

A Comparison between the radiation patterns For Linear Array Antennas using Hamming and Blackman Windows

Faten sarhel¹

(Received 18 / 12 / 2018. Accepted 24 / 2 / 2019)

□ ABSTRACT □

In this paper, two methods were used for the study of the properties of radiation for the equally space and another non uniform excitation antenna array, They are Hamming and Blackman.

The excitation coefficients are calculated and the radiation patterns are presented using MATLAB simulation at different elements number for two arrays.

The equally space and uniform excitation antenna array for odd and even elements number is studied at a variable distance between the elements , Beside studying the effect of the elements number on the radiation pattern.

Finally we compared the radiation patterns both of Hamming and Blackman with that belong to the equally space and uniform excitation array linear and compared with them for different elements and different distances for conclusion the effect of the previous parameters on the radiation pattern and the half power beam width.

Keywords : linear array, excitation coefficients, directivity array , radiation pattern, Hamming array. Blackman array

¹ technical member ,Department of Communications Engineering ,Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University ,Lattakia , Syria.

مقارنة النماذج الإشعاعية لهوائي مصفوفي خطي بطريقتي نافذة Hamming و نافذة Blackman

فاتن سرحيل²

(تاريخ الإيداع 18 / 12 / 2018. قُبل للنشر في 24 / 2 / 2019)

□ ملخص □

يقدم هذا البحث مقارنة الخواص الإشعاعية لمصفوف خطي منتظم المسافات وآخر غير منتظم التغذية اعتماداً على طريقتي Hamming وطريقة Blackman، حيث تم حساب معاملات التغذية ورسم المخطط الإشعاعي لعدة حالات مختلفة من عدد العناصر المكونة لكل من المصفوفين السابقين عن طريق نمذجة النموذج الرياضي لهما باستخدام الماتلاب.

تم دراسة حالة مصفوف خطي منتظم المسافات والتغذية عند عدد زوجي وفردية من العناصر مع تغيير المسافات بين العناصر وتم دراسة اثر زيادة عدد العناصر على شكل النموذج الإشعاعي عند كل حالة. تم في نهاية البحث مقارنة شكلية النموذجيين الإشعاعيين لمصفوفي "هامينغ" و"بلاك مان" ومع المصفوف الخطي منتظم المسافات والتغذية عند مسافات بينية مختلفة وعدد عناصر مختلف وصولاً لاستنتاج تأثير كل من المعاملين السابقين على شكل النموذج الإشعاعي وعلى فتحة الإشعاع عند مستوى نصف الاستطاعة.

الكلمات المفتاحية: مصفوف خطي - معاملات التغذية - اتجاهية المصفوف - النموذج الإشعاعي-مصفوف هامينغ- مصفوف بلاك مان.

² مشرفة على الأعمال- قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة تشرين- اللاذقية - سورية.

مقدمة:

يهدف هذا البحث إلى دراسة النموذج الإشعاعي لمصفوف هوائي خطي منتظم المسافات وغير منتظم التغذية حيث تمت نمذجته اعتماداً على طريقتي Hamming و Blackman مع مقارنة المخطط الإشعاعي لكل من الطريقتين، من ثم مقارنة كل منهما مع المخطط الإشعاعي الناتج عن مصفوف هوائي خطي منتظم المسافات والتغذية عند مسافات بينية متغيرة وباستخدام عدد فردي ثم عدد زوجي من العناصر.

أهمية البحث وأهدافه :

تستخدم الهوائيات المصفوفية بشكل عام للحصول على ربح كبير مع اتجاهية عالية وفتحة إشعاع ضيقة عند سوية نصف الاستطاعة .

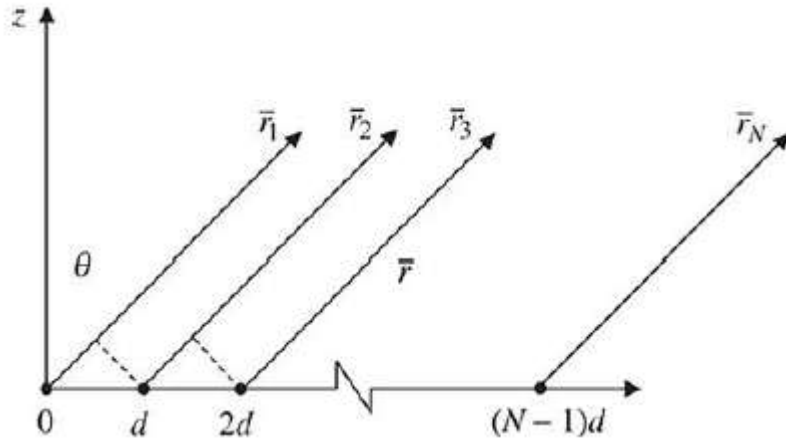
تعاني مصفوفات الهوائيات الخطية منتظمة المسافات والتغذية من مشكلة رئيسية تتمثل في ارتفاع سوية الوريقات الإشعاعية الثانوية، لذا ويهدف التحكم في مستوى هذه الوريقات ومواقعها تم اللجوء إلى استخدام الهوائيات الخطية منتظمة المسافات وغير منتظمة التغذية، حيث أن استخدام تغذية مختلفة من عنصر لآخر يعطي إمكانية كبيرة للتحكم بسعات ومواقع الوريقات الإشعاعية الثانوية.

تم في بداية البحث التركيز على مفهوم الهوائي المصفوفي ومعامل المصفوف مع التعرف على مفهوم الاتجاهية وفتحة الإشعاع عند سوية نصف الاستطاعة .

تستخدم العديد من الطرق الرياضية في تحقيق المصفوفات منتظمة المسافات وغير منتظمة التغذية، على سبيل المثال طريقة ثنائي حد نيوتن (الهوائي المصفوفي ذي الحدين) ، طريقة دولف تشيبشيف [1],[2] والتي تعد الأكثر شهرة وانتشاراً. أما في هذه الدراسة تم استخدام طريقتين في نمذجة هوائي مصفوفي خطي منتظم المسافات وغير منتظم التغذية هما طريقتي Hamming و Blackman . كما يقدم البحث تحليلاً رياضياً للمصفوف منتظم المسافات وغير منتظم التغذية ولمفهوم الوزن (معاملات التغذية) للعناصر المختلفة.

