بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

مهندسی کامپیوتر

گرایش هوش مصنوعی

تعیین هویت افراد بر اساس مدل الگوی حرکتی بدن در هنگام راه رفتن

نگارش:

فائزه تفضلی

استاد راهنما:

دکتر رضا صفابخش

فروردین ۱۳۸۷

بسمــه تعالــی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)
معاونت پژوهشی

فرم اطلاعات پایان نامه
کارشناسی ارشد و دکترا

تاریخ: . . . . . .

پیوست: . . . . . .

نام و نام خانوادگی:	فائزه تفضلی	**دانشجوی آزاد** ■	**بورسیه** □	**معادل** □	
شماره دانشجوئی:	۸٤۱۳۱۰۲۹	**دانشکده:** مهندسی کامپیوتر	**رشته تحصیلی:**	مهندسی کامپیوتر – هوش مصنوعی	

نام و نام خانوادگی استاد راهنما:
دکتر رضا صفابخش

عنوان پایان نامه به فارسی: تعیین هویت افراد بر اساس مدل الگوی حرکتی بدن در هنگام راه رفتن

عنوان پایان نامه به انگلیسی: Model-Based Human Gait Recognition

نوع پروژه: کارشناسی ارشد ■ دکترا □ | **کاربردی** ■ | **بنیادی** □ | **توسعه ای** □ | **نظری** □

تاریخ شروع: ۱۳۸٤/۷/۱ | **تاریخ خاتمه:** ۱۳۸۷/۲/۱۵ | **تعداد واحد:** ۳۲

سازمان تأمین کننده اعتبار: مرکز تحقیقات مخابرات ایران

واژه های کلیدی به فارسی: بیومتریک‌ها؛ الگوی بدن به هنگام راه‌رفتن؛ تحلیل حرکات انسان؛ فاکتورهای هم‌تغییر؛ تقارن دوطرفه

واژه های کلیدی به انگلیسی: Biometrics; Gait; Human motion analysis; Covariate factors; Bilateral symmetry

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت های پژوهشی دانشگاه:

استاد راهنما:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما: **تاریخ:**

نسخه ۱: معاونت پژوهشی
نسخه ۲: کتابخانه و به انضمام دو جلد پایان نامه به منظور تسویه حساب با کتابخانه و مرکز اسناد و مدارک علمی

به نام خدا

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

تعهدنامه اصالت اثر

تاریخ:

اینجانب فائزه تفضلی متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب تحت نظارت و راهنمایی اساتید دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و به دستاوردهای دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است مطابق مقررات و روال متعارف ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم‌سطح یا بالاتر ارائه نگردیده است.

در صورت اثبات تخلف در هر زمان، مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از درجه اعتبار ساقط بوده و دانشگاه حق پیگیری قانونی خواهد داشت.

کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی امیرکبیر می‌باشد. هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی، واگذاری اطلاعات به دیگران یا چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه صنعتی امیرکبیر ممنوع است. نقل مطالب با ذکر مآخذ بلامانع است.

فائزه تفضلی

امضا

این پایان‌نامه بر اساس شماره قرارداد ۵۰۰/۲۶۷۰/ت مورخ ۱۳۸۶/۳/۲ تحت حمایت مالی مرکز تحقیقات مخابرات ایران قرار گرفته است، که بدین‌وسیله مراتب تقدیر و سپاسگزاری خود را اعلام می‌دارم.

تقدیم به

پدر و مادر عزیز

و خواهر دلبندم

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که بهترین پشتیبان است

به پاس قلب‌های بزرگ‌شان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناه‌شان به شجاعت می‌گراید

و به پاس محبت‌های بی‌دریغ‌شان که هرگز فروکش نمی‌کند

تشکر و قدردانی

بر خود می‌دانم که از زحمات بی‌دریغ، تلاش‌های بی‌وقفه و رهنمودهای ارزشمند استاد ارجمندم جناب آقای دکتر رضا صفابخش که در طی این دوره بسیار از ایشان آموختم، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از دوستان عزیزم، پویا احمدیان و راحله مکی نیری که حضور گرمی‌بخش‌شان موجب به‌یادماندنی‌تر شدن این دوره گردید، کمال تشکر را دارم.

چکیده

بینائی یکی از با اهمیت‌ترین حس‌های بشر در درک محیط اطرافش می‌باشد، با این حال سیستم‌های کامپیوتری همچنان در این زمینه بسیار محدود می‌باشند. تعداد کاربردهای عملی برای سیستم‌های کامپیوتری‌ای با قابلیت‌های بصری بسیار زیاد است. این پروژه بر مساله ردیابی حرکات انسان و به خصوص راه‌رفتن متمرکز می‌باشد.

