

آشکارسازی افتادن با استفاده از روش نوین ردیابی بر پایه الگوریتم اصلاح شده کانتور

حمید رجبی و منوچهر نحوی

گروه مهندسی برق، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

چکیده

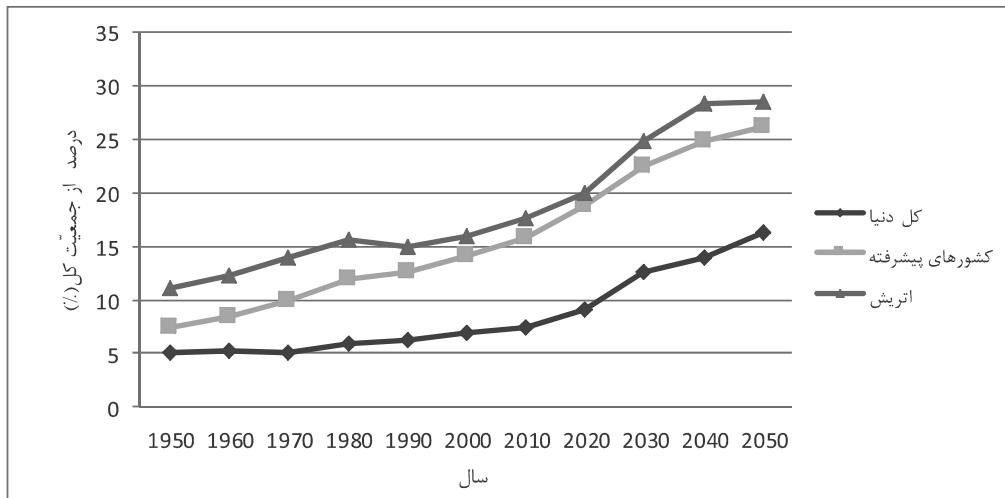
در جوامع توسعه یافته یا در حال توسعه تعداد افراد سالمند رو به افزایش است. این افراد به علت کهولت سن و ناتوانی جسمی به طور معمول در معرض اتفاقات خطرناکی از جمله افتادن هستند که این امر لزوم مراقبت از این افراد را نشان می‌دهد. یکی از روش‌های مراقبت، نظارت هوشمند و بدئوبی است که قادر است در هنگام وقوع حادثه، مراقبان را با سرعت زیادی مطلع کند. این مقاله با استفاده از روش ردیابی نوینی بر پایه الگوریتم اصلاح شده کانتور، افراد را ردیابی و افتادن آن‌ها را در دنباله‌های و بدئوبی آشکار می‌کند. از مزایای روش ارائه شده، آشکارسازی افتادن در شرایط به نسبه واقعی و در حضور چندین شیء است. شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که الگوریتم ارائه شده با دقّت و سرعت بالایی قادر است افتادن را در دنباله‌های و بدئوبی شناسایی و آشکار کند.

وازگان کلیدی: آشکارسازی افتادن، الگوریتم کانتور، ماشین بینایی، ردیابی، سامانه‌های هوشمند مراقبت.

افراد بالای ۶۵ سال که تنها در خانه زندگی می‌کنند، هرساله دچار حادثه افتادن می‌شوند که ۲۰ درصد از این افتادن‌ها نیاز به مراقبت‌های پزشکی دارد (فو و همکاران، ۲۰۰۸). اگرچه بیشتر افتادن‌ها آسیب بسیار کمی به افراد می‌رساند، اما ۱۰-۵ درصد این حوادث باعث آسیب‌های شدیدی همچون شکستگی، آسیب سر، بریدگی‌های شدید و حتی مرگ خواهد شد (هیندمارش و همکاران، ۱۹۸۹). بنابراین می‌توان افتادن را یکی از بزرگ‌ترین عوامل ایجاد آسیب‌های جسمانی افراد مسن به حساب آورد که این افراد را به صورت جدی تهدید می‌کند. واضح است در صورتی که پس از افتادن، فرد توانایی درخواست به موقع کمک و یا بازگشت به حالت عادی را نداشته باشد، احتمال تشديد آسیب‌های ناشی از افتادن افزایش می‌یابد؛ لذا آشکارسازی سریع و به موقع افتادن جهت مراقبت از افراد بیمار و سالمند می‌تواند از اهمیت بالایی برخوردار باشد. برای آشکارسازی افتادن سه روش در پژوهش‌های مختلف گزارش شده است. روش نخست استفاده از حسگرهای مختلف مانند ابزارهای

۱- مقدمه

امروزه جمعیت افراد سالمند به خصوص در جوامع توسعه یافته و یا در حال توسعه در حال افزایش است که پژوهش‌های انجام شده نیز مؤید این واقعیت است (نیشنز، ۲۰۰۸). همچنین بر همین اساس پژوهش گران توانسته‌اند تخمینی از جمعیت رو به رشد سالمندان را در سال‌های آینده ارائه کند. همان‌طوری که شکل (۱) نشان می‌دهد، در سال ۲۰۵۰ نزدیک به شانزده درصد از جمعیت کل جهان را افراد با سن ۶۵ سال یا بالاتر تشکیل خواهند داد که این درصد نسبت به سال ۲۰۱۰ رشدی نزدیک به ۲/۵ برابر را نشان می‌دهد. شکل (۲) نموداری از جمعیت افرادی که تنها زندگی می‌کنند، نمایش می‌دهد (اتریش، ۲۰۰۹). این نمودار مشخص می‌کند که اکثر افراد سالمند به تنهایی زندگی می‌کنند. از جمله حوادث محتمل برای این گروه از افراد افتادن است. بر اساس آمار سازمان سلامت کانادا، بیش از ۶۲ درصد از آسیب‌های جسمی سالمندان و بیماران مربوط به افتادن است (باتلر، ۲۰۰۵). همچنین ۳۰ درصد از



(شکل ۱) درصد رشد جمعیت افراد ۶۵ سال به بالا.

از آنجایی که مقادیر پارامترهای پویایی مکان و سرعت در وضعیت‌های عادی و غیرعادی بدن متفاوت‌اند، این پارامترها نیز جزو پارامترهای مهم در آشکارسازی افتادن محسوب می‌شوند. بر همین اساس در (ویدئویی و همکاران، ۲۰۱۱) ضمن بررسی تغییرات مکان و سرعت مرکز ثقل بدن هنگام افتادن نشان داده است که در این لحظه سرعت به طور ناگهانی افزایش و ارتفاع مرکز ثقل کاهش می‌یابد. در (سوهای و کینگامو، ۲۰۰۴) با بررسی موقعیت مکانی کل بدن هنگام افتادن در دو جهت افقی و عمودی به آشکارسازی افتادن پرداخته شده است. هنگام افتادن موقعیت مکانی سر افراد نیز دچار تغییر ناگهانی در جهت عمودی خواهد شد (جانسن و دیکلارک، ۲۰۰۶). در (روگیر و همکاران، ۲۰۱۱) با بررسی وضعیت سر فرد در حالت سه‌بعدی روشنی برای آشکارسازی افتادن ارائه شده است. به علت این که این روش نسبت به هزینه دریافت اطلاعات سه‌بعدی، دارای دقّت کافی نبود، نویسنده‌گان این مقاله در همان سال (روگیر و همکاران، ۲۰۱۱) روش دیگری مبتنی بر اطلاعات عمق تصویر ارائه کردند که نتایج دقیق‌تری را به همراه داشت.

یک مشکل اساسی در روش‌های اشاره‌شده این است که این روش‌ها توانایی آشکارسازی افتادن در صورت وقوع هم‌پوشانی^۳ بین اشیای متحرک را ندارند. علاوه‌بر این، روش‌های ارائه‌شده تنها قادر به آشکارسازی افتادن تنها یک نفر در دنباله‌های ویدئویی هستند و اگر تعداد افراد بیش از

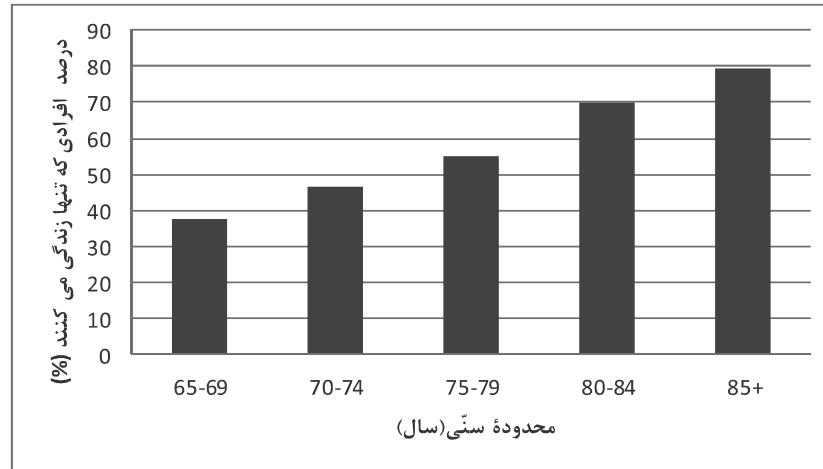
^۳ Overlap

پوشیدنی^۱، ستاپ‌سنج‌ها، فشارسنج‌ها و زیروسکوپ‌ها^۲ است که برخورد فرد با زمین هنگام افتادن را اعلام می‌کنند (بیناچی و همکاران، ۲۰۱۰؛ سیکس اسمیت و جانسون، ۲۰۰۴؛ تامورا و همکاران، ۲۰۰۹). روش دوم مبتنی بر پردازش سریع دنباله‌های ویدئویی یا همان روش بینایی ماشین است (شیعه و هوآنگ، ۲۰۱۱). همچنین تلفیقی از روش‌های اشاره‌شده را نیز می‌توان مورد استفاده قرار داد (دوکاس و همکاران، ۲۰۰۷). روش ماشین بینایی اگر چه نیاز به دوربین جهت اخذ ویدئو و یک سامانه جدایگانه جهت پردازش این ویدئوها دارد، اما با وجود مزایایی همچون هزینه کمتر، نظارت غیر مستقیم، راحتی فرد، دقّت و سرعت بیشتر و عدم محدودیت‌هایی مثل همراه داشتن حسگر، نسبت به دو روش دیگر کاربردی‌تر است.

