ها.....
۵	۱-۱-۲- موارد استفاده از الگوی راه رفتن به منظور تشخیص هویت.....
۵	۱-۲-۱-۱- مهاجرت و تأمین امنیت.....
۶	۱-۲-۲-۱- نظارت و مراقبت ویدئویی.....
۷	۱-۲-۳-۱- پروژه Human ID at A Distance (Hid).....
۹	۲-۱- شواهدی دال بر منحصر به فرد بودن الگوی راه رفتن.....
۱۰	۱-۲-۱- ادبیات.....
۱۱	۲-۲-۱- پزشکی و بیومکانیک.....
۱۱	۱-۲-۲-۱- آنالیز راه رفتن افراد.....
۱۷	۲-۲-۲-۱- تغییرات موجود در پارامترهای مختلف به هنگام راه رفتن.....
۲۰	۳-۲-۱- روانشناسی.....
۲۲	۳-۱- مروری بر روش‌های تشخیص هویت بدون استفاده از مدل.....
۲۶	۴-۱- مروری بر روش‌های مبتنی بر مدل.....
۲۹	۱-۴-۱- مدل‌سازی بدن انسان در حالت دو بعدی.....

۲۹	.....۱-۱-۴-۱- مدل سازی راه رفتن و دویدن
	.....۱-۴-۱-۲- تعقیب و استخراج بدن فرد در فریم‌های متوالی بر اساس روش‌های مبتنی بر
۳۰	.....مدل
۳۲	.....۱-۴-۲- تعقیب و شناسایی افراد در فضای سه بعدی
۳۵	.....۱-۴-۳- چند روش دیگر
۳۶	.....۱-۴-۳-۱- تعیین ساختار با استفاده از پارامترهای بدن
۳۷	.....۱-۴-۳-۲- شناسایی مبتنی بر مدل ساختاری
۳۸	.....۱-۵- سازماندهی پایان‌نامه
۴۱	.....فصل دوم: تئوری
۴۲	.....۲-۱- مقدمه
۴۳	.....۲-۲- تحلیل ANOVA
۴۳	.....۲-۲-۱- تئوری تحلیل ANOVA
۴۷	.....۲-۲-۲- تقسیم‌بندی عوامل ایجاد تغییرات
۵۳	.....۲-۲-۳- تقسیم‌بندی درجات آزادی
۵۴	.....۲-۲-۴- F-ratios
۵۷	.....۲-۳- مدل سازی بدن انسان (روش Lee و همکارانش)
۵۷	.....۲-۳-۱- تشریح روش

۶۳	..... ۲-۳-۲- تحلیل در حوزه زمان
۶۶	..... ۳-۳-۲- تحلیل در حوزه فرکانس
۶۹	..... ۴-۲- تغییرات مساحت در رشته تصاویر شمای کلی به عنوان ویژگی
۷۶	..... ۵-۲- معرفی کلاسه‌بند مورد استفاده
۷۷	..... ۶-۲- معرفی پایگاه داده CASIA
۸۰	..... ۷-۲- نتایج پیاده‌سازی روش‌ها
۷۵	..... ۱-۷-۲- تشریح روش Cumulative Match Score در آرایه نتایج
۸۲	..... ۲-۷-۲- ارزیابی الگوریتم Lee
۸۲	..... ۱-۲-۷-۲- حوزه زمان
۸۸	..... ۲-۲-۷-۲- حوزه فرکانس
۹۱	..... ۳-۷-۲- ارزیابی الگوریتم مبتنی بر تغییرات مساحت
۹۴	..... فصل سوم: بهبود روش مبتنی بر مدل
۹۵	..... ۱-۳- مقدمه
۹۶	..... ۲-۳- بهبود روش Lee و همکارانش
۹۶	..... ۱-۲-۳- استفاده از طول قطر بیضی در نواحی مختلف
۱۰۰	..... ۲-۲-۳- استفاده از تغییرات زاویه بین دست و بدن فرد
۱۰۰	..... ۳-۳- تخمین فرکانس اصلی راه رفتن

- ۱۰۰ ۳-۳-۱- روش مورد استفاده توسط Lee و همکارانش
- ۱۰۲ ۳-۳-۲- ارایه روشی جدید به منظور برآورد فرکانس اصلی راه رفتن
- ۱۰۷ ۳-۴-۴- نتایج پیاده‌سازی الگوریتم
- ۱۰۷ ۳-۴-۱- تحلیل در حوزه فرکانس
- ۱۱۱ ۳-۴-۲- ارزیابی الگوریتم بهینه‌سازی شده
- ۱۱۴ **فصل چهارم: ارایه روشی جدید بر اساس مساحت تصویر میانگین**
- ۱۱۵ ۴-۱- مقدمه
- ۱۱۶ ۴-۲- نسبت بین طول اعضای مختلف بدن انسان
- ۱۱۸ ۴-۳- مناطق مهم تصویر میانگین به منظور شناسایی افراد
- ۱۱۵ ۴-۴- تئوری روش پیشنهادی
- ۱۲۱ ۴-۴-۱- استخراج ویژگی‌های استاتیک
- ۱۲۵ ۴-۴-۱- استخراج ویژگی‌های دینامیک
- ۱۲۹ ۴-۵- کلاس‌بند مورد استفاده
- ۱۲۹ ۴-۶- نتایج پیاده‌سازی الگوریتم
- ۱۳۰ ۴-۶-۱- پیاده‌سازی الگوریتم بر روی بخش A پایگاه داده CASIA
- ۱۳۰ ۴-۶-۱-۱- تست الگوریتم با استفاده از ویژگی‌های استاتیک
- ۱۳۱ ۴-۶-۱-۲- تست الگوریتم با استفاده از ویژگی‌های دینامیک

۱۳۲	..... تست الگوریتم با استفاده از ویژگی‌های دینامیک و استاتیک
۱۳۳	..... پیاده سازی الگوریتم بر روی بخش B پایگاه داده CASIA
۱۳۳	..... تست الگوریتم با استفاده از ویژگی‌های استاتیک
۱۳۳	..... تست الگوریتم با استفاده از ویژگی‌های دینامیک
۱۳۴	..... تست الگوریتم با استفاده از ویژگی‌های دینامیک و استاتیک
۱۳۶	..... فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۳۷	..... ۱-۵- مقدمه
۱۳۸	..... ۲-۵- نتیجه گیری
۱۴۰	..... ۳-۵- پیشنهادات
۱۴۰	..... ۱-۳-۵- مقایسه زمان اجرای الگوریتم‌های مختلف
۱۴۲	..... ۲-۳-۵- تلفیق کلاسه بندها
۱۴۳	..... ۳-۳-۵- پیشنهادات دیگر
۱۴۵	..... فهرست منابع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: چرخه راه رفتن..... ۱۲
- شکل ۲-۱: زوایای چرخش پا: الف: زاویه مفصل ران، ب: زاویه زانو..... ۱۴
- شکل ۳-۱: میانگین چرخش مفصل ران در یک چرخه راه رفتن..... ۱۵
- شکل ۴-۱: آنالیز راه رفتن با استفاده از نشانگرهای نوری..... ۲۱
- شکل ۵-۱: به دست آوردن مدلی از فرد به هنگام راه رفتن..... ۳۱
- شکل ۶-۱: مدل بدن انسان از ۵ زاویه متفاوت..... ۳۴
- شکل ۷-۱: چند نمونه از نتایج مدل‌سازی بدن انسان به هنگام راه رفتن..... ۳۶
- شکل ۸-۱: سازماندهی پایان‌نامه ۴۰
- شکل ۱-۲: مقدار یک ویژگی اندازه‌گیری شده برای ۳ فرد مختلف..... ۴۵
- شکل ۲-۲: مقدار ویژگی اندازه‌گیری شده در هر یک از دنباله تصاویر..... ۴۶
- شکل ۲-۳-الف: تغییرات داده‌های فرضی اول حول میانگین کل داده‌ها..... ۴۸
- شکل ۲-۳-ب: تغییرات داده‌های فرضی اول حول میانگین گروه مربوطه..... ۴۹
- شکل ۲-۴-الف: تغییرات داده‌های فرضی دوم حول میانگین کل داده‌ها..... ۵۰
- شکل ۲-۴-ب: تغییرات داده‌های فرضی دوم حول میانگین گروه مربوطه..... ۵۰
- شکل ۲-۵: انحراف میانگین گروه‌های مختلف از میانگین کل داده‌ها..... ۵۱

- شکل ۲-۶: تغییرات مقدار ویژگی حول میانگین هر گروه..... ۵۱
- شکل ۲-۷: توزیع F برای درجات آزادی ۲ و ۲۷ زمانی که یک فرد در آزمایش‌ها موجود
باشد..... ۵۵
- شکل ۲-۸: توزیع مقادیر F برای درجات آزادی ۱۰ و ۵۷..... ۵۶
- شکل ۲-۹: چند نمونه از تصاویر پایگاه داده MIT و پس زمینه‌های مربوطه..... ۵۸
- شکل ۲-۱۰: چند نمونه از تصاویر باینری شمای کلی که توسط Lee و همکارانش به دست
آمده است..... ۵۹
- شکل ۲-۱۱: نمونه‌ای از مدل‌سازی تصویر شمای کلی فرد توسط ۷ بیضی توسط Lee و
همکارانش..... ۶۰
- شکل ۲-۱۲: نمونه‌ای از ۲۹ دنباله زمانی مربوط ویژگی‌های استخراج شده توسط Lee و
همکارانش..... ۶۲
- شکل ۲-۱۳: ویژگی‌های استخراج شده توسط Lee و همکارانش..... ۶۳
- شکل ۲-۱۴: مراحل استخراج تصویر شمای کلی: (الف) تصویر اصلی، (ب) تصویر شمای
کلی، (ج) تصویر شمای کلی بریده و نرمالیزه شده..... ۷۰
- شکل ۲-۱۵: چند نمونه از تصاویر شمای کلی نرمالیزه شده..... ۷۰

- شکل ۲-۱۶: چند نمونه از ماسک‌های به کار رفته: (الف) ماسک افقی، (ب) ماسک عمودی،
 (ج) ماسک نیمه پایین بدن و (د) ماسک کل تصویر شمای کلی..... ۷۲
- شکل ۲-۱۷: چند نمونه از خروجی ماسک‌های مختلف برای یک نفر..... ۷۳
- شکل ۲-۱۸: تصاویری از بخش A پایگاه داده CASIA..... ۷۸
- شکل ۲-۱۹: تصاویری از بخش B پایگاه داده CASIA..... ۷۹
- شکل ۲-۲۰: نمونه‌ای از مدل‌سازی تصویر شمای کلی بدن فرد توسط γ بیضی..... ۸۳
- شکل ۲-۲۱: چند نمونه از تصاویر نویزی بخش A از پایگاه داده CASIA..... ۸۶
- شکل ۲-۲۲: ارزیابی الگوریتم Lee در حوزه زمان..... ۸۷
- شکل ۲-۲۳: ارزیابی الگوریتم Lee در حوزه فرکانس..... ۹۰
- شکل ۲-۲۴: ارزیابی الگوریتم مبتنی بر تغییرات مساحت بر روی بخش A پایگاه داده
 CASIA..... ۹۲
- شکل ۲-۲۵: ارزیابی الگوریتم مبتنی بر تغییرات مساحت بر روی بخش B پایگاه داده
 CASIA..... ۹۳
- شکل ۳-۱: چند نمونه از ویژگی‌های مورد استفاده توسط Bobick و همکارانش..... ۹۷
- شکل ۳-۲: چند نمونه از ویژگی‌های مورد استفاده توسط BenAbdelkader و همکارانش..... ۹۷

- شکل ۳-۳: چند نمونه از بیضی‌هایی که مرکز ثقل، نسبت طول دو قطر و راستای قطر
 بزرگ آنها برابر می‌باشد..... ۹۸
- شکل ۳-۴: تابع طیف توان میانگین نرمالیزه شده به صورتی که توسط Lee و همکارانش
 محاسبه گردیده است..... ۱۰۱
- شکل ۳-۵: تغییرات مساحت نواحی مربوط به پاها در تصویر شمای کلی..... ۱۰۴
- شکل ۳-۶: تغییرات مساحت نواحی مربوط به پاها در تصویر شمای کلی پس از نرمالیزه
 شدن..... ۱۰۴
- شکل ۳-۷: شکل موج هموار شده توسط فیلتر میانگین..... ۱۰۵
- شکل ۳-۸: تابع خودهمبستگی حاصل از شکل موج میانگین..... ۱۰۵
- شکل ۳-۹: مشتق تابع خودهمبستگی..... ۱۰۶
- شکل ۳-۱۰: نقاط گذر از صفر تابع مشتق..... ۱۰۷
- شکل ۳-۱۱: اثر استفاده از ۷ فرکانس دیگر علاوه بر فرکانس اصلی راه رفتن فرد..... ۱۱۰
- شکل ۳-۱۲: اثر افزودن چند ویژگی مفید به ویژگی‌های مورد استفاده توسط Lee..... ۱۱۲
- شکل ۴-۱: نسبت بین طول اعضای مختلف بدن انسان..... ۱۱۷
- شکل ۴-۲: دو تصویر که بیانگر نسبت طول بین اعضای مختلف بدن انسان می‌باشند
(Leonardo Da Vinci) ۱۱۸

-
- شکل ۳-۴: نقاط مهم در تشخیص هویت به هنگام استفاده از تصویر میانگین..... ۱۲۰
- شکل ۴-۴: نمونه‌ای از تصویر میانگین..... ۱۲۲
- شکل ۵-۴: نمونه‌ای از تصویر باینری پس از اعمال مقدار آستانه شدت روشنایی بر تصویر میانگین..... ۱۲۲
- شکل ۶-۴: تقسیم‌بندی تصویر بر اساس نسبت طول اعضای بدن انسان..... ۱۲۴
- شکل ۷-۴: ماسک‌های تطبیقی مورد استفاده به منظور محاسبه مساحت..... ۱۲۴
- شکل ۸-۴: ماسک‌های تطبیقی مورد استفاده به منظور محاسبه مساحت در هر فریم از دنباله تصاویر..... ۱۲۵
- شکل ۹-۴: خروجی ماسک‌های تطبیقی مورد استفاده برای یک نفر..... ۱۲۶
- شکل ۱۰-۴: نتیجه تست الگوریتم پیشنهادی با استفاده از ویژگی‌های استاتیک بر روی بخش A پایگاه داده CASIA..... ۱۳۱
- شکل ۱۱-۴: نتیجه تست الگوریتم پیشنهادی با استفاده از ویژگی‌های دینامیک بر روی بخش A پایگاه داده CASIA..... ۱۳۲
- شکل ۱۲-۴: نتیجه تست الگوریتم پیشنهادی با استفاده از ویژگی‌های استاتیک بر روی بخش B پایگاه داده CASIA..... ۱۳۳

شکل ۴-۱۳: نتیجه تست الگوریتم پیشنهادی با استفاده از ویژگی‌های دینامیک بر روی

بخش B پایگاه داده CASIA..... ۱۳۴

شکل ۴-۱۴: نتیجه تست الگوریتم پیشنهادی با استفاده از ویژگی‌های دینامیک و استاتیک

بر روی بخش B پایگاه داده CASIA ۱۳۵

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۲: داده‌های خام به دست آمده برای سه فرد مختلف..... ۴۴
- جدول ۲: ۲: پنج ویژگی برتر از نظر قابلیت ایجاد تمایز بین افراد مختلف..... ۸۴
- جدول ۳-۲: مقایسه دو حالت استفاده از ANOVA و حالتی که از ANOVA استفاده
نشود..... ۸۷
- جدول ۴-۲: پنج ویژگی برتر از نظر قابلیت ایجاد تمایز بین افراد مختلف..... ۸۸
- جدول ۵-۲: مقایسه دو حالت استفاده از ANOVA و حالتی که از ANOVA استفاده
نشود..... ۹۰
- جدول ۶-۲: خلاصه نتایج حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم مبتنی بر تغییرات مساحت بر روی
بخش A پایگاه داده CASIA..... ۹۲
- جدول ۷-۲: خلاصه نتایج حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم مبتنی بر تغییرات مساحت بر روی
بخش B پایگاه داده..... ۹۳
- جدول ۱-۳: اثر استفاده از اندازه تبدیل فوریه در ۷ فرکانس دیگر علاوه بر فرکانس اصلی..... ۱۰۹
- جدول ۲-۳: مقایسه دو روش بهینه‌سازی شده و روش اولیه..... ۱۱۱
- جدول ۳-۳: پنج ویژگی برتر از نظر قابلیت ایجاد تمایز بین افراد مختلف..... ۱۱۲
- جدول ۱-۴: طول اعضای مختلف بدن انسان نسبت به قد..... ۱۱۸

جدول ۲-۴: خلاصه نتایج تست الگوریتم پیشنهادی..... ۱۳۵

جدول ۱-۵: مقایسه چند روش اخیر با روش پیشنهادی..... ۱۳۸

فصل اول:

کلیات

۱-۱- مقدمه

در عصر حاضر علیرغم نیاز مبرم به سیستم‌های حفاظتی در فرودگاه‌ها، پایانه‌های مشترک مرزی و سایر مکان‌های عمومی، اکثر سیستم‌های تعیین هویت مورد استفاده، چندین سال پیش ابداع گردیده و همچنان مورد استفاده قرار می‌گیرند و به همین دلیل قادر به پاسخ‌گویی به نیازهای امنیتی روزمره نمی‌باشند. علاوه بر این، در شرایط و مکان‌های خاصی همچون پایانه‌های عمومی وابسته به کلان‌شهرها، شناسایی و تشخیص هویت افراد توسط روش‌های معمول و قدیمی غیر قابل اجرا می‌باشد. به دلایل مذکور، بسط، توسعه و استفاده از روش‌های تشخیص هویت مبتنی بر بیومتریک توجه آژانس‌های دولتی و سایر مؤسسات را به خود جلب کرده است.

تکنولوژی‌های مبتنی بر بیومتریک از لحاظ پیچیدگی، دقت و قابلیت متفاوت بوده و هم به منظور تأیید و هم تشخیص هویت مورد استفاده قرار می‌گیرند. از جمله مهمترین روش‌های مبتنی بر بیومتریک می‌توان به تشخیص چهره، اثر انگشت، شکل دست، عنبیه، شبکیه، تشخیص امضاء، تشخیص گوینده و تشخیص هویت بر اساس الگوی راه رفتن اشاره نمود. در این میان از آنجایی که در شرایط واقعی هیچ یک از روش‌های تعیین هویت کامل نبوده و به طور صد در صد موفق نمی‌باشد از ترکیب بیومتریک‌های مختلف به منظور افزایش کارایی سیستم‌های تشخیص هویت بهره گرفته می‌شود. به همین جهت و از آنجایی که الگوی راه رفتن افراد بیومتریکی جدید می‌باشد که در مراحل اولیه تحقیق قرار دارد به هنگام استفاده از سایر بیومتریک‌ها می‌توان از آن به عنوان روشی مکمل استفاده نمود. البته با توجه به پیشرفت‌های سریعی که در این بیومتریک جدید مشاهده می‌گردد پیش بینی می‌شود که در آینده‌ای نه چندان دور بتوان از آن به عنوان روشی غالب و کارا در تعیین هویت استفاده نمود.

۱-۱-۱- مقایسه الگوی راه رفتن با سایر بیومتریک‌ها

مزیت منحصر به فرد الگوی راه رفتن به عنوان بیومتریک، فراهم آوردن امکان شناسایی در فواصل دور و در تصاویری با تفکیک‌پذیری^۱ پایین و یا زمانی است که سایر بیومتریک‌ها قابل تشخیص و

^۱ Resolution

استفاده نباشند. در بسیاری از تصاویر ویدئویی که به منظور تشخیص هویت به کار می‌روند صورت شخص ممکن است غیر قابل تشخیص باشد و یا تفکیک‌پذیری تصویر برای تشخیص هویت فرد بر اساس عنبیه و شکل دست و یا اثر انگشت کافی نباشد. در واقع در بسیاری از تصاویری که توسط دوربین‌های حفاظتی از محل وقوع جرم ضبط می‌شوند، شناسایی فرد ممکن است به دلیل کیفیت پایین تصاویر ویدئویی و یا کمبود نور از این هم مشکل‌تر گردد. در چنین شرایطی، الگوی راه رفتن شخص می‌تواند امکان شناسایی وی و یا تشخیص جنسیت را فراهم نماید.

از آنجا که به منظور تشخیص هویت بر اساس الگوی راه رفتن می‌توان از خصوصیات استاتیک بدن افراد و همچنین نحوه حرکت فرد در حالت دینامیک به طور همزمان استفاده نمود، ابزارهای موجود در این بیومتریک، بسیار غنی می‌باشد. در واقع روش مذکور یکی از جدیدترین روش‌های تشخیص هویت بوده و پا به پای سایر روش‌های موجود در زمینه تشخیص هویت و حتی با سرعت بیشتری نسبت به آنها در حال پیشرفت و گسترش می‌باشد.

گسترش و پیشرفت این روش تا اندازه‌ای وابسته و وامدار پیشرفت‌های موجود در علوم دیگری همچون پزشکی و روانپزشکی می‌باشد. در واقع تحقیقات انجام شده در سایر علوم به تقویت این فرضیه که می‌توان از الگوی راه رفتن به عوان یک بیومتریک به منظور شناسایی افراد استفاده

نمود، کمک شایانی کرده است. در زمینه‌هایی از علوم همچون بیومکانیک، روانشناسی و ادبیات شواهدی قوی دال بر امکان شناسایی افراد بر اساس الگوی راه رفتن موجود می‌باشد.

۱-۱-۲- موارد استفاده از الگوی راه رفتن به منظور تشخیص هویت

۱-۱-۲-۱- مهاجرت و تأمین امنیت

روش‌های مبتنی بر بیومتریک علی‌رغم اینکه اندک زمانی است که از زمان آغاز پیدایش آنها می‌گذرد، برتری خود را بر سایر روش‌ها به سرعت اثبات نموده‌اند. بسیاری از کشورها در حال حاضر درگیر مشکلاتی در زمینه‌هایی از قبیل مهاجرت و تأمین امنیت شده‌اند و روش‌های مبتنی بر بیومتریک به خوبی می‌توانند از عهده حل این گونه مشکلات برآیند. در حال حاضر به منظور مهاجرت به ایالات متحده و یا سکونت در این کشور لازم است که به منظور بررسی سوء پیشینه توسط FBI، افراد انگشت‌نگاری شوند. قوانین موجود در این کشور لازم می‌دارد که به هنگام ورود به این کشور، دو انگشت اشاره فرد به همراه عکس دیجیتال وی به منظور شناسایی هویت در یک پایگاه داده ذخیره گردد. در سال ۲۰۰۲ کنگره ایالات متحده به منظور تأمین امنیت بیشتر، استفاده از بیومتریک‌ها را به همراه ویزا، الزامی اعلام نمود. از زمان آغاز پیدایش، که بیومتریک‌ها تنها به عنوان یک موضوع تحقیقاتی در دانشگاه‌ها مطرح بودند تا به امروز پیشرفت بسیار چشمگیری داشته‌اند. این پیشرفت به دلیل دقت بالای این روش‌ها در فراهم آوردن امنیت بیشتر

به همراه سرعت بالای پردازش داده در این روش‌ها می‌باشد. همچنین از آنجایی که این روش‌ها بر اساس بخش‌هایی از بدن انسان طراحی و بهره‌برداری می‌شوند و جعل هویت و ایجاد اختلال در بخش‌های مختلف بدن به راحتی میسر نیست، این روش‌ها گسترش بیشتری یافته‌اند. دلیل دیگر گسترش استفاده از روش‌های مبتنی بر بیومتریک آن است که داده‌های مورد استفاده در این روش‌ها قابل ذخیره و پردازش در دستگاه‌های الکترونیکی بوده و این گونه دستگاه‌ها روز به روز در حال گسترش می‌باشند. به همین دلیل بیومتریک‌هایی چون چهره، عنبیه و اثر انگشت در کاربرد-های امنیتی و حفاظتی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند و بیومتریکی همچون الگوی راه رفتن به دلیل جدید بودن آن هنوز به صورت گسترده مورد استفاده قرار نگرفته است.

۱-۱-۲-۲-۲ - نظارت و مراقبت ویدئویی

در حال حاضر در بسیاری از کشورهای پیشرفته همچون انگلیس، توجه به مسائل امنیتی به شکل استفاده از سیستم‌های نظارت و مراقبت ویدئویی بروز کرده است. سیستم‌های امنیتی در این کشور بسیار پیشرفته می‌باشد، به طوری که تشخیص هویت بر اساس چهره افراد به صورت آنلاین و روزمره در این کشور انجام می‌گیرد. خروجی این سیستم‌ها در بیشتر موارد به صورت تصاویر ویدئویی بوده و در دادگاه‌ها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. مشکلات بسیاری بر سر راه استفاده از این تصاویر ویدئویی وجود دارد. داده ویدئویی ممکن است به دلایل مختلفی قابل استفاده نباشد از

جمله این دلایل می‌توان به کیفیت و قابلیت تفکیک‌پذیری پایین تصویر، ضبط تصاویر در فرکانسی بسیار پایین‌تر از نرخ نمونه‌برداری ویدئویی مورد استفاده در دستگاه‌های دیجیتال^۲، استفاده مکرر از نوار ویدئویی و همچنین پوشیده شدن بسیاری از بیومتریک‌ها در تصویر توسط مجرم اشاره نمود.. تشخیص هویت افراد بر اساس الگوی راه رفتن می‌تواند از عهده تمامی مشکلات مذکور به خوبی برآید. در حال حاضر به دلیل گسترش روزافزون استفاده از سیستم‌های امنیتی، استفاده از الگوی راه رفتن افراد به منظور تشخیص هویت بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

۱-۱-۲-۳ - پروژه (HiD) Human ID at a Distance

اولین و مهمترین بخش حمایت‌کننده از پروژه تشخیص اتوماتیک هویت افراد بر اساس الگوی راه رفتن، آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی آمریکا بوده است. پروژه HiD توسط دکتر Jonathon Phillips از انستیتو استاندارد ملی تکنولوژی شروع و راهبری گردید. این پروژه شامل سه بخش اصلی تشخیص هویت بر اساس چهره، الگوی راه رفتن و تکنولوژی‌های جدید بود و در واقع به منظور افزایش امنیت در سفارت آمریکا در سایر کشورها پس از حملات تروریستی سال ۱۹۹۸، راه‌اندازی گردید. این پروژه در سال ۲۰۰۰ میلادی آغاز و در سال ۲۰۰۴ میلادی به

^۲ Time-lapse imagery

دلیل اعتراضاتی که استفاده از این روش تشخیص هویت را تجاوز به حریم خصوصی افراد می-دانست، در ایالات متحده متوقف گردید.

الگوی راه رفتن در تشخیص هویت در فواصل دور، در حال حاضر هیچ رقیبی در میان سایر بیومتریکها نداشته و در این زمینه منحصر به فرد می‌باشد. هدف پروژه تشخیص هویت بر اساس الگوی راه رفتن همچون سایر روش‌های مبتنی بر بیومتریک، پیشرفت از سمت تحقیقات آزمایشگاهی و آزمایش بر روی داده‌های محدود به سمت پیاده‌سازی سیستم مذکور در دنیای واقعی و بر روی دسته‌های وسیعی از داده‌های گوناگون بود. دانشگاه MIT، Georgia Institute of Technology (GaTech)، مؤسسه NIST و دانشگاه‌های Maryland (UMD)، Carnegie Mellon (CMU)، Southampton (Soton) و South Florida از جمله اولین دانشگاه‌ها و مؤسساتی بودند که تحقیقات در این زمینه را آغاز نمودند.

در بسیاری از کاربردهای مربوط به تشخیص الگو، روش‌های تشخیص الگو یا بر پایه داده موجود به صورت یکپارچه و کلی و یا بر اساس تقسیم‌بندی داده موجود با توجه به اطلاعات اولیه، پایه‌گذاری می‌گردند. به همین جهت ابتدا روش‌هایی که قابلیت شناسایی را از تصاویر باینری شمای کلی^۲ فرد

^۲ Silhouette

به دست می‌آورند، به صورت مختصر مورد بررسی قرار می‌گیرد. روش دیگر، آنالیز شکل و حرکات بدن در حالت دینامیک می‌باشد، که معمولاً با استفاده از یک مدل انجام می‌پذیرد.

۱-۲- شواهدی دال بر منحصر به فرد بودن الگوی راه رفتن

در تأیید این مطلب که الگوی راه رفتن هر شخص منحصر به فرد می‌باشد، مطالعات و مطالب قابل توجهی وجود دارد. همان طور که در ادامه اشاره خواهد شد در ادبیات نمونه‌هایی دال بر این ادعا وجود دارد که می‌توان افراد را بر اساس الگوی راه رفتن شناسایی نمود. نمونه‌های مذکور از ادبیات کشورهای خارجی ذکر شده است و ارائه مثال‌های مشابه در ادبیات ایران نیازمند مطالعات ادبی و تخصصی بیشتری می‌باشد. ایده‌های مشابهی در علم پزشکی و بیومکانیک، البته نه به عنوان یک بیومتریک، بلکه به منظور تأکید بر منحصر به فرد بودن الگوی راه رفتن هر فرد وجود دارد. به موازات تحقیقات انجام شده در سایر علوم، در روانشناسی نیز تحقیقاتی به منظور بررسی قابلیت افراد در تشخیص دیگران بر اساس الگوی راه رفتن انجام گرفته است. افرادی که دچار نزدیک‌بینی هستند همواره این ادعا را دارند که الگوی راه رفتن افراد راهی برای شناسایی دیگران است. مطالعات زیادی در زمینه الگوی راه رفتن افراد در علوم پزشکی و بیومکانیک انجام گرفته است که بینشی وسیع در مورد چگونگی تغییر پارامترهای مربوط به راه رفتن افراد ارائه می‌کند. بحث خود را با ارائه نمونه‌هایی در ادبیات، پزشکی و بیومکانیک و روانشناسی ادامه می‌دهیم.

"I noticed this figure coming, and I realized it was John Ebanks from the way he walked."

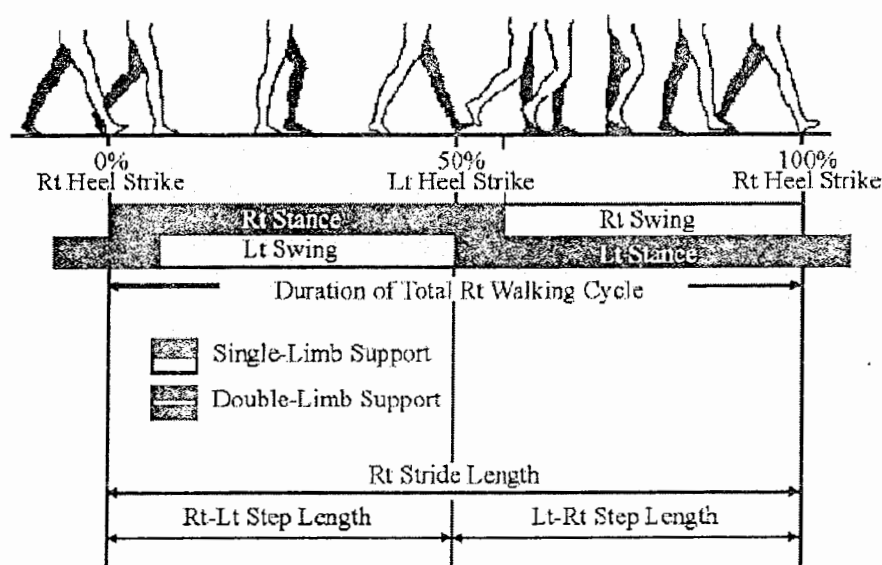
از کتاب Band of Brothers و از آن جهت حایز اهمیت می‌باشد که داستان در هوای نیمه تاریک روی می‌دهد و در چنین شرایط نوری هیچ کدام از بیومتریک‌ها قابل استفاده نمی‌باشد. نمونه‌های دیگری نیز وجود دارد اما در اینجا به ذکر همین چند نمونه اکتفا می‌نماییم.

۱-۲-۲-۱ - پزشکی و بیومکانیک

۱-۲-۲-۱-۱ - آنالیز راه رفتن افراد

بر اساس اطلاعات تاریخی موجود، ارسطو یکی از اولین محققین در این زمینه می‌باشد. افراد سرشناس دیگری چون لئوناردو دا وینچی با مطالعه بر روی بردارهای نیرو و گالیله که یکی از اولین دانشمندان علم مکانیک بود، نیز در این زمینه تحقیقاتی داشته‌اند. Borelli (۱۶۷۹-۱۶۰۸ میلادی) یکی از پیشگامان مطالعه حرکت انسان بود که مطالعاتی در زمینه اصول مکانیکی حاکم بر حرکت انسان انجام داد و در واقع تحقیقات وی نقطه شروعی در بیومکانیک حرکت انسان می‌باشد. بعدها برادران Weber (۱۸۳۶ میلادی) حرکت انسان را با در نظر گرفتن دو حالت راه رفتن و دویدن بررسی کردند و ادعا نمودند که پاهای انسان، حرکتی پاندول مانند دارند. در مراحل بعدی، تکنیک‌های ریاضی پیشرفته‌تر و تجهیزات بیشتری به منظور مطالعه حرکت افراد مورد نیاز

بود. Muybridge (۱۸۳۰-۱۸۹۴ میلادی) اولین فردی بود که از تکنیک‌های عکسبرداری به منظور ضبط حرکت انسان استفاده نمود. هدف تحقیقات پزشکی در زمینه الگوی راه رفتن افراد، دسته‌بندی اجزاء مختلف بدن به هنگام راه رفتن به منظور آسیب‌شناسی و مداوای افرادی با الگوی راه رفتن غیراستاندارد می‌باشد. Murray و همکارانش [۱]، الگوهای استاندارد افراد سالم را به منظور آسیب‌شناسی راه رفتن جمع‌آوری کرده و از این الگوها به منظور تشخیص اختلال در راه رفتن استفاده نمودند. این مطالعات بار دیگر ایده منحصر به فرد بودن الگوی راه رفتن افراد را قوت بخشید. سیستم جمع‌آوری اطلاعات مربوطه، نیازمند نشانگرهایی بر روی بدن فرد بود. هرچند این روش، یکی از روش‌های معمول در علوم پزشکی و آسیب‌شناسی می‌باشد اما در کاربردهایی همچون تعیین هویت، کارآمد نمی‌باشد.



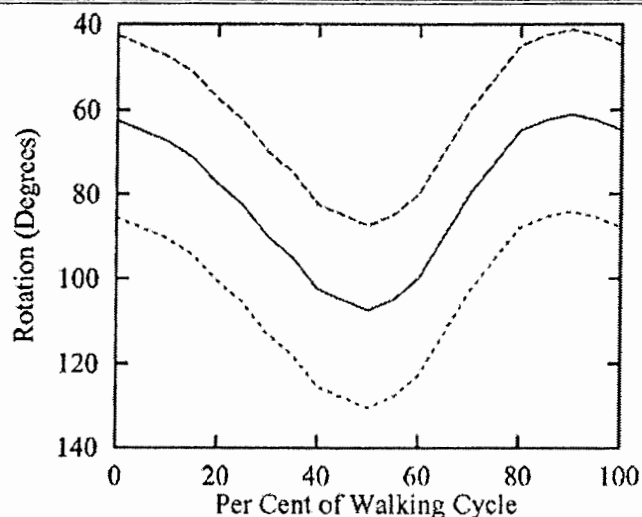
شکل ۱-۱: چرخه راه رفتن.

شکل (۱-۱) اصطلاحات معمول و مورد استفاده در راه رفتن را نشان می‌دهد. یک چرخه راه رفتن شامل فاصله زمانی بین لحظات متوالی برخورد پا با زمین، یعنی برخورد پاشنه همان پایی که حرکت با آن آغاز گردیده است، می‌باشد. هر پا به هنگام راه رفتن دو دوره مجزا و مشخص دارد. دوره ایستا که در آن پا با زمین در تماس است و دوره نوسان که در طی آن پا از زمین جدا شده و به سمت جلو در حرکت است.

می‌توان از تحقیقات Murray و همکارانش نتیجه‌گیری نمود که اگر تمامی حرکات مربوط به راه رفتن فرد مد نظر قرار گیرد، الگوی راه رفتن هر شخص منحصر به فرد می‌باشد. به طور کلی ۲۰ پارامتر مختلف به هنگام راه رفتن فرد تغییر می‌کنند که برخی از آنها فقط از زاویه بالای سر فرد قابل تشخیص می‌باشند.

شکل (۲-۱) زوایای چرخش زانو و ران را به همان صورتی که توسط Murray اندازه‌گیری شده است، نشان می‌دهد. در بخش‌های بعدی مشاهده خواهیم کرد که چگونه از این زوایا به عنوان ویژگی در روش‌های مبتنی بر مدل، استفاده می‌گردد.

الگوی چرخش ران بر اساس زاویه آن که در شکل (۱-۲-الف) نشان داده شده است، بر اساس یک دوره کامل از باز و بسته شدن در هر پریود راه رفتن فرد، مشخص می‌گردد. شکل (۱-۳) میانگینی از الگوی چرخش مفصل ران را که در مرجع [۱] اندازه‌گیری شده است، نشان می‌دهد. خطوط بالا



شکل ۱-۳: میانگین چرخش مفصل ران در یک چرخه راه رفتن [۱].

