

آشکار سازی 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 کهنسنت 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 می دهد. یکی از روش های مراقبت، نظارت هوشمند ویدئویی 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 آن ها را در دنباله های ویدئویی آشکار می کند. از مزایای روش ارائه شده، آشکار سازی افتادن در شرایط به نسبت واقعی و در حضور چندین شیء است. شبیه سازی ها نشان می دهد که الگوریتم ارائه شده با دقت و سرعت بالایی قادر است افتادن را در دنباله های ویدئویی شناسایی و آشکار کند.

واژگان کلیدی: آشکار سازی افتادن، الگوریتم کانتور، ماشین بینایی، ردیابی، سامانه های هوشمند مراقبت.

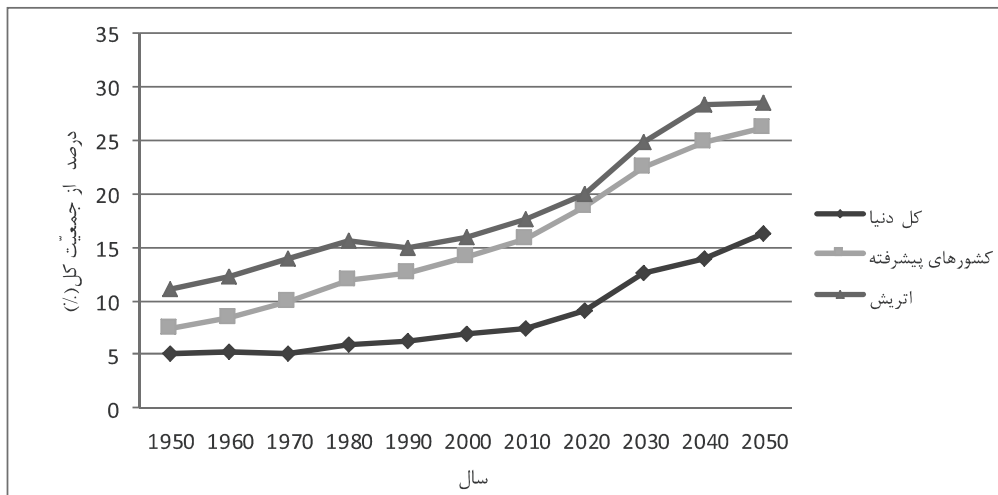
۱- مقدمه

امروزه جمعیت افراد سالمند به خصوص در جوامع توسعه یافته و یا در حال توسعه در حال افزایش است که پژوهش های انجام شده نیز مؤید این واقعیت است (نیشنز، ۲۰۰۸). همچنین بر همین اساس پژوهش گران توانسته اند تخمینی از جمعیت رو به رشد سالمندان را در سال های آینده ارائه کند. همان طوری که شکل (۱) نشان می دهد، 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 می دهد. شکل (۲) نموداری از جمعیت افرادی که تنها زندگی می کنند، نمایش می دهد (اتریش، ۲۰۰۹). این نمودار مشخص می کند که اکثر افراد سالمند به تنهایی زندگی می کنند. از جمله حوادث محتمل برای این گروه از افراد افتادن است. بر اساس آمار سازمان سلامت کانادا، بیش از ۶۲ درصد از آسیب های جسمی سالمندان و بیماران مربوط به افتادن است (باتلر، ۲۰۰۵). همچنین ۳۰ درصد از

افراد بالای ۶۵ سال که تنها در خانه زندگی می کنند، هر ساله دچار حادثه افتادن می شوند که ۲۰ درصد از این افتادگان ها نیاز به مراقبت های پزشکی دارد (فو و همکاران، ۲۰۰۸). اگرچه بیشتر افتادگان ها آسیب بسیار کمی به افراد می رساند، اما ۱۰-۵ درصد این حوادث باعث آسیب های شدیدی همچون شکستگی، آسیب سر، بریدگی های شدید و حتی مرگ خواهند شد (هیندمارش و همکاران، ۱۹۸۹). بنابراین می توان افتادن را یکی از بزرگ ترین عوامل ایجاد آسیب های جسمانی افراد مسن به حساب آورد که این افراد را به صورت جدی تهدید می کند. واضح است در صورتی که پس از افتادن، فرد توانایی درخواست به موقع کمک و یا بازگشت به حالت عادی را نداشته باشد، احتمال تشدید آسیب های ناشی از افتادن افزایش می یابد؛ لذا آشکار سازی سریع و به موقع افتادن جهت مراقبت از افراد بیمار و سالمند می تواند از اهمیت بالایی برخوردار باشد. برای آشکار سازی افتادن سه روش در پژوهش های مختلف گزارش شده است. روش نخست استفاده از حسگرهای مختلف مانند ابزارهای

فصلنامه





(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 (ویدهی و همکاران، ۲۰۱۱) ضمن بررسی تغییرات مکان و سرعت مرکز ثقل بدن هنگام افتادن نشان داده شده است که در این لحظه سرعت به‌طور 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 (روگپر و همکاران، ۲۰۱۱) با بررسی وضعیت سر فرد در حالت سه‌بعدی روشی برای آشکارسازی افتادن ارائه شده است. به‌علت این که این روش نسبت به هزینه دریافت اطلاعات سه‌بعدی، دارای دقت کافی نبود، نویسندگان این مقاله در همان سال (روگپر 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

