



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

*Σχεδίαση και ανάλυση ευρυζωνικών κεραιών με τη χρήση του
λογισμικού πακέτου προσομοίωσης superNEC.
Βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών της κεραίας με τη
βοήθεια των γενετικών αλγορίθμων.*

Διπλωματική Εργασία

Τσιτούρη Ι. Χριστίνα
Αρ. Μητρώου: 03100612

Επιβλέπων : Χρήστος Καψάλης
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα
Σεπτέμβριος 2005



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

*Σχεδίαση και ανάλυση ευρυζωνικών κεραιών με τη χρήση του
λογισμικού πακέτου προσομοίωσης superNEC.
Βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών της κεραίας με τη
βοήθεια των γενετικών αλγορίθμων.*

Διπλωματική Εργασία

Τσιτούρη Ι. Χριστίνα
Αρ. Μητρώου: 03100612

Επιβλέπων : Χρήστος Καψάλης
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την Σεπτεμβρίου 2005

.....
Χ. Καψάλης
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Φ. Κωνσταντίνου
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Δ. Κακλαμάνη
Αν. Καθηγήτρια ΕΜΠ

Αθήνα
Σεπτέμβριος 2005

.....
Τσιτούρη Ι. Χριστίνα

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Τσιτούρη Ι. Χριστίνα, 2003

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι γενετικοί αλγόριθμοι επιτρέπουν την επίλυση συνδυαστικών και αλληλοεξαρτώμενων προβλημάτων βελτιστοποίησης, πράγμα που επιφέρει την βέλτιστη λύση για μεγάλο αριθμό μεταβλητών.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η ανάλυση κεραιών με την χρήση του λογισμικού πακέτου προσομοίωσης SuperNEC και η βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών της, με τη χρήση γενετικών αλγορίθμων.

Η διπλωματική αυτή εργασία αποτελείται από δυο μέρη. Το πρώτο μέρος αναφέρετε στην θεωρητική παρουσίαση των γενετικών αλγορίθμων και τόσο στην δομή όσο και στα χαρακτηριστικά των κεραιών που θα εξετάσουμε. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζουμε τις σχεδιάσεις των κεραιών που πετύχαμε με τα βέλτιστα χαρακτηριστικά τους, όπως αυτά προέκυψαν από τους γενετικούς αλγόριθμους.

Συγκεκριμένα σχεδιάσαμε ευριζωνικές κεραιές, ιδιαίτερα λογικές περιοδικές διπολικές κεραιές και έλικες. Μελετώνται διάφορα χαρακτηριστικά τους, όπως τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά, τις συχνότητες λειτουργίας, το εύρος ζώνης, το κέρδος ισχύος ακτινοβολίας, ο λόγος τάσεως στάσιμου κύματος και η αντίσταση εισόδου.

Λέξεις κλειδιά: Λογαριθμικές περιοδικές διπολικές κεραιές, έλικα, γενετικοί αλγόριθμοι, κέρδος ισχύος, λόγος τάσεως στάσιμου κύματος, αντίσταση εισόδου.

ABSTRACT

Genetic algorithms allow the resolution of combinational and interdependent problems of optimisation. That involves the most optimal solution for big number of variables.

Aim of this study is the planning and analysis of antennas, by using the simulation program SuperNEC and optimises antenna's characteristics, use genetic algorithms.

This diplomatic work is divided to two sections. The first section is a report in theoretical presentation of genetic algorithms, in antenna's structure and characteristics, which we will examine. In the second part we present the designing of antennas, that we achieved with their optimal characteristics, as these resulted from the genetic algorithms.

Specifically, we've design broadband antennas such as log - periodic dipole arrays and helix structures. We've studied their various characteristics, antenna's geometrical structure, gain, VSWR, input impedance.

