

# تشخیص عابر پیاده با استفاده از کلاس‌بندهای SVM و هیستوگرام در توالی تصاویر مادون قرمز

محسن محسنی و محسن سربانی

دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت ایران

## چکیده

در محیط‌هایی که نمی‌توان از چشم غیر مسلح و دوربین‌های معمولی برای تشخیص انسان از غیر انسان استفاده کرد (مانند محیط‌های تاریک، مه و دود)، بهترین راه حل استفاده از تصاویر مادون قرمز است. این مقاله یک روش مقاوم برای تشخیص انسان در توالی تصاویر مادون قرمز ارائه می‌دهد. برای این منظور از ترکیب کلاس‌بند SVM و کلاس‌بند مبتنی بر هیستوگرام استفاده شده است؛ به این ترتیب که الگوهایی از تصویر که احتمال حضور انسان در آن‌ها موجود می‌باشد، پس از فرآیند پیش‌پردازش استخراج شده و به کلاس‌بندهای هیستوگرام و SVM داده می‌شوند. برای یادگیری و تست الگوریتم ارائه شده از پایگاه داده گرمایی عابر پیاده OSU استفاده شده است. نتایج اجرای الگوریتم ارائه شده روی این پایگاه داده، کارآیی و دقت آن را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: تشخیص عابر پیاده، تصاویر مادون قرمز، ماشین بردار پشتیبان، هیستوگرام

## ۱- مقدمه

تحلیل و بررسی حرکات انسان، امروزه توجه بسیاری از محققان رشته‌های متفاوت را به خود جلب کرده است. هدف چنین سیستم‌هایی ادراک رفتار انسان از روی توالی تصاویر ویدیویی می‌باشد. دوربین‌های حفاظتی در محل‌های متعدد در سازمان‌هایی که از نظر امنیتی مهم می‌باشند، نصب می‌شوند و می‌توانند در تمامی زمان‌ها وضعیت یک محل را نظارت و ضبط نمایند. تشخیص افراد در حال حرکت (عابر) نیز در توالی تصاویر ویدیویی دوربین‌های نظارتی، یکی از مهم‌ترین نیازهای سیستم‌های نظارتی می‌باشد.

رانندگی در شب از رانندگی در روز بسیار دشوارتر است. مرگ ناشی از سوانح رانندگی در شب، سه تا چهار برابر بیشتر از سوانح رانندگی در روز است [1]. برای افزایش ایمنی رانندگی در شب، تشخیص اتوماتیک عابر پیاده با استفاده از باند گرمایی مادون قرمز، توجه خاصی را به خود جلب کرده است؛ چون در تصاویر مادون قرمز، انسان نسبت به پس‌زمینه، آشکارتر است. این نکته به این دلیل است که

در این‌گونه تصاویر، نواحی با دمای بالاتر، روشن‌تر خواهند بود و از آن جایی که دمای بدن انسان نسبت به اطراف به‌طور معمول بیشتر است، چنین اتفاقی رخ می‌دهد. اما با این حال تشخیص عابر پیاده و جداسازی آن از پس‌زمینه، کار ساده‌ای نیست. تشخیص انسان با تصاویر مادون قرمز در بعضی از مواقع با مشکلاتی روبرو است. در تصاویر مادون قرمز انسان نسبت به اشیای ثابت واقع در محیط، مانند درختان، میله‌ها و ستون‌ها و غیره روشن‌تر است، ولی با این حال تشخیص افراد مورد نظر در مقایسه با تشخیص از روی تصاویر مرئی مشکل‌تر است. به‌طورمثال اشیایی مانند حیوانات، ترانسفورماتورها، جعبه برق، تیرهای چراغ برق و غیره به‌خصوص در تابستان محیط‌های روشن در تصاویر مادون قرمز می‌باشند، که با انسان اشتباه می‌شوند. همچنین خصوصیات ناهمجنس نوری اشیاء هم می‌تواند کار را مشکل کند. نکته مهم دیگر این‌که تصاویر مادون قرمز از کیفیت مناسبی برخوردار نیستند و این مسئله کار را مشکل‌تر هم می‌کند.

دو کلاس‌بند را به‌صورت سری اجرا می‌کنیم. به این معنی که ابتدا کلاس‌بند مبنی بر هیستوگرام را اجرا نموده و سپس از کلاس‌بند SVM برای رفع خطاهای حاصله از آن استفاده می‌کنیم. عملیات مورفولوژی می‌تواند برای حذف نواحی کوچک (نویز)، به‌عنوان پردازش پس از تقطیع استفاده شود. بعد از فاز تقطیع، عملیات ردگیری و تخمین حرکت انجام می‌شود. برای این فاز از روشی مبتنی بر ویژگی برای ردگیری استفاده می‌شود.

الگوریتم ارائه شده روی مجموعه داده OSU Thermal Pedestrian Database [14] تهیه شده توسط دانشگاه Ohio State آمریکا تست و نتایج آن گزارش خواهند شد.

## ۲- الگوریتم پیشنهادی

در این الگوریتم، ابتدا برای پس‌زمینه در توالی تصاویر مادون قرمز، مدلی ساخته می‌شود. سپس با استفاده از این مدل اشیا متحرک، از تصویر هر فریم استخراج می‌شوند. به این ترتیب که تفاضل هر فریم از تصویر پس‌زمینه را محاسبه می‌کنیم. تصویر حاصل، فقط شامل نواحی‌ای است که در آن‌ها شیء متحرکی وجود دارد. سپس این نواحی، به‌عنوان نواحی منتخب برای تشخیص، به‌عنوان عابر پیاده انتخاب می‌شوند و الگوی مورد نظر همان‌گونه که در ادامه توضیح داده خواهد شد، استخراج می‌شود. این الگو به‌ترتیب ابتدا به کلاس‌بند مبتنی بر هیستوگرام داده می‌شود، و در صورت تشخیص، به‌عنوان عابر پیاده به کلاس‌بند SVM داده می‌شود. از آنجایی که دقت کلاس‌بند مبتنی بر هیستوگرام خیلی خوب نمی‌باشد، این کار می‌تواند نتایج را به میزان فراوانی بهبود بخشد. با این کار درعمل از ترکیب نتایج کلاس‌بندها استفاده می‌کنیم؛ ترکیبی که به‌صورت سری-کردن کلاس‌بندها انجام می‌شود. پس از مشخص شدن نواحی مربوط به انسان در توالی تصاویر ویدیویی، به‌راحتی می‌توان شخص را ردگیری کرد. در ادامه، مراحل کاری را با جزئیات بیشتر ارائه می‌نماییم.

