



## بررسی الگوریتم های تشخیص و ردیابی اهداف متحرک در استودیوی مجازی

آرش امیرلطیفی

دانشگاه آزاداسلامی واحدجنورد

E-mail: arash\_amirlatifi@yahoo.com

چکیده- افزایش سرعت پردازنده های دیجیتال در کنار کاهش قیمت و توان مصرفی، بعلاوه پیشرفت دانش بینایی ماشین و پردازش تصویر و ارائه الگوریتم های کارا و مطمئن موجب شده که سیستم های بلادرنگ مبتنی بر بینایی ماشین در کاربرد های زیادی جایگاه ویژه ای را برای خود پیدا کنند. ردیابی اشیاء با بازیگر در یک سیستم استودیوی مجازی، سیستم های کنترل ترافیکی، سیستم تشخیص هدف بصورت اتوماتیک یا *ATR* در صنایع موشکی و نظامی از جمله این کاربردها می باشد. در این مقاله به معرفی کلیات یک سیستم متکی بر بینایی ماشین و ارتباط آن با بخشهای مختلف یک استودیوی مجازی پرداخته می شود و سپس مقوله ردیابی اهداف در آن که مهمترین بخش آن نیز به شمار می آید بطور کامل مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.

واژه های کلیدی- استودیوی مجازی (اتاق آبی)، ردیاب جزئی، ردیاب کاملن، سنسور foveal، شبیه ساز monte carlo

### 1-مقدمه

هدف در صحنه استفاده می شود که با استفاده از یک ویرایشگر مرکزی دوربین با بهترین دیدرا انتخاب می کند. در این مقاله سعی داریم تا به طور مجزا به بررسی الگوریتم های ردیابی اهداف که مربوط به هرکدام از دو بخش فوق است بپردازیم و در نهایت ارائه ای از روشهای نوین و پر قدرت با کمترین میزان خطا که امروزه نه تنها در یک استودیوی مجازی بلکه در صنایع مختلف نظامی و غیرنظامی نیز مورد استفاده قرار می گیرد داشته باشیم.

### 2-ردیابی بر اساس یک دوربین

#### 2-1-کلیات سیستم

یک سیستم تشخیص و رد گیری هدف از اجزای مختلفی تشکیل شده است، همانطور که در شکل 1 ملاحظه می کنید، اطلاعات یا تصویر ورودی توسط یک دوربین آنالوگ یا دیجیتال گرفته می شود. تصویر گرفته شده وارد بخش پردازشگر می شود و در آنجا فرآیندهای پیش پردازش، آشکار سازی هدف و در صورت نیاز شناسایی

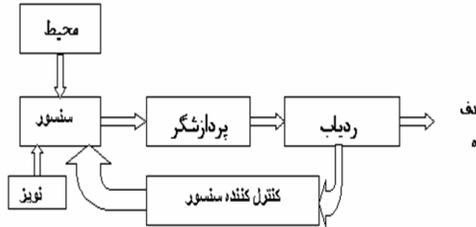
استودیوی مجازی یا اتاق آبی، تکنیکی می باشد که تصاویر زنده ویدئویی را بصورت بلادرنگ با مجموعه تصاویر مصنوعی ترکیب می کند. این سیستم خود از سه بخش اصلی فراهم آوردن زمینه مجازی، ردیابی و ترکیب تشکیل شده است.

در کل سیستم های دوربینی و بینایی ماشین که با رویه کالیبراسیون دقیقی تنظیم شده اند در دو نوع کلی خلاصه می شوند:

الف) استفاده از تنها یک دوربین که حول صحنه آزادانه حرکت کرده و تصاویری از نقاط مختلف می گیرد.