عبارت "تعیین هویت بر اساس الگوی حرکتی بدن به هنگام راه‌رفتن"، برای شناسائی افراد در توالی‌هایی از تصاویر بر مبنای نوع راه‌رفتن‌شان استفاده می‌شود. این ویژگی توسط خصوصیات فیزیکی و حرکتی هر فرد تعریف شده و از آنجائی که بر اساس تحقیقات پزشکی و روانشناسی، برای هر فرد منحصربفرد بوده و قابل استفاده در فواصل نسبتاً دور نیز می‌باشد، بیومتریک مناسبی بخصوص در کاربردهای امنیتی بشمار می‌رود.

در این پروژه رویکرد مبتنی بر مدلی برای تعیین هویت افراد در حال راه‌رفتن از تصاویر ویدئویی ارائه شده است. از این رو، دو راهبرد مدل‌سازی محلی و عمومی بکار رفته، و برای این منظور از دانش اولیه‌ای در رابطه با شکل بدن انسان و حرکات وی برای هدایت فرآیند استخراج استفاده شده است. از اطلاعات شکلی و حرکتی استخراج شده برای بازسازی شناسه‌های الگوی حرکتی بدن، به منظور شناسائی و تعیین هویت فرد استفاده می‌شود. در این میان سعی در ارائه راهبردی در تعیین دقیق‌تر میزان چرخش مفاصل در طول راه‌رفتن بوده است. حرکت مفاصل علاوه بر آنکه عاملی در تشخیص دقیق‌تر می‌باشند، بر پیچیدگی حرکات شخص هدف افزوده و احتمال رخداد هم‌پوشانی (پوشیده یا نامشخص شدن یک بخش از بدن توسط بخش دیگر) را افزایش می‌دهند. همچنین علاوه بر پارامترهای پویای مربوط به ویژگی‌های حرکتی فرد، مانند الگوی چرخش پاها، تاثیر زوایای نوسان دست‌ها نیز بر روند شناسائی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

این رویکرد بر روی پایگاه‌داده (Georgia Tech) GT شامل ۱۰۸ توالی از ۱۸ فرد در شرایط داخلی، مورد آزمایش قرار گرفته و با استفاده از دسته‌بندی‌کننده k نزدیکترین همسایگی و بکارگیری دامنه فوریه وزن‌دهی شده بر اساس فاز پارامترهای پویا، به ازای مقدار k=۱ نرخ شناسائی ۹۱/۴٪ را ارائه داده است، که این مقدار در صورت عدم استفاده از پارامترهای دامنه و فاز سیگنال چرخش دست، به میزان ۸۹/۷٪ کاهش می‌یابد. این مقادیر به ترتیب به ازای k=۳ برابر با ۹۴/۵٪ و ۹۳٪ می‌باشند.

کلمات کلیدی: بیومتریک‌ها؛ الگوی بدن به هنگام راه‌رفتن؛ تحلیل حرکات انسان؛ فاکتورهای هم‌تغییر؛ تقارن دوطرفه

فهرست مطالب

فصل اول - مقدمه ۱

۱-۱- اهداف تحلیل حرکت ۱

۱-۲- بیومتریک‌ها ۳

۱-۲-۱- سیستم‌های بیومتریکی ۴

۱-۳- استفاده از الگوی حرکتی بدن به عنوان یک بیومتریک ۵

۱-۳-۱- بررسی قابلیت منحصربفردبودن الگوی حرکتی بدن ۹

۱-۴- انگیزه و اهداف پروژه ۱۲

۱-۵- توضیح مختصر فصل‌های بعد ۱۳

فصل دوم – پیشینه پژوهش ۱۴

۲-۱- بیومکانیک راه‌رفتن ۱۴

۲-۱-۱- استانداردهای سینماتیک ۱۴

۲-۱-۲- تکنیک‌های اندازه‌گیری ۱۵

۲-۱-۳- مدل نمودن الگوی بدن به هنگام راه‌رفتن ۱۷

۲-۱-۳-۱- پژوهش‌های پزشکی ۱۷

۲-۱-۳-۲- مراحل راه‌رفتن ۱۷

۲-۱-۳-۳- توصیف الگوی حرکتی بدن ۲۰

۲-۱-۳-۴- خصوصیات الگوی راه‌رفتن انسان ۲۱

۲-۱-۳-۵- الگوی چرخش مفاصل پا در طول راه‌رفتن ۲۲

۲-۱-۴- مطالعه مکانیزم حرکتی انسان ۲۳

۲-۲- پیشینه پژوهش ۲۴

۲-۲-۱- ردیابی با استفاده از نشانه‌گر ۲۵

۲-۲-۲- ردیابی فاقد نشانه‌گر ۲۶

۲-۲-۳- ردیابی بر مبنای الگوی بدن در حین راه‌رفتن ۲۷

۲-۲-۳-۱- رویکرد فاقد مدل (مبتنی بر پیرامون) ۳۰

۲-۲-۳-۲- رویکرد مبتنی بر مدل ۳۹
۲-۲-۳-۳- میزان تاثیر فاکتورهای متغیر ۴۹
۲-۳- نتیجه‌گیری ۵۱

