دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد برق الکترونیک

ردیابی برمبنای هسته اصلی بابکارگیری الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات انطباقی و ترتیبی

دانشجو :

حامد رستگار

استاد راهنما :

دکتر ساسان آزادی

شهریور ۱۳۹۰

تقدیم به پدر مادر و همسر عزیزم که در تمام مراحل زندگی پشتیبان و همراه بنده بودند.

با تشکر از تمام عزیزانی که مرا در تهیه و تدوین این پایان‌نامه یاری رساندند.

چکیده

ردیابی بر مبنای هسته اصلی بهینه شده با بکارگیری الگوریتم mean shift توجه زیادی را به عنوان یک تکنیک موثر ردیابی در رشته‌های ویدئویی کسب کرده است. الگوریتم mean shift اساساً یک روش بهینه‌سازی صعود گرادیان است، که برای پیدا کردن بابهای محلی طراحی شده است. در بسیاری از ردیابی‌ها، ما نیاز به جستجوی باب کلی یک تابع هدف داریم، مانند وقتیکه جابجایی هدف در بین فریم‌های متوالی نسبتاً بزرگ باشد بطوریکه هیچ یک از بخش‌های هدف درون ناحیه مقدار دهی اولیه شده قرار نگیرد. در این شرایط، بابهای محلی و کلی بر هم منطبق نخواهند شد و ردیابی احتمالاً با شکست مواجه خواهد شد. در این مقاله،ما یک الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات (PSO) انطباقی و ترتیبی را که به سمت باب کلی تابع هدف همگرا می‌شود پیشنهاد می‌دهیم. الگوریتم PSO انطباقی و ترتیبی یک تکنیک بهینه‌سازی اتفاقی می‌باشد که از ترکیب اطلاعات ترتیبی موجود در پروسه ردیابی درون الگوریتم سنتی PSO ، و همچنین تغییرات انطباقی پارامترهای PSO بدست می‌آید. در شیوه ردیابی ما، این الگوریتم برای جستجوی باب کلی ضریب Bhattacharyya که به عنوان یک تابع تشابه بین تخمین‌های چگالی هسته اصلی از قالب هدف و کاندیدای هدف می‌باشد، استفاده می‌نماییم. همچنین ما یک استراتژی بروز رسانی جدید که بمیزان تشابه بین مدل ابتدایی و ظاهر جاری هدف برای بروزرسانی مدل هدف توجه می‌کند را پیشنهاد می‌دهیم. نتایج تجربی نشان می‌دهد که در مقایسه با ردیابی اشیأ بر مبنای الگوریتم استاندارد mean shift، روش ردیابی پیشنهادی ما می تواند هدف‌های متحرک سریع را بطور موفقیت‌آمیز ردیابی و تغییرات مقیاس هدف و انسدادهای کلی و جزئی را مدیریت نماید.

کلمات کلیدی

ردیابی بر مبنای هسته اصلی، بهینه‌سازی توده ذرات انطباقی و ترتیبی، بهینه‌سازی توده ذرات.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱ مقدمه	۱
۱-۱ تاریخچه و تعاریف کلی	۲
۱-۲ بخش‌های اصلی	۶
۱-۳ کلیت رساله	۷
۲ ردیابی اشیأ	۹
۲-۱ مقدمه	۱۰
۲-۲ نمایش شئ	۱۲
۲-۳ انتخاب ویژگی برای ردیابی	۱۶
۲-۴ آشکارسازی شئ	۱۸
۲-۵ ردیابی شئ	۲۰
۲-۵-۱ ردیابی نقطه	۲۱
۲-۵-۲ ردیابی هسته اصلی	۲۴
۲-۵-۳ ردیابی سایه	۲۶
۳ ردیابی mean shift	۲۹
۳-۱ مقدمه	۳۰
۳-۲ ارائه هدف	۳۱
۳-۲-۱ تخمین‌گر چگالی هسته اصلی	۳۲
۳-۲-۲ مدل هدف	۳۵
۳-۲-۳ کاندیدای هدف	۳۵
۳-۲-۴ همواری تابع تشابه	۳۶
۳-۳ معیار متری بر پایه‌ی ضریب Bhattacharyya	۳۶
۳-۴ موقعیت‌یابی هدف	۳۷
۳-۴-۱ مینیمم‌سازی فاصله	۳۸
۳-۴-۲ مقیاس قابل تطبیق	۳۹

