



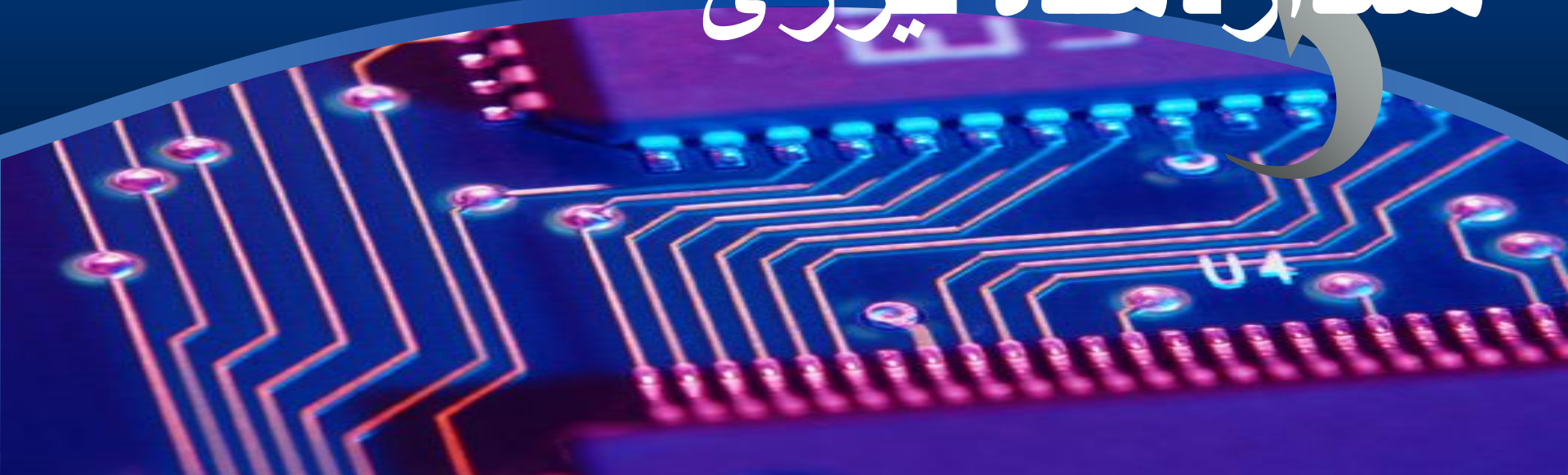
بسم تعالی

دانشگاه علم و صنعت ایران



دانشکده مهندسی برق ، مرکز تحقیقات نانوپترونیکس

نور چشم ماهی در سیستم هشدار دهنده لیزری



نام استاد راهنما: آقای دکتر
محمدنژاد



بهار ۱۳۹۵

مرکز تحقیقات نانوپترونیکس

فهرست

1

مقدمه

2

محاسبه شعاع هشدار منتشره از سیستم لیزری مبتنی بر چشم ماهی

3

حداقل انرژی قابل آشکارسازی

4

شعاع هشدار در سیستم هشداردهنده

5

آزمایشات میدانی

6

آنالیز

7

نتیجه گیری

مقدمه

- در جنگ های مدرن امروز □ اپلیکیشن های هشدار دهنده لیزری (بعثت دقت بالای خود در حمله به اهداف) علاقمندی زیادی را به خود جلب کرده اند.
- با افزایش تهدید روز افزون سلاح های هدایت شونده لیزری □ لازم است که تکنولوژی های هشدار لیزری موثر جدیدی توسعه یابند.
- استفاده از تجهیزات پرتو لیزری اهداف نظامی را تا حد زیادی تهدید می کند.
- چنین سیستم هایی □ یک ابزار اقدام متقابل به حساب می آیند که بعد از تشخیص خطر □ هشدار را به صورت شنیداری یا دیداری تولید می کنند.
- بطور کلی □ سیستم های هشدار دهنده لیزری بر روی اشیائی نصب می شوند که نیاز به محافظت دارند. همچون : مخازن □ ماشین های زره پوش □ هواپیما □ کشتی ها □ دریایی و ...



مقدمه

❖ اهداف طراحی چنین سیستم هایی:

- کنترل کردن موقعیت بطور دقیق
- مدوله کردن طول موج فرکانس و توان لیزر
- افزایش وضوح و سرعت تشخیص موقعیت
- تشخیص طول موج
- داشتن حداقل توان الکتریکی تشخیصی

