Archive of SID

کومش- جلد ۲۲، شماره ۱ (پیاپی ۷۷)، زمستان ۱۳۹۸

مقاله مروری

بررسی روش‌های شناسایی بیماری آلزایمر با استفاده از آنالیز الگوی راه رفتن

محمود سیف‌الهی [۱](Ph.D Candidate)، هادی سلطانی‌زاده [*۱](Ph.D)، افسون حسنی مهربان [۲](Ph.D)، فاطمه خمسه [۳](M.D)

۱- گروه مهندسی الکترونیک، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

۲ - گروه کاردرمانی، دانشکده علوم توان‌بخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

۳- بخش مغز و اعصاب، انجمن آلزایمر ایران، تهران، ایران

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۶۲۷۵۳۰۰ h_soltanizadeh@semnan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۴

چکیده

هدف: شناسایی زودهنگام بیماری آلزایمر به عنوان یک بیماری تخریب‌گر مغزی و شایع‌ترین عامل دمانس در سالمندان، با استفاده از آنالیز الگوی راه رفتن مورد توجه ویژه محققین در سال‌های اخیر قرار گرفته است. زیرا این روش نوین غیرتهاجمی، کم‌هزینه‌تر و قابل انجام در محیط‌های غیرکلینیکی و آزمایشگاهی است. بنابراین، در این مقاله مروری، شناسایی بیماری آلزایمر به‌وسیله آنالیز الگوی راه رفتن با استفاده از ابزارهای فناوری اطلاعات در مطالعات پیشین، بررسی شد.

مواد و روش‌ها: جست‌وجوی مقالات پیشین در پایگاه‌های اطلاعاتی مانند Google Scholar، Pubmed، IEEE، Springer و Elsevier انجام شد. پس از یافتن مقالات در این پایگاه‌ها، مقالات مناسب بر اساس معیارهایی مانند تمرکز مطالعه بر روی سالمندان با بیماری آلزایمر یا اختلالات شناختی خفیف، شناسایی و ارزیابی بیماری آلزایمر، استفاده از فناوری سنسورها برای ثبت راه رفتن، برای بررسی انتخاب شدند.

یافته‌ها: با استفاده از آنالیز الگوی راه رفتن به‌وسیله ابزارهای نوین مبتنی بر سنسورها و فناوری اطلاعات می‌توان به شناسایی بیماری آلزایمر، حتی در مراحل اولیه و نیز در مرحله اختلالات شناختی خفیف پرداخت. هم‌چنین با تکیه بر ترکیب فناوری‌های مختلف سنسورها و استفاده از روش‌های هوش مصنوعی امکان ارزیابی کمی و شناسایی دقیق‌تر بیماری فراهم می‌شود.

نتیجه‌گیری: اگر چه آنالیز الگوی راه رفتن می‌تواند ابزار جدیدی برای شناسایی زودهنگام بیماری آلزایمر باشد، اما برای استفاده از آن به عنوان یک ابزار مطمئن در کلینیک‌ها نیاز به توسعه و بهبود آن با تکیه بر فناوری سنسورها و هوش مصنوعی دارد.

واژه‌های کلیدی: بیماری آلزایمر، الگوی راه رفتن، فناوری اطلاعات، پردازش تصویر به کمک رایانه، یادگیری ماشین، هوش مصنوعی

مقدمه

بیماری آلزایمر (Alzheimer's Disease, AD) یک بیماری مغزی تخریب‌گر و شایع‌ترین شکل زوال عقل است [۱،۲]. بیماری آلزایمر معمول‌ترین نوع دمانس است که با کاهش حافظه و مهارت‌های تفکر مشخص می‌شود و توانایی‌های شخص را در انجام فعالیت‌های روزانه تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزایش سن به عنوان مهم‌ترین فاکتور ریسک برای بیماری آلزایمر شمرده می‌شود [۳]. فرآیند رشد جمعیت مبتلا به بیماری آلزایمر در جهان با سرعت بیش‌تری در حال افزایش است [۴]. برای شناسایی بیماری آلزایمر یک روش ثابت به تنهایی وجود ندارد، اما به‌طور کلی این بیماری به‌وسیله شواهد جمع‌آوری شده از سوابق پزشکی خانوادگی، پرسش از بستگان و مراقبان فرد، آزمایشات و بررسی‌های علوم اعصاب و روان‌پزشکی، تصویربرداری مغزی، تست‌های کلینیکی و ... قابل شناسایی است. در اکثر مواقع علائم بیماری آلزایمر در مراحل اولیه ناشی از کهولت سن آن‌ها در نظر گرفته می‌شود و به‌خاطر عواملی مانند فرآیند طولانی شناسایی به‌وسیله روش‌های پزشکی حاضر و هزینه‌ها، معمولاً تا شدید نشدن وضعیت آن‌ها مورد توجه جدی و آزمایشات کلینیکی قرار نمی‌گیرند. بنابراین باید روش‌های غیرتهاجمی، کم‌هزینه و ساده که قابلیت شناسایی زودهنگام بیماری آلزایمر در مراحل خفیف این بیماری و حتی در مرحله اختلالات شناختی خفیف را داشته باشند، مورد توجه جدی قرار گیرد. به همین دلیل با توجه به یافته‌های مطالعات انجام شده در سال‌های اخیر، آنالیز الگوی راه رفتن به عنوان یکی از این

www.SID.ir

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

Archive of SID

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

روش‌های نوین غیر تهاجمی، سریع و کم‌هزینه برای شناسایی و ارزیابی بیماری آلزایمر پیشنهاد شده است.

همان‌طور که در فوق اشاره شد، بیماری آلزایمر و سایر انواع دمانس عموماً به عنوان یک اختلال شناختی برجسته در نظر گرفته می‌شود، ولی در کنار کاهش توانایی شناختی فرد، شواهد موجود بر اساس مطالعات پیشین انجام شده نشان می‌دهد که اختلالات الگوی راه رفتن نیز در مراحل اولیه این بیماری دیده می‌شود. این اختلالات الگوی راه رفتن می‌تواند شامل کاهش سرعت راه رفتن، طول گام، فرکانس گام، و همچنین افزایش تغییرپذی الگوی راه رفتن افراد باشد. علاوه بر ارتباط میان اختلالات شناختی با الگوی راه رفتن، اختلالات کارکردی افراد با کاهش سرعت راه رفتن، افزایش تغییرپذیری چرخه راه رفتن (Gait Cycle Variability)، افزایش زمین‌خوردن فرد و هم‌چنین کاهش توانایی فرد در انجام فعالیت‌های پیچیده حرکتی ارتباط دارد [۵]. حتی بررسی‌های پیشین انجام شده نشان می‌دهد که در انجام فعالیت راه رفتن دوگانه (Dual task walking) که همراه با یک فعالیت ذهنی مانند شمارش اعداد است، اختلالات در افراد سالمند نسبت به افراد جوان، افراد با سابقه زمین‌خوردن نسبت به افرادی که زمین نخورده‌اند و هم‌چنین افراد با اختلالات شناختی نسبت به افراد سالم بدون اختلالات شناختی بیش‌تر بوده است. مطالعات مبتنی بر تصویربرداری مغزی نیز شواهد نرولوژیکی را برای ارتباط میان الگوی راه رفتن و وضعیت شناختی افراد در مطالعات پیشین نشان داده است. در مطالعه انجام شده توسط Maluin و همکاران که به‌وسیله تصویربرداری با دستگاه PET از مغز افراد مورد مطالعه انجام شده بود، حکایت از افزایش فعالیت در بخش‌های مغزی مرتبط با سطوح بالایی قشر مغز مانند ناحیه هیپوکامپال، که از نظر کارکردی با بخش‌هایی مرتبط است که ناحیه بسیار مهمی برای توانایی‌های کارکردی و حرکتی فرد هستند، با فعالیت راه رفتن و سایر فعالیت‌های فیزیکی روزانه در افراد سالمند دارد. این نواحی مرتبط با توانایی‌های کارکردی از جمله نواحی مغزی هستند که در نتیجه بیماری آلزایمر و سایر انواع دمانس تحت تأثیر قرار می‌گیرند [۶]. علاوه بر این در مطالعه دیگری که توسط Nakamura و همکارانش انجام شد، نتایج به‌دست آمده نشان داد که میان کاهش جریان خون در نواحی خاصی از مغز در مدت زمان معین و کاهش تغییرپذیری طول گام در افراد با بیماری آلزایمر ارتباط وجود دارد [۷].

با توجه به یافته‌های مطالعات پیشین که نشان می‌دهد که میان توانایی شناختی و اختلالات الگوی راه رفتن ارتباط مستقیم وجود دارد، توجه ویژه‌ای به مطالعه بر روی گروه‌های سالمند با اختلالات شناختی خفیف (Mild Cognitive Impairment, MCI) و گروه سالمندان با بیماری آلزایمر برای بررسی این موضوع توسط محققین در سال‌های اخیر برای تشخیص و ارزیابی بیماری آلزایمر به‌وسیله آنالیز الگوی راه رفتن به عنوان ابزاری نوین در کنار سایر روش‌های تشخیص برای این بیماری شده است.

با وجود استفاده آسان و گسترده از روش‌های ارزیابی مبتنی بر مشاهده حضوری برای شناسایی بیماری آلزایمر با استفاده از آنالیز الگوی راه رفتن و سایر فعالیت‌های روزمره زندگی، این روش‌ها، ضمن زمان‌بر بودن، دارای دقت و حساسیت کم در سنجش و ارزیابی دقیق افراد خواهد بود و هم‌چنین عمدتاً توانایی آن‌ها به اطلاعات کلی محدود می‌شود. در مقابل ابزارهای تکنولوژیکی مبتنی بر سنسورها و فناوری اطلاعات، امکان مانیتورینگ افراد را برای ارزیابی عملکرد به‌صورت دقیق و خاص فراهم کرده است. این ابزارها با فراهم کردن امکان ضبط کامل و دقیق فعالیت‌های افراد، امکان شناسایی اختلالات شناختی ناشی از بیماری‌هایی مانند بیماری آلزایمر را فراهم می‌کنند [۸]. بنابراین در این مقاله مروری کاربرد ابزارهای نوین مبتنی بر سنسورها و فناوری اطلاعات برای آنالیز الگوی راه رفتن در حوزه بیماری آلزایمر از جنبه‌های مختلف مانند رابطه میان راه رفتن و بیماری آلزایمر، ابزارها و سنسورهای قابل استفاده، الگوریتم‌های آنالیز داده‌ها با روش‌های مبتنی بر آمار توصیفی و یادگیری ماشین و ... به‌طور جامع مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مطالعه تمرکز اصلی بر ابزارهایی است که بتوانند به تشخیص بیماری آلزایمر و تفکیک گروه‌های مختلف سالم، MCI و AD بپردازند.

در این مقاله مروری، در ابتدا پس از بیان مقدمه، روش مطالعه برای یافتن مقالات و پژوهش‌های مرتبط با موضوع بررسی خواهد شد. سپس در بخش الگوی راه رفتن و آلزایمر، ارتباط میان راه رفتن و بیماری آلزایمر در افراد سالمند بررسی می‌شود. در بخش‌های بعدی مطالعات پیشین از نظر نوع سنسورها، ویژگی‌های استخراجی از راه رفتن برای تشخیص زودهنگام بیماری آلزایمر و روش‌های آنالیز مطالعات پیشین بررسی می‌شود. در بخش آخر نیز در قسمت بحث و نتیجه‌گیری مرور کلی بر یافته‌های پیشین، چالش‌ها و چشم‌انداز مطالعات آینده خواهد شد.

مواد و روش‌ها

مقاله حاضر یک مقاله مروری است که به بررسی پژوهش‌های پیشین که در زمینه شناسایی بیماری آلزایمر با استفاده از آنالیز الگوی راه رفتن افراد سالمند با کمک ابزارهای نوین حوزه فناوری اطلاعات انجام شده است، می‌پردازد.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

یافته‌های این مقاله بر اساس پژوهش‌های منتشر شده در پایگاه‌های اطلاعاتی Google Scholar، Pubmed، IEEE، Springer و Elsevier صورت گرفته است. از کلمات کلیدی انگلیسی Alzheimer، Gait، Walking، Mild Cognitive Impairment (MCI)، Detection، Diagnose به‌صورت ترکیب‌های مختلف و بر اساس جست‌وجو در عنوان، چکیده و کلمات کلیدی پژوهش‌های منتشر شده به‌صورت مقالات ژورنال و کنفرانس برای یافتن پژوهش‌های پیشین استفاده شده است. تنها از مقالاتی که پژوهشی بوده‌اند برای بررسی مقاله حاضر استفاده شده است و مقالاتی که به‌صورت مروری بوده‌اند، از مقاله مروری حاضر حذف شده‌اند. هم‌چنین پس از دست‌یابی به پژوهش‌های پیشین، تنها مقالاتی که با هدف شناسایی بیماری آلزایمر با استفاده از ابزارهای تکنولوژیکی مانند انواع سنسورها به آنالیز الگوی راه رفتن پرداخته بودند، برای بررسی نهایی انتخاب شده‌اند. هم‌چنین مقالاتی که با اهداف دیگری غیر از شناسایی بیماری آلزایمر مانند اهداف توان‌بخشی و ... در افراد با بیماری آلزایمر نیز انجام شده بودند، از پژوهش حاضر حذف شده‌اند. به‌طور کلی پس از انجام جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعاتی اشاره شده در فوق و اعمال معیارهای لازم برای انتخاب مقالات واجد شرایط برای پژوهش مروری حاضر، تعداد ۲۶ مقاله انتخاب شدند. به‌طور کلی بررسی مقالات انتخابی نشان داد که این مقالات در سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۸ انجام شده بودند. جدول (۱) مقالات انتخابی برای پژوهش مروری حاضر را که پس از فیلتر کردن مقالات پیشین بر اساس معیارهای اشاره شده در فوق انجام شده بود، نشان می‌دهد. این جدول در کنار هدف کلی مطالعات پیشین، نوع ابزار استفاده شده برای ثبت تست‌های راه رفتن را به همراه نوع تست راه رفتن استفاده شده برای هر مطالعه بیان می‌کند.

