

**مبانی سنجش از دور**

**بانگرشی بر**

**شناسایی و مراقبت**

تألیف: صفا خزائی

مدرس دانشگاه امام حسین (ع)

دانشگاه امام حسین (ع)

موسسه چاپ و انتشارات

مؤسسه چاپ و انتشارات  
دانشگاه امام حسین(ع)



۲۵۶

سری عمران - ۷

• عنوان : مبانی سنجش از دور با نگرشی بر شناسایی و مراقبت

• تألیف : صفا خزائی

• بیت چاپ : اول (۱۳۸۸)

• بارگان : ۱۰۰۰ نسخه

نشانی : تهران، بزرگراه شهید بابایی، بعد از پل لشکرک، دانشگاه امام حسین(ع)، معاونت پژوهش، مؤسسه چاپ و انتشارات، تلفن: ۷۷۱۰۴۸۳۳ و ۷۷۱۰۴۸۳۷ دورنگار: ۷۷۱۰۴۸۳۶ و ۷۷۱۰۴۸۳۷

چاپ: ۱۳۸۸ - ۱۶۵۹

• مراکز پخش: ۱. تهران، میدان فردوسی، فروشگاه و نمایشگاه شماره ۱ مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه

امام حسین(ع)، تلفن: ۸۸۸۳۹۲۹۷، دورنگار: ۸۸۸۳۹۲۹۸، همراه: ۰۹۱۲۴۸۷۰۰۱۷

۲. تهران، خیابان انقلاب اسلامی، رویروی دانشگاه تهران، شماره ۱۳۹۲، مجتمع فرهنگی

دانشگاه امام حسین(ع)، فروشگاه و نمایشگاه شماره ۳ مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه

امام حسین(ع)، تلفن و دورنگار: ۶۶۹۵۴۱۷۹

• کلیه حقوق اعم از چاپ و تکثیر نسخه‌های ترجمه و اقتباس برای دانشگاه امام حسین(ع) محفوظ است.

|                     |                                                                 |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | خزائی، صفا، ۵۵ -                                                |
| عنوان و پدیدآور     | مبانی سنجش از دور با نگرشی بر شناسایی و مراقبت/ تألیف صفا خزائی |
| مشخصات نشر          | تهران، دانشگاه امام حسین(ع)، مؤسسه چاپ و انتشارات، ۱۳۸۸         |
| مشخصات ظاهری        | سیزده، ۲۲۶ ص: مصور، رنگی، جدول، نمودار                          |
| فروست               | دانشگاه امام حسین(ع)، مؤسسه چاپ و انتشارات، ۲۵۶ عمران، ۷        |
| شابک                | ۳۸۰۰۰ ریال 978-964-452-272                                      |
| وضعیت فهرست‌نویسی   | فیا :                                                           |
| یادداشت             | نمایه :                                                         |
| یادداشت             | کتابنامه :                                                      |
| موضوع               | سنجش از دور :                                                   |
| موضوع               | شناسایی نظامی :                                                 |
| شناسه افزوده        | دانشگاه امام حسین (ع). مؤسسه چاپ و انتشارات                     |
| رده‌بندی کنگره      | ۱۳۸۸ م۴/خ۲۲۰ U                                                  |
| رده‌بندی دیویی      | ۳۵۵/۴۱۳ :                                                       |
| شماره کتابشناسی ملی | ۱۷۶۴۵۱۲ :                                                       |

بسم الله الرحمن الرحيم

«يرفع الله الذين امنوا منكم والذين اوثوا العلم درجات»

خداوند مقام اهل ایمان و دانشمندان عالم را (در دو جهان) رفیع می گرداند.

(سوره مبارکه مجادله - آیه ۱۱)

تمامی ادیان الهی و در آن آن اسلام، انسان را موجودی کمال گرا می دانند. از نظر اسلام، انسان همواره در حال تکامل است. جست گیری او به سمت کمال بی نهایت یعنی خداوند تبارک و تعالی است.

