

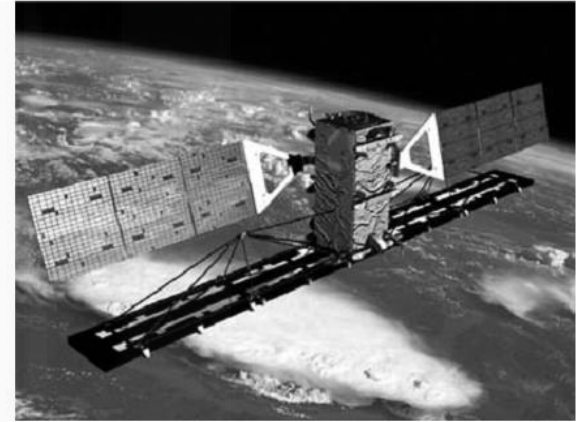
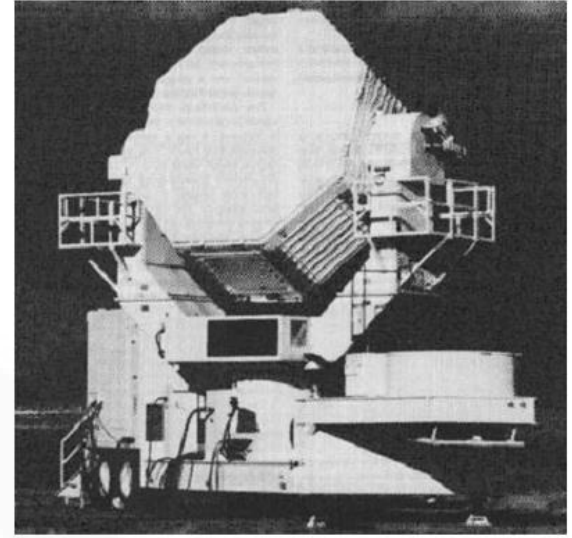
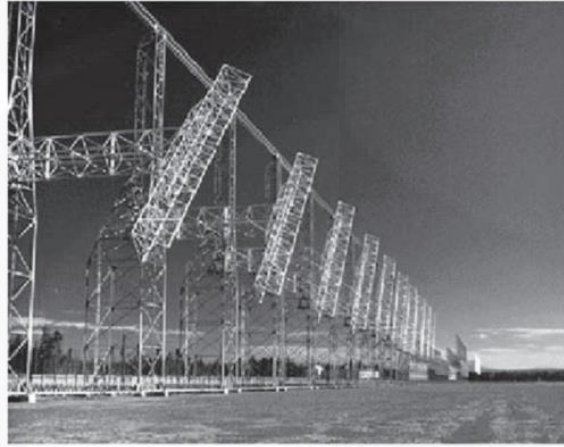


اصول و سیستم های رادار

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

پژوهشگاه ملی مهندسی برق، الکترونیک و کامپیوتر

نیم سال دوم ۹۸-۹۹



- موضوع درس: آشنایی با اصول و کارکرد سامانه ها و پردازش سیگنال های راداری
- تعداد واحد: ۳
- کلاس: روزهای یکشنبه و سه شنبه ساعت ۱۰-۱۲، کلاس ۱۰۸
- نحوه ارزشیابی:

 - تمرین و پروژه: ۶ نمره
 - آزمون میانی: ۴ نمره
 - آزمون پایانی: ۱۰ نمره

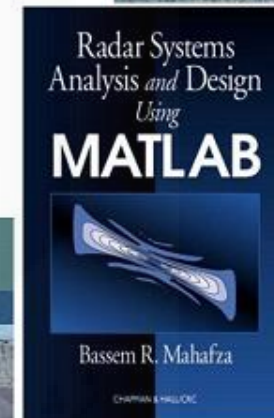
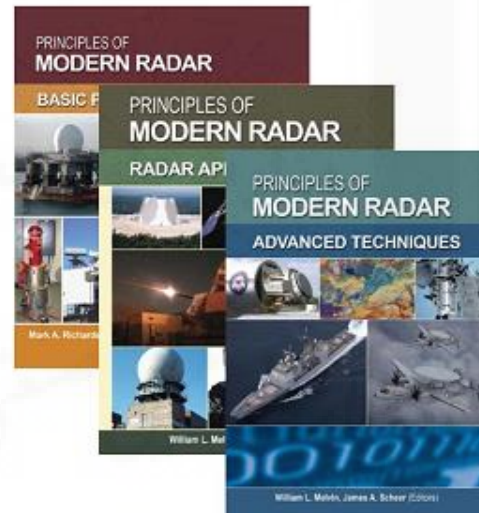
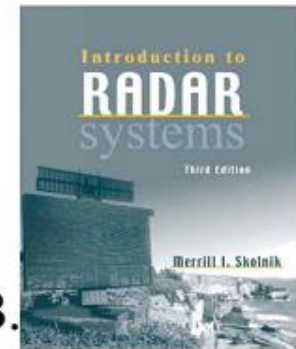
- تماس: داخلی ۳۳۳۸، s.r.hashemi@gmail.com

□ مباحث درس:

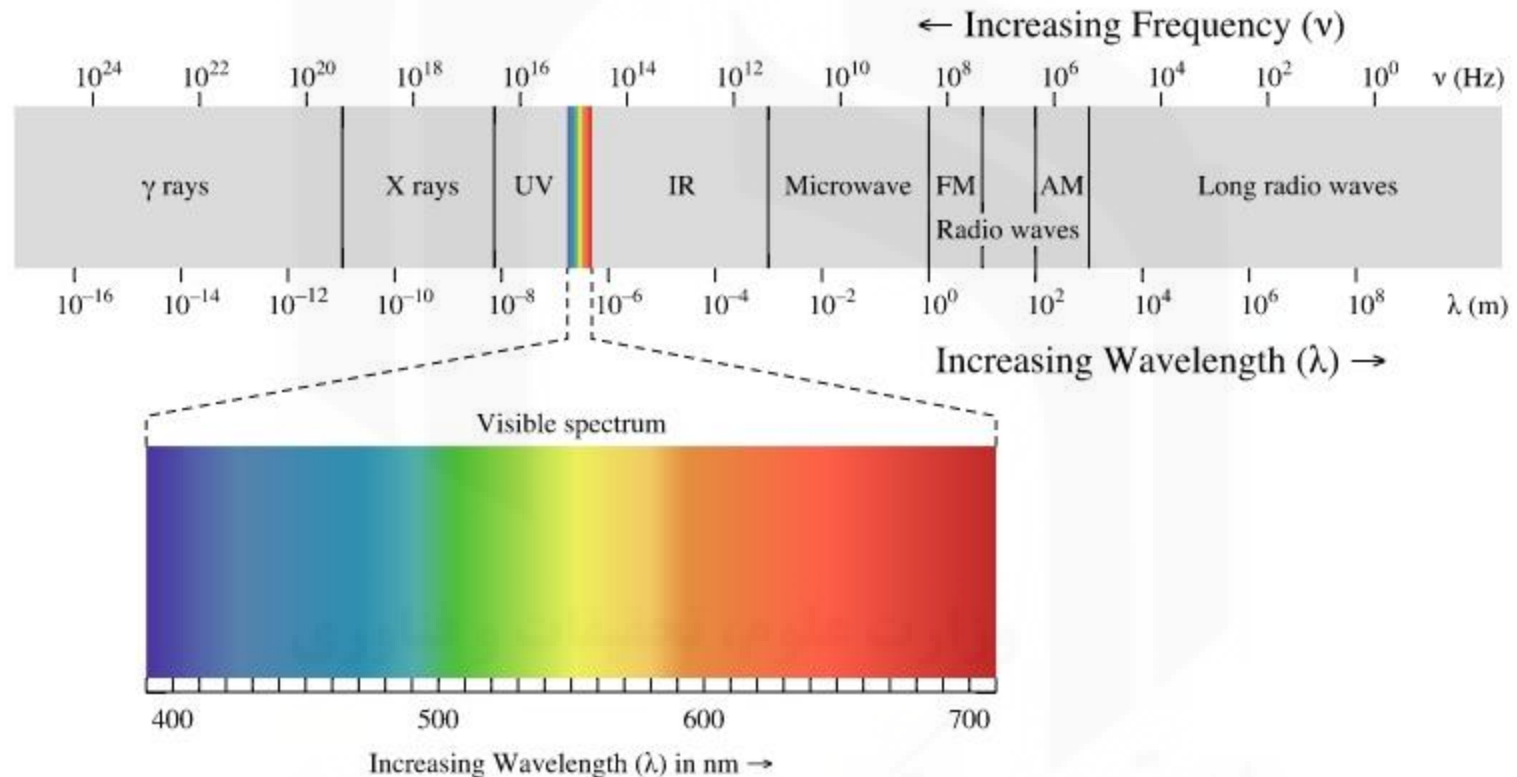
- مقدمه و معرفی رادار
- معادله رادار
- رادار موج پیوسته (CW)
- رادار شناسایی اهداف متحرک (MTI)
- رادار ردگیر
- آشکارسازی سیگنال های راداری
- پردازش سیگنال های راداری
- رادارهای تصویربردار