۳-۵ نتایج ردیابی بر مبنای هسته اصلی ۴۰
۳-۵-۱ مزایای روش ۴۰
۳-۵-۲ معایب روش ۴۴
۳-۵-۳ مرور آثار گذشته ۴۸
۴ ردیابی برمبنای هسته اصلی بابکارگیری الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات انطباقی و ترتیبی ۵۱
۴-۱ مقدمه ۵۲
۴-۲ PSO استاندارد ۵۴
۴-۳ الگوریتم ردیابی پیشنهادی ۵۶
۴-۳-۱ PSO انطباقی و ترتیبی ۵۷
۴-۳-۲ الگوریتم موقعیت‌یابی بر مبنای PSO انطباقی و ترتیبی ۶۶
۴-۳-۳ بروزرسانی مدل هدف ۶۷
۴-۳-۴ مقیاس انطباقی ۶۸
۴-۳-۵ الگوریتم ردیابی پیشنهادی ۶۹
۵ بررسی نتایج تجربی ۷۱
۵-۱ مقدمه ۷۲
۵-۲ ردیابی تحت حرکات سریع هدف ۷۳
۵-۳ ردیابی تحت انسدادهای جزئی و کلی ۸۰
۵-۴ ردیابی تحت تغییر ابعاد هدف ۸۳
۶ نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۸۵
مراجع ۸۸
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۹۴

فصل اول

مقدمه

۱-۱- تاریخچه و تعاریف کلی

قابلیت بینایی ماشین یکی از نعمت‌های خدادادی است که این امکان را برای انسان و اکثر موجودات زنده فراهم می‌نماید تا بتوانند محیط پیرامون خود را بررسی نموده و با آن ارتباط داشته باشند. به جرات می‌توان گفت که این قابلیت در بین حواس پنج‌گانه از اهمیت خاصی برخوردار بوده و حجم زیادی از اطلاعاتی که انسان از محیط اطراف خود جمع آوری می‌کند توسط این حس بدست می‌آید. به همین دلیل برای مدت طولانی طریقه کارکرد سیستم بینایی مد نظر دانشمندان بوده و تحقیقات زیادی در مورد آن انجام گرفته است.

با پیشرفت علوم در زمینه‌های مختلف و به وجود آمدن سیستمهای متنوع دست ساز بشر این مساله همواره مد نظر مهندسین قرار داشته که به صورتی قابلیت بینایی را در این سیستم‌ها بوجود آورند. البته بخاطر ضعف در قدرت پردازش اطلاعات تا اواخر دهه ۱۹۷۰ این امر موضوعیت پیدا نکرد. اما با بوجود آمدن سیستم‌های هوشمند و نیز افزایش سرعت پردازش اطلاعات در اواخر دوره مذکور باعث گردید تا این مساله صورتی جدی به خود بگیرد، زیرا در هوش مصنوعی اغلب موضوع برنامه-ریزی یا بررسی خودکار برای سیستم‌های هوشمند مانند ربات ها مطرح می‌گردد و اطلاعات مورد نیاز برای این‌کار می‌تواند توسط یک حسگر تصویری برای دست‌یابی به اطلاعات سطح بالا، در اختیار سیستم قرار گیرد.

از آنجاییکه اطلاعات بصری جمع‌آوری شده توسط سیستم بینایی ماشین بازه وسیعی از اطلاعات را شامل می‌شود، کاربرد این گونه سیستم‌ها نیز می‌تواند محدوده وسیعی از زمینه‌ها را شامل گردد. یکی از کابردهای مطرح که سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است، کاربرد ردیابی اشیأ در زمینه بینایی ماشین می‌باشد.