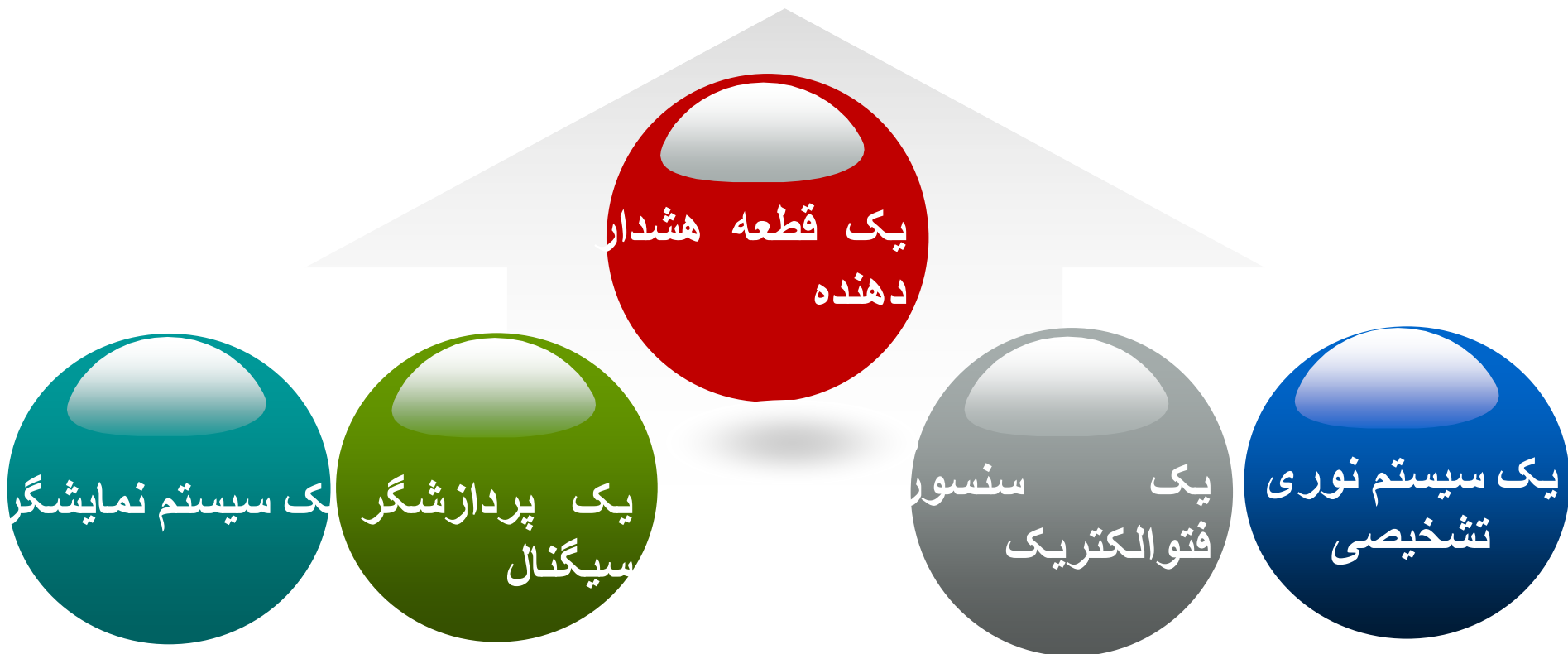
❖ این سیستم باید از لیزری استفاده کند که حداقل قادر به کنترل نرخ تکرار پالس ها و انرژی پالس ها باشیم.

❖ این هشداردهنده یک روش شناسایی ویژه ای است که در محیط های جنگی واقعی مورد استفاده واقع می شود برای کشف هدایت کننده یا گسیل کننده سیگنال لیزری که سطح خطر را تخمین زده و هشدار را تولید میکند.

مرکز تحقیقات نانو پترونیکیس

مقدمه

یک سیستم هشداردهنده لیزری از بخش های زیر تشکیل شده است:



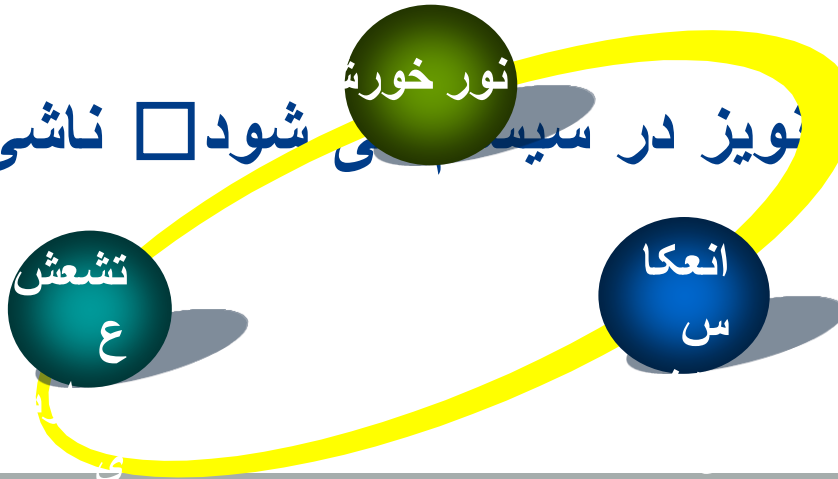
مقدمه

❖ هشدار شعاع لیزری یک روش منحصر به فردی است که قطعا در جنگ واقعی برای کشف سیگنال های مختلف لیزر □ سطح تهدید را تخمین می زند و هشدار را تولید می کند.