یکی از راه های کمال و تقرب به ذات اقدس الهی، علم و دانش است. علمی که - به تعبیر استاد شهید مطهری - زیبایی عقل است؛ علمی که انسان را به سوی در آن نشانه های معبود را می جوید و می یابد و علمی که هر چه فزون تر می گردد، دارندگان آن را به خدا نزدیک تر می کند.

هم از این روست که در نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران، «سازده» اساس حاکمیت در آن بر مبنای احکام اسلام است، توجه به علم و دانش و تحقیق و نشر در «سائل قرار دارد».

دانشگاه امام حسین (ع) نیز به عنوان مولود شجره طیبه سپاه پاسداران انقلاب اسلامی که خود برآمده از عمق ارزش های الهی و انقلابی است به عنوان تنها دانشگاه جامع علمی - نظامی کشور، پس از پایان افتخارآمیز حماسه هشت سال دفاع مقدس که خود عرصه ای کم نظیر برای نمایش لیاقت ها و توانمندی های علمی - پژوهشی نیروهای مخلص حزب الهی بود، موضوع «جهاد علمی» و تلاش در جهت رشد و شکوفایی هر چه بیشتر در زمینه های مختلف علمی را

سرلوحه فعالیت‌های خویش قرار داده است. در این راستا این دانشگاه از ابتدای تأسیس، سعی وافر در ترویج و نشر علوم مختلف داشته و آثاری نیز عرضه نموده است که با استقبال اندیشمندان و پژوهشگران مواجه شده است.

کتاب حاضر تألیف آقای مهندس صفا خزائی است. ایشان هم اکنون دانشجوی دکتری مهندسی سنجش از دور دانشگاه تهران هستند. این کتاب مشتمل بر اطلاعاتی نوین و ارزشمند در خصوص جنبه‌های شناسایی و مراقبت علم و فن‌آوری سنجش از دور است. نبود چنین کتابی انگیزه اصلی ایشان در تألیف این اثر بوده است. امید بود که این کتاب سریع‌تر در اختیار علاقه‌مندان قرار گیرد که با تأسف قدری با تأخیر تحقق یافت.

امید است این کتاب مورد توجه و بهره‌برداری صاحب‌نظران، محققان و علاقه‌مندان قرار گرفته و با اعلام نظرات و پیشنهادهای اصلاحی خود، ما را در جهت ترویج و انتشار آثار مورد نیاز جامعه علمی، کم‌وبیش یاری فرمایند.

و من الله التوفیق

معاونت پژوهش دانشگاه امام حسین (ع)

| عنوان                                                  | صفحه |
|--------------------------------------------------------|------|
| پیشگفتار                                               |      |
| فصل اول : مقدمه                                        |      |
| ۱-۱ شناسایی و مراقبت                                   | ۱    |
| ۱-۱-۱ انواع اطلاعات نظامی و سیستم‌های شناسایی و مراقبت | ۳    |
| ۱-۱-۲ سطوح مأموریت‌های شناسایی و مراقبت                | ۵    |
| ۲-۱ سنجش از دور                                        | ۶    |
| ۱-۲-۱ تاریخچه و بخش از دور                             | ۶    |
| ۲-۲-۱ فرایند سنجش از دور                               | ۹    |
| ۳-۱ ارتباط سنجش از دور با شناسایی و مراقبت             | ۱۱   |
| ۴-۱ سکوهای سنجش از دور و سیستم‌های شناسایی و مراقبت    | ۱۲   |
| ۱-۴-۱ سکوهای زمینی                                     | ۱۲   |
| ۲-۴-۱ سکوهای زیر سطحی                                  | ۱۳   |
| ۳-۴-۱ سکوهای فضایی                                     | ۱۴   |
| ۴-۴-۱ سکوهای هوایی                                     | ۱۶   |
| ۵-۴-۱ مقایسه UAVها و ماهواره‌ها                        | ۱۸   |
| ۵-۱ جمع بندی                                           | ۲۰   |
| منابع                                                  | ۲۱   |
| فصل دوم : فیزیک سنجش از دور                            |      |
| ۱-۲ طیف الکترومغناطیس                                  | ۲۲   |
| ۲-۲ تابش الکترومغناطیس                                 | ۲۸   |
| ۱-۲-۲ میزان تابش یک جسم سیاه                           | ۲۶   |
| ۲-۲-۲ قانون پلانک                                      | ۳۰   |
| ۳-۲-۲ قانون جابجایی وین                                | ۳۲   |
| ۴-۲-۲ میزان تابش اجسام واقعی                           | ۳۳   |
| ۵-۲-۲ خواص حرارتی عوارض                                | ۳۵   |
| ۳-۲ اثرات اتمسفر بر روی امواج الکترومغناطیس            | ۳۷   |

