مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (2) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (2) 2017

تحسين نسبة استطاعة الإشارة المفيدة إلى المؤثرات المعيقة باستخدام الترشيح الفراغي المتكيف

الدكتور غسان محمد*

(تاريخ الإيداع 19 / 10 / 2016. قُبِل للنشر في 19/ 3 / 2017)

□ ملخّص □

يتأثر عمل المحطات الرادارية الإيجابية و محطات الاتصالات اللاسلكية بشكل واضح بإشارات التشويش التي تلتقطها تلك المحطات، وكذلك بالضجيج الناتج عن عمل العناصر الإلكترونية الداخلة في تكوين أجهزة الاستقبال، مما يعقد عملية الحصول على المعلومات في مراحل المعالجة النهائية . لذلك تمت دراسة فعالية خوارزميات الترشيح الفراغي المتكيف لتحقيق القيمة الأعظمية للنسبة " إشارة مفيدة \(تشويش + ضجيج) " وذلك عندما يتم حساب الثوابت الوزنية لمرشح فراغي بوجود أو بغياب الإشارة المفيدة على أجهزة الدخل وذلك بناء على إمكانية تغيير قيم بعض البارامترات المتعلقة بالاستقبال مثل : عدد عناصر الهوائي ، المسافة بين عناصر الهوائي، زاوية ورود الإشارات من الفراغ وكذلك نسبة (الإشارة إلى الضجيج) على دخل المرشح الفراغي.

الكلمات المفتاحية : الترشيح الفراغي المتكيف، الثوابت الوزنية، المرشح الفراغي، نسبة الإشارة إلى الضجيج .

* مدرس – قسم هندسة تكنولوجيا الاتصالات _ كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات _جامعة طرطوس _ سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (2) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (2) 2017

Improve the ratio of signal to interference power by using of adaptive spatial filtration

Dr. Ghassan Mohammed *

(Received 19 / 10 / 2016. Accepted 19 / 3 / 2017)

□ ABSTRACT □

Radar and Radio station receiving of space signals are effected by the interference, also They are effected by the noise caused by the working of electric elements

So, the effectiveness of adaptive spatial filter algorithms is studied to carry out the maximization ratio of "the useful signal / (interference + noise)" when the calculation of weight coefficients of a spatial filter is carried out with the presence or absence useful signal at its input depending on changing some parameters related to receiving such as: the number of the antenna elements and the distance between the antenna , the angle of the coming space signals and the signal / noise ratio on its input.

Key Words : Adaptive spatial filter , weight coefficients , spatial filter , ratio of signal to noise

* **Assistant Professor: Faculty of Information & Communication, Tartous University, Syria.**

مقدمة :

يعد استقرار العمل بوجود التشويش (الثباتية ضد التشويش) أحد المؤشرات الهامة لعمل الوسائط الإلكترونية اللاسلكية، وعند حساب هذه المؤشرات لابد من توافر المعطيات التالية :

1. نماذج الإشارات .
2. نماذج ضجيج أجهزة الاستقبال .
3. نماذج التشويش المضاف .

تستخدم مؤشرات عديدة لتقييم الثباتية ضد التشويش حسب الشروط الأولية ، وذلك في ظروف الضجيج الأبيض لأجهزة الاستقبال أو عند استخدام الضجيج المقصود ، نذكر منها ما يلي :

- نسبة الإشارة / التشويش .
- الاحتمال الوسطي للخطأ لكل نبضة .

في هذا البحث تم استخدام مؤشر تحقيق القيمة العظمى لنسبة الإشارة / التشويش من خلال دراسة فعالية خوارزميات الترشيح الفراغي المتكيف ، التي تتطلب استخدام هوائيات مصفوفية متلائمة .

أهمية البحث وأهدافه:

تقييم فعالية الترشيح الفراغي المتكيف عندما يحقق شعاع الثوابت الوزنية القيمة الأعظمية ل **SINR** على خرج المرشح الفراغي وذلك بوجود أو بغياب الإشارة المفيدة على دخل المرشح الفراغي بناء على النظرية للإشارة .

طرائق البحث وموارده :

تم الاعتماد في هذا البحث لتحقيق القيمة الأعظمية ل **SINR** على دراسة خوارزميات الترشيح الفراغي المتكيف وذلك بناء على المعطيات النظرية للإشارة ، عندما يتم حساب الثوابت الوزنية لمرشح فراغي بوجود أو بغياب الإشارة المفيدة على أجهزة الدخل ، وتم اعتبار قيمة **SINR** مقياسا لفعالية الترشيح الفراغي المتكيف على خرج مرشح فراغي ذو N مرتبة متماثلة والذي يحقق استقبال الإشارة بوجود الضجيج و كذلك بوجود عدد L من اشارات التشويش بحيث : $L < N$. كما إننا سنعبر عن المؤشر الفراغي بهوائي يتألف من عناصر متماثلة ومنفصلة ولا تؤثر على بعضها البعض.

تم استخدام بيئة **MathCAD** البرمجية لرسم الخطوط البيانية وفقا للمعادلات الناتجة .

