رادار الأرصاد الجوية ورادار الغلاف الجوي

Meteorological radar and Atmospheric radar

مراجعة
محمد حسين قرنى رشوان
مدير إدارة البحوث
الفيزيائيه والعدديه
الإدارة العامه
للبحث العلمى

اعداد : مصطفى أحمد الخليفى سلمون
اخصائى ارصاد جويه ثالث
الإدارة العامة للبحث العلمى

نبذه تاريخيه:

تمكن العالم الألماني كريستيان هولسماير سنه ١٩٠٤ من استعمال الموجات اللاسلكية للكشف عن وجود أجسام معدنية عن بعد حيث كشف عن وجود سفينة في الضباب ولكن دون تحديد المسافة التي تبعدها وفي عام ١٩٣٤ ظهر ما يعرف بالرادار أحادي النبض في الولايات المتحدة ثم ألمانيا وفرنسا، وذلك على يد إميلي جيراردو، الذي اخترع أول رادار فرنسي أعتمادا علي تصورات تيسلا الأساسية «رائد علم الكهرباء»، في حين أن أول ظهور للرادار الكامل كان في بريطانيا، حيث طوّر كإحدى وسائل الإنذار المبكر عن أي هجوم للطائرات المعادية، وذلك في عام ١٩٣٥. خلال الحرب العالمية الثانية ازدادت نسبة الأبحاث بهدف ابتكار أفضل الرادارت بوصفها تقنيات دفاعية، حتى ظهرت الرادارات المتحركة بمواصفات أفضل. وخلال السنوات التي تلت الحرب، استخدم الرادار بشكل كبير في المجال المدني، كمراقبة الملاحة الجوية والأرصاد الجويه وحتى بالمجال الفلكي بعلم قياسات الفضاء.

رادار - ميامى عام ١٩٥٦

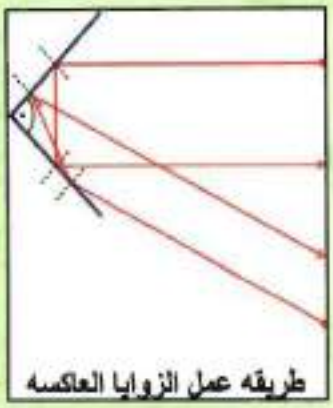
كيف تعمل الرادارات؟

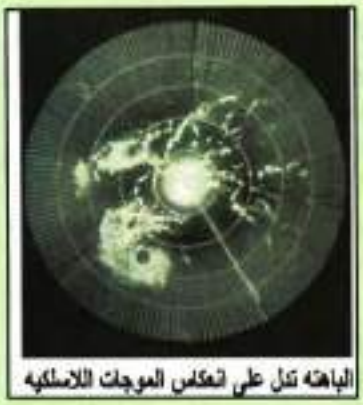
للموجات الكهرومغناطيسية خصائص فيزيائية تجعلها تنعكس أحيانًا و تتشتت أحيانا أخرى فعند وجود أي اختلاف كبير في ثوابت العزل الكهربائي أو التعاكس المغناطيسي تتشتت ، ولذلك فأنه عند وجود مواد صلبة بالهواء أو الفراغ أو في حالة وجود أي تغيير ملموس بالكثافة الذرية بين الجسم والبيئة المحيطة به سوف تتشتت الموجات ، وتنطبق هذه الظاهرة على الموصلات الكهربائية كالمعادن والألياف الكربونية وهو ما يساعد الرادار في الكشف عن الطائرات والسفن بسهولة.

توجد بعض المواد التي تمتص موجات الرادار وتستخدم بالعربات العسكرية لخفض انعكاس الموجات، وكذلك الحال بالنسبة للأصباغ الداكنة.

وتتشتت موجات الرادار بعدة أشكال اعتمادا على طول الموجة وشكل الهدف. فإذا كان طول الموجة أقصر من حجم الهدف فإن الموجة سترتد باتجاهات متغايرة كالضوء على المرآة، وإذا كانت الموجة أطول من حجم الهدف فإن الهدف سيكون متقاطب بمعنى الشحنات الموجبة والسالبة منفصلة مثل الإريال ثنائي الأقطاب. استخدمت الكواشف المبكرة موجات ذات أطوال كبيرة أطول من الهدف مما جعلها تستقبل إشارات مبهمة، لكن الحديثة منها تستخدم أطوال قصيرة جدا بحيث يمكنها التقاط أهداف بحجم رغيف الخبز.

