

Research Note

A Smartphone-based Fall Detection System using Accelerometer and Microphone

S. Shakeri^{1*}

¹Ph.D Student, Bioelectric Department, Biomedical Engineering Faculty, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

Receipt in the online submission system: 27 April 2016, received in revised form: 15 October 2016, accepted: 26 April 2017

Abstract

Falls are one of the main reasons to injury, especially in the elderly people. These injuries can be reduced by quick and accurate response or reaction, but this is not possible often in elderly people because they usually live alone and after injury caused the falling, cannot call for help. This paper presents a fall detection system to do two major tasks properly and quickly; firstly, it should detect fall from other daily activities and secondly, transmit falling person's necessary information to help. This system is implemented on Android-based smartphone and it used tri-axial accelerometer and microphone to fall detection. Everyday interaction with the smartphone makes our system more familiar to the user. The accelerometer is used to record variations of acceleration in three directions. This system is improved with detecting the noise caused the falling, by analyzing environmental sounds. After fall detection, a warning text message that contains information about time and location of the falling will be sent to the caregivers. A comprehensive evaluation with 18 volunteers shows that the proposed system has sensitivity of 96% and specificity of 77% for different types of fall in quiet and noisy environments.

Key words: *fall, fall detection, smartphone, acceleration, microphone, elderly.*

*Corresponding author

Address: Bioelectric Department, Biomedical Engineering Faculty, Amirkabir University of Technology, P.O. Box: 11365-9567, Tehran, Iran

Tel: +98-21-64542368

Fax: +98-21-66468186

E-mail: Saeidsh@aut.ac.ir

یادداشت پژوهشی

پیاده‌سازی سیستم آشکارساز افتادن سالمندان در تلفن‌های همراه هوشمند با استفاده از حسگرهای شتاب‌سنج و میکروفن

سعید شاکری^{*۱}

^۱دانشجوی دکتری مهندسی پزشکی، گروه بیوالکتریک، دانشکده مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران

تاریخ ثبت در سامانه: ۱۳۹۵/۲/۱۸، بازنگری: ۱۳۹۵/۷/۲۴، پذیرش قطعی: ۱۳۹۶/۲/۶

چکیده

افتادن یکی از اصلی‌ترین دلایل مصدومیت افراد مختلف، به‌خصوص در سالمندان است. اطلاع‌رسانی سریع و دقیق از افتادن می‌تواند مقدار زیادی از خطرات آسیب‌دیدگی ناشی از آن را کاهش دهد. در این پژوهش، سعی شده است تا سیستمی معرفی و پیاده‌سازی شود که بتواند دو وظیفه اساسی را به درستی و در مدت زمان اندکی انجام دهد. در مرحله اول، بتواند افتادن را از سایر فعالیت‌های روزمره تشخیص دهد و به دنبال آن اطلاعات لازم و مؤثر از افتادن فرد را در اختیار دیگران بگذارد. سیستم مورد نظر در این پژوهش، قابلیت پیاده‌سازی روی تلفن‌های همراه هوشمند را دارد. برای شناسایی افتادن، از حسگرهای شتاب‌سنج و میکروفن موجود در تلفن‌های همراه استفاده شده است. حسگر شتاب‌سنج می‌تواند شتاب دستگاه را در سه جهت ثبت کند و می‌توان از آن برای دریافت اطلاعات شتاب حرکت فرد استفاده کرد. علاوه بر این، عملکرد سیستم شناسایی با تحلیل صداهای محیط بهبود داده شده است. افتادن با استفاده از این دو حسگر، آشکارسازی شده و پیام هشدار، که شامل اطلاعات مکانی و زمانی افتادن فرد است، اطلاع‌رسانی می‌شود. برای ارزیابی سیستم طراحی شده، از دو معیار حساسیت و اختصاصیت استفاده شده که مقادیر آن‌ها به ترتیب ۰.۹۶٪ و ۰.۷۷٪ به‌دست آمده است.

کلیدواژه‌ها: افتادن، آشکارساز افتادن، تلفن همراه هوشمند، شتاب‌سنج، میکروفن، موقعیت‌یابی، سالمندان.

*نویسنده مسئول

نشانی: گروه بیوالکتریک، دانشکده مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۴۴۱۳

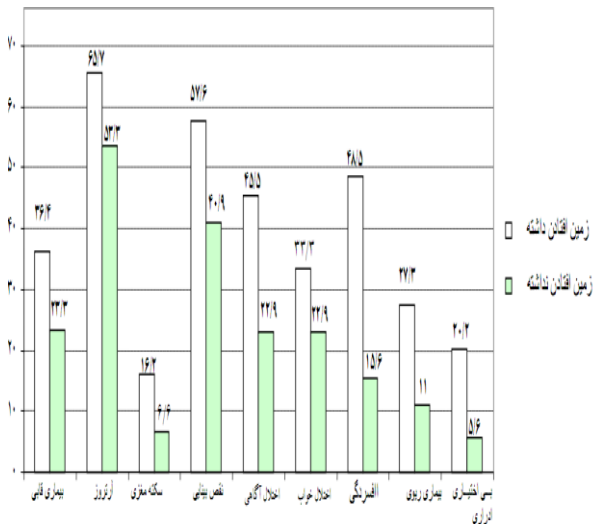
تلفن: ۶۴۵۴۲۳۶۸ (۲۱) ۰۹۸+

دورنگار: ۶۶۴۶۸۱۸۶ (۲۱) ۰۹۸+

پست الکترونیکی: Saeidsh@aut.ac.ir

۱- مقدمه

آمده است [۷]. براین اساس، بیماری‌هایی مانند آرتروز، نقص بینایی، افسردگی، اختلالات آگاهی و اختلالات خواب از بیماری‌هایی هستند که در تعداد موارد قابل توجهی به زمین افتادن بیمار منجر شده‌اند.



شکل (۱)- رابطه افتادن با بیماری‌های مختلف در سالمندان [۷].

بعد از انجام اقدامات لازم برای پیشگیری و درمان سالمندان، بهترین راه برای کمک به این افراد و هر چه کمتر شدن پدیده افتادن، استفاده از روشی‌هایی برای آگاهی از سقوط فرد در حداقل زمان ممکن است تا اقدامات درمانی لازم به سرعت انجام شود؛ زیرا اغلب سالمندان پس از افتادن قادر به برخاستن نبوده و مدت زیادی را روی زمین سپری می‌کنند. با اطلاع‌رسانی سریع افتادن سالمند، فاصله زمانی بین افتادن و آغاز اقدامات درمانی به حداقل ممکن رسیده و در این صورت، حجم قابل توجهی از خطرات احتمالی کاهش می‌یابد. این روش‌های اطلاع‌رسانی به‌عنوان روش‌های آشکارسازی افتادن شناخته می‌شوند.

سیستم‌های آشکارساز افتادن، به دو دسته کلی سیستم‌های آگاهی‌دهنده محیطی و سیستم‌های قابل حمل تقسیم می‌شوند [۸]. در سیستم‌های محیطی، حسگرها در محیط قرار می‌گیرند. مهم‌ترین برتری آن‌ها این است که شخص نیازی به حمل یا پوشیدن دستگاه خاص ندارد؛ با این وجود، کارایی آن‌ها فقط به محیطی محدود است که حسگرها قبلاً در آن جاسازی شده است [۹]. معمول‌ترین حسگرهای استفاده‌شده در این روش، دوربین‌ها، حسگرهای کف اتاق، حسگر مادون قرمز، میکروفن و حسگر فشار است. سیستم‌ها بر پایه تصاویر ویدیویی نیز در این گروه دسته‌بندی می‌شوند. بسته به نوع هر

زمین افتادن یا سقوط، تغییر غیرعمدی و ناگهانی در وضعیت جسمی است که به دلیل فرود آمدن فرد در سطحی پایین‌تر از حالت اولیه می‌باشد و می‌تواند ناشی از حمله‌های ناگهانی عصبی، ناتوانی جسمی یا نیروی خارجی کوبنده باشد. هر فرد ممکن است در طول روز به دلایل خاصی دچار افتادن شود؛ اما این پدیده برای سالمندان پیامدهای خطرناک‌تری نسبت به سایرین به دنبال دارد [۱]. به علت کاهش توانایی جسمی سالمندان، زمین خوردن و افتادن در این افراد علاوه بر بروز آسیب‌دیدگی‌های جسمی، مشکلات اقتصادی، روحی و اجتماعی بیشتری را نسبت به سایر گروه‌های سنی ایجاد می‌کند. پدیده افتادن معمولاً با عوارض و ناتوانی‌های مختلف جسمی و حتی مرگ همراه است؛ به طوری که این پدیده در سال ۲۰۰۳ میلادی، ششمین علت مرگ‌ومیر در جمعیت سالمندان بوده است [۲]. افتادن از ساختمان، پله، تخت‌خواب، بالکن، نردبان و سرویس‌های بهداشتی از جمله افتادن‌های متداول است.