ب) مجموعه ای از دو یا بیشتر دوربین که یا به صورت آزادانه در محیط در حال حرکت هستند و یا به صورت ثابت حول صحنه ای که قرار است بازسازی شوند نصب می شود. در این حالت یک سیستم تشخیص و ردیابی جهت قرار دادن

اغلب سیستم های ردیابی بصورت یک حلقه بسته عمل می کنند که با ادامه دادن این روند و حرکت های دوربین، سیستم می تواند عمل ردیابی هدفی را که در صحنه وجود دارد را انجام دهد. شکل 3



شکل 3: مولفه های مربوط به سیستم های ردیابی

### 2-3- انتخاب مرجع / مراجع ردیابی

برای ردیابی باید بخشی از صحنه با ابعاد مناسب به عنوان مرجع تعیین گردد. مناسبترین انتخاب برای مرجع می تواند مربع یا مستطیل محاطی باشد [7]. بنابراین از اصطلاح بلوک مرجع برای بیان مرجع ردگیری استفاده خواهد شد که در بهترین وضعیت بایستی شامل کل هدف باشد. روش های گوناگونی برای درگیری بلوک مرجع که نماینده هدف می باشد وجود دارد که در زیر به چند نمونه از آنها اشاره می شود.

### 2-3-1- روش های مبتنی بر دنبال کردن پیکسلها

این دسته از روشها یا از معیار فلوی اپتیکی (OF) و یا تکنیکهای انطباق بلوک استفاده می کنند. در این روشها جستجو با استفاده از سطوح خاکستری بلوک مرجع و در فضای مکان انجام می گیرد.

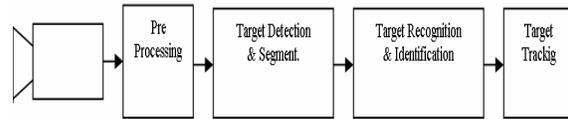
### 2-3-1-1- روش (OF)

در یک سلسله تصاویر برای هر نقطه از تصویر یک بردار حرکت تعیین می کند، بنابراین برای هدف بردار حرکتی قائل می شوند و محل هدف را تعیین می کنند. این روش بدلیل بار محاسباتی زیاد و مشکل بودن پیاده سازی بلا درنگ آن کاربرد زیادی ندارد.

### 2-3-1-2- روش معیار انطباق

در این روش در ناحیه جستجو (C) به دنبال بلوکی می گردیم که بیشترین شباهت را با بلوک مرجع  $r(n,m)$  به ابعاد  $m \times n$  داشته باشد. طی ارزیابی های انجام شده می توان گفت که

آن انجام می پذیرد. تمامی این مراحل از بخشهای اصلی یک سیستم متکی بر بینایی ماشین است.



شکل 1: بلوک دیاگرام یک سیستم تصویری تشخیص و ردگیری هدف

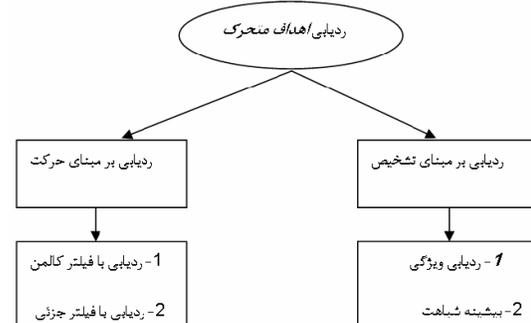
پیش پردازش: برای کاهش نویز و حصول کنتراست بهتر و حذف حرکات زائد انجام می گیرد.

آشکار سازی و تقطیع هدف: در دو حالت کلی انجام می پذیرد. الف: زمانی که صرفادو بعد مکانی مد نظر باشد یعنی فقط از یک فریم استفاده گردد. ب: بعد زمان نیز به بعد مکان اضافه گردد یعنی عامل حرکت در صحنه وجود داشته باشد که در آن صورت استفاده از چند فریم در آشکار سازی هدف متحرک مد نظر خواهد بود. تفاضل گیری بین فریمهای متوالی و روش فلوی اپتیکی (OF) از روشهای کاربردی این بخش می باشد. [8]

شناسایی هدف: می تواند فقط شامل تعیین نوع کلی هدف باشد. حال به بررسی بخش اصلی یک سیستم بینایی ماشین که مقوله ردیابی را شامل می شود خواهیم پرداخت.

