علوم و مهندسي كامپيوتر
نشريه علمي پژوهشي انجمن كامپيوتر ايران
مجلد ۱، شماره ۳ (الف)، پائيز۱۳۸۲
صفحات ۴۳-۶۸
مقاله مروری

ردگيري اشياء در دنباله تصاوير

پيمان حقيقت رضا صفابخش

دانشكده مهندسي كامپيوتر و فناوري اطلاعات، دانشگاه صنعتي اميركبير، تهران، ايران

چكيده

ردگيري اشياء متحرک در دنباله‌اي از تصاوير يكي از شاخه‌هاي مهم و كاربردي بينائي ماشين را تشكيل مي‌دهد. از اين رو در طي چند دهه اخير فعاليتهاي پژوهشي گسترده‌اي به منظور حل اين مسأله از سوي پژوهشگران صورت گرفته و روشهاي بسيار متنوعي براي حل آن در كاربردهاي مختلف پيشنهاد شده‌اند. به دليل گستردگي ذاتي مسأله و تنوع روشهاي پيشنهادي، احاطه بر سوابق اين موضوع و انجام پژوهش در آن كار سهل و ساده‌اي نيست. لذا ارائه مسائل مطرح در اين زمينه و بررسي سوابق آن مي‌تواند كمک شايان توجهي به پژوهش در اين زمينه نموده و كار را تسهيل نمايد. اين مقاله كليات مسأله ردگيري را مورد بحث قرار مي‌دهد و پژوهش‌هاي انجام شده در اين زمينه را معرفي و به شكلي مفيد دسته‌بندي مي‌نمايد. همچنين، پارامترهاي مطرح و تأثيرگذار در يک سيستم ردگيري اشياء متحرک بررسي و خصوصيات يک سيستم ردگيري ايده‌آل بيان مي‌گردد. كاربردهاي مختلفي از سيستم‌هاي ردگيري نيز در طي بحث‌ها مطرح مي‌شوند.

كلمات كليدي: تشخيص حركت، ردگيري شيء متحرک، تحليل دنباله تصاوير

۱- مقدمه

دنياي واقعي علاوه بر اشياء ثابت اغلب حاوي اشياء متحرک نيز هست. از اين رو سيستم‌هاي بينائي طبيعي در واقع يک جريان پيوسته از داده‌هاي صحنه مشاهده شده را حس و پردازش مي‌كنند و كمتر با ادراک تصاوير كاملاً ثابت روبرو هستند. در بينائي ماشين نيز وضعيت مشابهي وجود دارد. سيستم بينائي بسياري اوقات با دنياي در حال تغييري روبروست كه بايد با گرفتن تصاوير پي‌درپي از آن بتواند آنرا حس و ادراک كند. از جمله مسائل مورد علاقه در اين راستا مسأله ردگيري حركت اشياء در دنباله‌اي از تصاوير است. در اين مسأله، در واقع، سيستم بينائي سعي دارد با دريافت تصاوير متوالي از صحنه در طي زمان حركت اشياء در صحنه را تشخيص داده و مسيرهاي حركت آنها را مشخص كند.

ردگيري اشياء متحرک در دنباله تصاوير بدليل مطرح شدن آن در بسياري از مسائل دنياي واقعي، از جمله مباحث مهم در بينائي ماشين است. براي يك سيستم ردگيري اشياء متحرك مي‌توان كاربردهاي بسياري ذكر نمود. يكي از كاربردهاي سيستم ردگيري در رباتيك خودگردان[1] [۱] است. رباتهايي كه در محيطهاي پويا كار مي‌كنند بايد قادر به تعامل با ديگر اشياء، مانند انسانها، اشياء موجود در محيط يا رباتهاي ديگر باشند. قابليت جلوگيري از برخورد وتزاحم[2] [۲-۴] با استفاده از تخمين حركت، علاوه بر دارا بودن دقت فيزيكي، به رباتها اجازه عملكرد آزادانه در يك محيط متغير را مي‌دهد.

سيستم‌هاي نظارت و مراقبت[3] [۵-۱۸] از جمله مهمترين كاربردهاي يک سيستم ردگيري مي‌باشند. در اين سيستم‌ها با استفاده از يك يا چند سنسور مي‌توان بطور پيوسته مكان مورد نظر را تحت كنترل قرار داد. اين مكان مي‌تواند يك بازار خريد، يک فرودگاه، يک موزه، يک محدوده نظامي، يک پاركينگ يا هر محل ديگري كه از نظر امنيتي داراي اهميت است باشد. با توجه به كاربرد مورد نظر، با اضافه كردن مثلاً يك واحد تشخيص چهره يا يک واحد تشخيص پلاک خودرو به سيستم، مي‌توان عمل نظارت و مراقبت را بطور دقيق‌تر انجام داد.

سرگرميها، بازيهاي كامپيوتري و واسطهاي كاربر [۱۹، ۲۰] را مي‌توان بعنوان ديگر جايگاه استفاده از سيستم ردگيري ذكر نمود. دريك محيط واقعيت مجازي[4]، يك كامپيوتر مي‌تواند شاهد رفتارها وحركت‌هاي كاربر بوده و به حركات او پاسخ دهد. بازيها مي‌توانند صحنه خود را با توجه به حركت رقيب بطور مناسب تغيير دهند. شخص مي‌تواند بدون نياز به اتصال سنسورهاي مختلف به بدن خود، با كامپيوتر تعامل داشته باشد.

خودروها و وسائط نقليه خودگردان[5] [۲۱-۳۴] نيز به ميزان زيادي از سيستم‌هاي ردگيري بهره مي‌برند. يك سيستم بينايي پيشرفته در يك خودرو مي‌تواند براي مكان‌يابي اشياء متحرك موجود در مسير [۲۱-۲۳، ۲۶، ۳۵، ۳۶]، تعقيب جاده [۲۳، ۲۶]، و جلوگيري از ايجاد برخورد و تزاحم [۲-۴] مورد استفاده واقع شود.

بعنوان چند كاربرد ديگر از سيستم‌هاي ردگيري مي‌توان به كنترل خودكار تردد[6] [۳۷-۵۲]، ردگيري طوفانهاي شن، گرد و خاك و ابرها براي پيش‌بيني

وضع هـوا[۷]، انجـام کنتـرل هـوايي[۸]، استفـاده در سيستم‌هاي نظامي[۹]، بـررسي آمـاري بازديدکنندگان از يك محل، دنبال کردن يك يـا چنـد شخص خـاص در يك محل [۸، ۹، ۵۳-۶۰]، تحليل حرکات يك فرد ورزشـکار يـا هنرمنـد [۵۳، ۶۱، ۳۰۰-۳۰۴] فشـرده‌سـازي ويـديويي [۷۴، ۷۵] اشـاره نمـود. کـاربرد سيسـتم‌هـاي ردگيري به نمونه‌هاي ذکر شده محدود نمي‌گـردد و مـوارد متعـدد ديگـري را نيـز مي‌توان نام برد.

هدف اين مقاله معرفـي و تشـريح سيسـتم‌هـاي ردگيـري اشـياء متحـرک و ارائـه نمونه‌هائي از استفاده از اين سيستم‌ها مي‌باشد. هر سيستم ردگيري از چندين جـزء تشکيل مي‌شود و عوامل گوناگوني در ايـن سيسـتم دخالـت دارنـد. ايـن مقالـه بـه تشريح اجـزاء سيسـتم‌هـاي ردگيـري و معرفـي عوامـل مـؤثر در ايـن سيسـتم‌هـا مي‌پردازد. از آنجائيکه دانستن خصوصيات و ويژگيهاي يک سيستم ردگيري ايده‌آل مي‌تواند ايده‌هائي براي طراحي بهتر ايجاد کند، تعدادي از اين ويژگيهـا نيـز مطـرح مي‌گردند. همچنين نمونه‌هائي از سيستم‌هاي ردگيري موجود و خصوصيات آنها در قالب يک دسته‌بندي خاص معرفي مي‌شـوند. بـا توجـه بـه گسـتردگي فـوق‌العـاده موضوع مقاله و ضرورت احتراز از طولاني شدن بيش از حد آن، مطالب مهـم‌تـر بـه صورت خلاصه مطرح گرديده‌اند و بعضي مطالب بالاجبار حذف شده‌اند.

در ادامـه مقالـه، در بخـش ۲ اجـزاء اصـلي و پارامترهـاي مطـرح در يـک سيسـتم ردگيري و خصوصيات يک سيستم ردگيري ايده‌آل معرفي مي‌شوند. نمونـه‌هـائي از سيستم‌هاي ردگيري گوناگون در بخش ۳ ارائه مي‌شود. سرانجام، مطالـب مقالـه در بخش ۴ جمع‌بندي مي‌گردد.

۲- عناصر و مشخصات سيستم‌هاي ردگيري

۲-۱ کليات ردگيري

عمل ردگيري اشياء متحرک طي سه مرحله اصلي صورت مي‌پـذيرد. در ابتـدا بايـد اشياء[۱۰] موجود در تصوير از زمينه[۱۱] جدا شوند؛ مثلاً انسان يا اتومبيـل موجـود در تصوير از زمينه تقطيع گردد. سپس اين نواحي تقطيع شـده بايـد بمنظـور کـاهش حجم اطلاعات يا متناسب کردن اطلاعات با يک الگوريتم خاص بـه شـکل ديگـري ارائه شوند. در نهايت، اطلاعات ارائه شده بايد از يک تصوير به تصوير بعـدي تعقيـب و دنبال شود. اين مراحل در شکل۱ نشان داده شده است.

۲-۱-۱ تقطيع اشياء از زمينه

تشخيص حرکت و تقطيع اشياء از زمينـه اولـين گـام در ردگيـري اشـياء متحـرک است. تقطيع اشياء از زمينه مي‌تواند مبتني بر اطلاعات مکاني، زمـاني، يـا مکـاني-زماني صورت پذيرد. البته روشهاي متفرقه‌اي نيز بصورت ترکيبي از اين روشها ارائـه گرديده‌اند [۲۸۴، ۲۹۲، ۲۹۳]. شکل۲ روشهاي مختلـف تقطيـع مـورد اسـتفاده در سيستم‌هاي ردگيري را نشان مي‌دهد.

- **تقطيع مبتني بر اطلاعات مکاني**

در اين دسته روش براي تقطيع اشياء از زمينـه، از اطلاعـات موجـود در تنهـا يـک تصوير استفاده مي‌گـردد [۲۸۴]. در ايـن رهيافـت‌هـا، بجـاي اسـتفاده از تغييـرات موجود در بين دو تصوير متوالي، با استفاده از يک دانش اوليه در مورد خصوصـيات اشياء و مقادير پيکسل‌هاي يک تصوير، اشياء از زمينه تقطيع مي‌شوند.

در کاربرد خاص ردگيري اشياء متحرک، استفاده از اطلاعـات مکـاني عمـدتاً در دو دسته آستانه‌سازي[۱۲] و رهيافت‌هاي آماري[۱۳] مبتني بر خصوصيات پيکسلها خلاصـه مي‌گردد. در آستانه‌سازي [۱۱۱]، تقطيع با اسـتفاده از عمليـات سـاده پردازشـي و فرضيات محيطي صورت مي‌گيرد. رهيافت‌هاي آماري به کـار رفتـه در ايـن زمينـه [۵۳، ۱۱۲-۱۱۴] نسبتاً پيشرفته‌تر بـوده و از خصوصـيات آمـاري تصـاوير اشـياء و زمينه استفاده مي‌کنند. رهيافت‌هاي آماري خصوصيات پيکسل‌ها را بطور فردي يـا گروهي براي استخراج اشياء از زمينه مورد استفاده قرار مي‌دهند. ايـن خصوصـيات نوعاً در ارتباط با لبه‌ها، ناحيه، بافت و رنگ مي‌باشند.

يک رهيافت آماري استفاده از کانتورهاي ايستا[۱۴] يا پويا[۱۵] اسـت [۱۱۳]. در روشـي که از کانتور ايستا استفاده مي‌کند، يک ساختار ايستاي از پيش تعريف شـده بـراي ارائه همه يا قسمتي از پيرامون شيء بکار مي‌رود. اين ساختارها شـامل قطعـه‌هـاي لبه‌اي و خصوصيات ديگر هستند. اين ساختار با تصوير شيء تطبيق داده شده و بـا اين روش اشياء از زمينه تقطيع مي‌گردند. کانتورهاي فعال نيز بهمين صورت مـورد استفاده قرار مي‌گيرند، با اين تفاوت که اين کانتورها قادر هستند که با تغيير جزئي در شکل شيء، شکل خود را با شيء تطبيـق دهنـد و تغييـر نماينـد. هنگـامي کـه تغيير در ساختار شيء نامعلوم باشد، اين روش بخوبي عمل مـي‌کنـد. از کانتورهـاي فعال مي‌توان براي استخراج همه شيء مورد نظر يا قسمتي از آن استفاده نمود. اگر از يک مدل شکل استفاده شود، به کانتور فعال کليشـه تغييـر شـکل پـذير[۱۶] گفتـه مي‌شود.

يک رهيافت آماري ديگر مرتبط با رهيافـت کـانتور فعـال، اسـتخراج عکـس سـياه يکدست[۱۷] شيء بجاي کانتور آن است. روشـهاي گونـاگوني بـراي اسـتخراج عکـس سياه يکدست شيء وجود دارد [۱۱۴].

در يک رهيافت آماري که خصوصيت رنگ را بکار مي‌گيـرد، يـک دنبالـه از تصـاوير زمينه ذخيره شده و ميانگين و واريانس شدت سطح خاکستري يـا رنـگ بـراي هـر پيکسل در طول زمان محاسبه مي‌گردد [۱۱۲]. در تصـوير جديـد، هـر پيکسـل بـا خصوصيات آماري تصوير زمينه مقايسه شـده و تصـميم‌گيـري راجـع بـه تعلـق آن پيکسل به شيء يا زمينه انجام مي‌شود. اين روش نسبت به روشهاي سـاده تفاضـل، بسيار مقاوم‌تر است.

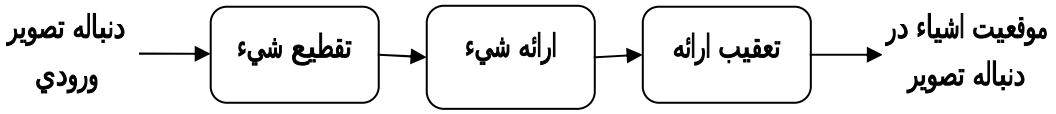
در يک رهيافت پيشرفته‌تر، شيء مورد نظر توسط تعدادي حبـاب[۱۸] بـا خصوصـيات فردي نظير رنگ و آمار مکاني مدل مي‌شـود [۵۳]. سـپس هـر پيکسـل در تصـوير جديد بر طبق رنگ و خصوصيات آماري مکاني خـود، بـه يکـي از حبابهـا منتسـب مي‌گردد.

- **تقطيع مبتني بر اطلاعات زماني**

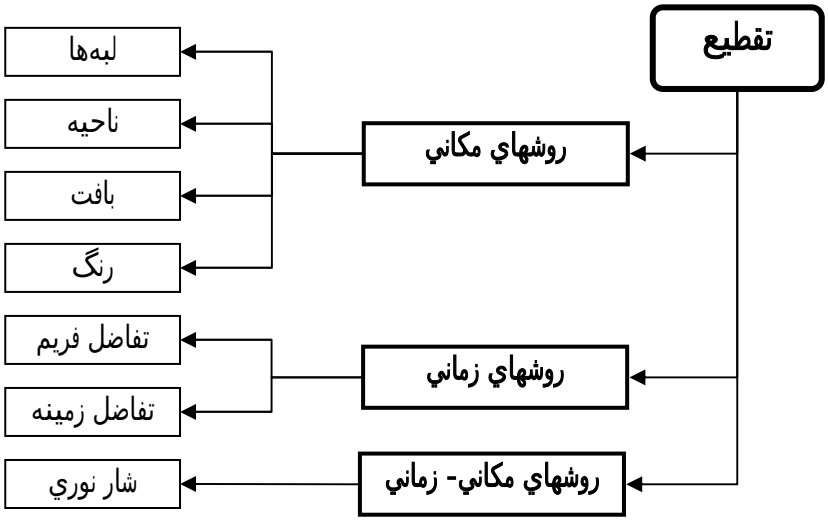
در اين دسته روش، از اطلاعات زماني يـا بعبـارت ديگـر از تفاوتهـاي بـين تصـاوير متوالي دنباله براي تشخيص حرکـت و تقطيـع اشـياء از زمينـه اسـتفاده مـي‌شـود. تفاضل فريم[۱۹] و تفاضل زمينه[۲۰] دو رهيافت اصلي ارائه شده براي تشخيص حرکـت با استفاده از اطلاعات زماني مي‌باشند [۷۶].

تفاضل فريم يک راه حل ساده براي تشخيص حرکـت در يـک محـيط ثابـت اسـت [۷۱، ۷۳، ۷۷، ۲۸۵-۲۸۸]. روش تفاضل فريم بسيار زياد مورد استفاده قرار گرفتـه و براحتي از کم کردن تصوير فعلي از تصوير قبلي دنباله بصورت پيکسل به پيکسـل حاصل مي‌شود. تفاضل مي‌تواند بين شدت سطوح خاکسـتري و يـا انـدازه گراديـان محاسبه گردد. بجاي استفاده از دو تصـوير متـوالي مـي‌تـوان از تعـداد بيشـتري از تصـاوير دنبالـه ورودي بـراي اسـتخراج حرکـت اسـتفاده نمـود [۴۱، ۴۳، ۷۶، ۷۸، ۲۷۰]. نتايج روش تفاضل فريم شديداً به سرعت اشياء متحرک وابستگي دارد.

تفاضل زمينه يک روش سنتي و همگاني بـراي تشـخيص اشـياء متحـرک در يـک دنبالـه تصـاوير اسـت [۸، ۱۰، ۱۶، ۱۷، ۵۳، ۷۲، ۷۹، ۸۰، ۸۳، ۸۴، ۱۸۲، ۱۸۵، ۲۷۲-۲۸۳، ۲۸۹]. در اين روش، يک تصوير از زمينه ثابت و خـالي از نـويز و بـدون حضور هدف (ها)، بعنوان تصوير مرجع در سيستم ذخيره مي‌شود. از اين پس، ايـن تصوير مرجع براي تشخيص اشياء متحرک در دنبالـه تصـاوير مـورد اسـتفاده قـرار مي‌گيرد. براي ايجاد تمايز بين پيکسل‌هاي زمينـه و اشـياء، از تفاضـل پيکسـل بـه پيکسل تصوير ورودي و تصـوير مرجع و مقايسه با يک حد آستانه استفاده مي‌شود.



شكل۱- سه قدم اصلي در عمل ردگيري اشياء متحرک در دنباله تصاوير



شكل۲- روشهای مختلف تقطيع مورد استفاده سيستم های ردگير

روش تفاضل زمينه بسيار سريع است و براي كاربردهاي بي‌درنگ مناسب مي‌باشد [۶، ۹، ۱۸، ۲۴، ۸۱، ۲۷۷]. در اين روش بايد زمينه ثابت بوده و سنسور نيز حركت نداشته باشد. اين روش نسبت به تغييرات زمينه تصاوير ورودي در مقايسه با زمينه تصوير مرجع بسيار حساس است. اين حساسيت يكي از عيوب مهم اين روش محسوب مي‌گردد. براي غلبه بر اين مشكل روشهايي براي به روز درآوردن و نگهداري تصوير مرجع در محيطهاي با زمينه متغير پيشنهاد گرديده است [۸، ۵۲، ۷۶، ۷۹، ۸۲-۸۴، ۱۸۲، ۲۷۵، ۲۷۶]. مدلسازي آماري براي مدل كردن پيكسل‌هاي زمينه، مانند استفاده از چند توزيع نرمال [۱۶] يا تركيب چند گاسين [۱۷، ۵۵، ۷۹، ۱۸۵، ۲۷۹]، زمينه، عمليات تشخيص اشياء را در مقابل تغييرات نورپردازي، سايه‌ها و ديگر مصنوعات[۲۱] مقاوم‌تر مي‌سازد. روش تفاضل زمينه در مقايسه با رهيافت‌هاي ديگر تشخيص حركت، مجموعه كاملتري از ويژگيهاي توصيف كننده اشياء متحرک را فراهم مي‌نمايد [۷۶].

دسته‌اي از روشها وجود دارند كه بجاي آنكه پيكسل را بعنوان كوچكترين عنصر تصميم‌گيري بشناسند، بلوكهايي شامل چند پيكسل را بعنوان واحدهاي تصوير مورد استفاده قرار مي‌دهند [۲۹۰، ۲۹۱]. در اين روشها، هر تصوير به تعدادي بلوک هم‌اندازه تقسيم مي‌شود و اين بلوكها بجاي پيكسل‌ها مبناي تصميم‌گيري بوده و به دو دسته بلوكهاي متعلق به زمينه و بلوكهاي متعلق به اشياء دسته‌بندي مي‌گردند. در اينحالت، تفاضل زمينه براي بلوكها مورد استفاده قرار مي‌گيرد. در اين روشها معمولاً ثبات تصميم‌گيري نسبت به روش استفاده از پيكسل افزايش يافته و سرعت سيستم بهبود چشم‌گيري مي‌يابد؛ ضمن اينكه حافظه كمتري نيز براي نگهداري زمينه اختصاص داده مي‌شود.

- **تقطيع مبتني بر اطلاعات مكاني- زماني**

سه نوع ارائه سرعت در بينايي ماشين مطرح است. نخست ميدان حركت سه‌بعدي، كه حركت واقعي يك شيء در فضاي سه‌بعدي را ارائه مي‌نمايد. ارائه دوم ميدان حركت دوبعدي است، كه حاصل تصوير شدن سرعتهاي سه‌بعدي سطوح بر صفحه تصويربرداري مي‌باشد. ارائه سوم، ميدان حركتي است كه توسط حركت گراديانهاي شدت نور در خلال يك دنباله ايجاد مي‌شود. روشهاي محاسبه ميدانهاي حركت، اغلب بر گراديانهاي زماني و مكاني شدت سطوح خاكستري تصوير متكي هستند [۸۵-۹۲].

شار نوري[۲۲]، توسط ميدان حركت سوم كه مستقيماً از روي داده‌هاي دنباله تصاوير محاسبه مي‌شود تشكيل مي‌گردد [۸۵، ۲۷۳]. با استفاده از شار نوري مي‌توان حركت سه‌بعدي واقعي يك شيء را تخمين زد. اما براي قابل حل شدن محاسبه تخمين ميدان چگالي حركت، بايد محدوديتهايي در نظر گرفت. بعنوان نمونه، شرط هموار درجه دو [۸۷]، يا شرط مشتقپذيري زماني- مكاني با درجه بالاتر از دو [۸۸] را مي‌توان نام برد. محاسبه دقيق و پرچگالي ميدانهاي حركت در محيطهاي طبيعي، بدليل هندسه صحنه، پيچيدگي بافت، تغييرات شرايط نوري، سايه‌ها، و همپوشاني و بهم‌چسبيدگي اشياء متحرک مشكل مي‌باشد. براي رسيدن به يك تقطيع خوب بايد ميدان بردارهاي شار نوري هم دقيق و هم پرچگالي باشد. متأسفانه، همانطور كه طول زمان انجام محاسبات در مقابل دقت محاسبه ميدان بردارهاي شار قرار دارد، چگالي ميدان بردارهاي شار نيز با دقت رابطه معكوس دارد، و لذا بايد يك حد اعتدال بين دقت و چگالي برقرار نمود. پايين بودن دقت يا چگالي ميدان بردارهاي شار نوري باعث ايجاد اشكال در تقطيع مبتني بر حركت اشياء با اين روش مي‌گردد.

شار نوري [۷۴، ۸۷] با وجود حركت سنسور و حركتهاي مستقل اشياء بطور همزمان مي‌تواند تشخيص حركت را انجام دهد. در اين روش، هر حركت مستقل (كه حركت خود سنسور نيز يكي از آنهاست) در بين دو تصوير متوالي بايد كوچک باشد. نتايج شار نوري براي تشخيص حركت اغلب خوب است، ولي متأسفانه بار محاسباتي الگوريتم‌هاي شار نوري سنگين است، و اين روش براي كاربردهاي بي‌درنگ، بدون در اختيار داشتن سخت‌افزار خاص [۵۷، ۹۳]، مناسب نيست. با اين

وجود، الگوريتم تشخيص حركت توسط شار نوري بصورت بي‌درنگ نيز پياده‌سازي گرديده است [۹۴]. از جمله سيستم‌هاي ردگيري كه بر اساس شار نوري ايجاد است مي‌توان به [۹۳، ۹۵-۹۸] اشاره نمود.

در گذشته، حركت تصوير و تقريب آن، يعني شار نوري، بعنوان يک تابع پيوسته در حوزه تصوير در نظر گرفته مي‌شد؛ در حاليكه پديده‌هاي بسياري مي‌توانند باعث ايجاد ناپيوستگي در تابع شار نوري گردند. در بين اين پديده‌ها، همپوشاني و نيمه‌شفافيت[۲۳] به ميزان زيادي در ايجاد ناپيوستگي در تابع شار نوري دخالت دارند. مرزهاي همپوشاني توسط همپوشاني جزئي يک سطح توسط سطح ديگر توصيف مي‌شود و نيمه‌شفافيت با همپوشاني يک سطح توسط يک ماده يا سطح نيمه‌شفاف تعريف مي‌گردد. در تصويربرداري واقعي، مسأله همپوشاني، بيشتر از نيمه‌شفافيت پيش مي‌آيد و باعث ايجاد ناپيوستگي در تابع شار نوري مي‌گردد. روشهائي براي حل مسأله ناپيوستگي در ميدان شار نوري ارائه گرديده است [۹۹-۱۰۴].