براساس تعریف شورای ملی سالمندان، افراد ۶۰ سال به بالا به‌عنوان سالمند شناخته می‌شوند [۳]. در سال ۲۰۰۴ میلادی، حدود ده درصد از جمعیت جهان، یعنی بیش از ۶۰۰ میلیون نفر، سن ۶۰ سال یا بالاتر داشته‌اند. طبق پیش‌بینی‌های انجام شده و با توجه به سیاست کنترل جمعیتی که در اکثر کشورهای جهان برقرار است، جمعیت سالمندان در سال ۲۰۲۵ میلادی از مرز یک میلیارد و صد میلیون نفر تجاوز خواهد کرد. در حال حاضر، ۲۵ درصد جمعیت جوامع پیشرفته را سالمندان تشکیل می‌دهند [۴]. براساس سرشماری عمومی نفوس مسکن سال ۱۳۹۰ در ایران و طبق گزارش مرکز آمار کشور، جمعیت سالمندان ایران حدود ۶ میلیون و چهار هزار نفر است که ۸/۲ درصد جمعیت کل جامعه را تشکیل می‌دهند [۵].

بیش از یک سوم افراد با سن بالاتر از ۶۵ سال، هر سال حداقل یک‌بار زمین خوردن را تجربه می‌کنند و در نیمی از این موارد، این اتفاق برای چندمین بار است که تکرار می‌شود. همچنین حدود ۴۰ درصد از افتادن‌های افراد بالاتر از ۸۰ سال منجر به مرگ شده است [۶]. ناتوانی‌های جسمی به علت کهولت سن، مهم‌ترین دلیل افتادن در سالمندان است. افتادن یا سقوط از یک سطح بلند نیز جزو عوامل اصلی در ایجاد این پدیده است. علاوه بر این، بیماری‌های مختلف نقش اساسی در افتادن دارند. در شکل ۱، رابطه برخی از بیماری‌ها با افتادن

آن را شناسایی کردند. در سال ۲۰۱۰، دآل و همکارانش [۱۲] با استفاده از پردازش نتایج یک ژيروسکوپ خارجی نصب شده روی بدن فرد، افتادن در جهات و مکان‌های مختلف را با دقت مناسبی در دستگاه تلفن همراه شناسایی کردند. آلبرت و همکارانش [۱۳] در سال ۲۰۱۲ سیستمی را معرفی کردند که علاوه بر آشکارسازی افتادن، نوع افتادن (افتادن به عقب، جلو و طرفین) را نیز مشخص می‌کرد. این شناسایی از پردازش‌های مختلف سیگنال شتاب‌سنج و با استفاده از پنج روش طبقه‌بندی یادگیری ماشین مانند روش ماشین بردار پشتیبانی و روش نزدیک‌ترین همسایگی به‌دست آمده است. در این سیستم، تلفن همراه باید پشت کمر فرد و در حالت عمودی ثابت شود.

در سال ۲۰۱۲، آباته و همکارانش [۱۴] آشکارسازی را طراحی کردند که قابلیت نمایش آنلاین تغییرات شتاب حرکات فرد و ارسال پیام کمک‌رسانی را داشت. در پردازش اصلی در این سیستم، از شبکه‌های عصبی چندلایه استفاده شده است. در سال ۲۰۱۴، هسیه و همکارانش [۱۵] با استفاده از تحلیل نتایج شتاب‌سنج سه محوری موجود در تلفن‌های همراه، افتادن را آشکارسازی کردند. مزیت روش آن‌ها در این است که خلاف سیستم‌های دیگر، محل قرارگیری تلفن همراه مکان مشخصی نیست و در تمام مکان‌ها سیستم قابلیت شناسایی را دارد. شن و همکارانش [۱۶] در سال ۲۰۱۵ از شتاب‌سنج سه محوری استفاده کردند. آن‌ها اطلاعات محور z شتاب‌سنج و برآیند مقدار شتاب هر سه محور را به‌عنوان داده در نظر گرفته و با استفاده از الگوریتم مرتبه بالای فازی Petri، داده‌ها را تحلیل و در نتیجه فعالیت‌های روزانه، ورزش کردن و افتادن را شناسایی و طبقه‌بندی کردند.

در تمامی پژوهش‌های مشابه گذشته، استفاده از حسگر شتاب‌سنج تلفن همراه جزو اصلی سیستم‌های آشکارساز افتادن بوده است. در برخی از سیستم‌ها، از حسگرهای خارجی دیگری برای افزایش دقت شناسایی استفاده شده است. اگرچه بهره‌گیری از آن‌ها در افزایش دقت مؤثر است؛ اما قابلیت استفاده از سیستم را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. در برخی از سیستم‌ها، از روش‌های پیچیده تحلیل داده مانند روش‌های مبتنی بر یادگیری ماشین و روش‌های دسته‌بندی استفاده شده است. اعمال این الگوریتم‌ها به پیچیدگی سیستم آشکارساز منجر می‌شود؛ در نتیجه زمان اطلاع‌رسانی افتادن را افزایش می‌دهند [۱۰]. در این پژوهش، سیستم آشکارسازی

حسگر، روش‌های آشکارسازی بسیار متنوعی وجود دارد. تمام این روش‌ها با تعریف یک سری ویژگی‌های اولیه مانند نسبت قد و وزن، جنس و سن، شروع به کار می‌کنند. سپس با استفاده از حسگرهای موجود، داده‌هایی مشخص ثبت می‌شود که با تحلیل این داده‌ها و با استفاده از ویژگی‌های اولیه که کاربر برای سیستم معرفی کرده است، فرایند افتادن از سایر فعالیت‌های روزمره تمایز می‌یابد. روش‌های تحلیل و دسته‌بندی فعالیت‌ها می‌تواند الگوریتم‌های پیچیده‌ای چون مدل مختلط گوسی، فیلتر بیز، مدل مارکوف، روش‌های مبتنی بر ریخت‌شناسی، مدل‌های فازی و ... باشد [۱۰]. از این الگوریتم‌ها معمولاً در تحلیل تصاویر ویدئویی استفاده می‌شود. در سایر روش‌های آشکارسازی، از روش‌های تحلیلی مقایسه‌ای مانند الگوریتم آستانه‌گذاری استفاده می‌شود.

در سیستم‌های قابل حمل از حسگرهایی استفاده می‌شود که قابلیت حمل توسط افراد را داشته باشند. این حسگرها می‌توانند حسگرهای الکترونیکی کوچکی باشند که در زیر یا روی لباس فرد قرار می‌گیرند یا به کمر فرد وصل شوند. مهم‌ترین و پرکاربردترین این نوع حسگرها، شتاب‌سنج‌ها^۱ هستند. در برخی از سیستم‌های طراحی شده از حسگر ژيروسکوپ^۲ برای شناسایی موقعیت ایستادن یا نشستن و چرخیدن فرد نیز استفاده می‌شود. اطلاعات مورد نیاز به مقادیر ثبت شده شتاب‌سنج و ژيروسکوپ وابسته است و خطر افتادن به‌طور دائم چک می‌شود [۱۰]. به‌طور مشخص هرچه تعداد شتاب‌سنج‌ها بیشتر شود، حساسیت^۳ و اختصاصیت^۴ سیستم افزایش پیدا می‌کند. روش آشکارسازی در این سیستم‌ها می‌تواند به مقادیر آستانه یا روش‌های پیچیده دیگر وابسته باشد. این‌گونه از سیستم‌ها کارایی مناسب و دقت قابل قبولی نسبت به سیستم‌های محیطی دارد؛ اما بزرگ‌ترین مشکل این سیستم‌ها، ایجاد مزاحمت برای سالمندان است.

