**مقدمه:**

نظارت ویدیویی یکی از موضوعات تحقیقاتی فعال در زمینه بینایی ماشین می باشد که سعی در شناسایی ، تشخیص و ردیابی اشیا بر روی یک رشته از تصاویر را دارد و همچنین تلاش دارد تا با جایگزینی روش های قدیمی نظارت که توسط انسان ها انجام می شد با دوربین های نظارتی رفتار حرکتی اشیا را درک و بررسی کند . تشخیص اشیا و ردیابی اشیا در بسیاری از کاربردهای بینایی ماشین از جمله نظارت , ناوبری خودرو و هدایت خودکار ربات انجام می‌شود . شناسایی شی شامل پیدا کردن اشیا در قاب توالی فریم های یک ویدئو است . هر روش ردیابی نیازمند یک مکانیزم تشخیص شی در هر فریم یا زمانی است که شی ابتدا در ویدئو ظاهر می‌شود . ردیابی شی , فرآیند پیدا کردن یک شی یا چند شی در طول زمان با استفاده از یک دوربین است . کامپیوترهای با قدرت بالا , قابلیت دسترسی به دوربین‌های ویدئویی با کیفیت بالا و دوربین‌های ویدئویی ارزان و نیاز روزافزون به آنالیز خودکار ویدیو , علاقه مندی های زیادی به الگوریتم ردیابی اشیا ایجاد کرده‌است .

سه مرحله کلیدی در آنالیز ویدیویی وجود دارد , تشخیص اشیا در حال حرکت, رهگیری این اشیا در هر فریم از ویدیو و آنالیز مسیرهای حرکتی شی برای تشخیص رفتار آن‌ها. از این رو استفاده از روش های رهگیری شی در زمینه های تحقیقاتی مربوط به اشیا متحرک کاربرد دارد . تشخیص خودکار , ردیابی و شمارش تعداد اشیا هدف برای طیف وسیعی از کاربردهای خانگی , کسب‌وکار و کاربردهای صنعتی مثل امنیت , نظارت , مدیریت نقاط دسترسی , برنامه‌ریزی شهری , کنترل ترافیک و غیره بسیار مهم هستند .

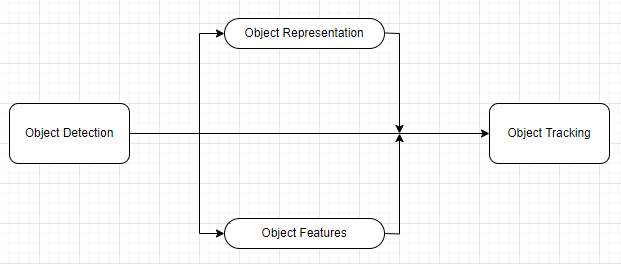
با این حال , این کاربردها هنوز نقش مهمی در سطح عملیاتی وسیعی بر عهده ندارند . دلیل اصلی این است که آن‌ها به الزامات قوی برای دستیابی به شرایط کاری رضایت‌بخش , سخت‌افزار تخصصی و گران‌قیمت , تاسیسات پیچیده و رویه‌های راه‌اندازی سخت نیاز دارند . برخی کارها بر روی توسعه روش‌های ردیابی و ردیابی خودکار متمرکز شده‌اند که ضرورت نظارت انسانی را به حداقل می‌رساند . آن‌ها نوعا از یک تابع هدف متحرک استفاده می‌کنند که هر نوع پیکربندی شی فرضی را با کمک مجموعه ای از تشخیص و رهیابی های موجود و از قبل انجام شده و بدون محاسبه مستقیم ارتباط داده‌های آن‌ها ارزیابی می‌کند . بنابراین , یک صرفه‌جویی قابل‌توجه در هزینه محاسباتی انجام می شود . علاوه بر این , تابع احتمال به گونه‌ای طراحی شده‌است که برای محیط های دارای اغتشاش و یا حتی در مواردی که شی تشخیص داده نمی شود نیز قابل اعمال کردن باشد . حوزه بینایی ماشین ( رایانه ) با مشکلاتی روبه‌رو می باشد که با محیط اطراف رایانه در ارتباط است. به عنوان مثال یکی از این مشکلات بدین گونه است که سیستم نطارتی وظیفه نطارت بر یک محیط خاص و گزارش اطلاعاتی در مورد فعالیت های مشاهده شده را دارد . در این رابطه , نظارت ویدیویی معمولا ً از حسگرهای نوری ( دوربین‌های ویدیویی ) برای جمع‌آوری اطلاعات از محیط استفاده می‌کند . در یک سیستم مراقبت معمول , این دوربین‌ها در موقعیت‌های ثابت یا روی دستگاه‌های کج شده نصب می‌شوند و ویدیو های ضبط شده را به یک مکان خاص که به آن اتاق کنترل می گویند منتقل می‌کنند . سپس ویدیو های ضبط و دریافت‌شده بر روی نمایشگر نشان داده شده و ردیابی توسط اپراتورهای انسانی انجام می‌شوند . با این حال ، اپراتورهای انسانی ممکن است با بسیاری از مشکلات مواجه شوند ، در حالی که آن‌ها این سنسورها را تحت نظر دارند . یک مشکل ناشی از این واقعیت این است که اپراتور باید از طریق دوربین ها مدام اشیا را دنبال کند ، و اگر شی مشخصی بین میدان دید دوربین ها حرکت کند هم زمان با دنبال کردن آن نباید هیچ یک از اشیا دیگر را از دید خود خارج کند. بنابراین ، پایش دوربین ها به چالش بزرگتری تبدیل می‌شود هنگامی که تعداد حسگرهای موجود در چنین شبکه نظارتی افزایش یابد. بنابراین ، سیستم‌های نظارت باید خودکار شوند تا عملکرد را بهبود بخشیده و چنین خطاهایی که ممکن است از اپراتورها یر بزند را حذف کنند .

به طور ایده‌آل ، یک سیستم نظارت خودکار باید تنها برای اهداف یک برنامه مشخص که برای آن تعریف شده است برنامه ریزی شود به گونه ای که که در آن پردازش ها به صورت زمان حقیقی1 انجام شده و پایداری2 سیستم بالا باشد. . بنابراین یکی از مهمترین چالش های موجود، ایجاد سیستم‌های نظارت دقیق و بلادرنگ با قیمت مقرون‌به‌صرفه است . با کاهش هزینه‌های سخت‌افزاری برای سنجش و محاسبه ، و افزایش سرعت پردازنده ، سیستم‌های نظارت به صورت تجاری در دسترس قرار گرفته و در حال حاضر به تعدادی از برنامه‌های کاربردی مختلف مانند نظارت ترافیک ، فرودگاه و امنیت بانک‌ها و غیره اعمال می‌شوند . با این حال , الگوریتم ‌های بینایی ماشین ( به خصوص برای یک دوربین ) هنوز هم تحت‌تاثیر بسیاری از نواقص مانند انسداد , سایه‌ها , شرایط آب و هوایی و غیره قرار دارند . اگرچه استفاده از دوربین‌های چندگانه در مقایسه با یک دوربین منجر به کنترل بهتر این مشکلات می‌شود ،متاسفانه سیستم های چند دوربینی هنوز راه‌حل نهایی نیستند .

علاوه بر مشکلات محیطی موجود برخی مشکلات چالش برانگیز در الگوریتم‌های نظارت وجود دارد , مانند مدل‌سازی زمینه تصویر , استخراج ویژگی , رهگیری , جابجایی انسداد و تشخیص رویداد . علاوه بر این , الگوریتم ‌های بینایی ماشین هنوز به اندازه کافی قوی نیستند که سیستم‌های کاملا ً خودکار را اداره کنند و بسیاری از مطالعات تحقیقاتی در مورد این پیشرفت‌ها همچنان در حال انجام هستند . کاری که در این پروژه صورت گرفته است صرفا جزو مراحل اولیه سیستم ها نظارت هوشمند شامل تشخیص اشیا و دنبال کردن مسیر حرکتی آن ها می باشد. مشکل این است که الگوریتم ‌های موجود بر روی ویدئوی تبدیل شده به کانال رنگی خاکستری کار می‌کنند . اما پس از تبدیل فریم ‌های ویدئویی RGB به خاکستری در زمان تبدیل ، مقداری از اطلاعات تصویر ا بین می روند . مشکل اصلی وقتی رخ می‌دهد که پس‌زمینه و پیش‌زمینه هر دو تقریبا ً مشابه مقادیر خاکستری داشته باشند . بنابراین برای الگوریتم نطارتی دشوار است که تشخیص دهد کدام پیکسل مربوط به پیکسل پیش‌زمینه است و کدام یک مربوط به پیکسل پس‌زمینه است. گاهی دو رنگ متفاوت مثل آبی تیره و بنفش تیره وقتی به مقیاس خاکستری تبدیل می‌شوند ، مقادیر خاکستری آن‌ها خیلی نزدیک به هم می‌شود و الگوریتم نمی‌تواند بین آن ها تمایز ایجاد کند که کدام مقدار از آبی تیره نشئت می‌گیرد و کدام یک از بنفش تیره می‌آید. با این حال ، اگر تصاویر رنگی گرفته شوند ، پس‌زمینه و رنگ پیش‌زمینه را می‌توان به راحتی متمایز کرد . بنابراین بدون از دست دادن اطلاعات رنگ این مدل پس‌زمینه اصلاح‌شده به طور مستقیم بر روی قالب‌های رنگ تصویر کار خواهد کرد .