در سالهاي اخير توجه بسياري به تشخيص حركت در دنباله تصاوير توليد شده توسط يک سنسور متحرک صورت گرفته است [۷۱-۷۴، ۱۰۵، ۱۰۶]. از جمله كاربردهاي اين زمينه مي‌توان به فشرده‌سازي و كد كردن ويديوئي، نظارت و مراقبت در تصاوير هوائي و زميني، و تشخيص و ردگيري اشياء متحرک در دنباله تصاوير حاصل از يک سنسور با قابليت دوران حول محورهاي افقي و عمودي اشاره نمود.

در اين حالت، تفاضل زمينه نمي‌تواند بطور مستقيم اعمال گردد. در ابتدا جبران حركت [۱۰۷-۱۰۹] براي خنثي كردن حركت سنسور مورد نياز است. معمولاً يک مدل حركت (سه‌بعدي يا دوبعدي بسته به ساختار صحنه و حركت سنسور) براي زمينه فرض گرديده و پارامترهاي حركت تخمين زده مي‌شوند. سپس زمينه بصورت بهينه تطبيق يافته و اشياء بصورت پيكسل به پيكسل تشخيص داده مي‌شوند. در اينجا فرض مي‌گردد كه مدل حركت به اندازه كافي دقيق بوده، پارامترهاي حركت بطور دقيق تخمين زده مي‌شوند و عدسيهاي سنسور كم و بيش بدون اعوجاج هستند. در عمل، اين فرضيات به سختي محقق مي‌شوند [۷۴]. معمولاً تصحيح اعوجاج[۲۴]، تصفيه تطبيق[۲۵]، و تطبيق دقيق سه‌بعدي مورد نياز است. اين پردازشها زمانگير بوده و براي كاربردهاي بي‌درنگ مناسب نيستند.

همانطور كه پيش از اين اشاره گرديد، بسياري از روشهاي تفاضل زمينه با استفاده از زمينه ثابت اعمال مي‌گردند [۸، ۱۶، ۱۷، ۵۳، ۷۹، ۸۰، ۳۱۳]. يكي از مشكلات استفاده از تفاضل زمينه با استفاده از زمينه متغير نگهداري زمينه است. در يک تحقيق جديد [۱۱۰]، يک مدل توزيع مكاني گاسي ارائه گرديده كه يک توصيف زماني- مكاني زمينه مي‌باشد. در اين روش، تشخيص اشياء بر پايه مدل ارائه شده براي زمينه انجام مي‌گيرد. اين رهيافت براي تفاضل زمينه متغير ايجاد شده است و مي‌تواند تصوير زمينه را با وجود تغييرات زمينه نگهداري كند. اين روش حتي در مقابل جبران تقريبي حركت، نويز، يا تغييرات محيطي مقاوم بوده و قادر است اشياء متحرک كوچک را در يک زمينه بشدت بافت‌دار تشخيص داده و ردگيري نمايد.

۲-۱-۲ ارائه اشياء

بطور كلي دو نوع ارائه اطلاعات تصويري وجود دارد كه عبارتند از ارائه مبتني بر شيء و ارائه مبتني بر تصوير. ارائه مبتني بر شيء به تقطيع شيء از زمينه بستگي دارد و ارائه مبتني بر كل تصوير مستقيماً از تصوير ناشي مي‌گردد.

- **ارائه مبتني بر شيء**

اين نوع ارائه اساساً به خروجي مرحله قبل، يعني تقطيع شيء از زمينه متكي است. عناصر مورد استفاده در اين نوع ارائه عبارت از نقاط، پاره خطها، منحني پيراموني، مستطيل‌هاي محيطي، ناحيه، كليشه، عكس سياه يكدست و حباب مي‌باشند.

ارائه بصورت نقطه را مي‌توان بصورت مطلوب در سيستم‌هايي كه از علامتهاي فعال يا غيرفعال[۲۶] بر روي شيء استفاده مي‌كنند، بكار برد [۲۹۸، ۲۹۹]. علامتهاي فعال باعث ايجاد تباين[۲۷] زياد در تصوير مي‌شوند و يک ارائه مقاوم و مناسب ايجاد مي‌كنند. اگر از بيشتر از يک سنسور استفاده شود، يک ارائه سه‌بعدي نيز مي‌توان بدست آورد [۱۱۵].

ارائه شيء توسط نقطه مركز ثقل آن در اين دسته قرار مي‌گيرد [۶۰]. روشهاي گوناگوني براي ردگيري نقطه وجود دارد كه از آن جمله مي‌توان به روش ارائه شده توسط شاه‌حسيني و صفابخش اشاره نمود [۳۰۷، ۳۰۸]. آنها در روش خود، يک شبكه عصبي نگاشت خودسازمانده پوياي[۲۸] جديد با عنوان نگاشت خودسازمانده تطبيقي با زمان[۲۹] ارائه نمودند كه اين شبكه عصبي بعنوان يكي از كاربردهاي خود مي‌تواند چندين شيء ارائه شده بصورت نقطه را بصورت همزمان ردگيري نمايد.

ارائه شيء توسط نقاط گوشه‌اي[۳۰] آن نيز ممكن است [۱۷۷]. در اين ارائه نقاط گوشه‌اي شيء استخراج گرديده و سپس شيء توسط اين نقاط ارائه شده و در طول زمان در تصاوير متوالي ردگيري مي‌شود.

فلسفه ارائه با مستطيل‌ها، ارائه شيء توسط مجموعه‌اي از مستطيل‌هاي محيطي است كه هر مستطيل، پيكسل‌ها يا نواحي بخشي از شيء تقطيع شده را در بر مي‌گيرد. برخي از سيستم‌ها اين مستطيل‌ها را در طول زمان ردگيري مي‌كنند [۱۱۶، ۱۱۷]. در ديگر سيستم‌ها از اين مستطيل‌ها بعنوان يک ارائه مياني كه در مراحل بعدي دوباره مورد پردازش قرار مي‌گيرند، استفاده شده است.

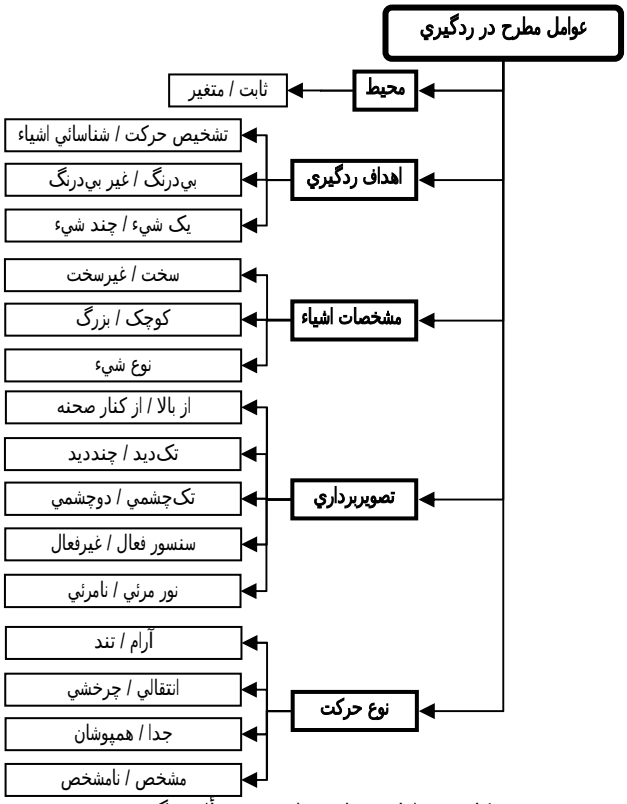
ناحيه درون هر مستطيل با استفاده از يک روش محاسبه همبستگي متقابل يا يک معيار فاصله در طول زمان ردگيري مي‌شود. همچنين ممكن است براي شيء يک كليشه[۳۱] در نظر گرفته شود و با استفاده از روشهاي تطبيق كليشه[۳۲]، اين كليشه در طول زمان تحت ردگيري قرار گيرد.

كانتور يا پيرامون شيء نيز مي‌تواند براي ارائه شيء بكار برده شود [۱۳۶]. مي‌توان براي پيرامون شيء يک مدل، بعنوان مثال تركيبي از چند پاره خط، در نظر گرفت و سپس براي ردگيري شيء اين كانتور را تعقيب نمود. اين كانتور مي‌تواند از نوع ايستا يا پويا باشد. در نوع ايستا شكل كانتور در طول فرآيند ردگيري تغيير نمي‌كند و ثابت باقي مي‌ماند، درحاليكه، كانتور پويا يا فعال كه به آن مدل اسنيک[۳۳] نيز گفته مي‌شود در طول فرآيند ردگيري همواره شكل خود را با شكل پيرامون شيء تطبيق مي‌دهد و تغيير مي‌كند [۳۱۶].

از لبه‌ها كه ممكن است يا بصورت مجموعه نقاط [۱۲۲] يا بصورت قطعه خطها [۱۲۳] نشان داده شوند نيز براي ارائه استفاده مي‌گردد. استفاده از قطعه خطوط بعنوان لبه‌ها نسبت به نويز مقاوم‌تر مي‌باشد.

ارائه بصورت عكس سياه يكدست بخاطر سادگي آن زياد مورد استفاده واقع شده است [۱۱۴]. عكس سياه يكدست مي‌تواند مستقيماً ردگيري شده و يا بعنوان يک ارائه مياني در نظر گرفته شود.

در ارائه بصورت حباب، شيء توسط يک يا چند حباب كه هر كدام داراي خصوصيات مشابه هستند ارائه مي‌گردد [۳۸، ۵۳]. اين تشابه مي‌تواند شار نوري منسجم [۱۱۸]، رنگهاي مشابه [۱۱۹]، شار نوري منسجم و رنگهاي مشابه [۱۲۰]، يا خصوصيات آماري مربوط به پيكسل‌ها باشد. پس از ارائه شيء بصورت يک يا چند حباب، هر حباب با توجه به معيار شباهت انتخاب شده از يک تصوير به تصوير بعدي با استفاده از يک معيار تشابه‌سنجي تعقيب مي‌گردد. همچنين در تصوير جديد مي‌توان هر پيكسل را با توجه به خصوصيات فردي مانند رنگ و آمار مكاني به حبابها منتسب نمود.



شكل۳- عوامل مختلف مطرح در مسأله ردگيري

- **ارائه مبتني بر تصوير**

اين نوع ارائه مستقيماً مبتني بر پيكسل‌هاي تصوير است. در اينجا، ارائه ممكن است يا از خود تصوير، مستقل از وجود يا عدم وجود شيء در آن بدست آيد و يا از نواحي داخلي مستطيل‌هاي محيطي، حبابها و ديگر ارائه‌هاي شيء حاصل گردد. اين تصاوير كامل يا غير كامل، به فضاي ديگري تبديل مي‌گردند و يک ارائه فشرده‌تر از اطلاعات يا تصوير ايجاد مي‌كنند. از جمله تبديلاتي كه مورد استفاده قرار گرفته‌اند مي‌توان به تبديل‌هاي فوريه، تحليل مؤلفه اصلي[۳۴]، كسينوس گسسته و موجک[۳۵] اشاره نمود. در دسته‌اي پيشرفته‌تر از ارائه مبتني بر تصوير، بعد زمان نيز به ارائه اضافه مي‌گردد [۱۲۱].

۳-۱-۲ تعقيب اشياء

پس از تقطيع اشياء از زمينه و ارائه مناسب آنها نوبت به دنبال كردن آنها مي‌رسد. هدف تعقيب تعيين موقعيت اشياء در هر يک از تصاوير دنباله ورودي است. بعبارت ديگر، تعقيب در طول زمان را مي‌توان يافتن اشياء و ايجاد تناظر بين اشياء يافته شده متناظر، در تصاوير متوالي دانست.

از يک ديدگاه، روشهاي تعقيب را مي‌توان به دو دسته كلي پايين به بالا[۳۶] و بالا به پايين[۳۷] تقسيم‌بندي نمود. در رهيافت پايين به بالا، تصوير به تعدادي اشياء تقطيع مي‌گردد و سپس اين اشياء براي تعقيب مورد استفاده قرار مي‌گيرند. اين روشها عمدتاً تمايل دارند كه حالات اشياء را با تحليل محتويات تصوير ايجاد و محاسبه نمايند. كارائي روشهاي پايين به بالا به ميزان توانايي تحليل تصوير محدود مي‌گردد.

در مقابل، در يک رهيافت بالا به پايين تعدادي فرضيه توليد شده و سعي مي‌شود اين فرضيه‌ها با استفاده از تصوير تأييد و تصديق گردند. بعبارت ديگر، روشهاي بالا به پايين بر اساس يک ارائه پارامتريک از شيء و با توجه به تصوير زمان قبل، يکسري فرضيات كانديد توليد مي‌كنند و تعقيب در اين حالت با اندازه‌گيري و بررسي ميزان صحت هر فرضيه با توجه به مشاهدات تصوير انجام مي‌گيرد. كارائي روشهاي بالا به پايين كمتر به تحليل تصوير متكي است و بيشتر به توليد و بررسي صحت فرضيات وابسته مي‌باشد.

تعقيب چند فرضيه‌اي [۱۲۴، ۱۲۷-۱۲۹] به دسته‌اي از الگوريتم‌هاي تعقيب گفته مي‌شود كه يک مجموعه كامل از فرضيات براي توصيف مشاهدات مختلف راجع به هدف ايجاد مي‌نمايند. دو جزء اساسي اين الگوريتم‌ها را مي‌توان بصورت زير برشمرد: نخست، يک روش براي مديريت تعدد فرضيات توليد شده و دوم، يک ابزار سنجش براي ارزيابي فرضيات رقيب با يکديگر. تعقيب نقاط ويژگي يكي از كاربردهاي تعقيب چند فرضيه‌اي است. مسأله تشخيص ويژگيها و ايجاد تطابق آنها در طول زمان تعقيب با استفاده از الگوريتم آزمون چند مرحله‌اي فرضيات[۳۸] در [۱۲۵] مورد بررسي قرار گرفته است. در اين زمينه يک الگوريتم چند مرحله‌اي با عنوان ردگيري آزمون چند مرحله‌اي فرضيات چندگانه[۳۹] نيز ارائه شده است ۱۲۶].

از ديدگاه ديگر، اغلب روشهاي تعقيب فعلي را مي‌توان به دو دسته عمده مبتني بر ويژگي[۴۰] و مبتني بر مدل[۴۱] تقسيم‌بندي نمود. در روشهاي مبتني بر ويژگي، يكسري ويژگيهاي اوليه هندسي، نظير نقاط [۱۳۰]، پاره خطها [۱۳۱، ۱۳۲]، دوابر [۱۳۳] و غيره، همچنين ويژگيهاي پيچيده‌تر نظير كانتور [۱۱۳، ۱۳۴]، نواحي مورد علاقه[۴۲] [۱۳۲] و ديگر ويژگيها مورد توجه قرار مي‌گيرند. در روشهاي مبتني بر مدل، يک مدل از شيء تحت تعقيب ايجاد و از آن براي ردگيري استفاده مي‌شود. اين مدل مي‌تواند يک كليشه دوبعدي از شيء مانند كانتور فعال [۱۳۵، ۱۳۶]، نمايش آماري شيء [۵۳، ۱۱۲-۱۱۴] و يا يک مدل گد[۴۳] [۹۵، ۹۶، ۱۳۷-۱۴۱] باشد. روشهاي تعقيب مبتني بر مدل، يک مدل مرجع را با تصوير شيء مورد نظر منطبق مي‌سازند و ميزان عدم تطبيق را معمولاً با يک روش تكراري كم مي‌كنند و پس از ايجاد تطبيق مورد نظر شيء ردگيري مي‌شود.

تصويــر يک شيء مي‌تواند بدليل همپوشاني[۴۴] يا بهم‌چسبيدگي[۴۵] با ديگــر اشياء متحرک يا ثابت در محيط، تجزيه يا تركيب شود و بدليل نويز تصوير تغييراتي پيدا كند، يا در اثر سايه‌ها يا شرايط نوري متغير دچار تغييراتي گردد. اين موارد از جمله مسائل و مشكلات مطرح در ردگيري اشياء متحرک مي‌باشند.

در کنار تحلیل تطابق و تناظر براي ردگيري، معمولاً تخمين و پيشگويي نيز وجود دارد. حالت اشياء، مانند وضعيت ظاهري، موقعيت و ديگر خصوصيات، در تصوير بعدي، بر اساس اشياء تشخيص شده قبلي و احتمالاً با استفاده از يک دانش سطح بالا تخمين زده مي‌شود. سپس اين تخمين با حالت اشياء يافته شده در تصوير واقعي مقايسه مي‌گردد. تخمين، يک ناحيه مورد علاقه در فضاي تصوير و در فضاي حالت تعريف مي‌کند و نياز به جستجو و پردازش در کل تصوير را از بين مي‌برد.

تخمين هر يک از پارامترهاي حالت بر اساس مدل تغيير اين پارامترها نسبت به زمان است. ممکن است از يک مدل براي سرعت و شتاب شيء استفاده شود [۱۷۹] يا مدل‌هاي پيشرفته‌تر براي حرکت، نظير راه رفتن يک انسان بکار رود [۱۲۳، ۲۹۴].

قاعده بيز[۴۶] ابزاري است که توسط آن مي‌توان مدل ارتباط بين علت‌ها و مشاهدات را معکوس نموده و علت‌ها را از مشاهدات نتيجه گرفت. يک علت، مانند محتواي زمينه يا موقعيت و سرعت هدف، توسط پارامترهاي مدل بيان گرديده و اين همان حالتي است که توسط استنتاج بيزي تخمين زده مي‌شود. روشهاي ارائه شده براي محاسبه اين تخمين عبارتند از:

- **فيلتر کالمن[۴۷]**

يک روش متداول براي پيشگويي، استفاده از فيلتر کالمن مي‌باشد [۲۱۴]. اين فيلتر قادر به تخمين عدم قطعيت در پيشگويي نيز هست. اين عدم قطعيت‌ها را مي‌توان براي تعيين ناحيه مورد علاقه بکار برد. فيلتر کالمن در زماني که سيستم خطي و نويز از نوع اضافه شونده گاسي باشد بهينه است. متأسفانه فيلتر کالمن تنها حالاتي را در بر مي‌گيرد که توزيع احتمال پارامترهاي حالت، تک‌قله‌اي[۴۸] باشد. زمانيکه همپوشاني و بهم‌چسبيدگي اشياء وجود داشته باشد، شلوغي و بهم‌ريختگي زمينه[۴۹] شبيه شيء مورد تعقيب بنظر برسد، و حالتي که اشياء داراي ديناميک پيچيده باشند، توزيع احتمال پارامترهاي حالت احتمالاً چندقله‌اي[۵۰] خواهد بود.

فيلتر کالمن قادر است که باور[۵۱] را بوسيله يک تابع گاسي چند متغيره با استفاده از بردار ميانگين و ماتريس کوواريانس ارائه نموده و عمل فيلتر نمودن را بسيار ساده و سريع انجام دهد. مسائلي را که داراي ماهيت خطي گاسي نيستند اغلب مي‌توان خطي کرده و با استفاده از فيلتر کالمن توسعه يافته[۵۲] [۲۱۵] حل نمود، هر چند که اين روش نيز نمي‌تواند توزيع چندقله‌اي باور را در نظر بگيرد.

- **فيلتر پارتيکل[۵۳] (فيلتر بيزي بازگشتي[۵۴])**

ايده فيلتر پارتيکل، که اعمال بازگشتي فيلتر بيزي بر روي مجموعه‌هاي نمونه‌هاست، توسط گروه‌هاي تحقيقاتي متفاوتي پيشنهاد گرديده است [۲۱۶-۲۱۹]. اين فيلتر نه به سيستم‌هاي خطي محدود است و نه نويز را از نوع گاسي اضافه شونده فرض مي‌کند. روش فيلتر پارتيکل اخيراً در محيطهاي غيرخطي غيرگاسي برتريهائي نسبت به رهيافت‌هاي مبتني بر فيلتر کالمن نشان داده است [۲۲۰]. اما پيچيدگي محاسباتي بالاي روشهاي مبتني بر فيلتر پارتيکل از کاربرد آنها در مسائل بزرگ نظير ردگيري تعداد زياد اشياء متحرک جلوگيري مي‌کند [۲۲۱، ۲۲۲]. براي اتخاذ تصميمات مناسب نياز به اطلاعات مناسب مي‌باشد. اين اطلاعات معمولاً مبهم و پيچيده بوده و بنابراين يک روش قوي که بطور صريح عدم قطعيت را در نظر بگيرد مورد نياز است. فيلترهاي کالمن در زماني که سيستم خطي و گاسي است بهينه مي‌باشند. در مقابل فيلترهاي پارتيکل از نظر محاسباتي پيچيده هستند، ولي نسبت به فيلترهاي کالمن در محيطهاي غيرخطي غيرگاسي کارائي بهتري ارائه مي‌کنند.

دسته‌اي از الگوريتم‌ها وجود دارند که قادر به ردگيري چند فرضيه‌اي[۵۵] مي‌باشند. بعبارت ديگر، اين الگوريتم‌ها توزيعهاي احتمال چندقله‌اي مربوط به پارامترهاي حالت را پشتيباني مي‌کنند. الگوريتمي که بيش از همه مورد استفاده قرار گرفته الگوريتم CONDENSATION مي‌باشد [۲۱۷، ۲۱۸، ۲۲۲-۲۲۴]. اين الگوريتم بطور همزمان در آمار و پردازش سيگنال مورد مطالعه قرار گرفته و با عناويني نظير فيلتر بوت استرپ بيزي[۵۶] [۲۱۶] و فيلتر مونت کارلو[۵۷] [۲۱۹] نيز شناخته شده است. اين الگوريتم بر اساس نمونه‌برداري از تابع توزيع احتمال پسين تخمين زده شده در تصوير قبلي و پخش کردن اين نمونه‌ها بمنظور تشکيل تابع توزيع احتمال پسين براي تصوير فعلي عمل مي‌کند. اين روش نسخه مشابه و قدرتمندتري نسبت به فيلتر کالمن مي‌باشد [۲۲۵]. با اين وجود، از آنجاييکه اين الگوريتم يک روش غير پارامتريک است، به تعداد نسبتاً زيادي نمونه جهت تضمين يک تخمين بيشترين احتمال[۵۸] صحيح از حالت فعلي نياز دارد. الگوريتم ديگري در اين زمينه با نام الگوريتم انتقال متوسط[۵۹] ارائه شده است [۶۰]. اين دو الگوريتم خصوصاً در حضور شلوغي و بهم‌ريختگي زمينه داراي برتريهاي مشخصي نسبت به فيلتر کالمن مي‌باشند.

در مسائل داراي ابعاد بزرگ، بايد يک روش کاراتر مورد استفاده قرار گيرد. روشي ارائه شده است که در آن تنها قله‌هاي توزيع احتمال پسين نمونه‌برداري مي‌گردند و به تصوير بعدي پخش مي‌شوند، که اين مسأله به تعداد نسبتاً کمي نمونه نياز دارد [۲۲۶]. علاوه بر اين، توزيع با استفاده از توابع گاسي ساخته مي‌شود که ميانگين آنها همان نمونه‌هاي پخش شده بوده و کوواريانس آنها توسط عدم قطعيت در تخمين مشخص مي‌شود. بنابراين توزيع، پارامتريک بوده و مي‌توان تخمين بيشترين احتمال را مستقيماً انجام داد.

- **استنتاج بيزي در دنباله‌هاي تصاوير[۶۰]**

دليل اصلي پرهيز از فرضيات خطي گاسي فيلتر کالمن، طبيعت به شدت غيرگاسي پاسخ فيلتر تشخيص هدف به هر تصوير ورودي است. هدف در هر زمان مي‌تواند پشت اشياء ثابت يا متحرک ديگري قرار گيرد و اشياء مشابه به هدف در تصوير موجود باشند، و در واقع پاسخ فيلتر تشخيص هدف دقيقاً شيء مورد نظر را مشخص نکند. اين مسائل باعث گمراه شدن فيلتر کالمن مي‌گردد. اين مشکل انگيزه‌اي است براي ايجاد روشهائي که قادر به ارائه چگاليهاي احتمال چندقله‌اي باشند. پيچيدگي استنتاج براي روش بيزي بسيار زياد خواهد بود، مگر آنکه مسأله شکسته شده و از يک روش تقريب استفاده گردد [۱۸۴].

۲-۲ عوامل مطرح در سيستم‌هاي ردگيري

از آنجائيکه عوامل گوناگون درگير با مسأله ردگيري در ساختار و طراحي سيستم ردگيري تأثيرگذار هستند، اين عوامل و تأثيرات آنها بايد براي طراحان سيستم‌هاي ردگيري شناخته شده باشند. با توجه به ترکيبات زياد خصوصياتي که هر جزء سيستم مي‌تواند داشته باشد، تنوع سيستم‌هاي ردگيري نيز زياد خواهد بود. بعنوان مثال، اگر در يك سيستم ردگيري، دنباله تصاوير ورودي توسط يك سنسور ثابت تهيه شود و در سيستم ديگر از يك سنسور متحرك استفاده گردد، مسأله ردگيري در اين دو سيستم با يك روش يكسان حل نمي‌شود و هر سيستم راه حل خاص خود را مي‌طلبد. در واقع، با تغيير خصوصيات پارامترهاي مرتبط با سيستم ردگيري، پيچيدگي حل مسأله نيز تغيير مي‌يابد. با توجه به سيستم‌هاي متنوع موجود، بعضي از اين پارامترها را بصورتي که در ادامه مي‌آيد دسته‌بندي و معرفي مي‌نمائيم. اين دسته‌بندي در شكل۳ نمايش داده شده است.