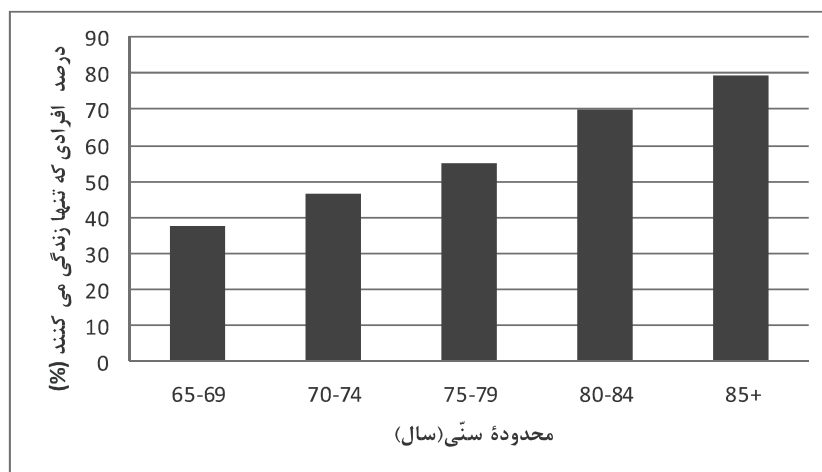
پوشیدنی^۱، شتاب‌سنج‌ها، فشارسنج‌ها و ژيروسکوپ‌ها^۲ است که برخورد فرد با زمین هنگام افتادن را اعلام می‌کنند (بیناچی و همکاران، ۲۰۱۰؛ سیکس اسمیت و جانسون، ۲۰۰۴؛ تامورا و همکاران، ۲۰۰۹). روش دوم مبتنی بر پردازش سریع دنباله‌های ویدئویی یا همان روش بینایی ماشین است (شبعه و هوآنگ، ۲۰۱۱). همچنین تلفیقی از روش‌های 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 جداگانه جهت پردازش این ویدئوها دارد، اما با وجود مزایایی همچون هزینه کمتر، نظارت غیر مستقیم، راحتی فرد، دقت و سرعت بیشتر و عدم محدودیت‌هایی مثل همراه داشتن حس‌گر، نسبت به 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 اضافه‌کردن خصوصیات مستطیل محاط بر تصویر فرد، همچون نسبت طول به عرض، دقت این روش را افزایش دادند (دبارد و همکاران، ۲۰۱۱).

¹ Wearable Device

² Gyroscope

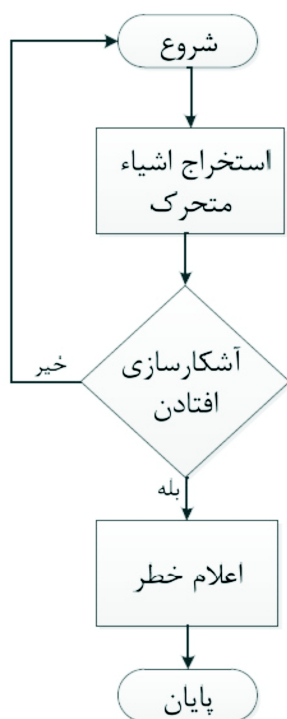
³ Overlap



(شکل-۲): درصد سالمندانی که تنها زندگی می کنند.

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

یک نفر باشد، قادر به آشکارسازی نیستند. از طرفی دیگر پایین بودن سرعت پردازش در برخی از روش ها موجب می شود که نتوان از آنها در آشکارسازی به هنگام استفاده کرد. ضعف دیگر در روش های دو بُعدی این است که این روش ها قادر به شناسایی دقیق افتادن در راستای محور دوربین نیستند. اهمیت مراقبت هوشمند از افراد سالمند و عدم کارایی مؤثر الگوریتم های یاد شده به دلایل اشاره شده، انگیزه های اصلی برای پژوهش بیشتر به منظور بهبود روش های شناسایی و آشکارسازی افتادن در دنباله های ویدئویی بود که منجر به ارائه الگوریتمی نوین شد که تا حد قابل قبولی ضمن برطرف کردن نواقص روش های دیگر، قابلیت به کارگیری در آشکارسازی به هنگام 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، می توان ویژگی های مهم یک سامانه آشکارسازی افتادن را به صورت زیر خلاصه کرد (روگپر و همکاران، ۲۰۱۱):

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

بنابراین در طراحی یک سامانه آشکارساز افتادن باید ویژگی های مذکور در نظر گرفته شوند. شکل (۳) روند کلی و مفهومی یک سامانه اعلام خطر هنگام افتادن را نشان می دهد. در این سامانه پس از استخراج اشیا متحرک در قباب های

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

برای تخمین پس‌زمینه با استفاده از مدل مخلوط گوسی، پارامتر X_i را به‌عنوان مقدار پیکسل (x, y) از تصویر در قاب i 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 به‌صورت 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_i 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:

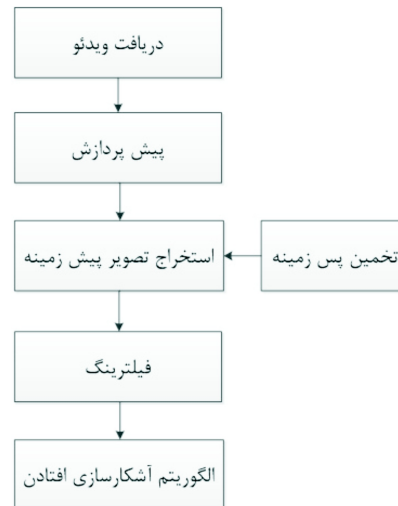
$$\eta(X_t, \mu_{i,t}, \sum_{i,t}) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\sum_{i,t}|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(X_t - \mu_{i,t})^T \sum_{i,t}^{-1} (X_t - \mu_{i,t})} \quad (3)$$