# **2-2-الگوریتم های رهگیری هدف**

تا کنون روش های مختلف و متنوعی برای رهگیری یک هدف و یا یک شئ معرفی و پیاده سازی شده اند.تفاوت اصلی بین این روش ها در این است که آن ها چگونه به سوال های زیر که پایه و اساس یک سیستم رهگیری را تشکیل می دهند، پاسخ می دهند: نحوه بیان و معرفی یک شئ چگونه باشد؟ کدام ویژگی های تصویر باید استفاده شوند؟ حرکت، ویژگی ها و ابعاد تصویر شئ چگونه باید مدل شوند؟ پاسخ به این سوالات پایه ای، بستگی به محیط پیاده سازی سیستم و همچنین کاربرد نهایی و مورد نظر از اطلاعاتی که سیستم رهگیری به دنبال آن است دارد.با توجه به پاسخ های گوناگونی که می توان برای این سوالات در نظر گرفت، تعداد زیادی از سیستم های نظارتی و رهگیری تا کنون معرفی و پیاده سازی شده اند. بر این اساس می توان چالش های اصلی یک سیستم رهگیری و هم‌چنین مراحل اصلی پیاده سازی یک سیستم رهگیری را می‌توان به ترتیب زیر در نظر گرفت. اولین چالش و مرحله مربوط به نحوه‌ی بیان، معرفی و نشان دادن یک شئ می‌باشد. به عنوان مثال یک شئ را می‌توان به کمک یک نقطه مرکزی و یا به کمک ویژگی های ظاهری آن، بیان کرد و نشان داد. در ادامه به طور کامل درباره این موراد بحث خواهد شد. دومین مرحله و چالشی که با آن رو‌به‌رو هستیم مربوط به ویژگی‌های یک شئ می‌باشد. این که کدام یک از ویژگی های ظاهری شئ مورد نظر باید انتخاب شود تا از آن ها در رهگیری هدف مورد نظر استفاده شود. ویژگی‌هایی نظیر شکل، رنگ و غیره. این مرحله یکی از مهم‌ترین مراحل در پیاده‌سازی سیستم های رهگیری هدف می‌باشد. مرحله بعدی مربوط به تشخیص شئ مورد نظر می باشد. بسیار روشن است که برای رهگیری و ردیابی شئ و یا هدف مورد نظر ابتدا باید بتوانیم هدف مورد نظر خود را در تصویر تشخیص داده و پیدا کنیم. در نهایت و در مرحله آخر باید به کمک تمامی مراحل قبلی و یک الگوریتم مناسب بتوانیم هدف خود را رهگیری کنیم. در حالت کلی نحوه عملکرد در مراحل بیان شده بسیار بستگی به مشخصات ظاهری هدف مورد نظر، تعداد اهداف رهگیری، دوربین های مورد استفاده و شرایط محیطی دارد. در شکل 1000 شماتیک کلی از مراحل اصلی در پیاده سازی یک سیستم رهگیری را مشاهده می کنید.



شکل(1000): شماتیک کلی از مراحل اصلی در یک سیستم رهگیری

همان طور که در شکل 1000 مشاهده می کنید، ابتدا باید هدف و شئ مورد نظر تشخیص داده شود. سپس نحوه بیان و نشان دادن هدف مورد نظر و همچنین ویژگی های هدف مشخص شده، و در نهایت تمامی اطلاعات وارد الگوریتم رهگیری و یا ردیابی هدف شود. در ادامه یک به یک تمامی مراحل را به با جزئیات بیشتر مورد تحلیل و بررسی قرار می‌دهیم.

# **1-2-2- نحوه بیان و مدل‌سازی یک شئ و یا هدف**

در یک سیستم رهگیری و ردیابی هدف، یک شئ می‌تواند هر چیزی که برای ما اهمیت دارد تعریف شود. به عنوان مثال قایق روی آب، ماشین در جاده و یا آدمی که در حال راه رفتن است می تواند به عنوان یک شئ برای ما تعریف شود. این اهداف و اشیا با توجه به شکل و ظاهری که دارا می‌باشند می‌توانند به روش‌های مختلفی تعریف شده و مدل‌سازی شوند. در ادامه این روش‌ها را بررسی می‌کنیم.

* مدل نقطه‌ای1: در این روش، شئ یا هدف مورد نظر توسط یک نقطه مرکزی همانند شکل 1001-الف و یا توسط تعدادی نقطه پخش شده همانند شکل 1001-ب نشان داده شده و بیان می‌شود. در حالت کلی این نوع از بیان شئ زمانی استفاده می شود که هدف مورد نظر بخش کوچکی از تصویر را اشغال کرده باشد.
* مدل شکل و هندسه اصلی2: در این روش، شئ یا هدف مورد نظر توسط یک مستطیل همانند شکل 1001-پ و یا یک بیضی همانند شکل 1001-ت نشان داده شده و بیان می شود. در این روش هندسه و شکل کلی هدف مورد نظر داخل مستطیل و یا بیضی قرار دارد. اصطلاحا به مستطیل و بیضی در این روش باندینگ‌باکس5 گفته می شود.
* مدل سطح داخلی و خارجی6: در این روش هدف مورد نظر توسط یک منحنی مرزی بیان می‌شود. به این منحنی اصطلاحا کانتور7 گفته می شود که نمونه‌های آن را در شکل های 1001-ث و 1001-ج مشاهده می‌کنیم. همچنین نمونه‌ای از سطح داخلی هدف مورد نظر را که توسط این روش به دست می‌آید را در شکل 1001-چ مشاهده می‌کنید.
* مدل مفصلی8 : در این روش هدف مورد نظر که از قسمت های مختلفی تشکیل شده و توسط مفاصلی به هم مرتبط شده اند توسط تعدادی بیضی و یا دایره برای هر قسمت نشان داده می شوند. این بیضی ها و دایره ها نیز همانند مفاصل به هم متصل بوده و با هم زاویه مشخصی را می‌سازند. نمونه این از این روش را در شکل 1001-ح مشاهده می‌کنید.
* مدل اسکلتی9 در این روش از ساختار اسکلتی هدف مورد نظر برای نشان دادن هدف و بیان آن استفاده می‌شود. برای به دست آوردن ساختار اسکلتی هدف مورد نظر می‌توان از روش های مختلفی مانند تبدیل محور داخلی108 استفاده کرد. نمونه ای از این روش را در شکل 1001-خ مشاهده می‌کنید.

(الف) (ب) (پ) (ت)

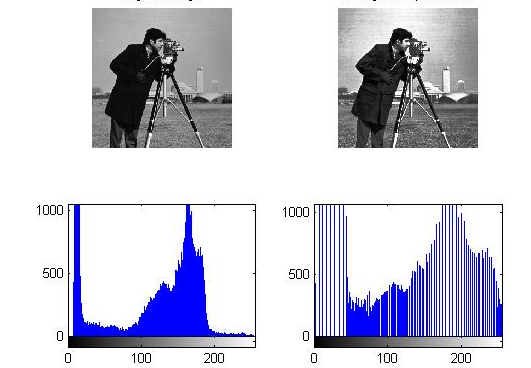
    

(ث) (ج) (چ) (ح) (خ)

شکل(1001): روش های مختلف بیان هدف مورد نظر و مدل سازی آن

تا این مرحله روش‌های مدل سازی هدف بر‌اساس شکل هندسی هدف مورد نظر بیان شد. در برخی موارد می توان ویژگی‌های ظاهری را نیز مدل‌سازی کرده و به همراه مدل‌سازی هندسی برای رهگیری و ردیابی استفاده کرد. در ادامه روش های مختلف برای بیان مشخصات ظاهری و هم‌چنین مدل‌سازی مشخصات ظاهری را بیان می‌کنیم.

* مدل چگالی احتمال11: چگالی احتمال هدف مورد نظر می‌تواند به صورت پارامتری همانند تابع گوسی و یا ترکیبی از توابع گوسی و همچنین به صورت غیر پارامتری همانند نمودار هیستوگرام بیان شود. این توابع که بیان کننده تابع چگالی احتمال ویژگی های ظاهری تصویر می باشند باید بر روی قسمتی از تصویر که در مرحله قبل مدل سازی شده است اعمال شوند. در شکل 1002 یک نمونه از مدل‌سازی تصویر توسط این روش را مشاهده می‌کنیم.



شکل(1002): یک نمونه از مدل‌سازی تصویر توسط مدل چگالی احتمال

همان‌طور که در شکل 1002مشاهده می‌کنید، دو تصویر موجود از نظر ظاهری باهم متفاوت می‌باشند و به همین علت نمودار هیستوگرام آن‌ها که یک نمونه از مدل‌سازی چگالی احتمال است نیز متفاوت است. بنابراین از این نوع مدل‌سازی می‌توان به خوبی استفاده کرد تا اجسام و اهداف مختلف را مدل‌سازی کنیم.

* مدل قالب12: قالب هدف مورد نظر به کمک یک سری اشکال هندسی ساده تشکیل می شود. مزیت این نوع از مدل سازی این است که هم اطلاعات مکانی و هم اطلاعات ظاهری هدف مورد نظر را در بر می‌گیرد. این نوع از مدل سازی برای اهدافی که جا‌به‌جایی زیادی حین رهگیری و ردیابی ندارند مناسب می باشد، علت این امر نیز این است که مشخصات در این مدل‌سازی صرفا توسط یک چشم‌انداز13 از هدف رمزگذاری می‌شود.
* مدل ظاهری فعال14: این روش به صورت پیوسته مدلی از ساختار تصویر و همچنین ظاهر تصویر را مدل‌سازی می‌کند. در حالت کلی ساختار تصویر به کمک یک سری علائم نشانه‌گذاری همانند مدل سطح داخلی که در قسمت قبل بررسی کردیم مدل‌سازی می‌شود. برای هر ساختار مدل‌سازی شده یک آرایه از مشخصات ظاهری هدف مورد نظر همانند رنگ، ابعاد و غیره ذخیره‌سازی می‌شود. این نوع از مدل‌سازی نیاز به آموزش دارد تا بتواند ساختار هدف مورد نظر و همچنین مشخصات ظاهری متنایب با آن را تشخیص دهد.
* مدل ظاهر چندوجهی15: در این مدل‌سازی چشم‌انداز های متفاوتی از هدف مورد نظر ذخیره شده و به کمک الگوریتم هایی همانند آنالیز مولفه های اساسی16 یک زیرفضا17 از تصاویر ذخیره شده تشکیل می‌شود که بیان کننده ویژگی های ظاهری هدف مورد نظر می‌باشد.