فصل سوم – ارائه مدلی بر مبنای الگوی بدن به هنگام راه‌رفتن ۵۳
۳-۱- راهبردهای مدل‌سازی ۵۳
۳-۲- مدل‌های اولیه و ثانویه ۵۵
۳-۲-۱- مدل شکلی ۵۵
۳-۲-۲- مدل حرکتی ۵۷
۳-۲-۲-۱- حرکت مرکز ثقل ۵۷
۳-۲-۲-۲- حرکت اعضای مفصل‌دار ۵۸
۳-۳- مقداردهی مدل ثانویه ۵۹
۳-۳-۱- استخراج پیش‌زمینه ۶۰
۳-۳-۱-۱- روش آستانه‌گیری ۶۱
۳-۳-۱-۲- روش جستجوی افراد (Pfinder) ۶۱
۳-۳-۱-۳- روش W^4 ۶۲
۳-۳-۱-۴- مدل کردن با تابع گاوسی ۶۲
۳-۳-۱-۵- روش اختلاف تجمعی فریم‌ها ۶۳
۳-۳-۱-۶- روش آشکارسازی لبه‌های متحرک ۶۳
۳-۳-۱-۷- برش گراف ۶۳
۳-۳-۲- استخراج پارامترهای ایستا ۶۵
۳-۳-۲-۱- دوره تناوب ۶۵
۳-۳-۲-۲- سرعت ۶۷
۳-۳-۳- استخراج پارامترهای پویا ۶۹
۳-۳-۳-۱- مدل‌سازی سر و بالاتنه ۷۰
۳-۳-۳-۲- مدل‌سازی پاها ۷۱
۳-۳-۳-۳- مدل‌سازی دست‌ها ۸۰

۳-۳-۴- تعیین شناسه‌های نهائی ۸۲
۳-۴- تشخیص و دسته‌بندی ۸۲
۳-۴-۱- رویکرد نزدیکترین همسایه ۸۳
۳-۴-۲- مدل مخفی مارکوف ۸۴
۳-۵- ارزیابی سیستم ۸۴
۳-۵-۱- نمودار CMS ۸۵
۳-۶- نتیجه‌گیری ۸۶

فصل چهارم – نتایج تجربی ۸۸

۴-۱- مقدمه ۸۸
۴-۲- پایگاه داده و پیش‌فرض‌ها ۸۸
۴-۳- بررسی مراحل مختلف الگوریتم ۹۰
۴-۳-۱- پیش‌پردازش ۹۰
۴-۳-۲- تعیین دوره تناوب ۹۱
۴-۳-۳- تعیین سرعت راه‌رفتن ۹۴
۴-۳-۴- تطبیق مدل شکلی ۹۶
۴-۳-۵- استخراج و تطبیق مدل حرکتی ۹۷
۴-۴- ارزیابی کارائی ۱۱۰
۴-۴-۱- انتخاب ویژگی و ANOVA ۱۱۰
۴-۴-۲- قابلیت شناسائی ۱۱۲
۴-۵- نتیجه‌گیری ۱۱۶

فصل پنجم – نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۱۸

۵-۱- نتیجه‌گیری ۱۱۸
۵-۲- پیشنهادات ۱۲۰

مراجع ۱۲۲

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ موقعیت نشانه‌گرها در تحلیل الگوی حرکتی بدن ۱۱

شکل ۲-۱ سیستم مختصات مکانی ۱۵

شکل ۲-۲ طول بخش‌های بدن به صورت نسبتی از ارتفاع بدن ۱۶

شکل ۲-۳ حالات پا در طول فازهای مختلف راه‌رفتن ۱۹

شکل ۲-۴ ارتباط میان اجزای زمانی سیکل راه‌رفتن و طول گام و قدم ۲۰

شکل ۲-۵ جابجائی افقی بدن ۲۱

شکل ۲-۶ الگوی میانگین چرخش مفصل ران ۲۲

شکل ۲-۷ نمونه‌ای از چند پیرامون ۳۰

شکل ۲-۸ نمونه ماسک حرکتی ۳۳

شکل ۲-۹ تکنیک‌های مختلف مدل‌سازی ۴۰

شکل ۲-۱۰ پارامترهای ایستا و پویا برای استفاده در شناسائی ۴۱

شکل ۲-۱۱ نمایی از مدل‌های ارائه شده در برخی روش‌های مبتنی بر مدل ۴۸

شکل ۲-۱۲ مدل نمونه مورد استفاده در تحلیل مبتنی بر ویژگی ۵۰

شکل ۳-۱ مدل هندسی میانگین انسان در حین راه‌رفتن به صورت طبیعی ۵۷

شکل ۳-۲ سلسله‌مراتب حرکت در راه‌رفتن ۵۷

شکل ۳-۳ الگوهای چرخشی میانگین مفاصل برای یک سیکل راه‌رفتن ۵۹

شکل ۳-۴ دیاگرام کلی روش ارائه شده ۶۰

شکل ۳-۵ گراف بازسازی شده بر اساس بخش ۳×۳ ای از سطح یک تصویر نمونه ۶۴

شکل ۳-۶ اعمال دو روش تقطیع پیش‌زمینه بر روی توالی‌ای از فریم‌های نمونه، برش گراف ۶۴

