الرادار البحري و جهاز التوقيع الراداري الآلـــي ARPA
(المكونات ـ الأهمية- نظريـــة العمـــل)

أ. علـيّ خليفة الحمودي ـ المعهد العالي لتقنيات علوم البحار بصبراتة

1 – المقدّمة

الـــرَّادار جهاز استشعار إلكتروني ميكانيكي ، وظيفته اكتشاف الأهداف، وتحديد موقعها سواء كانت هذه الأهداف ثابتة أو متحركة ، وكما يمكنه تحديد اتجاهها، وسرعتها في حالة حركتها ، ومن أهم خصائص هذا الجهاز أنه يستطيع قياس المسافات بين السفينة الراصدة ، والأهداف بدقـــة متناهية ، وهو نظام إلكتروني يستخدم الموجات الكهرومغناطيسية لتحديد إحداثيات مواقع الأجسام الثابتة والمتحركة في الفضاء ، وكذلك اتجاهها ، وسرعتها إذا كانت متحركة ، ويستطيع كذلك تحديد طبيعة هذه الأجســـام إن أمكن(1)، ويعمل على إرسال موجات كهرومغناطيسية عبر الهواء ، واستقبال الإشـــارة المنعكسة من الأجسام المادية الموجودة داخل مجال عمله(2) ، ويؤدّي ما لا تستطيع العين البشرية إدراكه ، وهو مصمم لرؤيـــة ، وكشف الأجسام في ظـــروف لا تستطيع العين البشرية رؤيتها ، مثل : الظلام ، والضباب، والأمطار ، وكافة الأحوال الجوية السيئة ، والأهـــم من ذلك كله يمكنه رؤية ، وكشف الأهـداف من مسافات بعيدة جداً لا تدركها العين البشرية؛ ولكن مهما كانت دقـــة الرادارات البحرية فإنها لا تستطيع الكشف عن تفاصيل كثيرة دقيقة ، التي يمكن للعين البشرية من تحديدها ، مثل : نوع الهدف ، وشكله، ولونـــه ، الـــخ .

ومن هنا يتضح أن الهدف الذي يظهر على شاشة الـــرادار نقطة مضاءة لا أكثر .

ويعرف الرادار الحديث على انه :" جهاز يعمل على كشف ، وتحديد مواقع الأشيـــاء (على سبيل المثال لا الحصر : الأهداف الجوية ، والأرضية، والبحرية...الخ) باستخدام الأمـــواج الكهرومغناطيسية(3)، وقد استخدمت كلمة الرادار لأول مـــرة عام 1940 م ، من قِبل البحرية الأمريكية ، حيث كان اسم الرادار سابقا (جهاز الصدى اللاسلكي) Radio Echo Equipment ، وكلمة RADAR ، هي الأحرف الأولى لكلمات الجملة الانجليزية Radio Detection and Ranging

وكما هو معروف : كلمة رادار هـــي اختصار لمصطلح الكشف ، وقياس رادار دى؛ (Radio Detection and Ranging) باستخدام الترددات الراداري(4).

مشكلة البحث:

تتحدد مشكلة البحث في سعى المنشئات البحريـــة ، مهما كان نـــوع نشاطها سواء كانت مراكب ، أو موانئ ، أو غيرها من المرافق البحرية إلـــى توفير الأمن والسلامة حفاظاً على الأوطان ، والأرواح ، والممتلكات ، ويكـــون ذلك من خلال وجود أنظمة رادارية متطورة ، تعمل بشكل كفـؤ لتحقيق الهدف المرجوّ منها .

تساؤلات البحث:

س1- كيف تطور الرادار؟ وما هي مكوناته ؟ وطريقة عمله ؟ ولماذا استخدمت الموجات الكهرومغناطيسة بدلا من الصوتية ؟ وما دورها في أداء الرادار وتطوره؟

س2- ما هـــي أهمية ، وأوجه استخدامات الرادار البحري؟

س3- ما هي مكونات جهاز التوقيع الراداري(أربـــا) ، و نظرية عمله وأهميته في الملاحة ؟

أهمية البحث:

تتمثل أهمية الدراسة في النقاط التالية :

1 – معرفة كيفية عمل الرادار ودور الموجات الكهرومغناطيسية .

2 – إبراز دور الرادار البحري في الملاحة ، وأهميته في السلامة البحرية .

3 – أهمية الرادار في حماية الأمن الوطني .

أهداف البحث :

1- إيضاح كيفية تطـــوّر الرادار، ومكوناته ، وطريقة عمله ، ودور الموجات الكهرومغناطيسية في أداء الرادار ، وتطوره .

2 – التعرف على أهمية، وأوجه استخدام الرادار البحري ، ومـــدى ضرورة توفير الرادارات البحرية من أجل السلامة البحرية ، ودقة ووضوح المعلومات التي يعتمد عليها من قبل المستخدمين .

3- التعريف بجهاز التوقيع الراداري الالي (أربا)- مكوناته، وأهميته، ونظرية عمله .

منهجية البحث :

اعتمد الباحث على المنهج الوصفي ، والذي يعتمد على الجانب النظري ، واستعان بالمراجع من الكتب ، والمحاضرات التي لم تنشر ، وخبرته الشخصية.

المصطلحات الفنية

1- الرادار(الكاشوف) RADAR (Radio Detection and Ranging)

2- جهاز الصدى اللاسلكي Radio echoequipment

2- جهاز التوقيع الرادار ARPA (Automatic radar plotting Aid)

3- مهبط Cathod

4- صمام اشعة المهبط Cathod ray tube

5- تأثير دوبلر Doppler effect

6- مفتاح مزدوج Duplexer

7- موجه Directive

8- مصدر طاقة خارجي External energy source

9- مغيير التردد Ferquency changer

10- مدى التردد Ferquency range

11-مولدالموجات Magnetron

12- مبين اهداف متحركة Moving target indicator

13- ملاحة Navigation

14- نوافذ العمل Operation windows

15- مستقبل Receiver

16- مرسل Transmitter

17- خط الاساس الزمني Time base line

الدراسات السابقة:

الشوبكي ، محمد خالد ، رسالة ماجستير ، بعنوان - الإرسال والاستقبال عندما يكون الهدف عشوائيا مجهولا في الرادار ، جامعة الملك عبد العزيز ، 2018م

المحور الأول ــ (تطور الرادار-استخدام الموجات الكهرومغناطيسة - مكوناته و اساس عمله و مراحله)

1 – نبذة عن الخلفية التاريخية:

يــرجع الفضل في اكتشاف الموجات الكهرومغناطيسية إلى العالم (جيمس ماكسويل) الذي وضع فرضية نشــوء الموجات الكهرومغناطيسية سنة 1864 م(5).

والموجات الكهرومغناطيسية هــي : موجات تستطيع قطع مسافة كبيرة جدا ، وبسرعة كبيرة جدا تساوي سرعة الضوء دون أن تعاني اضمحلالا في الفضاء .

وقد استنتج (ماكسويل) بأن الضوء نفسه هو عبارة عن موجة كهرومغناطيسية ، ثم قام العالم (هنريك هيرتز) سنة 1887 م ، بعد موت (ماكسويل) بسبع سنوات بتجارب معملية توضح أوجه التشابه بين الموجات بين اللاسلكية ، والموجات الضوئية ، وقد أوضــح (هنريك هيرتز) أن الموجات يمكن أن تنعكس من الأسطــح المعدنية ، أو تنعكس عندما تصطدم بجسم كثافته تختلف عن كثافة الوسط التي تسير فيه، وعلى هــذا الأساس استخدمت الرادارات الموجات الكهرومغناطيسية ، واستطاع العالم (ماركونى) في سنة 1922م ، وضع أساسيات عمل الرادار ، ثم تطور بسرعة أثناء الحرب العالمية الثانية ، واستخدم بعد ذلك على نطاق واسع وأصبح أحد الأجهزة الملاحية التي تفــرض القواعد الدولية تزويد السفن بها(6).