مسائل جانبی آن انجام گرفته است. این تحقیقات شامل بررسی تعادل و تحلیل حرکت فرد و ارتباط طول گام و فرکانس راه رفتن می‌باشد.

دویدن فرد را می‌توان حالتی خاصی از راه رفتن در نظر گرفت که از لحاظ بیومکانیکی تفاوت‌های اساسی با راه رفتن دارد. تفاوت دوره دویدن با راه رفتن تنها از نظر سرعت حرکت نبوده و کسی نمی‌تواند مدعی شود که به هنگام راه رفتن سریع، در حال دویدن است. بر اساس تحقیقات انجام شده در علم بیومکانیک، راه رفتن و دویدن از نظر زمان گام برداشتن، طول گام، سرعت و دامنه حرکتی اعضاء مختلف بدن متفاوت می‌باشند. بدین ترتیب سینماتیک دویدن به طور کلی با راه رفتن متفاوت می‌باشد. تفاوت دیگر، وجود دوره‌هایی در دویدن است که در طی آن هیچ کدام از پاها با زمین در تماس نیستند که این دوره‌ها به هنگام راه رفتن وجود ندارد.

همان طور که گفته شد در علم بیومکانیک نیز مشاهداتی دال بر منحصر به فرد بودن راه رفتن فرد ارائه گردیده است: برای مثال در مرجع [۲] آمده است: "هر فرد الگوی راه رفتن خود را به صورتی کاملاً قابل تکرار و مشخص انجام می‌دهد، به طوری که به منظور شناسایی فرد از فواصل دور، به اندازه کافی منحصر به فرد می‌باشد." همچنین مطلبی به صورت: "تمامی ما آگاه هستیم که اشخاص به صورت متفاوتی راه می‌روند. اغلب می‌توان یک فرد آشنا را حتی از فاصله‌ای دور بر اساس الگوی راه رفتنش شناسایی نمود [۳]." وجود دارد. لازم به ذکر است که اغلب مطالعات پزشکی در این زمینه بر خلاف روش‌های تعیین هویت بر اساس قرار دادن نشانگر بر روی بدن شخص مورد نظر انجام گرفته است.

تحقیقاتی در پزشکی و بیومکانیک در رابطه با اثرات استفاده از treadmill به منظور جمع‌آوری داده انجام گرفته است؛ چرا که استفاده از treadmill تنها روش ممکن به منظور ضبط داده‌های مربوط به دوییدن اشخاص می‌باشد. در برخی از تحقیقات انجام شده اعلام شده است که راه رفتن بر روی treadmill زمانی که دستگاه با سرعت ثابتی حرکت می‌کند با راه رفتن بر روی زمین از نظر مکانیکی، به جز اثر باد که قابل اغماض می‌باشد، تفاوتی ندارد. به هر حال treadmillهای امروزی علاوه بر سرعت نیازمند تنظیم شیب حرکت نیز می‌باشند. بر اساس تحقیقات انجام شده توسط Murray افراد به هنگام استفاده از treadmill، قدم‌ها را کوتاه‌تر و با سرعت بیشتری بر می‌دارند. به هر ترتیب، از نظر سینماتیکی، حرکت بر روی treadmill با حرکت بر روی زمین

تفاوت چشمگیری ندارد. احتمال تغییر الگوی راه رفتن فرد بر روی treadmill تا اندازه‌ای نیز به عادت فرد به راه رفتن بر روی treadmill بستگی دارد. با در نظر گرفتن این که یکی از اهداف استفاده از روش‌های مبتنی بر اصول بینایی ماشین، فراهم آوردن سیستم‌هایی بدون نیاز به نشانگر می‌باشد، می‌بایست توانایی این روش‌ها به منظور حل مشکلات موجود، هم از نظر تعداد افراد موجود در آزمایش و هم از نظر به کارگیری تجهیزات، مورد بررسی قرار گیرد.

۱-۲-۲-۲- تغییرات موجود در پارامترهای مختلف به هنگام راه رفتن

از آنجایی که بیومتریک‌ها با انسان و مشخصات مربوط به آن درگیر هستند، به طور طبیعی می‌توان انتظار داشت که در داده‌های جمع‌آوری شده به صورت بالقوه تغییرات زیادی وجود داشته باشد. این تغییرات نسبت به ویژگی اندازه‌گیری شده بنیادی نبوده و اصطلاحاً داده‌های Covariate نامیده می‌شوند. در یک بیومتریک رفتاری همچون راه رفتن، این شرایط بدتر می‌شوند. در تشخیص هویت بر اساس چهره فرد، شخص ممکن است لبخند بزند و یا حالت‌های دیگری از صورت داشته باشد. یک مسأله دیگر در این زمینه این است که چهره فرد ممکن است در وسط تصویر قرار نگرفته و نور محیط نیز ممکن است تغییر نماید. این عوامل در راه رفتن فرد نیز ممکن است بروز کنند؛ حالت روحی و روانی شخص ممکن است بر روی الگوی راه رفتن وی تأثیر گذارد و یا شخص به هنگام حرکت در معرض منابع نوری متفاوتی قرار گیرد. یکی از اهداف روش‌هایی

که از بیومتریک‌ها بهره می‌گیرند، تشخیص هویت فرد به صورت مستقل از شرایط تصویربرداری و همچنین مستقل از شرایط روحی و روانی فرد می‌باشد. به هنگام تشخیص هویت بر اساس چهره، به دنبال مشخصه‌ای از چهره فرد می‌گردیم که مستقل از شرایط نوری و حالت چهره باشد. به طور مشابه در تشخیص هویت بر اساس الگوی راه رفتن، به دنبال یک مشخصه بیومکانیکی می‌گردیم که وابسته به شرایط نوری محیط و یا شرایط روحی فرد نباشد. از آنجایی که روش‌هایی که از بیومتریک بهره می‌گیرند، بسیار جدید می‌باشند، داده‌های کافی به منظور بررسی همه این موارد وجود ندارد. واضح است که مطالعات مربوط به اثرات افزایش سن بر روی تشخیص هویت بر اساس چهره افراد، داده‌ای قدیمی‌تر از خود موضوع مطرح شده، ندارد. لازم به ذکر است که روش‌های کنونی موجود در تشخیص هویت افراد بر اساس الگوی راه رفتن نه تنها از تکنیک‌های موجود در تشخیص هویت بر اساس سایر بیومتریک‌ها استفاده نموده‌اند و پایگاه‌های داده اخیر در این زمینه، داده‌های Covariate را نیز مشابه سایر بیومتریک‌ها در نظر گرفته‌اند، بلکه تحقیقات در این زمینه به صورت موازی با سایر روش‌های مبتنی بر بیومتریک در حال انجام بوده و پایگاه‌های داده واقعی‌تر در محیط آزاد تولید شده است.

هر مطالعه و آزمایشی در زمینه‌های پزشکی در معرض تغییرات بسیاری بوده و مطالعه الگوی راه رفتن افراد یکی از زمینه‌هایی است که روش‌های مبتنی بر بینایی ماشین می‌توانند به گسترش آن

کمک شایانی داشته باشند، چرا که جمع‌آوری داده راحت‌تر بوده و تعداد افراد موجود در پایگاه-های داده را به راحتی می‌توان افزایش داد.

به طور قطع حمل اجسام توسط افراد الگوی راه رفتن آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به همین جهت لازم می‌نماید که داده‌هایی مربوط به افراد در حال حمل اشیاء با وزن و شکل مختلف جمع-آوری گردد. به طور طبیعی نوع کفش مورد استفاده و استفاده از مشروبات الکلی می‌تواند نحوه راه رفتن فرد را تحت تأثیر قرار دهد. استفاده از لباس تنگ می‌تواند راه رفتن فرد را تحت تأثیر قرار دهد و به همین ترتیب پوشیدن لباس گشاد می‌تواند تحلیل مسأله را با مشکل مواجه سازد. می‌توان انتظار داشت که افزایش سن همانطور که اکثر بیومتریک‌ها (به جز گوش) را تحت تأثیر قرار می‌دهد، طریقه راه رفتن افراد را نیز تحت تأثیر قرار دهد. در یک مطالعه تحقیقاتی اظهار شده است که تنها سرعت راه رفتن به مرور زمان تغییر می‌کند [۴]، اما تحقیق مربوطه از رد پاها در تحقیق خود استفاده نموده است و به نظر می‌رسد که رد پا به اندازه کافی نسبت به تغییرات اندک ناشی از افزایش سن حساس نیست. تغییرات در طریقه راه رفتن افراد می‌تواند در اثر تغییرات در فیزیولوژی بدن، تغییرات در سیستم عصبی بدن و یا بیماری باشد. بیماری‌هایی وجود دارند که به طور مستقیم طریقه راه رفتن فرد را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از جمله این بیماری‌ها می‌توان به بیماری پارکینسون و یا بیماری Trendelenburg که در آن وزن بدن به سمت آسیب دیده منتقل شده و عضله‌های ران قادر به ایجاد تعادل در قسمت ران نمی‌باشند، اشاره نمود. در نهایت می‌توان

انتظار داشت که خلق و خوی افراد نیز بتواند راه رفتن آنها را تحت تأثیر قرار دهد، به همین ترتیب موسیقی نیز می‌تواند تأثیرگذار باشد [۲۷].

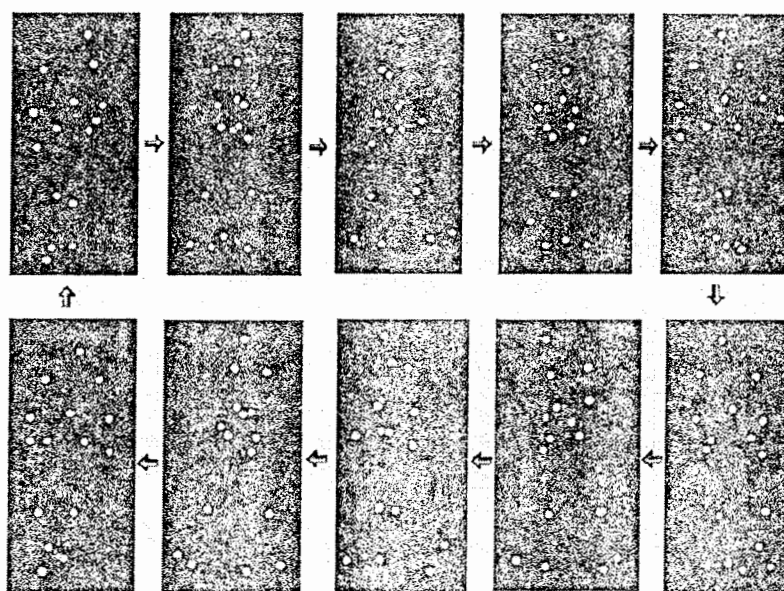
منابع ایجاد تغییرات در راه رفتن افراد در ابتدا ممکن است که تحقیق در این زمینه را ناامید کننده به نظر آورد، اما باید متذکر شد که تغییرپذیری تنها منحصر به راه رفتن افراد نبوده و در تمامی بیومتریک‌ها موجود است و در این میان طریقه راه رفتن افراد قابلیت منحصر به فرد تشخیص از راه دور را نیز دارا می‌باشد. همچنین به هنگام تشخیص هویت فرد، هدف، استفاده از ویژگی‌هایی است که تغییرات آن برای یک فرد کمتر از تغییرات آن بین افراد مختلف باشد.

۱-۲-۳- روانشناسی

در مطالعات اولیه مربوط به الگوی راه رفتن، تصاویری از چراغ‌های متصل به مفاصل اشخاص مختلف، به افراد شرکت‌کننده در تحقیق نشان داده شد. وقتی که تصاویر مربوطه به صورت ایستا نمایش داده می‌شد، هیچ‌گونه حسی از مشاهده یک انسان را به بیننده منتقل نمی‌نمودند اما هنگامی که تصاویر به صورت پویا نمایش داده شدند بلافاصله حرکت یک فرد در حال راه رفتن را به بیننده القا می‌نمودند. تحقیقات بعدی نشان داد که به وسیله اتصال چراغ به مفاصل مختلف بدن، حرکت انسان به راحتی قابل تشخیص بوده و انواع مختلف حرکت از جمله پرش و رقصیدن نیز قابل تشخیص بودند. بعدها Binham [۵] نشان داد که استفاده از چراغ به منظور تشخیص

انواع مختلف حرکت کافی بوده و حرکت بخش‌های مختلف اشیاء و همچنین اجزای مختلف بدن را بدین ترتیب می‌توان تشخیص داد. بدین ترتیب استفاده از این روش حتی ممکن است کارآیی بیشتری نسبت به تصاویر ویدئویی داشته باشد.

تحقیقات در این زمینه، جنسیت افراد را نیز با استفاده از همان روش مورد مطالعه قرار داده است. در یک تحقیق اولیه نشان داده شد که چگونه می‌توان اطلاعات مربوط به جنسیت را دریافت نمود و با در نظر گرفتن قد فرد تا چه میزان دقت سیستم بهبود می‌یابد.



شکل ۱-۴: آنالیز راه رفتن با استفاده از نشانگرهای نوری [۶].

در مقایسه با مطالعات بسیاری که در زمینه روانشناسی تشخیص هویت بر اساس چهره صورت گرفته است، تحقیقات بسیار اندکی در زمینه روانشناسی راه رفتن انجام شده است. در تحقیقی که

اخيراً صورت گرفته است [۷] و در آن به جای استفاده از تصاویر ویدئویی استفاده شده است، نشان داده شده است که افراد قادرند دیگران را بر اساس نحوه راه رفتنشان شناسایی کرده و الگوی راه رفتن آنها را به منظور شناسایی به خاطر داشته باشند. در این مطالعه تأثیر میزان نور و زمان قرار گرفتن در برابر دوربین بر توانایی افراد در تشخیص هویت بر اساس نحوه راه رفتن مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق اثبات شده است که حتی تحت شرایط نامناسب نوری و تصویری، طریقه راه رفتن قابل شناسایی و درک می‌باشد. مطالعات بر روی شناسایی جنسیت بر اساس حرکت همچنان در حال انجام است.

۳-۱- مروری بر روش‌های تشخیص هویت بدون استفاده از مدل

در این روش‌ها در حالت کلی ابتدا شخص در حال راه رفتن از پس زمینه جدا شده و سپس شکل و حرکت تصویر شمای کلی مربوطه در رشته تصاویر راه رفتن به روشی مناسب توصیف می‌گردد. بسیاری از روش‌های موجود در تشخیص هویت افراد بر اساس الگوی راه رفتن، از تصاویر باینری شمای کلی بدن استفاده می‌نمایند. در تصاویر مربوطه کل بدن فرد به رنگ سفید و پس‌زمینه به رنگ سیاه می‌باشد.

روش‌های موجود در تشخیص هویت بر اساس الگوی راه رفتن، در توصیف بیشتر اشیای متحرک مشترک بوده و تحلیل‌های موجود در این زمینه را به طور کلی می‌توان به دو دسته کلی مبتنی بر

مدل و روش‌هایی که از مدل‌سازی استفاده نمی‌کنند تقسیم‌بندی نمود. در روش‌های مبتنی بر مدل از اطلاعات مربوط به راه رفتن که بر اساس ساختارهای شناخته شده و یا بر اساس مدل-سازی به دست می‌آید استفاده می‌گردد. یکی از محاسن استفاده از روش‌های مبتنی بر مدل مقاوم بودن آنها نسبت به اثرات ناشی از لباس‌های متفاوت و به تغییرات اندک در زاویه حرکت فرد نسبت به محور نوری دوربین می‌باشد، اما در مقابل پیچیدگی محاسباتی این روش‌ها در مقایسه با روش‌هایی که از مدل‌سازی بهره نمی‌گیرند بیشتر می‌باشد.

به عنوان نخستین مثال‌ها از روش‌هایی که از مدل استفاده نمی‌کنند می‌توان به دو روش ارائه شده از دانشگاه UMD اشاره نمود: روش Kale و همکارانش و همچنین روش Sundaresan که مبتنی بر استفاده از Hidden Markov Models می‌باشد [۸، ۹]. در روش Sundaresan از دو ویژگی پهنای کنتور خارجی تصویر شمای کلی باینری و همچنین کل تصویر شمای کلی به صورت یکپارچه، استفاده می‌گردد.

روش BenAbdelkader و همکارانش [۱۰] که از دانشگاه UMD ارائه گردیده است از پارامترهای ساختاری راه رفتن با استفاده از تحلیل PCA استفاده می‌نماید. در این روش کلاسه‌بندی به روش knn انجام شده و الگوریتم مذکور بر روی پایگاه داده UCSD تست شده است. تحقیق بیشتری بر روی این روش با تست آن بر روی پایگاه‌های داده Mobo و UMD انجام شده است.

روش Sarkar و همکارانش از NIST/USF [۱۱] تشخیص هویت افراد را با استفاده از همبستگی زمانی آنها انجام می‌دهد. در این روش به صورت نیمه اتوماتیک فرد در داخل مستطیلی محاط شده و مقایسه تصویر شمای کلی در مرحله بعدی انجام می‌پذیرد. پریود راه رفتن به منظور تقسیم‌بندی رشته تصاویر و همچنین به منظور کلاسه‌بندی آنها محاسبه می‌گردد. این روش بر روی پایگاه داده Mobo و همچنین NIST/USF تست شده و با چند روش دیگر مقایسه گردیده است. به این ترتیب بررسی تأثیر عوامل Covariate ممکن گردیده است. مهمترین این عوامل، سطحی که فرد بر روی آن راه می‌رود و همچنین فاصله زمانی بین گردآوری داده‌ها گزارش شده است. تأثیر سطحی که فرد بر روی آن راه می‌رود زمانی شدیدتر خواهد بود که داده‌های تست از داده‌هایی که فرد بر روی چمن راه می‌رود و داده‌های آموزشی از داده‌هایی که فرد بر روی زمین سفت راه می‌رود انتخاب شده باشد، چرا که سطح چمن نسبت به زمین سفت می‌تواند ناهموارتر باشد. در روش دیگری که در دانشگاه CMU ارائه گردیده است، Tolliver و همکارانش [۱۲] نشان داده‌اند که می‌توان افراد را با استفاده از شکل بدن حتی با در نظر گرفتن تصویر نویزی شناسایی نمود. الگوریتم مورد نظر بر روی پایگاه داده NIST/USF تست و نتیجه‌گیری گردید که شکل کلی بدن به هنگام راه رفتن به منظور شناسایی می‌تواند مفید واقع گردد.

روش‌های جدید ارائه شده در دانشگاه Southampton شامل روش استاندارد و پایه‌ای^۴ ارائه شده توسط Foster [۱۳] که از اندازه‌گیری‌های مربوط به مساحت استفاده می‌نماید، روش گسترش یافته توصیف اشیاء با استفاده از تقارن که توسط Hayfron [۱۴] ارائه شده و روش آماری Shutler [۱۵] می‌باشد.

انستیتو اتوماسیون CAS روشی بر اساس تبدیل eigenspace از تصویر شمای کلی فرد که باز^۵ می‌شود، ارائه نموده است. در این روش تبدیل eigenspace سیگنال‌های فاصله که از دنباله‌های راه رفتن فرد به دست می‌آید، مورد استفاده قرار گرفته است.

Bhanu و همکارانش [۱۶]، از دانشگاه California Riverside از ویژگی‌های سینماتیک و ثابت راه رفتن استفاده نموده‌اند. بدین ترتیب که پارامترهای مدلی سه‌بعدی که از تصویر دوبعدی فرد به دست می‌آید، به منظور شناسایی به کار گرفته می‌شود. شکل و ساختار بدن به طور جداگانه‌ای استخراج گردیده و به منظور افزایش توان سیستم به سایر ویژگی‌ها اضافه گردیده است. ویژگی‌های استاتیک بدن شامل طول اعضای مختلف بدن و میزان باز و بسته شدن آنها به هنگام راه رفتن بود که به روش‌های خاصی به دست می‌آمد. Han و همکارانش [۱۷]، از تصاویر انرژی که با استفاده از میانگین‌گیری از تصاویر شمای کلی و سپس استفاده از PCA به منظور استخراج ویژگی

^۴ Baseline

^۵ Unwrap

مورد نظر به دست می‌آمد، به منظور شناسایی افراد بر اساس الگوی راه رفتن استفاده نموده‌اند. خاصیت تقارن در راه رفتن از آنجایی که ارتباطی مستقیم با مشاهدات فیزیولوژیکی افراد از راه رفتن دارد به عنوان ابزار مناسب دیگری می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

۱-۴- مروری بر روش‌های مبتنی بر مدل

هدف اصلی در روش‌های مبتنی بر مدل، مدل کردن حرکت بدن و بخصوص پاها می‌باشد. روش‌های مبتنی بر ساختار بدن از پارامترهای استاتیک استفاده می‌نمایند، در حالی که روش‌های مبتنی بر مدل قادر هستند زوایای بین اعضاء مختلف بدن را به هنگام حرکت استخراج نمایند.

Lee و همکارانش از دانشگاه MIT [۱۸]، از تعدادی بیضی به منظور مدل‌سازی بخش‌های مختلف بدن استفاده نموده‌اند. بردارهای ویژگی مورد استفاده، میانگین و واریانس مشخصه‌های هر یک از بیضی‌ها در طول زمان و همچنین استفاده از تبدیل فوریه آنها می‌باشد. در این روش بدن فرد در هر فریم به ۷ قسمت که به طور تقریبی بخش‌های سر و گردن، قسمت جلوی بدن و دست جلو، قسمت عقب بدن و دست عقب، ران جلو، ران عقب، ساق پای عقب و ساق پای جلو می‌باشد، تقسیم می‌گردد. ارزیابی این الگوریتم بر روی پایگاه داده MIT و CMU انجام شده و شناسایی جنسیت فرد نیز انجام شده است.

روش ارائه شده توسط Benabdelkader [۱۹] که از پارامترهای ساختاری راه رفتن (سرعت و طول گام) نیز استفاده می‌نماید، نمونه‌ای از روش‌های مبتنی بر مدل است که پارامترهای ساختاری بدن را نیز به کار می‌گیرد. در این روش سرعت راه رفتن با توجه به خاصیت تناوبی راه رفتن محاسبه شده است. سرعت بر اساس نسبت فاصله پیموده شده به تعداد گام‌های برداشته شده محاسبه گردیده است. با ارزیابی الگوریتم مذکور بر روی پایگاه داده UMD، تغییرات در طول گام نسبت به سرعت راه رفتن، خطی و برای هر فرد منحصر به فرد گزارش گردیده است و نه تنها به منظور شناسایی بلکه به منظور تأیید هویت نیز به کار گرفته شده است.

Bobick و همکارانش از دانشگاه GaTech [۲۰]، از پارامترهای ساختاری بدن به هنگام راه رفتن استفاده نموده‌اند که در واقع نمونه دیگری از روش‌های مبتنی بر مدل است که ساختار بدن در آن لحاظ گردیده است. تغییرات در هر کلاس و بین کلاس‌های مختلف به منظور بررسی پتانسیل روش مورد نظر مورد تحلیل قرار گرفته است. یکی دیگر از روش‌های ساختاری، توسط Tanawongsuwan و همکارانش [۲۱]، ارائه گردیده است. در این روش با به کارگیری نشانگرهایی در ناحیه مفاصل پاها و بدن، زوایای بین مفاصل به هنگام راه رفتن استخراج شده و به منظور شناسایی مورد استفاده قرار گرفته است. ارزیابی این الگوریتم بر روی پایگاه داده کوچکی انجام گرفته و نشان داده شد که شناسایی به روش مذکور امکان‌پذیر می‌باشد. روش مذکور توسط Johnson و همکارانش [۲۲]، ادامه داده شد و با ارزیابی الگوریتم پیشین بر روی پایگاه داده‌ای به

اندازه ۵ مرتبه بزرگتر نشان داده شد که دقت سیستم بر روی پایگاه‌های داده بزرگتر قابل پیش-بینی می‌باشد.

Yam و همکارانش از دانشگاه Southampton [۲۳]، روشی مبتنی بر مدل را به منظور توصیف دقیق‌تر هر دو پا با هدف تشخیص راه رفتن و دویدن، پایه‌گذاری نموده‌اند. روش دیگری که مبتنی بر مدل است، در مرحله اول به جمع‌آوری داده‌های آناتومیک لازم پرداخته و سپس با روشی مبتنی بر مدل، الگوریتم مورد نظر را بر روی پایگاه داده Southampton تست و ارزیابی نموده است [۲۴]. در تحقیقات انجام شده در موسسه اتوماسیون CAS روشی مبتنی بر مدل و با استفاده از اطلاعات دینامیکی راه رفتن، با تعقیب فرد در هر فریم و محاسبه زوایای بین مفاصل بخش‌های پایین بدن در طول زمان ارائه گشته است.

روش Zhang و همکارانش [۲۵] تغییرات موجود در زاویه اعضای بدن را به منظور شناسایی افراد به کار می‌گیرد. در واقع روش ارائه شده مبتنی بر مدل بوده و توصیف به دست آمده برای راه رفتن بر اساس ساختار بدن می‌باشد و روش مذکور در واقع ترکیبی از دو روش مبتنی بر مدلی می‌باشد که قبلاً ذکر گردید. پاها به صورت ذوزنقه‌ای و قسمت بالای بدن به صورت مستطیلی و بدون در نظر گرفتن دست‌ها مدل‌سازی شده است. با نرمالیزه نمودن فواصل موجود نسبت به ارتفاع قفسه سینه، شکل کلی بدن بر اساس تعدادی از فواصل مختلف توصیف شده است. مدل‌سازی بدن فرد

با مینیمم کردن یک تابع انرژی که بر اساس اختلاف بین تصویر شمای کلی و بدن فرد تشکیل می‌گردد، صورت می‌پذیرد. از آنجایی که پارامترهای به دست آمده پریودیک می‌باشند در مرحله بعد این پارامترها توسط آنالیز فوریه توصیف شده و در نهایت به روش HMM کلاسه‌بندی شده‌اند. روش مذکور بر روی پایگاه‌های داده CMU Mobo و NIST تست شده و نشان داده شده است که از توانایی تشخیص افراد برخوردار می‌باشد. نتایج به دست آمده از پایگاه داده Mobo بهتر از نتایج به دست آمده از پایگاه داده دیگر گزارش شده است. روش مذکور از برتری تکنیک‌های مبتنی بر مدل که در آنها داده‌ها به صورت مستقیم به راه رفتن مربوط می‌باشند، به خوبی استفاده نموده است.

۱-۴-۱ مدل‌سازی بدن انسان در حالت دوبعدی

۱-۱-۴-۱ مدل‌سازی راه رفتن و دویدن

در تحقیقات دانشگاه Southampton از مدل‌های پاندولی به منظور مدل‌سازی پاها استفاده شده است. هدف در این تحقیقات، شناسایی افراد به هنگام راه رفتن و همچنین دویدن می‌باشد. در این روش‌ها ران و پا را در حالت راه رفتن و همچنین به هنگام دویدن مدل‌سازی نموده‌اند. هدف در این روش‌ها استخراج مشخصه‌های فرکانسی بوده و به جای این که مشخصه‌های مذکور را به طور

مستقیم به دست آورند، ابتدا بدن فرد مدل‌سازی شده و سپس مؤلفه‌های فرکانسی مورد نظر از بخش‌های مختلف مدل به صورت جداگانه استخراج شده است.

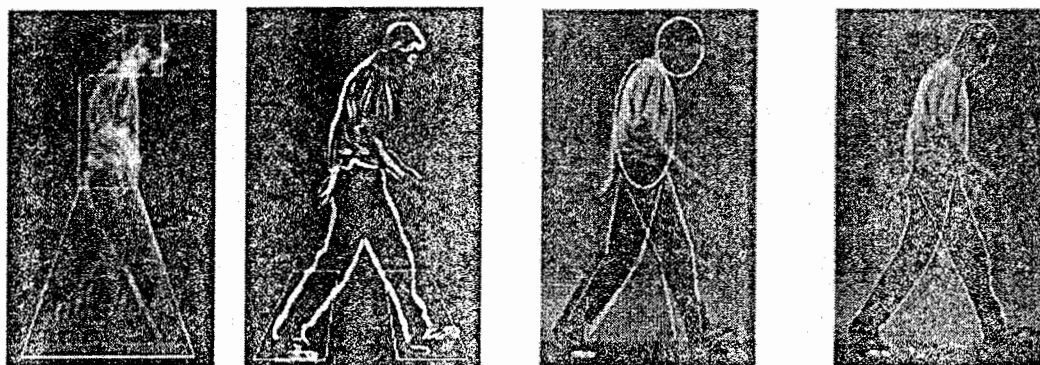
یکی از محاسن روش تشریح شده آن است که روش مذکور ابزاری اتوماتیک به منظور شناسایی افراد در هنگام راه رفتن و همچنین دویدن ارائه می‌نماید. به منظور تسریع عمل جمع‌آوری داده از treadmill استفاده شده است. برای ۲۰۰ نفر و برای هر کدام ۶ رشته از تصاویر جمع‌آوری شده است. بر اساس نتایج تحلیل‌های انجام شده در این زمینه، توانایی تشخیص افراد بر اساس دویدن ۹۰٪ و بیشتر از ۸۰٪ مربوط به راه رفتن می‌باشد. روش مذکور نسبت به روش‌های مبتنی بر تصاویر شمای کلی که از مدل‌سازی استفاده نمی‌کنند، خاصیت تغییرناپذیری بیشتری نسبت به عوامل covariate دارد. با محاسبه تبدیل فوریه مشخصه‌های به دست آمده در مرحله قبل، برای هر شخص می‌توان مشخصه‌ای منحصر به فرد در حوزه فرکانس به دست آورد. مزیت دیگری که این روش دارا می‌باشد، تغییرناپذیری آن نسبت به مقادیر اندکی انحراف در زاویه دید می‌باشد.

۱-۴-۲- تعقیب و استخراج فرد در فریم‌های متوالی بر اساس روش‌های مبتنی بر

مدل

اخیراً، روش‌های مبتنی بر مدل با قابلیت تمایز بیشتری ارائه شده است. هدف اصلی که مدل‌سازی پاها به هنگام راه رفتن می‌باشد، در این روش‌ها نیز دنبال شده است. البته در روش‌های مذکور

شکل قسمت‌های بالای بدن نیز در نظر گرفته شده است. الگوی مورد نظر با استفاده از میانگین داده‌های آناتومیک تشکیل شده و نسبت به قد فرد مقیاس‌بندی گردیده است. بدین ترتیب یک دوزنقه که موقعیت کلی پاها را توصیف می‌نماید و دو مستطیل که به طور تقریبی سینه و سر فرد را مدل می‌کنند، به دست می‌آید. مدل دقیق‌تری از بدن فرد از یک بیضی در ناحیه سینه و از یک بیضی دیگر برای مدل‌سازی سر فرد استفاده می‌نماید. به منظور مدل‌سازی ران و ساق پاها از چهارخط و به منظور مدل‌سازی قسمت پایین پاها از دو مستطیل استفاده شده است. پارامترهای توصیف‌کننده پاها و شعاع‌های بیضی‌ها در ابتدای کار به تناسب قد فرد تنظیم شده‌اند. پارامترهای مربوط به مدل‌های سر و سینه فرد با استفاده از انطباق محلی با الگوهای به دست آمده از میانگین اطلاعات آناتومیک، تعیین شده‌اند.



شکل ۱-۵: به دست آوردن مدلی از فرد به هنگام راه رفتن.

به منظور شناسایی می‌بایست مدل‌های مربوط به شکل پاها که در شکل (۱-۵) نشان داده شده است، تخمین زده شود. به منظور انطباق مدل‌های شکل پاها ابتدا می‌بایست طول قسمت‌های مختلف پا از مفصل ران تا زانو و از زانو تا قوزک پا به طور دقیق‌تری به دست آید.

ویژگی‌های به دست آمده با استفاده از ANOVA بر روی پایگاه داده Southampton ارزیابی شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بیشتر قابلیت سیستم در تمایز از مشخصات دینامیکی راه رفتن و مقداری از خصوصیات استاتیکی شکل فرد به دست می‌آید. البته اجزای مربوط به شکل استاتیک فرد تا حد زیادی وابسته به نوع لباس فرد بوده و شناسایی تنها با استفاده از ویژگی‌های مذکور ممکن نمی‌باشد.

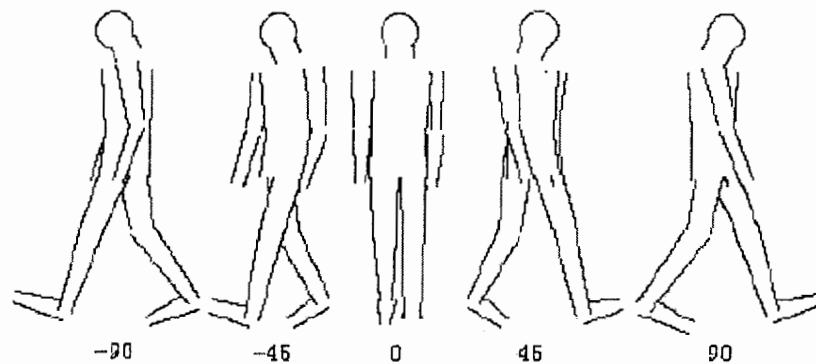
۱-۴-۲- تعقیب و شناسایی افراد در فضای سه‌بعدی

در موسسه اتوماسیون CAS روشی مؤثر به منظور تعقیب فرد در تصاویر بر اساس مدل حرکتی و مدل بدن فرد ارائه شده است [۲۶]. در فریم اول، ابتدا پارامترهای مختلف مدل توسط روشی مؤثر برای مقداردهی اولیه، مقداردهی می‌شوند. در هر فریم جدید، پارامترهای مورد نظر در طی چندین مرحله پردازش می‌گردند. پارامترهای مدل مورد نظر نسبت به موقعیت قبلی، مدل حرکتی و محدودیت‌های مربوط به راه رفتن حرکت، محاسبه می‌گردد. در مرحله دوم محاسبات، بخش‌های

^۶ Tracking

مختلف مدل هر یک به صورت جداگانه بررسی می‌گردند. در مرحله بعد، تشابه بین داده‌ها در تصویر اصلی و فردی که تعقیب شده است محاسبه می‌گردد. نتایج حاصل از تعقیب فرد در تصاویر، در نهایت به منظور شناسایی فرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مرحله بعد زوایای مورد نظر با استفاده از چندین دوربین به طور همزمان، محاسبه می‌شوند.

مدلی که در روش پیشین برای بدن فرد در نظر گرفته می‌شود متشکل از ۱۴ قسمت صلب شامل قسمت بالای بدن، قسمت پایین بدن، گردن، دو قسمت مربوط به قسمت‌های بالای دست‌ها، دو قسمت مربوط به قسمت پایین دست‌ها، دو ران، دو قسمت مربوط به ساق پا، دو پا و یک قسمت مربوط به سر می‌باشد. به جز سر که مدل مورد استفاده برای آن به شکل کروی می‌باشد، تمامی قسمت‌ها توسط شکل مخروطی مدل می‌شوند. هر قسمت به قسمت‌های دیگر از طریق مفاصل مربوطه متصل گشته است. دست‌ها در این مدل مد نظر قرار نگرفته‌اند چرا که مدل‌سازی آنها بسیار پیچیده و در شناسایی افراد بدون استفاده می‌باشد. شکل (۱-۶) نمونه‌هایی از مدل مورد استفاده را از زوایای مختلف نشان می‌دهد. مدل مورد استفاده مدلی عمومی می‌باشد که برای افراد مختلف ابعاد آن می‌بایست با توجه به ابعاد بدن فرد تنظیم گردد.



شکل ۱-۶: مدل بدن انسان از ۵ زاویه متفاوت.

مدل مذکور دارای ۳۴ درجه آزادی می‌باشد. ۳ درجه آزادی برای هر یک از قسمت‌های مختلف بدن، ۳ درجه آزادی برای موقعیت کلی آن و ۳ درجه آزادی برای جهت آن. به منظور جستجو در فضای ۳۴ بعدی از محدودیت‌های افراد به هنگام راه رفتن استفاده می‌گردد. به هنگام تثبیت موقعیت دوربین فرض می‌گردد که افراد در راستای عمود بر محور نوری دوربین و در راستای یک خط حرکت می‌کنند. به این ترتیب با اعمال محدودیت‌های ذکر شده فضای مورد جستجو به منظور تعیین پارامترهای مدل مذکور کاهش یافته و سرعت الگوریتم افزایش می‌یابد. بدین ترتیب درجه آزادی مدل مذکور به ۱۲ کاهش می‌یابد: ۱ درجه آزادی برای هر مفصل به علاوه ۲ درجه آزادی برای موقعیت کلی بدن فرد.