تنعكس الموجات اللاسلكية القصيرة من الزوايا والمنحنيات بطريقة مشابهة للمعان قطعة زجاج مدورة. وللأهداف الأكثر عكسا للموجات القصيرة زوايا يصل قياسها إلى ٩٠ درجة بين الأسطح المنعكسة، الجسم الذي يحتوي على ٣ أسطح تلتقي بزاوية واحدة ،كزاوية العلبة، تعكس الموجات التي تصطدم بها مباشرة إلى المصدر وتسمى بالزوايا العاكسة وهذه الطريقة تستعمل لتسهيل الكشف الراداري وتوجد بالقوارب لتسهيل حالات الإنقاذ وتقليل الاصطدامات .


طريقه عمل الزوايا العاكسه


الباهته تدل على تعكاس الموجات اللاسلكيه

وهناك أنواع من الأجسام المصممة لتجنب الكشف الراداري، وذلك بعمل زوايا أجسامها بطريقة تمنع الكشف، حيث أن حوافها تكون عمودية لاتجاه الكشف مما يقود لاتجاه العكس كما بطائرة الشبح، ومع ذلك فإن التخفي لا يكون كاملا بسبب عامل انحراف الموجات وخاصة للموجات الطويلة.

الكاشف اللاسلكي ومداه

Radio Detection And Ranging

هو نظام يستخدم موجات كهرومغناطيسية للتعرف على بعد وارتفاع واتجاه وسرعة الأجسام الثابتة والمتحركة كالطائرات، والسفن، والعربات، وحالة الطقس، وشكل التضاريس .

يبعث جهاز الإرسال موجات لاسلكية تنعكس بواسطة الهدف فيتعرف عليها جهاز الاستقبال. وتكون الموجات المرتدة إلى المستقبل ضعيفة، فيعمل جهاز الاستقبال على تضخيم تلك الموجات مما يسهل على الرادار أن يميز الموجات المرسلة عن طريقه من الموجات الأخرى كالموجات الصوتية وموجات الضوء.

يستخدم الرادار في مجالات عديدة كالأرصاد الجويّة لمعرفة موعد هطول الأمطار، والمراقبة الجوية، ومن قبل الشرطة لكشف السرعة الزائدة، وأخيرًا والأهم استخدامه بالمجال العسكري .

أنواع الرادارات:

الرادار النبضي :

يَبُثّ إشارات على شكل رشقات قويّة متقطّعة، أو نبضات، وتستمر هذه النّبضات للموجات الرّادارية بضعة أجزاء من المليون من الثانية. ولمجموعة الرّادار النبضي هوائي واحد يستخدم بالتناوب لإرسال النبضات ولاستقبال أصدائها.

ويمكن إيجاد المسافة إلى أحد الأهداف بقياس

اجسام تساعد على تضليل نظام الرادار

الزَّمن الذي تستغرقه الموجة الرَّادارية لتصل إلى هذا الهدف وتعود. وتسير الموجات الرَّادارية كبقية الموجات الكهرومغنطيسية بسرعة الضوء ٢٩٩،٧٩٢كـم/ث. لذا فالموجة الرَّادارية التي تعود بعد ثانيتين تكون قد قطعت ٥٩٩،٥٨٤كـم، أي ٢٩٩،٧٩٢كـم في الذهاب إلى الهدف والمسافة نفسها في الإياب، وتحول مجموعة الرَّادار النبضي آليًا الزمن اللازم للذهاب والإياب إلى مسافة «بُعد» نحو الهدف.

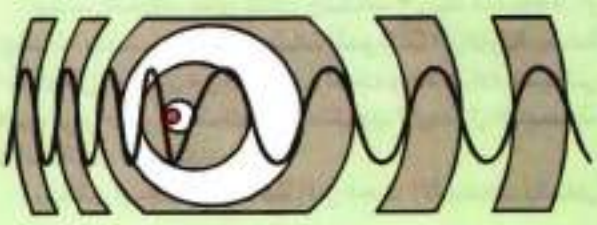
ويَبُثُّ الهوائيُّ النبضات المَوْجيَّة في حزْمة ضيقة عالية التَّوجيه تُمكِّن مجموعة الرَّادار من تحديد اتجاه الهدف. ولا يستطيع عكس الموجات إلا الهدف الذي يقع في حجم الحزمة فقط. ويحدد الاتجاه الذي منه تنعكس الموجات موضع الهدف. ويستطيع الرادار النبضي ملاحقة (تتبع) الهدف، بإرسال متواصل لإشارات نبضية، وقياس مسافة الهدف واتجاهه في فترات منتظمة. ويستخدم هذا النوع من الرَّادار أيضًا لرسم خرائط رادارية من طائرة. ويمكن إنتاج الخريطة الرادارية بمسح حزمة نبضات فوق مساحة محددة، ورسم شدة الأصداء من كل اتجاه. وتظهر الأصداء في شكل صورة على شاشة الرادار، وتسجل على فيلم ضوئي. وتنتج الأهداف، مثل الأبنية والجسور والجبال، صورًا لامعة، لأنها تعكس أصداء قويَة.