❖ سیگنال دریافتی توسط این سیستم ها معمولا شامل: تابش مستقیم لیزر ورودی پراکنش مولکولی و پراکنش آئروسل است.

❖ در این سیستم ها نویزهایی وجود دارند که ناشی از نور بایاسی و آشکارسازها می باشند.

❖ نور بایاسی که سبب تولید نویز در سیستم می شود □ ناشی از موارد زیر است:



مقدمه

- در این بین نور خورشید بیشترین نقش را ایفا می کند. (با طول موجی در حدود)

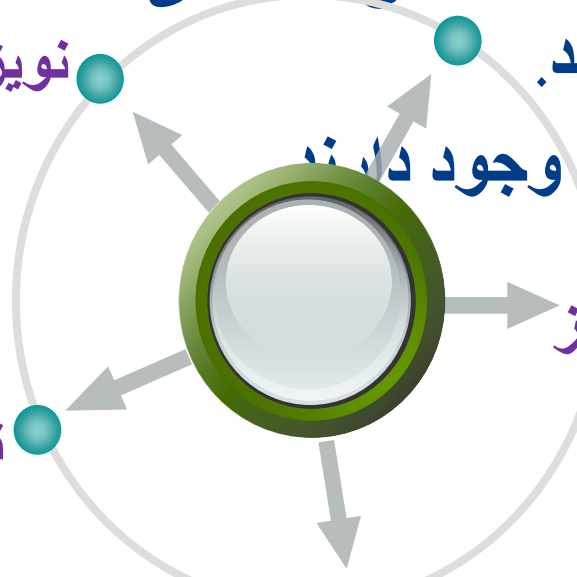
- خورشید بعنوان جسم سیاه در نظر گرفته می شود.

- در مقایسه با اشعه خورشید □ تاثیر تشعشع حرارتی زمین و نور بازتابی منتشره باید نادیده گرفته شوند.

تحت نواثرهای نوین زیر محیطی در آشکارسازها وجود دارند

سیستم های هشداردهنده لیزری قادر به دریافت سیگنالهایی با SNR پایین می باشند. در نتیجه □ مشکلاتی در استخراج و پردازش دقیق سیگنال ایجاد

نویز 1/f (نویز ص) شات نویز نویز دمایی (Temperature)



مقدمه

❖ اهداف طراحی چنین سیستم هایی:

کنترل کردن موقعیت بطور دقیق

مدوله کردن طول موج □ فرکانس
و توان لیزر

افزایش وضوح و سرعت تشخیص
موقعیت

تشخیص طول موج

داشتن حداقل توان الکتریکی
تشخیصی

محاسبه شعاع هشدار منتشره از سیستم لیزری

تجهیزات هشداردهنده لیزری تصویربرداری □ بعنوان

یک نوع اصلی از تجهیزات هشداردهنده □ معمولاً از

قسمت های زیر ساخته می شوند:

فیلتر باند باریک

لنز چشم ماهی

آشکارساز FPA
(Focal Plane
Array)

محاسبه شعاع هشدار منتشره از سیستم لیزری

- بازتاب منتشره از سیستم هشداردهنده لیزری چند جهته (omni-directional) مبتنی بر لنز چشم ماهی روز به روز مهم تر می گردد.
- میدان فوق بزرگ لنز چشم ماهی □ این امکان را فراهم می آورد که سیستم هشدار دهنده به خوبی فوکوس کرده و تشخیص دهد.
- بعنوان یکی از پارامترهای کلیدی سیستم هشداردهنده □ شعاع هشدار باید مورد مطالعه قرار گرفته و در محاسبات و بررسی ها لحاظ شود.
- حداقل انرژی قابل تشخیص توسط هر تک پیکسل از سیستم □ تحت شرایط حساسیت آشکارساز نویز سیستم و مینیمم SNR محاسبه می شود. پس از آن □ توسط مقایسه بین انرژی آشکار شده توسط تک پیکسل و حداقل انرژی قابل تشخیص □ شعاع هشدار بدست می آید.
- مقادیر تجربی شعاع هشدار همیشه کمتر از مقادیر تئوری است. این تفاوت ناشی از عوامل انحراف نوری لنز چشم ماهی □ انتقال از فیلتر باند باریک و نسبت بسته بندی آشکارساز است.