بررسی ارتباط الگوی راه رفتن و بیماری آلزایمر

برخلاف تعریف ساده "Gait" به عنوان یک روش راه رفتن، این الگوی راه رفتن ویژگی‌های خاصی از ساختار بدنی و فیزیولوژیکی شخص هستند که با توجه به عملکرد بخش‌های مختلف مغزی و فیزیکی بدن شخص و با توجه به عواملی مانند سن، بیماری، وزن شخص، طول اندام‌ها، وسیله پوشیده شده برای پا (کفش) و وضعیت حرکات بخش‌های مختلف بدن در افراد تغییر می‌کند [۳۶]. بنابراین راه رفتن شامل عملکرد بخش‌های مختلفی از سیستم حرکتی مانند موقعیت‌شناسی، توجه و برنامه‌ریزی در انجام فعالیت‌ها و حرکت شخص است. نقص در این بخش‌ها از سیستم می‌تواند منجر به اختلال و تغییرات در عملکردهای حرکتی فرد و تغییر الگوی راه رفتن آن‌ها از حالت نرمال شود که این تغییرات می‌تواند نشانگرهایی برای وجود اختلالات شناختی در افراد به‌خاطر بیماری‌هایی مانند بیماری آلزایمر باشد [۳۷]. فرآیند راه رفتن ترکیبی از یک مجموعه سلسله مراتبی ساخته شده از چرخه راه رفتن ((Gait Cycle (Stride) است. یک چرخه راه رفتن برای یک پا از زمین شامل برخورد متوالی پاشنه یک پا با زمین تعریف می‌شود. شکل ۱ به‌طور نمونه مراحل مختلف برای تولید یک چرخه راه رفتن نرمال را نشان می‌دهد [۳۸]. هر چرخه راه رفتن از دو بخش (فاز اصلی) ایستادن و تغییر حالت (چرخش) ساخته می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود، بخش‌های مختلفی از اندام‌های فرد در شکل‌گیری این چرخه راه رفتن نقش دارند. بنابراین در صورت بروز اختلالات شناختی، عملکرد این بخش‌های مختلف ممکن است دچار تغییرات شوند [۳۷]. مطالعات مختلف انجام شده نشان می‌دهد که تغییرات در الگوی راه رفتن می‌تواند به عنوان ویژگی‌هایی برای تشخیص زودهنگام بیماری آلزایمر و طبقه‌بندی افراد سالم و گروه‌های با بیماری افراد سالمند استفاده شود [۱۰،۱۱،۲۲،۳۷،۳۹].

در سال‌های اخیر، تحقیقات بر روی یافتن نشانگرهای مختلف در راه رفتن برای افراد با بیماری آلزایمر در مراحل اولیه بیماری افزایش یافته و توجه‌ای ویژه به رابطه بین سیستم کارکردی افراد مانند فعالیت راه رفتن با بیماری آلزایمر و سایر انواع دمانس شده است [۳۱]. به‌طور مثال مطالعات انجام گرفته نشان می‌دهد که به‌طور کلی افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم بسیار آرام‌تر قدم برداشته و احتمال زمین خوردن نیز در آن‌ها بیش‌تر است. هم‌چنین اختلالات در الگوی راه رفتن افراد بیمار در مراحل اولیه بیماری نیز مشاهد شده و به عنوان یک نشانگر فرآیند پیشرفت بیماری از مرحله MCI به مرحله AD است. مطالعه الگوی راه رفتن برای ارزیابی بیماری آلزایمر، به‌صورت تست‌های راه رفتن یگانه (Single task walking) و راه رفتن دوگانه با یک فعالیت ذهنی صورت می‌گیرد. در تست‌های دوگانه در مقایسه با تست‌های یگانه، ضمن راه رفتن فرد، از فرد خواسته می‌شود تا یک فعالیت ذهنی مانند شمارش معکوس اعداد نیز انجام دهد. در این شرایط، تأثیر سیستم حواس بر روی عملکرد فرد بهتر قابل ارزیابی است [۴۰]. افراد با شرایط MCI و AD در هنگام انجام تست دو فعالیته، معمولاً اختلالات قوی‌تر و علائم برجسته‌تری را نسبت به حالت تک فعالیته در الگوی راه رفتن خود نشان می‌دهند. فعالیت‌های مختلف ذهنی به عنوان فعالیت دوم معمولاً در تست‌ها استفاده می‌شود. از جمله این فعالیت‌ها می‌توان به شمردن برعکس، تست روانی کلام (گفتار) (Verbal fluency) یا خواندن حروف متناوب الفبا (Reciting alternate letters of the alphabet) اشاره کرد. این تست‌های دوگانه به‌طور کلی

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

منجر به افزایش تلاش در سیستم فعالیت دو منظوره با توجه به فشار ذهنی بیش‌تر افراد مورد آزمایش شده و حساسیت ارزیابی الگوی راه رفتن را افزایش می‌دهند. با توجه به سالمند بودن افراد تست شمارش معکوس اعداد معمولاً مناسب‌تر از سایر انواع فعالیت‌های ذهنی دوم است [۱۴،۲۶،۳۱]. بررسی مطالعات طولانی‌مدت بر روی گروه‌های مختلف با بیماری آلزایمر نشان می‌دهد که افراد با بیماری آلزایمر و سایر انواع دمانس از نظر شناختی و کارکردی در دوره طولانی‌مدت دچار کاهش و ضعف در کارکرد می‌شوند. راه رفتن افراد با سرعت متوسط و معمولی نیز به عنوان یک عملکرد فیزیکی تحت تأثیر تغییرات کاهنده شناختی در درازمدت قرار گرفته و کاهش می‌یابد. بنابراین تغییرات سرعت می‌تواند به عنوان یک نشانگر قوی برای کاهش وضعیت شناختی افراد در طی زمان نیز باشد [۲۹،۳۰].

ابزارها و سنسورهای ثبت راه رفتن

یکی از مسائل مهم در مطالعات انجام شده در شناسایی زودهنگام بیماری آلزایمر و تفکیک گروه‌های مختلف سالم و بیمار از هم به کمک آنالیز راه رفتن، سنسورها و ابزارهای سخت‌افزاری برای ثبت اطلاعات راه رفتن و سایر فعالیت‌های فیزیکی افراد مورد مطالعه است. علاوه بر روش‌ها و الگوریتم‌های پردازش داده‌ها، سخت‌افزار و سنسورهای نیز در شناسایی زودهنگام بیماری آلزایمر با استفاده از الگوی راه رفتن افراد سالمند نقش ویژه‌ای دارند. به‌طور کلی انواع سیستم‌های ثبت الگوی راه رفتن را می‌توان به دو دسته کلی سنسورهای پوشیدنی (نصب بر روی بدن) و سنسورهای غیرپوشیدنی (نصب در محیط) تقسیم کرد [۴۱،۴۲].

در روش‌های آنالیز راه رفتن با استفاده از سنسورهای پوشیدنی، سنسورهای حرکتی بر روی بخش‌های مختلف بدن بیمار مانند پاها، مچ پا، مفاصل ران و ... نصب می‌شوند. این سنسورها ممکن است از نوع شتاب‌سنج، زاویه‌سنج، سنسورهای فشار، جهت‌سنج و ... باشند که می‌توانند ویژگی‌های مختلف الگوی راه رفتن فرد را اندازه‌گیری کنند. برای اندازه‌گیری دقیق و کامل ویژگی‌های راه رفتن معمولاً از سیستم‌های مرکب از چند نوع سنسور پوشیدنی استفاده می‌شود [۴۱،۴۲]. شکل ۲-الف نمونه‌ای از سنسور پوشیدنی که بر روی بدن فرد نصب شده را نشان می‌دهد. این سیستم ثبت راه رفتن شامل سنسورهای شتاب‌سنج و ژیروسکوپ است که اطلاعات راه رفتن مربوط به اندام‌های پا را با توجه به تغییرات شتاب و زاویه آن‌ها در هنگام فرآیند راه رفتن به‌صورت سیگنال ثبت کرده و در یک حافظه داخلی ذخیره می‌کنند. نوع دیگری از سنسورهای پوشیدنی که در سال‌های اخیر به‌دلیل تمرکز بر روی بخش خاصی از اندام‌ها، مورد توجه قرار گرفته است، دوربین‌های پوشیدنی (نصب شده بر روی اندام فرد) هستند. اگر چه سنسورهای بینایی راه‌حل مناسب و عملیاتی‌تری را برای ثبت راه رفتن افراد نسبت به سایر روش‌های مبتنی بر سنسورهای غیربینایی پوشیدنی مانند شتاب‌سنج‌ها و ... فراهم می‌کنند، اما عمده مطالعات و روش‌های تحلیل راه رفتن با استفاده از سنسورهای پوشدنی غیربینایی انجام شده است. زیرا سنسورهای غیربینایی اطلاعاتی را به‌طور مستقیم از تغییرات در مفاصل فرد برای آنالیز راه رفتن ارائه می‌دهند [۴۳]. شکل ۲-ب نمونه‌ای از یک سیستم ثبت راه رفتن با کمک دوربین پوشیدنی که بر روی کفش فرد هنگام راه رفتن نصب شده و توسط Do و همکاران ساخته شده است را نشان می‌دهد [۴۴]. این سیستم با ثبت محل برخورد پا با سطح زمین به کمک تصاویر ثبت شده به‌وسیله دوربین نصب شده بر روی کفش فرد، ویژگی‌های مختلفی از راه رفتن مانند طول گام و ... را با کمک تعیین محل برخورد به‌وسیله نوار درجه‌بندی شده بر روی سطح زمین تعیین می‌کنند.

همان‌طور که در فوق اشاره شد، دسته دوم سیستم‌های ضبط و تحلیل الگوی راه رفتن مبتنی بر سنسورهای غیرپوشیدنی است. این سیستم‌ها به دو دسته کلی سنسورهای نصب در کف و سیستم‌های مبتنی بر پردازش تصویر با نصب دوربین در محل تقسیم می‌شوند. در سیستم‌های مبتنی بر سنسورهای نصب در کف، شبکه‌ای از سنسورها بر روی یک مسیر مشخص و محدود به صورت یک نوار برای راه رفتن نصب شده و به هنگام گام برداشتن شخص بر روی این نوار سنسوری، پارامترهای مختلف الگوی راه رفتن مانند فاصله گام‌ها، زمان لازم برای طی مسافت، سرعت قدم برداشتن و ... با توجه به حس شدن فشار کف پای افراد به‌وسیله سنسورها، محاسبه می‌شود. شکل ۳ نمونه‌ای از این سیستم ثبت الگوی راه رفتن به‌وسیله سیستم سنسورهای نصب شده در کف زمین که به عنوان سیستمGaitRite شناخته می‌شود، را نشان می‌دهد. این سیستم شامل شبکه‌ای از سنسورهای فشارسنج است که در کف زمین برای یک مسیر مشخص با طول محدود نصب شده و محل برخورد پا با سطح زمین را درنتیجه فعال شدن این سنسورها تعیین می‌کند. هم‌چنین با کمک دوربین فرآیند انجام فعالیت برای آنالیزهای بعدی ثبت می‌شود. اطلاعات مربوط به فعال شدن شبکه سنسورها به کامپیوترهایی متصل به این شبکه سنسورها، برای پردازش‌هایی با نرم‌افزارهای مربوطه برای تعیین ویژگی‌هایی مانند طول گام، طول چرخه راه رفتن و ... منتقل می‌شود [۴۵]. نوع دوم سیستم‌های غیرپوشیدنی مانیتورینگ و تحلیل راه رفتن افراد، مبتنی بر سیستم‌های تصویربرداری و پردازش تصویر با استفاده از دوربین‌های نصب شده در محیط است. سیستم‌های آنالیز راه رفتن غیرپوشیدنی مبتنی بر پردازش تصویر را می‌توان به دو دسته دوربین‌های

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

رنگی (RGB) و سیستم‌های تصویربرداری عمق (RGBD) تقسیم کرد. در سیستم‌های پردازش تصویر با روش دوربین‌های غیرپوشدنی (نصب دوربین در محیط)، مانند سیستم‌های دوربین RGB، با نصب یک یا چند دوربین در یک مکان مشخص می‌توان به‌طور آزادانه و بدون وجود محدودیت بر روی بدن فرد، راه رفتن فرد را ثبت کرده و سپس تصاویر ضبط شده به‌وسیله سیستم‌های پردازش تصویر آنالیز شوند [۴۲،۴۶]. دسته دوم سیستم‌های ثبت و تحلیل راه رفتن افراد مبتنی بر بینایی ماشین، با استفاده از دوربین‌های عمق(RGBD) انجام می‌شود. یکی از انواع دوربین‌های عمقی که در مطالعات مختلفی مانند بازشناسی افراد، آنالیز الگوی راه رفتن و فعالیت‌های فیزیکی و ... استفاده می‌شود، تحت عنوان دوربین‌های کینکت (Kinect) توسط شرکت مایکروسافت ارائه شده است. دست‌یابی به تصاویر سه‌بعدی با استفاده از سنسورهای عمق، نسبت به تخمین تصاویر سه‌بعدی با استفاده از چند دوربین معمولی، به مراتب راحت‌تر است. هم‌چنین سنسورهای عمق برخلاف سنسورهای معمولی ضبط تصویر، تحت تأثیر عوامل محیطی مانند نورپردازی محیط قرار نمی‌گیرند. هم‌چنین با تعداد فریم کم‌تری حدود ۱۵ فریم در ثانیه نیز تقریباً همه فعالیت‌های انسانی قابل شناسایی هستند. به همین دلیل در سیستم‌های تحلیل الگوی راه رفتن جدید، از دوربین‌های عمقی کینکت با قابلیت تفکیک بالا و دارای اطلاعات مختلف مانند تصاویر رنگی، تصاویر عمق و تصاویر اسکلتی استفاده می‌شود [۴۳،۴۷]. شکل ۴ نمونه‌ای از یک سیستم ثبت راه رفتن به‌وسیله دوربین کینکت به همراه انواع تصاویر به‌دست آمده به‌وسیله این نوع دوربین‌ها را نشان می‌دهد. این سیستم ثبت با استفاده از یک نوع دوربین عمق مانند دوربین کینکت که توسط شرکت مایکروسافت ارائه شده است، در کنار تصاویر رنگی، تصاویر عمق را که تصاویری با رنگ مختلف هستند و تغییرات رنگ با توجه به فاصله افراد و اشیاء از دوربین تغییر می‌کند و هم‌چنین تصاویری از مفاصل بدن فرد که به عنوان تصاویر اسکلتی شناخته می‌شود، می‌تواند تولید کند. در جدول ۱ به‌طور خلاصه مجموعه‌ای از فعالیت‌های متنوع راه رفتن و هم‌چنین انواع سخت‌افزارهایی که در مطالعات پیشین که برای شناسایی زودهنگام و ارزیابی بیماری آلزایمر استفاده شده بود، جهت مقایسه و بررسی آورده شده است.