همگام با گسترش استفاده از تلفن‌های همراه در سال‌های اخیر، پژوهشگران از این دستگاه برای پیاده‌سازی آشکارسازهای افتادن بهره برده‌اند. برای اولین بار در سال ۲۰۰۹، اسپوسارو و همکارانش [۱۱] با تحلیل موقعیت فرد قبل و بعد از افتادن با استفاده از اطلاعات قد و وزن فرد و حسگر ژيروسکوپ تلفن همراه، افتادن و دراز کشیدن پس از

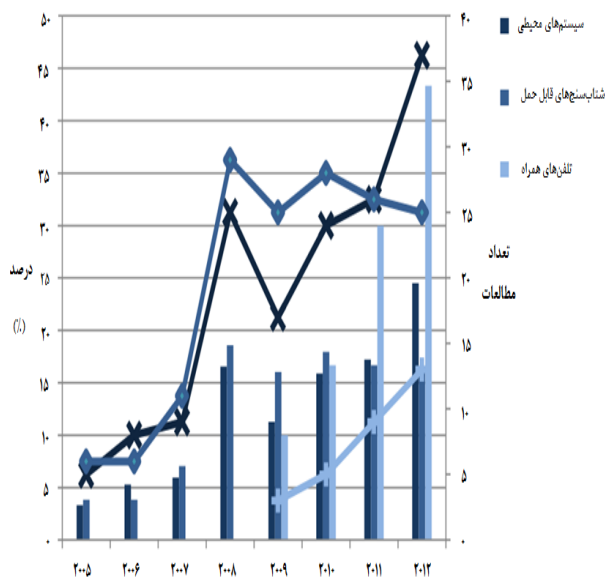
^۱Accelerometer Sensor

^۲Gyroscope Sensor

^۳Sensitivity

^۴Specificity

مجموعه‌ای از ویژگی‌هاست که در صورت دقیق بودن نتایج سیستم ارائه شده، می‌توان به‌طور گسترده از آن استفاده کرد. می‌توان برای یک سیستم آشکارساز افتادن، ویژگی‌هایی زیر را برای کارایی آن مدنظر قرارداد: خودکار باشد؛ تا بدون نیاز به دخالت کاربر عمل کند. سریع باشد؛ تا بتوان در حداقل زمان ممکن به فرد حادثه‌دیده کمک کرد. قابل اطمینان باشد؛ تا بتواند افتادن را از سایر فعالیت‌های روزمره، تمییز دهد و دقت قابل قبولی نیز داشته باشد. قابلیت ارتباط و مخابره داشته باشد؛ تا اطلاع‌رسانی به بهترین نحو انجام شود. قابل استفاده باشد؛ تا کاربران بتوانند سیستم را به راحتی فعال و غیرفعال کنند. قابل پذیرش باشد؛ تا کاربر به راحتی سیستم را بپذیرد و با آن مشکلی نداشته باشد.



شکل (۲) - تعداد مطالعات انجام شده در زمینه افتادن (نمودار خطی و محور عمودی سمت راست) در هر سال برای سیستم‌های آگاهی دهنده محیطی، شتاب‌سنج‌های قابل حمل و تلفن‌های همراه؛ و این که در آن سال چه درصدی از مطالعات نسبت به کل مطالعات یک گروه صورت گرفته است؛ به عنوان مثال، ۴۳٫۳٪ از تعداد کل مطالعات روی سیستم‌های تلفن همراه، در سال ۲۰۱۲ انجام شده است (نمودار میله‌ای و محور سمت چپ) [۱۰].

قابلیت استفاده، رابطه مستقیمی با تعداد حسگرهای استفاده شده و محل قرارگیری آن‌ها دارد. کمر و سر، بهترین مکان‌های قرارگیری حسگر شتاب‌سنج هستند و داده‌های حاصل در این دو مکان، قابل اطمینان‌تر است. با توجه به قابلیت پذیرش بهتر در قرارگیری حسگر در کمر، بهترین و راحت‌ترین مکان برای قرارگیری حسگر، کمر یا جیب فرد است. همچنین به دلیل استفاده آسان‌تر از سیستم، بهتر است از اندازه مجموع شتاب در سه محور استفاده شود. در برخی از

سقوطی ارائه شده است. در این سیستم، با استفاده از پردازش و ترکیب اطلاعات به دست آمده از حسگرهای شتاب‌سنج و میکروفن موجود در تلفن همراه، افتادن آشکارسازی می‌شود. در این سیستم از الگوریتم‌هایی برای تحلیل داده‌ها استفاده شده است که قابلیت پردازش در حداقل زمان ممکن را داشته باشند.

در ادامه و در فصل دوم مقاله، سیستم‌های آشکارسازی افتادن بر پایه تلفن‌های همراه تشریح می‌شود و نیز دلیل برتری تلفن همراه هوشمند در آشکارسازی بیان می‌شود. در فصل سوم، روش‌های استفاده شده در طراحی سیستم موردنظر و در فصل چهارم چگونگی پیاده‌سازی سیستم ارائه شده است. در نهایت و در فصل پنجم، نتایج پیاده‌سازی و ارزیابی سیستم ارائه شده و به بحث پیرامون نتایج حاصل، مقایسه آن با مطالعات مشابه، جمع‌بندی و نتیجه‌گیری پرداخته شده است.

۲- آشکارسازی به وسیله تلفن‌های همراه

امروزه تلفن‌های همراه هوشمند به انواع حسگرهای متنوع از جمله شتاب‌سنج، قطب‌نما، ژيروسکوپ، حسگر مجاورت^۵، سیستم مکان‌یاب سراسری^۶ و ... مجهز هستند. وجود این حسگرها، تلفن‌های همراه را به یکی از بهترین سیستم‌ها برای آشکارسازی تبدیل کرده‌اند. علاوه بر این قابلیت برقراری تماس، پیامک و اینترنت تلفن همراه، امکان ارسال اطلاعات حاصل از آشکارسازی سقوط را به راحتی فراهم کرده است. همچنین قیمت این دستگاه‌ها نسبت به سیستم‌های قبلی، به خصوص سیستم آشکارساز محیطی، بسیار پایین‌تر است؛ به گونه‌ای که توجه بسیاری از پژوهش‌ها به سمت توسعه این سیستم‌ها معطوف شده است [۱۰]. در شکل ۲، تعداد پژوهش‌های انجام شده درباره آشکارسازی افتادن و با استفاده از روش‌های مختلف تا سال ۲۰۱۲ میلادی برای سیستم‌های آگاهی دهنده محیطی، شتاب‌سنج‌های قابل حمل و تلفن‌های همراه ارائه شده است. براساس نمودار شکل ۲، استفاده از تلفن‌های همراه هوشمند برای آشکارسازی افتادن در سال‌های اخیر به‌طور چشم‌گیری افزایش پیدا کرده است.

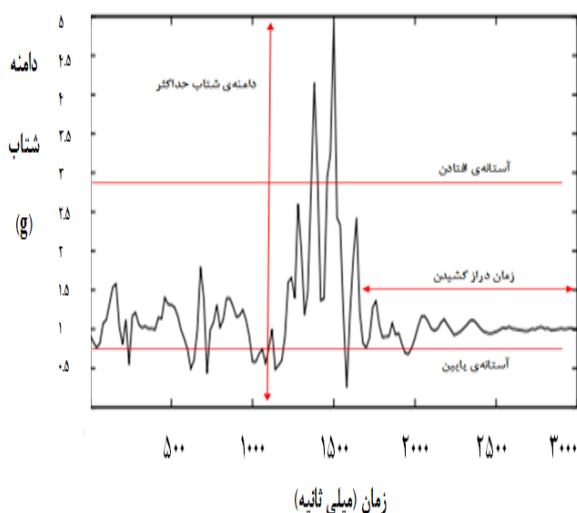
یکی از اصلی‌ترین مشخصات یک سیستم آشکارساز مناسب، کارآمد بودن آن است. کارآمدی یک سیستم،

^۵Proximity Sensor

^۶Global Positioning System (GPS)