مرکز تحقیقات نانوالکترونیکس



محاسبه شعاع هشدار منتشره از سیستم لیزری

$$P_r = P_s \cdot \tau_s \cdot \exp(-\alpha R) .$$

$$dE_i = E_i = P_r / S = P_s \cdot \tau_s \cdot \exp(-\alpha R) / S .$$

$$dL_r = f_r(\theta_i, \varphi_i, \theta_r, \varphi_r) \cdot dE_i .$$

$$\begin{aligned} dQ &= dL_r \cdot dS \cdot \cos \theta_r \cdot d\omega_r \cdot \tau_d \cdot \tau(f(\theta_r)) \cdot \Delta t \\ &= f_r(\theta_i, \varphi_i, \theta_r, \varphi_r) \cdot dE_i \cdot dS \cdot \cos \theta_r \cdot d\omega_r \cdot \tau_d \cdot \tau(f(\theta_r)) \cdot \Delta t, \end{aligned}$$

$$Q = \int_s dQ .$$

$$r = f_{\text{polar}}(\alpha) .$$

$$\Delta Q = Q / N = \int_0^{2\pi} d\alpha \int_0^{f_{\text{polar}}(\alpha)} f_r(\theta_i, \varphi_i, \theta_r, \varphi_r) \cdot dE_i \cdot \cos \theta_r \cdot d\omega_r \cdot \tau_d \cdot \tau(f(\theta_r)) \cdot \Delta t \cdot l \cdot dl / N .$$

حداقل انرژی که توسط سیستم هشدار دهنده قابل پاسخ دهی است □

$$T_{SNR} = \sqrt{2} \operatorname{erfinv}(2P_d - 1) + \sqrt{-2 \ln(2\sqrt{3}P_f)} ,$$

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp(-u^2) du .$$

$$Q_{th} = S_p(\lambda) I_n T_{SNR} ,$$



شعاع هشدار در سیستم هشدار دهنده:

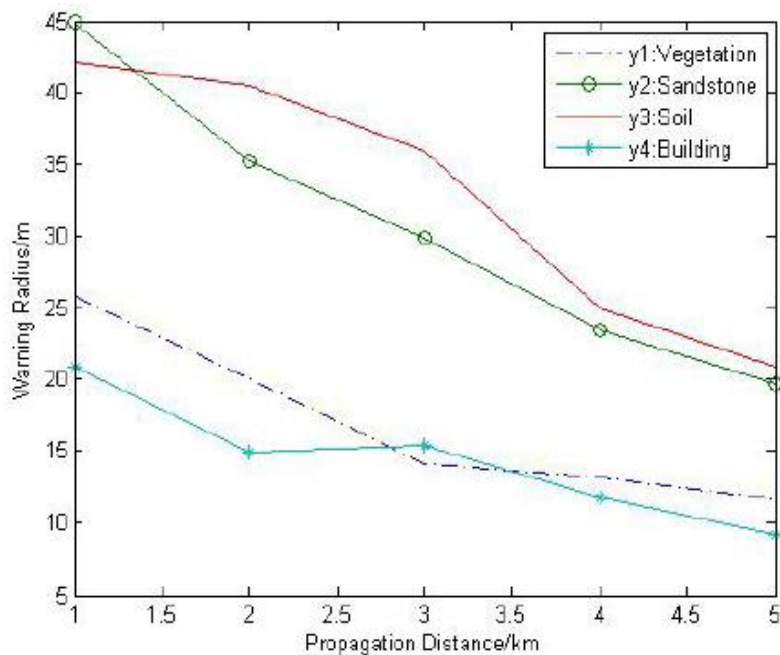
در سیستم های هشدار دهنده مبتنی بر لنزهای چشم ماهی □ انرژی دریافتی توسط تک پیکسل آشکار ساز □ مبتنی بر رابطه زیر می باشد:

$$\Delta Q \geq Q_{th}$$

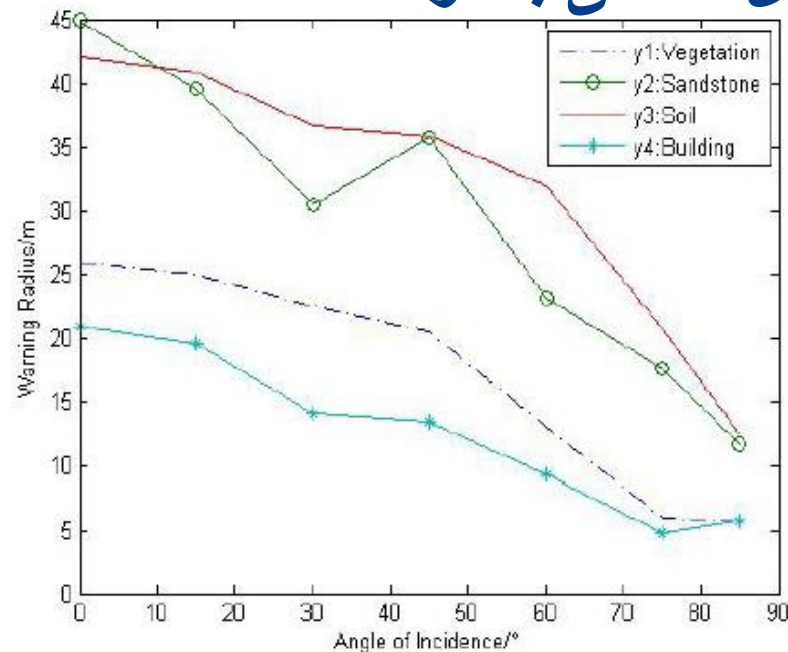
بررسی انواع پارامترهای ناشناخته در مدل BRDF برای