وعلى الرغم من أن العديد من العلماء أسهموا في تطوير الرادار، إلا أن أشهرهم كان الفيزيائي الاسكتلندي (روبرت واطسون وات) . حيث أنه كان يعمل في مكتب الأرصاد الجوية البريطانية ، ويستخدم موجات الراديو للتنبؤ بالعواصف القادمة ، وفي الحرب العالمية الثانية ، وعن طريق الصدفة اكتشف (واطسون) ، ومساعده (آرنولد ويلكنز) ، وأثناء تأدية عملهم في مكتب الأرصاد الجوية من رصد الطائرات الألمانية القادمة لقصف لندن ، ومن هنا أصبح من الممكن استخدام هذه التكنولوجيا في الكشف عن طائرات العدو القادمة , فقام الفريق بتطوير شبكة واسعة ومتقنة من كواشف الرادار على الأرض ، تم وضعها على محيط بريطانيا من جهتي الجنوب والشــرق، وكان لخط الدفاع الراداري هذا الفضل الأكبر في الحرب ضد الطائرات

الألمانية ، وقد كان له دوراً مهماً في تحقيق النصر لبريطانيا، وفي نفس الوقت تم تطوير نظام مشابه في الولايات المتحدة لرصد الطائرات اليابانية فوق مدينة هاواي في ديسمبر 1941م .

وبسبب الحرب العالمية الثانية ، وخسارة الحلفاء عدداً كثيراً من سفن الإمداد والسفن التجارية ، استُخدم الرادار على السفن التجارية في عام 1944 م ، حتى تتمكن هذه السفن التابعة للحلفاء ، والتي تعبر المحيط الأطلسي من الهروب من سفن الحربية الألمانية .

إن تصميم رادارات الملاحة البحرية أصعب بكثير من تلك التي في الملاحة الجوية بسبب كـون الهدف ملاصقا لسطح الماء ، وبارتفاعات قليلة نسبيا ، وكذلك فإن الهدف يبـدأ بالاختفاء تدريجيا عن نظر الرادار ، ولا يتجاوز أقصى مدى لهذه الرادارات المائة كيلومتر بسبب تكور الأرض ، وعادة ما يتم استخدام رادارات بترددات منخفضة نسبيا تقل عن واحد ميقاهيرتز ، وذلك لتقليل امتصاص الموجات من قبل المـاء ، والتي تنتشر ملاصقة لسطحه ، وعادة ما يتم وضع الرادار على أبـراج عالية لزيادة مدى رؤيتها(7)

مراحل تطور الرادار

مر الرادار البحري خصوصا منذ اختراعه إلى يومنا هذا في ثلاث مراحل مهمة من التطور حتى أصبح ما عليه الآن .

المرحلة الأولى : تضمنت تسهيل تشغيله ، وتطوير الوحدات التي يتكوّن منه ليكون أكثر فاعلية في الكشف عن الأهداف ، وفي هذه المرحلة استخدمت موجات قصيرة بدل الموجات الطويلة ، ولهذا زادت فعاليته وكفاءته في البحر أكثر من مرحلة بداياته

ففي مرحلة التطوير الأولى تركزت المجهودات لتبسيط مفاتيح التحكم لتسهيل تشغيل الجهاز وضبطه ، وكذلك تحسين فاعلية الوحدات المختلفة ، كزيادة حجم شاشة البيان ، وإمكانية تعشيقه مع البوصلة الحقيقية ، وتقليل تأثير تشويش البحر والمطر لزيادة وضوح ودقة المعلومات المبينة(8).

المرحلة الثانية : وفي هذه المرحلة تـم التركيز على الاهتمام بوسائل التوقيع لزيادة دقة وسرعة انجازها ، وتم في البداية تصميم وسائل مبسطة كان أكثرها شيوعاً ما عرف باسم عاكس التوقيع ، وتم تدريج التطوير ليشمل وسائل أخرى أكثر تعقيداً ، منها التسجيل الفوتوغرافي لحركة الأهداف تم إسقاطها على شاشة توقيع للتعرف

الفوري على الأهداف الخطرة ومسافة مرورها بدون إجراء توقيع يدوي . وبهذا يكون الرادار أكثر بساطة وأكثر دقة وتطور بحيث أصبح من الممكن تسجيل الأهداف تلفزيونيا و فوتوغرافيا ، حتى يتسنى الرجوع إليها في أي وقت عند الحاجة(9)

المرحلة الثالثة : وكانت بداية هــذه المرحلة في آخــر الستينيات ، وبداية السبعينيات حيث ارتقي تصميم الدوائر الالكترونية ، وبــدأ عصر الكمبيوتر ، فبدأت مرحلة التطوير الثالثة مستغلة هذا التقدم العلمي والتكنولوجي، وفي عام 1969 م ، ظهر أول جهاز لتفادي التصادم مزود بوحدة كمبيوتر ، وأطلق عليه اسم الجهاز التوقــيع الراداري الأوتوماتيكي (أربا) وعلي وجه العموم يمكن وصف جهاز(أربا) بأنه وسيلة فعالة للقيام بالتوقيع الراداري أوتوماتيكيا(10) .

و استخدمت الرادارات موجات كهرومغناطيسية بدلاً من الموجات الصوتية ،للأسباب الاتية:-

1 – لها القابلية الكبيرة على الانعكاس .

2 - ذات سرعة انتقال كبيرة جداً مساوية لسرعة الضوء، ومقدارها(299,792,458 متر لكل ثانية)، ويقــرّب إلى (300,000 كيلومتر في الثانية)، أي : حوالي مليار كيلومتر لكل ساعة ، وهذه السرعة قيمة ثابتة لا تتغير، وتقدّر سرعة الصوت في وسط هوائــي عادي جاف في درجة حرارة (20 °C 68 °F)ب 343 متر في الثانية، أو ما يساوي 1235 كيلومتر في الساعة (768 ميل/الساعة)، أو ميل واحد في كل خمس ثوان ، وهذه السرعة قليلة جدا قياساً بسرعة الضوء ، كما أن سرعة الصوت تختلف حسب الوسط الذي تنتقل فيه، والعوامل التي تحدّد سرعة الصوت هي الكثافة ، ومعامل الحجم ،وينتقل الصوت بسرعة أكبر خلال السوائل ، والأجسام الصلبة، كما أنّ سرعة الصوت تزداد مع الحرارة ، ومن هذا نستنتج ان سرعة الصوت قيمة غير ثابتة.

3 – الموجات الصوتية تحتاج الى وسط مادي للانتقال ، بينما الموجات الكهرومغناطيسية لا تحتاج الى أي وسط للانتقال ، أي : أن باستطاعتها الانتقال في الفراغ .

4 - بإمكانها الانتقال لمسافات طويلة .

5 - قدرتها على أداء عملها حتّى عندما تكون ضعيفة .

6 - أنّها غير مسببة للإزعاج كموجات الصوت .

7- بالإضافة للقدرة على ملاحظتها ، واكتشافها على الرغم من أنها غير مرئية .

8 - يستطيع الرادار قياس المسافة التي تبعدها الأهداف بدقةٍ عالية ، بسبب ثبات سرعة الموجات الكهرومغناطيسية، وباستخدام حساب الإزاحة الناتجة من تأثير (دوبلر) يتم احتساب سرعة تحرك الجسم بدقةٍ كبيرةٍ – أيضاً- .