مراجع:

- Introduction to Radar Systems, 3rd ed.
 - M. I. Skolnik
- Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB.
 - B. R. Mahafza
- Principles of Modern Radar.
 - M. A. Richards, *et al.*



طيف امواج الكتر ومغناطيس



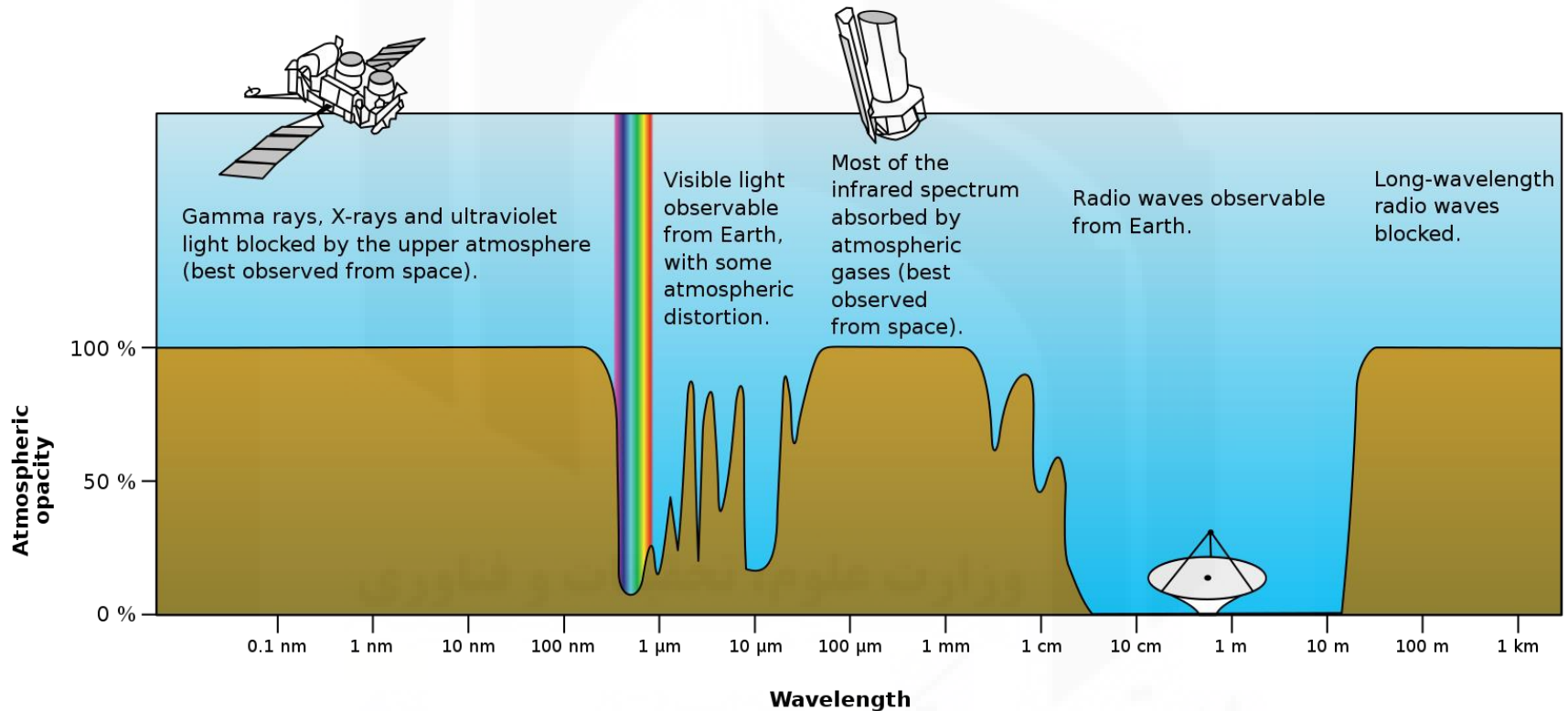
$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \text{ (in free space)}$$

