

## مقاله پژوهشی: بررسی و اولویت‌بندی تهدیدات سنجش‌ازدور حوزه نظامی

### جمهوری اسلامی ایران

محمد مردانی شهربابک<sup>۱</sup>، محسن مرادیان<sup>۲</sup>، صفا خزایی<sup>۳</sup>، مسعود مجیدی<sup>۴</sup>

پذیرش مقاله: ۹۹/۰۴/۲۸

دریافت مقاله: ۹۹/۰۲/۲۹

#### چکیده

استفاده مؤثر از برتری اطلاعاتی در درگیری‌های نظامی، یک محیط فعال را برای فرمانده ایجاد می‌کند تا با کمک آن، راهبردهای ابتکاری، اصول عملیاتی و مانورهای رزمی را هرچه مطلوب‌تر اجرا کند. از یک‌سو، نادیده گرفتن هرگونه تهدید در حوزه اطلاعات نظامی - امنیتی خودی می‌تواند در پیشرفت عملیات و سهولت دستیابی دشمن به اهداف آن اثر مستقیم داشته باشد و از سوی دیگر فناوری‌های نوین عصر اطلاعات با تغییر تاکتیک‌ها، تکنیک‌ها و رویه‌ها منجر به افزایش ظرفیت‌های سامانه‌های کسب اطلاعات به‌ویژه در حوزه «سنجش‌ازدور» گردیده است. این توانمندی خود می‌تواند برای هر فرمانده یک ویژگی خاص در کنترل نیروهای عملیاتی و ارتقاء مدیریت صحنه نبرد در مراحل قبل، حین و بعد از حمله یا دفاع تلقی گردد. این تحقیق با ماهیت اکتشافی در راستای تأمین بخشی از نیازمندی جهت تدوین الگوی راهبردی دفاع غیرعامل در مقابله با تهدیدات «سنجش‌ازدور»، انجام که در آن از راهبرد نظریه داده بنیاد استفاده شده است. جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها به‌طور آگاهانه هم‌زمان انجام و در فاز کمی نیز با طراحی پرسشنامه برگرفته از کدگذاری با روش نمونه‌گیری هدفمند در جامعه هدف توزیع و درنهایت موردبررسی قرار گرفت. با استفاده از آزمون فریدمن اولویت‌بندی متغیرها تعیین و در انتها اولویت‌بندی کیفی با استفاده از داده‌های کمی بازننگری و مشخص گردید که سنجنده‌های «راداری»، «حرارتی»، «فرا طیفی»، «اپتیکی چند طیفی (مرئی)»، «اپتیکی پنکروماتیک (مرئی)»، «لیزری (لیدار)» و «ماکروویو غیرفعال» نسبت به دیگر تهدیدات «سنجش‌ازدور» از اولویت بالاتری برخوردار هستند.

**واژگان کلیدی:** سنجش‌ازدور، سنجنده‌ها، جمع‌آوری اطلاعات، تهدیدات، حوزه نظامی، نظریه داده بنیان

۱- دانشیار مدیریت راهبردی دانشگاه جامع امام حسین (علیه‌السلام)

۲- استادیار امنیت ملی دانشگاه عالی دفاع ملی

۳- دانشیار دانشگاه جامع امام حسین (علیه‌السلام)

۴- دانش‌آموخته دکتری علوم دفاع راهبردی دانشگاه عالی دفاع ملی (نویسنده مسئول)/

## مقدمه

کسب آمادگی و هوشیاری لازم جهت جلوگیری از غافلگیری در مقابل تهدیدات کشور ضرورتی است که مقام معظم رهبری و فرماندهی کل قوا<sup>(مدظله‌العالی)</sup> در بخشی از فرمایشات خود بر اهمیت آن چنین تأکید می‌فرمایند: «تهدید را کاملاً جدی بگیرید، یعنی به هیچ وجه در محاسبات خودتان از تهدید جدی پایین نیابید، منتها تهدید جدی معنایش حتمی نیست، هیچ حتمیتی وجود ندارد» (حضرت امام خامنه‌ای<sup>(مدظله‌العالی)</sup>، ۸۰/۱۲/۲۷). یکی از مهم‌ترین تاکتیک‌های رزمی، عملیات اطلاعاتی و ضداطلاعاتی نیروهای خودی و نیروهای دشمن هست که باید به هنگام، سریع، درست و قابل تفسیر و دارای شرح باشد. چراکه در موفقیت یک نبرد نقش بسیار اساسی و حیاتی دارد. این قضیه در مورد نیروهای ائتلافی در جنگ عراق به اثبات رسیده است (رهنامه عملیات فضایی نیروی هوایی آمریکا، ۱۳۸۹: ۲۶). در حال حاضر، توسعه روزافزون فناوری‌های پیشرفته نظامی به‌ویژه در حوزه هوافضا و جمع‌آوری اطلاعات، احتمال انجام اقدامات غافلگیرانه نظامی علیه جمهوری اسلامی ایران را افزایش داده و لذا احراز آمادگی و مدیریت مطلوب تهدیدات در زمان بحران، ضرورتی است غیرقابل انکار. امروزه انواع سامانه‌های «سنجش‌ازدور» پیشرفته، هر فعالیتی در زمین، آسمان و دریا را مشاهده و ثبت می‌کنند (علی نژاد و دیگران، ۱۳۹۲: ۱۱)؛ بنابراین آشنایی جامع با شیوه‌ها و روش‌های کشف و شناسایی اطلاعات نظامی و مراقبت و پایش آن‌ها، تحت هر عنوان مانند شناسایی، مراقبت و... که از کاربردهای «سنجش‌ازدور» و عنصری کلیدی در تهدیدات نظامی - امنیتی محسوب می‌گردد، از ضروریات دفاعی است. عدم بهره‌گیری از راهبردهای مقابله با جمع‌آوری اطلاعات توسط سامانه‌های «سنجش‌ازدور»، می‌تواند به کاهش اشراف اطلاعاتی توسط مبادی ذی‌ربط دفاعی کشور و امکان ادامه گردآوری اطلاعات از نقاط حیاتی و حساس کشور از سوی بیگانگان منجر گردد (خزایی، ۱۳۹۰: ۱۰). با توجه به اهمیت و نقش سامانه‌های «سنجش‌ازدور»، به‌عنوان یکی از عوامل بسیار مهم در امنیت ملی، پرداختن به موارد ضعف و قوت در محیط داخلی و تهدید و فرصت در محیط خارجی، متناسب با شرایط و قابلیت‌های کشور از جمله اصول پدافند غیرعامل، موجب تقویت سامانه‌های دفاعی و درنهایت افزایش قدرت بازدارندگی کشور می‌شود. این پژوهش بخشی از یک تحقیق تحت عنوان «ارائه الگوی راهبرد دفاع غیرعامل در مقابله با تهدیدات سنجش‌ازدور در حوزه نظامی جمهوری اسلامی ایران» با ابعاد «تهدیدات سنجش‌ازدور»، «اهداف نظامی - امنیتی» و «اقدامات پدافند غیرعامل» بوده که با توجه به