وعلى هذا الأساس اكتشف الرادار وتطور بعد اكتشاف الموجات الكهرومغناطيسية .

2 - أساس عمل الرادار

إن المبدأ الأساسي الذي يقوم عليه عمل الرادار هو في أن الموجات الكهرومغناطيسية تنعكس عند انتقالها من وسط إلى وسط آخـر يختلفان في بعض خصائصهما الكهربائية والمغناطيسية ، وبما أن الموجات المنطلقة من هوائيات الرادارات تنتشر في الهواء ، فإنها بالتالي ستنعكس بدرجات متفاوتة عن جميع الأجسام التي تعترض طريقها ؛ وذلك لأن خصائصها الكهربائية والمغناطيسية تختلف عن تلك التي للهواء، والتي هي أقرب ما تكون لخصائص الفراغ ، وإذا ما تمكنت هوائيات الرادار من التقاط الموجات المنعكسة من الأهداف ، فإنه يقوم بمعالجتها ليستخلص معلومات بالغة الأهمية عن هذه الأهداف.

والمعلومات المستخلصة في حالة الرادار المثالي هي :

أ- التأكد من وجود أو عدم وجود الهدف .

ب - تحديد مكان الهدف في الفضاء .

ج- تحديد اتجاه سير ، وسرعة الهدف إذا كان متحركا .

د- طبيعة ونوع الهدف.

شدة الموجة المنعكسة :

شدة الموجة المنعكسة عن الأجسام تعتمد على عوامل كثيرة، ومنها :

2 - 1: طبيعة المادة

طبيعة المادة التي يتكوّن منها سطح الجسم مختلفة ، فالمعادن بمختلف أنواعها لها معامل انعكاس عالي ، ولذلك فإنه من السهل على الرادار كشف الأجسام مصنوعة من المعادن كالحديد والألمنيوم.، أما شدة الموجة المنعكسة عن المواد العازلة ، فإنه يعتمد

على معاملات انكسارها ، فكلما زاد معامل الانكسار كلما زادت درجة الانعكاس؛ ولكنه لا يصل إلى مستوى المواد المعدنية، وهناك من المواد المصنعة لا يمكنها عكس أشعة الرادار ، كبعض المواد المعدنية ذات المقاومة الكهربائية العالية ، وبعض المواد المغناطيسية، وبعض الأصباغ الداكنة ، ولهذا فإنه من الصعب على الرادار أن يكشفها، وتستخدم مثل هذه المواد : لطلي أسطح أجسام السفن الطائرات ، والصواريخ الحربية، والعربات العسكرية .

2 – 2 ــ شكل سطح جسم الهدف:

الأسطح المستوية والمنتظمة تعكس الموجات أكثر من الأسطح غير المستوية أو المتعرجة ، ولكن الأسطح المستوية ذات فائدة للرادار فقط إذا كانت متعامدة على اتجاه الموجة القادمة من الرادار، أما إذا كانت مائلة ولو بزاوية صغيرة عن الاتجاه العمودي ، فإن الموجة المنعكسة لن تصل إلى الرادار أبدا ، وبالتالي لن يتمكن من اكتشاف الهدف (11) ، ولقد استفاد صانعي الطائرات الحربية من هذه الخاصية في تصنيع طائرات يصعب على الرادار كشفها ، وذلك من خلال تصنيع السطح الخارجي من عدد كبير من الأسطح المستوية الصغيرة تميل عن بعضها البعض بزوايا صغيرة كما في الطائرة الحربية الأمريكية المسمّاة بالشبح .

2 – 3 - طول الموجة التي يعمل عليها الرادار:

إذا كان طــول الموجة أكبر من أبعاد جسم الهدف ، فإن الموجة لن تنعكس عن الهدف ؛ بل ستحيد عنه وتكمل مسارها في نفس الاتجاه ، وذلك بسبب ظاهرة (الحيود (المعروفة(12) ؛ ولهذا السبب فإن معظم أنواع الرادارات تستخدم موجات بالغة القصر، أي : عالية التردد تقع في نطاق الأمواج الدقيقة بين واحد جيجا هرتز إلى مائة جيجا هرتز.

3 – مكونات جهاز الرادار:

يتكوّن الرادار البحري من أربع وحدات رئيسية تعمل جميعا في تزامــن دقيق لإرسال النبضات الرادارية عبر هوائــي موجه في جميع الاتجاهات ، واستقبال الأصداء العائدة من الأهداف عن طريق نفس الهوائي ليتم تكبيرها في وحدة الاستقبال وعرضها على شاشة الرادار ليتم تحديد مدى واتجاه هذه الأهداف ، وتفادى التصادم معها.

المكونات الأساسية لوحدة الرادار البحري هــي :

1 - وحدة الإرسال

2 - وحدة الهوائي

3 - وحدة الاستقبال

4 - وحدة عرض المعلومات

وسيتم شرح عمل كل وحدة من هذه الوحدات شرحا مختصرا ، وعلاقة عمل كل وحدة بالأخــرى أولا ، وبعد ذلك سيتم شـــرح مكونات وعمل كل وحدة بالتفصيل.

3 - 1 ــ وحدة التكوين والإرسال : وظيفة هذه الوحدة هي توليد نبضات رادارية ذات طاقة كهرومغناطيسية ، وتتولد الموجة الكهرومغناطيسية تحديدا في المجنترون ، وهذه الموجة لها المواصفات التالية :

1 - ذات فترة نبضة محددة ومتناهية في الصغر (0.05-1.3) ميكروثانية .

2 - ذات معدل تكراري محدد (P.R.F4000-400.)

3 - ذات تردد ثابت وعالي جدا.

4 - ذات طاقة عالية.

يقوم المرسل بإنتاج نبضات عالية التردد ، وقدرة استقراريه كبيرة ؛ وذلك لضمان استقرار اشارات الصدى المرتدة من الهدف(13)، وتنقل هذه النبضات عادة عبر أنبوبة توجيه الموجات ، في هيئة مجال كهربي ومجال مغناطيسي متعامدين على بعضهما، وتستخدم معظم الرادارات ذبذبات قصيُرة الموجــة بحيث يمكن استخدام هوائـــي واحد بغرض يقدر وقت إرسال واستقبال الذبذبات .

3 – 2 ــ وحدة الهوائي : الهوائي يعرف على أنه أي جهاز يحول الاشارة الكهربائية الى امواج كهرومغناطيسية (أي : اشارات في الجو على شكل أمواج فضائية) والعكس بالعكس(14) ، وللرادار هوائي واحد ومن خلاله يتم أرسل النبضات الكهرومغناطيسية واستقبال المنعكسة منها بعد اصطدامها بالهدف ,حيث يتحكم في هده العملية صمام منظم ، حيث يقوم هذا الصمام بإغلاق وحدة الإرسال أثناء الاستقبال, ويغلق وحدة الاستقبال أثناء الإرسال ، وينظر الى الهوائي على أنه محول للطاقة ، من

الطاقة الكهربائية الى الطاقة الكهرومغناطيسية في حالة الارسال ، ومن الطاقة الكهرومغناطيسية الى الكهربائية وفي حالة الاستقبال(15)

3 – 3 ــ وحدة الاستقبال : تعمل وحدة الاستقبال على تكبير الأصداء الضعيفة العائدة من الأهـــداف ، والتي يتم استقبالها عن طريق الهوائي ، ثم وضعها في الشكل والقيمة المناسبة لإظهارها على شاشة ، ولكي يتم حماية المستقبل من الطاقة المرسلة، فإنه يتم استخدام صمام يعرف بصمام الإرسال والاستقبال (T/Rcell) ، والذى يقع على أنبوبة توجيه الموجات قبل وحدة الاستقبال مباشرة ، وهو يقوم بإغلاق وحدة الاستقبال أثناء الإرسال وإغلاق وحدة الإرسال أثناء الاستقبال(16)، وفى الواقع فإن هناك إشارتان تدخلان إلى وحدة الاستقبال:

1 - إشارة الصدى العائد من الهدف ، والتي تم استقبالها عن طريق الهوائي.

