

# دوربین حرارتی

## سامانه‌های تصویر برداری حرارتی (Thermal Imaging System)

**درباره مؤلف:** دکتر محمد قلم‌چی، رئیس تالیف استانداردهای ملی امنیت الکترونیک موزه‌ها و بانک‌های ایران است. وی مخترع ۹ دستگاه ثبت شده در سازمان اختراعات و مالیکت صنعتی است که یکی از این اختراعات، دوربین مداربسته تحت شبکه‌ای با قابلیت‌های خاص می‌باشد. همچنین ایشان مدیر پروژه اولین نرم‌افزار جامع مدیریت و ضبط نظارت تصویری بومی، مورد تایید فنی و امنیتی مراجع معتبر کشور، با نام امن‌پایش می‌باشند.



سامانه‌های تصویر برداری حرارتی که تاکنون بزرگترین تولید کننده آنها کمپانی FLIR آمریکا بوده و به صورت غلط مصطلح تحت عنوان FLIR نیز نامیده می‌شوند، سامانه‌های غیر فعال<sup>۱</sup> می‌باشند که در ناحیه مادون قرمز<sup>۲</sup> میانی و بلند طیف الکترومغناطیسی کار می‌کنند.

این سامانه‌ها از تابشی که از خود اجسام ساطع می‌گردد برای تصویربرداری استفاده می‌کنند. همانطور که می‌دانیم، اجسام از خود امواج الکترومغناطیسی ساطع می‌کنند که طیف پیوسته‌ای را می‌پوشاند و طول موج پیک و میزان توان گسیلی آن به دمای جسم بستگی دارد و طبق قانون پلانک هر جسمی که دمایش بالاتر از صفر مطلق<sup>۳</sup> باشد، انرژی از خود ساطع می‌کند. تصاویر در دوربینهای حرارتی عموماً به صورت سیاه و سفید می‌باشد، مگر در دوربین‌هایی که برای تشخیص بهتر، میزان حرارت را با رنگ‌های مختلف نگاشت می‌کنند.



نمونه ای از دوربین حرارتی با کارکرد سنجش دما از راه دور بوسیله تصویر

1. Passive

2. Infrared Radiation

3. منفی ۲۷۳ درجه سانتیگراد



موسسه خدمات مدیریت  
وفناوری رشد  
قلم‌چی

Ghalamchi Management & Technology  
Improvement Institute  
G M T I I

نشانی: اقدسیه، بزرگراه ارتش

خیابان ولیعصر، نبش خیابان

پروین، پلاک ۲، واحد ۳

تلفن: ۲۲۹۶۳۹۲، ۲۲۹۶۷۷۶۳

۲۲۹۶۷۷۶۹، شماره: ۲۲۹۶۳۹۶

Address: Unit 3, No. 2,  
Parvin St., Valiasr St.,  
Artesh Ave., Tehran, Iran.