شکل ۳-۷ نمونه‌هایی از الگوریتم تطبیق بیضی بر روی داده‌های دستی ۷۱

شکل ۳-۸ اعمال مدل کانتور محلی مبتنی بر انرژی تطبیق باینری محلی بر روی سه تصویر نمونه ۷۵

شکل ۳-۹ مدل‌سازی شکل با استفاده از رویکرد مبتنی بر مجموعه‌های هم‌تراز ۷۶

شکل ۳-۱۰ ترتیب چینش پیکسل‌های همسایه در پنجره ۳×۳ ۷۷

شکل ۳-۱۱ اعمال الگوریتم نازک‌سازی بر روی یک الگوی نمونه ۷۸

شکل ۳-۱۲ مقایسه رگرسیون حداقل مربعات معمولی و رگرسیون متعامد ۷۹

شکل ۴-۱ نمونه‌هایی از پایگاه داده GT ۸۹
شکل ۴-۲ اعمال مراحل تقطیع پیش‌زمینه و پیش‌پردازش ۹۱
شکل ۴-۳ تعیین دوره تناوب راه‌رفتن بر اساس تغییرات ویژگی‌های پیرامون ۹۲
شکل ۴-۴ مقایسه سیگنال متناوب چند توالی نمونه ۹۳
شکل ۴-۵ انباشتگی زمانی یک توالی نمونه به ازای مقادیر مختلفی از v ۹۵
شکل ۴-۶ تغییرات مجموع بزرگی و تعداد پیکسل‌ها براساس سرعت در انباره زمانی ۹۵
شکل ۴-۷ تطبیق مدل میانگین اولیه به داده‌های لبه انباشته ۹۷
شکل ۴-۸ انطباق مدل بر دو ناحیه سر و بالاتنه ۹۸
شکل ۴-۹ محل‌یابی دقیق مرزهای ناحیه پا با استفاده از کانتورهای فعال ۱۰۰
شکل ۴-۱۰ استخراج خطوط دارای حداکثر انطباق بر ساختار اسکلتی هر پا ۱۰۲
شکل ۴-۱۱ استخراج مدل نهائی پاها ۱۰۳
شکل ۴-۱۲ مدل‌سازی دست‌ها با استفاده از تبدیل هاف ۱۰۴
شکل ۴-۱۳ الگوهای چرخشی استخراج شده برای توالی side0001m03 ..... ۱۰۵
شکل ۴-۱۴ منحنی طیف دامنه چرخش مفصل ران برای توالی side0001m03 ..... ۱۰۵
شکل ۴-۱۵ الگوهای چرخشی استخراج شده برای توالی side0006w03 ..... ۱۰۶
شکل ۴-۱۶ مدل نهائی برای توالی side0001m03 ..... ۱۰۷
شکل ۴-۱۷ مدل نهائی برای توالی side0006w01 ..... ۱۰۸
شکل ۴-۱۸ مدل نهائی برای توالی side0018w02 ..... ۱۰۹
شکل ۴-۱۹ مقادیر آماره f برای ویژگی میزان چرخش ران ۱۱۱
شکل ۴-۲۰ مقادیر آماره f برای ویژگی میزان چرخش زانو ۱۱۲
شکل ۴-۲۱ نمودار رتبه تطبیق تجمعی برای رویکرد ارائه شده بدون در نظر گرفتن دست‌ها ۱۱۳
شکل ۴-۲۲ نمودار رتبه تطبیق تجمعی برای رویکرد ارائه شده با لحاظ کردن دست‌ها ۱۱۴
شکل ۴-۲۳ کارائی شناسائی به ازای زیرمجموعه‌های مختلفی از ویژگی‌ها ۱۱۶

فهرست جداول

جدول ۱-۱ مقایسه بیومتریک‌های صورت و الگوی بدن در حین راه‌رفتن ۸
جدول ۲-۱ میزان قدرت معیارهای مبتنی بر مدل در راه‌رفتن..... ۴۹
جدول ۳-۱ پارامترهای مدل ثانویه ۵۶
جدول ۴-۱ کارائی دسته‌بندی ۱۱۴

فصل اول

مقدمــه

۱-۱- اهداف تحلیل حرکت

امروزه شاهد نیاز روزافزون جوامع به سیستم‌هایی با قابلیت فهم طبیعی و ارتباط با انسان‌ها هستیم. در حال حاضر سیستم‌های کامپیوتری حجم زیادی از اطلاعاتی را نگهداری و کنترل می‌کنند که جنبه‌های زیادی از زندگی ما را، از تفریحات و تحصیلات گرفته تا مسائل مدیریتی و امنیتی، شامل می‌شود. با این حال، اغلب این سیستم‌ها به لحاظ درک اطلاعات ذخیره شده‌شان، که به سرعت نیز در حال افزایش است، دارای محدودیت می‌باشند. فاکتور محدودیت در این میان، به قابلیت تفسیر اطلاعات صوتی، بصری، و یا لامسه‌ای سیستم‌های کامپیوتری باز می‌گردد.