2 - إشارة من المؤقت ، وذلك للقضاء على تشويش البحر، وتخرج الإشارة المكبرة من المستقبل إلى وحدة عرض المعلومات لإظهارها على شاشة البيان.

3 – 4 ــ وحدة عرض المعلومات : وظيفتها هي إظهار الأهداف على الشاشة وحولها مفاتيح متعددة المهام ، منها : تشغيل الرادار, وضبط الصورة , وضبط الإضاءة , زيادة المدى , ضبط خط مقدمة السفينة ومفاتيح أخرى وكلها لضبط الأهداف المرئية على الشاشة ، وكذا عند تغيــر الطقس , وتجد (الشاشة) مقسمة إلى دوائر وكل دائرة تمثل أميال بحرية حسب وضع مفتاح الأميال على الشاشة, فمثلا رادار يعمل على مدى 24 ميل بحــري , ومفتاح الأميال موضوع على الشاشة 12 ميل بحري , فتظهر على الشاشة 6 دوائــر من المركز إلى المحيط , حيث المركز هو الباخرة التي يشتغل منها الرادار, وهذا يعنــى أن هناك 6 دوائر سوف تظهر على الشاشة ، والفرق بين محيط دائرة وأخــرى 2 ميل بحري ، ومن هنا بإمكان تحديد بُعد الراصد من الهدف لكي يتجنبها الملاح .

5 ــ كيف يعمل الرادار:

يمكن تلخيص عمل الرادار كما في (شكل: 1) ، وكالاتي :

1- يولّد موجات كهرومغناطيسية ذات تردد عالــي في وحدة التكوين والإرسال (الماجنترون) .

2- ثم توجّــه أمواج كهرومغناطيسية من الماجنترون نحو الهوائي

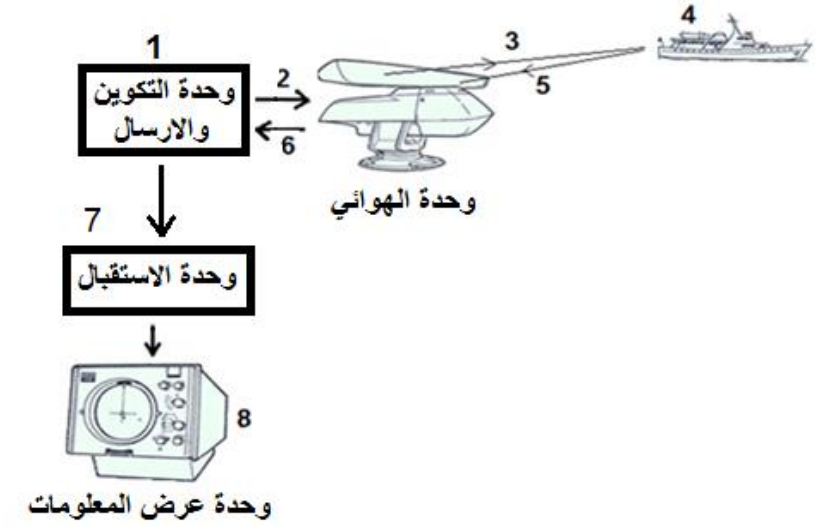
3- الهوائي يرسل شعاع دقيق من أمواج كهرومغناطيسية خلال الهواء.

4- الأمواج الكهرومغناطيسية تصطدم بجسم الهدف ، وتنعكس عنه.

5- الهوائي يلتقط الصدى المنعكس في الفترة بين الانبعاثات .

6- يقوم المستقبل بتقوية الصدى الضعيف ويعالجه .

7- يظهر الهدف على شاشة الرادار.



(شكل 1) كيفية عمل الرادار

مراحل عمل الرادار :

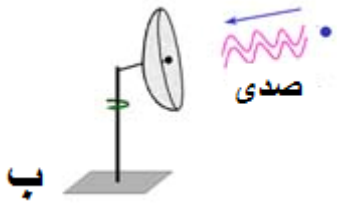
يعمل الرادار على عدة مراحل بالترتيب :

1 - اكتشاف الهدف :

الرادار يصدر نبضات كهرومغناطيسية مركزة بواسطة هوائي، ثم تنتقل هذه النبضات عبر الغلاف الجوي كما في الشكل (2- أ)

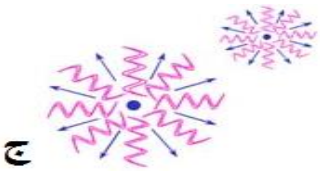
(شكل 2-أ)

الأجسام الموجودة في مسار الموجات الكهرومغناطيسية التي يطلقها الرادار، تسمى بـالأهداف ، وعندما تصطدم هذه الأجسام بالموجات الكهرومغناطيسية ، فإن الموجات سوف ينعكس بعضها إلى الوراء (الصدى) في اتجاه الرادار ، والبعض الاخر يتشتت (الشكل3- ب)



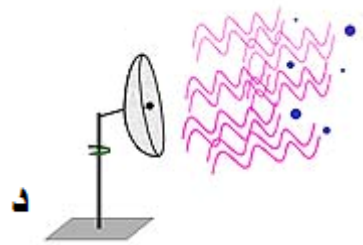
(شكل-3- ب)

هوائي الاستقبال في الرادار عادة يكون هو نفسه هوائي الإرسال و يقوم باستقبال الأشعة المنعكسة و يدخلها في وحدة)المستقبل(وكلما كانت الموجة المرتدة أقوى كان الهدف أكبر، فتكون الإشارة التي تظهر على الرادار أقوى (الشكل 4-ج)



(شكل4-ج)

و كلما كانت الأهداف الموجودة أكثر ، كلما كانت الإشارة العائدة أقوى (الشكل 5- د)



(شكل-5- د)

تعتمد الأشعة المنعكسة التي يستلمها الرادار على عدد وحجم الأهداف التي واجهتها أثناء إرسالها.

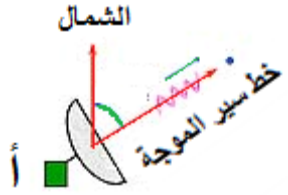
2 موقع الهدف

الرادار يحتاج إلى 3 معلومات لتحديد موقع الهدف :

أ – زاوية السمت ، **ب** - زاوية الارتفاع ، **ج**- المسافة من الرادار إلى الهدف

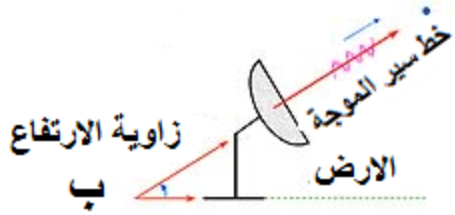
بالإضافة لاستخدام قياس المدى ، يمكن قياس زاوية سمت الهدف Aimuth Angle ، أو اتجاهه من موقع الرادار وزاوية ارتفاع Elevation Angle من مستوى الرادار

أ – زاوية السمت : وهي زاوية المحصورة بين خط سير الموجة مع الشمال(17) (شكل6- أ).