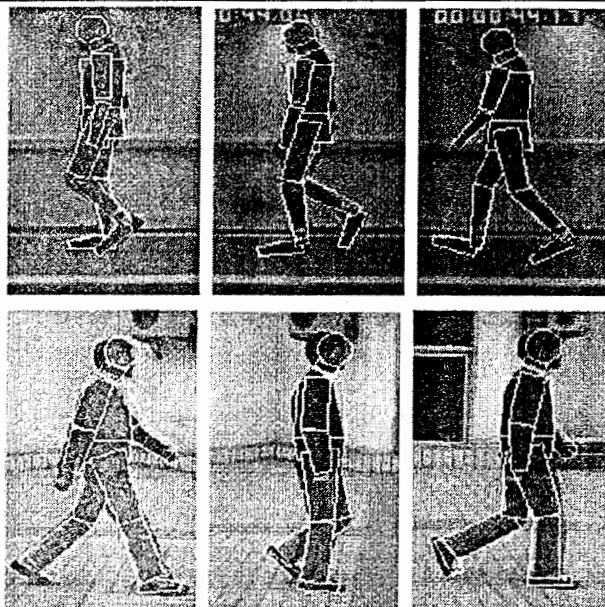
استفاده از محدودیت‌های افراد به هنگام حرکت

راه رفتن افراد به عنوان فعالیتی با محدودیت‌های بسیار شناخته می‌شود. از جمله محدودیت‌های این حرکت تقارن، پیرویدیک بودن و تغییر اندک آن بین افراد مختلف می‌باشد. بدین ترتیب بسیار مطلوب است که مدل حرکتی مؤثر و فشرده‌ای برای حرکت افراد به هنگام راه رفتن در نظر گرفته شود. به عنوان مثال وابستگی میان زوایای مفاصل مختلف را به منظور کاهش متغیر مدل‌های مورد استفاده می‌توان به کار گرفت.

با تخمین مدلی از ساختار بدن فرد به هنگام راه رفتن، می‌توان زوایای بین مفاصل فرد را به هنگام راه رفتن و در طول فریم‌های متوالی بررسی نمود. تفاوت‌های موجود میان ساختار و دینامیک بدن افراد مختلف منجر به ایجاد تفاوت در زوایای مفاصل در بین افراد مختلف هم از نظر اندازه و هم از نظر تغییرات زمانی می‌گردد.

۱-۴-۳- چند روش دیگر

روش‌های مبتنی بر مدل تا حد زیادی مستقل از زاویه دید می‌باشند، اما متأسفانه تنوع زیادی در میان روش‌های این دسته وجود ندارد. در این قسمت به طور مختصر دو روش که یکی بر پایه ساختار بدن انسان می‌باشد و دیگری که به طور کامل مبتنی بر مدل می‌باشد، بررسی می‌گردد.



شکل ۱-۷: چند نمونه از نتایج مدل‌سازی بدن انسان به هنگام راه رفتن.

۱-۴-۳-۱- تعیین ساختار با استفاده از پارامترهای بدن

روشی بر پایه ساختار بدن انسان در دانشگاه Georgia Institute of Technology ارائه گردیده است که فرد را در زوایای مختلف به هنگام راه رفتن مورد بررسی قرار می‌دهد [۲۰ و ۲۲]. در این روش الگوریتمی به منظور جبران‌سازی و تبدیل حرکت فرد از زوایای مختلف به زاویه عمود بر دوربین ارائه گردیده است و بدین ترتیب یکی از اولین روش‌های ارائه شده مبتنی بر مدل می‌باشد که نسبت به زاویه دید حساس نمی‌باشد. تصحیح عمق تصویر در این روش با استفاده از محاسبه قد فرد زمانی که دو پا کمترین فاصله را نسبت به یکدیگر دارند و محاسبه ضریب تصحیح فاصله با استفاده از آن و در دست داشتن مشخصات دوربین انجام می‌شود.

هر چند به کارگیری روش مذکور دارای مشکلات خاص خود می‌باشد، روش مذکور نشان می‌دهد که شناسایی افراد با استفاده از پارامترهای ساختاری بدن انسان امکان‌پذیر می‌باشد.

۱-۴-۳-۲- شناسایی مبتنی بر مدل ساختاری

تیمی از دانشگاه Rutgers تحقیقاتی بر روی انیمیشن تصاویر بدن انسان انجام داده‌اند [۲۷]. تحقیقات مذکور منجر به ایجاد انگیزه به منظور انجام تحقیقاتی بر روی شناسایی افراد به روشی مشابه روش مورد استفاده در دانشگاه Southampton و همچنین روش Zhang و همکارانش [۲۵]، گردید. روش مورد استفاده، اساساً مبتنی بر مدل بوده و توصیف پارامترهای راه رفتن بر اساس ساختار بدن می‌باشد. اعضای پایین بدن به وسیله ذوزنقه مدل‌سازی گردیده‌اند و بخش بالای بدن به صورت مستطیلی در نظر گرفته شده و دست‌ها نیز در مدل مد نظر قرار گرفته‌اند. مدل‌سازی بدن در طول رشته تصاویر با استفاده از مینیمم نمودن تابع انرژی که با استفاده از تفاوت بین تصویر شمای کلی فرد و بدن شخص به دست می‌آید، انجام شده است. روش مذکور از تغییرات زمانی جابجایی زانو و قوزک پا و زاویه زانو و قوزک در تصاویر به منظور شناسایی افراد استفاده می‌نماید. ویژگی‌های مذکور با استفاده از تبدیل فوریه تحلیل و در مرحله بعدی به روش HMM کلاسه‌بندی شده‌اند. روش مذکور بر روی پایگاه‌های داده CMU Mobo و همچنین NIST ارزیابی شده و نتایج قابل قبولی نیز به دست آورده است.

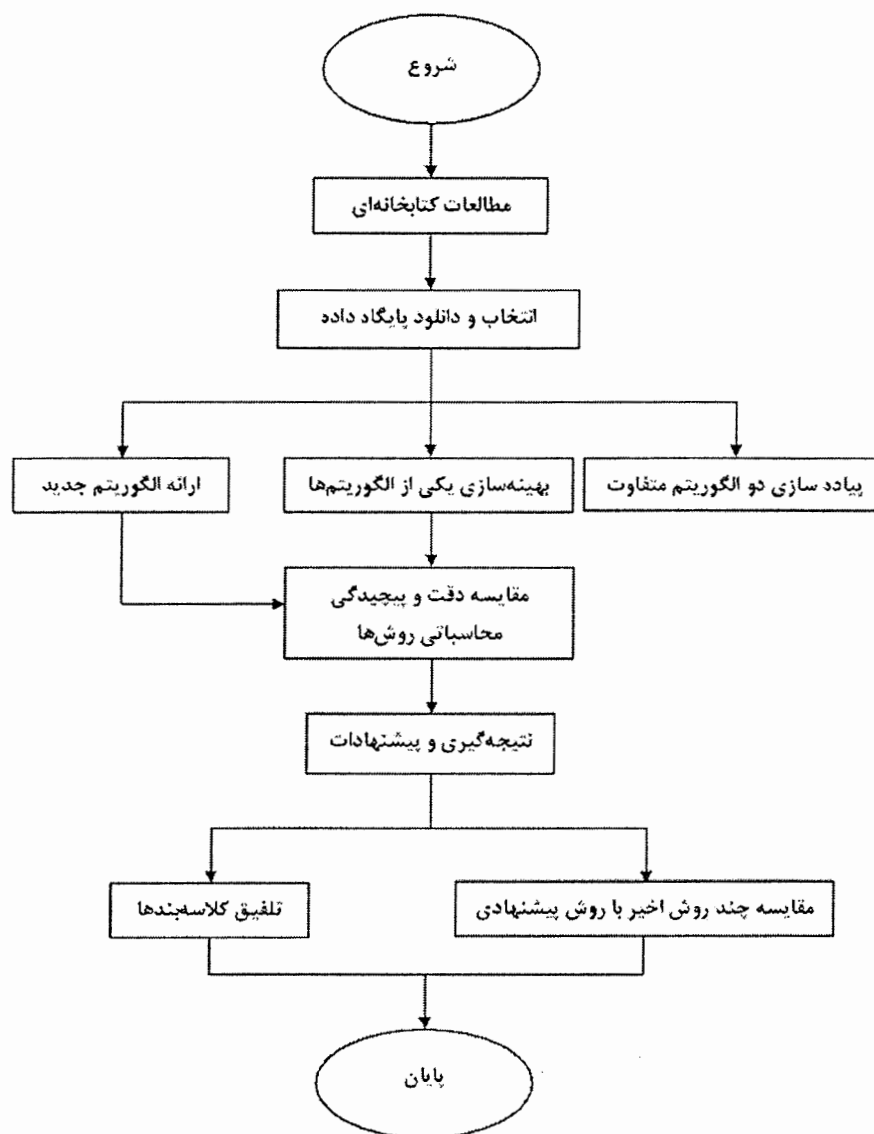
۱-۵- سازماندهی پایان نامه

در ادامه گزارش حاضر و در فصل دوم، دو روش تشخیص هویت بر اساس الگوی راه رفتن به تفصیل معرفی می‌گردد. روش اول مبتنی بر مدل بوده و بر اساس گزارش‌های انجام شده در مقالات و کتاب‌های مختلف از دقت بالایی برخوردار بوده است. در روش مذکور بدن فرد به صورت تقریبی به نواحی مختلف تقسیم‌بندی شده و بخش‌های مختلف هر یک با یک بیضی مدل‌سازی شده است. ویژگی‌های مورد استفاده پارامترهای مختلف بیضی‌ها در نواحی مختلف می‌باشد. تحلیل‌های مربوطه هم در حوزه زمان و هم در حوزه فرکانس انجام شده است. در ادامه فصل دوم روشی بدون استفاده از مدل و بر اساس تغییرات مساحت در تصاویر شمای کلی معرفی می‌گردد. در روش مذکور نیز بدن فرد در تصاویر به طور تقریبی به بخش‌هایی تقسیم شده و تغییرات مساحت نواحی مختلف در طول زمان به عنوان ویژگی مورد استفاده قرار گرفته است. در انتهای فصل دوم و در بخش نتایج پیاده‌سازی، دو روش مذکور با پیاده‌سازی و تست بر روی پایگاه داده CASIA [۲۸] ارزیابی می‌گردند.

در فصل سوم با پیشنهاد چند ویژگی مفید علاوه بر ویژگی‌های مورد استفاده در روش مبتنی بر مدل معرفی شده در فصل دوم، دقت روش بهبود می‌یابد. در انتهای فصل نتایج استفاده از چند ویژگی مذکور در حوزه زمان با ارزیابی الگوریتم بر روی پایگاه داده CASIA مورد بررسی قرار می‌-

گیرد. همچنین با انجام تحلیلی در حوزه فرکانس، فرکانس مؤثر در محاسبه اندازه تبدیل فوریه ویژگی‌ها شناسایی می‌شود.

در فصل چهارم روشی جدید بر اساس استفاده از مساحت پیشنهاد می‌گردد. در روش مذکور هم از پارامترهای دینامیک و هم از پارامترهای استاتیک راه رفتن فرد به منظور شناسایی استفاده می‌گردد. به منظور استخراج ویژگی‌های استاتیک ابتدا تصویر میانگین تشکیل شده و پس از اعمال مقدار آستانه‌ای بر روی میزان شدت روشنایی نقاط بخش‌های مفید تصویر میانگین حفظ و بقیه مناطق حذف می‌گردد. ویژگی‌های استاتیک مورد نظر مساحت نواحی مختلف تصویر میانگین می‌باشد. به منظور استخراج ویژگی‌های دینامیک ابتدا بدن فرد در هر فریم به نواحی مختلف تقسیم شده و مساحت نواحی مختلف در طول زمان محاسبه می‌گردد. ویژگی‌های دینامیک مورد استفاده میانگین و انحراف معیار مساحت نواحی مختلف می‌باشد. روش مذکور از لحاظ محاسباتی بسیار ساده بوده و ابعاد بردارهای ویژگی (۱۴ پارامتر) مورد استفاده دارای کمترین تعداد می‌باشد. در انتهای فصل چهارم روش مذکور بر روی پایگاه داده CASIA ارزیابی و نتایج حاصل ارائه گشته است. در فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات و اهداف آتی ارائه می‌گردد. سازماندهی پایان‌نامه به طور خلاصه در شکل (۱-۸) ارائه شده است.



شکل ۱-۸: سازماندهی پایان‌نامه

فصل دوم:

تئوری

۲-۱- مقدمه

همان طور که در فصل قبل نیز بدان اشاره گردید در حالت کلی به منظور تشخیص هویت بر اساس الگوی راه رفتن می‌توان از دو روش مدل‌سازی بدن فرد در تصویر و یا تحلیل تصویر به صورت یکپارچه و بدون مدل‌سازی استفاده نمود. روش‌های مبتنی بر مدل در حالت کلی حساسیت کمتری نسبت به تغییر زاویه دید نسبت به دوربین داشته اما در مقابل نسبت به روش‌هایی که در آنها از مدل‌سازی استفاده نمی‌گردد پیچیدگی محاسباتی بیشتری دارند. در این فصل به ترتیب ابتدا روشی بر اساس مدل‌سازی بدن فرد معرفی می‌گردد که بر اساس گزارشات انجام شده از دقت بالایی برخوردار می‌باشد. در ادامه روشی مورد بررسی قرار می‌گیرد که از مدل‌سازی استفاده ننموده و بر اساس تغییرات مساحت نواحی مختلف تصویر پایه‌گذاری گردیده است. دلیل

انتخاب و بررسی روش مذکور سادگی محاسبات و سرعت نسبتاً بالای الگوریتم مذکور می‌باشد. نتایج حاصل از پیاده‌سازی و ارزیابی هر دو روش بر روی پایگاه داده CASIA در قسمت نتایج به تفصیل ارائه می‌گردد.

قبل از معرفی روش‌های مذکور و از آنجایی که نیازمند روشی کارآمد در بررسی قابلیت تمایز ویژگی‌های مورد استفاده می‌باشیم، روش ANOVA¹ به صورت مختصر معرفی می‌گردد.

۲-۲- تحلیل ANOVA

۲-۲-۱- تئوری

ANOVA [۲۹] یکی از روش‌های بسیار مؤثر در مقایسه داده‌های آماری می‌باشد. بر خلاف نام آن که شاید مقایسه واریانس گروه‌های مختلفی از داده را به ذهن القاء نماید، در این روش میانگین گروه‌های متفاوتی از داده مقایسه شده و آماره‌ای محاسبه می‌گردد که بیانگر میزان فاصله میانگین گروه‌های مختلف می‌باشد. در مباحث مربوط به تشخیص الگو، آماره مذکور معیاری برای تشخیص میزان پراکندگی ویژگی‌ها در گروه‌های مختلف نسبت به پراکندگی آنها در هر گروه می‌باشد که معیاری مناسب به منظور مقایسه ویژگی‌های مختلف و بررسی میزان قابلیت هر ویژگی در ایجاد تمایز بین افراد مختلف می‌باشد. در این قسمت با ارائه مثالی روش مذکور تشریح می‌گردد. فرض

¹ ANalysis Of VAriance

نمایید که سه فرد مختلف و ۱۰ دنباله از تصاویر برای هر فرد داشته و علاقه‌مند هستیم که میزان تغییرات یک ویژگی بخصوص را بین این سه نفر بررسی نماییم. به همین منظور ویژگی مذکور برای هر نفر و در هر یک از ۱۰ دنباله از تصاویر مربوط به همان فرد اندازه‌گیری می‌شود.

جدول ۱-۲: داده‌های خام به دست آمده برای ۳ فرد مختلف.

Person	Feature parameter value
1	6.27, 5.36, 6.39, 4.85, 5.99, 7.14, 5.08, 4.07, 4.35, 4.95
2	3.07, 3.29, 4.04, 4.19, 3.41, 3.75, 4.85, 3.94, 6.28, 3.15
3	4.04, 3.79, 4.56, 4.55, 4.53, 3.53, 3.71, 7.00, 4.61, 4.55

به این ترتیب سه گروه داده که هر یک متشکل از ۱۰ داده مختلف می‌باشند، خواهیم داشت. به

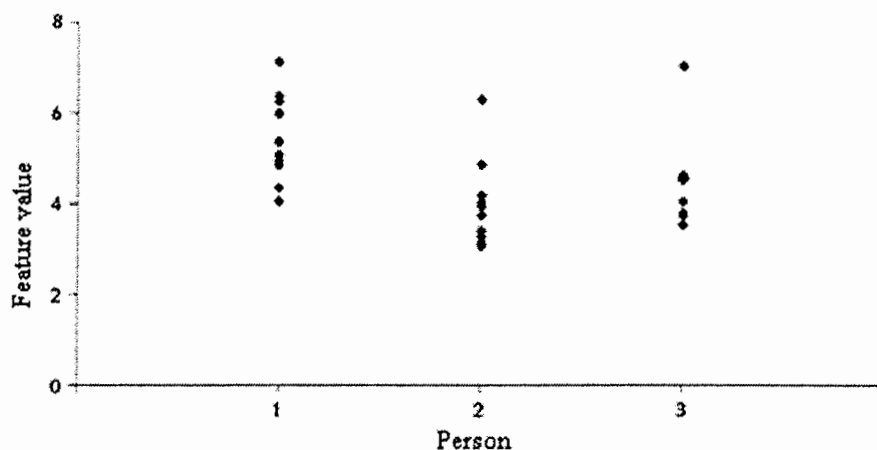
این ترتیب می‌توان جدول ۱-۲ را برای سه فرد مختلف تشکیل داد.

با نمایش داده‌های مذکور بر روی شکل می‌توان تشخیص داده که الگوی راه رفتن سه فرد مختلف

تأثیرهای متفاوتی بر روی مقدار ویژگی اندازه‌گیری دارند. علاوه بر مورد فوق، بر اساس شکل (۲-)

(۱) می‌توان تشخیص داد که برای هر فرد نیز میزانی از تغییرات در مقدار ویژگی اندازه‌گیری شده

وجود دارد.



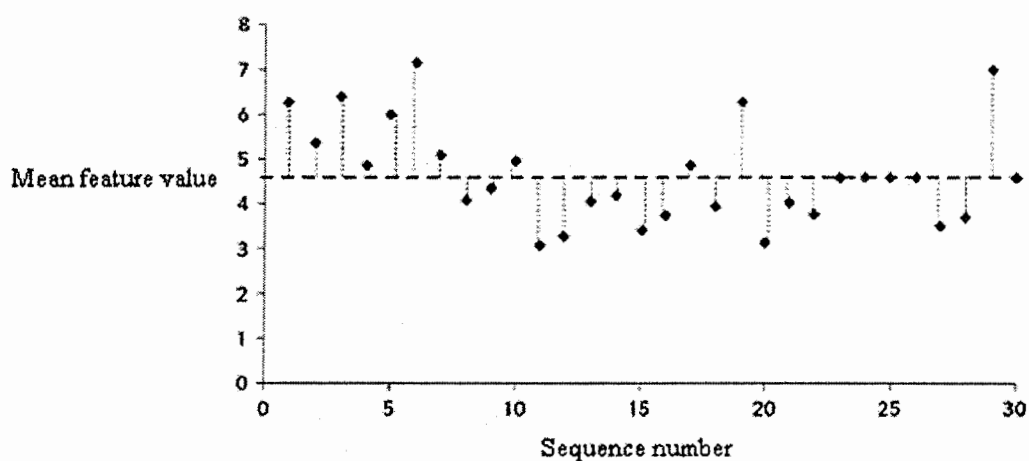
شکل ۱-۲: مقدار یک ویژگی اندازه‌گیری شده برای ۳ فرد مختلف.

در حالی که به نظر می‌رسد که مقدار ویژگی اندازه‌گیری شده برای فرد اول به طور میانگین بیشتر است، اما برخی از داده‌های مربوط به این فرد کمتر از فرد دوم و یا سوم می‌باشند.

در این مرحله نیازمند مقایسه سه گروه داده مذکور می‌باشیم تا به لحاظ آماری نیز تفاوت موجود در سه فرد مختلف تأیید گردد. در صورتی که تنها دو دسته داده موجود می‌بود می‌توانستیم به راحتی میانگین دو گروه را مقایسه نماییم، اما از آنجایی که بیش از دو گروه داده موجود می‌باشد، میانگین گروه‌های مختلف به طور مستقیم مقایسه نمی‌گردد. بدین منظور تغییرات موجود در هر گروه محاسبه می‌گردد. در نگاه اول استفاده از واریانس در هر گروه از داده‌ها به منظور مقایسه میانگین آنها ممکن است متناقض به نظر آید، به همین جهت در ادامه چگونگی استفاده از واریانس در مقایسه میانگین گروه‌های مختلف تشریح می‌گردد.

تغییرات داده‌ها در هر گروه بیانگر میزان پراکندگی آنها حول میانگین همان گروه می‌باشد. به منظور محاسبه واریانس، ابتدا میانگین هر گروه محاسبه شده و سپس انحراف هر داده از میانگین

گروه محاسبه می‌گردد. به این ترتیب میزان انحراف هر داده از میانگین همان گروه مقداری مثبت و یا منفی خواهد داشت و مجموع میزان انحراف داده‌های مختلف از مقدار میانگین در هر گروه برابر صفر خواهد بود، که معیاری مناسب در مقایسه پراکندگی گروه‌های مختلف نمی‌باشد. به همین جهت پس از محاسبه انحراف هر داده از میانگین در هر گروه، ابتدا انحراف مذکور را به توان دو رسانده و سپس انحراف‌های به دست آمده را جمع می‌نماییم که به این ترتیب معیاری مناسب از پراکندگی داده‌ها در هر گروه به دست می‌آید که مجموع مربعات (S.S.)^۲ نامیده می‌شود. داده‌های مربوط به افراد مختلف به همراه میزان انحراف آنها از مقدار میانگین در شکل (۲-۲) نشان داده شده است.



شکل ۲-۲: مقدار ویژگی اندازه‌گیری شده در هر یک از دنباله تصاویر.

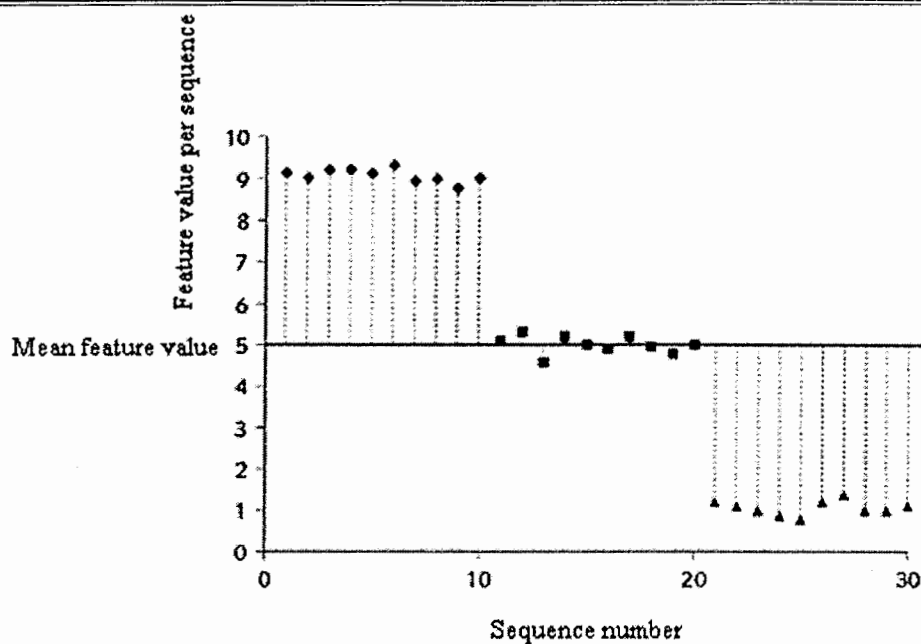
از آنجایی که مقدار SS در هر گروه متناسب با تعداد داده‌های آن گروه می‌باشد و با افزایش تعداد داده‌ها در هر گروه مقدار SS نیز در آن گروه افزایش می‌یابد، لذا معیار مطلوبی برای مقایسه

^۲ Sum of Squares (S.S.)

تغییرات گروه‌های مختلف نمی‌باشد. به همین جهت با تقسیم این پارمتر بر $n-1$ که در آن n تعداد داده در هر گروه می‌باشد، واریانس داده‌ها در هر گروه محاسبه می‌گردد.

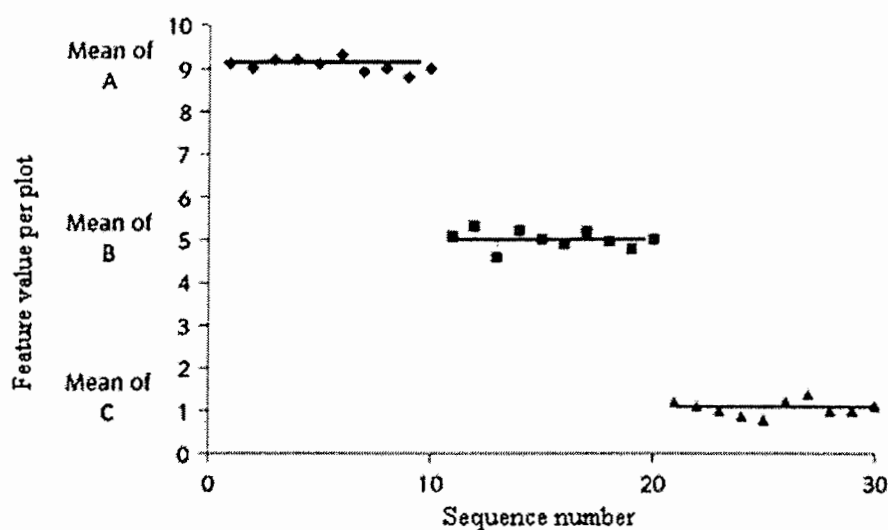
۲-۲-۲- تقسیم‌بندی عوامل ایجاد تغییرات

در تحلیل ANOVA سودمند است که میزان تغییرات دو جزء مختلف مورد توجه قرار گیرد: تغییرات SS و تغییرات در درجه آزادی مربوط به محاسبه SS. سؤال اصلی در مسأله فوق این است که عامل ایجاد تغییرات در مقدار ویژگی در ۳۰ دنباله مختلف از تصاویر چیست. بسیاری از عوامل در ایجاد این تغییرات می‌توانند مؤثر واقع گردند، از جمله: تفاوت حالات روحی و روانی افراد، نوع کفش افراد و بسیاری از عوامل دیگر و همچنین الگوی راه رفتن منحصر به فرد هر شخص. در مسأله فوق هدف اصلی یافتن میزان تأثیر مستقیم خود فرد مستقل از شرایط دیگر (نوع کفش، حالات روحی روانی، نوع لباس و ...) می‌باشد. به همین منظور تغییرات موجود در مقدار ویژگی را به دو دسته ناشی از الگوی طبیعی راه رفتن فرد و تغییرات در اثر تمامی عوامل دیگر تقسیم‌بندی می‌نماییم. به منظور توضیح بیشتر دلیل تقسیم‌بندی عوامل به دو دسته به صورت فوق دو حالت مرزی زیر را در نظر بگیرید.



شکل ۲-۳-الف: تغییرات داده‌های فرضی اول حول میانگین کل داده‌ها.

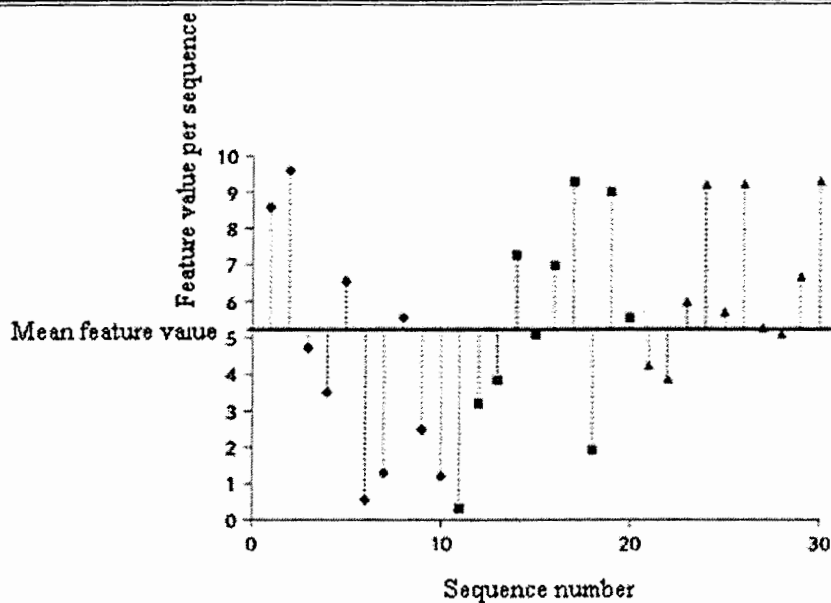
ابتدا حالتی را در نظر بگیرید که تمامی تغییرات در اثر الگوی طبیعی راه رفتن افراد مختلف بوده و عوامل دیگر هیچ تأثیری در مقدار ویژگی اندازه‌گیری شده ندارند. در این حالت، داده‌ها به صورت شکل (۲-۳-الف) خواهند بود. در مرحله اول میانگین کل داده‌ها محاسبه می‌گردد. مشاهده می‌گردد که تغییرات زیادی حول این نقطه خواهیم داشت. در مرحله بعدی، میانگین هر گروه به صورت جداگانه محاسبه می‌شود. تغییرات هر گروه حول مقدار میانگین همان گروه در این حالت بسیار کم خواهد بود. در این حالت به منظور بررسی میزان تغییرات در کل داده‌ها، میانگین هر گروه معیار مناسبی خواهد بود.



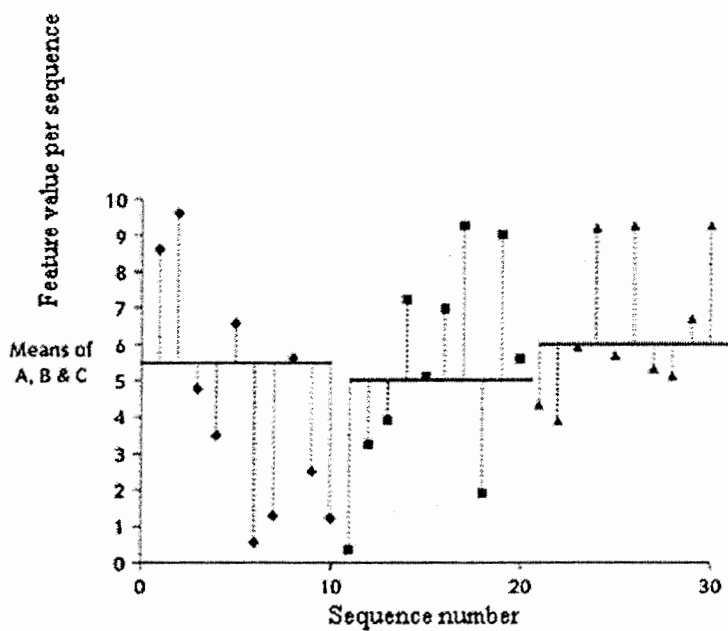
شکل ۲-۳-ب: تغییرات داده‌های فرضی اول حول میانگین گروه مربوطه.

حالت حدی دیگر، حالتی می‌باشد که در آن سه دسته داده مورد نظر از راه رفتن یک نفر می‌باشند اما عوامل دیگری در ایجاد تغییرات در مقدار ویژگی مورد نظر وجود دارند. مشابه حالت قبل ابتدا میانگین کل داده‌ها و سپس میانگین هر گروه محاسبه می‌گردد. در این حالت از آنجایی که فقط یک نفر موجود می‌باشد، میانگین گروه‌های مختلف نزدیک بوده و در نتیجه میزان تغییرات کاهش یافته است.

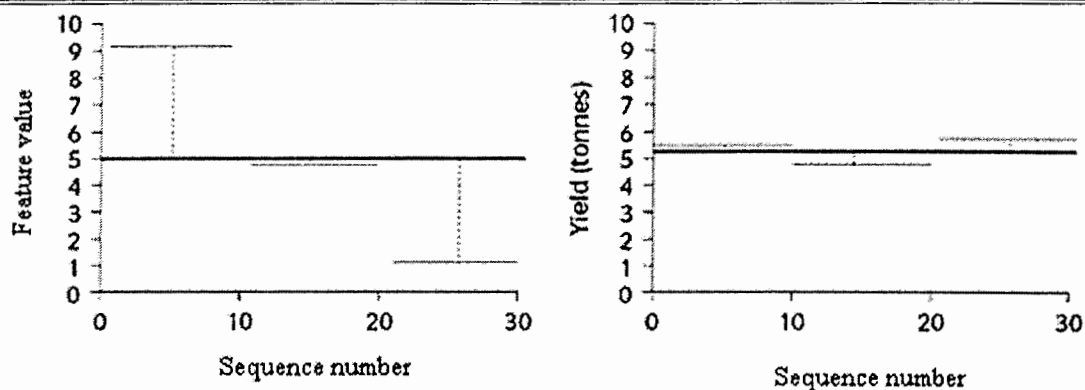
میزان تغییرات در داده‌ها را می‌توان با محاسبه تغییرات میانگین گروه‌های مختلف نسبت به میانگین کل داده‌ها بررسی نمود. در حالت اول این مقدار زیاد بوده و در حالت دوم کم می‌باشد.



شکل ۲-۴-الف: تغییرات داده‌های فرضی دوم حول میانگین کل داده‌ها.

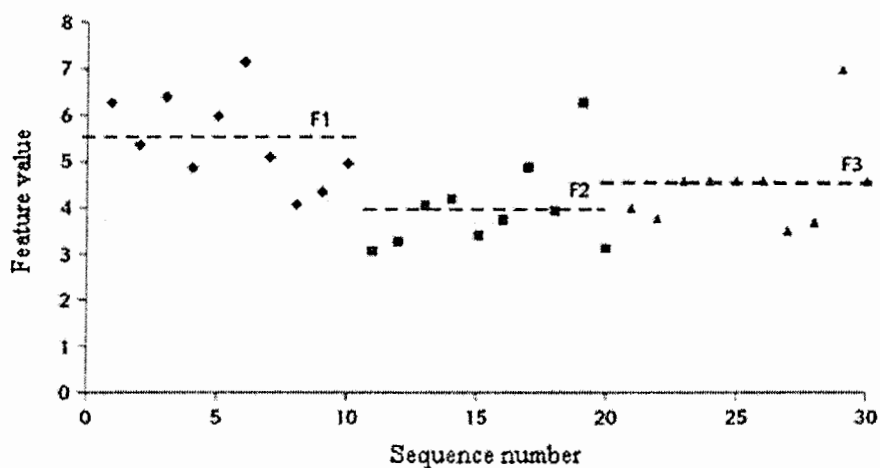


شکل ۲-۴-ب: تغییرات داده‌های فرضی دوم حول میانگین گروه مربوطه.



شکل ۲-۵: انحراف میانگین گروه‌های مختلف از میانگین کل داده‌ها.

داده‌های جدول (۱-۲) بیانگر حالت بینابینی است که در آن تأثیر افراد مختلف در مقدار ویژگی اندازه‌گیری شده مشخص نمی‌باشد. پس از محاسبه میانگین داده‌ها در هر گروه و بررسی میزان تغییرات آنها نسبت به میانگین همان گروه، مشاهده می‌گردد که تغییرات داده‌ها نسبت به حالتی که میزان تغییرات آنها نسبت به میانگین کل داده‌ها محاسبه می‌شود، کمتر می‌باشد.



شکل ۲-۶: تغییرات مقدار ویژگی حول میانگین هر گروه.

سؤالی که در این مرحله مطرح می‌گردد این است که چه موقع اختلاف بین میانگین گروه‌های مختلف بزرگتر از مقداری خواهد بود که تنها شانس در ایجاد این اختلاف نقش دارد؟ در این قسمت مناسب می‌نماید که چند پارامتر اساسی تعریف گردد:

SSY: مجموع مربعات انحراف داده‌ها از میانگین کل داده‌ها

SSE: مجموع مربعات انحراف داده‌ها از سه میانگین در سه گروه مختلف

SSF: مجموع مربعات انحراف میانگین گروه‌های مختلف از میانگین کل داده‌ها

تغییرات موجود در داده‌ها با استفاده از مجموع مربعات محاسبه می‌گردد، رابطه بین سه کمیت فوق به صورت رابطه (۱-۲) می‌باشد:

$$SSY = SSE + SSF \quad (1-2)$$

بدین ترتیب تغییرات موجود در داده‌ها به دو دسته تغییرات ناشی از افراد متفاوت و تغییرات ناشی از سایر عوامل تقسیم‌بندی می‌گردد. با مقایسه SSE و SSF می‌توان دریافت که سه فرد مختلف تا چه حد بر روی مقدار ویژگی اندازه‌گیری شده تأثیرگذار می‌باشد. به عنوان مثال در شکل (۲-۳-ب) SSE کوچک و مقدار SSF بزرگ می‌باشد. در مقابل در شکل (۲-۴-ب) SSE بزرگ و SSF کوچک می‌باشد. مقایسه داده‌های خام در این دو شکل از آنجایی که مقدار SS متناسب با تعداد داده‌های موجود می‌باشد، منطقی به نظر نمی‌رسد. با افزایش تعداد میانگین‌های محاسبه شده مقدار SSF نیز افزایش خواهد یافت. به منظور انجام مقایسه دقیق‌تری بین دو عامل ایجاد تغییرات

در مقدار ویژگی مورد نظر، می‌بایست میزان تغییرات را نسبت به درجه آزادی به دست آوریم (واریانس).

