مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (25) العدد (13)2003
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (25) No (13) 2003

دراسة أهمية الدور التكراري لتطوير جملة حذف التشويش السلبي في النظم الرادارية

الدكتور معين يونس*
الدكتور علي أحمد*

(قبل للنشر في 2003/5/7)

□ الملخّص □

إن أزمة الملاحة الجوية التي حصلت في الآونة الأخيرة ، نتيجة لأخطاء ميكانيكية وبشرية أو لسوء الأحوال الجوية، أدت بمجملها إلى ابتكار تقانات جديدة من أجل الحصول على سلامة الركاب، وتحسين تقانات مراقبة الحركة الجوية وتوجيهها توجيهاً صحيحاً، وخاصة في المناطق القريبة من المطارات، لأن معظم الحوادث حصلت في مثل هذه المناطق عند الهبوط أو الإقلاع. ومن أجل تحقيق ذلك لابد من زيادة فعالية جملة حذف التشويش السلبي، لتحقيق أفضل كشف ممكن للأهداف وتوجيهها بالشكل الأمثل.

إن الطريقة الفعالة لتحقيق ذلك هي تغيير عامل الارتباط عن طريق الدور التكراري للنبضات المرسلة الذي نختاره بحيث يحقق الترابط المطلوب ويؤدي إلى الحصول على عامل الحذف المطلوب.

إن زيادة عامل الحذف يتم بتقليل الدور التكراري ولكن هذا التقليل يسبب ظاهرة الإعماء بالمسافة، والذي يقودناإلىمخاطر كثيرة حيث يصبح الزمن اللازم لتوجيه الطيران عند الهبوط غير كافٍ، وهذا يؤدي إلى كوارث عديدة.

تفادياً للسلبيات المذكورة أعلاه وبالتالي لزيادة فعالية جملة الحذف والتخلص من ظاهرة الالتباس بالمسافة سوف ننتقل من الشكل التقليدي لجملة الحذف الذي يعتمد على المعوض الدوري إلى جملة الحذف ذات المرشحات الدوبلرية، والتي تؤمن عامل حذف ممتاز للتشويش السلبي في الظروف الجوية المعقدة وهي سهلة التصميم وذات فعالية جيدة لكشف الأهداف.

*مدرس في قسم الهندسة الالكترونية–كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة تشرين – اللاذقية – سوريا.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (25) العدد (13)2003
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (25) No (13) 2003

Studying of the Period Importance Repetitive for the Group Development Canceling Negative Interference in the Radar Systems

Dr. Younes Moui*
Dr. Ahemed Ali*

(Accepted 7/5/2003)

□ ABSTRACT □

The crisis of the atmospheric navigation that has recently happened due to mechanical or human defects or because of bad atmospheric conditions have all led to the creation of new techniques to ensure passengers safety and improve the techniques of air traffic control ,especially in the regions adjacent to airports since most accidents take place in such places either on landing or take off.

to achieve this objective it is necessary to increase the effectiveness of the group of canceling negative interference to perform the best possible detection of targets and direct them in the optimum form.

An offective way of doing that is to change the correlation factor using that repetitive period of the sending pulsing which we choose so that it would achieve the required correlation and lead to obtain the required cancellation factor.

Increasing the cancellation factor could be done by lessening the repetitive role but this lessening causes the blinding phenomenon by distance which leads to many dangers where the time required for directing the plane on landing is insufficient and in turn results in the occurrence of numerous disasters.

To avoid the above mentioned negative aspects and to increase the effectiveness of the cancellation group and get red of the ambiguity phenomenon by distance, we will move from the traditional form of the cancellation group which depends on the periodic compensator to the cancellation group with Dabbler filters and which secures an excellent factor for the passive interference in the complicated atmospheric conditions ; they can be easily designed besides being very effective in the detection of targets.

*** Instructor – Department Of The Electronic Engineering - Faculty Of Electrical And Mechanical Engineering Tishreen University- Latakia -Syria.**

مقدمة:

إن التخلص من التشويش السلبي له دور هام في عملية هبوط وإقلاع الطائرات وله دور أساسي في تأمين سلامة المسافرين يوميا، وخاصة في الظروف الجوية المعقدة، والتي سببت ومازالت تسبب الكوارث المدمرة، لذا لابد من تحسين عمل الرادار وتقليل تأثير العوائق الطبيعية والصناعية التي تسيء عمله وتقلل من جودته، أي لابد من التركيز على زيادة وقاية الرادار من تأثير وسائط التشويش السلبي [4].

هدف البحث:

تنحصر الغاية الأساسية من البحث في تطوير جملة حذف التشويش السلبي في الظروف الجوية المعقدة، وذلك من خلال دراسة العلاقة التي تقيّم عامل الحذف للجملة ودراسة إمكانية المناورة التي تحدد هذا العامل وتزيد قيمته دون خلق مشاكل وسلبيات جانبية.

عرض البحث:

لأجل تحقيق الهدف من البحث المذكور أعلاه تم عرض البحث في النقاط التالية المدرجة أدناه بغية معالجة المشاكل التي تعاني منها جملة حذف التشويش السلبي.

1. أسس تقييم جملة حذف التشويش السلبي:

يتم تقييم جملة حذف التشويش السلبي من خلال قيمة عامل الحذف K_P الذي تؤمنه الجملة. عامل الحذف يتعلق بعامل الارتباط $R(T_P)$ ويزداد بزيادته لذلك سوف نبحث عن البارومترات التي تدخل في تحديد قيمة عامل الارتباط هذا، ونجد إن كان بالامكان التغيير من قيم هذا البارومتر حتى نصل إلى زيادة هذا العامل.

يتحدد عامل الحذف عند استخدام مرشح طارح دوري وحيد وثنائي بالعلاقتين [1] :

$$K_{P1} = \frac{1}{2[1 - R(T_P)]} \qquad (1)$$

$$K_{P2} = \frac{1}{2[3 - 4R(T_P) + R(2T_P)]} \qquad (2)$$

أما في الترابط الخارجي يتحدد عامل الحذف بالعلاقة :

$$k_{P3} = \frac{1}{2[1 - R^2(T_P)]} \qquad (3)$$

إن عامل الحذف يقل عند استخدام الترابط الخارجي بالمقارنة مع الترابط الداخلي.