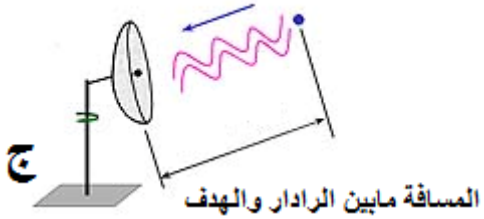
(شكل- 6 – أ)

ب - زاوية الارتفاع ، و هي زاوية المحصورة بين خط سير الموجة و الأرض(18) (شكل 7- أ).



(شكل -7 – ب)

ج- المسافة من الرادار إلى الهدف (شكل7-ج).



(شكل – 8 – ج)

يتم تحديد المسافة عن طريق قياس الوقت الذي تستغرقه النبضات الكهرومغناطيسية للتحرك ذهاباً و عودة من الرادار إلى الهدف(19).

3 سرعة الهدف : تستطيع بعض الرادارات من تحديد موقع وسرعة الأهداف من تأثير دوبلر نتيجة التغير في تردد الموجة أثناء الحركة النسبية بين مصدر الموجة (الهدف) ومراقبها (الرادار) .

المحور الثاني ــ أهمية وأوجه استخدام الرادار البحري

تكمن أهمية عمل الرادار البحري بأنه يستخدم في ثلاثة أماكن لا يمكن أن يستغنى عن الرادار فيها وهـــي :

أولا - يستخدم الرادار على متن السفن : يستخدم الربان ، وضباط الملاحة الرادار على نطاق واسع في مختلف أنـــواع السفن التجارية ، وناقلات النفط ، والبوارج الحربية ، وحاملات الطائرات حيث يقوم الرادار البحري بالمهام التالية :

أ - تحديد مواقع الأهداف المحيطة بالسفينة الراصدة في عرض البحر ، وتحديد اتجاهها وسرعتها

ب - اكتشاف الأجسام القريبة والبعيدة المتحركة منها والثابتة .

ج - تحديد أماكن ، وشكل الشواطئ ، والجزر الصغيرة ، والصخور ، والجبال الثلجية التي تعترض طريقا مما يجنبها الاصطدام بها.

د - تحدد موقع السفينة الراصدة بالقرب من السواحل في حالة الرؤية المحدودة .

هـــ - يمكننا أخذ معلومات إرشادية ملاحية من الرادار في أي وقت .

و - لها دور فعّـال في عمليات البحث والإنقاذ .

ثانيا – يستخدم في الموانئ : يستخدم المسؤولون عن الميناء الرادار للتحكّم في السفن في الموانئ المزدحمة، فهم يتتبعون حركة جميع السفن في الميناء على شاشة الرَّادار التي تعطي ما يشبه صورة خريطة للميناء، وبواسطة الاتصالات الراديوية يستطيع هـــؤلاء المسؤولون توجيه السفن الدَّاخلة والخارجة من المرفأ بأمان في أي ظروف جوية.

ثالثا ــ مراقبة وحراسة الشواطئ : كذلك يمكن لمحطات حَرَس الشواطئ تتبُّع آثار السفن من خلال المُراقِبات الرَّادارية، ويستخدم حرس الشواطئ الرَّادار للبحث عن السُّفن المُدَوَّنة ، والمبلَّغ عن فقدها.

رابعا ـ حراسة ومراقبة الحدود البحرية : وهناك مهمة تقوم بها الرادارات البحرية هي فيما يخص التهديدات ذات الطبيعة الأمنية ، والاقتصادية ، يعتبر الرادار العين الساهرة في حراسة حدود البلاد البحرية من التهديدات ، وخاصة إذا ما عرفنا أن بلادنا لها ساحل بحري طويل يتجاوز 2000 كيلومتر ، ومن البديهي يصعب حراسته وحمايته بالوسائل التقليدية ، مثل : الدوريات البحرية ، والبرية ، وخاصة إذا ما عرفنا أن المراقبة والحراسة تعتبر يومية ، وعلى مدا ر الساعة ، و تشمل التهديدات الأمنية والاقتصادية :

1 – **التهريب** : حيث ينشط المهربون في مناطق الحدودية البحرية لأهـداف متعددة؛ قد تكون ذات طابع اقتصادي خاصة للأفراد الذين يسعون للثراء السريـع بطرق غير مشروعة أو عن طريق جماعات الجريمة المنظمة الذين يسعون لتهريب وتجارة المخدرات ، والأسلحة ، والمتفجرات ، وغيرها من السلع ، والمواد بطرق غير مشروعة ، أو قد يكون السبب هو التهرب من الضرائب ، وكل هذا يؤدي الى ضربالاقتصاد الوطني ، وبذلك يؤدي الى تهديد أمن الدولة واقتصادها وسكانها.

2 – **التسلل** : ويقصد بذلك محاولة الدخول والخروج من والى الدولة بعيدا عن أنظار الأجهزة الأمنية دون مراعاة الإجراءات الرسمية التيحددتها السلطات المختصة .

3 ـ الهجرة **غير الشرعية** : الهجرة غير الشرعية هــي :" عبارة عن هجرة من بلد إلى آخــر بشكل يخــرق القوانين المراعية في البلد المقصود ، بحيث يتــم دخول البلاد دون تأشيرة الدخول ، وتظهر أسباب الهجرة غير الشرعية بالنظر إلى عاملين هما : الجذب من قبل الدول المستقبلة بسبب وجود فرص العمل ، والأجور العلية والرعاية الصحية ، والطرد من الدولة الأم بسبب الحروب ، والكوارث ، والظروف الاقتصادية والسياسية ، وأصبحت ليبيا منطلق لهذه الهجرة لعدة أسباب ، وأهمها : هو قرب السواحل الليبية من السواحل الأوربية ، وخاصة عن السواحل الايطالية بحوالي 150 ميلا بحريا يقطعونها في رحلة بحرية قد تستغرق يوما واحدا إذا كان الجو

صحوا، فأصبح من الضروري مراقبة الحدود البرية - التي تستقبل المهاجرين - ، والحدود البحرية- التي تعتبر منفذ الخروج- .

4 - **الكوارث البحرية** : هناك كوارث طبيعية، وكوارث من فعل الانسان مثل : التصادم ، و غرق السفن ، وإحتراقها ، والتسرب النفطي ، وتسرب مواد كيمائية، ورمي مخلفات صناعية ، ونفوق الأسماك والاحياء البحرية ، وسقوط الطائرات .

5 - **تلوث البيئة البحرية** : ضبط المخالفات التي تحدث ضد البيئة ، ومكافحة التلوث البحري في البحر الإقليمي ، والمنطقة الخاصة ، والجرف القاري.

6 - **مكافحة وضبط الاصطياد غير المشروع** ، وسفن الصيد الأجنبية التي تصطاد في المياه الاقليمية الليبية .

7 - **القرصنة البحرية** : هي : سرقة مرتكبة في البحر، أو أحياناً على الشاطئ، وقد أصبحت القرصنة حديثاً مصدر خطـر داهم للملاحة البحرية ، فأصبح من الضروري مراقبة وحماية طرق الملاحة حفاظا على سلامة الأرواح والممتلكات .

8 – **مراقبة الخطوط الملاحية** : مراقبة حركة سير السفن في المرات الملاحية المعتمدة.

9 - **تلبية طلبات الاستغاثة** والمساعدة والإنقاذ للأرواح والسفن .