### ۲-۱- مدل‌سازی پس‌زمینه

یکی از حیثه‌های بسیار مهم در بینایی ماشین، مسئله تقطیع اشیا از پس‌زمینه صحنه می‌باشد. خروجی این مرحله در پردازش‌های بعدی، مثل تحلیل اشیا شناسایی شده، تشخیص چهره، انواع مسایل ردگیری و ... استفاده می‌شود.

با این‌که دوربین‌های مادون قرمز از گران‌ترین حس‌گرهای تصویری هستند، ولی به‌نظر می‌رسد در مورد پیدا کردن انسان در محیط‌های مختلف، از مجموعه محصولات هستند که بهترین کارآئی را دارد. در این زمینه، کارهای فراوانی انجام شده است. در این بخش برخی از آن‌ها را مرور خواهیم کرد.

از شبکه‌های عصبی می‌توان به‌عنوان یکی از کلاس‌بندهای مرسوم، جهت کلاس‌بندی تصاویری که توسط دوربین‌های مادون قرمز استریو [2] جهت شناسایی انسان در کنار بزرگراه‌ها، مسیر جاده‌ها و قطارها گرفته شده‌اند، نام برد تا در شب یا وقتی که راننده دید کافی ندارد، بتواند انسان را از غیر تشخیص دهد [3].

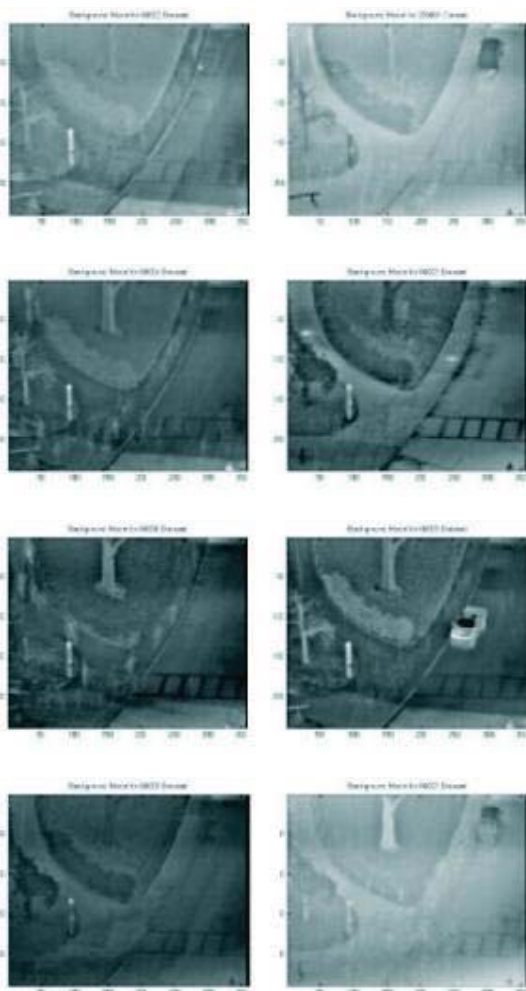
همچنین در کاربردهای حفاظتی و نظامی که به مرحله پیاده‌سازی رسیده است، می‌توان از روش Particle Swarm Optimization (PSO) [4] جهت تشخیص انسان در شب یا مه نام برد. کار این الگوریتم جستجو در یک فضای چند-بعدی برای به‌دست آوردن بهینه‌ترین راه حل برای مسئله است که برای تشخیص انسان با ویژگی‌های چندبعدی می‌تواند کاربرد مناسبی داشته باشد.

برخی روش‌های دیگر مبتنی بر ویژگی هستند که می‌توان به مواردی اشاره کرد که شامل ویژگی‌های خطوط عمودی، تقارن و قالب‌های کلی بدن انسان [5-7]، نمایش موجک، کلاس‌بند SVM [8-10] و قالب احتمالی انسان [11] می‌باشد.

ماشین بردار پشتیبان در سال ۱۹۹۲ توسط Vapnik [12] پیشنهاد شد. در همین اواخر این مدل برای حل مسائل زیادی به‌کار رفته است. از آن جمله می‌توان به کاربرد SVM در بحث شناسایی الگو، برازش غیرخطی، دسته‌بندی متون و کلاس‌بندی تصاویر ابرطیفی اشاره کرد. در این مقاله از این سیستم یادگیری برای تشخیص عابرین پیاده در توالی تصاویر مادون قرمز استفاده خواهد شد.

در این مقاله، روشی ارائه می‌شود که در آن با استفاده از توالی تصاویر ویدیویی مادون قرمز ابتدا بخش‌هایی از تصویر که مربوط به بدن انسان هستند، تقطیع و سپس این نواحی ردگیری می‌شوند. برای تقطیع انسان در تصاویر مادون قرمز، از ترکیب کلاس‌بندها استفاده می‌کنیم. به این ترتیب که دو کلاس‌بند SVM و کلاس‌بند مبتنی بر هیستوگرام را روی داده‌های تست اجرا می‌کنیم. با توجه به خطای ایجاد شده از آنجایی که از دو کلاس‌بند استفاده می‌کنیم، نمی‌توانیم از وزن‌دهی استفاده کنیم. بنابراین این

می‌کنیم. به‌ازای هر پیکسل، میانگین مقادیر پیکسل در چند فریم گذشته محاسبه‌شده و جایگزین مقدار مربوطه در تصویر پس‌زمینه می‌شود. نرخ به‌روزرسانی باید با توجه به شرایط زمانی، تعیین شود (در ساعاتی که تغییرات نوری و اثرات نویزی بیشتر است، به‌روزرسانی سریع‌تر خواهد بود). استفاده از میانگین وزنی برای فریم‌های قبلی یک روش بهبود کارایی است. به‌عنوان مثال ضرایب فریم‌های نزدیک بیشتر بوده تا تغییرات نوری جاری بهتر اعمال شود. (شکل ۱) نمونه‌ای از تصاویر پس‌زمینه‌ای را نشان می‌دهد که توسط الگوریتم فوق از پایگاه داده OSU استخراج شده است.