### 2-2- ردیابی

ردیابی اهداف متحرک به دوروش کلی ردیابی بر مبنای تشخیص و ردیابی بر مبنای حرکت صورت می گیرد. شکل 2



شکل 2: دسته بندی روشهای ردیابی

ردیابی بر مبنای حرکت از چهار مرحله اصلی تشکیل شده است. که به ترتیب ثبت تصویر، استخراج شیء، حذف نویز و ردیابی می باشد که در حال حاضر، از این روش به نسبت ردیابی بر مبنای تشخیص بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد.

## 2-6- ارائه دو الگوریتم کارا و پر قدرت مبتنی بر حرکت در ردیابی اهداف متحرک

در این بخش دو نمونه از کارآمدترین و قویترین فیلترهای مورد استفاده در مقوله ردیابی را مورد تجزیه و تحلیل قرار می دهیم. فیلتر کالمن و فیلتر جزئی در دهه اخیر به علت ارائه الگوریتم قوی و پر سرعت و بسط ریاضیاتی ساده آن، در مصارف بلادرنگ بسیار مورد توجه قرار گرفته اند که می توانند جایگزین مناسبی برای الگوریتم های پیشین باشند.

### 2-6-1- ردیاب کالمن

این ردیاب بر اساس استفاده از فیلتر کالمن می باشد [4]. فیلتر کالمن یک ابزار تخمین و پیشگویی است و در این بحث از آن برای تخمین مکان هدف در یک فریم با توجه به وضعیت هدف در فریم قبلی استفاده می شود. در این روش، ابتدا برداری شامل وضعیت (مکان) و سرعت هدف تشکیل می شود. سپس مقادیر اولیه آنها با توجه به فریمهای موجود انتخاب می شود. مقادیر اولیه برای مکان از روی محل هدف در فریم ابتدایی و سرعت اولیه نیز با توجه به نوع حرکت و اختلاف زمانی بین دو فریم تعیین می شود. مکان اولیه هدف همان مرکز ثقل آن خواهد بود. اگر صحنه فقط دارای یک هدف باشد با استخراج این هدف از تصویر و محاسبه مرکز ثقل آن می توان ردیاب کالمن را در مورد آن اجرا کرد. ولی اگر در صحنه بیش از یک هدف وجود داشته باشد برای هر یک از اهداف باید بصورت جداگانه این عمل بصورت موازی انجام گیرد. در این روش سرعت را ثابت فرض کرده ایم. معادلات مربوطه در زیر آورده شده است. ( $X$ : ماتریس حالت،  $Y$ : ماتریس مشاهده،  $V, W$ : نویز گوسی سفید برای حالت سیستم)

$$\begin{cases} \dot{X} = FX + w \\ Y = HX + v \end{cases} \quad (2)$$

$$X = [x \quad y \quad \dot{x} \quad \dot{y}] \quad (3)$$

$$x_{k+1} - x_k = V_{xk} \Delta t \xrightarrow{V_x = \dot{x}} x_{k+1} = x_k + \dot{x}_k \Delta t \quad (4)$$

$$\text{Velocity} \rightarrow \text{fix} \xrightarrow{V = \dot{x}} \dot{x}_{k+1} = \dot{x}_k \quad (5)$$

$$\text{for } y \rightarrow \begin{cases} y_{k+1} = y_k + \dot{y}_k \Delta t \\ \dot{y}_{k+1} = \dot{y}_k \end{cases} \quad (6)$$

معیار MSFNCA نسبت به دیگر معیارها در مقابل نویز توانایی بیشتری دارد.

## 2-4- ردیابی مبتنی بر دنبال کردن ویژگیهایی از اهداف

در این دسته از روشها، ویژگیهایی از یک فریم استخراج می شوند و سپس در فریم بعدی به دنبال این ویژگی ها خواهیم گشت. این ویژگی ها می تواند شامل چیزی که به کمک پردازش تصویر سریع استخراج شود باشد. بنابر این با در نظر گرفتن قالبی تشکیل شده از نواحی هدف در فریم قبلی، در فریم جاری به دنبال مجموعه ای از نواحی می گردیم که بیشترین انطباق را با این قالب داشته باشد. این نواحی معرف محل فعلی هدف خواهد بود. معیار مشابهت بکار رفته در اینجا عبارت است از

$$c(u, v) = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^n \frac{l_i^2}{r_i} \quad (1)$$