إن الأهداف المناخية تملك طيفاً عريضاً وبالتالي تشكل خطراً كبيراً على عملية انتقاء الأهداف المتحركة، ومعالجة الإشارة المفيدة. حيث أنه كلما زاد عرض طيف الإشارة s_f نقص عامل الارتباط للإشارة المستقبلة.

من أجل قانون التوزع الطبيعي لطيف التذبذبات يمكن كتابة عامل الارتباط [1] بالعلاقة :

$$R(t) = \exp(-2P^2 s_f^2 t^2) \qquad (4)$$

إن s_f يمكن التعبير عنها بأنها قيمة التشتت المتوسط للترددات الدوبلرية في طيف الإشارة وإن الأسباب الرئيسية لزيادة قيمة s_f هي:

1-1- تحرك غيمة(العواكس السلبية) تحت تأثير الريح وتغير التوضع المتبادل للعواكس في الحجم النبضي الواحد:

إن هذا يستدعي ظهور تردد دوبلر في طيف الإشارة المنعكسة وسينشأ تشتت في السرعات القطرية للعواكس وتشتت σ_{f1} ينتج عن الريح، ونرمز لعامل ارتباطه $R_V(T_P)$.

1-2- دوران الهوائي:

إن دوران الهوائي يؤدي إلى تعريض طيف تذبذبات الإشارة المنعكسة ليس فقط بسبب تعديل الإشارات المستقبلة لحزمة الإشعاع ولكن بسبب تغير العواكس الموجودة قي الحجم النبضي من إرسال إلى أخر.

يحدد عامل الارتباط لتذبذبات الإشارة نتيجة دوران الهوائي عند إرسال الإشارة كما يلي [1,2]:

$$R_A(T_P) = \exp\left(-1.4\frac{T_P^2}{t_0^2}\right) \qquad (5)$$

حيث T_P: الدور التكراري للنبضات.

t_0: زمن الإشعاع ويتعلق بعرض حزمة الإشعاع وسرعة دوران الهوائي.

$$t_0 = MT_P \qquad (6)$$

M: عدد النبضات قي الحزمة الواحدة المنعكسة عن الهدف.

بمقارنة العلاقتين (4)&(5) نحصل على σ_{f2} المتعلقة بدوران الهوائي:

$$\sigma_{f2} = \frac{0.26}{t_0} \qquad (7)$$

1-3- عدم استقرارية تردد الإشارات المرسلة من قبل المحطة:

إن عدم استقرار الأجهزة حتى في حال ثبات المحطة والعواكس تؤدي إلى تذبذبات الإشارة المنعكسة على مدخل المستقبل، ونشوء قيمة للتشتت المتوسط التربيعي في ترددات طيف الإشارة، وهذه مشروطة بعدم استقرار الأجهزة، وعامل ارتباطه $R_C(T_P)$.

هذه العوامل المؤثرة على طيف الإشارة مستقلة عشوائياً وعليه سيكون لدينا:

$$R(T_P) = R_V(T_P).R_A(T_P).R_C(T_P) \qquad (8)$$

وبالتالي المحصلة الكلية لتشتت الترددات الدوبلرية التربيعية المتوسطة في طيف الإشارة المنعكسة عن الهدف هي:

$$\sigma_{fe} = \sqrt{\sigma_{f1}^2 + \sigma_{f2}^2 + \sigma_{f3}^2} \qquad (9)$$

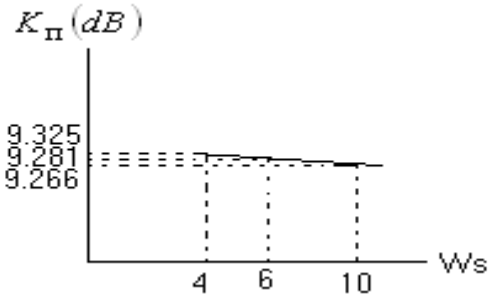
من أجل الحصول على عامل ارتباط كبير، وبالتالي عامل حذف كبير يجب أن نقلل من قيمة التشتت في طيف الإشارة المنعكسة. إن قيم σ_{f1} & σ_{f3} قيم ثابتة لا نستطيع التحكم بها أو التخلص منها أو تعويضها، بل نستطيع التغير والمناورة في قيمة σ_{f2}، وإنقاص قيمتها عن طريق زيادة قيمة زمن الإشعاع، أو زيادة عدد النبضات، والوسيلة الممكنة لزيادة عدد النبضات المنعكسة في الحزمة هي تخفيض سرعة دوران الهوائي وهذا واضح من العلاقة [3]:

$$t_0 = MT_P = \frac{q_b}{W_S} \qquad (10)$$

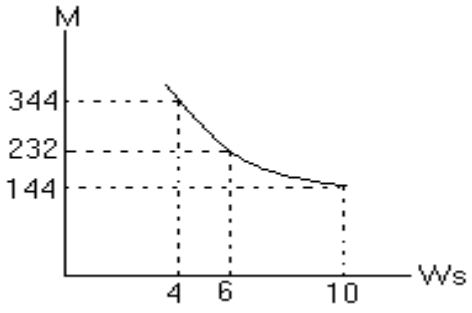
W_S سرعة دوران الهوائي دورة/دقيقة.

q_b عرض حزمة الإشعاع عند مستوي نصف الاستطاعة في المستوي الأفقي.

إن نتائج حساب عامل الارتباط وعامل الحذف من أجل قيم مختلفة لـ W_S عندما $q_b = 3.5^0$ وتردد تكرار $F_P = 2.4KHZ$ ، وعندما $R_C(T_P) = R_V(T_P) = 0.97$ موضح على الشكل 1. وعلاقة سرعة دوران الهوائي مع عدد النبضات المنعكسة M موضحة على الشكل 2.