Key Words: Log periodic dipole array, helix, genetic algorithms, gain, VSWR, input impedance.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Χ. Καψάλη, καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για τις πολύτιμες συμβουλές και χρήσιμες διορθώσεις του. Χωρίς την ουσιαστική βοήθεια του θα ήταν αδύνατη η περάτωση της διπλωματικής αυτής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Στ. Παναγιώτου, υποψήφιο διδάκτορα ΕΜΠ, για τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις του, τη μεγάλη βοήθεια καθώς και για τις χρήσιμες συμβουλές του στο επίπεδο, που αφορά απαραίτητες γνώσεις, για την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	13
<i>ΜΕΡΟΣ 1^ο</i>	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	19
ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ	19
1.1 Ορολογία.....	19
1.2 Διαδικασία απλού γενετικού αλγορίθμου.....	21
1.3 Διασταύρωση και μετάλλαξη.....	22
1.4 Συνάρτηση καταλληλότητας και επιλογή.....	24
1.4.1 Μέθοδος της ρουλέτας.....	24
1.4.2 Μέθοδος με αποδεκάρτιση πληθυσμού	25
1.4.3 Μέθοδος ομίλων	26
1.5 Μοντέλα εξέλιξης	27
1.6 Θεωρία Σχημάτων.....	29
1.7 Υπόθεση δομικών τετραγώνων.....	33
1.8 Παραλληλισμός στους γενετικούς αλγόριθμους.....	34
1.8.1 Ολικές τεχνικές.....	34
1.8.2 Τεχνικές μετανάστευσης.....	35
1.8.3 Τεχνικές διάχυσης.....	35
1.9 Βελτιστοποιήσεις γενετικών αλγορίθμων.....	36
1.10 Λύση προβλημάτων κεραιών με τη χρήση γενετικών αλγορίθμων.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	39
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΔΙΠΟΛΙΚΕΣ ΚΕΡΑΙΕΣ (LPDA).....	39
2.1 Log-Periodic Dipole Array	40
2.2 Σχεδιασμός Λογαριθμικής Περιοδικής Διπολικής Κεραίας	44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	49
ΕΛΙΚΟΕΙΔΗΣ ΚΕΡΑΙΑ.....	49
3.1 Γεωμετρία ελικοειδούς κεραίας.....	49
3.2 Ρυθμοί μετάδοσης και ακτινοβολίας	51
3.3 Σχεδιασμός μονόκλωνης, αξονικού ρυθμού ελικοειδής κεραίας	52
3.4 Αξονικός λόγος και κυκλική πόλωση μονόκλωνης αξονικού ρυθμού έλικας...57	
3.5 Χαρακτηριστικά ευρείας ζώνης μονόκλωνης έλικας αξονικού ρυθμού.....	59
3.6 Γραμμική πόλωση με έλικα δέσμης.....	60
3.7 Πολύκλωνες, αξονικού ρυθμού ελικοειδείς κεραίες.....	61
3.8 Μονόκλωνες και πολύκλωνες έλικες ορθογώνιου ρυθμού.....	62
<i>ΜΕΡΟΣ 2^ο</i>	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	67
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΔΙΚΩΝ ΔΙΠΟΛΙΚΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ SUPER-NEC	67
4.1 Λογαριθμική περιοδική διπολική κεραία 30-400 MHz.....	67
4.2 Λογαριθμική περιοδική διπολική κεραία 400-2000 MHz.....	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	85
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΛΙΚΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ SUPER-NEC	85
5.1 Σχεδιασμός Έλικας-Κουτί με συντονισμό στα 1800MHz.....	85
5.2 Σχεδιασμός Έλικας-Κουτί με συντονισμό στα 1900MHz.....	95
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΕΙΑ.....	105