که در آن  $r_i$  سطوح آمین ناحیه،  $t$  سطح قالب،  $l_i$  میزان همپوشانی آمین ناحیه با قالب و  $n$  تعداد نواحی تطبیق شده است. محل ماکزیمم این معیار معرف محل هدف است. در این بخش برای گرفتن نتیجه بهتر از دو معیار مبتنی بر نواحی (RTC) و مبتنی بر پیکسلها (MPC) بطور همزمان استفاده خواهد شد.

## 2-5- ردیابی مبتنی بر مدلی از هدف (پیشینه شباهت)

بیان تصویر با ویژگی در سطوح بالاتری نسبت به پیکسلها قرار دارد. از این رو نسبت به نویز مقاومتر خواهد بود. در این روش ابتدا تصویر تقطیع شده و کد زنجیره ای کاندیداهای هدف استخراج می شود. سپس کدهای به دست آمده با یک مدل مقایسه می شوند تا با یافتن بهترین انطباق محل هدف تعیین شود. معیار مقایسه، استخراج هیستوگرام دو بعدی از میزان جابجایی هر نقطه از مدل هدف و مقایسه مقادیر پیک هیستوگرام ها می باشد که بلندترین پیک معرف بهترین انطباق است.

**2-6-2-ردیابی با فیلترهای جزئی**

فیلترهای جزئی یا فیلترهای خود راه انداز ، تحت عنوان فیلترهای monte carlo زنجیره ای در دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است [5],[6]. اگر حالت هدف در زمان  $k$  یک بردار تصادفی  $X_k$  باشد، هدف در سه بعد قابلیت حرکت دارد. برای هر بعد، حالت هدف شامل موقعیت و سرعت است . معادله حالت هدف با استفاده از سیستم خطی زیر مدل می شود:

$$X_{k+1} = AX_k + U_k \quad (7)$$

$U_k$  ، یک فرایند نویز گوسی برداری با میانگین صفر و ماتریس کوواریانس  $\sum U_k$  است. این روش یک فیلتر بیز بهینه را برای تخمین حالت سیستم از روی زنجیره مشاهدات توسط مجموعه نمونه های تصادفی  $\{X_k^{(i)}, i=1,2,\dots,N_s\}$  با وزنهای  $\{W_k^{(i)}, i=1,2,\dots,N_s\}$  پیاده سازی می کند. سیستم دینامیک بوده و مدل های مشاهده می توانند غیر خطی باشند و فرآیند و نویز مشاهده می تواند غیر گوسی باش [6],[7]. در این کار، جزء ها (نمونه های تصادفی)  $\{X_{k-1}^{(i)}\}$  و وزنهای آنها  $\{W_{k-1}^{(i)}\}$  تابع چگالی رو به جلوی  $p(x_{k-1}/y_{1:k-1})$  را تقریب می زند. چگالی پیش بینی شده  $p(x_k/y_{1:k-1})$  با نمونه گیری هر جز توسط چگالی انتقال حالت  $p(x_k^{(i)}/x_{k-1}^{(i)})$  به عنوان یک توزیع پیشنهادی تقریب زده می شود. بعد از اینکه سنسور foveal  $y_k$  ، را به دست می آورد وزنهای  $\{w_k^{(i)}\}$  بصورت زیر به روز می شوند.

$$w_k^{(i)} \propto w_{k-1}^{(i)} p(y_k/x_k^{(i)}) \quad (8)$$

چگالی روبه جلوی  $X_k$  با استفاده از رابطه زیر به روز می شود :

$$p(x_k/y_{1:k}) \approx \sum_{i=1}^{N_s} w_k^{(i)} \delta(x_k - x_k^{(i)}) \quad (9)$$

میانگین شرطی حالت سیستم با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$\hat{x}_k = E[X_k/y_{1:k}] \approx \sum_{i=1}^{N_s} w_k^{(i)} x_k^{(i)} \quad (10)$$

