

Classification of elderly subjects to fallers and non-fallers using a novel set of features extracted from gait frieze pattern

Z. Gandomkar¹, F. Bahrami^{2*}

¹M.Sc., Biomedical Engineering, Motion Control and Computational Neuroscience laboratory, School of ECE, College of Engineering, University of Tehran, z.gandomkar@alumni.ut.ac.ir

²Associate Professor, University of Tehran, College of Engineering, School of ECE, Motion Control and Computational Neuroscience laboratory, Control and Intelligent Processing Center of Excellence (CIPCE).

Abstract

Changes in gait pattern are early symptoms in many disorders such as balance and control problems resulted in fall among elderlies. This paper aims at proposing a new set of features extracted from Gait Frieze Pattern (GFP) in order to classify seniors to fallers and non-fallers. For indicating the effectiveness of the presented method, the algorithm is used for recognition of different type of abnormal gaits. The introduced method consists of three main steps: extracting the subject from background, generating GFP and aligning them, and building the proposed image from GFP by thresholding followed by morphological operations. For evaluation of the proposed features, video sequences are collected from 8 elderly fallers, 8 non-fallers, and 8 youth while performing standard Timed Up and Go (TUG) test. In addition to TUG test youths are asked to walk fast and pretend to walk with 6 different types of abnormalities (limping, waddling, anterior- posterior sway, lateral sway, dragging, steppage gait). For finding correct classification rate, each time one data is considered as test and others as train and label of train data with the most similarity with test one on the score of normalized cross correlation is assigned to test data. Comparing to conventional TUG test, correct classification data is improved around 20% for faller detection. In addition, correct classification rate for detecting of different abnormalities in gait is approximately 90%.

Key words: Gait Analysis, Gait Frieze Pattern, Elderly Fallers, Gait Classification, Abnormal Gait Detection, Timed Up and Go.

*Corresponding author

Address: School of Electrical and Computer Engineering, University College of Engineering, University of Tehran, P.O.Box: 515-14395, I.R. Iran, Postal Code: 1439957131, Tehran, I.R. Iran,
Tel: +982188024924
Fax: +982188778690
E-mail: fbahrami@ut.ac.ir

تفکیک سالمندان با سابقه زمین خوردن از سالمندان بدون سابقه زمین خوردن با استفاده از دسته ویژگی‌های جدید استخراج شده از الگوی متناوب راه رفتن

زیبا گندمکار^۱، فریبا بهرامی^{۲*}

^۱دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی، بیوالکترونیک، آزمایشگاه موتور کنترل و علوم اعصاب، دانشکده مهندسی برق و

کامپیوتر، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران z.gandomkar@alumni.ut.ac.ir

^۲دانشیار، گروه مهندسی پزشکی، آزمایشگاه موتور کنترل و علوم اعصاب، قطب علمی کنترل و پردازش هوشمند، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران.

چکیده

با افزایش سن و یا بروز برخی بیماری‌ها نحوه راه رفتن تغییر می‌کند. برای مثال مشاهدات متعدد دلالت بر این دارند که نحوه راه رفتن در سالمندانی که سابقه زمین خوردن دارند با افراد سالم متفاوت است. هدف این مقاله ارائه روشی بر مبنای تحلیل حرکت با کمک تصاویر ویدئویی اخذ شده از فرد مورد آزمایش و بدون استفاده از نشانگر برای طبقه‌بندی سالمندان به افراد با سابقه زمین خوردن و افراد بدون سابقه زمین خوردن است. به علاوه به منظور نشان دادن کارایی این روش، از آن برای طبقه‌بندی ۸ نوع راه رفتن غیرطبیعی استفاده می‌شود. در روش ارائه شده، ابتدا فرد مورد آزمایش از پس‌زمینه استخراج و الگوی متناوب محاسبه شد. سپس با آستانه‌گذاری بر الگوهای متناوب، این الگوها هم‌تراز شدند و با استفاده از عملگرهای شکل‌شناسی (مورفولوژی) تصویر جدیدی بر اساس الگوهای متناوب ایجاد شد. به منظور سنجش میزان کارآمدی ویژگی‌های استخراج شده برای طبقه‌بندی سالمندان به دو گروه با سابقه افتادن و سالمندان بدون سابقه و تفکیک آنها از افراد جوان، تصاویر ویدئویی انجام آزمون برخیزوبرو از ۸ سالمند با سابقه زمین خوردن، ۸ سالمند بدون سابقه و ۸ جوان سالم جمع‌آوری شد. به علاوه برای طبقه‌بندی نحوه راه رفتن به دو گروه طبیعی و غیرطبیعی از جوانان خواسته شد تا علاوه بر راه رفتن معمولی و تند، به انجام ۷ نوع مختلف راه رفتن نابهنجار شامل لنگیدن، اردک وار راه رفتن، تلو تلو به جلو عقب و طرفین، کشان کشان راه رفتن و زانوی بلند راه رفتن تظاهر کنند. پس از اعمال روش پیشنهادی، هر بار یکی از داده‌ها به عنوان آزمون بیرون گذاشته شده و شباهت آن با سایر داده‌ها به کمک همبستگی بهنجار سنجیده شد و برچسب گروه مربوط به داده‌ای که الگوی حاشیه‌ای آزمون بیشترین شباهت را با آن داشت، به داده آزمون نسبت داده شد. در آزمون برخیزو برو متعارف طبقه‌بندی بر پایه زمان کل آزمون صورت می‌گیرد. در این پژوهش ما نشان دادیم که روش پیشنهادی خطایی در حدود ۲۰٪ کمتر از روش متعارف برخیزو برو دارد. به علاوه در این پژوهش نشان داده شد که خطای روش پیشنهادی در تشخیص انواع راه رفتن نیز حدوداً ۱۰٪ است.

کلیدواژگان: تحلیل راه رفتن، الگوی متناوب راه رفتن، سالمندان با سابقه زمین خوردن، طبقه‌بندی انواع راه رفتن، تشخیص راه رفتن غیرطبیعی، آزمون برخیزو برو.

*عهده‌دار مکاتبات

نشانی: تهران، خیابان کارگر شمالی، بالاتر از تقاطع جلال آل احمد، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، کد پستی: ۱۴۳۹۹۵۷۱۳۱

تلفن: ۰۲۱-۸۸۰۲۴۹۲۴، دورنگار: ۰۲۱-۸۸۷۷۸۶۹۰، پیام نگار: fbahrami@ut.ac.ir

۱- مقدمه

تحلیل راه رفتن کاربردهای گسترده‌ای در پزشکی، سامانه‌های امنیتی، و ... دارد. در پزشکی یکی از کاربردهای مهم آن در ارزیابی احتمال افتادن^۱ در سالمندان است. از دیگر کاربردهای آن در پزشکی می‌توان به تشخیص راه رفتن‌های غیرطبیعی اشاره کرد.

زمین خوردن غیر ارادی را که به هر دلیلی غیر از فلج شدن لحظه‌ای ناشی از سکنه یا حمله صرعی، از دست دادن هوشیاری و یا برخورد با عاملی خارجی اتفاق بیفتد، افتادن می‌نامیم [۱]. از میان هر سه سالمند ساکن اجتماع که بیش از ۶۵ سال دارند، یک نفر سالانه حداقل یک بار سابقه زمین خوردن دارد. این میزان برای سالمندانی بیشتر از ۸۰ سال به ۴۰ درصد می‌رسد [۲-۴]. افزایش شیوع زمین خوردن در میان سالمندان، پی‌آمدهایی که سابقه افتادن بر سلامت جسمی سالمند و زندگی فردی و اجتماعی او دارد و همچنین هزینه مالی گزافی که زمین خوردن سالمندان به خانواده‌هایشان، بیمه و دولت تحمیل می‌کند؛ باعث شده است در سال‌های اخیر پژوهش‌های زیادی در این حوزه انجام شود. اهمیت این پژوهش‌ها با توجه به آنکه در سال‌های آینده رفته رفته جمعیت کشور ایران به سمت پیر شدن پیش می‌رود، دوچندان می‌شود. پیش‌بینی می‌شود طی چهل سال آینده ۲۱ درصد جمعیت کشور را سالمندان بیشتر از ۶۰ سال تشکیل دهند.

ابزار مختلفی برای ارزیابی تعادل در سالمندان و تشخیص سالمندان با سابقه زمین خوردن پیشنهاد شده است. این ابزار را می‌توان در سه خانواده کلی قرار داد. دسته اول سابقه فرد را به صورت پرسشنامه‌ای استخراج می‌کنند. به عنوان مثال اگر در شرح حال فرد قید شد که او دارای سرگیجه، ضعف عضلانی و یا سایر عوامل زمینه‌ساز زمین خوردن است، احتمال افتادن

سالمند افزایش می‌یابد [۵،۶]. در اصطلاح به این دسته، ابزار پرستاری^۲ گفته می‌شود. به عنوان مثالی از این دسته می‌توان به آزمون پیشنهادی «روبنشتاین و ژوزفسن» اشاره کرد که احتمال نسبی تأثیر عوامل مختلف داخلی بر زمین خوردن سالمندان را بررسی کرده است. این عوامل شامل ضعف عضلانی، تاریخچه زمین خوردن قبلی، نقص در راه رفتن، نقص در تعادل، استفاده از وسایل کمکی برای راه رفتن، نقص دیداری، آرتروز، افسردگی، سن بیشتر از ۸۰ سال، و نقص در اعمال شناختی است.