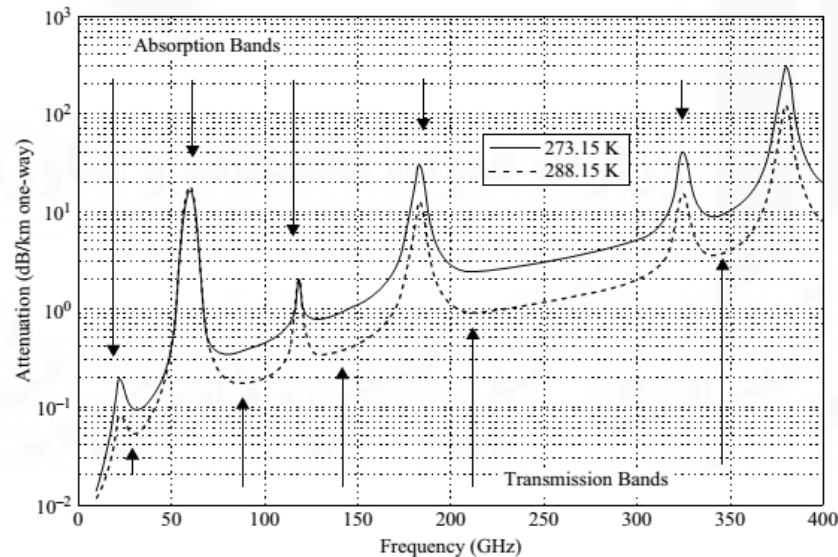
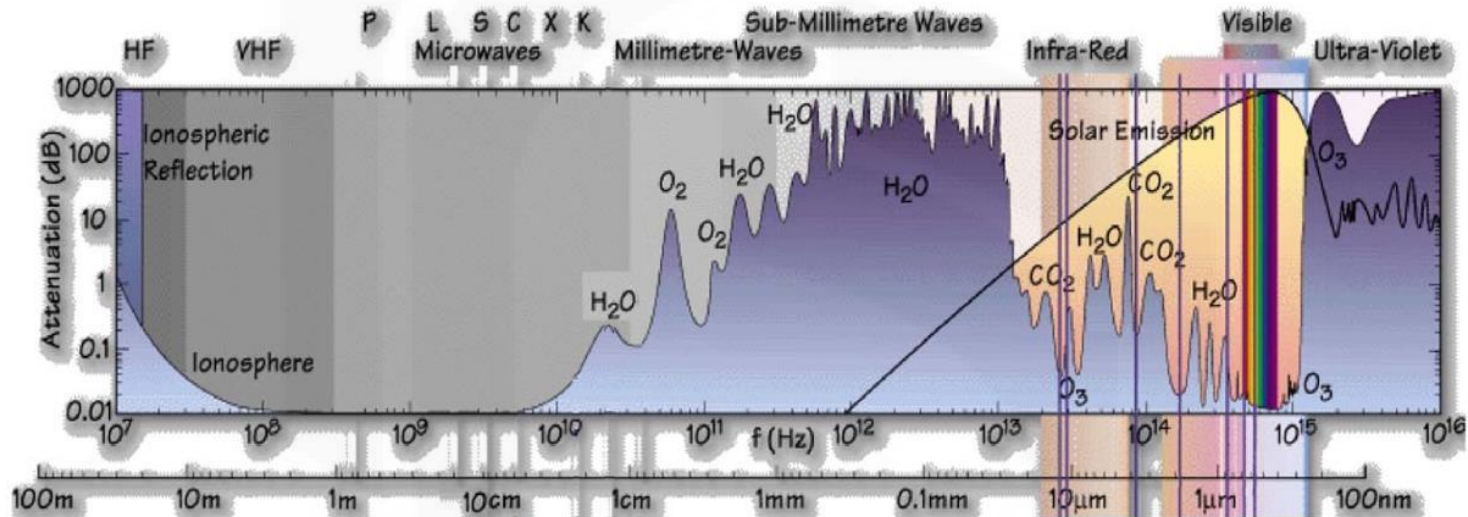
Microwave: 1 mm to 1 m wavelength □