(شکل ۱): نمونه‌هایی از تصاویر پس‌زمینه پایگاه داده OSU

بنابراین صحت پردازش‌های آتی، وابسته به صحت مرحله تقطیع می‌باشد. به‌همین‌منظور در این زمینه تحقیقات زیادی صورت گرفته و الگوریتم‌های مختلفی ارائه شده است که هر کدام سعی در تشخیص با دقت بالا داشته‌اند. اما به هر حال تشخیص صحیح تمام اشیا کار سختی است؛ چون تصاویر ارائه شده تحت تأثیر عوامل و شرایط مختلف، دچار تغییرات ناخواسته می‌شوند که می‌توان به عواملی چون وجود سایه در تصویر، هوای بارانی یا ابری، تغییرات روشنایی در طول شبانه‌روز، هم‌پوشانی خودروها در تصویر، تغییرات ناخواسته در پس‌زمینه، مانند تکان خوردن برگ درختان و غیره اشاره کرد.

وجود این مشکلات محققان را برآن داشته است تا از روش‌های پایدارتر بهره‌برند تا تحت شرایط مختلف، پاسخ‌گو باشند. به‌همین خاطر الگوریتم‌های متعددی معرفی شده است. یکی از معروف‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌ها برای تشخیص اشیا متحرک، تفاضل فریم‌ها است. در این روش یک تصویر مرجع یا زمینه برای صحنه مورد بررسی، در نظر گرفته می‌شود. ابتدا تفاضل هر فریم ورودی از فریم زمینه، محاسبه شده و پس از آستانه‌گیری نتیجه کار اشیا متحرک موجود در صحنه هستند. نکته مهم این‌که در استفاده از تصاویر مادون قرمز، مشکلات فوق‌الذکر کمتر به چشم می‌خورند.

یکی از روش‌های مرسوم برای تقطیع، مدل کردن پس‌زمینه و سپس تفاضل‌گیری با فریم جاری است. اساس کار بدین صورت است که برای هر صحنه‌ای که قرار است عملیات تشخیص اشیا، انجام گیرد، بایستی یک تصویر مرجع یا زمینه وجود داشته باشد. اما در قبل اشاره گردید که به‌خاطر تغییرات شرایط جوی و روشنایی در صحنه، می‌بایست از مدل پس‌زمینه به‌روز شده، استفاده شود؛ در این خصوص کارهای مختلفی صورت گرفته است و روش‌های گوناگونی برای مدل‌سازی پس‌زمینه و به‌روز کردن آن ارائه شده است. در اینجا از روش میانگین‌گیری پیکسل‌ها در دنباله زمانی تصاویر استفاده شده است. به این صورت که برای هر پیکسل در توالی تصاویر، مقادیر مختلف در فریم‌های متفاوت را میانگین‌گیری می‌کنیم. به این ترتیب تأثیر اجسام در حال حرکت را از بین برده و تصویر پس‌زمینه را تولید می‌کنیم. این روش یکی از ساده‌ترین روش‌های مدل‌سازی پس‌زمینه است. برای به‌روزرسانی این روش و برای این‌که نسبت به مشکلاتی که در بالا بیان شد، مقاوم باشد از روش به‌روزرسانی میانگینی استفاده

این کاندیداها نواحی ای هستند که احتمال وجود انسان در آن‌ها زیاد است. شکل ۳ نمونه‌ای از یک فریم از مجموعه داده OSU را نشان می‌دهد که نواحی کاندیدا در آن نشان داده شده است.



(شکل ۳): نمونه‌ای از نواحی کاندیدا در تصویری از داده‌های OSU

#### ۲-۴- آماده‌سازی الگو

پس از به‌دست آوردن نواحی کاندیدا، مستطیل محصور آن‌ها را مشخص می‌کنیم. حال کافی است با نمونه‌برداری مجدد، نواحی مستطیلی کاندیدا را به مستطیل‌های  $m \times n$  الگو تبدیل کنیم. در اینجا این مستطیل را با ابعاد  $8 \times 16$  در نظر می‌گیریم.

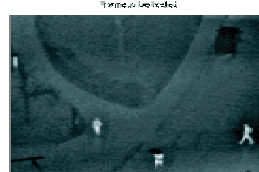
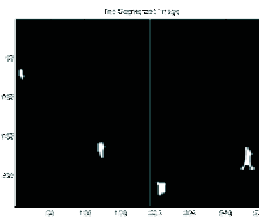
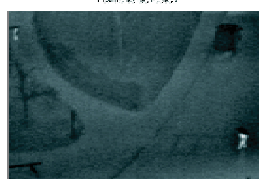
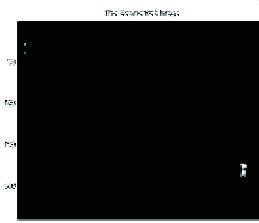
#### ۲-۵- تشخیص

پس از آماده‌سازی الگوها، نوبت به تشخیص و درعمل کلاس‌بندی می‌رسد. برای کلاس‌بندی می‌خواهیم به‌طور عملی روش هیستوگرام را با یادگیرنده SVM ترکیب کنیم. برای این کار ابتدا الگوهای استخراج شده را با استفاده از کلاس‌بند مبتنی بر هیستوگرام تست می‌کنیم و اگر این کلاس‌بند تایید کرد که این تصویر (الگو) می‌تواند یک عابر پیاده باشد آن را به SVM می‌دهیم. بنابراین مرحله پنجم الگوریتم را به این ترتیب می‌نویسیم.

الگوهای ورودی آماده شده در مرحله‌ی قبل را ابتدا با استفاده از کلاس‌بند مبتنی بر هیستوگرام تست می‌کنیم، اگر احتمال این‌که این الگو عابر پیاده باشد را تأیید نمود، آن را به SVM آموزش‌دیده‌شده می‌دهیم. خروجی این کلاس‌بند (+۱ یا -۱)، عابر پیاده یا غیر عابر پیاده را مشخص می‌کند.

#### ۲-۲- جداسازی پیش‌زمینه از پس‌زمینه

اکنون با در اختیار داشتن پس‌زمینه، می‌توان تفاضل هر فریم با آن را محاسبه کرد. این کار اشیای در حال حرکت را مشخص می‌کند. (شکل ۲) نمونه‌ای از نتیجه تفاضل پس-زمینه را نشان می‌دهد.



