

پیش‌بینی و پایش زمین خورده‌گی سالمندان براساس مدل‌سازی الگوهای حرکتی دریافت شده از تصاویر ویدئویی

(مقاله پژوهشی)

خسرو رضایی^۱، جواد حدادنیا^۲، احمد دلبری^۳، مائده مدنیان^۴**چکیده:**

هدف: با افزایش جمعیت سالمندان در اغلب کشورهای جهان، طراحی سامانه‌ای مطمئن و هوشمند به منظور پایش وضعیت جسمانی سالمندان و نظارت بر آن ضروری به نظر می‌رسد. سالانه، هزاران نفر از سالمندان بر اثر زمین خورده‌گی، با صدمات جبران‌ناپذیری موافقه می‌شوند، مانند شکستگی مفاصل و استخوانها و دیگر اعضا و حتی گاهی مرگ.

روش تحقیق: در این مقاله، بر مبنای تحلیل تصاویر گرفته شده از حرکت سالمندان، سامانه‌ای کارآمد طراحی شد. این سامانه در فاز نخست، راه رفتن غیرطبیعی سالمندان را تشخیص می‌دهد و در گام بعدی، نحوه حرکت آن‌ها را مدل‌سازی می‌کند. سپس با ترتیب چندین ویژگی بالهمیت، ظییر برآورده زاویه بدن شخص نسبت به افق، ارزیابی کمیت‌های حرکتی، حافظه حرکت، راستای حرکت و سرعت فرد، زمین خورده‌گی احتمالی شناسایی می‌شود. پیاده‌سازی سامانه بر مجموعه‌ای صورت گرفت که شامل ۵۷۴۲۵ فریم تصویری دریافت شده از مرکز نگهداری سالمندان فرزانگان شهر مشهد و رشته‌های ویدئویی دربردارنده وقایع زمین خورده‌گی است. تمامی رشتہ‌ها به صورت تصادفی به ۴ دسته Movie با فرمت AVI با رزولوشن 120×160 پیکسل با میزان ۱۵ فریم بر ثانیه تبدیل شدند.

یافته‌ها: نتایج شیوه‌سازی الگوریتم، نشان دهنده عملکرد مطلوب سامانه و دقت مناسب آن در شناسایی حوادث زمین خورده‌گی است. دقت متوسط (AAC) و نرخ آشکارسازی (DR) و هشدار اشتباہ (FAR) سامانه پیشنهادی، به میزانی مقبول به ترتیب $94/4$ درصد و $5/52$ درصد است. حساسیت $92/47$ درصد و ویژگی $94/47$ درصد، نشان دهنده توانایی مطلوب سامانه در جداسازی وقایع شیوه به زمین خورده‌گی‌های واقعی است.

نتیجه‌گیری: مزیت‌های ویژه‌ای مانند سرعت زیاد الگوریتم در پردازش داده‌ها و ارائه دقت و حساسیت مناسب در عملکرد، سبب شد تا سامانه پیشنهادی از دیگر تکنیک‌های مشابه تمایز شود؛ ازاین‌رو، به کارگیری آن در مراکز مختلف نگهداری سالمندان و منازل مسکونی، نظارت هوشمند و بی‌درنگ افراد را در زمان زمین خورده‌گی به دنبال خواهد داشت.

کلیدواژه‌ها: زمین خورده‌گی، سالمندان، مدل‌سازی، نظارت
تاریخ دریافت: ۹۱/۰۷/۰۱
تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۹/۰۴

در جهت حل مشکلات سالمندان جامعه که هر ساله بر جمعیت آن‌ها افزوده می‌شود، به سامانه‌ای هوشمند برای ایمن‌سازی فضای زندگی افراد جامعه نیاز است. براساس آمار جمعیتی در سال ۲۰۱۰، پیش‌بینی شده که در سال ۲۰۳۵، یک‌سوم جمعیت اروپا را افرادی با سنین بیش از ۶۵ سال تشکیل خواهند داد^(۳). در این میان، ایران در زمرة کشورهای با جمعیت گسترده قشر جوان است که در آینده‌ای نه‌چندان دور، این قشر، بدنده سالمند جامعه را تشکیل خواهد داد. به عبارتی، می‌توان پیش‌بینی کرد که جمعیت سالمند در ایران در عرض ۲۰ سال آینده ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۵، حدود سه برابر خواهد شد^(۴). از خطرهای بسیار

مقدمه

سازمان بهداشت جهانی (WHO) افراد با سن ۶۰ سال و بیش از آن را در کشورهای در حال توسعه، سالمند می‌نامد و این قشر را به ۳ گروه مجزا تقسیم می‌کند: افراد ۶۰ تا ۷۴ سال را سالمند جوان (Young-Old)، افراد ۷۵ تا ۹۰ سال را سالمند (Old) و افراد بیش از ۹۰ سال را سالمند سال‌خورده (Old-Old) می‌خواند^(۱). سالمندی فرایندی زیستی است و بیماری نیست و نیز پدیده‌ای حیاتی است که همگان روزی با آن موافقه خواهند شد. شمار جمعیت سالمندان در ۵۰ سال گذشته سه برابر شده است و پیش‌بینی می‌شود این رقم، طرف ۵۰ سال آینده نیز سه برابر شود^(۲).

