

University of Mosul
College of Engineering



Multiple Array Antennas Patterns Reconfiguration with Common Excitation Weights Using Genetic Algorithms

Duaa Alyas Karim Ali Aljaf

**Doctor of Philosophy
In Electrical Engineering
/ Electrical Engineering**

Supervised By

Prof. Dr.

Jaffar Rammadan Mohammad

2023A.C

1445 A.H

Abstract

This thesis presents a proposed approach for reconfiguring the array patterns of multiple antenna arrays with common excitation weights using optimization genetic algorithms (GA). The proposed methods are based on changing each individual antenna element's phase and amplitude to produce the appropriate radiation pattern. The GA is a powerful optimization technique inspired by the natural process of evolution, which can be used for searching the optimal set of antenna weights.

The proposed methods are evaluated through numerical simulations, and the results demonstrate its effectiveness in reconfiguring the array patterns of multiple antenna arrays. The simulations show that the methods are capable of achieving the desired radiation patterns with high accuracy while minimizing the side lobe levels and maintaining low cross-polarization levels.

This thesis proposes methods for reconfiguring a single linear antenna array between Taylor-pencil beam and flat-top beam patterns using partially common element excitation amplitudes. Two strategies for selecting the elements that are shared between the two patterns while maintaining adherence to the appropriate limitations are put forward. The first method uses the central elements of the array as the common elements, while the second method uses the side elements. Simulation results show that the central common elements approach outperforms the side elements approach, as the corresponding Taylor and flat-top patterns tend to have similar and maximum excitation amplitudes at the array center. Compared to traditional array pattern synthesis methods using completely separable element excitations arrays, the proposed methods

solely require a single linear array with a number of common element excitations, thus offering advantages in terms of simple structure, compact size, and low cost. The simulations demonstrate that the suggested array, by utilizing the central common elements, efficiently approach reconfigures between Taylor and flat-top beams by modifying just 24 out of 40 total array elements, with all sidelobe levels of both patterns below -20dB .

This thesis proposes optimization methods based on genetic algorithms, To achieve lower sidelobe levels, pre-specified common excitation amplitudes can be chosen based on the Gaussian taper. Simulation results demonstrate that the proposed methods can efficiently generate and reconfigure between sum, flat-top, cosecant-squared, and difference patterns, subject to pre-specified constraint masks. To evaluate the effectiveness of the proposed methods, various numerical metrics including directivity, average sidelobe, taper efficiency, beam ripple, and peak sidelobe level have been measured and compared.

This thesis further focuses on designing an efficient excitation network for a linear array that can generate a desired array pattern based on specific user-defined requirements. Typically, a regular corporate excitation network is used to feed the uniform array elements, with amplitude and phase excitations of 1 and 0, respectively. To test the effectiveness of the proposed power splitters, equal and unequal exciting networks were generated and selected for building a 4×1 and 8×1 linear array using the Finite Integration Technique (FIT) solver in Computer Simulation Technology (CST) 2021. In all designs, only the amplitude distributions of the array elements were evaluated using amplitude-only control, with a phase of 0.



جامعة الموصل
كلية الهندسة

إعادة تشكيل مصفوفة الهوائيات متعددة الأنماط مع أوزان الإثارة المشتركة باستخدام الخوارزمية الجينية

أطروحة دكتوراه تقدمت بها
دعاء الياس كريم علي الجاف

الى

مجلس كلية الهندسة / جامعة الموصل

كجزء من متطلبات نيل شهادة

دكتوراه فلسفة في الهندسة الكهربائية/هندسة الكهربائية

بإشراف

الأستاذ الدكتور

جعفر رمضان محمد

الخلاصة

تقدم هذه الأطروحة نهجًا جديدًا لإعادة تكوين أنماط المصفوفات لمصفوفات الهوائيات المتعددة بأوزان الإثارة الشائعة باستخدام الخوارزمية الجينية المثلى (GAs). تعتمد الطرق المقترحة على تغيير طور وسعة كل عنصر هوائي فردي لإنتاج مخطط الإشعاع المناسب. GA هي تقنية تحسين قوية مستوحاة من عملية التطور الطبيعية ، والتي يمكن استخدامها للبحث عن المجموعة المثلى لأوزان الهوائي.