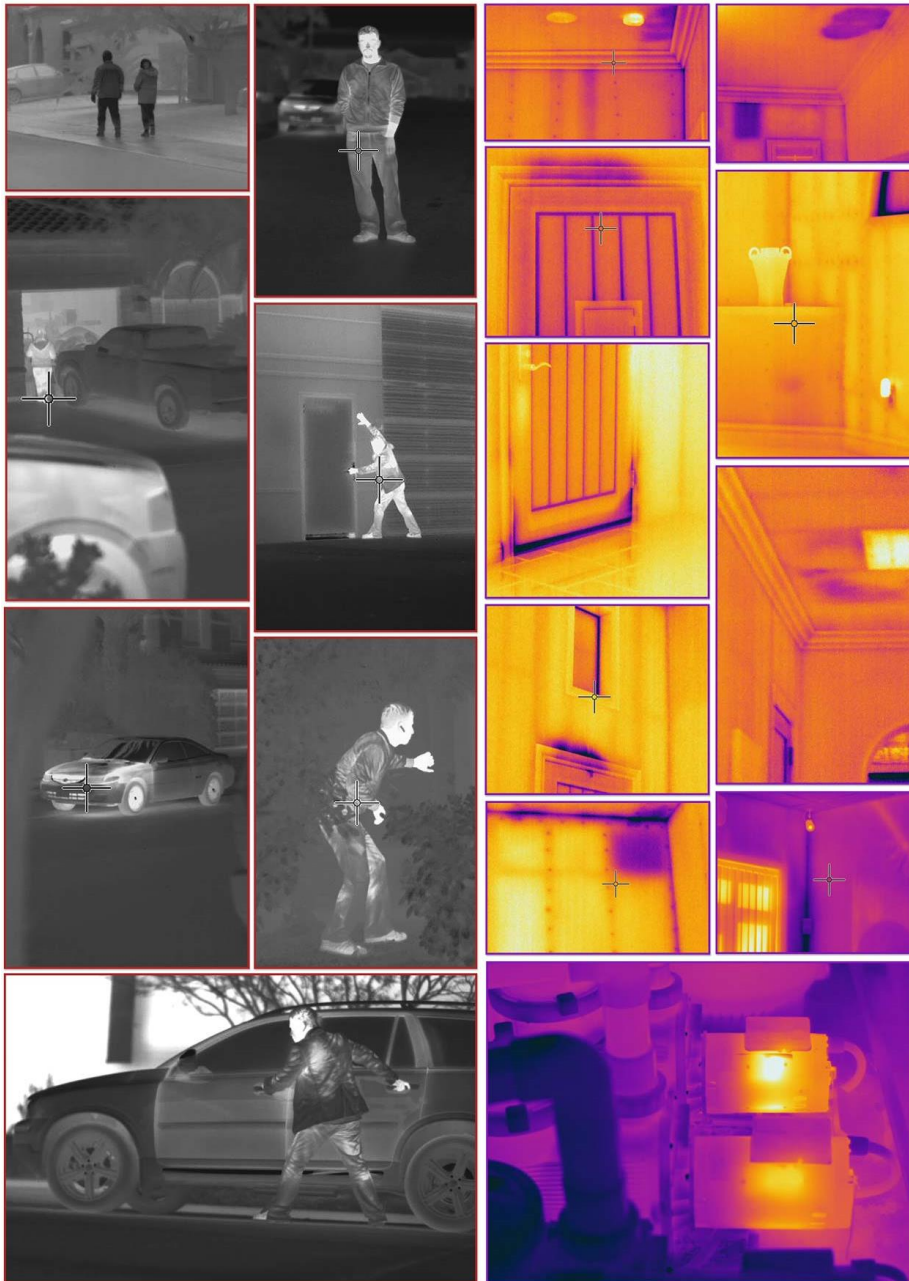
ZipCode: 1694833713

Tel: (+98 21) 22967763

22964392, 22964396

Fax: (+98 21) 22967769

http://gmtii.com



تصویر اصلی یک دوربین حرارتی

تصویر نگاشت شده‌ی یک دوربین حرارتی

**نکته:** دوربین‌های حرارتی بستگی به نوع دوربین و شرایط آب و هوایی محیطی (گرم یا سرد) بعد از روشن شدن، مدت زمانی جهت خنک شدن لامپ نیاز دارند. (به منظور انجام عمل Cooling) در هر دوربین حرارتی روشهای خنک‌کنندگی و زمان سرمایش متفاوت می‌باشد.



موسسه خدمات مدیریت  
و فناوری رشد  
قلم‌چی

Ghalamchi Management & Technology  
Improvement Institute  
G M T I I

نشانی: اقدسیه، بزرگراه ارتش  
خیابان ولیعصر، نبش خیابان  
پروین، پلاک ۲، واحد ۳

تلفن: ۲۲۹۶۷۷۶۳، ۲۲۹۶۴۳۹۲

۲۲۹۶۷۷۶۹، نمابر: ۲۲۹۶۴۳۹۶

Address: Unit 3, No. 2,  
Parvin St., Valiasr St.,  
Artesh Ave., Tehran, Iran.

ZipCode: 1694833713

Tel: (+98 21) 22967763

22964392, 22964396

Fax: (+98 21) 22967769

<http://gmtii.com>



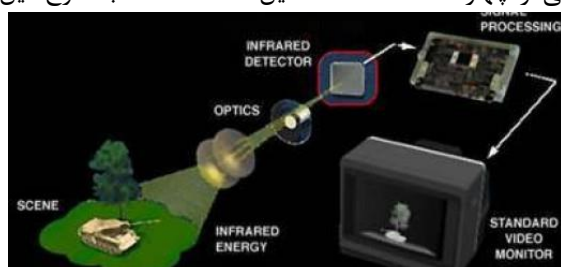
## ۱. امواج مادون قرمز (Infrared Radiation)

تابش فرسرخ یا به عبارت دیگر «اشعه مادون قرمز» در علم فیزیک به قسمی از طیف امواج الکترومغناطیسی گفته می‌شود که طول موج آن‌ها بلندتر از دامنه نور مرئی و کوتاه‌تر از دامنه امواج رادیویی باشند.

مادون قرمز بخشی از طیف الکترومغناطیسی است که دارای طول موجی بین  $760\text{ nm}$  الی  $1\text{ mm}$  می‌باشد. معمولاً مادون قرمز را به سه قسمت نزدیک<sup>۴</sup>، میانی<sup>۵</sup> و دور<sup>۶</sup> تقسیم می‌کنند. لازم به ذکر است که فرکانس مادون قرمز بین  $300\text{ GHz}$  الی  $430\text{ THz}$  می‌باشد.

## ۲. اجزاء سامانه تصویر بردار حرارتی :

سامانه تصویر بردار حرارتی از چهار قسمت عمده تشکیل شده است که به شرح ذیل می‌باشند :



### ۱-۱- سامانه اپتیک جمع کننده (Objective) :

وظیفه این قسمت جمع آوری تابش حرارتی جسم و کانونی نمودن آن در یک نقطه و ایجاد یک تصویر حرارتی از جسم است. مجموعه شیئی یک دوربین حرارتی نیز همانند دوربینهای دید در شب از چند عدسی و آینه تشکیل شده، اما جنس آنها متفاوت می‌باشد. در این دوربین‌ها از موادی استفاده می‌شود (مانند : ژرمانیوم و سیلیکون) که در برابر تابش مادون قرمز شفاف باشند.