جدول۱. مطالعات انتخاب شده از میان مطالعات پیشین برای پژوهش مروری حاضر که بر اساس فیلترهایی مانند مطالعاتی که به شناسایی و ارزیابی بیماری آلزایمر با استفاده از فناوری سنسورها و روش‌های آنالیز آمار توصیفی و هوش مصنوعی پرداخته‌اند، انتخاب شده‌اند. این جدول مطالعات پیشین انتخابی را از نظر هدف کلی مطالعه، جمعیت-شناسی، نوع تست و ابزار مورد استفاده برا ی ثبت راه رفتن برای مقایسه نشان می‌دهد.

نویسندگان	مرجع	هدف کلی مطالعه	جمعیت مطالعه				نوع تست راه رفتن	ابزار و سنسورهای ثبت
			سالم	اختلالات خفیف	آلزایمر	سایر دمانس		
Webster et al	[۹]	بررسی تغییرات در الگوی راه رفتن افراد با بیماری آلزایمر	۱۰	-	۱۰		راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و حداکثر	GaitRite
Merory et al	[۱۰]	بررسی تفاوت در الگوی راه رفتن افراد مبتلا به آلزایمر و دمانس DLB	۱۰	-	۱۰	۱۰	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی	GaitRite
Beauchet et al	[۱۱]	بررسی تغییرات الگوی راه رفتن در راه رفتن با سرعت بالا به عنوان نشانگر افراد با MCI	۴۴	۳۹	۳۳	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و حداکثر سرعت	GaitRite
Ries et al	[۱۲]	بررسی قابلیت اعتماد و تکرارپذیری تست‌های مختلف راه رفتن برای افراد با بیماری آلزایمر با شدت بیماری متفاوت	-	-	۵۱	-	راه رفتن تک فعالیته با حداکثر سرعت و تست TUG	GaitRite, Watch
Gillain et al	[۱۳]	بررسی سیستم اندازه‌گیری Locometrix برای آنالیز راه رفتن افراد با بیماری آلزایمر و مقایسه قابلیت آن با تست‌های کلینیکی	۱۴	۱۴	۶	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و حداکثر سرعت و راه رفتن دوفعالیته با سرعت معمولی و حداکثر به همراه شمارش معکوس اعداد	Accelerometer
Maquet et al	[۱۴]	طبقه‌بندی افراد سالم، MCI و AD بر اساس ویژگی‌های تست‌های یگانه و دوگانه راه رفتن و مقایسه نتایج حاصل از تست‌ها	۱۴	۱۴	۶	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و راه رفتن دوفعالیته با سرعت معمولی به همراه شمارش معکوس اعداد	Accelerometer
Choi et al	[۱۵]	مقایسه الگوی راه رفتن در افراد AD، MCI و NC برای تست طولانی ۲۵ متر و با سرعت معمولی	۶	۷	۱۰	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی	Accelerometer

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

نویسندگان	مرجع	هدف کلی مطالعه	جمعیت مطالعه				نوع تست راه رفتن	ابزار و سنسورهای ثبت
			سالم	اختلالات خفیف	آلزایمر	سایر دمانس		
Muir et al	[۱۶]	طبقه‌بندی افراد سالم، MCI و AD بر اساس ویژگی‌های تست‌های یگانه و سه نوع تست دوگانه مختلف راه رفتن و مقایسه نتایج	۲۲	۲۹	۲۳	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و راه رفتن دوفعالیته با سرعت معمولی به همراه شمارش معکوس اعداد و نام بردن حیوانات	GaitRite
Chung et al	[۱۷]	آنالیز الگوی راه رفتن افراد سالمند بوسیله سنسور شتاب‌سنج سه محوره به منظور شناسایی بیماری آلزایمر	۳	-	۹	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و راه رفتن دوفعالیته با سرعت معمولی به همراه شمارش معکوس اعداد	Accelerometer
Cedervall et al	[۱۸]	مطالعه طولانی مدت(دوساله) تغییرات الگوی راه رفتن برای افراد مبتلا به MCI	-	-	۲۱	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و راه رفتن دوفعالیته با سرعت معمولی به همراه نام بردن حیوانات	Optical sensor
Boripuntakul et al	[۱۹]	بررسی تغییرات ویژگی‌های زمان- مکانی در بخش اولیه فرایند راه رفتن در افراد با اختلالات شناختی ملایم (MCI) در فعالیت یگانه و دوگانه راه رفتن با فعالیت ذهنی	۳۰	۳۰	-	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و راه رفتن دوفعالیته با سرعت معمولی به همراه شمارش معکوس اعداد	GaitRite
Wang et al	[۲۰]	تفکیک افراد سالم و افراد با بیماری آلزایمر بوسیله آنالیز راه رفتن به کمک سنسورهای پوشیدنی	۳۰	-	۳۰	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و راه رفتن دوفعالیته با سرعت معمولی به همراه شمارش معکوس اعداد	Gyroscope, Accelerometer
Hsu et al	[۲۱]	آنالیز تعادل و راه رفتن بوسیله سنسورهای پوشیدنی برای تفکیک افراد سالم و بیمار	۵۰	-	۲۱	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و راه رفتن دوفعالیته با سرعت معمولی به همراه شمارش معکوس اعداد	Gyroscope
Gras et al	[۲۲]	مقایسه عملکرد افراد سالم، MCI وAD در تست‌های مختلف راه رفتن یگانه با شرایط مختلف راه رفتن	۱۳	-	۱۳	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و حداکثر سرعت و تست TUG	GaitRite
Akl et al	[۲۳]	تخمین نمودار توزیع سرعت راه رفتن افراد در طول روز در خانه برای شناسایی افراد MCI	۷۹	۱۸	-	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی	Motion sensors on ceiling
Gillain et al	[۲۴]	بررسی سرعت راه رفتن و تغییرات در راه رفتن به عنوان نشانگرهایی برای خطر ابتلا به آلزایمر برای افراد با MCI	-	۴	۹	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و راه رفتن دوفعالیته با سرعت معمولی به همراه شمارش معکوس اعداد	Accelerometer
Wang et al	[۲۵]	مقایسه مدل راه رفتن در حالت تک فعالیته و دوفعالیته برای افراد سالم و افراد با بیماری آلزایمر بوسیله مدلسازی الگوی راه رفتن با مدل مخفی مارکوف	۶۴	-	۴۲	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و راه رفتن دوفعالیته با سرعت معمولی به همراه شمارش معکوس اعداد	Gyroscope, Accelerometer
Rucco et al	[۲۶]	استخراج ویژگی‌های مختلف کینماتیک و ویژگی‌های زمان- مکان از تصاویر ثبت شده با دوربین‌های مادون قرمز از راه رفتن افراد در تست‌های یگانه و دوگانه و مقایسه نتایج با هم	۲۰	-	۲۲	۲۳	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و راه رفتن دوفعالیته با سرعت معمولی به همراه شمارش معکوس اعداد	Camera
Borges et al	[۲۷]	بررسی ارتباط میان جابجایی کارکردی(راه رفتن) و عملکرد شناختی در افراد سالمند با اختلالات شناختی بوسیله تست‌های TUG ساده و TUG همراه با فعالیت ذهنی	۳۶	۴۲	۲۶	-	تست TUG تک‌فعالیته و دوفعالیته همراه با فعالیت ذهنی	Watch
Montero-Odasso et al	[۲۸]	مطالعه طولانی مدت شش ساله تغییرات ویژگی-های مکان- زمانی الگوی راه ر فتن و فرآیند تغییرات شدت بیماری افراد MCI	-	۱۱۲	-	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و راه رفتن دوفعالیته با سرعت معمولی به همراه شمارش معکوس اعداد و نام بردن حیوانات	GaitRite

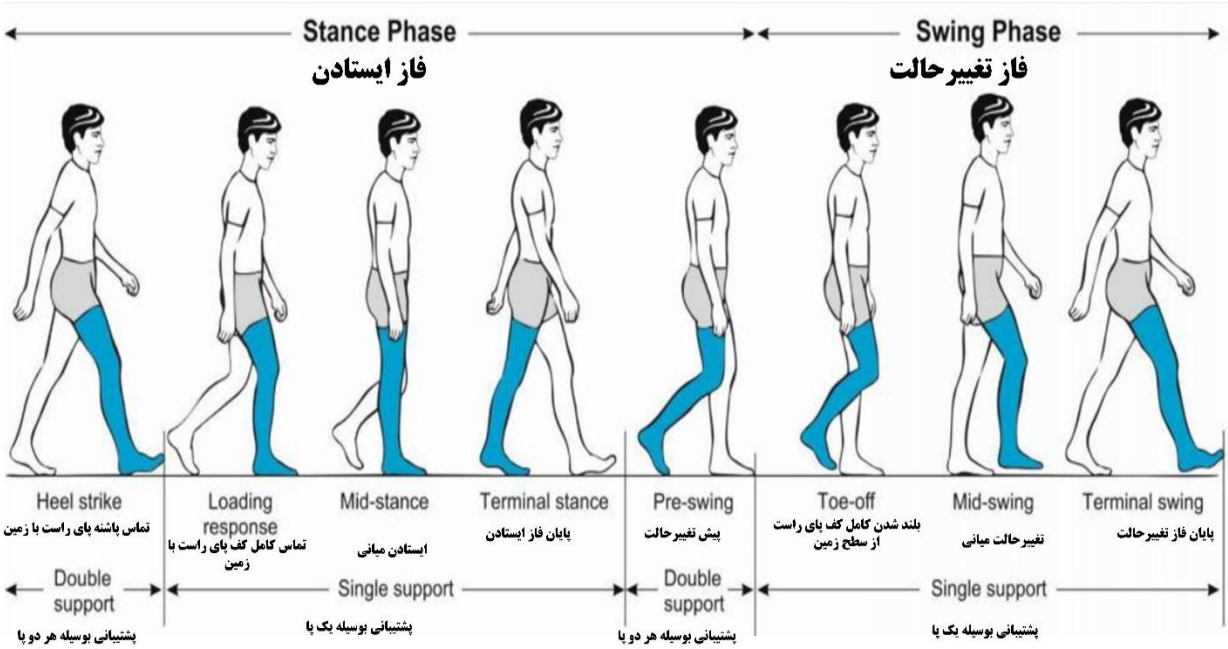
www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

نویسندگان	مرجع	هدف کلی مطالعه	جمعیت مطالعه				نوع تست راه رفتن	ابزار و سنسورهای ثبت
			سالم	اختلالات خفیف	آلزایمر	سایر دمانس		
Taylor et al	[۲۹]	بررسی تغییرات در سرعت راه رفتن افراد با تغییر وضعیت شناختی افراد مبتلا به بیماری آلزایمر در یک دوره یکساله	-	-	۱۷۷	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و تست TUG	Watch
MacAulay et al	[۳۰]	مقایسه راه رفتن افراد سالم و MCI در طول یک مسیر آزاد در راهرو در تست‌های یگانه و دوگانه	۲۷	۳۴	-	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و راه رفتن دوفعالیته با سرعت معمولی به همراه هجای برعکس یک کلمه	Watch
König et al	[۳۱]	استفاده از سیستم شتاب‌سنج نصبی بر روی بیمار به منظور مقایسه الگوی راه رفتن افراد سالم، AD و MCI و تفکیک آن‌ها	۲۲	۲۴	۲۳	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی و راه رفتن دوفعالیته با سرعت معمولی به همراه شمارش معکوس اعداد	Accelerometer
Varatharajan	[۳۲]	طبقه‌بندی افراد سالم و AD با روش DTW و به کمک داده‌های ثبت شده از راه رفتن افراد در تست‌های یگانه و تبدیل داده‌ها به سری زمانی	۱۵۰	-	۱۷۳	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی	Accelerometer
Callisaya et al	[۳۳]	بررسی ارتباط میان سرعت راه رفتن در حالت راه رفتن با سرعت دلخواه، و راه رفتن با حداکثر سرعت و ویژگی اختلاف میان سرعت‌های دلخواه و حداکثر با وضعیت شناختی افراد سالمند	۳۲۱	۲۵۲	۱۰۸	-	راه رفتن تک فعالیته با حداکثر سرعت	GaitRite
Hausdorff et al	[۳۴]	بررسی ارتباط میان مدت زمان و کیفیت الگوی راه رفتن افراد سالمند با مرحله اختلالات شناختی MCI	۱۰۰	۳۶	-	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی	Accelerometer
Ardlea et al	[۳۵]	بررسی آنالیز راه رفتن در محیط‌های چندگانه کلینیکی و خانه افراد سالمند به منظور شناسایی بیماری آلزایمر	۵۵	-	۱۷	-	راه رفتن تک فعالیته با سرعت معمولی	Accelerometer

NC (No Cognitive Impairment), MCI(Mild Cognitive Impairment), AD(Alzheimer Disease), DLB(Dementia with Lewy Bodies), DTW(Dynamic Time Warping)

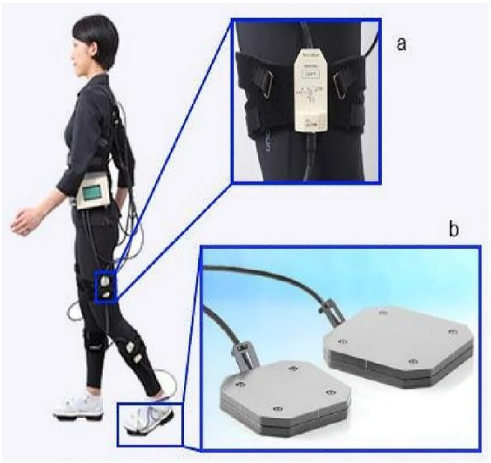


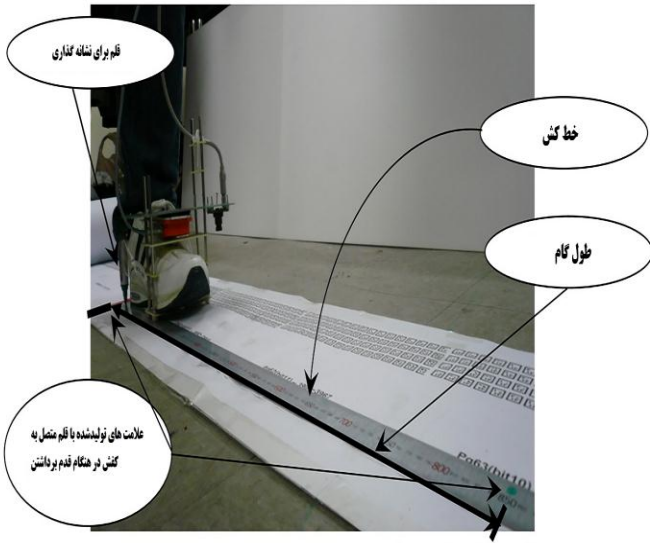
شکل۱. مراحل مختلف چرخه راه رفتن که شامل دو فاز ایستادن و فاز تغییر حالیت است. هر فاز خود شامل مراحل مختلفی با توجه به تغییر وضعیت پا در هنگام راه رفتن است[۳۸].