در روش‌های دوم فرد آزمون گیرنده از سالمند می‌خواهد یک فعل^۳ را انجام دهد و بر مبنای کمیت‌های مختلف از پیش تعیین شده در آزمون به فرد سالمند نمره‌ای می‌دهد. با تعریف آستانه برای این نمره‌ها احتمال زمین خوردن ارزیابی می‌شود. به این آزمون‌ها ابزار بالینی^۴ گفته می‌شود [۷-۹]. آزمون‌های بالینی مختلفی در مطالعات پیشنهاد شده که از میان آن‌ها می‌توان به آزمون راه رفتن تینتی^۵، آزمون تعادل تینتی^۶ و اندیس قابلیت حرکت تینتی^۷، آزمون تعادل برگ^۸، و آزمون عملکردی راه رفتن^۹ اشاره کرد.

دسته سوم شامل روش‌هایی است که در آنها از سنجنده‌های مختلف برای ارزیابی کمی حرکات سالمند و به طور خاص، نحوه راه رفتن او استفاده شده است. امکان استفاده از سنجنده‌های مختلفی مانند ژیریسکوپها [۱۰،۱۱]، شتاب‌سنج‌ها [۱۲]، سنجنده‌های مبتنی بر اندازه‌گیری لختی^{۱۰} [۱۳،۱۴] و دوربین [۱۵،۱۶] به منظور بررسی کمی راه رفتن در افراد وجود دارد.

هر دسته از ابزار ذکر شده دارای محدودیت‌هایی هستند. ابزاری که بر اساس یک پرسشنامه وضع فرد را ارزیابی می‌کنند، در زمان کوتاهی توسط پرستار یا پزشک تکمیل می‌شوند و مناسب ارزیابی سلامت در بیمارستان‌ها هستند. اما اکتفای آنها به

^۱Fall^۵Tinetti Gait Scale^۶Functional Gait Assessment^۲Nursing Tool^۶Tinetti Balance Scale^{۱۰}Inertial^۳Task^۷Tinetti Mobility Scale^۴Clinical Tool^۸Berg Balance Scale (BBS)

این پژوهش روشی کمی را برای استخراج ویژگی‌هایی به منظور طبقه‌بندی راه رفتن سالمندان با سابقه زمین خوردن و سالمندان سالم پیشنهاد می‌کند. در این مطالعه روشی بر پایه پردازش تصویر و بدون استفاده از نشانگر نصب شده بر روی بدن برای طبقه‌بندی سالمندان سالم و افراد با سابقه زمین خوردن پیشنهاد شده است. پزشک و فیزیوتراپ با توجه به ویژگی‌های زمانی- مکانی و سینماتیک - که از دیدن نحوه راه رفتن فرد به دست می‌آوردند- احتمال زمین خوردن سالمندان را ارزیابی می‌کنند. در نتیجه سامانه‌هایی که بر مبنای پردازش تصاویر ویدئویی حرکت عمل می‌کنند، ویژگی‌هایی نزدیک به آن چه پزشک به کار می‌برد؛ استخراج می‌کند.

در واقع حیطه روش پیشنهادی، الگوریتم‌های مستقل از نشانگر برای تحلیل راه رفتن است که تصویر ورودی آن‌ها دو بعدی است. در اینجا با توجه به اینکه راه رفتن بررسی می‌شود؛ هدف، استخراج شکل و بررسی حرکت کلی بدن است. این بررسی در مطالعات پیشین ممکن است برای تشخیص هویت، تشخیص دو یا چند گروه از یکدیگر (زن از مرد/ پیر از جوان)، استخراج فازهای راه رفتن و یا کاربردهای بالینی صورت گیرد. در این پژوهش از راه رفتن به منظور تشخیص سه گروه سالمند با سابقه زمین خوردن، سالمند بدون سابقه، و گروه کنترل جوان استفاده می‌شود. به‌علاوه موضوع به طور کلی در حیطه پژوهش‌های بالینی قرار می‌گیرد و دسته‌ای از ویژگی‌ها که استخراج می‌شوند اطلاعات مربوط به زمان‌بندی راه رفتن است. دلیل اصلی انتخاب روش مستقل از نشانگر را می‌توان ضعف ذاتی روش‌های بر پایه نشانگر دانست؛ چرا که نصب نشانگرها برای فرد مورد آزمایش مورد بررسی- بخصوص اگر بیمار و یا سالمند باشد- ناخوشایند، پرهزینه و زمانبر است. به‌علاوه نصب این نشانگرها ممکن است حرکت طبیعی فرد را

شرح حال گرفته شده از بیمار باعث می‌شود که امکان خطا در آنها وجود داشته باشد و تحلیلی برای وضع تعادلی فرد توسط کادر درمانی انجام نمی‌شود. به این ابزار هنگامی که سالمند بستری است و امکان انجام آزمون‌های دسته دوم را ندارد، استناد می‌شود. آزمون‌های دسته دوم به سمت عینی شدن بیشتر پیش می‌روند، لذا کاربرد گسترده‌ای میان پزشکان و فیزیوتراپ‌ها دارند. ولی این آزمون‌ها نیز توسط مشاهده‌گر نمره داده می‌شوند، پس هنوز نمره دادن کاملاً عینی نیست و بعلاوه گاهی این آزمون‌ها بسیار طولانی‌اند به طوری که افراد مورد آزمایش از ادامه آزمون منصرف می‌شوند. دسته سوم آزمون‌ها - که در دهه اخیر پیشنهاد شده‌اند- به دنبال استخراج دسته‌ای از کمیت‌ها با استفاده از سامانه‌هایی‌اند که بر اساس سنجنده‌ها هستند، می‌باشند. به دلیل هزینه‌بر بودن تهیه این سامانه‌ها، وقت‌گیر بودن نصب سنجنده‌ها، تفسیرپذیری^{۱۱} اندک داده خام حاصل از سنجنده‌ها برای کادر درمانی و نیازمندی آنها به تحلیل‌های بیشتر بر داده خام، هم‌اکنون تمایل به استفاده از این سامانه‌ها در میان کادر درمانی اندک است.

با توجه به محدودیت‌های ذکر شده ضرورت رسیدن به روشی از خانواده سوم که عیب‌های ذکر شده برای روش‌های این دسته را نداشته باشد، می‌تواند در تشخیص افراد مستعد زمین خوردن بسیار راهگشا باشد. در واقع هنوز فقدان روشی که ارزان باشد، به سادگی قابل استفاده بوده، و احتیاج به واسنجی^{۱۲} یا محیط آزمایشگاهی خاص نداشته باشد، نصب نشانگرهای آن برای افراد مورد آزمایش ناخوشایند و وقت‌گیر نباشد، و ویژگی و حساسیت قابل قبولی در طبقه‌بندی داشته باشد احساس می‌شود؛ به علاوه می‌توان در صورت ارائه چنین سامانه‌ای از آن در خانه‌های هوشمند نیز استفاده کرد تا احتمال زمین خوردن را برای مراکز سلامت ارسال کنند و در صورت لزوم اقدامات مراقبتی اندیشیده شود.

¹¹Interpretation¹²Calibration

در ادامه مقاله، ابتدا نحوه ایجاد الگوی متناوب و استخراج ویژگی‌های پیشنهادی از آن توضیح داده می‌شود. سپس در بخش بعدی آزمون برخیزوبرو معرفی شده؛ مشخصات افراد مورد آزمایش ذکر می‌شود. بعلاوه هر یک از راه رفتن‌های بیمارگونه- که از جوانان سالم خواسته شده آن‌ها را انجام دهند- تعریف می‌شود. در قسمت چهارم نتایج مربوط به طبقه‌بندی گزارش شده، و در قسمت آخر نتیجه‌گیری نهایی آورده شده است.

۲- روش پیشنهادی

روش پیشنهادی شامل سه مرحله استخراج سیاهه از پس‌زمینه، ایجاد الگوی حاشیه‌ای، و استخراج ویژگی از الگوی حاشیه‌ای است. در این قسمت هر مرحله از روش پیشنهادی شرح داده می‌شود.