Torrance-Sparrow model parameters	اشیا مختلف		k_b	k_d	k_r
	a	b			
Vegetation	0.5636	-8.90	0.7392	0.0298	0.2301
Sandstone	2.658	-15.05	0.1044	0.09196	0.1773
Soil	2.152	-10.78	0.1097	0.09239	0.0873
Building	1.578	-13.55	0.09372	0.03798	0.2891

رابطه بین شعاع هشدار و (a) فاصله پراکندگی (b) زاویه خروجی لیزر برای اهدافی با مواد مختلف



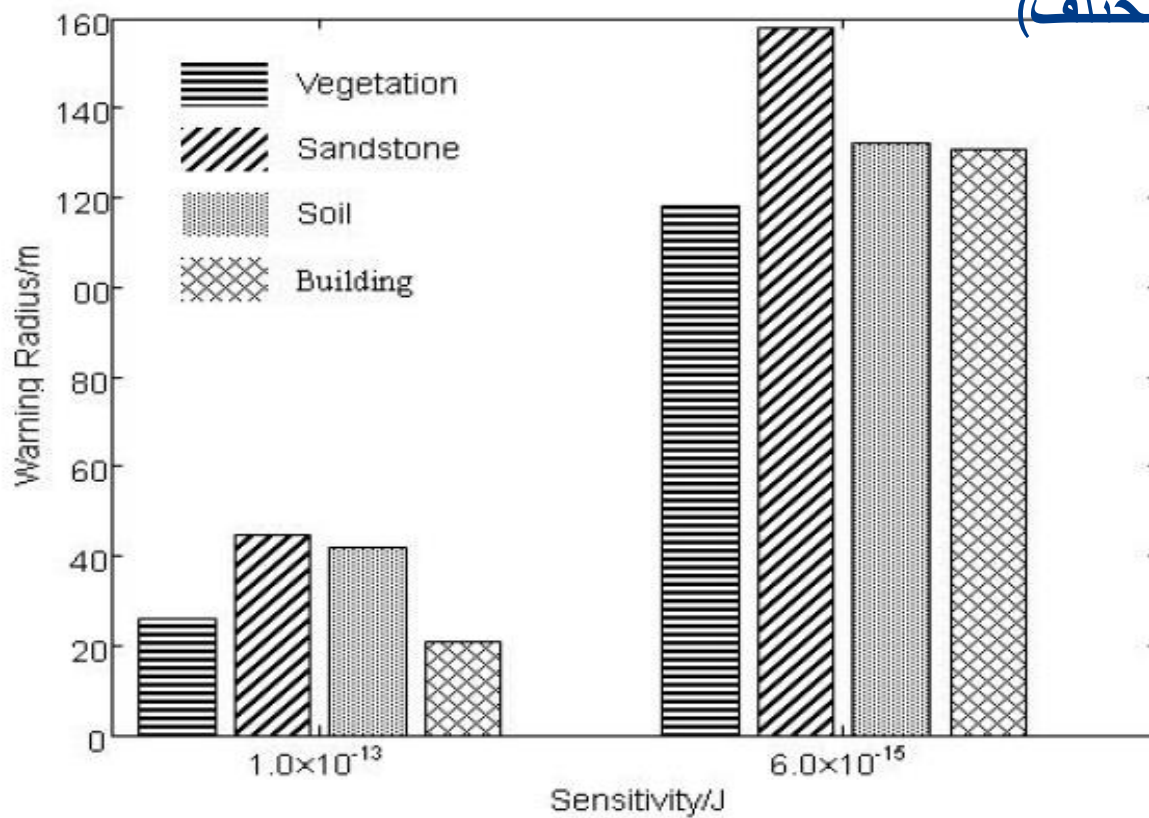
(a)



(b)

شعاع هشدار نسبت حساسیت های مختلف آشکار ساز برای فاصله 1km و زاویه تابش 0

درجه (برای مواد مختلف)