| صفحه | عنوان                                                                         |
|------|-------------------------------------------------------------------------------|
| ۳۷   | ۱-۳-۲ پخش اتمسفری .....                                                       |
| ۴۰   | ۲-۳-۲ جذب اتمسفری .....                                                       |
| ۴۴   | ۴-۲ فعل و انفعال انرژی الکترومغناطیس با عوارض زمین (در محدوده اپتیکی) .....   |
| ۴۷   | ۵-۲ فعل و انفعال انرژی الکترومغناطیس با عوارض زمین (در محدوده میکروویو) ..... |
| ۴۷   | ۱-۵-۲ مکانیزم پراکنش سطحی .....                                               |
| ۴۹   | ۲-۵-۲ زبری سطح .....                                                          |
| ۵۰   | ۳-۵-۲ ثابت دی الکتریک .....                                                   |
| ۵۰   | ۴-۵-۲ قطبش .....                                                              |
| ۵۱   | ۵-۵-۲ عمق نفوذ امواج .....                                                    |
| ۵۳   | ۶-۲ منحنی پرتاب طیفی .....                                                    |
| ۵۶   | ۷-۲ جمع بندی .....                                                            |
| ۵۸   | منابع .....                                                                   |
|      | فصل سوم : سنجند ها                                                            |
| ۵۹   | ۱-۳ مقدمه .....                                                               |
| ۶۱   | ۲-۳ انواع سنجنده های غیرفعال .....                                            |
| ۶۱   | ۱-۲-۳ سنجنده های رادیومتری .....                                              |
| ۶۲   | ۲-۲-۳ سنجنده های عکسبرداری .....                                              |
| ۶۳   | ۳-۲-۳ سنجنده های تصویربرداری .....                                            |
| ۶۳   | ۱-۳-۲-۳ سنجنده های تصویربرداری فریمی .....                                    |
| ۶۳   | ۲-۳-۲-۳ انواع جاروگرهای تصویربرداری .....                                     |
| ۶۵   | ۳-۳-۲-۳ سنجنده های الکترواپتیکی .....                                         |
| ۶۹   | ۴-۳-۲-۳ سنجنده های حرارتی .....                                               |
| ۷۰   | ۵-۳-۲-۳ سنجنده های دید در شب .....                                            |
| ۷۱   | ۴-۲-۳ سنجنده های ویدئویی .....                                                |
| ۷۱   | ۵-۲-۳ سونارهای غیرفعال .....                                                  |
| ۷۲   | ۳-۳ انواع سنجنده های فعال .....                                               |
| ۷۳   | ۱-۳-۳ سنجنده های تصویربرداری راداری .....                                     |
| ۷۴   | ۱-۱-۳-۳ سنجنده های رادار روزنه مصنوعی (SAR) .....                             |