۲-۱- استخراج سیاهه

در این مرحله نخست به مدل‌سازی پس‌زمینه می‌پردازیم. این کار با استفاده از ۱۰۰ تا ۲۰۰ فریم در ابتدای فیلم ضبط شده در حالی که در آن فرد در حال حرکت وجود ندارد؛ انجام شد. به منظور مدل‌سازی برای هر پیکسل میانگین و واریانس مقادیر قرمز، سبز، و آبی را برای این فریم‌ها به دست آوردیم. سپس برای هر فریم از فیلم ضبط شده از آزمون برخیز و برو فاصله ماهالانوبیس^{۱۷} برای تک‌تک پیکسل‌ها محاسبه، و با استفاده از آستانه‌گذاری آتسو^{۱۸} فرد مورد آزمایش از پس‌زمینه جدا شد. در شکل (۱) (چپ) پس‌زمینه و در شکل (۱) (راست) فرد به همراه پس‌زمینه نمایش داده شده است. شکل (۲) (راست و چپ) نتیجه اعمال روش پیشنهادی بر دو فریم مختلف تا به این مرحله است. همانطور که ملاحظه می‌شود در پاره‌ای از نقاط تصویر نویز وجود دارد. بخشی از این نویز مربوط به سایه‌ها در کف پا است که به خصوص در انتهای مسیر زیاد شده است. در

نیز دستخوش تغییر کند. همچنین در بررسی حرکت افرادی مانند کودکان- که به سختی اجازه نصب نشان‌گرها را می‌دهند- ممکن است دچار مشکل شویم. البته روش‌های دارای نشانگر به دلیل دقت زیاد آنها همچنان در پزشکی و تحقیقات بالینی قابل توجه هستند.

روش‌های مختلفی در مطالعات پیشین برای استخراج ویژگی پیشنهاد شده است. برخی از این روش‌ها به دنبال برآش یک مدل بر سوژه در حال حرکت هستند و هدف آن‌ها تخمین کمیت‌های مدل پیشنهادیشان است [۱۷]. برخی دیگر سیاهه^{۱۳} سوژه در حال حرکت را استخراج کرده؛ آن را به فضای تبدیل، مثلاً فوریه، می‌برند و در آن‌جا به تحلیل حرکت می‌پردازند [۱۸]. پاره‌ای دیگر از روش‌ها در همان حوزه زمان-مکان راه رفتن افراد مورد آزمایش را بررسی می‌کنند [۱۹]. روش پیشنهادی این مقاله در دسته آخر قرار می‌گیرد. از میان روش‌های مختلف این دسته، ما به سراغ الگوی متناوب^{۱۴} راه رفتن پیشنهاد شده در مطالعه [۱۹] رفتیم؛ چرا که این الگوها تناوبی بودن حرکت را بسیار خوب نشان می‌دهند و در عین حال هزینه استخراج آن‌ها بسیار اندک است. در این پژوهش دسته ویژگی جدیدی از این الگوها استخراج می‌شود. برای مقایسه کارایی دسته ویژگی استخراج شده و روش‌های موجود در ارزیابی احتمال زمین خوردن سالمندان، از افراد خواسته شد که آزمون بالینی استاندارد برخیزوبرو^{۱۵} را انجام دهند.

همچنانکه خواهیم دید، علاوه بر استفاده از ویژگی‌های پیشنهادی در طبقه‌بندی سالمندان، از این ویژگی‌ها در طبقه‌بندی راه رفتن طبیعی و غیرطبیعی نیز استفاده خواهد شد. راه رفتن غیرطبیعی نشانه اولیه بسیاری از بیماری‌ها است. همانند منبع [۲۰]؛ در این مقاله نیز برای ساختن پایگاه داده آزمون از افراد سالم خواسته شده است که بعضی راه رفتن‌های بیمارگونه^{۱۶} را تقلید کنند.

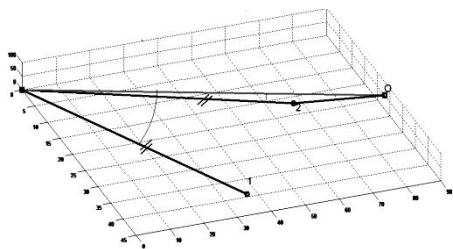
¹³Silhouette
¹⁷Mahalanobis

¹⁴Frieze pattern
¹⁸Otsu

¹⁵Timed Up and Go (TUG) test

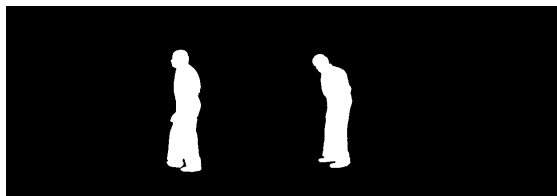
¹⁶Pathologic

شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقدار شدت - که همان فاصله از مبدأ مختصات است - برای نقاط O و 2 متفاوت است؛ اما زاویه نقطه 2 با نقطه مرجع در مقایسه با نقطه 1 که عضو سیاهه است، بسیار کوچکتر است. در نتیجه با استفاده از آستانه‌گذاری برای زاویه می‌توان نقطه 2 را که در واقع سایه است، از سیاهه حذف کرد حال آنکه اندازه شدت آن دقیقاً برابر شدت نقطه 1 است. با توجه به آنکه کف زمین سبز رنگ انتخاب شده است و از افراد مورد آزمایش نیز خواسته شده که جوراب سبز رنگ نداشته باشند، می‌توان با آستانه‌گذاری برای زاویه فضایی نقاط پایینی (ارتفاع کمتر از ۵۰ پیکسل) سایه‌ها را حذف کرد.



شکل (۳) - نقطه 1 و O_1 عضو سیاهه است و نقطه 2 عضو پس‌زمینه است. مشاهده می‌شود زاویه فضایی میان نقاط O_1 و O_2 کوچکتر از این زاویه برای نقاط O_1 و O_2 است.

شکل (۴) سیاهه‌های نهایی را برای دو فریم نشان می‌دهد. مقایسه این شکل با شکل (۲) بهبود عمل بخش‌بندی را به خوبی نشان می‌دهد.



شکل (۴) - سیاهه‌های نهایی

۲-۲- الگوی متناوب

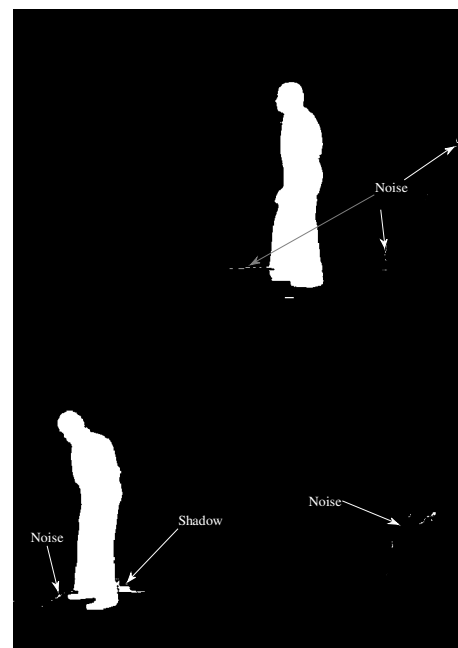
منظور از الگوهای متناوب کنار هم قرار دادن فرافکنی^{۱۹} سیاهه بر راستای عمودی و افقی (و یا هر صفحه دلخواه دیگر) در

تصویر نخست به کمک عملگرهای شکل‌شناسی و مساحت نواحی به هم چسبیده، برخی نویزهای خوشه‌ای - که از سیاهه دور بودند - حذف شدند.



شکل (۱) - انجام آزمون برخیز و برو رو به روی پرده سفید و بر روی کف سبز رنگ؛ چپ: پس زمینه، راست: فرد مورد آزمایش در حال راه

رفتن



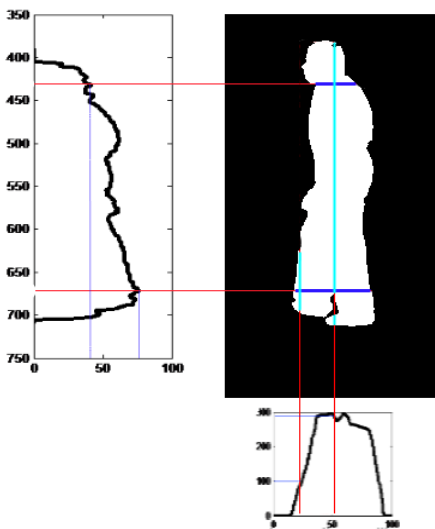
شکل (۲) - اعمال الگوریتم پیشنهادی تا مرحله آستانه‌گذاری بر فاصله ماهالانویس

برای حذف نویزی که مربوط به سایه‌گذاری است، به تحلیل مؤلفه‌های رنگی هر پیکسل در قسمت زیرین سیاهه (۵۰ پیکسل انتهایی) می‌پردازیم. به طور کلی سایه شدت روشنایی یک نقطه را تغییر می‌دهد؛ اما اجزای رنگی آن همچنان ثابت می‌ماند. چنانکه در شکل (۳) دیده می‌شود، این تغییر را می‌توان با مفهوم زاویه فضایی بردار مربوط به رنگ هر نقطه در نیز نمایش داد. در این شکل، O نشان‌دهنده میانگین مؤلفه‌های رنگی نقطه‌ای در پس زمینه و نقطه 2 نشان‌دهنده همان نقطه است وقتی که سایه

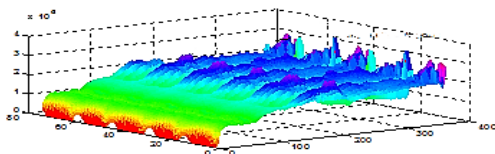
¹⁹Projection

نمایش داد و به این ترتیب سیگنالی دو بعدی همانند آنچه در شکل (۷) نشان داده شده است به دست آورد.