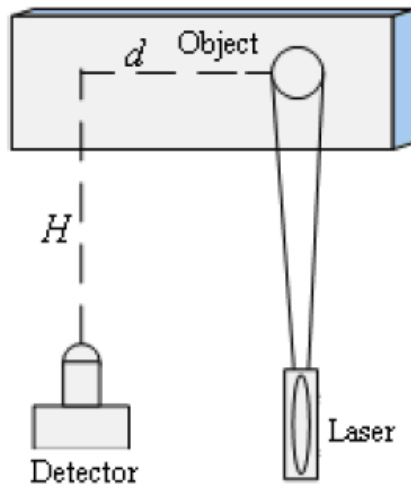
شعاع هشدار در سیستم هشدار دهنده:

با توجه به این نمودارها □ شعاع هشدار نسبت به اهداف مختلف بسیار متغیر می باشد. همچنین با افزایش پارامترهای زیر □ شعاع کاهش می یابد :



از طرف دیگر □ با افزایش حساسیت آشکارساز □ شعاع هشدار افزایش می یابد.

این آزمایش در یک بعد از ظهر آفتابی انجام شده



- *Setup*ی را همانند شکل روبه رو می چینیم.
- یک منبع لیزری پالسی را اعمال می کنیم.
- لنزی را به صورت عمود بر روی هدف قرار می دهیم.
- فاصله z_c را مقداری ثابت در نظر می گیریم.

آزمایش را به سه مرحله تقسیم میکنیم:

1

از یک آشکارساز CMOS استفاده می کنیم و منبع لیزری را بر روی یک هدف با پوشش گیاهی قرار داده و در فواصل **1km**، **2km**، **3km**، **4km** و **5km** قرار می دهیم. (به ترتیب)

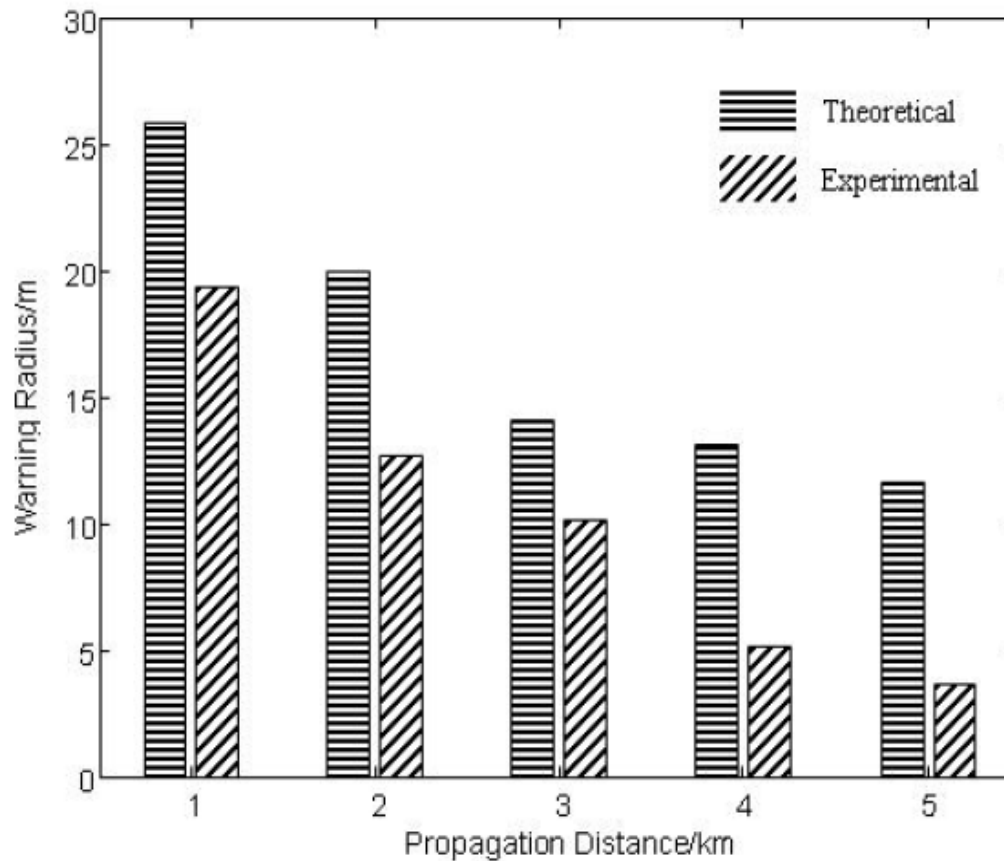
2

منبع لیزر را با زوایای مختلف **0**، **15**، **30**، **45**، **60**، **75** و **85** درجه می تابانیم. (به ترتیب)

3

در نهایت، آشکارساز CMOS و نوع دیگری از آشکارساز IR را در فاصله **1km** به سیستم اضافه می کنیم و عمل تابش را بر روی اهداف مختلفی همچون، پوشش گیاهی، ماسه سنگ، ساختمان و ... انجام می دهیم.