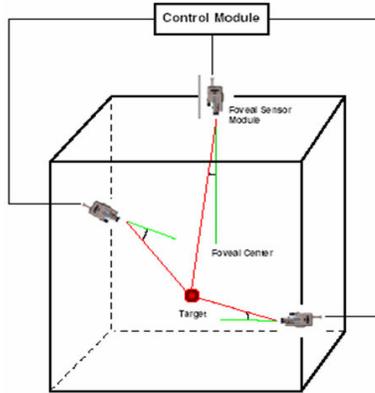
این فیلتر جزئی بسادگی قابل پیاده سازی است. در این روش میانگین و کو واریانس چگالی رو به جلوی  $p(x_k/y_{1:k})$  از جزء ها و وزنهای محاسبه می شود و سپس، جزءها از یک چگالی گوسی با این میانگین و کو واریانس دوباره نمونه برداری می شوند.

**3-ردیابی بر اساس چند دوربین****3-1- مقدمه**

ردیابی چند دوربینه در سیستمهای استودیوی مجازی، دیده بانی، کنفرانسهای ویدیویی و... کاربرد دارد که تشکیل یک محیط هوشمند با چند دوربین کالیبره شده را می دهند. این دوربینها روی هر ارتفاعی نصب شده و باید حداقل دارای اشتراک میدان دید با یک دوربین یا دوربین های دیگر باشد. در این بخش سعی خواهیم کرد تا یک شیوه کارا و پر قدرت برای الگوریتم های ردیابی چند دوربینه پیدا کنیم و آنرا بسط دهیم تا بتوانیم آنرا در یک سیستم استودیوی مجازی پیاده سازی کنیم.

**3-2- کاربرد دید استریو در ردیابی**

از کاربردهای مهم دید استریو، ردیابی اشیاء متحرک است که با استخراج اطلاعات فاصله و عمق، برای تعیین حرکت اشیاء در صحنه و نماهایی که از چندین دوربین گرفته شده است، استفاده می گردد. فاصله از رنگ و روشنایی مستقل بوده و برای آنالیز یک تصویر مفید خواهد بود. با استفاده از خواص فیزیکی فاصله حتی می توان اندازه و سرعت نسبی را نیز محاسبه کرد. سیستم ردیابی که اطلاعات فاصله را استفاده می کند مشکلات سیستم های ردیابی شیئی با کیفیت بالا را ندارد. این مشکلات شامل جدا سازی پیش زمینه از زمینه، شناسایی، ردیابی، انسداد و انتقالات است. در حال حاضر نرم افزار Tyzx محاسبه فاصله استریو را با استفاده از یک تراشه Deap sea انجام می دهد. این تراشه قدرتی در حدود 33 Mpixel با حداکثر توان مصرفی 1 وات را با تمامی سرعت دارا می باشد. از الگوریتم های بکاررفته در این سیستم می توان به الگوریتم مثلثی شکل اشاره کرد. در این روش هر پیکسل در تصویر مبنا با پیکسل های در امتداد خطوط مبنا در بالا و سمت چپ تصاویر مقایسه می شوند.



شکل 5: سیستمی شامل چندین سنسور زاویه foveal و ماژول کنترل

در کل در این سیستم از دو الگوریتم زیر برای ردیابی هدف استفاده می شود:

### 3-4-1-1- رویه نمونه گیری مشترک

در این رویه ماژول کنترل یک فیلتر جزئی پیاده سازی می کند. اجزاء این فیلتر به تمامی سنسورها ارسال می شوند تا سنسورها موقعیت و بهره تقویتی خودشان را تغییر دهند. سپس سنسور وزنه‌های جزئی را محاسبه کرده و جهت به روز کردن فیلتر جزئی این وزنها به ماژول کنترل ارسال می شود. مهم‌ترین شکل این سیستم حجم اطلاعات ارسالی است. بنابراین برای ارسال وزنها و جزءها نیاز به پهنای باند بیشتری احساس می شود.