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

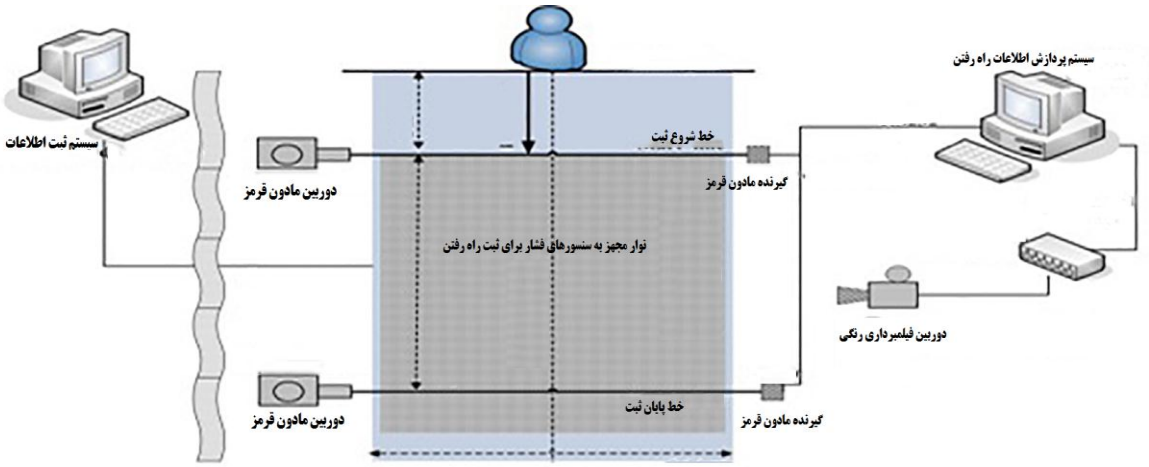




الف. سیستم ثبت راه رفتن با سنسورهای پوشیدنی که با نصب سنسورهای شتاب‌سنج و ژیروسکوپ بر روی بدن فرد، تغییرات پای فرد در هنگام راه رفتن را بصورت سیگنال ثبت کرده و سپس بصورت وایرلس به یک کامپیوتر منتقل یا در یک حافظه داخلی ذخیره می‌شود[۴۱، ۴۲]

ب. سیستم ثبت راه رفتن به کمک دوربین‌های پوشیدنی که بر روی پای فرد نصب شده و با راه رفتن فرد بر روی یک مسیر درجه‌بندی شده، محل برخورد پای فرد با این مسیر تصویربرداری شده و با کمک آنالیرهای پردازش تصویر محل برخورد پا در تصاویر مشخص می‌شود[۴۴]

شکل۲. نمونه‌هایی از سیستم‌های پوشیدنی ثبت راه رفتن که با استفاده از سنسورهای مختلف مانند سنسورهای شتاب‌سنج، ژیروسکوپ و دوربین‌های نصب بر روی بدن فرد به ثبت فعالیت راه رفتن فرد می‌پردازند.

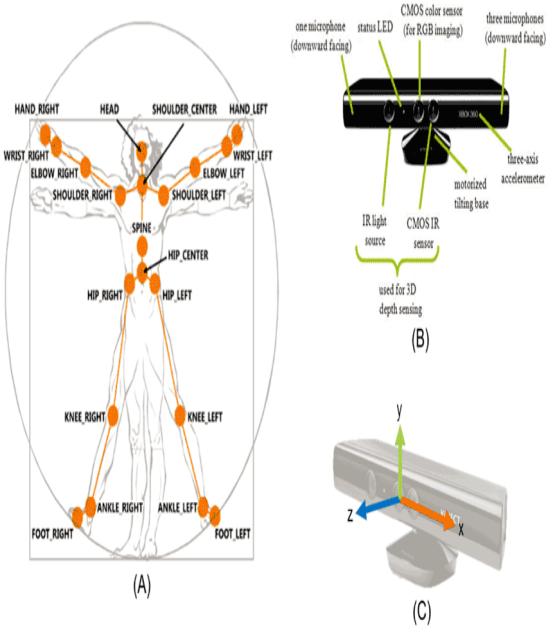


شکل۳. سیستم GaitRite برای ثبت راه ر فتن با کمک سنسورهای غیرپوشیدنی کف زمین که شامل یک مسیر مجهز به سنسورهای فشارسنج نصب شده در کف و همچنین دوربین‌هایی برای ثبت فعالیت راه رفتن و یک سیستم کامپیوتری برای انتقال اطلاعات ثبت شده به آن و پردازش آن‌ها می‌باشد [۴۵].

www.SID.ir

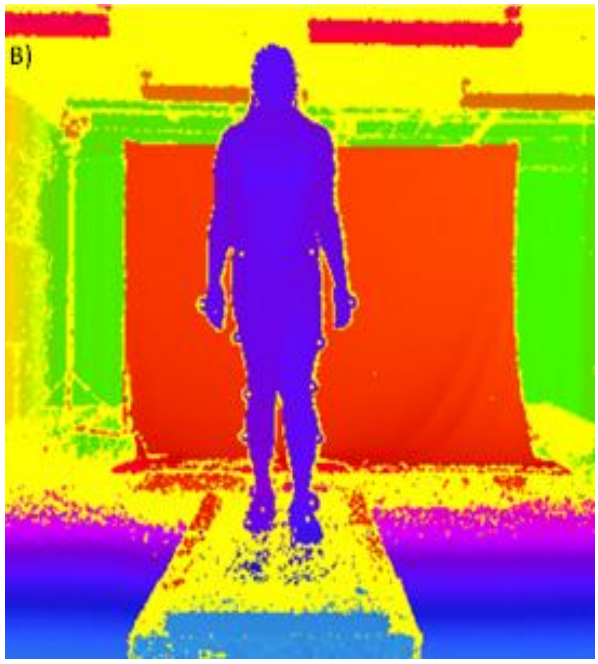
Archive of SID

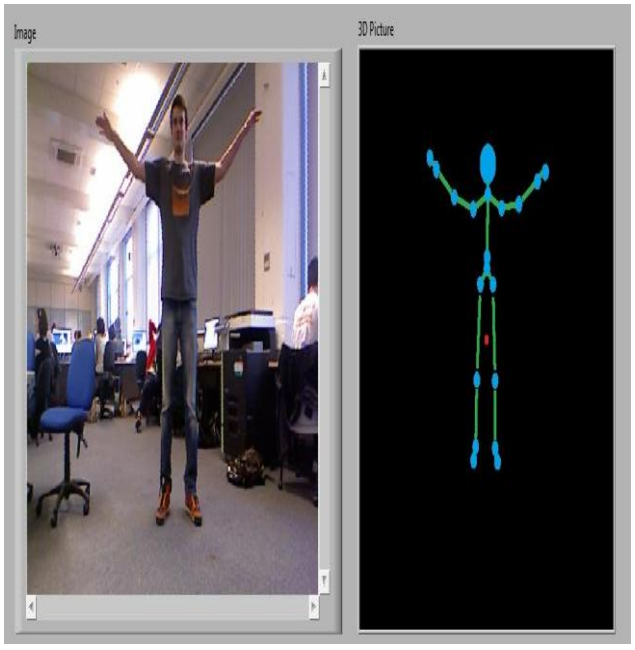
Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020



الف. دوربین کینکت به همراه نقاط اسکلتی قابل ثبت برای انسان که دارای بخش-های مختلفی مانند سنسورهای رنگی برای ثبت تصاویر رنگی، سنسورهای مادون-قرمز برای تعیین عمق و ساخت تصاویر عمق و ساخت تصاویر اسکلتی که حدود ۲۰ نقطه بوسیله دوربین نسخه اول و حدود ۲۵ نقطه توسط نسخه دوم از بدن انسان قابل ضبط است.

ب. تنظیمات دوربین کینکت در محیط برای ثبت که با توجه به محدودیت‌های فاصله‌ای برای دوربین کینکت باید در فاصله‌ای قرار گیرد که قابلیت ضبط اسکلت و تصاویر عمق نیز در کنار تصاویر رنگی فراهم باشد.





ج. تصاویر عمق بدست آمده با دوربین کینکت که با توجه به فاصله فرد و اشیاء مختلف از دوربین با رنگ‌های مختلف دیده می‌شوند.

د. تصاویر اسکلتی و رنگی بدست آمده با دوربین کینکت که تصاویر اسکلتی شامل مفاصل مختلف بدن فرد است.

شکل۴. سیستم ثبت راه رفتن با استفاده از دوربین عمق کینکت شرکت مایکروسافت با قابلیت ضبط سه نوع داده تصاویر رنگی، تصاویر عمق و داده‌های اسکلتی از مفاصل بدن فرد

نتایج

ویژگی‌های راه رفتن مرتبط با شناسایی زودهنگام و ارزیابی بیماری آلزایمر

بررسی نتایج حاصل از آنالیز الگوی راه رفتن در مطالعات پیشین، نتایج متنوعی را درباره ویژگی‌های استخراجی از راه رفتن گروه‌های مختلف سالمند سالم، MCI و بیمار AD نشان می‌دهد. یکی از برجسته‌ترین و عمومی‌ترین ویژگی‌های مورد مطالعه میان گروه‌های مختلف مورد بررسی در پژوهش‌های پیشین، سرعت راه رفتن فرد است. بررسی سرعت راه رفتن در مطالعات پیشین در تست‌های متنوعی از راه رفتن مانند راه رفتن

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

۱۰ متری با سرعت دلخواه، با سرعت زیاد، آزمون TUG، راه رفتن دوگانه با شمارش معکوس اعداد، راه رفتن دوگانه با آزمون کلامی نام بردن اشیاء بر روی گروه‌های مختلف سالم، MCI و ADصورت گرفته است. نتایج کلی نشان می‌دهد که سرعت راه رفتن در گروه‌های بیمار با درجه مختلف بیماری نسبت به افراد سالم، کم‌تر است. اگر چه در راه رفتن تک فعالیته اختلاف برجسته‌ای میان افراد سالم و افراد با MCI دیده نمی‌شود، ولی در فعالیت‌های دوگانه راه رفتن قابلیت تفکیک بین گروه‌های سالم، MCI و AD به مراتب با مقایسه سرعت راه رفتن بهتر مشهود است. در فعالیت‌های راه رفتن دوگانه به دلیل وجود یک فعالیت ذهنی به همراه راه رفتن، عملکرد شناختی افراد بر روی سیستم کنترل راه رفتن به‌طور برجسته‌تری تأثیر گذاشته و منجر به کاهش سرعت راه رفتن در گروه‌های با MCI نیز می‌شود [۲۹،۲۲،۱۶،۱۴،۱۳].