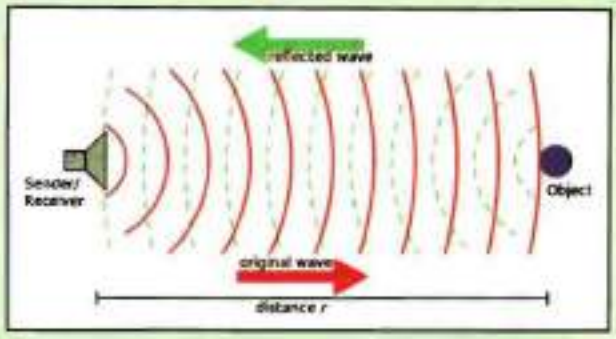
الرادار ذو الموجة المستمرة:

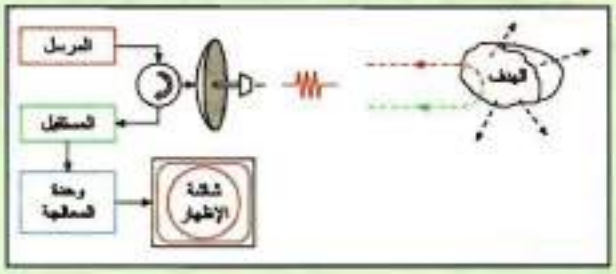
يبث اشاره متواصله عوضا عن الرشقات القصيره ويوجد منه نوعان :

رادار دوبلر:

يستخدم بصورة رئيسيَّة للقياسات الدقيقة السرعة، ويعمل على مبدأ تأثير دُوبلر، وهو تغيير على تردد الموجة تسببه الحركة. يرسل رادار دُوبلر موجة مستمرَّة بتردُّد ثابت، ويستخدم الهوائي نفسه في كل من الإرسال والاستقبال. وعندما تصطدم الموجة المُرْسَلة بهدف مُقترب من الرَّادار، تنعكس الموجات عند تردد أعلى من التَّردد المرسل. وعندما يكون الهدف مبتعدًا عن مجموعة الرَّادار، فإن الموجة المرتَدَّة تصبح ذات تردُّد أقل، وكلَّما كان الهدف أسرع في أيٍّ من الاتجاهين







كان الفرق أكبر بين تردد الموجة المرسَلة وتردد الموجة المُنعكسة. ويقياس الفَرق في التردُّد يحدد رادار دُوبلر سرعةَ الهدف المُراقَب. وتستخدم الشرطة رادار دُوبلر لكشف السائقين المُسرعين. ويستخدمه الجنود لقياس سرعة الأهداف بغية توجيه نيران الأسلحة .

رادار تضمين التردد :

يبث أيضًا إشارة مستمرَّة، إلاَّ أنه يزيد أو ينقص تردُّد الإشارة في فترات منتظمة. ونتيجة لذلك فإنَّ رادار تضمين التردُّد، خلافًا لرادار دوبلر، يُمْكنُه تحديد المسافات لهدف ثابت أو متحرك. وفي الزمنَ الذي تصل فيه إشارة الرَّادار إلى الهدف وتعود، يكون تردُّد الهدف المرسل قد تغير. ويقاس الفرق بين تردُّد الصدى وتردُّد المُرسل، ويحوَّل إلى مسافة للهدف الذي ينتج الصدى. وكلَّما كان الهدف أبعد ازداد الفرق بين الترددين.

ويمكن استخدام رادار تضمين التردُّد، مثل الرَّادار النَّبْضيّ، في رسم الخرائط، وفي الملاحقة. ويمكن استخدامه على الطائرات مقياسًا للارتفاع .