۱. کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی، گروه مهندسی پزشکی، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه حکیم سبزواری
۲. دانشیار، گروه برق الکترونیک و مهندسی پزشکی و عضو هیئت علمی دانشگاه حکیم سبزواری (نویسنده مسئول)
۳. استادیار، انتستو کارولینسکا استکھلم سوئد، مکرر مرکز تحقیقات مسائل اجتماعی روانی سالمندان و عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی
۴. کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی اصفهان
* آدرس نویسنده مسئول: استان خراسان رضوی، شهرستان سبزوار، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، مرکز تحقیقات نوین پزشکی
** تلفن: +۹۸ (۰۵۱) ۴۰۰۳۰۷۵
* رایانه‌ای: Haddadnia@hsu.ac.ir

سامانه‌های پیشین

در زمینه شبکه‌های حسگری و سنسورهای پوشیدنی، به کارگیری سنسوری هوشمند برای تشخیص زمین خوردن سالمندان روشی بود که سیکس اسمیت^۱ و جانسون^۲ در سال ۲۰۰۴ پیشنهاد کردند^(۹). الکساندر^۳ و همکارانش^(۱۰) سامانه دیگری طراحی کردند که در آن از تکنیک‌های شبکه سنسوری برای پایش آنلاین وضعیت افراد سالخورده و نظارت بر آن استفاده می‌شد. در این زمینه، یکی دیگر از شیوه‌های پیشنهاد شده، بهره‌گیری از شبکه‌های حسگری سیم و سامانه هشدار دهنده بود که فرد سالمند در زمان زمین خوردگی با استفاده از یک دکمه، وضعیت نامعمول خود را به دیگران اعلام می‌کرد^(۱۱). البته بر این گونه سامانه‌ها ایرادهایی وارد است؛ برای مثال، در روش‌های مبتنی بر استفاده از شبکه حسگری، فرد سالمند باید لباس‌های سنسوری حجمی پوشد و اگر فراموش کند، در زمان زمین خوردگی قادر به اعلام وضعیت خود نخواهد بود. از طرفی، اگر شخص در زمان زمین خوردن بیهوش شود یا تحرک نداشته باشد، پیاده‌سازی روش عملیاً کارآمد نخواهد بود.

دسته دیگری از سامانه‌های تشخیص زمین خوردگی شخص سالمند وجود دارد که در مقایسه با شبکه‌های حسگر کارایی عملی بیشتری دارند. دستگاه‌های تحلیل لرزش، ژیروسکوپ‌ها، کمریندهای وضعیت و تخت‌های سنجش فشار، تکنیک‌های دیگری است که بر حالت‌های حرکتی شخص استوارند. در سال ۲۰۰۸، برک^۴ و دیگر همکارانش^(۱۲) آستانه مطمئنی در الگوریتم‌های تشخیص زمین خوردن ابداع کرده‌اند که از سنسور ژیروسکوپ دومحوری بهره می‌برد. برخی دیگر از سامانه‌های پیشنهادی از شتاب‌سنج‌ها استفاده می‌کنند که با آن می‌توان دامنه و راستای شتاب حرکت فرد سالمند را برای شناسایی وضعیت حرکت سنجید^(۱۳، ۱۴). ترکیب هم‌زمان سامانه سنجش شتاب حرکت فرد سالمند و برآورد راستای حرکت را نیز نیان^۵^(۱۵) پیشنهاد کرد که دقیق‌تر بود. سامانه‌های تحلیل لرزش نیز در شناسایی زمین خوردگی فرد سالمند یا معلولان کاربرد دارند. دستگاهی را که لرزش‌های خفیف کف اتاق را نمایان می‌ساخت، زیگل^۶ در سال ۲۰۰۹ با افزوده شدن حسگر صدا بهبود بخشید^(۱۶). بر مبنای آن، در صورت زمین خوردن افراد معلول حرکتی یا سالمندان، هشداری به بخش مرکزی مخابره می‌شود.

بزرگی که افراد سالمند در زندگی روزمره، با آن روبه‌رو هستند، پدیده زمین خوردگی است و مطابق با آمار منتشر شده، بیش از ۶۰ درصد مراجعه‌های سالمندان به مراکز بیمارستانی درنتیجه حادثه‌ای است از زمین گیر شدن ناخواسته فرد سالمند است. این حادثه ممکن است با از دست دادن هوشیاری فرد نیز همراه باشد. مطالعات نشان می‌دهد که ۴۷ تا ۲۵ درصد سالمندان ساکن در جامعه، یکبار یا بیشتر زمین می‌خورند و این رقم، میان سالمندان آسایشگاهی به حدود ۵۰ درصد نیز می‌رسد^(۶). زمین خوردن فرد سالمند عملکرد و استقلال وی را به محااطه می‌اندازد؛ لذا شناسایی سالمندان درمععرض خطر زمین خوردن بسیار بالاهمیت است^(۷) و بتع آن، اولین گام در پیشگیری از به خطر افتادن استقلال فرد، جلوگیری از عوارض ناخواسته زمین خوردن است^(۸). درصورتی که فرد سالمند نتواند وضعیت خود را هنگام زمین خوردگی به اطلاع دیگران برساند، خطرهای ناشی از این اتفاق چند برابر خواهد بود و حتی ممکن است شخص جان خود را از دست بدهد؛ بنابراین، وجود سامانه‌ای هوشمند و کارآمد در تشخیص زمین خوردن سالمندان ضروری به نظر می‌رسد. هدف اصلی از ارائه این تکنیک، شناسایی سالمندان درمععرض زمین خوردگی و طراحی سامانه کارآمد در مدل‌سازی راه رفتن آنان برای پیش‌بینی حرکت است. به دنبال آن، با استفاده از روش‌های توانبخشی می‌توان از بروز حوادث بعدی تا حد زیادی کاست. روش کنونی، به صورت هوشمند و بی‌درنگ^۷، با ترکیب چندین ویژگی بالاهمیت، راهکاری جدید محسوب می‌شود و بر مبنای تحلیل رشته‌های ویدئویی (پردازش ویدئو)^۸ و دریافت ویژگی‌های تصویر، در تحلیل حرکات سالمندان مؤثر است. درحال حاضر، سامانه مطمئنی وجود ندارد که در شناسایی زمین خوردگی فرد سالمند کارایی خوبی داشته باشد. عمدۀ این سامانه‌ها از شبکه‌های سنسوری استفاده می‌کنند که شخص در قالب لباس، حسگرها را به تن دارد. تکنیک‌هایی که تا امروز برای نمایان کردن زمین خوردگی شخص پیشنهاد شده است، در سه مقوله کلی تقسیم می‌شود:

۱. شبکه‌های حسگری و سنسورهای پوشیدنی^۹؛
۲. به کارگیری ژیروسکوپ‌ها^{۱۰} و شتاب‌سنج‌ها^{۱۱} و دستگاه‌های تشخیص لرزش ناشی از زمین خوردگی؛
۳. نظارت بر وضعیت حرکتی بر مبنای تحلیل تصاویر ویدئویی.

1. Real-Time Sixsmith

2. Video Processing Johnson

3. Wearable Sensors Alexander Bourke

4. Gyroscope 10. Nyan

5. Accelerometer 11. Zigel

سرعت پردازش ناچیز و Real-Time نبودن سامانه در پاسخ‌گویی به رخداد و زیاد بودن میزان خطای ثابت از ضعف‌های این گونه سامانه‌هاست.

روش بررسی

در این بخش، با بررسی جزئیات روش پیشنهادی، اجزای مختلف آن معرفی خواهد شد. در شکل ۱، شماتیکی از عملکرد سامانه پیشنهادی در شناسایی زمین خوردگی و متناسب با آن، هشدار مربوط، نشان داده شده است.

در زمینه طراحی الگوریتم‌های ناظارت ویدئویی، ناسیمتو^۱ راهکارهایی بر مبنای تحلیل‌های پردازش تصویر و بینایی ماشین برای شناسایی تغییرات وضعیت افراد ارائه کرد. در سال ۲۰۰۹، فروغی و همکاران^(۱۸) با استفاده از فضای Eigen و شبکه‌های عصبی، حالت‌های قالب بدنی هر شخص را شناسایی می‌کردند. در سال ۲۰۱۱، وان^۲ و جو^۳^(۱۹) با استفاده از ناظارت ویدئویی، وضعیت سالمندان را تشخیص دادند. در سال ۲۰۱۲ نیز لیائو^۴ و هوانگ^۵^(۲۰) با استفاده از شبکه‌های بیزین، لغزش و زمین خوردن افراد را کشف کردند. سامانه‌های کنونی، هر یک در قوت‌هایی دارد و البته با ضعف‌هایی روبروست. دقت کم و



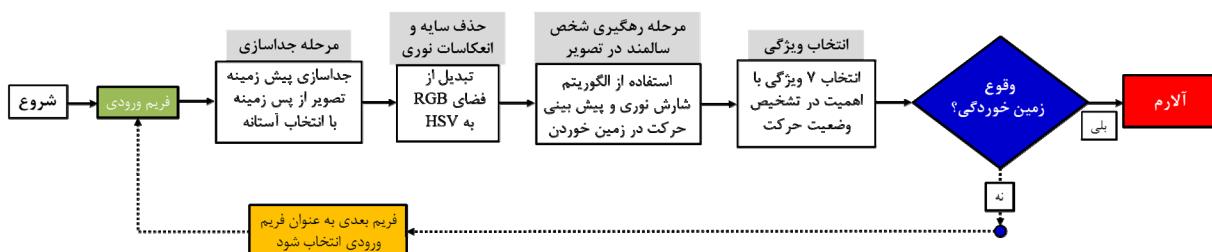
شکل ۱. شماتیکی از پیاده‌سازی عملی سامانه در شناسایی زمین خوردگی و اعلام هشدار.

شده است: بخش نخست، مربوط به تجزیه و تحلیل نرم‌افزاری رشته‌های ویدئویی دریافت شده از دوربین است. این بخش شامل جداسازی پس زمینه و پیش زمینه تصاویر و حذف انعکاسات و سایه‌های مربوط به شخص و اجسام دیگر، عملگرهای مورفولوژیکی، ردیگری شخصی کلاسیفایر و استخراج ویژگی است. بخش دوم، مربوط به طراحی کلاسیفایر یا طبقه‌بند حرکت است که حالات مختلف شخص سالمند، از جمله زمین خوردگی را مشخص می‌کند. در شکل ۲، نمودار مربوط به بخش نرم‌افزاری نمایش داده شده است.

- سامانه پیشنهادی از چهار بخش تشکیل شده است:
۱. شبکه پوشش دهنده محیط که با دوربین دیجیتالی انجام می‌شود؛
 ۲. شبکه انتقال داده‌های دریافت شده از دوربین؛
 ۳. بخش تحلیل کننده داده‌های دریافتی از شبکه انتقال دهنده؛
 ۴. بخش اعلام هشدار که در صورت وقوع زمین خوردگی هشدار می‌دهد.