الشكل 1



الشكل 2

كما هو ملحوظ من النتائج السابقة فإن تخفيض سرعة دوران الهوائي أدت إلى زيادة عدد النبضات المنعكسة في الحزمة الواحدة، وبالتالي زيادة زمن الإشعاع، وهذا ما ينتج عنه انخفاض في قيمة تشتت المتوسط التربيعي، والذي يؤدي إلى زيادة عامل الارتباط بشكل صغير، وقد أدى ذلك إلى زيادة طفيفة في عامل حذف جملة التشويش. فضلا عن السلبيات التي تنتج عن تخفيض سرعة دوران الهوائي، والتي تتمثل في انخفاض سرعة تدفق المعلومات. وهذا الأمر هام في المحطات التي تتعامل مع الأهداف القريبة لذلك يجب البحث عن حل آخر لزيادة عامل الارتباط.

1. <u>تغير الدور التكراري:</u>

من المعروف أن اختيار الدور التكراري يتم بحيث يؤمن عدد النبضات اللازم في الحزمة المنعكسة، وعدم الالتباس في قياس المسافة الذي ينشأ إذا كان الدور التكراري للنبضات المرسلة أقل من زمن التأخير الأعظمي للإشارات المفيدة. ومن أجل التخلص من ظاهرة الالتباس بالمسافة يجب تحقيق المتراجحة [2,3]:

$$T_P \geq \frac{2R_{MAX}}{C} \qquad (11)$$

R_{MAX} : مسافة الكشف العظمى.

C : سرعة انتشار الضوء.

في ظروف التشويش السلبي يتم اختيار الدور التكراري بحيث يحقق الترابط المطلوب والذي يؤدي إلى الحصول على عامل الحذف المطلوب. كما هو ملاحظ من العلاقتين (1)&(2) أنه كلما زاد عامل الارتباط زاد

عامل الحذف وتحسنت فعالية جملة الحذف، وإن زيادة عامل الارتباط يتم بشكل أساسي بتقليل الدور التكراري T_P ومن أجل قيمة ثابتة s_f.

2. <u>الطريقة المقترحة:</u>

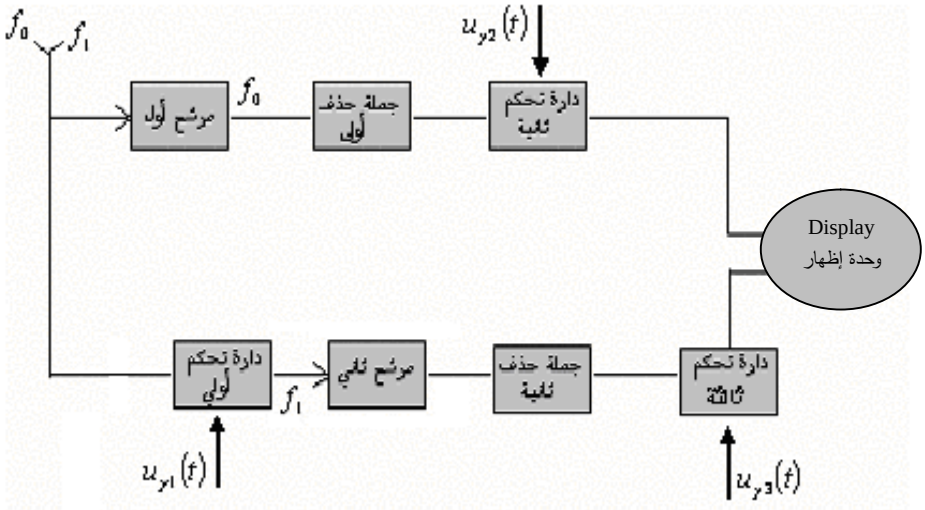
نستنتج أن تقليل الدور التكراري يزيد عدد النبضات المستقبلة ويزيد من فعالية جملة حذف التشويش السلبي، ولكن هذا التقليل يؤدي إلى ظهور ظاهرة الالتباس بالمسافة. فالحل الأنسب هو تقليل الدور التكراري وإيجاد طريقة للتخلص من ظاهرة الالتباس بالمسافة. وبالتالي لتحقيق هذين الأمرين ننتقل من الشكل التقليدي لجملة الحذف الذي يعتمد على المعوض الدوري التكراري مع المحافظة على مسافة كشف ثابتة.

هذه الجملة لا يمكننا تنفيذها اعتماداً على جملة مؤلفة من قناة واحدة بل يجب أن تحوي قناتين على الأقل. إن اختيار عدد الأقنية التي ستدخل في عمل الجملة المقترحة يتم بالاعتماد على عدة عوامل تتمثل بالمسافة التي يشغلها التشويش السلبي ومكان توضعه على مسافة كشف المحطة.

إضافة إلى مدى ترابط الإشارات المنعكسة عن هذا التشويش ومجموعة عوامل أخرى كارتفاع نسبة الضجيج الداخلي للمحطة مع زيادة عدد الأقنية المستخدمة أو زيادة حجم المحطة وتكاليفها كلما زاد عدد الأقنية.