ردیابی حرکات انسان در تصاویر ویدئویی مساله‌ای با اهمیت و همچنین چالش‌برانگیز در بینائی ماشین است. این مساله به دلیل پتانسیل کاربردی فراوان توجه زیادی را به خود جلب نموده است. از چنین سیستم‌هایی می‌توان در کنترل امنیت مکان‌هایی چون ادارات، فرودگاه‌ها، بانک‌ها، پارکینگ‌ها و غیره استفاده نمود. در علوم ورزشی، تحلیل نوع ایستایش و شیوه راه‌رفتن در آموزش ورزشکاران و نمایش کارائی آنان بسیار ثمربخش می‌باشد. همچنین از این سیستم‌ها می‌توان با اتصال نشانه‌گرهای نورانی در کاربردهای پزشکی مشابه استفاده نمود [Winter 90]. متحرک‌سازی[1] بدن انسان به صورت طبیعی نیز می‌تواند از دانش ردیابی حرکت بهره‌مند گردد. از جمله این کاربردها می‌توان به بازی‌های کامپیوتری و ساخت فیلم اشاره نمود. به طور کلی از روش‌های تحلیل حرکت در بازیابی و تفسیر خودکار فعالیت افراد در پایگاه‌های‌داده ویدئویی استفاده می‌شود [Wang 03].

حرکات انسان به شدت پیچیده و ساختاریافته است. برخی حرکات مانند راه‌رفتن و دویدن دارای ساختاری متناوب بوده و برخی از روال مشخصی بهره برده و سطوح پیچیدگی مختلفی را دارا هستند، مانند ژست‌ها و اشارات در حین گفتگو، برخورد با افراد، یا بازکردن در. به نظر می‌رسد که این روال‌ها به راحتی قابل‌شناسائی و

[1] Animation

پیش‌بینی باشند. با این حال، حرکات انسان برنامه‌ریزی نشده بوده و در برخی مواقع دارای متغیرهای ناشناخته و غیرمنتظره می‌باشد. بازیابی چنین حرکات تصادفی از داده‌های تصویری تقریباً ناممکن است. چنانچه فعالیت‌ها یا حرکات را به صورت مجزا در نظر بگیریم، روش‌های جالب‌توجهی مطرح خواهد شد. با این‌حال، هزینه محاسباتی حتی با فرض داشتن چندین مدل حرکتی شناخته شده ممکن است همچنان بالا باشد [Cunado 03]. یک مدل کامل انسان علاوه بر شکل بدن، شامل حرکات وی نیز می‌شود. بسیاری از سیستم‌های کنونی این دو فرآیند مدل‌سازی را به صورت واحد در نظر می‌گیرند. بر اساس نوع کاربرد (متحرک‌سازی، سیستم‌های بصری، تصویربرداری پزشکی)، روش‌های مختلفی برای سنجش شکل بدن به کار گرفته می‌شود، که از آن جمله می‌توان به جاروب با لیزر، جاروب با نور مادون قرمز و اندازه‌گیری بر اساس عکس[۲] اشاره کرد. مدل نمودن حرکات نیز اغلب با فرآیندهای ردیابی انجام می‌پذیرد. این امر با استفاده از روش‌های اندازه‌گیری بر اساس عکس، حسگرهای مکانیکی یا الکترومغناطیسی و تکنیک‌های مبتنی بر تصویر قابل انجام است [Wagg 06].

پژوهشگران بینائی ماشین زیادی در زمینه تحلیل و شناسائی حرکت در توالی تصاویر فعالیت نموده‌اند. تصاویر ویدئویی ممکن است با استفاده از یک دوربین و یا چندین دوربین به طور همزمان از زوایای مختلف تصویربرداری شده باشند. رویکردهای آنها اغلب دارای سه مرحله کلی می‌باشد: الف) استخراج ویژگی در فریم‌های ویدئویی، ب) یافتن ارتباط میان ویژگی‌های هر فریم، و ج) بازیابی ساختار شکلی و حرکت فرد بر اساس ارتباطات میان این ویژگی‌ها. اهداف اصلی مطالعات انجام شده در زمینه حرکت، تعیین نواحی متحرک (نقاط، ویژگی‌ها، نواحی)، تخمین حرکت، مدل نمودن بخش‌های دارای مفصل[۳]، و تفسیر حرکت می‌باشد.