چرخه راه رفتن که به عناوین stride و Gait Cycle برای راه رفتن در انگلیسی شناخته می‌شود، از جمله بخش‌هایی از راه رفتن است که ویژگی‌های قابل توجهی از آن در مطالعات پیشین در حوزه آلزایمر استخراج شده است. فرآیند راه رفتن مجموعه‌ای از چرخه‌های متوالی است. یک چرخه کامل از فرآیند راه رفتن را از هنگام برخود پاشنه یک پا به کف زمین تا برخورد مجدد همان پاشنه پا با زمین تعریف می‌شود. در مطالعات آنالیز راه رفتن برای افراد سالمند در حوزه آلزایمر بسیاری از ویژگی‌های استخراجی از یک چرخه راه رفتن استخراج می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مدت زمان و طول چرخه راه رفتن نیز در فعالیت دوگانه نسبت به فعالیت یگانه در افراد با بیماری آلزایمر کاهش می‌یابد. هم‌چنین تفاوت در چرخه راه رفتن در حالت دوگانه نسبت به راه رفتن یگانه در افراد AD و MCI نسبت به افراد سالم به‌طور محسوس‌تری دیده می‌شود [۱۶،۱۵]. تفاوت در طول چرخه راه رفتن در افراد با MCI به خوبی نسبت به افراد سالم و AD دیده می‌شود [۲۶،۱۴،۱۳،۱۰]. اما عرض یک چرخه راه رفتن که به‌صورت فاصله عرضی بین دو کف پا در یک چرخه راه رفتن تعریف می‌شود، بین گروه‌های مختلف سالم، MCI و ADتفاوتی که منجر به تفکیک این گروه‌ها از هم شود، دیده نمی‌شود [۲۶]. فرکانس چرخه راه رفتن (Strid Frequency) که به‌صورت تعداد چرخه‌های راه رفتن در یک زمان مشخص و برای یک فاصله معین تعریف می‌شود، در افراد با MCI نسبت به افراد سالم کاهش می‌یابد. در افراد باAD نیز در فعالیت دوگانه نسبت به فعالیت یگانه راه رفتن کاهش چشمگیرتری دارد [۱۳،۱۴]. ویژگی‌های تقارن چرخه (Stride Symmetry)و نظم چرخه(Stride Regularity) که به ترتیب به‌صورت میزان تشابه بین چرخه پای راست و چپ و تشابه چرخه‌های پیاپی راه رفتن یک پا تعریف می‌شوند، در میان گروه‌های سالم و MCI و AD تفاوت دارند. تقارن چرخه در افراد سالم نسبت به افراد MCI و AD بیش‌تر است. اما میان گروه MCI و AD تفاوتی برجسته دیده نشده است [۱۳،۱۴]. اما برای ویژگی نظم چرخه راه رفتن، افراد با AD نسبت به افراد MCIو سالم کاهش زیادی دارد [۱۳]. بررسی ویژگی آماری استخراج شده ضرایب تغییرات برای زمان چرخه نیز برای گروه‌های مختلف مطالعه نتایج جالبی را به همراه دارد. اگر چه در راه رفتن با سرعت معمولی، ضرایب تغییرات زمان چرخه (Variation Coefficient of Gait Cycle) میان گروه‌های MCIو AD تفاوتی با هم نداشت ولی در حالت راه رفتن با سرعت زیاد این تفاوت برجسته می‌شود. هم‌چنین در راه رفتن با سرعت‌های مختلف میان گروه سالم و دو گروه دیگر MCI و ADنیز تفاوت برجسته است [۱۱،۱۵،۱۶].

گام (step) دومین بخش تشکیل‌دهنده فرآیند راه رفتن است که ویژگی‌های مانند طول گام، ارتفاع گام، ضرایب تغییرات طول گام و ... از آن برای بررسی ارتباط راه رفتن و بیماری آلزایمر محاسبه می‌شود. هر گام به فاصله بین برخود پاشنه پاهای راست و چپ در یک چرخه از راه رفتن گفته می‌شود. در واقع هر چرخه راه رفتن از دو گام پیاپی ساخته می‌شود. تعاریف ویژگی‌های طول، ارتفاع و ضرایب تغییرات برای گام مشابه تعریف این ویژگی‌ها در چرخه راه رفتن است با این تفاوت که در گام فاصله دو پای راست و چپ در هنگام برخورد پاشنه پا با کف زمین در یک چرخه در نظر گرفته می‌شود. بررسی مطالعات پیشین نشان می‌دهد که طول گام در افراد MCI نسبت به افراد سالم در هر دو حالت فعالیت یگانه و دوگانه راه رفتن کاهش می‌یابد [۱۸،۱۹،۲۲]. در مطالعات طولانی‌مدت که بر روی گروه‌های MCI و AD برای تغییرات الگوی راه رفتن صورت گرفته، نتایج حاصل نشان می‌دهد که ارتفاع گام‌ها تغییرات قابل توجهی در درازمدت ندارند [۱۸]. ویژگی‌های ضرایب تغییرات طول گام و عرض گام در افراد MCI نسبت به افراد سالم در هنگام راه رفتن کاهش می‌یابد [۱۹،۳۱]. جدول مجموعه کاملی از ویژگی‌هایی که در مطالعات پیشین برای آزمون‌های راه رفتن برای ارزیابی بیماری آلزایمر در گروه‌های مختلف سالمندان استفاده شده است را نشان می‌دهد. این جدول خلاصه‌ای از مهم‌ترین ویژگی‌هایی که از الگوی راه رفتن برای شناسایی و ارزیابی بیماری آلزایمر در مطالعات پیشین استفاده شده به همراه یافته‌های این مطالعات درباره این ویژگی‌ها و ارتباط آن‌ها با بیماری آلزایمر و تغییراتی که برای این ویژگی‌ها در صورت وجود، رخ داده بیان می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

الگوریتم‌های آنالیز داده‌های راه رفتن

پس از استخراج ویژگی‌های مختلف از الگوی راه رفتن افراد سالمند، به منظور دستیابی به اطلاعات سودمندی درباره ارتباط میان این ویژگی‌های راه رفتن و شرایط شناختی افراد سالمند از نظر بیماری آلزایمر، تحلیل‌های آماری مختلف و تکنیک‌های آنالیز داده‌ها مانند بررسی میزان هم‌بستگی ویژگی‌های استخراج شده با نمرات حاصل از ارزیابی به کمک تست‌های کلینیکی، انجام می‌شود. به‌طور کلی انواع آنالیزهای انجام شده بر روی الگوی راه رفتن به منظور ارزیابی شناختی و کارکردی افراد سالمند و شناسایی زودهنگام بیماری آلزایمر، شامل الگوریتم‌های مبتنی بر آمار توصیفی، الگوریتم‌های پردازش سیگنال و الگوریتم‌های مبتنی بر روش‌های هوش مصنوعی و شناسایی الگو است.

الگوریتم‌های آمار توصیفی با هدف کلی یافتن نشانگرهایی در راه رفتن برای شناسایی زودهنگام بیماری آلزایمر صورت می‌گیرد. آنالیزهایی مانند میانگین، واریانس، هم‌بستگی و ... از جمله آزمون‌های آمار توصیفی هستند که در مطالعات پیشین استفاده شده‌اند. آزمون آنالیز واریانس که در اکثر مطالعات انجام شده پیشین استفاده می‌شود، با هدف بررسی دامنه تغییرات ویژگی‌های مختلف استخراجی از راه رفتن افراد شرکت‌کننده در پژوهش، انجام می‌شود. با کمک آزمون T که به بررسی میانگین ویژگی‌ها در گروه‌های مختلف مطالعه می‌پردازد، می‌توان اختلاف میان گروه‌های مختلف و قابلیت تفکیک گروه‌های مطالعه را از نظر شدت بیماری از هم انجام داد. آزمون هم‌بستگی نیز که از دیگر آنالیزهای رایج و پرکاربرد است، میزان هم‌بستگی بین ویژگی‌های استخراجی و ارزیابی‌های شناختی و کارکردی انجام شده به‌وسیله آزمون‌هایی مانندMMSE ، MoCa، FAST و... بر روی گروه‌های سالم، MCI و بیمار AD را بررسی می‌کند. ویژگی‌هایی که دارای هم‌بستگی بالایی از نظر مقدار باشند، نشان‌دهنده ارتباط قوی میان آن‌ها و وضعیت شناختی و کارکردی افراد مورد مطالعه دارد. آنالیز رگرسیون نیز که در مطالعات پیشین همانند سه آزمون اشاره شده در فوق، به‌طور گسترده استفاده می‌شود، به جهت تخمین رابطه بین ویژگی‌ها و نمرات اکتسابی در آزمون‌های شناختی و کارکردی گروه‌های مورد مطالعه استفاده می‌شود. به کمک آنالیز رگرسیون می‌توان با یافتن یک رابطه خطی یا غیرخطی بین ویژگی استخراجی از راه رفتن و نمرات اکتسابی، به کمک آنالیز راه رفتن و استخراج مقادیر ویژگی راه رفتن فرد، نمرات آزمون‌های شناختی و عملکردی فرد را پیش‌بینی نمود. با کمک این پیش‌بینی انجام شده به‌وسیله آزمون رگرسیون می‌توان، طبقه‌بندی و تفکیک گروه‌های مورد مطالعه را از نظر سلامت و یا شدت بیماری و تعیین این‌که فرد در چه مرحله‌ای از بیماری آلزایمر قرار دارد را نیز انجام داد.

بررسی الگوریتم‌های آنالیز داده‌های راه رفتن در مطالعات پیشین آلزایمر نشان می‌دهد که عمده مطالعات پیشین از روش‌های مبتنی بر آمار توصیفی برای آنالیز داده‌ها استفاده نموده‌اند، اما در سال‌های اخیر مطالعات محدودی نیز از روش‌های متکی بر پردازش سیگنال و هوش مصنوعی و الگوریتم‌های پیشرفته‌تر شناسایی آماری الگو نیز برای ارزیابی‌های شناختی و کارکردی و نیز طبقه‌بندی گروه‌های مطالعه از نظر سلامت و شدت بیماری استفاده کرده‌اند. در مطالعات پیشینی که از سیگنال‌های ثبت شده به‌وسیله ژیروسکوپ و شتاب‌سنج بر روی بدن افراد برای ثبت راه رفتن استفاده شده است، از الگوریتم‌هایی مانند فیلترینگ، پنجره‌گذاری، آستانه‌گذاری برای یافتن چرخه راه رفتن و ... برای آنالیز داده‌های ثبت شده استفاده شده است. در این مطالعات هدف پردازش سیگنال‌های ثبت شده از راه رفتن افراد سالمند به منظور استخراج ویژگی‌های مناسب برای استفاده در الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی به منظور تفکیک گروه‌های مختلف مطالعه از هم و هم‌چنین تخمین امتیاز آزمون‌های کلینیکی است.

دسته سوم مطالعات از الگوریتم‌های مختلفی مانند الگوریتم‌های انتخاب ویژگی و طبقه‌بندهای مختلف مانند ماشین بردار پشتیبان، DTW (Dynamic Time Warping)، جنگل تصادفی و ... که از نوع الگوریتم‌های مبتنی بر شناسایی الگو و هوش مصنوعی هستند، با هدف تفکیک گروه‌های مختلف مطالعه از هم به‌وسیله انتخاب ویژگی‌های مناسب از میان ویژگی‌های استخراجی از آزمون راه رفتن افراد سالمند استفاده کرده‌اند. در کنار طبقه‌بندی افراد از نظر بیماری سلامت به گروه‌های سالم، MCI و AD، تخمین امتیازات کلینیکی نیز می‌تواند به‌صورت هوشمند با کمک ویژگی‌های استخراجی از راه رفتن افراد به کمک این طبقه‌بندی‌ها صورت گیرد. به‌طور مثال Varatharajan و همکاران از الگوریتم DTW برای طبقه‌بندی و تفکیک گروه سالم و گروه افراد با بیماری آلزایمر (AD) استفاده کرد [۳۲]. در این الگوریتم مجموعه‌ای از سیگنال‌های ثبت شده به‌وسیله سنسورهای نصبی بر روی بدن فرد در طی راه رفتن از افراد سالم و افراد AD به عنوان بردارهایی که درایه‌های آن به‌صورت سری‌های زمانی در طی راه رفتن برای یک محدوده مشخص تغییر می‌کنند در نظر گرفته می‌شود. سپس تغییرات در الگوی راه رفتن افراد با توجه به تغییراتی که در سری‌های زمانی به‌دست آمده در طی فرآیند راه رفتن افراد به‌وجود آمده است، به‌صورت یک سیگنال محاسبه می‌شود. با توجه به این‌که فرآیند تغییرات

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

در الگوی راه رفتن افراد سالم و افراد AD متفاوت است، با مقایسه سیگنال‌های به‌دست آمده به کمک الگوریتم DTW، گروه‌های سالم و بیمار AD قابل تفکیک از هم هستند [۳۲]. جدول ۳ مجموعه‌ای از مهم‌ترین آنالیزهای انجام شده در مطالعات پیشین بر روی داده‌های ثبت شده از الگوی راه رفتن را در گروه‌های مختلف مطالعه در حوزه بیماری آلزایمر نشان می‌دهد. این آنالیزها شامل آنالیزهای مبتنی بر آمار توصیفی که با هدف یافتن ارتباط معنادار ویژگی‌های استخراجی از راه رفتن و بیماری آلزایمر در گروه‌های مورد مطالعه و هم‌چنین آنالیزهای مبتنی بر هوش مصنوعی و شناسایی الگو که با هدف تفکیک هوشمند گروه‌های سالم و بیمار از هم بوده، نشان می‌دهد.