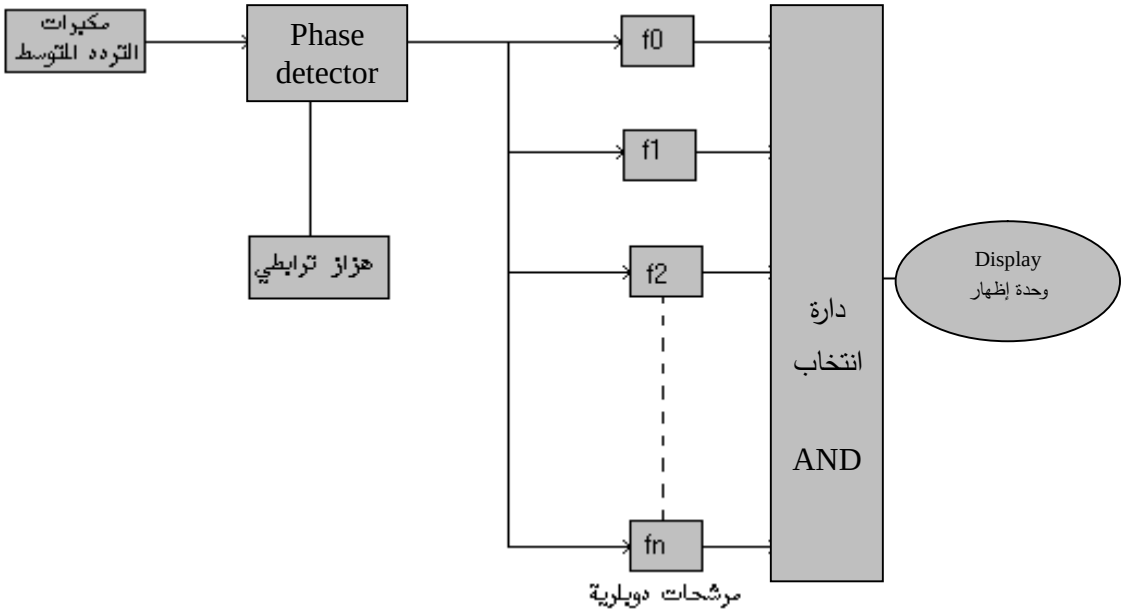
تبين من تقارير الأرصاد الجوية أن أعلى ارتفاع عن سطح الأرض يمكن أن تصل إليه السحابات المناخية والضباب والعواصف الرملية لا يتجاوز 1.5 Km وهكذا ومن أجل زاوية مسح لوب إشعاع (المخطط الإشعاعي) قدره $\theta = 8^\circ$ فإن المسافة التي يشغلها التشويش السري لا تتجاوز منتصف مسافة الكشف. لذلك سوف نحتاج إضافة إلى القناة التي تكشف الهدف على بعد R إلى قناة أخرى تكشف حتى R/2.

الدارة المقترحة(دارة حذف التشويش السلبي) تحوي قناة تعمل على كشف الهدف وأخرى لكشف التشويش والشكل المقترح للدارة هو الشكل 3.



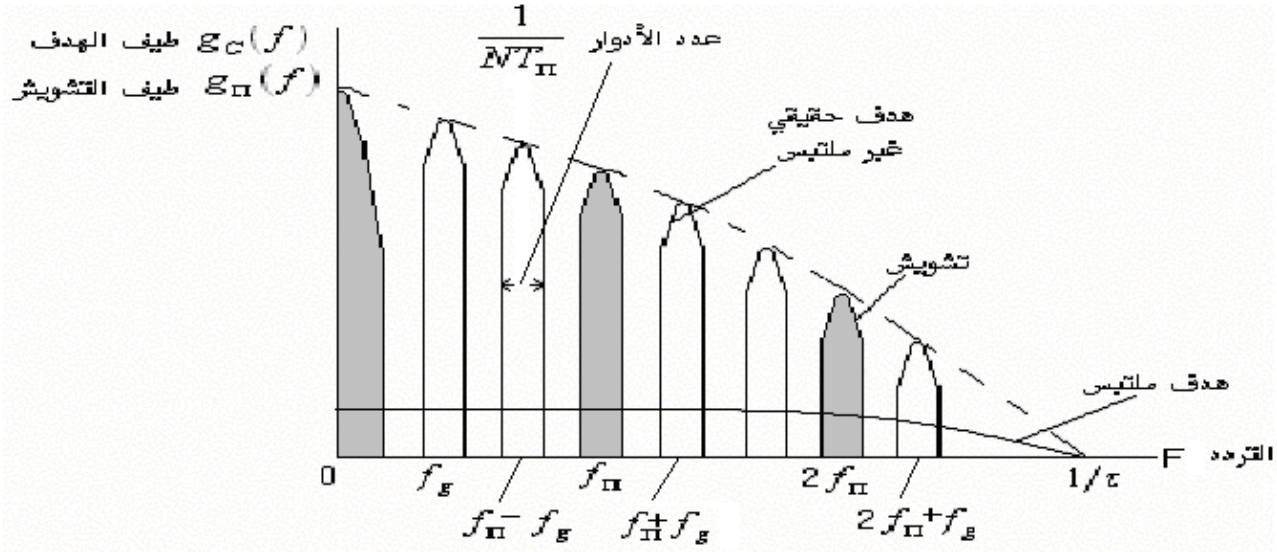
الشكل 3.

أما شكل جملة الحذف المقترحة فهي مبينة في الشكل 4.



الشكل 4.

الهزاز الترابطي هو الذي يولد نفس الإشارة المرسلة وتضرب بالإشارة المستقبلة من أجل تحقيق الترابط.
أما طيوف الإشارات على خرج الكاشف الصفحي لها الشكل 5.



الشكل 5.