الگوریتم پیشنهادی

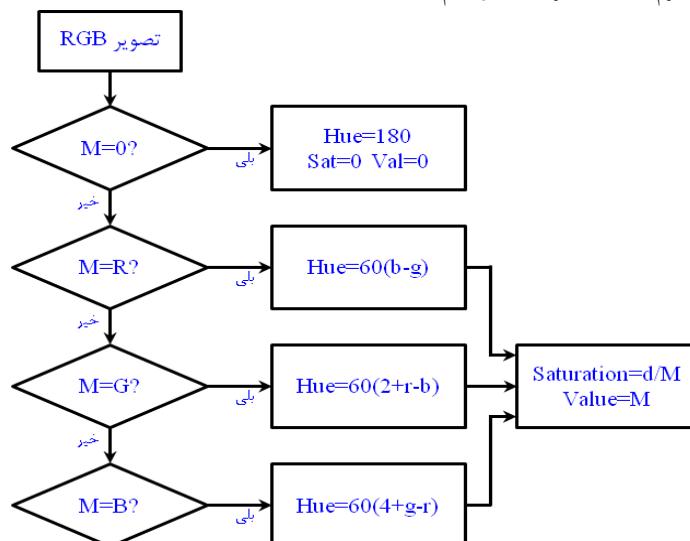
مهم‌ترین بخش مربوط به سامانه، بخش نرم‌افزاری یا بخش مربوط به محاسبات رایانه‌ای است که خود از دو بخش تشکیل



شکل ۲. نمودار مربوط به بخش نرم‌افزاری سامانه پیشنهادی.

کارآمد است. حذف تأثیرات انعکاس‌های بیش از حد نور و وجود سایه‌های موجود در تصاویر و فریم‌های ویدئویی، صحت جداسازی پیش زمینه و پس‌زمینه را تا حد بسیار زیادی افزایش می‌دهد. فضای رنگی که در حذف تأثیرات ناخواسته نور در تصاویر کارآمد و مناسب است، تبدیل فضای HSV است. با استفاده از تبدیل HSV، می‌توان اثر شدت نورهای ناخواسته یا سایه‌های موجود در تصویر را تا حد چشمگیری کاهش داد. تصویر RGB از رشتة ویدئویی دریافت می‌شود و مطابق با روند نشان داده شده در شکل ۳، به فضای HSV تبدیل خواهد شد.

در محاسبه بخش H ، $M = \min(R, G, B)$ و $M = \max(R, G, B)$ و $d = M - m$ فرض می‌شوند. از طرفی r و g و b نیز با استفاده از $r = (M - R)/d$ و $g = (M - G)/d$ و $b = (M - B)/d$ محاسبه می‌شوند. کاربرد اصلی تبدیل فریم‌ها از فضای RGB به فضای HSV در به حداقل رساندن تأثیرات سایه اجسام یا خود فرد در تصاویر است که سبب بروز خطای در جداسازی حالت‌ها خواهد شد. بخش Value در تبدیل HSV نسبت به دو بخش دیگر، دربردارنده اطلاعات بیشتری است.



شکل ۳. تبدیل از فضای RGB به فضای HSV، برای فریم‌های ورودی و برای حذف انعکاسات نوری و سایه‌ها.



شکل ۴. ردیف تصاویر بالا از چپ به راست، نشان دهنده فریم‌های دریافت شده از فردی سالمند در حال افتادن در رشتة‌ای ویدئویی است. ردیف پایین از چپ به راست، نشان دهنده اعمال الگوریتم‌های جداسازی و حذف سایه‌های اضافی است.

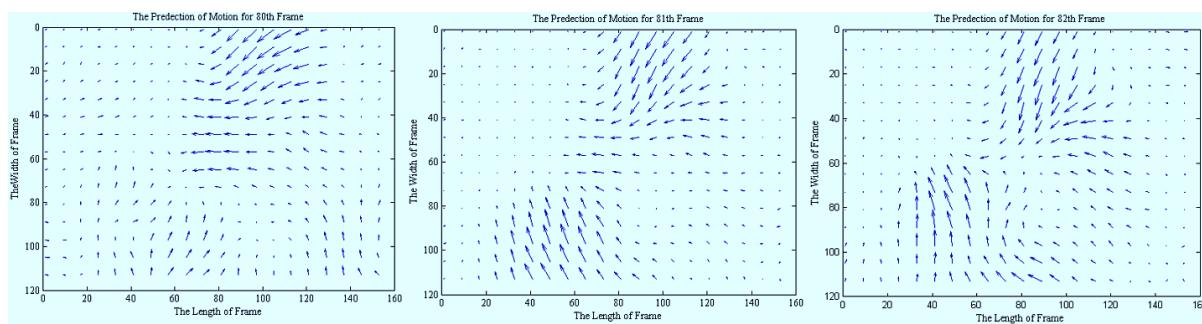
ثابت باشد؛ بنابراین مکان پیکسل فرضی P در فریم بعدی در دو راستای x و y برای پردازش دو بعدی به صورت معادلات (۲) و (۳) برآورد می شود:

$$P_x^{n+1} = P_x^n + (P_x^n - P_x^{n-1}) \quad (2)$$

$$P_y^{n+1} = P_y^n + (P_y^n - P_y^{n-1}) \quad (3)$$

که در آن P_x^{n-1} و P_y^{n-1} موقعیت پیکسل P در فریم قبلی، P_x^n و P_y^n موقعیت پیکسل P در فریم کنونی و P_x^{n+1} و P_y^{n+1} موقعیت پیکسل P در فریم بعدی هستند. در این الگوریتم، تغییرات شتاب کمینه می شود و بهمین دلیل، سرعت در تغییر فریمها محدود می شود. در شکل ۵، الگوریتم رهگیری شخص سالمند و پیش‌بینی حرکت براساس شارش نوری به نمایش درآمده است.