### ۱-۲- آشکارساز (Detector) :

آشکارسازها وسایلی هستند که تابش مادون قرمز جمع آوری شده توسط مجموعه شیئی را جذب می‌کنند که با جذب این تابش، یکی از خواص الکتریکی آنها تغییر می‌کند (هدایت الکتریکی یا تغییر مقاومت و یا ایجاد ولتاژ) و همین تغییر باعث ایجاد سیگنال الکتریکی می‌شود. پس از این که آشکارسازها، فوتون‌های مادون قرمز را تبدیل به سیگنال‌های الکتریکی نمودند، این سیگنال‌ها توسط قسمت الکترونیکی دوربین، تقویت و پردازش می‌شوند و سپس توسط وسایلی از قبیل دیودهای گسیلنده نور (LED) یا دیودهای کریستال مایع (LCD) و یا میکرو مانیتور به فوتون‌هایی با طول موج مرئی تبدیل می‌شوند و در واقع یک تصویر مرئی حاصل می‌شود. هر المان آشکارساز تنها می‌تواند یک نقطه از جسم را به تصویر مرئی تبدیل نماید، بنابراین برای داشتن تصویری دوبعدی و با کیفیت بالا، باید ابعاد المان‌ها و فواصل بین آنها، بسیار کوچک و تعداد آنها زیاد باشد. با توجه به ساختار ریز المان‌ها، ساخت

<sup>4</sup> . Near Infrared

<sup>5</sup> . Middle Infrared

<sup>6</sup> . Far Infrared

<sup>7</sup> . Byrnes, James (2009). Unexploded Ordnance Detection and Mitigation. Springer. pp. 21–22. ISBN 978-1-4020-9252-7.



آشکارسازها بسیار مشکل می‌باشد و بجای اینکه در آرایه‌های دو بعدی تولید شوند، اغلب به صورت آرایه‌های خطی ارائه می‌شوند. یک آرایه خطی تنها می‌تواند یک خط از هدف را تصویر نماید و برای داشتن تصویر دو بعدی، از اسکنر استفاده می‌شود.

## ۲-۲-۱ - انواع آشکارسازها

آشکارسازها بر اساس نحوه ایجاد سیگنال الکتریکی به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند:

### الف) آشکارسازهای حرارتی

یک آشکارساز حرارتی انرژی تابشی را جذب کرده و همین امر سبب تغییر خصوصیات الکتریکی آشکارساز می‌شود. پاسخ الکتریکی ناشی از تغییر دمای هدف، یک سیگنال الکتریکی ایجاد کرده که این سیگنال می‌تواند تقویت شده و نمایش داده شود. یکی از برجسته‌ترین خصوصیات آشکارسازهای حرارتی، پاسخ دهندگی یکسان آشکارساز به تمامی طول موجها می‌باشد. این خصوصیت سبب کاربرد سامانه آشکارساز در محدوده دمایی وسیعی می‌شود. فاکتور مهم دیگر این است که آشکارسازهای حرارتی نیازی به خنک کننده نداشته باشد. پاسخ زمانی اینگونه آشکارسازها در حدود میلی ثانیه بوده و نسبتاً کند می‌باشد. در انتخاب نوع آشکارساز و سامانه حرارتی باید توزیع دمایی هدف، دمای پس زمینه و دیگر پارامترهای مؤثر در نظر گرفته شوند.

### ب) آشکارسازهای فوتونی یا کوانتومی

آشکارسازهای فوتونی بر اساس اثر فوتون عمل می‌نمایند. این آشکارسازها بسیار سریع‌تر از آشکارسازهای حرارتی بوده و پاسخ آنها در حدود میکرو ثانیه است. همچنین آشکارسازی آنها نیز بالاتر است. البته برای رسیدن به این مرتبه آشکارسازی بایستی آشکارساز سرد شود و برای کاهش دما، کولرهای ترموالکتریک در یک یا چندین مرحله بکار گرفته می‌شوند.

## ۲-۲-۲ - آشکارسازهای متداول:

تلاش برای توسعه تکنولوژی آشکارسازهای مورد استفاده در تصویربرداری حرارتی با رعایت شرایط اتمسفر و تابش گسیلی، از اهداف مهم سازندگان این نوع سامانه‌ها می‌باشد. همیشه آشکارسازهایی هستند که تحت این شرایط نتایج مناسب را دارا باشند. از انواع آشکارسازها می‌توان به  $HgCdTe, Si$  (کادوم تلوراید جیوه) و  $Insb$  (ایندیم آنتیموان) اشاره نمود.