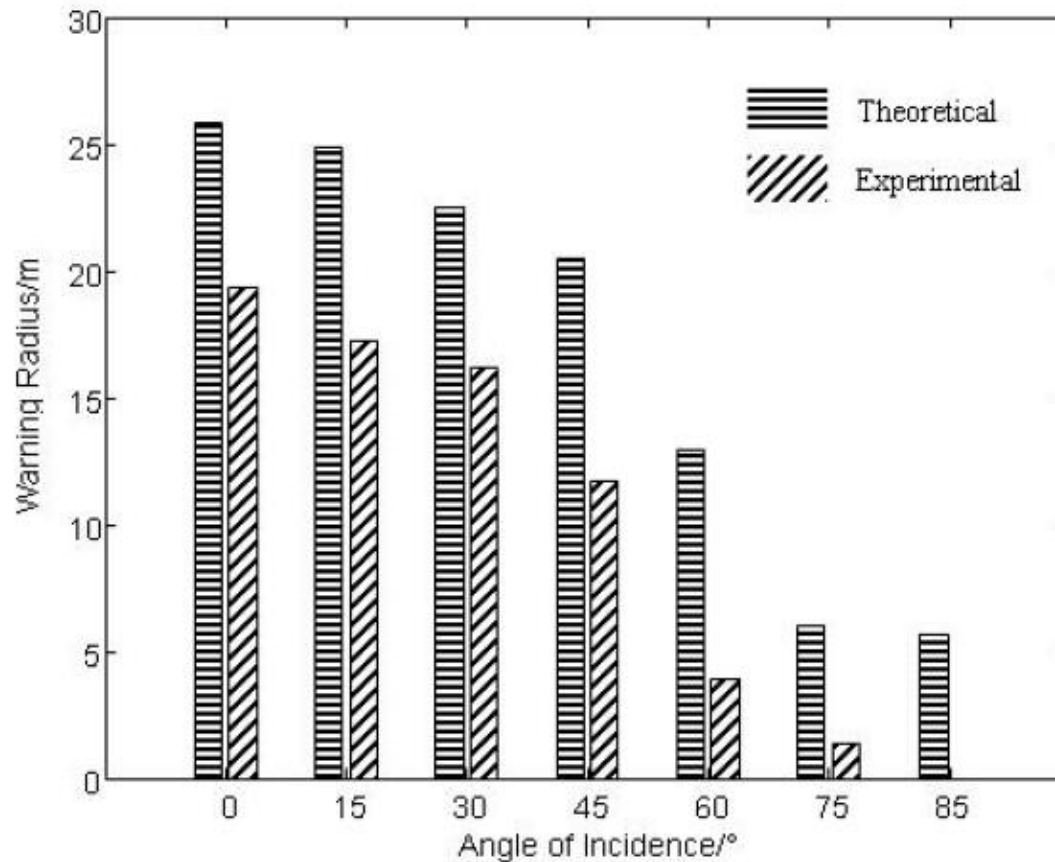
Warning radius with propagation distance/m



(vegetation, angle of incidence 0° , sensitivity $1.0 \times 10^{-13} \text{ J}$)

مرکز تحقیقات نانوپترونیکس

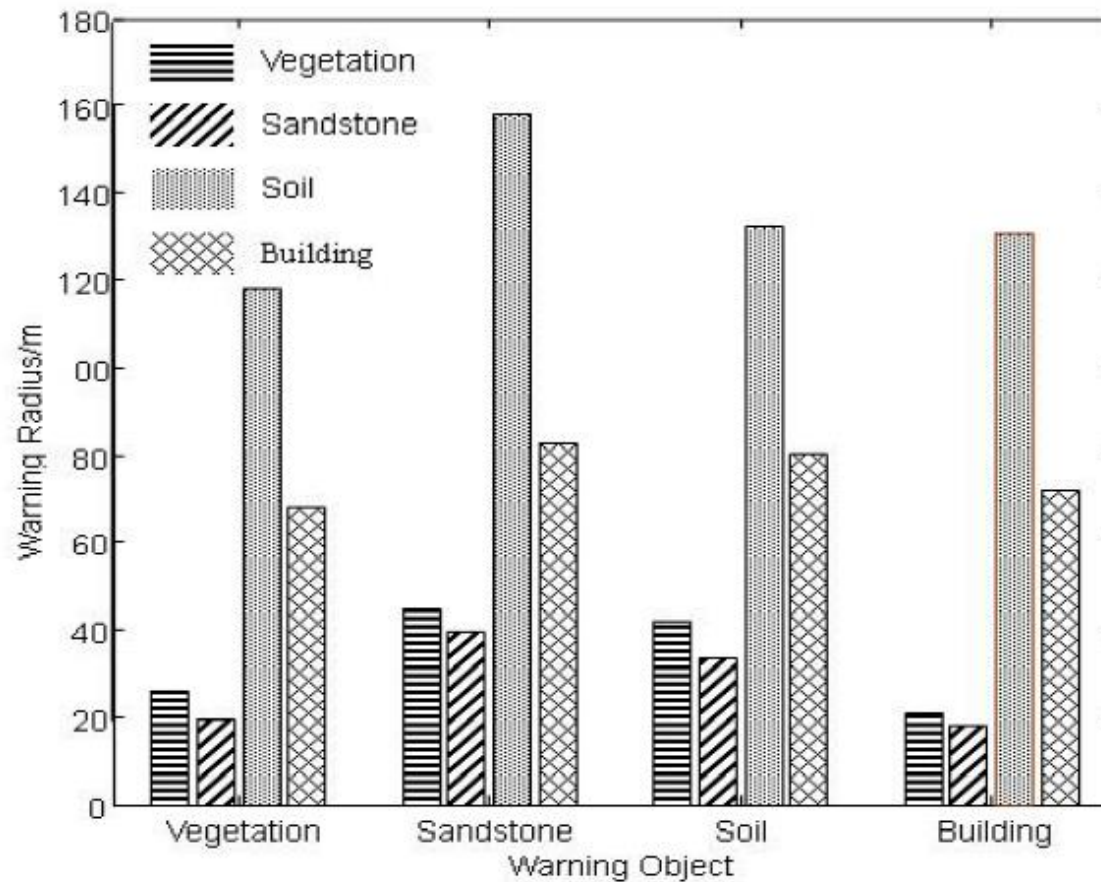
Warning radius with angle of incidence/m