معمول‌ترین مشکل در طی فرآیند مدل‌سازی، امکان دقیق نبودن آن است، که به مراحل آتی نیز منتقل خواهد شد. این عدم دقت به فاکتورهای زیادی مانند ظاهر مدل، نوع لباس‌ها، نوع ارائه و ابعاد مدل می‌تواند وابسته باشد. ظاهر مدل و لباس ممکن است به طور قابل‌ملاحظه‌ای از یک فریم به فریم دیگر تغییر یابند. بنابراین بدست آوردن داده دقیق مشکل خواهد بود. شیوه ارائه و ابعاد مدل نیز خود به شدت باعث محدود شدن دقت خواهد شد. ایده‌آل‌ترین روش ارائه مدلی سه‌بعدی با ابعاد بالا است که شامل مختصات نقاط سه‌بعدی، ساختارها و حرکات مستقل می‌گردد. با این حال، هزینه محاسباتی این روش بسیار بالا است. در حال حاضر مناسب‌ترین روش‌ها برای ردیابی سه‌بعدی، ارائه‌ای سینماتیک با ساختاری اسکلتی با پوشش‌های استوانه، مخروط و یا سطوح تغییرشکل‌پذیر می‌باشد [Wong 04].

در این پژوهش سعی در تمرکز بر نوع خاصی از فعالیت انسان، یعنی راه‌رفتن بوده، و برای این منظور هدف ارائه مدلی است که قادر به شناسائی افراد بر اساس الگوی حرکتی بدنشان به هنگام راه‌رفتن است. از آنجائی که

[2] Photogrammetry
[3] Articulated

این ویژگی به عنوان یک بیومتریک[4] مطرح شده و بنابراین بایستی از قابلیت تمایز برخوردار باشد، در ادامه به مفهوم بیومتریک و دلائل در نظرگرفتن این ویژگی به عنوان یک بیومتریک و قابلیت‌های آن برای شناسائی اشاره می‌شود.

۱-۲- بیومتریک‌ها

در جامعه امروز، رسیدن به یک روش شناسائی با قابلیت اطمینان بالا بسیار حائز اهمیت است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند یکی از زمینه‌هایی که رسیدن به این امر را محقق نموده است، استفاده از بیومتریک‌ها می‌باشد. امروزه بیومتریک‌ها در گستره وسیعی از کاربردها مورد استفاده قرار گرفته‌اند، و همین مساله ارائه تعریف دقیقی برای آن را مشکل‌تر ساخته است. معمول‌ترین عبارت برای تشریح بیومتریک عبارت است از:

"خصوصیتی فیزیولوژیکی و یا رفتاری که می‌تواند برای تشخیص و تعیین هویت یک فرد مورد استفاده قرار گیرد" [Dawson 02].

در واقع، بیومتریک معیاری است که از یک فرد زنده گرفته شده و به عنوان روشی برای تعیین اعتبار و یا شناسائی وی مورد استفاده قرار می‌گیرد، و مهم‌ترین مزیت آن غیرقابل انتقال بودن این معیار به دیگران است. در حال حاضر، عمده‌ترین کاربرد بیومتریک‌ها در زمینه‌های امنیتی و کنترل دسترسی می‌باشد، و پیش‌بینی می‌شود با بهبود تکنیک‌های موجود، دامنه این کاربردها افزایش یابد [Nixon 99]. معیارهای بیومتریکی بیشماری وجود دارند که می‌توان از آنها برای استخراج هویت یک شخص استفاده نمود. این معیارها به دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱- فیزیولوژیکی. این دسته بیومتریک‌هایی هستند که از اندازه‌گیری مستقیم بخشی از بدن انسان استخراج شده‌اند. برجسته‌ترین و موفق‌ترین انواع این دسته تا به امروز، اثر انگشت، تشخیص چهره، الگوی عنبیه، الگوی سیاهرگ، شبکیه چشم، DNA و هندسه کف دست بوده است. این بیومتریک‌ها ثابت بوده و در طول زمان تغییرات بسیار ناچیزی دارند [امیری ۸۵].

۲- رفتاری. این گروه از بیومتریک‌ها خصوصیاتی را بر اساس عملی انجام گرفته توسط فرد در نظر می‌گیرند، در واقع معیارهایی غیرمستقیم از ویژگی‌های انسان شمرده می‌شوند. اصلی‌ترین ویژگی یک بیومتریک رفتاری استفاده از زمان به عنوان یک استاندارد است [Dawson 02]. از جمله چنین معیارهایی می‌توان به الگوهای صوتی، الگوی حرکتی بدن به هنگام راه‌رفتن و نحوه ضربه به صفحه کلید اشاره نمود. ویژگی‌های رفتاری

[4] Biometric

تمایل به تغییر دارند، که این تغییرات به فاکتورهای زیادی مانند سن، آسیب دیدن اعضای بدن و همچنین به حالت روحی فرد بسیار وابسته می‌باشد [Nixon 06].