تغییرات آن بررسی شود. در شکل ۳، نمونه‌ای از این تغییرات در زمان سه ثانیه و برای حالتی که افتادن از سمت جلو اتفاق افتاده است، نشان داده شده است. تعداد زیاد قله‌ها در شکل ۳، به این علت است که فرد در هنگام افتادن، از زانو و دست خود برای کاهش صدمات استفاده کرده است. نمودار تغییرات شتاب سایر افتادن‌ها، نظیر افتادن در حین راه رفتن، افتادن از روی تخت، افتادن به کنار و ...، حالتی مشابه نمودار شکل ۳ را دارد. با توجه به شکل ۳، نمودار چندین قله کوچک و یک قله بزرگ دارد. قله‌های ابتدایی، تغییرات حالت فرد قبل از افتادن را نشان می‌دهند که اطلاعات خاصی را شامل نمی‌شوند و اهمیتی ندارند. لحظه وقوع قله بزرگ، به طور دقیق زمان فرآیند افتادن را نشان می‌دهد. پس از این لحظه، یک قله کوچک‌تر وجود دارد که نشانگر زمانی است که فرد از دست یا زانوی خود برای کاهش صدمات استفاده می‌کند. آنچه در اینجا اهمیت دارد، آن است که می‌توان با استفاده از روش آستانه‌گذاری، لحظه افتادن را ثبت کرد. مقدار این آستانه، ۲/۷ برابر مقدار گرانش فرض شده است.

استفاده از آستانه‌گذاری نمی‌تواند به تنهایی روش قابل اطمینانی برای ایجاد تمایز بین افتادن با سایر فعالیت‌ها باشد. در شکل ۴، نمودار تغییرات شتاب برخی از فعالیت‌های روزمره، که از لحاظ شتاب به افتادن شباهت دارند، ارائه شده است. تمامی فعالیت‌های ارائه شده در شکل ۴، مقدار آستانه مشابهی با افتادن دارند. از سمت دیگر، تعداد فعالیت‌هایی که شتاب در آن‌ها به مقدار آستانه می‌رسد تقریباً محدود به فعالیت‌های ذکر شده است.



شکل (۳) - تغییرات شتاب هنگام افتادن

پژوهش‌ها، شتاب در هر محور جداگانه تحلیل شده است؛ از این‌رو برای تحلیل هر محور، به قرار گرفتن تلفن همراه در حالت خاص، برای مثال فقط در کمر بند، نیاز است که این شرط، قابلیت پذیرش و قابلیت استفاده را کاهش می‌دهد.

با توجه به آن‌چه که ذکر شد، یک دستگاه قابل حمل کوچک مانند تلفن همراه می‌تواند کارآمدی لازم برای پیاده‌سازی یک سیستم آشکارساز را داشته باشد؛ بنابراین تلفن‌های همراه هوشمند، یک انتخاب بسیار مناسب هستند؛ زیرا علاوه بر فراگیری، دارای قدرت بالای پردازشی، حسگرهای لازم و کارآمدی قابل قبولی هستند و برای اطلاع‌رسانی نیز می‌توانند به شبکه مخابرات و اینترنت متصل شوند.

۳- طراحی سیستم آشکارساز افتادن

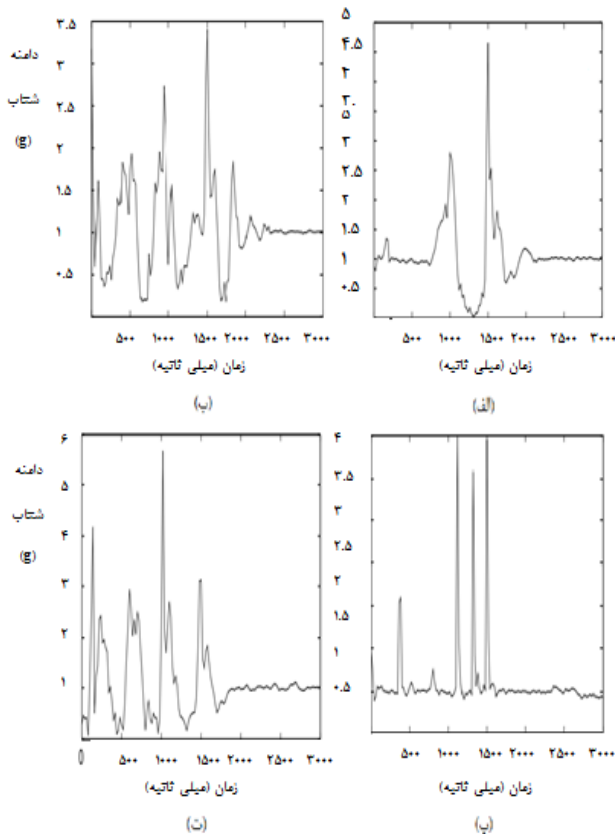
سیستم موردنظر این مطالعه، سیستم آشکارساز افتادن به وسیله تلفن‌های همراه هوشمند است که از حسگرهای شتاب‌سنج و میکروفن موجود در تلفن‌های همراه استفاده می‌کند. برای افزایش هرچه بیشتر قابلیت استفاده و پذیرش، برخلاف بیشتر مطالعات مشابه، مکان خاصی برای تلفن همراه در نظر گرفته نشد؛ به عبارت دیگر، تلفن می‌تواند در جیب، روی کمر بند یا در دست سالمند قرار گیرد. این سیستم، یک برنامه کاربردی^۷ است که به طور دائم، اطلاعات شتاب دستگاه را از شتاب‌سنج داخلی آن جمع‌آوری می‌کند؛ سپس الگوریتم لازم برای اطمینان از افتادن به طور دائم اجرا شده و در نهایت پس از کشف افتادن، هشدار از پیش تعیین شده به همراه اطلاعات لازم به شماره تماس مشخصی فرستاده می‌شود. در ادامه، اجزای سیستم به صورت دقیق‌تری بررسی خواهد شد.

۳-۱- استفاده از شتاب سنج

یکی از اصلی‌ترین راه‌های ایجاد تمایز بین فرآیند افتادن با برخی از فعالیت‌های روزمره، تحلیل اطلاعات به دست آمده از حسگر شتاب‌سنج است. برای شناسایی دقیق افتادن، لازم است که در ابتدا با تغییرات شتاب در فرآیند افتادن و هر یک از فرآیندهای مشابه آن، آشنا شویم. از مهم‌ترین فعالیت‌های روزمره مشابه، می‌توان به فعالیت‌هایی نظیر نشستن روی زمین، خوابیدن روی تخت، پریدن، دویدن و قدم زدن و تکان دادن دستگاه تلفن همراه اشاره کرد. برای بررسی هرچه دقیق‌تر تغییرات شتاب در فرآیند افتادن، لازم است تا نمودار

^۷Application

می‌توان با فعال‌سازی این حسگر و تحلیل صدای محیط، بین افتادن و سایر فعالیت‌های روزمره تمایز ایجاد کرد. اگرچه تغییرات شتاب در فعالیت‌های روزمره مشابه افتادن می‌تواند مشابه با فرآیند افتادن باشد؛ اما ترکیب هم‌زمان تغییرات شتاب و ایجاد سروصدا به‌طور خاص تنها در افتادن وجود دارد. از این رو می‌توان صدای ناشی از سقوط را به‌عنوان پارامتر دیگر برای شناسایی افتادن در نظر گرفت.



شکل (۴) - تغییرات شتاب در برخی فعالیت‌های روزمره مشابه با فرآیند افتادن: (الف) پریدن، (ب) قدم زدن همراه با توقف، (پ) تکان دادن تلفن همراه، (ت) دویدن همراه با توقف.