تا این مرحله روش‌های مختلف مدل‌سازی یک شئ و یا یک هدف را مورد بررسی قرار دادیم. در حالت کلی بین نحوه مدل‌سازی یک هدف و الگوریتم رهگیری آن ارتباط قوی و معنا‌دای وجود دارد. نحوه مدل‌سازی یک هدف مشخص در یک سیستم رهگیری به این بستگی دارد که از آن سیستم در چه زمینه ای، برای چه هدفی و برای چه کاربردی استفاده می‌کنیم. برای درک بیشتر موضوع فرض کنید که هدف از ایجاد یک سیستم رهگیری، دنبال کردن و یا ردیابی یه شئ با اندازه‌ی بسیار کوچک باشد، در این حالت بهترین انتخاب ما برای مدل‌سازی هدف، مدل نقطه‌ای می‌باشد. به عنوان مثال ردیابی پرنده‌های در حال پرواز که با دوربین فاصله بسیار زیادی داشته و ابعاد آن ها در تصویر ضبط شده بسیار کوچک است. به عنوان مثالی دیگر فرض کنید که هدف مورد رهگیری دارای ابعادی باشد که بتوانیم آن را به کمک یک مستطیل و یا یک بیضی مدل‌سازی کنیم. در این حالت بهترین گزینه برای مدل‌سازی هدف، مدل شکل و هندسه اصلی می‌باشد. به عنوان مثال برای رهگیری ماشین های در حال حرکت در جاده ها می توانیم از این نوع مدل‌سازی استفاده کنیم. یا فرض کنید که هدف مورد نظر دارای ابعاد و ساختار پیچیده‌تری باشد. در این حالت بهترین گزینه برای مدل‌سازی، مدل سطح خارجی و یا داخلی می‌باشد. به عنوان مثال برای رهگیری یک انسان می توان از این نوع مدل‌سازی استفاده کرد. البته دقت کنیم که مدل شکل و هندسه اصلی نیز در این مورد کارساز بوده و می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. در قسمت یکی دیگر از مراحل رهگیری هدف با عنوان انتخاب ویژگی های ساختاری و ظاهری هدف را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

# **2-2-2- انتخاب ویژگی‌های ساختاری و ظاهری**

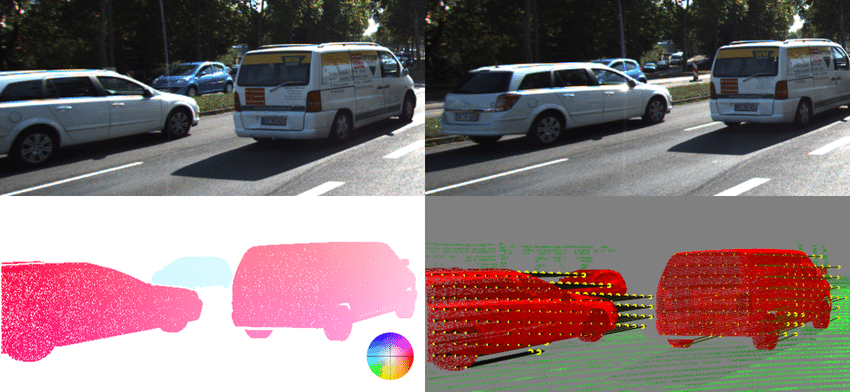
انتخاب ویژگی‌های ظاهری و ساختاری مناسب از هدف مورد نظر نقش بسیار مهم و حیاتی در رهگیری هدف ایفا می‌کند. در حالت کلی می‌توان گفت که ویژگی‌های مطلوب یه هدف و یا یک شئ بیان‌کننده منحصر‌به‌فرد بودن آن هدف می‌باشد. در نتیجه به کمک ویژگی‌های مطلوب و منحصر‌به‌فردی که هدف مورد نظر دارد می‌توان آن را از سایر اشیا تشخیص و تمیز داد. انتخاب ویژگی های یک شئ ارتباط بسیار نزدیکی با نحوه مدل‌سازی آن شئ دارد. به عنوان مثال اگر هدف مورد نظر به کمک مدل سطح داخلی و یا خارجی مدل‌سازی شده باشد، لبه‌های هدف مورد رهگیری یک ویژگی حیاتی و بسیار مهم است که باید انتخاب شود. و یا به عنوان مثالی دیگر اگر از مدل‌سازی چگالی احتمال-نمودار هیستوگرام برای مدل‌سازی استفاده شود، رنگ هدف مورد نظر می‌تواد یک نقش بسیار حیاتی برای رهگیری آن بازی کند. در حالت کلی الگوریتم های رهگیری ترکیبی از انواع ویژگی های ساختاری و ظاهری استفاده می‌کنند. در ادامه دسته‌های مختلف ویژگی‌های یک شئ را بررسی می‌کنیم.

* رنگ: رنگ ظاهری یک شئ تحت تاثیر دو پارامتر اصلی و فیزیکی قرار دارد: پارامتر اول چگالی طیفی از روشنایی هدف مورد نظر میباشد و پارامتر دوم ویژگی های بازتابی سطح هدف مورد رهگیری می باشد. در پردازش تصویر فضاهای رنگی متفاوتی وجود دارد. یکی از معروف ترین فضاهای رنگی مورد استفاده در پروژه های پردازش تصویری فضای رنگی RGB می باشد که یکی از ویژگی های این فضای رنگی یونیفرم18  نبودن این فضای رنگی می باشد به این معنی که تفاوت مقادیر رنگی در پیکسل های فضای RGB با مقادیر این رنگ ها که توسط چشم انسان مشاهده می شود متفاوت است. دو نمونه دیگر از فضاهای رنگی مورد استفاده L.u.v و L.a.b میباشند.این فضاهای رنگی برعکس فضای رنگی RGB یونیفرم می باشند. دو فضای رنگی اخیر حساسیت بالاتری به نویز دارند. بنابراین در حالت کلی نمی‌توان گفت کدام فضای رنگی مناسب ترین برای پردازش تصویر است و با توجه به کاربرد سیستم رهگیری و سامانه پردازش تصویری که وجود دارد یکی از این فضاهای رنگی می تواند مناسب ترین انتخاب برای سیستم باشد.
* کناره‌های تصویر19: کناره های یک جسم مشخص در یک تصویر و یا لبه های مرزی آن جسم عموما تغییرات شدیدی در شدت تصویر ایجاد می کنند از این واقعیت برای پیاده سازی الگوریتم های متفاوت تشخیص لبه استفاده می شود. یکی از مهمترین ویژگی‌های لبه تصویر این است که به تغییرات میزان شدت روشنایی در تصویر حساسیت پایینی دارد.  الگوریتمهای رهگیری و یا ردیابی که هدف آنها دنبال کردن و یا ردیابی یک جسم توسط لبه های مرزی آن است از این ویژگی به عنوان یک ویژگی پایه و اساسی استفاده می کنند. علت استفاده از این ویژگی نیز سادگی آن و دقت بالای آن می باشد. مشهورترین الگوریتم تشخیص لبه الگوریتم Canny می‌باشد. یک نمونه از این ویژگی را در تصویر 1003 مشاهده می‌کنید.

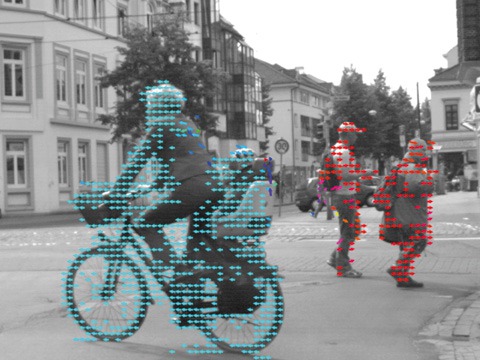


شکل(1003): نمونه ای از ویژگی لبه تصویر

* جریان نوری20:جریان نوری به معنای بیان بردار جابجایی در یک تصویر می باشد. به بیانی دیگر جریان نوری بیان کننده میزان جابجایی و انتقال هر پیکسل از تصویر در یک محیط مشخص می باشد. این ویژگی از تصویر به کمک میزان روشنایی نور و میزان ثبات روشنایی نور در هر پیکسل محاسبه می شود. برای روشن شدن موضوع فرض کنید تعدادی فریم از یک ویدیو ضبط شده را پشت سر هم از نظر مقدار روشنایی پیکسل ها مقایسه میکنیم، به کمک این مقادیر و میزان تغییرات شدت روشنایی پیکسل ها و ارتباطی که این پیکسل ها با هم دارند میزان جریان نوری محاسبه می‌شود که عملاً مشخص کننده میزان جابجایی و جهت جابجایی یک قسمت از تصویر می باشد. از جابجایی نوری در کاربرد هایی همانند تشخیص حرکت در یک تصویر و همچنین رهگیری و ردیابی اجسام استفاده میشود. در شکل های 1004و 1005 دو نمونه از نتایج استفاده از ویژگی جریان نوری را مشاهده می‌کنید.