۲-۲-۳- تقسیم‌بندی درجات آزادی

در محاسبه هر کدام از مجموع مربعات فوق از دسته‌ای از اطلاعات مستقل موجود در داده‌ها استفاده شده است. اولین مرحله در تحلیل ANOVA محاسبه SSY می‌باشد. همان طور که قبلاً نیز بدان اشاره گردید به هنگام محاسبه کمیت فوق $29 = 30 - 1$ درجه آزادی (DF^2) خواهیم داشت. مرحله بعدی محاسبه سه میانگین در سه گروه مختلف می‌باشد. از آنجایی که مجموع انحراف‌های سه میانگین از میانگین کل داده‌ها برابر صفر می‌باشد با محاسبه میزان انحراف دو میانگین از میانگین کل داده‌ها، میزان انحراف میانگین سوم از میانگین کل داده‌ها نیز به دست می‌آید. بدین ترتیب کمیت SSF دو درجه آزادی خواهد داشت. در نهایت SSE که میزان پراکندگی داده‌ها حول هر یک از سه میانگین را نشان می‌دهد محاسبه می‌گردد. مجموع انحراف داده‌ها در هر گروه نسبت به میانگین هر گروه برابر صفر خواهد بود که به این ترتیب SSE ۲۷ درجه آزادی خواهد داشت. با ترکیب اطلاعات به دست آمده از مجموع مربعات و درجات آزادی می‌توان میزان پراکندگی داده‌ها را نسبت به درجات آزادی آنها به دست آورد. کمیتی که به این ترتیب محاسبه می‌گردد در حالت

^۲ Degrees of Freedom

کلی واریانس و در تحلیل ANOVA میانگین مربعات (MS، Mean Squares) نامیده می‌شود. به طور خلاصه:

$$\text{(Feature Mean Square) FMS} = \text{SSF}/2 \quad (2-2)$$

$$\text{(Error Mean Square) EMS} = \text{SSE}/27 \quad (3-2)$$

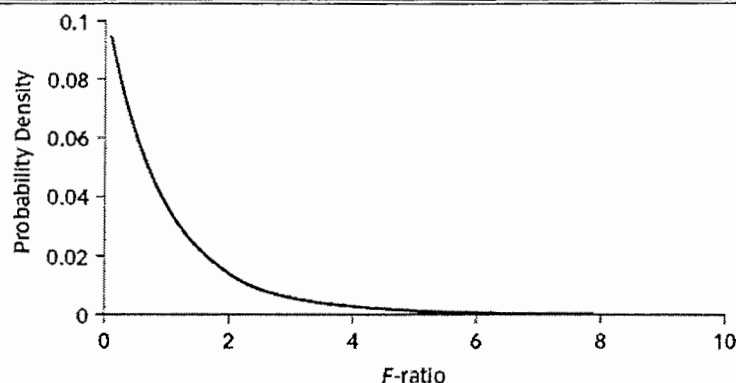
$$\text{(Total Mean Square) TMS} = \text{SSY}/29 \quad (4-2)$$

بدین ترتیب تغییرات ناشی از الگوی طبیعی راه رفتن سه فرد مختلف از تغییرات ناشی از سایر عوامل موجود جدا می‌گردد.

F-ratios - 4-2-2

در صورتی که الگوی طبیعی راه رفتن افراد مختلف تأثیری در مقدار ویژگی مورد نظر نداشته باشد، تغییرات موجود در مقدار ویژگی به دست آمده از دنباله تصاویر مربوط به یک فرد بسیار شبیه تغییرات موجود در مقدار ویژگی به دست آمده از دنباله تصاویر مربوط افراد دیگر است. این مسأله را می‌توان با استفاده از میانگین مربعات به صورت زیر بیان نمود:

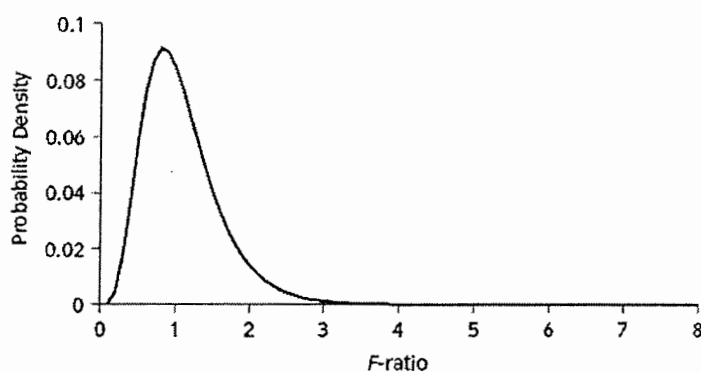
$$\text{FMS/EMS} = 1 \quad (5-2)$$



شکل ۷-۲: توزیع F برای درجات آزادی ۲ و ۲۷ زمانی که یک فرد در آزمایش‌ها موجود باشد.

نسبت فوق F -ratio نامیده شده و نتیجه نهایی در تحلیل ANOVA می‌باشد. لازم به ذکر است که حتی اگر فقط از یک نفر در آزمایش فوق استفاده گردد احتمال این که مقدار نسبت فوق دقیقاً برابر یک باشد بسیار کم خواهد بود. شکل (۷-۲) توزیع F مقادیر و احتمال اخذ این مقادیر را تحت فرض صفر (از یک فرد در آزمایش‌ها استفاده شده است) نشان می‌دهد.

در صورتی که مقدار ویژگی مورد نظر در الگوی راه رفتن افراد مختلف بسیار متفاوت باشند، FMS بزرگتر از EMS بوده و مقدار F -ratio بزرگتر از یک خواهد بود. بر اساس شکل (۷-۲) می‌توان استنتاج نمود که حتی اگر از یک فرد در این آزمایش استفاده گردد مقدار F -ratio ممکن است بزرگتر از یک باشد. به همین جهت این سؤال به ذهن خطور می‌کند که مقدار آستانه‌ای که برای مقدار F -ratio در نظر گرفته می‌شود چه میزان می‌بایست باشد؟



شکل ۲-۸: توزیع مقادیر F برای درجات آزادی ۱۰ و ۵۷.

پارامتر دیگری که در تحلیل ANOVA مورد استفاده قرار می‌گیرد p -value می‌باشد. پارامتر p -value در واقع مساحت زیر منحنی توزیع چگالی احتمال F -ratio از مقدار مورد نظر به سمت راست منحنی مذکور می‌باشد.

p -value در تحلیل ANOVA معیاری مناسب به منظور بررسی فرض صفر می‌باشد و تنها زمانی که این مقدار بزرگتر از ۵ درصد باشد، فرض صفر رد می‌گردد (بر اساس فرض صفر میانگین تمامی گروه‌ها برابر می‌باشد).

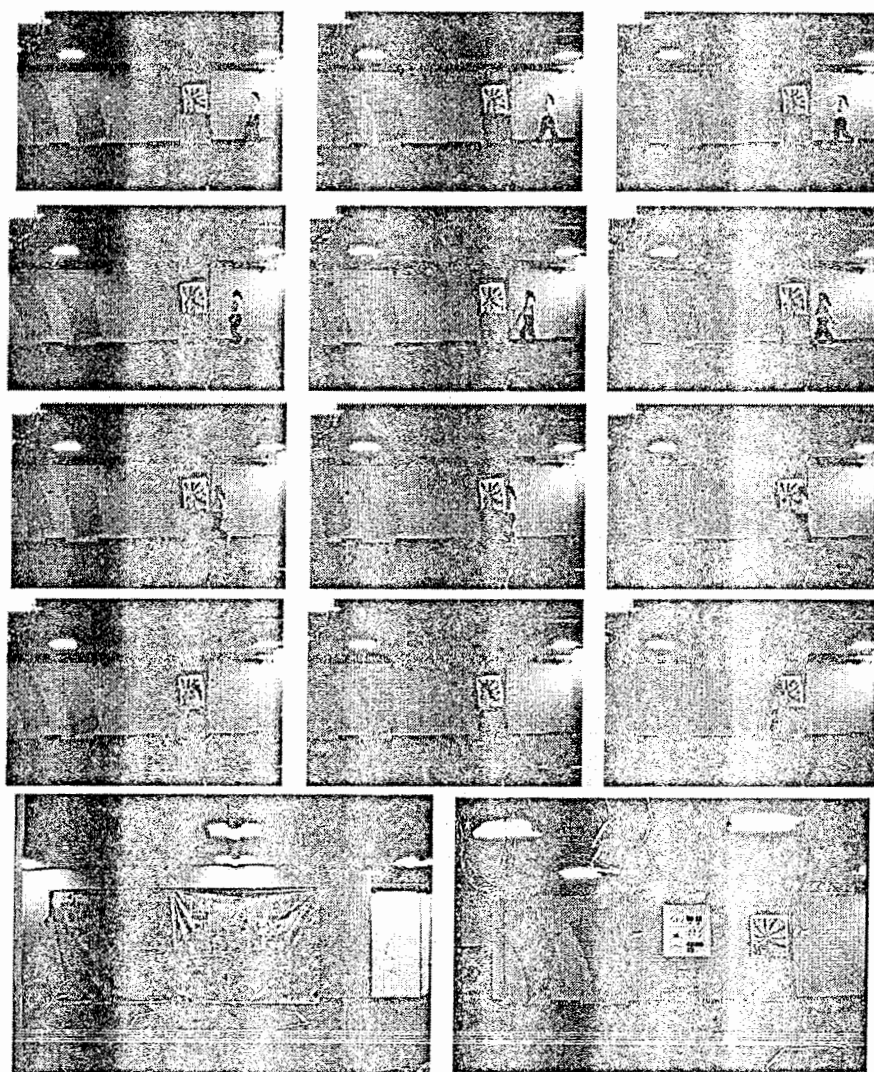
۳-۲- مدل سازی بدن انسان (روش Lee و همکارانش)

۳-۲-۱- تشریح روش

در روشی که توسط Lee و همکارانش از دانشگاه MIT [۱۸] ارائه گردیده است، مشابه بسیاری از تحقیقات دیگر، از تصاویری استفاده شده است که از راستای عمود بر راستای حرکت فرد جمع-آوری گردیده. بر اساس تحقیقات انجام شده، راستای مذکور حاوی بیشترین اطلاعات به منظور شناسایی فرد می‌باشد [۲۷]. در این روش هدف، مدل‌سازی بدن انسان در یک سطح ساده تر از اجزای دقیق بدن بوده و تشخیص اجزای مختلف بدن به طور دقیق مد نظر نیست. همچنین مسأله مقاوم بودن الگوریتم در برابر نویز ناحیه‌بندی^۴ و سادگی فرآیند مدل‌سازی لحاظ گردیده است. در روش مذکور از پارامترهای ساختاری همچون قد فرد، میزان حرکت عمودی بدن شخص به هنگام حرکت، بیشترین فاصله بین قدم‌های فرد به دلیل پیچیدگی محاسبات مربوطه و همچنین وجود نویز در تصاویر در نتیجه ناحیه‌بندی غیر ایده‌آل استفاده نشده است. ویژگی‌های مورد استفاده در این روش، میانگین و انحراف معیار پارامترهای مربوط به بیضی‌ها در نواحی مختلف در حوزه زمان و اندازه و فاز تبدیل فوریه همان ویژگی‌ها در حوزه فرکانس در فرکانس اصلی راه رفتن فرد می‌باشد. روش مذکور بر روی پایگاه داده‌ای که به همین منظور در دانشگاه MIT جمع‌آوری گردیده است و همچنین پایگاه داده CMU ارزیابی شده است. همان‌گونه که ذکر گردید پایگاه داده MIT نیز

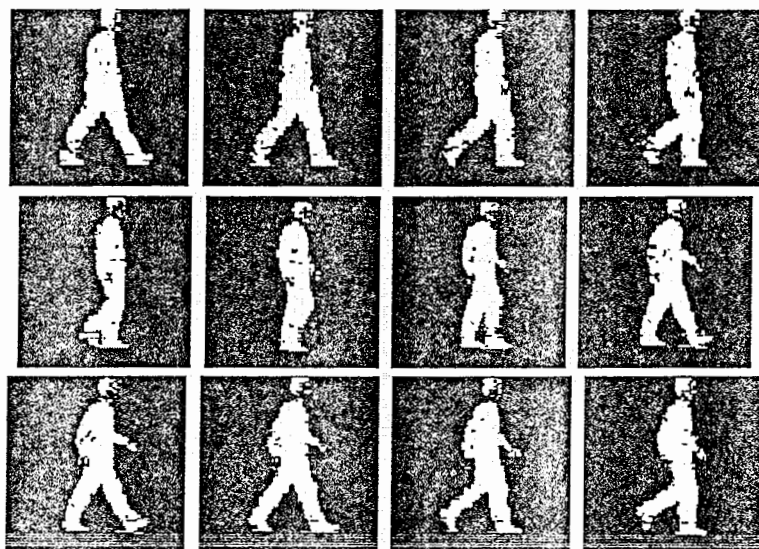
^۴. Segmentation

عمود بر راستای حرکت فرد فیلمبرداری شده است. تصاویری از این پایگاه داده و چند نمونه از تصاویر شمای کلی استخراج شده در شکل‌های (۲-۹) و (۲-۱۰) ارائه شده است. تصاویر شمای کلی با استفاده از ناحیه‌بندی به روش کسر پس زمینه تشکیل گردیده است.

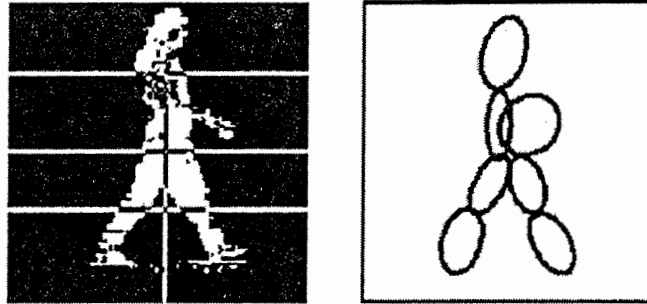


شکل ۲-۹: چند نمونه از تصاویر پایگاه داده MIT و پس‌زمینه‌های مربوطه.

در مرحله بعد در هر تصویر شمای کلی در دنباله تصاویر هر فرد، ابتدا مرکز ثقل بدن شخص پیدا شده است. تصویر فرد با استفاده از خط عمودی که از مرکز ثقل می‌گذرد، به جز ناحیه سر، به دو قسمت جلو و عقب تقسیم می‌گردد. نواحی بالا و پایین مرکز ثقل به طور مساوی هر کدام به دو قسمت تقسیم می‌شوند. به این ترتیب ۷ ناحیه که به طور تقریبی سر و شانه، قسمت عقب بدن، قسمت جلوی بدن، ران جلو، ران عقب، ساق جلو و ساق پای عقب می‌باشند به دست می‌آید. هدف از این تقسیم‌بندی تقسیم بدن فرد به اجزای کوچکتری می‌باشد که شناسایی فرد را تسهیل نماید و مناطق مذکور به طور دقیق برابر مناطق مربوطه در بدن شخص نمی‌باشند. در مرحله بعد هر قسمت با یک بیضی مدل‌سازی می‌گردد. در شکل (۲-۱۱) نمونه‌ای از این مدل‌سازی ارائه شده است.



شکل ۲-۱۰: چند نمونه از تصاویر باینری شمای کلی که توسط Lee و همکارانش به دست آمده است.



شکل ۲-۱: نمونه‌ای از مدل‌سازی تصویر شمای کلی فرد توسط γ بیضی توسط Lee و همکارانش.

ویژگی‌هایی که از هر یک از بیضی‌های نواحی مختلف به دست می‌آید شامل مرکز ثقل بیضی، راستای قطر بزرگ بیضی و نسبت طول دو قطر بیضی می‌باشد. برای این منظور می‌بایست مرکز ثقل و ماتریس کوواریانس هر یک از نواحی مذکور محاسبه گردد. فرض می‌کنیم $I(x,y)$ تصویر باینری منطقه‌ای باشد که می‌بایست مدل‌سازی گردد. با فرض این که تمامی نقاط مربوط به بدن فرد در تصاویر شمای کلی برابر یک و نقاط پس زمینه برابر صفر می‌باشند، مرکز ثقل منطقه مورد نظر با استفاده از روابط زیر به آسانی قابل محاسبه می‌باشد:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{x,y} I(x,y)x, \quad (6-2)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{x,y} I(x,y)y, \quad (7-2)$$

در روابط بالا N برابر تعداد کل نقاط مربوط به بدن فرد در تصویر شمای کلی می‌باشد.

$$N = \sum_{x,y} I(x,y). \quad (8-2)$$

بدین ترتیب ماتریس کوواریانس مناطق مذکور به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\begin{bmatrix} a & c \\ c & b \end{bmatrix} = \frac{1}{N} \sum_{x,y} I(x,y) \begin{bmatrix} (x-\bar{x})^2 & (x-\bar{x})(y-\bar{y}) \\ (x-\bar{x})(y-\bar{y}) & (y-\bar{y})^2 \end{bmatrix} \quad (9-2)$$

با محاسبه بردارها و مقادیر ویژه ماتریس کوواریانس جهت قطرهای بیضی مربوطه به دست می‌آید.

$$\begin{bmatrix} a & c \\ c & b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 & v_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix} \quad (10-2)$$

معیار سنجش میزان کشیدگی بیضی مربوطه، نسبت مقادیر ویژه در نظر گرفته می‌شود.

به این ترتیب ویژگی‌هایی که از هر بیضی در هر ناحیه استخراج می‌گردد، x و y مرکز ثقل آن،

کشیدگی آن و جهت قطر بزرگ می‌باشد.

$$f(r_i) = (\bar{x}_i, \bar{y}_i, l_i, \alpha_i) \quad i=1...7 \quad (11-2)$$

ویژگی‌هایی که به این ترتیب استخراج می‌گردند تا زمانی که میزان نویز ناشی از ناحیه‌بندی

تصاویر در استخراج تصویر شمای کلی کم بوده و به طور متقارن پراکنده شده باشند، در برابر نویز

مقاوم می‌باشند. ویژگی‌هایی که از هر فریم در دنباله تصاویر به دست می‌آید شامل ویژگی‌های

پیشین از هر یک از ۷ بیضی مذکور می‌باشد.

$$F_j = (f(r_1), \dots, f(r_7)) \quad (12-2)$$

علاوه بر ۲۸ ویژگی پیشین، به منظور لحاظ نمودن نسبت بین طول تنه و پاها یک ویژگی دیگر که

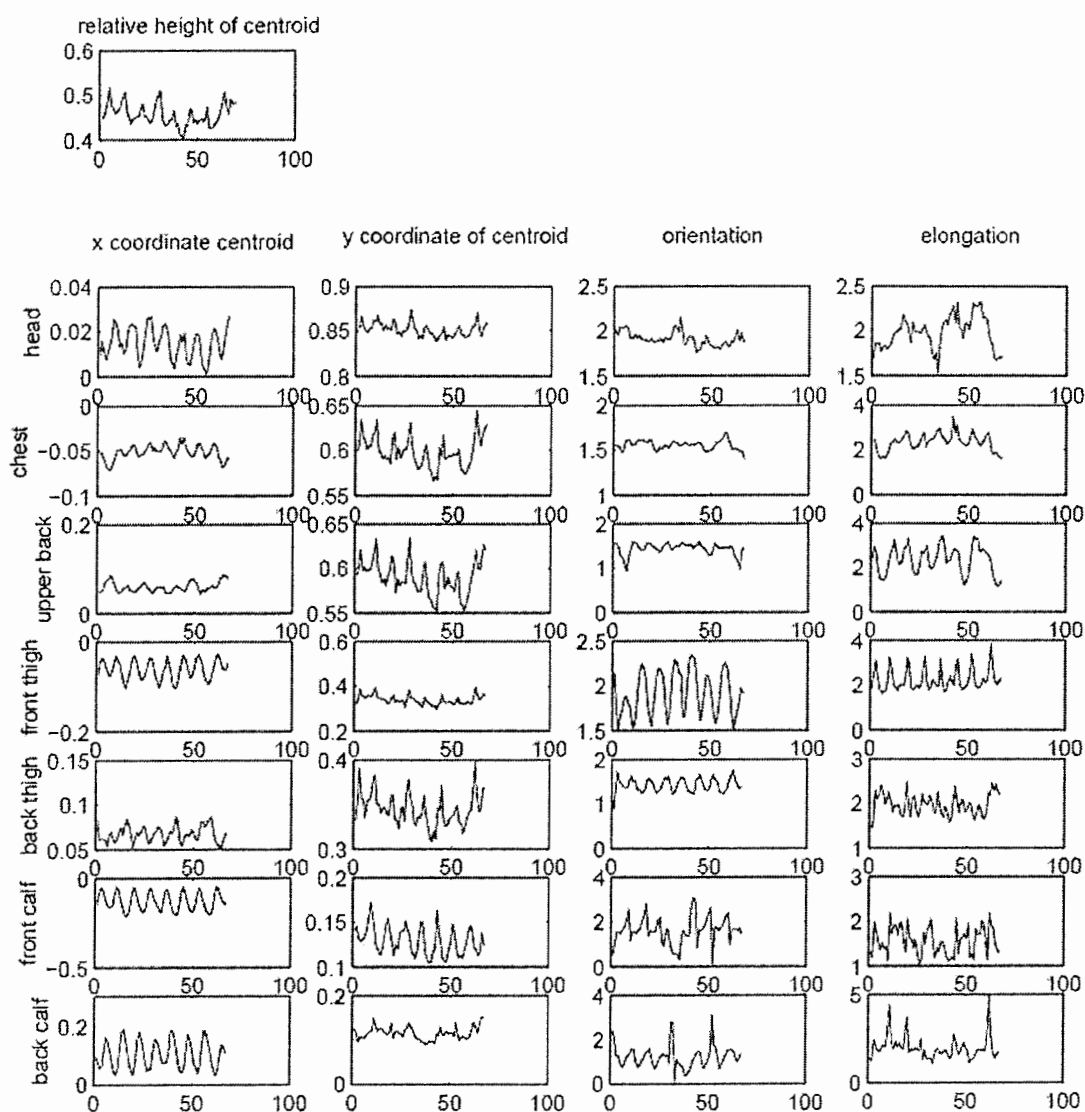
به صورت ارتفاع مرکز ثقل بدن نسبت به کل قد فرد به ویژگی‌های پیشین اضافه می‌گردد.

۲۹ ویژگی که هر یک به صورت یک سری زمانی می‌باشند برای هر فرد در هر دنباله از تصاویر راه

رفتن خواهیم داشت. نمونه‌ای از ۲۹ ویژگی مذکور به همان صورتی که توسط Lee و همکارانش به

دست آمده است در شکل (۲-۱۲) نشان داده شده است. در شکل (۲-۱۳) خلاصه‌ای از ویژگی‌های

استخراج شده نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۲: نمونه ای از ۲۹ دنباله زمانی مربوط به ویژگی‌های استخراج شده توسط Lee و همکارانش.

y coordinate of the whole body centroid

+

7 silhouette regions:

head region
chest
back
front thigh
back thigh
front calf/foot
back calf/foot

×

4 ellipse parameters:

x coordinate of the region centroid
y coordinate of the region centroid
orientation of the major axis
elongation

شکل ۲-۱۳: ویژگی‌های استخراج شده توسط Lee و همکارانش.

۲-۳-۲- تحلیل در حوزه زمان

هر چند می‌توان دنباله‌های زمانی که به این ترتیب به دست می‌آیند را به طور مستقیم مقایسه نمود اما از آنجایی که به منظور مقایسه می‌بایست تمامی دنباله‌ها از نقطه زمانی مشترکی شروع شده باشند و همچنین نیازمند نمونه‌برداری دوباره به منظور برابر نمودن طول دنباله‌های مذکور می‌باشیم حجم محاسبات افزایش می‌یابد، به همین منظور و به جهت کاهش حجم محاسبات روش دیگری توسط Lee و همکارانش ارائه گردیده است.

به منظور استفاده از ویژگی‌های پیشین در حوزه زمان، میانگین و انحراف معیار هر ویژگی محاسبه می‌گردد. علاوه بر آن میانگین ارتفاع مرکز ثقل بدن نسبت به قد فرد نیز به ویژگی‌های قبلی افزوده می‌شود. بدین ترتیب ۵۷ ویژگی در حوزه زمان خواهیم داشت.

$$s = (\text{mean}_j(h_j), \text{mean}_j(F_j), \text{std}_j(F_j)) \quad (2-13)$$

می‌توان انتظار داشت که میانگین ویژگی‌های مذکور حالت میانگینی از ظاهر فرد را مدل نمایند، علاوه بر این انحراف معیار ویژگی‌ها نیز به طور تقریبی میزان تغییرات در شکل بدن را به هنگام راه رفتن نشان می‌دهند.

ویژگی‌هایی که به این روش استخراج می‌گردند دارای چندین مزیت می‌باشند. در ابتدا چون از تصاویر باینری به منظور مدل‌سازی بدن انسان استفاده گردیده است، رنگ و دوخت لباس تأثیری در دقت الگوریتم ندارد. هرچند در حالت کلی استقلال ویژگی‌های مذکور از رنگ لباس خاصیت مطلوبی به شمار می‌آید اما حالتی را در نظر بگیرید که فردی هیچ وقت لباسی با رنگ روشن نمی‌پوشد. در این صورت چنان که فردی که مایل هستیم هویت وی را تعیین نمایم لباسی به رنگ روشن به تن داشته باشد احتمال این که فرد مذکور همان فردی باشد که لباس به رنگ روشن نمی‌پوشد باشد، بسیار کم است. ملاحظه می‌گردد که اگر چه استفاده از تصاویر باینری فرد، استقلال الگوریتم را نسبت به رنگ لباس فراهم می‌نماید اما با استفاده از تصاویر باینری ممکن است مقداری از اطلاعات را که از رنگ لباس اشخاص به دست می‌آید دور ریخته باشیم. به هر ترتیب استفاده از تصاویر باینری به منظور شناسایی هویت بر اساس الگوی راه رفتن روشی کاملاً معمول در تشخیص الگو و کاربردهای آن در تشخیص هویت می‌باشد و بسیاری از روش‌های موجود در تشخیص هویت بر اساس الگوی راه رفتن از تصاویر باینری افراد استفاده می‌نمایند.

ویژگی‌هایی که به ترتیب فوق به دست می‌آیند تا اندازه‌ای نسبت به تغییر لباس و تغییر در زاویه دید مقاوم می‌باشند. مقاوم بودن در برابر تغییر لباس تا زمانی که تغییر در آن بسیار شدید نباشد (به عنوان مثال استفاده از دامن به جای شلوار) تأثیری در الگوریتم مذکور ندارد.

به منظور مقایسه ۵۷ ویژگی که به ترتیب فوق به دست می‌آیند از معیار فاصله اقلیدسی استفاده شده است. از آنجایی که برخی ویژگی‌ها در بردار ویژگی نهایی دارای تغییرات دینامیک بسیار زیادی نسبت به بقیه می‌باشند به هنگام محاسبه فاصله اقلیدسی پارامترهای مذکور در بردار ویژگی بیش از آنچه باید در فاصله اقلیدسی تأثیرگذار خواهند بود. به همین منظور و به جهت کاهش اثرات ناشی از پارامترهایی که دارای تغییرات بسیار شدید در بردار ویژگی می‌باشند، قبل از محاسبه فاصله اقلیدسی بردارهای ویژگی نرمالیزه می‌شوند. عمل نرمالیزه کردن بردار ویژگی‌ها به این صورت انجام می‌شود که میانگین و انحراف معیار هر پارامتر در بردار ویژگی در بین افراد مختلف محاسبه شده و در بردار ویژگی، میانگین پارامتر مذکور از آن کاسته شده و بر انحراف معیار همان پارامتر تقسیم می‌گردد. بدین ترتیب فاصله محاسبه شده مشابه فاصله Mahalanobis خواهد بود.

در مرحله بعد به منظور شناسایی ویژگی‌هایی که قابلیت تمایز آنها بیشتر است از تحلیل ANOVA استفاده شده است. ویژگی‌هایی که مقدار p-value آنها کمتر از مقدار 10^{-9} بوده حفظ و بقیه ویژگی‌ها دور ریخته شده است. به این ترتیب بهترین ویژگی‌ها از نظر قابلیت ایجاد تمایز بین

افراد مختلف، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ویژگی‌هایی که به این ترتیب مورد استفاده قرار گرفته‌اند ۴۲ ویژگی در پایگاه داده MIT بوده است.

۲-۳-۳- تحلیل در حوزه فرکانس

ویژگی‌های مورد استفاده در حوزه فرکانس اندازه و فاز تبدیل فوریه ویژگی‌های پیشین در فرکانس اصلی راه رفتن فرد می‌باشد. در حوزه فرکانس، فرکانس اصلی راه رفتن هر فرد نیز به عنوان یک ویژگی دیگر به بقیه ویژگی‌ها اضافه می‌گردد.

$$t = (\Omega_d, |X_i(\Omega_d)|, \text{phase}(X_i(\Omega_d))), \quad (14-2)$$

$$X_i = \text{FourierTransform}(F_{j=1 \dots last}(f(r_i))) \quad (15-2)$$

اندازه تبدیل فوریه هر ویژگی معیاری برای اندازه‌گیری میزان تغییرات هر ویژگی در هر یک از ۷ ناحیه می‌باشد و فازهای مربوطه میزان تأخیر زمانی بین حرکت نواحی مختلف تصویر را نشان می‌دهند. در روش مورد استفاده توسط Lee و همکارانش به منظور محاسبه پیوند اصلی راه رفتن، تابع طیف توان^۵ ویژگی‌های نواحی مختلف محاسبه شده و سپس نرمالیزه و میانگین‌گیری شده است. فرض اولیه این است که تابع طیف توان ویژگی‌های نواحی مختلف در فرکانس اصلی راه رفتن دامنه‌ای قوی دارد، اما از آنجایی که تصاویر نویزی می‌باشند پیک اصلی در تابع طیف توان برخی از ویژگی‌ها دقیقاً در فرکانس اصلی راه رفتن رخ نمی‌دهد. به همین منظور از میانگین

^۵ Power Spectrum

نرمالیزه شده تابع طیف توان ویژگی‌های نواحی مختلف به منظور شناسایی فرکانس اصلی راه رفتن استفاده شده است. لازم به ذکر است که هر چند استفاده از میانگین نرمالیزه شده تابع طیف توان ویژگی‌های نواحی مختلف تا اندازه‌ای اثرات مربوطه به نویز را کاهش می‌دهد اما هنوز تأثیر نویز ناحیه‌بندی به طور کامل از بین نرفته و به همین جهت در محاسبه اندازه و فاز تبدیل فوریه نیز که در فرکانس اصلی محاسبه می‌گردند اثر نویز وجود دارد. به منظور محاسبه فرکانس اصلی راه رفتن می‌توان از روش‌های مؤثرتر و دقیق‌تری استفاده نمود. در بخش‌های بعدی روشی جدید به منظور محاسبه فرکانس اصلی راه رفتن فرد ارائه می‌گردد.

در روش Lee و همکارانش از پارامترهای ساختاری بدن انسان به طور کامل استفاده نگردیده است. هر چند که نسبت طول قطرهای بیضی در هر یک از نواحی نوعی از پارامترهای ساختاری می‌باشد اما ویژگی‌های دیگری نیز می‌توان به ویژگی‌های پیشین به منظور بهبود نتایج اضافه نمود. علاوه بر پارامترهای ساختاری، پارامترهای دینامیک دیگری نیز موجود می‌باشند که به منظور بهبود نتایج می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. در فصل سوم در این رابطه توضیحات مفصل‌تری ارائه خواهد شد.

اندازه تبدیل فوریه ویژگی‌های مختلف را می‌توان به صورت مستقیم به کار گرفت اما به منظور استفاده از فاز تبدیل فوریه از آنجایی که تمامی دنباله تصاویر موجود از یک لحظه شروع نمی‌شوند می‌بایست فاز یکی از ویژگی‌های به دست آمده به عنوان فاز مبنا در نظر گرفته شده و بقیه فازها

نسبت به فاز مذبور سنجیده شوند. در روش Lee و همکارانش فاز مبنا فاز مربوط به موقعیت x مرکز ثقل ساق پای جلو در نظر گرفته شده است. معیار انتخاب فاز مبنا پایداری بیشتر آن است که به معنای شباهت بیشتر آن به یک سینوسی خالص می‌باشد.

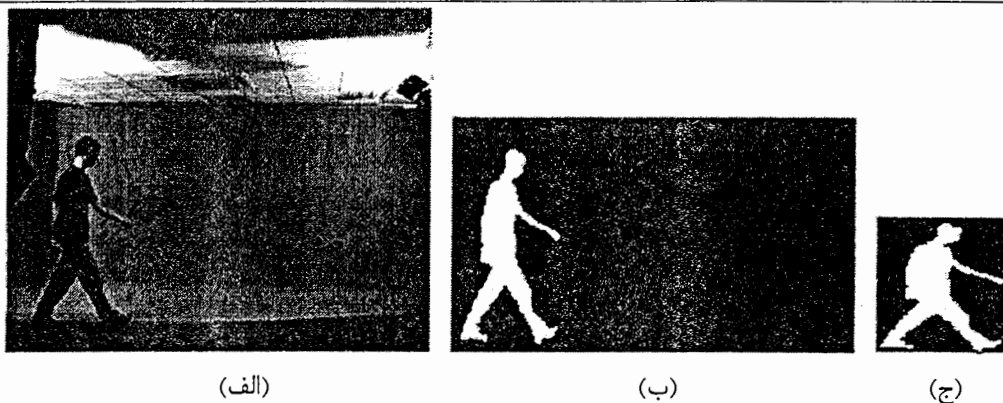
۴-۲ - تغییرات مساحت در رشته تصاویر شمای کلی به عنوان ویژگی

همان طور که قبلاً نیز ذکر گردید یکی از روش‌های تشخیص هویت بر اساس الگوی راه رفتن، استفاده از تصاویر شمای کلی به صورت یکپارچه و عدم استفاده از مدل‌سازی به هنگام شناسایی افراد می‌باشد. مزیت اصلی روش‌هایی که از مدل‌سازی استفاده نمی‌کنند کاهش پیچیدگی در محاسبات و سرعت بالای این الگوریتم‌ها است.

در این بخش یکی از روش‌های تشخیص هویت که در آن از تغییرات مساحت به منظور شناسایی استفاده می‌گردد معرفی و نتایج پیاده‌سازی آن بر روی پایگاه داده CASIA در بخش نتایج ارائه می‌گردد. روش مذکور از نظر محاسباتی بسیار ساده بوده و سرعت آموزش و تست الگوریتم به دلیل سادگی محاسبه ویژگی‌ها بالا می‌باشد [۱۳].

یکی از اهداف معرفی روش مذکور ارائه تأییدی بر این ادعا است که می‌توان از اطلاعات به دست آمده از تغییرات مساحت در شناسایی افراد استفاده نمود. در فصل چهارم روش جدیدی بر اساس استفاده از مساحت، ارائه خواهد شد.

روشی که در ادامه تشریح می‌گردد در دانشگاه Southampton پایه‌گذاری گردیده است. در تست روش مذکور در مقاله مرجع [۱۳] از پایگاه داده دانشگاه Southampton که در محیط بسته آزمایشگاه تهیه شده است استفاده گردیده است. هدف از این کار به حداقل رساندن خطاهای موجود در ناحیه‌بندی تصاویر به هنگام تهیه تصاویر شمای کلی می‌باشد. شکل (۲-۱۴) نمونه‌ای از



شکل ۲-۱۴: مراحل استخراج تصویر شمای کلی: (الف) تصویر اصلی، (ب) تصویر شمای کلی، (ج) تصویر شمای کلی بریده و نرمالیزه شده.

تصاویر شمای کلی را نشان می‌دهد که در آن اجزای به هم پیوسته تصویر به منظور کاهش خطا استفاده شده است.

شکل (۲-۱۴-الف) تصویر اصلی را که تصویر شمای کلی از آن استخراج می‌گردد نشان می‌دهد. در مرحله بعدی به منظور حذف بخش‌هایی از تصویر همچون سقف و سایر جزئیات غیر ضروری، تصویر شمای کلی بریده می‌شود. تصویر شمای کلی در مرحله بعد تبدیل به تصویری با ابعاد 64×64 پیکسل می‌شود.



شکل ۲-۱۵: چند نمونه از تصاویر شمای کلی نرمالیزه شده.

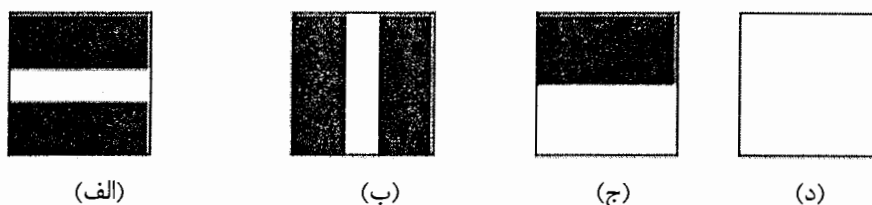
چند نمونه از تصاویر شمای کلی افراد مختلف که به این ترتیب به دست می‌آید در شکل (۲-۱۵) نشان داده شده است. در تهیه پایگاه داده دانشگاه Southampton همچون بسیاری از پایگاه‌های داده دیگر تمامی افراد در راستای عمود بر محور نوری دوربین حرکت می‌کنند. تحلیل اثر تغییر زاویه دید بر روی نرخ شناسایی فرد در تحقیق مربوطه به کارهای بعدی ماکول گشته است.