حیطه‌بندی اطلاعات، این بُعد (تهدیدات سنچس‌ازدور) انتخاب و در قالب یک پژوهش مستقل ارائه گردیده است. هدف اصلی تحقیق «بررسی و اولویت‌بندی تهدیدات سنچس‌ازدور (در حوزه نظامی جمهوری اسلامی ایران)» و اهداف فرعی در این حوزه عبارت‌اند از:

- ۱) تعیین مهم‌ترین کاربردهای سنچس‌ازدور
- ۲) تعیین انواع سنجنده‌های مورداستفاده در سامانه‌های سنچس‌ازدور
- ۳) تعیین انواع روش‌های سنچس‌ازدور
- ۴) تعیین اولویت‌بندی تهدیدات سنچس‌ازدور

## مبانی نظری

### – پیشینه‌شناسی:

با بررسی رساله‌ها، پروژه‌های تحقیقاتی و مقاله‌ها و توجه به کاربردهای مختلف «سنچس‌ازدور» تلاش اکثر مراکز علمی و همچنین محققین غیرنظامی به‌ویژه واحدهای دانشگاهی و یا مراکز مرتبط با آن‌ها عمدتاً بر مسائل کاربردی مرتبط و تخصصی در حوزه‌های مختلف کاری هر یک از آنان با ماهواره‌ها، روش‌ها و سنجنده‌های تصویربرداری در مباحث غیرنظامی متمرکز بوده است و مستنداتی با اهداف خاص خود تهیه و ارائه نموده یا به دنبال ارائه مدل و الگو برای ارزیابی عملکرد بوده‌اند. در حوزه نظامی نیز روش‌های تهدید، یا در حوزه راهبرد مانند تصویربرداری و یا در حوزه راهکنش (تاکتیک) به‌صورت موردی تحت بررسی و پژوهش واقع و به آن پرداخته شده است. در این تحقیق به‌صورت جامع کلیه سنجنده‌ها موردبررسی قرار گرفته‌اند.

### – مفهوم‌شناسی:

#### ۱- سامانه‌های سنچس‌ازدور غیرفعال

##### الف) سنجنده تصویربرداری

به‌کارگیری دوربین‌ها برای عکس‌برداری هوایی<sup>۱</sup> ساده‌ترین و قدیمی‌ترین ابزار سنجنده‌ی به‌کار گرفته‌شده جهت سنچس‌ازدور سطح زمین است. دوربین‌ها از نوع سنجنده‌های نوری غیرفعال هستند که از یک عدسی برای تشکیل تصویر بر روی صفحه کانونی خود جایی که تصویر در آن بالاترین وضوح خود را پیدا می‌کند استفاده می‌نمایند. تصویربرداری به روش پانکروماتیک<sup>۲</sup>، در

1- Aerial Photography

2- Panchromatic

طول موج‌های ۰/۷۳-۰/۵۱ میکرون با قدرت تفکیک زمینی ۱۰ متر انجام می‌گردد (محمدی، ۱۳۹۲: ۲۱). عکس‌های هوایی با توان ارائه‌ی جزئیات بسیار بالا با وضوح‌های فضایی کمتر از ۵۰ سانتیمتر به دو نوع مایل<sup>۱</sup> یا عمودی<sup>۲</sup> دسته‌بندی می‌شوند (Ouasti, 2010: 32).

### (ب) مشخصات سنجنده‌های تصویری

#### (۱) وضوح مکانی<sup>۳</sup>، اندازه پیکسل<sup>۴</sup> و مقیاس<sup>۵</sup>

اطلاعات موجود در یک تصویر بستگی به وضوح مکانی سنجنده یا همان اندازه کوچک‌تر جزء قابل تشخیص در تصویر دارد (مقصودی، ۱۳۹۴: ۳۸). لازم است بین اندازه پیکسل و وضوح مکانی تمایز داد. زیرا این دو با یکدیگر قابل تعویض نیستند. اگر یک سنجنده دارای وضوح مکانی ۲۰ متر باشد و تصویر به دست آمده از سنجنده دارای وضوح کامل باشد، در آن صورت هر پیکسل از تصویر نشان‌دهنده یک ناحیه ۲۰×۲۰ متری بر روی سطح زمین است (Senne, 2011: 16).

#### (۲) تفکیک پذیری طیفی<sup>۶</sup>

تشعشع طیفی نشانگر انعکاس یا تشعشع یک جسم یا هدف بر روی طول موج‌های متفاوت است. هر چه وضوح طیفی دقیق‌تر باشد بازه طول موجی برای آن کانال یا باند خاص باریک‌تر است. بسیاری از سامانه‌های سنجش از دور انرژی را بر روی بازه‌های متفاوتی از طول موج با وضوح‌های طیفی متفاوت ثبت می‌نمایند که از این سنجنده‌ها به «سنجنده‌های چند طیفی»<sup>۷</sup> یاد می‌شود. سنجنده‌های چند طیفی پیشرفته که از آن‌ها به «سنجنده‌های فرا طیفی»<sup>۸</sup> یاد می‌شود می‌توانند صدها باند طیفی بسیار باریک در کل بخش‌های نور مرئی نزدیک مادون قرمز و وسط مادون قرمز را تشخیص دهند (Hinkle, 2008: 22).

#### (۳) تفکیک پذیری رادیومتری

وضوح رادیومتری نشانگر قابلیت سامانه تصویربرداری در فرق‌گذاری بین اختلاف بسیار کم در مقادیر انرژی است. یک سنجنده با وضوح رادیومتری بالاتر، به آشکارسازی اختلاف‌های کوچک در انرژی انعکاسی یا تشعشعی بیشتر حساس است (صالحی، ۱۳۹۳: ۲).

1- Oblique

2- Vertical

3- Spatial Resolution

4- Pixel Size

5- Scale

6- Spectral Resolution

7- Multi-Spectral Sensors

8- Hyper Spectral

#### ۴) تفکیک‌پذیری زمانی

با توجه به مفهوم «پریود بازگشت»<sup>۱</sup> که نشانگر زمانی است که طول می‌کشد تا ماهواره یک سیکل کامل مداری را طی نماید (تا چند روز)، وضوح مطلق زمانی این است که زاویه دید ناحیه موردسنسجشن در دفعه دوم دقیقاً برابر همان زاویه دفعه اول باشد. برخی از ماهواره‌ها قادرند سنسجنده‌های خود را به‌طور دقیق برای عکس‌برداری از یک ناحیه معین که دارای فاصله‌گذر ماهواره‌ای با پریودهای یک یا چند روز است هدف‌گیری کنند (Hinkle, 2008 :24).