در روش مبتنی بر ماشین بینایی برای آشکارسازی افتادن ابتدا باید فرد یا افراد را در ویدئو شناسایی و سپس بر اساس ویژگی‌های آن‌ها، افتادن را آشکار کرد. از مهم‌ترین ویژگی‌ها، پارامترهای مستطیل و بیضی محاط بر تصویر فرد است. وانگ (وانگ، ۲۰۰۶) به بررسی زاویه جهت‌گیری بیضی محاط جهت آشکارسازی افتادن پرداخت. پژوهش‌گران با اضافه کردن خصوصیات مستطیل محاط بر تصویر فرد، همچون نسبت طول به عرض، دقّت این روش را افزایش دادند (دیبارد و همکاران، ۲۰۱۱).

¹ Wearable Device

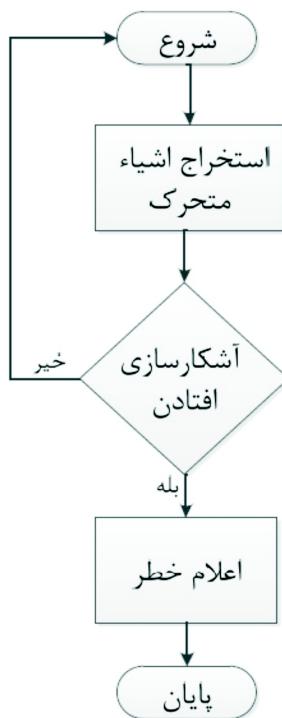
² Gyroscope



(شکل-۲): درصد سالمدانی که تنها زندگی می‌کنند.

ویدئویی، به بررسی حالت اشیا جهت آشکارسازی افتادن پرداخته می‌شود. در صورتی که حالت افتادن تأیید شود، سامانه اعلام خطر می‌کند و در غیر این صورت قاب جدید جهت آشکارسازی دریافت می‌شود.

یک نفر باشد، قادر به آشکارسازی نیستند. از طرفی دیگر پایین‌بودن سرعت پردازش در برخی از روش‌ها موجب می‌شود که نتوان از آن‌ها در آشکارسازی به‌هنگام استفاده کرد. ضعف دیگر در روش‌های دو بعدی این است که این روش‌ها قادر به شناسایی دقیق افتادن در راستای محور دوربین نیستند. اهمیت مراقبت هوشمند از افراد سالم‌ند و عدم کارآیی مؤثر الگوریتم‌های یادشده بدلاً لیل اشاره شده، انگیزه‌های اصلی برای پژوهش بیشتر به منظور بهبود روش‌های شناسایی و آشکارسازی افتادن در دنباله‌های ویدئویی بود که منجر به ارائه الگوریتمی نوین شد که تا حد قابل قبولی ضمن برطرف کردن نواقص روش‌های دیگر، قابلیت به کارگیری در آشکارسازی به‌هنگام را نیز دارد.



(شکل-۳): بلوک دیاگرام کلی سیستم اعلام خطر هنگام افتادن.

۲- روش مبتنی بر بینایی ماشین

با توجه به مطالب اشاره شده در قسمت قبل، می‌توان ویژگی‌های مهم یک سامانه آشکارسازی افتادن را به صورت زیر خلاصه کرد (روگیر و همکاران، ۲۰۱۱):

۱. آشکارسازی خودکار بدون نیاز به کاربر
۲. واکنش پذیری سریع در صورت وقوع افتادن
۳. قابلیت اجرا و پیاده‌سازی عملی
۴. دقّت کافی

بنابراین در طراحی یک سامانه آشکارساز افتادن باید ویژگی‌های مذکور در نظر گرفته شوند. شکل (۳) روند کلی و مفهومی یک سامانه اعلام خطر هنگام افتادن را نشان می‌دهد. در این سامانه پس از استخراج اشیای متحرک در قاب‌های

خواهد شد؛ لذا این روش برای شرایطی که محیط برای مدت زمان طولانی دچار تغییرات روشناهی می‌شود، مدلی مناسب است. بنابراین، این تغییرات تداخلی در روند تخمین پس‌زمینه ایجاد نمی‌کنند.

برای تخمین پس‌زمینه با استفاده از مدل مخلوط گوسی، پارامتر X_t را به عنوان مقدار پیکسل (x,y) از تصویر در قاب α ام در نظر می‌گیریم. اگر تصویر در سطح خاکستری باشد، یک عدد و اگر در فضای رنگی RGB باشد، یک بردار سه‌بعدی خواهد شد. مقادیر پیکسل (x,y) از لحظه شروع تا زمان t به صورت زیر نمایش داده می‌شوند:

$$\{X_1, \dots, X_t\} = \{I(x_0, y_0, i) : 1 \leq i \leq t\} \quad (1)$$

با استفاده از توزیع مخلوط k گوسی، مقادیر X_t را مدل‌سازی می‌کنیم؛ لذا احتمال مشاهده (x,y) در زمان t برابر است با:

$$P(X_t) = \sum_{i=1}^k \omega_{i,t} * \eta(X_t, \mu_{i,t}, \sum_{i,t}) \quad (2)$$

که:

$$\eta(X_t, \mu_{i,t}, \sum_{i,t}) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\sum_{i,t}|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(X_t - \mu_{i,t})^T \sum_{i,t}^{-1} (X_t - \mu_{i,t})} \quad (3)$$

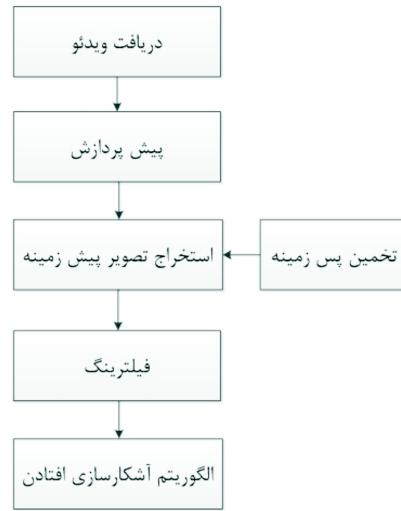
در معادله (2) $\omega_{i,t}$ تابع تخمین وزن مخلوط‌ها و k تعداد توزیع‌های مدل مخلوط گوسی است که در محدوده $3 \leq k \leq 5$ قرار دارد. در معادله (3) η تابع چگالی احتمال گوسی، n بعد بردار X_t ، m بردار مقدار میانگین و $\sum_{i,t}$ ماتریس کوواریانس مخلوط گوسی α ام در زمان t است که به دلیل مستقل بودن پارامترهای آن از یکدیگر، به طور معمول به صورت یک ماتریس قطری است.

$$\sum_{i,t} = \delta_{i,t}^2 I \quad (4)$$

در این معادله $\delta_{i,t}^2$ مقدار واریانس مخلوط گوسی i در لحظه t و I ماتریس واحد است. هر پیکسل جدید (X_t) ، با k توزیع گوسی موجود مقایسه می‌شود. در صورتی که مقدار آن کمتر از $2/5$ برابر انحراف معیار استاندارد مقدار میانگین آن توزیع باشد، پیکسل مورد نظر با آن توزیع مطابقت دارد و در غیر این صورت میانگین کمترین احتمال میان توزیع‌ها طوری تغییر می‌کند که آن پیکسل جزو آن توزیع قرار گیرد.

در معادله (2) $\omega_{i,t}$ تخمین وزن مخلوط گوسی α در زمان t است. این تابع به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\omega_{i,t} = (1 - \alpha) \omega_{i,t-1} + \alpha (M_{i,t}) \quad (5)$$



(شکل -۴): بلوک دیاگرام مفهومی استخراج اشیای متجرک در دنباله‌های ویدئویی.

۳- استخراج اشیای متجرک

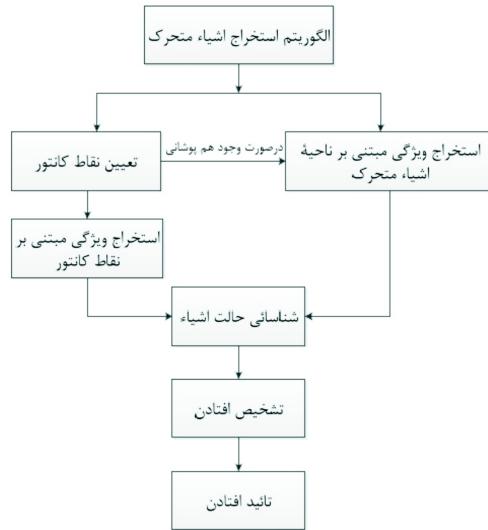
شکل (۴)، بلوک روندnamای مفهومی استخراج اشیای متجرک را نشان می‌دهد. از آن جایی که زمان افتادن ۳۰۰-۵۰۰ میلی‌ثانیه است (أندرسون ، ۲۰۰۹)، پس از دریافت ویدئو و تبدیل آن به دنباله‌ای از قاب‌ها در مرحله پیش‌پردازش جهت کاهش زمان پردازش، در هر ثانیه فقط تعدادی از قاب‌ها به عنوان قاب‌های کلیدی انتخاب می‌شوند؛ سپس با تفاضل تصویر پیش‌زمینه و تصویر تخمین‌زده شده پس‌زمینه، اشیای متجرک استخراج و در مرحله بعد توسط فیلترها اصلاح می‌شود (لوشن و همکاران ، ۲۰۱۲).