در معادله (۲) $\omega_{i,t}$ تابع تخمین وزن مخلوط‌ها و k تعداد توزیع‌های مدل مخلوط گوسی است که در محدوده $3 \leq k \leq 5$ قرار دارد. در معادله (۳) η تابع چگالی احتمال گوسی، n بُعد بردار X_t ، $\mu_{i,t}$ بردار مقدار میانگین و $\sum_{i,t}$ ماتریس کوواریانس مخلوط گوسی i ام در زمان t است که به‌دلیل مستقل بودن پارامترهای آن از یکدیگر، به‌طور معمول به‌صورت 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 این‌صورت میانگین کمترین احتمال میان توزیع‌ها طوری تغییر می‌کند که آن پیکسل جزو آن توزیع قرار گیرد. در معادله (۲) $\omega_{i,t}$ تخمین وزن مخلوط گوسی i ام در زمان t است. این تابع به‌صورت 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 متحرک در دنباله‌های ویدئویی.

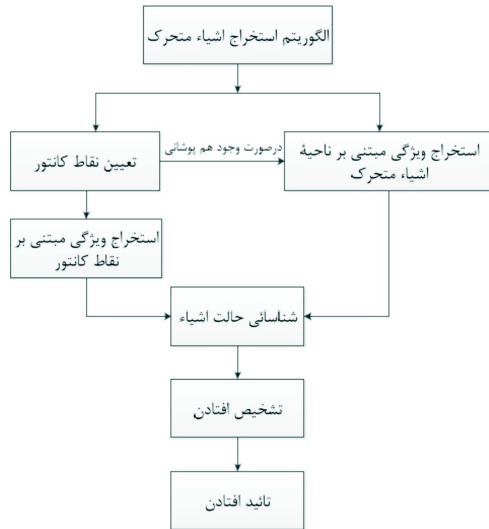
۳- استخراج اشیای متحرک

شکل (۴)، بلوک روندنمای مفهومی استخراج اشیای متحرک را نشان می‌دهد. از آنجایی که زمان افتادن ۵۰۰-۳۰۰ میلی‌ثانیه است (آندرسون، 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 به‌عنوان قاب‌های کلیدی انتخاب می‌شوند؛ سپس با تفاضل تصویر پیش‌زمینه و تصویر تخمین‌زده شده پس‌زمینه، اشیای متحرک استخراج و در مرحله بعد توسط فیلترها اصلاح می‌شود (لوشین و همکاران، ۲۰۱۲).

۳-۱- تخمین پس‌زمینه

تخمین از مراحل با اهمیت در ردیابی اشیای محسوب می‌شود. در پژوهش‌های قبلی جهت تخمین از مدل‌های مختلفی استفاده شده است (شازلی و همکاران، ۲۰۱۱؛ مَیولی و همکاران، ۲۰۱۱؛ رضایی و همکاران، ۱۳۹۲). در 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 تعریف‌شده، آن شیء جزئی از تصویر پس‌زمینه محسوب

¹ Gaussian Mixture Model (GMM)



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

فیلتر سوبل (ونشو و همکاران، ۲۰۱۰) کانتور آن استخراج می‌شود. این فیلتر در مقایسه با فیلترهای استخراج لبه دیگر همچون فیلترهای Perwit، LoG و Canny ساده تر است. اگرچه فیلتر سوبل 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 پیش‌زمینه 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:

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

که در این رابطه $I_{contour}(x, y, t)$ نتیجه اعمال فیلتر سوبل بر روی تصویر اصلاح‌شده، $Ma(x, y, t)$ نقاب فیلتر سوبل و $\hat{I}_{contour}(x, y, t)$ کانتور استخراج‌شده با حذف پس‌زمینه در لحظه t است.

۴- سامانه آشکارسازی افتادن

شکل (۵) بلوک روندنمای سامانه آشکارسازی افتادن را نشان می‌دهد. به‌منظور آشکارسازی افتادن، تصاویر اصلاح‌شده پیش‌زمینه پردازش شده و ویژگی‌های لازم از آن‌ها استخراج می‌شوند. در این مقاله جهت استخراج برخی از ویژگی‌ها از الگوریتم اصلاح‌شده کانتور استفاده شده است. بر اساس این

در این معادله α نرخ آموزش که به‌طور معمول ۰/۰۵ و پارامتر $M_{i,t}$ در صورت مطابقت پیکسل با توزیع i ام، برابر با یک و در غیراین 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 به‌روز شده و در غیر این صورت همان مقدار قبلی باقی می‌ماند.

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

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

۳-۱- تخمین با استفاده از مدل گوسی

برای تخمین تصویر پس‌زمینه در هر لحظه، از معادله زیر استفاده می‌شود:

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

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

۳-۲- استخراج پیش‌زمینه

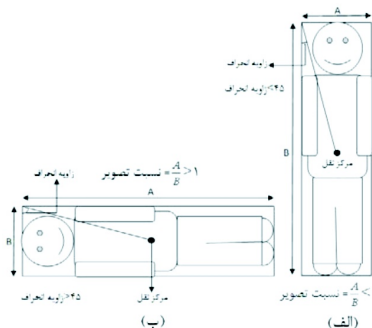
پس از تخمین تصویر پس‌زمینه، با تفاضل تصویر دریافتی و تصویر تخمین زده‌شده، تصویر پیش‌زمینه نخستین به‌دست می‌آید؛ سپس با استفاده از معادله زیر تصویر را به تصویر دودویی تبدیل می‌کنیم.