#### پ) سنسجنده تصویربرداری الکترواپتیکی<sup>۲</sup>

در این روش عکس‌برداری از دوربین‌های ویدئویی برای دستیابی به تصاویری استفاده می‌شوند که محدود به محدوده نواحی طیفی «خیلی نزدیک به مادون‌قرمز»<sup>۳</sup> و مرئی می‌باشند. بقیه سنسجنده‌ها به ساخت تصاویر به‌صورت خط به خط و یا پیکسل به پیکسل می‌پردازند. کاربردهای این روش نیز شامل شناسایی، مراقبت، آشکارسازی عامل‌های زیستی، آشکارسازی سطوح ازن و اتمسفر، تصویربرداری از جوشکاری و سنسجشن شعله است (Fletcher, 2005 : 36).

#### ۱) سنسجنده تصویربرداری جاروب‌کننده چند طیفی<sup>۴</sup>

پیمایش چند طیفی شامل یکسری سامانه‌های چند عدسی است که با ترکیب فیلم‌های مختلف برای گرفتن تصاویر هم‌زمان در بازه‌های طیفی مختلف استفاده می‌شوند. مزیت آن توانایی در ضبط انرژی انعکاسی به‌صورت مجزا در بازه‌های طول‌موجی گسسته است و بنابراین می‌تواند به‌صورت بالقوه درک و تحلیل بهتری از اشیاء مختلف به دست دهد اگرچه تجزیه و تحلیل هم‌زمان این عکس‌های چندگانه می‌تواند مشکل باشد (Radzanowski, 2000 :3).

#### ۲) سنسجنده تصویربرداری فرا طیفی<sup>۵</sup>

این سنسجنده با به‌کارگیری تشعشع انعکاس خورشیدی یا «امضاء طیفی»<sup>۶</sup> یک جسم را دریافت و برای شناسایی و تعیین مواد سازنده شیء کاربرد دارد. این روش به‌صورت پسیو قادر به آشکارسازی و شناسایی انواع مواد و آشفتگی‌های سطح زمین، آشکارسازی تغییرات در طی زمان، تصویربرداری سه‌بعدی از ساختارها و زیر ساختارها و تأسیسات زیرزمینی روباز دست‌ساز بشر هستند. در شکل ۱

1- Revisit

2- EO: Electro Optical

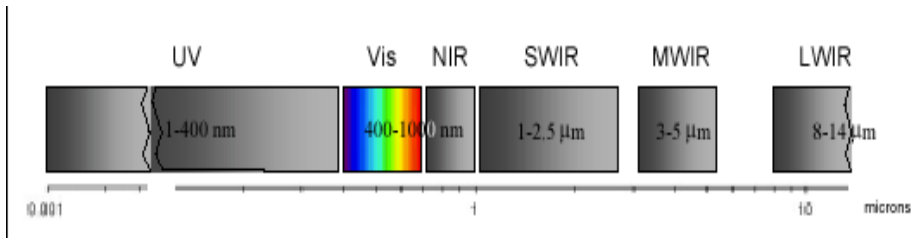
3- VNIR: Very Near InfraRed

4- Multi-Spectral Scanning

5- Hyper spectral

6- Spectral Signature

محدوده طول موج‌ها برای فرکانس‌های مرئی<sup>۱</sup>، نزدیک مادون قرمز<sup>۲</sup>، مادون قرمز با طول موج کوتاه<sup>۳</sup>، مادون قرمز با طول موج متوسط<sup>۴</sup> و مادون قرمز با طول موج بلند<sup>۵</sup> دیده می‌شود (Tempfli, 2013 : 14).



شکل ۱: باندهای فرکانسی فرا طیفی (space.gc.ca, 2015)

### ۳) طیف‌سنج تصویربرداری مادون قرمز مرئی هوایی<sup>۶</sup>

یک حسگر نوری ویژه است، که تصاویر واسنجیده‌ای<sup>۷</sup> از تشعشع طیفی بالارونده در ۲۲۴ کانال طیفی هم‌جوار (آشکارساز) (که باند نیز نام دارند) با طول‌موج‌های از ۴۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر را تحویل می‌دهد.

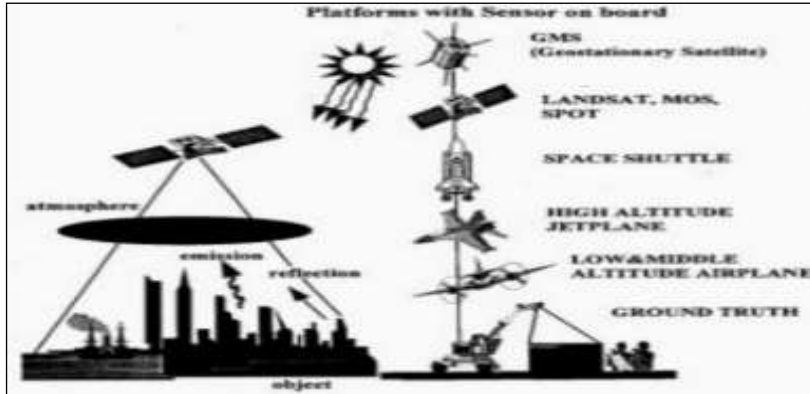
### ت) سنجنده تصویربرداری حرارتی<sup>۸</sup>

این سنجنده‌ها از فتودیتکتورهای حساس به تماس مستقیم فوتون به سطح آن‌ها با آماده‌سازی تصویر سه‌بعدی منطقه موردنظر برای پشتیبانی از مهمات هوشمند، اشیاء دست‌ساز بشر و زیرساخت‌های فنی بدون موانعی مانند نور، شاخ و برگ، استتار و پیچیدگی استفاده می‌شوند (فولادی، ۱۳۸۷: ۱۰۲). این سنجنده‌ها اغلب در زمان شب و شرایط روشنائی نامناسب که سنجنده‌های پنکروماتیک و چند طیفی فاقد کارایی مطلوب هستند، جهت شناسایی اهدافی از قبیل هواپیماها، تانک‌ها و تسهیلات ذخیره‌سازی هسته‌ای، میادین مین، اجتماعات چندنفره به کار می‌روند (VanderMeer, 2013 : 10).

### ث) سنجش چندمرحله‌ای (ترکیبی)

داده‌های ماهواره‌ای ممکن است با استفاده از داده‌های اخذشده در ارتفاع بالا و پایین و مشاهدات زمینی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند که این موضوع در شکل ۲ قابل مشاهده است.