1.حساب شعاع الثوابت الوزنية لمرشح فراغي :

عند تطبيق معيار القيمة الأعظمية ل **SINR** فإن الشعاع المثالي للثوابت الوزنية لمرشح فراغي يعطى بالشكل التالي[1] :

$$W = \beta R_{ln}^{-1} V_y \qquad (1)$$

حيث :

W – شعاع الثوابت الوزنية (الأوزان المثقلة)، وهي قيمة تأخذ بعين الاعتبارالمتطلبات النظرية لخصائص إرسال الهوائيات المتكيفة وتعتبر القيمة المفضلة لثوابت المرشح الفراغي المثالي ذو N مرتبة.

R_{ln} – مصفوفة ارتباط التشويش و الضجيج .

V_y – شعاع مركب من N مرتبة، يحدد الانتشار المطالي – الصفحي للإشارة المفيدة على خرج عناصر الهوائي، وتحدد له قيمة تساوي تقريبا القيمة المتوقعة للإشارة المتوقع استقبالها، حيث يشكل اشارة مرجعية.

β – ثابت عددي محدد .

استخدم العلاقة (1) لتحقيق الترشيح الفراغي المتكيف يفترض أن الاشارة المفيدة لا تظهر على دخل المرشح الفراغي عند حساب شعاع الثوابت الوزنية أو أنه بطريقة عملية تستثنى من أجهزة الدخل [2] .

في حالة حساب شعاع الثوابت الوزنية بوجود الإشارة المفيدة على الدخل فإنه يحدد كما في العلاقة التالية [3]:

$$W_1 = \beta R_{XX}^{-1} V_y \quad (2)$$

حيث : $R_{XX} = R_{SS} + R_{ln}$

R_{SS} – مصفوفة ارتباط الإشارة المفيدة.

2. خصائص استخدام الثوابت الوزنية :

عند استخدام فرضيات متماثلة وفي حالة درجة عالية من الدقة تصل حتى اعتبار $W = W_1$

أي $\|W\| = \|W_1\|$ فإن $\|W - W_1\| = 0$. [3] حيث $\|.\|$يعني نظيم شعاع في فراغ ذو Nمرتبة.

إن دقة هذه النتيجة تتوقف على تحقيق شرطين أساسيين هما :

1. إهمال عدم الارتباط بين الإشارات على خرج عناصر الهوائيات ، أي أن مصفوفة الارتباط التقريبية للإشارة المفيدة R_{SS} تساوي :

$$R_{SS} = E\{SS^+\} \quad (3)$$

حيث : S – شعاع المرتبة Nللإشارات على خرج مصفوفة عناصر الهوائي $P_s V_s V_s^+$

$E\{.\}$– عملية التوقع الرياضي .

+ – المرافق الهيرميتي، الذي يمثل منقول المرافق العقدي.

P_s– استطاعة الإشارة المفيدة.

V_s– شعاع الإشارة المفيدة .

V_s^+– المرافق الهيرميتي لشعاع الإشارة المفيدة ويعطى بالعلاقة : $V_S^+ = \left[1 e^{-i\varphi_{S1}} e^{-i\varphi_{S=}} \ldots\ldots e^{-i\varphi_{SN-1}}\right]$

$$\varphi_{Sj} = \omega_0 \tau_j$$

ω_0– التردد الحامل .

τ_j– زمن تأخر الإشارة المفيدة و عن عنصر الهوائي (j)بالنسبة لعنصر الهوائي الأول. أي أن مصفوفة إرتباط الإشارة المفيدة تحقق العلاقة: $R_{SS} = \beta\beta_s V_s V_s^+$

2– وجود معلومات نظرية دقيقة عن الإشارة المفيدة و عن تركيب الهوائي المرشح الفراغي التي تسمح بصياغة الشعاع V_yلكي يكون $\| V_y \| = \| V_s \| \quad , \| V_y - V_s \| = 0$

3.مقارنة SINR على خرج ودخل المرشح الفراغي :

سنناقش حالتين : احتمال وجود التشويش على دخل المرشح الفراغي واحتمال عدم وجوده .

3.1. عند غياب التشويش على دخل المرشح الفراغي :

أي عندما (L = 0) ويتحقق الشرط : $\|V_y\| = \|V_s\|\|V_y - V_s\|$ ،0. = يكون :

$$W = W_1 = \beta_1 V_y$$

حيث : β_1 – ثابت عددي محدد .

تكون **SINR** على خرج المرشح الفراغي للمعادلتين الأولى والثانية [1] :

$$R_{in} = \sigma_n^2 R_1$$

R_1– مصفوفة أحادية .