ردیابی اشیأ عبارت است از یافتن موقعیت شئ (اشیأ) در دنباله‌ی از تصاویر. در دهه‌های اخیر تحقیقات زیادی در این زمینه انجام گرفته و الگوریتم‌های زیادی پیشنهاد شده‌اند که از آنها نیز الگوریتم‌های قدرتمندی می‌باشند.

کاربردهای زیادی را می‌توان برای سیستم‌های ردیابی متصور شد، که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

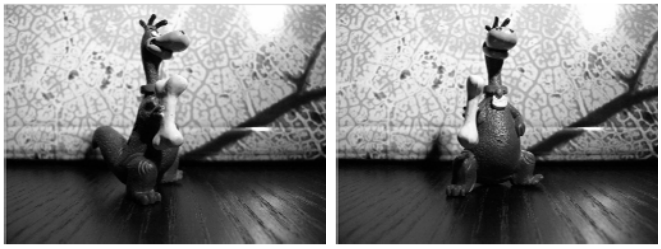
- **سیستم‌های هدایت خودکار:** این گونه سیستم‌ها (اعم از زمینی، هوایی، و دریایی) سعی می‌کنند تا بدون دخالت انسان خود را به هدف مورد نظر برسانند.
- **سیستم‌های نظارت و مراقبتی:** مانند سیستم‌های امنیتی که در نقاط حساس می‌توانند با ردیابی افراد و تشخیص هویت آنها افراد مجاز و غیر مجاز را تشخیص دهند.
- **سیستم‌های نظامی:** برای ره‌گیری و دنبال کردن اهداف یا برای فعال سازی سیستم‌های پدافندی.
- **ربات‌ها:** برای تعامل با محیط اطراف و جلوگیری از برخورد با موانع موجود در محیط یا پیدا کردن هدفی خاص و تعقیب آن.
- **سیستم‌های پیش بینی آب و هوا:** برای ردگیری تغییرات آب و هوایی نظیر روند حرکت ابرها یا طوفان‌های موسمی بکاربرده می‌شود.
- **سیستم‌های رابط کاربری:** نظیر سیستم‌هایی که برای فرمان دادن به رایانه یا سیستم‌های متصل به آن وضعیت چشم، دست، و... را بررسی کرده و متناسب با حرکت تشخیص داده شده فرمان خاصی را اجرا می‌کنند، و یا در سیستم‌های سرگرمی واقعیت مجازی که سعی می‌کنند بدون استفاده از حسگرهای متصل به شخص با دنبال کردن حرکت بدن و موقعیت اعضا و منطبق نمودن آن بر دنیای مجازی قابلیت انجام کارهای مجازی را به فرد می‌دهد.

با این حال، علی‌رغم این تنوع در موارد کاربردی، ردیابی اشیأ هنوز به عنوان یک مشکل قابل بحث مطرح می‌باشد، بدین دلیل که روش‌های موجود برای ردیابی مستعد حساس بودن در شرایط غیر ایستا و مصنوعات مختلف هستند. ما می‌توانیم لیستی از آنها را بر بشماریم:

- **تغییرات مقیاس[1]و حالت شئ** که بوسیله‌ی حرکت شئ نسبت به دوربین ایجاد می‌شود. بعلاوه این حرکات ممکن است ناگهانی باشد.
- **دگردیسی‌های شئ غیر صلب** که بوسیله‌ی برخی از تصادم‌ها یا نیروهای خارجی اعمال شده بر هدف ایجاد می‌شود.
- **تغییرات آهسته شدت روشنایی[2]**، که معمولا بوسیله‌ی حرکت نرم شئ نسبت به منبع نور و یا بالعکس با حرکت نرم منبع نور، ایجاد می‌شود (برای مثال روشنایی روز یک تغییرات آهسته شدت روشنایی تولید می‌کند).
- **تغییرات ناگهانی شدت روشنایی** که یکی از مهمترین مشکلات شاخص برای رسیدگی می‌باشند، و بوسیله‌ی سوئیچینگ نور یا انسدادهای ناگهانی منبع نور ایجاد می‌شود.
- **خواص ظاهر پیچیده،** که ممکن است اثرات شدت روشنایی پیچیده را مانند بازتابش داخلی ایجاد کند.
- **سایه‌ها،** مخصوصا سایه‌های تابیده وقتی تولید می‌شود که هدف بر خودش تابیده شود و یا اینکه اشیأ نزدیک مختلف، سایه‌هایی را بر هدف بتابد.
- **استتار** شئ ردیابی شده که بسبب پس‌زمینه‌های بهم ریخته یا پس‌زمینه‌هایی که دارای ظاهری مشابه با هدف می‌باشند، ایجاد می‌شود.

[1] Scale
[2] Illumination

اختلال‌های شدت روشنایی



حرکات غیر منتظره هدف

در هم ریختگی و انسداد پس زمینه

شکل (۱-۱): مثال‌های روشنی از اختلال‌هایی که نیاز دارند در یک برنامه کاربردی ردیابی اشاره شوند. ردیف اول: اختلال‌های شدت روشنایی، که بخاطر حرکات منبع نور و تابش سایه‌ها ایجاد می‌شود. ردیف دوم: حرکات غیر منتظره هدف. ردیف سوم: انسداد هدف و استتار بسبب بهم ریختهگی پس-زمینه.

موقعیت‌یابی هدف در پروسه ردیابی یک موضوع با اهمیت می‌باشد که در طراحی هر سیستم ردیابی بصری نیاز به بحث در مورد آن احساس می‌شود. در بسیاری از الگوریتم‌های ردیابی که تاکنون ارئه شده‌است از روش بهینه‌سازی صعود[۳] یا نزول[۴] گرادیان جهت بهینه‌سازی تابع هدف برای پیدا کردن موقعیت منطبق بر هدف استفاده شده است. اما علی رغم کاربردهای موفقی که این الگوریتم-

[3] Gradient ascent
[4] Gradient descent

های ردیابی داشته‌اند، بدلیل استفاده از روش‌های بهینه‌سازی فوق الذکر دارای محدودیت‌های اساسی از قبیل گیر افتادن در باب[5]های محلی تابع هدف، و یا شکست خوردن در ردیابی اشیا متحرک سریع، می‌شوند.

حال ما در این رساله سعی داریم با ارائه یک روش جدید بهینه‌سازی کلی که بر مبنای یک تکنیک بهینه‌سازی اتفاقی می‌باشد و ترکیب آن با روش ردیابی بر مبنای هسته اصلی[6] بر محدودیت‌ها و کاستی‌هایی که روش‌های پیشنهادی پیشین با آن دست به گریبان بوده‌اند، غلبه نماییم. همچنین، ما برای اینکه در تعقیب اهدافی که دچار انسدادهای جزئی و یا کلی هستند دچار مشکل نشویم، استراتژی جدیدی را برای بروزسازی فضای ویژگی هدف پیشنهاد داده‌ایم، و علاوه بر این الگوریتمی را جهت انتخاب انطباقی ابعاد هدف در مواردی که این ابعاد در طی رشته ویدئویی دست خوش تغییر می‌شوند، پیشنهاد داده‌ایم.