تفاوت‌های زیادی بین معیارهای رفتاری و فیزیولوژیکی وجود دارد. از جمله اینکه میزان تغییرات در مشخصه‌های فیزیولوژیکی کمتر از مشخصه‌های رفتاری بوده و بنابراین با توجه به این تغییرات فردی، از قدرت تشخیص بالاتری برخوردارند [امیری ۸۵]. با این حال، معیارهای رفتاری نیز در صورت استفاده منظم و دقیق به خوبی عمل کرده و برای حل تغییرات ناخواسته ایجاد شده در آنها، بسیاری از سیستم‌ها از یک مکانیسم تطبیقی برای بروزرسانی الگوهای رفتاری استفاده می‌نمایند. به هر صورت، علی‌رغم مزایا و معایب هر یک از این دو دسته، یک سیستم بیومتریکی بر اساس نیاز کاربردی خود به انتخاب و استفاده از بیومتریکی متناسب با شرایط موجود، می‌پردازد.

۱-۲-۱- سیستم‌های بیومتریکی

به طور کلی هر سیستم بیومتریکی یک سیستم شناسائی الگو است. بنابراین شامل دو فاز یادگیری و تشخیص می‌باشد. در فاز یادگیری چندین الگوی بیومتریکی از کاربر اخذ می‌شود. این الگوها پس از پیش‌پردازش به بلوک استخراج ویژگی داده می‌شوند تا بر روی آنها یک مجموعه از معیارسنجی‌ها صورت گیرد. پس از استخراج ویژگی‌ها در فاز کاهش داده، الگوهایی از کاربر که بایستی ذخیره شوند، تعیین شده و در پایگاه داده نگهداری می‌شوند. در فاز تشخیص یا تعیین هویت، ویژگی یک فرد پس از پیش‌پردازش استخراج شده، سپس این ویژگی با الگوهای ذخیره شده قبلی مقایسه شده و به این ترتیب میزان صحت اعتبار یا شباهت فرد تعیین می‌شود [امیری ۸۵].

با این حال، با استفاده از بیومتریک‌ها، هیچ‌گاه نمی‌توان به شناسه‌ای کاملاً منحصربفرد دست یافت، و در هر سری محاسبه داده‌های مربوط به یک فرد، ویژگی حاصله، ممکن است دارای تفاوت بسیار اندکی با حالت قبل باشد، و در واقع تطبیق کاملی نمی‌توان بدست آورد. البته این مساله به معنای ناامنی سیستم‌ها نیست، چرا که تاکنون نرخ‌های بالائی از شناسائی حاصل شده است [Dawson 02]. برای این منظور انتخاب درست مشخصه‌های رفتاری و یا فیزیولوژیکی مورد استفاده در سیستم بیومتریکی از اهمیت زیادی در شناسایی و یا تصدیق اعتبار یک موجودیت از افراد انسانی برخوردار است. یک مشخصه رفتاری در صورتی می‌تواند به عنوان معیار در سیستم‌های بیومتریکی مورد استفاده قرار گیرد که در شروط زیر صدق نماید [Jain 04, Haritaoglu 99, Wang 07]:

- عمومیت[5] : مشخصه موردنظر بایستی در تمام افراد وجود داشته باشد.

- تمایز[6] : مشخصه موردنظر بایستی در هر دو فرد مختلف، متفاوت باشد.

- دوام[7] : مشخصه موردنظر بایستی در یک دوره زمانی به اندازه کافی نامتغیر باشد.

- قابلیت گردآوری[8] : مشخصه موردنظر بایستی به صورت کمی قابل اندازه‌گیری باشد.

- قابلیت‌اطمینان: مشخصه مورد نظر بایستی امن بوده و از سطح کارائی خوبی برخوردار باشد.

- میزان خطا[9]: امکان فریب سیستم با استفاده از روش‌های تقلبی بایستی پائین باشد.

- مقبولیت[10]: میزان تمایل افراد برای پذیرش استفاده از یک سیستم بیومتریکی در زندگی روزانه بایستی قابل‌قبول باشد.

با این حال، در بسیاری از سیستم‌های تعیین هویت، بیومتریک‌ها با ابهام روبرو می‌شوند. صورت ممکن است پوشیده شده و یا در رزلوشن بسیار پائینی باشد، کف‌دست می‌تواند نامشخص و محو باشد و یا گوش‌ها دیده نشوند. با این حال، افراد نیاز به راه‌رفتن داشته و بنابراین اغلب الگوی حرکتی بدن‌شان قابل رویت است. این مساله انگیزه‌ای برای استفاده از الگوی راه‌رفتن فرد به عنوان یک بیومتریک خواهد بود، که به لحاظ شروط بیومتریکی اشاره شده، از قابلیت گردآوری و مقبولیت بالائی برخوردار بوده، و میزان خطا به جهت حیله‌پذیری و عمومیت متوسطی را داراست [امیری ۸۵].