| صفحه | عنوان                                                |
|------|------------------------------------------------------|
| ۷۵   | ۲-۱-۳ رادار نفوذ زمینی .....                         |
| ۷۷   | ۲-۳-۳ سنجنده‌های غیر تصویربرداری راداری .....        |
| ۷۷   | ۳-۳-۳ سنجنده‌های لیزری .....                         |
| ۸۰   | ۴-۳-۳ سونارها و سونارهای فعال .....                  |
| ۸۱   | ۴-۳ شاخص‌های توانمندی سنجنده‌ها .....                |
| ۸۳   | ۱-۴-۳ توان تفکیک مکانی .....                         |
| ۹۲   | ۲-۴-۳ توان تفکیک طیفی .....                          |
| ۹۴   | ۳-۴-۳ توان تفکیک ادیومتریک .....                     |
| ۹۵   | ۴-۴-۳ توان تفکیک زمانی .....                         |
| ۹۷   | ۵-۴-۳ توان تصویربرداری ششی .....                     |
| ۱۰۲  | ۵-۳ پیشرفت‌های نوین در فناوری سنجنده‌ها .....        |
| ۱۰۲  | ۱-۵-۳ استفاده ترکیبی از سنجنده‌ها، تصویربرداری ..... |
| ۱۰۲  | ۲-۵-۳ ارتقای توان تفکیک سنجنده‌ها .....              |
| ۱۰۳  | ۳-۵-۳ کاهش وزن سنجنده‌های SAR .....                  |
| ۱۰۳  | ۴-۵-۳ ذخیره‌سازی و پردازش تصاویر سنجنده‌ها .....     |
| ۱۰۴  | ۶-۳ سنجنده‌های تصویربرداری شناسایی و طبقه‌بندی ..... |
| ۱۰۴  | ۱-۶-۳ سنجنده‌های پنکروماتیک و چندطیفی .....          |
| ۱۰۶  | ۲-۶-۳ سنجنده‌های حرارتی .....                        |
| ۱۰۸  | ۳-۶-۳ سنجنده‌های فراطیفی .....                       |
| ۱۱۰  | ۴-۶-۳ سنجنده‌های SAR .....                           |
| ۱۱۴  | ۵-۶-۳ سنجنده‌های لیدار .....                         |
| ۱۱۴  | ۶-۶-۳ سنجنده‌های دید در شب .....                     |
| ۱۱۵  | ۷-۳ سیستم مراقبت زیرزمینی هارپ .....                 |
| ۱۱۷  | ۸-۳ جمع بندی .....                                   |
| ۱۲۰  | منابع .....                                          |
|      | فصل چهارم : ماهواره‌ها و مدارها                      |
| ۱۲۱  | ۱-۴ مقدمه .....                                      |

|     |                                                                   |
|-----|-------------------------------------------------------------------|
| ۱۲۲ | ۴-۱-۱ ساختار کلی ماهواره‌ها .....                                 |
| ۱۲۴ | ۴-۱-۲ مشخصه‌های ماهواره‌ها .....                                  |
| ۱۲۵ | ۴-۲ مدار ماهواره‌ها .....                                         |
| ۱۲۵ | ۴-۲-۱ مشخصات عمومی .....                                          |
| ۱۲۹ | ۴-۲-۲ انواع مدارها .....                                          |
| ۱۳۵ | ۴-۳ پرتاب ماهواره .....                                           |
| ۱۳۷ | ۴-۴ ارسال داده‌های سنجنده‌های ماهواره‌ای .....                    |
| ۱۴۰ | ۴-۵ مأموریت و آرایش ماهواره‌ای .....                              |
| ۱۴۲ | ۴-۶ پیشرفت‌های آینده در زمینه ماهواره‌ای تصویربرداری .....        |
| ۱۴۳ | ۴-۶-۱ کویت ساز ماهواره‌ها .....                                   |
| ۱۴۴ | ۴-۶-۲ شبیه‌سازی ماهواره‌ها .....                                  |
| ۱۴۵ | ۴-۷ ماهواره‌های شناسایی و راقبت (جاسوسی) .....                    |
| ۱۴۶ | ۴-۷-۱ ماهواره‌های اطلاعات استرومنگ .....                          |
| ۱۴۷ | ۴-۷-۲ ماهواره‌های هشدار اولیه .....                               |
| ۱۴۹ | ۴-۷-۳ ماهواره‌های تصویربرداری .....                               |
| ۱۵۰ | ۴-۸ ماهواره‌های تصویربرداری شناسایی و مراقبت .....                |
| ۱۵۰ | ۴-۸-۱ نقش ماهواره‌های تصویربرداری تجاری در شناسایی و مراقبت ..... |
| ۱۵۲ | ۴-۸-۲ ماهواره‌های فعال (نسل فعلی) .....                           |
| ۱۶۰ | ۴-۸-۳ نسل بعدی ماهواره‌های آمریکا .....                           |
| ۱۶۳ | ۴-۹ جمع بندی .....                                                |
| ۱۶۵ | منابع .....                                                       |
|     | فصل پنجم : تفسیر و آنالیز تصاویر در شناسایی و مراقبت              |
| ۱۶۷ | ۵-۱ مقدمه .....                                                   |
| ۱۶۸ | ۵-۲ عناصر اصلی آشکارسازی و شناسایی عوارض بر روی تصاویر .....      |
| ۱۸۰ | ۵-۳ پیچیدگی تفسیر تصاویر .....                                    |
| ۱۸۰ | ۵-۳-۱ تصاویر راداری .....                                         |