۲-۲-۱ نوع محيط

يک عامل بسيار تأثيرگذار در سيستم‌هاي ردگيري، شرايط محيطي است که ردگيري در آن انجام مي‌پذيرد. مهمترين خصوصيت اين محيط، ثابت يا متغير بودن آن است.

- **محيط ثابت / متغير**

محيطي كه ردگيري اشياء متحرك در آن صورت مي‌پذيرد مي‌تواند متغير يا ثابت باشد. درجائيكه زمينه يا محيط ثابت است، عمل استخراج حركت و ردگيري به صورت ساده‌تري انجام مي‌پذيرد [۱۷۶]. متغير بودن زمينه باعث مشكل‌تر شدن فرآيند استخراج حركت مي‌گردد [۶، ۳۹]. مثلاً در حالتيكه سنسور در خارج ساختمان نصب شده است [۱۸]، تغييرات شرايط نوري، حركت جزئي درختان بدليل وزش باد، تغييرات سايه‌ها، حركت ابرها و غيره باعث متغير بودن محيط و زمينه مي‌گردند. معمولاً از روشهايي براي دخالت دادن تدريجي تغييرات زمينه در فرآيند ردگيري استفاده مي‌شود [۸، ۵۲، ۷۶، ۷۹، ۸۲-۸۴]. در برخي از سيستم‌ها براي تغييرات روشنائي محيط يک مدل ايجاد گرديده و از اين طريق با مشكل شرايط نوري متغير برخورد مي‌شود [۶، ۳۷، ۴۳، ۵۲، ۱۷۷، ۱۷۸].

۲-۲-۲ اهداف ردگيري

هدف عمل ردگيري را مي‌توان عامل بسيار مهم ديگر در طراحي سيستم‌هاي ردگيري دانست. مسأله تشخيص حركت با يا بدون شناسائي اشياء، ردگيري بصورت بي‌درنگ يا غيربي‌درنگ، و تعداد اشياء مورد نظر براي ردگيري داراي اهميت مي‌باشند.

- **تشخيص حركت / شناسائي اشياء**

در مسأله ردگيري اشياء متحرك، ممكن است فقط مطالعه حركت اشياء مد نظر بوده و شناسائي آنها مورد نياز نباشد. بعنوان مثال، در كنترل خودكار تردد، براي ايجاد توصيف كيفي از توزيع مكاني تردد ثابت يا در حال حركت [۱۶۴-۱۶۷، ۳۱۱]، اندازه‌گيري پارامترهاي ترافيک [۳۱۰]، تشخيص راهبندان [۱۶۵]، تشخيص صف ترافيک [۶، ۱۶۵، ۱۶۶، ۱۶۸، ۱۶۹]، شمارش خودروها [۶، ۸۱، ۱۶۳، ۱۶۵-۱۶۷، ۱۷۰-۱۷۴]، تشخيص خودروهاي متخلف [۳۱۴]، ردگيري وسائط نقليه [۳۱۵]، تشخيص تغيير خط حركت [۶] و اندازه‌گيري سرعت خودروها [۱۶۵-۱۶۷، ۱۷۰-۱۷۳] نيازي به شناسائي تک‌تک وسائط نقليه موجود در صحنه نيست و تنها ردگيري آنها داراي اهميت است. همچنين در شمارش افراد پياده‌اي كه از يک محيط عبور مي‌كنند نيازي به شناسائي تک‌تک افراد نيست [۲۷۴]. در برخي از ديگر كاربردها شناسائي نيز مورد نياز است [۳۵، ۳۷، ۱۷۵]. بعنوان مثال، در مراقبت تردد از يک مكان، تعيين هويت افراد از چهره، يا خواندن پلاک خودرو [۳۱۲] شناسائي مورد نياز است.

- **ردگيري بي‌درنگ / غيربي‌درنگ**

در بسياري از كاربردها، علاوه بر دقت تشخيص و ردگيري، بي‌درنگ بودن اين عمليات يک ضرورت قطعي به حساب مي‌آيد. اما با افزايش سرعت تشخيص و ردگيري، بار محاسباتي نيز به شدت افزايش مي‌يابد. لذا ضرورت بي‌درنگ بودن اغلب بعنوان يک محدوديت بر روي انتخاب الگوريتم‌ها اثر مي‌گذارد. استفاده از الگوريتم‌هاي سريع و سخت‌افزار مناسب امكان تشخيص و ردگيري بصورت بي‌درنگ و استفاده از سيستم بصورت برخط را فراهم مي‌آورد [۷، ۸، ۵۴، ۵۶، ۵۷، ۹۳، ۱۵۳-۱۵۵].

- **ردگيري يك شيء / چند شيء**

در صحنه مورد بررسي ممكن است يك [۵۴، ۱۵۸، ۱۶۳] يا چند [۵۶، ۱۵۲] شيء متحرك وجود داشته باشند. به ازاء هر شيء متحرك موجود در صحنه يک بار محاسباتي به سيستم تحميل مي‌گردد، و هر چه تعداد اشياء متحرك مورد نظر براي ردگيري بيشتر باشد، زمان بيشتري مورد نياز است. بنابراين بي‌درنگ ساختن يك سيستم با تعداد زياد اشياء متحرك تا حدي مشكل است و معمولاً طراحان سيستم‌هاي ردگيري، ماكزيمم تعداد اشياء متحركي كه سيستم بصورت بي‌درنگ مي‌تواند ردگيري نمايد را بعنوان يك مقدار حدي مطرح مي‌كنند.

مشكل مهم‌تري كه ممكن است با وجود بيشتر از يك شيء متحرك در تصوير رخ دهد، ايجاد تناظر غلط بين اشياء متحرک به هم نزديک شده است. اين مسأله با استفاده از يک سابقه ذخيره شده از حركت هر شيء و انجام تخمين و استنتاج و بكار بردن قوانين مكاشفه‌اي ديگر حل مي‌شود [۲۱۴].

۳-۲-۲ مشخصات اشياء

مشخصات اشياء يا هدف‌هاي ردگيري، نقش تعيين كننده‌اي در طراحي سيستم‌هاي ردگيري دارند. اين اشياء مي‌توانند سخت[۶۱] يا غيرسخت، كوچک يا بزرگ، و از انواع گوناگون باشند.

- **اشياء سخت / غيرسخت**

اشياء مورد نظر براي ردگيري ممكن است سخت بوده و در فرآيند حركت شكل آنها غير قابل تغيير باشد، مانند مسأله ردگيري اتومبيل‌ها در يك جاده. از سوي ديگر، ممكن است اشياء متحرك غيرسخت باشند و شكل آنها در طي حركت تغيير نمايد [۵۴، ۸۴]. مثلاً حركت يك انسان را مي‌توان بعنوان حركت يك شيء غيرسخت در نظر گرفت. روش ردگيري براي اشياء سخت و غيرسخت داراي تفاوتهايي مي‌باشد.

- **اشياء كوچک / بزرگ**

درصورتيكه اشياء تحت ردگيري بسيار كوچک باشند [۱۸]، تعداد پيكسل‌هاي مربوط به تصاوير اين اشياء نيز كم است. از اين تعداد كم نمي‌توان براي آموزش يک مدل پيچيده براي رنگ يا شكل اشياء استفاده نمود. با پيچيده‌تر شدن مدل، تعداد نمونه‌هاي آموزشي مورد نياز نيز بصورت نمايي افزايش مي‌يابد. در اين شرايط، اغلب سيستم‌ها از اطلاعات رنگ، ناحيه و مدل‌هاي پيچيده شكل استفاده نكرده و مدل حركت و همچنين ويژگيهاي ساده‌اي از شكل اشياء را براي ردگيري بكار مي‌برند [۱۱، ۱۸۵، ۱۸۶]. ردگيري تعدادي نقطه بدون استفاده از اطلاعات شكل و ظاهر نيز ممكن است. ايجاد تطابق بين اين نقاط در تصويرهاي متوالي مي‌تواند بر اساس معيار نزديكترين همسايه[۶۲] باشد [۱۸۷-۱۸۹]. اين روش ساده‌ترين روش براي ايجاد تطابق بين نقاط بوده و در جائيكه تراكم يا سرعت نقاط زياد باشد از دقت كمي برخوردار است.

در مقابل براي ردگيري اشياء بزرگ، روشهاي گوناگوني كه از اطلاعات رنگ يا مدل‌ها و ويژگيهاي پيچيده شكل شيء بهره مي‌برند ارائه گرديده است. مثلاً در برخي از سيستم‌ها از مدل [۱، ۸، ۳۵، ۳۷، ۵۳-۵۶، ۷۷، ۱۷۵، ۱۹۲، ۱۹۳، ۲۰۲-۲۰۴، ۲۲۹، ۲۹۴-۲۹۷]، ويژگيها [۲، ۳۹، ۷۰، ۱۴۸، ۱۷۷، ۱۹۰، ۲۳۰-۲۴۰]، ناحيه و كليشه [۶، ۴۰-۴۳، ۱۱۷، ۲۵۵، ۲۵۷]، كانتور [۳۸، ۵۴، ۱۳۶، ۱۷۶، ۱۸۲، ۲۵۹-۲۶۴، ۳۱۶]، و خصوصيات رنگ [۲۷، ۲۸، ۱۵۱، ۱۵۳-۱۵۵، ۱۹۴، ۱۹۵، ۲۶۵، ۲۶۶] مربوط به اشياء براي ردگيري بهره گرفته مي‌شود. همچنين روشهائي نيز بر پايه حوزه فركانس ارائه گرديده است [۲۶۹، ۲۷۱].

- **نوع شيء**

از آنجائيكه خصوصيات ذاتي اشياء را مي‌توان براي ردگيري بهتر و آسانتر آنها مورد استفاده قرار داد، دانستن نوع شيء مورد نظر براي ردگيري داراي اهميت است. از جمله اشيائي كه در كاربردهاي ردگيري حركت مطرح هستند مي‌توان به انسان [۸، ۹، ۵۳-۶۰، ۲۹۴-۲۹۷]، اندامهاي مختلف بدن انسان [۱۹، ۵۳، ۱۹۲-۲۰۱، ۳۰۰-۳۰۴]، اتومبيل‌ها و وسائط نقليه [۳۷-۳۹، ۱۱۷، ۱۵۲، ۱۸۱-۱۸۳، ۲۰۲-۲۰۹]، هواپيماي در حال پرواز [۱۸۴] در آسمان، ذرات ميكروسكوپي، و اشياء مصنوعي اشاره نمود.

۴-۲-۲ تصويربرداري

نحوه تصويربرداري از محيط ردگيري نيز يكي از مسائلي است كه در طراحي سيستم‌هاي ردگيري بايد به آن توجه گردد. موقعيت سنسور نسبت به صحنه، استفاده از يک ديد يا چنديد از صحنه، در اختيار داشتن ديد تک‌چشمي يا دوچشمي، استفاده از سنسور فعال يا غير فعال، و بهره بردن از نور مرئي يا نامرئي از جمله مسائلي هستند كه بايد مورد توجه قرار گيرند.

- **تصويربرداري از بالا / از كنار**

سنسور را مي‌توان يا در بالاي صحنه [۸۱، ۱۵۱، ۱۵۲، ۱۶۲] و يا در گوشه‌اي از صحنه [۱۵۲] نصب نمود. در تصاويري كه از بالاي صحنه گرفته مي‌شود، مسأله پرسپكتيو مشكل حادي ايجاد نمي‌كند و در عمل تأثير چنداني بر فرآيند درك تصوير ندارد. تصاوير حاصل از سنسور نصب شده در كنار صحنه داراي پرسپكتيو مي‌باشند، و براي تحليل تصوير بايد معادلات پرسپكتيو را نيز دخالت داد، و نتيجتاً حل مسأله پيچيده‌تر خواهد شد. براي كاربردهايي نظير كنترل ورود و خروج افراد به يك محل بدون شناسايي اشخاص براحتي مي‌توان از سنسور نصب شده در بالاي صحنه استفاده نمود. درحاليكه در كاربردهايي كه نياز به تشخيص چهره افراد باشد، ديد از بالا مناسب نخواهد بود و حتماً بايد تصويربرداري از كنار صحنه صورت پذيرد.

- **تصويربرداري تك‌ديد / چنديد**

در كار تشخيص و ردگيري اشياء متحرك در يك فضاي سه‌بعدي، اگر تنها از تصاوير گرفته شده از يك زاويه استفاده گردد، هنگامي كه دو شيء يكديگر را مي‌پوشانند روشن نمودن وضعيت اشياء نسبت به هم معمولاً پيچيده مي‌شود. درحاليكه اگر دنباله تصاوير از چند زاويه ديد تهيه شده باشد، در هنگام نقصان اطلاعات در يك دنباله، مي‌توان از اطلاعات دنباله ديگر كه نتايج بهتري براي تقطيع و شناسايي اشياء متحرك روبهم‌افتاده ايجاد مي‌كند استفاده نمود. ممكن است از چندين سنسور غيرهمپوشان نيز براي تصويربرداري و ردگيري اشياء استفاده شود [۵]. ايجاد ارتباط بين تصاوير حاصل از هر سنسور مهمترين مسأله در اين زمينه است.

- **ديد تك‌چشمي / دوچشمي**

در تهيه دنباله تصوير مي‌توان از ديد تك‌چشمي [۱، ۵۶، ۱۵۲] و يا از ديد دوچشمي [۲۲، ۲۶، ۳۹، ۹۳، ۱۵۲، ۱۵۶-۱۵۸] استفاده نمود. در ديد تك‌چشمي اطلاعات عمق براحتي قابل استخراج نيست، در حاليكه در ديد دوچشمي با استفاده از عدم تطابق استريو[۶۳] [۱۵۹-۱۶۱] مي‌توان اطلاعات عمق را آسانتر در اختيار داشت و براي صحنه اطلاعات سه‌بعدي ايجاد نمود.

- **سنسور فعال / غيرفعال**

منظور از سنسور فعال سنسوري است كه داراي قابليت دوران حول محور عمودي[۶۴] و افقي[۶۵] خود بوده و حتي ممكن است قابليت كم و زياد كردن فاصله عدسي[۶۶] را نيز داشته باشد [۳۹، ۵۷، ۱۰۰، ۱۴۸-۱۵۰]. در مقابل، سنسور غيرفعال سنسوري است كه در محل خود ثابت و بدون حركت مي‌باشد [۵۶، ۸۴]. عمل ردگيري با استفاده از سنسور غيرفعال نسبت به سنسور فعال آسانتر است. مزيت استفاده از سنسور فعال تعقيب و در حوزه ديد نگهداشتن اشياء مورد نظر مي‌باشد [۳۹، ۱۵۱، ۱۵۲].

زمانيكه از دنباله تصاوير توليد شده توسط يک سنسور فعال استفاده مي‌شود، در ابتدا بايد جزء حركت القاء شده توسط سنسور متحرک از اين دنباله تصاوير حذف گردد. عمل خنثي كردن حركت سنسور را جبران‌سازي حركت سنسور[۶۷] يا تثبيت دنباله تصاوير[۶۸] مي‌گويند. پس از تثبيت دنباله تصاوير، سيستم قادر خواهد بود به بررسي حركت اشياء متحرک بپردازد. معمولاً از روشهاي تطبيق تصاوير[۶۹] براي تثبيت دنباله تصاوير استفاده مي‌شود [۲۱۲، ۳۰۵].

- **سيستم بينايي نور مرئي / غيرمرئي**

يك سيستم بينايي مي‌تواند عمل درک محيط را در حوزه نور مرئي يا غيرمرئي انجام دهد. بيشترين سيستم‌هاي بينايي موجود مربوط به بينايي نور مرئي و بينايي مادون قرمز مي‌باشند.

در زمينه تشخيص و ردگيري اشياء متحرک در تصاوير نور مرئي تحقيقات بسيار صورت گرفته، ولي در زمينه تشخيص و ردگيري اشياء در تصاوير مادون قرمز تحقيقات زيادي انجام نشده است.

تصاوير حرارتي[۷۰] با حس كردن تشعشع در طيف مادون قرمز كه از يک شيء ساطع مي‌گردد ايجاد مي‌شوند. با توجه به اين خاصيت در تصاوير حرارتي اطلاعاتي وجود دارد كه در تصاوير معمولي قابل مشاهده نيست. در مقابل، تصاوير حرارتي داراي نسبت سيگنال به نويز بسيار پايين هستند كه اطلاعات كمي براي انجام تشخيص و ردگيري اشياء ايجاد مي‌نمايد. در تصاوير مادون قرمز هوائي مشكلات بدليل شلوغي و بهم‌ريختگي زمينه، در دست نبودن اطلاعات اوليه، انجام حركت بزرگ توسط سنسور و خرابيهاي حاصل از شرايط آب و هوائي بيشتر است.

براي غلبه بر اين مشكلات، روشهاي مختلف فرضيات و محدوديتهاي متفاوتي را براي مسأله خود در نظر مي‌گيرند. بعنوان نمونه بسياري از روشهاي تشخيص هدف نياز دارند كه اهداف نقاط داراي حرارت باشند تا در تصاوير مادون قرمز نواحي روشن ايجاد كنند [۱۴۲-۱۴۴]. همچنين بسياري از الگوريتم‌هاي ردگيري نياز دارند كه يكي يا هر دو شرط زير بر قرار باشند: ۱) سنسور داراي حركت نباشد [۱۴۵] و ۲) ويژگيهاي هدف در طول زمان ردگيري تغيير زياد نكنند [۱۴۴، ۱۴۶، ۱۴۷]. با اين وجود در سناريوهاي واقعي ردگيري هيچيک از اين شروط قابل اعمال نيست و يک الگوريتم ردگيري مطمئن بايد در اين شرايط بخوبي عمل نمايد. از كارهاي جديد انجام شده در زمينه تشخيص و ردگيري اشياء در تصاوير مادون قرمز مي‌توان به [۱۰۹] اشاره نمود.

۵-۲-۲ نوع حركت

نحوه حركت اشياء در صحنه مسأله ديگري است كه توجه به آن در طراحي سيستم‌هاي ردگيري داراي اهميت است. اشياء ممكن است به آرامي يا تند حركت كنند. همچنين ممكن است حركتهائي بصورت انتقالي، چرخشي يا هر دو داشته باشند. اشياء موجود در صحنه مي‌توانند بصورتي حركت كنند كه از ديد سنسور دچار بهم‌چسبيدگي يا همپوشاني گردند. همچنين ممكن است نحوه حركت اشياء از قبل مشخص يا نامشخص باشد. با در اختيار داشتن اطلاعاتي از اين قبيل در مورد نحوه حركت اشياء مي‌توان سيستم ردگيري مقاوم‌تري طراحي نمود.

- **حركت آرام / حركت تند**

اندازه جابجائي اشياء متحرك يا حركت سنسور در بين دو تصوير مجاور حتي‌الامكان بايستي اندك باشد. تغييرات بزرگ در مكان اشياء متحرك در برخي از روشهاي تشخيص حركت و ردگيري اشياء متحرک باعث ايجاد مشكل مي‌شود. الگوريتم‌هاي ردگيري معمولاً با تغييرات بزرگ بين دو تصوير متوالي دچار ابهام مي‌گردند. مسأله تعيين تعداد تصوير در ثانيه بايد به گونه‌اي حل شود كه حد اعتدالي بين هزينه زماني الگوريتم‌هاي ردگيري و كيفيت محاسبه حركت ايجاد نمايد.

- **حركت انتقالي / چرخشي**

اشياء موجود در صحنه ممكن است داراي حركت چرخشي، انتقالي يا هر دو باشند [۱۹۰]. در حركت انتقالي، شيء تنها يك تغيير موقعيت در فضاي سه‌بعدي انجام

مي‌دهد، ولي حول هيچ محوري دوران ندارد. بعبارت ديگر، زاويه ديد سنسور نسبت به شيء تغيير نمي‌كند. در حركت چرخشي ممكن است موقعيت شيء در فضا ثابت باشد، ولي حول يك محور دوران كند. شيء مي‌تواند هر دو نوع حركت را بطور همزمان داشته باشد. مسأله قابل توجه، تغيير زاويه ديد سنسور نسبت به شيء است [۱۹۱].

- **تصاوير داراي اشياء جدا / همپوشان**

همپوشاني و بهم‌چسبيدگي تصاوير اشياء موجود در صحنه يكي از مسائل مطرح در ردگيري اشياء متحرك مي‌باشد [۶، ۳۸، ۱۵۲]. اين مسأله مي‌تواند عملكرد الگوريتم‌هاي تشخيص و ردگيري را تحت تأثير قرار دهد. معمولاً الگوريتم‌هاي ساده، قابليت برخورد با مسأله همپوشاني و بهم‌چسبيدگي تصاوير اشياء را ندارند و هنگامي كه تصاوير دو يا چند شيء بطور جزئي يا كلي روبهم قرار مي‌گيرند، ديگر نمي‌توانند اشياء را تميز داده و عمل ردگيري را براي آنها انجام دهند [۳۷]. دارا بودن توان برخورد با مسأله همپوشاني و بهم‌چسبيدگي تصاوير اشياء، يك مزيت براي يك سيستم تشخيص حركت و ردگيري اشياء متحرك محسوب مي‌گردد [۶، ۱۸، ۳۸، ۵۷، ۱۵۲، ۱۷۷، ۱۸۰-۱۸۴].

- **نحوه حركت مشخص / نامشخص**

در صورت مشخص بودن تقريبي نحوه حركت اشياء در صحنه مي‌توان براي حركت آنها يک مدل در نظر گرفت [۶، ۳۷، ۸۲، ۱۲۳، ۱۷۸، ۱۷۹] و عمليات تقطيع و ردگيري را آسانتر انجام داد. با استفاده از اين مدل تخمين‌هاي مربوط به مسير حركت اشياء با دقت بيشتري انجام مي‌گيرد.

۳-۲ سيستم ردگيري ايده‌آل

براي يک سيستم ردگيري ايده‌آل مي‌توان خصوصيات و ويژگيهاي مختلفي متصور شد. چنين سيستمي بايد بتواند در شرايط متفاوت و غيرعادي، با هزينه محاسباتي و سرعت مناسب، بطور مطلوب به كار خود ادامه دهد. در اين قسمت به بعضي از اين شرايط اشاره مي‌گردد.

يک سيستم ردگيري ايده‌آل بايد قابليت برخورد با شرايط آب و هوائي و نوري متفاوت و متغير را داشته باشد [۶، ۳۷، ۴۳، ۱۷۷]. بعنوان مثال يک سيستم ردگيري وسائط نقليه بايد بتواند در شب، روز، و هواي گرگ و ميش صبحگاهي و غروب عمل نمايد و همچنين در هواي آفتابي، باراني، برفي، و مه‌آلود از كارايي آن كاسته نشود [۲۱۰، ۲۱۱]. سيستم‌هاي ردگيري موجود، در شرايط آب و هوائي و نوري خاص، معمولاً عملكرد خوبي از خود نشان مي‌دهند، ولي در شرايط ديگر داراي نقاط ضعف هستند. يک سيستم ممكن است در روز يا شب بخوبي عمل نمايد، ولي در مقابل تغييرات تدريجي شرايط نوري از روز به شب يا از شب به روز مقاوم نباشد. بعبارت ديگر، يكي از خصوصيات مهم يک سيستم ردگيري ايده‌آل، مقاوم بودن آن در مقابل تغييرات تدريجي يا ناگهاني شرايط نوري و آب و هوائي است.

يكي از مسائلي كه در بسياري از سيستم‌هاي ردگيري ايجاد مشكل مي‌نمايد، مسأله سايه‌ها است [۱۸، ۳۷، ۴۳، ۵۲، ۸۴، ۱۶۵، ۱۶۶، ۱۷۸]. سايه‌ها در اثر جلوگيري از عبور نور توسط موانع موجود در صحنه ايجاد مي‌شوند. سايه‌ها در تصوير باعث ايجاد لبه‌هاي اضافي و گمراه كننده مي‌گردند و عمل تشخيص و ردگيري اشياء متحرك را دچار مشكل مي‌سازند. در برخي از سيستم‌هاي ردگيري با استفاده از مدل روشنائي و مدل اشياء، تصوير سايه‌هاي اشياء تخمين زده مي‌شود و عمليات تشخيص اشياء با دقت بيشتري صورت مي‌پذيرد [۱۸، ۳۷، ۵۲، ۱۷۸]. توانائي برخورد با سايه‌ها يكي از ويژگيهاي مهم يک سيستم ردگيري ايده‌آل است.

در اكثر سيستم‌هاي ردگيري، سرعت اشياء متحرك تحت ردگيري بايد به يک حد بالائي محدود گردد و اگر سرعت اشياء متحرك از آن حد بيشتر شود، الگوريتم‌هاي ردگيري، توانائي دنبال كردن شيء را نخواهند داشت. با افزايش نرخ تصويربرداري مي‌توان تغييرات ايجاد شده در تصوير، ناشي از حركتهاي چرخشي و انتقالي اشياء متحرك در بين دو تصوير متوالي را كمتر نمود. افزايش نرخ تصويربرداري در سيستم‌هاي ردگيري بي‌درنگ بدليل زياد شدن بار محاسباتي و عدم توانائي سيستم در انجام محاسبات راه حل مناسبي نخواهد بود. توانائي تشخيص و ردگيري اشياء متحرك با سرعت بالا از خصوصيات يک سيستم ردگيري ايده‌آل مي‌باشد.

برخي از سيستم‌هاي ردگيري بصورتي طراحي شده‌اند كه تنها توانائي ردگيري يک شيء متحرك در دنباله تصاوير را دارند [۵۴، ۱۶۳، ۱۵۸]، در حاليكه در جهان واقعي معمولاً هميشه بيش از يک شيء متحرك وجود دارد. در حالتي كه چند شيء متحرك در دنباله تصاوير وجود داشته باشد، احتمال همپوشاني جزئي يا كلي آنها توسط يكديگر يا ديگر موانع موجود در صحنه وجود دارد [۶، ۳۸، ۱۵۲]. از خصوصيات يک سيستم ردگيري ايده‌آل قابليت برخورد با وجود چندين شيء متحرك در دنباله تصاوير [۵۶، ۱۵۲] و تشخيص روابط عمقي بين آنها است [۶، ۱۸، ۳۸، ۵۷، ۱۵۲، ۱۷۷، ۱۸۰-۱۸۴].