طرائق البحث ومواده:**1-المصفوف الخطي منتظم المسافات والتغذية:**

هو عبارة عن مصفوف مؤلف من N دايبول مفصولة بعضها عن بعض بمسافات متساوية، وتغذى فيه جميع العناصر بنفس الشدة أو المطال [3]، يوضح الشكل (1) لهذا المصفوف المكون من N عنصر آيزوتروبي. نفترض العنصر رقم n يتقدم على العنصر $(n-1)$ بزواوية فرق طور كهربائي قدرها (δ) ومن الناحية العملية فإنه يمكن تحقيق فرق الطور المذكور بإزاحة طور التيار المغذي لكل عنصر .



الشكل (1) مصفوف خطي منتظم من N عنصر

وبافتراض $r \gg d$ يمكن اشتقاق معامل المصفوف وفق ما يلي [1]:

$$AF = 1 + e^{j(k.d.\sin\theta+\delta)} + e^{j2(k.d.\sin\theta+\delta)} + \dots + e^{j(N-1)(k.d.\sin\theta+\delta)} \quad (1)$$

$$\psi = kd \sin \theta + \delta \quad \text{حيث :}$$

وبما أن جميع العناصر المكونة للمصفوف هي منابع آيزوتروبييه فإن شدة الإشعاع الناتجة عن كل منها تساوي الواحد، لذا يلعب الطور دوراً مهماً في سلوك هذا المصفوف و تتعلق قيمته بالمسافة بين عناصر المصفوف . وبإصلاح العلاقة السابقة تكون العلاقة النهائية لمعامل المصفوف:

$$AF_n = \frac{1}{N} \frac{\sin\left(\frac{N\psi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\psi}{2}\right)} \quad (2)$$

2- زاوية فتحة الإشعاع عند سوية نصف الاستطاعة :

عند سوية نصف الاستطاعة وعندما المصفوف طويل بما يكفي [1] , [2] :

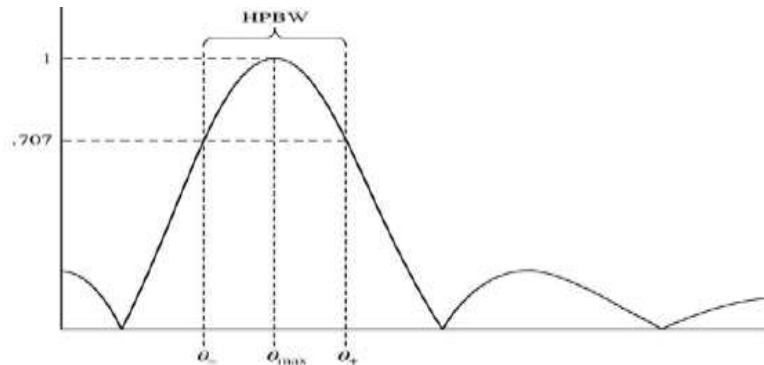
$$AF(\psi) = 0.707$$

الحل العام لهذه المعادلة:

$$\theta_{\pm} = \sin^{-1} \left(\frac{1}{k.d} \left(\frac{\pm 2.782}{N} - \delta \right) \right) \quad (3)$$

تكون فتحة الإشعاع عند سوية نصف الاستطاعة:

$$HPBW = |\theta_+ - \theta_-| \quad (4)$$



الشكل (2) حساب فتحة الإشعاع عند سوية نصف الاستطاعة

3- اتجاهية مصفوف خطي من N عنصر :

تقيس الاتجاهية قدرة الهوائي على توجيه الاستطاعة باتجاه محدد ويمكن كتابة علاقة الاتجاهية بالصيغة:

$$D(\theta, \psi) = \frac{4\pi U(\theta, \psi)}{\int_0^{2\pi} \int_0^\pi U(\theta, \psi) \sin \theta d\theta d\psi} \quad (5)$$

بافتراض أن المصفوف يتوضع على طول المحور Z تكون الاتجاهية الأعظمية:

$$D_0 = \frac{4\pi}{\int_0^{2\pi} \int_0^\pi \left(\frac{\sin\left(\frac{N}{2}(kd \sin \theta + \delta)\right)}{\frac{N}{2}(kd \sin \theta + \delta)} \right)^2 \sin \theta d\theta d\psi} \quad (6)$$

4-الهوائي المصفوفي الخطي المزاح Beam steered :

يمكن في هذا النوع من الهوائيات تركيز و توجيه القيمة العظمى للإشعاع عند زاوية ما θ_0 :

$$AF_n = \frac{1}{N} \frac{\sin\left(\frac{Nkd}{2}(\sin \theta - \sin \theta_0)\right)}{\sin\left(\frac{kd}{2}(\sin \theta - \sin \theta_0)\right)} \quad (7)$$

وبالتالي فإن الاتجاهية تتعلق بالزاوية :

$$\theta_{\pm} = \sin^{-1} \left(\frac{\pm 2.782}{Nk.d} + \sin \theta_0 \right) \quad (8)$$

5-المصفوفات الموزونة ومعاملات تغذية عناصر المصفوف Array Weighting :

من استنتاجنا لمعامل المصفوف افترضنا أن جميع العناصر الايزوتروبية ذات مطال مساوٍ للواحد، و تبعاً لهذا الفرض أصبح بالإمكان نشر معامل المصفوف كسلسلة وتقريبها إلى تابع $\text{sinc } x = \frac{\sin(x)}{x}$.

من الواضح أن لهذا المعامل وريقات ثانوية من أجل مصفوف له معامل بقيمة أعظمية تساوي الواحد، حيث يمثل مستوى الوريقة الثانوية الأساسية نحو 24 % من مستوى الوريقة الرئيسية وينتج عن وجود هذه الوريقات الثانوية إشعاع طاقة في اتجاهات غير مرغوبة [4], [5], [6].

يمكن للوريقات الثانوية في البيئة ذات المسارات المتعددة استعمال نفس الطاقة من زوايا مختلفة وهو السبب الرئيسي لظاهرة الخفوت في أنظمة الاتصالات، إذا كانت زاوية الإرسال المباشر معلومة فمن الأفضل توجيه الشعاع من الاتجاه المرغوب و إعادة تشكيل الوريقة الثانوية لكبت الإشارات غير المرغوبة، يمكن كبت الوريقات الثانوية عن طريق توزيعها وبالتالي إحاطة عناصر المصفوف بنافاذة إشعاعية وتسنلزم هذه العملية استخدام تقنيات معالجة الإشارة المتقدمة.