(شکل ۲): نمونه‌ای از نتیجه تفاضل پس‌زمینه

#### ۲-۳- انتخاب کاندیداها

اجسام متحرک در هر فریم، این پتانسیل را دارند که یک عابر پیاده باشند. تصویر استخراج شده اجسام متحرک را روی تصویر اصلی نگاشت می‌کنیم، سپس با استفاده از یک مقدار آستانه ( $T$ ) نواحی متحرکی را که شدت بیش از  $P\%$  آن‌ها از این مقدار بیشتر است، به‌عنوان کاندیداها عابر پیاده علامت می‌زنیم (مقدار  $P$  را در آزمایش‌ها برابر پنجاه در نظر گرفته‌ایم). مقدار حد آستانه ( $T$ ) را نیز با استفاده از مقدار شدت پیشینه در تصویر ( $I_H$ ) و مقدار شدت میانگین ( $I_M$ ) به شکل زیر تعریف می‌کنیم:

$$T = 0.8I_H + 0.2I_M \quad (1)$$

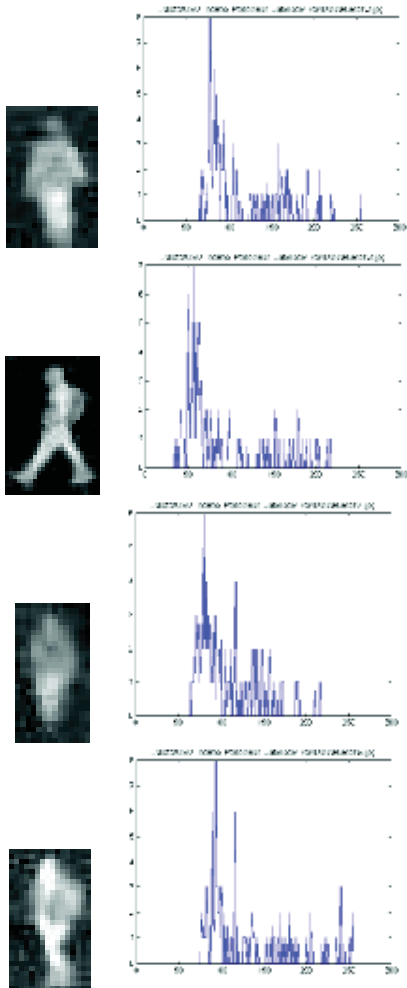
۲-۵-۱- کلاس‌بندی بر مبنای هیستوگرام

در این بخش با استفاده از هیستوگرام روشنایی، الگوهای عابر پیاده در حالت‌های مختلف اندازه و ظاهر، روشی برای تشخیص با قابلیت جداسازی کاندیداهای انسان پیاده و غیر پیاده بر مبنای یک قالب کلی ارائه می‌نماییم.

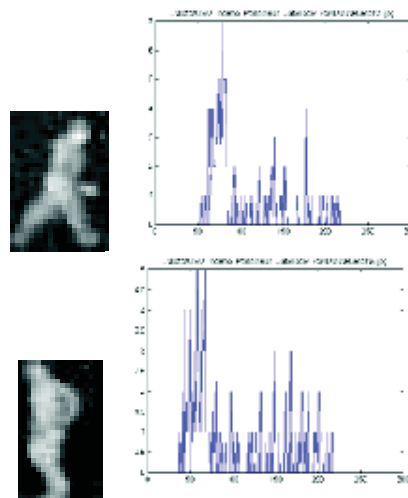
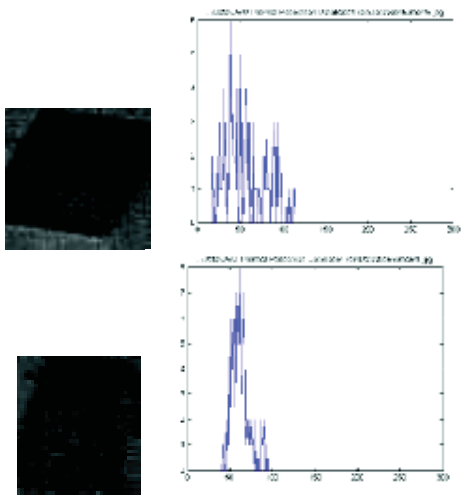
در تصاویر مادون قرمز هنگامی که حالت بدن انسان در تصویر تغییر می‌کند هیستوگرام نواحی آن‌ها در تصاویر، مشابه به یکدیگر هستند؛ زیرا حرارت بدن و ویژگی‌های سطح بدن انسان پیاده برای حالات مختلف انسان‌های پیاده با پوشش‌های مختلف در فصل‌های متفاوت، تا حد خوبی مشابه هم هستند. بنابراین برای انسان‌های پیاده با حالت‌های مختلف در فصل‌های متفاوت، منحنی هیستوگرام بر مبنای روشنایی تصویر، تقریباً مشابه خواهند بود. از این خاصیت می‌توان این‌گونه استفاده نمود که آیا انسان در تصویر قرار دارد یا خیر را پس از استخراج الگو مشخص نمود.

به‌عنوان نمونه (شکل ۴) مجموعه‌ای از قالب چند انسان را نشان می‌دهد که از یک تصویر مادون قرمز جدا شده‌اند. در کنار آن‌ها منحنی‌های هیستوگرام روشنایی برای هر یک نمایش داده شده‌اند. شباهت فراوان بین هیستوگرام‌های این شکل مشخص است. (شکل ۵) نمونه‌ای از الگوهای غیر انسان پیاده در کنار هیستوگرام این الگوها را نشان می‌دهد که تغییرات زیادی دارند.

بنابراین، به‌راحتی با محاسبه دو هیستوگرام (یک هیستوگرام قالب و یک هیستوگرام الگوی تست‌شونده) می‌توان تفاضل آن‌ها را حساب کرد. اگر این تفاضل از یک میزان حدآستانه کمتر باشد، این الگو می‌تواند یک انسان باشد.