معادلات الرادار :

١- كمية الطاقة للإشارة المرتدة إلى الرادار المرسل تعطى بالمعادلة التالية:

$$p_r = \frac{p_t G_t A_r \sigma f^4}{(4\pi)^2 R_t^2 R_r^2}$$

The altitude of the radar beam :

$$h = h_0 + h_1 + h_2$$

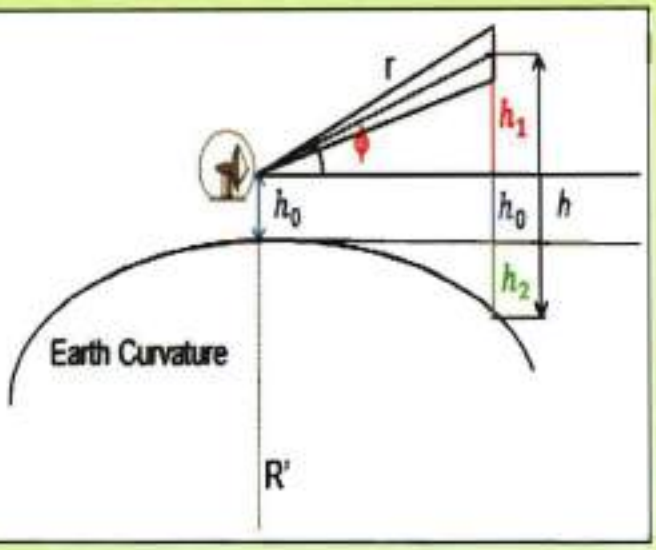
$$h = h_0 + r.sin\emptyset + \frac{r^2}{2R'}$$

h_0 : Radar altitude.

$\emptyset$: Elevation angle.

r : Distance from the radar to the target.

R' : =4/3R with R is the earth radius (6367km).



For $\emptyset = (0.5°)$

Distance (km)	h_0 (km)	h_1 (km)	h_2 (km)	Height (km)
10	0.015	0.087	0.006	0.108
20	0.015	0.175	0.024	0.213
30	0.015	0.262	0.053	0.330
40	0.015	0.348	0.095	0.459
50	0.015	0.434	0.148	0.599
60	0.015	0.524	0.213	0.751
70	0.015	0.611	0.290	0.916
80	0.015	0.698	0.378	1.091
90	0.015	0.785	0.479	1.279
100	0.015	0.873	0.591	1.479

في حال كان جهاز الإرسال والاستقبال على نفس الموضع فستكون المسافة المرسلة إلى الهدف هي نفسها.

$$p_r = \frac{p_t G_t A_r \sigma f^4}{(4\pi)^2 R^4}$$

حيث أن:

p_t = الطاقة المرسلة

G_t = زيادة إرسال الهوائي (معامل التضخيم)

A_r = مساحة سطح هوائي الاستقبال الفعالة

σ = المقطع العرضي للرادار

f^4 = عامل الانتشار

R^2_1 = مربع المسافة بين المرسل والهدف

R^2_2 = مربع المسافة بين المستقبل والهدف

R = المسافة بين المرسل أو المستقبل والهدف (في حال كانا في نفس الموضع)

يلاحظ من خلال المعادلة

أن كمية طاقة الإشارة المرتدة تضعف إلى مستوى أقل من ربع طاقة المدى مما يعني أن قوة الإشارة المستلمة تكون ضعيفة جدا.

٢- ارتفاع شعاع الرادار يحسب من المعادله :

أهميه الرادار فى الأرصاد الجويه:

weatherradar

تستخدم الرادارات لمساعدة العاملين في دوائر الأرصاد الجوية في معرفة أحوال الطقس والتنبؤ بها حيث تقوم الرادارات بالكشف عن وجود الغيوم والأمطار والثلوج والعواصف والأعاصير بمختلف أنواعها ورسم خرائط لها على شاشات الرادار. ويقوم العاملين في مجال الأرصاد الجوية باستخلاص كثير من المعلومات عن حالة الجو من حيث كثافة الغيوم وما تحمله من أمطار وثلوج وارتفاعاتها وحجمها واتجاه سيرها وكذلك كثافة هطول الأمطار والثلوج. وتستخدم أنواع معينة من الرادارت لتحديد سرعة واتجاه الرياح في طبقات الجو المختلفة. وتستخدم رادارات الطقس النوع النبضي حيث تتناسب شدة النبضة المرتدة طرديا مع كثافة الغيوم والأمطار والثلوج والرمال ويمكن تحديد سرعة حركتها باستخدام تأثير دوبلر. ويجب أن يتم اختيار التردد الذي يعمل عليه رادار الطقس بشكل

دقيق وضمن مدى معين وهو ما بين ثلاثة إلى ثلاثين جيجاهيرتز وذلك لأن شدة النبضة المرتدة تعتمد على طول الموجة المرسلة بالمقارنة مع أحجام قطرات المطر وحبات البرد وقطع الثلج. وتتراوح قدرات الموجة المرسلة في رادارات الطقس بين مائة واحد وخمسين كيلواط وذلك حسب نوع الرادار والمدى الذي يغطيه. وتستخدم رادارات الطقس الحديثة أنظمة معالجة الصور (processing image) للحصول على صور دقيقة لحالة الطقس. وتستخدم المطارات والموانئ رادارات قصيرة المدى لا يتجاوز مداها المائة كيلومتر لمعرفة أحوال الطقس حولها وذلك لإرشاد الطائرات والسفن وإعطاء النصائح المناسبة للطيارين والربان عند دخول أجوائها.