σ_n^2– تشتت الضجيج الحراري .

$$\eta_{out} = \frac{W^+ R_{SS} W}{W^+ R_{in} W} = \frac{V_S^+ R_{SS} V_S}{\sigma_n^2 V_S^+ V_S} = N\left(P_s/\sigma_n^2\right) (4)$$

بسبب الجمع الجيبي لأطوار الإشارات المفيدة من خرج كل عنصر من عناصر الهوائي تكون **SINR** على الخرج أكبر منها على الدخل ب N مرة ، أي أن : $\eta_{out} = N\eta_{in}$ و هذا يعني أن النتراجحة التالية محققة دوما :

$$\eta_{out} \geq \eta_{in}$$

حيث : η_{out} ،η_{in} – هي قيمة **SINR** على دخل وخرج المرشح الفراغي على الترتيب .

W^+– المرافق الهيرميتي لشعاع الثوابت الوزنية .

3.2. عند وجود إشارات تشويش على دخل المرشح الفراغي :

هنا سنميز حالتين : احتمال وجود إشارة تشويش واحدة واحتمال وجود أكثر :

3.2.1**عند وجود إشارة تشويش واحدة (L=1)** و يتحقق الشرط $\|V_y\| = \|V_s\|\|V_y - V_s\|$ ،0. =

يمكن أن نعبر عن مصفوفة ارتباط اشارات التشويش مع الضجيج بالشكل التالي :

$$R_{in} = P_I V_I V_I^+ + \sigma_n^2 R_1 \quad (5)$$

حيث : P_1 – استطاعة اشارة التشويش .

V_I– شعاع إشارة التشويش .

V_I^+ – المرفق الهيرميتي لشعاع التشويش.

بالتالي يمكن أن نعبر عن علاقة شعاع الثوابت الوزنية المبينة بالعلاقة (1) [1]بالشكل :

$$W = \beta[P_I V_I V_I^+ + \sigma_n^2 R_1]^{-1} V_y$$

بإجراء عدة تحويلات رياضية نحصل على العلاقة النهائية لشعاع الثوابت الوزنية (1) [4] :

$$W = a((\sigma_n^2 + P_I + V_I^+ + V_1)R_1 - P_I + V_I^+ + V_1)V_y \quad (6)$$

حيث: $a = 1/(\sigma_n^2(\sigma_n^2 + P_I V_I V_I^+))$

بالتالي عندما يكون : $\|V_s - V_1\| = 0$ و $\|V_s - V_y\| = 0$ نجد أن : $W = \beta_1 V_y$

أي أن شعاع الثوابت الوزنية W يحقق جمع جيبي لأطوار الإشارات المفيدة والتشويش و يكون :

$$\eta_{out} = \eta_{in}^{N/N} = \eta_{in}$$

أما إذا كان $\|V_s - V_1\| > 0$ و $\|V_s - V_y\| = 0$ فإن شعاع الثوابت الوزنية W يحقق جمع جيبي لأطوار الإشارات المفيدة فقط ، ويحقق عند ذلك : $\eta_{out} > \eta_{in}$.

و بالتالي عند وجود إشارة تشويش واحدة فإن **SINR** على الخرج بالنسبة للدخل تحقق المتراجحة التالية :

$\eta_{out} > \eta_{in}$

تكون المتراجحة السابقة صحيحة بالنسبة لكلا المعادلتين (1) و (2) .

إن حالة المساواة في المتراجحة السابقة تتحقق فقط عند تحقيق الشروط التالية :

$$\|V_s - V_y\| = 0 \quad ، \quad \|V_s\| = \|V_I\| \quad ، \quad L = 1$$

حيث : $V_I^+ = \left[1 e^{-i\varphi I_1} e^{-i\varphi I_{N-1}} \dots e^{-i\varphi I_{N-1}}\right]$ ، $\varphi_{I_i} = \omega_{0I}\tau_{Ij}$

$-\omega_{0I}$ التردد الحامل لإشارة التشويش .

$-\tau_{Ij}$ زمن تأخر إشارة التشويش من عنصر الهوائي(j) مقارنة بعنصر الهوائي الأول .

3.2.2 عند وجود أكثر من إشارة تشويش $(L \geq 2)$ وتحقيق الشرط

$$\|V_y\| = \|V_s\|\|V_y - V_s\| = 0.,$$

عندما تكون $(L \geq 2)$: يمكن اعتبار من أجل إحدى إشارات التشويش (x) على الأقل تتحقق العلاقة :

$$V_x - V_s = 0$$

وتكون العبارة المعبرة عن مقلوب مصفوفة ارتباط إشارات التشويش والضجيج هي [4] ، [5]:

$$R_{in}^{-1} = \left(R_{gg}^{-1} - \frac{1}{1+V_y^+ R_{gg}^{-1} V_y} R_{gg}^{-1} V_y V_y^+ R_{gg}^{-1}\right) \quad (7)$$

$-V_y^+$ المرافق الهيرميتي لشعاع الإشارة المرجعية .

$-R_{gg}$ هي مصفوفة ارتباط جميع إشارات التشويش مع الضجيج باستثناء إشارة التشويش (X) وتعطى بالعلاقة

$$R_{gg} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq x}}^{L} P_{Ij} V_j V_j^+ + \sigma_n^2 R_1 \quad (8)$$

نعوض العلاقة (8) في (1) فينتج :

$$W = \beta R_{gg}^{-1} V_y \quad (9)$$

تبين العلاقة (9) أن شعاع الثوابت الوزنية W يحقق قيمة أعظمية للنسبة : $\eta_{out1} = P_{S_{out}}/P_{I_{out}}$

حيث : $-P_{S_{out}}$ استطاعة الإشارة المفيدة على خرج المرشح الفراغي .