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

به‌علت وجود نویز، این تصویر می‌بایست با عملیات فیلترگذاری اصلاح شود. در این پژوهش از فیلترهای فرآیندهای مورفولوژی اشاره شده در (گونزالس و وود، ۲۰۰۲) استفاده شده است. تصویر پیش‌زمینه نخستین شامل اشیای کوچک متحرک نیز است که با استفاده از فرآیندهای بالا، تصاویر این اشیای از تصویر پیش‌زمینه حذف می‌شوند. پس از استخراج تصویر پیش‌زمینه، با استفاده از

۴-۱-۱- 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 به‌طور 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.

۴-۱-۲- 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 به‌عنوان 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؛ لذا از تغییرات ناگهانی این زاویه می‌توان به‌عنوان پارامتری برای آشکارسازی افتادن استفاده کرد (ویدی و همکاران، ۲۰۱۱).

۴-۱-۳- مرکز ثقل^۳

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

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

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

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

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 کوتاه کردن 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.

۴-۱- استخراج ویژگی

در این مرحله به‌منظور 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 دقت 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 اصلاح‌شده 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 0.9 می‌شود.

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

۴-۲- 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 به‌صورت جداگانه پردازش و ویژگی‌ها برای هر یک محاسبه شود؛ سپس وقوع 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 شیء محسوب می‌شود. به‌عنوان مثال ممکن است افراد در یک راستا نسبت به دید دوربین حرکت نمایند و یا این‌که با نزدیک شدن افراد، فاصله تصویر آن‌ها کاهش یافته و در نهایت هم‌پوشانی رخ دهد. در این صورت دو شیء به‌عنوان یک شیء تلقی شده و سامانه قادر به آشکارسازی آن‌ها نیست که در مقاله (رضایی ۱۳۹۲) نیز به مشکل مذکور پرداخته شده است. به‌دلیل توانایی روش کانتور در ردیابی کامل حالت یک شیء هنگام وجود هم‌پوشانی (ایلماز و همکاران، ۲۰۰۴) در مقایسه با الگوریتم‌های ردیابی دیگر، الگوریتم کارایی مبتنی بر کانتور به‌منظور آشکارسازی افتادن در شرایط اشاره‌شده، طراحی شد که در ادامه مقاله شرح داده می‌شود.

۴-۲-۱- 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 بر روی آن قرار داده می‌شود؛ به طوری که نخستین نقطه، نزدیک‌ترین نقطه از تصویر پیش‌زمینه به رأس اصلی بیضی محاط بر آن باشد.

۴-۲-۲- به‌دست آوردن تعداد نقاط (N)

اگر تصویر پیش‌زمینه در زمان حال f_t در نظر گرفته شود، در این صورت برای به‌دست آوردن تعداد نقاط برای تخمین مکان شیء در f_{t+1} ، از اندازه کانتور f_{t-4} استفاده می‌شود. بنابراین ابتدا اندازه کانتور f_{t-4} محاسبه و نقاطی در

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 به‌عنوان مرکز بیضی در نظر گرفته شود. محور a و محور b بیضی محاط به‌صورت زیر تعیین می‌شوند:

$$a = \left(\frac{4}{\pi} \right)^{1/4} \left[\frac{I_{\max}^3}{I_{\min}} \right]^{1/6}, \quad b = \left(\frac{4}{\pi} \right)^{1/4} \left[\frac{I_{\min}^3}{I_{\max}} \right]^{1/6} \quad (13)$$

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

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

پارامترهای روابط (۱۳) و (۱۴) به کمک گشتاور در مرکز بیضی (μ_{pq}) و مقادیر ویژه ماتریس اینرسی J محاسبه می‌شوند. گشتاور در مرکز بیضی با تابع 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 (۱۵)، J به‌صورت 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 $I_{\min})$ به‌صورت زیر تعیین می‌شوند:

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

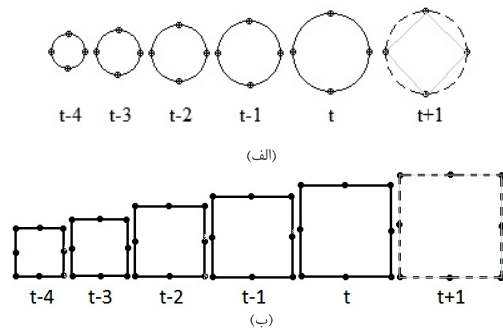
$$I_{\min} = \frac{\mu_{20} + \mu_{02} - \sqrt{(\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2}}{2}$$

پس از محاسبه دو محور اصلی بیضی، می‌توان نسبت تصویر (β) را با تقسیم a بر b به‌دست آورد. دو پارامتر انحراف معیار جهت‌گیری بیضی $^1(\sigma_\varphi)$ و انحراف معیار نسبت $^2(\sigma_\beta)$ که به ترتیب برابر با انحراف معیار زوایای و نسبت‌های تصویر در بیضی محاط هستند، برای آشکارسازی افتادن به‌صورت زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

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

¹ Orientation Standard Deviation of Ellipse

² Ratio Standard Deviation



(شکل ۸): تعیین تعداد نقاط با استفاده از قاب $t-4$ 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 دقت 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 f_{t+1} به مکان نقاط در لحظه‌های $t, t-1, t-2, t-3, t-4$ نیاز است. از طرفی وابستگی مکان نقاط تخمین زده 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 δ ، 2δ و 3δ از میانگین آن تعیین می‌شود؛ که δ انحراف معیار تابع توزیع عادی استاندارد و برابر یک است.