Radar-frequency bands according to IEEE standard

Band designation	Frequency range	Explanation of meaning of letters
HF	0.003 to 0.03 GHz	High Frequency ^[11]
VHF	0.03 to 0.3 GHz	Very High Frequency ^[11]
UHF	0.3 to 1 GHz	Ultra High Frequency ^[11]
L	1 to 2 GHz	Long wave
S	2 to 4 GHz	Short wave
C	4 to 8 GHz	Compromise between S and X
X	8 to 12 GHz	Used in WW II for fire control, X for cross (as in crosshair). Exotic. ^[12]
K _u	12 to 18 GHz	Kurz-under
K	18 to 27 GHz	Kurz (German for "short")
K _a	27 to 40 GHz	Kurz-above
V	40 to 75 GHz	
W	75 to 110 GHz	W follows V in the alphabet ^[citation needed]
mm or G	110 to 300 GHz ^[note 1]	Millimeter ^[10]

1. ^ The designation mm is also used to refer to the range from 30 to 300 GHz.^[10]

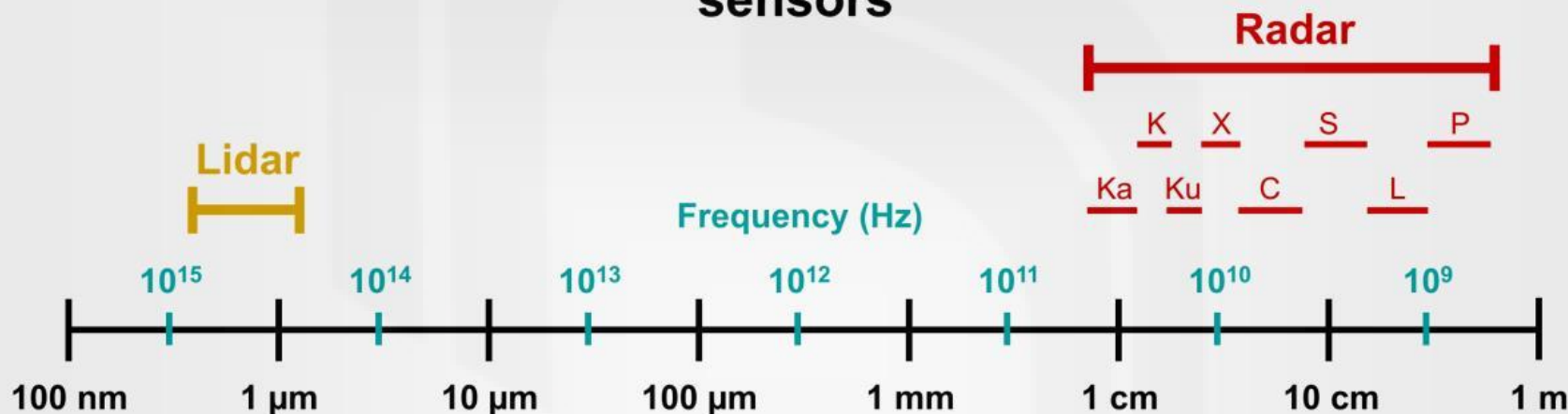




انواع حسگرهای سنجش از دور

Spaceborne sensors for Earth remote sensing with electromagnetic waves

active sensors



Lidar

Radar

K X S P

Ka Ku C L

Frequency (Hz)

100 nm 1 μ m 10 μ m 100 μ m 1 mm 1 cm 10 cm 1 m

wave length

visible thermal Infrared

Infrared

optical sensors

Microwave radiometers

passive sensors

Microwaves: 300 MHz – 300 GHz:
(1 m – 1 mm)