در سيستم‌هاي ردگيري، مسأله حركت سنسور و جبران‌سازي آن همواره يک مسأله اساسي بوده است. عمل تثبيت دنباله تصاوير ورودي بسته به نوع حركت سنسور و تبديل مكاني ايجاده شده از يک تصوير به تصوير ديگر مي‌تواند داراي پيچيدگيهاي متفاوتي باشد. بدليل بار محاسباتي عمل تثبيت دنباله تصاوير، در برخي از سيستم‌ها از سخت‌افزار خاص براي اين پردازش استفاده مي‌گردد [۵۹]. توانائي برخورد با حركت آزادانه سنسور يكي از ويژگيهاي يک سيستم ايده‌آل است.

در بسياري از سيستم‌هاي ردگيري، فرضهايي بر روي حركت اشياء متحرك موجود در صحنه انجام مي‌شود. بعنوان نمونه، در سيستمي ممكن است سرعت شيء متحرك تقريباً ثابت در نظر گرفته شود يا در سيستمي ديگر شتاب حركت ثابت فرض گردد. متغير بودن سرعت بخصوص در حركت اشيائي كه توقف مي‌كنند و براي مدتي بدون حركت باقي مي‌مانند و سپس دوباره به حركت در مي‌آيند[۷۱] [۱۵۲، ۲۱۳] در بسياري از الگوريتم‌هاي ردگيري ايجاد مشكل مي‌نمايند. يک سيستم ردگيري ايده‌آل بايد اشياء را با هر سرعت دلخواه و هر مدل حركتي ردگيري نمايد.

معمولاً در برخي از محيطهاي ردگيري، اشياء ممكن است در چندين تصوير از دنباله تصوير ورودي ناپديد گردند. اين ناپديد شدن مي‌تواند يا بدليل خروج اشياء از زاويه ديد سنسور يا پوشيده شدن در زير تصوير يک شيء ديگر باشد. بعنوان مثال، هنگاميكه يک هواپيما در آسمان پشت ابر قرار مي‌گيرد، يا زمانيكه يک اتومبيل از زير يک پل بزرگ عبور مي‌كند، از ديد دوربين ناپديد مي‌گردد. برخي اوقات، مدتي پس از آنكه شيء ناپديد گشت مجدداً ظاهر مي‌شود. در يک سيستم ردگيري ايده‌آل مطلوب است كه سيستم ردگيري بتواند مسير حركت قبل و بعد از ناپديد شدن شيء را بهم ارتباط دهد و بعنوان يک مسير در نظر گيرد. دسته‌اي از الگوريتم‌ها كه به آنها ردگيري-پيش از-تشخيص[۷۲] گفته مي‌شود قادر به حل اين مشكل مي‌باشند [۱۸۴].

هنگامي كه از يک صحنه كاملاً ثابت تصويربرداري مي‌شود، انتظار مي‌رود كه مقدار هر يک از پيكسل‌هاي تصوير كاملاً ثابت و بدون تغيير باشد؛ ولي آزمايشات عملي خلاف اين مطلب را به اثبات مي‌رساند [۲۸۹]. واقعيت اين است كه مقدار هر پيكسل معمولاً متأثر از نويزي است كه از يک تابع توزيع نرمال پيروي مي‌كند. اين نويز اغلب ريشه در تجهيزات تصويربرداري و انتقال تصوير دارد و لرزش دوربين، خطوط ارتباطي با پهناي باند كم و عدم همزماني[۷۳] دقيق خطوط تصوير از عمده‌ترين دلايل بروز آن است. يک سيستم ردگيري ايده‌آل كه نياز به تشخيص

تغییرات صحنه دارد باید علیرغم وجود این نویزها برآورد صحیحی از فعل و انفعالات داخل صحنه داشته باشد.

۳- نمونه‌هائي از سيستم‌هاي ردگيري

این قسمت به معرفي پژوهش‌هاي گزارش شده در زمينه ردگيري اشياء متحرک مي‌پردازد. از آنجائيکه اساس و شالوده اصلي روشهاي ردگيري اشياء مختلف داراي اهميت مي‌باشد، و معمولاً مي‌توان با تغيير در جزئيات يک روش، آنرا براي کاربرد ديگري مورد استفاده قرار داد، معرفي پيشينه ردگيري منحصر به ردگيري يک شيء خاص، نظير وسائط نقليه يا انسانها نمي‌گردد. در اينجا، پژوهش‌ها و سيستم‌هاي ارائه شده در زمينه ردگيري بر اساس کليت روش تعقيب مورد استفاده در آنها طبقه‌بندي گرديده‌اند. اين طبقه‌بندي شامل روشهاي مبتني بر مدل، روشهاي مبتني بر ويژگي، روشهاي مبتني بر ناحيه و کليشه، روشهاي مبتني بر کانتور، روشهاي مبتني بر رنگ، و روشهاي مبتني بر حوزه فرکانس مي‌باشد.

۳-۱ تعقيب با استفاده از مدل

در روشهاي مبتني بر مدل، از يک مدل دوبعدي يا سه‌بعدي براي شيء تحت ردگيري استفاده مي‌شود. اين مدل از شيء، معمولاً طي يک فرآيند تکراري، با تصوير تطبيق داده شده و محلي که در آن بهترين تطبيق ايجاد مي‌گردد بعنوان محل مشاهده شيء در نظر گرفته مي‌شود. اين دسته از روشها بيشتر براي ردگيري وسائط نقليه [۲۰۲-۲۰۴]، انسانها [۸، ۵۳-۵۵، ۲۹۴-۲۹۷] و اندامهاي بدن انسان نظير صورت [۱۹۲، ۱۹۳] بکار رفته‌اند.

سيستم‌هاي ردگيري غير مبتني بر مدل بر اساس روشهاي تشخيص حرکت، نواحي متحرک را از تصوير تقطيع مي‌کنند. سپس اگر اين نواحي داراي مشخصات مناسبي باشند، بعنوان اهداف فرض شده و در مراحل بعدي تحت ردگيري قرار مي‌گيرند. برخلاف اين سيستم‌ها که به سطح فهم تصوير نمي‌رسند و تنها گروهي از پيکسل‌ها را ردگيري مي‌نمايند، سيستم‌هاي مبتني بر مدل به سطحي از فهم تصوير دست مي‌يابند و پيشرفته‌تر هستند. دراين سيستم‌ها براي ارائه دانش مربوط به ظاهر اشياء و هندسه صحنه از مدل‌ها، و از روشهاي تشخيص مبتني بر مدل اشياء، براي مکان‌يابي و ردگيري اشياء استفاده مي‌گردد.

روشهاي زيادي براي تشخيص و ردگيري اشياء مبتني بر مدل‌هاي دوبعدي يا سه‌بعدي ارائه گرديده است؛ بخصوص، براي تشخيص و ردگيري وسائط نقليه و انسانها. اين سيستم‌ها را مي‌توان به دو دسته کلي دوبعدي و سه‌بعدي تقسيم‌بندي نمود. سيستم‌هاي دوبعدي کاملاً در صفحه تصوير دوبعدي عمل مي‌کنند و از يک مدل مسطح دوبعدي براي تشخيص اشياء مورد نظر بهره مي‌برند. بعنوان نمونه‌اي از اين سيستم‌ها مي‌توان به [۸، ۷۷] اشاره نمود.

مشکل سيستم‌هاي دوبعدي، نياز به تغيير مدل بهنگام تغيير زاويه ديد سنسور يا تغيير جهت حرکت اشياء نسبت به سنسور است [۱۹۱]. روشهايي که از مدل سه‌بعدي بهره مي‌برند معمولاً از يک سنسور کاليبره شده استفاده مي‌کنند و موقعيت سه‌بعدي شيء را در فضا محاسبه مي‌نمايند. منظور از سنسور کاليبره، سنسوري است که پارامترهاي آن براي سيستم ردگيري مشخص مي‌باشد و سيستم ردگيري با استفاده از اين اطلاعات مي‌تواند موقعيت اشياء در فضاي سه‌بعدي را محاسبه نمايد. کاليبره کردن سنسور مي‌تواند بصورت برخط[۷۴] يا برون‌خط[۷۵] انجام پذيرد، که معمولاً از حالت دوم، يعني کاليبره کردن قبل از شروع عمليات سيستم ردگيري استفاده مي‌شود. از جمله اين سيستم‌ها مي‌توان به [۳۷، ۱۱۵، ۲۲۷، ۲۲۸] اشاره نمود.

سيستم‌هاي ردگيري اشياء متحرک مبتني بر مدل را مي‌توان به دو دسته کلي مبتني بر مدل صريح[۷۶] و ناصريح[۷۷] تقسيم‌بندي نمود. در سيستم‌هاي ردگيري مبتني بر مدل صريح، يک مدل ثابت و با جزئيات کامل از خصوصيات اشياء ساخته مي‌شود [۱۹۲]، ولي در سيستم‌هاي ردگيري مبتني بر مدل ناصريح، اشياء و خصوصيات آنها بطور کلي‌تر مدلسازي مي‌گردند و اغلب اين مدل‌ها بصورت پويا تغيير مي‌نمايند [۱۹۳].

- **معرفي چند سيستم ردگيري مبتني بر مدل**

در سيستمي که هوور و نيمن ارائه نمودند [۵۶]، تشخيص و ردگيري سه‌بعدي تصاوير انسانها که توسط يک دوربين ثابت تهيه شده است، انجام مي‌گيرد. تنظيم دوربين نيز ثابت فرض مي‌شود. الگوريتم معرفي شده، يک آشکارساز سه‌بعدي مبتني بر مدل بدن انسان که از الگوريتم CONDENSATION بهره مي‌گيرد را با يک ردگير چند هدفي مبتني بر فيلتر کالمن ترکيب مي‌نمايد. اين روش چند انسان را بطور همزمان و بي‌درنگ مي‌تواند تشخيص دهد و ردگيري نمايد. الگوريتم مطرح شده بين انسانها و ديگر اشياء تفاوت قائل مي‌شود و از ردگيري تصاوير اشياء بغير از انسان خودداري مي‌نمايد. اهميت اين روش قابل استفاده بودن آن در همه سيستم‌هاي مراقبتي است که هدفشان تشخيص و ردگيري مطمئن انسانها بصورت بي‌درنگ و از زواياي ديد پيچيده مي‌باشد. در اين الگوريتم با استفاده از يک دوربين ثابت و ديد تک‌چشمي، موقعيت سه‌بعدي انسانهاي موجود در صحنه تعيين مي‌شود.

در کاري که مارچند و همکارانش انجام دادند [۱]، از دنباله تصاوير حاصل از يک دوربين براي ردگيري اشياء داراي شکل پيچيده که با يک مدل چند وجهي قابل تقريب باشند، استفاده نمودند. ايجاد تطبيق بين تصوير شيء و مدل چند وجهي آن با مينيمم کردن يک تابع هزينه غيرخطي صورت مي‌پذيرد، و در واقع هدف آنست که تصوير کانتور مدل چند وجهي تصوير شده به فضاي دوبعدي بيشترين تطبيق را با تصوير گرادیان شدت سطوح خاکستري شيء مورد نظر پيدا کند. آنها اين روش را براي کنترل يک ربات که از اطلاعات تصويري براي حرکت استفاده مي‌نمايد بکار بردند. يک تخمين از تبديل سخت سه‌بعدي، که دستگاه مختصات شيء را به دستگاه مختصات دوربين مرتبط مي‌سازد، براي محاسبه موقعيت شيء مورد نظر در فضاي سه‌بعدي مورد استفاده قرار مي‌گيرد.

بمنظور مدلسازي يک فرآيند فيزيکي، مي‌توان از چندين مدل که هر يک براي جنبه خاصي از مسأله بطور تخصصي طراحي شده‌اند، استفاده نمود. اين مسأله باعث مي‌شود که ايده تخمين‌هاي چندگانه اهميت بيشتري پيدا نمايد. ترکيب چندين تخمين، که هر کدام از يک مدل ناشي شده‌اند، به دو روش انجام مي‌شود. در روش اول، مدلي که بهترين تخمين را براي يک نمونه خاص توليد مي‌کند، بعنوان تخمين نهايي انتخاب مي‌شود؛ ولي در روش دوم، يک تخمين ترکيبي که تخمين‌هاي مدل‌ها را با احتساب يک وزن ترکيب مي‌نمايد انجام مي‌شود و بطور تطبيقي گذارهاي آرامي بين مدل‌ها انجام مي‌گيرد.

وجود مدل‌هاي چندگانه براي يک سيستم ردگيري مقاوم که در شرايط متنوعي بايد عمل کند، مي‌تواند مفيد باشد [۲۲۹]. هر دنباله تصوير ورودي را مي‌توان در بعد زمان به قطعاتي تقسيم‌بندي نمود، که هر قطعه نشان دهنده شاخصهاي شرايط نوري و آب و هوايي متفاوتي باشد. هر مدل يا بعبارت ديگر، هر تخمين زننده، در حالت کلي در يکي از اين قطعه‌ها بهترين خروجي را توليد مي‌نمايد. بنابراين براي چندين کلاس يا قطعه داده‌ها، تعدادي تخمين زننده مي‌توانند اطلاعات صحيح و مناسبي براي عمل ردگيري ايجاد کنند. از آنجائيکه تعيين خودکار بهترين تخمين زننده در هر لحظه از زمان ميسر نيست، يک ترکيب بدون نظارت از سيستم‌هاي ردگيري مورد نياز خواهد بود.

تشخيص و ردگيري اشياء سه‌بعدي، دو مسأله اساسي در بينايي ماشين و بطور خاص‌تر در هدايت وسائط نقليه خودگردان مي‌باشند. از تشخيص مي‌توان براي ايجاد يک تفسير از صحنه جاده يا ايجاد تمايز بين اشياء مختلفي که با وسائط نقليه تراکنش دارند، استفاده نمود. تاکنون سيستم‌هاي محدودي ارائه شده‌اند که بطور همزمان، هم تشخيص و هم ردگيري را مورد توجه خاص قرار داده باشند.

فارستي و ديگر همكارانش در سال ۱۹۹۴ يک سيستم تشخيص صحنه جاده سه‌بعدي توزيع شده بر اساس ارائه چند سطحي مدل‌هاي اشياء ارائه نمودند [۳۵]. سيستم آنها توانايي تشخيص اشياء ثابت، نظير جاده، اتومبيل‌هاي ايستاده بر روي جاده و محل آنها را دارا بود. در سال ۱۹۹۵ آنها گسترشي از كار قبلي خود را ارائه نمودند [۱۷۵]. اين سيستم بر پايه همكاري دو طرفه بين تشخيص و ردگيري بنا شده است. در اين سيستم عمل تشخيص، برچسب‌هاي معنايي به اشياء تشخيص داده شده منتسب مي‌كند و عمل ردگيري، تطابق بين شناسه‌ها و برچسب‌هاي اشياء در زمانهاي مختلف را برقرار مي‌سازد. در اين سيستم اطلاعاتي كه توسط ردگيري ايجاد مي‌شود، از انجام برخي كارهاي بي‌فايده واحد تشخيص، نظير تشخيص اشيائي كه در لحظه‌ها و تصويرهاي قبلي تشخيص داده شده‌اند، جلوگيري مي‌كند.

كلر و همكارانش يک سيستم مبتني بر مدل براي ردگيري اشياء در تصاوير صحنه‌هاي ترافيک ارائه نمودند [۳۷]. اين سيستم از يک دانش اوليه مربوط به شكل و حركت فيزيكي وسائط نقليه كه به فرآيند تشخيص و ردگيري وارد مي‌شوند، بهره مي‌برد. آنها از مدل پارامتري شده وسائط نقليه كه لبه سايه‌ها را نيز در نظر مي‌گيرد، استفاده نمودند، و اين مسأله باعث گرديد كه سيستم آنها بتواند در شرايط نورپردازي پيچيده نيز عمل كند. با اين وجود، درسيستم آنها تشخيص و ردگيري بطور يكجا و مجتمع در يک حوزه زماني و مكاني قرار ندارد، بطوريكه همپوشاني و نويز مي‌تواند باعث تشخيص اشتباه اشياء گردد.

بعنوان نمونه‌اي ديگر از سيستم‌هاي ردگيري مبتني بر مدل مي‌توان به كار هاگ اشاره نمود [۲۹۴]. او يک سيستم براي ردگيري يک شخص در حال راه رفتن ارائه كرد. در سيستم مذكور براي راه رفتن انسان يک مدل در نظر گرفته شده است.

۳-۲ تعقيب با استفاده از ويژگيها

ايده اصلي در اين رهيافت، ردگيري يک سري نقاط، خطوط،گوشه‌ها و ديگر عناصر اوليه در دنباله تصاوير حاوي اشياء متحرک مورد نظر است. در ردگيري مبتني بر ويژگي مسائل مهمي نظير انتخاب نوع ويژگيها، استخراج ويژگيها، ايجاد تناظر و تطابق بين ويژگيهاي استخراج شده از يک تصوير به تصوير ديگر، استفاده از دو [۲۳۰] يا چند [۲۳۱] تصوير متوالي براي ايجاد تطابق، خوشه‌بندي ويژگيهاي استخراج شده مربوط به هر شيء، تطبيقي بودن نوع ويژگيها با زمان [۲۳۲-۲۳۵]، و ثابت [۲۳۰] يا متغير [۷۰، ۲۳۶-۲۴۰] بودن تعداد نقاط ويژگي در طول فرآيند ردگيري شايان توجه است.

مزيت ردگيري مبتني بر ويژگي آنست كه حتي در صورت وجود همپوشاني جزئي دو شيء، برخي از ويژگيها هنوز قابل مشاهده هستند. همچنين در حالتي كه ردگيري در شرايط نوري متفاوت مد نظر باشد، الگوريتم مورد استفاده در حالت روشنايي روز، تاريک-روشن يا تاريكي شب مي‌تواند يكسان باشد. به بيان ديگر، الگوريتم مي‌تواند خود تنظيم بوده و بارزترين ويژگيها را در شرايط داده شده بيابد و به ردگيري اين ويژگيها بپردازد [۱۷۷].

با توجه به ويژگي انتخاب شده، مانند نقاط گوشه‌اي، هر شيء از يک مجموعه نقاط ويژگي تشكيل مي‌شود. اين مسأله يک مشكل خوشه‌بندي ايجاد مي‌كند و آن مشكل اينست كه كدام مجموعه از ويژگيها به هر شيء تعلق دارد. معمولاً براي حل اين مشكل از يک شرط براي حركت نقاط ويژگي با عنوان محدوديت حركت مشترک[۷۸] استفاده مي‌شود [۱۷۷]. بر اين اساس، ويژگيهايي كه به صورت خشک[۷۹] با يكديگر حركت مي‌كنند، يعني داراي حركت يكساني هستند، با يكديگر همگروه شده و به يک شيء منتسب مي‌گردند.

- **معرفي چند سيستم ردگيري مبتني بر ويژگي**

در سيستمي كه توسط كويفمن و همكارانش در سال ۱۹۹۸ ارائه گرديد [۱۷۷]، تشخيص و ردگيري وسائط نقليه مبتني بر ويژگيها در شرايط نامناسب مانند شرايط نوري متغير، همپوشاني تصاوير اتومبيل‌ها و امثال آن انجام شد. آنها براي مقاوم كردن روش خود در برابر مسأله همپوشاني جزئي وسائط نقليه، ردگيري ويژگيهايي از اتومبيل‌ها را بجاي ردگيري تصوير كل اتومبيل‌ها انتخاب نمودند. سيستم آنها در شرايط نوري متغير بخوبي عمل مي‌كند، زيرا در هر لحظه از زمان بهترين و بارزترين ويژگيها بر طبق معياري جهت ردگيري برگزيده مي‌شوند. در روش آنها از نقاط گوشه بعنوان نقاط ويژگي استفاده مي‌شود. آنها از يک فيلتر كالمن براي ردگيري اين ويژگيها استفاده نمودند. همچنين از همبستگي نرماليزه براي جستجو در يک ناحيه كوچک اطراف تخمين توليد شده توسط فيلتر كالمن استفاده كردند. اگر ويژگي يافت شد، حالت فيلتر كالمن به روز در مي‌آيد و در غير اينصورت ويژگي ردگيري نخواهد شد. آنها براي خوشه‌بندي ويژگيها از شرط حركت مشابه استفاده نمودند. بمنظور ايجاد يک سيستم بي‌درنگ آنها سيستم ردگيري خود را بر روي يک تراشه پردازش سيگنال ديجيتال پياده‌سازي نمودند.

پلمن و كاناد در سال ۱۹۹۳ يک روش براي ردگيري نقاط ويژگي ابداع كردند [۱۴۸]. در روش آنها سنسور مي‌تواند نسبت به هدف آزادانه حركت نمايد. آنها مسائل مربوط به پرسپكتيو و نحوه تصوير شدن نقاط ويژگي به صفحه تصوير، ناپديد شدن يک نقطه و همچنين همپوشاني نقاط ويژگي را مورد بررسي قرار دادند.

ربيع و همكارانش در سال ۲۰۰۱ يک سيستم مراقبت و كنترل ترافيک ايجاد نمودند [۳۹]. در سيستم آنها ازسنسورهاي فعال، كه داراي قابليت چرخش در جهات مختلف و قدرت تغيير تنظيم فاصله هستند استفاده شده است. آنها از يک سيستم بينايي دوچشمي كه بر روي يک اتومبيل شهري نصب شده بود، استفاده نمودند. ميزان پيچيدگي در چنين سيستمي بسيار بيشتر از سيستم‌هايي است كه سنسور در جايي بطور ثابت نصب مي‌گردد، زيرا در اين سيستم‌ها هم سنسور و هم زمينه در حال حركت هستند. در سيستم پياده‌سازي شده توسط آنها الگوريتم‌هاي بينايي استريو، حركت و رنگ با يک الگوريتم ردگيري ويژگي [۹۲، ۲۴۲، ۲۴۳] تركيب شده و كارايي كلي سيستم بينايي افزايش داده شده است. سيستم پياده‌سازي شده قادر به تشخيص وسائط نقليه متحرک و ردگيري آنهاست. الگوريتم ردگيري ويژگي با كنترل دوربينهاي چپ و راست، هدف را در زاويه ديد خود نگه مي‌دارد.

اسميت و همكارانش با استفاده از بينايي ماشين يک سيستم اتومبيل-جاده هوشمند خودكار، كه مي‌تواند اطلاعاتي مربوط به افراد پياده، علائم ترافيكي وساير وسائط نقليه فراهم نمايد، ايجاد كردند [۲]. آنها دو مسأله ردگيري وسائط نقليه و ردگيري افراد پياده را براي بررسي و اعمال روش خود انتخاب نمودند. يک راه حل براي اين مسأله در [۲۵] ارائه شده است.

اسميت و همكارانش براي تقطيع اشياء از زمينه از روش تفاضل زمينه استفاده نمودند [۲]. تصوير زمينه در سيستم آنها بطور تناوبي به روز در مي‌آيد. آنها همچنين تصوير را با استفاده از الگوريتم برچسب دهي متوالي [۲۴۴] تقطيع نمودند. در اين سيستم سپس تعدادي ويژگي انتخاب مي‌شود و اين ويژگيها با روش شار نوري مجموع مربع تفاضلها [۹۰] ردگيري مي‌شوند.

كالويانين يک روش مبتني بر ويژگي براي ردگيري چند شيء متحرک با حركتهاي انتقالي و چرخشي ارائه نمود [۱۹۰]. اين روش هم براي تصاوير حقيقي و هم تصاوير مصنوعي نتايج خوبي مي‌دهد. در الگوريتم پيشنهادي او از روش هاف اتفاقي[۸۰] استفاده مي‌شود. از تبديل هاف استاندارد نيز مي‌توان براي تشخيص حركت استفاده نمود، ولي تبديل هاف اتفاقي براي اين منظور راحت‌تر است. همچنين در اين روش مشكل نياز به كوچک بودن اندازه حركت در بين دو تصوير مجاور برطرف شده است.

۳-۳ تعقیب با استفاده از ناحیه و کلیشه

در این رهیافت یک ناحیه مستقل در تصویر که به آن یک حباب نیز گفته می‌شود، متناظر با شیء تحت ردگیری قرار داده شده و سپس با استفاده از یک روش محاسبه همبستگي متقابل[۸۱] یا یک معیار فاصله مانند اقلیدسي، این قطعه در طول زمان ردگیري مي‌شود. نوعاً فرآیند ردگیري با روش تفاضل زمینه آغاز مي‌گردد. این رهیافت در جائیکه اشیاء بطور آزاد و بدون تماس با یکدیگر در حال حرکت هستند خوب عمل مي‌کند؛ ولي هنگامیکه تصاویر اشیاء هم‌پوشاني دارند، عمل تقطیع یک شيء بطور جداگانه بسیار مشکل مي‌گردد. تصاویر اشیاء بهم‌چسبیده یا روبهم‌افتاده با یکدیگر ترکیب شده و تشکیل یک حباب بزرگ در تصویر اشیاء را مي‌دهند.