10 - حماية الأمن والسيادة الوطنية في المياه الإقليمية وفي المنطقة الاقتصادية الخاصة ، والجرف القاري ، وحراسة السواحل والموانئ ، والمرافئ البحرية .

المحور الثالث ـ جهاز التوقيع الراداري الآلي أربا
(ARPA AUTOMATIC RADAR PLOTTING AID)
(تعريف بالجهاز ـ المكونات – الغرض والوظائف الاساسية ـ طريقة تعامله مع الأهــداف ـ التحديد الكمي لاتجاه ، و مدى الأهــداف)

بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية أصبح الرادار لا يمثل سراً عسكرياً ، ولم يصبح مقتصراً على السفن العسكرية ؛ بل زوّدت به السفن التجارية ، وأصبح هذا الجهاز (الرادار) من أهم أجهزة منع التصادم ، وعلى هذا الأساس كان الاعتقاد السائد بأن تزويد السفن بجهاز الرادار قد حدّ وبشكل كبير ونهائي لمشكلة التصادم بالبحار ؛

ولكن وُجـــد أن الحوادث قد ازدادت بمعدلات كبير بين السفن المزودة برادارات ، وخاصة في الأماكن المزدحمة ، وسبب في ذلك هــو :

أ – ازدياد عدد السفن المبحرة بسبب زيادة وتضخم التجارة العالمية ، واعتمادها على النقل البحري الذي يتحمل مسئولية نقل 90% من إجمالي حجم التجارة العالمية ، وهو بحق شريــان الاقتصاد العالمي ، ولكون أن النقل البحري أرخص وسائل النقل .

ب – المقدرة المحدودة للراصد (المـــلاّح) في تحليل المعلومات المعطاة على شاشة الرادار ، وخاصة إذا زاد عدد الأهــداف المرصودة .

وبعد التّطور الحاصل في عالم الحواسيب ، والكمبيوترات ، وارتقاء تصميم الدوائر الالكترونية تقرر دمــج الرادار مع الحواسيب ، وذلك لإعطاء تقييم سريع متواصل ودقيق للمواقف ولعدد كاف من الأهداف بدون عمل توقيع بواسطة الراصد، وذلك لتخفيف العبء الواقع علي ضابط الملاحظة ، وخاصة في الأماكن المزدحمة حتى يتوفر لدية وقت كافي لاتخاذ القرار السليم في اللحظة الأخيــرة المناسبة مما يؤدّي إلى زيادة السلامة في البحار.

ان جهاز (**أربــا**) ، جهاز فعّال جداً على متن السفن في مراقبة ، ومتابعة مجموعة ليست بقليلة من الأهداف سواء كانت ثابتة أو متحركة في آن واحد ، وهذا ما يخفف العبْء على كاهل الملاحين في المراقبة والوقوع في الأخطاء غير المتعمدة ، والسهو ومن هنا يتضح إن جهاز (**أربــا**) ، وسيلة فعالة للقيام بالتوقيــع الراداري ، ويعتبر هذا من أهم الدوافع التي أدت إلي تصميم هذا الجهاز وكلمة(أربا ARPA) ، هي: مختصر كلمات في اللغة الانجليزية (AUTOMATIC RADAR PLOTTING AID) ومعناها باللغة العربية أي: جهاز التوقيع الراداري الأتوماتيكي.

3-3الوحدات الأساسية لجهاز(أربا) : يتكون جهاز أربا من مجموعة من الأجزاء الأساسية التي تعمل بتناسق لتكمل بعضها البعض في تأدية عمل جهاز (أربا) كما في الشكل (9) .

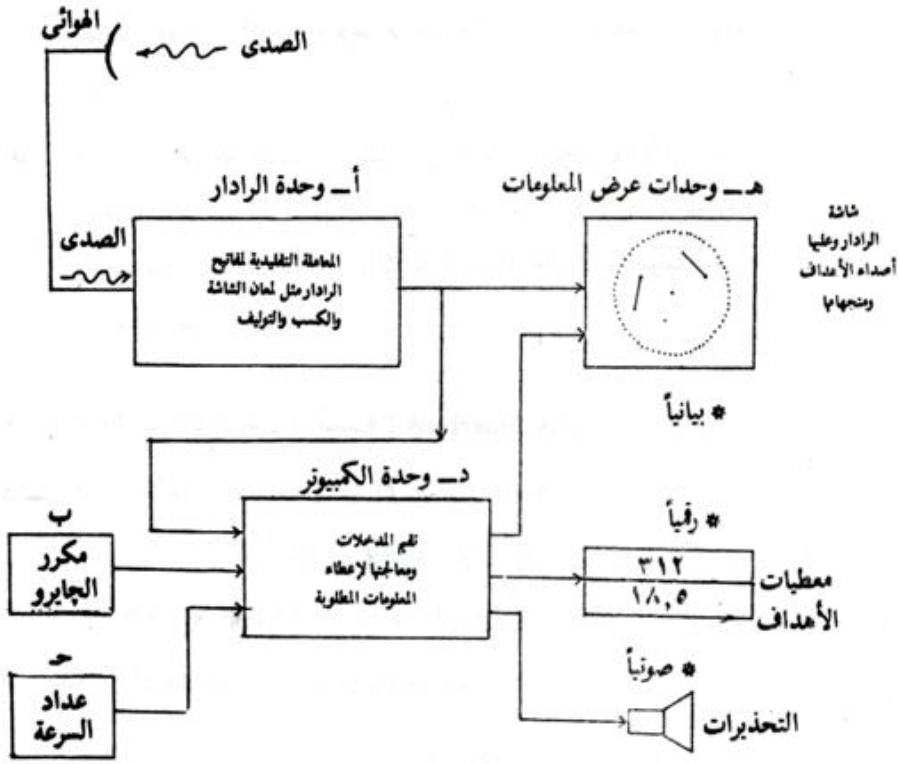
أ - وحدة الرادار التي يجب ضبطها أولا بواسطة مفاتيح الضبط (لمعان الشاشة , والكسب , والتوليف , وتشويش البحر ، والمطر) للحصول علي الأصداء الواضحة للأهداف .

ب - مكرر الجايرو ، والذي يمد وحدة الكمبيوتر بخط سير السفينة الراصدة .

ج - عداد السرعــة الذي يمد وحدة الكمبيوتر بسرعة السفينة الراصدة .

د - وحدة الكمبيوتر تقوم باستخدام المداخلات القادمة لها من وحدة الرادار، ومكرر الجايرو ، وعداد السرعة لحساب ، وإعطاء المعلومات المطلوبة .

ه - وحدات عرض المعلومات ، وهى ثلاث وحدات , الأولى: لعرض المعلومات بيانياً على شاشة الرادار، والثانية : لإعطاء المعلومات الرقمية عن الأهداف ، والثالثة : لإعطاء تحذيرات صوتية لجذب انتباه الراصد عند اللزوم(20) (شكل 9) .



الشكل (9) الوحدات الأساسية لجهاز اربا

3 – 4 الغرض الرئيسي من الجهاز

إن الغرض الرئيسي من وجود جهاز **(أربا)**على متن السفن ، هو رصد ومتابعة عدد ليس بقليل من الأهداف حول السفينة في آن واحد ، وإعطاء التحذيرات، والتنبيهات من الأهداف التي قد تشكّل خطر على السفينة الراصدة ، وإعطاء تقييم سريع متواصل، ودقيق للموقف ، ولعدد كافٍ من الأهداف بدون عمل توقيع بواسطة

الراصد ، وذلك لتخفيف العبء الواقع علي ضابط الملاحظة ، وخاصة في الأماكن المزدحمة حتى يتوافر لديه وقت كافٍ لاتخاذ القرار السليم في اللحظة المناسبة(21) .