$$P(0) = N(0) = 0.4, \quad P(1) = N(1) = 0.242$$

$$P(2) = N(2) = 0.053, \quad P(3) = N(3) = 0.005$$

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

سپس مقادیر وزن‌ها به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

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

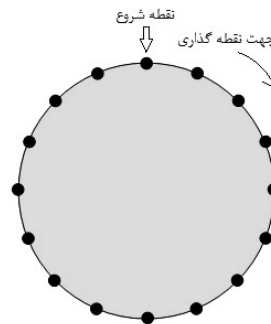
$$\lambda(2) = \frac{P(2)}{0.7} = 0.0757, \quad \lambda(3) = \frac{P(3)}{0.7} = 0.0071$$

فاصل مساوی d_{t-4} از یکدیگر بر روی کانتور تعیین می‌شوند. بدین صورت تعداد نقاط (N) در f_{t-4} به دست می‌آید. در تصاویر $f_{t-3}, f_{t-2}, f_{t-1}, f_t, f_{t+1}$ نقطه را مطابق شکل ۸ طوری بر روی کانتور قرار می‌گیرند که دارای فواصل یکسان d_{t-4} از هم باشند. پارامتر d_{t-4} ، 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 دقت و افزایش سرعت عملکرد سامانه خواهد شد و برعکس. 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، d_{t-4} ، تغییر می‌یابد؛ لذا با افزایش اندازه کانتور، تعداد نقاط و دقت آشکارسازی شکل صحیح شیء افزایش یافته، سرعت پردازش کاهش می‌یابد و برعکس.

شکل (۸) چگونگی تعیین نقاط را در دو شکل با اندازه مختلف نشان می‌دهد. با توجه به ثابت بودن فاصله نقاط، با تغییر اندازه کانتور f_{t-4} ، تعداد نقاط آن نیز تغییر می‌کند. لازم به توضیح است که فاصله آخرین نقطه و نقطه ابتدایی در f_{t-4} می‌تواند کمتر از d_{t-4} باشد. با ورود تصویر جدید، آن را به عنوان f_t در نظر گرفته و فرآیند بالا دوباره برای تعیین تعداد نقاط انجام می‌گیرد.

۴-۲-۳- 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-4} وجود ندارد. در این حالت ابتدا اندازه کانتور f_t را محاسبه کرده و با تقسیم بر d_{t-4} تعداد نقاط تعیین می‌شود. این تعداد برای تخمین f_2, f_3 و f_4 نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای تخمین مکان نقاط در



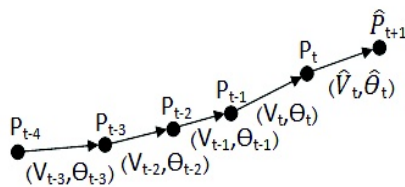
(شکل ۹): چگونگی تعیین نقاط کانتور.

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

در این روش برای تخمین نقاط و ردیابی اشیا باید ضرایب $\frac{\rho_{t-1}}{\mu_t}$ در فواصل زمانی دور برابر با یک باشد تا وضعیت شیء 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 شیء 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 از تابع وزن اس تفاده 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.

۴-۲-۶- 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:

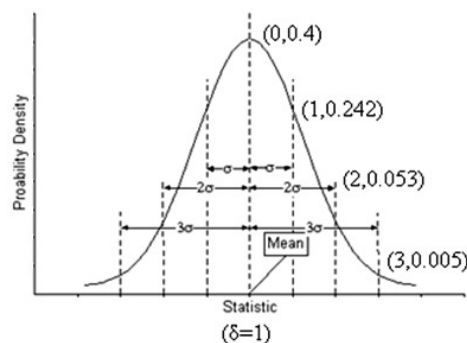
$$d_{\min} = \min[d(P_A, P_B)] \quad (22)$$

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

۴-۲-۵- 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. همان طوری 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.

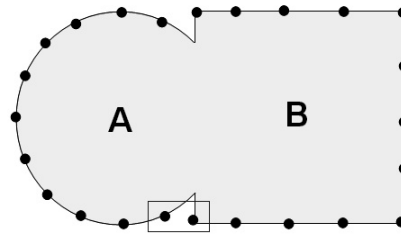
در این معادله V و θ به ترتیب اندازه و زاویه بردارهای تخمین و j شماره نقطه است که مقادیر آن از یک تا N است. با مشاهده تصویر پیش‌زمینه جدید، دوباره عملیات بالا برای تخمین نقاط بعدی انجام می‌گیرد.

یکی از روش‌های متداول تخمین حالت‌های بعدی، استفاده از روش زنجیره مرگ و زندگی مارکوف است (آندرسون، ۲۰۱۳). در این روش با استفاده از ضرایب زندگی (p_k) و ضرایب مرگ (μ_k) ، حالات بعدی سامانه (P) به دست می‌آید؛ لذا همان طوری 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.

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

که در این معادله بردار \bar{P}_N که بردار هنجارسازی شده مقادیر حالت است و نیز ماتریس Q به صورت زیر تعریف می‌شوند:

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



(شکل- ۱۱): نزدیکترین نقاط دو جسم خارج از هم پوشانی.