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.2.1: Ένας κύκλος βασικού γενετικού αλγόριθμου.....	22
Σχήμα 1.3.1: Περιπτώσεις διασταύρωσης και μετάλλαξης.	23
Σχήμα 1.4.1.1: Σχηματική αναπαράσταση μεθόδου ρουλέτας.	24
Σχήμα 1.6.1: Τρισδιάστατος (κυβικός) χώρος.	30
Σχήμα 2: Λογαριθμική περιοδική οδοντωτή αυτό-συμπληρωματική κεραία.	39
Σχήμα 2.1.1: Γεωμετρία λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας.	41
Σχήμα 2.1.2: Λογαριθμική περιοδική διπολική κεραία με διασταυρωμένες γραμμές μεταφοράς.....	42
Σχήμα 2.2.1: Υπολογιστικά διαγράμματα σταθερής κατευθυντικότητας συναρτήσει του τ και σ	46
Σχήμα 2.2.2: Σχέση παραμέτρων (γωνίας κορυφής α , συντελεστή αναλογίας k , απόστασης S_i) με ευθεία βέλτιστου σχεδιασμού και για τιμές απολαβής.....	47
Σχήμα 3.1.1: Έλικα και σχετικές διαστάσεις.	49
Σχήμα 3.1.2: Σχέση μεταξύ περιφέρειας, απόστασης μεταξύ σπειρών, μήκους σπείρας και γωνίας βήματος της έλικας.....	50
Σχήμα 3.3.1: Συστοιχία ισοτροπικών πηγών με κάθε πηγή να αντιπροσωπεύει μια σπείρα.....	54
Σχήμα 3.3.2: Έλικα στην οποία παρουσιάζονται τα σημεία της επιφάνειας του αγωγού c και d	56
Σχήμα 3.4.1: (I) Συνιστώσες πεδίου, όπως φαίνονται από τον άξονα της έλικας.	58
(II) Γεωμετρία για υπολογισμό πεδίων στη διεύθυνση z	58
(III) Τομή έλικας όπως φαίνεται από τον θετικό άξονα z	58
Σχήμα 4.1.1: Παράθυρο επιλογής τύπου κεραίας και παραμέτρων της προς βελτιστοποίηση.	71

Σχήμα 4.1.2: Παράθυρο ρυθμίσεων γενετικών αλγόριθμων.....	72
Σχήμα 4.1.3: Παράθυρο ρύθμισης κόστους κεραίας.....	74
Σχήμα 4.1.4: Λογαριθμική περιοδική διπολική κεραία 30 – 400 MHz μήκους 7m.....	74
Σχήμα 4.1.5: Κέρδος ισχύος λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας 30 – 400 MHz συναρτήσει της συχνότητας.....	76
Σχήμα 4.1.6: VSWR λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας 30 – 400 MHz συναρτήσει της συχνότητας.....	77
Σχήμα 4.2.1: Λογαριθμική περιοδική διπολική κεραία 400 – 2000 MHz μήκους 2m...	81
Σχήμα 4.2.2: Κέρδος ισχύος λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας 400 – 2000 MHz συναρτήσει της συχνότητας.....	82
Σχήμα 4.2.3: VSWR λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας 400 – 2000 MHz συναρτήσει της συχνότητας.....	83
Σχήμα 4.2.4: Πραγματικό μέρος αντίστασης εισόδου λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας 400 – 2000 MHz συναρτήσει της συχνότητας.....	84
Σχήμα 4.2.5: Φανταστικό μέρος αντίστασης εισόδου λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας 400 – 2000 MHz συναρτήσει της συχνότητας.....	84
Σχήμα 5.1: Δομή έλικας κουτί.....	85
Σχήμα 5.1.1: Ρυθμίσεις μοντέλου.....	88
Σχήμα 5.1.2: Έλικα-κουτί συντονισμένη στα 1800MHz.....	89
Σχήμα 5.1.3: Κέρδος ισχύος συναρτήσει της συχνότητας για έλικα-κουτί συντονισμένη στα 1800MHz.....	91
Σχήμα 5.1.4: Διάγραμμα VSWR συναρτήσει της συχνότητας για έλικα-κουτί συντονισμένη στα 1800MHz.....	92
Σχήμα 5.1.5: Διάγραμμα ακτινοβολίας της δομής έλικα-κουτί στο επίπεδο $\varphi=90^\circ$ και $\theta=0^\circ$ συντονισμένη στα 1800MHz.....	92