- 
- 1- VIS: Visible
  - 2- NIR: Near InfraRed
  - 3- SWIR: Short Wave InfraRed
  - 4- MWIR: Medium Wave InfraRed
  - 5- LWIR: Long Wave InfraRed
  - 6- AVIRIS: Airborne Visible InfraRed Imaging Spectrometer
  - 7- Calibrated Image
  - 8- Thermal Imaging Sensors



شکل ۲: مفهوم کلی سنجش‌ازدور چندمرحله‌ای (globalsecurity.org, 2014)

## ۲- سامانه‌های سنجش‌ازدور فعال

### الف) سنجنده لیزری<sup>۱</sup>

این سامانه از خواص موج نور برای اندازه‌گیری بسیار دقیق فاصله و زاویه استفاده کرده و برای آشکارسازی و دنبال کردن اشیاء متحرک چرخان، سنجش رویداد هسته‌ای، تشعشعی، زیستی و شیمیایی، کاربردهای هوابرد و آشکارسازی و توصیف شرایط و تغییرات اتمسفر مورد استفاده دارد. همچنین بعضی فضاپیماها (ضد ماهواره‌های لیزری فضایی) از لیزر به‌عنوان سلاح برای تخریب یا از کار انداختن سایر سامانه‌های سنجش‌ازدور بهره می‌گیرند. بهره‌برداری جدیدی نیز از لیزر در زمینه شبکه‌های مخابراتی توسط نسل جدیدی از ماهواره‌های مخابراتی تحت عنوان ماهواره‌های لیزری مخابراتی در حال توسعه است (Yashchyshyn, 2005:92).

### ب) سنجنده راداری یا ماکروویو<sup>۲</sup> فعال

رادار<sup>۳</sup> یک سامانه سنجش‌ازدور فعال است. این نوع سنجنده‌ها می‌توانند امکان مناسبی را جهت کنترل و اعمال فرماندهی در اختیار فرماندهان قرار دهند. حسگرهای فعال یا راداری در شرایط جوی نامناسب، نواقص حسگرهای اپتیکی را می‌پوشانند و به فرماندهان سرویس‌دهی می‌کنند. حسگرهای فعال امکانات قابل توجهی دارند و در حال حاضر تحقیقات بسیار زیادی در ابعاد بسیار مختلف و در انواع کاربری‌ها در حال انجام است که تعدادی از آن‌ها به نتیجه رسیده است. (دیوید، ۲۰۱۶: ۳)

1- LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

2- Microwave Sensing

3- RADAR: Radio Detection And Ranging

### ۳- کاربردهای سامانه‌های سنجش‌ازدور در جمع‌آوری اطلاعات

#### الف- سامانه‌های سنجش‌ازدور شناسایی اهداف

یک ماهواره شناسایی و یا جاسوسی<sup>۱</sup>، یک سامانه سنجش‌ازدور و یا مخابراتی است که برای اهداف نظامی و یا تجسسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. (پتان، ۱۹۹۳: ۴)

#### ب- مفاهیم مطرح در تصویربرداری از یک هدف

##### (۱) معیار نیروی هوایی آمریکا<sup>۲</sup>

اطلاعات اندکی راجع به این معیار در دسترس است. این معیار مربوط به تصویربرداری پنکروماتیک بوده و دارای پنج سطح مشاهده است:

- آشکارسازی<sup>۳</sup> (کشف): تعیین محل و کلاس واحدها، شیء یا فعالیت‌های نظامی موردنظر
- شناسایی کلی: تعیین کلی نوع هدف
- شناسایی دقیق: شناخت نوع هدف
- توصیف: تعیین ابعاد / اندازه، ساختار، سازمان بخش‌ها، تعداد تجهیزات و غیره
- تحلیل فنی: بررسی و تحلیل جزئیات خاص و مشخصات تجهیزات

مقادیر مختلف این معیار در جدول ۱ مشخص شده است (Kerle, 2013 : 17).

جدول ۱: تفکیک‌پذیری لازم برای اهداف زمینی / معیار نیروی هوایی آمریکا (Kerle, 2013: 19)

هدف	آشکارسازی (m)	شناسایی کلی (m)	شناسایی دقیق (m)	توصیف (m)	تحلیل فنی
واحدهای پیاده	۶/۰	۲/۰	۱/۲۰	۰/۳۰	۰/۱۵۰
خودروها	۱/۵	۰/۶۰	۰/۳۰	۰/۰۶	۰/۰۴۵
هوایما	۴/۵	۱/۵	۱/۰	۰/۱۵	۰/۰۴۵
تأسیسات منطقه هوایی	۶/۰	۴/۵	۳/۰	۰/۳۰	۰/۱۵۰
متعلقات تسلیحات هسته‌ای	۲/۵	۱/۵	۰/۳۰	۰/۰۳	۰/۰۱۵
سایت‌های موشکی	۳/۰	۱/۵	۰/۶۰	۰/۳۰	۰/۰۴۵
راکت‌ها و توپخانه	۱/۰	۰/۶۰	۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۰۴۵

1- Spy Satellite or Reconnaissance Satellite or Sat recon

2- USAF: United States Air Force

3- Detection

4- General Identification

5- Precise Identification

6- Description

7- Technical Analysis



هدف	آشکارسازی (m)	شناسایی کلی (m)	شناسایی دقیق (m)	توصیف (m)	تحلیل فنی
شناورهای سطحی	۷/۵-۱۵/۰	۴/۵	۰/۶۰	۰/۳۰	۰/۰۴۵
زیردریایی‌های سطحی	۷/۵-۳۰/۰	۴/۵-۶/۰	۱/۵	۱/۰	۰/۰۳۰
جاده‌ها	۶/۰-۹/۰	۶/۰	۱/۸	۰/۶۰	۰/۴۰۰
پل‌ها	۶/۰	۴/۵	۱/۵	۱/۰	۰/۳۰۰
ارتباطات	--	--	--	--	--
رادار	۳/۰	۱/۰	۰/۳۰	۰/۱۵	۰/۰۱۵
راديو	۳/۰	۱/۵	۰/۳۰	۰/۱۵	۰/۰۱۵
مراکز فرماندهی و کنترل	۳/۰	۱/۵	۱/۰	۰/۱۵	۰/۰۹۰
انبار نذارکات	۱/۵-۳/۰	۰/۶۰	۰/۳۰	۰/۰۳	۰/۰۳۰
کانال‌های زیرزمینی	۳/۰-۹/۰	۶/۰	۱/۰	۰/۰۳	--
مناطق مسکونی	۶/۰	۳۰/۰	۳/۰	۳/۰	۰/۷۵۰
مناطق شنی مناسب فرود ساحلی	۱۵/۰-۳۰/۰	۴/۵	۳/۰	۱/۵۰	۰/۱۵۰
بنادر و لنگرگاه‌ها	۳۰/۰	۱۵/۰	۶/۰	۳/۰	۰/۳۰۰
ایستگاه‌ها و محوطه راه آهن	۱۵/۰-۳۰/۰	۱۵/۰	۶/۰	۱/۵۰	۰/۴۰۰
نوع زمین	--	۹۰/۰	۴/۵	۱/۵۰	۰/۷۵۰

## ۲) معیار جانسون

این معیار در چهار سطح مشاهده که برای انسان قابل درک هستند، به شرح زیر است:

**آشکارسازی<sup>۱</sup> (کشف):** تشخیص وجود یا عدم وجود شیء

**توجیه<sup>۲</sup>:** مشخص شدن شکل شیء

**تشخیص<sup>۳</sup>:** تعیین نوع کلاس شیء

**شناسایی<sup>۴</sup>:** تعیین دقیق نوع شیء

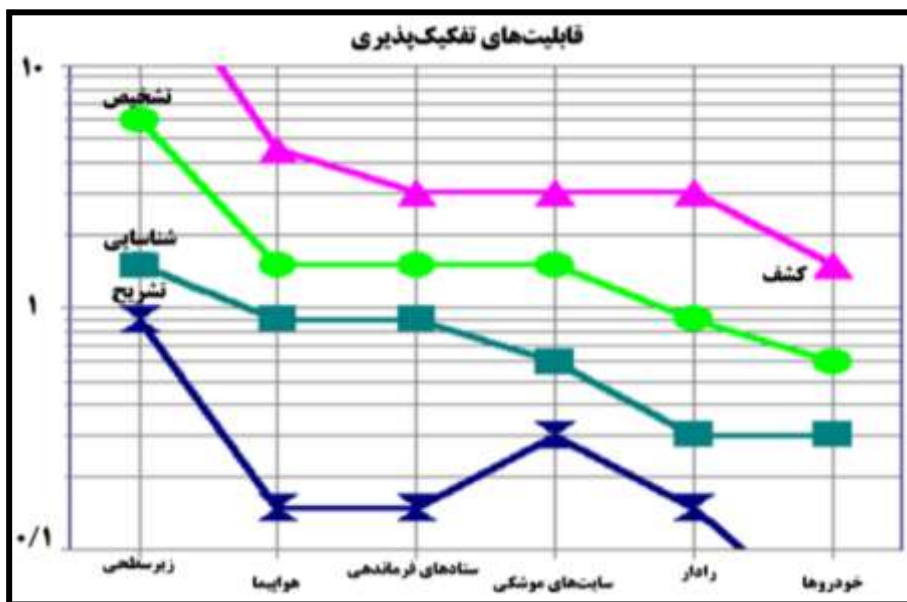
برابر جدول ۲ بر طبق معیار جانسون در هر یک از سطوح چنانچه کوچک‌ترین بعد یک شیء به ترتیب از ۲، ۲/۸، ۸ و ۱۲/۸ برابر اندازه پیکسل زمینی تصویر بیشتر باشد، در آن سطح مشاهده آن شیء با احتمال ۵۰ درصد قابل مشاهده خواهد بود (Ibid:18).

- 1- Detection
- 2- Orientation
- 3- Recognition
- 4- Identification

جدول ۲: نسبت تعداد پیکسل زمینی مورد نیاز به حداقل بعد شیء در چهار سطح مشاهده (با احتمال ۵۰ درصد)

هدف (سطح)	ضریب
آشکارسازی	$2 \pm 0.5$
توجیه	$2.8 \pm 0.7$
تشخیص	$8 \pm 1.6$
شناسایی	$12.8 \pm 3$

به صورت کلی در شکل ۳ کاربردهای مختلف تصاویر ماهواره‌های جاسوسی بر اساس تفکیک پذیری آن‌ها برای چهار سطح آشکارسازی (کشف)، تشخیص، شناسایی و توصیف (تشریح) نشان داده شده است (Ibid).



شکل ۳: کاربردهای مختلف تصاویر ماهواره‌های جاسوسی بر اساس تفکیک پذیری آن‌ها

(globalsecurity.org, 2014)

### پ) تشخیص اشیاء با تفکیک‌پذیری‌های متفاوت

برای بازشناسی اشیاء خیلی کوچک به تفکیک‌پذیری در حد سانتیمتر نیاز است. با تفکیک‌پذیری «۰/۱» سانتیمتر بیشتر نوشته‌ها و عناوین صفحات قابل آشکار و خوانده شدن هستند (خزائی، ۱۳۸۸: ۳۷). در جدول ۳ میزان تفکیک‌پذیری تقریبی برای شناسایی اجسام قابل مشاهده است.

جدول ۳: تفکیک‌پذیری تقریبی برای شناسایی اجسام (Jan's Space Directory, 2008)

سوزه	تفکیک‌پذیری کم و متوسط (آشکارسازی) (m)	تفکیک‌پذیری زیاد (تعیین هویت کلی) (m)	تفکیک‌پذیری بسیار زیاد (هویت دقیق) (m)
مناطق شهری	۶۰	۳۰	۳
محیط	—	۴	۲
مناطق مین‌گذاری شده	۹	۶	۱
پل‌ها	۶	۴	۲
جاده‌ها	۹	۶	۲
راه‌آهن	۹	۶	۲
مرکز راداری و رادیویی	۳	۱	—
مراکز کنترل و هدایت	۳	۲	۱
انبارها و زانه‌ها	۳	—	—
گردان‌های نظامی	۶	۲	۱
ماشین‌ها	۲	—	—
سایت‌های موشکی	۳	۲	—
تجهیزات سلاح هسته‌ای	۲	۱	—
موشک‌ها و توپخانه	۱	—	—
هوایما	۴	۲	۱
مراکز فرودگاهی	۶	۳	—
اردوگاه‌های تمرینی	۸	۴	—
زیردریایی‌های به سطح آب آمده	۸	۴	۲
بنادر	۳۰	۱۵	۶
سواحل فرود نیروها	۱۵	۴	۳

### ۳- سکوهای حامل سامانه‌های سنجنش‌ازدور<sup>۱</sup>

برای اینکه یک سنجنده بتواند انرژی انعکاس یافته یا ساطع‌شده از یک هدف یا سطح را جمع‌آوری و ثبت نماید باید بر روی یک سکوی ثابت جدا از هدف یا سطح موردتوجه قرار بگیرد. سکوهای سنجنده‌های هوایی به‌طور خاص و ارجح بال‌های ثابت و بدنه هوایماها هستند. اگرچه در بعضی از مواقع از بالگردها نیز جهت سوار کردن سنجنده‌ها استفاده می‌شود. در فضا سنجنش‌ازدور در بعضی مواقع توسط شاتل‌های فضایی و به‌صورت متداول توسط ماهواره‌ها انجام می‌شود از ماهواره‌های دست‌ساز بشر به‌عنوان سکو برای نصب تجهیزات سنجنش‌ازدور و تله‌متری

1- RSP: Remote Sensing Platforms

و مخابرات استفاده شده و به علت ویژگی های مدارهای آن‌ها اجازه پوشش دائمی سطح زمین را به صورت دوره‌ای می‌دهند. هزینه نیز در این رابطه یک فاکتور مهم در انتخاب سکوهاى مختلف جهت سنجنده‌های سنجش‌از دور می‌باشد (Fletcher, 2005 : 87).