با پردازش صدای ایجاد شده در محیط پس از پردازش اولیه داده‌های به‌دست آمده از شتاب‌سنج، می‌توان خطای تشخیص افتادن را کاهش داد. پس از وقوع افتادن، سیستم صداهای محیط را بلافاصله تا مدت ۳ ثانیه بررسی می‌کند. می‌توان با استفاده از روش‌های شناسایی الگوهای صوتی، تنها فریاد زدن فرد را شناسایی کرد. در همه انواع افتادن، فرد توانایی فریاد ندارد و از طرف دیگر روش‌های شناسایی آوا پیچیده‌اند و نیاز به زمان طولانی دارند؛ بنابراین شناسایی فریاد به‌تنهایی معقول نیست. از این رو در این مطالعه، هدف یافتن

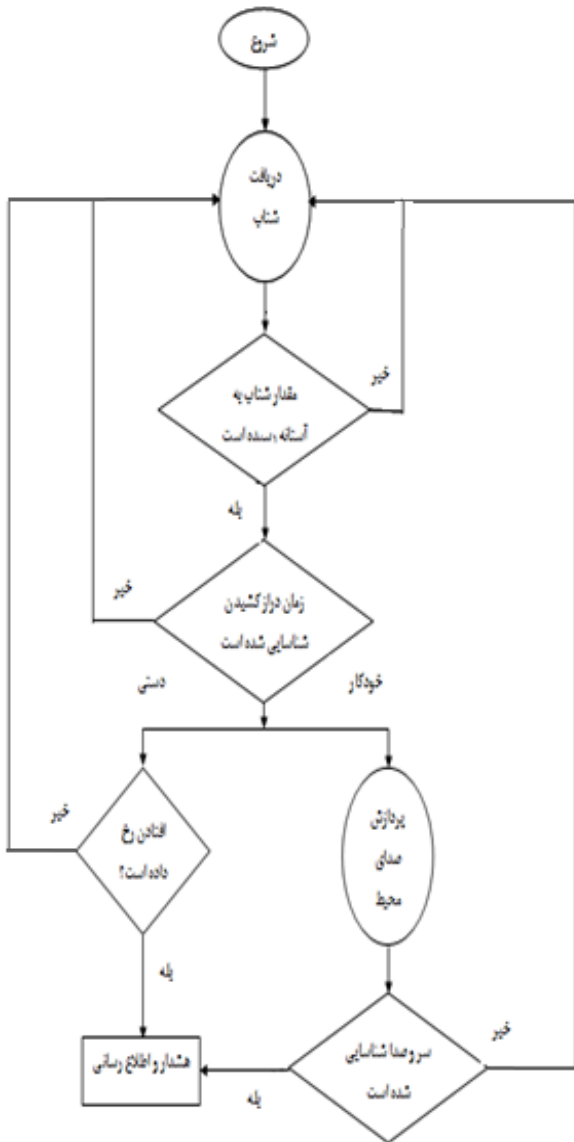
در سیستم پیشنهادی این مطالعه، آستانه‌گذاری مرحله اول شناسایی افتادن است و برای تمایز بین افتادن با فعالیت‌های مشابه، باید پارامترها و اطلاعات دیگری نیز مدنظر قرار داد.

یکی دیگر از ویژگی‌های فرآیند افتادن، دراز کشیدن پس از آن است. معمولاً وقتی افتادن برای کسی رخ می‌دهد (به خصوص در سالمندان)، فرد توانایی ایستادن یا نشستن را در همان لحظه ندارد و چند ثانیه روی زمین دراز می‌کشد. زمان دراز کشیدن بلافاصله بعد از پیدا شدن قله شتاب در شکل ۳، نشان داده شده است. تغییرات شتاب در هنگام دراز کشیدن، بسیار محدود و تقریباً ثابت است. این زمان، بلافاصله پس از افتادن شروع می‌شود؛ پس انتظار آن می‌رود که حداقل تا سه ثانیه پس از شناسایی افتادن، قله شتاب دیگری وجود نداشته باشد. با شناسایی زمان دراز کشیدن فرد، فعالیت‌هایی مانند دویدن و تکان دادن تلفن همراه (شکل ۴-ب و ۴-پ) از افتادن قابل تشخیص هستند؛ چراکه در این فعالیت‌های مشابه، قله‌های متوالی رخ می‌دهد. براساس نوع دویدن یا تکان دادن تلفن همراه، مقدار شتاب می‌تواند بیشتر از مقدار آستانه نیز شود. در این صورت، سیستم وارد زمان تشخیص دراز کشیدن می‌شود. اگر فرد همچنان در حال دویدن (یا تکان دادن دستگاه) باشد، سیستم، دراز کشیدن را تشخیص نمی‌دهد و سیستم شناسایی متوقف می‌شود؛ ولی اگر فرد به‌طور ناگهانی (و نه به صورت فرسایشی) متوقف شود، سیستم دراز کشیدن را به اشتباه تشخیص می‌دهد و احتمال خطای تشخیصی به‌وجود می‌آید. لازم است تا از ویژگی‌های دیگری برای افزایش دقت شناسایی استفاده شود.

۳-۲- استفاده از میکروفن

همان‌طور که بحث شد، برخی از فعالیت‌ها از لحاظ تعداد قله‌های شتاب‌سنج دقیقاً مانند افتادن هستند. در فعالیت‌هایی مانند افتادن روی مبل یا تخت، تغییرات شتاب از نظر وجود قله و زمان دراز کشیدن تا مقدار زیادی به افتادن شباهت دارد؛ بنابراین، دقت سیستم شناسایی پایین آمده است و عملکرد سیستم تحت تأثیر تشخیص‌های اشتباه دستگاه قرار می‌گیرد.

برای افزایش دقت شناسایی افتادن، از حسگر میکروفن موجود در دستگاه‌های تلفن همراه استفاده شده است. قابلیت ضبط صدای محیط توسط حسگر میکروفن در تمام تلفن‌های همراه هوشمند وجود دارد. از آنجا که فرآیند افتادن با سروصدای ناشی از زمین خوردن یا فریاد زدن فرد همراه است،



شکل (۵) - نمای کلی الگوریتم شناسایی افتادن در تلفن‌های همراه

acceleration: 1.0197161 Gs

max: 2.957177 Gs

maxvelocity : -3.66

velocity : 0.0

Please Enter Phone Number

Your Current Position :
35.6953813
51.3690572

Volume: 19266

شکل (۶) - نمایی از برنامه کاربردی سیستم آشکارساز افتادن ارائه شده روی تلفن همراه

روشی بود که دامنه صوتی وسیع‌تری را نسبت به فریاد زدن شناسایی کند و زمان پردازش به مراتب کمتری نسبت به روش‌های شناسایی آوا داشته باشد. به همین منظور، از الگوریتم آستانه‌گذاری برای صداهای دریافت شده از محیط استفاده شد. در واقع هدف الگوریتم از پردازش صداهای محیط پس از افتادن، یافتن صداهایی است که دامنه شدت صوتی آن‌ها از یک شدت مشخص بالاتر باشد که به‌عنوان سروصدا تشخیص داده می‌شود.

باید توجه داشت که در تمام مراحل شناسایی افتادن، احتمال شناسایی نادرست وجود دارد؛ به همین منظور در تمام مراحل شناسایی و اطلاع‌رسانی، شرایطی برای توقف یا ادامه آن توسط کاربر تعبیه شده است. پس از شناسایی افتادن، الگوریتم وارد مراحل هشدار و اطلاع‌رسانی خواهد شد. نمای کلی از الگوریتم شناسایی موردنظر، در شکل ۵ آمده است.

۴- پیاده‌سازی

سیستم طراحی شده روی تلفن‌های همراه مجهز به سیستم عامل اندروید، قابل اجرا است. امروزه تمام تلفن‌های همراه هوشمند به حسگرهای متعددی از جمله میکروفن و شتاب‌سنج سه محوری مجهز هستند و مشکلی در روند اجرای الگوریتم ندارند. برای ارزیابی هرچه بهتر، سیستم طراحی شده روی تلفن همراه Huawei مجهز به سیستم عامل اندروید (ورژن ۴،۲،۲) و پردازنده مرکزی چهار هسته‌ای با توان پردازش ۱/۳ گیگاهرتز پیاده‌سازی شده است. این تلفن همراه، مانند سایر تلفن‌های همراه هوشمند، دارای حسگرهای متنوعی همچون شتاب‌سنج، میکروفن، میدان مغناطیسی و حسگر تشخیص مجاورت و قطب‌نما است و قابلیت اتصال به اینترنت از طریق شبکه عمومی بسته سرویس امواج رادیویی^۸ یا ارتباط بدون سیم^۹ را دارد. همچنین موقعیت در این تلفن همراه هوشمند با استفاده از GPS یا اینترنت تعیین می‌شود. در ادامه برای آشنایی هرچه بهتر سیستم پیاده‌سازی شده، قسمت‌های متفاوت آن به تفکیک بیان شده است. در شکل ۶، نمای برنامه کاربردی سیستم آشکارساز روی تلفن همراه ارائه شده است.