۱-۲- بخش‌های اصلی

بخش‌های اصلی پایان‌نامه به شرح زیر خلاصه می‌شود:

۱. ما روش‌های ردیابی را بررسی و سپس آنها را درون کلاس‌های مختلف دسته‌بندی کرده و گرایش‌های جدید را مشخص می‌نماییم. روش‌های ردیابی بر مبنای ارائه‌ای که از شئ و حرکت آن می‌دهند دسته بندی می‌شوند و ما جزئیات روش‌های برجسته هر دسته را توصیف کرده و موافقین و مخالفینشان را بررسی می‌نماییم.
۲. جزئیات روش سنتی ردیابی بر مبنای هسته اصلی را بهمراه مزایا و معایب آن و الگوریتم‌هایی که تاکنون برای بهبود این روش پیشنهاد شده‌اند را به صورت خاص بررسی می‌نماییم.
۳. ما روش ردیابی را استوار بر چهارچوب ردیابی بر مبنای هسته اصلی، بعلت کارایی بالایی که این روش دارد، ارئه می‌دهیم. در این روش سعی گردیده که با استفاده از یک بهینه‌سازی

[5] Mode
[6] Kernel

کلی که بر مبنای الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات[۷] که با نام اختصاری PSO شناخته شده می‌باشد، و همچنین ارائه روشی برای بروز کردن قالب ارائه شده برای هدفی که ردیابی می-شود، بر کاستی‌ها و معایبی که در روش‌های ردیابی پیشینی که بر مبنای هسته اصلی بودند غلبه نماییم. توجه نمایید که در این پایان نامه از این به بعد بجای الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات هر جا نیاز باشد، نام اختصاری آن که PSO است را بکار می‌بریم.

۱-۳- کلیت رساله

پایان‌نامه برطبق فصل‌های زیر سازماندهی می‌شود:

- **فصل ۲** اصول ردیابی اشیا را بهمراه روش‌های مورد استفاده در ردیابی مورد بررسی اجمالی قرار داده و دسته‌بندی را برای روش‌های ردیابی بر مبنای اصولی که از آن پیروی می‌کنند ارائه می‌دهد.
- **فصل ۳** جزئیات روش سنتی ردیابی بر مبنای هسته اصلی را بهمراه مزایا و معایبی که این روش دارد، ارائه داده و الگوریتم‌هایی را که سعی در بهبود و رفع نواقص این روش داشته‌اند را بررسی می‌نماید. در این فصل سعی گردیده است که با آوردن مثال‌های تجربی بر روی رشته‌های ویدئویی مختلف برای این روش ردیابی، کاستی‌هایش بخوبی بنمایش در بیایند.
- **فصل ۴** روش ردیابی را استوار بر چهارچوب ردیابی بر مبنای هسته اصلی ارائه می‌دهد، که در این روش پیشنهادی، با بکار یک الگوریتم بهینه‌سازی کلی کارآمد و همچنین استفاده از یک روش بروزرسانی مدل هدف، سعی در رفع نواقص موجود در روش‌های ردیابی مطرح شده در فصل ۳ بدون افزایش پیچیدگی محاسبات و بطبع آن افزایش زمان محاسبه دارد.
- **فصل ۵** نتایج بدست آمده از اعمال روش پیشنهادی بر روی رشته‌های ویدئویی مختلف تحت شرایط گوناگون را ارائه می‌دهد و پایداری و مزیت‌های این روش را نسبت به روش سنتی ردیابی هسته اصلی نشان داده و بر روی آنها بحث می‌نماید.

[7] Particle swarm optimization

- **فصل ۶** خلاصه‌ای از رساله را ارائه کرده و همچنین مسیرهای تحقیقات آتی در آن بحث خواهد شد.

فصل ۲

ردیابی اشیأ

در این فصل، سعی شده است که اصول ردیابی اشیا در یک پروسه پایین به بالا با ارائه تکنیک‌های مختلف تاکنون بکار رفته مورد بررسی قرار بگیرد. همچنین ما در این فصل یک طبقه‌بندی را برای روش‌های ردیابی بر اساس ماهیتی که دارند و تکنینک‌هایی که مورد استفاده قرار می‌دهند، لحاظ می‌نماییم، و در هر دسته آثاری که مورد توجه قرار گرفته و به آنها استناد شده است را بطور خلاصه بررسی می‌نماییم.