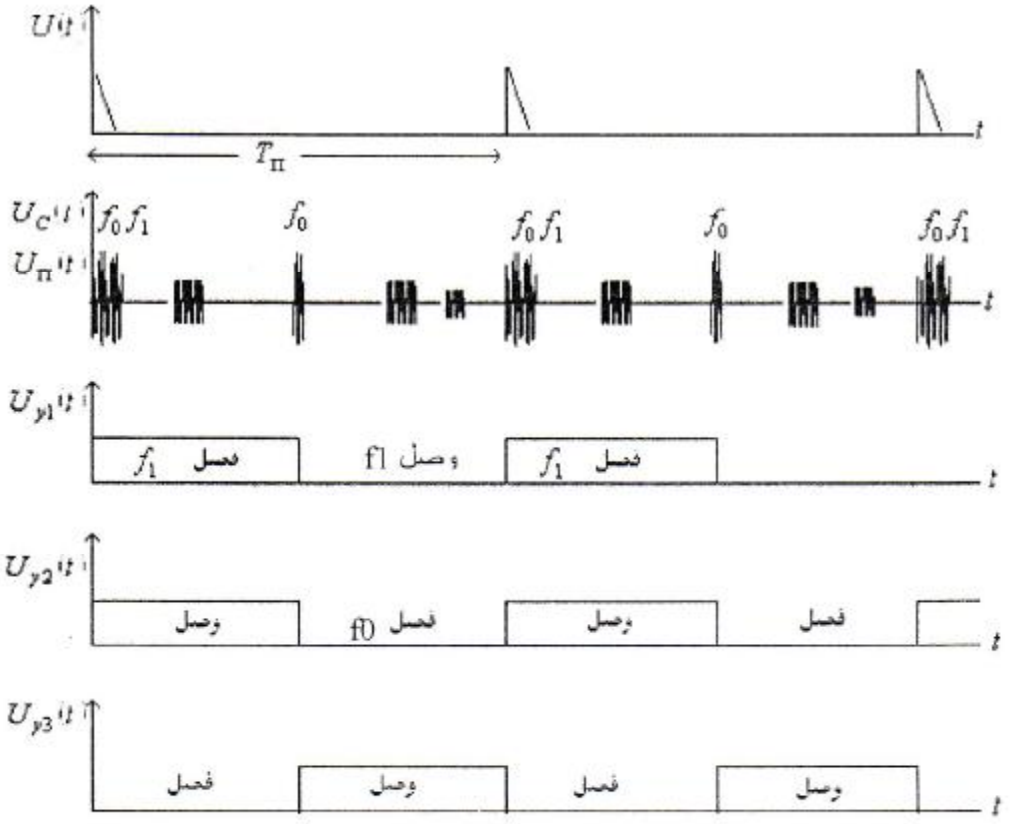
إن إشارة التشويش ستمر فقط من المرشح الذي يمرر f_0 (تردد مركزي للمرشح الدوبلري)، أما الهدف الحقيقي فسيمر من أحد المرشحات $f_1, f_2, \mathbf{K}\ f_n$ أو من اثنين منها على الأكثر، وبالنسبة للهدف الملتبس الذي يملك طيفاً عريضاً فسيمر من جميع المرشحات. نصل مخارج المرشحات الدوبلرية إلى دارة المطابقة.

لحذف التشويش السلبي نفصل خرج المرشح f_0 عن المبين في النصف الثاني بواسطة $U_{y2}(t)$. أما لاختيار الهدف الحقيقي وحذف إشارات الأهداف الملتبسة نقوم بفصل دارة المطابقة عن المبين، إذا كان خرجها

واحد (وهي حالة الهدف الملتبس الذي تمر إشارته من جميع المرشحات) ونقوم بوصل هذا الخرج إلى المبين إذا كان خرجها صفراً(حالة هدف حقيقي).

لتوضيح عمل الجملة سنعالج الحالة التالية (الشكل 6):

وجود تشويش سلبي في النصف الأول من مسافة الكشف وهدف في النصف الثاني منها والشكل (6).



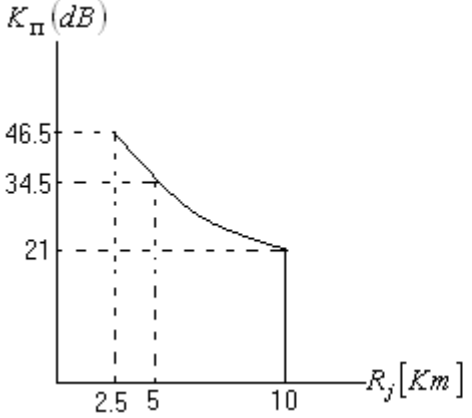
الشكل(6).

كما هو واضح من هذا الشكل أنه يتم إرسال الترددين f1&f0 (f1 تردد مرشح دوبلر الأول) في بداية كل دور مسح وذلك في الجزء الأول من مساقة الكشف أما في الجزء الثاني من مسافة الكشف فيتم إرسال f0 فقط. ويتم استقبال f0 فقط في الجزء الأول من مسافة الكشف حيث f0 يقابل دوراً أصغر بمرتين من الدور التكراري الأساسي للمحطة وبالتالي يؤمن فعالية أفضل لحذف التشويش السلبي. وفي الجزء الثاني من مسافة الكشف يتم استقبال f1 فقط وهذا يقابل دوراً تكرارياً أكبر وبالتالي مسافة كشف أكبر، أما حل مشكلة الالتباس فتؤمنه المرشحات الدوبلرية.

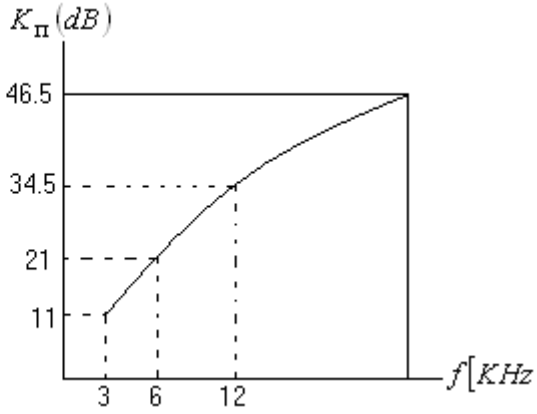
الجزء الأول لمسافة الكشف المذكور سابقاً تتغير مسافته ويتعلق هذا بمسافة التشويش، وبالتالي كلما اقترب التشويش أمكن تقليل الدور التكراري بشكل أكبر وبالتالي تأمين فعالية حذف أكبر وهذه هي الميزة الأساسية

لهذه الجملة. حيث في هذه الجملة تزداد إمكانية حذف التشويش باقترابه من المحطة لأن ذلك يمكّن من تقليل الدور التكراري بشكل أكبر.

على الشكل 7 نمثل علاقة مدى التشويش R_j مع عامل الحذف للقناة الثابتة عندما قيمة التشتت $s_f = 200HZ$ حيث نلاحظ أنه باقتراب الهدف يزداد عامل الحذف، وعلى الشكل 8 علاقة التردد f_P مع عامل الحذف K_P ومنه نستنتج أنه بزيادة التردد التكراري f_P (تقليل الدور التكراري) يزداد عامل الحذف للقناة الثانية. من هذه الأشكال نلاحظ أن هناك ربحاً حقيقياً في زيادة فعالية الجملة.



الشكل 7.



الشكل 8.

وهكذا فإن عامل حذف ممتاز للتشويش المتواجد على مسافة 2.5km وهذه الحالة المدروسة يمكن تعميمها من أجل عدد أقنية أكبر.