^۸General Packet Radio Service (GPRS)

^۹Wireless

۴-۱- الگوریتم شناسایی

در سیستم پیشنهادی این مطالعه، افتادن فرآیندی است که سه ویژگی داشته باشد. اندازه قله تغییرات شتاب آن از مقدار آستانه فراتر رود؛ در مدت زمان دراز کشیدن تغییرات زیادی در شتاب رخ ندهد؛ و در هنگام شناسایی اولیه افتادن، سروصدا در محیط اطراف فرد شناسایی شود. شناسایی اولیه زمانی رخ می‌دهد که تغییرات اندازه قله شتاب‌سنج، از مقدار آستانه $g_{2,7}$ فراتر رود. فرکانس کاری شتاب‌سنج برابر با ۱۰ هرتز است که با این فرکانس، دستگاه تلفن همراه زمان کافی را برای دریافت سریع اطلاعات شتاب و پردازش باقی مراحل دارد. همچنین لازم به ذکر است که به علت استفاده از برآیند سه محور شتاب‌سنج، لازم نیست تلفن همراه در مکان مشخص و ثابتی قرار گیرد. تلفن همراه می‌تواند در جیب لباس، روی کمر بند یا در دستان فرد باشد.

انتظار یک ثانیه‌ای سیستم برای پیدا کردن قله متوالی پس از قله اولیه، باعث فیلتر شدن فعالیت‌هایی مانند دویدن و تکان دادن دستگاه تلفن همراه می‌شود. چراکه در این‌گونه فعالیت‌ها، قله‌های متوالی با فاصله زمانی کم ایجاد می‌شود؛ اما برخی دیگر از فعالیت‌های روزمره از لحاظ تعداد قله‌های موجود در تغییرات شتاب، دقیقاً مانند افتادن هستند. در فعالیت‌هایی مانند افتادن روی تخت، نشستن روی مبل و تکان دادن دستگاه، اندازه تغییرات شتاب‌سنج، قله اولیه را می‌گذراند و پس از قله اولیه، قله متوالی دیگری وجود ندارد. آنچه باعث می‌شود تا سیستم این فعالیت‌ها را به اشتباه تشخیص ندهد، شناسایی زمان دراز کشیدن و عدم وجود سروصدا است.

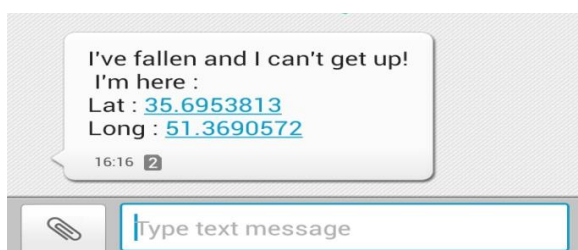
به‌طور معمول در حالت افتادن، فرد توانایی حرکت نداشته و در حالت درازکش روی زمین باقی می‌ماند. در این حالت، اندازه تغییرات شتاب‌سنج باید در حدود $g_{0,9}$ ثابت باشد، اما از آنجایی که شاید احتمال چرخش یا تلاش برای بلند شدن هم وجود داشته باشد، مقدار آستانه بالای g_2 برای زمان دراز کشیدن انتخاب شد تا ضریب اطمینان برای شناسایی دراز کشیدن افزایش یابد. به‌عبارت‌دیگر در سیستم موردنظر ما، شتاب دراز کشیدن در حدود $g_{0,9}$ قرار دارد و در صورت تغییرات شتاب، مقدار تغییرات از g_2 فراتر نمی‌رود. برای کاهش هرچه بیشتر تشخیص اشتباه دستگاه از حسگر میکروفون دستگاه تلفن همراه استفاده شد. از آنجایی که افتادن همراه با سروصدای ناشی از زمین خوردن یا فریاد زدن فرد است، می‌توان با فعال‌سازی این حسگر و استفاده از فیلتر

آستانه، بین افتادن و سایر فعالیت‌های روزمره، که از لحاظ تغییرات شتاب مشابه افتادن هستند، تمایز ایجاد کرد.

۴-۲- هشدار و اطلاع‌رسانی

یکی از اصلی‌ترین قسمت‌های آشکارساز، چگونگی هشدار و اطلاع‌رسانی پس از کشف افتادن است. نیاز به یک سیستم هشداردهنده به سه دلیل در این الگوریتم، لازم و ضروری است. اول آن که سیستم هشداردهنده در مرحله اول، خود فرد را از افتادن مطلع می‌کند و در صورتی که فرد آسیب جدی ندیده و نیازی به یاری دیگران نداشته باشد، فرد موردنظر خود بتواند الگوریتم را متوقف کند. در مرحله دوم، با فعال شدن سیستم هشداردهنده، اطرافیان فرد از افتادن وی مطلع شده و می‌توانند هرچه سریع‌تر به فرد آسیب‌دیده کمک کنند. سوم آن که با فعال‌سازی سیستم هشداردهنده، فردی که دچار افتادن شده است از صحت شناسایی الگوریتم مطلع می‌شود و در صورت بروز آسیب‌دیدگی جدی، بدون حرکت اضافی منتظر کمک افراد دیگر می‌ماند.

در سیستم آشکارساز موردنظر ما پس از شناسایی نهایی افتادن با استفاده از حسگرهای شتاب‌سنج و میکروفون، سیستم اطلاع‌رسانی دقیقی تعبیه شده است تا افتادن را با جزئیات محل و زمان حادثه و در اسرع وقت گزارش کند. محل وقوع حادثه از دو طریق سیستم GPS و اینترنت با خطای چند متر، قابل دستیابی است. برای افزایش ضریب اطمینان سیستم اطلاع‌رسانی، از هر دو روش موقعیت‌یابی استفاده شده است. در انتهای الگوریتم شناسایی افتادن، اطلاعات مکانی و زمانی افتادن برای یک شماره تلفن از طریق سرویس پیام کوتاه ارسال می‌شود. کاربر می‌تواند شماره تلفن مورد نظرش را در حافظه سیستم آشکارساز ذخیره کند تا در صورت افتادن، اطلاعات لازم برای آن شماره ارسال شود. در شکل ۷، نمایی از متن پیام کوتاه نمونه آمده است. در صورتی که فرد به هر دلیلی شماره‌ای را به سیستم معرفی نکرده باشد، سیستم به‌طور پیش‌فرض اطلاعات موردنظر را برای آخرین شماره‌ای که فرد آسیب‌دیده با آن تماس گرفته است، ارسال می‌کند.



شکل (۷) - پیام متنی اطلاع‌رسانی شامل اطلاعات مکانی و زمانی

۵- نتایج و بحث

که استفاده از سیستم آشکارساز افتادن در این موارد ضروری است.

در اکثر مواردی که آزمایش برای شناسایی افتادن‌های مختلف در دو محیط شلوغ و آرام انجام شد، الگوریتم به‌خوبی افتادن را تشخیص داد. تنها در آزمایش‌هایی که سقوط در محیط آرام و روی سطح نرم انجام شد و سروصدای لازم توسط فرد یا در فرآیند افتادن ایجاد نشد، سیستم توانایی تشخیص را نداشت. از بین ۲۱۶ آزمایش انجام‌شده، سروصدای لازم تنها در ۷ مورد ایجاد نشد و در پی آن، شناسایی آشکار نگردید؛ بنابراین مقدار حساسیت سیستم در دو محیط برابر با ۹۶٫۷۵٪ برآورد شده است.