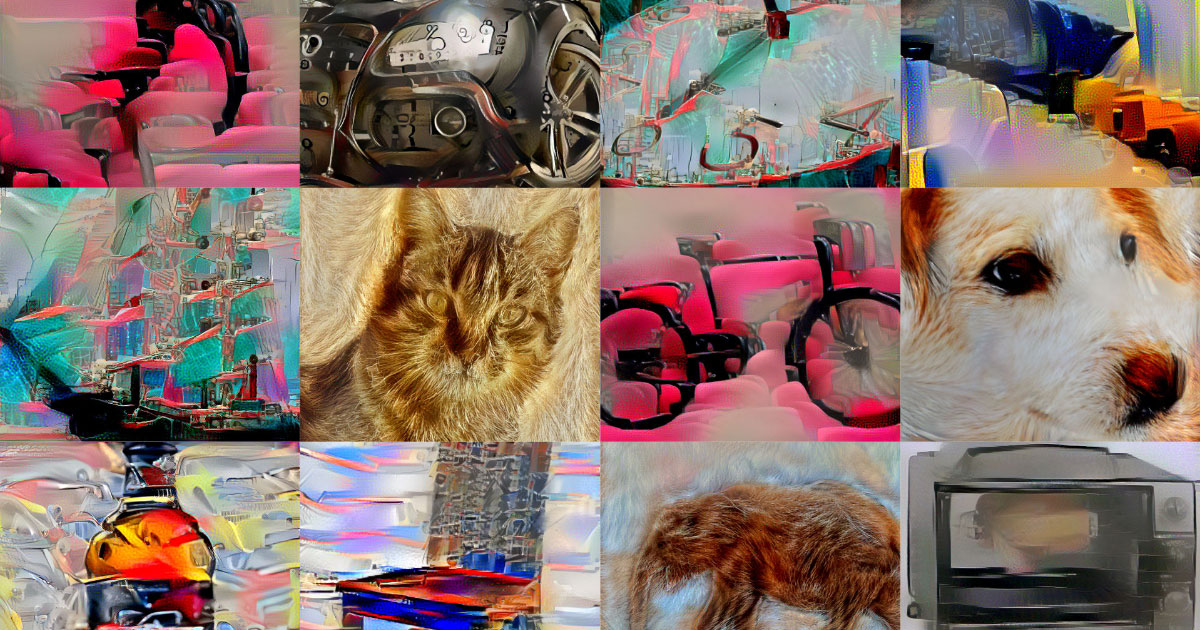
شکل(1004): نمونه ای از نتایج استفاده از ویژگی جریان نوری



شکل(1005): نمونه ای از نتایج استفاده از ویژگی جریان نوری

همان طور که در شکل های 1004 و 1005 مشاهده می‌کنید، در هر دو تصویر به کمک ویژگی جریان نوری، بردار جا‌به‌جایی به دست آمده و اجسام در حال حرکت تشخیص داده شده‌اند. همان‌طور که می‌دانیم تشخیص اجسام محرک یکی از کابرد‌های جریان نوری است.

* بافت21: بافت یک تصویر بیان کننده تغییرات شدت ویژگی های سطح یک تصویر می باشد به طوری که ویژگی هایی مانند صافی و نظم اجسام را با مقادیر عددی بیان می کند. در حالت کلی بافت یک جسم مربوط به ویژگی‌های سطح آن جسم و ویژگی‌های ظاهری سطح آن جسم از جمله ابعاد، ساختار، شدت نظم و ترتیب و غیره می باشد. عموما بافت توست صاف بودن و یا ناصاف بودن، سخت و یا نرم بودن و منظم و یا منظم نبودن سطح جسم مورد نظر بیان می شود. در شکل 1006 یک نمونه از ویژگی های بافت که به صورت تصویر بیان شده است را مشاهده می‌کنیم. به معنای دیگر این شکل بیان می‌کند که کدام ویژگی‌های تصویر به عنوان ویژگی‌های بافت تصویر شناخته می‌شوند.



شکل(1006): ویژگی های بافت یک تصویر

تا این قسمت چهار مورد  از مهمترین ویژگی های ساختاری و ظاهری یک جسم که می تواند به عنوان یک ویژگی پایه و اساسی در سیستم ردیابی و رهگیری استفاده شود را معرفی کردیم. به این نکته توجه کنیم که ویژگی رنگ یک جسم یکی از مهمترین ویژگی هایی است که در اکثر سیستم های رهگیری و ردیابی استفاده می شود. ویژگی ها به صورت دستی و توسط افراد، متناسب با کاربردی که آن سیستم ردیابی دارد انتخاب میشوند. هرچند امروزه انتخاب خودکار و اتوماتیک ویژگی ها بدون دخالت انسان پیشرفت گسترده ای داشته و در کاربرد های متفاوت استفاده می شود.یکی از بهترین و کارآمدترین روش های استخراج خودکار ویژگی ها استفاده از شبکه های عصبی و شبکه های عمیق می باشد. تا این مرحله نحوه مدل‌سازی هدف مورد نظر و همچنین ویژگی‌هایی که می‌توان از آن‌ها در رهگیری هدف استفاده کرد بررسی کردیم، در ادامه به بررسی انواع روش‌های تشخیص هدف و یا شئ می‌پردازیم.

# **3-2-2- الگوریتم های تشخیص22 هدف**

هر الگوریتم ردیابی نیاز به یک مکانیزم تشخیص هدف دارد. از این مکانیزم تشخیص هدف در هر دو حالت فریم اول و همه فریم ها با توجه به کاربردی که از سیستم ردیابی داریم می توانیم استفاده کنیم. متداول ترین روش های تشخیص هدف، استفاده از اطلاعات پیکسل ها در هر فریم جداگانه است هرچند برخی از این الگوریتم های تشخیص هدف از تعدادی فریم پشت سرهم و همچنین اطلاعات موقتی برای کم کردن خطای تشخیص استفاده می کنند. در حالت کلی این اطلاعات موقتی شامل تفاوت مقدار پیکسل ها در فریم های متوالی می باشد. بعد از تشخیص هدف مورد نظر وظیفه الگوریتم ردیابی هست که این هدف را فریم به فریم دنبال کند. در ادامه تعدادی از الگوریتم های تشخیص هدف را بررسی می‌کنیم.

# **1-3-2-2- تشخیص دهنده‌های نقطه‌ای23**

تشخیص دهنده های نقطه ای برای پیدا کردن نقاط محتمل در تصویر که دارای ساختار ظاهری بسیار مشخص و همچنین متفاوت با دیگر نقاط می باشند استفاده می شوند. از این نوع تشخیص دهنده در کاربردهای متفاوت  همچون حرکت و ردیابی استفاده می شود. مهمترین مشخصه نقاط محتمل بدین صورت می باشد که این نقاط در برابر تغییرات روشنایی و همچنین زاویه دید دوربین ثابت بوده و تغییرات زیادی ندارد. در حالت کلی الگوریتم های که از این روش برای پیدا کردن اشیا و نقاط محتمل استفاده می کنند با محاسبه میزان تغییرات شدت تصویر به کمک روش هایی همچون مشتق گیری نقاطی از تصویر که دارای تغییرات بالایی می باشد و احتمال وجود یک هدف و یا یک شئ و یا به اصطلاح یک نقطه محتمل در آن محل وحود دارد را تشخیص می‌دهند. به عنوان مثال دو نمونه از این نوع الگوریتم ها شامل الگوریتم تشخیص KLT و همچنین الگوریتم تشخیص Harris می باشد. هر دو روش به کمک محاسبه ماتریس موجود در فرمول 1000 نقاط محتمل را تشخیص میدهند.

(1000) 

تشخیص دهنده Harris با محاسبه تابع تغییرات که در فرمول شماره ۱۰۰1 به آن اشاره شده است و همچنین مقایسه آن با یک مقدار آستانه24 نقاط را پیدا می کند و تشخیص دهنده KLT با محاسبه مقادیر ویژه ماتریس تعریف شده و مقایسه آن‌ها با یک مقدار آستانه این کار را انجام میدهد.

(1001) 

در حالت کلی تمامی الگوریتم های موجود در این گروه به کمک محاسبه تغییرات موجود در تصویر و مقایسه آن با یک مقدار آستانه تشخیص می‌دهند که آیا این نقطه، نقطه محتمل می‌باشد و یا خیر. در شکل 1007 سه نمونه از نتایج الگوریتم های مختلف بر روی یک تصویر را مشاهده می‌کنیم.