(شکل ۴): نمونه‌ای از الگوهای انسان و هیستوگرام آن‌ها



می‌کند. درحالتی که از SVM استفاده می‌کنیم، تابع  $f$  به-  
شکل رابطه (۲) در می‌آید:

$$f(x) = \sum_{i=1}^N y_i \alpha_i k(x, x_i) + b \quad (2)$$

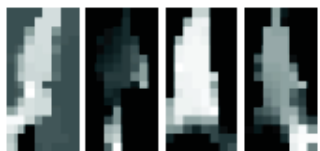
که  $N$  تعداد الگوهای آموزش،  $(x_i, y_i)$  نمونه آموزش  $i$  ام،  $\alpha_i$  و  $b$  ضرایب آموزش دیده شده و  $k(\cdot, \cdot)$  تابع هسته‌ای SVM هستند. در این مقاله از تابع هسته‌ای شعاعی (RBF)

$$k(x, x_i) = e^{-\|x-x_i\|^2 / 2\sigma^2}$$

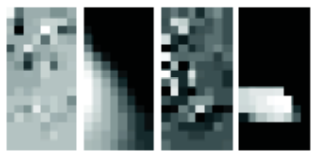
استفاده شده است، پس

مجموعه آموزش الگوریتم حاضر، شامل الگوهایی است که از روی مجموعه داده مورد استفاده، به ترتیب زیر تهیه می‌شود: یک الگو به شکل  $u_8$  تعریف می‌شود که شامل یک مجموعه  $m \times n$  مستطیلی می‌باشد. در این مقاله  $m=16$  و  $n=8$  در نظر گرفته شده‌اند، که باعث می‌شود تعداد عناصر  $x$  برابر ۱۲۸ باشد.

مجموعه داده OSU که برای تست الگوریتم ارایه شده مورد استفاده قرار گرفته است، پاسخ‌های صحیح‌مبنا (Ground Truth) را نیز برای پایگاه داده فراهم نموده است. با استفاده از این پاسخ‌های صحیح‌مبنا که مناطق مستطیلی شکل محصور برای هر شخص را نشان می‌دهد، نمونه‌های الگوی آموزش را تهیه می‌کنیم. به این ترتیب که با روشی ساده این مستطیل را به مستطیل استاندارد تبدیل کرده و مقادیر پیکسل‌ها را با نمونه‌برداری مجدد، محاسبه می‌نماییم. این داده‌ها برای آموزش کلاس‌بند مورد استفاده، به کار گرفته می‌شوند. (شکل ۶) نمونه‌ای از الگوهای انسان و غیر انسان را که به صورت الگوهای  $16 \times 8$  در آمده و برای آموزش مورد استفاده قرار گرفته اند نشان می‌دهد.



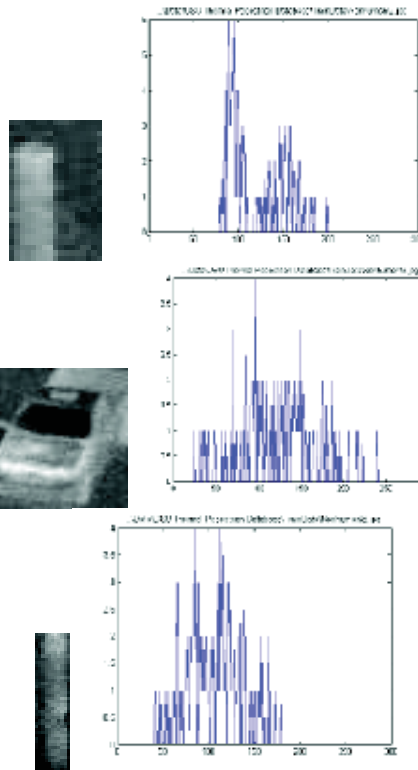
(الف)



(ب)

(شکل ۶): (الف) نمونه‌هایی  $16 \times 8$  از الگوهای درست انسان،

(ب) نمونه‌هایی  $16 \times 8$  از الگوهای غیر انسان



(شکل ۵): نمونه‌ای از الگوهای غیرانسان و هیستوگرام آن‌ها

برای محاسبه این قالب، الگوهایی را که در اختیار داریم و می‌دانیم انسان هستند در نظر گرفته و میانگین هیستوگرام آن‌ها را به عنوان قالب، ذخیره می‌نماییم. در عمل هر نقطه از این هیستوگرام با نقاط متناظر از هیستوگرام مربوط به الگوی کاندیدا مقایسه می‌شود و میزان میانگین قدر مطلق خطا (MAE) محاسبه می‌گردد. در صورت بیشتر بودن این میزان خطا از حد آستانه‌ای، این الگو نمی‌تواند به عنوان الگوی که احتمال حضور انسان در آن وجود دارد تشخیص داده شود. در این مرحله بخشی از الگوها که نقش نویز را بازی می‌کنند و شباهتی به انسان ندارند، حذف می‌نماییم. در ادامه از کلاس‌بند SVM برای تشخیص نهایی استفاده می‌کنیم.

## ۲-۵-۲- کلاس‌بندی با استفاده از SVM

برای یادگیری شناسایی انسان، کافی است که یک کلاس‌بند دودویی با گرفتن الگوی ورودی، آن را انسان (+1) یا غیر انسان (-1) تشخیص دهد. مسئله آموزش یک کلاس‌بند دودویی را می‌توان به شکل یادگیری تابع  $f: R^n \rightarrow \pm 1$  بیان کرد که الگوهای  $x$  را به مقدار درست  $y = f(x)$  نگاشت

فصلنامه  
دو فصلی







برای آموزش کلاس‌بند SVM از ۲۱۰ نمونه انسان و ۴۹۰ نمونه غیر انسان (استخراج شده از همین پایگاه داده) استفاده شده است. این الگوها به صورت تکراری به کلاس‌بند داده می‌شوند تا خطای کلاس‌بندی به کمتر از ۵٪ برسد، یا تعداد تکرارها از حد آستانه‌ای تجاوز کند.

## ۲-۶- تشخیص عابر پیاده در تصاویر مادون

### قرمز

برای تشخیص انسان در حال عبور در توالی تصاویر، ابتدا باید نواحی کاندیدا برای این منظور را انتخاب و سپس ابتدا به کلاس بند هیستوگرام و سپس در صورت مثبت بودن نتیجه به کلاس‌بند آموزش دیده SVM داده شوند. برای این منظور توالی تصاویر را مورد پردازش قرار می‌دهیم تا نواحی کاندیدا را مشخص کنیم.