همان گونه که پیشتر نیز بدان اشاره گردید استفاده از تصاویر شمای کلی باینری اطلاعات مربوط به رنگ اجزای مختلف را حذف می‌نمایند اما در مقابل خاصیت تغییرناپذیری نسبت به رنگ لباس و شرایط نوری محیط را فراهم می‌نمایند.

با نرمالیزه کردن اندازه تصاویر شمای کلی سعی شده است که اثر تغییر فاصله فرد نسبت به دوربین از میان برداشته شود. البته با این کار اطلاعات مربوط به طول اعضای مختلف و همچنین نسبت بین طول اعضای مختلف بدن از دست می‌رود. بدین ترتیب دسته‌ای از تصاویر شمای کلی نرمالیزه شده که در همگی فرد در مرکز تصویر قرار دارد به دست می‌آید.

به منظور به دست آوردن مشخصه منحصر به فردی برای هر شخص مساحت تصویر شمای کلی پس از اعمال ماسک‌های بخصوصی محاسبه می‌گردد. ماسک‌هایی که بدین منظور مورد استفاده قرار گرفته‌اند به صورت شهودی و به منظور انتخاب بخش خاصی از بدن فرد تهیه شده‌اند. نمونه‌هایی از ماسک‌های به کار رفته در شکل (۲-۱۶) نشان داده شده‌اند. در این شکل ماسک افقی بخش کمر و ماسک عمودی تنه و بخش‌هایی از پاها را که بر روی هم قرار می‌گیرند از سایر بخش‌-

ها جدا می‌کند. انواع دیگری از ماسک‌ها نیز ممکن است مورد استفاده قرار گیرند. به عنوان مثال ماسکی که بخش بالای بدن و پاها را به طور همزمان از سایر بخش‌ها جدا می‌کند.



شکل ۲-۱۶: چند نمونه از ماسک‌های به کار رفته: (الف) ماسک افقی، (ب) ماسک عمودی، (ج) ماسک نیمه پایین بدن و (د) ماسک کل تصویر شمای کلی [۱۳].

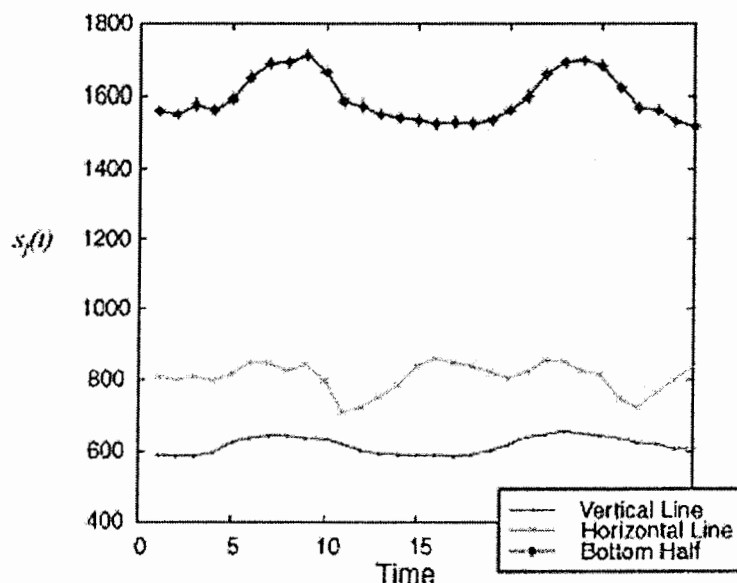
ماسک شکل (۲-۱۶-د) در واقع کل مساحت موجود در تصویر باینری شمای کلی را محاسبه می‌نماید و ماسک شکل (۲-۱۶-ج) بخش پاها را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. هر ماسک معرفی شده در شکل (۲-۱۶) متشکل از بخش سفیدی می‌باشد که توسط ماسک انتخاب می‌گردد و دارای مقدار یک در ناحیه مذکور می‌باشد و بقیه نواحی صفر می‌باشد. پس از اعمال ماسک مورد نظر بر روی تصویر باینری که از طریق عمل AND منطقی صورت می‌گیرد تعداد نقاطی که پس از اعمال ماسک برابر یک هستند برابر مساحت بوده و به عنوان خروجی ماسک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

با اعمال هر ماسک بر روی دنباله‌ای از تصاویر شمای کلی هر فرد، دنباله‌ای از مقادیر مساحت برای ماسک مربوطه و برای همان شخص در طول زمان به دست می‌آید. لازم به ذکر است که کلیه ماسک‌های به کار رفته نسبت به راستای افقی متقارن بوده و به همین جهت با اعمال ماسک‌های

فوق تمامی اطلاعات راه رفتن فرد که دارای خاصیت نامتقارن می‌باشد از بین می‌رود. البته استفاده از ماسک‌های متقارن دارای خاصیت تغییرناپذیری نسبت به راستای راه رفتن فرد می‌باشند که خاصیت مطلوبی به شمار می‌آید. استفاده از ماسک‌های نامتقارن ممکن است باعث به دست آوردن اطلاعات بیشتری از راه رفتن فرد گردد اما در آن صورت می‌بایست تمامی تصاویر از نظر جهت راه رفتن فرد همجهت شوند، به هر ترتیب در مقاله مرجع [۱۳] ترجیح داده شده است که از ماسک‌های متقارن استفاده گردد.

چند نمونه از خروجی ماسک‌های مربوطه که با اعمال بر روی تصاویر پایگاه داده Southampton برای یک نفر در مقاله مرجع [۱۳] به دست آمده است، در شکل (۲-۱۷) نشان داده شده است.

در این شکل مساحت ماسک $s_r(t)$ در لحظه t می‌باشد. خروجی ماسکی که کل ناحیه موجود



شکل ۲-۱۷: چند نمونه از خروجی ماسک‌های مختلف برای یک نفر.

در تصویر را در بر می‌گیرد در حالت کلی مشابه سه ماسک دیگر می‌باشد اما از آنجایی که با نمایش آن در شکل جزییات مربوط به خروجی سه ماسک دیگر قابل تشخیص نمی‌باشد از نمایش آن صرف‌نظر شده است. همان گونه که در شکل (۲-۱۷) نیز مشخص است مشخصه دینامیک راه رفتن فرد به خوبی با استفاده از تغییرات مساحت نواحی مختلف قابل تشخیص است. قله‌های موجود در شکل مربوط به خروجی ماسک ناحیه پاها، مربوط به زمانی است که پاها بیشترین فاصله را داشته و دره‌ها مربوط به زمانی است که پاها در تصویر با یکدیگر همپوشانی دارند.

ماسکی که نیمه پایین بدن را در بر می‌گیرد در هر تصویر دارای تعداد نقاط یک بیشتری بوده و به همین جهت خروجی آن دارای میانگین بیشتری نسبت به خروجی ماسک عمودی می‌باشد، اما در حالت کلی شکل‌های خروجی بسیار نزدیک و مشابه می‌باشند. ماسک افقی نواحی نزدیک به کمر را در بر می‌گیرد و به همین جهت دارای تغییرات کمتری است. مشخصاً ماسک‌ها خاصیت تقارن دو طرفه راه رفتن را به خوبی نمایش می‌دهند. خروجی ماسک‌های فوق برای فردی که دارای مشکل در راه رفتن می‌باشد و به عنوان مثال نوعی از لنگیدن در راه رفتن وی وجود دارد، به طور کامل متقارن نبوده و با استفاده از خروجی ماسک‌های فوق به راحتی قابل تشخیص است. به منظور مقایسه خروجی ماسک‌های فوق می‌بایست کلیه شکل موج‌های مربوطه بین دو نقطه مشخص و مشترک برای تمامی افراد مقایسه گردند. به همین منظور مینیمم شکل موج‌های مربوطه به عنوان نقطه شروع انتخاب شده و یک دوره کامل از راه رفتن فرد با استفاده از نقاط

مینیمم شکل موج‌های حاصل، انتخاب می‌گردد. در مرحله بعد به منظور حذف تغییرات ناشی از زمان نمونه‌برداری و سرعت راه رفتن فرد، شکل موج مرحله قبل به روش cubic splines نمونه-برداری شده و برداری با ۳۰ پارامتر به دست می‌آید.

با استفاده از نمونه‌برداری به روشی که تشریح گردید خروجی هر ماسک به صورت برداری با ۳۰ پارامتر بیان می‌گردد. اما از آنجایی که درجه آزادی افراد به هنگام راه رفتن زیاد می‌باشد می‌توان انتظار داشت که خروجی ماسک‌های مختلف حاوی اطلاعات مستقلی به منظور شناسایی فرد باشند. به همین جهت اطلاعات به دست آمده از ماسک‌های مختلف با یکدیگر ترکیب شده‌اند. ساده‌ترین راه برای انجام این کار قرار دادن خروجی ماسک‌های مختلف در یک بردار می‌باشد. برداری که بدین ترتیب به دست می‌آید، دارای ابعاد $n \times 30$ می‌باشد که در این رابطه n تعداد ماسک‌های مورد استفاده می‌باشد. بدین ترتیب برای هر فرد برداری دارای ابعاد $n \times 30$ به دست می‌آید که به عنوان مشخصه فرد مورد نظر مورد استفاده قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که خروجی ماسک‌های مورد استفاده، اطلاعات استاتیک راه رفتن فرد را نیز دارا می‌باشند. این اطلاعات در مقدار میانگین ماسک‌های مذکور قرار دارد.

نتایج حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم مذکور بر روی پایگاه داده CASIA در بخش نتایج ارائه می‌گردد.

۲-۵- معرفی کلاسه‌بند مورد استفاده

پس از استخراج ویژگی‌های مورد نظر در هر یک از روش‌های پیشین در نهایت به ازای هر یک از رشته تصاویر، بردار ویژگی‌های مربوطه تشکیل می‌گردد. ابعاد بردار ویژگی‌های تشکیل شده در روش Lee همان گونه که ذکر گردید در حوزه زمان ۵۷ و در حوزه فرکانس ۵۶ می‌باشد. در روشی که در آن از تغییرات مساحت به عنوان ویژگی استفاده می‌گردد ابعاد بردار ویژگی تشکیل شده برابر با $30 \times n$ است که در این رابطه n تعداد ماسک‌های مورد استفاده می‌باشد. در کلاسه‌بند شباهت بین بردار ویژگی استخراج شده از داده تست با هر یک از داده‌های آموزشی بررسی شده و بر اساس شباهت هر داده آموزشی با داده تست مورد نظر، داده‌های آموزشی مرتب می‌گردند. در تمامی آزمایش‌های انجام شده در گزارش حاضر از کلاسه بند knn با مقدار $k=1$ و فاصله اقلیدسی به عنوان معیار شباهت استفاده گردیده است. فاصله کمتر دلیلی بر شباهت بیشتر آن دو داده مورد نظر می‌باشد. در آزمایش‌های مربوط به روش Lee به منظور کاهش تأثیر پارامترهای دارای محدوده تغییرات دینامیکی بالا در محاسبه فاصله دو بردار ویژگی، ابتدا میانگین و انحراف معیار هر پارامتر بین افراد مختلف محاسبه گردیده و قبل از محاسبه فاصله اقلیدسی از هر پارامتر بردار ویژگی مقدار میانگین همان پارامتر کاسته شده و نتیجه بر انحراف معیار آن پارامتر تقسیم می‌گردد.

هر چند ممکن است با انتخاب کلاسه‌بند پیچیده‌تری نتایج اندکی بهبود یابد اما انتخاب کلاسه‌بند ساده همچون knn امکان بررسی دقیق‌تر قابلیت ویژگی‌های استخراج شده در تمایز بین افراد را فراهم می‌نماید. بدین ترتیب تأثیر ویژگی‌های استخراج شده در نتایج نهایی به دست آمده از ارزیابی الگوریتم بیشتر بوده و کلاسه‌بند مورد استفاده تأثیر کمتری در نتایج نهایی ارزیابی هر الگوریتم خواهد داشت.

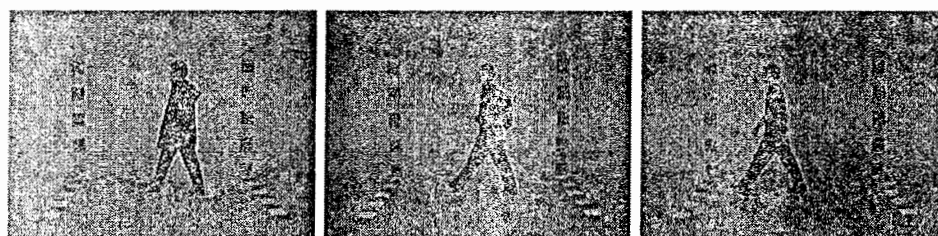
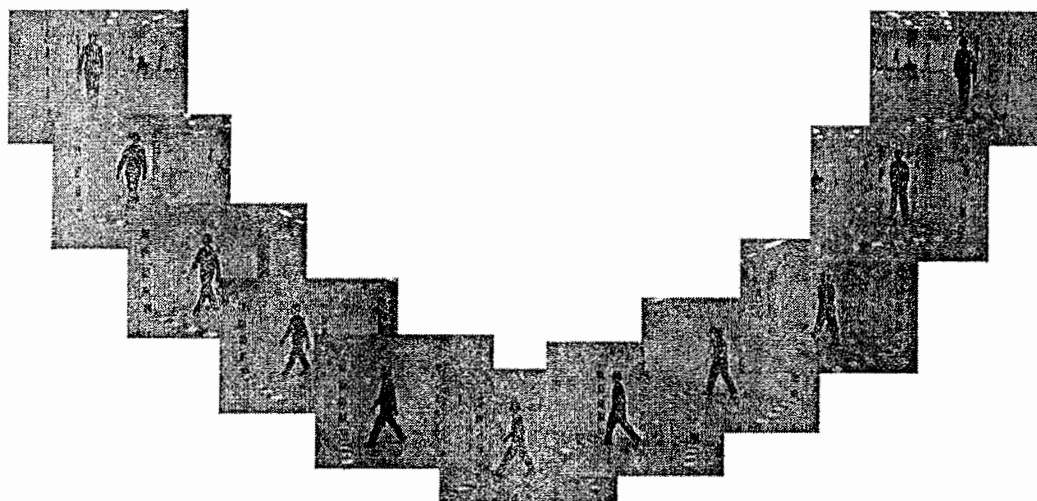
۲-۶- معرفی پایگاه داده CASIA

در این قسمت و قبل از ارائه نتایج ارزیابی دو الگوریتم پیشین، لازم می‌باشد که پایگاه داده CASIA [۲۸] به طور مختصر معرفی گردد.

در پایگاه داده CASIA از دوربین‌های دیجیتال Panasonic NV-DX100EN که بر روی سه پایه ثابت شده‌اند، با نرخ ۲۵ فریم بر ثانیه در محیط آزاد به منظور فیلم‌برداری استفاده شده است. در این پایگاه داده در هر تصویر یک نفر و بدون وجود عوامل خارجی در همپوشانی با فرد، موجود می‌باشد. در تصاویر مربوطه، کلیه افراد در امتداد یک خط راست و با سرعت دلخواه در حرکت هستند.

بخش A این پایگاه داده در تاریخ ۱۰ دسامبر سال ۲۰۰۱ میلادی تهیه شده و شامل تصاویری از ۲۰ نفر است. هر فرد دارای ۱۲ رشته از تصاویر راه رفتن بوده که در سه راستای صفر، ۴۵ و ۹۰

در بخش B این پایگاه داده، راه رفتن افراد از چندین زاویه مختلف و در محیط آزاد در ماه ژانویه سال ۲۰۰۵ ضبط گردیده است. در این بخش ۱۲۴ نفر موجود می‌باشد و فیلم‌برداری از ۱۱ زاویه مختلف و با در نظر گرفتن شرایط و عوامل مختلفی همچون حمل اشیاء و شرایط مختلف لباس، انجام گرفته است. تصاویری از این بخش از پایگاه داده در شکل (۲-۱۹) ارائه گردیده است. در این بخش در راستای عمود بر محور نوری دوربین برای هر فرد ۶ رشته از تصاویر موجود می‌باشد.



شکل ۲-۱۹: تصاویری از بخش B پایگاه داده CASIA.

۲-۷- نتایج پیاده‌سازی روش‌ها

قبل از ارائه نتایج پیاده‌سازی و تست دو روش پیشین، روشی که در طول پایان‌نامه نتایج توسط آن ارائه می‌گردد به صورت مختصر تشریح می‌گردد. روش مذکور روشی استاندارد بر اساس پروتکل FERET [۳۰] می‌باشد که در ابتدا به منظور ارائه نتایج الگوریتم‌های تشخیص هویت بر اساس چهره مورد استفاده قرار گرفته است و هم‌اکنون به منظور ارزیابی نتایج الگوریتم‌های مربوط به تشخیص هویت بر اساس الگوی راه رفتن به طور گسترده‌ای استفاده می‌گردد.

۲-۷-۱- تشریح روش Cumulative Match Score در ارائه نتایج

در این روش در ابتدا داده‌های موجود به دو دسته داده‌های آموزشی و داده‌های تست به گونه‌ای تقسیم می‌گردند که هیچ داده مشترکی بین داده‌های آموزشی و داده‌های تست موجود نباشد. همان‌گونه که ذکر گردید در بخش A پایگاه داده CASIA چهار داده برای هر نفر موجود می‌باشد. در ارزیابی الگوریتم‌های مختلف بر روی این بخش از پایگاه داده، سه داده به منظور آموزش و یک داده برای تست انتخاب می‌گردد. در بخش B پایگاه داده CASIA شش داده برای هر نفر وجود دارد که در این بخش نیز چهار داده از داده‌های موجود برای آموزش و دو داده به منظور تست مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در واقع معیار ارزیابی مورد استفاده به این سؤال که \mathcal{A} یا فرد مورد نظر در k خروجی اول کلاسه‌بند قرار دارد؟ پاسخ می‌دهد. در این پایان‌نامه روش مذکور به منظور ارزیابی دقت الگوریتم مورد نظر

در شناسایی در حالت closed-universe مورد استفاده قرار می‌گیرد، بدان معنا که فرد مورد نظر به طور قطع در داده‌های آموزشی موجود می‌باشد. با در نظر گرفتن هر نمونه تست، داده‌های آموزشی موجود بر اساس معیار شباهت مورد استفاده، بر اساس شباهت آنها نسبت به داده تست مرتب می‌گردند. فرض نماییم که P تعداد داده‌های تست بوده و $R(k)$ تعدادی از آنها باشد که در k انتخاب اول کلاسه‌بند به طور صحیح کلاسه‌بندی شده‌اند. در این صورت CMS به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$CMS(K) = \frac{R_k}{P} \quad (۱۶-۲)$$

در واقع CMS^6 معیاری از تشخیص درست هویت فرد با افزایش تعداد بازخوانی خروجی کلاسه‌بند می‌باشد.

بدین ترتیب به هنگام گزارش نتایج به روش فوق، محور عمودی احتمال شناسایی درست فرد مورد نظر در k خروجی اول کلاسه‌بند و محور افقی تعداد بازخوانی خروجی کلاسه‌بند می‌باشد. در ارزیابی الگوریتم‌های پیشین به هنگام تست الگوریتم بر روی بخش A پایگاه داده از آنجایی که سه داده آموزشی برای هر فرد موجود می‌باشد مقدار k در محور افقی از ۱ تا ۶۰ تغییر می‌کند. به طور مشابه به هنگام ارزیابی هر الگوریتم بر روی بخش B پایگاه داده CASIA از آنجایی که هر فرد دارای چهار داده آموزشی می‌باشد، مقدار k از ۱ تا ۴۹۶ تغییر می‌نماید.

^۶ Cumulative Match Score

۲-۷-۲ - ارزیابی الگوریتم Lee

۲-۷-۲-۱ - حوزه زمان

طراحی آزمایش

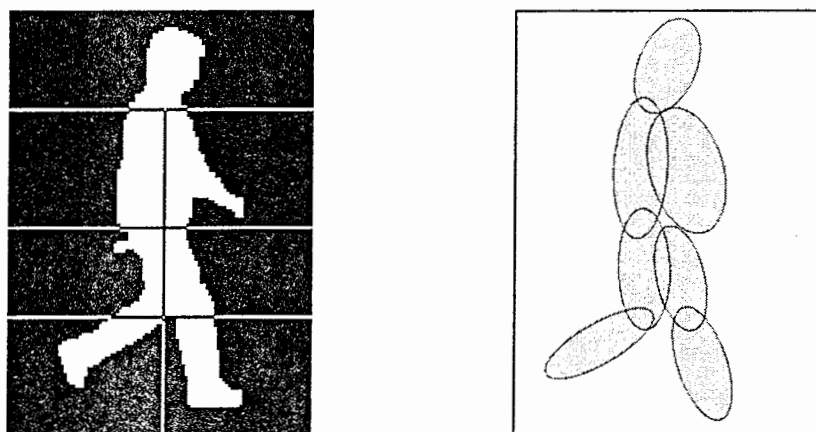
در مقاله مرجع [۱۸] روش مذکور بر روی پایگاه داده دانشگاه MIT که متشکل از ۲۴ نفر و پایگاه داده CMU که شامل ۲۵ نفر می‌باشد تست شده است. انجام آزمایش و تست الگوریتم در چند حالت مختلف بررسی شده است. در حالت اول الگوریتم بر روی داده‌هایی که همگی در یک روز جمع‌آوری شده‌اند تست شده است. در حالت بعدی داده‌های آموزشی و داده‌های تست از داده‌های جمع‌آوری شده در روزهای متفاوتی انتخاب شده‌اند. هدف از طراحی این آزمایش بررسی دقت الگوریتم در حالتی است که افراد لباس متفاوتی در داده‌های آموزشی و تست دارا می‌باشند. همانگونه که در فصل قبل نیز بدان اشاره گردید نوع لباسی که افراد استفاده می‌نمایند در دقت روش‌های تشخیص هویت می‌تواند اثر منفی بگذارد.

در آزمایشی که بر روی پایگاه داده دانشگاه MIT انجام گرفته و داده‌های تست و آموزشی هر دو از یک روز انتخاب شده‌اند نتیجه ۱۰۰٪ گزارش گردیده است. با تست الگوریتم به روش دوم، دقت الگوریتم کاهش یافته است. در آزمایش‌هایی که به این ترتیب انجام گرفته‌اند به طور میانگین در انتخاب اول کلاس‌بند نرخ موفقیت ۴۰٪ در حوزه زمان گزارش شده است. نتایج فوق نشان می‌-

دهند که هر چند در آزمایشی که داده‌های آموزشی و تست هر دو از یک روز انتخاب شده‌اند افراد به طور درست شناسایی شده‌اند اما تغییر نوع لباس می‌تواند دقت را کاهش دهد.

ارزیابی الگوریتم بر روی Dataset A

با پیاده‌سازی و ارزیابی الگوریتم Lee و همکارانش بر روی dataset A پایگاه داده CASIA به مقدار ۱۰۰٪ در اولین خروجی کلاسه‌بند دست یافتیم. تصاویر این بخش از پایگاه داده نشان می‌دهد که میزان تغییر در نوع لباس افراد به هنگام تشکیل این بخش از پایگاه داده بسیار کم بوده است. نمونه‌ای از مدل‌سازی بدن فرد بر اساس روش Lee که بر روی پایگاه داده CASIA انجام گرفته است در شکل (۲-۲۰) نشان داده شده است.



شکل ۲-۲۰: نمونه‌ای از مدل‌سازی بدن فرد توسط ۷ بیضی.

جدول ۲-۲: پنج ویژگی برتر از نظر قابلیت ایجاد تمایز بین افراد مختلف.

Rank	Feature	F-statistic
1	Mean of y-position of head/shoulders	529.74
2	Mean of y-position of back arm/torso	202.47
3	Mean of major-axis length of back arm/torso	194.08
4	Mean of y-position of front arm/torso	139.52
5	Mean of major-axis length of back thigh	109.19

بر اساس تحلیل ANOVA و بر اساس مقدار F-ratio ویژگی‌های مختلف می‌توان ویژگی‌های مختلف را بر اساس قابلیت آنها در ایجاد تمایز بین افراد مختلف مرتب نمود. ۵ ویژگی برتر از نظر قابلیت ایجاد تمایز بین افراد مختلف در جدول (۲-۲) ارائه شده‌اند.

لازم به ذکر است که اگر با استفاده از تحلیل ANOVA ۴۳ ویژگی برتر را از میان ۵۷ ویژگی به دست آمده انتخاب نماییم باز هم می‌توان به مقدار ۱۰۰٪ در انتخاب اول کلاسه‌بند دست یافت.

تحلیل زمان اجرای الگوریتم

آزمایش‌های انجام شده در این قسمت با استفاده از کامپیوتر AMD با CPU ۱۶۰۰ مگاهرتز و RAM ۲۵۶ مگا بایت انجام گرفته است.

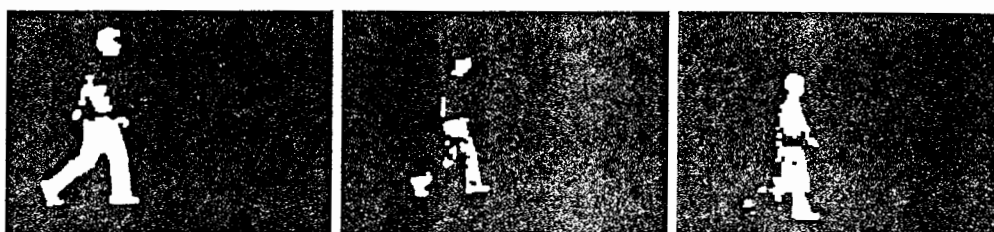
هنگامی که از تحلیل ANOVA به منظور شناسایی ویژگی‌های برتر استفاده گردد مدت زمان استخراج ویژگی‌های مورد استفاده از داده تست کاهش می‌یابد. به همین ترتیب عمل کلاسه‌بندی با کاهش تعداد محاسبات لازم کاهش می‌یابد.

در مورد فوق اگر کلیه ۵۷ ویژگی از تصاویر استخراج گردد مقدار زمان لازم برای هر فریم به طور میانگین برابر با ۰,۲۲ ثانیه خواهد بود. در صورتی که تعداد ویژگی‌های مورد استفاده را به ۴۳ ویژگی کاهش دهیم، زمان مورد نیاز برای استخراج ویژگی‌های مذکور به ۰,۱۹ ثانیه کاهش می‌یابد. هر چند ممکن است که اختلاف ۰,۰۳ ثانیه در این مورد چندان پراهمیت جلوه ننماید، اما می‌بایست توجه نمود که زمان مذکور فقط مدت زمان لازم به ازای هر فریم بوده و هر دنباله از تصاویر راه رفتن به طور میانگین متشکل از سه چرخه کامل راه رفتن فرد و در حدود ۶۰ فریم می‌باشد. بدین ترتیب زمان صرفه‌جویی شده در داده تست به طور میانگین برابر با ۱,۸ ثانیه و در حدود ۱۱,۶۵٪ می‌باشد.

ارزیابی الگوریتم بر روی Dataset B

همان گونه که ذکر گردید ارزیابی الگوریتم ارائه شده توسط Lee و همکارانش بر روی قسمت A پایگاه داده CASIA مقدار ۱۰۰٪ را به دست می‌دهد. این بخش از پایگاه داده متشکل از ۲۰ نفر بوده و هر چند پایگاه داده در محیط آزاد جمع‌آوری گردیده است و خطای ناحیه‌بندی در تعدادی

از تصاویر شمای کلی باینری وجود دارد اما الگوریتم مورد نظر در برابر این مقدار از نویز ناحیه‌بندی مقاوم می‌باشد. چند نمونه از تصاویر نویزی بخش A از پایگاه داده در شکل ارائه شده‌اند.



شکل ۲-۲۱: چند نمونه از تصاویر نویزی بخش A از پایگاه داده CASIA.

یکی از دلایل بالا بودن دقت الگوریتم مورد نظر می‌تواند به دلیل جمع‌آوری پایگاه داده در فواصل زمانی نزدیک و عدم وجود تغییرات اساسی در لباس و حالت روحی و روانی افراد اشاره نمود. بدین ترتیب تاثیر عوامل Covariate در این بخش از پایگاه داده CASIA زیاد نمی‌باشد. الگوریتم مورد نظر بر روی قسمت B پایگاه داده که متشکل از ۱۲۴ نفر می‌باشد نیز تست شده است. در این بخش از پایگاه داده چهار رشته از تصاویر به منظور آموزش و دو رشته از تصاویر به منظور تست مورد استفاده قرار گرفته است. مقدار ۹۰,۲۴٪ در اولین انتخاب کلاسه‌بند در این آزمایش به دست آمده است.

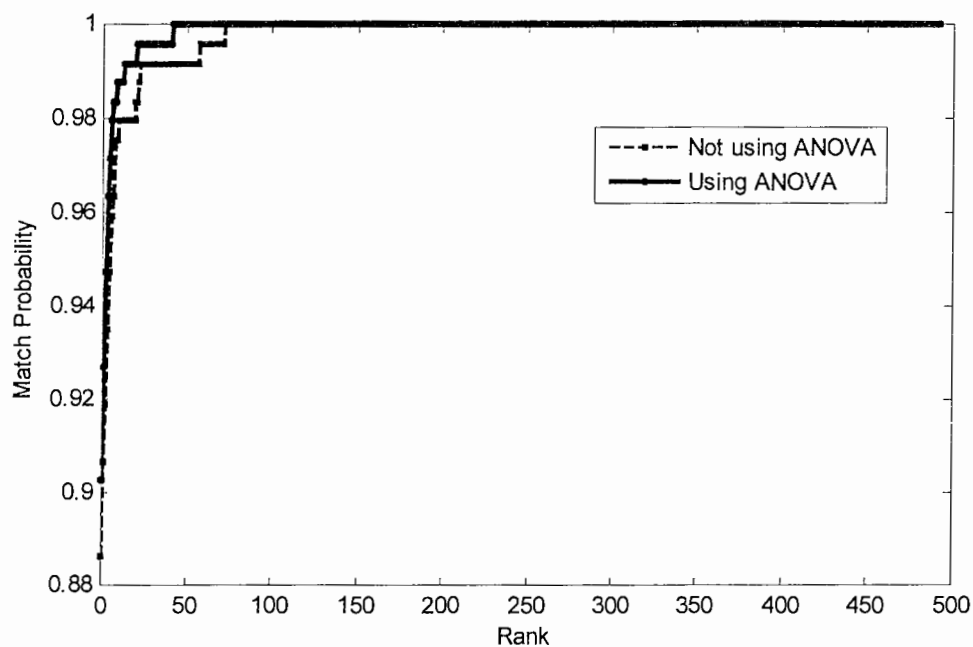
لازم به ذکر است که قبل از انجام تست بر اساس تحلیل ANOVA ۴۲ ویژگی از ۵۷ ویژگی انتخاب شده‌اند. در این مورد در صورتی که از تحلیل ANOVA به منظور حذف ویژگی‌های نامطلوب استفاده نگردد، دقت سیستم در اولین انتخاب کلاسه‌بند به مقدار ۸۸,۶۲٪ افت خواهد

نمود. خلاصه نتایج حاصل از ارزیابی الگوریتم مذکور در دو حالتی که از ANOVA استفاده شده و

حالتی که از ANOVA استفاده نشده است در جدول (۳-۲) و شکل (۲-۲۱) ارائه شده است.

جدول ۳-۲: مقایسه دو حالت استفاده از ANOVA و حالتی که از ANOVA استفاده نشود.

Using AONVA				Not using ANOVA			
42 features				57 features			
Top 1	Top 5	Top 10	Top 15	Top 1	Top 5	Top 10	Top 15
90.24%	97.15%	98.78%	99.19%	88.62%	94.72%	97.97%	97.97%



شکل ۲-۲۲: ارزیابی الگوریتم Lee در حوزه زمان.

جدول ۲-۴: پنج ویژگی برتر از نظر قابلیت ایجاد تمایز بین افراد مختلف.

Rank	Feature	F-statistic
1	Mean of y-position of head/shoulders	1294
2	Mean of aspect-ratio of head/shoulders	167.36
3	Mean of y-position of front arm/torso	137.55
4	Mean of y-position of back thigh	118.59
5	Mean of aspect-ratio of front calf/foot	115.01

۵ ویژگی برتر در تحلیل ANOVA در آزمایش انجام شده بر روی این بخش از پایگاه داده به صورت جدول (۲-۴) می‌باشند.

۲-۷-۲-۲ حوزه فرکانس

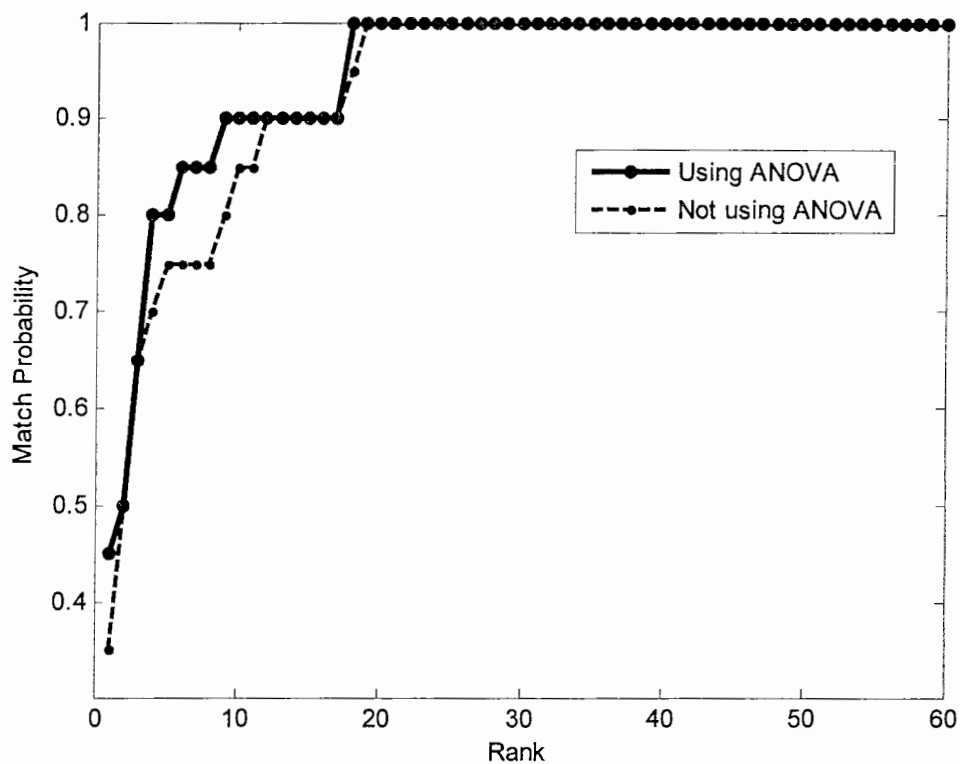
نتایج ارائه شده در مقاله مرجع [۱۸] که بر روی پایگاه داده MIT پیاده‌سازی شده و در آن هم از اندازه تبدیل فوریه و هم از فاز ویژگی‌های مختلف در فرکانس اصلی راه رفتن استفاده گردیده است به مقدار ۸۲٪ در اولین انتخاب کلاسه‌بند دست یافته است. با بررسی فاز نواحی مختلف در پایگاه داده CASIA دریافتیم که فاز هیچ یک از نواحی به اندازه کافی پایدار نبوده و نمی‌توان از اطلاعات مربوط به فاز استفاده نمود. دلیل این مسأله می‌تواند نویز موجود در تصاویر باشد. لازم به ذکر است که پایگاه داده MIT برخلاف پایگاه داده CASIA در محیط بسته جمع‌آوری گردیده و به همین

دلیل می‌توان انتظار داشت که نويز ناحیه‌بندی در تصاویر پایگاه داده CASIA نسبت به پایگاه داده MIT بیشتر باشد. نويز موجود در تصاویر به طور قطع نه تنها فاز تبدیل فوریه بلکه اندازه آن را نیز تحت تأثیر قرار خواهد داد. در این قسمت فرض می‌شود که اندازه تبدیل فوریه قابل استفاده بوده و در آزمایش‌های خود از اندازه تبدیل فوریه ویژگی‌های نواحی مختلف استفاده می‌نماییم.

با استفاده از تحلیل ANOVA از ۲۸ ویژگی مربوط به اندازه تبدیل فوریه ویژگی‌های مختلف ۲۱ ویژگی برتر انتخاب می‌شوند. به این مجموعه یک ویژگی دیگر که فرکانس راه رفتن فرد می‌باشد اضافه می‌گردد. بدین ترتیب بردار ویژگی متشکل از ۲۲ پارامتر خواهد بود. نتایج ارزیابی الگوریتم به صورت شکل (۲-۲۲) می‌باشد. خلاصه نتایج در حالتی از ANOVA استفاده گردد و حالتی از ANOVA استفاده نگردد در جدول (۲-۵) ارائه شده است.