- **معرفي چند سیستم ردگیري مبتني بر ناحیه و کلیشه**

بتکه و همکارانش در سال ۱۹۹۶ سیستم اولیه خود براي تحلیل تصاویر بزرگراه‌ها را ارائه نمودند [۴۱، ۴۲]. این سیستم در شرایط دید کم، ترافیک سنگین و بزرگراه‌هاي داراي کناره‌هاي شلوغ و غلط انداز، قابلیت عمل نداشت. در سیستمي که آنها در سال ۱۹۹۸ ارائه نمودند [۴۰]، تعدادي از این مشکلات بر طرف گردید. در این سیستم، کل صحنه بزرگراه با تعیین شرایط دید، تقطیع جاده با استفاده از اطلاعات رنگ، شناسایي و ردگیري خط‌کشي‌هاي روي جاده، خط‌کشي‌هاي حدود جاده، و وسائط نقلیه متحرک در جاده مورد تحلیل قرار مي‌گیرد. سیستم آنها به مقداردهي اولیه توسط یک کاربر نیازمند نبوده و شناسایي و ردگیري اتومبیل‌ها را بطور خودکار انجام مي‌دهد. این سیستم بدون استفاده از یک سخت‌افزار خاص، بطور بي‌درنگ کار مي‌کند. داده ورودي به سیستم بینایي مذکور، یک دنباله تصویر گرفته شده از یک سنسور رنگي نصب شده در پشت شیشه جلو یک اتومبیل متحرک است. سیستم وسائط نقلیه موجود در ویدیوي ورودي را با تحلیل اطلاعات حرکت، که از چندین تصویر متوالي ایجاد مي‌شوند، و همچنین از اجزاء رنگ، ویژگیهاي لبه‌اي، همبستگي، و تقارن در یک تصویر تشخیص مي‌دهد. این سیستم از دانش اولیه در مورد ظاهر اتومبیل و جاده، نظیر شکل اتومبیل‌ها و رنگ جاده نیز بهره مي‌گیرد. روشها با جزئیات کامل در [۴۱، ۴۲] مورد بررسي قرار گرفته‌اند.

در سیستمي که مالک و همکارانش ارائه نمودند [۶]، یک سیستم مراقبت مبتني بر بینایي ماشین سطح پایین، با یک استدلال کننده نمادین سطح بالا، مبتني بر شبکه‌هاي باور دینامیکي[۸۲]، ترکیب شده است. این سیستم اطلاعات سطح بالایي راجع به صحنه‌هاي ترافیک، نظیر تغییر خط حرکت، اتومبیل‌هاي متوقف شده، و شمارش کلي اتومبیل‌هاي موجود در صحنه ارائه مي‌نماید. آنها معتقد بودند که براي رسیدن به دقت مورد نظر در سیستم استفاده از استدلال سطح بالا با عدم قطعیت الزامي است. آنها از یک مدل حرکت براي اتومبیل‌هاي موجود در صحنه استفاده کردند تا بتوانند بر مسأله نویز غلبه کنند. این مدل‌ها توسط یک فیلتر کالمن به روز در مي‌آیند. با استفاده از یک دانش مقدماتي راجع به هندسه تصویر، مي‌توان ترتیب عمقي نواحي متحرک در صحنه را محاسبه و از این طریق براي تشخیص بهم‌چسبیدگي و هم‌پوشاني تصاویر اتومبیل‌ها استدلال نمود. در این سیستم تقطیع حرکت با تفاضل زمینه صورت مي‌گیرد. در سیستم آنها مدل زمینه تطبیقي مبتني بر فیلتر کالمن بکار گرفته شده است [۵۲، ۸۳]. تخمین زمینه با تغییرات آب و هوا و تغییر شرایط نوري تغییر مي‌کند و اصلاح مي‌گردد. براي تشخیص ناحیه متحرک تقطیع شده در تصویرهاي بعدي از یک ماسک همبستگي استفاده مي‌شود، که این ماسک مي‌تواند اندازه اتومبیل را نیز مشخص کند. براي ردگیري نیز از یک فیلتر کالمن استفاده مي‌گردد.

کوکچیارا و پیکاردي نیز سیستمي براي ردگیري ترافیک در جاده‌هاي شهري و چهارراه‌ها ایجاد نمودند [۴۳]. سیستم آنها قابلیت کار در شب و روز را داراست. آنها یک سیستم دوسطحي ارائه نمودند که در آن، یک سیستم سطح بالاي استنتاج مبتني بر قوانین تولید[۸۳]، بر روي واحدهاي سطح پایین مختلف پردازش تصویر نظارت مي‌کند. رابط این دو سطح، مبتني بر مفهوم وسیله نقلیه متحرک مي‌باشد. واحدهاي سطح پایین پردازش تصویر، وسائط نقلیه متحرک را تحت شرایط نوري کاملاً متفاوت شناسایي کرده و به سطح بالا ارائه مي‌دهند. سطح بالا مستقل از ظاهر صحنه عمل مي‌کند و تنها با استفاده از داده‌هاي نمادین، عمل استنتاج را انجام مي‌دهد.

روشهایي که آنها براي تشخیص و ردگیري وسائط نقلیه در روز و شب بکار گرفته‌اند متفاوت مي‌باشد. براي این دو شرایط نوري متفاوت نمي‌توان از یک دسته روش استفاده نمود، لذا آنها دو دسته روش براي تشخیص و ردگیري اتومبیل‌ها در شب و روز ارائه دادند. کلیشه‌هاي متحرک در روز تصویر وسائط نقلیه و در شب چراغهاي جلوي اتومبیل‌ها مي‌باشند. هدف مشترک هر دو دسته روش، استخراج وسائط نقلیه و خصوصیات آنها است.

در این سیستم، واحد سطح بالا براي انجام استنتاج بمنظور ردگیري وسائط نقلیه و اصلاح خطاهاي بالقوه واحد سطح پایین، از زنجیره‌سازي پیشرو[۸۴] استفاده مي‌کند. این واحد مي‌تواند با مسائلي نظیر تقطیع بیش از حد، که در آن یک وسیله نقلیه به چندین قسمت قطعه‌بندي مي‌شود؛ تقطیع ناقص، که در آن چند وسیله نقلیه که بطور جزئي با یکدیگر همپوشاني دارند با یکدیگر ترکیب مي‌شوند؛ تشخیص اشتباه و تقطیع بد بدلیل تغییرات شرایط نوري و وجود سایه‌ها، برخورد نماید. در روز، صحنه ترافیک شامل وسائط نقلیه هدف و اشیاء مزاحم نظیر خانه‌ها، درخت‌ها و اتومبیل‌هاي پارک شده در کنار خیابان است. براي ایجاد تمایز بین این دو دسته، از یک ماسک استفاده شده است. استخراج و تشخیص هدف در پژوهش مورد بحث، بر پایه تقطیع زماني و مکاني استوار است. آنها از تفاضل بین سه تصویر متوالي بعنوان تقطیع زماني بهره بردند و همچنین با احتساب تغییرات نوري در منطقه‌اي که حرکت در آن رخ داده است، از تقطیع مکاني استفاده کردند [۲۴۵-۲۴۷]. آنها از یک روش ساده براي مشخص کردن کانتور تقریبي وسائط نقلیه متحرک استفاده نمودند. دسته‌بندي کانتورها به وسائط نقلیه بر اساس اندازه مساحت نواحي مي‌باشد.

ظاهر صحنه ترافیک در شب، از ظاهر آن در روز بسیار متفاوت است. تنها ویژگیهاي بصري چشمگیر، چراغهاي جلوي اتومبیل‌ها و نور آنها، چراغهاي خیابانها و علائم و نشانه‌هایي نظیر خطوط عابر پیاده مي‌باشند. در این حالت شناسایي یک زوج چراغ براي مشخص کردن یک اتومبیل بکار مي‌رود.

برتوزي و همکارانش نیز یک سیستم براي تشخیص و ردگیري وسائط نقلیه ارائه کردند [۱۱۷]. این سیستم بر روي یک وسیله نقلیه خودکار به نام آرگو[۸۵] نصب گردیده است. آرگو مي‌تواند جاده را تعقیب نماید و در مسیر صحیح حرکت کند. همچنین قادر است فاصله قانوني و ایمن بین اتومبیل‌ها را حفظ نموده و سرعت خود را نسبت به شرایط جاده و محیط تنظیم کند. این وسیله نقلیه مي‌تواند براي سبقت گرفتن از دیگر اتومبیل‌ها و عبور از کنار موانع مسیر خود را عوض نماید. روشهایي که براي تشخیص موانع بکار مي‌روند، بر حسب تعریف موانع، متفاوت هستند [۳۶]. اگر تعریف مانع بطور خاص انجام گیرد و مانع منحصر به یک شيء مشخص مانند یک اتومبیل باشد، تشخیص مي‌تواند بر پایه جستجوي یک الگوي خاص استوار گردد. این الگوي خاص مي‌تواند به همراه ویژگیهاي دیگر، مانند بافت [۲۴۸]، شکل [۲۴۹]، تقارن [۲۵۰-۲۵۲] یا یک کانتور تقریبي [۲۵۳] مورد استفاده قرار گیرد.

اندازه‌گیري فاصله بین اتومبیل‌ها با استفاده از یک دنباله تصویر کاري پیچیده است. در سیستم مورد بحث براي تشخیص و ردگیري اتومبیل‌ها از یک دنباله تصویر تک‌چشمي استفاده مي‌گردد. همچنین یک تخمین غیر دقیق از فاصله اتومبیل‌ها نیز با استفاده از همین دنباله تصویر ایجاد مي‌شود. سپس با استفاده از

يک الگوريتم ساده بينايي استريو، تخمين فاصله اصلاح مي‌گردد. الگوريتم قبلي كه آنها براي محاسبه فاصله بكار بردند [۲۵۴]، در حالتي كه اتومبيل‌ها فاصله زيادي تا سيستم بينايي داشتند، بطور دقيق عمل نمي‌كرد، و لذا آنها الگوريتم جديدي شامل بينايي استريو ارائه نمودند [۱۱۷].

الگوريتم تشخيص وسائط نقليه در اين سيستم بر پايه چند نكته زير استوار است. وسائط نقليه در حالت كلي متقارن هستند و توسط يک مستطيل محيطي با نسبت طول و عرض تا حدي معين، مشخص مي‌گردند. همچنين اتومبيل‌ها در يک ناحيه مشخص از تصوير واقع مي‌شوند. از اين ويژگي براي تشخيص اتومبيل‌ها در تصوير استفاده مي‌شود. روش كار به اينصورت است كه ابتدا با استفاده از محل جاده و محدوديتهاي پرسپكتيو، ناحيه مورد علاقه كه احتمال حضور اتومبيل در آن وجود دارد، مشخص مي‌گردد. در اين ناحيه جستجو براي يافتن تقارن صورت مي‌گيرد. بدليل وجود انعكاسات نوري احتمالي در يكي از طرفين اتومبيل موجود در صحنه، يافتن تقارن با استفاده از سطوح خاكستري تنها، نتايج ايده‌آلي ايجاد نمي‌كند. لذا از تقارن در لبه‌هاي افقي و عمودي نيز استفاده مي‌شود. پس از آن براي مشخص كردن مستطيل محيطي جستجو ادامه مي‌يابد. ردگيري با محاسبه همبستگي بين محتويات مستطيل محيطي در تصوير قبلي، با تصوير حاضر انجام مي‌شود. بدليل تغيير در فاصله نسبي بين اتومبيل موجود در صحنه و سيستم بينايي، و در نتيجه ايجاد تغيير در اندازه تصوير اتومبيل، از روي مستطيل محيطي اصلي، چندين نسخه كشيده شده[۸۶] و جمع شده[۸۷] ساخته مي‌شود و اين كليشه‌ها با تصوير قبلي، براي محاسبه همبستگي بكار مي‌روند.

يكي از كاربردهاي جديد سيستم‌هاي ردگيري تفسير و حاشيه‌نويسي ويديو[۸۸] است. حاشيه‌نويسي ويديو بمعناي ايجاد يک توصيف و تفسير از وقايع و حركتهاي انجام شده در يک دنباله تصوير است. از اين حاشيه‌نويسي مي‌توان براي دسته‌بندي، بازيابي و خلاصه‌سازي استفاده نمود.

در سيستمي كه اينتيله و بوبيک ارائه كردند [۲۵۵]، اطلاعات مربوط به زمينه يا حوزه انجام ردگيري، با يک روش سطح پايين تركيب گرديده و مسيرهاي حركت اشياء غيرخشک[۸۹] متحرک با حركت نامشروط، از دنباله تصاوير ورودي استخراج شده است. از روش آنها مي‌توان در كاربردهاي مختلف استفاده نمود. يكي از كاربردهايي كه امروزه تيمهاي ورزشي حرفه‌اي از آن استفاده مي‌كنند، برچسب‌گذاري بازي مي‌باشد. آنها ردگيري بازيكنان در بازي فوتبال را بعنوان حوزه تست خود انتخاب نمودند. بازيكنان به سرعت حركت مي‌كنند و بطور غير قابل پيش بيني مسير حركت خود را تغيير مي‌دهند. اين مسائل براي بسياري از الگوريتم‌هاي ردگيري مشكل‌ساز است، زيرا در اكثر الگوريتم‌ها از فرض حركت هموار استفاده مي‌شود. مشكل ديگر آنست كه بازيكنان به دفعات زياد با يكديگر برخورد مي‌كنند. بدليل اين خصوصيات زمينه فوتبال، استفاده از رهيافت‌هاي ردگيري قبلي، براي ردگيري فوتبال مسائل و مشكلاتي ايجاد مي‌نمايد [۲۵۶].

استفاده از دانش سطح بالا مي‌تواند نقش عمده‌اي در بهبود كارايي سيستم ردگيري داشته باشد، زيرا شرايطي از طرف محيط به اشياء و حركت آنها تحميل مي‌گردد و مي‌توان از اين شرايط و محدوديتها براي بهبود ردگيري استفاده نمود. آنها در كار خود، مفهوم جهان بسته[۹۰] را عنوان نمودند [۲۵۵]. منظور از جهان بسته در سيستم پيشنهادي آنها، يک ناحيه زماني ومكاني از دنباله تصوير است كه همه اشياء در صحنه موجود هستند و دسته‌بندي همه اشياء موجود در صحنه بطور كامل معلوم است و در اين صحنه بايد بتوان هر پيكسل را به يكي از اشياء موجود در جهان بسته منتسب نمود. بعنوان مثال، در زمينه فوتبال اگر يک زمين با دو بازيكن در نظر گرفته شود، جهان بسته شامل دو بازيكن، خطوط راهنماي درون زمين، و چمن مي‌باشد. حالات داخلي جهان بسته نامعلوم است و بايد با توجه به دنباله تصاوير ورودي محاسبه گردد. منظور از حالات داخلي، پارامترهايي نظير موقعيت و سرعت بازيكنان مي‌باشد.

ردگيري اشياء در يک محيط پيچيده مانند فوتبال نياز به دانش سطح بالا در مورد محيط دارد. محدود كردن سيستم ردگيري به يک زمينه خاص، دانش مورد نياز مرتبط با مسأله را مشخص مي‌كند. در رابطه با ردگيري بازيكنان فوتبال، دانش مربوط به زمين، قوانين، استراتژي و گرايشات مي‌تواند تا حدي عدم قطعيت‌ها را كاهش دهد. آنها با استفاده از دانش مربوط به زمينه فوتبال و استفاده از يک سري كليشه براي بازيكنان و روش همبستگي، ردگيري بازيكنان را انجام دادند.

نح و همكارانش در سال ۱۹۹۳ الگوريتم فاصله هاسدورف[۹۱] را بعنوان يك روش براي تطبيق كليشه بكار بردند [۲۵۷]. ايده اصلي در روش آنها اين بود كه حركت هر شيء دوبعدي در فضا را مي‌توان با يك تغيير شكل دوبعدي، انتقال، و چرخش دوبعدي ارائه نمود. الگوريتم فاصله هاسدورف سعي مي‌كند از بين همه راههاي ممكن انتقال و چرخش، كوتاهترين راهي كه يك مجموعه از نقاط را به مجموعه نقاط ديگري تصوير مي‌كند، بيابد. از مزيتهاي روش آنها، مقاوم بودن در مقابل تغيير شكل و چرخش، بعلاوه قابليت ردگيري اشيائي كه در بين دو تصوير حركت بزرگ داشته‌اند را مي‌توان ذكر نمود. مهمترين مشكل سيستم، بار زياد محاسباتي آن است.

شاه‌حسيني و صفابخش در سال ۲۰۰۰، يک شبكه عصبي با عنوان شبكه نگاشت خودسازمانده تطبيقي با زمان ارائه نمودند [۳۰۷] كه توانائي كار در محيطهاي پويا را دارا است. يكي از كاربردهائي كه آنها براي اين شبكه عصبي معرفي نمودند، ردگيري مركز اشياء متحرک در يک دنباله تصوير مي‌باشد [۳۰۸]. آنها براي دنبال كردن مركز يک شيء متحرک از يک شبكه تطبيقي با توپولوژي ۲*۲ بهره گرفتند. در روش آنها براي هر شيء متحرک يک شبكه اختصاص داده مي‌شود و هر شبكه بدون توجه به حركت اشياء ديگر، شيء مربوط به خود را دنبال مي‌كند. آنها براي آشكارسازي اشياء متحرک در دنباله تصاوير از روش تفاضل زمينه استفاده نمودند.

حقيقت و صفابخش در سال ۲۰۰۴ روشي مبتني بر ناحيه براي ردگيري اشياء متحرک ارائه نمودند [۳۰۶]. آنها در روش خود گشتاورهاي تصوير را مورد استفاده قرار دادند و بر اين اساس يک تابع فاصله جديد پيشنهاد كردند. در روش مذكور بجاي ردگيري كل ناحيه تقطيع شده اشياء متحرک تنها يک ناحيه دايره شكل از آن انتخاب و با استفاده از تابع فاصله پيشنهادي آنها در طول دنباله تصاوير ورودي ردگيري مي‌شود. يكي از مزاياي روش مذكور مستقل از دوران بودن تابع فاصله پيشنهادي آنهاست كه نياز به بروز كردن مكرر كليشه اشياء را از بين مي‌برد و در مقابل چرخش اشياء مقاوم است.

۳-۴ تعقيب با استفاده از كانتور

ايده اصلي در اين روش، داشتن يک ارائه از پيرامون شيء و به روزسازي پوياي آن به هنگام تغيير پيرامون شيء است. در واقع، ردگيري در اين روش با تعقيب پيرامون اشياء متحرک صورت مي‌پذيرد.

مفهوم كانتور فعال يا اسنيک براي اولين بار در سال ۱۹۸۷ معرفي گرديد [۱۳۶]. كانتورهاي فعال در حالت سه‌بعدي و بسط كانتور به سطح نيز مورد بررسي قرار گرفته‌اند [۲۵۸]. روش ردگيري مبتني بر مدل كانتور فعال يا مدل اسنيک را مي‌توان بعنوان دوگان روش ردگيري مبتني بر ناحيه دانست. مزيت استفاده از يک ارائه مبتني بر كانتور از شيء، نسبت به يک ارائه مبتني بر ناحيه، كمتر بودن پيچيدگي محاسباتي است. با اين وجود، تقطيع اشيائي كه بطور جزئي هم‌پوشاني پيدا كرده‌اند با مشكل روبرو خواهد شد. اگر در هنگام هم‌پوشاني بتوان براي هر شيء يک كانتور جديد ايجاد نمود، حتي در اين حالت نيز مي‌توان اشياء را ردگيري نمود [۳۸]. با اين وجود آغاز يک كانتور جديد، قسمت پيچيده اين روش است. از سيستم‌هاي مبتني بر كانتور مي‌توان به [۳۸، ۱۸۲] اشاره نمود.

گرايش به تحقيقات در زمينه ردگيري كانتور و مدل‌هاي شكل فعال[۹۲]، رشد قابل

توجهي يافته است. مدل توزيع نقطه يا مدل شكل فعال، در سال ۱۹۹۲ توسط كوتس و همكارانش ارائه گرديد [۲۵۹]، و بطور موفقيت آميزي در تفسير و تعبير تصوير مبتني بر مدل بكار گرفته شد [۲۶۰، ۲۶۱].

كانتورهاي فعال يا اسنيكها بعنوان كانتورهاي تغيير شكل پذير، بخوبي جهت تفسير تصوير و ردگيري ساختارهاي غيرخشک بكار گرفته شده‌اند [۲۶۲]. در برخي از روشها اسنيكها با فيلتر كالمن تركيب گرديده‌اند [۲۶۳].

- **معرفي چند سيستم ردگيري مبتني بر كانتور**

بليک و همكارانش يک قالب كاري رياضي براي ردگيري كانتورها، كه توسط بي-اسپلاين يا يک روش پارامتري كردن ديگر ارائه شده‌اند، مطرح نمودند [۲۶۴].

هاگ و بامبرگ روشي براي بكارگيري مؤثر مدل شكل فعال جهت ردگيري يک شيء متحرک غيرخشک در يک دنباله تصوير ارائه نمودند [۵۴]. شيء مورد نظر آنها يک انسان در حال قدم زدن است. در روشي كه آنها ارائه دادند، مدل شكل فعال بر مبناي مدل توزيع نقطه كوتس استوار بود، با اين تفاوت كه از يک بي-اسپلاين براي ارائه شكل شيء استفاده كردند. روش مذكور سريع و مقاوم است. در حالتي كه يک انسان در حال قدم زدن ردگيري مي‌شود، تغييرات شكل در بين دو تصوير متوالي، حتي با نرخ ويديويي، زياد مي‌باشد. بنابراين كانتور نبايد به آهستگي تغيير كند. روش ردگيري بايد در مقابل تغيير زياد در شكل شيء عكس العمل مناسب نشان دهد و به اندازه كافي نيز ساده باشد كه بتواند بصورت بي‌درنگ مورد استفاده واقع شود.

جين و ژانگ در سال ۲۰۰۰ روشي ارائه كردند [۱۷۶] كه در آن با همراه كردن روشهاي ديگر با روش كانتورهاي قابل تغيير شكل، هم از اطلاعات داخلي و هم اطلاعات خارجي شيء استفاده مي‌گردد. آنها با استفاده از نوعي فيلتر كردن زماني بمنظور محاسبه تفاضل بين دو تصوير، بعنوان يك ايده كمكي براي ردگيري اشياء متحرك، كليشه‌هاي تغيير شكل‌پذير را براي تطبيق اشياء ساختند. در اين سيستم ابتدا يك ناحيه بصورت دستي براي ردگيري انتخاب مي‌شد. سپس كليشه با جذب شدن به نواحي داراي گراديان بالا (لبه‌ها)، نواحي مرزهاي حركت و نواحي داراي تشابه سطح خاكستري يا رنگي در تصاوير بعدي تغيير شكل مي‌داد. يكي از مزيتهاي سيستم فوق آنست كه حاوي اطلاعات سراسري و كلي است كه اين سيستم را نسبت به ضعفهاي ويژگيهاي تصوير مقاومتر مي‌نمايد. مشكلي كه اين سيستم از آن رنج مي‌برد محدوديت روش تقطيع آنست كه بدليل استفاده از تقطيع مبتني بر فيلتر كردن زماني، محيط يا زمينه ثابت مورد نياز مي‌باشد.

يكي از كاربردهائي كه شاه‌حسيني و صفابخش براي شبكه عصبي نگاشت خودسازمانده تطبيقي با زمان [۳۰۷] معرفي شده توسط خودشان ارائه كردند ردگيري كانتور اشياء متحرک در يک دنباله تصوير است [۳۰۸، ۳۰۹]. آنها براي دنبال كردن اشياء متحرک از شبكه‌هاي تطبيقي داراي چهار نورون بهره گرفتند. در روش آنها شبكه تطبيقي مربوط به شيء متحرک يک كانتور بسته مي‌سازد كه مي‌تواند بعنوان يک كانتور تقريبي اوليه براي هر الگوريتم مدل كردن كانتور بكار گرفته شود.

۵-۳ تعقيب با استفاده از رنگ

ايده اصلي در اين رهيافت ردگيري نواحي داراي يک رنگ مشخص مي‌باشد [۲۶۵]. تقطيع با استفاده از رنگ، يكي از روشهاي شاخص در كاربردهاي ردگيري بصورت بي‌درنگ است [۱۵۳-۱۵۵]. ردگيري با استفاده از رنگ داراي مزاياي بسياري نظير بار محاسباتي كم و استقلال نسبت به چرخش و تغيير شكل شيء متحرک است. با اين وجود، تحت شرايط محيطي متغير، ردگيري با اين روش تا حدي غير مطمئن مي‌گردد. براي غلبه بر اين مشكل، روشهاي مختلفي كه همه از تركيب ايده‌هاي گوناگون با روش مبتني بر رنگ ايجاد مي‌شوند، پيشنهاد شده است. يكي از مواردي كه بخوبي با رنگ تركيب مي‌گردد و مي‌تواند مكمل مناسبي باشد، بافت است. با وجود اين، پيچيدگي محاسباتي زياد عمل تقطيع بافت يک عامل آزار دهنده به شمار مي‌رود.

- **معرفي چند سيستم ردگيري مبتني بر رنگ**

اوزيليدز و همكارانش با هدف ردگيري بي‌درنگ اشياء، روشي براي تركيب اطلاعات رنگ و بافت ارائه نمودند [۲۶۶] كه هم تقطيع را مطمئن‌تر مي‌نمايد و هم هزينه محاسبات مربوط به بافت را پايين نگه مي‌دارد. آنها براي مدلسازي بافت از نوعي ميدان اتفاقي گيبز-ماركف[۹۳] [۲۶۷، ۲۶۸] و همچنين از يک توزيع گاسي دوبعدي براي مدلسازي رنگ استفاده نمودند. با اين روش مدلسازي، يک تركيب و همجوشي احتمالاتي از اطلاعات رنگ و بافت ايجاد مي‌گردد و تطبيق رنگ و بافت در طول زمان نيز صورت مي‌پذيرد.