من أجل مصفوف ذي عدد زوجي N من العناصر والمسافة بين كل عنصرين هي d يمكن كتابة علاقة معامل المصفوف مع مراعاة وزن تيار كل عنصر :

$$AF_{even} = w_m \cdot e^{-j\frac{2M-1}{2}k.d.\sin\theta} + \dots + w_1 \cdot e^{-j\frac{1}{2}k.d.\sin\theta} \quad (9)$$

و بإجراء عدة عمليات رياضية نكتب العلاقة النهائية على الصورة :

$$AF_{even} = \frac{\sum_{n=1}^M w_n \cos[2(n-1)u]}{\sum_{n=1}^M w_n} \quad (10)$$

$$u = \frac{\pi.d}{\lambda} \cdot \sin\theta \quad \text{حيث :}$$

بنفس الطريقة و من أجل عدد فردي من العناصر يكون معامل المصفوف الموزون هو :

$$AF_{odd} = \frac{\sum_{n=1}^{M+1} w_n \cdot \cos[2(n-1)u]}{\sum_{n=1}^{M+1} w_n} \quad (11)$$

و بالتالي يمكن التعبير عن معامل الصفوف بالعلاقة :

$$AF = \bar{w} \cdot \bar{a}(\theta) \quad (12)$$

يمكن اختيار الأوزان w_n لتحقيق الشروط المرغوبة في الحالات الحدية، وعادةً ما تكون من الشروط هي إنقاص سوية الوريقات الثانوية بحيث تتوضع الأصفار عند زوايا محددة.

و على أية حال يمكن الوصول إلى أوزان متناثرة بحيث نحصل على الشكل المرغوب للوريقات الثانوية.

توجد العديد من النوافذ التي تعطي أوزان مرغوبة للمصفوف الخطي [7], [8], [9]. سندرس منها طريقتين:

1- طريقة Blackman :

في هذه الطريقة تعرف الأوزان (معاملات التغذية) تبعاً للعلاقة :

$$w_{k+1} = 0.42 - 0.5 \cos \left[\frac{2\pi k}{N-1} \right] + 0.08 \cos \left[\frac{4\pi k}{N-1} \right] \quad (13)$$

حيث $k = 0, 1, 2, \dots, N-1$.

2- طريقة نافذة هامينغ Hamming:

تعطي أوزان هامينغ بالعلاقة:

$$w(k+1) = 0.54 - 0.46 \cos \left[\frac{2\pi k}{N-1} \right] \quad (14)$$

حيث: $k = 0, 1, 2, \dots, N-1$.

النتائج والمناقشة :

أولاً: حساب معاملات التغذية لمصفوفي Blackman , Hamming:

يمكن حساب أوزان مصفوف Blackman إما بالتطبيق المباشر للعلاقة (13)، أو باستخدام الأمر (N) blackman في Matlab، وكذلك يمكن حساب أوزان مصفوف Hamming إما بالتطبيق المباشر للعلاقة (14)، أو باستخدام الأمر (N) Hamming في Matlab، حيث تمثل N عدد عناصر المصفوف، وتكون المعاملات السابقة للمصفوفين المدروسين عند العدد المدروس من العناصر معطاة بالجدول الآتية:

الجدول (1-1) أوزان Blackman من أجل N=7 عناصر:

موقع العنصر	$w_{\mp 3}$	$w_{\mp 2}$	$w_{\mp 1}$	w_0
قيمة المعامل	0	0.13	0.63	0

الجدول (2-1) أوزان Blackman من أجل N=8 عناصر:

موقع العنصر	$w_{\mp 4}$	$w_{\mp 3}$	$w_{\mp 2}$	$w_{\mp 1}$
قيمة المعامل	0	0.0905	0.4592	0.9204

الجدول (3-1) أوزان Blackman من أجل N=9 عناصر:

موقع العنصر	$w_{\mp 4}$	$w_{\mp 3}$	$w_{\mp 2}$	$w_{\mp 1}$	w_0
قيمة المعامل	0	0.0664	0.34	0.7736	1

الجدول (4-1) أوزان Blackman من أجل N=10 عناصر:

موقع العنصر	$W_{\mp 5}$	$W_{\mp 4}$	$W_{\mp 3}$	$W_{\mp 2}$	$W_{\mp 1}$
قيمة المعامل	0	0.0509	0.258	0.63	0.9511

الجدول (5-1) أوزان Blackman من أجل N=12 عناصر:

موقع العنصر	$W_{\mp 6}$	$W_{\mp 5}$	$W_{\mp 4}$	$W_{\mp 3}$	$W_{\mp 2}$	$W_{\mp 1}$
قيمة المعامل	0	0.0326	0.1599	0.4144	0.736	0.967

الجدول (6-1) أوزان Blackman من أجل N=14 عناصر:

موقع العنصر	$W_{\mp 7}$	$W_{\mp 6}$	$W_{\mp 5}$	$W_{\mp 4}$	$W_{\mp 3}$	$W_{\mp 2}$	$W_{\mp 1}$
قيمة المعامل	0	0.0227	0.1076	0.2821	0.5374	0.8039	0.9763

الجدول (7-1) أوزان Hamming من أجل N=7 عناصر:

موقع العنصر	$W_{\mp 3}$	$W_{\mp 2}$	$W_{\mp 1}$	W_0
قيمة المعامل	0	0.63	0.13	1

الجدول (8-1) أوزان Hamming من أجل N=8 عناصر:

موقع العنصر	$W_{\mp 4}$	$W_{\mp 3}$	$W_{\mp 2}$	$W_{\mp 1}$
قيمة المعامل	0.0800	0.2532	0.6424	0.9544

الجدول (9-1) أوزان Hamming من أجل N=9 عناصر:

موقع العنصر	$W_{\mp 4}$	$W_{\mp 3}$	$W_{\mp 2}$	$W_{\mp 1}$	W_0
قيمة المعامل	0.08	0.2147	0.54	0.8653	1