دلیل افت نتایج نسبت به آنچه توسط Lee و همکارانش با ارزیابی بر روی پایگاه داده MIT به دست آمده است ناشی از دو عامل عمده می‌باشد. عامل اول عدم استفاده از اطلاعات فاز در تحلیل‌های مربوطه می‌باشد. اطلاعات فاز نمادی از تأخیر زمانی بین حرکت بخش‌های مختلف بدن بوده و فقط میزان تغییرات به منظور شناسایی فرد همانطور که مشاهده می‌گردد کافی نمی‌باشد. عامل دوم همان گونه که پیشتر نیز بدان اشاره گردید تأثیر نويز بر روی اندازه تبدیل فوریه ویژگی‌های مختلف می‌باشد که سبب وارد شدن اطلاعات نويزی به کلاسه‌بند شده و در نتیجه دقت

سیستم را کاهش می‌دهد. در این حالت نیز تأثیر استفاده از تحلیل ANOVA بررسی و در جدول (۵-۲) ارائه گردیده است.



شکل ۲-۲۳: ارزیابی الگوریتم Lee در حوزه فرکانس.

جدول ۵-۲: مقایسه دو حالت استفاده از ANOVA و حالتی که از ANOVA استفاده نشود.

Using AONVA				Not using ANOVA			
22 features				29 features			
Top 1	Top 5	Top 10	Top 15	Top 1	Top 5	Top 10	Top 15
45%	80%	90%	90%	35%	75%	85%	90%

۲-۷-۳ - ارزیابی الگوریتم مبتنی بر تغییرات مساحت

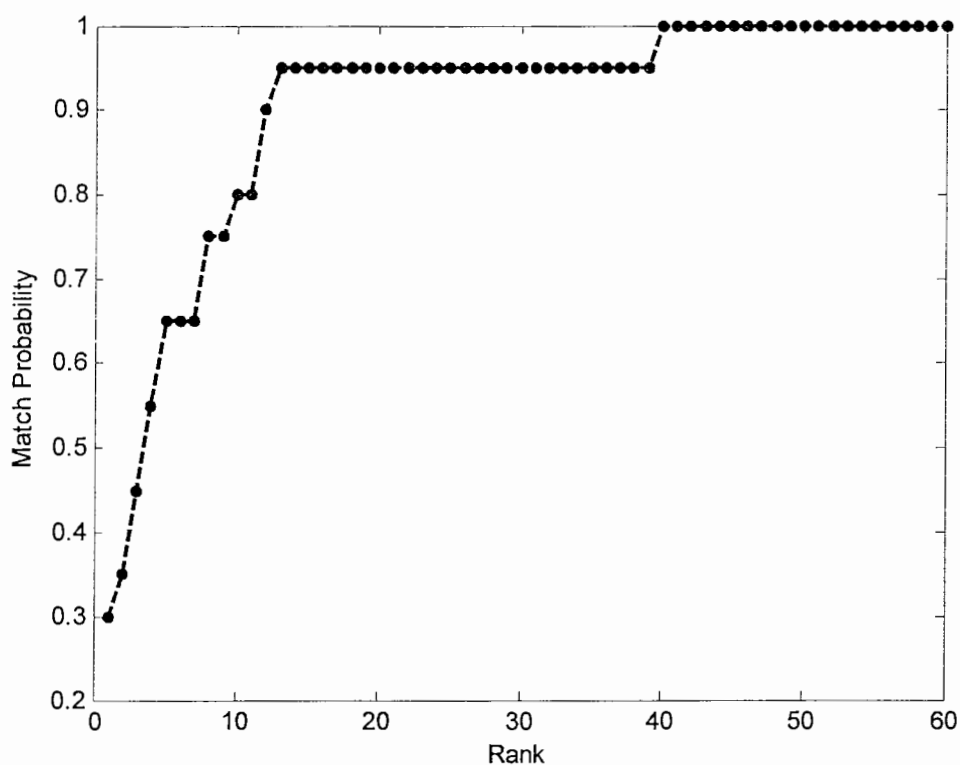
الگوریتم معرفی شده در مقاله مرجع [۱۳] بر روی پایگاه داده Soton ارزیابی گردیده است. در تهیه این پایگاه داده از تمامی امکانات موجود به منظور کاهش نویز در تصاویر شمای کلی استفاده شده است. به منظور تهیه تصاویر از محیط بسته و از نورپردازی مناسب بهره گرفته شده است. تصاویری که به این ترتیب به دست آمده است بسیار نزدیک به حالت ایده‌آل (بدون نویز) می‌باشد. واضح است که نویز موجود در تصاویر به طور مستقیم بر روی ویژگی‌های استخراج شده که همان تغییرات مساحت می‌باشد تأثیر می‌گذارد.

نتایج ارزیابی الگوریتم مذکور بر روی پایگاه داده تقریباً بدون نویز مورد استفاده در مقاله مرجع [۱۳] مقدار ۷۵,۴٪ در اولین خروجی کلاسه‌بند را گزارش می‌نماید.

الگوریتم مذکور بر روی بخش A و B پایگاه داده CASIA پیاده‌سازی شده و نتایج به ترتیب در شکل‌های (۲-۲۳) و (۲-۲۴) ارائه شده است.

دلیل افت نتایج نسبت به آنچه در مقاله مرجع [۱۳] گزارش شده است وجود نویز بیشتر در تصاویر پایگاه داده CASIA می‌باشد. همان طور که پیشتر نیز ذکر گردید در مقاله مرجع [۱۳] پایگاه داده مورد استفاده تحت شرایط کنترل شده در محیط آزمایشگاه تهیه شده است و تصاویر شمای کلی به دست آمده تقریباً ایده‌آل و بدون نویز می‌باشند.

شکل (۲-۲۳) نتایج پیاده‌سازی الگوریتم مذکور را بر روی بخش A پایگاه داده مورد استفاده نشان می‌دهد. نتایج حاصل از تست الگوریتم بر روی بخش B پایگاه داده در شکل (۲-۲۴) نشان داده شده است. نتایج حاصل به صورت خلاصه در جدول‌های (۲-۶) و (۲-۷) گزارش گردیده است.

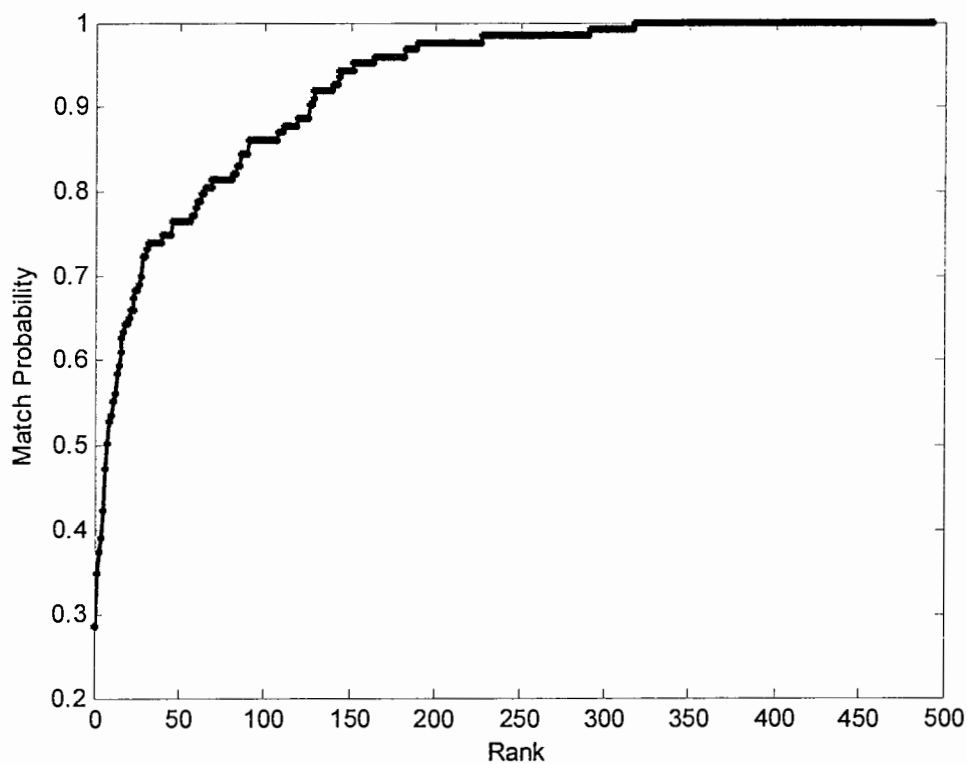


شکل ۲-۲۴: ارزیابی الگوریتم مبتنی بر تغییرات مساحت بر روی بخش A پایگاه داده CASIA.

جدول ۲-۶: خلاصه نتایج حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم مبتنی بر تغییرات مساحت بر روی بخش A پایگاه داده

CASIA.

Match Probability			
Top 1	Top 5	Top 10	Top 15
30%	65%	80%	95%



شکل ۲-۲۵: ارزیابی الگوریتم مبتنی بر تغییرات مساحت بر روی بخش B پایگاه داده CASIA.

جدول ۲-۷: خلاصه نتایج حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم مبتنی بر تغییرات مساحت بر روی بخش B پایگاه داده

CASIA

Match Probability			
Top 1	Top 5	Top 10	Top 15
28.46%	42.28%	53.66%	60.98%

فصل سوم:

بهبود روش مبتنی بر مدل

۳-۱- مقدمه

همان گونه که قبلاً نیز ذکر گردید می‌توان از پارامترهای ساختاری بدن انسان به منظور ارتقاء کارایی الگوریتم‌های تشخیص هویت بر اساس الگوی راه رفتن استفاده نمود. این گونه پارامترها در شناسایی افراد مفید بوده و در تحقیقات دیگری نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۱۰ و ۲۰]. در این فصل ابتدا چند ویژگی مفید به منظور ارتقای روش مدل‌سازی Lee و همکارانش معرفی شده است. اثر افزودن این ویژگی‌ها در حوزه زمان با تست الگوریتم بر روی پایگاه داده CASIA در قسمت نتایج ارایه گردیده است.

در حوزه فرکانس تحقیقی متفاوت به منظور شناسایی فرکانس مؤثر در محاسبه اندازه تبدیل فوریه ویژگی‌های مورد استفاده انجام گرفته است. فرکانس مؤثر به عنوان فرکانسی که اندازه تبدیل فوریه

ویژگی‌های مختلف در آن فرکانس بین افراد مختلف تا حد زیادی متغیر و به منظور تعیین هویت مناسب می‌باشد تعریف می‌گردد. نتایج این تحلیل نیز در بخش نتایج ارائه گردیده است.

پیش از انجام تحلیل فوق، فرکانس راه رفتن افراد به روشی جدید و متفاوت از روش مورد استفاده در مقاله مرجع [۱۸]، محاسبه گردیده است.

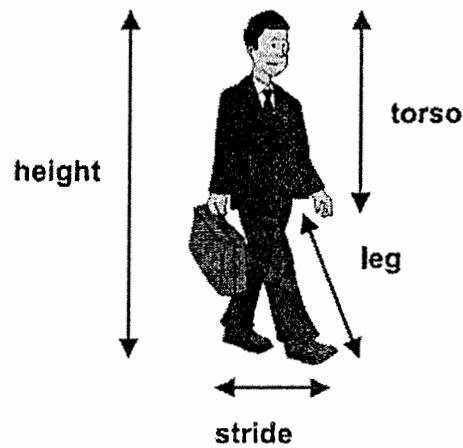
۳-۲- همکارانش Lee و همکارانش

۳-۲-۱- استفاده از طول قطر بیضی در نواحی مختلف

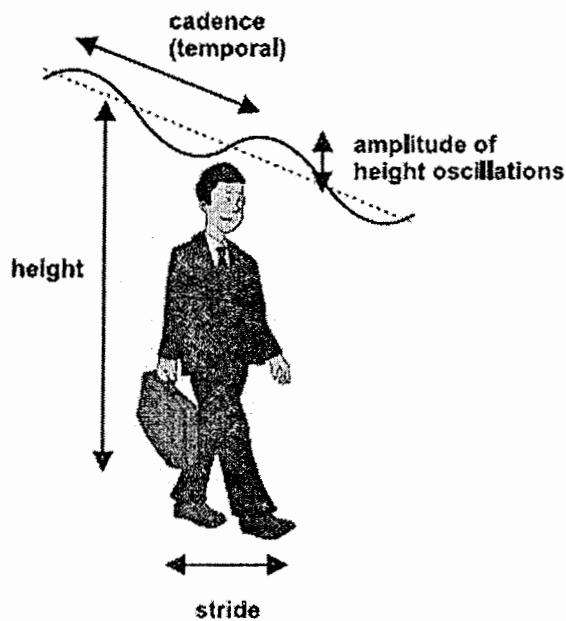
Bobick و همکارانش از پارامترهای ساختاری بدن انسان که از رشته تصاویر راه رفتن افراد به دست می‌آید، استفاده نموده‌اند [۲۰]. چند نمونه از پارامترهای مورد استفاده عبارتند از قد فرد، طول بدن فرد از گردن تا پاها، طول پاهای فرد و همچنین طول گام به هنگام راه رفتن. شکل (۳-۱) چند نمونه از پارامترهای مورد استفاده در این روش را نشان می‌دهد. BenAbdelkader و همکارانش نیز در تحقیقی دیگر از پارامترهای ساختاری بدن فرد به منظور شناسایی بهره گرفته‌اند [۱۰]. چند نمونه از ویژگی‌های مورد استفاده در این روش عبارتند از قد فرد، جابجایی عمودی فرد به هنگام راه رفتن، سرعت راه رفتن فرد و طول گام. شکل (۳-۲) چند نمونه از پارامترهای مورد استفاده در این روش را نشان می‌دهد.

ملاحظه می‌گردد که استفاده از طول اعضاء مختلف بدن به منظور شناسایی افراد در تحقیقات پیشین به کار گرفته شده است. در واقع پارامترهای استاتیک بدن در روش‌های شناسایی افراد بر

اساس الگوی راه رفتن از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. به همین منظور بر آن برآمدیم که از ویژگی‌های مذکور به منظور بهبود کارایی روش Lee بهره گیریم.



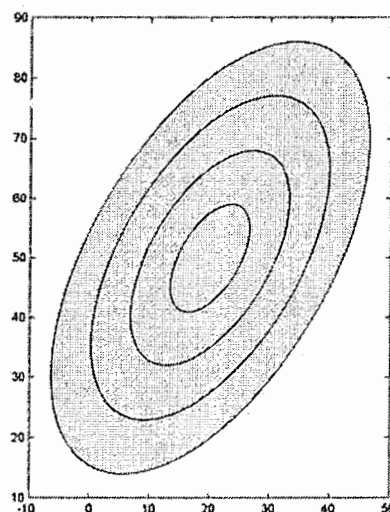
شکل ۱-۳: چند نمونه از ویژگی‌های مورد استفاده توسط Bobick و همکارانش.



شکل ۲-۳: چند نمونه از ویژگی‌های مورد استفاده توسط BenAbdelkader و همکارانش.

در روش مرجع [۱۸] پارامترهایی که از هر بیضی استخراج شده‌اند نسبت طول دو قطر بیضی، راستای قطر بزرگ و مرکز ثقل آن می‌باشد. با استفاده از اطلاعات مذکور به لحاظ ریاضی نمی‌توان انتظار داشت که یک بیضی مشخص و یکتا رسم نمود. در واقع با استفاده از پارامترهای مذکور دسته‌هایی از بیضی‌های مختلف می‌توان رسم نمود که مرکز ثقل، نسبت طول دو قطر و راستای قطر بزرگ آنها برابر بوده، اما طول قطرهای آنها برابر نمی‌باشد. نمونه‌ای از این گونه بیضی‌ها در شکل (۳-۳) نشان داده شده‌اند.

در این شکل نسبت طول قطر بیضی‌ها، مرکز ثقل و راستای قطر بزرگ همگی آنها برابر بوده اما طول قطرهای آنها متفاوت می‌باشد. مشاهده می‌گردد که با استفاده از اطلاعات فوق یک بیضی واحد به دست نمی‌آید.



شکل ۳-۳: چند نمونه از بیضی‌هایی که مرکز ثقل، نسبت طول دو قطر و راستای قطر بزرگ آنها برابر می‌باشد.

در این شکل نسبت بین دو قطر بیضی ۲ و راستای قطر بزرگ آنها نسبت به افق ۶۰ درجه بوده و مرکز ثقل آنها مشترک می‌باشد.

همان گونه که ذکر گردید به منظور رسم یک بیضی واحد طول یکی از قطرهای بیضی نیز می‌بایست به پارامترهای پیشین اضافه گردد.

به این ترتیب علاوه بر ویژگی‌های مورد استفاده در مقاله مرجع [۱۸]، اندازه مقدار ویژه بزرگ‌تر ماتریس کوواریانس محاسبه شده در هر ناحیه به عنوان نمادی از طول قطر بزرگ بیضی در هر یک از ۷ ناحیه به ویژگی‌های پیشین اضافه می‌گردد.

لازم به ذکر است که میانگین طول قطر بزرگ بیضی در طول زمان نمادی از طول بخش مربوطه می‌باشد که در بین افراد مختلف تا اندازه مطلوبی متفاوت می‌باشد. قابلیت ایجاد تمایز ویژگی مذکور با استفاده از تحلیل ANOVA بررسی و نتایج مربوطه در بخش نتایج ارائه گردیده است.

انحراف معیار طول قطر بزرگ بیضی در هر یک از نواحی مختلف نمادی از چگونگی تغییر طول آن بخش به هنگام راه رفتن می‌باشد. لازم به ذکر است که طول اعضاء مختلف بدن انسان در واقع تغییر نمی‌نماید، اما در تصاویر باینری به دست آمده و بر اساس ویژگی‌های استخراج شده در تصاویر، طول قطر بیضی‌ها دارای مقداری تغییر می‌باشد. هر چند بر اساس تحلیل ANOVA می‌توان نتیجه گرفت که انحراف معیار طول قطر بزرگ بیضی در نواحی مختلف بین افراد به اندازه

میانگین طول آن دارای قابلیت تمایز نمی‌باشد، اما مقدار F-ratio متناظر در تحلیل ANOVA در برخی نواحی به اندازه‌ای می‌باشد که به منظور شناسایی فرد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۲-۲- استفاده از تغییرات زاویه بین دست و بدن فرد

ویژگی دیگری که پس از بررسی‌های مختلف نتیجه‌گیری می‌شود که می‌تواند به ویژگی‌های پیشین افزوده گردد، اختلاف زاویه بین دست و بدن افراد می‌باشد. بر اساس مشاهدات تجربی نیز می‌توان استنتاج نمود که دست افراد مختلف به هنگام راه رفتن زوایای متفاوتی با بدن می‌سازد. به همین منظور میانگین و انحراف معیار ویژگی مذکور به هنگام راه رفتن محاسبه و به ویژگی‌های پیشین افزوده می‌گردد.

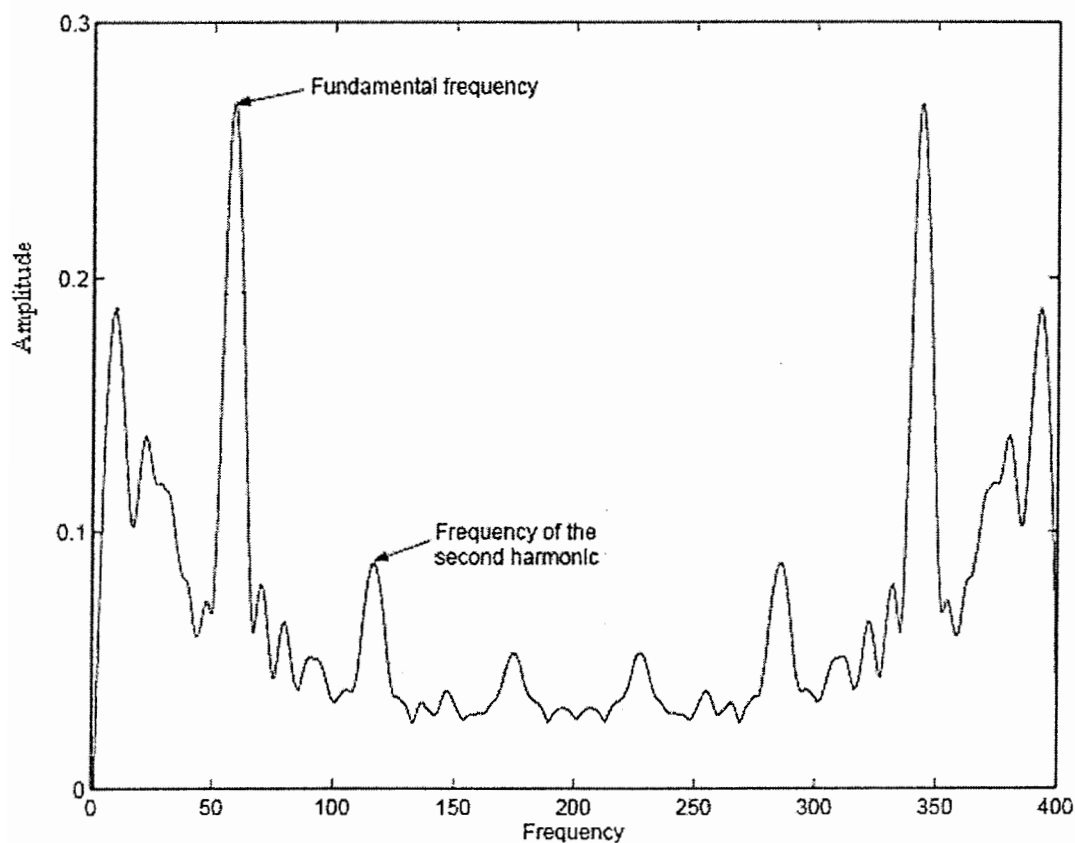
۳-۳- تخمین فرکانس اصلی راه رفتن

در این قسمت و از آنجایی که در تحلیل حوزه فرکانس نیازمند فرکانس اصلی راه رفتن فرد می‌باشیم فرکانس مذکور را به روشی ساده‌تر و دقیق‌تر از روش مورد استفاده در مقاله مرجع [۱۸] به دست می‌آوریم.

۳-۳-۱ روش مورد استفاده توسط Lee و همکارانش

در روش مورد استفاده در مرجع [۱۸] به منظور تخمین فرکانس اصلی راه رفتن فرد، ابتدا تابع طیف توان ویژگی‌های نواحی مختلف محاسبه می‌گردد. فرض بر آن است که تابع طیف توان ویژگی‌های مختلف در فرکانس اصلی راه رفتن دارای دامنه قوی خواهد بود. به دلیل وجود نویز در

تصاویر، پیک مذکور در برخی از ویژگی‌ها در فرکانس اصلی رخ نداده و گاهی جابجا می‌گردد. به همین جهت و به منظور کاهش خطای سیستم در برآورد فرکانس اصلی راه رفتن در مرجع [۱۸]، تابع طیف توان ویژگی‌های مختلف ابتدا نرمالیزه شده و سپس میانگین آنها محاسبه گشته است. لازم به ذکر است که قبل از محاسبه اندازه تبدیل فوریه مؤلفه فرکانس صفر (DC) این مؤلفه‌ها حذف گردیده است. نمونه‌ای از تابع طیف توان نرمالیزه شده به همان صورتی که توسط Lee محاسبه شده است در شکل (۳-۴) نشان داده شده است.



شکل ۳-۴: تابع طیف توان میانگین نرمالیزه شده به صورتی که توسط Lee و همکارانش محاسبه گردیده است.

روش مذکور از لحاظ حجم محاسبات لازم به منظور برآورد فرکانس اصلی، روش مطلوبی نبوده و نسبت به نویز موجود در تصاویر بسیار حساس می‌باشد. هرچند ممکن است روش مذکور هنگامی که نویز موجود در تصاویر بسیار کم باشد به جواب‌های قابل قبولی دست یابد، اما در صورتی که بیشتر توابع طیف توان به دست آمده نویزی باشند، که به دلیل وجود نویز ناحیه‌بندی در اکثر تصاویر امری کاملاً محتمل می‌باشد، میانگین نرمالیزه شده تابع طیف توان نیز دارای مقداری خطا خواهد بود. در حالت کلی نمی‌توان انتظار داشت که میانگین‌گیری از تابع طیف توان ویژگی‌های مختلف به طرز مؤثری اثر نویز موجود را از میان بردارد.

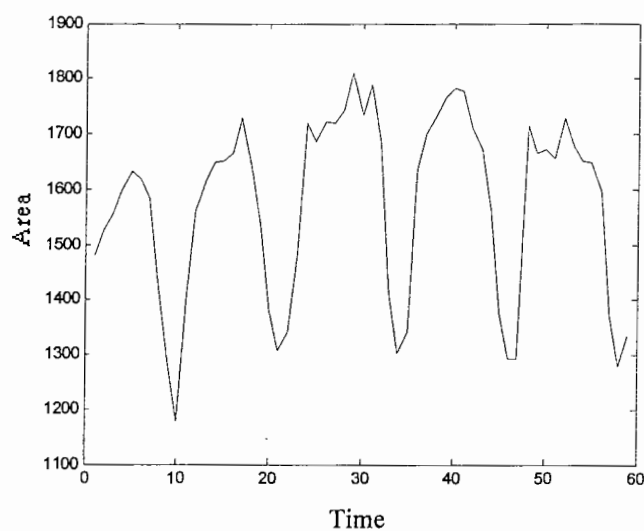
به همین جهت در این قسمت روشی که از لحاظ محاسباتی بسیار ساده‌تر از روش مورد استفاده توسط Lee و همکارانش می‌باشد و علاوه بر آن نسبت به مقادیر متعارف نویز نیز مقاوم می‌باشد ارائه می‌گردد.

۳-۳-۲- ارائه روشی جدید به منظور برآورد فرکانس اصلی راه رفتن

اکثر بخش‌های بدن به هنگام راه رفتن دارای حرکتی تناوبی می‌باشند. بر اساس مشاهدات تجربی بیشترین تناوب در قسمت دست‌ها و پاها قرار دارد. در برخی روش‌ها از در نظر گرفتن دست‌ها به جهت لحاظ نمودن شرایط حمل اشیاء توسط شخص صرف‌نظر می‌گردد، لذا مطلوبترین قسمت به منظور بررسی حرکت تناوبی بدن به هنگام راه رفتن پاها می‌باشد. در روش پیشنهادی به منظور بررسی حرکت تناوبی پاها، ابتدا توسط ماسکی بخش‌های مختلف بدن به غیر از پاها را در هر فریم

از تصاویر شمای کلی حذف می‌نماییم. ماسک مورد استفاده در بخش پاها دارای مقدار یک و در بقیه نواحی دارای مقدار صفر می‌باشد.

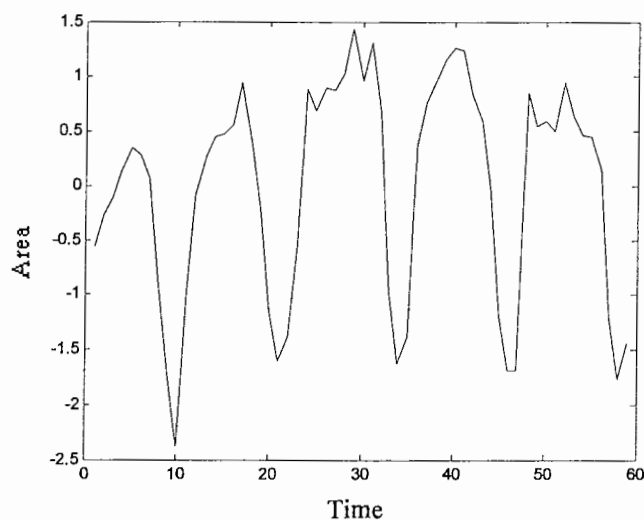
بدین ترتیب ابتدا در تصاویر باینری به منظور حذف نقاط نویزی که متصل به قسمت اصلی بدن فرد نمی‌باشند بزرگترین جزء متصل به هم در تصویر تشخیص داده شده و بقیه اجزای متصل به هم حذف می‌گردد. در مرحله بعد، فرد در تصویر باینری در کوچکترین مستطیل ممکن محاط می‌گردد. ماسکی بر اساس اطلاعات ساده آناتومیک که در اکثر افراد صادق می‌باشد به منظور جداسازی پاها از بقیه قسمت‌های بدن در هر فریم تشکیل می‌گردد. بر اساس اطلاعات آناتومیک، نسبت طول پاها نسبت به قد فرد تقریباً برابر با $15/32$ می‌باشد [۳۲ و ۳۱]. پس از تشکیل ماسک مذکور و انجام عمل AND منطقی بین ماسک مذکور و تصویر فرد در هر فریم، تمامی قسمت‌ها به غیر از پاها حذف می‌گردد. در مرحله بعد مساحت نواحی باقی مانده در هر فریم و در طول دنباله تصاویر مربوط به راه رفتن فرد محاسبه می‌گردد. مساحت مورد نظر برابر با تعداد نقاط غیر صفر موجود در تصویر فیلتر شده می‌باشد. در این حالت بیشترین مساحت مربوط به زمانی است که پاها بیشترین فاصله را داشته و کمترین مساحت مربوط به زمانی است که پاها در تصویر همپوشانی دارند. شکل موج حاصل به صورت شکل (۳-۵) می‌باشد.



شکل ۳-۵: تغییرات مساحت نواحی مربوط به پاها در تصویر شمای کلی.

در مرحله بعد به منظور نرمالیزه کردن شکل موج حاصل، میانگین از آن کاسته شده و نتیجه

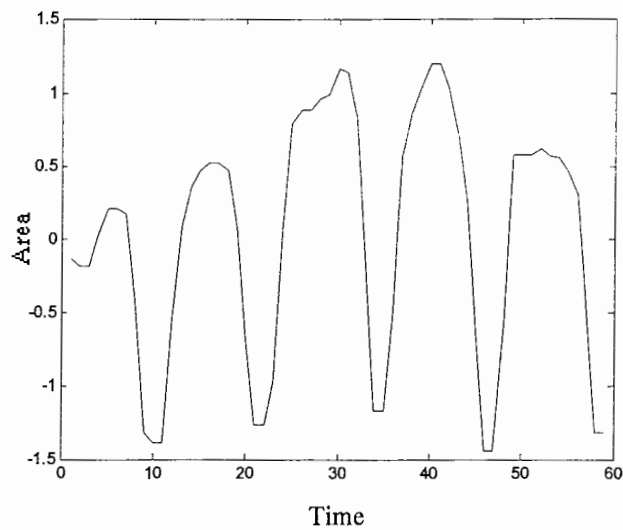
حاصل بر انحراف معیار تقسیم می‌گردد. شکل موج حاصل به صورت شکل (۳-۶) خواهد بود.



شکل ۳-۶: تغییرات مساحت نواحی مربوط به پاها در تصویر شمای کلی پس از نرمالیزه شدن.

در مرحله بعدی توسط فیلتر میانگین، شکل موج حاصل به منظور کاهش اثر نویز هموار می‌گردد

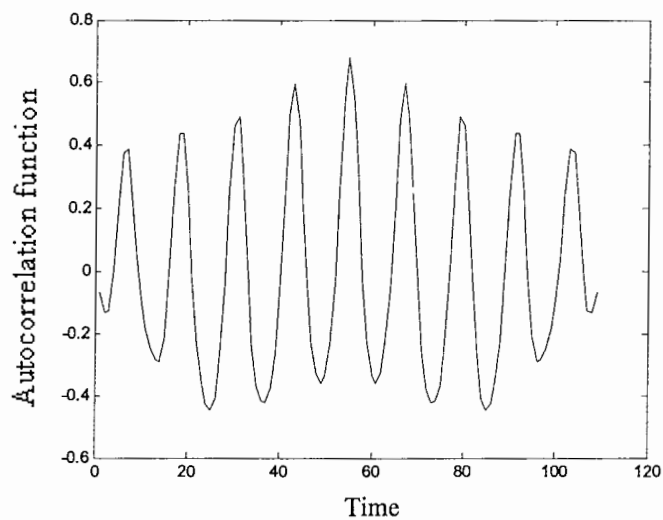
(شکل ۳-۷).



شکل ۳-۷: شکل موج هموار شده توسط فیلتر میانگین.

به منظور یافتن نقاط پیک که در فرکانس اصلی راه رفتن فرد رخ می‌دهد، تابع خود همبستگی^۱

شکل موج مذکور محاسبه می‌گردد (شکل ۳-۸).

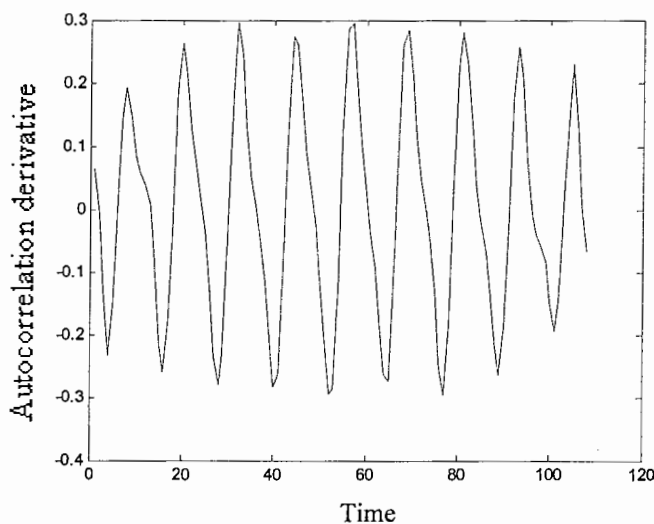


شکل ۳-۸: تابع خودهمبستگی حاصل از شکل موج میانگین.

^۱ Autocorrelation

مشتق تابع حاصل به منظور یافتن نقاط گذر از صفر محاسبه می‌گردد. شکل موج حاصل به صورت

شکل (۳-۹) می‌باشد.

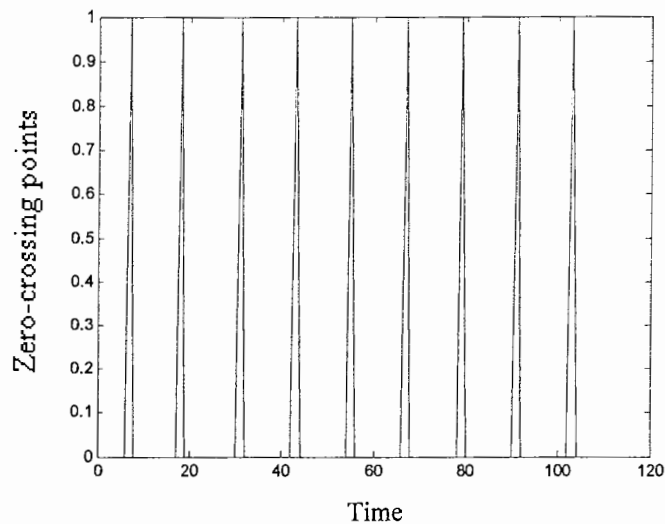


شکل ۳-۹: مشتق تابع خودهمبستگی.

در مشتق تابع خودهمبستگی نقاطی که مشتق از مقدار منفی به مثبت عبور می‌نماید پیدا می‌شود. به دلیل ماهیت تقارن راه رفتن، بین هر دو پیک شکل موج حاصل، پیکی وارد می‌شود که با تغییر زاویه از راستای عمود بر محور نوری دوربین به راستای همجفت با آن از شدت آن کاسته می‌شود.

در نهایت فاصله میانگین پیک‌های متوالی محاسبه می‌گردد. پریود راه رفتن با در نظر گرفتن خاصیت تقارن راه رفتن، دو برابر مقدار میانگین مذکور می‌باشد.

در این روش از آنجایی که در ابتدا بزرگترین جزء به هم پیوسته در تصویر باینری تشخیص داده می‌شود، اثر نقاط نویزی تا حدی حذف می‌گردد. با اعمال فیلتر میانگین بر روی شکل موج به



شکل ۳-۱۰: نقاط گذر از صفر تابع مشتق.

دست آمده، اثر نقاط نویزی مجدداً کمتر می‌شود. در روش ارایه شده از آنجایی که محاسبه مساحت بسیار ساده می‌باشد، حجم محاسباتی مسأله به طور چشمگیری کاهش می‌یابد. علاوه بر موارد فوق استفاده از مساحت در صورت وجود نقاط نویزی در تصویر، تا زمانی که نویز موجود دارای بایاس نباشد، روش مذکور را با خطای زیادی مواجه نمی‌سازد.

۳-۴- نتایج پیاده‌سازی الگوریتم

۳-۴-۱- تحلیل در حوزه فرکانس

همان گونه که در فصل قبل اشاره گردید فاز هیچ یک از نواحی در پایگاه داده مورد استفاده (CASIA Gait Database) به اندازه کافی پایدار نبوده و لذا در تحلیل‌های مربوطه فقط از اندازه تبدیل فوریه نواحی مختلف انجام استفاده می‌گردد.

هر چند در روش Lee و همکارانش کلیه ویژگی‌های مورد استفاده در حوزه فرکانس در فرکانس اصلی راه رفتن در نظر گرفته شده‌اند، اما ممکن است در فرکانس‌هایی به غیر از فرکانس اصلی نیز اطلاعات مفیدی به منظور شناسایی افراد موجود باشد. به همین منظور بر آن برآمدیم که اندازه تبدیل فوریه را در فرکانس‌هایی غیر از فرکانس اصلی راه رفتن مورد بررسی قرار دهیم.