پروژه WITAS توسط چهار گروه تحقيقاتي در دانشگاه لينكوپينگ سوئد انجام گرفت [۲۸]. اين پروژه در حوزه وسائط نقليه خودگردان هوشمند و ديگر سيستم‌هاي خودگردان طرح شده است. هدف نهايي، ساخت يک سيستم كامپيوتري هوايي است كه قادر به تصميم‌گيري منطقي و عقلاني باشد. يكي از اهداف سيستم هوايي، نظارت بر ترافيک است. در صورتي كه سيستم قصد ردگيري يكي از اتومبيل‌ها را داشته باشد، بايد دوربين سيستم به شكلي حركت كند كه اتومبيل تحت ردگيري را تحت نظر و درون زاويه ديد خود حفظ نمايد. آنها از اطلاعات رنگ مربوط به اتومبيل‌ها استفاده نمودند. اينكار باعث بالا بردن ضريب اطمينان سيستم در ردگيري صحيح اتومبيل‌ها مي‌شود. اين سه مسأله، يعني فيلتر نمودن موقعيت و سرعت اتومبيل‌ها، كنترل دوربين، و دسته‌بندي با استفاده از رنگ، توسط اين محققين مورد بررسي قرار گرفته‌اند [۱۵۱].

گروه مذكور يک شبيه‌ساز براي تست روشهاي خود ايجاد نموده‌اند. اين شبيه‌ساز، عملكرد يک هليكوپتر و يک سنسور متصل به آن را شبيه‌سازي مي‌نمايد، كه در آن هليكوپتر در بالاي يک منطقه كه تعدادي اتومبيل در يک شبكه جاده‌اي در حال حركت هستند پرواز مي كند.

ينگ و اهوجا سيستمي براي تشخيص چهره انسان ارائه كردند [۱۹۵]. نتيجه كار آنها اين بود كه چهره انسانها در تصاوير رنگي را مي‌توان بدون توجه به اندازه، جهت و زاويه ديد تشخيص داد. آنها براي انجام اين كار از يك فضاي رنگي كوچك پوست انسان همراه با ويژگيهاي چهره مانند چشمها، دهان و غيره استفاده نمودند. مک‌كينون نيز با استفاده از يك تئوري مشابه با تئوري مطرح در [۱۹۵]، مبتني بر فيلتر نمودن پوست، يك سيستم ردگيري اشياء متحرك پيشنهاد نمود [۱۹۴]. يكي از مشكلات اين سيستم بصورت بي‌درنگ، كمي يا زيادي نور محيط مي‌باشد. نقطه ضعف سيستم‌هاي مبتني بر رنگ پوست آنست كه در اين سيستم‌ها گاهي نواحي مشابه فضاي رنگي پوست در محيط يا زمينه بعنوان چهره تعبير مي‌شوند و سيستم دچار اشكال مي‌گردد.

برگكويست يک سيستم بي‌درنگ مبتني بر رنگ، براي تقطيع صحنه به نواحي قابل رانندگي و غير قابل رانندگي ارائه نمود [۲۷]. براي انجام اين كار، از ويژگيهاي مختلف تصوير و روشهاي دسته‌بندي متفاوت استفاده مي‌گردد. ورودي اين سيستم، يک دنباله تصوير از يک دوربين نصب شده بر روي يک وسيله نقليه برون جاده‌اي و خروجي آن يک نقشه از نواحي قابل رانندگي فعلي در جلوي وسيله نقليه مي‌باشد. از اين نقشه براي برنامه‌ريزي مسير استفاده مي‌شود.

۶-۳ تعقيب با استفاده از اطلاعات حوزه فركانس

در اين روشها، بجاي آنكه پردازش در حوزه زمان و مكان صورت پذيرد، از طيف فوريه حاصل از اعمال تبديل فوريه چند تصوير دنباله براي تشخيص اشياء متحرک و اندازه‌گيري سرعت آنها استفاده مي‌شود. اين دسته روشها بدليل بار محاسباتي سنگين و پيچيدگي روشها مورد توجه زياد واقع نگرديده‌اند.

- **معرفي يک سيستم ردگيري مبتني بر حوزه فركانس**

عفيفي و همكارانش با استفاده از تبديل فوريه روشي براي تشخيص اشياء متحرك و محاسبه سرعت آنها ارائه نمودند [۲۶۹، ۲۷۱]. ايده اصلي آنها در اين روش آنست كه اشياء متحرك در حوزه طيف بصورت گروه‌هايي از بيشينه‌هاي جداگانه ظاهر مي‌گردند و از اين بيشينه‌ها براي شناسايي اشياء و محاسبه سرعتهايشان استفاده مي‌شود. فرموله‌سازي تحليلي، مطالعه تأثير اشياء متحرك داراي سرعتهاي مشابه يا متفاوت و زمان و مكان ورود يا خروج مشابه يا متفاوت، و ارائه الگوريتم براي ايجاد تمايز بين اشياء متحرك با سرعتهاي مشابه از جمله كارهاي آنها مي‌باشد.

بيشتر محققين در زمينه تحليل تصاوير ويديو، دو يا سه تصوير از يك دنباله تصوير را مورد استفاده قرار مي‌دهند. اينگونه تحليل مبتني بر چند تصوير، به اطلاعات كامل در مورد حركت دست نمي‌يابد و مقداري از اطلاعات را از دست مي‌دهد. تحقيقات نشان داده است كه سيستم بينايي انسان براي كشف ساختار الگوهاي متحرك به تعداد تصاوير بيشتري نياز دارد. يك دنباله طولاني‌تر اين امكان را مي‌دهد كه از اطلاعات سرعت نيز در تحليل مسأله استفاده شود.

در اين الگوريتم [۲۶۹] يك تبديل فوريه سريع به دنباله زماني اعمال مي‌شود. سپس بيشينه‌هاي موجود در طيف بمنظور تعيين اشياء متحرك و بدنبال آن سرعتها استخراج مي‌گردند. تمام اشياء ثابت و زمينه نامتغير با زمان، بصورت جزء فركانسي صفر در حوزه تبديل ظاهر مي‌شوند و لذا در تخمين سرعتها تأثيري ندارند. اين الگوريتم بدليل استفاده از كل دنباله تصوير، تخمين بهتري براي سرعت ايجاد مي‌نمايد. محاسبه سرعت با استفاده از تبديل سريع فوريه انجام مي‌پذيرد و نيازي به روشهاي تقطيع و تطبيق ندارد.

۴- خلاصه

ردگيري اشياء متحرك در يک دنباله تصاوير يكي از زمينه‌هاي مهم و پركاربرد در بينائي ماشين است. تا كنون سيستم‌هاي ردگيري بسياري توسط محققين فعال در اين زمينه پياده‌سازي گرديده‌اند. عمليات ردگيري طي سه مرحله اصلي تقطيع اشياء از زمينه، ارائه اشياء، و تعقيب اشياء ارائه شده صورت مي‌پذيرد. هر يک از اين مراحل مي‌تواند با روشهاي گوناگوني انجام گيرد. تقطيع اشياء از زمينه مي‌تواند با استفاده از اطلاعات مكاني، زماني، يا مكاني- زماني صورت پذيرد. هر يک از اشياء موجود در صحنه را مي‌توان با استفاده از مدل، نقاط ويژگي، ناحيه يا كليشه، كانتور، رنگ، تبديلات رياضي، و ديگر روشها ارائه نمود. نهايتاً هر شيء ارائه شده بايد از يک تصوير به تصوير بعدي تعقيب گردد. معمولاً در تعقيب اشياء از فيلترهاي آماري مانند فيلتر كالمن، فيلتر پارتيكل، و فيلترهاي ديگر بهره برده مي‌شود.

عوامل گوناگوني در عملكرد يک سيستم ردگيري دخالت دارند، كه از آن جمله مي‌توان به محيط انجام ردگيري، هدف از انجام ردگيري، مشخصات اشياء، چگونگي تصويربرداري، و نوع حركت اشياء در صحنه اشاره نمود. در زمان طراحي هر سيستم ردگيري بايد اين عوامل در نظر گرفته شوند تا سيستمي مقاوم ايجاد گردد.

در نظر داشتن خصوصيات و ويژگيهاي يک سيستم ردگيري ايده‌آل مي‌تواند در جهت ساخت يک سيستم كامل و مطمئن به طراح ايده دهد. از جمله اين ويژگيها مي‌توان مقاوم بودن در مقابل تغييرات تدريجي يا ناگهاني شرايط نوري و آب و هوائي، توانائي بر خورد با مسأله سايه اشياء در تصوير، قابليت تشخيص و ردگيري اشياء با سرعتهاي دلخواه، توانائي ردگيري هر تعداد شيء متحرك در صحنه را نام برد.

هدف اين مقاله ايجاد يک نقطه شروع مناسب براي علاقمندان به زمينه ردگيـري اشياء متحرك در دنباله تصاوير مي‌باشد. در اين مقاله اجزاء و خصوصيات سيستم‌هاي ردگيري بصورت مفصل مطرح گرديد، و روشهاي مختلف مورد استفاده در سيستم‌هاي ردگيري موجود دسته‌بندي شد. همچنين به عوامل تأثيرگذار در عملكرد سيستم‌هاي ردگيري و خصوصيات يک سيستم ردگيري ايده‌آل اشاره گرديد. همچنين، نمونه‌هائي از سيستم‌هاي ردگيري موجود با استفاده از روشهاي گوناگون معرفي گرديد.

۵- تشكر و قدرداني: نگارندگان مقاله از دقت و نظرات بسيار سازنده و مثبت داوران محترم تشكر و قدرداني مي‌نمايند.

مراجع

[1] E. Marchand, P. Bouthemy, F. Chaumette and V. Moreau, “Robust Real-time Visual Tracking using a 2D-3D Model-based Approach,” *IEEE Int. Conf. on Computer Vision, ICCV'99*, vol. 1, pp. 262-268, 1999.

[2] C. E. Smith, C. A. Richards, S. A. Brandt, and N. P. Papanikolopoulos, “Visual Tracking for Intelligent Vehicle-Highway Systems,” *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. 45, no. 4, pp. 744-758, 1996.

[3] M. Bertozzi, A. Broggi, A. Fascioli and S. Nichele, “Stereo Vision-based Vehicle Detection,” *Proc. of the IEEE Intelligent Vehicles Symp.*, 2000.

[4] B. Ulmer, “VITA- An Autonomous Road Vehicle (ARV) for Collision Avoidance in Traffic,” *Proc. of the Intelligent Vehicles ‘92 Symp.*, pp. 36-41, 1992.

[5] V. Kettnaker and R. Zabih, “Bayesian Multi-camera Surveillance,” *Proc. IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 253–259, 1999.

[6] J. Malik, S. Russell, J. Weber, T. Huang and D. Koller, “A Machine Vision Based Surveillance System for California Roads,” *PATH project MOU-83 Final Report*, Computer Science Division, University of California, USA, 1994.

[7] M. Bogaert, N. Chleq, P. Cornez, C.S. Regazzoni, A. Teschioni, and M. Thonnat, “The PASSWORDS Project,” *In Intl Conf. on Image Processing (ICIP’96)*, pp. 675–678, 1996.

[8] I. Haritaoglu, D. Harwood, and L. Davis, “W4: Who, When, Where, What: A Real Time System for Detecting and Tracking People,” *Proc. Third Face and Gesture Recognition Conf.*, pp. 222–227, 1998.

[9] J. Heikkila and O. Silven, "A Real-time System for Monitoring of Cyclists and Pedestrians", *Image and Vision Computing*, 2003.

[10] R. Pless, T. BrodskNy, and Y. Aloimonos, “Detecting Independent Motion: The Statistics of Temporal Continuity,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 22, no. 8, pp. 768–773, 2000.

[11] C. Stauffer, and W.E.L. Grimson, “Learning Patterns of Activity using Real-time Tracking,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*,vol. 22, no. 8, pp. 747–757, 2000.

[12] L. Wixson, “Detecting Salient Motion by Accumulating Directionally-consistent Flow,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol 22, no. 8, pp. 774–780, 2000.

[13] S. B. Skaar, W. H. Brockman, W. S. Jang, “Three Dimensional Camera-space Manipulation,” *Intl J. of Robot Res.*, vol. 9, no. 4, pp. 22–39, 1991.

[14] EJ. Gonzalez-Galvan, F. Pazos-Flores, SB. Skaar, and A. Cardenas-Galindo, “Camera Pan/Tilt to Eliminate the Workspace Size/Pixel-resolution Tradeoff with Camera-space Manipulation,” *Robot Comput Integr Manuf, vol.* 18, no. 2, pp. 95–104, 2002.

[15] O. Bottema, and B. Roth, *Theoretical kinematics*, New York: Dover Publications, pp. 150–152, 1990.

[16] N. Friedman, and S. Russell, “Image Segmentation in Video Sequences: A Probabilistic Approach,” *Proc. of the 13th Conf. on Uncertainty in Artificial Intelligence*, pp. 1–3.

[17] A. Elgammal, D. Harwood, L. Davis, "Non-parametric Model for Background Subtraction" *Proc. of the 6th European Conf. on Computer Vision*, pp. 751–767, 2000.

[18] P. KaewTrakulPong and R. Bowden, "A Real-time Adaptive Visual Surveillance System for Tracking Low-resolution Colour Targets in Dynamically Changing Scenes", *Image and Vision Computing*, no. 21, pp. 913–929, 2003.

[19] G.R. Bradski, "Computer Vision Face Tracking for Use in a Perceptual User Interface", *Intel Technology Journal (Q2) Online Journal*, 1998.

[20] M. Black and A. Jepson, "A Probabilistic Framework for Matching Temporal Trajectories: Condensation-Based Recognition of Gestures and Expressions", *European Conf. on Computer Vision*, pp. 909–924, 1998.

[21] E. D. Dickmanns, B. Mysliwetz and T. Christians, “An Integrated Spatial-temporal Approach to Automatic Visual Guidance of Autonomous Vehicles,” *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, vol. 20, no. 6, pp. 1273–1284, 1990.

[22] N. Kehtarnavaz, N.C. Griswold and J.S. Lee, “Visual Control of an Autonomous Vehicle (BART)—The Vehicle Following Problem”, *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 40, no. 3, pp. 654–661, 1991.

[23] M.A. Thorpe, M. Herbert, T. Kanade and S. Shafer, “Toward Autonomous Driving: The CMU Navlab”, *IEEE Expert*, vol. 6, no. 4, pp. 31–52, 1991.

[24] C.E. Smith, C.A. Richards, S.A. Brandt and N.P. Papanikolopoulos, “Visual Tracking for Intelligent Vehicle-Highway Systems”, *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. 45, no. 4, pp. 744-758, 1996.

[25] N. Papanikolopoulos, “Controlled Active Vision”, Ph.D. Thesis, Department of Electrical and Computer Engineering, Carnegie Mellon University, 1992.

[26] M. Bertozzi, A. Broggi, A. Fascioli and S. Nichele, “Stereo Vision-based Vehicle Detection”, *Proc. of the IEEE Intelligent Vehicles Symp.*, 2000.

[27] U. Bergquist, “Colour Vision and Hue for Autonomous Vehicle Guidance”, Master’s Thesis, Linkoping University, 1999.

[28] WITAS homepage, administrated by Erik Sandewall, Linkoping University, Sweden. E-mail:ejs@ida.liu.se. http://www.ida.liu.se/ext/witas/eng.html .

[29] T. Zielke, M. Brauckmann and W. Von Seelen, “CARTRACK: Computer Vision-based Car Following”, *Proc. of the IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, pp. 156-163, 1992.

[30] D. A. Pomerleau, *Neural Network Perception for Mobile Robot Guidance*, Kluwer Academic Publishers, 1993.

[31] D. A. Pomerleau and T. Jochem, ALVINN Project Homepage , http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/alv /member/www/projects/ALVINN.html .

[32] D. Pomerleau and T. Jochem. RALPH Project Homepage. http://www.ri.cmu.edu/projects/project_183.html .

[33] A. Kelly and A. Stentz. Ranger Project Homepage. http://www.frc.ri.cmu.edu/FRC/ranger.html .

[34] W. Whittaker, M.W. Maimone and E. Rollins. "Atacama Desert Trek: A Planetary Analog Field Experiment", http://img.arc.nasa.gov/Nomad/isairas3.fm.pdf.

[35] G. Foresti, V. Murino, C.S. Regazzoni and G. Vernazza, “A Distributed Approach to 3D Road Scene Recognition”, *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 43, no. 2, pp. 389–406, 1994.

[36] M. Bertozzi and A. Broggi, “GOLD: a Parallel Real-Time Stereo Vision System for Generic Obstacle and Lane Detection”, *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 7, pp. 62–81, 1998.

[37] D. Koller, K. Daniilidis, and H. Nagel, “Model-based Object Tracking in Monocular Image Sequences of Road Traffic Scenes”, *Intl Journal of Computer Vision*, no. 10, pp. 257-281, 1993.

[38] D. Koller, J. Weber and J. Malik, “Robust Multiple Car Tracking with Occlusion Reasoning”, *In Proc. IV European Conf. Computer Vision*, Stockolm, Sweden, pp. 189–196, 1994.

[39] T. Rabie, G. Auda, A. El-Rabbany, A. Shalaby and B. Abdulhai, “Active-Vision-based Traffic Surveillance and Control”, *3rd Intl Symp. on Mobile Mapping Technology*, 2001.

[40] M. Betke and H. Nguyen, “Highway Scene Analysis from a Moving Vehicle under Reduced Visibility Conditions”, *IEEE Int. Conf. Intelligent Vehicles*, 1998.

[41] M. Betke, E. Haritoglu and L. Davis, “Highway Scene Analysis in Hard Real Time”, *IEEE Conf. Intelligent Transportation Systems*, 1997.

[42] M. Betke, E. Haritoglu and L. Davis, “Multiple Vehicle Detection and Tracking in Hard Real Time”, *Intelligent Vehicles*, pp. 351-356, 1996.

[43] R. Cucchiara and M. Piccardi, “Vehicle Detection under Day and Night Illumination”, *Proc. of ISCS-IIA99, Special session on vehicle traffic and surveillance*, 1999.

Workshop on motion of Non-Rigid and Articulated Objects, pp. 194–199, 1994.

[59] R. T. Collins, A. J. Lipton, T. Kanade, H. Fujiyoshi, D. Duggins, Y. Tsin, D. Tolliver, N. Enomoto, O. Hasegawa, P. Burt and L. Wixson, “A System for Video Surveillance and Monitoring”, CMU-RI-TR-00-12, 2000.

[60] D. Comaniciu, V. Ramesh and P. Meer, "Real-time Tracking of Non-rigid Objects Using Mean Shift", *IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR’00)*, pp. 142–149, 2000.

[61] C. Bregler, "Learning and Recognizing Human Dynamics in Video Sequences", *IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR’97)*, pp. 568–574, 1997.

[62] M. Shah and R. Jain, *Motion-Based Recognition*, Kluwer Academic Publishers, 1997.

[63] T.S. Huang and A.N. Netravali, "Motion and Structure from Feature Correspondences: A Review", *Proc. IEEE* vol. 82, no. 2, pp. 252–268, 1994.

[64] R.Y. Tsai and T.S. Huang, "Estimating Three Dimensional Motion Parameters of a Rigid Planar Patch, III: Finite Point Correspondences and the Three View Problem", *IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Process.* vol. 32, pp. 213-220, 1984.

[65] S. Ullman, *The Interpretation of Visual Motion*, MIT Press, Cambridge, MA, 1979.

[66] J.A. Webb and J.K. Aggarwal, "Structure from Motion from Rigid and Jointed Objects", *Artif. Intell.* no.19, pp. 107–130, 1982.

[67] Z. Zhang, "Estimating Motion and Structure from Correspondences of Line Segments between Two Perspective Images", *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell*. vol.17, no. 12, pp. 1129-1139, 1995.

[68] T. E. Fortmann, Y. Bar-Shalom and M. Sheffe, "Sonar Tracking of Multiple Targets Using Joint Probabilistic Data Association", *IEEE J. Oceanic Eng*., vol. 8, no. 3, pp. 173–184, 1983.

[69] A. B. Poore, "Multidimensional Assignments and Multi-target Tracking", *Partitioning Data Sets; DIMACS Workshop*, pp. 169–196, 1995.

[70] D.B. Reid, "An Algorithm for Tracking Multiple Targets", *IEEE Trans. Automat. Control*, vol. 24, no. 6, pp. 843-854, 1979.

[71] D. Murray, A. Basu, "Motion Tracking with an Active Camera", *IEEE Trans. on Pattern Anal. and Mach. Intell.*, vol. 16, no. 5, pp. 449–459, 1994.

[72] S. Rowe, and A. Blake, "Statistical Mosaic for Tracking", *Image and Vision Computing*, vol. 4, pp. 549–564, 1994.

[73] S. Araki, T. Matsuoka, H. Takemura and N. Yokoya, "Real-time Tracking of Multiple Moving Objects in Moving Camera Image Sequences Using Robust Statistics", *Proc. of the 14th IEEE Intl Conf. on Pattern Recognition*, pp. 1433–1435, 1998.

[74] J.M. Odobez, P. Bouthemy, "Separation of Moving Regions from Background in an Image Sequence

[44] R. M. Bodington, G. D. Sullivan and K. D. Baker, “Experiments on the Use of the ATMS to Label Features for Object Recognition”, *European Conf. Computer Vision*, pp. 642-551, Springer-Verlag, 1990.

[45] R. M. Bodington, G. D. Sullivan and K. D. Baker, “The Consistent Labeling of Image Features using an ATMS”, *Image and Vision Computing*, vol. 7, no.1, pp.7-12, 1989.

[46] S. Zhang, L. Du, G. D. Sullivan and K. D. Baker, “Model Based 3D Grouping by Using 2D Cues”, *Proc. of British Machine Vision Conf.*, pp. 217-222, 1990.

[47] G.D. Sullivan and K.D. Baker, “Model Based Vision for Road Traffic Understanding”, *26th Int. Symp. Automotive Technology and Automation, Advanced Transport Telematics / Intelligent Vehicle Highway Systems*, pp. 559-567, 1993.

[48] A. D. Worrall, G. D. Sullivan and K. D. Baker, “Pose Refinement for Active Models Using Forces in 3D”, *Proc. of the 3rd European Conf. Computer Vision*, pp. 341-350, 1994.

[49] G. D. Sullivan, A. D. Worrall and K. D. Baker, “Visual Object Recognition Using Deformable Models of Vehicles”, *IEEE Workshop on Context-based Vision*, pp. 75-86, 1995.

[50] J. M. Ferryman, A. D. Worrall, G. D. Sullivan and K. D. Baker, “A Generic Deformable Model for Vehicle Recognition”, *Proc. of British Machine Vision Conf.*, pp. 127-136, 1995.

[51] R. Inigo, “Application of Machine Vision to Traffic Monitoring and Control”, *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. 38, no. 3 , pp. 112-122, 1989.

[52] M. Kilger, “A Shadow Handler in a Video-based Real-time Traffic Monitoring System”, *Proc. of the IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, pp. 11-18, 1992.

[53] C. R. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrel and A. P. Pentland, “Pfinder: Real-Time Tracking of the Human Body”, *IEEE Trans. on Pattern Anal. and Mach. Intell.* vol. 19, no. 7, 1997.

[54] A. Baumberg and D. Hogg, “An Efficient Method for Contour Tracking Using Active Shape Models”, *Proc. IEEE Workshop on Motion of Non-Rigid and Articulated Objects*, pp. 194–199, 1994.

[55] S. McKenna, S. Jabri, Z. Duric and H. Wechsler, “Tracking Interacting People”, *Proc. Intl Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 348–353, 2000.

[56] S. Huwer and H. Niemann, “3D Modelbased Detection and Tracking of People in Monocular Video Sequences”, *Proc. of the IASTED Int. Conf. Signal and Image Processing*, 2000.

[57] R. Okada, S. Yamamoto and Y. Mae, “Real-time Person Tracking System”, Department of Mech. Eng. for Computer-Controlled Machinery, Osaka University, 1995.

[58] A. Baumberg and D. Hogg, "An Efficient Method for Contour Tracking Using Active Shape Models", *IEEE*

Acquired with a Mobile Camera", In H.H. Li, S. Sun and H. Derin (Eds.), *Video Data Compression for Multimedia Computing*. Kluwer Academic Publishers, pp. 283–311, 1997.

[75] B. Menser and M. Brunig, "Face Detection and Tracking for Video Coding Applications", *Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers*, pp. 49–53, 2000.

[76] T. Kanade, R. Collins, A. Lipton, P. Burt and L. Wixson, "Advances in Cooperative Multisensor Video Surveillance", *Proc. of the 1998 DARPA Image Understanding Workshop*, vol. 1, pp. 3–24, 1998.

[77] Q. Cai, and J. K. Aggarwal, "Tracking Human Motion in Structured Environments Using a Distributed-camera System", *IEEE Trans. on Patt. Anal. and Mach. Intell.*, vol. 21, no. 12, pp. 1241–1247, 1999.

[78] Y. Kameda and M. Minoh, "A Human Motion Estimation Method Using 3-Successive Video Frames", *Intl Conf. on Virtual Systems and Multimedia*, 1996.

[79] C. Stauffer and W. Grimson, "Adaptive Background Mixture Models for Real-time Tracking", *Proc. of IEEE Intl Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 246–252, 1999.

[80] K. Toyama, J. Krumm, B. Brumitt and B. Meyers, "Wallflower: Principles and Practice of Background Maintenance", *Proc. of IEEE Intl Conf. on Computer Vision*, pp. 255–261, 1999.

[81] R. Ingio, "Traffic Monitoring and Control Using Machine Vision: A Survey", *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, vol. 32, no. 3, pp. 177-185, 1985.

[82] D. R. Magee, "Tracking Multiple Vehicles using Foreground, Background and Motion Models", *European Conf. on Computer Vision*, 2002.

[83] K. Karmann and A. Brandt, "Moving Object Recognition Using an Adaptive Background Memory", *Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition*, Elsevier, 1990.