۱-۳- تخمین پس‌زمینه

تخمین از مراحل با اهمیت در رده‌بایی اشیای محسوب می‌شود. در پژوهش‌های قبلی جهت تخمین از مدل‌های مختلفی استفاده شده است (شازلی و همکاران ، ۲۰۱۱؛ متیولی و همکاران ، ۲۰۱۱؛ رضایی و همکاران ، ۱۳۹۲). این مقاله از مدل مخلوط گوسی^۱ (استافر و ویل ، ۱۹۹۹) استفاده شده است. با استفاده از این مدل، تصویر پس‌زمینه با سرعت مناسب برای کاربردهای به‌هنگام تخمین زده می‌شود. در این مدل اگر جسمی برای مدت زمان طولانی وارد تصویر پس‌زمینه شود، با توجه به تعداد قاب‌های تعریف شده، آن شیء جزئی از تصویر پس‌زمینه محسوب

¹ Gaussian Mixture Model (GMM)





(شکل-۵): بلوک دیاگرام سیستم آشکارسازی افتادن.

فیلتر سوبول (وتشو و همکاران ، ۲۰۱۰) کانتور آن استخراج می شود. این فیلتر در مقایسه با فیلترهای استخراج لبه دیگر همچون فیلترهای Canny، Perwitt و LoG ساده تر است. اگرچه فیلتر سوبول در مقایسه با این سه فیلتر دقت کمتری در تشخیص لبه در تصاویر خاکستری دارد (جونجا و سانجو، ۲۰۰۹) اما از آنجایی که در این مقاله تصویر پیش زمینه یک تصویر دودویی است، خروجی همه این فیلترها در این تصویر یکسان خواهد بود؛ لذا برای افزایش سرعت پردازش، از این فیلتر استفاده شده است:

$$\hat{I}_{\text{contour}}(x, y, t) = \begin{cases} I_{\text{contour}}(x, y, t) & \text{if } Ma(x, y, t) = 1 \\ 0 & \text{if } Ma(x, y, t) = 0 \end{cases} \quad (11)$$

که در این رابطه $I_{\text{contour}}(x, y, t)$ نتیجه اعمال فیلتر سوبول بر روی تصویر اصلاح شده، $Ma(x, y, t)$ نقاب فیلتر سوبول و $\hat{I}_{\text{contour}}(x, y, t)$ کانتور استخراج شده با حذف پیش زمینه در لحظه t است.

۴- سامانه آشکارسازی افتادن

شکل (۵) بلوک روند نمای سامانه آشکارسازی افتادن را نشان می دهد. به منظور آشکارسازی افتادن، تصاویر اصلاح شده پیش زمینه پردازش شده و ویژگی های لازم از آن ها استخراج می شوند. در این مقاله جهت استخراج برخی از ویژگی ها از الگوریتم اصلاح شده کانتور استفاده شده است. بر اساس این

در این معادله α نرخ آموزش که به طور معمول ۰/۰۵ و پارامتر $M_{i,t}$ در صورت مطابقت پیکسل با توزیع ۱ ام، برابر با یک و در غیر این صورت برابر با صفر خواهد شد.

$$\mu_{i,t} = (1 - \rho)\mu_{i,t-1} + \rho X_t \quad (6)$$

پارامترهای مدل مخلوط گوسی در صورت مطابقت پیکسل با توزیع، با توجه به معادلات زیر به روز شده و در غیر این صورت همان مقدار قبلی باقی میمانند.

$$\delta_{i,t}^2 = (1 - \rho)\delta_{i,t-1}^2 + \rho(X_t - \mu_{i,t})^T(X_t - \mu_{i,t}) \quad (7)$$

$$\rho = \alpha \eta(X_t, \mu_{i,t}, \delta_{i,t}) \quad (8)$$

۳-۱-۱- تخمین با استفاده از مدل گوسی

برای تخمین تصویر پیش زمینه در هر لحظه، از معادله زیر استفاده می شود:

$$B = \arg \min_b \left(\sum_{k=1}^b \omega_k > T \right) \quad (9)$$

که B تصویر پیش زمینه جدید است. طبق این معادله اگر تعداد داده های یک توزیع از مقدار آستانه T بیشتر باشد، آن توزیع جزئی از تصویر پیش زمینه است. در صورتی که مقدار آن از T کمتر باشد، تنها پیکسل هایی که احتمال بالایی دارند، در تصویر پیش زمینه باقی میمانند و این موجب ثابت ماندن تصویر پیش زمینه می شود. در صورتی که مقدار T زیاد باشد، پیش زمینه یک تصویر تکراری مثل حرکت پرچم در هوا می شود. مقدار T برابر با ۷/۰ در نظر گرفته شده است.

۳-۲- استخراج پیش زمینه

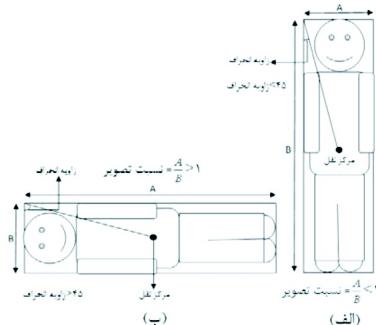
پس از تخمین تصویر پیش زمینه، با تفاضل تصویر دریافتی و تصویر تخمین زده شده، تصویر پیش زمینه نخستین به دست می آید؛ سپس با استفاده از معادله زیر تصویر را به تصویر دودویی تبدیل می کنیم.

$$d_f(x, y, t) = \begin{cases} 1 & \text{if } |I(x, y, t) - I(x, y, t-1)| \geq T_d \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

به علت وجود نویز، این تصویر می بایست با عملیات فیلتر گذاری اصلاح شود. در این پژوهش از فیلتر ها و فرآیندهای مورفولوژی اشاره شده در (گونزالس و وود، ۲۰۰۲) استفاده شده است. تصویر پیش زمینه نخستین شامل اشیای کوچک متحرک نیز است که با استفاده از فرآیندهای بالا، تصاویر این اشیای از تصویر پیش زمینه حذف می شوند. پس از استخراج تصویر پیش زمینه، با استفاده از

۱-۱-۴- نسبت تصویر^۱ (AR)

از ویژگی‌های مهم در آشکارسازی افتادن، نسبت تصویر است. این ویژگی با بررسی نسبت طول به عرض مستطیل محاط بر تصویر پیش‌زمینه در هر لحظه، صورت می‌گیرد. همان‌طور که در شکل (۶) نشان داده شده، در صورتی که فرد در حالت ایستاده باشد، نسبت تصویر کمتر از یک و در حالت درازکش، بیشتر از یک است. در صورتی افتادن اتفاق می‌افتد که نسبت تصویر به طور ناگهانی از مقدار کمتر از یک به مقدار بیشتر از یک تغییر کند. (دبارد و همکاران، ۲۰۱۱).



(شکل - ۶): ویژگی‌های نسبت تصویر، زاویه انحراف و مرکز ثقل؛
(الف) در حالت ایستاده (ب) در حالت درازکش.

۱-۲-۱-۴- زاویه انحراف^۲ (IA)

به زاویه بین قطر اصلی مستطیل محاط و ضلع سمت چپ این مستطیل، زاویه انحراف گفته می‌شود. همان‌طور که در شکل (۶) نشان داده شده است، از این زاویه می‌توان به عنوان یک ویژگی در تشخیص افتادن استفاده کرد. مطابق شکل (۶) اگر فرد در حالت ایستاده باشد، مقدار زاویه مذکور کمتر از ۴۵ درجه و در وضعیت درازکش این زاویه بیشتر از ۴۵ درجه است؛ لذاز تغییرات ناگهانی این زاویه می‌توان به عنوان پارامتری برای آشکارسازی افتادن استفاده کرد (ویده‌ی و همکاران، ۲۰۱۱).

ویژگی‌ها وضعیت شیء مورد نظر بررسی و در صورت تأیید افتادن اعلام می‌شود.
سامانه‌های مختلف آشکارسازی که تاکنون ارائه شده‌اند، روش‌های متفاوتی را در بخش‌های مختلف انتخاب ویژگی‌ها و شناسایی حالت بدن به کار گرفته‌اند، که به منظور کوتاه‌کردن مقاله از بررسی کامل آن‌ها پرهیز می‌شود. در ادامه ضمن تشریح بخش‌های سامانه آشکارساز ارائه شده در این مقاله، نتایج شبیه‌سازی، بررسی و با نتایج حاصل از روش‌های دیگر مقایسه می‌شود.