| صفحه | عنوان                                             |
|------|---------------------------------------------------|
| ۱۸۱  | ۲-۳-۵ تصاویر فراطیفی                              |
| ۱۸۲  | ۴-۵ پردازش رقومی تصاویر                           |
| ۱۸۲  | ۱-۴-۵ پیش پردازش                                  |
| ۱۸۲  | ۱-۱-۴-۵ تصحیحات رادیومتریک                        |
| ۱۸۵  | ۲-۱-۴-۵ تصحیحات هندسی                             |
| ۱۸۷  | ۲-۴-۵ پردازش                                      |
| ۱۸۷  | ۱-۲-۴-۵ بازسازی تصاویر                            |
| ۱۸۷  | ۲-۲-۴-۵ استخراج ویژگی ها                          |
| ۱۸۹  | ۱-۳-۴-۵ باب رنگی ها                               |
| ۱۸۹  | ۴-۲-۴-۵ طبقه بندی تصاویر                          |
| ۱۹۱  | ۵-۲-۴-۵ آشکارسازی سیارات                          |
| ۱۹۱  | ۶-۲-۴-۵ تشخیص اتوماتیک هدف                        |
| ۱۹۳  | ۷-۲-۴-۵ جداسازی مواد                              |
| ۱۹۴  | ۸-۲-۴-۵ آشکارسازی ناهنجاری                        |
| ۱۹۶  | ۹-۲-۴-۵ ترکیب اطلاعات                             |
| ۱۹۸  | ۵-۵ مقایسه تفسیر بصری و پردازش رقومی تصاویر       |
| ۱۹۹  | ۶-۵ ارزیابی کارایی سیستم های تصویربرداری          |
| ۲۰۲  | ۱-۶-۵ ارزیابی کیفیت فیزیکی تصویر                  |
| ۲۰۳  | ۲-۶-۵ معیارهای تخمین کارایی سیستم های تصویربرداری |
| ۲۰۳  | ۱-۲-۶-۵ معیار جانسون                              |
| ۲۰۵  | ۲-۲-۶-۵ معیار NIIRS                               |
| ۲۰۹  | ۳-۲-۶-۵ معیار IR                                  |
| ۲۱۰  | ۴-۲-۶-۵ معیار نیروی هوایی آمریکا                  |
| ۲۱۲  | ۷-۵ جمع بندی                                      |
| ۲۱۳  | منابع                                             |
| ۲۱۵  | فهرست راهنما                                      |
| ۲۲۱  | پیوست ها                                          |

## پیشگفتار

"سپاس خدای را که بی‌عنایت او این امر مهم میسر نمی‌گردید"