[84] C. Ridder, O. Munkelt and H. Kirchner, "Adaptive Background Estimation and Foreground Detection using Kalman-Filtering", *Proc. Intl Conf. on Recent Advances in Mechatronics, ICRAM'95*, UNESCO Chair in Mechatronics, pp. 193-199, 1995.

[85] S. S. Beauchemin and J. L. Barron, "The Computation of Optical Flow", *ACM Computing Surveys*, vol. 27, no. 3, pp. 433-467, 1995.

[86] U. Neumann and S. You, "Integration of Region Tracking and Optical Flow for Image Motion Estimation", Integrated Media Systems Center, Computer Science Department, University of Southern California.

[87] B. K. P. Horn and B. G. Schunk, "Determining Optical Flow", *Artificial Intelligence*, vol. 17, pp. 185-203, 1981.

[88] H. H. Nagel, "On a Constraint Equation for the Estimation of Displacement Rates in Image Sequences", *IEEE Trans. PAMI*, vol. 11, pp. 13-30, 1989.

[89] E. C. Hildreth, "Computation Underlying the Measurement of Visual Motion", *Artificial Intelligence*,

[90] P. Anandan, "A Computational Framework and an Algorithm for the Measurement of Visual Motion", *Int. J. Comp. Vision*, vol. 2, pp. 283-310, 1989.

[91] D. J. Fleet and A. D. Jeson, "Computation of Component Image Velocity from Local Phase Information", *Int. J. of Computer Vision*, vol.5, pp. 77- 104, 1990.

[92] B. Lucas and T. Kanade, "An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision", *Proc. of DARPA IU Workshop*, pp. 121-130, 1981.

[93] R. L. Marks, S. M. Rock and M. J. Lee, "Automatic Object Tracking for an Unmanned Underwater Vehicle using Real-Time Image Filtering and Correlation", *Proc. of IEEE Systems, Man, and Cyber.*, 1993.

[94] T. Camus, "Real-Time Optical Flow", Ph.D. Thesis, Department of Computer Science, Brown University, Providence, RI 02912, USA, 1994.

[95] H. Kollnig and H.-H. Nagel, "3D Pose Estimation by Directly Matching Polyhedral Model to Gray Value Gradients", *In Int. J. of Computer Vision*, vol.23, no. 3, pp. 283-302, 1997.

[96] M. Tonko, K. Schafer, V. Gengenbach and H.-H. Nagel, "Multi-Level 3D Tracking of Objects Integrating Velocity Estimation Based on Optical Flow and Kalman-Filtering", *Proc. of 4th Intl Symp. on Experimental Robotics ISER'95*, pp. 212-221, Lecture Notes in Control and Information Sciences 223, Springer-Verlag, 1995.

[97] M. Haag and H.-H. Nagel, "Combination of Edge Element and Optical Flow Estimates for 3D-Model-Base Vehicle Tracking in Traffic Images Sequences", *Int. J. of Computer Vision*, vol. 35, no. 3, pp. 295-319, 1999.

[98] H. Kollnig and H.-H. Nagel, "Matching Object Models to Segments from an Optical Flow Fields", *European Conf. on Computer Vision*, vol. II, pp. 14-18, 1996.

[99] S. S. Beauchemin and J. L. Barron, "A Theory of Occlusion in the Context of Optical Flow", *Advances in Computer Vision*, Springer, F. Solina, W. Kropatsch, R. Klette and R. Bajcsy (Eds.), pp. 191-200, 1997.

[100] L. Gaucher and G. Medioni, "Accurate Motion Flow Estimation with Discontinuities", *Proc. of the IEEE Intl. Conf. on Computer Vision*, vol. 2, pp. 695-702, 1992.

[101] F. Heitz and P. Bouthemy, "Multimodal Estimation of Discontinuous Optical Flow Using Markov Random Fields", *PAMI*, vol. 15, no. 12, pp. 1217-1232, 1993.

[102] S. Ghosal, "A Fast Scalable Algorithm for Discontinuous Optical Flow Estimation", *PAMI*, vol. 18, no. 2, pp. 181-194, 1996.

[103] T. Darrell and A. Pentland, "Robust Estimation of a Multilayered Motion Representation", *Proc. IEEE Workshop on Visual Motion*, pp. 173-178, 1991.

[104] S. Hsu, P. Anandan and S. Peleg, "Accurate Computation of Optical Flow by Using Layered Motion Representation", *Proc. 12th Int. Conf. Pattern Recognition*, 1994.

[105] M. Irani and P. Anandan, "A Unified Approach to Moving

[122] D. M. Gavrila and L. S. Davis, “3-D Model-Based Tracking of Humans in Action: A Multi-View Approach”, *Proc. of Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1996.

[123] K. Rohr, *Human Movement Analysis Based on Explicit Motion Models*, chapter 8, pp. 171-198, Kluwer Academic Publishers, 1997.

[124] S. S. Blackman, *Multiple-Target Tracking with Radar Application*, Artech House, 1986.

[125] C. H. Debrunner, “Structure and motion from long image sequence”, Ph.D. Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1990.

[126] H. S. Richardson, “Multiple Multistage Hypothesis Tests: A Sequential Detection Approach to Target Tracking”, M.S. Thesis, Electrical Engineering Department, Queen’s University, Kingston, Ontario, Canada, 1992.

[127] D. B. Reid, “An Algorithm for Tracking Multiple Targets”, *IEEE Trans. Automatic Control*, vol. 24, no. 6, pp. 843-854, 1979.

[128] I. J. Cox and S. L. Hingorani, “An Efficient Implementation and Evaluation of Reid's Multiple Hypothesis Tracking Algorithm for Visual Tracking”, *Int. Conf. Pattern Recognition*, pp. 437-442, 1994.

[129] K. G. Murty, “An Algorithm for Ranking All the Assignments in Order of Increasing Cost”, *Operations Research*, vol. 16, pp. 682- 687, 1968

[130] C. J. Veenman, M. J. T. Reinders, and E. Backer, "Motion Tracking as a Constrained Optimization Problem", *Pattern Recognition*, vol. 36, pp. 2049 – 2067, 2003.

[131] S. Boukir, P. Bouthemy, F. Chaumette and D. Juvin, “A Local Method for Contour Matching and Its Parallel Implementation”, *Machine Vision and Application*, vol. 10, no. 5/6, pp. 321-330, 1998.

[132] G. Hager and K. Toyama, “The XVision system: A general-purpose substrate for portable real-time vision applications”, *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 69, no. 1, pp. 23-37, 1998.

[133] E. Marchand, “Visp: A Software Environment for Eye-in-hand Visual Servoing”, *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, ICRA'99*, vol. 4, pp. 3224-3229, 1999.

[134] B. Bascle, P. Bouthemy, N. Deriche, and F. Meyer, “Tracking Complex Primitives in an Image Sequence”, *Proc of Int. Conf. on Pattern Recognition, ICPR'94*, pp. 426-431, 1994.

[135] M. -O. Berger, “How to Track Efficiently Piecewise Curved Contours with a View to Reconstructing 3d Objects”, *Proc of Int. Conf on Pattern Recognition, ICPR'94*, pp. 32-36, 1994.

[136] M. Kass, A. Witkin and D. Terzopolous, “Snakes: Active Contour Models”, *In Proc. Of Int. Conf. Computer Vision, ICCV'87*, pp. 259-268, 1987.

[137] N. Daucher, M. Dhome, J. T. Lapreste, and G. Rives, “Modeled Object Pose Estimation and Tracking by Monocular Vision”, *British Machine Vision Conf.*, Object Detection in 2D and 3D Scenes", *IEEE Trans. on Patt. Anal. and Mach. Intell.*, vol. 20, no. 6, pp. 577–589, 1998.

[106] P.H.S. Torr and A. Zisserman, "Concerning Bayesian Motion Segmentation Model Averaging and the Trifocal Tensor", *Proc. of European Conf. on Computer Vision*, 1998.

[107] J.R. Bergen, P. Anandan, K.J. Hanna and R. Hingorani, "Hierarchical Model-based Motion Estimation", *European Conf. on Computer Vision*, pp. 237–252, 1992.

[108] M. Irani and P. Anandan, "Video Indexing Based on Mosaic Representations", *Proc. of IEEE*, vol. 86, no. 5, pp. 905–921, 1998.

[109] A. Yilmaz, K. Shafique and M. Shah, "Target Tracking in Airborne Forward Looking Infrared Imagery", *Image and Vision Computing*, vol. 21, pp. 623–635, 2003.

[110] Y. Ren, C.S. Chua and Y.K. Ho, "Statistical Background modeling for Non-stationary Camera", *Pattern Recognition Letters*, vol. 24, pp. 183–196, 2003.

[111] T. Darrel, P. Maes, B. Blumberg and A.P. Pentland, “A Novel Environment for Situated Vision and Behavior”, *Proc. of Workshop for Visual Behavior at CVPR-94*, 1994.

[112] M. Yamada, K. Ebihara and J. Ohya, “A New Robust Real-time Method for Extracting Human Silhouettes from Color Images”, *Intl Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition*, 1998.

[113] A. Blake and M. Isard, “Active Contours”, *Springer*, 1998.

[114] G. Rigoll, S. Eickeler and S. Muller, “Person Tracking in Real-World Scenarios Using Statistical Methods”, *The fourth Intl Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition*, 2000.

[115] O. Munkelt, C. Ridder, D. Hansel and W. Hafner, “A Model Driven 3D Image Interpretation System Applied to Person Detection in Video Images”, *Intl Conf. on Pattern Recognition*, 1998.

[116] A. Nakazawa, H. Kato and S. Inokuchi, “Human Tracking Using Distributed Video Systems”, *Intl Conf. on Pattern Recognition*, 1998.

[117] M. Bertozzi, A. Broggi, A. Fascioli and S. Nichele, “Stereo Vision-based Vehicle Detection”, *Proc. of the IEEE Intelligent Vehicles Symp.*, 2000.

[118] S. X. Ju, M. J. Blake and Y. Yacoob, “Cardboard People: A Parameterized Model of Articulated Image Motion”, *Intl Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition*, 1996.

[119] B. Heisele and C. Wohler, “Motion-Based Recognition of Pedestrians”, *Intl Conf. on Pattern Recognition*, 1998.

[120] C. Bregler, “Learning and Recognizing Human Dynamics in Video Sequences”, *Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1997.

[121] O. Chomat and J. L. Crowley, “Recognizing Motion Using Local Appearance”, *Intl Symp. on Intelligent Robotic Systems*, University of Edinburgh, 1998.

BMVC'93, pp. 249-258, 1993.

[138] T. Drummond and R. Cipolla, “Real-Time Tracking of Complex Structures for Visual Servoing”, *Vision Algorithms: Theory and Practice*, pp. 69-84, Springer Verlag, 2000.

[139] D. B. Gennery, “Visual Tracking of Known Three-dimensional Objects”, *Int. J. of Computer Vision*, vol.7, no. 3, pp. 243-270, 1992.

[140] D. G. Lowe, “Robust Model-based Motion Tracking Through the Integration of Search and Estimation”, *Int. J. of Computer Vision*, vol. 8, no. 2, pp. 113-122, 1992.

[141] A. Pece and A. Worrall, “A Statistically-based Newton Method for Pose Refinement”, *Image and Vision Computing*, vol. 16, no. 8, pp. 541-544, 1998.

[142] J. Y. Chen and I. S. Reed, "A Detection Algorithm for Optical Targets in Clutter", *IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 23, no. 1, pp. 46-59, 1987.

[143] M. S. Longmire and E. H. Takken, "LMS and Matched Digital Filters for Optical Clutter Suppression", *Applied Optics*, vol. 27, no. 6, pp. 1141-1159, 1988.

[144] H. Shekarforoush and R. Chellappa, "A Multi-fractal Formalism for Stabilization, Object Detection and Tracking in FLIR Sequences", *IEEE Intl Conf. on Image Processing*, vol. 3, 2000.

[145] D. Davies, P. Palmer, and M. Mirmehdi, "Detection and Tracking of Very Small Low Contrast Objects", *Ninth British Machine Vision Conf.*, 1998.

[146] A. Strehl, and J. K. Aggarwal, "Detecting Moving Objects in Airborne Forward Looking Infra-Red Sequences", *Machine Vision Applications Journal*, vol. 11, pp. 267-276, 2000.

[147] U. Braga-Neto and J. Goutsias, "Automatic Target Detection and Tracking in Forward Looking Infra-Red Image Sequences Using Morphological Connected Operators", *33rd Conf. of Information Sciences and Systems*, 1999.

[148] C. J. Poelman and T. Kanade, “A Paraperspective Factorization Method for Shape and Motion Recovery”, *CMU-CS-93-219*, Dec. 1993.

[149] D. M. Gavrila, and V. Philomin, "Real-time Object Detection for Smart Vehicles", *Intl Conf. on Computer Vision (ICCV’99)*, pp. 87–93, 1999.

[150] C. Papageorgiou and T. Poggio, "A Pattern Classification Approach to Dynamic Object Detection", *Int. Conf. on Computer Vision (ICCV’99)*, pp. 1223–1228, 1999.

[151] http://www.ida.liu.se/ext/witas/

[152] R. T. Collins, A. J. Lipton, T. Kanade, H. Fujiyoshi, D. Duggins, Y. Tsin, D. Tolliver, N. Enomoto, O. Hasegawa, P. Burt, and L. Wixson, “A System for Video Surveillance and Monitoring”, *CMU-RI-TR-00-12*, 2000.

[153] S. J. McKenna, S. Gong and Y. Raja, “Modeling Facial Colour and Identity with Gaussian Mixtures”, *Pattern Recognition*, vol. 31, no. 12, pp. 1883-1892, 1998.

[154] R. Schuster, “Color Object Tracking with Adaptive

[155] J. Yang, W. Lu, and A. Waibel, “Skin-color Modeling and Adaptation”, *Proc. Third Asian Conf. on Computer Vision*, pp. 687–694, 1998.

[156] T. Darrell, G. Gordon, M. Harville, and J. Woodfill, "Integrated Person Tracking using Stereo, Color, and Pattern Detection", *Proc. of the Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR '98)*, pp. 601-609, 1998.

[157] M. Han and T. Kanade, "Multiple Motion Scene Reconstruction from Uncalibrated Views", *IEEE Conf. Computer Vision 1*, vol. 1, pp. 163-170, 2001.

[158] K. H. Bae, J. S. Koo, and E. S. Kim, "A New Stereo Object Tracking System Using Disparity Motion Vector", *Optics Communications*, vol. 221, pp. 23-35, 2003.

[159] D. J. Coombs and C. M. Brown, "Cooperative Gaze Holding in Binocular Robot Vision", *IEEE Control Systems*, pp.24-33, 1991.

[160] D. J. Coombs and C. M. Brown, “Real-time Binocular Smooth Pursuit”, *Intl Journal of Computer Vision*, vol. 11, no. 2, pp. 147-164, 1993.

[161] V. S. Grinberg, G. Podnar, and M. W. Siegel, "Geometry of Binocular Imaging", *Proc. of SPIE Intl Conf. on Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems*, vol. 2177, 1994.

[162] J. Versavel, F. Lemaire and D. V. Stede, “Camera and Computer-aided Traffic Sensor”, *2nd Int. Conf. Road Traffic Monitoring*, pp. 66-70, 1989.

[163] A. Srivastava, “Bayesian Filtering for Tracking Pose and Location of Rigid Targets”, *Proc. SPIE*, vol. 4052, pp. 160-171, Signal Processing, Sensor Fusion, and Target Recognition IX, Ivan Kadar (Ed.), 2000.

[164] N. Hoose, “Queue Detection Using Computer Image Processing”, *2nd Int. Conf. Road Traffic Monitoring*, pp. 94-98, 1989.

[165] P. G. Michalopoulos, “Vehicle Detection Through Image Processing: The Autoscope System”, *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. 40, no. 1, pp. 21-29, 1991.

[166] B. Carlson, “Clearing the Congestion: Vision Makes Traffic Control Intelligent”, *Advanced Imaging*, vol.12, no.2, pp. 54-56, 1997

[167] M. Takatoo, T. Kitamura, Y. Okuyama, Y. Kobayashi, K Kikuchi, H. Nakanishi, and T. Shibata, “Traffic Flow Measuring System Using Image Processing”, *Proc. of SPIE*, pp. 172-180, 1990.

[168] D. Aubert, S. Bouzar, F. Lenoir, and J. M. Blosseville, “Automatic Vehicle Queue Measurement at Intersection Using Image-Processing”, *IEE Road Traffic Monitoring and Control*, Conference Publication no. 422, pp. 100-104, 1996.

[169] M. Fathy and M.Y. Siyal, “A Real-time Image Processing Approach to Measure Traffic Queue Parameters”, *IEE Proc. Vision, image and signal processing*, vol. 142, no.5, pp. 297-303, 1995.

WACV'98, pp. 8–14, 1998.

[187] J. L. Crowley, P. Stelmaszyk, and C. Discours, "Measuring Image Flow by Tracking Edge-lines", *Proc. of the Intel Conf. of Computer Vision*, pp. 658–664, 1988.

[188] R. Deriche and O. Faugeras, "Tracking Line Segments", *Proc. of European Conf. on Computer Vision*, pp. 259–268, 1990.

[189] C. Tomasi and T. Kanade, "Shape and Motion from Image Streams under Orthography: A Factorization Method", *Int. J. Comput. Vision*, vol. 9, no. 2, pp. 137-154, 1992.

[190] H. Kalviainen, "Detecting Multiple Moving Objects by the Randomized Hough Transform", *Proc. 4th Int. Workshop on Time-Varying Processing and Moving Object Recognition*, pp. 375-382, 1993.

[191] E. C. Di Mauro, T. F. Cootes, C. J. Taylor, and A. Lanitis, "Active Shape Model Search using Pairwise Geometric Histograms", *Proc. of British Machine Vision Conf.*, pp. 353-362, 1996.

[192] T. Cootes, G. Edwards, and C. Taylor, "Active Appearance Models", *Proc. European Conf. on Computer Vision*, vol. 2, pp. 484–498, 1998.

[193] S. McKenna, Y. Raja, and S. Gong, "Tracking Colour Objects using Adaptive Mixture Models", *Image and Vision Computing*, vol. 17, no. 3/4, pp. 225-231, 1999.

[194] D. N. McKinnon, "Multiple Object Tracking in real-time", Undergraduate Thesis, Univ. Queensland, St Lucia, Dept. Computer Science and Electrical Engineering, 1999.

[195] M. Yang and N. Ahuja, "Detecting Human Faces in Color Images", *Proc. IEEE Intl Conf. on Image Processing*, pp. 127-139, 1998.

[196] S. T. Birchfield, "Elliptical Head Tracking using Intensity Gradients and Color Histograms", *CVPR'98*, pp. 232–237, 1998.

[197] E. Hjelmas, and B. K. Low, "Face Detection: A Survey", *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 83, pp. 236–274, 2001.

[198] M. H. Yang, D. J. Kriegman, and N. Ahuja, "Detecting Faces in Images: A Survey", *IEEE Trans. on Patt. Anal. and Mach. Intell*. vol. 24, pp. 34-38, 2002.

[199] G. Wyszechi, and W. S. Stiles, *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*, (2nd ed.), New York: Wiley, 1982.

[200] D. Chai, and K. N. Ngan, "Face Segmentation Using Skin Color Map in Videophone Applications", *IEEE Trans. on Circuits and Systems Video Technology*, vol. 9, pp. 551–564, 1999.

[201] J. Cai, and A. Goshtasby, "Detecting Human Faces in Color Images", *Image and Visual Computing*, vol. 18, pp. 63–75, 1999.

[202] D. Beymer, P. McLauchlan, B. Coifman and J. Malik, "A Real-time Computer Vision System for Measuring Traffic Parameters", *Proc. CVPR*, pp. 495–501, 1997.

[203] J. Ferryman, S. Maybank and A. Worrall, "Visual Surveillance for Moving Vehicles", *International Journal*

[170] S. Takaba et. al., "Measurment of Traffic Flow Using Real-time Processing of Moving Pictures", *32nd Conf. On Vehicular Technology*, pp. 488-494, 1982.

[171] T. Abramczuk, "A Microcomputer Based TV Detector for Road Traffic", *Symp. on Road Research Program*, Tokyo, Japan, October 1984.

[172] R.M. Ingio, "Application of Machine Vision to Traffic Monitoring and Control", *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol.38, no. 3, pp. 112-122, 1989.

[173] A. T. Ali and E.L. Dagless, "Computer Vision for Automatic Road Traffic Analysis", *Int. Conf. On Automation, Robotics and Computer Vision*, 1990.

[174] C. Pellerin, "Machine Vision for Smart Highways," *Sensor Review*, vol. 12, no. 1, pp. 26-27, 1992.

[175] G. L. Foresti, V. Murino and C. Regazzoni, "Vehicle Recognition and Tracking from Road Image Sequences", *In IEEE Trans. On Vehicular Technology*, vol. 48, no. 1, 1999.

[176] Y. Zhong, A. Jain and M Dubuisson-Jolly, "Object Tracking Using Deformable Templates", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 22, no 5, 2000.

[177] B. Coifman, D. Beymer, P. McLauchlan, and J. Malik, "A Real-Time Computer Vision System for Vehicle Tracking and Traffic Surveillance", *Transportation Research C 6C (4)*, pp. 271-288, 1998.

[178] D. Koller, K. Daniilidis, T. Thorhallson and H. Nagel, "Model-based Object Tracking in Traffic Scenes", *European Conf. Computer Vision*, pp. 437-452, Springer-Verlag, 1992.

[179] T. B. Moeslund and E. Granum, "Multiple Cues Used in Models-Based Human Motion Capture", *The fourth Intl Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition*, 2000.

[180] H. Tao, H. Sawhney, and R. Kumar, "A Sampling Algorithm for Tracking Multiple Objects", *Proc. Vision Algorithms 99, a workshop associated with Intl Conf. on Computer Vision, ICCV'99*, 1999.

[181] J. Malik, J. Weber, Q. T. Luong, and D. Koller, "Smart Cars and Smart Roads", *6th British Machine Vision Conf.*, pp. 367-381, 1995.

[182] D. Koller, J. Weber, J. Malik, G. Ogasawara, B. Rao, and S. Russel, "Towards Robust Automatic Traffic Scene Analysis in Real-time", *Int. Conf. Pattern Recognition*, pp. 126-131, 1994.

[183] D. Koller, J. Weber, and J. Malik, "Towards Real-time Visual-based Tracking in Cluttered Traffic Scenes", *Intelligent Vehicle Symp.*, pp. 201-206, 1994.

[184] M. J. A. Strens and I. N. Gregory, "Tracking in Cluttered Images", *Image and Vision Computing*, vol. 21, pp. 891–911, 2003.

[185] W. E. L. Grimson, L. Lee, R. Romano and C. Stauffer, "Using Adaptive Tracking to Classify and Monitor Activities in a Site", *CVPR'98*, pp. 22–31, 1998.

[186] A. J. Lipton, H. Fujiyoshi, and R. S. Patil, "Moving Target Classification and Tracking from Real Time Video",

of Computer Vision, vol. 37, no. 2, pp. 187–197, 2000.

[204] G. D. Sullivan, “Model-based Vision for Traffic Scenes Using the Ground-plane Constraint”, *Real-time Computer Vision*, D. Terzopoulos and C. Brown (Eds.), CUP, 1994.

[205] A. F. Toal and H. Buxton, “Spatio-temporal Reasoning with a Traffic Surveillance System", *Proc. European Conf. Comp. Vis.*, pp. 884–892, 1992.

[206] M. T. Cornish and J. P. Wakefield, “Automatically Locating an Area of Interest and Maintaining a Reference Image to Aid the Real-time Tracking of Objects”, *Proc. of British Machine Vision Conf.*, pp. 475-484, 1996.

[207] P. L. Rosin and T. Ellis, “Image Difference Threshold Strategies and Shadow Detection”, *6th British Machine Vision Conf.*, pp. 347-356, 1995.

[208] R. Waterfall and K. Dickinson, “Image Processing Applied to Traffic, a Practical Experience”, *Traffic Engineering and Control*, vol. 25, no. 2, pp. 60-67, 1984.

[209] A. Houghton, G. Hobson, L. Seed, and R. Tozer, “Automatic Monitoring of Vehicles at Road Junctions”, *Traffic Engineering Control*, vol. 28, no. 10, pp. 541-453, 1987.

[210] J. C. Rojas and J. D. Crisman, “Vehicle Detection in Color Images”, *Proc. IEEE Conf. Intelligent Transportation Systems*, 1997.

[211] D. Pomerleau, “Visibility Estimation from a Moving Vehicle Using the RALPH Vision System”, *Proc. IEEE Conf. Intelligent Transportation Systems*, p. 403, 1997.

[212] L. Brown, “A Survey of Image Registration Techniques,” *ACM Comput. Survey*, vol. 24, no. 4, 1992.

[213] U. Franke and I. Kutzbach, “Fast stereo Based Object Detection for Stop & Go Traffic”, *Intelligent Vehicles*, pp. 339-344, 1996.

[214] E. Brookner, *Tracking and Kalman Filtering Made Easy*, WILEY, 1998.

[215] A. H. Jazwinski, *Stochastic Processes and Filtering Theory*, Academic Press, New York, 1970.

[216] N. Gordon and D. Salmond, "Bayesian State Estimation for Tracking and Guidance Using the Bootstrap Filter", *Journal of Guidance, Control and Dynamics*, vol. 18, no. 6, pp. 1434–1443, 1995.

[217] M. Isard and A. Blake, "Contour Tracking by Stochastic Propagation of Conditional Density", *European Confe. on Computer Vision*, pp. 343–356, 1996.

[218] M. Isard and A. Blake, "CONDENSATION – Conditional Density Propagation for Visual Tracking", *International Journal on Computer Vision*, vol. 1, no. 29, pp. 5-28, 1998.