$-P_{I_{out}}$ مجموع استطاعات كافة إشارات التشويش عدا واحدة (L−1) بالإضافة إلى الضجيج على خرج المرشح الفراغي .

من الواضح أنه إذا كانت قيمة η_{out1} أعظمية وكانت أيضا : $P_{S_{out}}/P_{x_{out}} = P_S/P_{Ix}$ فإن:

$\eta_{out} > \eta_{in}$

$-P_{S_{out}}, P_{x_{out}}$ استطاعتي إشارة التشويش (X) و الإشارة المفيدة بالترتيب على خرج المرشح الفراغي .

أما بالنسبة للمعادلة (2) وباعتبار أن : $R_{xx} = R_{in} + P_S V_S V_S^+$. وباستخدام قانون مقلوب المصفوفة نحصل على المعادلة : $R_{xx} V_y = \beta_1 R_{in}^{-1} V_y$

$-\beta_1$ ثابت عددي

وبالتالي الدراسة السابقة صحيحة حتى بالنسبة للمعادلة الثانية .

نستنتج مما سبق أنه عند وجود التشويش على دخل المرشح الفراغي فإن قيمة **SINR** على خرجه أكبر منها على دخله أو تساويها في حالات خاصة تحددها الشروط التالية: $\| V_s - V_I \| = 0 \,, \| V_s \| = \| V_I \| \,, \; L = 1$

أي أن المتراجحة التالية محققة دوما : $\eta_{out} > \eta_{in}$

4. حساب قيمة SINR على خرج المرشح الفراغي :

عند غياب المعلومات الدقيقة عن الإشارة المفيدة وعن بنية الهوائي (المرشح الفراغي) أي عندما يكون $\|V_y\| = \|V_s\|$ ولكن $\|V_s - V_y\| > 0$ وبالمقارنة يكون $\|W\| = \|W_1\|$ و $\|W - W_1\| > 0$

و عند غياب إشارات التشويش يكون : $R_{in} = \sigma_n^2 R_1$ وتصبح :

$$R_{xx} = P_S V_S V_S^+ + \sigma_n^2 R_1 \quad (10)$$

حيث : σ_n^2 – تشتت الضجيج الحراري ، R_1 – مصفوفة أحادية .

وتأخذ أشعة الثوابت الوزنية (1) ، (2) الشكل التالي :

$$W = \beta V_y \quad (11)$$

$$W_1 = \beta\left[(V_S^+ V_S + \sigma_n^2/P_S)V_y - \rho V_S\right] \quad (12)$$

$$\rho = V_S^+ V_y \quad (13)$$

باستخدام العلاقتين (11) و (12) وبافتراض أن : $\|V_y\| = \|V_s\| = \sqrt{N}$ ، $\beta = 1$

وبما أنه : $\xi(.) = P_{Sout}/P_S$

P_{Sout}– استطاعة الإشارة على خرج المرشح الفراغي .

نجد أن نسبة استطاعة الخرج على الدخل للمرشح الفراغي بالنسبة للمعادلة (1) تساوي [6] :

$$\xi(W) = N^2(\cos\gamma)^2 \quad (14)$$

$$\cos\gamma = |\rho|/\left(\|V_y\|.\|V_s\|\right) \quad (15)$$

γ – الزاوية بين الشعاعين V_s , V_y وهو يمثل ثابت الارتباط الفراغي [8] [7].

وتصبح قيمة **SINR** على خرج المرشح الفراغي بالنسبة للمعادلة (1) [6] :

$$\eta_{out}(W) = (P_S/\sigma_n^2)N(\cos\gamma)^2 \quad (16)$$

أما بالنسبة للمعادلة (2) فتعطى قيمة الاستطاعة و **SINR** بالعلاقتين [6] :

$$\xi(W_1) = N^2(\cos\gamma)^2(\sigma_n^2/P_s)^2 \quad (17)$$

$$\eta_{out}(W_1) = (P_S/\sigma_n^2) \times \frac{N^2(\cos\gamma)^2(\sigma_n^2/P_S)^2}{(N+\sigma_n^2/P_S)+N^2(\cos\gamma)^2-2N(N+\sigma_n^2/P_S)(\cos\gamma)} \quad (18)$$

من المعادلات (14)،(16) نجد أن نسبة استطاعة إشارة الخرج إلى الدخل للمرشح الفراغي و المعادلات (17) و (18) تتوقفان على قيمة ثابت الارتباط الفراغي و المحددلدرجة قرب الشعاعين V_s , V_y [7]، [8]عند هذا تكون:

$$\lim_{\cos\gamma\to 0}\xi(W) = \lim_{\cos\gamma\to 0}\xi(W_1) = \lim_{\cos\gamma\to 0}\eta_{out}(W) = \lim_{\cos\gamma\to 0}\eta_{out}(W_1) = 0 \quad (19)$$