شکل(1007): نتایج تشخیص دهنده های نقطه‌ای

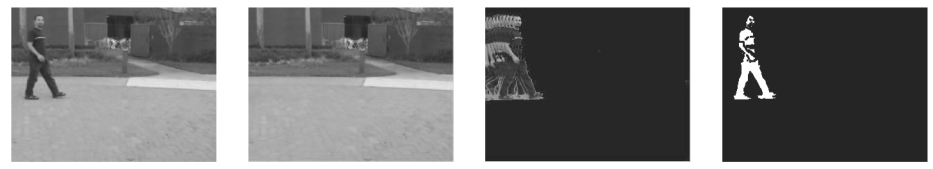
# **2-3-2-2- اختلاف پس‌زمینه25**

تشخیص هدف مورد نظر در یک تصویر و یا یک ویدیو می تواند به کمک ایجاد یک مدل از تصویر به نام مدل پس زمینه انجام شود. در این نوع از الگوریتم ها پس از محاسبه مدل پس زمینه در هر فریم اختلاف این مدل در فریم های متوالی اطلاعاتی را به ما میدهد که می توانیم هدف مورد نظر خود را تشخیص دهیم.تشخیص هدف در این الگوریتم‌ها بدین صورت است که هر تغییر مهم در مقادیر پیکسل مدل پس زمینه، یک هدف در حال حرکت را بیان می کند پیکسل هایی از تصویر که شامل این اختلاف در فریم های متوالی می باشند برای محاسبات بعدی علامت گذاری می شوند. عموماً در این نوع الگوریتم ها پس از به دست آوردن پیکسل های جسم محرک یک الگوریتم برای ارتباط دادن تک تک پیکسل های جدا از هم به یکدیگر و ایجاد یک ناحیه مشخص از تصویر که بیان کننده یک جسم کامل میباشد استفاده میشود. تمامی این مراحل با عنوان مدل اختلاف پس‌زمینه شناخته می‌شود. عموماً در این روش ها تعدادی فرم متوالی به الگوریتم تشخیص شئ و یا هدف داده میشود. با مقایسه مقدار پیکسل ها در این فریم های متفاوت و به دست آوردن میزان تغییرات درهر تصویر مکان هایی از تصویر و یا پیکسل هایی از تصویر که دچار تغییرات در طول زمان یا به عبارتی دیگر در پیکسل های متوالی شده‌اند به دست می آیند. اگر میزان این تغییرات از مقدار مشخصی بیشتر باشد آن پیکسل از تصویر را با مقدار رنگی مشکی و یا سفید به عنوان تصویر پیش زمینه که شامل جسم محرک است مشخص میکنیم و قسمتهایی از تصویر که تغییرات آن ها از یک مقدار مشخص کمتر است با رنگ مخالف رنگ قبلی با عنوان پس زمینه مشخص میکنیم. عملا می‌توانیم این روش را به صورت رابطه 1002 فرموله‌سازی کنیم.

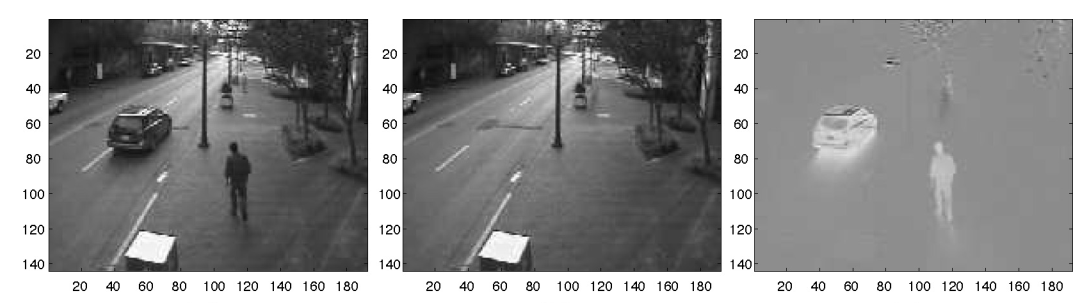
(1002) 

در رابطه 1002 تابع P مشخص کننده مقدار پیکسل بوده و پارامتر t مشخص کننده زمان می‌باشد. حال اگر اختلاف این تابع در دو زمان متوالی از مقدار مشخصی کم‌تر و یا بیشتر باشد مشخص می‌کند که این پیکسل متعلق به مدل پس زمینه است و یا پیش‌زمینه.

یکی دیگر از روش هایی که در این نوع از تشخیص دهنده های هدف می توانیم استفاده کنیم این است که به جای محاسبه تغییرات هر پیکسل در دو فریم متوالی از تعدادی فریم متوالی استفاده کرده و با تشکیل یک ماتریس که سطرهای آن را فریم های مختلف تشکیل میدهند و همچنین با محاسبه مقادیر ویژه ماتریس و انتخاب مهمترین مقادیر ویژه مدل پس زمینه و پیش زمینه تصویر را به دست آوریم. در شکلهای 1۰۰۸ 1۰۰۹ دو نمونه از نتایج این نوع از الگوریتم را مشاهده می‌کنیم که شکل شماره ۱۰۰۸ متعلق به روش اول یعنی محاسبه اختلاف مقادیر پیکسل ها در دو فریم متوالی و همچنین شکل شماره ۱۰۰۹ متعلق به روش دوم یعنی تشکیل ماتریسی از پیکسل های متوالی و به دست آوردن مدل پیش زمینه و پس زمینه می باشد.



شکل(1008): نتیجه الگوریتم با دو فریم متوالی



شکل(1009): نتیجه الگوریتم با تعدادی فریم متوالی

همان‌طور که در تصاویر 1008 و 1009 مشاهده می‌کنید اجسام متحرک که در تصویر وجود دارند به خوبی تشخیص داده شده و به کمک رنگ سفید و یا مشکی، متناسب با انتخاب کاربر، مشخص شده است. امروزه استفاده از این روش در سیستم های ردیابی با دوربین‌ثابت گسترش زیادی پیدا کرده است.علت این امر نیز این می‌باشد که این نوع از الگوریتم ها امروزه توانایی مدل کردن میزان تغییرات روشنایی و همچنین نویز و یا اغتشاش را دارند، بنابراین می‌توانند به خوبی در مقابل این نوع از تغییرات و اغتشاش ها از خود مقاومت نشان دهند.

# **3-3-2-2- قسمت‌بندی26**

هدف از تقسیم بندی تصویر جدا کردن تصویر به قسمتهای مختلف می باشد که از نظر ظاهری شبیه هم هستند. هر الگوریتم تقسیم بندی تصویر با دو چالش مهم روبرو می باشد اولین چالش انتخاب معیار مناسب برای تقسیم بندی تصویر می باشد و چالش دوم رسیدن به یک دقت خوب در تقسیم بندی تصویر می باشد.

برای پیاده‌سازی این مدل روش های مختلفی از جمله روش Mean-Shift Clustering و همچنین روش Graph-Cuts معرفی شده‌اند. در روشMean-Shift Clustering هر کدام از پیکسل ها به کمک فضای رنگی و مختصات آن ها در تصویر مدل می‌شوند. درواقع هر پیکسل مبین یک بردار با 5 درایه است که درایه های آن را مقادیر فضای رنگی و مختصات پیکسل تشکیل می‌دهند. نحوه این مدل‎‌سازی تصویر را در رابطه 1003 مشاهده می‌کنیم.

(1003) 

همان‌طور که در رابطه 1003 مشخص است مقادیر l, u, v که بیان‌کننده مقادیر فضای رنگی مثلا RGB هستند به همراه مقادیر x, y که بیان کننده مختصات تصویر هستند یک مدل‌ برداری از پیکسل را به ما می‌دهند.بعد از مدل‌سازی برداری پیکسل ها تعدادی مرکز به صورت اختیاری در تصویر تعریف می‌شوند. دقت کنیم که تعداد این مراکز وابسته به تعداد قسمت‌ها و یا خوشه‌های27 مختلفی است که ما می‌خواهیم در تصویر ایجاد کنیم. بعد از انتخاب مراکز، فاصله هر کدام از پیکسل ها با هر یک از مراکز محاسبه شده و پیکسل مورد نظر به خوشه ای که کم‌ترین فاصله را با آن دارد تعلق می‌گیرد. بعد از این که تمامی پیکسل ها گروه بندی شدند، مقادیر مراکز تمامی خوشه ها بروزرسانی می‌شود. برای این کار میانگین تمامی پیکسل‌های متعلق با آن خوشه محاسبه شده و به عنوان مرکز جدید خوشه مورد نظر پذیرفته می‌شود. در رابطه 1004 نحوه گروه‌بندی پیکسل ها و در رابطه 1005 نحوه بروزرسانی مراکز را مشاهده می‌کنیم.

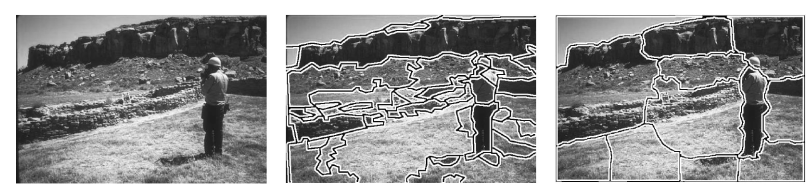
(1004) 

همان‌طور که در رابطه 1004 مشاهده می‌کنیم،مرکز پیکسل شماره i برابر است با مرکزی که با آن کمترین فاصله را دارد. دقت کنیم که در این رابطه P بیانگر پیکسل و C بیانگر مرکز می‌باشد.

(1005) 

همان‌طور که در رابطه 1005 مشاهده می‌کنیم، مرکز جدید هر خوشه به کمک میانگین گرفتن از تمامی پیکسل های متعلق به آن خوشه به دست می‌آید. دو مرحله قبلی را تا جایی ادامه می‌دهیم که دیگر تغییراتی در مراکز خوشه‌ها نداشته باشیم. بعد از این که مراکز خوشه‌ها ثابت شدند می‌توانیم تصویر را به قسمت هایی تقسیم کنیم که هر یک از این قسمت ها بیانگر یک ناحیه مشخص با ویژگی‌های مشخص می‌باشد. هر کدام از این ناحیه ها می‌تواند بیانگر هدف و یا شئ مورد نظر ما در سیسم ردیابی باشد. نحوه تقسیم بندی تصویر بعد از ثبات مراکز نیز بدین‌گونه است که پیکسل‌های متعلق به هر مرکز از بقیه پیکسل ها جدا ‌می‌شوند و بدین صورت نواحی مختلفی در تصویر ایجاد می‌شود.