الگوهای متناوب راه رفتن برای هر فرد منحصر به فرد است، چرا که شکل راه رفتن هر فرد یگانه است. در نتیجه می توان از آن به عنوان معیاری برای تشخیص افراد بر اساس راه رفتن استفاده کرد. لیو^{۲۰} و همکارانش در مطالعه [۱۹] اولین بار این کاربرد را مطرح کردند و از آن برای تشخیص هویت و جدا کردن سیاهه از پس زمینه استفاده کردند؛ سپس در منبع [۲۱] این الگوها تغییراتی داده شد تا حساسیت آن‌ها نسبت به زاویه کاهش یابد. در این روش یک فریم کلیدی در راه رفتن شناسایی شده و اختلاف هر فریم با آن سنجیده می شود، سپس الگوی حاشیه‌ای برای تصویر حاصل شده، ایجاد می شود.



شکل (۵) - نحوه به دست آوردن $FH(k)$ و $FV(k)$



شکل (۶) - نمایش سه بعدی الگوی حاشیه‌ای راه رفتن

محور زمان است. واضح است که به دست آوردن این الگوها، به لحاظ هزینه محاسباتی بسیار مناسب است و تنها لازم است تعداد پیکسل‌هایی شمرده شود که عمود بر هر نقطه از راستای مورد نظر قرار می گیرند. در این بخش فرمول‌بندی لازم به دست آوردن الگوی حاشیه عمودی و افقی راه رفتن شرح داده می شود. روابط (۱) تا (۴) فرمول‌بندی به دست آوردن الگوی حاشیه‌ای افقی، FH ، و عمودی، FV ، را نشان می دهد.

$$F_H(k) = \left[\sum_{i=1}^{N_R} I_k(i,1), \sum_{i=1}^{N_R} I_k(i,2), \dots, \sum_{i=1}^{N_R} I_k(i, N_C) \right]_{1 \times N_C} \quad (1)$$

$$F_H = \begin{bmatrix} F_H(1) \\ F_H(2) \\ \dots \\ F_H(N_f) \end{bmatrix}_{N_f \times N_C} \quad (2)$$

$$F_V(k) = \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^{N_C} I_k(1, j) \\ \sum_{j=1}^{N_C} I_k(2, j) \\ \dots \\ \sum_{j=1}^{N_C} I_k(N_R, j) \end{bmatrix}_{N_R \times 1} \quad (3)$$

$$F_V = [F_V(1), F_V(2), \dots, F_V(N_f)]_{N_R \times N_f} \quad (4)$$

در روابط بالا IK نشان‌دهنده تصویر فریم k ام، i و j اندیس‌های به ترتیب شماره سطر و ستون در تصویر Ik ، N_f ، N_C و N_R به ترتیب تعداد فریم‌ها، سطرها و ستون‌ها و در نهایت $FH(k)$ و $FV(k)$ به ترتیب تصویر عمودی فریم k ام و تصویر افقی فریم k ام است. در شکل (۵) مراحل به دست آوردن $FH(k)$ و $FV(k)$ نشان داده شده است. با پشت سرهم قرار دادن $FH(k)$ و $FV(k)$ ها برای تمامی فریم‌ها سیگنالی سه بعدی -مطابق آنچه در شکل (۶) نشان داده شده است- به دست می آید. ارتفاع نقاط مختلف این سیگنال را می توان با رنگ

²⁰Liu

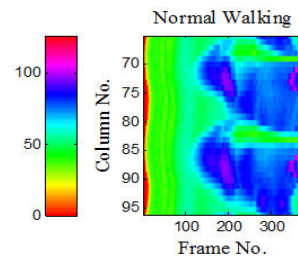
²¹Avatar

۲-۳- هم‌تراز کردن الگوهای حاشیه‌ای به دست آمده

برای آنکه الگوهای حاشیه‌ای به دست آمده از یک ویدئوی راه رفتن را بتوان با ویدئوی دیگر مقایسه کرد، لازم است فاز و سرعت راه رفتن در دو سری داده یکی باشد؛ چرا که شکل این الگوها به این دو عامل وابسته است.

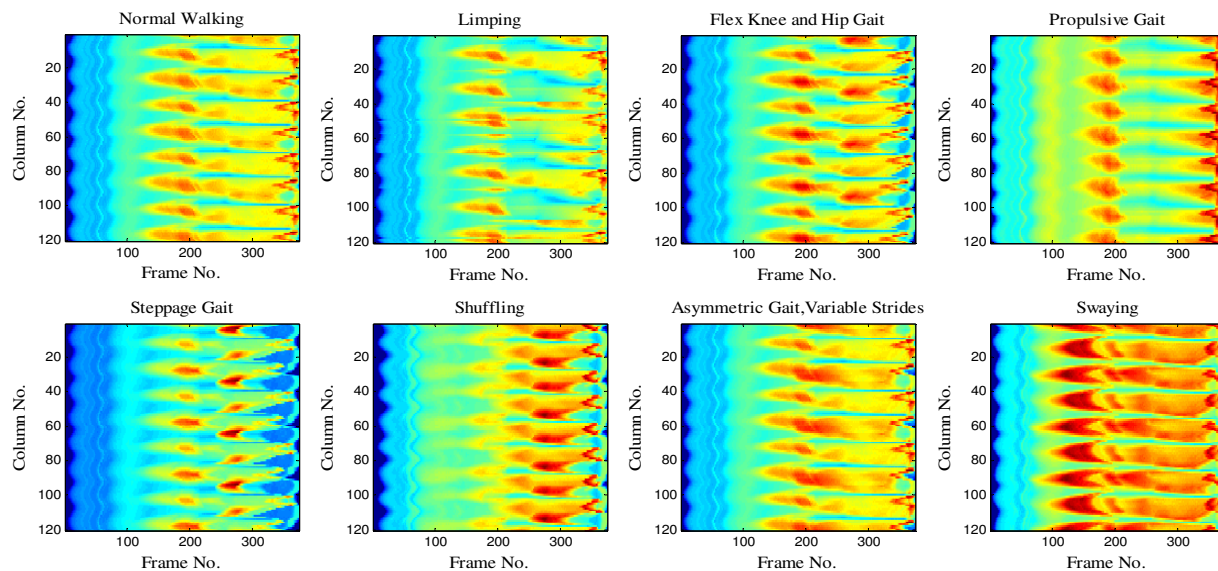
برای آنکه دقیقاً از یک فاز راه رفتن محاسبه الگوها شروع شود، عرض بخش زیرین سیاهه راه رفتن و محل کمینه‌ها به دست آمدند، حداصل هر دو کمینه یک قدم و هر دو قدم نیز یک گام بود. در شکل (۱۰) هر مستطیل رنگی یک گام را نشان داده است. برای خنثی کردن اثر اختلاف فاز در راه رفتن برای تمام افراد قدم‌ها تفکیک شدند و نقطه ابتدایی قدم جایی در نظر گرفته شد که عرض بخش زیرین سیاهه کمینه است.

برای آنکه اثر سرعت حذف شود، ابتدا تعداد فریم‌ها در هر قدم مشخص شد و سپس الگوی حاشیه طوری بزرگ یا کوچک شد که تعداد فریم‌های هر قدم ۳۰ باشد.