بالإضافة لذلك نستنتج من المعادلتين (17) ، (18) أنه للمعادلة (2) الشكل التالي:

$$\lim_{(\sigma_n^2/p_s)\to 0}\xi(W_1) = \lim_{(\sigma_n^2/p_s)\to 0}\eta_{out}(W_1) = 0 \quad (20)$$

وهكذا في حال عدم تطبيق الشرط $\|V_y - V_s\| = 0$ فإن الترشيح الفراغي المتكيف يمكن أن يؤدي عمليا إلى حذف كامل الإشارة المفيدة حتى في حال غياب التشويش .إذا ، يمكن أن يحدث حذف الإشارة المفيدة عند إنقاص

ثابت الارتباط الفراغي (1) ، أو عند إنقاص ثابت الارتباط الفراغي أو زيادة نسبة استطاعة الإشارة المفيدة / استطاعة الضجيج(S/N) ، وبالتالي يمكن أن نؤكد الحقيقة التالية لكلا المعادلتين :

عند غياب التشويش و عدم تحقق الشرط $\|V_y\| = \|V_s\|\|V_y - V_s\|$,0. = فإن حذف الإشارة المفيدة يمكن أن يحدث عند زيادة أي من القيم التالية : (P_s/σ_n^2) ، (d)، $\Delta\theta = |\theta_y - \theta_s|$

θ_y– قيمة زاوية الورود الافتراضية للإشارة المفيدة .d – المسافة بين عناصر الهوائي .

$\Delta\theta$ – قيمة الخطأ في زاوية الورود بين الإشارة المرجعية المفترضة والإشارة المفيدة .

يمكن أن نحصل على قيمة الإشارة المرجعية من خلال معادلة المرافق الهيرميتي له والتي تعطى بالعلاقة :

$$V_y^+ = \left[1e^{-i\varphi_{y1}}e^{-i\varphi_{y2}} \dots e^{-i\varphi_{yN-1}}\right] \quad (21)$$

$$\varphi_{yj} = \omega_y \tau_y \quad (22)$$

$$\tau_y = \left(2\pi/\lambda_y\right) d_j \sin\theta_y \quad (23)$$

λ_y – طول الموجة الموافقة للتردد ω_y.

d_j– المسافة بين عنصر الهوائي الأول وعنصر الهوائي ذو الترتيب j .

من خلال المعادلات (13)، (15)، (21)، (22)، (23) وبتعويضها في كل من المعادلتين (16)، (18) نحصل على العلاقتين التاليتين واللتين تبينان ارتباط **SINR** بالمتحولات $\Delta\theta$ ، d ، P_S/σ_n^2 ، N

$$\eta_{out}(W) = \frac{P_S/\sigma_n^2}{N} e^{\frac{-\left[\Delta\omega\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right).d.\sin(\theta)\right]^2}{4\pi}} \quad (24)$$

$$\eta_{out}(W1) = \frac{e^{-2x}}{1-2.e^{-x}+[N+e^{-2x}-2.N.e^{-x}]P_S/\sigma_n^2} \quad (25)$$

حيث X تعطى بالعلاقة : $X = \frac{\left[\Delta\omega.\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right).d.\sin(\theta)\right]^2}{4\pi}$

إن نتائج ارتباط قيمة SINR على الخرج بالأخطاء الحاصلة في معرفة زاوية ورود الإشارة $\Delta\theta$ وبالمسافة بين عناصر الهوائي (d) تبعا لطول موجة الإشارة وبنسبة الإشارة / الضجيج على الدخل P_S/σ_n^2 وحسب عدد عناصر الهوائي (N) مبينة على الأشكال من (1) وحتى (6) .

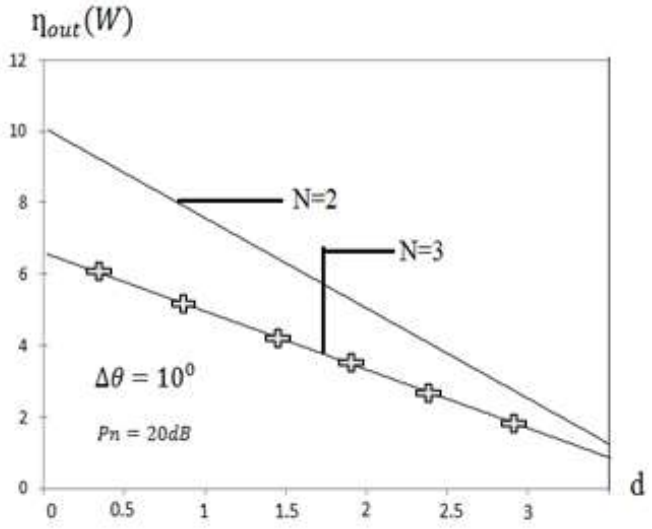
الخط المتصل يمثل التغير عندما عدد عناصر الهوائي N=2، والخط المنقط يمثل التغير عندما N=3.