تاکنون در اکثر سامانه‌های تصویر بردار حرارتی نظامی از آشکارسازهای  $HgCdTe$  (ناحیه ۱۲ - ۸ میکرو متر) و  $Insb$  (ناحیه ۵ - ۳ میکرو متر) استفاده شده است، زیرا به علت تکنولوژی پیچیده آنها و همچنین نیاز آنها به سامانه خنک کننده (Cooling) تا ۸۰ درجه کلونین (و نتیجتاً افزایش حجم، وزن و قیمت) همیشه جایگزین کردن آنها با آشکارسازهایی که همان پاسخ را داشته باشد ولی نیازی به خنک سازی نیازی نداشته باشد، مد نظر بوده است.

## ۱-۳ - اسکنرها (Scanner):

در برخی از سامانه‌های تصویر بردار حرارتی، یک اسکنر وجود دارد که وظیفه آن انتقال اطلاعات صفحه هدف بروی آشکارساز می‌باشد. در واقع اسکنر نقاط مختلف موضوع را به ترتیب زمانی و به صورت خط به خط برای آشکارساز ارائه می‌نماید.

## ۱-۴ - مدارات الکترونیکی:

این قسمت شامل منابع تغذیه، بایاس‌ها، تقویت‌گرها، پردازشگرها و نمایش‌گر است.





### ۳-۴- سامانه اپتو مکانیک (Eyepiece) :

مجموعه چشمی قابلیت روئیت تصویر تشکیل شده را به ناظر می دهد .

نکته: در برخی از سامانه‌های مادون قرمز آرایه‌ای از دتکتورها مورد استفاده قرار می‌گیرد و نیازی به اسکنر نمی باشد .



یک نمونه از دوربین‌های حرارتی

### ۳. نسل‌های مختلف سامانه‌های حرارتی :

دوربین‌های حرارتی بر اساس شکل آرایه آشکارساز بکار رفته در آنها، به نسل‌های زیر تقسیم می‌شوند:

#### ۳-۱- نسل صفر (0-Generation)

اگر در یک دوربین حرارتی از یک آشکارساز تک المانی یا از یک آرایه خطی با تعداد المان اندک استفاده شود، آن را نسل صفر می‌نامند. در این سامانه به دو اسکنر یکی افقی و یکی عمودی نیاز می‌باشد.

#### ۳-۲- نسل یک (1-Generation)

اگر در یک دوربین حرارتی از یک آرایه خطی بسیار طویل آشکار ساز استفاده شود، آن را نسل اول می‌نامند. در این سامانه تنها به یک اسکنر افقی نیاز می‌باشد.

#### ۳-۳- نسل دو (2-Generation)

اگر در یک دوربین حرارتی از یک آرایه چند خطی بسیار طویل آشکار ساز استفاده شود، آن را نسل دوم می‌نامند. در این سامانه نیز تنها به یک اسکنر افقی نیاز می‌باشد.

#### ۳-۴- نسل سوم (3-Generation)

اگر در یک دوربین حرارتی از یک آرایه دو بعدی آشکار ساز با تعداد المان‌های زیاد استفاده شود، آن را نسل سوم می‌نامند. در این سامانه دیگر نیازی به اسکنر نمی‌باشد. لازم بذکر است که این نسل، جدیدترین نسل دوربین‌های حرارتی می‌باشد که هنوز در سامانه‌های نظامی بطور کامل گسترش نیافته است و اکثر سامانه‌های موجود در نسل‌های قبل تولید می‌شوند.



## ۴. عوامل مؤثر بر کیفیت تصویر :

عواملی مانند نویز (نویز سامانه، پس زمینه و ...)، محیط اتمسفری، مشخصات فنی سامانه، فاصله، ابعاد و ... باعث اعمال محدودیت‌هایی در عمل سامانه شده و لذا انتخاب و طراحی را پیچیده‌تر می‌کند. به طور کلی می‌توان عوامل مؤثر بر کیفیت در تصویر را به صورت ذیل بیان کرد :

### ۴-۱- مایناتور

از عوامل مؤثر می‌توان به تشعشعات، کنتراست و فاصله از شخص مشاهده کننده را نام برد.

### ۴-۲- موضوعات صفحه

از عوامل مؤثر می‌توان به مشخصات هدف، مشخصات زمینه، حرکت و انعکاسات اشاره کرد.

### ۴-۳- مشخصات سامانه تصویر حرارتی

از عوامل مؤثر می‌توان به حد تفکیک، حساسیت (ATF)، نویز و خروجی به ورودی دوربین را نام برد.

### ۴-۴- ضریب عبور از اتمسفر

که می‌توان به عواملی چون مه، باران و غبار اشاره نمود.

تذکره: در بعد کیفیت تصویر، بخش اعظم بررسی‌ها روی دو موضوع قدرت تفکیک مکانی (Resolution) و حساسیت دمایی (Sensitivity) صورت می‌گیرد.