(vegetation, distance 1km, sensitivity $1.0 \times 10^{-13} \text{ J}$)

مرکز تحقیقات نانوپترونیکس

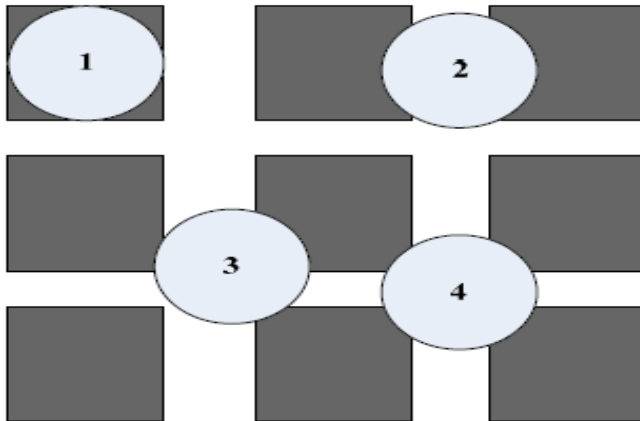
Warning radius with sensitivities/m



(four kinds of cooperative objects, distance 1km, angle of incidence 0°)

3

در محاسبات تئوری، آمار تعداد پیکسل ها از روی نسبت مساحت نقطه تصویربرداری به مساحت تک پیکسل (بدون در نظر گرفتن مرکز نقطه در پیکسل) بدست می آید. اما در طول آزمایش، موقعیت مرکز نقطه کاملاً موثر می باشد. بعبارت دیگر، تعداد پیکسل های تصویربرداری متغیر است. در صورتیکه مرکز نقطه بر مرکز پیکسل منطبق شود، تعداد پیکسل نقطه تصویربرداری 1 است. (همانند مورد 1) در موارد دیگر به ترتیب 2، 3 یا 4 است. واضح است که با افزایش تعداد پیکسل ها، انرژی دریافتی توسط هر پیکسل کاهش می یابد.



Relationship between pixel number and spot location

1

زمانیکه لنز چشم ماهی در فاصله ثابت H به صورت عمود بر روی هدف قرار می گیرد، با یک زاویه ای لیزر منتشر می شود. که سبب بوجود آمدن یک انحراف نوری در طول تصویربرداری لنز چشم ماهی می شود. این خطای دید باعث بزرگنمایی نقطه تصویربرداری شده و در نتیجه، انرژی در تک پیکسل کاهش می یابد.

2

زاویه پذیرش لیزر دارای مقدار بزرگی است. بعلت این گستردگی در زاویه میدان، انتقال فیلتر باند باریک ما کاهش می یابد. بنابراین، انرژی آشکار شده توسط تک پیکسل، کاهش می یابد.

مرکز تحقیقات نانوپترونیکس

نتیجه گیری

با افزایش فاصله انتشار اشعه لیزر، شعاع هشدار کاهش می یابد.

با افزایش زاویه لیزر، شعاع هشدار کاهش می یابد.

با افزایش حساسیت آشکارساز، شعاع هشدار افزایش می یابد.

مقادیر تجربی همیشه کمتر از مقادیر تئوری می باشند.

از فاکتورهای موثر در آزمایشات تجربی می توانیم به انحراف نوری لنز چشم ماهی، انتقال فیلتر باند باریک و نسبت بسته بندی آشکارساز اشاره کنیم.