RADAR ← Radio Detection And Ranging

آشکارسازی و تعیین برد با استفاده از امواج رادیویی



نحوه عملکرد رادار

- ارسال انرژی الکترومغناطیسی در حجم مشخصی از فضا با استفاده از **شکل موج های مدوله شده و آنتن های جهتی** به منظور جستجوی اهداف
- انعکاس** بخشی از این انرژی به سمت رادار توسط **اشیاء (اهداف)** موجود در فضای جستجو
- پردازش **سیگنال بازگشتی**، در گیرنده رادار و استخراج اطلاعات هدف مانند برد، سرعت، موقعیت زاویه ای و...

- انواع اطلاعاتی از هدف که توسط رادار قابل استخراج است:
 - تشخیص وجود هدف
 - تعیین فاصله هدف
 - از طریق اندازه گیری زمان های رفت و برگشت سیگنال های راداری
 - موقعیت زاویه ای هدف
 - از طریق یافتن جهت دریافت سیگنال بازگشتی از هدف با استفاده از آنتن با بیم باریک
 - تعیین سرعت هدف
 - از طریق اندازه گیری شیفت داپلر
 - ...

- انواع رادارها بر حسب نوع سکو
 - زمینی (Ground based)
 - هوابرد (Airborne)
 - فضایی (Spaceborne)
 - با سکوی کشتی (Ship based)

□ انواع رادارها برحسب شکل موج

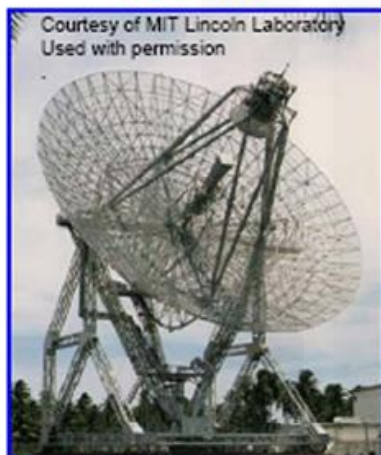
□ موج پیوسته (CW)

- راداری که به صورت پیوسته انرژی الکترومغناطیسی را ارسال می کند.
- رادارهای موج پیوسته مدوله نشده قابلیت اندازه گیری **سرعت** و **موقعیت فضایی** اهداف را دارند.
- اطلاعات برد هدف بدون استفاده از انواع خاصی از مدولاسیون امکانپذیر نیست.

□ پالسی

- استفاده از قطار پالس
- این رادارها را برحسب فرکانس تکرار پالس (PRF) به سه دسته زیر تقسیم می کنند:
 - PRF کم ← مناسب برای اندازه گیری **برد**
 - PRF متوسط
 - PRF زیاد ← مناسب برای اندازه گیری **سرعت**

**UHF - VHF
ALTAIR**



UHF

UEWR – Fylingdales, UK



HF	3 – 30 MHz
VHF	30 – 300 MHz
UHF	300 MHz – 1 GHz
L-Band	1 – 2 GHz
S-Band	2 – 4 GHz
C-Band	4 – 8 GHz
X-Band	8 – 12 GHz
Ku-Band	12 – 18 GHz
K-Band	18 – 27 GHz
Ka-Band	27 – 40 GHz
W-Band	40 – 100+ GHz

**Search
Radars**

**C-Band
MOTR MQP-39**



Courtesy of Lockheed Martin
Used with permission

**X-Band
Haystack Radar**



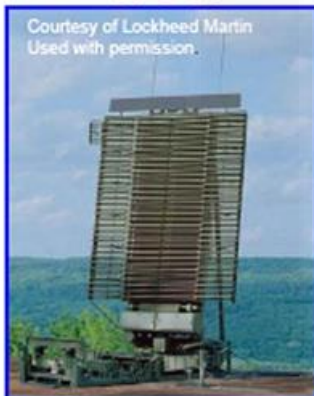
Courtesy of MIT Lincoln Laboratory
Used with permission