## ۵. پارامترهای مهم در یک تصویر بردار حرارتی :

همانطور که گفته شد سامانه‌های تصویربرداری حرارتی دارای نسل‌های مختلف بوده و هر نسل پارامترهای مخصوص به خود را دارد که در طراحی استفاده می‌شود. پارامترهایی در عملکرد سامانه‌ها مشترک بوده و نتیجه آنها برای کاربر مهم است. از مهمترین مشخصه‌های دوربین حرارتی می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود :

### ۵-۱- MRTD (Minimum Resolvable Temperature Difference)

پاسخ سامانه تصویر بردار حرارتی به حساسیت و قدرت تفکیک مکانی بستگی دارد. برای بررسی کیفیت تصویر از حیث حساسیت و قدرت تفکیک و وابستگی و تعامل بین این دو پارامتر، پارامتری بنام MRTD تعریف می‌شود. یعنی پایین‌ترین اختلاف دمای جسم سیاه هدف نسبت به پس زمینه که توسط سامانه قابل اندازه‌گیری است. MRTD از یک طرف محدود به حساسیت سامانه است، یعنی وقتی اختلاف دما کمتر از یک حداقل باشد، جسم قابل تشخیص نیست. بطور خلاصه می‌توان گفت که مشخصه MRTD دوربین است که تعیین می‌کند در هر فرکانس (فرکانس فضایی - Rayleigh Criterion) حداقل چه حساسیتی (یا اختلاف دمایی) لازم است.



موسسه خدمات مدیریت  
و فناوری رشد  
قلم‌چی

Ghalamchi Management & Technology  
Improvement Institute  
G M T I I

## ۵-۲- وضوح (Resolution)

در خیلی از مواقع وضوح (Resolution) تنها عامل تعیین کننده کیفیت تصویر تلقی می‌شود. در واقع وضوح کوچکترین بخش قابل دریافت توسط سامانه است. در خیلی از موارد قدرت تفکیک را با میدان دید لحظه‌ای بیان می‌کنند. در حقیقت نوع بیان قدرت تفکیک به کاربرد بستگی دارد. از طرفی وضوح اثرات مربوط به کنتراست هدف و نویز سامانه را شامل می‌شود و اختلاف واضحی بین وضوح (توانایی دیدن جزئیات) و توانایی دیدن هر چیزی (Detection) وجود دارد.

## ۵-۳- حساسیت (Sensitivity)

منظور از حساسیت، کوچکترین سیگنالی است که می‌توان توسط سامانه آشکار کرد یا به عبارت بهتر سیگنالی است که در خروجی سامانه نسبت سیگنال به نویز مساوی ۱ تولید کند. حساسیت عمدتاً به توانایی جمع‌کنندگی اپتیک، پاسخ دهی آشکار ساز و نویز سامانه بستگی داشته و از قدرت تفکیک مستقل است.

## ۵-۴- میدان دید (Field Of View)

ماکزیمم میدان زاویه‌ای (به صورت افقی و عمودی) در هر مد کاری که روی مانیتور قابل نمایش است، میدان دید نامیده می‌شود. انتخاب میدان دید معمولاً بستگی به نوع کاربرد، تکنولوژی و مشخصات آشکار ساز و اسکنر دارد.

## ۵-۵- میدان دید لحظه‌ای (Instantaneous FOV)

این پارامتر جزء زاویه‌ای است که سامانه می‌تواند تحت آن اطلاعات دریافت کند. این پارامتر تعیین کننده Resolution سامانه است. این پارامتر هر چند کوچکتر باشد بهتر است، البته تا جایی که انرژی کافی به آشکار ساز برساند.

### نکته:

- ۱- هر چه میدان دید بزرگتر باشد، IFOV نیز بیشتر می‌شود و این قدرت تفکیک سامانه را کاهش می‌دهد.
- ۲- هر چه IFOV کوچکتر باشد، لازم است که حساسیت آشکار ساز بالا رود که ممکن است محدودیت تکنولوژیکی یا اقتصادی داشته باشد.

## ۵-۶- NETD (Noise Equivalent Temperature Difference)

این پارامتر نشان دهنده حساسیت دمایی سامانه است و به نوعی به صورت حداقل اختلاف دمای جسم و پس‌زمینه است که در خروجی سیگنال به نویز ۱ تولید می‌کند. این پارامتر به مشخصات آشکار ساز، میزان عبور اپتیک و اتمسفر و نویز سامانه بستگی دارد.

نشانی: اقدسیه، بزرگراه ارتش

خیابان ولیعصر، نبش خیابان

پروین، پلاک ۲، واحد ۳

تلفن: ۲۲۹۶۳۹۲، ۲۲۹۶۷۷۶۳

۲۲۹۶۷۷۶۹، شماره: ۲۲۹۶۴۳۹۶

Address: Unit 3, No. 2,

Parvin St., Valiasr St.,

Artesh Ave., Tehran, Iran.

ZipCode: 1694833713

Tel: (+98 21) 22967763

22964392, 22964396

Fax: (+98 21) 22967769

<http://gmtii.com>



## ۵-۷- عدد کانونی (F-Number)

عدد کانونی، نسبت فاصله کانونی به قطر عدسی شئی در یک سامانه تشکیل دهنده تصویر می‌باشد. در واقع عدد کانونی چگونگی جمع‌آوری نورها به وسیله سرعت یک لنز را بیان می‌کند و با فرمول زیر بیان می‌شود:

$$F - \text{Number} = \frac{FL}{D}$$

که در آن:

- D=Diameter (قطر عدسی شئی یا قطر یک لنز)
- FL = فاصله کانونی

عدد F یک سامانه حداقل برابر یک می‌باشد که با F برابر یک (F=1) دارای ماکزیمم روشنایی تصویر می‌باشد. چنانچه F افزایش یابد روشنایی تصویر کمتر می‌گردد.