جدول۲. مجموعه‌ای از ویژگی‌های بررسی شده برای الگوی راه رفتن در مطالعات پیشین با هدف شناسایی و ارزیابی بیماری آلزایمر و برخی از مهمترین یافته‌ها برای این ویژگی‌ها بر اساس بررسی‌های انجام شده در مطالعات پیشین

ویژگی		مراجع	نتایج و یافته‌ها
انگلیسی	فارسی		
Walking Time	مدت زمان راه رفتن	[۱۲، ۱۷، ۲۲، ۲۱، ۲۷، ۲۹، ۳۴]	- مدت زمان اتمام راه رفتن برای یک مسافت مشخص در افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم بیشتر است. - مدت زمان راه رفتن افراد با اختلالات شناختی خفیف نسبت به افراد سالم در طول روز کمتر است. - مدت زمان راه رفتن و انجام تست TUG نیز در افراد با اختلالات شناختی خفیف و افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم بیشتر است و با گذشت زمان بیشتر هم می‌شود.
Walking(gait) speed	سرعت راه رفتن	[۹-۱۴، ۱۶-۱۸، ۲۱-۲۴، ۲۶، ۲۸-۳۲، ۳۴، ۳۵]	- سرعت راه رفتن در افراد با بیماری آلزایمر و سایر انواع دمانس نسبت به افراد سالم و افراد با اختلالات شناختی خفیف کمتر است و با گذشت زمان نیز کاهش بیشتری می‌یابد. - سرعت راه رفتن در افراد با اختلالات شناختی خفیف در حالت راه رفتن همراه با یک فعالیت ذهنی نسبت به افراد سالم کمتر است و با گذشت زمان نیز کاهش بیشتری می‌یابد. - سرعت راه رفتن در افراد با اختلالات شناختی خفیف که منجر به بیماری آلزایمر در آینده می‌شود نسبت به افرادی که به بیماری ختم نمی‌شود، کمتر است.
Step length	طول گام	[۱۸، ۱۹، ۲۲، ۳۵]	- طول گام در افراد با اختلالات خفیف و افراد با بیماری آلزایمر در حالت راه رفتن تک فعالیته و دوفعالیته نسب به افراد سالم کاهش می‌یابد.
Step length variability	تغییرپذیری طول گام	[۱۹، ۳۱، ۳۵]	- تغییرپذیری طول گام در افراد با اختلالات خفیف نسبت به افراد سالم در زمان‌های اولیه راه رفتن (Gait initialization) کاهش می‌یابد.
Step Length Asymmetry	عدم تقارن طول گام در پاهای چپ و راست	[۳۵]	- عدم تقارن طول گام در پاهای راست و چپ در افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم افزایش می‌یابد.
Step Width	عرض گام	[۹، ۱۰، ۱۸، ۱۹]	- تفاوت برجسته‌ای میان عرض گام در گروه‌های مختلف مطالعه وجود ندارد.
Step width variability	تغییرپذیری گام	[۹، ۱۹]	- تغییرپذیری عرض گام در افراد با اختلالات خفیف نسبت به افراد سالم در زمان‌های اولیه راه رفتن (Gait initialization) کاهش می‌یابد. - تغییرپذیری عرض گام در افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم در راه رفتن با سرعت کم (Gait with slow speed) کاهش می‌یابد.
Step height	ارتفاع گام	[۱۸]	- تفاوت برجسته‌ای میان ارتفاع گام در گروه‌های مختلف مطالعه وجود ندارد.
Step time	زمان گام	[۳۵]	- زمان گام در افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم افزایش می‌یابد.
Step Time Variability	تغییرپذیری زمان گام	[۳۵]	- تغییرپذیری زمان گام در افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم کاهش می‌یابد.
Step Time Asymmetry	عدم تقارن زمان گام در پاهای چپ و راست	[۳۵]	- عدم تقارن زمان گام در پاهای راست و چپ در افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم افزایش می‌یابد.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

ویژگی		مراجع	نتایج و یافته‌ها
انگلیسی	فارسی		
Step Velocity Variability	تغییرپذیری سرعت گام	[۳۵]	- تغییرپذیری سرعت گام در افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم افزایش می‌یابد.
Stride Length	طول چرخه راه رفتن	[۹، ۱۰، ۱۳، ۱۴، ۱۷، ۲۱، ۲۶، ۳۴]	- طول چرخه راه رفتن در افراد با بیماری آلزایمر و سایر دمانس نسبت به افراد سالم و افراد با اختلالات خفیف کاهش می‌یابد. - طول چرخه گام در افراد با اختلالات شناختی خفیف نسبت به افراد سالم در حالت راه رفتن دوگانه نسبت به حالت راه رفتن یگانه کاهش بیشتری دارد.
Stride length variability	تغییرپذیری طول چرخه راه رفتن	[۹]	- تغییرپذیری طول چرخه راه رفتن در افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم کاهش می‌یابد.
Stride width	عرض چرخه راه رفتن	[۲۶]	- تفاوت برجسته‌ای میان گروه‌های مختلف مطالعه(سالم، اختلالات خفیف و افراد با بیماری آلزایمر) در عرض چرخه راه رفتن دیده نمی-شود.
Stride time	زمان چرخه راه رفتن	[۱۵، ۱۶، ۲۱]	- زمان چرخه راه رفتن در افراد با اختلالات خفیف و افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم کاهش می‌یابد.
Variability of stride time	تغییرپذیری زمان چرخه راه رفتن	[۱۱، ۱۵، ۱۶، ۲۱]	- تغییرپذیری زمان چرخه راه رفتن در افراد با اختلالات شناختی ضعیف و افراد با بیماری آلزایمر در راه رفتن با سرعت معمولی(طبیعی) تفاوت خاصی ندارد. - تغییرپذیری چرخه راه رفتن در افراد با اختلالات خفیف و افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم در راه رفتن با سرعت‌های مختلف افزایش می‌یابد.
stride frequency	فرکانس چرخه راه رفتن	[۱۳، ۱۴، ۱۷، ۲۱]	- فرکانس چرخه راه رفتن در افراد با اختلالات خفیف و افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم کاهش می‌یابد و در حالت راه رفتن دوگانه نسبت به راه رفتن یگانه این کاهش شدت بیشتری دارد.
stride regularity	نظم در چرخه راه رفتن	[۱۳، ۲۴]	- نظم در چرخه راه رفتن در افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد با اختلالات خفیف وافراد سالم کاهش می‌یابد. - نظم در چرخه راه رفتن در افراد با اختلالات شناختی خفیف که به بیماری آلزایمر ختم می‌شود نسبت به افرادی که به بیماری آلزایمر مبتلا نمی‌شوند، در حالت راه رفتن دوگانه کاهش می‌یابد.
stride symmetry	تقارن چرخه راه رفتن	[۱۳، ۱۴، ۲۴]	- تقارن در چرخه راه رفتن در افراد سالم نسبت به افراد با بیماری آلزایمر و افراد با اختلالات شناختی خفیف به مراتب بیشتر است. - تقارن چرخه راه رفتن در افراد با اختلالات خفیف که به بیماری آلزایمر منجر می‌شود، نسبت به افرادی که اختلالات شناختی خفیف آن‌ها به بیماری آلزایمر ختم نمی‌شود، در هنگام راه رفتن دوگانه کاهش می‌یابد.
number of stop in walking	تعداد دفعات توقف در راه رفتن	[۱۴]	- در حالت راه رفتن تک فعالیته در گروه‌های مختلف سالم و بیمار عمدتاً در هنگام راه رفتن توقفی وجود ندارد. - در راه رفتن دوگانه همراه با یک فعالیت ذهنی در برخی از افراد با بیماری آلزایمر و اختلالات خفیف ممکن است در هنگام راه رفتن توقف هم وجود داشته باشد.
stance time	زمان ایستادن در چرخه راه رفتن	[۲۱، ۲۲، ۲۶، ۳۵]	- مدت زمان مرحله ایستادن در چرخه راه رفتن در افراد با اختلالات خفیف و نیز بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم افزایش می‌یابد.
Percentage of stance time(time of the stance time/time of the gait cycle)	درصد زمان ایستادن(نسبت زمان ایستادن به زمان چرخه راه رفتن)	[۱۷، ۲۱]	- درصد زمان ایستادن در افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم افزایش می‌یابد.
Stance Time Variability	تغییرپذیری زمان ایستادن	[۱۷، ۲۱، ۳۵]	- تغییرپذیری زمان ایستادن در چرخه راه رفتن در افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم بیشتر است.
Stance Time Asymmetry	عدم تقارن زمان ایستادن	[۳۵]	- عدم تقارن زمان ایستادن در چرخه راه رفتن در افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم بیشتر است.
swing time	زمان جابجایی پا در چرخه راه رفتن	[۱۹، ۲۱، ۲۶، ۳۵]	زمان جابجایی در چرخه راه رفتن در افراد با بیماری آلزایمر در حالت راه رفتن یگانه و دوگانه نسبت به افراد سالم بیشتر است. - زمان جابجایی در چرخه راه رفتن در افراد با اختلالات شناختی در حالت راه رفتن دوگانه با یک چالش ذهنی نسبت به افراد سالم بیشتر است.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

ویژگی		مراجع	نتایج و یافته‌ها
انگلیسی	فارسی		
Variability of swing time	تغییرپذیری زمان جابجایی در چرخه راه رفتن	[۲۱]	- تغییرپذیری زمان جابجایی در چرخه راه رفتن در افراد با بیممماری آلزایمر نسبت به افراد سالم بیشتر است.
Swing Time Asymmetry	عدم تقارن زمان جابجایی در چرخه راه رفتن	[۳۵]	- عدم تقارن زمان جابجایی در چرخه راه رفتن در افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم بیشتر است.
double limb support time (DLS)	زمان پشتیبانی دو پا در چرخه راه رفتن	[۲۶ ،۱۰]	- زمان پشتیبانی دو پا برای راه رفتن در هر چرخه راه رفتن در افراد با بیماری آلزایمر و سایر انواع دمانس نسبت به افراد سالم بیشتر است.
double/single limb support time ratio (DLS/SLS)	نسبت زمان پشتیبانب دوپا به یک پا در چرخه راه رفتن	[۲۶]	- مقدار (DLS/SLS) در افراد با بیماری آلزایمر و سایر انواع دمانس نسبت به افراد سالم بیشتر است.
Walking speed reserve (WSR)	سرعت تغییر از حالت سرعت معمولی به سرعت زیاد در راه رفتن	[۳۳]	- با افزایش میزان شدت اختلالات شناختی مقدار WSR نیز کاهش می‌یابد.
dual-task gait cost= ([single-task gait velocity – dual-task gait velocity] / single-task gait velocity) × 100	هزینه راه رفتن دوگانه(نسبت اختلاف سرعت در حالت راه رفتن یگانه و دوگانه به راه رفتن دوگانه بصورت درصد)	[۲۸]	- هزینه راه رفتن دوگانه در افراد با اختلالات شناختی خفیف که به دمانس و ازجمله بیماری آلزایمر ختم می‌شود نسبت به افرادی که به بیماری آلزایمر و سایر انواع دمانس منجر نمی‌شود، بیشتر است.
Gait similarity between single task walking and dual task walking	تشابه الگوی راه رفتن در حالت تک فعالیته و دوفعالیته با چالش ذهنی	[۲۵]	- متوسط امتیاز تشابه در راه رفتن یگانه نسبت به راه رفتن دوگانه در افراد با بیماری آلزایمر نسبت به افراد سالم کمتر است که نشان دهنده این مسأله است که راه رفتن افراد با بیماری آلزایمر تحت تأثیر بیشتر فشار ذهنی قرار می‌گیرد.
Various statistical features from velocity and acceleration signals in each stride	ویژگی‌های آماری سرعت زاویه‌ای و شتاب مفاصل پا	[۲۰]	- با کمک ویژگی‌های آماری سرعت زاویه‌ای و شتاب مفاصل پا در هنگام راه رفتن می‌توان افراد با بیماری آلزایمر و افراد سالم را از هم تفکیک(طبقه‌بندی) کرد.

جدول۳. طبقه‌بندی روش‌های آنالیز مورد استفاده در مطالعات پیشین که به آنالیز الگوی راه رفتن با هدف شناسایی و ارزیابی بیماری آلزایمر با تکیه بر روش‌های مبتنی بر آمار توصیفی، پردازش سیگنال و روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و شناسایی الگو پرداخته‌اند. همچنین هدف هر یک از وش‌های آنالیز استفاده شده در مطالعات پیشین نیز بیان شده است.

نوع آنالیز	الگوریتم آنالیز(پردازش)	هدف پردازش	مراجع
آمار توصیفی	analysis of variance (ANOVA)	محاسبه میانگین و واریانس ویژگی‌ها در گروه‌های مختلف مطالعه جهت مقایسه کلی نتایج با هم	[۱۱-۹، ۱۶-۱۳، ۱۸، ۱۹، ۲۱، ۲۵، ۲۷، ۲۸، ۳۰، ۳۱، ۳۵-۳۳]
	Correlations analysis	آنالیز همبستگی به منظور یافتن ارتباط میان ویژگی‌های استخراجی از راه رفتن و نمرات آزمون‌های کلینیکی مانند آزمون MMSE	[۹، ۱۰، ۱۴، ۲۷، ۳۱، ۳۴، ۳۵]
	Regression	آزمون رگرسیون به منظور تخمین نمرات آزمون‌های کلینیکی بوسیله ویژگی‌های استخراج شده از راه رفتن افراد	[۱۱، ۳۰-۲۸، ۳۲]
	T tests	بررسی وجود اختلاف برجسته میان داده‌های گروه‌های مختلف سالم، اختلالات شناختی خفیف و افراد با بیماری آلزایمر	[۱۱، ۱۶، ۱۸، ۲۲، ۲۹]
	chi square test	مقایسه توزیع ویژگی‌های راه رفتن میان گروه‌های مختلف مطالعه	[۱۴-۱۲، ۱۶، ۲۷، ۳۰، ۳۱]
	Mann-Whitney U tests	مقایسه ویژگی‌های غیرپارامتریک استخراجی از راه رفتن در گروه‌های مختلف مطالعه	[۱۲، ۲۲، ۲۴، ۲۶، ۳۵]
	ICC test	بررسی پایایی و تکرارپذیری آزمون‌های مختلف راه رفتن برای ارزیابی شناختی و کارکردی گروه‌های مختلف مطالعه	[۱۲]
	Kruskal-Wallis test	آنالیز غیرپارامتریک ویژگی‌های استخراجی از راه رفتن در گروه‌های مختلف مطالعه	[۱۳، ۲۶، ۲۷]
	Friedman’s test	آنالیز غیرپارامتریک ویژگی‌هایی مانند زمان گذر در چرخه راه رفتن که توزیع غیرنرمال دارند، به منظور تعیین اختلاف میان گروه‌های مختلف مطالعه	[۱۸، ۳۰]
	Wilcoxon’s signed rank test	یک روش غیرپارامتریک برای مقایسه میانگین ویژگی‌های استخراجی از راه رفتن در گروه بیمار با گروه سالم به عنوان مرجع مقایسه	[۱۸، ۲۹]
	Shapiro-Wilk test	بررسی نرمال یا غیرنرمال بودن توزیع داده‌های ثبت شده از راه رفتن گروه‌های مختلف مطالعه	[۲۲، ۳۴]
پردازش سیگنال	Windowing	پنجره‌گذاری به منظور انتخاب بخشی از سیگنال‌های ثبت شده از راه رفتن افراد	[۱۷، ۲۱]
	Average Filtering	فیلتر میانگین به منظور حذف نویز از سیگنال‌های ثبت شده از راه رفتن افراد	[۱۷، ۲۰، ۲۱]
	Thresholding	آستانه‌گذاری به منظور تعیین مقادیر بزرگتر و کوچکتر از یک حد آستانه در سیگنال‌های راه رفتن به منظور تعیین محدوده چرخه راه رفتن	[۱۷، ۲۰، ۲۱]