۱-۳-۱-۴- مرکز ثقل^۳

مؤلفه عرض مرکز ثقل، پارامتر (y_{CM})، ویژگی دیگری است که هنگام افتادن، به صورت ناگهانی کاهش می‌یابد. اگر این تغییر از مقدار آستانه بیشتر باشد، برای آشکارسازی افتادن استفاده می‌شود (دبارد و همکاران، ۲۰۱۰). مختصات مرکز ثقل با استفاده از معادلات زیر تعیین می‌شود:

$$x_{CM} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad y_{CM} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (12)$$

که n تعداد کل پیکسل‌های تصویر پیش‌زمینه و (x_i, y_i) مؤلفه طول و عرض پیکسل‌های آن است.

۱-۴-۱-۴- پارامترهای بیضی محاط

پارامترهای بیضی محاط از ویژگی‌های دیگر برای تعیین وضعیت تصویر پیش‌زمینه است. برای تعیین این ویژگی از گشتاور در هر لحظه استفاده می‌شود. پارامترهای بیضی

۱-۴- استخراج ویژگی

در این مرحله به منظور آشکارسازی و تأیید افتادن مجموعه‌ای از ویژگی‌های مؤثر از تصویر پیش‌زمینه، استخراج می‌شوند. گروهی از این ویژگی‌ها که به زمان کمتری برای محاسبه نیاز دارند، در مرحله تشخیص و گروهی دیگر که افتادن را با دقیق بیشتری آشکار می‌کنند، به منظور تأیید افتادن مورد استفاده قرار می‌گیرند. این کار این مزیت را دارد که در آن نیازی به محاسبه هم‌زمان تمام ویژگی‌ها نیست که باعث کاهش مؤثر زمان آشکارسازی می‌شود. همچنین در صورت عدم وجود هم‌پوشانی، از ویژگی‌های مبتنی بر ناحیه اشیای متحرک استفاده می‌شود. این ویژگی‌ها بدون استفاده از الگوریتم کانتور تعیین می‌شوند؛ اما در صورت تشخیص وجود هم‌پوشانی با استفاده از الگوریتم اصلاح شده کانتور، این اطلاعات در استخراج ویژگی‌های یادشده مورد نظر قرار می‌گیرند. در ادامه به بررسی این ویژگی‌ها پرداخته شده است.

¹ Aspect Ratio

² Inclination Angle

³ Centroid

۲- انحراف معیار نسبت (σ_β): در صورت افتادن، بزرگتر از 90° می‌شود.

این دو پارامتر در قاب‌های کلیدی به روزرسانی و در صورت درست‌بودن شروط، افتادن آشکار و اعلام می‌شود (فروغی و همکاران، ۲۰۰۸).

شامل مرکز بیضی، زاویه قرارگرفتن بیضی، طول و عرض بیضی (a,b) است (وانگ، ۲۰۰۶). برای تعیین بیضی محاط لازم است که مرکز ثقل تصویر پیش‌زمینه به عنوان مرکز بیضی در نظر گرفته شود. محور a و b بیضی محاط به صورت زیر تعیین می‌شوند:

$$a = \left(\frac{4}{\pi}\right)^{\frac{1}{4}} \left[\frac{I_{\max}^3}{I_{\min}} \right]^{\frac{1}{8}}, \quad b = \left(\frac{4}{\pi}\right)^{\frac{1}{4}} \left[\frac{I_{\min}^3}{I_{\max}} \right]^{\frac{1}{8}} \quad (13)$$

زاویه بین محور بزرگ بیضی و محور افقی نیز با رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\varphi = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{2\mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02}} \right) \quad (14)$$

پارامترهای روابط (13) و (14) به کمک گشتاور در مرکز بیضی (μ_{pq}) و مقادیر ویژه ماتریس اینرسی J محاسبه می‌شوند. گشتاور در مرکز بیضی باتابع تصویر $f(x,y)$ با معادله زیر تعیین می‌شود:

$$\mu_{pq} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x,y) d(x - \bar{x}) d(y - \bar{y}) \quad (15)$$

که در این معادله (\bar{x}, \bar{y}) مرکز بیضی را معین می‌کند. همچنین از رابطه (15)، J به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$J = \begin{bmatrix} \mu_{20} & \mu_{11} \\ \mu_{11} & \mu_{02} \end{bmatrix} \quad (16)$$

مقادیر ویژه این ماتریس (I_{\max} و I_{\min}) به صورت زیر تعیین می‌شوند:

$$I_{\max} = \frac{\mu_{20} + \mu_{02} + \sqrt{(\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2}}{2} \quad (17)$$

$$I_{\min} = \frac{\mu_{20} + \mu_{02} - \sqrt{(\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2}}{2}$$

پس از محاسبه دو محور اصلی بیضی، می‌توان نسبت تصویر (β) را با تقسیم a بر b به دست آورد. دو پارامتر انحراف معیار جهت‌گیری بیضی (σ_ϕ) و انحراف معیار نسبت^۱ (σ_β) که به ترتیب برابر با انحراف معیار زوایای و نسبت‌های تصویر در بیضی محاط هستند، برای آشکارسازی افتادن به صورت زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- انحراف معیار جهت‌گیری بیضی (σ_ϕ): مقدار این پارامتر در صورت افتادن، بزرگ‌تر از پانزده درجه می‌شود.

^۱ Orientation Standard Deviation of Ellipse

^۲ Ratio Standard Deviation

۴-۲-۴- الگوریتم اصلاح شده کانتور

روش‌هایی که تاکنون برای آشکارسازی افتادن ارائه شده‌اند، توانایی آشکارسازی افتادن تنها یک فرد را دارند. برای بهبود و توسعه سامانه‌های آشکارساز افتادن، هر فرد می‌بایست به صورت جداگانه پردازش و ویژگی‌ها برای هر یک محاسبه شود؛ سپس موقع افتادن آشکارسازی شود. در این حالت احتمال وقوع هم‌پوشانی بین اشیای متحرک در تصاویر پیش‌زمینه وجود دارد. این موضوع یک مشکل اساسی در ردیابی چند شئ محسوب می‌شود. به عنوان مثال ممکن است افراد در یک راستا نسبت به دید دوربین حرکت نمایند و یا این که با نزدیک‌شدن افراد، فاصله تصویر آن‌ها کاهش یافته و درنهایت هم‌پوشانی رخ دهد. در این صورت دو شئ به عنوان یک شئ تلقی شده و سامانه قادر به آشکارسازی آن‌ها نیست که در مقاله (رضایی ۱۳۹۲) نیز به مشکل مذکور پرداخته شده است. بدلیل توانایی روش کانتور در ردیابی کامل حالت یک شئ هنگام وجود هم‌پوشانی (ایلماز و همکاران، ۲۰۰۴) در مقایسه با الگوریتم‌های ردیابی دیگر، الگوریتم کارآیی مبتنی بر کانتور به منظور آشکارسازی افتادن در شرایط اشاره‌شده، طراحی شد که در ادامه مقاله شرح داده می‌شود.

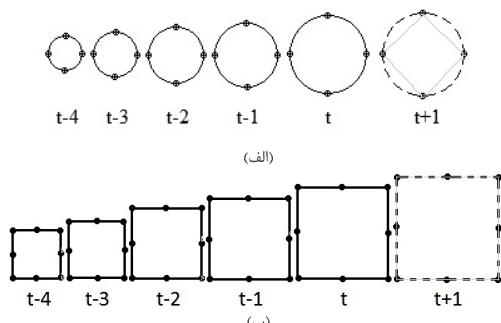
۴-۲-۴-۱- تعیین نقاط کانتور

متناسب با اندازه کانتور تصویر پیش‌زمینه که برابر با طول محیط بیرونی تصویر پیش‌زمینه است، N نقطه مطابق شکل (۷) با فاصله یکسان در جهت ساعت‌گرد ببروی آن قرار داده می‌شود؛ به طوری که نخستین نقطه، نزدیک‌ترین نقطه از تصویر پیش‌زمینه به رأس اصلی بیضی محاط بر آن باشد.

۴-۲-۴-۲- به دست آوردن تعداد نقاط (N)

اگر تصویر پیش‌زمینه در زمان حال f در نظر گرفته شود، در این صورت برای به دست آوردن تعداد نقاط برای تخمین مکان شئ در f_{i+1} از اندازه کانتور f_i استفاده می‌شود. بنابراین ابتدا اندازه کانتور f_i محاسبه و نقاطی در





(شکل -۸): تعیین تعداد نقاط با استفاده از قاب $t-4 \dots t+1$ و تأثیر تفاوت در اندازه کانتور دو جسم بر تعداد نقاط.

لحظه $t+1$ (x_{t+1}, y_{t+1}) ، از میانگین آن نقطه در لحظه‌های قبل استفاده می‌شود. این روش برای تخمین نقاط نخستین سریع و از دقّت کافی برخوردار است.

$$(x_{t+1}, y_{t+1}) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i, y_i)}{n} \quad (18)$$

در این معادله n تعداد لحظه‌های قبلی که مقادیر آن کمتر از چهار است و (x_i, y_i) مکان واقعی نقاط در این لحظه‌ها است.