### نکته:

- با کاهش عدد کانونی می‌توان نسبت سیگنال به نویز را افزایش داد.
- در F-Number پایین‌تر (مثل  $1/2f$  یا  $1/4f$ ) لنزها بیشتر نورها را برای دوربین عبور می‌دهند، که در نتیجه لنز می‌تواند در سطح نور پایین عمل کند و تصویر بهتری را داریم.

## ۵-۸- عدد T (T-Number)

گفتیم یک عدد کانونی (F-Number) سرعتی از یک لنز را بیان می‌کند، به فرض اینکه لنز تمام نور رسیده از موضوع را انتقال دهد. در حقیقت لنزهای مختلف انتقال مختلف دارند. همچنین لنزها با F-Number های یکسان ممکن است عملاً سرعت‌های متفاوت داشته باشند. T-Number این مشکل را به وسیله ضخامت Iris و محاسبه انتقال نور حل کرده است. برای دو عدد لنز با T-Number یکسان همیشه تصویر با روشنایی یکسان خواهیم داشت. T-Number برابر است با نسبت عدد F به جذر میزان عبور نور و حداقل برابر یک می‌باشد. میزان عبور نور دهی عددی بین صفر و یک می‌باشد. از دیگر پارامترها می‌توان به نسبت سیگنال به نویز، اسکنرها و تابع تبدیل کنتراست (MTF) اشاره نمود.

نشانی: اقدسیه، بزرگراه ارتش

خیابان ولیعصر، نبش خیابان

پروین، پلاک ۲، واحد ۳

تلفن: ۲۲۹۶۷۷۶۳، ۲۲۹۶۴۳۹۲

۲۲۹۶۷۷۶۹، شماره: ۲۲۹۶۴۳۹۶

Address: Unit 3, No. 2,

Parvin St., Valiasr St.,

Artesh Ave., Tehran, Iran.

ZipCode: 1694833713

Tel: (+98 21) 22967763

22964392, 22964396

Fax: (+98 21) 22967769

<http://gmtii.com>





## ۶. انتخاب ناحیه طول موجی برای دوربینهای حرارتی :

با توجه به مقدار تابش خود به خودی اجسام در دماهای متعارف و محدودیت‌های اتمسفری فقط از دو ناحیه ( ۵ - ۳ میکرو متری و ۱۲ - ۸ میکرو متری) می‌توان برای تصویر برداری حرارتی (Passive) استفاده کرد. در ارتباط با این دو ناحیه می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد :

- ا. مقدار تابش شده توسط خورشید در ناحیه ( ۵ - ۳ میکرو متر) حدود ۲۵ وات بر متر مربع و در ناحیه ( ۱۲ - ۸ میکرو متر ) در حدود ۱/۵ وات بر متر مربع است و لذا در روزهای آفتابی ، تابش خورشید می‌تواند شکل حرارتی تصویر دوربین در ناحیه اول را بطور عمده تغییر دهد ولی روی تصویر در ناحیه ( ۱۲ - ۸ میکرو متر ) تأثیر اساسی ندارد .
- ب. در یک اختلاف دمای یکسان و در دمای محیط انرژی قابل دسترسی ، ناحیه ( ۱۲ - ۸ میکرو متر ) ، ۳۰ برابر ناحیه ( ۵ - ۳ میکرو متر ) بوده و لذا می‌توان نسبت سیگنال به نویز را بهتر و در نتیجه تصویر بهتری مشاهده نمود.
- ج. هر چه NETD کوچکتر باشد ، حساسیت سامانه بهتر است . در ناحیه ( ۱۲ - ۸ میکرو متر ) چون NETD کوچکتر است می‌توان حساسیت خوبی را داشت .
- د. در صورتیکه اهداف داغتر از محیط مد نظر تصویر برداری باشند ( مانند آگروز موشک ) ، چون طول موج ماکزیمم این اهداف بسمت طول موجهای کوتاهتر بوده و توان تابش در آن ناحیه زیاد است ، بهتر است که از دوربین ( ۵ - ۳ میکرو متر ) استفاده شود .

### نکته:

- بدون در نظر گرفتن کاربرد معین نمی‌توان ناحیه ای را به ناحیه ای دیگر برتری داد . البته ناحیه ( ۱۲ - ۸ میکرو متر ) به راحتی قسمت اعظم نیازها را بر آورده می‌کند.
- طبق قانون جابجایی وین طول موج قله تابش هر جسم بسته به دمایش از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$T \text{ (دما بر حسب کلوین)} = \frac{2890}{\text{طول موج}} \text{ «بر حسب میکرو متر»}$$

مثلاً برای دمای انسان سالم، طول موج برابر با ۹,۳۲ میکرو متر خواهد بود .