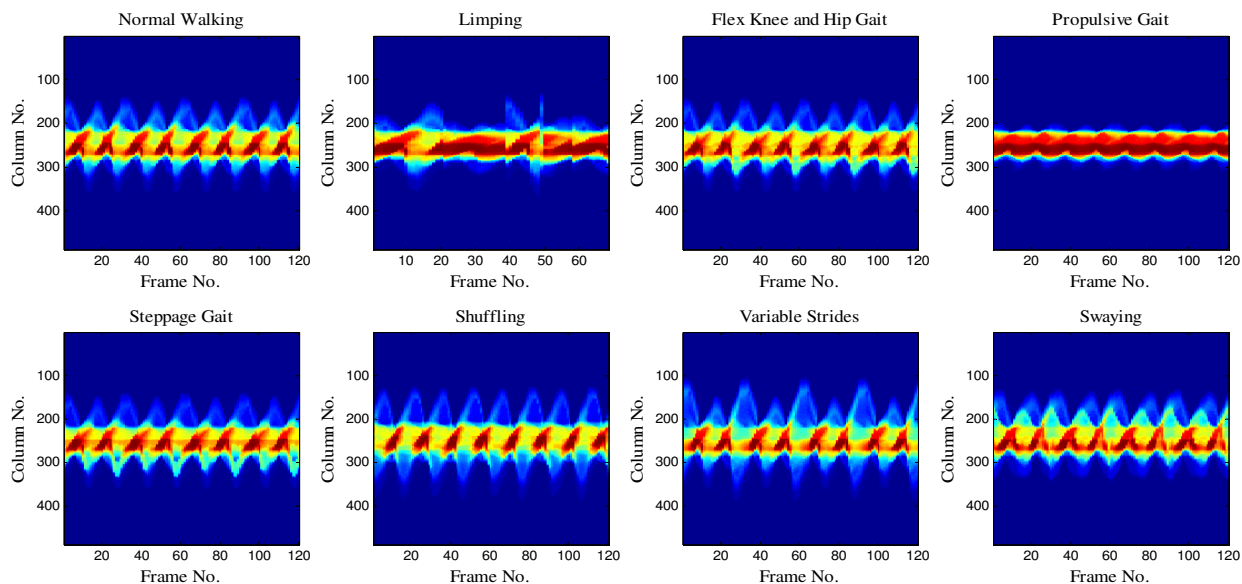


شکل (۷) - نمایش دو بعدی الگوی حاشیه راه رفتن

در شکل (۸) و شکل (۹) الگوی حاشیه‌ای عمودی و افقی برای یک آواتار^{۲۱} به ازای انواع مختلف راه رفتن نشان داده شده است. این آواتار به کمک نرم افزار *Poser6* ساخته شده است. انواع مختلف ناهنجاری‌های راه رفتن نیز به کمک جعبه ابزار راه رفتن این نرم افزار به آواتار اعمال شده است. از این شکل مشخص است که این الگوها به ازای انواع مختلف راه رفتن کاملاً با یکدیگر متفاوت هستند.



شکل (۸) - الگوی حاشیه‌ای افقی مربوط به انواع راه رفتن غیر طبیعی



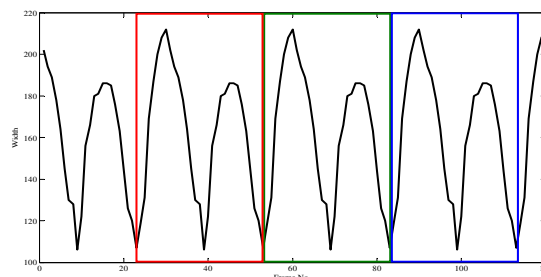
شکل (۹) - الگوی حاشیه‌ای عمودی مربوط به انواع راه رفتن غیر طبیعی

حاشیه‌ای آستانه‌گذاری شده؛ تمام پیکسل‌هایی که خودشان و همسایه‌های آنها از ۶۰٪ حداکثر مقدار شدت پیکسل‌ها بیشتراند، یافت می‌شوند. در شکل (۱۱) نمونه‌ای از نتیجه آستانه‌گذاری شده عملیات مورفولوژی اتساع و پس از آن فرسایش با یک عنصر ساختاری دیسک انجام می‌شود. خروجی این عملیات در شکل (۱۲) نشان داده شده است.

۲-۴- استخراج ویژگی

در منبع [۱۷] که از الگوهای حاشیه‌ای به منظور تشخیص هویت استفاده شده؛ برای سنجش شباهت، روش تطابق با الگو^{۲۲} به کار برده شده است. در اینجا هدف یافتن ویژگی‌هایی است که همزمان بیشترین شباهت را در میان اعضای یک گروه و بیشترین تفاوت را با اعضای گروه دیگر داشته باشند. برای استخراج ویژگی مناسب، الگوی

هر بار یکی از داده‌ها به عنوان آزمون بیرون گذاشته شده؛ شباهت آن با سایر داده‌ها به کمک همبستگی بهنجار سنجیده می‌شد. برچسب گروه مربوط به داده‌ای که الگوی حاشیه‌ای آزمون بیشترین شباهت را با آن داشت، به داده آزمون نسبت داده می‌شد.



شکل (۱۰) - عرض ۱/۳ زیرین سیاهه

۳- نتایج

۳-۱- دادگان

برای نشان دادن کارایی روش پیشنهادی، دو دسته داده تهیه شد. هدف از گردآوری دادگان گروه الف بررسی نتیجه طبقه‌بندی افراد به کمک دسته ویژگی پیشنهادی به سه گروه سالمند بدون سابقه، سالمند با سابقه زمین خوردن و گروه کنترل (جوان سالم) است. هدف از آزمون روش پیشنهادی بر دادگان گروه ب نشان دادن غنای ویژگی‌های به دست آمده در تشخیص ناهنجاری‌های مختلف راه رفتن است. در این بخش هر دسته از دادگان بطور مجزا معرفی می‌شوند.

۳-۱-۱- دادگان گروه الف

برای گردآوری دادگان الف از ۸ سالمند با سابقه زمین خوردن، ۸ سالمند سالم و ۸ جوان سالم خواسته شد آزمون برخیز و برو - که در این بخش توضیح داده خواهد شد - را انجام دهند. سالمندان همگی بالای ۶۵ سال داشتند. پیش از انجام آزمون از کلیه داوطلبان رضایت‌نامه اخلاقی برای استفاده از نتایج آزمون در کارهای تحقیقاتی اخذ شد و همگی آنها از اهداف پژوهشی طرح آگاه شدند. پیشینه افراد از لحاظ تعداد دفعات زمین خوردن و نیز ابتلا به بیماری‌هایی نظیر آرتروز زانو همراه با درد مزمن، پارکینسون، جنون، ضعف بینایی، مشکلات عصبی، نارسایی



شکل (۱۱) - آستانه‌گذاری برای الگوی حاشیه‌ای



شکل (۱۲) - شکل آستانه‌گذاری شده پس از اتساع و فرسایش

۲-۵- طبقه‌بندی افراد

به منظور سنجش میزان کارآمدی ویژگی استخراج شده برای طبقه‌بندی سالمندان به دو گروه با سابقه افتادن و سالم و نیز طبقه‌بندی نحوه راه رفتن به دو گروه طبیعی و غیرطبیعی، عمل طبقه‌بندی انجام شد. ابتدا برای تمام داده‌ها الگوی حاشیه‌ای راه رفتن برای هر قدم به دست آمد. سپس الگوها برای تمام قدم‌ها میانگین گرفته شده و در نهایت برای هر فرد مورد آزمایش الگویی به دست آمد که اعمال آستانه‌گذاری، اتساع، و فرسایش بر آنها انجام شد. سپس

دوربین در فاصله ۳ متر و ۲۰ سانتی متری از مرکز مسیر و در ارتفاع ۱۲۰ سانتی متری قرار داده شده است. از افراد مورد آزمایش خواسته شد روی مسیری که با چسب بیرنگ مشخص شده آزمون برخیز و برو را انجام دهند. قدرت تفکیک دوربین ۶۴۰×۴۸۰ بود و ۲۵ فریم را در هر ثانیه ضبط می‌کرد. آزمایشگاه با لامپ‌های آفتابی و مهتابی روشن می‌شد. آزمون از لحظه‌ای که فرمان برو ضبط شده است با نرم‌افزار ایدیوس^{۲۳} با فرمت avi. جدا شد.



شکل (۱۳) - فضای آزمایشگاه و دوربین

آزمون برخیز و برو: به منظور بررسی حرکت و تعادل سالمندان از میان آزمون‌های مختلف موجود در پیشینه، آزمون برخیز و برو انتخاب شد. دلیل این انتخاب سادگی، قابلیت اطمینان زیاد، سریع انجام گرفتن و اعتبار مناسب این آزمون است [۲۲]. به علاوه حساسیت و ویژگی این آزمون در مقایسه با سایر آزمون‌ها قابل قبول گزارش شده است [۲۳]. در ضمن این آزمون شامل چندین مرحله مختلف مانند نشستن به ایستادن، دور زدن و راه رفتن است؛ لذا به نظر می‌رسد که غنای اطلاعات زیادی داشته باشد. در واقع می‌توان گفت بسیاری از اعمال زندگی روزمره سالمند در آزمون برخیز و برو گنجانده شده است. تمرکز مقالاتی که از این آزمون استفاده می‌کنند بر زمان کلی انجام آزمون و در نمونه‌های اصلاح شده زمان انجام مراحل مختلف آزمون

ذهنی و ... بررسی شد تا هیچ یک از بیماری‌های ذکر شده و سابقه سکته مغزی نداشته باشند. از طرفی به علت تأثیر ورزش منظم بر نحوه راه رفتن هیچ یک از افراد از میان ورزشکاران حرفه‌ای انتخاب نشدند.

روند آزمون برای افراد مورد آزمایش توضیح داده شده و از هر فرد خواسته شد تا به صورت آزمایشی پیش از آغاز گرفتن داده، یک بار آزمون را انجام دهد. در موارد مورد نیاز توضیحات بیشتری نیز به افراد داده شده است تا عدم آگاهی از آزمون منجر به نتایج غلط نشود. با این حال آزمون‌هایی که در خلال آن حواس فرد به وسیله عاملی بیرونی و غیر معمول مانند صدای بسته شدن در و ... تغییر قابل توجه در نحوه راه رفتن افراد ایجاد می‌کرد نیز از دادگان حذف و انجام دوباره این آزمون از فرد درخواست می‌شد.