الجدول (10-1) أوزان Hamming من أجل N=10 عناصر:

موقع العنصر	$W_{\mp 5}$	$W_{\mp 4}$	$W_{\mp 3}$	$W_{\mp 2}$	$W_{\mp 1}$
قيمة المعامل	0.0800	0.1876	0.4601	0.7700	0.9723

الجدول (11-1) أوزان Hamming من أجل N=12 عناصر:

موقع العنصر	$W_{\mp 6}$	$W_{\mp 5}$	$W_{\mp 4}$	$W_{\mp 3}$	$W_{\mp 2}$	$W_{\mp 1}$
قيمة المعامل	0.0800	0.1530	0.3489	0.6055	0.8412	0.9814

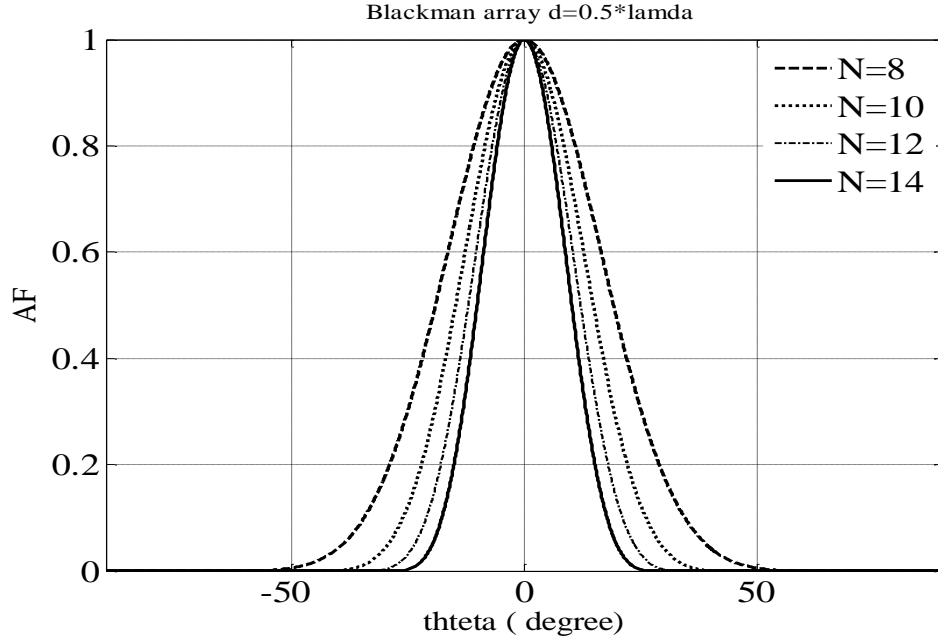
الجدول (12-1) أوزان Hamming من أجل N=14 عناصر:

موقع العنصر	$W_{\mp 7}$	$W_{\mp 6}$	$W_{\mp 5}$	$W_{\mp 4}$	$W_{\mp 3}$	$W_{\mp 2}$	$W_{\mp 1}$
قيمة المعامل	0.0800	0.1327	0.2787	0.4846	0.7031	0.8843	0.9866

ثانياً : دراسة تأثير عدد العناصر على شكل النموذج الإشعاعي :

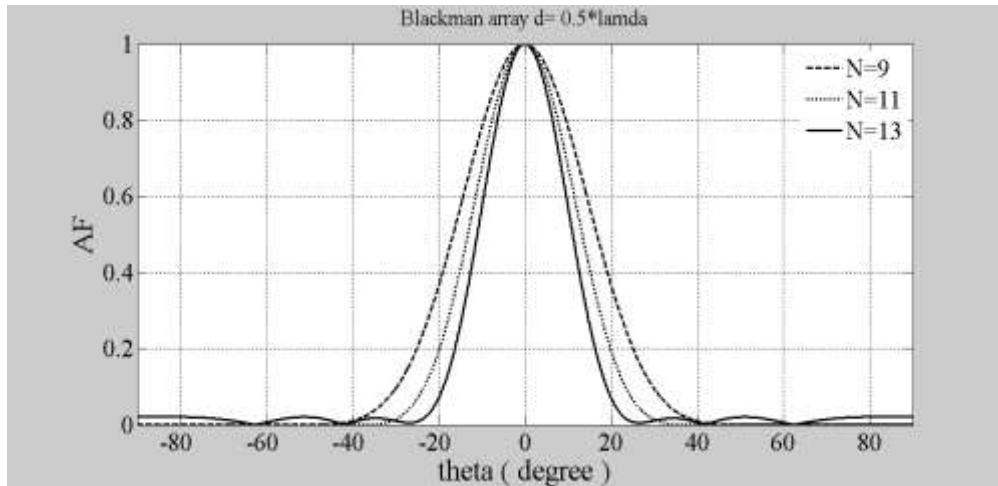
1-مصفوف Blackman :

باستخدام علاقة معامل المصفوف (10) من أجل عدد زوجي من العناصر عند مسافة بينية $d = 0.5\lambda$ وبمراعاة معاملات التغذية في الجداول السابقة تم الحصول على النماذج الإشعاعية أدناه باستخدام الماتلاب :



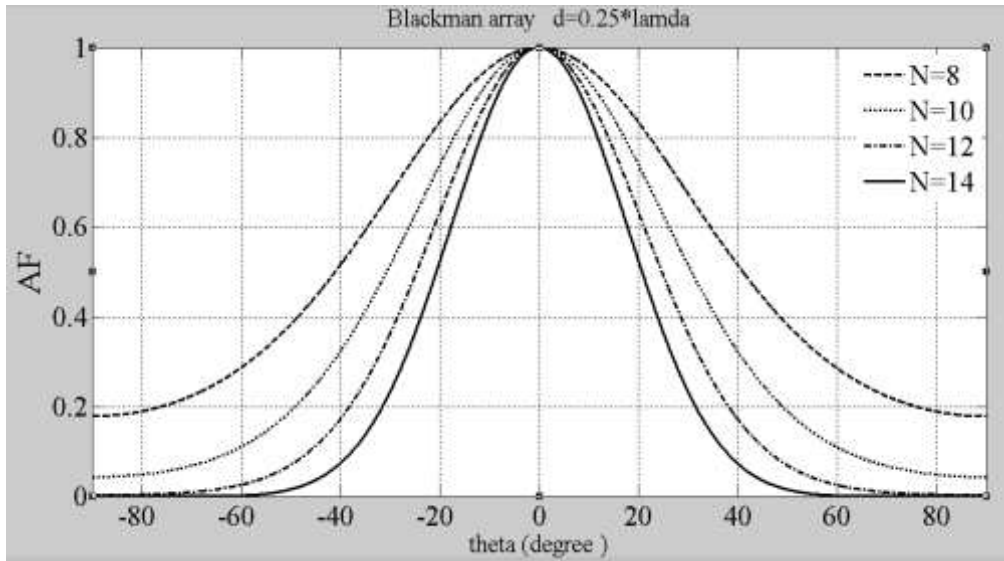
الشكل (3) المخطط الإشعاعي لمصفوف Blackman من أجل عدد زوجي من العناصر، $d = 0.5\lambda$