Σχήμα 5.1.6: Διάγραμμα ακτινοβολίας της δομής έλικα-κουτί στο επίπεδο $\varphi=0^\circ$ και $\theta=90^\circ$ συντονισμένη στα 1800MHz.....	93
Σχήμα 5.1.7: Γράφημα πραγματικού μέρους αντίστασης εισόδου της έλικα-κουτί συντονισμένη στα 1800MHz.....	94
Σχήμα 5.1.8: Γράφημα φανταστικού μέρους αντίστασης εισόδου της έλικα-κουτί συντονισμένη στα 1800MHz.....	94
Σχήμα 5.2.1: Έλικα-κουτί συντονισμένη στα 1900MHz.....	97
Σχήμα 5.2.2: Διάγραμμα VSWR έλικας – κουτί συντονισμένης στα 1900MHz.....	99
Σχήμα 5.2.3: Διάγραμμα κέρδους ισχύος έλικας – κουτί στα 1900MHz.....	99
Σχήμα 5.2.4: Διάγραμμα ακτινοβολίας έλικας – κουτί στο επίπεδο $\varphi=0^\circ$ και $\theta=0^\circ$ συντονισμένη στα 1900MHz.....	100
Σχήμα 5.2.5: Διάγραμμα ακτινοβολίας έλικας – κουτί στο επίπεδο $\varphi=90^\circ$ και $\theta=0^\circ$ συντονισμένη στα 1900MHz.....	101
Σχήμα 5.2.6: Διάγραμμα ακτινοβολίας έλικας – κουτί στο επίπεδο $\theta=0^\circ$ και $\varphi=90^\circ$ συντονισμένη στα 1900MHz.....	101
Σχήμα 5.2.7: Γράφημα πραγματικού μέρους αντίστασης εισόδου της έλικα-κουτί συντονισμένη στα 1900MHz.....	102
Σχήμα 5.2.8: Γράφημα φανταστικού μέρους αντίστασης εισόδου της έλικα-κουτί συντονισμένη στα 1900MHz.....	103

ΜΕΡΟΣ 1^ο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

Οι γενετικοί αλγόριθμοι (ΓΑ) αναπτύχθηκαν από τον J. Holland αρχικά για τη μελέτη του φαινομένου της φυσικής προσαρμογής και στην συνέχεια για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης, χωρίς όμως απαραίτητα την χρήση παραγώγων της συνάρτησης, κόστους ή συμπεριφοράς. Είναι βασισμένοι στην μηχανική της φυσικής επιλογής και της γενετικής. Παρέχουν μια προσέγγιση βασισμένη αόριστα στη βιολογική και προσομοιωτική εξέλιξη. Συνδυάζουν την επιβίωση της καταλληλότερης μεταξύ της σειράς δομών και την ανταλλαγή πληροφοριών για να διαμορφώσουν έναν αλγόριθμο αναζήτησης με μερικά στοιχεία καινοτομίας, τα οποία πηγάζουν από την ανθρώπινη αναζήτηση.

Παρά την αναζήτηση από γενικές σε συγκεκριμένες υποθέσεις και από απλές σε σύνθετες, οι γενετικοί αλγόριθμοι παράγουν τη διάδοχο υπόθεση, αλλοιώνοντας και συνδυάζοντας με συνεχείς επαναλήψεις, τα καλύτερα κομμάτια από την τρέχον υπόθεση. Υπακούουν λοιπόν στην αρχή της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου, “επιβίωση του ισχυρότερου” (καταλληλότερου). Αυτό τους καθιστά αποτελεσματικοί στην επίλυση σύνθετων συνδυαστικών και αλληλοεξαρτώμενων προβλημάτων βελτιστοποίησης.