### 3-4-1-2- رویه نمونه گیری انفرادی

این رویه برای کاهش حجم اطلاعات بین ماژول کنترل و دیگر سنسورها طراحی می شود. در این روش هر سنسور بصورت انفرادی یک فیلتر جزئی دارد و با استفاده از اطلاعات خودش، خودش را به روز می کند، بنابراین هر سنسور زاویه خودش با هدف را برای ماژول کنترل ارسال می کند. این روش نسبت به نمونه گیری مشترک دارای حجم اطلاعات ارسالی کمتری است.

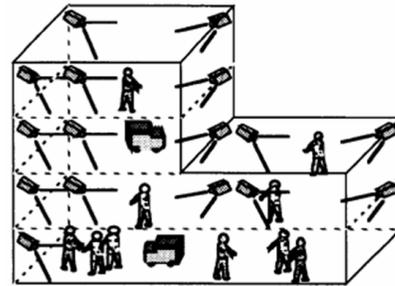
### 3-4-2- نتایج شبیه سازی

اجرای نمونه برداری انفرادی و مشترک با استفاده از 3 سنسور و شبیه سازی Monte Carlo انجام شده است. در طول شبیه سازی زمان مشاهدات 1، شدت نویز فرآیند 5/، و ماتریس کو واریانس نویز  $\sum W_k = (0.1, 0.1)$  بوده است. و هر

### 3-3- استفاده از دوربین های تک چشمی توزیع شده

#### در ردیابی اهداف CAD-PASED

با توجه به قیمت کم دوربین های CCD، استفاده از یک سیستم توزیع شده جهت ردیابی اهداف متحرک مناسب می باشد. دوربین ها باید طوری نصب شود که میدان دید هر کدام با میدان دید دوربین همسایه خود اشتراک داشته باشد. که اینگونه تشکیل یک سیستم استریوویژن را خواهند داد. اطلاعات منتقل شده بین دوربین ها شامل ارتفاع و جهت حرکت شیئی و موقعیت آن در حال بیرون رفتن است که عامل همسایه از این اطلاعات جهت انطباق شیئی در حال وارد شدن استفاده می کند. این سیستم ها قادر خواهند بود تا افراد پیاده رونده را در صحنه های واقعی قسمت بندی و ردیابی کنند. شکل 4



شکل 4: مدل عامل دید توزیع شده

### 3-4-4- ارائه ایده اصلی و کاربردی ردیابی هدف با

#### استفاده از چند سنسور قابل تطبیق

در این بخش از چند سنسور foveal (حفره دار) جهت ردیابی حرکت یک هدف در فضای سه بعدی استفاده می شود. این ردیاب بر مبنای فیلتر جزئی کار کرده و از شبیه سازی Monte Carlo زنجیره ای استفاده می کند. موقعیت و acuity نواحی foveal به یک ماژول کنترل مرکزی که یک تصمیم گیر کلی است فرستاده شده که این ماژول موقعیت هدف را با توجه به اطلاعات دریافتی از سنسورها محاسبه می کند.

### 3-4-1- عملکرد کلی سیستم

این سیستم شامل یک سیستم کنترل از چند ماژول سنسور است [3]. هر ماژول سنسور خود شامل سه بخش است. سنسور foveal (حفره)، یک پردازنده محلی و یک رابط مخابراتی. شکل 5

بر حرکت استفاده از فیلتر کالمن، فیلتر کالمن بسط داده شده و فیلتر جزئی می باشد. با بررسی های انجام شده می توان گفت که فیلتر جزئی نسبت به فیلتر کالمن از کارایی بالاتری برخوردار است [1], [2]. پس می توان قویا استفاده از روش نمونه گیری انفرادی یا مشترک را توصیه کرد که در بخش قبل به آن پرداختیم. این سیستم کاملاً بلادرنگ بوده و حجم اطلاعات ارسالی آن کم می باشد ولی می تواند برای ارسال وزنها و جزء ها با پهنای باند زیاد مورد استفاده قرار گیرد.