باستخدام علاقة معامل المصفوف (11) من أجل عدد فردي من العناصر عند مسافة بينية $d = 0.5\lambda$ وبمراعاة معاملات التغذية في الجداول السابقة تم الحصول على النماذج الإشعاعية أدناه باستخدام الماتلاب :

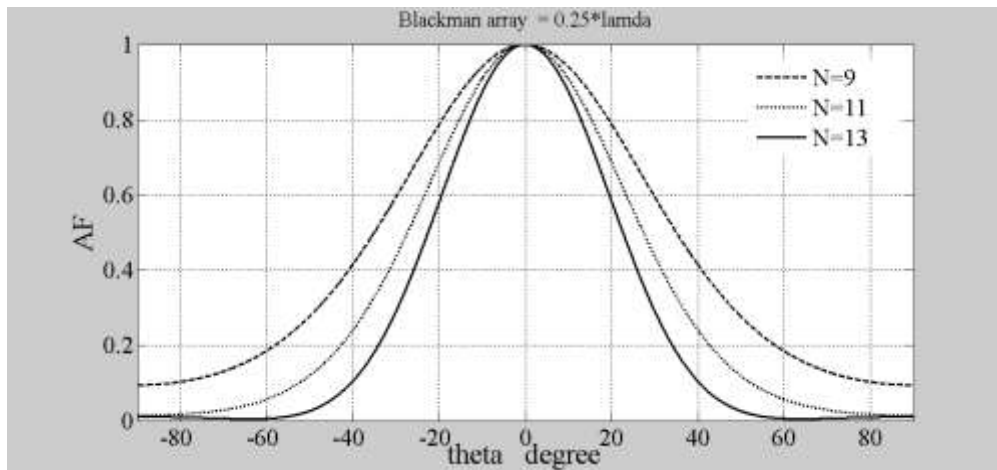


الشكل (4) المخطط الإشعاعي لمصفوف Blackman من أجل عدد فردي من العناصر، $d = 0.5\lambda$

أما عند مسافة بينية $d = 0.25\lambda$ ويتكرر العمل ذاته نحصل على النماذج الإشعاعية الآتية من أجل عدد زوجي وفردي من العناصر :



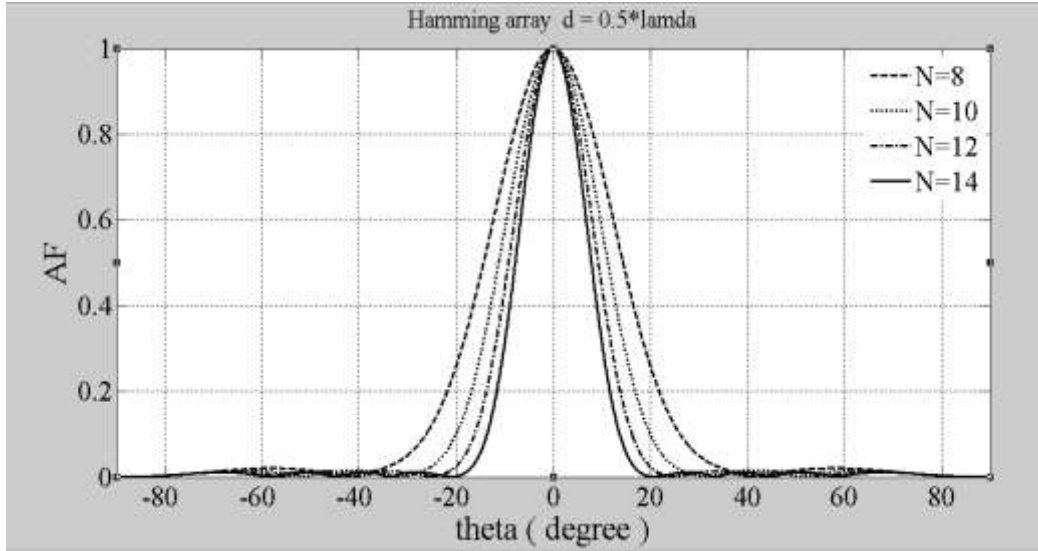
الشكل (5) المخطط الإشعاعي لمصفوف Blackman من أجل عدد زوجي من العناصر، $d = 0.25\lambda$



الشكل (6) المخطط الإشعاعي لمصفوف Blackman من أجل عدد فردي من العناصر، $d = 0.25\lambda$