[219] G. Kitagawa, "Monte Carlo Filter and Smoother for Non-Gaussian Nonlinear State Space Models", *Journal of Computational and Graphical Statistics*, vol. 5, no. 1, pp. 1-25, 1996.

[220] S. Arulampalam and B. Ristic, "Comparison of the Particle Filter with Range Parameterised and Modified

[221] D. Ballantyne, H. Chan, and M. Kouritzin, "A Branching Particle-based Nonlinear Filter for Multi-target Tracking", *Proc. of Fourth Intl Conf. on Information Fusion*, 2001.

[222] J. MacCormick and A. Blake, "A Probabilistic Exclusion Principle for Tracking Multiple Objects", *Proc. of Intl Conf. of Computer Vision*, pp. 572–578, 1999.

[223] T. Heap and D. Hogg, "Wormholes in Shape Space: Tracking through Discontinuous Changes in Shape", *Intl Conf. on Computer Vision*, pp. 344–349, 1998.

[224] K. Nummiaro, E. K. Meier and L. V. Gool, "An Adaptive Color-based Particle Filter", *Image and Vision Computing*, vol. 21, pp. 99–110, 2003.

[225] H. Sidenbladh, F. De la Torre, and M. J. Black, “A Framework for Modeling the Appearance of 3D Articulated Figures”, *Fourth Intl Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition*, 2000.

[226] T. J. Cham and J. M. Rehg, “Multiple Hypothesis Approach to Figure Tracking”, *Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1999.

[227] C. Bregler and J. Malik, “Tracking People with Twists and Exponential Maps”, Technical report, The Computer Science Division, University of California, Berkeley, June 1997.

[228] G. Sullivan, “Visual Interpretation of Known Objects in Constrained Scenes”, *Phil. Trans. Roy. Soc (B)*, vol. 337, pp. 361-370, 1992.

[229] S. Gil, R. Milanese and T. Pun, “Combining Multiple Motion Estimates for Vehicle Tracking”, Computer Science Department, University of Geneva.

[230] C. J. Veenman, M. J. T. Reinders, and E. Backer, "Resolving Motion Correspondence for Densely Moving Points", *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 23, no. 1, pp. 54–72, 2001.

[231] C. J. Veenman, M. J. T. Reinders and E. Backer, "Establishing Motion Correspondence Using Extended Temporal Scope", *Artif. Intell.*, 2003

[232] R. R. Wang, Y. Q. Chen and T. Huang, “Basis Pursuit for Tracking”, *Proc. IEEE Int'l Conf. on Image Processing* (*ICIP'01*), 2001.

[233] Y. Raja, S. McKenna and S. Gong, “Object Tracking Using Adaptive Colour Mixture Models”, *Proc. of Asian Conf. on Computer Vision*, 1998.

[234] Y. Raja, S. J. McKenna and S. Gong, “Colour Model Selection and Adaptation in Dynamic Scenes”, *In ECCV*, 1998.

[235] Y. Wu and T.S. Huang, “An Adaptive Self-organizing Color Segmentation Algorithm with Application to Robust Real-time Human Hand Localization”, *Proc. Of Asian Conf. on Computer Vision*, 2000.

[236] D. Chetverikov and J. VerestNoy, "Feature Point Tracking for Incomplete Trajectories", *Computing, Devoted Issue on Digital Image Process*, vol. 62, pp. 321–338, 1999.

pp. 177-190, 1993.

[253] A. Broggi, M. Bertozzi, A. Fascioli, and G. Conte, "Automatic Vehicle Guidance: the Experience of the ARGO Vehicle", *World Scientific*, 1999.

[254] M. Bertozzi, A. Broggi and A. Fascioli, “Performance Analysis of a Low-Cost Solution to Vision-Based Obstacle Detection,” *Procs. IEEE Intl. Conf. on Intelligent Transportation Systems‘99*, pp. 350–355, 1999.

[255] S. S. Intille and A. F. Bobick, “Closed-world Tracking”, *Proc. of the Fifth Intl. Conf. on Computer Vision*, pp. 672-678, 1995.

[256] S. S. Intille and A.F. Bobick, “Visual Tracking Using Closed-worlds”, MIT Media Lab Perceptual Computing Group Technical Report No. 294, Massachusetts Institute of Technology, 1994.

[257] D. Huttenlocher, J. Noh and W.Rucklidge, "Tracking Non-Rigid Objects in Complex Scenes," *Proc. IEEE 4th Intl Conf. Computer Vision*, pp. 93-101, 1993.

[258] J. Ahlberg, “Active Contours in Three Dimensions”, Thesis project, Computer Vision Laboratory, Linkoping University, Sweden, September 1996.

[259] T. J. Cootes, C. J. Taylor, D. H. Cooper and J. Graham, “Training Models of Shape from Sets of Examples”, *British Machine Vision Conference*, pp. 9-18, 1992.

[260] T. F. Cootes, A. Hill, C. J. Taylor and J. Haslam, “The Use of Active Shape Models for Locating Structures in Medical Images”, H. H. Barrett and A.F. Gmitro (eds.), *Information Processing in Medical Imaging*, pp. 33-47, 1993.

[261] A. Hill, A. Thornham and C. J. Taylor, “Model-based Interpretation of 3d Medical Images”, *British Machine Vision Conf.*, vol. 2, pp. 339-349, 1993.

[262] F. Leymarie and M. D. Levine, “Tracking Deformable Objects in the Plane Using an Active Contour Model”, *IEEE Trans. Patt. Anal. and Mach. Intell.*, vol. 15, no. 6, pp. 617-634, 1993.

[263] D. Terzopoulos and R. Szeliski, “Tracking with Kalman Snakes”, A. Blake and A. Yuille (eds.), *Active Vision, chapter 1*, pp. 3-20, MIT Press, 1992.

[264] A. Blake, R. Curwen and A. Zisserman, “A Framework for Spatio-temporal Control in the Tracking of Visual Contours”, *Inl. Journal of Computer Vision*, 1993.

[265] W. Sharbek and A. Koschan, “Color Segmentation Survey”, Technical Report, Univ. of Berlin, 1994.

[266] E. Ozyildiz, N. Krahnstover, and R. Sharma, "Adaptive Texture and Color Segmentation for Tracking Moving Objects", *Intl J. Pattern Recognition*, vol. 35, no. 10, pp. 2013-2029, 2002.

[267] S. Z. Li, *Markov Random Field Modeling in Computer Vision*, Springer, 1995.

[268] K. V. Mardia and G.K. Kanji, *Statistics and images*, Abingdon, first edition, 1993.

[269] S. A. Mahmoud, M. S. Afifi and R. J. Green, “Identification and Velocity Computation of Multiple Moving Objects in Images”, *IEEE Trans. On Aerospace*

[237] V. S. S. Hwang, "Tracking Feature Points in Time-varying Images Using an Opportunistic Selection Approach", *Pattern Recognition*, vol. 22, no. 3, pp. 247-256, 1989.

[238] Z. Zhang and O. Faugeras, "Three-dimensional Motion Computation and Object Segmentation in a Long Sequence of Stereo Frames", *Int. J. Comput. Vision*, vol. 7, no. 3, pp. 211–241, 1992.

[239] S. Deb, K.R. Pattipati and Y. Bar-Shalom, "A New Algorithm for the Generalized Multidimensional Assignment Problem", *IEEE Intl Conf. on Systems, Man and Cybernetics; Emergent Innovations in Information Transfer Processing and Decision Making*, pp. 249–254, 1992.

[240] V. Salari and I. K. Sethi, "Feature Point Correspondence in the Presence of Occlusion", *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 12, no. 1, pp. 87-91, 1990.

[241] R. Mehrotra, "Establishing Motion-based Feature Point Correspondence", *Pattern Recognition*, vol. 31, no. 2, pp. 23-30, 1998.

[242] J. Shi and C. Tomasi, “Good Features to Track”, *In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 593–600, 1994.

[243] C. Tomasi and T. Kanade, “Detection and Tracking of Point Features”, Technical report cmu-cs-91-132, Carnegie Mellon University, April 1991.

[244] B. Horn, *Robot vision*, MIT Press, Cambridge, MA, 1986.

[245] T. Nakanishi and K. Ishii, “Automatic Vehicle Image Extraction Based on Spatio-temporal Image Analysis”, *Proc. 11th ICPR*, pp. 500-504, 1992.

[246] K. Yoshinari and M. Michihito, “A Human Motion Estimation Method Using 3-successive Video Frames”, *Proc. of Int. Conf. on virtual systems and multimedia*, pp. 135-140, 1996.

[247] M. Barattin, R. Cucchiara and M. Piccardi, “A Rule-based Vehicular Traffic Tracking System”, *CVPRIP'98 First Intl Workshop on Computer Vision, Pattern Recognition and Image Processing*, 1998.

[248] T. Kalinke, C. Tzomakas and W. von Seelen, “A Texture-based Object Detection and an Adaptive Model-based Classification,” *Procs. IEEE Intelligent Vehicles Symp. ‘98*, pp. 341–346, 1998.

[249] F. Thomanek, E. D. Dickmanns and D. Dickmanns, “Multiple Object Recognition and Scene Interpretation for Autonomous Road Vehicle Guidance”, *Intelligent Vehicles*, pp. 231-236, 1994.

[250] G. Marola, “Using Symmetry for Detecting and Locating Objects in a Picture,” *Computer Vision Graphics and Image Processing*, vol. 46, pp. 179–195, 1989.

[251] A. Kuehnle, “Symmetry-based Vehicle Location for AHS,” *Procs. SPIE - Transportation Sensors and Controls: Collision Avoidance, Traffic Management, and ITS*, vol. 2902, pp. 19–27, 1998.

[252] T. Zielke, M. Brauckmann, and W. von Seelen, “Intensity and Edge-based Symmetry Detection with an Application to Car-following”, *CVGIP: Image Understanding*, vol. 58,

and Electronic Systems, vol. 26, no. 4, pp. 586-598, 1990.

[270] J. Wiklund and G. Granlund, "Tracking of Multiple Moving Objects", *Time varying image processing and moving object recognition*, V. Cappellini. (eds.), Elsevier, 1987.

[271] S. A. Mahmoud, M. S. Afifi and R. J. Green, "Recognition of Large Moving Objects in Images", *IEEE Trans. Acoust. Speech, Signal processing*, 1988.

[272] S. Arseneau and J.R. Cooperstock, "Real-time Image Segmentation for Action Recognition", *Proc. IEEE PACRIM, Pacific Rim Conf. on Communications, Computers, Visualization and Signal Processing*, pp. 86-69, 1999.

[273] A. Iketani, Y. Kuno, N. Shimada and Y. Shirai, "Real-time Surveillance System Detecting Persons in Complex Scenes", *Proc. IAPR, Intl Conf. on Image Analysis and Processing*, pp. 1112-1115, 1999.

[274] M. Tsuchikawa, A. Sato, H. Koike, and A. Tomono, "A Moving Object Extraction Method Robust Against Illumination Level Changes for a Pedestrian Counting System", *ISCV'95*, pp. 563-568., 1995.

[275] G. L. Foresti, "Object Recognition and Tracking Remote Video Surveillance", *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, 1999.

[276] G. L. Foresti, "A Real-time System for Video Surveillance of Unattended Outdoor Environments", *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 8, no. 6, 1998.

[277] A. K. Bekhalil, S. S. Ipson and W. Booth, "Real-time Detection and Tracking of a Moving Object Using a Complex Programmable Logic Device", *IEE Colloquium on Target Tracking and Data Fusion*, 1998.

[278] A. Rostampour, O.R. Mitchell and A.P. Reeves, "The Use of Temporal Variance for Moving Object Extraction", *Seventh annual Phoenix Conf. on Computers and Communications*, 1998.

[279] K. W. Lee and J. Kim, "Moving Object Segmentation Based on Statistical Motion Model", *IEE Electronics Letters*, 1999.

[280] Y. K. Jung and Y. S. Ho, "Traffic Parameter Extraction Using Video-based Vehicle Tracking", *ITSC'99*, 1999.

[281] Y. Ivanov, A. Bobick and J. Liu, "Fast Lighting Independent Background Subtraction", *Proc. Of IEEE Workshop on Visual Surveillance (VS'98)*, 1998.

[282] Y. Yang and M.D. Levise, "The Background Primel sketch: An Approach for Tracking Moving Objects", *Machine Vision and Application*, vol. 5, 1992.

[283] D. Hepper and H. Li, "Analysis of Uncovered Background Prediction for Image Sequence Coding", *Picture Coding Symp.*, 1987.

[284] L. J. Leroux and J. J. D. Van Schalkwyk, "An Overview of Moving Object Segmentation in Video Images", *South African Symp. on Communication and Signal Processing*, 1991.

[285] R. Cucchiara, P. Onfiani, A. Prati and N. Scarabottolo, "Segmentation of Moving Objects at Frame Rate: A Dedicated Hardware Solution", *Proc. Of 7th IEE Conf. On Image Processing and its Applications (IPA'99)*, 1999.

[286] A. T. Ali and E. L. Dagless, "Alternative Practical Methods for Moving Object Detection", *Proc. 4th Intl Conf. on Image Processing and its Applications*, Publication no. 354, Maastricht, 1992.

[287] A. T. Ali and E. L. Dagless, "Computer Vision for Security Surveillance and Movement Control", *IEE Colloquium on Electronic Images and Image Processing in Security and Forensic Science*, 1990.

[288] P. Voles, M. Teal and J. Sanderson, "Target Identification in Complex Maritime Scene", *IEE Colloquium on Motion Analysis and Tracking*, 1999.

[۲۸۹] ح. شكوري، "ردگيري اجسام متحرک بصورت زمينه‌گيري هوشمند"، پايان‌نامه کارشناسي ارشد، دانشکده مهندسي کامپيوتر، دانشگاه علم و صنعت ايران، ۱۳۷۹.

[290] J. Fan and A. K. Elmagarmid, "Statistical Approaches to Tracking-based Moving Object Extraction", *IEEE Intl Conf. on Information Intelligence and Systems*, 1999.

[۲۹۱] م. فتحي، م. عنايتي نيا، غ. ر. رمضان، ش. کبيري و ا. ر. خوانساري، "سيستم کنترل و نظارت خودکار تصويري"، آزمايشگاه پردازش سريع دانشکده کامپيوتر دانشگاه علم و صنعت ايران، تابستان ۱۳۷۸.

[292] E. Durucan, J. Snoeckx and Y. Weilenmann, "Illumination Invariant Background Extraction", *Proc. of the 10th Intl Conf. on Image Analysis and Processing (ICIAP'99)*, 1999.

[293] A. Utsumi and J. Ohya, "Image Segmentation for Human Tracking Using Sequential Image-based Hierarchical Adaptation", *IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 911-916, 1998.

[294] D. Hogg, "Model-based Vision: A Program to See a Walking Person", *Image and Vision Computing*, vol. 1, no. 1, 1983.

[295] I. Haritaoglu, D. Harwood and L. S. Davis, "Ghost: A Human Body Part Labeling System Using Silhouettes", *Intl Conf. on Pattern Recognition*, 1998.

[296] I. Haritaoglu, R. Cutler, D. Harwood and L.S. Davis, "Backpack: Detection of People Carrying Objects Using Silhouettes", *In Intl Conf. on Computer Vision*, 1999.

[297] I. Haritaoglu, D. Harwood and L.S. Davis, "W4: A Real Surveillance of People and Their Activities", *IEEE Trans. on Patt. Anal. and Mach. Intell.*, vol. 22, no. 8, 2000.

[298] L. Campbell and A. Bobick, "Recognition of Human Body Motion Using Phase Space Constraints", *In Intl Conf. on Computer Vision*, 1995.

[299] L. Goncalves, E. D. Bernado and P. Perona, "Reach out and Touch Space (Motion Learning)", *In Intl Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition*, 1998.

[300] K. Akita, "Image Sequence Analysis of Real World

Human Motion", *Patterm Recognition*, vol. 17, no. 1, pp. 73-83, 1984.

[301] Leung and Yang, "Human body motion segmentation in a complex scene", *PAMI*, vol. 20, no. 1, pp. 55-64, 1987.

[302] Leung and Yang, "A region based approach for human body motion analysis", *PAMI*, vol. 20, no. 3, pp. 321-339, 1987.

[303] Y. Gue, G. Xu and S. Tsuji, "Tracking Human Body Motion Based on Stick Figure Model", *J. of Visual Communication and Image Representation*, vol. 5, no. 1, pp. 1-9, 1994.

[304] Y. Gue, G. Xu and S. Tsuji, "Understanding Human Motion Pattern", *Intl Conf. Proc. of Paterm Recognition*, pp. 325-329, 1994.

[۳۰۵] پ. حقيقت و ر. صفابخش، "يک روش جديد براي تثبيت دنباله تصاوير جهت ردگيري اشياء متحرک"، نهمين كنفرانس سالانه انجمن كامپيوتر ايران، دانشگاه صنعتي شريف، بهمن ماه ۱۳۸۲.

[۳۰۶] پ. حقيقت و ر. صفابخش، "يک روش جديد مبتني بر ناحيه براي ردگيري اشياء متحرک"، دوازدهمين كنفرانس مهندسي برق ايران، دانشگاه فردوسي مشهد، ارديبهشت ماه ۱۳۸۳.

[307] H. Shah-Hosseini and R. Safabakhsh, "TASOM: The Time Adaptive Self-Organizing Map", *Proc. IEEE Conf. Information Technology: Coding and Computing*, Las Vegas, Nevada, pp. 422-427, 2000.

[308] H. Shah-Hosseini and R. Safabakhsh, "TASOM: A New Time Adaptive Self-Organizing Map", *IEEE Trans. SMC-B*, vol. 33, no. 2, 2003.

[309] H. Shah-Hosseini and R. Safabakhsh, "A TASOM-based Algorithm for Active Contour Modeling", *Pattern Recognition Letters*, vol. 24, pp. 1361-1373, 2003.

[۳۱۰] م. فتحي و م. لطيفي، "اندازه‌گيري پارامترهاي ترافيک به کمک پردازش ديجيتال تصاوير"، كنفرانس مهندسي برق ايران، دانشگاه تربيت مدرس، ارديبهشت ماه ۱۳۷۳.

[۳۱۱] م. فتحي و ا. درويشي، "تحليل وضعيت كيفي ترافيک به کمک پردازش تصوير"، سومين كنفرانس مهندسي برق ايران، دانشگاه علم و صنعت ايران، ارديبهشت ماه ۱۳۷۴.

[۳۱۲] م. فتحي و ع. برومندنيا، "تشخيص اتوماتيک پلاک خودرو با استفاده از پردازش تصوير"، سومين كنفرانس مهندسي برق ايران، دانشگاه علم و صنعت ايران، ارديبهشت ماه ۱۳۷۴.

[۳۱۳] م. فتحي و ک. فراهانچي، "تهيه تصوير زمينه ثابت بوسيله کلاسه‌بندي سطوح خاکستري"، سومين كنفرانس بين‌المللي سالانه انجمن كامپيوتر ايران، دانشگاه علم و صنعت ايران، دي ماه ۱۳۷۶.

[۳۱۴] م. رحمتي و ق. خردمنديان، "نظارت اتوماتيک ترافيک شهري به منظور تشخيص و رديابي خودروهاي متخلف با استفاده از بينائي كامپيوتر"، اولين كنفرانس بين‌المللي فناوري اطلاعات و دانش، دانشگاه صنعتي اميركبير (پلي تكنيک تهران)، دي ماه ۱۳۸۲.

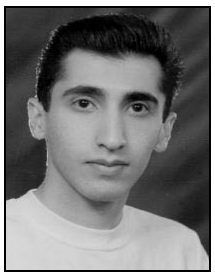
[۳۱۵] ه. صدوقي يزدي، م. لطفي‌زاد، ا. كبير و م. فتحي، "استفاده از يادگيري مسير حركت در رديابي وسايل نقليه در صحنه ترافيک"، نهمين كنفرانس سالانه انجمن كامپيوتر ايران، دانشگاه صنعتي شريف، بهمن ماه ۱۳۸۲.

[۳۱۶] ع. لطيف، "ردگيري يک جسم صلب با استفاده از مدل فعال پيرامون"، پايان‌نامه كارشناسي ارشد، دانشكده مهندسي كامپيوتر و فناوري اطلاعات، دانشگاه صنعتي اميركبير (پلي تكنيک تهران)، ۱۳۷۹.

---

1 Autonomous Robotics
2 Collision Avoidance
3 Monitoring & Surveillance Systems
4 Virtual Reality
5 Autonomous Vehicles
6 Automatic Traffic Control
7 Weather Forecast
8 Aerial Control
9 Defense Systems
10 Foreground
11 Background
12 Thresholding
13 Statistical Approaches
14 Static Contours
15 Dynamic Contours *or* Active Contours *or* Snakes
16 Deformable Template
17 Silhouette
18 Blob
19 Frame Differencing
20 Background Subtraction
21 Artifacts
22 Optical Flow
23 Translucency
24 Distortion Restoration
25 Registration Refinement
26 Active or Passive Markers
27 Contrast
28 Dynamic Self-Organizing Maps Neural Network
29 Time Adaptive Self-Organizing Map (TASOM)
30 Corner Points
31 Template
32 Template Matching
33 Snake Model
34 Principal Component Analysis (PCA)
35 Wavelets
36 Bottom-Up
37 Up-Down
38 Multi-Stage Hypothesis Testing (MSHT)
39 Multiple Multistage Hypothesis Test Tracking
40 Feature-based
41 Model-based
42 Region of Interest
43 CAD Model
44 Overlapping
45 Occlusion
46 Bayes Rule
47 Kalman Filter (KF)
48 Uni-modal
49 Background Clutter
50 Multi-modal

[51] Belief
[52] Extended Kalman Filter (EKF)
[53] Particle Filter
[54] Recursive Bayesian Filter
[55] Multiple Hypothesis Tracking (MHT)
[56] Bayesian Bootstrap Filter
[57] Monte Carlo Filter
[58] Maximum Likelihood Estimation (MLE)
[59] Mean Shift
[60] Bayesian Inference in Image Sequences
[61] Rigid
[62] Nearest Neighbor Criterion
[63] Stereo Disparity
[64] Pan
[65] Tilt
[66] Zoom
[67] Ego-motion Compensation
[68] Image Sequence Stabilization
[69] Image Registration
[70] Thermal Images
[71] Stop & Go Motion
[72] Track-before-Detect
[73] Synchronization
[74] On-line
[75] Off-line
[76] Explicit
[77] Implicit
[78] Common Motion Constraint
[79] Rigid
[80] Randomized Hough Transform (RHT)
[81] Cross Correlation
[82] Dynamic Belief Networks
[83] Production Rules
[84] Forward Chaining
[85] ARGO
[86] Expanded
[87] Shrinked
[88] Video Annotation
[89] Non-rigid
[90] Closed-World
[91] Hausdorff Distance Algorithm
[92] Active Shape Models
[93] Gibbs Markov Random Field



پیمان حقیقت در مهرماه سال ۱۳۷۴ پس از اتمام تحصیلات متوسطه وارد دانشکده مهندسي برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتي تهران گرديد و در تيرماه سال ۱۳۷۹ با اخذ مدرک کارشناسي در مهندسي سخت‌افزار از اين دانشگاه فارغ التحصيل شد. وي در مهرماه سال ۱۳۷۹ دوره کارشناسي ارشد مهندسي کامپيوتر در گرايش هوش مصنوعي را در دانشکده مهندسي کامپيوتر و فناوري اطلاعات دانشگاه صنعتي اميرکبير (پلي تکنيک تهران) آغاز نمود. او, با کسب رتبه نخست, اين دوره را در مردادماه سال ۱۳۸۲ به اتمام رسانيد. وي از مهرماه سال ۱۳۸۲ دوره دکتري مهندسي کامپيوتر در گرايش هوش مصنوعي را در همين دانشگاه شروع کرده و هم اکنون در حال گذراندن اين دوره مي‌باشد. زمينه‌هاي تحقيقاتي مورد علاقه وي عبارتند از: پردازش رقومي تصاوير، بينائي ماشين، و شبکه‌هاي عصبي. آدرس پست الکترونيکی نامبرده عبارت است از :

haqiqat_p@ce.aut.ac.ir

رضا صفابخش در خردادماه ۱۳۳۲ در شهر اصفهان ديده به جهان گشود و در سال ۱۳۵۰ از دبيرستان حکيم سنايی در اين شهر فارغ التحصيل گرديد. نامبرده تحصيلات خود را در رشته مهندسی برق در دانشگاه صنعتی شريف، و مهندسی برق و کامپيوتر در دانشگاه تنسی در ناکسويل ادامه داد و دکترای خود را در سال ۱۹۸۶ زيرنظر دکتر رافائل گانزالز به پايان رساند. صفابخش در طی دوره دکترا و پس از آن با دانشگاه تنسی در ناکسويل، کالج ايالتی والترز، شرکت مارتين-مارتيا، و مرکز عالی مهندسی و مديريت اطلاعات در کشور امريکا همکاری داشته و از سال ۱۹۸۸ در دانشکده مهندسی کامپيوتر دانشگاه صنعتی اميرکبير مشغول به کار شد. نامبرده در ۱۵ سال گذشته مسئوليتهای مختلفی را در دانشکده مهندسی کامپيوتر تقبل نموده و اينک استاد تمام اين دانشکده می باشد. زمينه های علمی مورد علاقه او بينايی ماشين، شبکه های عصبی، پردازش تصاوير، يادگيری، و سيستم های چند عاملی می باشند. صفابخش عضو و دبير هيئت مؤسس، عضو هيئت مديره از بدو تأسيس تاکنون، و رئيس هيئت مديره انجمن کامپيوتر ايران در طی دو دوره اول آن بوده است. نامبرده اکنون سردبير نشريه علوم و مهندسی کامپيوتر مي باشد. آدرس پست الکترونيکی و صفحة خانگی نامبرده عبارتند از :

safa@autice.org
http://autice.org/~safa