3 – 5 – الوظائف الرئيسي للجهاز:

1 - **اختيار الأهداف** : تحديد الأهداف التي يريد الراصد (الملاح) أن يقوم الجهاز بمتابعتها . ويمكن ان يتم ذلك إما يدوياً أو اوتوماتيكياً.

2 - **متابعة الأهداف**: متابعة الأهداف التي تم اختيارها للتعرف علي حركتها .

3 - **بيان حركة الأهداف** : يقوم الجهاز بإظهار الحركة الحالية والمتوقعة لهذه الأهداف المرصودة علي الشاشة ، كما يمكن إظهار الحركة السابقة للأهداف عند الطلب .

4 - **إعطاء تقرير شامل** : يقوم الجهاز إعطاء تقرير شامل عن الأهداف المرصودة من حيث الاتجاه ، والمسافة ، وأقرب مسافة ووقت حدوثها، وخط السير ، وسرعة الهدف.

5- **إعطاء التحذيرات :** إعطاء تحذير الصوتية ، والضوئية لجذب انتباه الراصد لكي يقوم باتخاذ الإجراء اللازم .

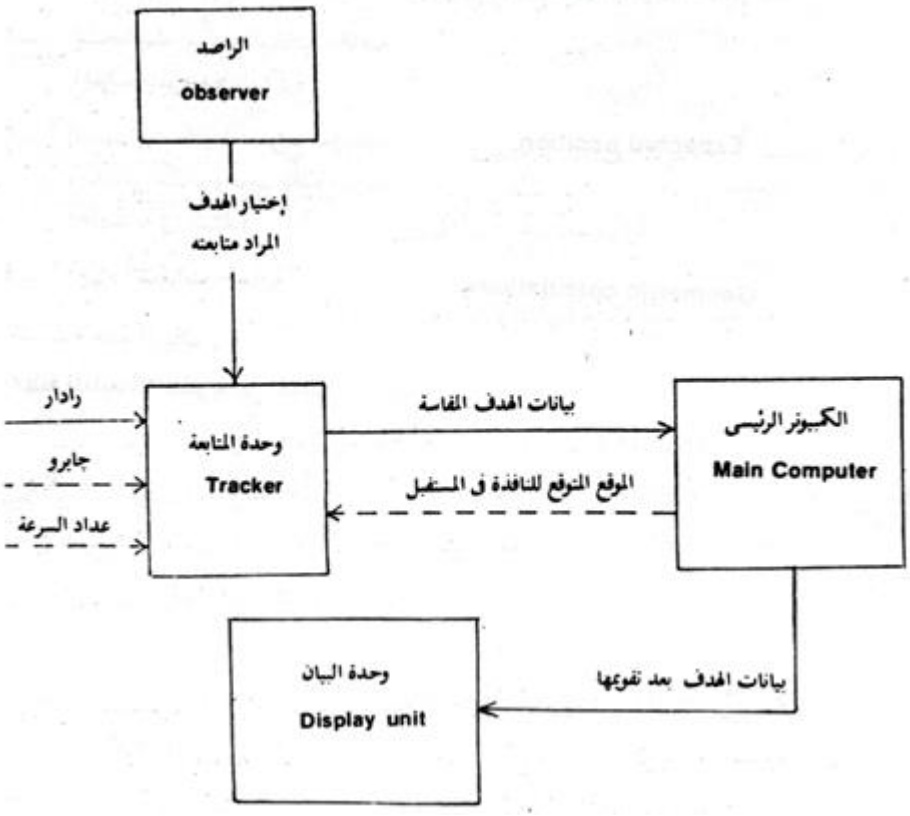
6 - **تجربة المناورة:** إعطاء تأثير أي : مناوره مزمع إجرائها مقدماً قبل التنفيذ لاختيار أفضلها .

7 - **مساعدات ملاحيه** : إعطاء بعض المساعدات من أجل تحقيق سلامة الملاحة .

3 – 6 – 1 طريقة تعامل (أربا) مع الأهداف :

عند استقبال الــرادار أصداء ذات قوة كافيه من أهداف بالمنطقة الموجود بها السفينة الراصدة ستظهر هذه الأهداف على شاشة الرادار يقوم الراصد بالإرشاد الى الأهداف (كلٌ على حدة) التي يريد أن يستعلم عن حركتها ، وخاصة تلك التي يظن أنه قد ينشأ عنها خطر التصادم ، أو اقتراب حرج ، وذلك بتحريك كرة صغيره حرة الحركة (ماوس) ، أو ذراع صغير فتتحرك تبعاً لتلك العلامة التي تسمّى بالنافذة حتى يتم وضعها فوق الهدف المطلوب ، ثم الضغط على المفتاح الخاص بطلب متابعة الهدف ، ومن الممكن أن يتم ذلك أوتوماتيكيا بإظهار نطاق التحذير على الشاشة ، وفي هذه الحالة هدف يبدأ في دخول هذا النطاق يقوم الجهاز بمتابعتها أوتوماتيكيا بدون الحاجة إلى إرشاد بواسطة الراصد كما في شكل (2– 3) ، وعند البدء في متابعة الهدف تقوم أولا وحدة المتابعة بتأكد من وجود الهدف ، ويقبل الهدف، وتستمر متابعته إذا استمر ظهوره بالنافذة بوضوح (نتيجة استقبال صدي بقوة كافية من ثلثي

النبضات التي اصطدمت به) أثناء خمسة دورات كاملة للهوائي علي الأقل ، أو عشرة دورات متتالية ، وبعد ذلك تقوم وحدة المتابعة لقياس المكان المحدد للهدف (الاتجاه والمدى) ، ويجدد هذا القياس مع كل دورة من دورات الهوائي مع المقارنة لتحديد المكان الدقيق للهدف ، وضبط مكان النافذة(التي سيقل حجمها حينئذ) يصبح هذا المكان في مركزها ، ثم ترسل هذه البيانات باستمرار للكمبيوتر الرئيسي لمراقبة التغيرات المتتالية بها لتعرف علي الحركة التقريبية للهدف (التي يجب أن يستدل عليها بعد دقيقة واحدة علي الأكثر من بدْء متابعة الهدف) ، ثم تقويم وصقل هذه الحركة وجعلها انسيابية ، وتحديثها باستمرار ، وذلك لتمييز الحركة الفعلية للهدف، ثم إظهارها على شاشة البيان باستخدام المتجهات ، وإعطاء تقرير شامل عن الهدف رقمياً عند الطلب ، ويجب أن يكون الجهاز قادراً على ذلك بعد ثلاث دقائق على الأكثر من بدء طلب متابعة الهدف ، وتستمر وحدة الكمبيوتر في تحديث البيانات الخاصة بالهدف والتنبؤ بموقعه المتوقع في المستقبل القريب بناءً علي حركته الفعلية، وتحريك مركز نافذة المتابع الى هذا الموقع للاستمرار في متابعة الهدف ، وإذا كان المكان المرصود للهدف ملاصق بالمكان المتنبئ به، فهذا يعني بأن الهدف لم يغير من حركته أما اذا كان هناك فارق بين المكانين ولكن في حدود حيــز النافذة ، فهذا قد يدل على ان الهدف قد قام بتغيير حركته ، يقوم الكمبيوتر بتجديد ومتابعه المعلومات الخاص به لتحديد حركته الجديد ،أما إذا كان الفارق بين المكان المتنبئ به ، والمكان المرصود للهدف كبير بحيث أنه قد خرج من حيز النافذة (كما يحدث أحيانا في حالة تغيير مسار السفينة الهدف فجأة ، وبمقدار كبير) ، فإن مساحة النافذة تكبــر تلقائياً ، وتعود لحجمها في بــادئ الأمر للبحث عن الهدف ، فإذا كان مــازال خارج حدودها، فإن الجهاز لن يستطيع الاستدلال عليه ومواصلة متابعته ، فيعطي الجهاز تحذيرا يدل علي أن الهدف قد فقد (شكل 10).