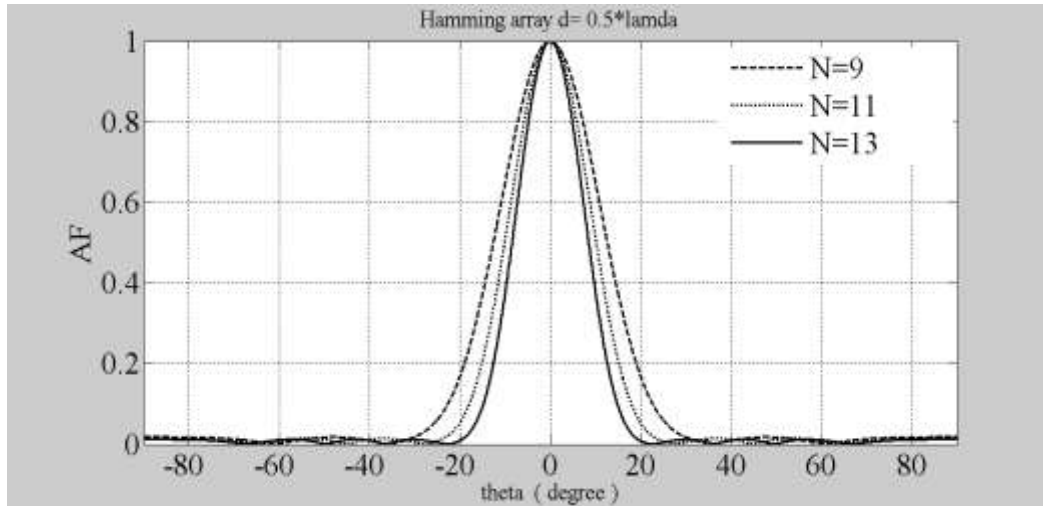
2- مصفوف Hamming :

باستخدام علاقة معامل المصفوف (10) من أجل عدد زوجي من العناصر عند مسافة بينية $d = 0.5\lambda$ وبمراعاة معاملات التغذية في الجداول السابقة تم الحصول على النماذج الإشعاعية أدناه باستخدام الماتلاب:



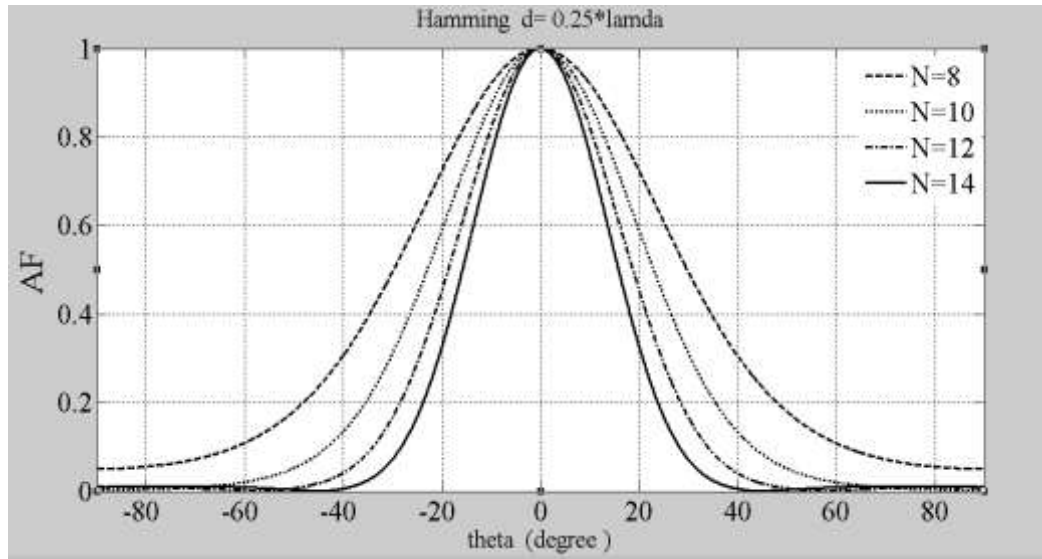
الشكل (7) المخطط الإشعاعي لمصفوف Hamming من أجل عدد زوجي من العناصر، $d = 0.5\lambda$

باستخدام علاقة معامل المصفوف (11) من أجل عدد فردي من العناصر عند مسافة بينية $d = 0.5\lambda$ وبمراعاة معاملات التغذية في الجداول السابقة تم الحصول على النماذج الإشعاعية أدناه باستخدام الماتلاب:

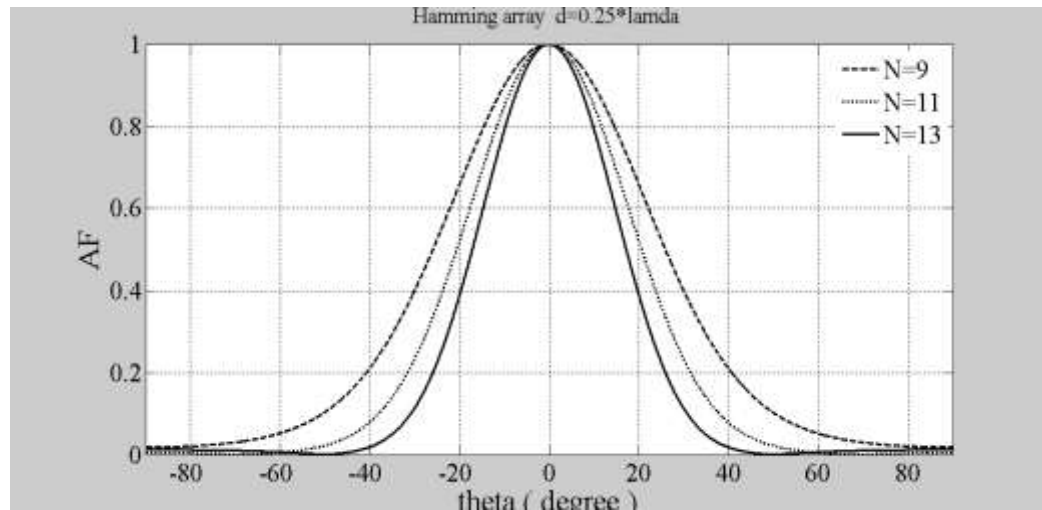


الشكل (8) المخطط الإشعاعي لمصفوف Hamming من أجل عدد فردي من العناصر، $d = 0.5\lambda$

أما عند مسافة بينية $d = 0.25\lambda$ وبتكرار العمل ذاته نحصل على النماذج الإشعاعية الآتية من أجل عدد زوجي وفردي من العناصر:



الشكل (9) المخطط الإشعاعي لمصفوف Hamming من أجل عدد زوجي من العناصر، $d = 0.25\lambda$