صور للرادار على الولايات المتحده الامريكيه United States

United States Doppler Weather Radar

المعلومات التى يمكن الحصول عليها من المسح الرادارى :

١- خصائص السحب والتي تشمل ،ارتفاع قاعدة السحب.ارتفاع القمة.الامتداد الأفقي- أماكن تواجد السحب على الخارطة ومقاطع أفقية..

٢- الظواهر الجوية الخطرة ،برد-عواصف رعدية..

٣- الهطولات التراكمية ما بين موعدي مسح راداري متتاليين.

٤- تطور السحب واتجاه حركتها وسرعتها.

٥- كمية الهاطل المطري خلال ٢٤ ساعة.

ومن بعض المجالات الرئيسية لاستخدامات رادارات دوبلر الطقس (Doppler Weather Radar) والتي تعد اساسي لعمليه التنميه المستدامه في جمهوريه مصر العربيه :

- التحديد الدقيق لكميات الامطار واماكن سقوطها ورصد العواصف الرعديه .
- استخداماتها في نظام الإنذار المبكر لمراقبة الفيضان والتنبؤ به .
- كما يمكن استخدام رادارات دوبلر الطقس في متابعة العواصف الترابيه علي جمهورية مصر العربيه لما لها من اهميه بيئيه واقتصاديه في مجالات الطيران والصحه وجودة الهواء.
- تتبع انواع السحب وكمياتها والاستفادة منها في دراسات عملية استمطار السحب .
- تتبع مسارات انتشار الملوثات سواء الكيميائيه او النوويه والاشعاعيه .
- تتبع مسارات انتشار الجراد .

رادارات الطقس ورادارات الغلاف الجوى :

- رادارات الطقس كانت تعتمد على حزمه الميكروويف لملاحظة الهطول فى اوائل اربعينيات القرن الماضى . وفى الوقت نفسه وقبل دخول الرادار حيز التنفيذ فقد تم اكتشاف أليه تشتت الموجات الكهرومغناطيسيه من قبل العالمين Rayleigh و Mie وقد اوضحت الدراسه ان شدة الشعاع المرتد يتناسب طرديا مع الاس السادس لقطر الجسم المشتت وعكسيا مع الاس الرابع للطول الموجى للموجه الكهرومغناطيسيه .
- وقد اكتشف العالم Mie انه عندما يكون

قطر الجسم المشتت ١. او اكبر من الطول الموجى للموجه الكهرومغناطيسيه فان نظريه العالم Rayleigh غير قابله للتطبيق .

■ ومنذ عام ١٩٤١ حتى عام ١٩٤٦ فقد بدا العالم Ryde دراسة قوة وضعف أشعة الميكروويف المنعكسه من الهطول والجسيمات المكونه للسحابه . وأول مؤتمر انعقد لرادارات الطقس كان برعايه American Meteorological Society (AMS) والذى اقيم فى Massachusetts Institute of Technology (MIT) فى مارس ١٩٤٧.والذى تم فيه مناقشه ودراسه الملاحظات على الهطول فى الولايات المتحده الامريكيه .

■ ومن خلال العلاقه بين شده الهطول والاشعه المنعكسه عن الرادار التى تم ايضاحها من قبل العالمين Marshall and Palmer بدأت الابحاث فى رادارات الطقس ومن ناحيه أخرى فقد كان هناك ابحاث باستخدام امواج الراديو وقد ساهمت بشكل كبير فى فهم اعمق لاضطراب الهواء clear air turbulence (CAT) .

■ اما عن رادارات الغلاف الجوى فقد شهدت تطور هائل منذ بدايه عام ١٩٧٠ حتى عام ١٩٨٠ ونجد ان العالمين Woodman and Guillen هم اول من درسوا وجود الرياح فى طبقه الميزوسفير والستراتوسفير وهذا باستخدام احد انواع رادارات الغلاف الجوى والذى يسمى incoherent scatter radar (IS) فى ولايه Jicamarca . رادارات الغلاف الجوى يمكن ان تسمى

Mesospheric؟Stratospheric؟
Tropospheric (MST) radar
or Tropospheric Radar (T)
or Stratospheric-Tropospheric Radar (ST)
or Boundary Layer Radar (BLR)

■ وذلك طبقا للطبقه المستخدم فيها رادار الغلاف الجوى .