من المؤكد أننا لن نستخدم مرسلا مستقلا لكل تردد، لأن هذا يتطلب زيادة في الكلفة والحجم ويؤدي إلى مشاكل مختلفة، بل سيتم استخدام مرسل واحد من أجل جميع الترددات التكرارية.

3. <u>تقييم فعالية الجملة المقترحة بواسطة احتمال الكشف الصحيح:</u>

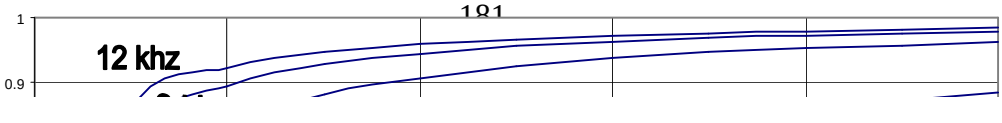
إن احتمال الكشف الصحيح (D) هو البارومتر الأنسب لتقييم فعالية الجملة المقترحة كونه يتضمن عامل حذف التشويش السلبي ونسبة استطاعة الإشارة المفيدة إلى الضجيج $\frac{P_C}{P_N}$ وكذلك نسبة استطاعة التشويش إلى الضجيج $\frac{P_j}{P_N}$ وسندرس تأثير تغير الدور التكراري على احتمال الكشف الصحيح وذلك على خرج جملة الحذف والتي تعطى بالعلاقة [1]:

$$D_i = F^{\frac{1}{1+N\frac{P_C/P_N}{1+P_J/P_N \cdot 1/2K_{Pi}}}} \qquad (12)$$

F احتمال الإنذار الكاذب.

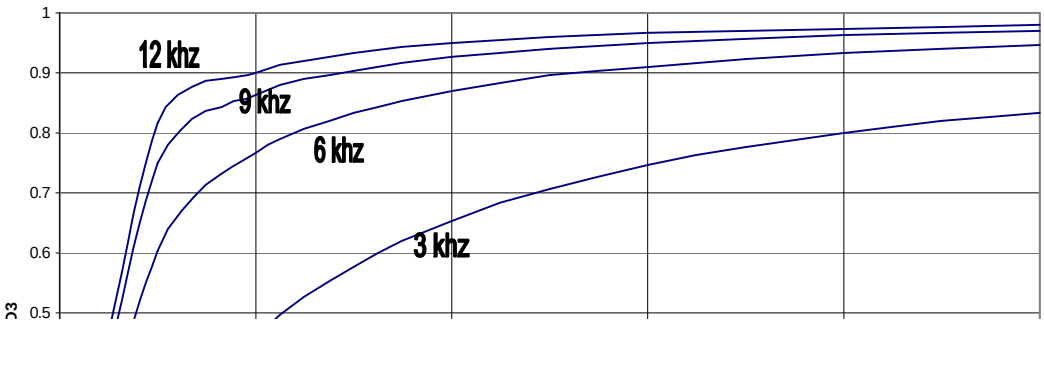
حيث K_{Pi} تأخذ إحدى العلاقات المحددة في 3,2,1.

ولإثبات صحة الفكرة المقترحة وتبيان مدى فعاليتها، تم تنفيذ برنامج على الحاسب لتقيم عمل الدارة المقترحة وفعاليتها على حذف التشويش وذلك باستخدام الـ MATLAB. المخطط (1) وعلى الشكل 9 تم استنتاج



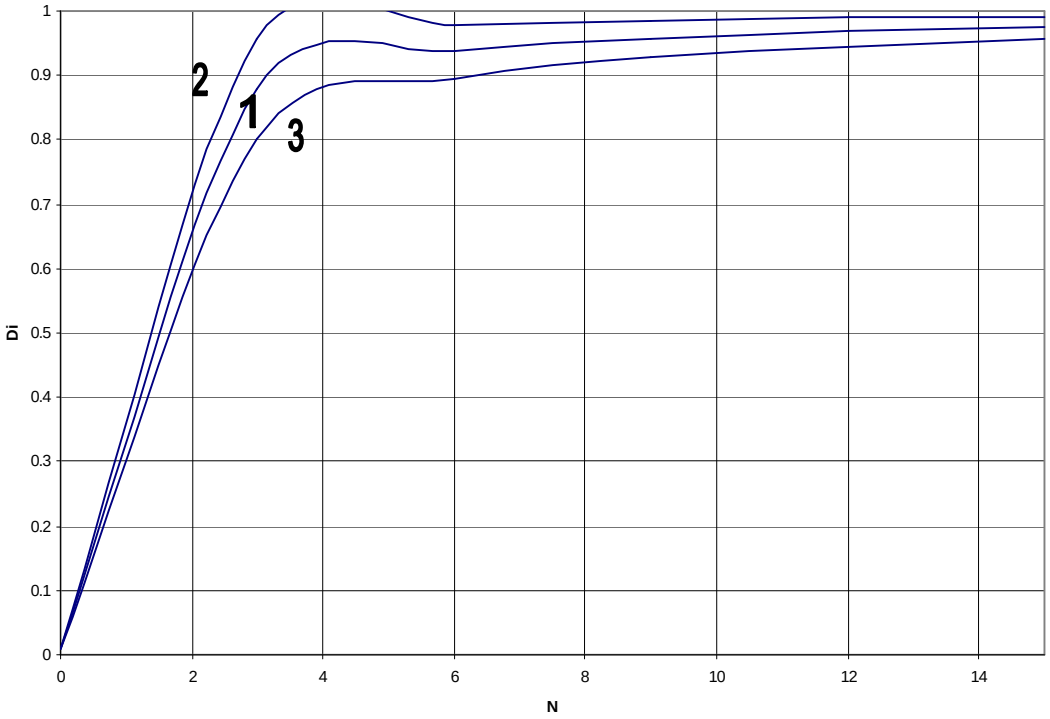
علاقة احتمال الكشف الصحيح مع نسبة الإشارة إلى الضجيج من أجل ادوار تكرارية مختلفة وذلك من أجل F=10^-2.