با مطالعه دقیق‌تر ویژگی‌های به دست آمده می‌توان نتیجه‌گیری نمود که هر چند راه رفتن افراد تقریباً دارای ماهیت سینوسی و متناوب می‌باشد اما دقیقاً منطبق بر یک سینوسی خالص نبوده و فرکانس‌های دیگری به غیر از فرکانس اصلی راه رفتن در ویژگی‌های به دست آمده موجود می‌باشد. در ویژگی‌های به دست آمده آثاری از هارمونیک‌های بالا نیز دیده می‌شود اما از آنجایی که نویز از طرق مختلف از جمله ناحیه‌بندی غیر ایده‌آل در سیستم موجود می‌باشد و همچنین از آنجایی که اندازه تبدیل فوریه ویژگی‌ها در هارمونیک‌های بالاتر از هارمونیک دوم بر اساس مشاهدات تجربی کوچک می‌باشد، استفاده از آنها نمی‌تواند کارایی سیستم را افزایش بخشد و حتی ممکن است سبب وارد شدن ویژگی‌های نویزی در کلاسه‌بند و نتیجتاً کاهش کارایی سیستم گردد. در واقع بیشتر انرژی سیگنال در فرکانس‌های پایین قرار گرفته و در نتیجه نسبت سیگنال به نویز در این فرکانس‌ها بیشتر از فرکانس‌های بالا می‌باشد. به همین جهت تحلیل‌های انجام شده را بر روی فرکانس‌های پایین انجام داده‌ایم. در این تحلیل علاوه بر فرکانس اصلی، فرکانس‌های

۰,۸، ۱,۲، ۱,۳، ۱,۵، ۱,۷، ۱,۹ و ۲ برابر فرکانس اصلی را در نظر گرفته و اندازه تبدیل فوریه

ویژگی‌ها را در فرکانس‌های مذکور محاسبه و در بردار ویژگی نهایی وارد می‌نماییم.

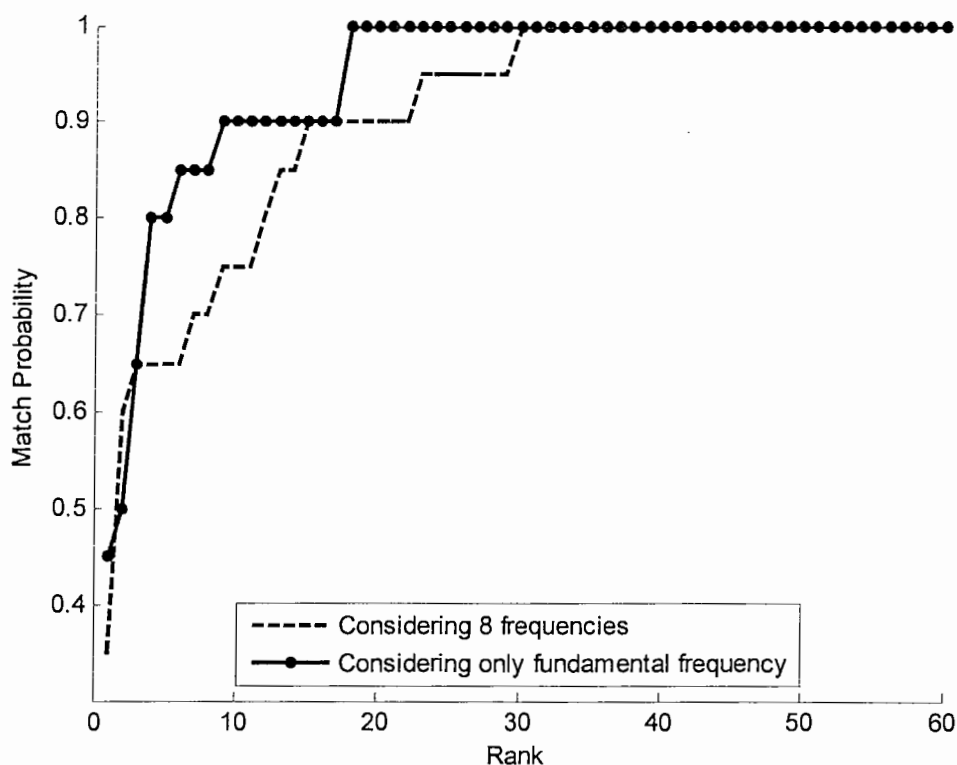
نتایج حاصل از این کار در شکل (۳-۱۱) پس از تست الگوریتم ارائه شده است. نتایج به طور

خلاصه در جدول (۳-۱) ارائه گردیده است.

جدول ۳-۱: اثر استفاده از اندازه تبدیل فوریه در ۷ فرکانس دیگر علاوه بر فرکانس اصلی.

Method	Top 1	Top 5	Top 10	Top 15
Considering only F.F. ^۲	45%	80%	90%	90%
Considering all 8 frequencies	35%	65%	75%	90%

^۲ Fundamental Frequency



شکل ۳-۱۱: اثر استفاده از ۷ فرکانس دیگر علاوه بر فرکانس اصلی راه رفتن فرد.

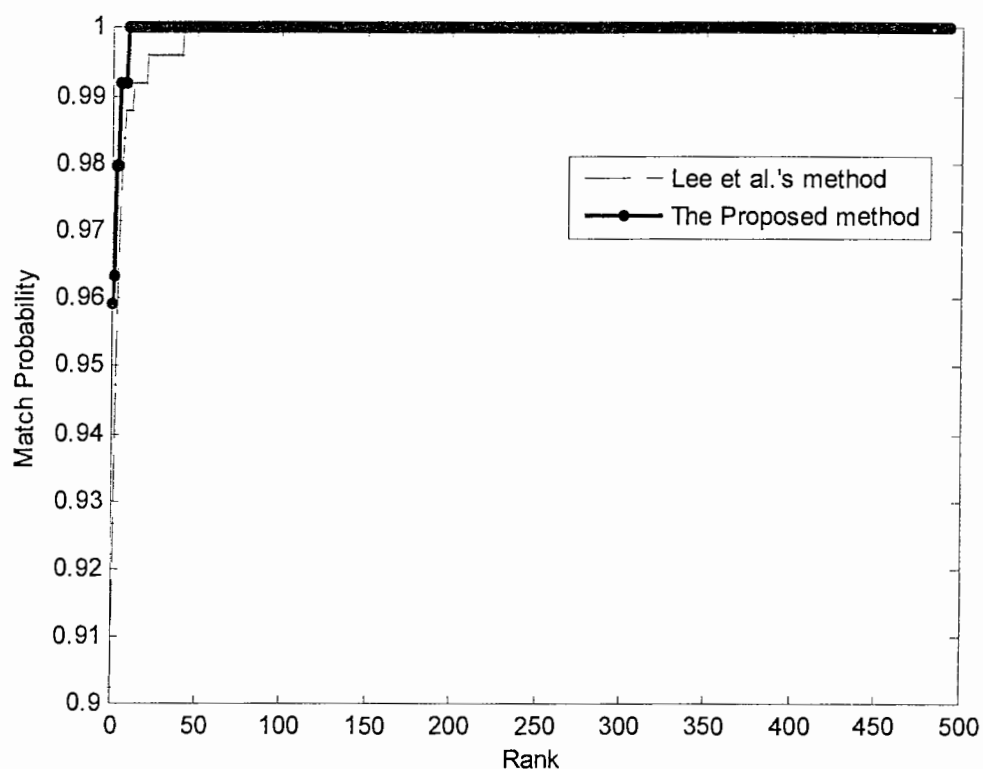
با استفاده از نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه‌گیری نمود که یا اطلاعات موجود در فرکانس‌هایی غیر از فرکانس اصلی راه رفتن فرد، مستقل از اطلاعات موجود در فرکانس اصلی نبوده و یا نسبت سیگنال به نویز در این فرکانس‌ها به اندازه‌ای افت نموده است که سبب افت کارایی الگوریتم گردیده است. به هر ترتیب استفاده از آنها در تحلیل حوزه فرکانس پیشنهاد نمی‌گردد. در واقع دلیل کاهش کارایی سیستم با در نظر گرفتن کلیه فرکانس‌ها را می‌توان به کاهش نسبت سیگنال به نویز در فرکانس‌هایی غیر از فرکانس اصلی راه رفتن و در نتیجه استفاده از ویژگی‌هایی که نویز بر آنها غلبه دارد، مربوط دانست.

۲-۴-۳ ارزیابی الگوریتم بهینه‌سازی شده

همانگونه که قبلاً نیز بدان اشاره گردید با ارزیابی الگوریتم Lee و همکارانش بر روی قسمت B پایگاه داده CASIA به مقدار ۹۰٫۲۴٪ در اولین خروجی کلاس‌بند دست یافتیم. با افزودن چند ویژگی مؤثر دیگر، می‌توان کارایی الگوریتم را تا اندازه‌ای بهبود بخشید. نتایج حاصل از تست الگوریتم بهینه‌سازی شده در شکل (۳-۱۲) با نتایج به دست آمده از روش Lee مقایسه شده است. خلاصه نتایج حاصل از تست روش بهینه‌سازی شده با روش اولیه در جدول (۳-۲) آرایه شده است.

جدول ۳-۲: مقایسه دو روش بهینه‌سازی شده و روش اولیه.

The proposed method				Lee et al.'s method			
Top 1	Top 5	Top 10	Top 15	Top 1	Top 5	Top 10	Top 15
95.93%	99.19%	100%	100%	90.24%	97.15%	98.78%	99.19%



شکل ۳-۱۲: اثر افزودن چند ویژگی مفید به ویژگی‌های مورد استفاده توسط Lee.

جدول ۳-۳: پنج ویژگی برتر از نظر قابلیت ایجاد تمایز بین افراد مختلف.

Rank	Feature	F-statistic
1	Mean of y-position of head/shoulders	1294
2	Mean of major axis length of head/shoulders	175.41
3	Mean of aspect-ratio of head/shoulders	167.36
4	Mean of y-position of front arms/torso	137.55
5	Mean of major axis length of back calf/foot	125.78

در این حالت ۵ ویژگی برتر از نظر قابلیت ایجاد تمایز بین افراد مختلف به صورت جدول (۳-۳) می‌باشد.

همان طور که از جدول (۳-۳) نیز نتیجه‌گیری می‌شود چند نمونه از ویژگی‌های اضافه شده، در بین ۵ ویژگی برتر از لحاظ قابلیت ایجاد تمایز بین افراد مختلف، قرار دارند و به همین جهت استفاده از آنها سبب بهبود کارایی سیستم می‌گردد.

فصل چهارم:

ارائه روشی جدید بر اساس مساحت

۴-۱- مقدمه

همان طور که در فصل دوم نیز بدان اشاره شد مساحت نواحی مختلف تصویر را می‌توان به عنوان ویژگی در شناسایی افراد بر اساس الگوی راه رفتن به کار گرفت. در این قسمت روشی بر اساس استفاده از مساحت پیشنهاد می‌گردد. در این روش هم خصوصیات دینامیک و هم خصوصیات استاتیک راه رفتن فرد به منظور شناسایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به منظور استخراج ویژگی‌های استاتیک ابتدا تصویر میانگین تشکیل شده و پس از اعمال مقدار آستانه‌ای بر روی میزان شدت روشنایی نقاط، بخش‌های مفید تصویر میانگین حفظ و بقیه مناطق حذف می‌گردد. بر اساس تحقیقات انجام شده نقاط مفید تصویر میانگین به منظور شناسایی افراد شامل نواحی سر و تنه و بخش‌های کوچکی از پاها می‌باشد [۳۳]. ویژگی‌های استاتیک مورد نظر مساحت نواحی مختلف

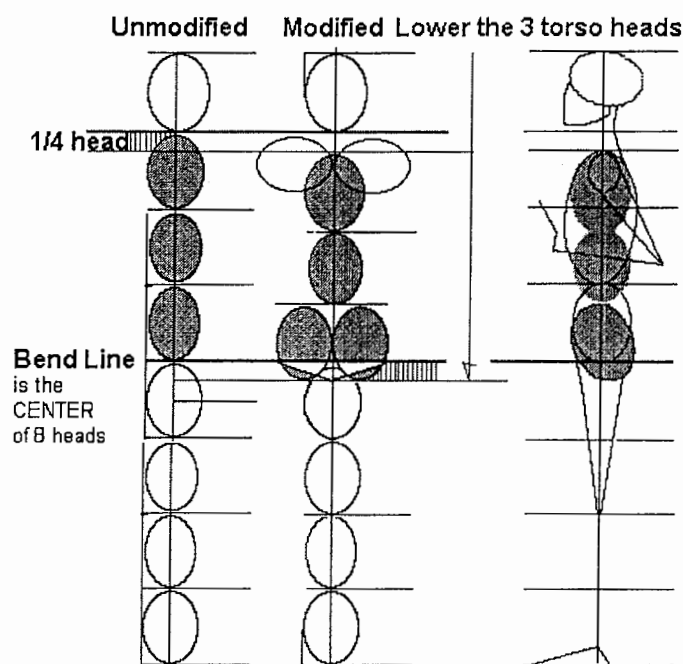
تصویر میانگین می‌باشد که بر اساس اطلاعات آناتومیک بدن انسان تقسیم‌بندی گردیده‌اند. به منظور استخراج ویژگی‌های دینامیک ابتدا بدن فرد در هر فریم به نواحی مختلف تقسیم شده و سپس مساحت نواحی مختلف در طول زمان محاسبه می‌گردد. ویژگی‌های دینامیک مورد استفاده میانگین و انحراف معیار مساحت نواحی مختلف در طول زمان می‌باشد. روش مذکور از لحاظ محاسباتی بسیار ساده بوده و ابعاد بردارهای ویژگی (۱۴ پارامتر) مورد استفاده دارای کمترین تعداد می‌باشد. در این فصل، در ابتدا به صورت مختصر اطلاعات ساده آناتومیک مربوط به نسبت طول اعضای بدن انسان تشریح می‌گردد و در ادامه تئوری روش پیشنهادی ارائه می‌شود.

۲-۴- نسبت بین طول اعضای مختلف بدن انسان

از آنجایی که در قسمت بعدی از تقسیم‌بندی بدن انسان در تصویر استفاده می‌گردد لازم می‌نماید که توضیحی هر چند مختصر در این رابطه ارائه گردد. لازم به ذکر است که اطلاعاتی که در این بخش ارائه می‌گردد اطلاعات میانگین بین افراد مختلف می‌باشد و ادعا نمی‌گردد که طول اعضای مختلف بدن همه افراد دقیقاً و به طور قطع منطبق بر نسبت‌های ارائه شده می‌باشد. هدف اصلی از استفاده از نسبت‌های ارائه شده، تقسیم‌بندی دقیق‌تر بدن انسان نسبت به روش‌هایی است که در آنها بدون توجه به نسبت بین طول اعضای مختلف، تصویر تقسیم‌بندی می‌گردد.

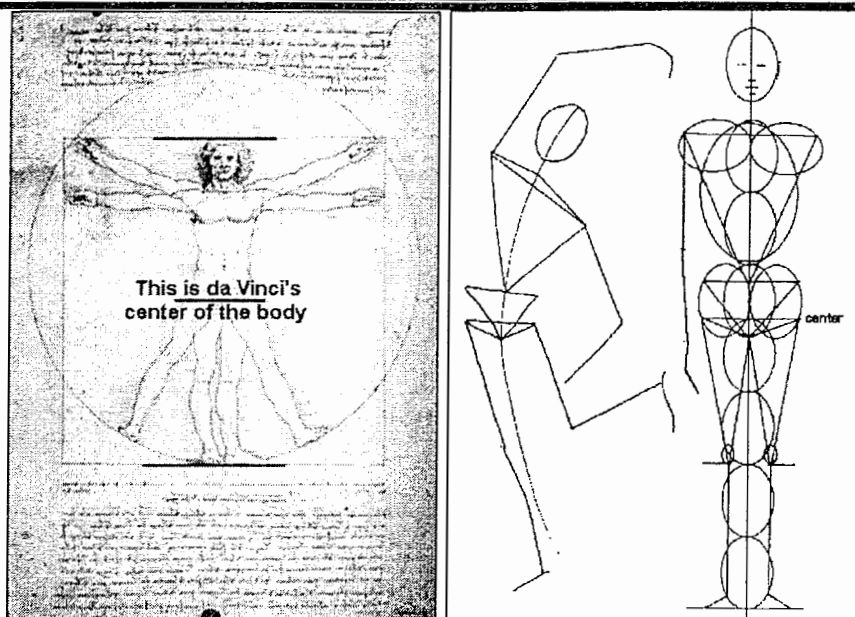
اطلاعات مذکور توسط Leonardo Da Vinci نقاش معروف ارایه گشته [۳۱] و در تحقیقات علمی

اخیر نیز مورد استفاده قرار گرفته است [۳۲].



شکل ۴-۱: نسبت بین طول اعضای مختلف بدن انسان.

بر اساس اطلاعات ارایه شده در مرجع‌های [۳۱] و [۳۲]، قد یک فرد نرمال به طور میانگین ۸ برابر طول سر همان فرد می‌باشد. طول گردن برابر ۰,۲۵ طول سر بوده و طول بدن از قسمت گردن تا قسمت شکم به طور میانگین ۳ برابر طول سر می‌باشد. پهنای شانه‌ها دو برابر طول سر بوده و فاصله بین سینه تا ناف برابر با طول سر می‌باشد. بخش مربوط به پاها ۳,۷۵ برابر طول سر بوده و در واقع از بالای سر فرد به اندازه ۴,۲۵ طول سر فرد فاصله دارد. پهنای کمر به اندازه طول سر می‌باشد. بدین ترتیب شکل بدن انسان که بر اساس نسبت‌های مذکور تشکیل می‌گردد، به صورت شکل‌های (۴-۱) و (۴-۲) می‌باشد.



شکل ۴-۲: دو تصویر که بیانگر نسبت طول بین اعضای مختلف بدن انسان می‌باشند (Leonardo Da Vinci).

با استفاده از اطلاعات ارایه شده می‌توان بخش‌های مختلف بدن را از نظر نسبت طول به صورت

جدول (۴-۱) خلاصه نمود.

جدول ۴-۱: طول اعضای مختلف بدن انسان نسبت به قد.

Body segment	Segment length/height
Head/neck	5/32
Trunk	12/32
Back thigh	15/64
Front thigh	15/64
Back shank/foot	15/64
Front shank/foot	15/64

۴-۳- مناطق مهم تصویر میانگین به منظور شناسایی افراد

قبل از معرفی روش پیشنهادی لازم است که به این سؤال که "چه اطلاعاتی به هنگام استفاده از

تصاویر شمای کلی باینری به منظور شناسایی فرد مفید می‌باشند؟" پاسخ داده شود. بر اساس

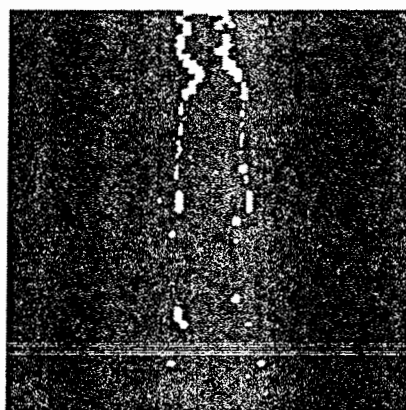
تحقیقات و گزارشات انجام شده به هنگام استفاده از میانگین تصاویر شمای کلی به منظور تشخیص هویت، شکل بدن فرد حاوی بیشترین اطلاعات می‌باشد [۳۳].

در مرجع [۳۳] تحقیقی به منظور بررسی قابلیت بخش‌های مختلف بدن در ایجاد تمایز بین افراد مختلف انجام شده است. در این تحقیق از سه پایگاه داده با مشخصات زیر استفاده گردیده است. پایگاه داده اول متشکل از ۱۱۵ نفر بوده که در آن افراد با سرعت معمول راه می‌روند. با استفاده از پایگاه داده مذکور می‌توان بررسی نمود که چه اطلاعات و ویژگی‌هایی برای هر فرد ثابت مانده و چه اطلاعات و ویژگی‌هایی در بین افراد مختلف دارای تغییرات بیشتری می‌باشد. پایگاه داده دوم کوچک‌تر بوده و متشکل از داده‌های مربوط به ۱۰ نفر می‌باشد. در این پایگاه داده هر فرد در شرایط مختلفی از جمله انواع کفش و لباس و در حالت حمل کیف فیلم‌برداری شده است. همچنین افراد موجود در این بخش از پایگاه داده به هنگام راه رفتن در سرعت‌های مختلف فیلم‌برداری شده‌اند. پایگاه داده مذکور به منظور بررسی مقاومت روش‌های مختلف در تشخیص هویت فرد در حالت‌های متفاوت ایجاد گردیده است. پایگاه داده سوم نیز متشکل از ۱۰ نفر بوده، اما افراد در حالت معمول و بدون حمل اشیاء فیلم‌برداری شده‌اند. این پایگاه داده در زمان‌های متفاوتی فیلم‌برداری شده و به منظور بررسی اثر زمان در تشخیص هویت فرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش مورد استفاده در این تحقیق به این صورت می‌باشد که ابتدا هر تصویر شمای کلی از تصویر اصلی استخراج گردیده و سپس به ابعاد 64×64 پیکسل نرمالیزه گردیده است. ویژگی‌های

استخراج شده از رشته تصاویر به دست آمده تمامی نقاط بوده و تحلیل‌های آماری به کار رفته PCA و ANOVA می‌باشند. تحقیق مذکور به این صورت انجام گرفته است که تمامی نقاط تصویر به عنوان ویژگی وارد کلاسه‌بند شده و در هر مرحله پیکسلی حذف و نرخ کلاسه‌بندی درست بررسی گردیده است.

با انجام تحقیق فوق در نهایت مهمترین نقاط در تشخیص هویت فرد به هنگام استفاده از تصویر میانگین، مرز سر و تنه و بخش‌های بسیار کمی از پاها گزارش گردیده است. در شکل (۳-۴) نقاطی که در هر سه پایگاه داده به طور مشترک نقاط مهم در شناسایی فرد می‌باشند به رنگ سفید و بقیه نقاط به رنگ سیاه نشان داده شده‌اند.

بر اساس نتایج به دست آمده در این تحقیق به هنگام استفاده از تصویر میانگین بیشترین اطلاعات در مرز سر و تنه فرد قرار داشته و بخش‌های بسیار کوچکی از پاها حاوی اطلاعات مفید برای شناسایی می‌باشد.



شکل ۳-۴: نقاط مهم در تشخیص هویت به هنگام استفاده از تصویر میانگین.

۴-۴- تئوری روش پیشنهادی

۴-۴-۱- استخراج ویژگی‌های استاتیک

به منظور تشکیل تصویر میانگین ابتدا کلیه تصاویر به مرکز تصویر در هر فریم منتقل می‌شوند. برای این منظور ابتدا مرکز ثقل فرد را در هر فریم یافته و سپس مرکز ثقل به مرکز تصویر انتقال می‌یابد. اگر $P(0)_{x,y}$ تصویر در مبدا زمان و $P(1)_{x,y}$ تصویر بعدی فرض گردد، تصویر میانگین به صورت زیر به دست می‌آید:

$$A(t)_{x,y} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N P(i)_{x,y}. \quad (1-4)$$

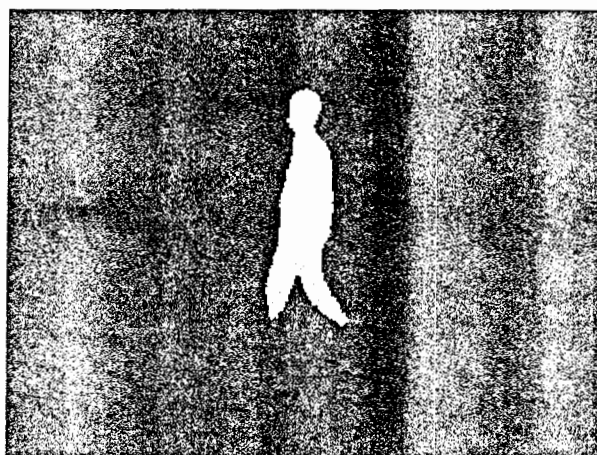
در این رابطه N بیانگر تعداد فریم در دنباله تصاویر راه رفتن فرد می‌باشد.

نمونه‌ای از تصویر میانگین در شکل (۴-۴) نشان داده شده است. در تصویر میانگین بخش‌هایی از بدن که به هنگام راه رفتن دارای حرکت بیشتری می‌باشند دارای شدت روشنایی کمتری بوده و نقاطی که سکون آنها به هنگام راه رفتن در تصاویر شمای کلی بیشتر است دارای شدت روشنایی بیشتری می‌باشند. پاها و دست‌ها که دارای تحرک بیشتری نسبت به سایر اعضای بدن می‌باشند، به طور واضح دارای سطح روشنایی کمتری می‌باشند.

همان گونه که ذکر گردید مفیدترین اطلاعات به هنگام استفاده از تصویر میانگین در مرز نواحی سر و تنه و بخش‌های بسیار کوچکی از پاها قرار دارد.



شکل ۴-۴: نمونه‌ای از تصویر میانگین.



شکل ۴-۵: نمونه‌ای از تصویر باینری پس از اعمال مقدار آستانه شدت روشنایی بر تصویر میانگین.

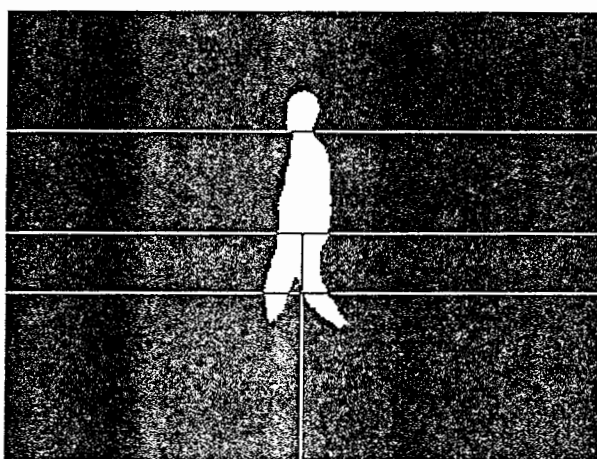
با قرار دادن مقدار آستانه‌ای، به طور مثال در میانه ماکزیمم شدت روشنایی نقاط در تصویر میانگین، می‌توان بخش‌های دست و قسمت‌های قابل توجهی از پاها را حذف نمود. توضیح بیشتر در مورد انتخاب مقدار آستانه بهینه در ادامه و در بخش نتایج ارایه می‌گردد. در این مرحله تصویری باینری تشکیل می‌گردد که در آن تمامی نقاطی که دارای شدت روشنایی بیشتر از مقدار

آستانه می‌باشند یک و بقیه نقاط صفر می‌شوند. نمونه‌ای از تصویری که به این ترتیب تشکیل می‌گردد در شکل (۴-۵) نشان داده شده است.

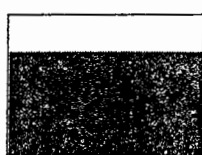
در مرحله بعد بر اساس اطلاعات موجود در نسبت طول اعضای مختلف بدن، بدن فرد در تصویر میانگین پس از اعمال مقدار آستانه تقسیم‌بندی می‌گردد. به منظور انجام تقسیم‌بندی مذکور قبل از اعمال مقدار آستانه مناسب بر تصویر میانگین، قد فرد بر اساس تصویر میانگین محاسبه می‌گردد. شکل (۵-۵) نمونه‌ای از تقسیم‌بندی تصویر میانگین بعد از اعمال مقدار آستانه را نشان می‌دهد. مساحت نواحی مختلف در تصویر حاصل را می‌توان به منظور شناسایی فرد بر اساس تصاویر شمای کلی به کار گرفت. به همین منظور با اعمال ۶ ماسک مختلف بر روی تصویر و محاسبه مساحت حاصله از هر ماسک از هر تصویر میانگین، ۶ ویژگی به دست آمده و بردار ویژگی با استفاده از ۶ ویژگی مذکور تشکیل می‌گردد. چند نمونه از ماسک‌هایی که به همین منظور در یک تصویر میانگین بخصوص به کار گرفته می‌شوند در شکل (۴-۷) نشان داده شده است. لازم به ذکر است که ماسک‌های مذکور تطبیقی می‌باشند بدان معنا که برای هر فرد اندازه و ابعاد آنها بر اساس طول اعضای همان فرد تشکیل می‌گردد.

در شکل (۴-۷) ماسک (الف) ناحیه سر و گردن، ماسک (ب) ناحیه تنه، ماسک (ج) ناحیه ران جلو، ماسک (د) ناحیه ران عقب، ماسک (ه) ساق پای جلو و ماسک (و) ساق پای عقب را در تصویر میانگین از بقیه نواحی جدا می‌نماید. مساحت خروجی هر یک از ماسک‌های مربوطه برابر با

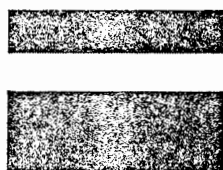
تعداد یک‌های موجود در تصویر حاصل از انجام عمل AND منطقی بین ماسک مربوطه و تصویر میانگین می‌باشد.



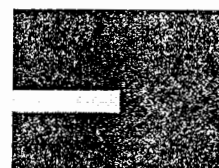
شکل ۴-۶: تقسیم‌بندی تصویر بر اساس نسبت طول اعضای بدن انسان.



(الف)



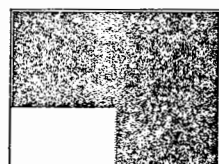
(ب)



(ج)



(د)



(و)



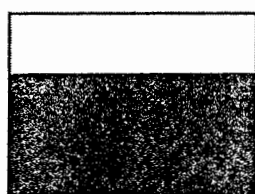
(ه)

شکل ۴-۷: ماسک‌های تطبیقی مورد استفاده به منظور محاسبه مساحت در تصویر میانگین.

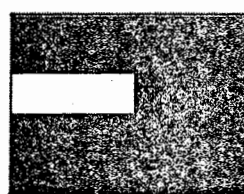
۴-۴-۱- استخراج ویژگی‌های دینامیک

راه رفتن افراد یک بیومتریک رفتاری بوده و به منظور استفاده بهینه از تمامی اطلاعات موجود مناسب است که علاوه بر ویژگی‌های استاتیک خصوصیات دینامیک راه رفتن نیز به منظور شناسایی مورد استفاده قرار گیرد. بدون استفاده از اطلاعات دینامیک، کارایی الگوریتم کاهش یافته و در واقع بخشی از داده‌های مفید مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. در همین راستا ویژگی‌های دینامیک راه رفتن افراد به صورتی که در ادامه اشاره می‌گردد استخراج و مورد استفاده قرار می‌گیرند.

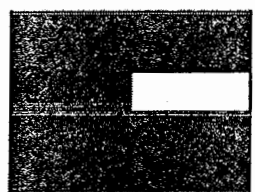
به منظور استخراج مشخصه دینامیک راه رفتن فرد در هر فریم از رشته تصاویر چهار قسمت از بدن فرد با استفاده از ماسک‌های شکل (۴-۸) از بقیه مناطق تفکیک و مساحت آنها در طول زمان محاسبه می‌گردد.



(الف)



(ب)



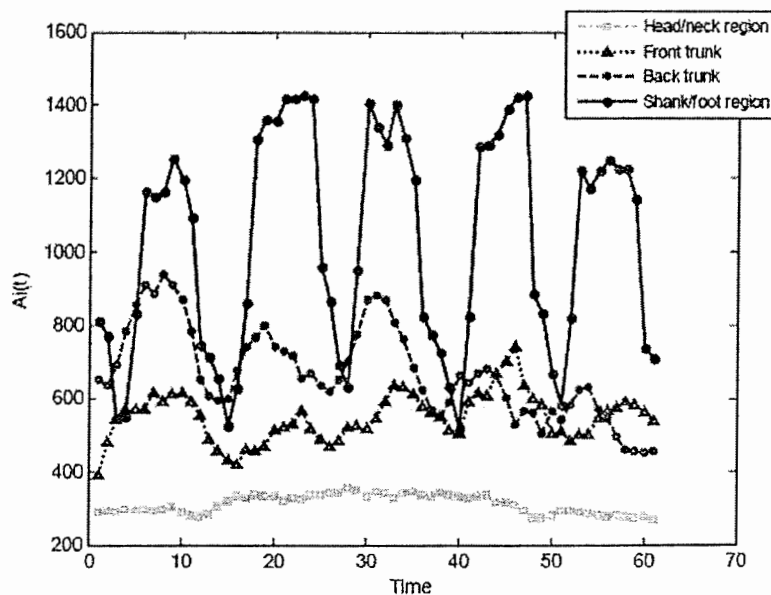
(ج)



(د)

شکل ۴-۸: ماسک‌های تطبیقی مورد استفاده به منظور محاسبه مساحت در هر فریم از دنباله تصاویر.

در شکل (۴-۸) ماسک (الف) ناحیه سر/گردن، ماسک (ب) ناحیه جلوی بدن، ماسک (ج) ناحیه عقب بدن و ماسک (د) نواحی ساق پاها را از بقیه مناطق جدا می‌نماید. چند نمونه از خروجی ماسک‌های مختلف برای یک نفر در شکل (۴-۹) نشان داده شده است. خروجی ماسک لازم در لحظه t به صورت $A_j(t)$ نمایش داده شده است. شکل موج‌های حاصل به طور واضحی خاصیت پریودیک راه رفتن فرد را نشان می‌دهند. میانگین و انحراف معیار شکل موج‌های حاصل در مرحله بعدی محاسبه و به عنوان ویژگی‌های دینامیک مورد استفاده قرار می‌گیرند. به این ترتیب ۸ ویژگی دینامیک از راه رفتن هر فرد در هر رشته از تصاویر خواهیم داشت.



شکل ۴-۹: خروجی ماسک‌های تطبیقی مورد استفاده برای یک نفر.

به دلایل متفاوتی می‌توان انتظار داشت که روش مذکور بر روشی که در فصل دوم بر اساس مساحت معرفی گردید برتری داشته باشد. از جمله این موارد می‌توان به نکات زیر اشاره نمود:

- ماسک‌های مورد استفاده در الگوریتم معرفی شده در فصل دوم مطابق با نسبت طول اعضای بدن انتخاب نشده‌اند و نواحی مختلف بدن در آنها به صورت دقیق و مجزا در نظر گرفته نشده است. در الگوریتم پیشنهادی ماسک‌ها مطابق با نسبت طول اعضای بدن فرد و با توجه به قد فرد تنظیم می‌گردند.
- ماسک‌های مورد استفاده در الگوریتم اولیه در راستای افق متقارن بوده و در نتیجه هر گونه اطلاعات مربوط به راه رفتن فرد که نامتقارن می‌باشد با استفاده از ماسک‌های مذکور از دست می‌رود. ماسک‌های مورد استفاده در روش پیشنهادی لزوماً متقارن نبوده و در نتیجه اطلاعات نامتقارن در راه رفتن فرد از دست داده نمی‌شود.
- در الگوریتم اولیه تصاویر قبل از اعمال ماسک‌های مورد نظر نرمالیزه شده‌اند. در نتیجه این فرآیند، هم اطلاعات مربوط به طول اعضای مختلف از بین رفته است و هم نسبت بین طول اعضای بدن نسبت به یکدیگر حالتی غیر واقعی پیدا کرده است. با دقت در شکل (۲-۱۴ ج) می‌توان دریافت که در نتیجه نرمالیزه نمودن، دست و پای شخص طولی غیر طبیعی دارند. لازم به ذکر است که مساحت به طور مستقیم با طول و شکل اعضای بدن در تصویر شمای کلی متناسب می‌-

باشد. در روش پیشنهادی از آنجایی که در پایگاه داده مورد استفاده، افراد در فاصله ثابت و برابری نسبت به دوربین در حرکت می‌باشند نیازی به نرمالیزه کردن تصاویر وجود ندارد.

- ماسک‌های مورد استفاده در روش پیشنهادی بر خلاف روش اولیه که بر روی هر فریم به طور جداگانه اعمال می‌گردند، بر روی تصویر میانگین اعمال می‌گردند. از آنجایی که قبل اعمال آنها بر تصویر میانگین بهترین نقاط به منظور شناسایی فرد حفظ و بقیه نقاط حذف گردیده‌اند، روش پیشنهادی از داده‌های معتبرتری به منظور تشکیل بردار ویژگی بهره می‌گیرد.
- در روش اولیه خروجی ماسک‌های مورد نظر فقط یک پریود از راه رفتن فرد اعمال شده‌اند. لازم به ذکر است که اگرچه راه رفتن فرد فرآیندی متناوب و تکرار پذیر می‌باشد، اما به هر ترتیب دقیقاً تکرار نشده و همواره تغییراتی بین دو چرخه راه رفتن فرد موجود می‌باشد که خود مشخصه-ای از راه رفتن فرد و غیر قابل اجتناب می‌باشد. با در نظر گرفتن یک پریود از راه رفتن فرد در واقع مقداری از داده‌های آموزشی که در پریودهای بعدی وجود دارد دور ریخته شده و بی‌استفاده مانده‌اند. این مسأله به طور مستقیم بر روی دقت الگوریتم تأثیر منفی می‌گذارد. در روش پیشنهادی از تمامی فریم‌های مربوط به راه رفتن فرد در طول دنباله تصاویر استفاده می‌گردد، به این ترتیب هیچ داده‌ای از راه رفتن فرد بی‌استفاده نمانده و طول دنباله تصاویر مربوط به راه رفتن به طور کامل مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- همانطور که اشاره گردید الگوریتم پیشنهادی از لحاظ محاسباتی حتی بسیار ساده تر الگوریتم اولیه بوده و نیازی به محاسبات پیچیده و زمان بر وجود ندارد.
- در روش پیشنهادی از آنجایی که از تصویر میانگین به منظور استخراج ویژگی های مورد نظر استفاده می گردد، اثر نویز نیز تا زمانی که نویز به صورت ثابت و بایاس شده در تصاویر موجود نباشد، کمتر می گردد.
- و در نهایت در روش پیشنهادی مشخصات استاتیک و ساختاری راه رفتن فرد به طرز مناسبی استخراج شده و مورد استفاده قرار گرفته اند.