تمام شرکت کنندگان در این آزمون مرد، و شامل دانشجویان دانشگاه تهران (گروه کنترل) و سالمندان ساکن تهران بودند. جدول (۱) نشان‌دهنده ویژگی‌های مختلف داوطلبان شرکت کننده در فرایند انجام آزمون است. محل جمع‌آوری داده‌ها آزمایشگاه کنترل حرکت و علوم اعصاب شناختی دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران است. در این آزمایشگاه با استفاده از پرده سفید رنگ و کفپوش سبزرنگ محیطی برای جمع‌آوری دادگان مهیا شد که در شکل (۱۳) نشان داده شده است.

جدول (۱) - ویژگی‌های افراد مورد آزمایش

	ویژگی	سالمند سالم	سالمند با سابقه افتادن
	تعداد	۸	۸
متغیرین آزمایش	سن	۶۸/۹±۳/۸۸	۷۱/۸±۳/۸۵
	وزن	۶۷/۱±۴/۴۶	۱۶۵±۴/۹۲
	قد	۱۶۵/۹±۳/۹۵	۱۷۵/۶±۶/۰۸

²³Edius



شکل (۱۵) - نمونه‌ای از فایل‌های مربوط به فردی از

گروه کنترل

۳-۲- طبقه‌بندی سالمندان با سابقه افتادن

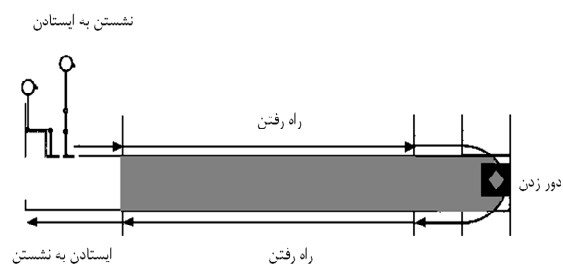
به منظور مقایسه روش پیشنهادی با آزمون برخیز و برو سستی زمان کل آزمون نیز ثبت شد؛ آستانه‌ای که خطا را کمینه می‌کرد تعیین شد و به کمک آن افراد مورد آزمایش طبقه‌بندی شدند. درصد طبقه‌بندی درست این روش در جدول (۲) در ستون مرتبه نوشته شده است. با استفاده از روش شرح داده شده در ۲-۱ پس زمینه از ویدئوهای مربوط به افراد حین آزمون برخیز و برو استخراج شد. سیاهه‌های مربوط به چند فریم از یک فرد مورد آزمایش در شکل (۱۶) نمایش داده شده است.



شکل (۱۶) - نمایش سیاهه‌های مربوط به چند فریم از یک بار

انجام آزمون برخیز و برو

(نشستن به ایستادن - راه رفتن - دور زدن - بازگشتن - ایستادن به نشستن) است. علاوه بر آزمون برخیز و برو استاندارد، انواع دیگر آن با بار دستی و بار شناختی نیز مفید به نظر می‌رسند و در این پژوهش از آن‌ها استفاده شده است. شکل (۱۴) تصویر نمادین این آزمون را نشان می‌دهد. در این آزمون از فرد مورد آزمایش خواسته می‌شود با شنیدن فرمان "برو" از صندلی برخاسته، سه متر را بر خط مشخص شده طی کند؛ در نقطه‌ای که علامت زده شده دور بزند؛ مسیر را بازگشته؛ روی صندلی مجدداً نشسته، به روبرو نگاه کند [۲۰].



شکل (۱۴) - تصویر نمادین آزمون برخیز و برو

۳-۱-۲- دادگان گروه ب

برای جمع‌آوری دادگان ب از افراد مورد آزمایش جوان خواسته شده که علاوه بر آزمون‌هایی که سالمندان انجام داده بودند و راه رفتن سریع، ۶ نوع راه رفتن بیمارگونه را پس از تمرین در مقابل دوربین انجام دهند. این ۶ گونه شامل لنگیدن^{۲۴}، قدم برداشتن اردک وار بدون خم کردن زانو^{۲۵}، تلوتلو خوردن به جلو و عقب^{۲۶}، تلوتلو خوردن به طرفین^{۲۷}، کشان کشان راه رفتن، و قدم برداشتن با زانوی بلند بود. شکل (۱۵) نشان‌دهنده فایل‌های مربوط به فیلم آزمون‌های مختلف یکی از افراد است.

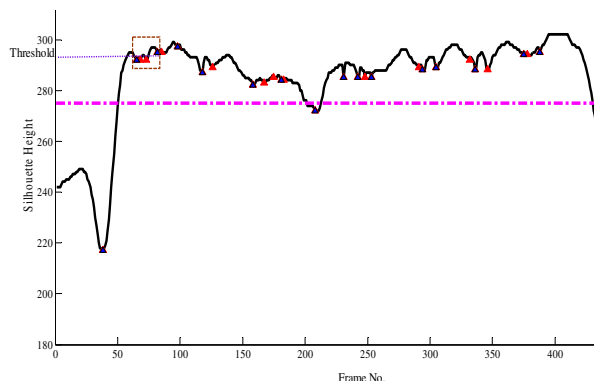
²⁴Limping

²⁵Waddling

²⁶Anterior- Posterior Sway

²⁷Lateral Sway

سیاهه‌ها برای تمام فریم‌هایی که بین این دو فریم باشند محاسبه شد. در شکل (۱۸) این فرایند نشان داده شده است.

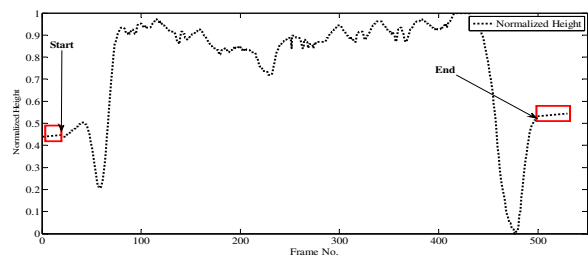


شکل (۱۸) - فرایند انتقال از نشستن به ایستادن با راه رفتن بر اساس آستانه‌گذاری روی ارتفاع؛ مثلث‌های قرمز رنگ معرف کلیه کمی‌ها مثلث‌های آبی رنگ کمی‌هایی که فاصله آنها از هم بزرگتر از ۱۰ فریم است و خط صورتی معرف مقادیر بیشتر از ۰/۸ حداکثر ارتفاع است. خط آبی آستانه به دست آمده را نشان می‌دهد که با توجه به روش گفته شده با میانگین‌گیری بر ارتفاع در فریم‌های داخل مستطیل قهوه‌ای رنگ به دست می‌آید.

مثلث‌های قرمز رنگ معرف کلیه کمی‌ها، مثلث‌های آبی رنگ کمی‌هایی که فاصله آنها از یکدیگر بزرگتر از ۱۰ فریم است و مقادیر بالای خط صورتی رنگ نقاطی را که ارتفاع آنها از ۰/۸ حداکثر ارتفاع بیشتر است نشان می‌دهد. با توجه به روش گفته شده در فریم‌های داخل مستطیل قهوه‌ای رنگ میانگین گرفته شد و این میانگین به عنوان مقدار آستانه برای ارتفاع در نظر گرفته شد.

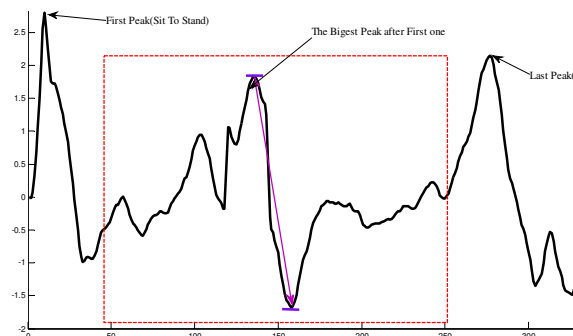
پس از آنکه بخش مربوط به راه رفتن از کل آزمون جدا شد، دور زدن نیز به شکل خودکار از آزمون جدا شد. برای جدا کردن دور زدن از راه رفتن، قسمت میانی الگوی حاشیه‌ای عمودی را در نظر گرفته؛ بازه‌ای ۵۰ پیکسلی در بالا و پایین آن را در نظر گرفتیم. این قسمت در شکل (۱۹) نشان داده شده است. به ازای هر کدام از این نقاط سیگنالی

از ویدئوی ضبط شده از آزمون برخیز و برو بخش مربوط به راه رفتن استخراج شد. به دلیل زمان‌بر بودن استخراج دستی، با آستانه‌گذاری بر ارتفاع سیاهه این بخش به شکل خودکار انجام شد. حین برخاستن از صندلی ارتفاع سیاهه در حال افزایش است. شکل (۱۷) ابتدا و انتهای آزمون را نشان می‌دهد؛ در نتیجه اگر ارتفاع سیاهه از یک آستانه بالاتر رود آنگاه فرد، ایستاده محسوب می‌شود. این تغییر در ارتفاع در شکل (۱۷) نیز مشهود است. در این شکل تغییر ارتفاع بهنجار سیاهه در زمان نشان داده شده است.