(ب)

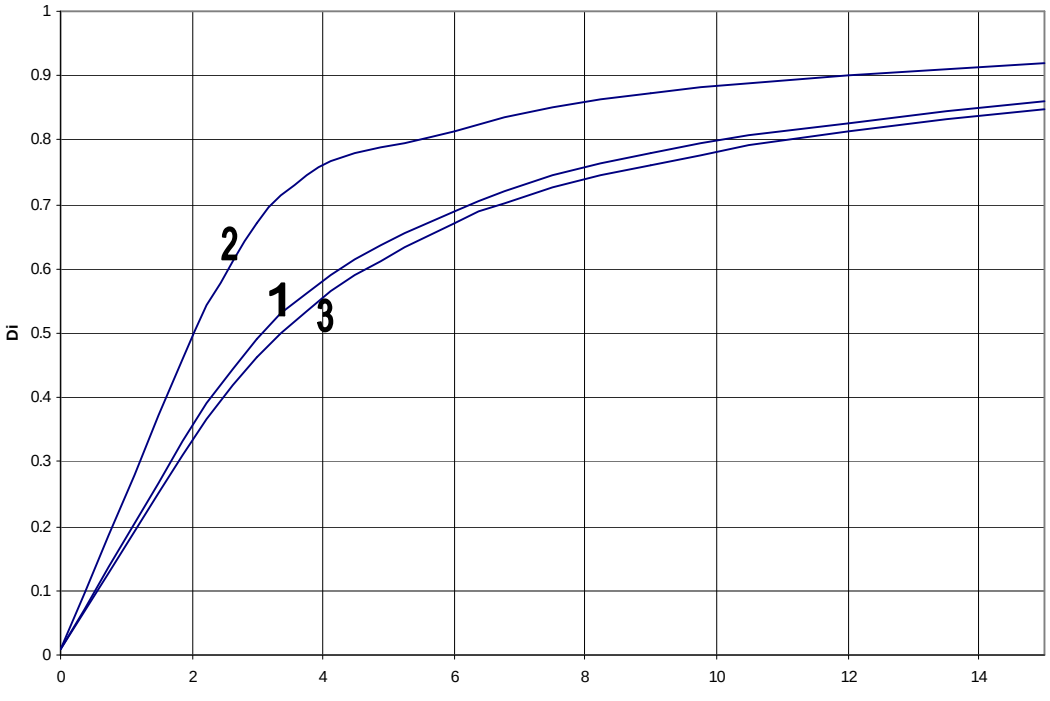


الشكل (9) يبين علاقة احتمال الكشف الصحيح مع نسبة الإشارة إلى الضجيج عند ترددات مختلفة حيث :
أ – عند استخدام العلاقة 1(رقم 1 على الشكل) ، ب – عند استخدام العلاقة 2 (رقم 2 على الشكل) ،
حـ – عند استخدام العلاقة 3 (رقم 3 على الشكل) ، د – المقارنة بين العلاقات الثلاث

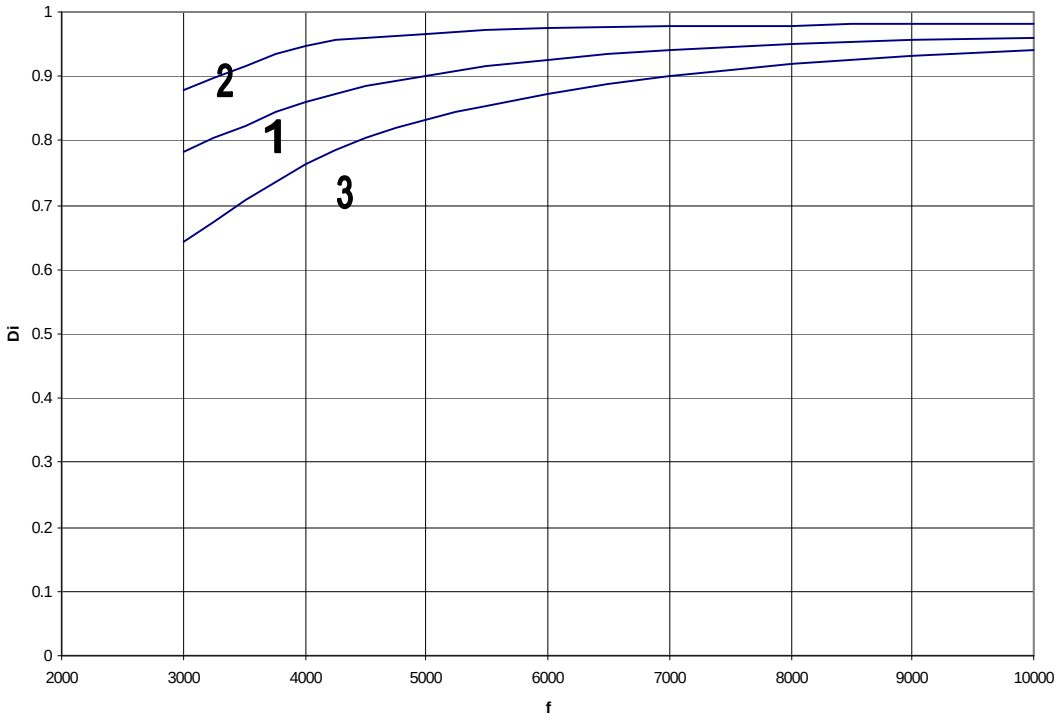
من أجل كل منحني من هذه المنحنيات ومن أجل دور تكراري ثابت نلاحظ أن احتمال الكشف الصحيح يزداد بزيادة نسبة الإشارة إلى الضجيج.ومن أجل هذه المنحنيات نلاحظ أن احتمال الكشف الصحيح يزداد بنقصان الدور التكراري وهذا دليل جديد على فعالية الجملة المقترحة.