ردگیری و دنبال کردن^۱ شخص سالمند در فریم‌های ویدئویی ردیابی یا دنبال کردن هدف در تصاویر ویدئویی از مسائل بالاهمیت در پردازش تصویر و بینایی ماشین محسوب می شود که با انجام برخی محاسبات دقیق، می توان وضعیت مکانی جسم یا هدف را در تصاویر تعیین کرد. از الگوریتم‌های بسیار بالاهمیت در ردیابی و دنبال کردن هدف الگوریتم شارش نوری^۲ است که توانایی پیش‌بینی حرکات بعدی و تغییرپذیر را در فریم‌های ویدئویی دارد. ابتدا، با ت勒^۳ و همکاران (۲۱) این الگوریتم را معرفی کردند که نه تنها قادر است جایگاه پیکسل یا پیکسل‌های نشان دهنده حرکت تصویر را مشخص کند، بلکه در پیش‌بینی حرکت بعدی بخش هدف کارآمد است. هرگاه در فریمی نسبت به فریم قبلی تغییر وضعیت مشاهده شود، نواحی اطراف پیکسل با استفاده از شارش نوری برسی می شود. فرض بر آن است که مدل سرعت در تغییر شدت رنگ و شدت روشنایی پیکسل‌ها



شکل ۵. پیش‌بینی حرکت شخص سالمند در رشته ویدئویی براساس الگوریتم رهگیری شارش نوری که فیزیوتراپ را قادر می کند زمین خورده‌گی‌های احتمالی بعدی را در حرکت شخص تعیین کند.

است که از نورم‌های متفاوتی برای محاسبه این مقدار کمینه استفاده می شود. در این پژوهش، از نورم اقلیدوسی استفاده شده است. هر یک از ویژگی‌های انتخاب شده، به جز حافظه حرکت و راستای حرکت، به عنوان داده ورودی برگزیده می شود که در طول آن، پنج ورودی توسط الگوریتم K-NN هر یک از حالات فرد را در طول حرکت شناسایی خواهد کرد. گفتنی است که این الگوریتم پس از آموزش اولیه، به آزمایش مجدد نیازی ندارد و به صورت هوشمند، حالات حرکتی را آشکار می کند. دو ویژگی حافظه حرکت و راستای حرکت به تنهایی به عنوان مؤلفه‌های زمین خورده‌گی مناسب هستند. از این‌رو، در صورتی که در هر یک از این حالات در هر فریم تحت بررسی، زمین خورده‌گی شناسایی نشود، فریم بعدی به عنوان فریم ورودی انتخاب می شود.

استخراج ویژگی

پس از پیش‌بینی حرکت و تعیین آن، به طبقه‌بندی نوع حرکت نیاز است. از تکنیک‌های بسیار مناسب در زمینه توصیف حرکت و شناسایی آن، روش استخراج ویژگی است که برای رصد و شناسایی حالات همچون قدم زدن طبیعی، ایستادن، نشستن، چمباتمه‌زدن، دویدن و بر زمین خوایدن کاربرد دارد. در جدول ۱، ویژگی‌های لازم در تشخیص هر یک از این حالات معرفی شده است. از الگوریتم‌های با ناظر^۴ که توانایی زیادی در طبقه‌بندی حالات متفاوت داده‌های ورودی دارد، الگوریتم نزدیک‌ترین میانگین همسایگی^۵ است که براساس تعداد خوشة، داده‌های ورودی را دسته‌بندی می کند. عملکرد این الگوریتم براساس کمترین فاصله موجود میان داده‌ها و مراکز پیش‌فرض

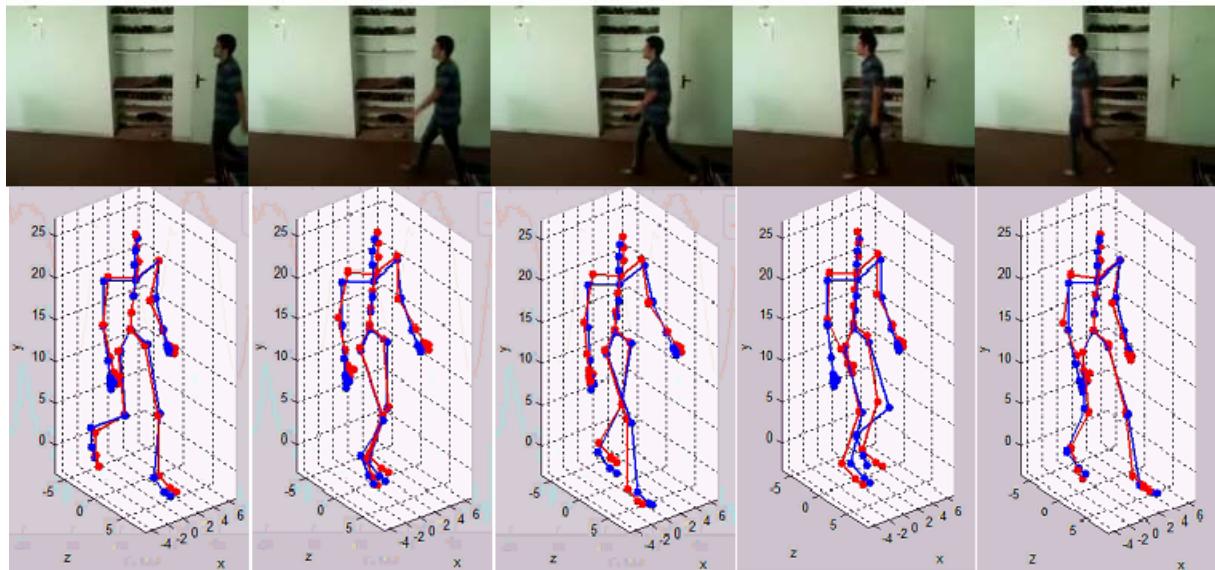
جدول ۱. معرفی ویژگی‌های کارآمد در حرکت و مدل‌سازی نوع حرکت.