1.1 Ορολογία

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως οι γενετικοί αλγόριθμοι για την λειτουργία τους δανείζονται από το χώρο της βιολογίας και της γενετικής ορολογία.

- **Γονίδια και χρωμοσώματα:** Ένα χρωμόσωμα αποτελείται από γονίδια, από λειτουργικές ομάδες οι οποίες κάθε μία κωδικοποιεί ένα χαρακτηριστικό. Κάθε γονίδιο είναι τοποθετημένο σε συγκεκριμένη θέση

στο χρωμόσωμα. Έτσι και στους γενετικούς αλγόριθμους μία ακολουθία γονιδίων αποτελεί ένα χρωμόσωμα. Ένα συγκεκριμένο χρωμόσωμα (μοναδικό) μπορεί να αποκωδικοποιηθεί σ' ένα σύνολο παραμέτρων που αναπαριστούν μία πιθανή λύση του προβλήματος. Τα χρωμοσώματα μπορούν να κωδικοποιηθούν σαν σειρές πραγματικών αριθμών, δυαδικών αριθμών ή και σε συνδυασμοί των παραπάνω.

- **Πληθυσμοί και γενεές:** Σε κάθε βήμα η συλλογή μίας υπόθεσης, ονομάζεται πληθυσμός (population). Είναι ένα σύνολο λύσεων σε μορφή χρωμοσωμάτων. Οι συνεχείς πληθυσμοί που δημιουργούνται καλούνται γενιές. Από την επιλογή και τον επανασυνδυασμό του πληθυσμού, δηλ. καθώς η αναπαραγωγή συνεχίζεται, σχηματίζεται μια καινούρια γενιά η οποία θα αντικαταστήσει την προηγούμενη. Τα καταλληλότερα χαρακτηριστικά παράγουν περισσότερα αντίτυπα των εαυτών τους, τα οποία και θα εμφανιστούν στην επόμενη γενιά. Έτσι η λύση του προβλήματος οδηγείται προς την βέλτιστη. Η διαδικασία τερματίζεται είτε με κατώφλι ένα αριθμό των γενεών είτε στο καλύτερο άτομο, στο άτομο με σφάλμα μικρότερο του ϵ), ή και άλλα κατάλληλα κριτήρια.
- **Γονείς και τέκνα:** Αφότου έχουν δημιουργηθεί τα αρχικά χρωμοσώματα στο γενετικό αλγόριθμο και ο αρχικός πληθυσμός, μια στρατηγική επιλογής καθορίζει ποια χρωμοσώματα θα συμμετάσχουν στη διαδικασία εξέλιξης. Στην συνέχεια επιλέγονται τα ζευγάρια με πιθανότητα ανάλογη της καταλληλότητάς τους. Τα ζεύγη αυτά καλούνται γονείς. Τα χρωμοσώματα ζευγαρώνουν το ένα με το άλλο, για να παραγάγουν το νέο απόγονο, του οποίου τα χρωμοσώματα αποτελούνται από το γενετικό υλικό των δύο χρωμοσωμάτων των γονέων. Το ποσό χρωμοσωμάτων σε

κάθε γενεά κρατιέται σταθερό. Τα τέκνα δημιουργούνται μέσω της διαδικασίας της διασταύρωσης και της μετάλλαξης. Η διασταύρωση που συνήθως παρουσιάζετε με πιθανότητα p_{cross} (0.6 - 0.8) επιλέγει ένα ή περισσότερα σημεία διασταύρωσης στο χρωμόσωμα κάθε γονέα. Κατ' αυτό τον τρόπο τα δύο τέκνα μοιράζονται τα χαρακτηριστικά των γονέων τους. Οι μεταλλάξεις είναι τυχαίες αλλαγές χαμηλής πιθανότητας p_{mutation} (τυπικά γύρω στο 0,05), οι οποίες μπορούν να εμφανιστούν σε κάποια θέση ενός χρωμοσώματος.