۴-۲-۴- تابع وزن و تولید ضرایب

همان‌طور که گفته شد برای تخمین مکان نقاط روی کانتور به مکان نقاط در لحظه‌های $t-1, t-2, t-3, t-4$ نیاز است. از طرفی وابستگی مکان نقاط تخمین‌زده شده به مکان نقاط در لحظه‌های نزدیک‌تر، بیشتر از لحظه‌های دورتر است. به همین دلیل به تابعی نیاز است که بتواند ضرایبی متناسب با این وابستگی‌ها را تولید کند تا بتوان با استفاده از آن‌ها، مکان نقاط f_{t+1} را تخمین زد. در این مقاله از تابع توزیع نرمال استاندارد به عنوان تابع وزن، برای تعیین ضرایب چهار نقطه قبلی استفاده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۹ نشان داده شده، ابتدا مقدار تابع در فاصله $0.5, 0.25, 0.125$ از میانگین آن تعیین می‌شود؛ که δ انحراف معیار توزیع عادی استاندارد و برابر یک است.

$$P(0) = N(0) = 0.4 \quad , \quad P(1) = N(1) = 0.242 \\ P(2) = N(2) = 0.053 \quad , \quad P(3) = N(3) = 0.005$$

$$\sum_{i=0}^3 P(i) = 0.7$$

سپس مقادیر وزن‌ها به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

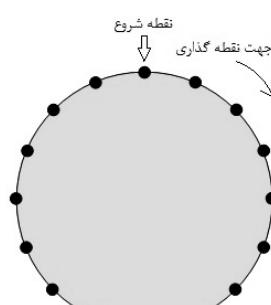
$$\lambda(0) = \frac{P(0)}{0.7} = 0.5715, \quad \lambda(1) = \frac{P(1)}{0.7} = 0.3457 \\ \lambda(2) = \frac{P(2)}{0.7} = 0.0757, \quad \lambda(3) = \frac{P(3)}{0.7} = 0.0071$$

فاصل مساوی Δt از یکدیگر بر روی کانتور تعیین می‌شوند. بدین صورت تعداد نقاط (N) در $f_{t-4} \dots f_t$ به دست می‌آید. در تصاویر f_{t-3}, f_{t-2}, f_t و f_{t+1} نقطه را مطابق شکل ۸ طوری بر روی کانتور قرار می‌گیرند که دارای فواصل یکسان Δt از هم باشند. پارامتر Δt ، با توجه به هدف آشکارسازی، در ابتدا توسط کاربر تعیین می‌شود. در این پژوهش مقدار این پارامتر برابر با پانزده پیکسل در نظر گرفته شده است. افزایش مقدار این پارامتر باعث کاهش دقّت و افزایش سرعت عملکرد سامانه خواهد شد و بر عکس. در صورتی که اندازه تصویر پیش‌زمینه بزرگ یا خیلی کوچک باشد، تعداد نقاط مورد استفاده نیز با توجه به فاصله یکسان و ثابت این نقاط، Δt ، تغییر می‌یابد؛ لذا با افزایش اندازه کانتور، تعداد نقاط، دقّت آشکارسازی شکل صحیح شیء افزایش یافته، سرعت پردازش کاهش می‌یابد و بر عکس.

شکل (۸) چگونگی تعیین نقاط را در دو شکل با اندازه مختلف نشان می‌دهد. با توجه به ثابت‌بودن فاصله نقاط، با تغییر اندازه کانتور Δt ، تعداد نقاط آن نیز تغییر می‌کند. لازم به توضیح است که فاصله آخرین نقطه و نقطه ابتدایی در Δt می‌تواند کمتر از Δt باشد. با ورود تصویر جدید، آن را به عنوان f_t در نظر گرفته و فرآیند بالا دوباره برای تعیین تعداد نقاط انجام می‌گیرد.

۳-۲-۴- تخمین نقاط اولیه

در صورتی که تعداد تصاویر پیش‌زمینه قبلی کمتر از چهار باشد ($t < 4$)، با روش شرح داده شده در قسمت قبل نمی‌توان نقاط را تخمین زد، زیرا f_t وجود ندارد. در این حالت ابتدا اندازه کانتور f_t را محاسبه کرده و با تقسیم بر Δt تعداد نقاط تعیین می‌شود. این تعداد برای تخمین f_t و f_{t+1} نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای تخمین مکان نقاط در



(شکل -۷): چگونگی تعیین نقاط کانتور.

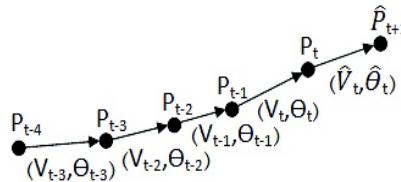
$$Q = \begin{bmatrix} -\rho_0 & \rho_0 & 0 & 0 & \dots \\ \mu_1 & -(\mu_1 + \rho_1) & \rho_1 & 0 & \dots \\ 0 & \mu_2 & -(\mu_2 + \rho_2) & \rho_2 & \dots \\ 0 & 0 & \mu_3 & -(\mu_3 + \rho_3) & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

در این روش برای تخمین نقاط و ردهای اشیا باید

$\frac{\rho_{t-1}}{\mu_t}$ در فواصل زمانی دور برابر با یک باشد تا وضعیت شی به حالت آن در فواصل زمانی دور وابسته نباشد و این ضرایب در فواصل زمانی نزدیک بایستی بزرگتر از ضرایب قبلی شوند تا وابستگی وضعیت شی به حالت آن در فواصل زمانی نزدیک بیشتر شود.

$$P_{N,t} = \frac{\rho_{t-1}}{\mu_t} P_{N,t-1} = \frac{\rho_0 \rho_1 \dots \rho_{(t-1)}}{\mu_1 \mu_2 \dots \mu_t} P_{N,0} \quad (21)$$

از آنجایی که در این مقاله از ضرایب ثابت به دست آمده ازتابع وزن اس تفاهه شده و در زنجیره مارکوف برای هر حالت به طور جداگانه باید از حالت‌های قبلی، ضرایب مرگ و زندگی را به دست آورد، بنابراین روش ارائه شده در این مقاله ساده‌تر و از سرعت تخمین بیشتری نسبت به تخمین نقاط به روش زنجیره مرگ و زندگی مارکوف برخوردار است.



(شکل - ۱۰): تخمین نقطه در لحظه $t+1$ با استفاده از بردارهای تخمین.

۶-۲-۴- تشخیص همپوشانی

در الگوریتم ارائه شده در این مقاله برای تشخیص همپوشانی دو یا چند شیء، ابتدا حداقل فاصله اقلیدوسی بین نقاط روی کانتور تصاویر هر دو شیء، d_{\min} محاسبه می‌شود:

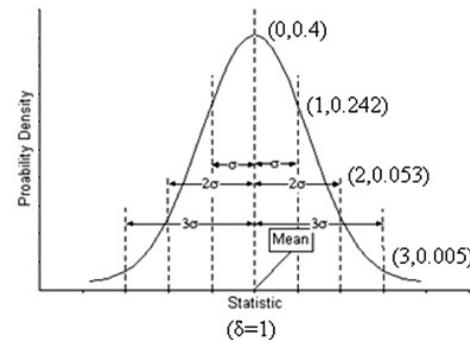
$$d_{\min} = \min[d(P_A, P_B)] \quad (22)$$

که d تابع فاصله اقلیدوسی و P_A و P_B نقاط روی کانتور تصاویر پیش‌زمینه دو شیء A و B هستند.

۵-۲-۴- تخمین نقاط کانتور

برای تخمین نقاط کانتور می‌بایست از بردارهایی که مکان نقاط را در لحظه‌های متوالی به هم متصل می‌کنند، استفاده کرد؛ که بردار تخمین نامیده می‌شود. همان‌طوری که شکل (۱۰) نشان می‌دهد بردارها به هم متصل و سپس با استفاده از اندازه و زاویه آن‌ها و مقادیر وزن‌ها، مکان نقاط در لحظه بعد با استفاده از معادله زیر تخمین زده می‌شود:

$$(\hat{V}_{t,j}, \hat{\theta}_{t,j}) = \sum_{i=0}^3 \lambda(i) \times (V_{t-i,j}, \theta_{t-i,j}) \quad (19)$$



(شکل - ۹): تابع توزیع نرمال جهت تولید ضرایب.

در این معادله V و θ به ترتیب اندازه و زاویه بردارهای تخمین و زشماره نقطه است که مقادیر آن از یک تا N است. با مشاهده تصویر پیش‌زمینه جدید، دوباره عملیات بالا برای تخمین نقاط بعدی انجام می‌گیرد.

یکی از روش‌های متداول تخمین حالت‌های بعدی، استفاده از روش زنجیره مرگ و زندگی مارکوف است (اندرسون، ۲۰۱۳). در این روش با استفاده از ضرایب (P) زندگی (ρ_k) و ضرایب مرگ (μ_k)، حالات بعدی سامانه (P) به دست می‌آید؛ لذا همان‌طوری که در این مقاله با استفاده از توزیع عادی ضرایب مورد استفاده به دست آمدند، در روش زنجیره مارکوف نیز ابتدا می‌بایستی ضرایب مرگ و زندگی به دست آمده و سپس با استفاده از ماتریس نرخ انتقال فرآیند (Q) و روابط زیر، حالات بعدی تخمین زده شود.

$$\vec{P}_N \cdot Q = \vec{0} \quad (20)$$

که در این معادله بردار P_N که بردار هنجارسازی شده مقادیر حالت است و نیز ماتریس Q به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\vec{P}_N = [P_0 \quad P_1 \quad \dots \quad P_N]$$