### سپاسگذاری

برخود لازم میدانم تا از حمایتها و همکاریهای استاد ارجمندم جناب آقای مهندس شهپری وهمچنین گروه پردازش تصویر دانشگاه آزاد بجنورد (I.P.T) تشکر و قدردانی نمایم.

### مراجع

- [1]: D. Cochran, and R. Martin, "Nonlinear Filtering Models of Attentive Vision" IEEE International Symposium on Circuits and Systems pp. 26{29, 1996}
- [2]: L. Li, D. Cochran, and R. Martin, "Target Tracking with an Attentive Foveal Sensor", 34th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, pp. 182{185, 2000
- [3]: D. Sinno, Attentive Management of Con\_gurable Sensor Systems, Ph.D. thesis, Arizona State University, May 2000
- [4]: Welch Greg and Bishop Gary, An Introduction to the Kalman Filter, University of North Carolina at Chapel Hill, Department of Computer Science, 2002
- [5]: M.S. Arulampalam, S. Maskell, N. Gordon, and T. Clapp, "A Tutorial on Particle Filters for Online Nonlinear/Non-Gaussian Bayesian Tracking", IEEE Trans. on Sig. Proc., vol. 50, no. 2, pp. 174-188, Feb. 2002
- [6]: A. Doucet, N.D. Freitas, and N. Gordon Sequential Monte Carlo Methods in Practice, New York: Springer, 2001
- [7]: Sung, S.H.; Chien, S.I.; "Four Directional Adaptive Windowing Algorithm Using Variable Sizing Vectors for Correlation-based tracking"; *SPIE*; Vol. 3365; pp. 318-328; April 1998
- [8]: مهندس اصغر شهپری: تشخیص هدف بصورت اتوماتیک (ATR) سمینار کارشناسی ارشد مخابرات دانشگاه فردوسی: بهار 1381

شبه ساز 50 بار تکرار شده است. در طول 100 بار اجرای شبه ساز 200 جزء در هر اجرا تولید شده است. در هر اجرا موقعیت سنسور بصورت تصادفی انتخاب می شود. در ابتدا موقعیت سنسورها در اولین مجموعه اجرای monte carlo نزدیک به مبدا انتخاب می شود و جایگاههای بعدی دورتر انتخاب می شوند. جدول 1 متوسط مربعات خطای موقعیت را برای هر روش نمونه برداری مشترک و انفرادی نشان می دهد.

جدول 1: متوسط مربعات خطای موقعیت برای روش نمونه برداری مشترک و انفرادی

	مشترک	انفرادی
Set 1	0.0625	0.5336
Set 2	0.0596	0.1853
Set 3	0.0560	0.1210

### 3-4-3- تاثیر تعداد سنسورها بر اجرای الگوریتم

اجرای شبکه سنسورها همان قدر به موقعیت سنسورها وابسته است به تعداد آنها نیز بستگی دارد. جدول 2 تغییر تعداد سنسورها و تاثیر آنرا بر خطای الگوریتم نشان می دهد. با توجه به جدول با افزایش سنسورها تا 4 عدد خطا کم شده و با وجود 5 سنسور خطا زیاد می شود و از 5 تا به بالا تر خطا بهبود نخواهد یافت.

جدول 2: تغییر تعداد سنسورها و تاثیر آن بر خطای الگوریتم

تعداد سنسور	کیفیت اطلاعات	خطای مجموع مربعات
2	نا کافی	0.5753
3	کافی	0.3359
4	زیاد از حد	0.2858
5	زیاد از حد	0.3157

### 3-4-4- نتیجه گیری

با توجه به الگوریتم های مختلفی که در خصوص ردیابی اهداف متحرک در صحنه ارائه شده و با در نظر گرفتن تعداد دوربین ها و ساختار آنها، می توان این نتیجه را گرفت که روشهای ردیابی بر اساس تشخیص دارای حجم پردازش زیادی بوده و با توجه به اینکه بلادرنگ بودن سیستم امری ضروری است، این روشها از کارایی لازم برخوردار نیست. بنابراین این روشهای مبتنی بر حرکت جهت ردیابی افراد در استودیوی مجازی پیشنهاد می شود. از جمله روشهای مبتنی