برای یافتن مقدار معیار اختصاصیت، باید فعالیت‌های مشابه افتادن شبیه‌سازی شوند تا قدرت سیستم برای تشخیص نیفتادن‌ها تعیین شود. در بخش ۳-۱، فعالیت‌های روزمره از قبیل دویدن، راه رفتن، نشستن و پریدن، که از نظر تغییرات نمودار شتاب مشابه افتادن بودند، بررسی شد. برای محاسبه معیار اختصاصیت، این ۴ عمل توسط ۱۸ نفر شرکت‌کننده در آزمایش و در دو محیط شلوغ و آرام انجام شد؛ بنابراین در مجموع، تعداد ۱۴۴ آزمایش برای تعیین مقدار اختصاصیت صورت گرفت. در بین آزمایش‌های انجام‌شده برای تشخیص نیفتادن در محیط آرام و بی‌سروصدا برای تمامی فعالیت‌های شبیه‌سازی‌شده، سیستم عملکردی با دقت بالا داشت؛ اما در محیط شلوغ و برای فعالیت‌های پریدن و دویدن همراه با توقف لحظه‌ای، سیستم آشکارساز با اشتباه تشخیصی همراه بود. در نهایت از بین ۱۴۴ آزمایش شبیه‌ساز فعالیت روزانه، سیستم در ۳۳ مورد دچار اشتباه شد؛ بنابراین مقدار معیار اختصاصی بودن برای سیستم طراحی‌شده برابر با ۷۷٫۰۸٪ به‌دست آمد.

در مقایسه با سیستم‌های آشکارساز محیطی، که از حسگرهایی مانند حسگر فشار و مادون قرمز و دوربین‌های ویدئویی استفاده می‌کنند، مقدار حساسیت یکسان بوده ولی مقدار اختصاصیت کمتر است. به‌عبارت‌دیگر سیستم موردنظر در این مطالعه، دقت پایین‌تری نسبت آشکارسازهای محیطی دارد. اغلب این سیستم‌ها، مقدار اختصاصیت و حساسیت بالاتر از ۹۰٪ داشته‌اند؛ چون در سیستم‌های محیطی از حسگرهای زیاد و متنوع استفاده می‌شود و روش‌های تحلیل بسیار پیچیده‌تری در مقایسه با سیستم‌های تلفن همراه دارند. از طرفی، بزرگ‌ترین مشکل این‌گونه از سیستم‌ها آن است که

برای ارزیابی کمی کارایی سیستم، از دو معیار حساسیت و اختصاصیت استفاده شده است. این دو معیار آماری، به‌طور معمول برای اندازه‌گیری یک آزمایش با نتایج صحیح و خطا به‌کار می‌روند. حساسیت، نشان‌دهنده توانایی سیستم برای آشکارسازی افتادن است؛ به‌عبارت‌دیگر این معیار، میزان درصد شناسایی افتادن‌ها را از بین تمام آزمایش‌هایی که باید به‌عنوان افتادن تشخیص داده می‌شد، نشان می‌دهد. از طرف دیگر معیار اختصاصیت، میزان درصد شناسایی نیفتادن‌ها را از بین تمام آزمایش‌هایی که باید به‌عنوان نیفتادن تشخیص داده می‌شدند، اندازه می‌گیرد. هرچه معیار حساسیت بالاتر باشد، یعنی فرآیند افتادن به‌درستی تشخیص داده شده است و معیار اختصاصیت بالا، نشان‌دهنده تشخیص صحیح سیستم در شناسایی نیفتادن‌ها در فرآیندهای مشابه افتادن است.

برای یافتن مقدار کمی برای حساسیت، باید سیستم را در شرایط متنوع و برای افتادن‌های گوناگون بررسی کنیم. به همین منظور، سیستم در دو محیط پرسروصدا و خلوت و نیز برای شش نوع افتادن مختلف امتحان شد؛ افتادن به جلو و عقب، افتادن به طرف چپ و راست، افتادن به روی زانو و افتادن با کمک گرفتن از دست. تعداد افراد شرکت‌کننده در آزمون طراحی‌شده، ۱۸ نفر شامل چهار زن و چهارده مرد در رده‌های سنی ۲۱ تا ۴۷ سال بود؛ بنابراین تعداد آزمایش‌های انجام‌شده برای تشخیص صحیح افتادن و معیار حساسیت، در مجموع ۲۱۶ بار بود. در هر بار آزمایش، از افراد خواسته شد که یکی از انواع افتادن را یک‌بار در محیط پرسروصدا و بار دیگر در محیط آرام تکرار کنند. محیط پرسروصدا، با پخش یک فایل صوتی با صدای زیاد در محیط آزمایش شبیه‌سازی شد. علت انجام آزمایش در محیط پرسروصدا، ارزیابی سیستم آشکارساز برای تشخیص سروصدای ناشی افتادن در یک محیط شلوغ است. بررسی عملکرد الگوریتم در محیط پرسروصدا از این جهت مهم است که ممکن است فرد در یک محیط با سروصدای زیاد مانند حیاط خانه یا در هنگام تماشای تلویزیون تنها بوده و نیاز به آشکارسازی افتادن وجود داشته باشد. در محیط‌های خارج از خانه که سروصدا زیاد است و افراد دیگر نیز وجود دارند، نیاز به سیستم آشکارساز کمتر است؛ اما ممکن است که فرآیند افتادن در مکان‌های کم‌رفت‌وآمد با سروصدای زیاد رخ دهد،

جدول (۱)- مقایسه حساسیت و اختصاصیت برخی از مطالعات مشابه با سیستم ارائه شده

نویسنده	حساسیت-اختصاصیت	توضیحات
لی و همکاران [۱۷]	٪۷۷ - ٪۸۱	مقایسه نتایج شتابسنج تلفن همراه با شتابسنج مستقل با آستانه گذاری
فنگ و همکاران [۱۸]	٪۷۳ - ٪۷۷	استفاده از شتابسنج و اطلاعات جهت فرد و روش آستانه گذاری
آباته و همکاران [۱۴]	٪۱۰۰ - ٪۱۰۰	شناسایی حرکات و افتادن با شتابسنج و طبقه بندی شبکه عصبی؛ محل قرارگیری تلفن همراه ثابت و روی کمربند
هسیه و همکاران [۱۵]	٪۹۱ - ٪۹۷	تحلیل تغییرات اندازه و جهت شتابسنج سه محوره
سیستم ارائه شده	٪۷۷-٪۹۶	تحلیل نتایج شتابسنج سه محوره و صدای ناشی از افتادن بدون نیاز به قرارگیری تلفن در محل ثابت

۶- بحث و نتیجه گیری

در این مقاله، یک روش نوین برای شناسایی فرآیند افتادن با استفاده از تلفن های همراه هوشمند ارائه شده است. افتادن، یک فرآیند ناشی از بیماری یا حوادث ناگهانی است که انواع مختلفی دارد و معمولاً به صدمات جدی و حتی مرگ، به خصوص در افراد سالمند، منجر می شود. هدف از این پژوهش آن است که با مطالعه انواع افتادن و فعالیت های روزمره، مشابه آن چون دویدن، راه رفتن و پریدن و شناخت تفاوت های موجود بین آنها، بتوان با استفاده از روش های تحلیلی، افتادن را از سایر فعالیت های روزمره تشخیص داد.

هدف از انجام این پژوهش، طراحی و پیاده سازی سیستمی کارا است که بتواند افتادن را در افراد تشخیص دهد. سیستم مورد نظر این مطالعه برای پیاده سازی روی تلفن های همراه طراحی شده است؛ از این رو دارای قابلیت پذیرش و استفاده بالایی در زندگی روزمره است. همچنین تلفن همراه در مقایسه با سیستم های قابل حمل دیگر، مدت زمان بیشتری در طول شبانه روز همراه فرد است؛ پس اعتماد به نفس کاربر و ضریب اطمینان سیستم شناسایی را افزایش می دهد.

در این پژوهش، برای اولین بار از ترکیب حسگرهای شتابسنج سه محوری و میکروفن موجود در تلفن های همراه برای شناسایی افتادن هوشمند استفاده شده است. در الگوریتم

تنها قادر به آشکارسازی در محدوده محل قرارگیری حسگرها هستند؛ برای مثال، یک دوربین ویدئویی تنها می تواند افتادن فرد را در اتاقی تشخیص دهد که دوربین های آشکارساز در آن قرار دارد. همچنین هزینه های نصب و سیستم های پردازشی در این نوع از آشکارسازها به مراتب بیشتر از یک تلفن همراه است. این مشکلات باعث شده است که از آشکارسازهای محیطی، با وجود دقت آشکارسازی بالایی که دارند، در عمل به طور گسترده استفاده نشود [۱۰].