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

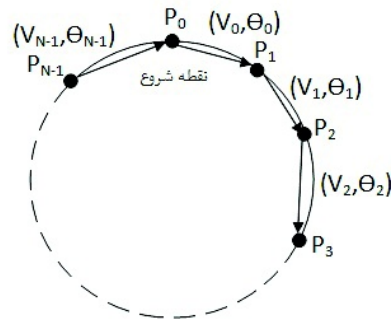
$$\Pi_{2 \times N} = \begin{pmatrix} V_0 & V_1 & V_2 & \dots & V_{N-1} \\ \theta_0 & \theta_1 & \theta_2 & \dots & \theta_{N-1} \end{pmatrix} \quad (24)$$

ستون زام این ماتریس نشان دهنده نقطه زام در کانتور f_t است. ماتریس Π در واقع توصیفگر کانتور اشیا و متحرک بر اساس نقاط آن است، با داشتن این ماتریس و بعضی از نقاط کانتور شی می توان نقاط پنهان شده در اثر هم پوشانی و همچنین شکل تقریبی شی را تخمین زد. بنابراین اگر مکان نخستین نقطه شی یعنی P_0 و ماتریس Π مشخص باشند، می توان تخمین مناسبی از مکان تمامی نقاط کانتور را به دست آورد. همان طوری که در شکل (۱۲) نشان داده شده است، برای این کار ابتدای بردار (V_0, θ_0) یعنی نقطه معلوم P_0 ، لذا انتهای آن که نقطه P_1 است نیز تعیین می شود. به همین ترتیب می توان با استفاده از اطلاعات ماتریس Π تمامی نقاط کانتور شی متحرک را به دست آورد. برای تخمین نقاط با شماره قبلی کافیس در ماتریس Π زوایا 180° درجه افزایش داده شوند. در فرآیند پردازش، همواره ماتریس Π مربوط به هر شی متحرک، در صورتی که آن شی در حال هم پوشانی نباشد، به روزرسانی می شود.

۵- شبیه سازی و بررسی نتایج

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

هنگامی که هم پوشانی ایجاد شود، d_{min} برابر صفر شده و تعداد اشیا پیش زمینه کاهش می یابد؛ لذا برای تشخیص هم پوشانی، این فواصل برای هر کدام از اشیا در هر لحظه محاسبه می شود. هنگامی که این مقدار از آستانه d_{occ} کمتر شود، هم پوشانی در حال وقوع است. بعد از این لحظه، تعداد اشیا موجود در پیش زمینه نیز کاهش می یابد.



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

۴-۲-۷- آشکارسازی هنگام هم پوشانی

هنگام هم پوشانی دو جسم، نقاط روی کانتور دو شی متحرک دارای سرعت و جهت متفاوتی هستند و می توان با استفاده از این ویژگی، نقاط مربوط به هر شی را از هم تفکیک کرد. جهت آشکارسازی، تعداد نقاط تفکیک شده هر شی (N'_A, N'_B) را به دست تعیین و سپس با استفاده از روابط زیر تعداد نقاط پنهان در ناحیه هم پوشانی برای هر یک از اشیا محاسبه می شود:

$$\begin{aligned} N_{OA} &= N_A - N'_A \\ N_{OB} &= N_B - N'_B \end{aligned} \quad (23)$$

که N_A و N_B به ترتیب تعداد نقاط کانتور اشیا A و B در لحظه ای که این دو شی در آستانه هم پوشانی می باشند.



(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. درحالی‌که چند نفر در تصویر باشند و هم‌پوشانی رخ نداده باشد، سامانه، همانند وجود یک فرد در تصویر عمل می‌کند، در این فرآیند در صورتی‌که تصویر بدن افراد به‌طور کامل در ناحیه اخذشده توسط دوربین باشد، با توجه به ابعاد تصویر افراد، مقادیر مناسب پارامترهای آستانه جهت آشکارسازی افتادن تنظیم می‌شوند؛ و سپس با تعیین پارامترهای حالت بدن هر یک به‌طور 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 پنهان‌نشده کانتور در هم‌پوشانی پارامترهای حالت بدن تعیین و در صورت وقوع افتادن آن را آشکار می‌نماید. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که روش ارائه‌شده محدودیت تعداد افراد را تا حد بسیار زیادی کاهش می‌دهد.

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

پارامتر حساسیت با رابطه زیر بیان می‌شود:

در اندازه 240×320 و با نرخ فریم 20 fr/sec 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؛ درحالی‌که 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 به راحتی قابل آشکارسازی باشد. علاوه‌بر 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، بلند شدن، 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 اشیاء، 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 انجام‌شده با یک دوربین، مورد توجه قرار نگرفت. مهم‌ترین چالش لحاظ‌شده در ویدئوهای ضبط‌شده حضور بیش از یک نفر در ویدئو است. شکل ۱۳ نتایج مراحل

¹ Sensitivity
² Specificity
³ Accuracy

پایه‌سازی بر روی تلفن همراه در روش‌های بر پایه حس‌گر) اما روش ارائه‌شده علاوه بر اینکه دقت 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 ویدئو افتادن شناسایی شده است. انتخاب این قاب به این علت است که مقادیر نسبت تصویر، تغییرات عرض مرکز ثقل و میانگین سه نقطه بالایی تصویر پیش‌زمینه اصلاح شده در این قاب، از مقادیر آستانه تعریف‌شده در این پژوهش بیشتر و مقدار زاویه انحراف نیز از مقدار آستانه تعیین شده، کمتر است.