امروزه در عصر اطلاعات، سنجش از دور یکی از علوم و فناوری‌های پیشرفته محسوب می‌گردد. بطوریکه طیف بسیار گسترده‌ای از کاربردهای غیرنظامی در حوزه‌های نقشه‌برداری، کشاورزی، هیدرولوژی، زمین‌شناسی، هواشناسی، محیط زیست و ... را پوشش می‌دهد. در سویی دیگر در حوزه جاسوسی، کشورهای ابرقدرت جهان بویژه آمریکا با بهره‌گیری از سنجش از دور، اطلاعات نظامی بسیار چشمگیری از سایر کشورها کسب نموده و می‌نمایند. لذا آشنایی جامع با شیوه‌های کشف و شناسایی اطلاعات نظامی و مراقبت و پایش آنها، تحت عنوان شناسایی و مراقبت، که از کاربردهای سنجش از دور و عنصری کلیدی در تهدیدات امنیتی و دفاعی محسوب می‌گردد، از ضروریات دفاعی است. در این کتاب سعی می‌مؤلف بر آن بوده که با ارائه اصول اساسی و ضروری سنجش از دور به همراه کاربردهای مختار، آن در شناسایی و مراقبت، نگرشی نوین در هر دو عرصه سنجش از دور و شناسایی و مراقبت ایجاد نماید.

کتاب حاضر حاصل تحقیقات و تجربیات مؤلف است. بخش‌هایی از آن از منابع مختلف گردآوری و ترجمه گردیده و بخش‌هایی نیز تألیف گردیده است. این کتاب شامل پنج فصل است. در فصل اول مقدمه‌ای بر سنجش از دور ارائه می‌گردد. در فصل دوم اصول اساسی فیزیک سنجش از دور بیان می‌گردد. در فصل سوم سنجنده‌های سنجش از دور با ذکر مشخصات، قابلیت‌ها و عملکرد آنها مطرح می‌شوند. در این فصل مؤلف سعی در ارائه جامع و مختصر تمامی سنجنده‌های مهم سیستم‌های شناسایی و مراقبت نموده است. ماهواره‌های سنجش از دور و مدارهای آنها به همراه انواع ماهواره‌های شناسایی و مراقبت در فصل چهارم مورد بررسی قرار می‌گیرند. تفسیر و آنالیز تصاویر از دیدگاه کاربردی شناسایی و مراقبت نیز در فصل آخر (پنجم)، تشریح می‌گردد.

فصول اول تا چهارم برای دانشجویان مقطع کارشناسی مهندسی نسله برداری و نیز دانشجویان علوم زمین توصیه می‌گردد. در این فصول مبانی و اصول سنجش از دور به همراه پیشرفت‌های نوین آن برای دانشجویان به صورت جامع، مفید و مختصر ارائه می‌گردد. اما برای دانشجویان کارشناسی ارشد پدافند غیرعامل تمامی فصول مورد توصیه اکید می‌باشد. مطالعه همه فصول به استثنای فصل دوم نیز برای بخش‌های اطلاعات و عملیات نیروهای نظامی قویاً پیشنهاد می‌گردد.

چون تألیف کتاب سنجش از دور با این نگرش برای اولین بار انجام می‌گیرد طبیعی است که میری از خطا نیست. امید است اساتید، دانشجویان و سایر علاقه‌مندان بر اینجانب منت گذارند و نظرات خود را جهت انعکاس در چاپ‌های بعدی اطلاع دهند.

در پایان بر خود لازم می‌دانم که از آقای دکتر محمد مردانی شهربابک کمال تشکر را نموده و از آقای دکتر سعید همایونی که صمیمانه زحمت ویرایش فصل پنجم را بر عهده گرفتند، بسیار قدردانی نمایم. همچنین از دوستانم آقایان مهندس مجید قاسم کاشی، مهدی آخوند زاده، علی عبادی، ابوالفضل آقایی میبدی و مجید کیاورز مقدم بخاطر زحماتی که در این اثر متحمل شده‌اند، تشکر می‌نمایم.

صفا خزائی

مدرس دانشگاه امام حسین (ع)

Khazai@ut.ac.ir

تهران، بهار ۱۳۸۸