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

نوع آنالیز	الگوریتم آنالیز(پردازش)	هدف پردازش	مراجع
شناسایی الگو و هوش مصنوعی	sequential forward selection (SFS)	الگوریتم انتخاب ویژگی به روش انتخاب سلسله مراتبی	[۲۰]
	dynamic time warping (DTW) algorithm	مقایسه الگوی راه رفتن افراد سالم و بیمار بوسیله الگوریتم DTW با تبدیل کردن سیگنال‌های ثبت شده از راه رفتن افراد به سری‌های زمانی	[۳۲ ،۲۳]
	Hidden Markov Model(HMM)	مدلسازی راه رفتن افراد بوسیله مدل مخفی مارکوف به منظور مقایسه راه رفتن گروه‌های مختلف مطالعه در حالت راه رفتن یگانه و دوگانه	[۲۵]
	Support Vector Machine(SVM)	طبقه‌بندی(تفکیک) گروه‌های سالم و بیمار از هم بوسیله طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان(SVM) بوسیله ویژگی‌های استخراج شده از راه رفتن افراد مورد مطالعه	[۲۳]
	Random Forest(RF)	طبقه‌بندی(تفکیک) گروه‌های سالم و بیمار از هم بوسیله طبقه‌بند جنگل تصادفی(RF) بوسیله ویژگی‌های استخراج شده از راه رفتن	[۲۳]
	probabilistic neural networks (PNNs)	طبقه‌بندی(تفکیک) گروه‌های سالم و بیمار از هم بوسیله طبقه‌بند شبکه عصبی احتمالاتی(PNN) بوسیله ویژگی‌های استخراج شده از راه رفتن افراد مورد مطالعه	[۲۰]

بحث و نتیجه‌گیری

بیماری آلزایمر به عنوان یک بیماری تخریبگر مغزی و شایع‌ترین عامل دمانس در سالمندان، به دلیل عدم وجود درمان، هزینه‌های بالای نگهداری از سالمندان با این بیماری و فرآیند رو به رشد آن در سال‌های اخیر مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است. در کنار اختلالات شناختی که به‌خاطر بیماری آلزایمر در بخش‌های مختلف حافظه مانند فراموشی به‌وجود می‌آید، عملکرد فیزیکی افراد نیز دچار نقصان می‌شود. اختلالات به‌وجود آمده در توانایی‌های شناختی و فیزیکی افراد در مراحل اولیه بیماری بسیار خفیف بوده و به راحتی قابل تشخیص نیست. هم‌چنین به‌خاطر سالمند بودن افراد، میان ویژگی‌های اختلالی در توانایی‌های فیزیکی ناشی از بیماری و سالمندی فرد هم‌پوشانی و تشابه زیادی وجود دارد. به‌طور مثال کاهش سرعت راه رفتن هم ناشی از کهولت سن و هم ناشی از بیماری آلزایمر می‌تواند باشد. هم‌چنین تفاوت‌هایی که در شرایط روحی، سن، تحصیلات، سبک زندگی، جنسیت میان افراد سالمند وجود دارد، الگوی تغییرات در رفتار و شرایط فیزیکی افراد را متنوع و گسترده کرده است. به همین دلیل شناسایی زودهنگام بیماری به‌خاطر عواملی مانند مسائل اشاره شده در فوق با پیچیدگی بسیار زیادی همراه خواهد بود.

در بین روش‌های مختلف شناسایی بیماری آلزایمر، روش‌های مبتنی بر آنالیز فعالیت‌های فیزیکی و گفتاری مانند الگوی راه رفتن به دلیل غیر تهاجمی بودن، کم‌هزینه‌تر بودن و امکان انجام آن در محیط‌های غیر کلینیکی و آزمایشگاهی در سال‌های اخیر مورد توجه جدی‌تری نسبت به سایر روش‌ها گرفته است. مطالعات مختلف انجام شده نشان می‌دهد که تغییرات در الگوی راه رفتن، تعادل و فعالیت‌های روزمره زندگی می‌تواند به عنوان یکی از فعالیت‌های فیزیکی، نشانگر اولیه‌ای برای شناسایی و ارزیابی شناختی و کارکردی در حوزه بیماری آلزایمر در افراد سالمند باشد. با توجه به اهمیت شناسایی زودهنگام بیماری آلزیمر به منظور پیشگیری از رشد سریع و غیر قابل برگشت و درمان‌پذیر بیماری، در این پژوهش با هدف شناسایی زودهنگام بیماری آلزایمر، مطالعات پیشینی که به آنالیز الگوی راه رفتن با استفاده از سنسورها و روش‌های پردازشی مبتنی بر فناوری اطلاعات پرداخته بودند، بررسی شدند.

بررسی مطالعات پیشین نشان می‌دهد که در کنار تفاوت در نوع تست‌های فیزیکی مورد استفاده برای مطالعه، گروه‌های مورد مطالعه از نظر شدت بیماری، شرایط سنی و ...، سیستم‌های سخت‌افزاری مورد استفاده برای ثبت داده‌ها، هدف نهایی و کاربرد سیستم پیشنهادی و الگوریتم‌های مورد استفاده برای پردازش داده‌های ثبت شده با هم تفاوت دارند. بنابراین در ادامه مطالعات پیشین که در این مقاله مروری بررسی شده بودند، از جنبه‌های فوق مورد بحث قرار خواهند گرفت.

در حوزه آنالیز راه رفتن مطالعات پیشین با نگاهی پزشکی عمدتاً به آنالیز الگوی راه رفتن پرداخته‌اند. در این مطالعات سعی بر یافتن ارتباط میان الگوی راه رفتن و بیماری آلزایمر و یافتن ویژگی‌هایی در الگوی راه رفتن بوده که می‌توانند نشانگری برای شناسایی و بررسی فرآیند تغییرات بیماری باشد. عمده سیستم‌های مورد استفاده نیز با تکیه بر سنسورهای نصب شده در کف اتاق که تحت عنوان سیستم GaitRite شناخته می‌شود و یا در برخی موارد نیز با تکیه بر سنسورهای پوشیدنی مانند شتاب‌سنج، ژیروسکوپ و ... بوده است. اگر چه سیستم‌های مبتنی بر سنسورهای کف و پوشیدنی در ثبت راه رفتن در حوزه بیماری آلزایمر به‌طور گسترده استفاده می‌شود ولی این سیستم‌ها با چالش‌هایی مانند نویزپذیری سیگنال‌ها، ایجاد مزاحمت و محدودیت برای افراد مورد مطالعه روبرو هستند. با توسعه سیستم‌های مبتنی بر پردازش تصویر در سال‌های اخیر، دوربین‌های عمقی مانند کینکت دارای قابلت بسیار خوبی از نظر استخراج اطلاعات عمقی و اسکلتی از بدن شخص در کنار تصاویر رنگی (RGB) در زمینه‌های آنالیز راه رفتن در

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

حوزه‌هایی مانند تشخیص هویت فرد و ... در حال استفاده و توسعه هستند. اما در حوزه شناسایی زودهنگام بیماری آلزایمر با استفاده از ثبت راه رفتن با این دوربین‌های عمقی توجه چندانی نشده است. با توجه به قابلیت خوب نسل دوم دوربین کینکت در آشکارسازی مفاصل انسان، حساسیت کم به نور محیط و نویز، قابلیت ثبت تصاویر هم‌زمان چند نفر و تفکیک افراد از هم، استفاده از این دوربین‌ها برای ثبت راه رفتن افراد با بیماری آلزایمر نیز می‌تواند چالش‌های اشاره شده در فوق را که در سیستم‌های پیشین وجود دارد برطرف نماید. از طرفی به دلیل ارائه تصویر اسکلتی شخص، قابلیت اندازه‌گیری ویژگی‌هایی گسترده‌تر از سیستم‌های پیشین فراهم می‌شود. به‌طور مثال علاوه بر اندازه‌گیری ویژگی‌های مانند محل گام، سرعت گام، فاصله گام و ... می‌توان ویژگی‌هایی مانند تغییرات زاویه مفاصل را نیز اندازه‌گیری کرد. هم‌چنین به دلیل تکیه بر اطلاعات اسکلتی افراد در مطالعه الگوی راه رفتن، مسأله حریم خصوصی و امنیت افراد نیز به دلیل عدم قابلیت تشخیص هویت فرد، رعایت می‌شود. از طرفی به دلیل نصب ثابت دوربین کینکت در محل، نیاز به تنظیمات مجدد سنسورها و انجام تنظیمات پیچیده سیستم وجود ندارد.

بررسی مطالعات پیشین نشان می‌دهد که در هر کدام از مطالعات پیشین تعدادی ویژگی به منظور بررسی یافتن نشانگرهایی برای شناسایی بیماری آلزایمر در سالمندان مورد بررسی قرار گرفته است. ویژگی‌هایی مانند مدت زمان انجام آزمون راه رفتن، سرعت متوسط راه فتن، طول گام، طول چرخه راه رفتن، زمان چرخه راه رفتن، سرعت چرخه راه رفتن و نیز تغییرپذیری ویژگی‌های طول گام، طول چرخه راه رفتن و سرعت چرخه راه رفتن برای مقایسه عملکرد دو گروه سالمند با بیماری آلزایمر و سالمندان سالم در آزمون راه رفتن تک فعالیته و دو فعالیته، عمده‌ترین ویژگی‌هایی بوده‌اند که مورد بررسی قرار گرفته‌اند. اما مطالعه‌ای به منظور مقایسه ویژگی‌های مختلف برای یافتن بهینه‌ترین ویژگی‌ها برای شناسایی بیماری آلزایمر صورت نگرفته است. بنابراین به نظر می‌رسد که یکی از زمینه‌های جدیدی که در آینده باید بررسی شود، تعیین بهینه‌ترین ویژگی‌های الگوی راه رفتن برای شناسایی بیماری آلزایمر با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی مانند الگوریتم ژنتیک است.

آخرین گام در مطالعات شناسایی بیماری آلزایمر با استفاده از آنالیز الگوی راه رفتن، پردازش ویژگی‌های استخراجی به کمک الگوریتم‌های مبتنی بر آمار توصیفی، شناسایی الگو و یادگیری ماشین است. در آنالیز داده‌های ثبت شده نیز چون عمده هدف مطالعات پیشین، یافتن ارتباط بیماری آلزایمر با ویژگی‌های الگوی راه رفتن بوده است، بیش‌تر تکیه بر روش‌های آنالیز آمار توصیفی مانند روش آنالیز رگرسیون، آنالیز به کمک آزمون‌هایی مانند آزمون t و آزمون MWU برای مقایسه گروه‌های مورد مطالعه از نظر وجود تفاوت میان آن‌ها برای ویژگی‌های مختلف راه رفتن بوده است. ولی تعداد محدودی مطالعه نیز از روش‌های مبتنی بر یادگیری ماشین و هوش مصنوعی با هدف شناسایی بیماری آلزایمر با کمک ویژگی‌های استخراجی از الگوی راه رفتن افراد سالمند نیز پرداخته‌اند. به‌طور مثال، در مطالعه انجام شده توسط Wang et al (۲۰۱۴) که با استفاده از یک ماژول پوشیدنی شامل سنسورهای شتاب‌سنج و ژیروسکوپ به ثبت اطلاعات راه رفتن افراد سالمند با بیماری آلزایمر و سالم پرداخته بودند، پس از استخراج ویژگی‌های مختلف، با استفاده از شبکه عصبی احتمالاتی به تفکیک دو گروه سالم و بیمار پرداخته بودند [۱۹]. نتایج کمی حاصل دارای صحت و حساسیت و Specificity ۶۳/۳۳٪، ۶۷٪ و ۶۰٪ برای زنان و ۷۰٪، ۶۷٪ و ۷۲٪ برای گروه مردان به ترتیب بوده است. در مطالعه انجام شده توسط Akl et al (۲۰۱۵) نیز که از سنسورهای تشخیص حرکت نصب شده در کف اتاق برای ثبت داده‌های راه رفتن دو گروه سالمندان سالم و سالمندان با اختلالات شناختی ضعیف انجام شده بود، نتایج نهایی دارای دقت ۹۰/۶٪ و حساسیت ۷۹٪ بوده است [۳۴]. یافته‌های این مطالعات مبتنی بر یادگیری ماشین نشان می‌دهد که استفاده از ابزارهای این حوزه پردازشی می‌تواند کمک قابل قبولی برای ارزیابی کمی و شناسایی دقیق بیماری آلزایمر در سالمندان داشته باشد. بنابراین با توجه به پیچیدگی بیش‌تر و اهمیت شناسایی زودهنگام بیماری آلزایمر، به نظر می‌رسد که استفاده از روش‌های مبتنی بر سیستم‌های فازی به دلیل مبهم بودن مرز میان گروه‌های سالم، اختلالات خفیف شناختی و بیماری آلزایمر خفیف برای طبقه‌بندی و شناسایی گروه‌های بیمار نتایج خوبی را نشان دهد.

به‌طور خلاصه اگر چه در مطالعات پیشین به آنالیز فعالیت‌های فیزیکی به عنوان ابزاری جدید برای شناسایی بیماری آلزایمر در سالمندان توجه شده و نتایج امیدوارکننده‌ای نیز به‌دست آمده است، اما به‌خاطر برخی کاستی‌ها و مشکلات نیاز به توسعه مطالعات در این زمینه ضروری است. به‌طور مثال سیستم‌های پیشینی که به تفکیک گروه‌های مطالعه پرداخته‌اند، عمدتاً بر روی گروه‌های سالم و بیمار در مرحله متوسط تا شدید، مطالعه خود را انجام داده‌اند. در صورتی‌که با توجه به نبود درمان برای بیماری آلزایمر و اهمیت شناسایی زودهنگام بیماری آلزایمر، مطالعه بر روی گروه‌های با اختلالات شناختی ضعیف و بیماری آلزایمر خفیف اهمیت بیش‌تری دارد. هم‌چنین به دلیل تشابه بسیار زیاد رفتار این گروه‌های خفیف با سالمندان سالم، پیچیدگی و چالش‌های موجود بسیار بیش‌تر از مطالعه بر روی

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

گروه‌های با بیماری متوسط و شدید است. هم‌چنین امروزه با ظهور تکنولوژی‌های جدیدتر در حوزه ثبت داده‌های فعالیت‌های فیزیکی به‌وسیله ابزارهایی مانند دوربین‌های عمقی و بهره‌گیری از روش‌های مبتنی بر یادگیری ماشین و هوش مصنوعی امکان توسعه و ارائه سیستم‌ها و روش‌های نوینی که چالش‌هایی مانند تهاجمی بودن ابزار ثبت، وجود نویز در سیگنال‌ها، نیاز به حجم زیاد از سنسورها برای ثبت فعالیت‌های مختلف و ... می‌تواند برطرف شود.