جدول-۱: نتایج شبیه‌سازی ویدئوها

سیستم آشکارساز	افتادن	غیر 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 جهت پردازش کلیه ویدئوها به‌طور 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 ارائه‌شده در این مقاله، تخمین نقاط بعدی و بررسی حالت شیء در لحظه بعد است. با توجه به زمان بالا و همچنین نتایج به‌دست آمده، روش ارائه شده دارای مزیت اساسی سرعت ردیابی و آشکارسازی بالا در کنار نرخ آشکارسازی بالا است. بنابراین از آن می‌توان در کاربردهای به‌هنگام استفاده کرد. از مزیت‌های دیگر روش ارائه‌شده 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 اصلاح‌شده کانتور، به بررسی و آشکارسازی افتادن با وجود چند شیء پرداخته شد. روش پیشنهادی قادر به آشکارسازی اشیا و بررسی حالت آن‌ها در هنگام وجود هم‌پوشانی بوده و با استفاده از ویژگی‌های استخراج‌شده می‌تواند حادثه افتادن را با سرعت و دقت بالایی آشکار کند.

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

این رابطه نسبت تعداد ویدئوهایی که در آن افتادن به‌درستی آشکارسازی شده به تعداد کل ویدئوهایی که در آن افتادن وجود دارد، را بیان می‌کند. در رابطه (۲۵)، TP تعداد ویدئوها که شامل افتادن‌هایی است که به‌درستی 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

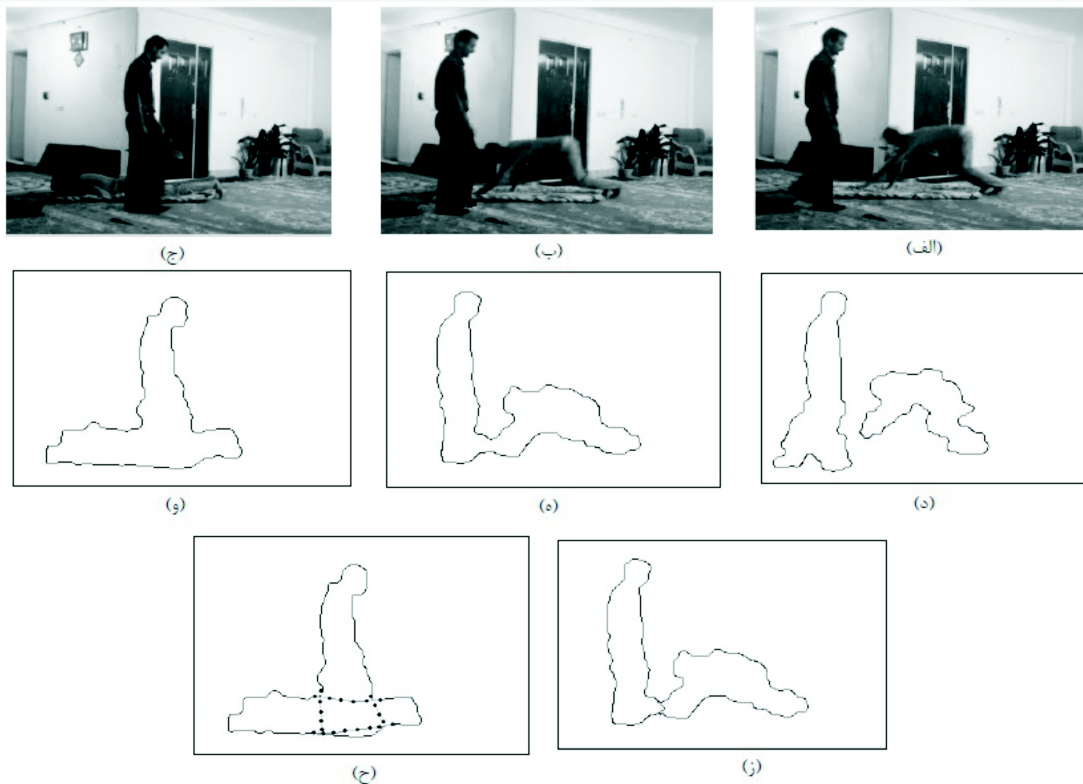
در آن فعالیت‌های عادی وجود دارد، بیان می‌کند. این پارامتر به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

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

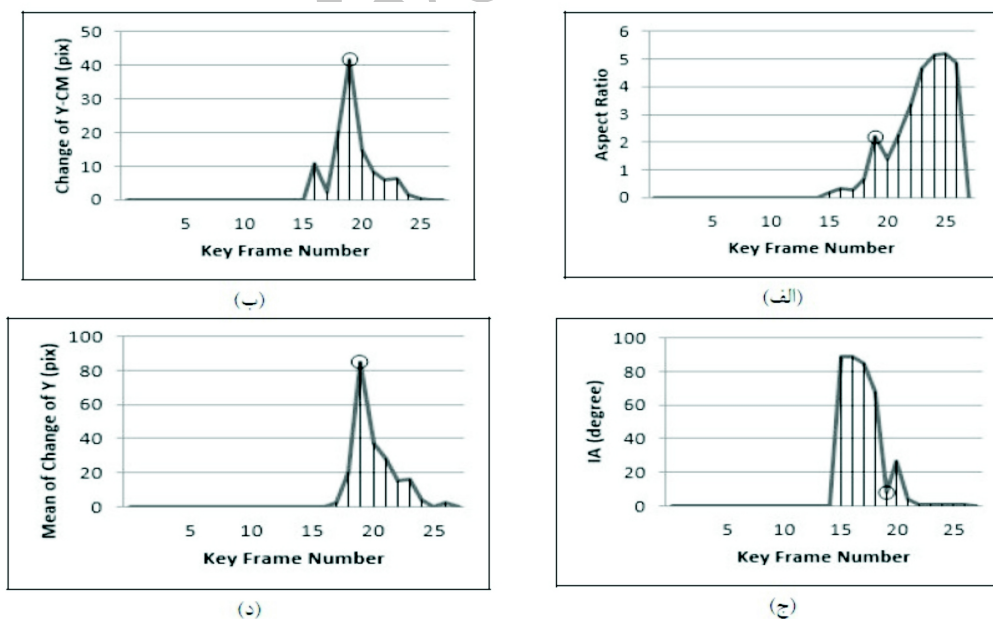
در این معادله FP تعداد ویدئوها از فعالیت‌های عادی که به‌عنوان افتادن آشکارسازی شده‌اند و TN تعداد ویدئوها از فعالیت‌های عادی که به‌درستی بررسی شده‌اند. آخرین پارامتر Acc، نسبت فعالیت‌هایی که به‌درستی بررسی شده‌اند به کل فعالیت‌های موجود را نشان می‌دهد.