شکل (۱۷) - طول بهنجار سیاهه به ازای فریم‌های مختلف

برای یافتن آستانه ارتفاع محل تمام کمی‌ها استخراج شد. از میان این کمی‌ها آن‌هایی انتخاب شدند که ارتفاعشان از ۰/۸ حداکثر ارتفاع و فاصله‌شان از یکدیگر از ۱۰ واحد بیشتر است. دلیل انتخاب ۰/۸ آن بود که با توجه به جدول اندازه‌های نسبی اعضای مختلف بدن نسبت محل گردن به کل بدن بزرگتر از ۰/۸ است؛ در نتیجه حداقل باید ارتفاع فرد در محلی که ایستاده از ۰/۸ بیشتر شود. البته این ارتفاع به سادگی نیز بر اساس قد قابل محاسبه نیست؛ چرا که با توجه به عرضی که افراد پایشان را موقع راه رفتن باز می‌کنند و مقداری که به جلو خم می‌شوند، آستانه ارتفاع برای شروع راه افتادن ممکن است متفاوت باشد. برای به دست آوردن این آستانه، در ابتدا شماره فریم اولین دو کمی‌های که حائز این شروط باشند یافته، و میانگین ارتفاع

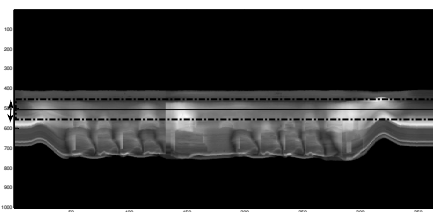


شکل (۲۰) - استخراج دور زدن از مشتق

۳-۳- طبقه‌بندی انواع مختلف راه رفتن غیر طبیعی

نتایج طبقه‌بندی دادگان ب در جدول‌های (۳) و (۴) به ترتیب برای الگوهای حاشیه‌ای عمودی و افقی آمده است. در این جدول‌ها سطرها نشان‌دهنده برچسب واقعی و ستون‌ها بیانگر برچسب‌های به دست آمده با استفاده از طبقه‌بندی به کمک روش پیشنهادی است. به عنوان مثال داده موجود در سطر لنگیدن و ستون راه رفتن تند نشان می‌دهد چند داده لنگیدن به اشتباه در گروه راه رفتن تند طبقه‌بندی شده‌اند. داده‌های قطری نشان‌دهنده طبقه‌بندی درست هستند. با توجه به جدول (۳) ویژگی، حساسیت، درصد صحت، و درصد NPV ^{۳۰} برای طبقه‌بندی راه رفتن طبیعی و غیرطبیعی به کمک الگوی حاشیه‌ای افقی به ترتیب ۸۷/۵، ۸۷/۵، ۷۵، و ۹۴/۲ است. این مقادیر برای طبقه‌بندی به کمک الگوی حاشیه‌ای عمودی به ترتیب برابر ۸۹/۲، ۱۰۰، ۸۰، و ۱۰۰ است.

در نظر گرفته شد؛ در نتیجه ۵۰ سیگنال بدست آمد. سپس این سیگنال‌ها به کمک میانگین‌گیری در همسایگی ۲۵ نرم^{۲۸}، و یک اسپیلاین^{۲۹} بر آن‌ها منطبق شد. از تابع اسپیلاین به دست آمده مشتق گرفته شده و مشتق آن برای مقادیر مختلف نسبت به شماره فریم رسم می‌شود. یک بیشه اصلی در ابتدای سیگنال مربوط به نشستن به ایستادن و یک بیشه اصلی در انتهای سیگنال مربوط به نشستن مجدد است. در حد فاصل بخشی که میان دو قسمت مربوط به نشستن قرار می‌گیرد بلندترین بیشینه و کمترین دره انتخاب، و این دو نقطه به ترتیب محل‌های آغاز و پایان دور زدن نامیده شدند. این فرایند برای سیگنال نقطه میانی در شکل (۲۰) نشان داده شده است. الگوی حاشیه‌ای مربوط به کل آزمون برخیز و برو برای یک سالمند با سابقه زمین خوردن و یک سالمند سالم در شکل (۲۱) نشان داده شده است. تفاوت‌های میان این دو الگو به خوبی در شکل واضح است. در جدول (۲) درصد طبقه‌بندی درست برای روش پیشنهادی برای دو دسته الگوی حاشیه‌ای عمودی و افقی آمده است.

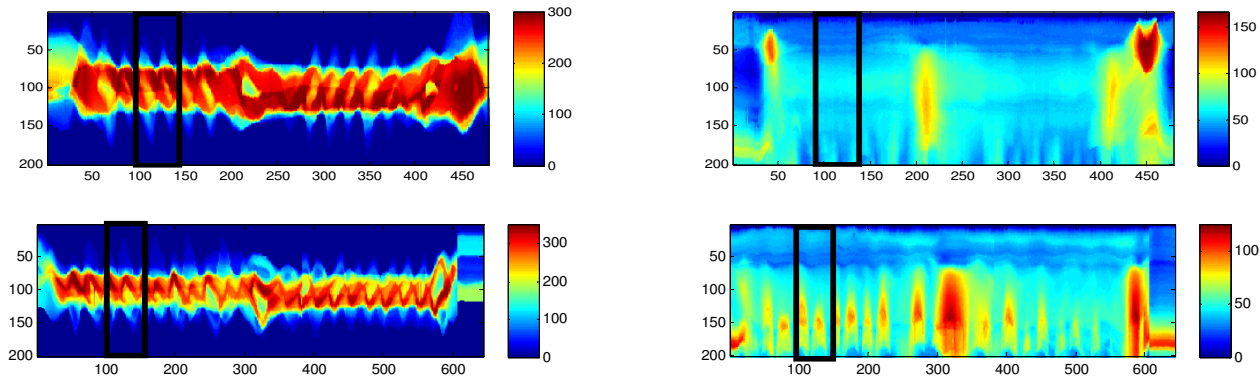


شکل (۱۹) - ناحیه در نظر گرفته شده برای استخراج دور زدن

²⁸Smooth

²⁹Spline

³⁰Negative Predictive Value



شکل (۲۱) - الگوی حاشیه‌ای افقی و عمودی سالمند سالم (پایین) و سالمند با سابقه زمین خوردن (بالا)

جدول (۴) - نتایج طبقه‌بندی با استفاده از الگوی حاشیه‌ای افقی

به دست آمده واقعی	طبیعی	لنگیدن	تولتو به طرفین	اردک‌وار	زانوبند	سریع	کشان‌کشان	تولتو به جلو و عقب
طبیعی	۲۱	۰	۰	۰	۱	۲	۰	۰
لنگیدن	۱	۲۰	۰	۲	۰	۰	۱	۰
تولتو به طرفین	۱	۰	۲۲	۰	۰	۰	۱	۰
اردک‌وار	۱	۰	۰	۲۰	۰	۰	۳	۰
زانوبند	۰	۰	۰	۰	۲۴	۰	۰	۰
سریع	۱	۰	۲	۰	۰	۲۱	۰	۰
کشان‌کشان	۱	۰	۱	۲	۰	۰	۲۰	۰
تولتو به جلو و عقب	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۲

حساسیت و ویژگی طبقه‌بندی سالمندان به کمک روش پیشنهادی برای الگوی حاشیه‌ای افقی در مقایسه با روش سنتی بیش از ۱۸٪ بهبود یافته است. بعلاوه سالمندان سالم نیز با دقت بیشتری از جوانان جدا می‌شوند (بهبود بیش از ۱۶٪). با توجه به آنکه دادگان مورد استفاده ما با دادگان سایر مقالات [۱۳] [۱۴] - که به بررسی کمی آزمون برخیز و برو پرداخته‌اند- متفاوت است، نمی‌توان در مورد بهبود نتیجه طبقه‌بندی قضاوت کرد؛ ولی اگر فرض کنیم که دادگان به اندازه کافی تأثیر افراد مورد آزمایش را حذف کرده است، می‌توانیم بگوییم روش ما با هزینه کمتر برای حسگرها توانسته به نتیجه مشابه برسد. در منابع [۱۵] و [۱۶] از فیلم جمع‌آوری شده از سالمندان به منظور ارزیابی احتمال زمین خوردن استفاده شده است. علی‌رغم آنکه حسگر

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله روشی بر اساس پردازش تصویر و بدون استفاده از نشانگر برای طبقه‌بندی راه رفتن سالمندان به افراد با سابقه زمین خوردن و افراد سالم ارائه شد. بعلاوه از روش پیشنهادی برای طبقه‌بندی راه رفتن طبیعی، راه رفتن سریع و ۶ نوع راه رفتن غیرطبیعی استفاده شد. در این روش از الگوی حاشیه‌ای راه رفتن ویژگی جدیدی استخراج شد.