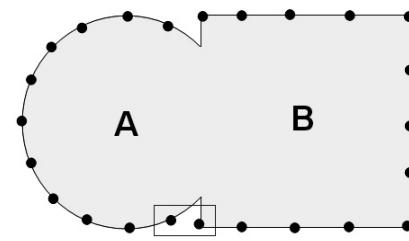
در مرحله بعد، نزدیکترین نقاط تخمین زده شده به مرز همپوشانی جسم A با جسم B در مرحله قبل، که خارج از ناحیه همپوشانی هستند، مطابق شکل (۱۱) در نظر گرفته می‌شود. تعداد نقاط تخمینی در ناحیه همپوشانی نیز با توجه به رابطه (۲۱) محاسبه می‌شود. در الگوریتم ارائه شده نقاط پنهان کانتور اشیا و همچنین شکل تقریبی آنها در ناحیه همپوشانی با استفاده از اطلاعات نقاط معلوم کانتور تخمین زده می‌شود. برای تخمین نقاط پنهان کانتور در نواحی همپوشانی بدين ترتیب عمل می‌شود که برای کانتور هر شئ ماتریس Π با ابعاد $N \times 2$ تولید می‌شود که N تعداد نقاط کانتور است؛ سپس مطابق شکل ۱۲، عناصر سطر نخست V و دوم این ماتریس به ترتیب برابر مؤلفه‌های اندازه سرعت، V ، و زاویه بردارهای متصل کننده نقاط θ ، θ ، کانتور است.

$$\Pi_{2 \times N} = \begin{pmatrix} V_0 & V_1 & V_2 & \dots & V_{N-1} \\ \theta_0 & \theta_1 & \theta_2 & \dots & \theta_{N-1} \end{pmatrix} \quad (24)$$

ستون زام این ماتریس نشان‌دهنده نقطه زام در کانتور f_i است. ماتریس Π در واقع توصیف‌گر کانتور اشیای متحرک بر اساس نقاط آن است، با داشتن این ماتریس و بعضی از نقاط کانتور شئ می‌توان نقاط پنهان شده در اثر همپوشانی و همچنین شکل تقریبی شئ را تخمین زد. بنابراین اگر مکان نخستین نقطه شئ یعنی P_0 و ماتریس Π مشخص باشند، می‌توان تخمین مناسبی از مکان تمامی نقاط کانتور را به دست آورد. همان‌طوری که در شکل (۱۲) نشان داده شده است، برای این کار ابتدا بردار P_0 یعنی نقطه علوم، (V_0, θ_0) بوده، لذا انتهای آن که نقطه P_1 است نیز تعیین می‌شود. به همین ترتیب می‌توان با استفاده از اطلاعات ماتریس Π تمامی نقاط کانتور شئ متحرک را به دست آورد. برای تخمین نقاط با شماره قبلی کافیست در ماتریس Π زوایا 180° درجه افزایش داده شوند. در فرآیند پردازش، همواره ماتریس Π مربوط به هر شئ متحرک، در صورتی که آن شئ در حال همپوشانی نباشد، به روزرسانی می‌شود.

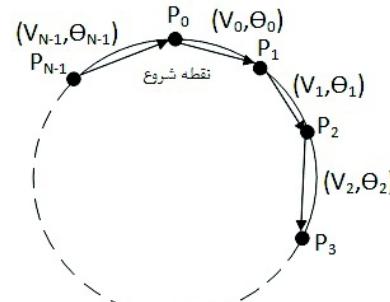
۵- شبیه‌سازی و بررسی نتایج

در این مقاله الگوریتمی نوین جهت آشکارسازی و ردیابی چند شئ مبتنی بر الگوریتم اصلاح شده کانتور ارائه و از آن در آشکارسازی افتادن استفاده شد. به منظور بررسی و آزمایش الگوریتم‌های ارائه شده از ۱۱۲ ویدئو که توسط مؤلفان این مقاله تهیه شده است، استفاده شد. این ویدئوها



(شکل-۱۱): نزدیکترین نقاط خارج از همپوشانی.

هنگامی که همپوشانی ایجاد شود، d_{min} برابر صفر شده و تعداد اشیای پیش‌زمینه کاهش می‌یابد؛ لذا برای تشخیص همپوشانی، این فواصل برای هر کدام از اشیا در هر لحظه محاسبه می‌شود. هنگامی که این مقدار از آستانه d_{thr} کمتر شود، همپوشانی در حال وقوع است. بعد از این لحظه، تعداد اشیای موجود در پیش‌زمینه نیز کاهش می‌یابد.



(شکل-۱۲): تعیین ماتریس Π با استفاده از بردارهای متصل کننده نقاط در هر فریم.

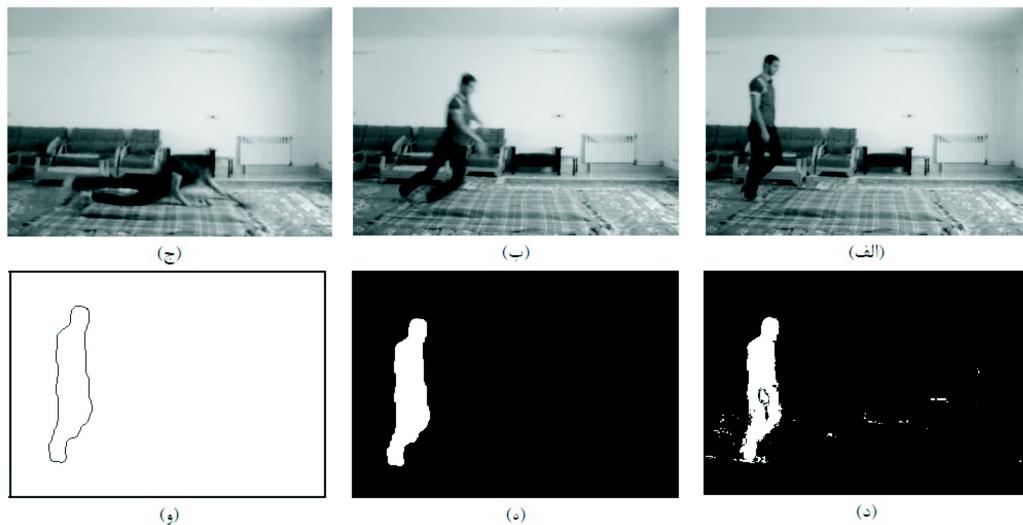
۷-۲-۴- آشکارسازی هنگام همپوشانی

هنگام همپوشانی دو جسم، نقاط روی کانتور دو شئ متحرک دارای سرعت و جهت متفاوتی هستند و می‌توان با استفاده از این ویژگی، نقاط مربوط به هر شئ را از هم تفکیک کرد. جهت آشکارسازی، تعداد نقاط تفکیک شده هر شئ (N_A , N_B) را به دست تعیین و سپس با استفاده از روابط زیر تعداد نقاط پنهان در ناحیه همپوشانی برای هر یک از اشیای محاسبه می‌شود:

$$N_{OA} = N_A - N'_A \quad (23)$$

$$N_{OB} = N_B - N'_B$$

که N_A و N_B به ترتیب تعداد نقاط کانتور اشیای A و B در لحظه‌ای که این دو شئ در آستانه همپوشانی می‌باشند.



(شکل-۱۳): نتایج شبیه‌سازی با وجود یک فرد؛ (الف) تصویر فرد هنگام راه رفتن (ب) تصویر فرد در آستانه افتادن (ج) تصویر فرد در لحظه افتادن (د) استخراج تصویر پیش‌زمینه (ه) فیلترینگ (و) استخراج کانتور پیش‌زمینه.

مختلف شبیه‌سازی را برای یک فرد و شکل (۱۴) نتایج آشکارسازی هنگام وجود چند فرد با همپوشانی را نشان می‌دهند. در حالتی که چند نفر در تصویر باشند و همپوشانی رخ نداده باشد، سامانه، همانند وجود یک فرد در تصویر عمل می‌کند، در این فرآیند در صورتی که تصویر بدن افراد به طور کامل در ناحیه اخذشده توسط دوربین باش، با توجه به ابعاد تصویر افراد، مقادیر مناسب پارامترهای آستانه جهت آشکارسازی افتادن تنظیم می‌شوند؛ و سپس با تعیین پارامترهای حالت بدن هر یک به طور مجزا، حادثه افتادن آشکار می‌شود. در صورت وقوع همپوشانی کامل و یا بخشی، با توجه به فرآیند الگوریتم و بهروزرسانی پارامترهای نقاط کانتور، بر اساس سرعت و جهت تعدادی از نقاط پنهان نشده کانتور در همپوشانی پارامترهای حالت بدن تعیین و در صورت وقوع افتادن آن را آشکار می‌نماید. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که روش ارائه شده محدودیت تعداد افراد را تا حد بسیار زیادی کاهش می‌دهد.

برای بررسی کارایی روش ارائه شده، پارامترهای حساسیت^۱ (Se)، اختصاص^۲ (Sp) و دقّت^۳ (Acc) در نظر گرفته شد (هویمین و همکاران، ۲۰۰۸).

پارامتر حساسیت با رابطه زیر بیان می‌شود:

در اندازه 240×320 و با نرخ قاب 20 sec^{-1} توسط یک دوربین ضبط شده‌اند. ویدئوها به فرمت Avi و با سامانه H264 کد شده‌اند. در تهیه این ویدئوها فرض بر آن است که محیط مورد بررسی یک محیط بسته مسطح است؛ در حالی که برای بررسی محیط‌های غیر همسطح مانند راه‌پله، بایستی دوربین طوری قرار گیرد که تمام فضای راه‌پله را مورد پوشش قرار دهد. اگر چه در این حالت نیز می‌توان با تغییر مقادیر آستانه، افتادن را آشکارسازی کرد، اما به نظر می‌رسد که افتادن در راه‌پله، با استفاده از دو یا چند دوربین براحتی قابل آشکارسازی باشد. علاوه بر این ممکن است بتوان از ویژگی تغییرات محسوس فرکانس صدا حین افتادن در راه پله استفاده کرد.