يتم تقييم الطرق المقترحة من خلال المحاكاة العددية، وتظهر النتائج فعاليته في إعادة تشكيل أنماط المصفوفات المتعددة للهوائيات. تُظهر عمليات المحاكاة أن الأساليب قادرة على تحقيق مخططات الإشعاع المطلوبة بدقة عالية مع تقليل مستويات الفصوص الجانبية والحفاظ على مستويات منخفضة من الاستقطاب المتقاطع.

تقترح هذه الأطروحة طرقًا لإعادة تشكيل صفيح هوائي خطي واحد، بين شعاع Taylor-Pencil وأنماط الحزمة المسطحة Flatop باستخدام اتساعات إثارة عنصر مشترك جزئيًا. يتم طرح استراتيجيتين لاختيار العناصر المشتركة بين النموذجين مع الحفاظ على الالتزام بالقيود المناسبة. تستخدم الإستراتيجية الأولى العناصر المركزية للمصفوفة كعناصر مشتركة ، بينما تستخدم الإستراتيجية الثانية العناصر الجانبية. تُظهر نتائج المحاكاة أن نهج العناصر المشتركة المركزية يتفوق على نهج العناصر الجانبية ، حيث تميل أنماط تايلور والقمة المسطحة المقابلة إلى الحصول على سعة إثارة متشابهة وأقصى حد في مركز الصفيح. بالمقارنة مع طرق تجميع أنماط المصفوفة التقليدية باستخدام صفيحات إثارة العناصر القابلة للفصل تمامًا ، تتطلب الطرق المقترحة فقط مصفوفة خطية واحدة مع عدد من إثارة العناصر الشائعة ، وبالتالي تقدم مزايا من حيث الهيكل البسيط والحجم الصغير والتكلفة المنخفضة. توضح عمليات المحاكاة أن المصفوفة المقترحة، من خلال استخدام العناصر المشتركة المركزية، تقترب بكفاءة من إعادة التشكيل بين تايلور والحزم المسطحة من خلال تعديل ٢٤ فقط من إجمالي ٤٠ عنصرًا من الصفيح، مع جميع مستويات الفص الجانبي لكلا النموذجين أقل من -٢٠ ديسيبل.

تقترح هذه الأطروحة طريقتان تحسين تعتمد على الخوارزمية الجينية ، لتحقيق مستويات أقل من sidelobe levels ، يمكن اختيار سعة الإثارة المشتركة المحددة مسبقًا بناءً على Gaussian taper. توضح نتائج المحاكاة أن الطرق المقترحة يمكن أن تولد بكفاءة وتعيد

التكوين بين أنماط sum ، و flat-top ، و cosecant-squared ، و difference patterns ، مع مراعاة أفضلية القيد المحددة مسبقًا. لتقييم فعالية الطرق المقترحة ، تم قياس ومقارنة المقاييس العددية المختلفة ، بما في ذلك directivity ، average sidelobe ، و taper efficiency ، و beam ripple ، و peak sidelobe level .

تركز هذه الأطروحة أيضًا على تصميم شبكة إثارة فعالة لمصفوفة خطية يمكنها إنشاء نمط مصفوفة مرغوب فيه بناءً على متطلبات محددة يحددها المستخدم. عادة، يتم استخدام شبكة الإثارة المنتظمة لتغذية عناصر الصفيح المنتظمة، مع إثارة amplitude و phase (١) و (٠)، على التوالي.

لاختبار فعالية مقسمات الطاقة المقترحة، تم إنشاء شبكات تغذية متساوية وغير متساوية وتم اختيارها لبناء مجموعة خطية بحجم (٤ × ١) و (٨ × ١) باستخدام برنامج Finite Integration Technique (FIT) حل تقنية التكامل المحدود في برنامج Computer Simulation Technology (CST) 2021 في تقنية محاكاة الحاسوب. في جميع التصميمات، تم تقييم توزيعات الشدة الاثارة فقط باستخدام التحكم في الشدة، مع زاوية اثارة تساوي (٠).