HF	3 – 30 MHz
VHF	30 – 300 MHz
UHF	300 MHz – 1 GHz
L-Band	1 – 2 GHz
S-Band	2 – 4 GHz
C-Band	4 – 8 GHz
X-Band	8 – 12 GHz
Ku-Band	12 – 18 GHz
K-Band	18 – 27 GHz
Ka-Band	27 – 40 GHz
W-Band	40 – 100+ GHz

} **Tracking
Radars**

L-Band

TPS-77



S-Band

AEGIS SPY-1



HF	3 – 30 MHz
VHF	30 – 300 MHz
UHF	300 MHz – 1 GHz
L-Band	1 – 2 GHz
S-Band	2 – 4 GHz
C-Band	4 – 8 GHz
X-Band	8 – 12 GHz
Ku-Band	12 – 18 GHz
K-Band	18 – 27 GHz
Ka-Band	27 – 40 GHz
W-Band	40 – 100+ GHz

Search & Track
Radars

C-Band

Patriot MPQ-53



*From IEEE Standard 521-2002



Courtesy of US Army.
Used with permission.

HF	3 – 30 MHz
VHF	30 – 300 MHz
UHF	300 MHz – 1 GHz
L-Band	1 – 2 GHz
S-Band	2 – 4 GHz
C-Band	4 – 8 GHz
X-Band	8 – 12 GHz
Ku-Band	12 – 18 GHz
K-Band	18 – 27 GHz
Ka-Band	27 – 40 GHz
W-Band	40 – 100+ GHz

Missile
Seekers

Reagan Test Site
Kwajalein



Courtesy of MIT Lincoln Laboratory
Used with permission

HF	3 – 30 MHz
VHF	30 – 300 MHz
UHF	300 MHz – 1 GHz
L-Band	1 – 2 GHz
S-Band	2 – 4 GHz
C-Band	4 – 8 GHz
X-Band	8 – 12 GHz
Ku-Band	12 – 18 GHz
K-Band	18 – 27 GHz
Ka-Band	27 – 40 GHz
W-Band	40 – 100+ GHz

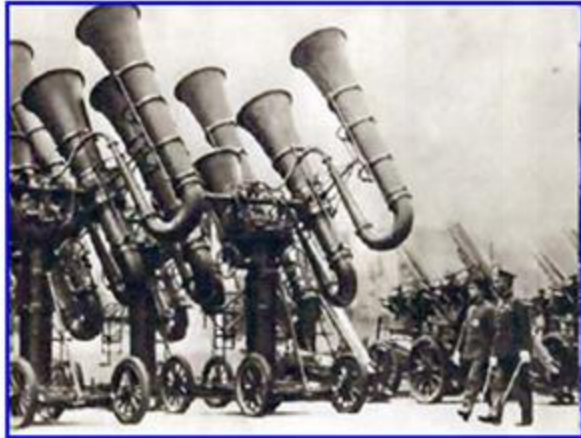
Range
Instrumentation
Radars



□ پیش از رادار - سیستم های نوری

- محدودیت در برد
- کوچکی میدان دید
- تحت تاثیر قرار گرفتن عملکرد ناشی از پوشش ابرها