در این مقاله فعالیت‌های عادی روزمره مانند راه رفتن، دویدن، نشستن، بلندشدن، خم شدن، دراز کشیدن و همچنین ویدئوهایی شامل حادثه افتادن در نظر گرفته شده است. در طی برخی از ویدئوها، روشنایی محیط و همچنین تصویر پس‌زمینه دچار تغییراتی، همچون قراردادن و خارج کردن اشیا، شده است. همچنین افتادن در جهات مختلف نسبت به راستای محور دید دوربین انجام شده است. که الگوریتم ارائه شده قادر است حوادث افتادن در راستای محور دید دوربین را نیز آشکار کند. این نوع افتادن در پژوهش‌های دیگر انجام شده با یک دوربین، مورد توجه قرار نگرفت. مهم‌ترین چالش لحاظ شده در ویدئوهای ضبط شده حضور بیش از یک نفر در ویدئو است. شکل ۱۳ نتایج مراحل

¹ Sensitivity

² Specificity

³ Accuracy

پیاده‌سازی بر روی تلفن همراه در روش‌های بر پایه حس‌گر) اما روش ارائه شده علاوه بر اینکه دقّت بالایی در آشکارسازی دارد، ویدئوهای دریافتی را می‌توان جهت کاربردهای دیگر نیز مورد استفاده قرار داد.

نمودارهای شکل (۱۵) تغییرات ویژگی‌های آشکارساز افتادن را نشان می‌دهد. با توجه به این نمودارها می‌توان نتیجه گرفت که در قاب کلیدی نوزده از این ویدئوهای افتادن شناسایی شده است. انتخاب این قاب به این علت است که مقادیر نسبت تصویر، تغییرات عرض مرکز ثقل و میانگین سه نقطه بالای تصویر پیش‌زمینه اصلاح شده در این قاب، از مقادیر آستانه تعریف شده در این پژوهش بیشتر و مقدار زاویه انحراف نیز از مقدار آستانه تعیین شده، کمتر است.

(جدول-۱): نتایج شبیه‌سازی ویدئوها

سیستم آشکارساز	افتادن	غير افتادن
اعلام خطر	TP=۲۸	FP=۱
عدم اعلام خطر	FN=۰	TN=۸۳

جهت پردازش از برنامه متلب نسخه ۲۰۱۲ در رایانه‌ای با پردازنده ۳ هسته‌ای 2.13GHz و حافظه 4.00GB استفاده شده است که در این شرایط زمان لازم چهت پردازش کلیه ویدئوهای طور تقریبی نوزده دقیقه طول کشید که از زمان تقریبی ۲۴ دقیقه مربوط به ۱۱۲ ویدئوی پردازش شده کمتر است. دلیل اصلی کمبودن زمان پردازش الگوریتم ارائه شده در این مقاله، تخمین نقاط بعدی و بررسی حالت شی در لحظه بعد است. با توجه به زمان بالا و همچنین نتایج به دست آمده، روش ارائه شده دارای مزیت اساسی سرعت ریدیابی و آشکارسازی بالا در کنار نرخ آشکارسازی بالا است. بنابراین از آن می‌توان در کاربردهای بهنگام استفاده کرد. از مزیتهای دیگر روش ارائه شده در مقایسه با روش‌های کلاسیک، می‌توان به آشکارسازی شکل تقریبی اشیای در حالت همپوشانی اشاره کرد.

۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله با استفاده از الگوریتم اصلاح شده کانتور، به بررسی و آشکارسازی افتادن با وجود چند شی پرداخته شد. روش پیشنهادی قادر به آشکارسازی اشیا و بررسی حالت آن‌ها در هنگام وجود همپوشانی بوده و با استفاده از ویژگی‌های استخراج شده می‌تواند حادثه افتادن را با سرعت و دقّت بالایی آشکار کند.

$$Se = \frac{TP}{TP+FN} \times \%100 \quad (25)$$

این رابطه نسبت تعداد ویدئوهایی که در آن افتادن به درستی آشکارسازی شده به تعداد کل ویدئوهایی که در آن افتادن وجود دارد، را بیان می‌کند. در رابطه (۲۵)، TP تعداد ویدئوهایی که شامل افتادن‌هایی است که به درستی آشکارسازی شده‌اند و FN تعداد ویدئوهایی است که در آن‌ها افتادن آشکارسازی نشده‌اند.

دومین پارامتر، Sp، نسبت تعداد ویدئوهایی را که در آن‌ها افتادن آشکارسازی نشده است، به تعداد کل ویدئوهایی که در آن فعالیت‌های عادی وجود دارد، بیان می‌کند. این

پارامتر به صورت زیر تعریف می‌شود:

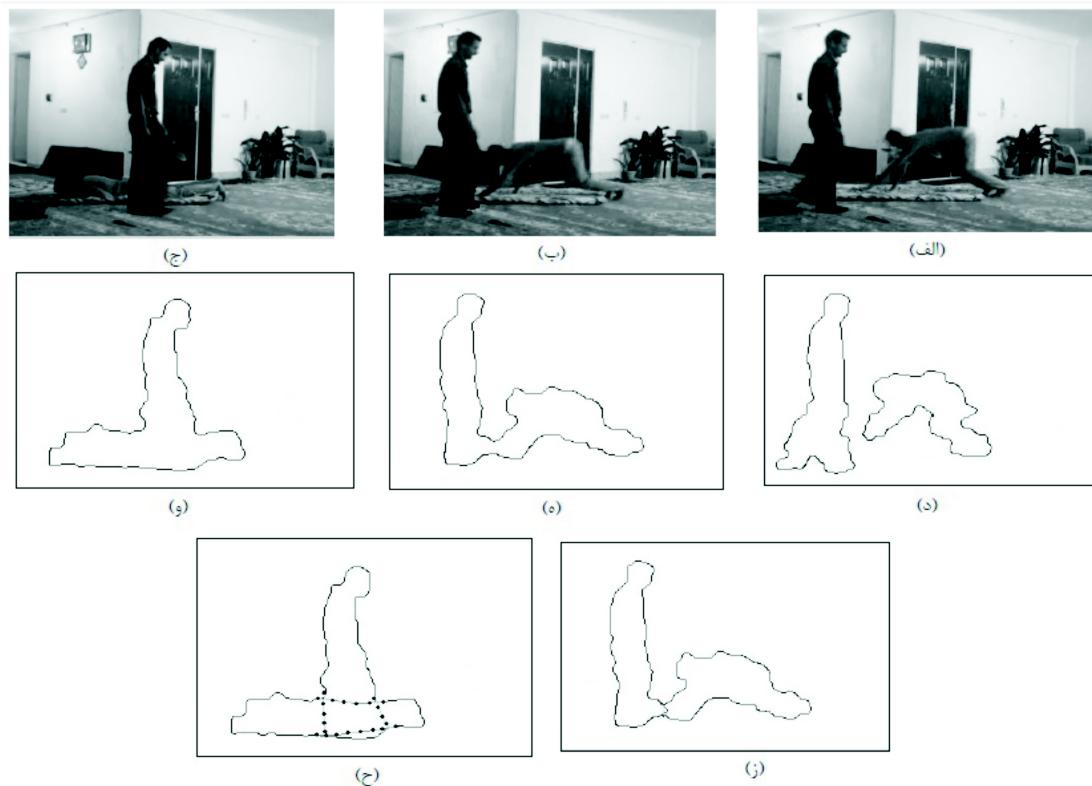
$$Sp = \frac{TN}{TN+FP} \times \%100 \quad (26)$$

در این معادله FP تعداد ویدئوهایی از فعالیت‌های عادی که به عنوان افتادن آشکارسازی شده‌اند و TN تعداد ویدئوهایی از فعالیت‌های عادی که به درستی بررسی شده‌اند. آخرین پارامتر Acc، نسبت فعالیت‌هایی که به درستی بررسی شده‌اند به کل فعالیت‌های موجود را نشان می‌دهد.

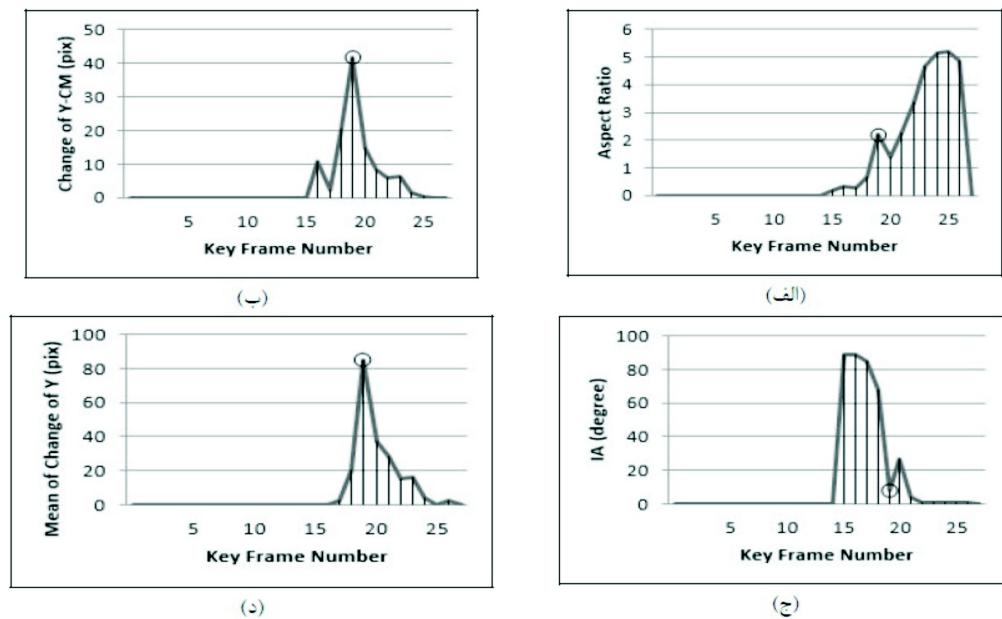
$$Acc = \frac{TN+TP}{TN+FP+FN+TP} \times \%100 \quad (27)$$