منابع

[1] Alzheimer's Association Report. 2017Alzheimer's disease facts and figures. Alzheimer's Dement 2017; 13: 325-373.

[2] Doost mohammad pour J, Hosseinmardi N, Janahmadi M, Ebrahimi S, Fathollahi Y, Motamedi F. Induction of a rat model of Alzheimer's disease by amyloid-β did not change short term synaptic plasticity in CA1 area of hippocampus. Koomesh 2014; 16: 76-81. (Persian).

[3] Ravari A, Mirzaei T, Salamizadeh A, Askari Majdabadi H. Effect of the spiritual care training on anxiety reduction in home caregivers of the elderly with Alzheimer disease. Koomesh 2017; 19: 467-474. (Persian).

[4] Aramendi AA, Aztiria A, Basarab A. On the early diagnosis of Alzheimer's disease from multimodal signals: A survey. Artif Intell Med 2016; 71: 1-29.

[5] IJmker T, Lamoth CJ. Gait and cognition: The relationship between gait stability and variability with executive function in persons with and without dementia. Gait Posture 2012; 35: 126-130.

[6] Malouin F, Richards CL, Jackson PL, Dumas F, Doyon J. Brain activations during motor imagery of locomotor-related tasks: a PET study. Hum Brain Mapp 2003; 19: 47-62.

[7] Nakamura T, Meguro K, Yamazaki H, Okuzumi H, Tanaka A, Horikawa A, et al. Postural and gait disturbance correlated with decreased frontal cerebral blood flow in Alzheimer disease. Alzheimer Dis Assoc Disord 1997; 11: 132-139.

[8] Lam KY, Tsang WHN, Han S, Zhang W, Ng JKY, Nath A. Activity tracking and monitoring of patients with alzheimer's disease. Multimed Tools Appl 2017; 76: 489-521.

[9] Webster KE, Merory JR, Wittwer JE. Gait variability in community dwelling adults with Alzheimer disease. Alzheimer Dis Assoc Disord 2006; 20: 37-40.

[10] Merory JR, Wittwer JE, Rowe CC, Webster KE. Quantitative gait analysis in patients with dementia with Lewy bodies and Alzheimer's disease. Gait Posture 2007; 26: 414-419.

[11] Beauchet O, Allali G, Berrut G, Hommet C, Dubost V, Assal F. Gait analysis in demented subjects: Interests and perspectives. Neuropsychiatr Dis Treat 2008; 4: 155-160.

[12] Ries JD, Echternach JL, Nof L, Blodgett MG. Test-retest reliability and minimal detectable change scores for the timed "Up & Go"test, the six-minute walk test, and gait speed in people with Alzheimer disease. Phys Ther 2009; 89: 569-579.

[13] Gillain S, Warzee E, Lekeu F, Wojtasik V, Maquet D, Croisier JL, et al. The value of instrumental gait analysis in elderly healthy, MCI or Alzheimer's disease subjects and a comparison with other clinical tests used in single and dual-task conditions. Ann Phys Rehabil Med 2009; 52: 453-474.

[14] Maquet D, Lekeu F, Warzee E, Gillain S, Wojtasik V, Salmon E, et al. Gait analysis in elderly adult patients with mild cognitive impairment and patients with mild Alzheimer's disease: simple versus dual task: a preliminary report. Clin Physiol Funct Imaging 2010; 30: 51-56.

[15] Choi JS, Oh HS, Kang DW, Mun KR, Choi MH, Lee SJ, et al. Comparison of gait and cognitive function among the elderly with Alzheimer's disease, mild cognitive impairment and healthy. Int J Prec Engin Manufact 2011; 12: 169-173.

[16] Muir SW, Speechley M, Wells J, Borrie M, Gopaul K, Montero-Odasso M. Gait assessment in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: The effect of dual-task challenges across the cognitive spectrum. Gait Posture 2012; 35: 96-100.

[17] Chung P, Hsu Y, Wang C, Lin C, Wang J, Pai M. Gait analysis for patients with Alzheimer's disease using a triaxial accelerometer. Proceedings of the 2012 IEEE International Symposium on Circuits and Systems; 2012 May 20-23; Seoul, South Korea, p.1323-1326.

[18] Cedervall Y, Halvorsen K, Aberg AC. A longitudinal study of gait function and characteristics of gait disturbance in individuals with Alzheimer's disease. Gait Posture 2014; 39: 1022-1027.

[19] Boripuntakul S, Lord SR, Brodie MA, Smith ST, Methapatara P, Wongpakaran N, et al. Spatial variability during gait initiation while dual tasking is increased in individuals with mild cognitive impairment. J Nutr Health Aging 2014; 18: 307-312.

[20] Wang WH, Hsu YL, Pai MC, Wang CH, Wang CY, Lin CW, et al. Alzheimer's disease classification based on gait information. Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN); 2014 July 6-11; Beijing, China, p.3251-3257.

[21] Hsu YL, Chung PC, Wang WH, Pai MC, Wang CY, Lin CW, et al. Gait and balance analysis for patients with Alzheimer's disease using an inertial-sensor-based wearable instrument. IEEE J Biomed Health Inform 2014; 18: 1822-1830.

[22] Gras LZ, Kanaan SF, McDowd JM, Colgrove YM, Burns J, Pohl PS. Balance and gait of adults with very mild Alzheimer dsease. J Geriatr Phys Ther 2015; 38: 1-7.

[23] Akl A, Taati B, Mihailidis A. Autonomous unobtrusive detection of mild cognitive impairment in older adults. IEEE Trans Biomed Eng 2015, 62: 1383-1394.

[24] Gillain S, Drame M, Lekeu F, Wojtasik V, Ricour C, Criosier JL. Gait speed or gait variability, which one to use as a marker of risk to develop Alzheimer disease? A pilot study. Aging Clin Exp Res 2016; 28: 249-255.

[25] Wang WH, Wu HL, Chung PC, Pai M. An HMM -based gait comparison: using Alzheimer's disease patients as examples. Proceedings of the 2015 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN); 2015 July 12-17; Killarney, Ireland: IEEE, p.1-6.

[26] Rucco R, Agosti V, Jacini F, Sorrentino P, Varriale P, Stefano MD. Spatio-temporal and kinematic gait analysis in patients with Frontotemporal dementia and Alzheimer's disease through 3D motion capture. Gait Posture 2016; 52: 312-317.

[27] Borges SD, Radanovic M, Forlenza OV. Correlation between functional mobility and cognitive performance in older adults with cognitive impairment. Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn 2016; 25: 23-32.

[28] Montero-Odasso MM, Sarquis-Adamson Y, Speechley M, Borrie MJ, Hachinski VC, Wells J, et al. Association of dual-task gait with incident dementia in mild cognitive impairment. JAMA Neurol 2017; 74: 857-865.

[29] Taylor ME, Lasschuit DA, Lord SR, Delbaere K, Kurrle SE, Mikolaizak AS, et al. Slow gait speed Iis associatedwith executive function decline in older people with mild to moderatedementia: a one year longitudinal study. Arch Gerontol Geriatr 2017; 73: 148-153.

[30] MacAulay RK, Wagner MT, Szeles D, Milano NJ. Improving sensitivity to detect mild cognitive impairment: cognitive load dual-task gait speed assessment. J Int Neuropsychol Soc 2017; 23: 493-501.

[31] König A, Klaming L, Pijl M, Demeurraux A, David R, Robert P. Objective measurement of gait parameters in healthy and cognitively impaired elderly using the dual-task paradigm. Aging Clin Exp Res 2017; 29: 1181-1189.

[32] Varatharajan R, Manogaran G, Priyan MK. Wearable sensor devices for early detection of Alzheimer disease using dynamic time warping algorithm. Cluster Comput 2017; 1-10.

[33] Callisaya ML, PLaunay CP, Srikanth VK, Verghese J, Allali G, Beauchet O. Cognitive status, fast walking speed and walking speed reserve-the Gait and Alzheimer interactions tracking (GAIT) study. Gero Sci 2017; 39: 231-239.

[34] Hausdorff JM, Hillel I, Shustak S, Din SD, Bekkers EM, Pelosin E. Everyday stepping quantity and quality among older adult fallers with and without mild cognitive impairment: initial evidence for new motor markers of cognitive deficits? J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2017; 73: 1-5.

[35] Ardlea RM, Morris R, Hickey A, Dina SD, Koychev I, Gunnc RN. Gait in mild Alzheimer's disease: feasibility of multi-center measurement in the clinic and home with body-worn sensors: a pilot study. J Alzheimers Dis 2018; 63: 331-341.

[36] Lee L, Grimson WE. Gait analysis for recognition and classification. Proceedings of the Fifth IEEE International

www.SID.ir

Archive of SID

Conference on Automatic Face and Gesture Recognition; 2002 May 21-21; Washington, DC, USA, p.1-8.

[37] Valkanova V, Ebmeier K P. What can gait tell us about dementia? Review of epidemiological and neuropsychological evidence. Gait Posture 2017; 53: 215-223.

[38] Pirker W, Katzenschlager R. Gait disorders in adults and the elderly: A clinical guide. Wien Klin Wochenschr 2017; 129: 81-95.

[39] Pourghayoomi E, Negahdar F, Shahidi G, Mehraban AH, Ebrahimi I, Taghizadeh G, et al. Correlation between functional balance and mobility tests and postural sway measures in dual task paradigm in Parkinson's disease (a pilot study). J Basic Clin Pathophysiol 2014; 2: 1-12.

[40] Allan LM, Ballard C G, Burn D J, Kenny RA. Prevalence and severity of gait disorders in Alzheimer's and non-Alzheimer's dementias. J Am Geriatr Soc 2005; 53: 1681-1687.

[41] Herran AM, Garcia-Zapirain B, Mendez-Zorrilla A. Gait analysis methods: an overview of wearable and non-wearable systems, highlighting clinical applications. Sensors 2014; 14: 3362-3395.

[42] Tao W, Liu T, Zheng R, Feng H. Gait analysis using wearable sensors. Sensors 2012; 12: 2255-2283.

[43] Schneider B, Banerjee T. Activity recognition using imagery for smart home monitoring. Adv Soft Comput Machine Learn Image Proc Studi Comput Int 2017; 730: 355-371.

[44] Do TN, Suh YS. Gait analysis using floor markers and inertial sensors. Sensors 2012; 12: 1594-1611.

[45] Middleton, L, Buss AA, Bazin A, Nixon MS. A floor sensor system for gait recognition. Proceedings of the Fourth IEEE Workshop on Automatic Identification Advanced Technologies; 2005 Oct 17-18; Buffalo, NY, USA, p.171-176.

[46] Chen SW, Lin SH, Liao LD, Lai HY, Pei YC, Kuo TS, et al. Quantification and recognition of parkinsonian gait from monocular video imaging using kernel based principal component analysis. Biomed Eng Online 2011; 10: 1-21.

[47] Imani Z, Soltanizadeh H. Person reidentification using local pattern descriptors and anthropometric measures from videos of Kinect sensor. IEEE Sensors J 2016; 16: 6227-6238.

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

Volume 22, Issue 1 (Winter 2020), 10- 27

Review Article

A survey on Alzheimer's disease detection using gait analysis

Mahmoud Seifallahi (Ph.D Candidate)[1], Hadi Soltanizadeh (Ph.D)[*1], Afsoon Hassani Mehraban (Ph.D)[2], Fatemeh Khamseh (M.D)[3]

1 - Dept. of Electronic Engineering, Facluty of Electrical and Computer Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

2 - Dept. of Occupational Therapy, Faculty of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences and Health Sciences, Tehran, Iran

3- Neurologist, Iran Alzheimer's Association, Tehran. Iran

* Corresponding author. +98 9126275300 h_soltanizadeh@semnan.ac.ir

Received: 25 Sep 2018; Accepted: 25 Jun 2019

Introduction: Early detection of Alzheimer's disease (AD), as a neurodegenerative disease and the most common cause of dementia in the elderly people, using gait analysis have been particularly noted by researcher in recent years. Because this novel method is non-invasive, less cost, and feasible in non-clinical and laboratory environments. Therefore, in this Meta-Analysis review article, detection of AD using gait analysis based on information technology tools surveyed in previous studies.

Materials and Methods: The search for previous articles was done in databases such as Google Scholar, Pubmed, IEEE, Springer, and Elsevier. After finding articles in these databases, appropriate articles were selected to survey based on criteria such as focusing of the study on elderly patients with AD or mild cognitive impairment, the detection and assessment of AD, and the use of sensor technology to record gait.

Results: AD can be detected, even in the early stages and also at a stage of mild cognitive impairment based on gait analysis using new technologies with sensors and information technologies. Also, it is possible to quantitatively evaluate and more accurately detect the disease based on the combination of different sensor technologies and the use of artificial intelligence techniques.

Conclusion: Although gait analysis can be a novel tool for early detection of AD, but it is essential to be developed and improved based on sensors and artificial intelligence in order to be used as a reliable clinical tools.

Keywords: Alzheimer Disease, Gait, Information Technology, Computer-Assisted Image Processing, Machine Learning, Artificial Intelligence

Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir at 11:09 +0330 on Sunday January 19th 2020

www.SID.ir