تتوقف قيمة d على طول الموجة المستخدمة وتكون غالبا من مرتبة السنتيمتر .

تم التعبير عن نسبة الإشارة / الضجيج على الدخل على الخطوط البيانية بالرمز Pn وتؤخذ قيمتها من العلاقة:

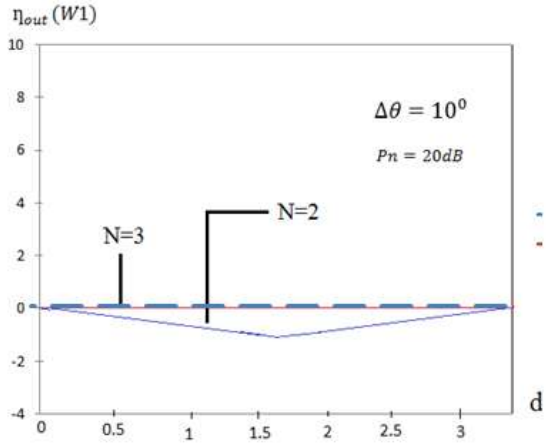
$$10lg\left(P_S/\sigma_n^2\right) = 20dB$$

قيمة **SINR**(η_{out}) على الدخل لم يتم حسابها كون الدراسة تقييم تغير **SINR** على الخرج تبعا لتغير قيم البارامترات المذكورة سابقا ، وفي جميع الأشكال تعطى قيمتها بالواحدة dB .



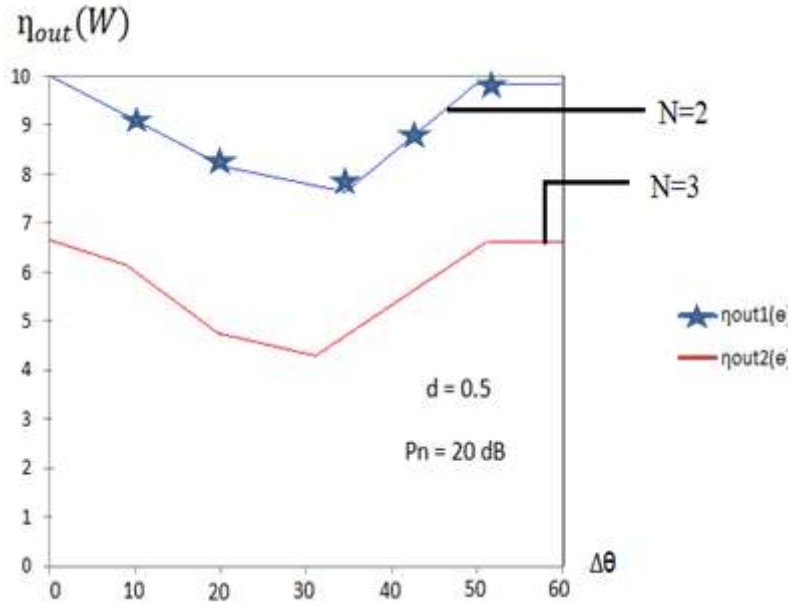
الشكل (1) يمثل تغير النسبة SINR تبعا لتغير المسافة بين عناصر الهوائي

من الشكل (1)نلاحظ أن SINR تتناقص مع زيادة المسافة بين عناصر الهوائي ، ويكون التناقص أقل عندما عدد عناصر الهوائي أكبر .



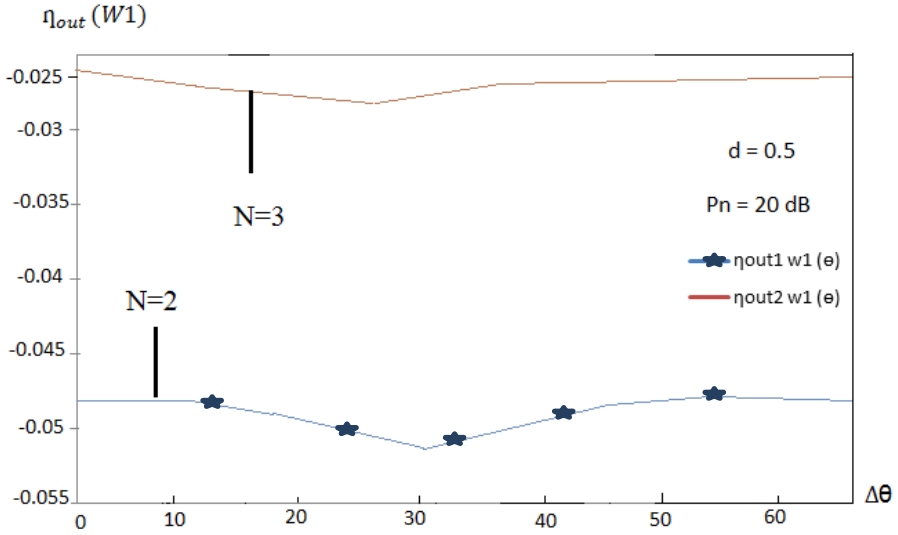
الشكل (2) يمثل تغير النسبة SINR تبعا لتغير المسافة بين عناصر الهوائي

من الشكل (2)نلاحظ أن قيمة SINR لا تتأثر فعليا بزيادة المسافة بين عناصر الهوائي أو تغير عدد عناصر الهوائي .