فرمول توصیف کننده	ویژگی تحت بررسی
$Aspect\ Ratio(n) = H(n)W(n)$	نسبت تصویر
فاصله مرکز جرم بدن شخص سالمند تا کف زمین	فاصله مرکز جرم بدن
$\theta = \frac{1}{2} \arctan\left(\frac{\mu_{11}}{\mu_{22} - \mu_{11}}\right)$ و μ_{11} پراکنش در راستای x و y و μ_{22} همپراکنش مابین x و y است.	تعیین موقعیت
$Minor\ axis\ length = 2' (4/\pi)^{1/4} \frac{\dot{\epsilon}(I_{min})^3}{\dot{\epsilon}(I_{max})^3} \frac{\dot{\mu}}{\dot{\mu}}$	طول محوهای بیشینه و کمینه
$Major\ axis\ length = 2' (4/\pi)^{1/4} \frac{\dot{\epsilon}(I_{max})^3}{\dot{\epsilon}(I_{min})^3} \frac{\dot{\mu}}{\dot{\mu}}$	
$V = d/t$ which $t = \text{elapsed time}$ and $d = \sqrt{Dx^2 + Dy^2} = \sqrt{(x_1 + x_2)^2 + (y_1 + y_2)^2}$	سرعت
استفاده از شدت روشانی پیکسل‌ها	کمی‌سازی حرکت
$H_\tau(x, y, t) = \begin{cases} \frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\epsilon}} & \text{if } D(x, y, t) = 1 \\ \max(0, H_\tau(x, y, t - 1)) & \text{otherwise} \end{cases}$	حافظه حرکت

استفاده از شبیه‌سازی، خواهد توانست زمین خوردگی شخص سالمند را در آینده، با دقت بیشتری پیش‌بینی کند. الگوهای حرکتی برای یک رشته ویدئویی با ۱۵۰ فریم همراه با نتایج شبیه‌سازی آن در مجموعه شکل ۶ به نمایش درآمده است.

مدل‌سازی نوع حرکت سالمندان

از روش‌هایی که ممکن است در یافتن حرکت‌های غیرطبیعی و راه رفتن نامتناسب فرد سالمند مؤثر باشد، مدل‌سازی حرکتی است. در مدل‌سازی حرکتی، فیزیوتراپ یا پرشک متخصص با



شکل ۶. ردیف بالا نمایش دهنده پنج فریم از حرکت فرد است و ردیف پایین نشان دهنده مدل‌سازی حرکت فرد. در این تصویر، رنگ قرمز نمایش دهنده حالت راه رفتن طبیعی به عنوان مرجع و رنگ آبی نمایش دهنده حالت راه رفتن دریافت شده از دوربین دیجیتال است. هرگونه بهم ریختگی و گسترشی رنگ آبی از رنگ قرمز به معنای علامتی از حرکت غیرطبیعی فرد سالمند است.

به عنوان مرجع و رنگ آبی نمایش دهنده حالت راه رفتن دریافت شده از دوربین دیجیتالی است. هرگونه بهم ریختگی و گسترشی رنگ آبی از رنگ قرمز به معنای علامتی از حرکت

الگوریتم استفاده شده در محیط برنامه‌نویسی متلب^۱ با عنوان تخمین حالت شخص سالمند طراحی شده است. رنگ قرمز در مجموعه مدل‌سازی شده، نمایش دهنده حالت راه رفتن طبیعی

N_{TP} : تعداد فریم‌هایی است که در آن زمین خوردگی وجود داشته و الگوریتم توانسته آن را بیابد.

N_{FN} : تعداد فریم‌هایی است که در آن زمین خوردگی وجود داشته و الگوریتم در تشخیص آن با خطأ رویه‌رو بوده است.

N_{TN} : تعداد فریم‌هایی است که در آن زمین خوردگی وجود ندارد و الگوریتم نیز زمین خوردگی را به اشتباہ شناسایی نکرده است.

N_{FP} : تعداد فریم‌هایی است که در آن زمین خوردگی وجود ندارد؛ اما الگوریتم زمین خوردگی را به اشتباہ تشخیص داده است.

همچنین، ROI ناحیه هدف در تصویر است که شامل انواع زمین خوردگی شخص سالمند است. ویژگی (SP) و حساسیت (SE) که برای سنجش میزان صحت در عملکرد سامانه‌ها کارآمد است، مطابق با معادلات (۷) و (۸) محاسبه می‌شود.

$$SE = \left(\frac{N_{TP}}{N_{TP} + N_{FN}} \right) \times 100 \quad (7)$$

$$SP = \left(\frac{N_{TN}}{N_{TN} + N_{FP}} \right) \times 100 \quad (8)$$

با محاسبه این عامل‌ها، ویژگی و حساسیت این سامانه بهتر تیپ مقادیری برابر با $94/47$ درصد و 92 درصد حاصل شد. حساسیت بیش از 90 درصد، سامانه را از انواع سامانه‌های سخت‌افزاری و شبکه‌های سنسوری متمایز می‌کند که فرد سالمند باید آن را به صورت لباس به تن کند.

غیرطبیعی فرد سالمند است. حالت راه رفتن مرجع از میانگین 150 نوع حرکت پایگاه داده Biomotion (۲۲) دریافت شده که براساس معادلات حرکت، شبیه‌سازی شده است.