۲-۱- مقدمه

ردیابی اشیا یکی از کارهای مهم در حوزه بینایی ماشین محسوب می‌گردد. توسعه رایانه‌های قدرتمند، در دسترس بودن دوربین‌های با کیفیت و ارزان قیمت، و نیاز روز افزون برای تحلیل‌های خودکار ویدئویی توجه زیادی را به الگوریتم‌های ردیابی اشیا معطوف ساخته است.

در تحلیل یک تصویر ویدئویی جهت ردیابی هدف موجود در آن سه گام اساسی وجود دارد:

- تشخیص شئ متحرک مورد نظر
- ردیابی شئ از فریمی به فریم دیگر
- تحلیل مسیر شئ جهت درک رفتار آن

از همین جهت کاربردهای ردیابی شئ را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- تشخیص بر مبنای حرکت: تشخیص انسان بر مبنای حرکت، تشخیص خودکار اشیا، و ... .
- نظارت خودکار: تحت نظر گرفتن یک موقعیت جهت تشخیص حرکات مشکوک یا وقوع حوادث غیر مترقبه.
- شاخص‌گذاری ویدئویی: حاشیه‌نویسی و بازیابی خودکار ویدئوها در بانک‌های چند رسانه‌ای.
- تعامل انسان و رایانه: تشخیص اشارات و حرکات، ردیابی نگاه چشم برای ورود اطلاعات به کامپیوتر، و ... .
- نظارت بر ترافیک: بررسی وضعیت ترافیکی جهت کنترل روند حرکت ماشین‌ها.

- ناوبری وسایل نقلیه: تعیین مسیر و جلوگیری از برخورد وسیله با موانع موجود در مسیر با استفاده از تصاویر ویدئویی دریافتی.

در ساده‌ترین حالت، ردیابی می‌تواند به صورت مساله تخمین خط سیر یک شئ در حال حرکت در صفحه تصویر تعریف شود. به عبارت دیگر، ردیاب برچسب‌های ثابتی را به اشیا ردیابی شده در فریم‌های مختلف ویدئویی اختصاص می‌دهد. علاوه بر این ردیاب می‌تواند بسته به حوزه ردیابی اطلاعات وابسته به شئ مانند جهت‌گیری، مساحت، یا شکل را نیز در اختیار قرار دهد.

مشکلاتی وجود دارد که می‌تواند ردیابی شئ را پیچیده نماید که بصورت زیر خلاصه می‌گردد:

- از دست دادن اطلاعات به جهت تصویر کردن جهان سه بعدی در تصویر دو بعدی،
- وجود نویز در تصاویر،
- حرکات پیچیده شئ،
- صلب نبودن یا چند بخشی بودن شئ،
- انسداد موضعی یا کامل شئ،
- شکل پیچیده شئ،
- تغییر شدت نور در موقعیت، و
- احتیاج به پردازش آنی.

ردیابی را می‌توان با قرار دادن محدودیت‌هایی بر حرکت یا شکل اشیا ساده‌تر نمود. برای مثال تقریباً در تمام الگوریتم‌ها فرض می‌شود که شئ دارای حرکات نرم بوده و تغییرات ناگهانی ندارد. قیود بیشتری را از قبیل سرعت ثابت یا شتاب ثابت بر مبنای یک اطلاعات قیاسی می‌توان در نظر گرفت. همچنین داشتن اطلاعات اولیه در مورد تعداد و ابعاد اشیا یا شکل و ظاهر آنها می‌تواند برای ساده-سازی فرآیند بکار رود.

روش‌های زیادی برای ردیابی اشیا تاکنون پیشنهاد شده‌است. تفاوت‌های اساسی آنها معمولاً در طریقه‌ی پاسخ‌گویی آنها به سوالات زیر خلاصه می‌شود:

۱. چه نمایشی از شئ برای ردیابی مناسب است؟

۲. کدامیک از خواص تصویر باید مورد استفاده قرار گیرد؟

۳. حرکت، ظاهر، و شکل شئ چگونه باید مدل شود؟

پاسخ‌گویی به این سوالات بستگی به محیطی و زمینه‌ای دارد که ردیابی در آن انجام می‌شود. روش‌های ردیابی متنوع‌ای که تاکنون پیشنهاد شده‌اند، سعی در پاسخ‌گویی به این سوالات در محیط-های مختلفی را داشته‌اند.