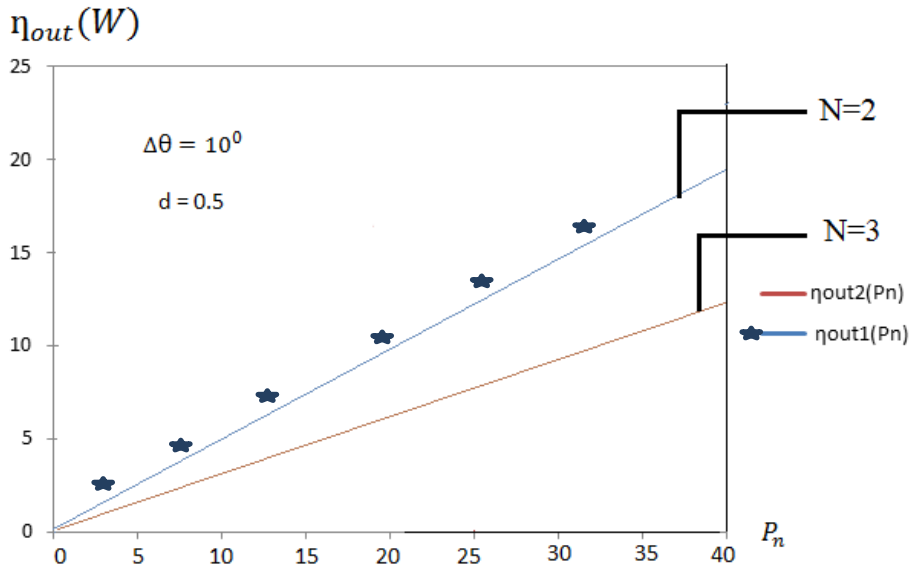
الشكل (3) يمثل تغير النسبة SINR تبعا لتغير الخطأ في زاوية ورود الإشارة

من الشكل (3)نلاحظ أن قيمة SINR تتناقص في البداية مع زيادة الخطأ في زاوية ورود الإشارة المفيدة ، ثم تعود لتستقر تقريبا على نفس القيمة الابتدائية ل SINR دون أن يكون لعدد عناصر الهوائي أي تأثير يذكر .



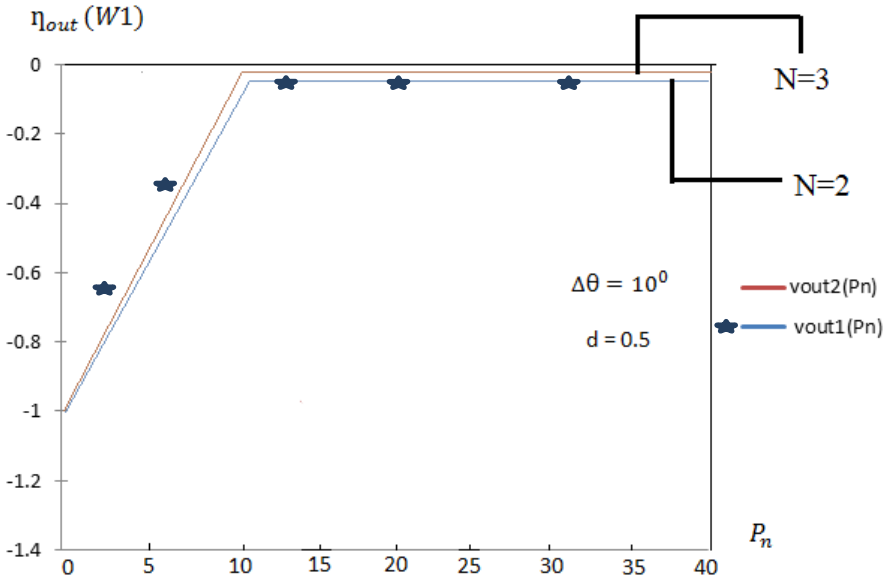
الشكل (4) يمثل تغير النسبة SINR تبعا لتغير الخطأ في زاوية ورود الإشارة

نلاحظ من الشكل (4)أن قيمة SINR تتناقص بشكل بسيط في البداية مع زيادة الخطأ في زاوية ورود الإشارة المفيدة ، ثم تعود لتستقر تقريبا على نفس القيمة الابتدائية ل SINR دون أن يكون لعدد عناصر الهوائي أي تأثير يذكر .



الشكل (5) يمثل تغير النسبة SINR تبعا لتغير نسبة (الإشارة / الضجيج) Pn على دخل المرشح الفراغي

نلاحظ من الشكل (5)أن قيمة SINR تتزايد بشكل مستمر مع زيادة نسبة (الإشارة / الضجيج) على الدخل ويكون التزايد أكبر عندما عدد عناصر الهوائي أقل .