## روش‌شناسی

تحقیق حاضر به روش ترکیبی و از نوع توصیفی - تحلیلی و پیمایشی و موردی زمینه‌ای است که در دو مرحله کیفی و کمی انجام شده است. در این تحقیق از ابزار فیش‌برداری و از روش‌های تحلیل محتوا و گفتمان نیز به عنوان روش تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شده است. با توجه به بررسی‌های به عمل آمده و مشاوره با صاحب نظران این حوزه، در خصوص ویژگی‌های افراد جامعه خبره، افرادی که حائز شرایط باشند جمعاً تعداد ۱۱۰ نفر خبره در چهار گروه به شرح جدول ۴ مدنظر قرار گرفته است. به منظور دسترسی به نظرات این چهار گروه، با توجه به کیفی بودن مطالعه با استفاده از روش نمونه‌گیری گلوله برفی ابتدا لیست ۱۸ نفره‌ای از خبرگان و مدیران تهیه و سپس به صورت مصاحبه، پرسش‌نامه و گروه دلفی در چهار مرحله از مراحل تحقیق با لحاظ حداقل مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد و بیش از بیست سال تجربه در حوزه‌های تخصصی در نیروهای مسلح، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و وزارت ارتباطات و فناوری، با آن‌ها مصاحبه عمیق انجام و اطلاعات اخذ گردید.

جدول ۴: متخصصان نظامی و فنی در حوزه تحقیق

ویژگی متخصصان نظامی و فنی در حوزه تحقیق	کل جامعه	حجم نمونه	جامعه خبرگان
خبرگان سنجش‌از دور	۳۰ نفر	۱۴ نفر	۵ نفر
خبرگان اطلاعات و عملیات نظامی آشنا به مسائل پدافند غیرعامل	۴۰ نفر	۱۸ نفر	۶ نفر
فرماندهان و مدیران خبره نظامی و آشنا به سنجش‌از دور	۲۵ نفر	۲۱ نفر	۴ نفر
متخصصان نظامی و فنی در حوزه تهدیدشناسی	۱۵ نفر	۱۱ نفر	۳ نفر
مجموع	۱۱۰	۶۴	۱۸

## تجزیه و تحلیل داده‌ها و یافته‌های تحقیق

در این پژوهش تجزیه و تحلیل داده‌ها در مرحله‌ی کیفی به روش تحلیلی و از طریق کدگذاری انجام شده است. در مرحله‌ی کمی نیز با استفاده از آمار توصیفی و با بهره‌گیری از میانگین، انحراف معیار، جداول و نمودارها اطلاعات تحلیل و سپس داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل استنباطی واقع و با

استفاده از نرم‌افزار SPSS، داده‌ها مورد توصیف قرار گرفت. در حوزه آمار استنباطی، برای رتبه‌بندی عوامل کشف‌شده از آزمون فریدمن استفاده شد. در نتیجه مطالعه عمیق ادبیات مرتبط با موضوع و همچنین انجام مصاحبه با چند نفر از خبرگان امر، مؤلفه‌ها و شاخص‌های «دفاع غیرعامل در برابر تهدیدات سنجش‌ازدور» استخراج و به‌صورت نظری و به شرح جدول ۵ دسته‌بندی گردید (مبتنی بر سه بعد «اصول پدافند غیرعامل»، «تهدیدات سنجش‌ازدور» و «اهداف نظامی - امنیتی جمهوری اسلامی ایران») (در این مقاله تنها به نتایج و تحلیل تهدیدات سنجش‌ازدور به‌طور خلاصه اشاره شده است).

جدول ۵: مؤلفه‌های اصلی الگوی راهبردی مقابله با تهدیدات سنجش‌ازدور در برابر ابعاد اصلی تحقیق

ابعاد	مؤلفه‌ها	
اهداف نظامی - امنیتی	۱	مواضع دفاعی
	۲	سایت‌های راداری، هوایی و مخابراتی
	۳	تسلیحات (موشک و سایر)
	۴	تجهیزات (هوایی، زمینی، دریایی و زیر سطحی)
	۵	قرارگیری نیروها (گسترش)
	۶	اماکن و تأسیسات مهم
	۷	حمل و نقل و مواصلات
	۸	ارزیابی ساخت‌وسازها و تغییرات محیطی
	۹	ارزیابی تخریب در جنگ‌ها
تهدیدات سنجش‌ازدور (فضاپایه و هواپایه) (ماهواره، فضاپیما، هواپیما، پهباد، بالگرد، بالن)	۱۰	سنجنده‌های راداری (SAR)
	۱۱	سنجنده‌های حرارتی (IR)
	۱۲	سنجنده‌های فرا طیفی
	۱۳	سنجنده‌های اپتیکی چند طیفی (مرئی)
	۱۴	سنجنده‌های اپتیکی پنکروماتیک (مرئی)
	۱۵	سنجنده‌های ماکروویو غیر فعال
	۱۶	سنجنده‌های لیزری (لیدار)
	۱۷	سنجنده‌های تقویت‌کننده تصویر
	۱۸	مغناطیسی

ابعاد	مؤلفه‌ها	
روش‌های دفاع غیرعامل در مقابله با تهدیدات سنجش‌ازدور	۱۹	استتار (حرارتی، مرئی و راداری)
	۲۰	فریب (حرارتی، مرئی و راداری)
	۲۱	اختفاء (حرارتی، مرئی و راداری)
	۲۲	تحرک (جابجایی)
	۲۳	تمرکززدایی
	۲۴	اعلام‌خبر

در جدول ۶ مقایسه‌ای بین ماهواره‌های شناسایی و جمع‌آوری اطلاعات بر اساس پارامترهای مهم سنجش‌ازدور صورت گرفته است. روش‌های مختلف سنجش‌ازدور ویژگی‌های بسیار منحصربه‌فردی داشته و هرکدام بسته به شرایط مختلف آب و هوایی و نیازمندی مأموریت می‌توانند کاربرد داشته باشند.

جدول ۶: مقایسه پارامترهای سامانه‌های سنجش‌ازدور شناسایی تصویری

روش‌های سنجش‌ازدور تصویری				پارامترهای مهم تصویربرداری
رادار	مادون‌قرمز	طیفی	اپتیکی	
متوسط	متوسط	زیاد	بسیار زیاد	تفکیک‌پذیری مکانی
دارد	دارد	ندارد	ندارد	کاربرد در شب
دارد	ندارد	ندارد	ندارد	کاربرد در هوای ابری، گردوغبار و دود
زیاد	متوسط	زیاد	متوسط	تعدد و مقدار اعوجاج تصاویر
بله	خیر	خیر	بله	انجام تصویربرداری استریو
می‌توان	نمی‌توان	می‌توان	نمی‌توان	توانایی سنجش مواد شیمیایی
می‌توان	نمی‌توان	می‌توان	نمی‌توان	سنجش مواد غیر فیزیکی و هویت اجسام
زیاد	متوسط	زیاد	کم	پیچیدگی تجهیزات
گران	متوسط	بسیار گران	نسبتاً ارزان	ارزانی و گرانی و تجهیزات
هر نوع مدار	هر نوع مدار	قطبی	قطبی	نوع مدار
بله	خیر	خیر	خیر	امکان سنجش شار مغناطیسی زمین
بله	خیر	خیر	خیر	دید جانبی و حذف سایه
وجود دارد	تا حدودی	وجود ندارد	وجود ندارد	امکان پیوستگی زمانی
تا حدود زیادی	تا حدودی	وجود دارد	وجود ندارد	آشکارسازی هدف در صورت استتار آن
بسیار زیاد	زیاد	کم	متوسط	تعدد کاربرد نظامی و غیرنظامی

در جدول ۷ نتایج وزن دهی تهدیدات سنجش‌ازدور دیده می‌شود.