در برخی از مطالعات که از حسگرهای قابل حمل (و نه تلفن های همراه) مانند حسگرهای شتابسنج و ژيروسکوپ استفاده شده است، مقادیر اختصاصیت و حساسیت مانند سیستم های محیطی بالاتر از ٪۹۰ گزارش شده است؛ اما با وجود میزان دقت قابل قبول، تعداد این مطالعات همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، نسبت به سیستم های تلفن همراه و محیطی کمتر است. علت این امر، قابلیت پذیرش و استفاده بسیار کمی است که این نوع از حسگرها دارند؛ چراکه این حسگرها باید همیشه و همه جا همراه فرد سالمند باشند و محل قرارگیری ثابتی مانند پشت گوش، کمربند یا روی بازو برای آنها در نظر گرفته شود. این دلایل کافی است تا اکثر محققان در تحقیقات خود از تلفن های همراه استفاده کنند [۱۰].

جدول ۱ بیانگر مقایسه نتایج به دست آمده روش پیشنهادی این مطالعه با مطالعات مشابه، که از تلفن های همراه برای پیاده سازی سیستم و معیارهای حساسیت و اختصاصیت برای ارزیابی استفاده کرده اند، می باشد. بر اساس این جدول، می توان گفت که سیستم ارائه شده از نظر مقدار حساسیت و اختصاصیت مقدار قابل قبولی در مقایسه با مطالعات مشابه دارد. اگرچه در سیستم طراحی شده توسط آباته و همکاران [۱۴] با استفاده از روش های پیچیده تر، مقدار حساسیت و اختصاصیت ٪۱۰۰ گزارش شده است؛ اما مکان قرارگیری ثابت تلفن همراه در این روش، قابلیت استفاده از آن را تا اندازه زیادی کاهش می دهد. تمام مطالعات ذکر شده در جدول ۱، از شتابسنج تلفن همراه برای شناسایی اولیه افتادن استفاده کرده و برای افزایش دقت، از روش های جانبی متنوع دیگر مانند ژيروسکوپ و جهت یابی بهره برده اند. لازم به ذکر است که استفاده از میکروفن تلفن همراه و پردازش صدای محیط برای شناسایی افتادن، برای نخستین بار در این مطالعه ارائه شده است.

- [10] Igual, R., Medrano, C., & Plaza, I. "Challenges, issues and trends in fall detection systems". *Biomed.Eng. Online*, 12(66), 2013.
- [11] Sposaro, Frank, and Gary Tyson. "iFall: an Android application for fall monitoring and response." *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE.*, 2009.
- [12] Dai J, Bai X, Yang Z, Shen Z, Xuan D "Mobile phone-based pervasive fall detection." *Pers Ubiquitous Comput* 2010,14:633–643, 2010.
- [13] Albert MV, Kording K, Herrmann M, Jayaraman A "Fall classification by machine learning using mobile phones". *PLoS One* 2012, 7:e36556, 2012.
- [14] Abbate, S., Avvenuti, M., Bonatesta, F., Cola, G., Corsini, P., & Vecchio, A. "A smartphone-based fall detection system". *Pervasive and Mobile Computing*, 8(6), 883-899, 2012.
- [15] Hsieh, S. L., Chen, K. R., Yeh, C. L., & Chen, C. C. "An unfixed-position smartphone-based fall detection scheme". In *Systems, Man and Cybernetics (SMC), 2014 IEEE International Conference on* (pp. 2077-2081), 2014.
- [16] ShenVictor RL, Horng-Yih Lai, and Ah-Fur Lai. "The implementation of a smartphone-based fall detection system using a high-level fuzzy Petri net." *Applied Soft Computing* 26, 390-400, 2015.
- [17] Lee, Raymond YW, and Alison J. Carlisle. "Detection of falls using accelerometers and mobile phone technology." *Age and ageing*, 2011.
- [18] Fang, Shih-Hau, Yi-Chung Liang, and Kuan-Ming Chiu. "Developing a mobile phone-based fall detection system on Android platform." *Computing, Communications and Applications Conference (ComComAp), 2012.IEEE*, 143–146, 2012.
- [19] Bourke, A. K., O'donovan, K. J., & O'laighin, G. "The identification of vertical velocity profiles using an inertial sensor to investigate pre-impact detection of falls". *Medical Engineering & Physics*, 30(7), 937-946, 2008.
- [20] Habib, M. A., Mohktar, M. S., Kamaruzzaman, S. B., Lim, K. S., Pin, T. M., & Ibrahim, F. "Smartphone-based solutions for fall detection and prevention: challenges and open issues". *Sensors*, 14(4), 7181-7208, 2014.
- [21] Sprute, D., Pörtner, A., Weinitschke, A., & König, M. "Smart Fall: Accelerometer-Based Fall Detection in a Smart Home Environment." In *Inclusive Smart Cities and e-Health*, Springer International Publishing, 194-205, 2015.
- [22] Kozina, S., Gjoreski, H., Gams, M., & Luštrek, M. "Efficient activity recognition and fall detection using accelerometers". In *Evaluating AAL Systems Through Competitive Benchmarking*, Springer Berlin Heidelberg, 13-23, 2013.

موردنظر، افتادن فرآیندی است که سه ویژگی داشته باشد. در مرحله اول، تغییرات شتاب‌سنج به اندازه‌ای باشد که قله تغییرات شتاب آن از مقدار آستانه فراتر رود؛ دوم آن که پس از شناسایی ویژگی اولیه، زمان دراز کشیدن برای فرد شناسایی شود. دراز کشیدن فرآیندی است که طی آن، در مدت زمان کوتاه چند ثانیه پس از رسیدن قله شتاب به مقدار آستانه، تغییرات زیادی در اندازه شتاب ثبت شده رخ ندهد؛ درنهایت، افتادن فرد با سروصدای ناشی از آن و فریاد زدن همراه باشد. مقایسه معیارهای حساسیت و اختصاصیت حاصل از پیاده‌سازی این روش با برخی روش‌های مشابه، بیانگر آن است که سیستم طراحی شده دقت قابل قبولی دارد و می‌تواند به‌طور گسترده برای شناسایی افتادن در افراد سالمند استفاده شود.

ع

۷-مراجع

- [1] Aslan, U. B. Cavlak, U. Yagci, N.& Akdag, B. "Balance performance, aging and falling: a comparative study based on a Turkish sample". *Archives of gerontology and geriatrics*, 46(3), 283-292, 2008.
- [2] Laughton, C. A., Slavin, M., Katdare, K., Nolan, L., Bean, J. F., Kerrigan, D. C & Collins, J. J. "Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment". *Gait & posture*, 18(2), 101-108, 2003.
- [3] Lee, D. T. "Quality long-term care for older people: a commentary". *Journal of Advanced nursing*, 52(6), 618-619, 2005.
- [4] Mohtasham Amiri Z, Toloei MH, Farazmand E. "Causes of patients' hospitalization in Guilan university hospitals". *J Med Fac Guilan Univ Med Sciences*, 42(11), 28-32, 2002.
- [۵] مرکز آمار ایران، گزیده نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰، چاپ اول، صفحات ۲۴-۲۸، مرداد ۱۳۹۱.
- Available: <http://www.amar.org.ir>
- [6] Z Safavi Bayat, F Zorriasatain "Determining risk factors associated with falling among elderly at residential care facilities in Tehran". *Journal of Qazvin Univ. of Med. Sci. Vol. 11, No. 4, 66-70, 2008.*
- [7] Sh.SalarVand, M.Birjandi, "Factors Related to Falling Down in Older Adults". *Iran journal of Nursing (IJN)*, Vol. 22 , No. 61; 51- 60. 2009.
- [8] Perry, J. T., Kellog, S., Vaidya, S. M., Youn, J. H., Ali, H., & Sharif, H. "Survey and evaluation of real-time fall detection approaches". In *High-Capacity Optical Networks and Enabling Technologies (HONET), 6th International Symposium on* (pp. 158-164).IEEE, 2009.
- [9] Cavoukian, A., A. Mihailidis, and J. Boger. "Sensors and in-home collection of health data: A privacy by design approach". *Information and Privacy Commissioner, Tech. Rep*, 2010.