جداول (۱ و ۲) مقادیر پارامترهای بالا در آزمایش‌ها انجام‌شده را روی ۱۱۲ ویدئو ضبط شده نشان می‌دهد. با توجه به محدودیت‌های موجود در ایجاد بانک داده مناسب و عدم وجود بانک ویدئوی استاندارد، بانک ویدئویی شامل دو گروه ویدئو ایجاد شد که گروه نخست شامل هشتاد ویدئو با حضور تنها یک نفر و گروه دوم شامل ۳۲ ویدئو با حضور دو نفر است. بر اساس مقادیر این جداول، روش پیشنهادی قادر است با استفاده از پارامترهای Se، Sp و Acc به ترتیب با مقادیر ۰.۹۰٪، ۰.۹۸٪ و ۰.۹۹٪ حادثه افتادن را با نرخ بالا آشکار کند. بر اساس نتایج به دست آمده، تمامی افتادن‌ها در هر دو گروه از ویدئوهای به درستی شناسایی شده اند و تنها در یک ویدئو با حضور دو نفر، افتادن به خطأ آشکار شد، که علت خطأ در این ویدئو تغییر ناگهانی حالت بدن یکی از افراد است. همچنین مقایسه این مقادیر با نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی و آزمایش روش‌های ارائه شده در مقالات دیگر روی مجموعه ویدئوی تهیه شده مؤید این است که اگر چه برخی از روش‌های کلاسیک قابلیت پیاده‌سازی ساده‌تری نسبت به این روش دارند (به عنوان مثال





(شکل-۱۴) : نتایج شبیه‌سازی با وجود دو فرد؛ (الف) تصویر اصلی از لحظه شروع افتادن (ب) تصویر اصلی در آستانه همپوشانی (ج) تصویر اصلی در لحظه همپوشانی (د) تصویر کانتور در آستانه افتادن (ه) تصویر کانتور در شروع همپوشانی (و) تصویر کانتور در لحظه همپوشانی (ز) تصویر آشکارسازی شده افراد در آستانه همپوشانی (ج) تصویر کانتور افراد در لحظه همپوشانی.



(شکل-۱۵) : نمودار تغییر ویژگی‌های تصویر پیش‌زمینه اصلاح شده در بک ویدئو شامل حادثه افتادن؛ (الف) نسبت تصویر (ب) تغییرات عرض نقطه مرکز ثقل (ج) زاویه انحراف (د) میانگین تغییرات عرض سه نقطه بالایی جسم.

(جدول - ۲): مقایسه دقت برخی از روش‌های آشکارساز افتادن

روش آشکارسازی	Se	Sp	Acc
پارامترهای بیضی وردیابی سر (فروغی و همکاران، ۲۰۰۸)	۶۰/۷۱	۱۰۰	۹۰/۱۷
نسبت تصویر، ردیابی مرکز نقل و پارامترهای بیضی (روگر و همکاران، ۲۰۱۱)	۶۷/۸۵	۹۸/۸۰	۹۱/۰۷
نسبت تصویر و تغییرات آن (لئو و همکاران، ۲۰۱۰)	۷۱/۴۲	۹۷/۶۱	۹۲/۸۵
نسبت تصویر، زاویه انحراف و بردارهای گرادیان (وینی و همکاران، ۲۰۰۸)	۶۴/۲۸	۹۶/۴۲	۸۸/۳۹
الگوریتم پیشنهادی	۱۰۰	۹۸/۸۰	۹۹/۱۰

۷- مراجع

رضایی خ، حدادنیا ج، دلبری الف. "سیستم پایش زمین خوردن سالمندان بر مبنای مدل ترکیبی گوسی و تغییرات آناتومیکی بدن در تصاویر ویدئویی،" مجله ماشین بینائی و پردازش تصویر، زمستان ۱۳۹۲، سال یکم، شماره ۲، صص: ۶۷-۷۷

Anderson D. "Introduction to Stochastic Processes with Applications in the Biosciences", University of Wisconsin at Madison, 2013.

Anderson D, Luke R.H, Keller J.M, Skubic M, Rantz M, Aud M, "Linguistic Summarization of Video for Fall Detection Using Voxel Person and Fuzzy Logic," Comput. Vis. Image Understand, 2009, vol. 113, PP. 80-89.

Austria S. Familien und Haushaltsstatistik: Ergebnisse des Mikrozensus: Statistik Austria, 2009.

Bianchi F, Redmond S.J, Narayanan M.R, N.H.Lovell SC. "Barometric Pressure and Triaxial Accelerometry Based Falls Event Detection". IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2010, vol. 18, PP. 619-627.

Butler J, "Report on seniors's falls in Canada", Public Health Agency of Canada, Ottawa Ontario Canada, Division of Aging and Seniors, 2005.

Debard G, Karsmakers P, Deschoudt M, Vlaeyen E, Van den Bergh J, Dejaeger E, Milisen K, Goedemé T, Tuytelaars T, Vanrumste B. "Camera Based Fall Detection Using Multiple Features Validated with Real Life Video". Workshop Proceedings of the 7th



Analysis and Machine Intelligence, 2004, vol. 26, no. 11, PP. 1531-1536.



حمید رجبی دوره کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق-الکترونیک در دانشگاه زنجان و دوره کارشناسی ارشد را در دانشگاه گیلان به ترتیب در سال های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۲ به پایان رسانید. زمینه پژوهشی ایشان پردازش تصویر و پردازش سیگنال های دیجیتال است.

نشانی رایانمۀ ایشان عبارت است از:

hamidrajabi2010@yahoo.com



منوچهر نحی مدرک کارشناسی را از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی در رشته مهندسی برق- مخابرات، کارشناسی ارشد و دکتری را در رشته مهندسی برق-الکترونیک به ترتیب از دانشگاه های تربیت مدرس- تهران و دانشگاه لیدز انگلستان اخذ کرد. ایشان در حال حاضر استادیار گروه مهندسی برق در دانشگاه گیلان است. زمینه های پژوهشی اصلی مورد علاقه نامبرده عبارتند از پردازش تصویر و کاربردهای آن، بازناسی الگو، توموگرافی صنعتی و پزشکی است

نشانی رایانمۀ ایشان عبارت است از:

nahvi@gilan.ac.ir

Elderly People". Eng Med Biol Soc. (EMBS), Conf. IEEE, 2006, PP. 6384-6387.

Rougier C, Meunier J, St-Arnaud A, Rousseau J. "Fall Detection from Human Shape and Motion History Using Video Surveillance". Advanced Information Networking and Applications Workshops, 21st International Conference on, 2007, vol. 2, PP. 875-880.

Rougier C, Meunier J, St-Arnaud A, Rousseau J. "Robust Video Surveillance for Fall Detection Based on Human Shape Deformation". Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on, 2011, vol. 21, PP. 611-622.

Rougier C, Auvinet E, Rousseau J, Mignotte M aMJ. "Fall Detection from Depth Map Video Sequences", 2011, PP. 121-128.

Shieh W-Y, Huang J-C. "Falling-incidentdetection and Throughput Enhancement in a Multi-camera Video-Surveillance System". Medical Engineering & Physics, 2011, PP. 954-963.

Sixsmith A, Johnson N. "A Smart Sensor to Detect the Falls of the Elderly". Pervasive Computing IEEE, 2004, vol. 3, PP. 42-47.

Stauffer C, W.E.L G. "Adaptive Background Mixture Models for Real-Time Tracking". Computer Vision and Pattern Recognition, 1999, PP. 246-252.

Suhuai L, Qingmao H. "A dynamic motion pattern analysis approach to fall detection". Biomedical Circuits and Systems, IEEE International Workshop on, 2004, PP. 1-5.

Tamura T, Yoshimura T, M.Sekine, O.Tanaka MUA. "A Wearable Airbag to Prevent Fall Injuries". IEEE Trans Inf Technol Biomed, 2009, vol. 13, PP. 910-914.

Vaidehi V, Ganapathy K, Mohan K, Aldrin A, Nirmal K. "Video based automatic fall detection in indoor environment". Recent Trends in Information Technology (ICRTIT), International Conference on, 2011, PP. 1016-1020.

Vinay V, Chittaranjan M. "Automatic detection of human fall in video". In. Proceedings of the 2nd international conference on Pattern recognition and machine intelligence, 2007, PP. 616-623.

Wang L. "From blob metrics to posture classification to activity profiling". 18th International Conference on Pattern Recognition, 2006, vol. 4, PP. 736-739.

Wenshuo G, Xiaoguang Z, Y. Lei. "An improved Sobel edge detection". Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 3rd IEEE International Conference, 2010, vol. 5, PP. 67-71.

Yilmaz A, Li X, Shah M. " Contour-Based Object Tracking with Occlusion Handling in Video Acquired Using Mobile Cameras". IEEE Trans on Pattern