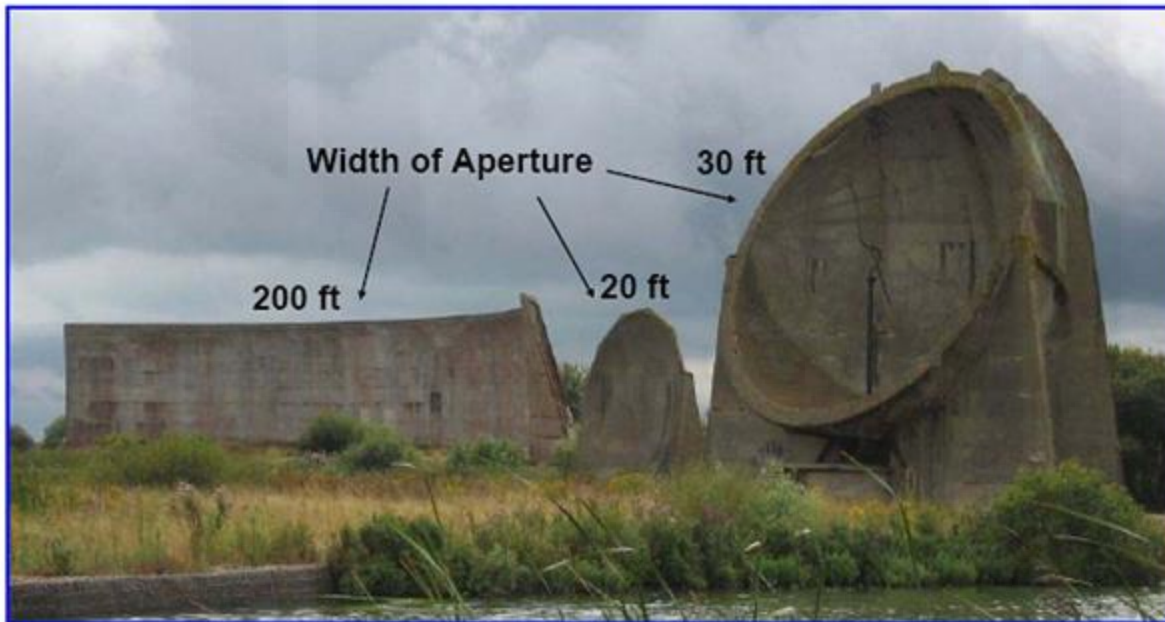
□ پیش از رادار - سیستم های صوتی

- توسعه یافته و مورد استفاده در نیمه اول قرن ۲۰
- برد محدود: اندکی بیش از ۱۰ مایل
- محدود بودن میدان دید
- محدودیت ناشی از صدای محیط اطراف



□ پیش از رادار - آینه های صوتی

- مورد استفاده برای آشکارسازی هواپیماها (پیش از جنگ جهانی دوم)
- برد محدود: کمتر از ۱۵ مایل



□ ۱۸۸۶: **هاینریش هرتز** فیزیکدان آلمانی تئوری های ماکسول را به صورت آزمایشگاهی تست کرد و نشان داد که امواج الکترومغناطیسی می توانند توسط اجسام هادی و عایق بازتابیده شوند.



□ ۱۹۰۳: **کریستین هلسمیر** مهندس آلمانی آزمایشی بر روی آشکارسازی امواج رادیویی منعکس شده از کشتی ها انجام داد. به علت پایین بودن سطح تکنولوژی در آن زمان، برد سیستم پیشنهادی توسط او در حدود ۱ مایل بوده و در نتیجه توجه چندانی جلب نکرد.

□ ۱۹۳۴: **پیر دیوید** دانشمند فرانسوی توانست برای اولین بار از انعکاس امواج رادیویی برای آشکارسازی هواپیما استفاده کند.

□ ۱۹۴۰: نیروی هوایی انگلیس با مدیریت **سر رابرت واتسون وات** شبکه ای از رادارهای زمین پایه را توسعه داد که در پیروزی انگلیس در جنگ بریتانیا تاثیر بسیار زیادی داشت. وات را به عنوان پدر علم رادار می شناسند.



Approximate Chain Home Radar Coverage
Sept 1940
(21 Early Warning Radar Sites)



Sept 2006 Photograph of
Three Chain Home
Transmit Towers, near
Dover



□ در آغاز جنگ دوم جهانی تکنسین های انگلیسی موفق شدند نخستین مدل های راداری امروزی را بسازند. از آن زمان به بعد نیز سیر مراحل پیشرفت رادار ادامه داشته و رادارهای گوناگون برای هواشناسی، ترافیک هوایی، اخطار هوایی، رهگیری هوایی، تصویربرداری از سطح سیاره ها و غیره طراحی شده است

- هدایت هواپیما
 - تشخیص موانع سر راه مانند: زمین، کوه، هواپیما و...، تعیین فاصله از زمین
- هدایت کشتی
 - تشخیص موانع دریایی
- هواشناسی
 - تشخیص میزان بارندگی، وضع جوی و...
- کنترل ترافیک هوایی
 - کنترل پرواز در اطراف فرودگاه و هدایت و کمک به فرود هواپیما
- کاربردهای نظامی
 - نظارت هوایی و دریایی، رهگیری هدف خاص، هدایت موشک ها به سمت اهداف خاص
 - و ...
- عکسبرداری از سطح زمین
- ...