از دیگر روش هایی که می‌توانیم برای تقسیم‌بندی تصویر از آن استفاده کنیم بدین صورت است که ابتدا تصویر را با یک گراف مدل می‌کنیم که هر پیکسل از تصور بیانگر یک نقطه ار آن گراف بوده و خطوط ارتباطی در آن گراف بیانگر مشخصات ظاهری از جمله رنگ، شدت تصویر و میزان روشنایی می‌باشد. سپس این گراف را به کمک روش‌های تقسیم گرافی که به دنبال کمینه کردن یک تابع هزینه در راستای خواسته مورد نظر(تقسیم گراف) می‌باشند، به قسمت هایی تقسیم می‌کنیم. به علت وجود تابع هزینه در این حالت نیز مانند حالت قبل، قسمت های به دست آمده در تصویر بیانگر یک ناحیه مشخص با ویژگی‌های مشخص می‌باشد. در شکل 1010 دو نمونه از نتایج این نوع از روش تشخیص هدف(قسمت‌بندی) را مشاهده می‌کنیم.



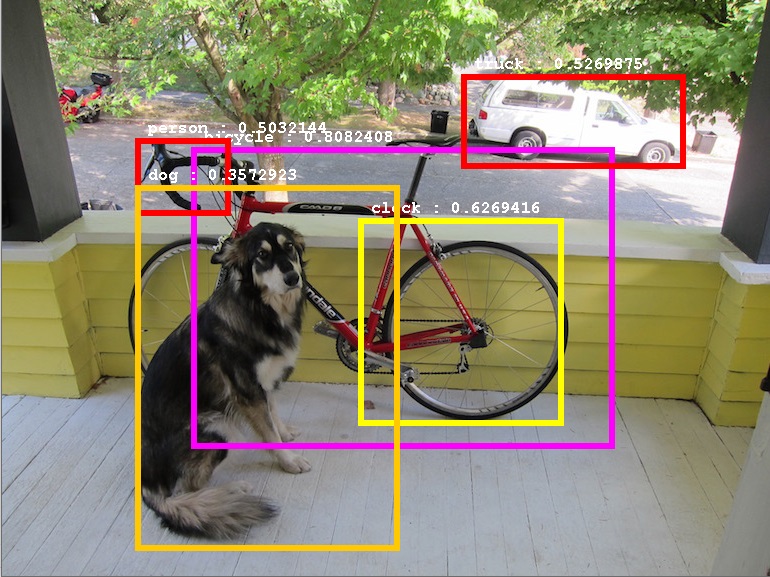
شکل(1010): تشخیص شئ به کمک روش تقسیم‌بندی

# **4-3-2-2- یادگیری با نظارت28**

برای تشخیص یک هدف می توانیم بدین صورت عمل کنیم که یک تابع را تعریف می‌کنیم و سپس با کمک تعدادی نمونه از شیء مورد نظر که از زوایای مختلف در تصویر وجود دارند این تابع را آموزش می دهیم تا یاد بگیرد که این شی را در تصاویر مختلف تشخیص دهد. برای انجام این کار به تعدادی نمونه از هدف مورد نظر نیاز داریم. به کلیت این نوع از تشخیص هدف، یادگیری با نظارت می گویند. عملکرد در این روش بدین گونه است که به کمک داده هایی که برای آموزش در دست داریم یک تابع تولید می‌شود که می‌تواند ورودی را که یک فریم از تصویر است به خروجی که در آن فریم هدف مورد نظر مشخص شده است تبدیل کند. به خاطر اینکه در این روش هدف یادگیری یک تابع است و یا به معنای دیگر هدف تولید یک تابع است که بتواند وظیفه خواسته شده را انجام دهد نمونه‌های آموزش این تابع باید به صورت جفت داده های ورودی و خروجی باشد. داده های ورودی که برای ما در یک سیستم رهگیری مورد نیاز است فریم های یک تصویر و خروجی مورد نظر ما همان فریم ولی با این تفاوت که در آن هدف مورد نظر مشخص شده است. به این نوع از روش ها، کلاس‌بندی29 و در حالت تخصصی تر تشخیص هدف گفته می‌شود.

انتخاب ویژگی های مناسب نقش اساسی در میزان عملکرد یک سیستم تشخیص هدف در این روش دارد. اینکه کدام یک از ویژگی ها انتخاب شوند تا به کمک آنها بین هدف مورد نظر و بقیه اجسام موجود در شکل تمایز ایجاد شود مهم است. اگر ویژگی های مناسب از اشیا و اهداف مورد نظر انتخاب شوند در زوایای مختلف و در شرایط مختلف این سیستم به خوبی می تواند هدف مورد نظر را تشخیص دهد. این نوع از روش‌ها شامل شبکه های عصبی، درخت تصمیم، بردار ماشین پشتیبان و غیره می باشد. روش های یادگیری با نظارت  یک منبع داده مناسب و به اندازه کافی بزرگ نیاز دارند که در هر کدام از این داده های فردی هدف مورد نظر باید مشخص شود و به اصطلاح باید لیبل گذاری شود. وقتی که این داده ها وارد الگوریتم مدل یادگیری می شوند قسمتهایی از تصویر که لیبل زده شده است و با یک شکل هندسی نظیر مستطیل مشخص شده است به عنوان هدف در نظر گرفته و تابع یاد می گیرد که با استفاده از ویژگی هایی که در این ناحیه وجود دارد هدف مورد نظر را تشخیص دهد.

شاید بتوان گفت که امروزه شبکه های عصبی و شبکه‌های عمیق بهترین و کاربردی‌ترین روش در این گروه از الگوریتم‌های تشخیص هدف می‌باشند. نحوه عملکرد شبکه‌های عصبی در فصل مربوط به هوش مصنوعی مورد بحث و بررسی قرار گرفت و کلیت کار بدین صورت بود که یک‌سری پارامتر های یادگیری در شبکه تعریف می‌شود. سپس این پارامتر ها با مقادیر دلخواه اولیه مقدار دهی می‌شوند. در ادامه با مشتق گیری از اختلاف خروجی شبکه و خروجی دلخواه مقادیر پارامتر های یادگیری متناسب با مقدار مشتق و یا گرادیان تغییر کرده و به سمت مقدار بهینه حرکت می‌کنند. باقی روش‌های نام‌برده که جزو شبکه های عصبی محسوب نمی‌شوند نیز از این روش کلی برای تشخیص هدف استفاده می‌کنند. بدین صورت که تمامی الگوریتم ها تعدادی پارامتر یادگیری دارند و همچنین یک تابع هزینه برای آن‌ها تعریف می‌شود. سپس به کمک مقدار این تابع هزینه(اختلاف بین خروجی الگوریتم و خروجی واقعی) پرامتر ها بروزرسانی می‌شوند تا به مقدار بهینه دست یابند. تابع بروزرسانی نیز عموما به کمک گرادیان تابع هزینه تعریف می‌شود، چرا که به کمک گرادیان تابع هزینه می‌توان به مقدار کمینه دست پیدا کرد که این مقدار کمینه یعنی نزدیک‌ترین حالت به خروجی واقعی. در شکل 1011 یک نمونه از خروجی این نوع از روش ها را مشاهده می‌کنیم.



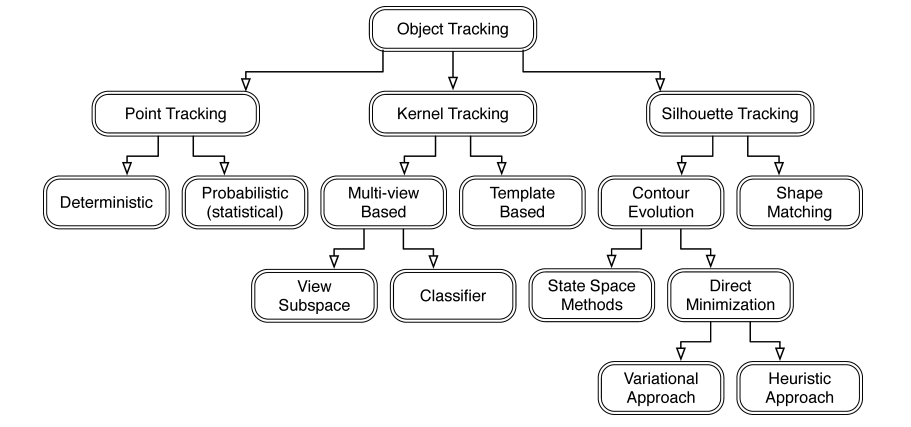
شکل(1011): خروجی یکی از الگوریتم های یادگیری بانظارت

همان طور که در شکل 1011 مشاهده می‌کنید الگوریتم به خوبی توانسته است اهداف و اشیا مورد نظر را که الگوریتم بر اساس آن آموزش دیده است تشخیص دهد. الگوریتم استفاده شده در این تصویر یک شبکه عصبی به نام YOLO می‌باشد که در فصل هوش مصنوعی به آن اشاره شده‌است. امروزه شبکه های عصبی پرکاربردترین روش برای تشخیص هدف می‌باشد ولی این بدان معنا نیست که مابقی روش‌ها کاربردی ندارند. بسته به کاربری که از سیستم رهگیری انتظار می‌رود هر کدام از روش‌های تشخیص هدف می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. تا این مرحله روش‌های مختلف تشخیص اهداف را بررسی کردیم. در مرحله بعد در مورد الگوریتم‌های رهگیری و ردیابی که در واقع مرحله آخر در سیستم رهگیری هدف می‌باشند بحث می‌کنیم.