الشكل (6) يمثل تغير النسبة SINR تبعا لتغير نسبة (الإشارة / الضجيج) Pn على دخل المرشح الفراغي

نلاحظ من الشكل (6) أن قيمة SINR تتزايد بشكل حاد مع زيادة نسبة (الإشارة / الضجيج) على الدخل حتى قيمة معينة ثم تستقر بعدها ، لكنها لا تتأثر بشكل يذكر مع زيادة عدد عناصر الهوائي .

النتائج و المناقشة :

تبين الدراسة النظرية للبحث ما يلي :

- قيمة SINR على خرج المرشح الفراغي أكبر منها على دخله وفي أسوأ الأحوال تساويها وذلك عند وجود معلومات نظرية دقيقة عن الإشارة المفيدة وعن تركيب المرشح الفراغي سواء تم استخدام المعادلة (1) أو المعادلة (2).
- يتم حذف للإشارة عند تناقص ثابت الارتباط الفراغي في المعادلة (1) و (2) وكذلك زيادة النسبة " إشارة مفيدة \ ضجيج " في المعادلة (2) وذلك في غياب المعلومات الدقيقة عن الإشارة المفيدة و عند غياب التشويش .

تبين الدراسة العلمية من خلال الرسوم البيانية (1) ، (3) ، (5) وفقاً للمعادلة (24) الناتجة عن دراسة المعادلة (1) ما يلي :

- إن قيمة SINR على خرج المرشح الفراغي تتناقص مع زيادة المسافة بين عناصر الهوائي ولا تتأثر فعليا بتغير الخطأ في زاوية ورود الإشارة المفيدة ولكنها تتزايد بشكل كبير مع زيادة النسبة " إشارة مفيدة \ ضجيج " على الدخل .
- تكون زيادة عدد عناصر الهوائي ذات أثر إيجابي يحدد من تناقص قيمة SINR عند زيادة المسافة بين عناصر الهوائي ، ولا يؤثر فعليا عند تغير الخطأ في زاوية ورود الإشارة المفيدة ، لكنه ذو أثر سلبي على تزايد قيمة SINRعند تزايد النسبة " إشارة مفيدة \ ضجيج " على الدخل .

تبين الدراسة العملية من خلال الرسوم البيانية (2) ، (4) ، (6) المشكلة وفقا للمعادلة (25) الناتجة عن دراسة المعادلة (2) ما يلي :

- قيمة النسبة SINR على خرج المرشح الفراغي لا تتأثر فعليا بزيادة المسافة بين عناصر الهوائي، أو زيادة الخطأ في زاوية ورود الإشارة المفيدة ، ولكنها تتزايد بشكل كبير مع زيادة النسبة " إشارة مفيدة \ ضجيج " على الدخل.
- لا يؤثر تغير عدد عناصر الهوائي بشكل يذكر على قيمة SINR عند تغير المسافة بين عناصر الهوائي، أو زيادة الخطأ في زاوية ورود الإشارة المفيدة ، أو زيادة النسبة " إشارة مفيدة \ ضجيج " على الدخل.

الاستنتاجات والتوصيات :

1. إن تغير الخطأ في زاوية ورود الإشارة المفيدة لا يؤثر فعليا على قيمة SINR، لذلك لا يفيد استخدام هذا البارامتر .
2. ينصح بإنقاص المسافة الفاصلة بين عناصر الهوائي لإن زيادتها تنقص قسمة قيمة SINR.
3. من أجل تحقيق قيمة مناسبة SINR على خرج المرشح الفراغي ، يجب زيادة النسبة "إشارة مفيدةاضجيج "

المراجع:

[1] MONZENGO, R. A ; MULLER, T. Y.- Adaptive antennas , Moscow, 1986

[2] DUVALL, K. M. ; COOCH, R. P. ; NEWMAN, W. C.-Adaptive beamforming for coherent signals & interference,. IEEE Trans. Antennas and propag.., v.30, No 3 ,1992 , PP.29-38 .

[3] CHERMAN. O.P ; RATINSKEE, M. V. ; KOMOV, A. A. ; POUSHEN, A. E.- Radio-engineering and electronics , Moscow ,1994.

[4] GHANTMAHER, F. R. – Theory of matrix M.: Naoka, 1988 .

[5] HORN, R. ; GONSON, C. –Analysis of matrix . M.: Meer , 1989 .

[6] MARCHOOK, L. A ; KOLINKO, A. V-Functional algorithms : broadcast and receiving , Radio-engineering , Moscow , No 1, 1998 , PP.48-53 .

[7] HENG-ChEN, L. – Adaptive spatial filtration , IEEE Trans. Antennas and Propag, v.30,No 2 , 1990 , PP.66-78 .

[8]Haupt, R.L.; Flemish, J.; Aten, D. "Adaptive Nulling Using Photoconductive Attenuators", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Volume 59, Issue 3, pp 869-876, March 2011.