جدول (۲) - درصد طبقه‌بندی درست

س/س/ج	س/ز/ج	س/ز/س	طبقه‌بندی به روش سنتی
۵۰/۰	۷۵/۰	۶۲/۵	روش سنتی
۷۲/۹	۸۷/۵	۷۹/۲	ویژگی به دست آمده از الگوی عمودی
۶۶/۶	۷۵/۰	۸۱/۲	ویژگی به دست آمده از الگوی افقی

جدول (۳) - نتایج طبقه‌بندی با استفاده از الگوی حاشیه‌ای عمودی

به دست آمده واقعی	طبیعی	لنگیدن	تولتو به طرفین	اردک‌وار	زانوبند	سریع	کشان‌کشان	تولتو به جلو و عقب
طبیعی	۲۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
لنگیدن	۰	۲۱	۰	۱	۰	۰	۲	۰
تولتو به طرفین	۱	۰	۲۱	۰	۰	۲	۰	۰
اردک‌وار	۰	۰	۰	۲۰	۰	۰	۴	۰
زانوبند	۰	۰	۰	۰	۲۴	۰	۰	۰
سریع	۳	۰	۲	۰	۰	۱۹	۰	۰
کشان‌کشان	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۲۱	۰
تولتو به جلو و عقب	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۲۲

۵- مراجع

- [1] Nothridge M., Nevitt M., Kelsey J., Link B., home hazards and fall in elderly: the role of health and functional status; *American Journal of Public Health*, 1995; 85: 509-515.
- [2] Alice C., Scheffer J., Marieke J., Schuurmans, Dijk N.V., Hooft T.V.D., Sophia E., Rooij D., Fear of falling: measurement strategy, prevalence, risk factors and consequences among older persons; *Oxford Journals, Age and Ageing*, 2008; 37(1): 19-24.
- [3] Lord S., Sherrington C., Menz H.B., Falls in older people: Risk factor and strategies for prevention, Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [4] Tinetti M.E., Mendes de Leon C.F., Doucette J.T., Baker D.L., Fear of falling and fall-related efficacy in relationship to functioning among community living elderly; *Journal of Gerontology*, 1994; 49(3): 140-147.
- [5] Spellbring A., Assessing elderly patients at high risk for falls: a reliability study; *Journal of Nursing Care Quality*, 1992; 6: 30-35.
- [6] Shimada H., Suzukawa M., Ishizaki T., Kobayashi K., Kim H., Suzuki T., Relationship between subjective fall risk assessment and falls and fall-related fractures in frail elderly people; *BMC Geriatrics*, 2011; 40(11).
- [7] Karen L., Perel, Nelson A., Goldman R.L., Luther S.L., Prieto-Lewis N., Rubenstein L.Z., Fall Risk Assessment Measures: An Analytic Review; *Journal of Gerontology*, 2001; 56(12): 761-766.
- [8] Mathias S., Nayak U., Isaacs B., Balance in elderly patients: The "Get up and go," test; *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1986; 67: 387-389.
- [9] Verghese J., Buschke H., Viola L., Katz M., Hall C., Kuskansky G., Lipton R., Validity of divided attention tasks in predicting falls in older individuals: A preliminary study; *J Am Geriatr Soc*, 2002; 50(9): 1572-1576.
- [10] Higashi Y., Yamakoshi K., Fujimoto T., Sekine M., Tamura T., Quantitative evaluation of movement using the timed up-and-go test; *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, 2008; 27(4): 38-46.
- [11] Zampieri C., Salarian A., Carlson-Kuhta P., Aminian K., Nutt J.G., Horak F.B., The instrumented timed up and go test: Potential outcome measure for disease modifying therapies in Parkinson's disease; *J. Neurol., Neurosurg. Psychiatry*, 2010; 81: 171-176.
- [12] King R.C., Atallah L., Wong C., Miskelly F., Yang G., Elderly Risk Assessment of Falls with BSN; *Body Sensor Networks (BSN)*, 2010 International Conference on , 7-9 June 2010: 30-35.
- [13] McGrath D., Greene B.R., Doheny E., McKeown D.J., De Vito C., Brian, "Reliability of quantitative TUG measures of mobility for use in falls risk assessment," *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC*, 2011 Annual International

استفاده شده در این مقاله دوربین بود که امکان مقایسه را فراهم می‌کرد، تعداد افراد در این مقاله بسیار اندک بود و اساساً تمام آنها دارای سابقه زمین خوردن بوده؛ محور کاری این پژوهش‌ها بر پیاده‌سازی روش در خانه است.

به دلیل هنجارسازی تمام الگوهای حاشیه‌ای اطلاعات مربوط به سرعت حرکت حذف می‌شود. در آزمون برخیز و برو سنتی تنها اطلاعاتی که وجود دارد، سرعت انجام کل آزمون است؛ اما در اینجا علی‌رغم حذف این داده درصد طبقه‌بندی درست بهبود یافته است. این امر نشان دهنده آن است که نحوه راه رفتن و شکل سیاهه سالمندان با تجربه زمین خوردن و سالمندان سالم به قدر کافی متمایز از یکدیگر است.

از محدودیت‌های بررسی‌های انجام شده در این مقاله می‌توان به حجم نسبتاً کوچکتر دادگان اشاره کرد. این محدودیت باعث شد تا نتوانیم تحلیل‌های آماری بیشتری را همچون تحلیل واریانس انجام دهیم. به علاوه به دلیل محدودیت‌ها در یافتن افراد مورد آزمایش و نبودن امکانات برای بررسی سابقه آنها برای مدت چند ماه تنها به گزارش خود سالمندان در مورد سابقه زمین خوردنشان اکتفا شده است. علاوه بر این در پیشینه مطالعات فیزیوتراپی رایج است که آزمونی مرجع نیز بر افراد انجام شود و هم‌بستگی این اندیس به دست آمده برای زمین خوردن با استفاده از آزمون پیشنهادی و آزمون مرجع سنجیده شود. با از آنجایی که هدف این پژوهش طبقه‌بندی و نه به دست آوردن اندیس بود و این موضوع که افراد مورد آزمایش تنها با آزمون کوتاه‌مدت موافقت کرده بودند، آزمون مرجع انجام نشد. از محدودیت‌های روش ارائه شده برای استخراج اطلاعات از آزمون می‌توان به قید ساکن بودن پس‌زمینه و سبز بودن کف و فیلم‌برداری در محیط داخلی و مقاوم نبودن روش به پوشیدگی اشاره کرد. با به روز رسانی مدل پس‌زمینه می‌توان این عیب را برطرف کرد؛ اما در کاربرد پزشکی طراحی سامانه‌های خارجی ضروری به نظر نمی‌رسد.

- Discrete Fourier Transform; Multimedia and Ubiquitous Engineering, 2008. MUE 2008. International Conference, 24-26 April 2008; pp: 36-40.
- [19] Liu Y., Robert T., Gait Sequence Analysis using Frieze Patterns; Technical Report CMU-RI-TR-98-37, 2001.
- [20] Wang L., Abnormal Walking Gait Analysis Using Silhouette-Masked Flow Histograms; Pattern Recognition, ICPR 2006. 18th International Conference, 2006; 3: 473-476.
- [21] Lee S., Liu Y., Collins R., Shape Variation-Based Frieze Pattern for Robust Gait Recognition; Computer Vision and Pattern Recognition, 2007. CVPR '07. IEEE Conference, 17-22 June 2007; pp: 1-8.
- [22] Mathias S., Nayak U., Isaacs B., Balance in elderly patients: The "Get up and go," test; Arch. Phys. Med. Rehabil., 1986; 67: 387-389.
- [23] Trueblood P.R., Hodson-Chennault N., McCubbin A., Youngclarke D., Performance and impairment-based assessments among community dwelling elderly: Sensitivity and specificity; Issues Aging. 2001; 24(1): 2-6.
- Conference of the IEEE, Aug. 30 2011-Sept. 3 2011; pp: 466-469.
- [14] Giansanti D., "Investigation of fall-risk using a wearable device with accelerometers and rate gyroscopes", *Physiol Meas.*, 2006; 27(11): 1081-1090.
- [15] Wang F., Stone E., Wenqing D., Banerjee T., Giger J., Krampe J., Rantz M., Skubic M., Testing an in-home gait assessment tool for older adults; Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE, 3-6 Sept. 2009; pp: 6147-6150.
- [16] Skrba Z., O'Mullane B., Greene B.R., Scanail C.N., Chie W.F., Quigley A., Nixon P., Objective real-time assessment of walking and turning in elderly adults; Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE, 3-6 Sept. 2009; pp: 807-810.
- [17] Courtney J., De Paor A.M., A Monocular Marker-Free Gait Measurement System; Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions, 2010; 18(4): 453-460.
- [18] Mostayed A., Mynuddin M., Mazumder G., Sikyung K., Se Jin P., Abnormal Gait Detection Using