# **3-2-2- الگوریتم‌های ردیابی**

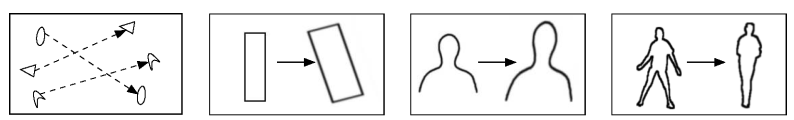
هدف از رهگیری یک شئ و یا یک هدف به دست آوردن و تولید کردن مسیر حرکتی آن هدف در طول زمان با استفاده از مکان یابی محل آن هدف و یا شی در هر فریم ویدیو می باشد. تشخیص هدف و تولید مسیر ارتباطی بین فریم های مختلف که مرتبط با شی تشخیص داده شده می باشد می‌توانند به صورت همزمان و جدا از هم صورت گیرند. در مورد اول در هر فریم مکان  هدف مورد نظر توسط الگوریتم های تشخیص اشیا مشخص می شود سپس با کنار هم قرار دادن فریم های متفاوت و محل اشیا در فریمها مسیر ارتباطی و مسیر حرکتی هدف مورد نظر به دست می آید. در مورد دوم تشخیص شئ و همچنین مکان یابی و مسیر ارتباطی در فریم های متفاوت به صورت همزمان و به کمک اطلاعات فریم های قبلی به دست می‌آید. به معنای دیگر در  یک فریم مشخص محل هدف مورد نظر و مسیر ارتباطی به وجود آمده، توسط اطلاعات فریم های قبلی تولید می شود. در هر دو مورد بیان شده هدف و شی مورد نظر به وسیله ساختار هندسی و مشخصات ظاهری  که در بخش انتخاب ویژگی های ساختاری و ظاهری در مورد آنها بحث شد مشخص می گردد.

روش‌های مختلف و الگوریتم‌های متفاوتی برای رهگیری معرفی و تولید شده‌اند که در ادامه به بررسی هر کدام از آن‌ها می‌پردازیم. در شکل 1012 تمامی الگوریتم های پیاده‌سازی شده تا الان را مشاهده می‌کنید. ابتدا توضیحات کلی در مورد هر گروه داده می‌شود و سپس به صورت جزئی‌تر هر کدام مورد بحث قرار می‌گیرد.



شکل(1012): دسته‌بندی انواع روش‌ها و الگوریتم‌های ردیابی

* ردیابی نقطه‌ای30: در این روش هدف مورد  نظر در فریم های متوالی به کمک یک نقطه مدل سازی میشود و ارتباط این نقاط بر پایه حالت های قبلی نقطه مورد نظر در فریم های قبلی می باشد که شامل محل هدف مورد نظر و همچنین جهت حرکت آن است. این نوع از روشهای ردیابی به یک مکانیزم خارجی برای تشخیص دادن هدف مورد نظر در فریم نیاز دارند. یک نمونه از نحوه بیان حرکت و رهگیری در این نوع از روش‌ها را در شکل 1013-الف مشاهده می‌کنیم.
* ردیابی کرنل31 :کرنل بیان کننده ساختار و ظاهر یک شئ می باشد. به عنوان مثال یک کرنل می تواند یک مستطیل با یک نمودار هیستوگرام مرتبط با آن باشد بدین صورت که هدف مورد نظر داخل آن مستطیل قرار گرفته و هیستوگرام مشخص کننده مشخصات ظاهری هدف مورد نظر می باشد. رهگیری هدف به کمک به دست آوردن حرکت این کرنل مستطیل شکل در فریم های متوالی به دست می آید. نمونه‌ای از نحوه بیان حرکت و رهگیری در این نوع روش را در شکل 1013-ب مشاهده می‌کنید.
* ردیابی به کمک ساختار داخلی32: این روش بسیار شبیه روش ردیابی کرنل می باشد. با این تفاوت که در این روش هدف مورد نظر به کمک مدل ساختار داخلی که آن را در بخش نحوه مدلسازی هدف مورد بحث و بررسی قرار دادیم مدل سازی میشود. همانند روش کرنل در این روش نیز  علاوه بر مشخص کردن ناحیه هدف  مورد نظر در تصویر یک سری اطلاعات ظاهری نیز که به کمک مشخصات ناحیه داخلی مدل ساختار داخلی به دست می آید مدل سازی می شوند. مزیتی که این روش نسبت به روش کرنل دارد در این است که در این روش یک سری اطلاعات اضافی نیز در رابطه با ساختار هدف مورد نظر که همان ساختار داخلی و یا مکمل آن ساختار خارجی میباشد در اختیار داریم. دو نمونه از نحوه بیان حرکت و همچنین ردیابی هدف به کمک این روش را در شکل‌های 1013-پ و 1013-ت مشاهده می‌کنید.



(ت) (پ) (ب) (الف)

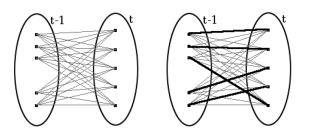
شکل(1013): نمونه‌هایی از نحوه بیان حرکت و رهگیری به کمک الگوریتم ها و روش‌های مختلف

تا این مرحله کلیات انوان روش‌ها و الگوریتم‌های ردیابی را توضیح دادیم. در ادامه به صورت جزئی‌تر به بررسی هر کدام می‌پردازیم.

# **1-3-2-2- ردیابی نقطه‌ای**

ردیابی می تواند به صورت ارتباط اشیا و اهداف تشخیص داده شده که به صورت نقطه مدلسازی شده اند تعریف شود. ارتباطات نقطه‌ای یکی از پیچیده ترین مسائل موجود در زمینه رهگیری می‌باشد، به خصوص زمانی که  با مسائلی همچون از دست رفتن هدف و وجود مانع در تصویر رو به رو هستیم. در حالت کلی  روش های مبتنی بر ارتباطات نقطه‌ای به دو دسته کلی تقسیم می شوند. روشهای قطعی33 و روشهای آماری34. در روش های قطعی به کمک کیفیت و نحوه حرکت جسم تشخیص داده شده هدف را ردیابی می کنیم و در روش های آماری به کمک اطلاعات به دست آمده از فریم های قبلی و تعریف الگوریتم های نظیر فضای حالت هدف مورد نظر را رهیگیری می کنیم. در ادامه به بررسی هر کدام از این روش‌ها می‌پردازیم.

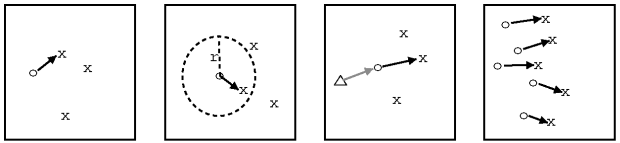
* روش قطعی: در روش قطعی برای تعریف ارتباطات نقطه‌ای یک تابع هزینه بین هر هدف تشخیص داده شده در فریم قبلی و فریم موجود تعریف می شود(شکل 1014-الف) که این تابع هزینه بر اساس یک سری محدودیت هایی قابل تعریف شدن میباشد.به دنبال تعریف تابع هزینه، هدف حداقل کردن مقدار این تابع است و مرحله آخر در این روش پیدا کردن کمترین مقدار تابع هزینه بین یک هدف مشخص در فریم قبلی و مجموعه ای از اهداف تشخیص داده شده در فریم حاضر می‌باشد که مشخص میکند هدف تشخیص داده شده در فریم قبلی به کدام هدف و یا شی تشخیص داده شده در فریم حاضر مرتبط است شکل(1014-ب).



(ب) (الف)

شکل(1014): تعریف تابع هزینه بین هر هدف در فریم قبلی و فریم حاضر و انتخاب مقدار کمینه

محدودیت هایی که برای تعریف تابع هزینه در این روش تعریف می شوند عبارتند از: مختصات مکانی هدف تشخیص داده شده نباید بیشتر از یک مقدار معین تغییر کند(شکل 1015-الف)، حداکثر سرعتی که هدف در فریم های متوالی دارد باید از یک مقدار بیشینه کمتر باشد(شکل 1015-ب)، سرعت و جهت شئ نباید به شدت تغییر کند(شکل1015-پ) و سرعت نقاط مشخص در یک ناحیه و همسایگی کوچک نباید تفاوت بالایی با هم داشته باشند(شکل1015-ت) که این مورد برای مدل سازی که در آن هدف به کمک چند نقطه مدل سازی شده است مناسب میباشد. دقت کنیم که این محدودیت ها صرفاً برای روش ردیابی قطعی نمی‌باشد و از آنها در روش های آماری نیز می‌توانیم استفاده کنیم.



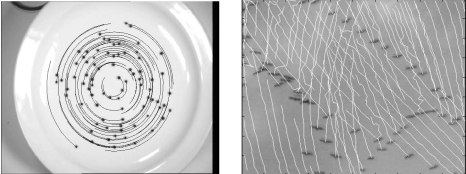
(ت) (پ) (ب) (الف)

شکل(1015): محدودیت‌هایی که از آن‌ها برای تعریف تابع‌هزینه در روش قطعی استفاده می‌کنیم.

* روش آماری: تصاویری که از دوربین ها ثبت می شوند به احتمال زیاد ممکن است دارای اختلال و نیز باشندو همچنین در بعضی مواقع ممکن است که مشکلاتی از جمله آشفتگی در تصاویر به وجود آید. روش های آماری  این چنین مشکلات را حل کرده‌اند. این نوع از روش‌ها یک حالت برای یک هدف مشخص تعریف می‌کنند.روش های آماری به کمک تعریف فضای حالت برای مشخصات هدف مورد نظر نظیر مختصات هدف، سرعت هدف و شتاب هدف عمل رهگیری را انجام می دهند. در فرمول موجود در رابطه ۱۰۰۶ نحوه بیان فضای حالت در حالت کلی بیان شده است.