## ۳- آزمایش‌ها و نتایج اجرا

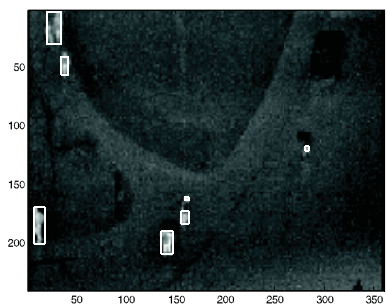
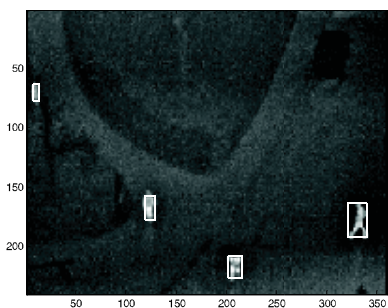
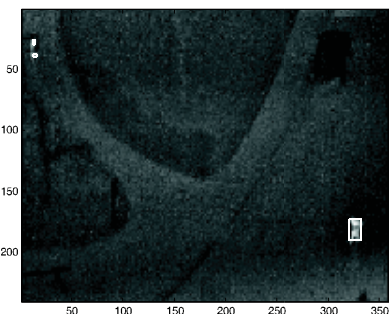
در این بخش، مجموعه داده مورد استفاده را معرفی نموده و سپس مراحل الگوریتم را همان‌گونه که در بالا توضیح داده شده‌اند، بر روی آن‌ها اجرا می‌نماییم و نتایج اجرای الگوریتم را مشاهده می‌کنیم.

تمامی شبیه‌سازی‌ها در محیط MATLAB 7.4 (R2008a) و روی یک دستگاه رایانه با CPU Intel Core2 Duo 2500 و 2 GB Memory 2 آزمایش و اجرا گردیده‌اند. برای کلاس‌بند SVM از توابع کتابخانه‌ی MATLAB [15] استفاده شده است.

## ۳-۱- مجموعه داده مورد استفاده

برای انجام آزمایش‌ها از پایگاه‌داده‌ی گرمایی عابر پیاده OSU تهیه شده توسط دانشگاه ایالتی اوهایو استفاده شده است [14]. این داده‌ها توسط حسگر مادون قرمز Raytheon 300D با لنز 75 mm تهیه شده‌اند. به این ترتیب که دوربین بر بالای سقف ساختمانی هشت طبقه نصب شده است. تعداد توالی‌های تصویری متفاوت موجود 9 عدد است که در مجموع شامل 8198 تصویر متفاوت (فریم) می‌باشد. تصاویر با فرمت bitmap هشت بیتی با اندازه 360x240 پیکسل ذخیره شده‌اند. پاسخ‌های صحیح مینا نیز برای تمامی فریم‌ها وجود دارد. (شکل 8) نمونه‌ای از داده‌های این مجموعه داده را نشان می‌دهد.

۴. False Negative : تشخیص نادرست غیر انسان از ورودی‌های واقعی انسان (یعنی انسان را غیرانسان تشخیص داده است).



(شکل ۹): نمونه‌هایی از خروجی کلاس‌بند مبتنی بر هیستوگرام

(جدول ۱) این مقادیر را برای کل مجموعه داده مورد استفاده برای تست پس از اجرای کلاس‌بند مبتنی بر هیستوگرام نشان می‌دهد. باید توجه داشت که در (جدول ۱) و جداول بعدی این مقادیر بر حسب درصد بیان شده‌اند و جمع مقادیر TP و FP و همچنین جمع مقادیر TN و FN برابر ۱۰۰٪ می‌باشد. این موضوع به این دلیل است که می‌خواهیم نشان دهیم از کل الگوهای شناسایی شده، به‌عنوان انسان، توسط یک کلاس‌بند و یا ترکیبی از آن‌ها چند درصد صحیح و چند درصد ناصحیح است و همین‌طور برای



(شکل ۸): نمونه‌ای از تصاویر عابر پیاده در پایگاه‌داده OSU

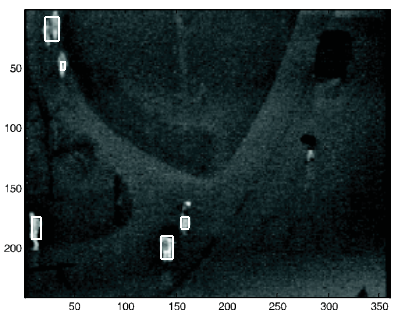
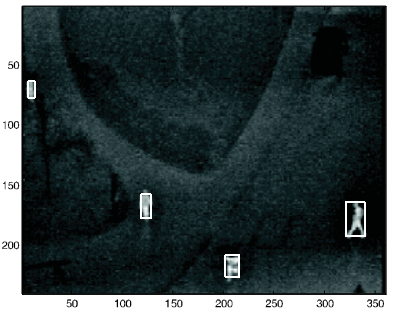
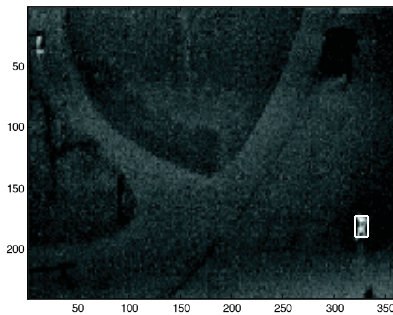
### ۳-۲- اعمال کلاس‌بند مبتنی بر هیستوگرام

(شکل ۹) نمونه‌هایی از خروجی کلاس‌بند مبتنی بر هیستوگرام را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در برخی موارد کلاس‌بند بخش‌هایی از تصویر که انسان نبوده‌اند، انسان در نظر گرفته است.

برای ارزیابی الگوریتم حاضر، مفاهیم زیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند:

۱. True Positive : تشخیص درست انسان از نمونه‌های ورودی که در واقع انسان بوده‌اند.
۲. False Positive : تشخیص غلط انسان از نمونه‌های ورودی که در واقع غیرانسان بوده‌اند.
۳. True Negative : تشخیص درست غیرانسان از نمونه‌های ورودی که در واقع غیرانسان بوده‌اند.