۲-۲- نمایش شئ

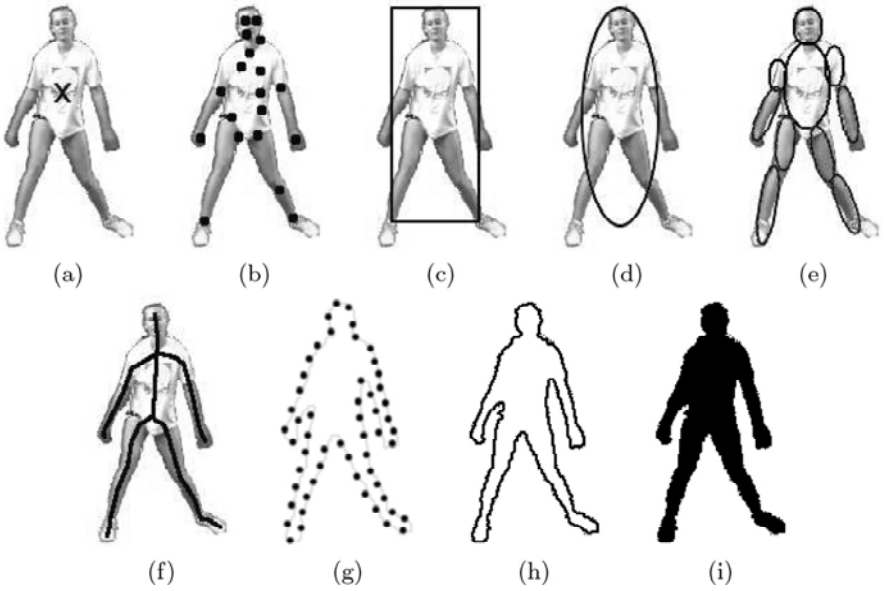
در سناریو ردیابی شئ می‌تواند بعنوان هر چیزی تعریف شود. برای مثال قایق روی سطح آب، ماهی درون تنگ، وسایل نقلیه در جاده، هواپیماهای در حال حرکت در آسمان، مردم در حال تردد در خیابان، ویا حباب‌های موجود در سطح آب می‌توانند نمونه‌ای از اشیایی باشند که برای ردیابی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اشیا می‌توانند بوسیله‌ی قالب و ظاهرشان ارائه گردند. در این بخش ما در ابتدا نمایش‌هایی از قالب شئ که معمولاً در ردیابی‌ها بکارگرفته می‌شود را توصیف کرده و سپس در مورد نمایش‌های ظاهر شئ صحبت می‌نماییم.

- *نقاط*. شئ بوسیله‌ی یک نقطه که مرکز ثقل می‌باشد (شکل ۲-۱(a)) [1] و یا بوسیله مجموعه‌ای از نقاط نمایش داده می‌شود (شکل ۲-۱(b)) [2]. در کل نمایش نقطه مناسب برای ردیابی اشیایی است که ناحیه‌ی کوچکی را در تصویر اشغال کرده‌اند. (بخش ۲-۵-۱ را ببینید)
- *قالب‌های هندسی ابتدایی*. قالب شئ بوسیله‌ی یک مستطیل، بیضی (شکل ۲-۱(c)،(d)) [3] و غیره ... ارائه می‌شود. حرکت شئ برای چنین ارائه‌هایی معمولاً بوسیله‌ی انتقال[۸]، رابطه‌های تناسب[۹]، یا تبدیلات انعکاسی[۱۰] مدل می‌شود (برای جزئیات بخش ۲-۵-۲ را ببینید). اگرچه

[8] Translation
[9] Affine
[10] Projective transformation

قالبهای هندسی ابتدایی بیشتر برای ارائه‌هایی از اشیا صلب ساده مناسب هستند، با این وجود برای ردیابی اشیا غیر صلب نیز بکار می‌روند.