یافته‌ها
پیاده‌سازی سامانه بر مجموعه‌ای شامل 57425 فریم تصویری دریافت شده از مرکز نگهداری سالمندان فرزانگان شهر مشهد و رشته‌های ویدئویی دربردارنده واقعی زمین خوردگی انجام شد. پنجاه نمونه زمین خوردگی در رشته‌ها وجود داشت و در دیگر رشته‌ها زمین خوردن فرد سالمند وجود نداشت. تمامی رشته‌ها به صورت تصادفی به 4 دسته Movie با فرمت AVI با رزولوشن 160×120 پیکسل با نرخ 15 فریم بر ثانیه تبدیل شدند. در جدول ۱، دقیقت متوسط (AAC) و نرخ آشکارسازی (DR) و نرخ هشدار اشتباہ (FAR) مطابق با معادلات (۶) و (۴) محاسبه شده‌اند که برای سنجش صحت تشخیصی در دنباله‌های ویدئویی کاربرد دارند.

$$AAC = \left(\frac{N_{TP} + N_{TN}}{N_{TP} + N_{TN} + N_{FP} + N_{FN}} \right) \times 100 \quad (4)$$

$$DR = \frac{\text{Number of True Positive}}{\text{Number of Fall Events}} \quad (5)$$

$$FAR = \frac{\sum \text{Detected ROI}}{\text{Number of Video Frames}} \quad (6)$$

در این معادلات

جدول ۲. رشته‌های ویدئویی دریافت شده، محاسبه دقیقت میانگین، DR و FAR الگوریتم پیشنهادی.

رشته‌های ویدئویی	تعداد فریم‌ها	تعداد فریم‌های با حرکت طبیعی یا خوردن فرد سالمند وجود دارد	تعداد فریم‌هایی که در آن زمین شبیه به زمین خوردگی	Average Accuracy (AAC) (درصد)	Detection Rate (DR) (درصد)	False Alarm Rate (FAR) (درصد)
		N_{TP}	N_{FN}	N_{TN}	N_{FP}	
۱Movie	۱۲۷۵۸	۱۸	۱	۳۱	۹۴/۲۳	۹۴/۷۳
۲Movie	۱۶۸۹۲	۱۱	۲	۳۹	۹۲/۵۹	۸۴/۶۱
۳Movie	۱۹۶۵۶	۱۲	۱	۶۸	۹۴/۱۱	۹۲/۳۰
۴Movie	۸۱۱۹	۵	۰	۱۶	۹۵/۴۵	۱۰۰
مجموع		۵۷۴۲۵	۴۶	۱۵۴	۹۴/۰۹۵	۹۲/۹۱

مقایسه شده پیاده‌سازی نشده است، دلیلی بر ناکارآمدی سامانه در یافتن زمین خوردگی‌های مشابه در دیگر رشته‌ها نخواهد بود؛ زیرا جامعیت الگوریتم و پیاده‌سازی آن بر چندین رشته ویدئویی متفاوت، سبب می‌شود در شناسایی زمین خوردگی سالمندان از دیگر روش‌ها متمایز باشد. در جدول ۲، برخی سامانه‌های مرتبط با روش پیشنهادی، از لحاظ آماری مقایسه شده است.

بحث

سامانه فقط از لحاظ عملکرد با دیگر روش‌های تشخیص زمین خوردن سالمندان مقایسه شده است. این روش‌ها از پایگاه داده تقریباً متفاوت استفاده کرده‌اند؛ با این تفاوت که در این مقاله، روش پیشنهادی بر پایگاه داده بیشتری اعمال شده است. از آنجاکه سامانه پیشنهادی بر رشته‌های مشابه با دیگر روش‌های

جدول ۳. مقایسه سامانه پیشنهادی با روش‌های تشخیص زمین خوردگی.

تکنیک‌ها	نویسنده	حساسیت (درصد)	ویژگی (درصد)
شبکه‌های سنسوری	(۱۲Bourke)	۱۰۰	۹۷/۵
	(۱۵Nyan)	۱۰۰	۹۷/۵ تا ۹۲/۵
تحلیل لرزش و شتاب‌سنجها	(۲۳Alwan)	۹۳/۲۸	۱۰۰
	(۲۴Zhang)	۸۹/۱	-
الگوریتم‌های مبتنی بر ماشین بینایی	(۲۵Rougier)	۸۷/۰۰	۸۷/۵
	(۲۶Tao)	۹۶تا۸۲	-
ماشین بینایی	(۲۰Shieh)	۸۲/۲	۹۷/۳ تا ۹۰/۹
	Our Work	۹۲/۰۰	۹۴/۴۷

در بردارنده همه اشخاص ارائه می‌کند؛ درنتیجه، فرایند شناسایی حرکت یا زمین خوردگی، به درستی ادامه می‌یابد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهه، الگوریتمی جدید معرفی شد که در شناسایی وقایع زمین خوردگی سالماندان کارایی منحصر به فردی دارد. سامانه بر مبنای تحلیل تصاویر ویدئویی و استفاده از تکنیک‌های ماشین بینایی و پردازش تصویر، موقع زمین خوردگی را بدقت و سرعت بسیار زیاد آشکار می‌کند. دقیق ۹۴ درصد و نرخ ناچیز هشدار اشتباه و درصد آشکارسازی فراوان، میزان اعتماد به عملکرد سامانه را به طور چشمگیری افزایش داده است. پیش‌بینی موقع زمین خوردگی فرد سالماند بر مبنای تحلیل تصاویر ویدئویی، از فعالیت‌های بعدی نویسنده‌گان مقاله است که براساس معادلات حرکت و بیومکانیک مفاصل شخص سالماند خواهد بود. پیاده‌سازی و نصب این سامانه در مراکز نگهداری سالماندان و بخش‌های بیمارستانی باعث می‌شود افراد سالماند در معرض زمین خوردگی در برابر خطرهای سنگین این اتفاق مصون بمانند.