نشانی: اقدسیه، بزرگراه ارتش

خیابان ولیعصر، نبش خیابان

پروین، پلاک ۲، واحد ۳

تلفن: ۲۲۹۶۳۹۲، ۲۲۹۶۷۷۶۳

۲۲۹۶۷۷۶۹، نمابر: ۲۲۹۶۴۳۹۶

Address: Unit 3, No. 2,

Parvin St., Valiasr St.,

Artesh Ave., Tehran, Iran.

ZipCode: 1694833713

Tel: (+98 21) 22967763

22964392, 22964396

Fax: (+98 21) 22967769

<http://gmtii.com>



موسسه خدمات مدیریت  
و فناوری رشد  
قلم‌چی

Ghalamchi Management & Technology  
Improvement Institute  
G M T I I

## ۷. تأثیر شرایط جوی و محیطی در کار آبی دوربین‌های حرارتی :

برای دیدن اجسام در سطح زمین، امواج الکترومغناطیس ساطع شده از سطح جسم (انعکاس یافته) از هوای محیط عبور کرده و به سامانه دوربین می‌رسد. از آنجا که هوا ترکیبی از گازهای مختلف، بخار آب و ذرات معلق است، مقداری از این امواج را جذب و مقداری را پراکنده می‌کند که میزان تأثیر آن به طول موج مورد استفاده بستگی دارد. با توجه به اینکه در طی مسیر انتشار ممکن است شرایط مختلفی از قبیل میزان ترکیبات گازی، باد، دما و دیگر شرایط جوی تغییر یابد، بررسی این تأثیرات پیچیده می‌باشد.

عاملی که برای دیدن اجسام مؤثر است، میزان کنتراست جسم یا زمینه است. شرایط جوی بر حسب فاصله از نقطه مشاهده، این کنتراست را کاهش می‌دهد.

حداکثر فاصله‌ای که می‌توان یک جسم را در ناحیه طول موج مرئی (طول موج ۵۵ نانو متر) مشاهده کرد، به شرایط آب و هوایی بستگی دارد. البته در ناحیه مرئی، اثر جذب قابل صرف نظر کردن است.

در بالای سطح دریا در صد قابل ملاحظه ای بخار آب (رطوبت) وجود دارد. با توجه به اینکه عامل اصلی کاهش برد در ناحیه طیفی مرئی پراکندگی است، بخار آب تا هنگامی که به صورت ملکولی باشد تأثیر قابل ملاحظه‌ای در پراکندگی ندارد، ولی هنگامیکه به صورت ذرات بزرگتر مثل مه و ابر تشکیل شدند، در برد تأثیر می‌گذارند.

اتمسفر محدودیت‌های مهمی را بر عملکرد سامانه‌های الکترواپتیکی تحمیل می‌کند. در واقع محیط انتشار را می‌توان یکی از اساسی ترین اجزاء یک مجموعه اپتیکی دانست. امروزه بعلاوه کیفیت و قابلیت سامانه‌های آشکار سازی و منابع تابش (مانند لیزرها) بسیار بالا رفته، عمده ترین محدودیت روی عملکرد سامانه معمولاً محیط اتمسفری است.

عمده اختلالات ناشی از محیط اتمسفری که به عبور تابش و عملکرد سامانه تصویر بردار حرارتی تأثیر می‌گذارد عبارتند از :

۱- تضعیف تابش ( جذب ، پراکندگی )

۲- تابش محیط و ناحیه مادون قرمز

۳- انحراف محل واقعی هدف

۴- مدولاتسیون تابش

از مهمترین فاکتورهای بالا، تضعیف تابش بیشترین اثر را گذاشته و برد سامانه‌ها را محدود می‌کند. عواملی که در اتمسفر باعث جذب و پراکندگی می‌شوند، ذرات موجود در اتمسفر شامل : مولکول‌های انواع گازهای موجود، ذرات گرد و غبار، باران، رطوبت و ... هستند که میزان تأثیر آن‌ها به چگالی دما، فشار، اندازه ذرات و از همه مهمتر به طول موج عبوری بستگی دارد.

میزان عبوری اتمسفر برای همه طول موج‌ها یکسان نبوده و فقط در نواحی خاص میزان عبور زیاد و غیرمحدود کننده است. نواحی (۱/۵ - ۰/۴ ، ۲/۵ - ۱/۵ ، ۵ - ۳ و ۱۲ - ۸ میکرو متر) نواحی هستند که در آنها میزان عبور قابل توجه است. در واقع می‌توان این نواحی را برای سامانه‌های الکترواپتیکی استفاده نمود. از این میان فقط در ناحیه (۵ - ۳ و ۱۲ - ۸ میکرومتر) برای ساخت و بکارگیری سامانه تصویربرداری مادون قرمز (غیر فعال) یعنی تصویر بردار حرارتی مناسب است، زیرا اجسام در دمای محیط فقط در این دو ناحیه تابش خود به خودی قابل توجه‌ای داشته و توسط تأثیرات اتمسفری جذب نمی‌شوند.

چون تابش مادون قرمز نسبت به تابش مرئی در جو زمین و هوای مه آلود و دود کمتر جذب می‌شود، بنابراین اینگونه دوربین‌ها در این شرایط آب و هوایی نامساعد نیز قابل استفاده می‌باشند.