جدول ۷: وزن دهی تهدیدات سنجش‌ازدور

میانگین	تهدیدات سنجش‌ازدور
۳/۷	سنجنده‌های راداری (SAR)
۴	سنجنده‌های حرارتی (IR)
۴/۳	سنجنده‌های فرا طیفی
۴/۷	سنجنده‌های اپتیکی چند طیفی (مرئی)
۵/۵	سنجنده‌های اپتیکی پنکروماتیک (مرئی)
۶	سنجنده‌های لیزری (لیدار)
۶/۷	سنجنده‌های ماکروویو غیرفعال

بر اساس وزن دهی انجام‌شده همان‌گونه که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود سنجنده‌های «راداری»، «حرارتی»، «فرا طیفی» و «اپتیکی چند طیفی» از میانگین امتیاز پایین‌تری نسبت به دیگر سنجنده‌ها برخوردار گردیده‌اند. این موضوع بیانگر آن است که پاسخ‌دهندگان در این قسمت از پرسشنامه برای این نوع سنجنده‌ها اهمیت و اولویت بالاتری را قائل شده‌اند.



نمودار ۱: مؤلفه‌های تهدیدات سنجش‌ازدور

## نتیجه‌گیری و پیشنهاد

### الف - نتیجه‌گیری:

پس از جمع‌آوری اطلاعات از منابع مختلف و معتبر داخلی و خارجی و استفاده از منابع و مراکز پژوهشی (علمی و نظامی در دسترس) کشورهای با تجربیات چندین ساله در خصوص سنجش‌ازدور و جمع‌آوری اطلاعات لازم؛ مبنای تحقیق شکل گرفته و با بررسی دقیق ابعاد گوناگون سامانه‌های سنجش‌ازدور هوا پایه، فضاپایه، دریا پایه و زمین پایه با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و با روش فیش‌برداری و استفاده از نظر خبرگان با استفاده از مصاحبه و پرسشنامه محقق ساخته، تهدیدات سنجش‌ازدور راداری، حرارتی، فرا طیفی، طیفی، اپتیکی (مرئی)، لیزری (لیدار)، ماکروویو غیرفعال و تقویت‌کننده تصویر در حوزه نظامی جمهوری اسلامی ایران احصاء و به‌منظور پاسخ به سؤال مطروحه در این تحقیق تحت عنوان زیر تعیین گردیدند:

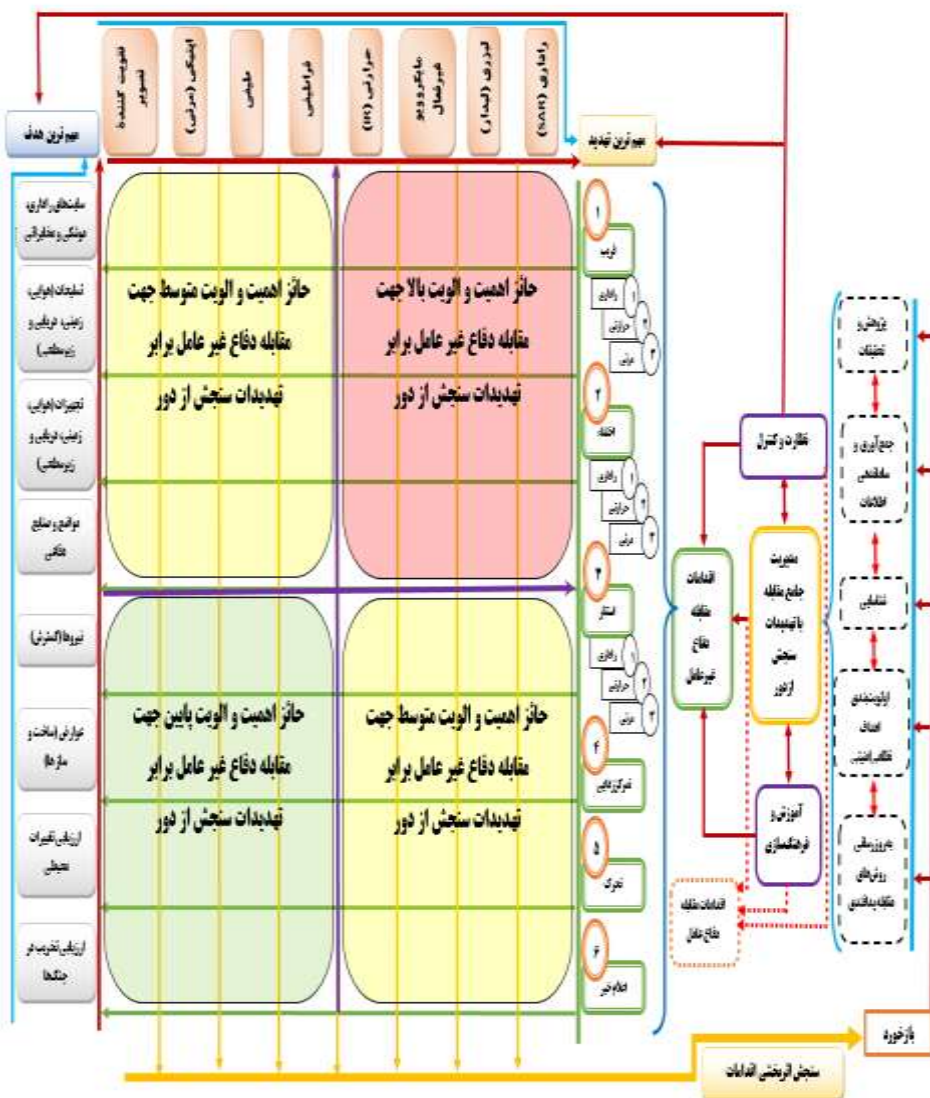
مهم‌ترین تهدیدات سنجش‌ازدور در حوزه نظامی جمهوری اسلامی ایران کدام‌اند؟

در مرحله بعدی با ترکیب توانمندی‌های سنجش‌ازدور به‌دست‌آمده و با استفاده از معیارهای مطرح و منابع کتابخانه‌ای و مصادیق مربوطه به این قبیل اطلاعات در جنگ‌های معاصر به‌ویژه منطقه‌ای، مؤلفه‌ها و شاخص‌های مختلف هرکدام از ابعاد احصاء شده، استخراج و میزان تأثیر هرکدام از این مؤلفه‌ها و شاخص‌ها جهت اولویت‌بندی تهدیدات سنجش‌ازدور در حوزه نظامی جمهوری اسلامی ایران اندازه‌گیری گردید؛ و درنهایت به کمک روش تحلیل محتوا، داده‌های به‌دست‌آمده از ابزار پرسش‌نامه به کمک فنون آمار توصیفی و استنباطی مناسب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در پاسخ به سؤال اصلی تحقیق تحت عنوان زیر، اولویت‌های تهدیدات سنجش‌ازدور تعیین گردید:

اولویت‌بندی تهدیدات سنجش‌ازدور در حوزه نظامی جمهوری اسلامی ایران کدام‌اند؟

در شکل ۴ اولویت‌ها و اهمیت‌ها بر روی الگوی (پیشنهادی) راهبردی دفاع غیرعامل در مقابل تهدیدات سنجش‌ازدور با بهره‌گیری از نتایج تحقیق جهت شفاف‌سازی بیشتر نقش بعد «تهدیدات سنجش‌ازدور» و اولویت‌بندی آن‌ها نمایش داده شده است. در الگوی ارائه شده با کدگذاری روش‌های مقابله در روبروی هر یک از اهداف نسبت به تهدیدات سنجش‌ازدور، روش‌های مقابله دفاع غیرعامل درج و در چهار منطقه راهبردی اولویت و اهمیت آن‌ها بیان می‌گردد.





شکل ۴: ارائه‌ی اولویت‌ها و اهمیت‌ها بر روی الگوی (پیشنهادی) راهبردی دفاع غیرعامل در مقابل تهدیدات

سنجش ازدور با بهره‌گیری از نتایج تحقیق

**ب- پیشنهادها:**

- ۱) مدیریت جامع نظام‌مند مقابله با تهدیدات سنجش‌ازدور در حوزه نظامی ایجاد شود.
- ۲) در تحقیقی به بررسی نقش حفاظت اطلاعات در مقابله با تهدیدات سنجش‌ازدور و تدوین شیوه‌نامه‌ها، مقررات و کنترل‌های لازم جهت حفظ اطلاعات نظامی پرداخته شود.
- ۳) مرکزی جهت جمع‌آوری و ساماندهی اطلاعات تهدیدات سنجش‌ازدور ایجاد گردیده و سازوکار مناسب جهت پایش مستمر و به‌روزرسانی اطلاعات پایش‌بینی و تأمین گردد.
- ۴) پژوهش در خصوص توان پرنده‌های بدون سرنشین هوا پایه به‌عنوان جایگزین اصلی سنجش‌ازدور فضاپایه انجام گیرد.
- ۵) گرایش تهدیدات سنجش‌ازدور و روش‌های مقابله در دانشگاه‌های نظامی ایجاد گردد.
- ۶) نرم‌افزار پایگاه داده‌ی جامع و کامل از سامانه‌های سنجش‌ازدور جاسوسی به همراه تعیین میزان تهدید هر سامانه تهیه شود.
- ۷) پروژه‌هایی در زمینه ردیابی نوری و راداری سامانه‌های سنجش‌ازدور جهت استخراج پارامترهای مداری سامانه‌های در حال کار تعریف شود.

## منابع

- حضرت امام خامنه‌ای (مدظله‌العالی)، "مجموعه بیانات"، قابل دسترسی در: [www.Khamenei.ir](http://www.Khamenei.ir)

## الف- منابع فارسی:

- خزائی، صفا (۱۳۸۸)، "مبانی سنجش‌ازدور با نگرشی بر شناسایی و مراقبت"، انتشارات دانشگاه امام حسین (ع)، تهران
- خزائی، صفا (۱۳۹۰)، "پدافند غیرعامل در مقابل ماهواره‌های شناسایی"، انتشارات دانشگاه امام حسین (ع)، تهران
- علی نژاد، مهدی، ستاره‌شناس، امیر (۱۳۹۲)، "آشنایی با ماهواره‌ها و نقش آن‌ها در عملیات پدافند هوایی"، نشر مجتمع دانشگاهی علوم و فنون هوافضا، مدیریت پژوهش
- صالحی، حمید (۱۳۹۳)، "انواع تصاویر سنجش‌ازدور"، سایت خانه سنجش‌ازدور
- فولادی، قاسم، دهقانی، حمید (۱۳۸۷)، "توانمندی‌ها، قابلیت‌ها و فناوری‌های شناسایی و مراقبت آمریکا در سال ۲۰۲۰"
- محمدی، حمید (۱۳۹۲)، "سنجنده‌های سنجش‌ازدور"، سایت جی آی اس تکنیکال
- مقصودی، یاسر، مهدوی (آذرماه ۱۳۹۴)، "مبانی سنجش‌ازدور راداری"، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی، تهران

## ب- منابع انگلیسی:

- B. Fletcher, (2005), "New Roles for UAVs in Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance," Space and Naval Warfare Systems Center D744, San Diego, CA USA.
- Freek D. van der Meer, (2013), Thermal Infrared Remote Sensing (Sensors, Methods, Applications), Department of Earth Systems Analysis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC) Enschede.
- Jamse David, (2016), Space Mission Analysis and Design, Third Edition, Microcosm Press.
- Klaus Tempfli, and Norman Kerle, Gerrit C. Huurneman, Lucas L. F. Janssen, (2013), Principles of Remote Sensing, By ITC, Enschede, Netherlands, Fifth edition.
- Radzanowski, David P., (2000), The Future Of Land Remote Sensing Satellite System (Landsat), U.S. Library of Congress, Congressional Research Service, Washington, D.C.
- R.L.Hinkle and G. Hunt, (2008), "Introduction Resolution Report on Time wanes Cable" Letter support for NTIA.
- Ouasti, Morad, GIS and Mapping Specialist, (2010), Remote Sensing and the Military, available at: [www.SkyToEarth.com](http://www.SkyToEarth.com).

- Y. Yashchyshyn, G. Starszuk, (2005), "Investigation of a simple four-element, null steering antenna array", IEE Proceedings of Microwaves, Antennas and Propagation, vol.152, no. 2.
- Fundamental of Remote Sensing, (2011), <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca.htm>.
- Jean's Space Directory, (2005)

#### ج - سایت‌ها:

- [http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundamentals\\_of\\_remote\\_Sensing\\_e.php](http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundamentals_of_remote_Sensing_e.php)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Information\\_Awareness\\_Office](http://en.wikipedia.org/wiki/Information_Awareness_Office).
- [http://www.cia.gov/cia/public\\_affairs/press\\_release/2005/ps032098.html](http://www.cia.gov/cia/public_affairs/press_release/2005/ps032098.html)
- <http://www.globalsecurity.org/military/world/russia/ramenskoye/8&13&18.htm>.
- [http://www.space\\_directory\\_2005-2006/jsd.janes.com](http://www.space_directory_2005-2006/jsd.janes.com)
- [http://www.space.gc.ca/asc/eng/satellites/hyper\\_military.asp/Hyperspectral](http://www.space.gc.ca/asc/eng/satellites/hyper_military.asp/Hyperspectral)