(1006) 

در فرمول بیان‌شده در رابطه 1006 متغیر X بیان‌کننده حالت سیستم بوده که یکی از مولفه‌های آن مختصات هدف مورد نظر است. مشاهده می‌کنید که در این حالت در یک فریم مشخص مختصات یک هدف که بیان کننده یک حالت از سیستم است به کمک اطلاعات فریم‌های قبلی و فضای حالت سیستم به دست می‌آید. همچنین متغیر W بیان‌کننده نویز سفید می‌باشد. دو نمونه از نتایج این روش را در شکل 1016 مشاهده می‌کنید.



شکل(1016): دو نمونه از نتایج روش آماری در ردیابی نقطه‌ای

# **2-3-2-2- ردیابی کرنل**

در این نوع از روش های ردیابی و رهگیری هدف پیدا کردن مسیر حرکتی و یا دنبال کردن حرکت هدف است که توسط ناحیه ای در فریم موردنظر مشخص شده است.  در این نوع از روش ها الگوریتم های متفاوتی وجود دارند که از جنبه های نحوه مدل‌سازی مشخصات ظاهری یک هدف، تعداد هدف‌های مورد رهگیری و همچنین روش مورد استفاده برای رهگیری با‌هم متفاوت می‌باشند. این نوع از روش ها را می توانیم به دو دسته کلی  بر اساس نحوه مدلسازی مشخصات ظاهری آنها تقسیم کنیم. دسته اول به کمک یک قالب که مشخص کننده هدف مورد نظر است رهگیری را انجام می دهد و دسته دوم بر اساس یادگیری یک الگوریتم که از زوایای مختلف هدف مورد نظر را مشاهده کرده است رهگیری را انجام می دهد. در حالت کلی همه الگوریتم های موجود در این روش ها بر اساس مشخصات ظاهری که از هدف مورد نظر به دست می‌آید رهگیری را انجام می دهند.

* رهگیری به کمک قالب35: در این روش ابتدا یک‌سری اطلاعات از هدف مورد نظر که توسط یک قالب مستطیل شکل و یا بیضی شکل مشخص شده‌است استخراج می‌شود. سپس میزان شباهت این اطلاعات ذخیره‌شده با قسمت‌های مختلف فریم بعدی که ابعاد هر کدام از این قسمت ها برابر ابعاد قالب اولیه هدف مورد نظر است محاسبه می‌شوند. در نهایت قسمتی از تصویر که شباهت بیشتری به قالب اولیه و اطلاعات موجود در آن دارد به عنوان هدف شناخته‌شده و عملیات رهگیری صورت می‌پذیرد. در شکل‌های 1017و 1018 دو نمونه از نتایج این الگوریتم‌ها را مشاهده می‌کنیم.





شکل(1017): نتیجه رهگیری هدف به کمک روش کرنل-قالب



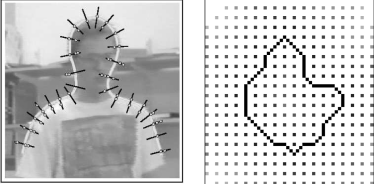
شکل(1018): نتیجه رهگیری هدف به کمک روش کرنل-قالب

همان‌طور که در شکل 1017 و 1018 مشاهده می‌کنید هدف مورد نظر به کمک ویژگی‌های ظاهری که در قالب اولیه هدف وجود دارد به خوبی تشخیص داده شده و رهگیری شده‌است. در شکل 1018 مشخصات داخل قالب اولیه هدف را نیز که به صورت یک تصویر کد شده‌است، در کنار هر تصویر مشاهده می‌کنید. این واقعیت مبین آن است که چه قدر نحوه مدل‎سازی هدف و مشخصات ظاهری آن اهمیت بالایی در سیستم‌های رهگیری دارد.

* رهگیری به کمک یادگیری هدف از زوایا مختلف36: در روش قبلی اطلاعات هدف مورد نظر به صورت برخط و آنی به دست می‌آید. به همین علت این احتمال وجود دارد که در فریم بعدی مشخصات ظاهری هدف مورد نظر به خاطر تغییر مشخصات محیطی تغییر کند و به دنبال آن این مشکل به وجود می‌آید که هدف مورد نظر در فریم بعدی تشخیص داده نمی‌شود. راه‌حل این مشکل استفاده از الگوریتم های یادگیری است که در بخش تشخیص هدف به کمک یادگیری با نظارت بحث شد. الگوریتم هایی مانند ماشین بردار پشتیبان و یا حتی شبکه‌های عصبی و عمیق که به کمک مجموعه‌ای از داده‌های گوناگون مورد آموزش قرار می‌گیرند و از آن‌ها می‌توانیم برای تشخیص هدف به کمک مشخصات ظاهری و به دنبال آن رهگیری هدف استفاده کنیم. نمونه‌ای از این کار را در شکل 1011 مشاهده کردیم. البته این شکل صرفا بخش تشخیص هدف را بیان می‌کند ولی خب مشخص است که با دنبال کردن همین هدف در فریم‌های متوالی عمل رهگیری نیز انجام می‌پذیرد، همان‌طور که ماهیت روش ردیابی کرنل همین است.

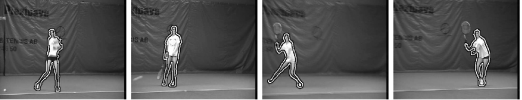
# **3-3-2-2- ردیابی سطح داخلی و خارجی37**

اشیا در یک تصویر ممکن است که دارای ساختارهای پیچیده باشند مانند دست یک انسان، سر یک انسان و یا حتی شانه‌های آن. به همین علت نمیتوانیم این نوع از اشیا و اهداف را صرفاً با یک هندسه ساده مدل سازی کنیم(شکل1018). هدف از این نوع رهگیری این است که ناحیه ای که مشخص کننده هدف ما میباشد را در فریم های مختلف با توجه به مدل تولید شده در فریم قبلی تشخیص دهیم. مدل هدف تشخیص داده شده می‌تواند در قالب نمودار هیستوگرام رنگ سطح داخلی هدف باشد و یا اینکه شامل اطلاعات لبه‌های سطح خارجی از آن تصویر باشد. این نوع از روش ها را می توانیم به دو دسته کلی شامل ردیابی سطح خارجی38 و  تطابق هدف39 تشخیص داده شده تقسیم کنیم.



شکل(1018): نحوه بیان هدف به کمک سطح داخلی

* تطابق هدف تشخیص داده‌شده: این روش همانند روش رهگیری به کمک قالب که در بخش رهگیری کرنل داشتیم عمل میکند. به این ‌صورت که سطح داخلی مبین هدف تشخیص داده شده در فریم بعدی به کمک یک تابع هزینه معرفی شده جستجو می شود و قسمت‌هایی از تصویر و یا قسمتی از تصویر که بیشترین  مشابهت را با هدف موردنظر دارد به عنوان هدف تشخیص داده شده در نظر گرفته میشود و عمل رهگیری کامل می گردد.
* ردیابی سطح خارجی:در این روش بر خلاف روش قبلی که در جستجوی هدف مورد نظر با توجه به مدل قبلی بودیم، در هر فریم مجزا هدف مورد نظر به صورت سطح داخلی و یا خارجی تشخیص داده میشود و سپس مختصات های تشخیص داده شده در فریم های متوالی به عنوان مسیر حرکتی و یا حرکت جسم مورد نظر در نظر گرفته می شوند. دو نمونه‌ از نتایج این روش را در شکل 1019 مشاهده می‌کنیم.





شکل(1019): دو نمونه از نتایج روش ردیابی سطح‌داخلی

# **2-2-نتیجه‌گیری**

در این فصل به صورت کامل روش‌های مختلف برای پیاده‌سازی سیستم‌های رهگیری و مراحلی که مورد نیاز است تا یک سیستم رهگیری پیاده‌سازی شود را با مورد بحث و بررسی قرار دادیم. به صورت کلی راه‌اندازی یک سیستم رهگیری را به چهار قسمت اصلی تقسیم کردیم. این مراحل شامل نحوه مدل‌سازی هدف مورد نظر، انتخاب ویژگی‌های ساختاری و ظاهری مهم برای هدف مورد‌نظر، تشخیص هدف در یک تصویر و در نهایت رهگیری‌آن بر اساس اطلاعات مراحل قبلی. در مرحله مدل‌سازی می‌توانستیم از مدل نقطه‌ای، هندسی و یا سطح داخلی استفاده کنیم. در مرحله انتخاب ویژگی‌ها، ویژگی‌هایی از جمله ساختار، رنگ، اطلاعات کناره تصویر و جریان نوری را می‌توانستیم انتخاب کنیم که مشخصات رنگی از جمله مهم‌ترین آن‌ها بود. در مرحله تشخیص هدف که یک مرحله بسیار ضروری می‌باشد می‌توانستیم از روش‌های پس‌زمینه، قسمت‌بندی،نقطه‌ای و روش‌های هوش مصنوعی استفاده کنیم. در نهایت و در مرحله آخر نوبت آن بود که هدف را رهگیری کنیم که این امر به کمک روش‌های ردیابی نقطه‌ای، ردیابی کرنل و ردیابی سطح داخلی و خارجی انجام می‌شوند که البته روش ردیابی کرنل امروزه از مهمترین و معروف‌ترین روش‌ها می‌باشد که در سیستم‌های مبتنی بر هوش‌مصنوعی نیز از این مورد استفاده می‌شود.