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

جدول (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 به‌ترتیب با مقادیر ۱۰۰٪، ۹۸/۸۰٪ و ۹۹/۱۰٪ حادثه افتادن را با نرخ بالا آشکار کند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، تمامی افتادن‌ها در هر دو گروه از ویدئوها به‌درستی شناسایی شده‌اند و تنها در یک ویدئو با حضور دو نفر، افتادن به خطا آشکار شد، که علت خطا در این ویدئو تغییر ناگهانی حالت بدن یکی از افراد است. همچنین مقایسه این مقادیر با نتایج به‌دست آمده از شبیه‌سازی و آزمایش روش‌های ارائه‌شده 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 (به‌عنوان 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 (ح) تصویر کانتور افراد در لحظه هم‌پوشانی.



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

International Conference on Intelligent Environments, 2011, vol. 10, PP. 441-450.

Diraco G, Leone A, Siciliano P. "An active vision system for fall detection and posture recognition in elderly healthcare". Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE), 2010, vol. 4, PP. 8-12.

Doukas C, Maglogiannis I, Tragkas F, Yovanof D. "Patient Fall Detection Using Support Vector Machines". International Federation for Information Processing (IFIP), 2007, vol. 9, PP. 147-156.

Foroughi H, Aski BS, Pourreza H. "Intelligent video surveillance for monitoring fall detection of elderly in home environments" Computer and Information Technology, ICCIT 2008. 11th International Conference on. 2008, PP. 24-27.

Fu Z, Delbruck T, Lichtsteiner P, Culurciello E. "An Address-Event Fall Detector for Assisted Living Applications". Biomedical Circuits and Systems, IEEE Transactions on. 2008, vol. 2, PP. 88-96.

Gonzalez RC, Wood RE. "Digital Image Processing". Prentice Hall, New Jersey, 2001.

Hindmarsh JJ, Estes E. "Falls in older persons: Causes and interventions". Archives of Internal Medicine 149, 1989, vol. 149, PP. 2217-2222.

Huimin Q, Yaobin M, Wenbo X, Zhiqian W. "Home environment fall detection system based on a cascaded multi-SVM classifier" Control, Automation, Robotics and Vision, ICARCV 2008. 10th International Conference on. 2008, PP. 17-20.

Jansen B, Deklerck R. "Context Aware Inactivity Recognition for Visual Fall Detection". IEEE Pervasive Health Conference and Workshops, 2006, PP. 1-4.

Jouneja M, Sandhu P.S. "Performance Valuation of Edge Detection Techniques for Images in Spatial Domain", International Journal of Computer Theory and Engineering, 2009, vol. 1, no. 5, PP. 1793-8201.

Liu C-L, Lee C-H, Lin P-M. "A fall detection system using k-nearest neighbor classifier. Expert Systems with Applications", 2006, PP. 7174-7181.

Lushen W, Zhen L, Yuwen L, "Moving Objects Detection Based on Embedded Video Surveillance", in Systems and Informatics (ICSAI), International Conference on, 2012, PP. 2042-2045.

Matteoli S, Acito N, Diani M, Corsini G. "An Automatic Approach to Adaptive Local Background Estimation and Suppression in Hyperspectral Target Detection", Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, 2011, vol. 49, PP. 790-800.

Nations U. World Population Prospects: The 2008 Revision - Comprehensive Tables, 2008.

Rougier C, Meunier J, Saint-Arnaud A, Rousseau J. "Monocular 3D Head Tracking to Detect Falls of

(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 ثقل و پارامترهای بیضی (روگیر و همکاران، ۲۰۱۱)	۶۷/۸۵	۹۸/۸۰	۹۱/۰۷
نسبت تصویر و تغییرات آن (لنو 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، حدادنیاج، دلبری الف، "سیستم پیش زمین خوردن سالمندان بر مبنای مدل ترکیبی گوسی و تغییرات آناتومیکی بدن در تصاویر ویدئویی،" مجله ماشین بینایی 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 Ba-sed 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, Deschodt 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 رجیبی دوره کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق- الکترونیک در دانشگاه زنجان و دوره کارشناسی ارشد را در دانشگاه گیلان به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۲ به پایان رسانید. زمینه پژوهشی ایشان پردازش تصویر و پردازش سیگنال های دیجیتال است.

نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

hamidrajabi2010@yahoo.com



منوچهر نحوی 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 دانشگاه‌های تربیت مدرس -تهران و دانشگاه لیدز انگلستان اخذ کرد. ایشان در حال حاضر استادیار گروه مهندسی برق در دانشگاه گیلان است. زمینه‌های پژوهشی اصلی مورد علاقه نامبرده عبارتند از پردازش تصویر و کاربردهای آن، بازشناسی الگو، توموگرافی صنعتی و پزشکی است

نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

nahvi@guilan.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