(شکل ۱۰): نتایج کلاس‌بند SVM پس از اعمال خروجی

کلاس‌بند مبتنی بر هیستوگرام

برای ارزیابی این بخش الگوریتم نیز از پارامترهای فوق استفاده می‌نماییم. (جدول ۲) این مقادیر را برای کل مجموعه داده تست پس از اجرای کلاس‌بند SVM نشان می‌دهد.

(جدول ۲): نتایج تشخیص پس از اجرای کلاس‌بند SVM

که از نتایج کلاس‌بند هیستوگرام استفاده می‌کند

شاخص	مقدار
TP	٪۹۳/۴
FP	٪۶/۶
TN	٪۹۷/۱
FN	٪۲/۹

الگوهای شناسایی شده، به‌عنوان غیر انسان. در واقع  $\%TP$  و  $\%TN$  از روابط دقت یا precision به شرح زیر به دست آمده اند:

$$\%TP = (TP / (TP + FP)) \times 100$$

(۱-۳)

$$\%TN = (TN / (TN + FN)) \times 100$$

(جدول ۱) نتایج تشخیص پس از اجرای کلاس‌بند

مبتنی بر هیستوگرام

شاخص	مقدار
TP	٪۷۱/۳
FP	٪۲۸/۷
TN	٪۹۷/۱
FN	٪۲/۹

(نتایج جدول ۱) نشان می‌دهد که کلاس‌بند هیستوگرام در شناسایی الگوهای غیر انسان توانایی خوبی دارد ولی در تعیین انسان‌ها دارای خطاست یعنی تعداد زیادی غیر انسان را نیز انسان معرفی می‌کند. در نتیجه لازم است الگوهای را که این کلاس‌بند، انسان معرفی می‌کند به SVM بدهیم تا غیر انسان‌ها را از آن‌ها جدا کند.

### ۳-۳- اعمال کلاس‌بند SVM

همانگونه که در قبل بیان شد برای کلاس‌بند SVM از توابع کتابخانه‌ی MATLAB استفاده شده است. برای آموزش این کلاس‌بند از تابع هسته‌ای RBF با پارامتر شعاعی ۱/ استفاده شده است. تعداد ۲۱۰ نمونه انسان و ۴۹۰ نمونه غیر انسان برای یادگیری و آموزش آن استفاده شده اند که تعدادی از آن‌ها در (شکل‌های ۴ و ۵) نمایش داده شدند.

الگوهای انسان را که پس از اعمال کلاس‌بند مبتنی بر هیستوگرام به‌دست می‌آیند و به خطا تعدادی الگوی غیر انسان در بین آن‌هاست (شکل ۹) به SVM داده و نتایج آن را در (شکل ۱۰) مشاهده می‌نماییم.

#### ۴- جمع بندی

در این مقاله، با روش‌های بینایی ماشین، الگوریتمی ارایه گردید که با استفاده از تصاویر دوربین‌های مادون قرمز گرمایی، عابر پیاده را شناسایی می‌کند. سیستمی که بر پایه این الگوریتم طراحی شود می‌تواند کاربردهای فراوانی داشته باشد. از آن جمله می‌توان به تضمین بیشتر ایمنی در هنگام رانندگی در بحث سیستم‌های حمل و نقل هوشمند، سیستم‌های نظارتی شهری و اداری اشاره کرد.

با استفاده از توالی تصاویر مادون قرمز، ابتدا تصویر پس‌زمینه را تولید نموده و سپس تفاضل هر تصویر با تصویر پس‌زمینه محاسبه می‌گردد که بدین‌وسیله محدوده اشیا در حال حرکت مشخص می‌شود. سپس جهت انتخاب منتخب‌های عابر پیاده، تصویر استخراج شده اجسام متحرک را روی تصویر اصلی نگاشت می‌کنیم؛ حال با استفاده از یک مقدار حد آستانه نواحی متحرکی را به‌عنوان منتخب‌های عابر پیاده علام زده و مستطیل محصور آن‌ها را مشخص می‌کنیم. پس از آماده‌سازی الگوها، نوبت به تشخیص با کلاس-

بندی می‌رسد. برای کلاس‌بندی می‌خواهیم در عمل روش هیستوگرام را با یادگیرنده SVM ترکیب نماییم. بدین ترتیب الگوهای ورودی آماده شده در مرحله قبل را ابتدا با کلاس‌بند هیستوگرام تست می‌کنیم، اگر احتمال این‌که این الگو عابر پیاده بودن را تأیید نمود آن را به کلاس‌بند SVM می‌دهیم. خروجی این کلاس‌بند، عابر پیاده یا غیر عابر را مشخص می‌کند. نتایج ارزیابی سیستم حاکی از کارایی الگوریتم ارایه شده در عین سادگی آن است.

موضوع مورد توجه در این مقاله ترکیب کلاس‌بندهای هیستوگرام و SVM است. از آن‌جایی‌که دقت کلاس‌بند مبتنی بر هیستوگرام در تشخیص عابر پیاده خیلی خوب نمی‌باشد ولی تشخیص منتخب‌های غیر انسان، شامل بخشی از الگوها که نقش نویز را بازی می‌کنند و شباهتی به انسان ندارند، به‌خوبی انجام می‌شود تصمیم گرفته شد که ترکیبی از کلاس‌بندها به‌صورت سری استفاده شود به‌طوری‌که ابتدا کلاس‌بند هیستوگرام اجرا شود و بعد اگر احتمال این‌که این الگو انسان باشد را تأیید نمود آن الگو را به کلاس‌بند SVM بدهیم تا انسان بودن آن را تأیید نماید. این روش قابلیت اطمینان الگوریتم را در کل، افزایش و احتمال خطای آن را به مراتب کاهش می‌دهد.

برای بهبود و افزایش دقت الگوریتم، می‌توان آن را با کلاس‌بندهای دیگر ترکیب کرد. همچنین می‌توان از نتایج

اگر از کلاس‌بند هیستوگرام استفاده نمی‌کردیم این پارامترهای ارزیابی به شکل (جدول ۳) درمی‌آمدند. (جدول ۲) پارامترهای خطای بهتری را نشان می‌دهد. این مطلب نشان‌دهنده افزایش دقت در هنگام استفاده از کلاس‌بند ترکیبی می‌باشد.