الشكل (10) يمثل مقارنة علاقة Di مع عدد النبضات N عند التردد f=6KHZ باستخدام العلاقات الثلاث السابقة



الشكل (11) يمثل مقارنة احتمال الكشف الصحيح Di مع عدد النبضات عند F=10^-4 باستخدام العلاقات الثلاث السابقة



الشكل (12) يمثل علاقة احتمال الكشف الصحيح Di مع التردد عند F=10^-4 باستخدام العلاقات الثلاث السابقة

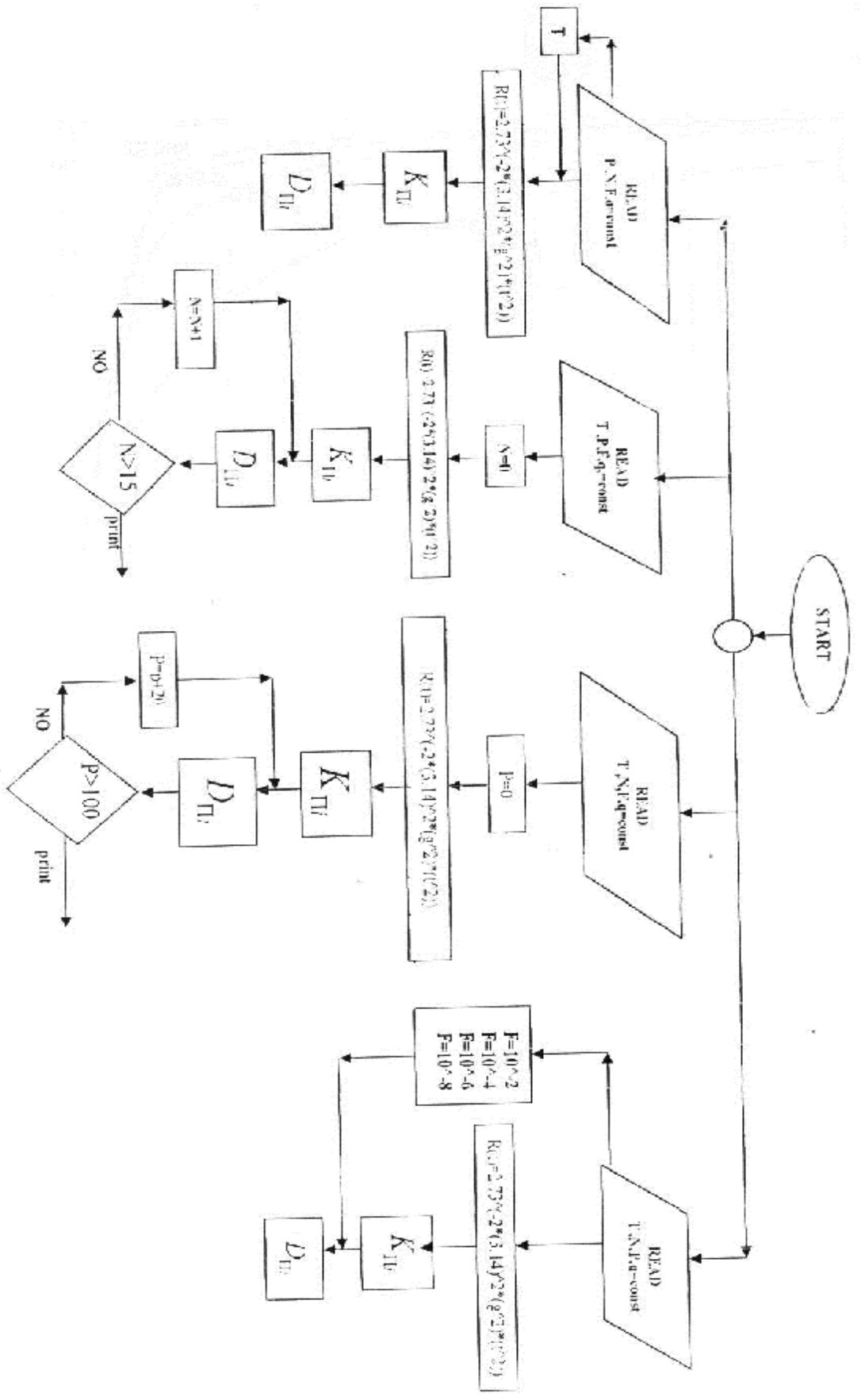
من الأشكال (12,11,10,9) نجد أن استخدام الترابط الداخلي بطارح ثنائي أفضل من استخدام طارح أحادي ومن استخدام الترابط الخارجي.

نتائج البحث:

من خلال الدراسة المفصلة لسلبيات الطرق المستخدمة لحذف التشويش السلبي في الظروف الجوية المعقدة، والطريقة المقترحة لتقليل الدور التكراري مع المحافظة على مسافة ثابتة نستنتج ما يلي:

1. إن التشويش كلما اقترب من المحطة شكل خطراً أكبر، وفي الجملة المقترحة هذه تزداد إمكانية حذفه باقترابه لأن هذا يمكن من تقليل الدور التكراري.
2. إن احتمال الكشف الصحيح للهدف يزداد ينقصان الدور التكراري، ويزداد بزيادة نسبة الإشارة إلى الضجيج عند دور تكراري ثابت.
3. يزداد عامل الحذف مع اقتراب مصدر التشويش من الهدف ومع زيادة التردد.

وهكذا تعتبر الطريقة المقترحة هي الأفضل لفعاليتها في حذف التشويش السلبي، وسهولة تصميمها، وتمثل حل لمشكلة يعاني منها العسكريون والمدنيون على حد سواء.


START
READ
T,N,F,q=const
F=10^-2
F=10^-4
F=10^-6
F=10^-8
READ
T,N,P,q=const
P=0
P=P+20
P>100
NO
print
READ
T,P,F,q=const
N=0
N=N+1
N>15
NO
print
READ
P,N,F,q=const
T

المخطط رقم (1)

المراجع:

.....

1 – A. V. Bolechev, V. G. Dmetreiv, A. V. olyanov Ocnove Radiolokasia u Raduoelektronneia Borpa, 1983.

2 – Electronic warfare in the information Age. 1999.

3 – M.I. Skolnik Radar Handbook, Newyork 1990.

4 –الموسوعة الالكترونية. تأليف الجنرال ا. ى. بالي البروفيسور ن. ب. مارين، ترجمة المهندس يوسف الجهماني اللاذقية 1992.