شبکه‌های سنسوری به دلیل ارائه حساسیت بهتر در مقایسه با دو روش دیگر، تاحدودی در نظر کاربران اهمیت بیشتری دارد و به طور متوسط، حساسیت آن بیشتر از ۹۸ درصد و ویژگی آن بیشتر از ۹۵ درصد است. سامانه‌های تحلیل لرزش و شتاب‌سنجها حساسیتی در فاصله ۹۰ تا ۹۵ درصد و ویژگی بیشتر از ۹۵ درصد را پیش روی کاربر قرار می‌دهد؛ در حالی که حساسیت و ویژگی موجود در الگوریتم‌های مبتنی بر ماشین بینایی به ترتیب ۸۵ تا ۹۵ درصد و ۹۰ تا ۱۰۰ درصد است. در ابتدا، باید توجه داشت که استفاده از دوربینی یکتا باعث کاهش حساسیت و ویژگی تکنیک سوم نسبت به دو تکنیک دیگر خواهد شد؛ لذا بروز خطاهای مثبت و منفی طبیعی است. به کارگیری چند دوربین که هم‌زمان زمین خوردگی فرد سالماند را شناسایی کنند، سبب خواهد شد که دقیق تر و حساسیت تشخیصی و ویژگی، به مراتب بیشتر از دو تکنیک دیگر باشد و نیز مشکل هم‌پوشانی شناسایی دو یا چند زمین خوردگی حل شود. در فریم‌ها، تا زمانی که دو شخص یا بیشتر با فاصله مناسب وجود داشته باشند، سامانه پیشنهادی، پیش زمینه‌ای

منابع

REFERENCES

- Peden, M., World report on road traffic injury prevention. 2004. World Health Organization Geneva.
- Ghadirzade M, Fadai Vatan R, Ali Akbari A, Davatgaran K, Hashemi Nazari S, Mirtorabi D. Road Accident Mortality of the Iranian Elderly from 2006 to 2008. *Iranian Journal of Ageing*, 2012; 7(24): 35-42.
- Ambient Assisted Living Joint Programme. 2008. available from <http://www.aal-europe.eu>.
- Ghaisarian E. Investigation of Ageing Events from Society and Economic Aspects. *Iranian Population Journal*, 2009; 13(19): 68-78.
- Report on senior's falls in Canada. 2005. Public Health Agency of Canada, Division of Aging and seniors.
- Wegner L, Kisner C, Nichols D. Static and Dynamic Balance Response in Persons with Bilateral Knee Osteoarthritis, *JOSPT*, 1997; 25(1): 13-18.
- Atwater SL, Crawe TK, Deitz JC, and Richardson PK. Inter Rater and Test-Restart Reliability of Two Predictive Balance Tests, *Physical Therapy*, 1990; 70(2): 79-87.
- Satterfield KS. Balance Testing Helps Identify Elderly at Risk of Multiple Falls. American Gerontological Society. May 2001.
- Sixsmith A, Johnson N. A smart sensor to detect the falls of the elderly. *IEEE Pervasive Computing*; April 2004; 3(2): 42-47.
- Alexander GL, Rantz M, Skubic M, Aud MA, Wakefield B, Florea E, Paul A. Sensor systems for monitoring functional status in assisted living facility residents. *Research in Gerontological Nursing*. 2008; 1(4): 238-244.
- DirectAlert. 2010. Wireless emergency response system. Available from, URL: <http://www.directalert.ca/emergency/help-button.php>.
- Bourke AK, Lyons GM. A threshold-based fall-detection algorithm using a bi-axial gyroscope sensor. *Medical Engineering and Physics*. 2008; 30(1): 84-90.
- Kangas M, Konttila A, Lindgren P, Winblad I. & Jämsä T. Comparison of low-complexity fall detection algorithms for body attached accelerometers. *Gait & Posture*. 2008; 28(2): 285-291.
- Karantonis D, Narayanan M, Mathie M, Lovell N. & Celler B. Implementation of a real-time human movement classifier using a triaxial accelerometer for ambulatory monitoring. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. 2006; 10(1):156-167.
- Nyan M, Tay F, E. & Murugasu E. A wearable system for pre-impact fall detection. *Journal of Biomechanics*. 2008; 41(16): 3475-3481.
- Zigel Y, Litvak D. & Gannot I. A method for automatic fall detection of elderly people using floor vibrations and sound - proof of concept on human mimicking doll falls. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 2009; 56(12): 2858-2867.
- Nascimento JC, Marques JS. Performance evaluation of object detection algorithms for video surveillance. *IEEE Transactions on Multimedia*. 2006; 8(4): 761-74.
- Foroughi H, Aabed N, Saberi A, Yazdi HS. An eigenspace-based approach for human fall detection using integrated time motion image and neural networks. *Proceedings of the IEEE International Conference on Signal Processing (ICSP2008)*. April 2008.
- Wann Y, Huang Ju C. Falling-incident detection and throughput enhancement in a multi-camera video-surveillance system. *Medical Engineering & Physics*. 2012; 34(7): 954-63.
- Shieh WY, Huang JC. Slip and fall event detection using Bayesian Belief Network. *Pattern Recognition*, 2012; 45: 24-32.
- Butler D, Sridharan S, and BoveJr VM. Real-time adaptive background segmentation. In *ICASSP '03*. 2003.
- The motion of men and women as graphical data. 2011. Available from, URL: <http://www.biomotion.com>.
- Alwan M, Demiris G, and He Z. Technology for successful ageing. *Proceedings of the 28th IEEE Embs Annual International Conference*. 2006.
- Zhang T, Wang J, Liu P. and Hou Jing. Fall Detection by Embedding an Accelerometer in Cellphone and Using KFD Algorithm. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, October 2006; 6(10):35-38.
- Rougier J, Meunier J, St-Arnaud A, Rousseau J. Fall detection from human shape and Motion history using video surveillance, In: *International on Advanced Information Networking and Applications Workshops*. 2007; 2: 875-880.
- Tao J, Turjo M, Wong M-F, Wang M, Tan Y-P. Fall incidents detection for intelligent video surveillance. In: *Proceedings of the Fifth International Conference on Information, Communications and Signal Conference Processing*, 2011: 1590-4.