۴-۵- کلاسه بند مورد استفاده

پس از استخراج ویژگی های مورد نظر در این روش، در نهایت به ازای هر یک از رشته تصاویر، بردار ویژگی های مربوطه تشکیل می گردد. در کلاسه بند شباهت بین بردار ویژگی استخراج شده از داده تست با هر یک داده های آموزشی بر اساس فاصله اقلیدسی سنجیده شده و بر اساس شباهت هر داده آموزشی با داده تست مورد نظر، داده های آموزشی مرتب می گردند. کلاسه بند مورد استفاده knn با مقدار $k=1$ می باشد.

۴-۶- نتایج پیاده سازی الگوریتم

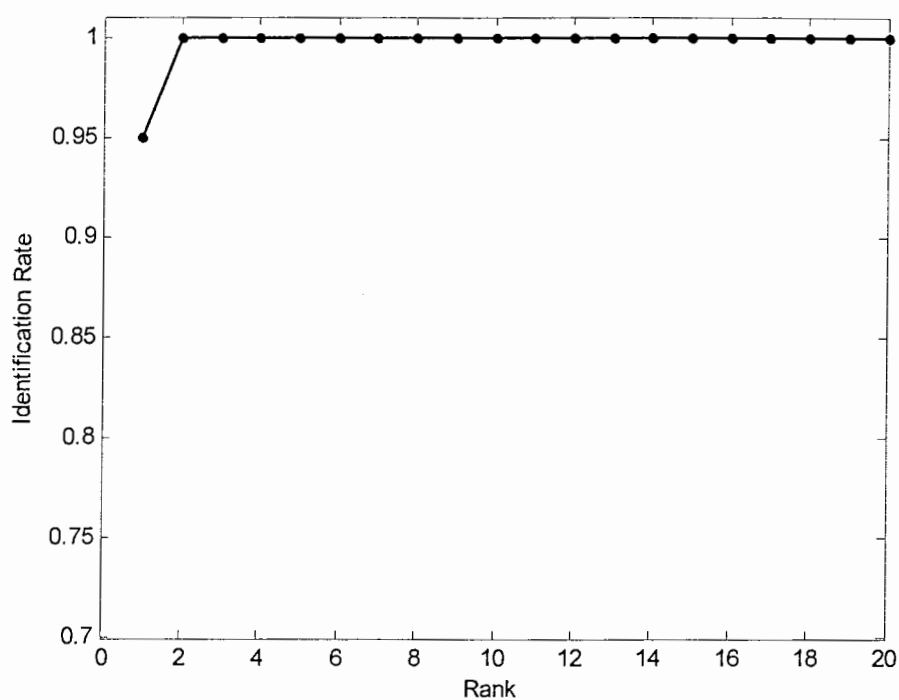
در این بخش نتایج پیاده سازی الگوریتم مذکور بر روی بخش A و B پایگاه داده CASIA به روش CMS بیان می شود. در هر قسمت نتایج تست الگوریتم با استفاده از ویژگی های دینامیک و

استایک به طور جداگانه بررسی شده و در نهایت تست الگوریتم پیشنهادی با استفاده همزمان از ویژگی‌های استاتیک و دینامیک انجام گرفته است.

۴-۶-۱- پیاده‌سازی الگوریتم بر روی بخش A پایگاه داده CASIA

۴-۶-۱-۱- تست الگوریتم با استفاده از ویژگی‌های استاتیک

از سه داده به منظور آموزش و یک داده را به منظور تست استفاده می‌گردد. نتایج تست روش مذکور به صورت شکل (۴-۱۰) می‌باشد. همان گونه که در شکل نیز مشاهده می‌گردد از ۲۰ تست انجام شده، ۱۹ داده در رتبه اول خروجی کلاسه‌بند به طور صحیحی کلاسه‌بندی شده‌اند، تنها داده‌ای که در رتبه اول خروجی کلاسه‌بند درست کلاسه‌بندی نشده است نیز در رتبه دوم به صورت صحیح کلاسه‌بندی شده و به این ترتیب خروجی کلاسه‌بند در رتبه دوم نمودار CMS برابر ۱۰۰٪ می‌باشد. در این آزمایش‌ها به منظور یافتن مقدار بهینه آستانه به منظور فیلتر نمودن تصویر میانگین، با شروع از مقدار میانه ماکزیمم روشنایی تست شروع شده و با تغییر مقدار آستانه مذکور در هر مرحله نتیجه کلاسه‌بندی بررسی شده و در نهایت مقدار بهینه یافته شده است.



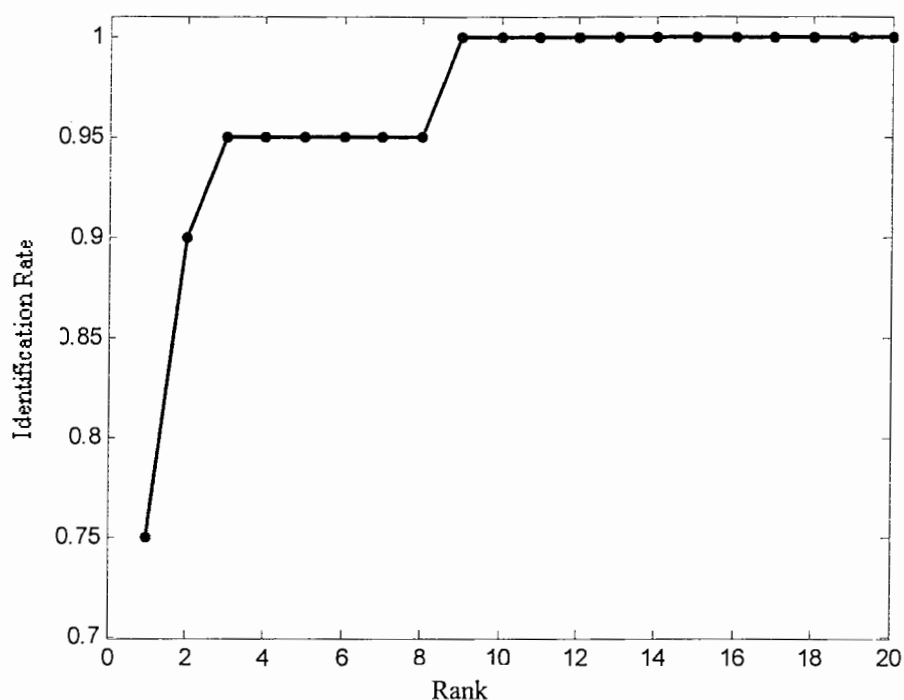
شکل ۴-۱۰: نتیجه تست الگوریتم پیشنهادی با استفاده از ویژگی‌های استاتیک بر روی بخش A پایگاه داده CASIA.

۴-۶-۱-۲- تست الگوریتم با استفاده از ویژگی‌های دینامیک

نتیجه ارزیابی الگوریتم پیشنهادی با استفاده از ویژگی‌های دینامیک بر روی بخش A پایگاه داده

CASIA به صورت شکل (۴-۱۱) می‌باشد. بر اساس شکل می‌توان نتیجه گرفت که این دسته از

ویژگی‌ها نیز به منظور شناسایی فرد تا اندازه مطلوبی قابل استفاده می‌باشند.



شکل ۴-۱۱: نتیجه تست الگوریتم پیشنهادی با استفاده از ویژگی‌های دینامیک بر روی بخش A پایگاه داده CASIA.

۴-۶-۱-۳- تست الگوریتم با استفاده از ویژگی‌های دینامیک و استاتیک

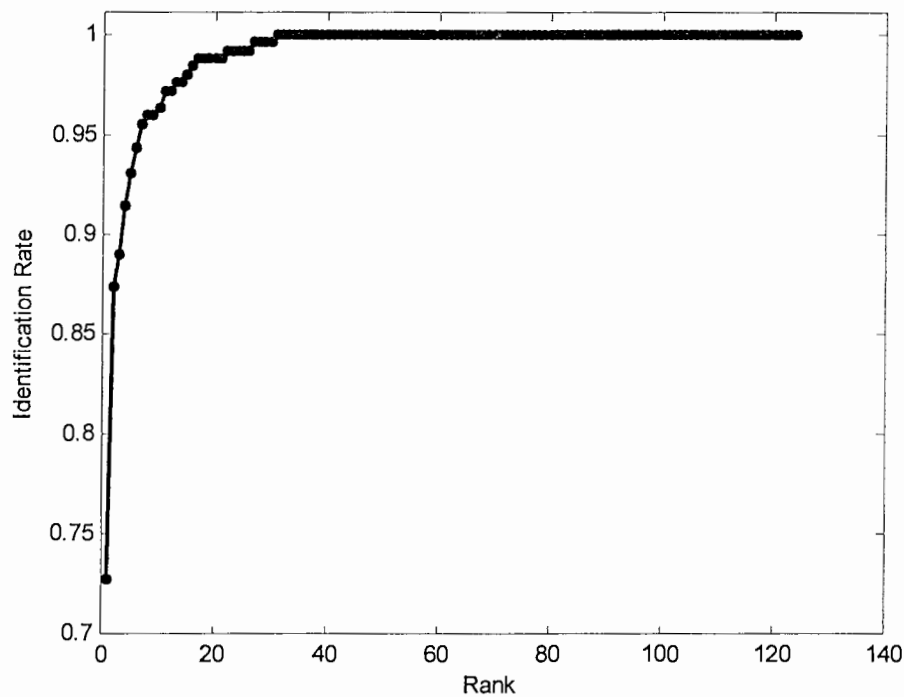
از آنجایی که اطلاعات دینامیک و استاتیک مربوط به راه رفتن هر فرد تا اندازه زیادی مستقل از یکدیگر می‌باشند می‌توان انتظار داشت که با ترکیب این اطلاعات می‌توان دقت سیستم را بهبود بخشید. به همین منظور ۶ ویژگی استاتیک و ۸ ویژگی دینامیک را در برداری به ابعاد ۱۴ پارامتر قرار داده و الگوریتم مورد نظر را بر روی بخش A پایگاه داده تست می‌نماییم. الگوریتم به مقدار ۱۰۰٪ در اولین خروجی کلاسه‌بند دست می‌یابد. در این حالت ویژگی‌های نامطلوب بر اساس تحلیل ANOVA و بر اساس مقدار F-ratio شناسایی و از بردار ویژگی‌ها حذف می‌شوند.

۴-۶-۲- پیاده‌سازی الگوریتم بر روی بخش B پایگاه داده CASIA

۴-۶-۲-۱- تست الگوریتم با استفاده از ویژگی‌های استاتیک

در این قسمت چهار داده به منظور آموزش و دو داده به منظور تست الگوریتم مورد استفاده قرار

گرفته است. نتایج کلاسه‌بندی به صورت شکل (۴-۱۲) می‌باشد.

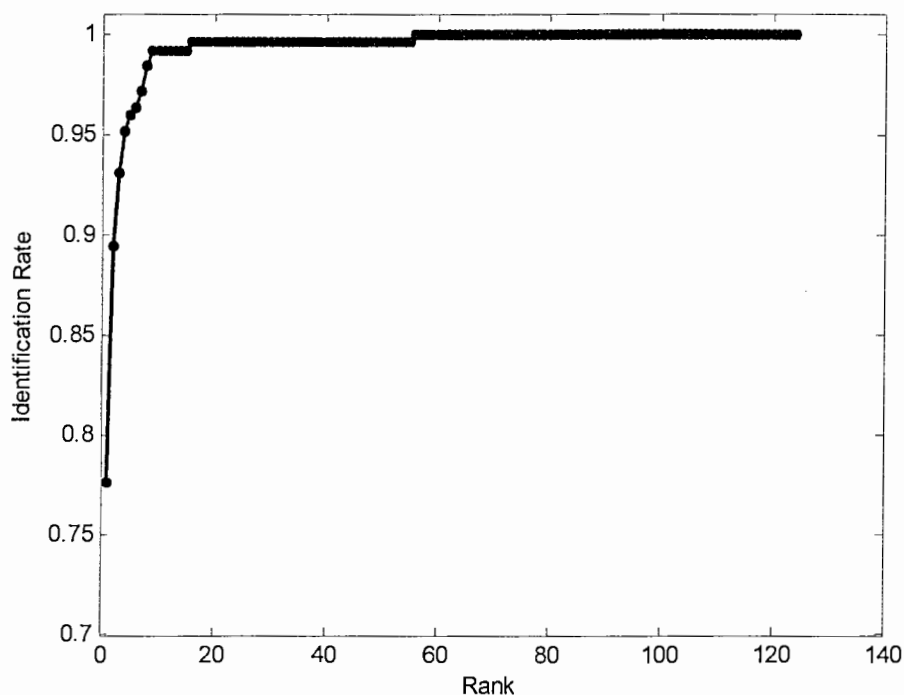


شکل ۴-۱۲: نتیجه تست الگوریتم پیشنهادی با استفاده از ویژگی‌های استاتیک بر روی بخش B پایگاه داده CASIA.

۴-۶-۲-۲- تست الگوریتم با استفاده از ویژگی‌های دینامیک

ارزیابی الگوریتم پیشنهادی با استفاده از ویژگی‌های دینامیک بر روی بخش B پایگاه داده به

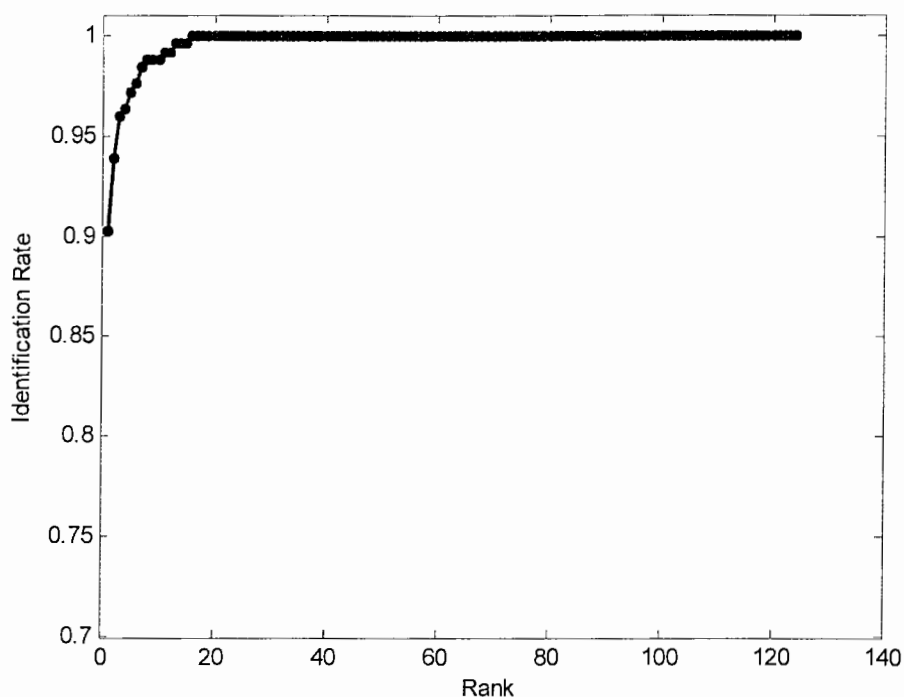
صورت شکل (۴-۱۳) می‌باشد.



شکل ۴-۱۳: نتیجه تست الگوریتم پیشنهادی با استفاده از ویژگی‌های دینامیک بر روی بخش B پایگاه داده CASIA.

۴-۶-۲-۳- تست الگوریتم با استفاده از ویژگی‌های دینامیک و استاتیک

مشابه بخش A پایگاه داده در این قسمت نیز الگوریتم پیشنهادی را با استفاده همزمان از ویژگی‌های استاتیک و دینامیک تست می‌نماییم. همانگونه که انتظار می‌رفت استفاده همزمان از ویژگی‌های استاتیک و دینامیک دقت الگوریتم مذکور را نسبت به حالتی که فقط از ویژگی‌های استاتیک و یا فقط از ویژگی‌های دینامیک استفاده گردد بهبود می‌بخشد. نتایج به دست آمده به صورت شکل (۴-۱۴) می‌باشد. در جدول (۴-۲) خلاصه تست روش پیشنهادی بر روی دو بخش A و B ارائه شده است.



شکل ۴-۱۴: نتیجه تست الگوریتم پیشنهادی با استفاده از ویژگی‌های دینامیک و استاتیک بر روی بخش B پایگاه داده CASIA.

جدول ۴-۲: خلاصه نتایج تست الگوریتم پیشنهادی.

Feature components used	Data set	Match probability			
		Top 1 (%)	Top 5 (%)	Top 10 (%)	Top 15 (%)
Static	A	95	100	100	100
Dynamic	A	75	95	100	100
Static	B	72.76	93.09	96.34	97.97
Dynamic	B	77.64	95.93	99.19	99.19
Static & Dynamic	A	100	100	100	100
Static & Dynamic	B	90.24	97.15	98.78	99.59

فصل پنجم:

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- مقدمه

در پایان‌نامه حاضر تشخیص هویت افراد بر اساس الگوی راه رفتن مورد بررسی قرار گرفته است. روشی مبتنی بر مدل پیاده‌سازی و بهینه‌سازی شده است. با بررسی اندازه تبدیل فوریه ویژگی‌های به دست آمده فرکانس مناسب به منظور محاسبه اندازه تبدیل فوریه شناسایی شده است. تحلیل‌های انجام شده با استفاده از پایگاه داده CASIA انجام گرفته است. در ادامه روشی که از تغییرات مساحت در تصاویر به عنوان ویژگی استفاده می‌نماید پیاده‌سازی و بر روی پایگاه داده CASIA تست شده است. همچنین روشی مناسب به منظور محاسبه فرکانس اصلی راه رفتن فرد پیشنهاد گردیده است. در ادامه روشی جدید بر اساس مساحت در تصاویر و بر پایه ویژگی‌های استاتیک و دینامیک به منظور شناسایی فرد بر اساس الگوی راه رفتن ارائه شده است.

۵-۲- نتیجه‌گیری

همان گونه که پیشتر نیز بدان اشاره گردید روش پیشنهادی مبتنی بر مساحت از لحاظ محاسباتی پیچیدگی کمتری نسبت به روش Lee و همکارانش دارد. ابعاد بردار ویژگی مورد استفاده در روش پیشنهادی ۱۴ و در روش Lee و همکارانش ۵۷ می باشد. علاوه بر مورد فوق ویژگی‌های مورد استفاده در روش پیشنهادی بر اساس مساحت بوده که محاسبه آنها ساده‌تر از ویژگی‌های مربوط به بیضی‌ها در روش Lee می‌باشد. در جدول (۵-۱) مقایسه‌ای بین روش‌های اخیر که بر روی پایگاه داده CASIA تست شده‌اند ارائه شده است. بر اساس جدول (۵-۱) نیز می‌توان نتیجه‌گیری کرد که روش پیشنهادی در مقایسه با سایر روش‌ها از دقت و کارایی مطلوبی برخوردار می‌باشد.

جدول ۵-۱: مقایسه چند روش اخیر با روش پیشنهادی

Methods	Top 1 (%)	Top 5 (%)	Top 10 (%)
BenAbdelkader 2001 [10]	72.5	88.75	96.25
BenAbdelkader 2002 [19]	82.5	93.75	100
Collins 2002 [12]	71.25	78.75	87.5
Lee 2002[18]	90.24%	97.15%	98.78%
Phillips 2002 [34]	78.75	91.25	98.75
Wang 2003 [24]	88.75	96.25	100
Our method	90.24	97.15	98.78

به طوری که پیش از این نیز ذکر گردید دسته اول در روش‌های تشخیص هویت بر اساس الگوی راه رفتن، بدن فرد را در رشته تصاویر مدل‌سازی نموده و ویژگی‌های مورد نیاز برای شناسایی فرد

از پارامترهای مختلف مدل استخراج می‌گردد. به طور کلی روش‌های مبتنی بر مدل دقیق‌تر بوده و حساسیت این روش‌ها نسبت به داده‌های covariate کمتر می‌باشد. روش Lee و همکارانش که بدن فرد را در تصاویر باینری مدل‌سازی می‌نماید، نمونه‌ای از این گونه روش‌ها می‌باشد. در حالت کلی روش‌های مذکور بر روی تصاویر اصلی جمع‌آوری شده پیاده‌سازی می‌گردند و به همین جهت پیچیدگی محاسباتی آنها حتی از روش مورد استفاده در مرجع [۱۸] نیز بیشتر می‌باشد.

دسته دوم روش‌های موجود، تصویر باینری فرد را به صورت یکپارچه در نظر گرفته و بدون مدل‌سازی و به روش‌های متفاوتی که در فصل اول به چندین نمونه از آنها اشاره گردیده است، رشته تصاویر فرد را مورد بررسی قرار داده و در نهایت به شناسایی فرد می‌پردازند. این روش‌ها اگرچه اطلاعات دینامیک راه رفتن فرد را به طور مستقیم مورد استفاده قرار نمی‌دهند و نسبت به داده‌های covariate حساسیت بیشتری دارند، در مقابل حجم محاسباتی کمتری داشته و سرعت اجرای الگوریتم در این روش‌ها، هم در مرحله آموزش و هم در مرحله تست و کلاسه‌بندی بالاتر از روش‌های مبتنی بر مدل می‌باشند.

۵-۳- پیشنهادات

مناسب به نظر می‌رسد که به روشی مناسب از سرعت بالای الگوریتم‌های بدون مدل و دقت بالای الگوریتم‌های مبتنی بر مدل به طور همزمان استفاده گردد. بدین منظور می‌توان از تلفیق کلاسه-بندهای مختلف به منظور تشخیص هویت فرد استفاده نمود.

در ادامه به بررسی زمان اجرای دو الگوریتم بهینه‌سازی شده که مبتنی بر مدل می‌باشد و روش پیشنهادی که مبتنی بر مساحت در تصویر میانگین می‌باشد، می‌پردازیم.

۵-۳-۱- مقایسه زمان اجرای الگوریتم‌های مختلف

آزمایش‌های انجام شده در این قسمت با استفاده از کامپیوتر AMD ۱۶۰۰ مگاهرتز، با مقدار حافظه RAM ۲۵۶ مگابایت انجام گرفته است.

ابتدا به بررسی زمان اجرای الگوریتم بهینه‌سازی شده که مبتنی بر مدل می‌باشد، می‌پردازیم.

در روش مذکور از هر فریم در رشته تصاویر مربوطه، ۷۳ ویژگی که پارامترهای مدل در نواحی مختلف می‌باشد، استخراج می‌گردد. به طور میانگین زمان لازم برای استخراج ۷۳ ویژگی مذکور از هر فریم برابر با ۰,۲۳۴۸ ثانیه می‌باشد.

در روش پیشنهادی که از مساحت در تصویر میانگین استفاده می‌نماید مدت زمان لازم برای استخراج ۱۴ ویژگی مورد نظر از هر فریم به صورت میانگین برابر با ۰,۰۵۷۶ ثانیه می‌باشد. به طور

میانگین رشته تصاویر مورد استفاده طولی برابر با ۶۰ فریم دارند. به این ترتیب در مرحله آموزش سیستم، به ازای هر رشته از تصاویر در روش مبتنی بر مدل مدت زمان لازم ۱۴,۰۸ ثانیه و در روش مبتنی بر مساحت برابر با ۳,۴۵۶ ثانیه می‌باشد.

در بخش B پایگاه داده مورد استفاده، تعداد افراد موجود ۱۲۴ نفر و تعداد داده‌های آموزشی مورد استفاده ۴ دنباله از تصاویر شمای کلی می‌باشد. بدین ترتیب مدت زمان لازم برای آموزش سیستم در روش مبتنی بر مدل برابر با ۶۹۸۷,۷۵ ثانیه و در روش مبتنی بر مساحت ۱۷۱۴,۱۷۶ ثانیه می‌باشد.

اختلاف زمان لازم به منظور آموزش سیستم نیز در دو روش مذکور برابر با ۵۲۷۳,۶ ثانیه و در حدود یک ساعت و ۲۷ دقیقه می‌باشد. بدین ترتیب مشاهده می‌گردد که روش مبتنی بر مساحت تقریباً ۴ برابر سریع‌تر از روش مبتنی بر مدل می‌باشد. به این ترتیب مناسب می‌نماید که با استفاده از روشی مناسب، از سرعت بالای الگوریتم مساحت و همچنین دقت بالای روش مبتنی بر مدل به طور همزمان استفاده گردد. بدین منظور پیشنهاد می‌گردد که از روش‌های موجود در تلفیق کلاس‌بندهای مختلف بهره گرفته شود. روش تلفیق مناسب بستگی به کاربرد، ویژگی‌های استخراج شده و خصوصیات هر یک از کلاس‌بندها داشته و انتخاب روشی مناسب در تلفیق به منظور افزایش کارایی سیستم ضروری می‌باشد.

۵-۳-۲- تلفیق کلاسه‌بندها

اهداف اصلی مورد نظر به هنگام تلفیق کلاسه‌بندها افزایش دقت^۱ و یا افزایش کارایی^۲ سیستم می‌باشد. به هنگام تلفیق کلاسه‌بندها به طور کلی دو حالت موجود می‌باشد. در حالت اول تمامی کلاسه‌بندهای موجود از بردارهای ویژگی مشترکی استفاده می‌نمایند و در واقع در این حالت کلاسه‌بندها متفاوت می‌باشند. به عنوان مثال دو کلاسه بند knn که هر کدام از مقدار k متفاوتی استفاده می‌نمایند. در حالت دوم هر کلاسه‌بند از توصیفی مجزا و متفاوت از الگوی مورد نظر استفاده می‌نماید، در این حالت بردارهای ویژگی مورد استفاده در هر کلاسه‌بند متفاوت می‌باشند و در حالت کلی نیازی به متفاوت بودن کلاسه‌بندها وجود ندارد. حالت دوم از آن جهت قابل توجیه می‌باشد که ویژگی‌های مورد استفاده در هر کلاسه‌بند متفاوت بوده و خطاهای کلاسه‌بندی در کلاسه‌بندهای مختلف لزوماً دارای همبستگی نمی‌باشند.

روشی که به منظور تلفیق کلاسه‌بندها در روش‌های معرفی شده در فصول پیش می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد از آنجایی که هر کلاسه‌بند از بردار ویژگی متفاوتی استفاده می‌نماید و نوع دو کلاسه‌بند مشابه می‌باشد (knn با مقدار $k=1$)، در دسته دوم قرار می‌گیرد. در این دسته نیز روش‌های مختلفی به منظور تلفیق کلاسه‌بندها موجود می‌باشد که همان گونه که ذکر گردید با مطالعه

^۱. Accuracy

^۲. Efficiency

بیشتر و دقیق‌تر ویژگی‌های مورد استفاده در هر روش و خروجی کلاسه‌بندها می‌بایست بهترین روش تلفیق به منظور افزایش دقت و یا کارایی سیستم انتخاب گردد.

۵-۳-۳- پیشنهادات دیگر

همان‌طور که در فصل چهارم نیز مشاهده گردید به منظور تشخیص هویت بر اساس الگوی راه رفتن می‌بایست هم از ویژگی‌های دینامیک و هم از ویژگی‌های استاتیک به منظور افزایش کارایی سیستم استفاده نمود. این مسأله در حالت کلی و تقریباً در تمامی الگوریتم‌های پیشنهادی می‌بایست مد نظر قرار گیرد. هر چند ویژگی‌های دینامیک استخراج شده در روش پیشنهادی تا حد مطلوبی قادر به ایجاد تمایز بین افراد مختلف می‌باشند اما با استفاده از روش‌های مؤثرتری در مدل‌سازی بخش‌های مختلف بدن و بخصوص پاها به هنگام راه رفتن می‌توان کارایی الگوریتم مذکور را بهبود بخشید. در روش Lee و همکارانش از بیضی به منظور مدل‌سازی پاها استفاده شده است اما در حقیقت پاها به شکل بیضی نبوده و استفاده از مدل‌های دقیق‌تری به منظور مدل‌سازی پاها می‌تواند به افزایش کارایی الگوریتم‌ها کمک نماید. علاوه بر موارد فوق در روش پیشنهادی طول بخش‌های مختلف بدن افراد مختلف نسبت به قد آنها ثابت فرض شده است. در حقیقت طول اعضای مختلف بدن افراد به طور دقیق منطبق بر نسبت‌های ارائه شده در فصل چهارم نمی‌باشد. به منظور تقسیم‌بندی دقیق‌تر بخش‌های مختلف بدن در تصاویر نیاز به روش‌های دقیق‌تری در

جداسازی بخش‌های مختلف بدن احساس می‌شود که در صورت تحقق می‌تواند دقت الگوریتم پیشنهادی را بیش از پیش بهبود بخشد.

-
- [1] M. P. Murray, A. B. Drought, and R. C. Kory, Walking Patterns of Normal Men, *Journal of Bone and Joint Surgery*, 46-A(2), pp. 335-360, 1964.
- [2] D. Winter, *The Biomechanics and Motor Control of Human Gait*, 2 Ed. , Waterloo Biomechanics (Ottawa, Canada), 1991.
- [3] V. T. Inman. H. J. Ralston and F. Todd, *Human Walking*, Williams and Wilkins (Baltimore USA/London UK), 1981.
- [4] P. C. Grabiner, S. T. Biswas, and M. D. Grabiner, Age-Related Changes in Spatial and Temporal Gait Variables, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(1), pp. 31-35, 2001.
- [5] G. P. Binham, R. C. Schmidt and L. D. Rosenblum, Dynamics and the Orientation of Kinematic Forms for Visual Event Recognition, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(6). pp. 1473-1493, 1995.
- [6] V. J. Laxmi, J. N. Carter and R. I Damper, Support Vector Machines and Human Gait Classification, *Proceedings IEEE Workshop Automatic Identification Advanced Technologies (AutoID '02)*, pp. 17-22, 2002.
- [7] S. V. Stevenage, M. S. Nixon and K. Vince, Visual Analysis of Gait as a Cue to

- Identity, *Applied Cognitive Psychology*, 13(6), pp. 513-526, 1999.
- [8] A. Sundaresan, A. RoyChowdhury, and R. Chellappa, A Hidden Markov Model Based Framework for Recognition of Humans from Gait Sequences, *Proceedings IEEE international Conference on Image Processing*, pp. 143-50, 2003.
- [9] A. Kale, A. N. Rajagopalan, A. Sundaresan, N. Cuntoor, A. RoyChowdhury. V. Kruger, and R. Chellappa, Identification of Humans using Gait, *IEEE Transactions on Image Processing*, pp. 1163-1173, Sept. 2004.
- [10] C. BenAbdelkader, R. Cutler, H. Nanda and L. Davis, EigenGait: Motion-Based Recognition Using Image Self-Similarity, *Lecture Notes in Computer Science (Proceedings of the Third International Conference on Audio Visual Biometric Person Authentication)* 2091, pp. 289-294, 2001.
- [11] S. Sarkar, P. J. Phillips, Z. Liu, I. R. Vega, P. Grother and K. Bowyer. The HumanID Gait Challenge Problem: Data Sets, Performance and Analysis, *IEEE Trans on PAMI*, 27(2), pp. 162-177, 2005.
- [12] D. Tolliver and R. Collins, Gait shape estimation for identification, *Lecture Notes in Computer Science (Proceedings of the Fourth International Conference on*

Audio Visual Biometric Person Authentication) 2688,pp. 734-742, 2003.

[13] P. Foster, M. S. Nixon, and A. Prugel-Bennet, Automatic Gait Recognition using Area-Based Metrics, *Pattern Recognition Letters*, 24, pp. 2489-2497, 2003.

[14] J. B. Hayfron-Acquah, M. S. Nixon and J. N. Carter, Automatic Gait Recognition by Symmetry Analysis, *Pattern Recognition Letters*, 24(13), pp. 2175-2183, 2003.

[15] J. D. Shutler, and M. S. Nixon, Zernike Velocity Moments for Description and Recognition of Moving Shapes, *Proceedings of the British Machine Vision Conference 2001*, pp. 705-714, 2001.

[16] B. Bhanu and J. Han, Human Recognition on Combining Kinematics and Stationary Features, *Lecture Notes in Computer Science (Proceedings of the Fourth International Conference on Audio Visual Biometric Person Authentication)* 2688, pp. 600-608, 2003.

[17] J. Han and B. Bhanu, Statistical Feature Fusion for Gait-based Human Recognition, *Proc. IEEE Computer Vision and Pattern Recognition 2004*, Washington, 2004.

- [18] L. Lee and W. E. L. Grimson, Gait Analysis for Recognition and Classification, *Proceedings of the IEEE International Conference Face and Gesture Recognition '02*, pp. 155-162, 2002.
- [19] C. BenAbdelkader, R Cutler and L Davis, Stride and Cadence as a Biometric in Automatic Person Identification and Verification. *Proceedings IEEE Face and Gesture Recognition*, pp. 372-377, 2002.
- [20] A. F. Bobick and A. Y. Johnson, Gait Recognition Using Static, Activity-Specific Parameters, *Proceedings IEEE Computer Vision and Pattern Recognition 2001*, I, pp. 423-430, 2001.
- [21] R. Tanawongsuwan and A. Bobick, Gait Recognition from Time-normalized Joint-Angle Trajectories in the Walking Plane, *Proceedings IEEE Computer Vision and Pattern Recognition 2001*, II, pp. 726-731, 2001.
- [22] A. Y. Johnson, J. Sun and A. F. Bobick, Predicting Large Population Data Cumulative Match Characteristic Performance from Small Population Data, *Lecture Notes In Computer Science (Proceedings of the Fourth International Conference on Audio Visual Biometric Person Authentication)*, 2688, pp. 821-829, 2001.

- [23] C-Y. Yam, M. S. Nixon and J. N. Carter, Automated Person Recognition by Walking and Running via Model-Based Approaches, *Pattern Recognition* 37(5), pp. 1057-1072, 2004.
- [24] D. K. Wagg, and M. S. Nixon, On Automated Model-Based Extraction and Analysis of Gait, Proceedings of the IEEE International Conference Face and Gesture Recognition '04, 2004.
- [25] R. Zhang, C. Vogler, D. Metaxas, Human Gait Recognition, *Proceedings IEEE Computer Vision and Pattern Recognition 2004*, Washington, July 2004.
- [26] M. Isard and A. Blake, Condensation-conditional density propagation for visual tracking, *International Journal of Computer Vision*, 29(1): 5:28, 1998.
- [27] M.S. Nixon, T. Tan and R. Chellappa, Human Identification Based on Gait, 2006 Springer Science+Business Media, Inc.
- [28] CASIA Gait Database, <http://www.sinobiometrics.com>.
- [29] An introduction to analysis of variance, online: available at <http://www.oup.co.uk/pdf/bt/grafen/minitab/ch01.pdf>.
- [30] P. Phillips, H. Moon, P. Rauss, and S. Rizvi, The FERET evaluation

- methodology for face-recognition algorithms. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 1090-1104, Oct. 2000.
- [31] Human Figure Drawing Proportions, online: available at <http://www.realcolorwheel.com/human.htm>.
- [32] S. Piva, L. Comes, M. Asadi and C. S. Regazzoni, Grouped-People Splitting Based on Face Detection and Body Proportions Constraints, *Proceedings of the IEEE International conference on Video and Signal Based Surveillance (AVSS'06)* pp. 21-25, 2006.
- [33] G. V. Veres, L. Gordon, J. N. Carter and M. S. Nixon, What image information is important in silhouette-based gait recognition?, *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 'CVPR04*, 2004.
- [34] P. J. Phillips, S. Sarkar, I. Robledo, P. Grother and K. Bowyer, The Gait Identification Challenge Problem: Data Sets and Baseline Algorithm, *Proceedings 16th International Conference on Pattern Recognition*, pp 385-389, 2002.

Abstract

In the last couple of years, gait has received considerable attention due to its inherent potency for recognition at a distance or at low resolution when other biometrics may not be perceptible. Another advantage of gait over other biometrics may be that it does not require the recognition system to have the subject informed or consented for identification.

In this thesis a model-based approach has been implemented and improved in accuracy. Using Fourier analysis of magnitude components of previously computed features, the effective frequency is detected. Both the first and optimized algorithms are tested on CASIA gait database.

A model-free approach using area-based metrics has been implemented and tested on CASIA gait database.

Finally a fast model-free approach which uses area-based metrics in silhouette images has been proposed and tested on the same database.

Future challenges might be combining the classifiers in an appropriate way to improve accuracy or efficiency of the recognition system.

Keywords: Biometrics, Gait Recognition, Human Motion Analysis, Personal Identification.

BIOMETRIC AUTHENTICATION BASED ON GAIT RECOGNITION.

**A thesis submitted in partial fulfilment of the
requirements for the award of the degree of**

MASTER OF SCIENCE

from

SHAHROOD UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



by

SHERVIN RAHIMZADEH ARASHLOO

**School of Robotics and Electronic Engineering
Department of Electronics**

August 2007