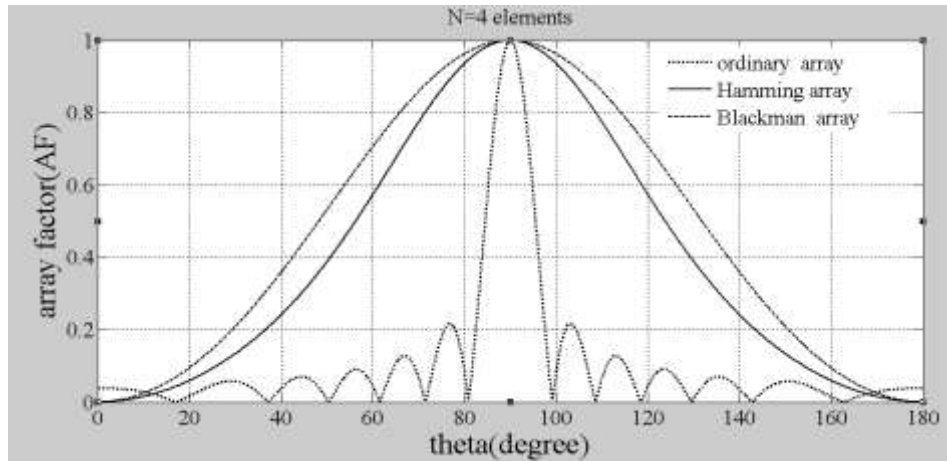
الشكل (10) المخطط الإشعاعي لمصفوف Hamming من أجل عدد فردي من العناصر، $d = 0.25\lambda$

ثالثاً : مقارنة شكل النموذج الإشعاعي لمصفوفتي Blackman و Hamming مع المصفوف

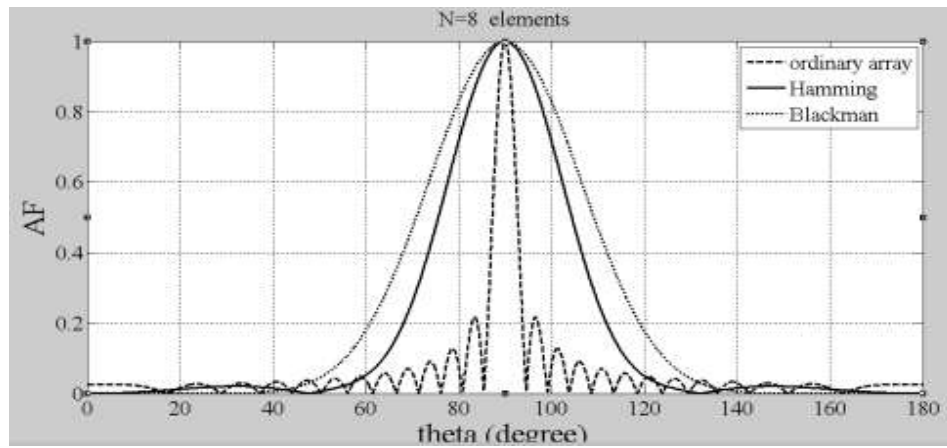
الخطي منتظم المسافات والتغذية :

في هذه الخطوة سيتم دراسة تأثير كل من المسافة البينية وعدد العناصر على أداء كل من المصفوف الهوائي الخطي منتظم المسافات والتغذية ومصفوف Blackman و Hamming [10],[11],[12]، في المرحلة الأولى ستتم الدراسة عند مسافة بينية $d = 0.25\lambda$ حيث تتم الدراسة من أجل حالات مختلفة لعدد عناصر المصفوف ، بعدها يتم تكرار العملية عند مسافة بينية $d = 0.5\lambda$ ، تم الاستعانة بالعلاقات (3)، (10)، (11) والأوزان المحسوبة بالجدول أعلاه، وبمساعدة برنامج الماتلاب تم الحصول على المنحنيات الآتية :

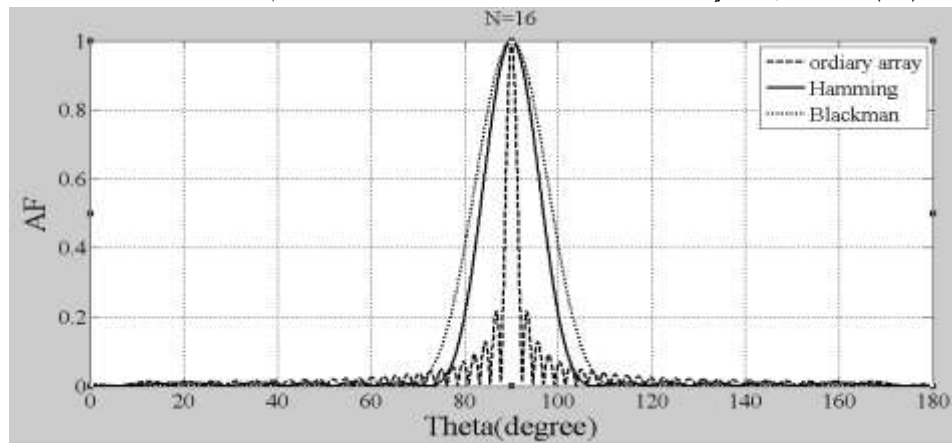
1- عند مسافة بينية $d = 0.5\lambda$:



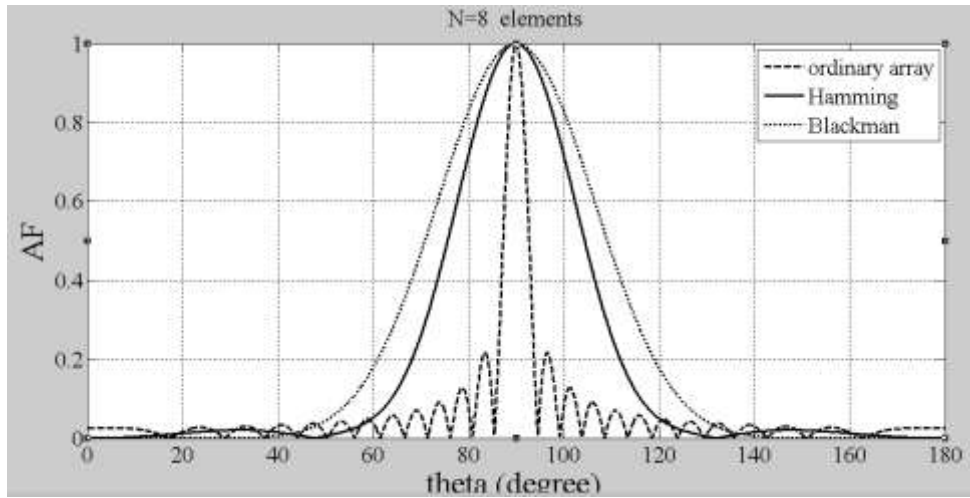
الشكل (11) المخطط الإشعاعي لمصفوف Hamming و Blackman والمنتظم من أجل $N=4$, $d = 0.5\lambda$