نشانی: اقدسیه، بزرگراه ارتش

خیابان ولیعصر، نبش خیابان

پروین، پلاک ۲، واحد ۳

تلفن: ۲۲۹۶۷۷۶۳، ۲۲۹۶۴۳۹۲

۲۲۹۶۷۷۶۹، نمابر: ۲۲۹۶۴۳۹۶

Address: Unit 3, No. 2,

Parvin St., Valiasr St.,

Artesh Ave., Tehran, Iran.

ZipCode: 1694833713

Tel: (+98 21) 22967763

22964392, 22964396

Fax: (+98 21) 22967769

http://gmtii.com



## ۸. کاربردهای دوربین حرارتی :

دوربینهای حرارتی در جاهای مختلف اعم از صنعتی یا غیر صنعتی ، نظامی و یا غیر نظامی کاربرد دارند که به تعدادی از آنها اشاره می کنیم :

### ۱. کاربرد صنعتی:

- کنترل تهیه محصولات
- آزمایش بدون مخرب
- بازرسی و دیدن کابل‌های فشار قوی داخلی

### ۲. کاربرد پلیسی :

- تعقیب مظنون و دستگیری آن
- کنترل آشوب و شورش
- کنترل محیط اطراف

### ۳. ایمنی آتش :

- جنگلبانی : که می توان موارد زیر را نام برد :
- مشاهده حیوانات وحشی و کنترل آنها
- پیدا کردن محل آتش گرفتگی

۴. کاربردهای نظامی: از قبیل دیده بانی و عملیات در شب ، هدایت موشکها ، عملیاتهای جاسوسی و تجسسی،

کمک به نشست و برخاست هواپیماها ، عکسبرداری شبانه و استفاده در سامانههای کنترل آتش

۵. کنترل و اندازه گیری دمای اجسام از راه دور و بدون تماس

۶. کاربرد در تستهای بدون مخرب: مانند آنالیز مدارهای الکترونیکی در حین کار ، کشف اجزایی از مدارهای

الکتریکی که تحت فشار بیش از حد باشند و کنترل اتصال سیمها بدون دست زدن به آنها

۷. کاربردهای پزشکی: از قبیل تشخیص سرطان و تومرها و غده ها ، تعیین سطح سوختگی پوست و

سرمازدگی شدید و غیره

نشانی: اقدسیه، بزرگراه ارتش

خیابان ولیعصر، نبش خیابان

پروین، پلاک ۲، واحد ۳

تلفن: ۲۲۹۶۷۷۶۳، ۲۲۹۶۴۳۹۲

۲۲۹۶۷۷۶۹، شماره: ۲۲۹۶۴۳۹۶

Address: Unit 3, No. 2,

Parvin St., Valiasr St.,

Artesh Ave., Tehran, Iran.

ZipCode: 1694833713

Tel: (+98 21) 22967763

22964392, 22964396

Fax: (+98 21) 22967769

<http://gmtii.com>

## ۹. مزایای دوربین‌های حرارتی نسبت به دید در شب :

- این دوربین‌ها، توانایی ایجاد تصویر در شب و روز را دارا می‌باشند.
- در زمان بکارگیری دوربین حرارتی از طرف مقابل قابل آشکار شدن نمی‌باشد. بعضی از دوربین‌های دید در شب برای روئیت هدف نیاز به یک منبع کمکی دارند ( سامانه Active ) که باعث می‌شود در میدان رزم توسط دشمن مجهز به سامانه‌های دید در شب مشاهده شوند، اما دوربین حرارتی نیاز به منبع خارجی ندارد و تابش خود اجسام را دریافت می‌کند و بنابراین در میدان رزم توسط دشمن دیده نمی‌شود.
- اینگونه سامانه‌ها قابلیت انتقال تصویر بروی مانیتور را دارند. یعنی می‌توان تصویر را هم دورن چشمی مشاهده نمود و هم می‌توان تصویر را به یک مانیتور خارجی ارسال کرد .
- در شرایط محیطی مناسب، کیفیت دوربین‌های حرارتی، به مراتب از دوربین‌های دید در شب بهتر بوده، جزییات بیشتری توسط دوربین‌های حرارتی قابل مشاهده می‌باشد.



موسسه خدمات مدیریت  
و فناوری رشد  
قلم‌چی

Ghalamchi Management & Technology  
Improvement Institute  
G M T I I

نشانی: اقدسیه، بزرگراه ارتش

خیابان ولیعصر، نبش خیابان

پروین، پلاک ۲، واحد ۳

تلفن: ۲۲۹۶۷۷۶۳، ۲۲۹۶۴۳۹۲

۲۲۹۶۷۷۶۹، نمابر: ۲۲۹۶۴۳۹۶

Address: Unit 3, No. 2,

Parvin St., Valiasr St.,

Artesh Ave., Tehran, Iran.

ZipCode: 1694833713

Tel: (+98 21) 22967763

22964392, 22964396

Fax: (+98 21) 22967769

<http://gmtii.com>