- *سایه و کانتور شئ*[11]. نمایش کانتور محدوده شئ را تعریف می‌کند (شکل ۲-۱(g)،(h)). ناحیه درون کانتور سایه شئ خوانده می‌شود (شکل ۲-۱(i)). ارائه‌های سایه و کانتور شی برای قالب‌های غیر صلب و پیچیده مناسب می‌باشند [4].



شکل (۲-۱): نمایش‌های شئ. (a) مرکز ثقل، (b) نقاط متعدد، (c) قطعه مستطیلی، (d) قطعه بیضوی، (e) قطعه چند قسمتی، (f) اسکلت شئ، (g) کانتور شئ کامل، (h) نقاط کنترل بر کانتور شئ، و (i) سایه شئ

- *مدل‌های شکل چندبخشی*[12]. اشیا چندبخشی از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده‌اند که توسط اتصالاتی به هم متصل می‌گردند. برای مثال بدن انسان یک شکل چندبخشی است که از سر، پاها، دست‌ها، و بدن تشکیل شده که توسط مفاصلی به هم متصل می‌گردند (شکل ۲-۱(e)).

[11] Object silhouette and contour
[12] Articulated shape models

- *مدل اسکلتی*. اسکلت بندی شئ می‌تواند بوسیله بکاربری تبدیل محور میانی به سایه شئ استخراج شود [5]. این مدل معمولاً بعنوان یک نمایش قالب برای تشخیص دادن اشیا بکاربرده می‌شود [6]. نمایش اسکلتی می‌تواند برای مدل کردن اشیا صلب و چندبخشی بکاربرده شود (شکل ۲-۱(f)).

چندین روش برای نمایش ویژگی‌های ظاهری شئ وجود دارد. توجه داشته باشید که ارائه‌های قالب می‌تواند با ارائه‌های ظاهر برای ردیابی ادغام شوند [7]. برخی از روش‌های نمایش ظاهر شئ بشرح زیر هستند.

- *چگالی احتمال ظاهر شئ*. تخمینگرهای چگالی احتمال ظاهرشئ هم می‌تواند پارامتری باشد، مانند تابع گوسی [8] و ترکیبی از تابع گوسی[۱۳] [9]، و یا غیر پارامتری باشد، مانند پنجره‌های پارزن[۱۴] [10] و هیستوگرام‌ها [3] باشد. چگالی‌های احتمال ویژگی‌های ظاهری شئ (رنگ و بافت[۱۵]) می‌تواند از ناحیه‌های تصویر مشخص شده بوسیله مدل‌های قالب شئ (مانند ناحیه درونی یک بیضی یا کانتور) محاسبه شود.
- *الگوها*. الگوها با استفاده از قالب‌های هندسی ساده یا سایه‌ها ساخته می‌شوند [11]. یکی از مزایای الگو این است که هر دو اطلاعات فضایی و ظاهری شئ را در خود نگاه می‌دارد. با این وجود الگوها تنها ظاهر شئ که از یک تک منظر تولید می‌شود را رمز نگاری می‌نمایند و از همین جهت تنها برای ردیابی اشیایی که حالت و ژست آنها تغییرات قابل توجهی در طی پروسه ردیابی ندارد مناسب می‌باشد.
- *مدل ظاهری فعال*[۱۶]. این مدل‌ها از طریق مدل کردن همزمان قالب و ظاهر شئ تولید می‌شود [12]. معمولاً قالب شئ توسط یک مجموعه نشانه مشخص می‌گردد. مشابه ارائه‌هایی بر مبنای کانتور، این نشانه‌ها می‌توانند بر روی مرز شئ قرار گیرند یا بر خلاف آن در درون شئ

[13] Mixture of gaussian
[14] Parzen window
[15] Texture
[16] Active appearance model