الشكل (12) المخطط الإشعاعي لمصفوف Hamming و Blackman والمنتظم من أجل $N=8$, $d = 0.5\lambda$



الشكل (13) المخطط الإشعاعي لمصفوف Hamming و Blackman والمنتظم من أجل $N=16$, $d = 0.5\lambda$

2- عند مسافة بينية $d = 0.25\lambda$:الشكل (14) المخطط الإشعاعي لمصفوف Hamming و Blackman والمنتظم من أجل $N=8$, $d = 0.25\lambda$

الاستنتاجات و التوصيات :

توضح الأشكال (4-5-6) بالنسبة لمصفوف "Blackman" أنه عند مسافة بينية ثابتة فإن فتحة الإشعاع عند سوية نصف الاستطاعة تنقص مع زيادة عدد العناصر فتزداد الاتجاهية، سواء كان عدد عناصر المصفوف زوجي أو فردي، كما أن الوريقات الثانوية تبدأ بالظهور مع زيادة عدد العناصر ويبقى مستواها ضئيلاً جداً، إذ تكون معدومة من أجل مسافة $d < 0.5\lambda$.

كذلك بملاحظة الأشكال (7-8-9-10) بالنسبة لمصفوف "هامينغ" تتناقص فتحة الإشعاع عند سوية نصف الاستطاعة مع زيادة عدد العناصر ولكن ظاهرة الوريقات الثانوية موجودة عند المسافات البينية المدروسة و إن كان مستواها متدن إلى درجة كبيرة .

وبملاحظة الأشكال (11-12-13-14) أن فتحة الإشعاع عند سوية نصف الاستطاعة لمصفوف "بلاك مان" أكبر من نظيرتها لمصفوف "هامينغ"، لكن تبقى فتحة الإشعاع عند سوية نصف الاستطاعة للمصفوفين السابقين أكبر بكثير من نظيرتها في المصفوف الخطي منتظم المسافات و التغذية عند نفس عدد العناصر ونفس المسافة البينية، والأمر الذي يميز المصفوفين هو التضاؤل الكبير في مستوى الوريقات الثانوية، غير أن تضاؤل الاتجاهية مقارنة مع المصفوف الخطي منتظم المسافات والتغذية يبقى أمراً ملحوظاً ، بالتالي تعطي طريقتي Hamming و Blackman نتيجة ايجابية أساسية تتمثل في تخفيض سوية الوريقات الإشعاعية الثانوية على حساب انخفاض اتجاهية المصفوف. يمكن دراسة المصفوف الهوائي المستوي منتظم المسافات وغير منتظم التغذية والبحث عن طرق لأتملة الأداء والمتمثل بزيادة الاتجاهية مع تخفيض سوية الوريقات الإشعاعية الثانوية أيضاً باستخدام الخوارزمية الجينية على سبيل المثال.

المراجع:

- 1-ACHATTERJEE.S,PODDAR.D.*Side Lobe Reduction Of A Linear Array Using Chebyshev Polynomial's Method*.International Journal Of Computer Application
U.S.A.Vol.33,N°.3,2004,553-564.
- 2-LEUNG.Y,LAU.B. *AdolphChebyshev Approach To The Synthesis Of Array Patterns For Uniform Circular Arrays*. IEEE Trans.Vol.45,N°.5,2011,613-620.
- 3-BAALANIS,C.A.*Antenna Theory Analysis And Design*.3th edition,john Wiley & Sons,Inc New work,2005,790.
- 4-EIBERT,T.F.*Fundamentals Of Antenna System*. 3th edition,McGraw Hill,The Ohio State University,2007,1753.
- 5-ORFANIDIS.S.J.*Electromagnetic Waves And Antennas*,Rutgers University,2006,819.
- 6-RAUL.G,NICOLAE.C.*Side Lobes Suppressing Algorithms for Eight Elements Linear Uniform Array Antenna* .Journal of Electrical and Electronics Engineering . Vol.8,N°.2,2015,9-14.
- 7-MAINA.M. and LANG.K and.KIHATO.P.K.*Application Of Standard Window Function In Side-Lobe Minimization In Rectangular antenna Array Based Smart Antennas*.Proceeding of the Sustainable Research and Innovation Conference ,JKUAT Main Campus,Kenya, Vol.3,N°.5,2017.
- 8-ALIJNI.M.GH,NESHATI.M.H,and BOOZARI.M.*Side Lobe Level Reduction of Any Type of Linear Equally Spaced Array Using The Method of Convolution* .Electromagnetics Research Letters. Vol.66,N°.8,2017,79-84.
- 9-SARIKA.L,NANDINI.P,BHARATHI.S,LAKSHMI.Y.D,SURESH.S. *Side Lobe Rejection In A Uniform Linear Array Antenna Using Windowing Techniques*. International Journal Of Research in Engineering and technology .Vol.3, N°.4,2014,46-50.
- 10-BABALE.S.A,DAJAB.D.D,AHMAD.K.*Synthesis of a Linear Antenna Array for Maximum Side Lobe Level Reduction* . International Journal Of Computer Applications.Vol.85, N°.16,2014,975-8887.
- 11-IUBU.G,NICOLAESCU.I,IOSIF.D,STOICA.A.*A Comparison between different types of weighting function used for radar antennas* .AARMS.Vol.3, N°.3,2004,415-425.
- 12- SWATHI.N.*SLL and BW Comparison of a Array Antennas Using GUI in MATLAB*. International Journal Of Electronics & Communication Technology.Vol.3, N°.1,2012,110-114.
- 13-MAINIKAR.P.M,GHULE.S.S,GHATEO.S,and OJHA.R.N.*Optimal Side Lobe Reduction Of Linear Non-Uniform Array Using Genetic Algorithm*. International Journal Of Computer Architecture and Mobility.Vol.1, N°.6,2013,34-36.