شكل (10) طريقة تعامل (اربا) مع الاهداف

3 – 6 – 2 وظائف الوحدات: هناك ثلاثة وحدات عمل في جهاز (أربا) ، وهي :

أولا- وحدة المتابعة:

1 - الضبط المستمر للنافذة علي المكان الهدف

2 - التأكد من وجود الهدف بالنافذة.

3 – قياس المكان المحدد للأهداف التي يتم متابعتها.

ثانياً - وحدة الكمبيوتر الرئيسي :

1 - تقويم مكان وحركة الهدف .

2 - التحديث المستمر للبيانات الخاصة بالهدف والموجودة بالذاكرة.

3 - التنبؤ بالمكان المتوقع للهدف ، وبالتالي مكان وحجم نافذة المتابعة الخاصة به في المستقبل.

4 - اجراء العمليات الحسابية

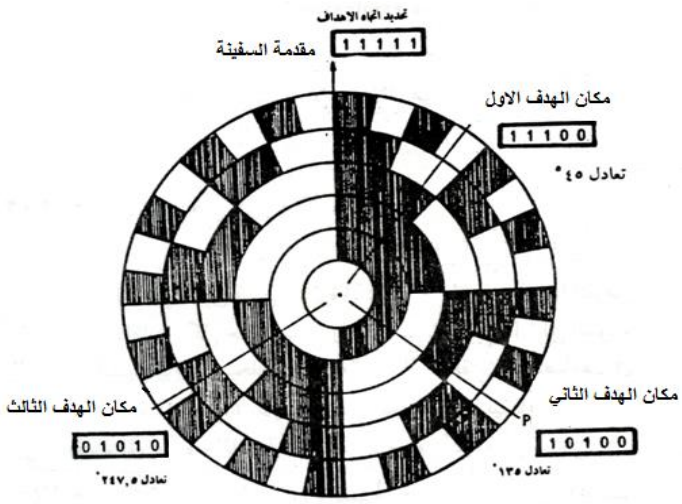
ثالثاً - وحـدة البيان:
إعطاء المعلومات المطلوبة عن الهدف .

3 – 7 ـ كيفية تحديد اتجاه ومدي الأهداف بواسطة الجهاز :
ويتم ذلك عن طريق تحويل مكان صدي الأهداف إلي أرقام يمكن استدلال عليها أوتوماتيكيا بواسطة الجهاز .

3 – 7 – 1 ـ التحديد الكمي لاتجاه الأهداف :
ويتم ذلك عن طريق قرص الشفرة (شكل 11) الذي يتصل بالهوائي وهذا القرص مقسم إلي حلقات وكل حلقة مقسمة إلي عدد متساوي من المناطق السوداء من المناطق البيضاء (الحلقة الأولي مقسمة إلي منطقتين ثم تتضاعف في الحلقات التالية لها) علي إن يلي كل منطقة سوداء منطقة بيضاء، فإذا كان القرص مقسم إلي عشرة حلقات فيكون عدد الأقسام الكلية بالقرص هي :

1042=(2) قسم نصفها 512 قسم أسود ، والنصف الآخر512 قسم أبيض.

المناطق السوداء مصنوعة من مادة موصلة للكهرباء ، وذات الرمز الكودي واحد (1) ، والمناطق البيضاء مصنوعة من مادة عازلة ، وذات الرمز الكودي صفر (0)(22) ، فعند مرور الهوائي وخط الأساس الزمني بمكان الهدف يمكن للجهاز معرفة اتجاه الهدف الكودي ، وكل كود له عدد محدد من الدرجات ، وبذلك يمكن للجهاز تحديد اتجاه الهدف بالدرجات بدقة مناسبة .



قرص الشفرة الخاص بتحديد اتجاه الهدف

شكل (11)

الخـاتمـــة :

وفي نهاية هذا البحث خلص البحث إلى الآتي :

بينا في هــذا البحث نبذة عن الرادار البحــري , هذا الجهاز المهم لكل سفينة و لكل ميناء أو مركز بحري وعرفنا هذا الجهاز ووضحنا طريقة عمله ومراحل تطوره وأساس عمله و مكوناته و اهميته و اوجه استخدامه , ثم كيف ربط جهاز الرادار بأجهزة الحاسوب وظهور جهاز الإربا وهو (جهاز التوقيع الراداري الألي) و الذي بإمكانه مراقبة عدة اهداف في وقت واحد مما ادى إلى نقص كبير في حوادث السفن وزيادة السلامة البحرية ، واوردنا نبذة مختصرة عن هذا الجهاز و الوظائف الرئيسية له و مكوناته الاساسية و طريقة تعامله مع الاهداف و التحديد الكمي لمدى الاهداف .

التوصيات :

نظرا لما تمتاز به بلادنا ليبيا من ساحل طويل يصعب السيطرة عليه و منع الجرائم البحرية من هجرة غير شرعية او تهريب او قرصنة ,عليه نوصي

- بتزويد الاجهزة الامنية و العسكرية بأخر ما توصل اليه العلم في مجال كشف الاهداف و رصدها وتتبعها .
- تزويد كل السفن بأجهزة الرادار المتطورة و كذلك المواني و نقاط المراقبة .
- مواكبة التطور في هذا المجال و الإستفادة منه بأكبر قدر ممكن.

الهوامش

1. العبادي, منصور ابوشريعه, مدخل للهندسة الكهربية, الاردن-عمان 2011 (ص39)
2. دفع الله, مؤتمن مرغني, مبادي الرادار, اكاديمية كرري للتقنية الخرطوم 2006 م (ص15)
3. طه, علي محمد, الانظمة الرادارية في مواجهة التشويش و الخداع , منشورات المعهد العالي للعلوم التطبيقية و التكنولوجيا , سوريا 2011م (ص26)
4. طه, علي محمد 2011 مرجع سابق (ص85)
5. العبادي ,منصور ابوشريعه , انظمة الرادار, جامعة العلوم و التكنولوجيا الاردن2019 (ص: 43)
6. صالح ,صلاح , جهاز التوقيع الراداري الاوتوماتيكي , الطبعة الفنية , مصر2002م (ص18)
7. العبادي, منصور 2019 مرجع سابق (ص39)
8. رشاد, رفعت, اجهزة و انظمة الملاحة الالكترونية, مطابع جريدة السفير ,م 1988مصر (ص: 22)
9. رشاد ,رفعت , 1988 مرجع سابق (ص20)
1. صالح, صلاح 2002م مرجع سابق (20)
2. طه , علي, 2011م مرجع سابق (ص61)
3. طه , علي, 2011م مرجع سابق (ص64)
4. دفع الله 2006م مرجع سابق (ص44)
5. طه, علي, 2011م مرجع سابق(ص58)
6. دفع الله 2006م مرجع سابق (45)
7. دفع الله 2006 مرجع سابق (47)
8. رشاد , 1988م مرجع سابق (128)
9. رشاد 1988م مرجع سابق (ص129)
10. رشاد 1988م مرجع سابق (ص129)
11. صالح 2002م مرجع سابق (ص27)
12. صالح 2002م مرجع سابق (ص24)
13. صالح 2002م مرجع سابق (ص6)