۱-۳- استفاده از الگوی حرکتی بدن به عنوان یک بیومتریک

شیوه راه‌رفتن، بیومتریک رفتاری نسبتاً جدیدی شمرده می‌شود که سبک راه‌رفتن فرد را برای تعیین و یا تائید هویت وی مورد استفاده قرار می‌دهد. *"تعیین هویت بر اساس الگوی حرکتی بدن در حین راه‌رفتن"*[11]، عبارت متداولی است که در مبحث بینائی ماشین در رابطه با استخراج خودکار آثار بصری توصیف‌کننده حرکت شخص در حال راه‌رفتن در تصاویر ویدئویی، به منظور شناسائی وی، مورد استفاده قرار می‌گیرد [Wagg 06]. البته این بدان معنا نیست که عبارت فوق، منحصر به راه‌رفتن است، بلکه می‌تواند دویدن و یا هر حرکت دیگری که مربوط به پاها باشد را نیز شامل شود [Kirtley 00].

[5] Universality
[6] Distinctiveness
[7] Permanent
[8] Collectability
[9] Non-circumventable
[10] Acceptable
[11] Gait recognition

همان طور که اشاره شد، اغلب بیومتریک‌های جاری مانند صورت، اثرانگشت و عنبیه، برای شناسائی بر الگوهایی مکانی استوارند. در مقابل شناسه الگوی بدن به هنگام راه‌رفتن، ویژگی‌ای مکانی-زمانی بوده و شامل الگوهای مکانی متغیر با زمان می‌باشد. چنین شناسه‌ای برای هر فرد بر اساس شکل بدن، ساختار اسکلتی-عضلانی و حرکات مفاصل وی در طول راه‌رفتن تعیین می‌شود، که به این ترتیب این بیومتریک را حائز یک سری خصوصیات منحصربفرد می‌سازد [Wang 03].

مزیت قابل‌توجه استفاده از بیومتریک الگوی بدن به هنگام راه‌رفتن، توانائی بالقوه آن در شناسائی در فواصل و رزلوشن پائین است، چرا که فرد در مورد بیومتریک‌های دیگر تعداد محدودی از پیکسل‌های تصویر را اشغال می‌نماید. با استفاده از پیرامون[12]، فرد نه تنها با اندامش، بلکه با استفاده از حرکاتش نیز توصیف می‌شود. یک انتخاب، مدل نمودن ویژگی‌ها و در اینجا، اعضاء است. در واقع، علی‌رغم بسیاری از بیومتریک‌های مبتنی بر ظاهر، اطلاعات مربوط به الگوی بدن به هنگام راه‌رفتن را می‌توان از گستره وسیعی از زوایای دید دوربین‌ها و حتی در تصویربرداری با رزلوشن پائین نیز استخراج نمود، و به این ترتیب نیازی به ارتباط و یا همکاری شخص نخواهد بود. از این رو، بر خلاف بیومتریک‌های دیگر، می‌توان آن را در تعیین هویت افراد به صورت منفعل، در کاربردهای مراقبتی به کار برد. همچنین تقلید صحیح شیوه راه‌رفتن دیگران نیز بسیار مشکل بوده و بنابراین احتمال خطای سیستم را به شدت کاهش می‌دهد. با این حال، ویژگی الگوی بدن در حین راه‌رفتن، هنوز کاملاً به عنوان یک بیومتریک پذیرفته نشده و ابهامات زیادی چون امکان تغییرات این شناسه برای فرد در طول زمان، تاثیر سن و دیگر فاکتورهای متغیر که در ادامه بدان‌ها اشاره خواهد شد، وجود دارد [Wagg 06] .

به طور خلاصه مزایای استفاده از این بیومتریک در تقابل با بیومتریک‌های دیگر را می‌توان در موارد زیر دسته‌بندی نمود:

- **عدم مزاحمت**: الگوی حرکتی بدن افراد را در حین راه‌رفتن‌شان می‌توان بدون اینکه وی اطلاعی داشته باشد استخراج نموده و مورد تحلیل قرار داد. بعلاوه، بر خلاف اثرانگشت یا جاروب شبکیه چشم، در این مورد نیازی به همکاری شخص در مرحله جمع‌آوری اطلاعات نمی‌باشد.

- **شناسائی در فواصل**: بر خلاف بیومتریک‌هایی چون اثر انگشت، از راه‌رفتن فرد حتی در فواصل نیز می‌توان تصویربرداری نمود.

- **کاهش جزئیات**: در شناسائی مبتنی بر این بیومتریک، نیازی به تصاویر با کیفیت بسیار بالا نبوده، و مانند مواردی چون چهره، پائین آمدن رزولوشن بر نتیجه تاثیرگذار نخواهد بود.

[12] Silhouette