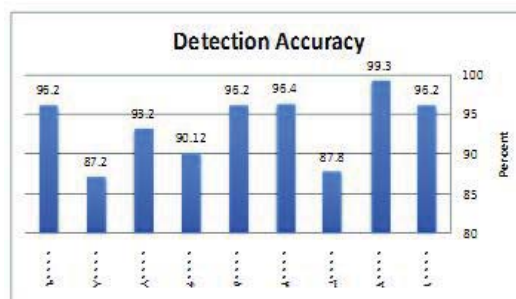
(جدول ۳) نتایج تشخیص پس از اجرای کلاس‌بند

SVM بدون کلاس‌بند هیستوگرام.

مقدار	شاخص
٪۹۱	TP
٪۹	FP
٪۸۷/۳	TN
٪۱۲/۷	FN

(شکل ۱۱) نیز میزان تشخیص صحیح در ۹

پایگاه داده متفاوت OSU نشان می‌دهد.



(شکل ۱۱): میزان تشخیص صحیح در

۹ پایگاه داده OSU

(جدول ۴) ارزیابی نتایج تشخیص کلاس‌بندها به تنهایی و

ترکیب آن‌ها را نشان می‌دهد.

(جدول ۴): نتایج تشخیص کلاس‌بندها

شاخص	Histogram	SVM	Histogram - SVM	SVM - Histogram
TP	٪۷۱/۳	٪۹۱	٪۹۳/۴	٪۹۱
FP	٪۲۸/۷	٪۹	٪۶/۶	٪۹
TN	٪۹۷/۱	٪۸۷/۳	٪۹۷/۱	٪۸۹/۲
FN	٪۲/۹	٪۱۲/۷	٪۲/۹	٪۱۰/۸

[۹] م. محسنی، م. سربانی. تشخیص عابر پیاده در توالی تصاویر مادون قرمز با استفاده از SVM. کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر ایران، ۱۳۸۷.

- [10] A. Mohan and T. Poggio, "Example-based object detection in images by components," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 23, pp. 349–361, Apr. 2001.
- [11] H. Nanda and L. Davis, "Probabilistic template based pedestrian detection in infrared videos," presented at the IEEE Intelligent Vehicles Symp., Versailles, France, June 2002.
- [12] B. E. Boser, I. M. Guyon and V. N. Vapnik, "A training algorithm for optimal margin classifiers", Proceedings of the fifth annual workshop on Computational learning theory, 1992.
- [13] J. Davis and V. Sharma, "Background-Subtraction using Contour-based Fusion of Thermal and Visible Imagery," Computer Vision and Image Understanding, Vol 106, No. 2-3, 2007, pp. 162-182.
- [14] OSU Thermal Pedestrian Database, <http://www.cse.ohio-state.edu/otcbvs-bench/>
- [15] Support Vector Machine toolbox for Matlab Version 2.51, Anton Schwaighofer. January 2002.



محسن محسنی تحصیلات خود را در رشته ریاضی کاربرد در کامپیوتر در سال ۱۳۷۹ به پایان رسانید و مدرک کارشناسی ارشد در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی و رباتیک را در سال ۱۳۸۸ از دانشگاه علم و صنعت تهران اخذ نمود و هم اکنون عضو هیأت علمی و مدیر گروه کامپیوتر دانشگاه آزاد ملارد می باشد. حوزه پژوهشی مورد علاقه وی پردازش تصویر می باشد.

نشانی (رایانامک) پست الکترونیکی ایشان عبارت است از: [M\\_mohseni@comp.iust.ac.ir](mailto:M_mohseni@comp.iust.ac.ir)

این الگوریتم استفاده و با در نظر گرفتن اطلاعات زمانی توالی تصاویر، عابر پیاده را ردگیری کرد. از مزایای این روش و استفاده از تصاویر مادون قرمز این است که می توان از این نوع نظارت برای مواقعی که نور کافی برای تصویربرداری وجود ندارد (مانند شب)، استفاده کرد.

## ۵- مراجع

- [1] <http://nncf.unl.edu/eldercare/info/seniordriving/nightdrive.html>. Technical Report 6, Nebraska Highway Safety Program and the Lincoln-Lancaster County Health Department, July 2001.
- [2] M Bertozzi, A Broggi, MD Rose, A Lasagni, "Infrared Stereo Vision-based Pedestrian Detection", Procs. IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2005.
- [3] L. Zhao and C. Thorpe, "Stereo and neural network-based pedestrian detection," IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, vol. 1, no. 3, pp. 148–154, Sept. 2000.
- [4] C. Mertz, S. McNeil, and C. Thorpe, "Side collision warning systems for transit buses," in IEEE Intelligent Vehicle Symp., Oct. 2000.
- [5] M. Bertozzi et al., "Pedestrian detection in infrared images," in Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symp., Columbus, OH, pp. 662–667, June 2003.
- [6] A. Broggi et al., "Shape-based pedestrian detection," in Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symp., Dearbon, MI, pp. 215–220, 2000.
- [7] Takayuki Tsuji, Hiroshi Hattori, Masahito Watanabe, and Nobuharu Nagaoka. "Development of night-vision system", IEEE Transactions on ITS, Vol. 3 No.3, pages 203-209, Sept. 2002.
- [8] H. Elzein et al., "A motion and shape-based pedestrian detection algorithm," in Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symp., Columbus, OH, pp. 500–504, June 2003.



**محسن سوریانی** متولد ۱۳۳۵ در مشهد است. او دوره کارشناسی را در رشته مهندسی برق - الکترونیک در سال ۱۳۵۹ در دانشگاه علم و صنعت ایران به پایان رساند. در سال ۱۳۶۴ با بورس وزارت علوم، جهت ادامه تحصیل به انگلستان رفت. مدارک کارشناسی ارشد و دکتری را به ترتیب در سالهای ۱۳۶۶ و ۱۳۶۹ در رشته مهندسی الکترونیک با تخصص پردازش تصویر از دانشگاه هریوت-وات در شهر ادینبورگ اسکاتلند اخذ نمود. وی در حال حاضر استادیار گروه سخت افزار دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه علم و صنعت می باشد. زمینه های تحقیق مورد علاقه او آنالیز و پردازش تصاویر، پردازش تصاویر ماهواره ای، معماری سیستم های کامپیوتری و شبکه های سنسور بیسیم هستند.

نشانی (رایانامک) پست الکترونیکی ایشان عبارت است از:  
**soryani@iust.ac.ir**