- **Καταλληλότητα:** Σαν καταλληλότητα (fitness) ορίζεται η αντικειμενική συνάρτηση η οποία καθορίζει τον στόχο στο πρόβλημα βελτιστοποίησης και κατά συνέπεια κρίνει την καταλληλότητα ενός ατόμου του πληθυσμού.

1.2 Διαδικασία απλού γενετικού αλγορίθμου

Η διαδικασία ενός απλού γενετικού αλγορίθμου αποτελείται από τρεις φάσεις οι οποίες είναι οι εξής: η αρχικοποίηση, η αναπαραγωγή και η αντικατάσταση των γενεών.

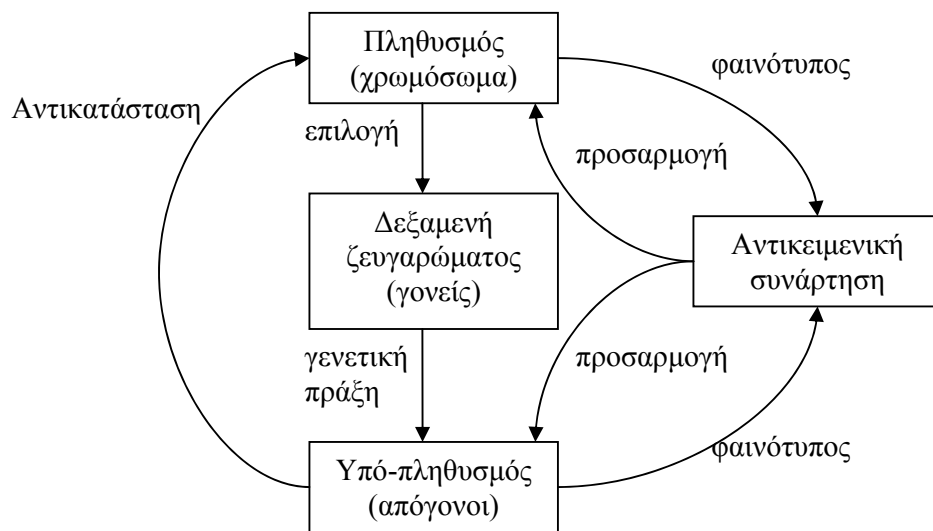
Ένας πληθυσμός αποτελείται από p υποθέσεις. Σε κάθε επανάληψη ο διάδοχος πληθυσμός διαμορφώνεται μέσω πιθανοτήτων από την καταλληλότητα του τρέχον πληθυσμού και δημιουργεί μια νέα υπόθεση. Η πιθανότητα να επιλεγεί η υπόθεση h_i από τις p πιθανές είναι:

$$P_r(h_i) = \frac{Fitness(h_i)}{\sum_{j=1}^p Fitness(h_j)} \quad (1.2.1)$$

Από την διασταύρωση επιλέγονται τα ζευγάρια από τα οποία παράγονται δυο απόγονοι, οι οποίο προστίθενται στον πληθυσμό της νέας γενεάς. Ένα μικρό ποσοστό

μεταλλάσσεται. Ο καινούριος πληθυσμός παίρνει την θέση του προηγούμενου και η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Κατώτατο όριο για τον τερματισμό της διαδικασίας εκφράζει το fitness-threshold, ελάχιστη δυνατή καταλληλότητα. Αξιολογείται η τελική φάση και αν χρειαστεί επαναλαμβάνουμε την διαδικασία αλλιώς τερματίζεται δίνοντας την βέλτιστη δυνατή λύση.

Στο πιο κάτω σχήμα παρουσιάζετε σχηματικά ένας κύκλος του βασικού γενετικού αλγόριθμου.



Σχήμα 1.2.1: Ένας κύκλος βασικού γενετικού αλγόριθμου.

1.3 Διασταύρωση και μετάλλαξη

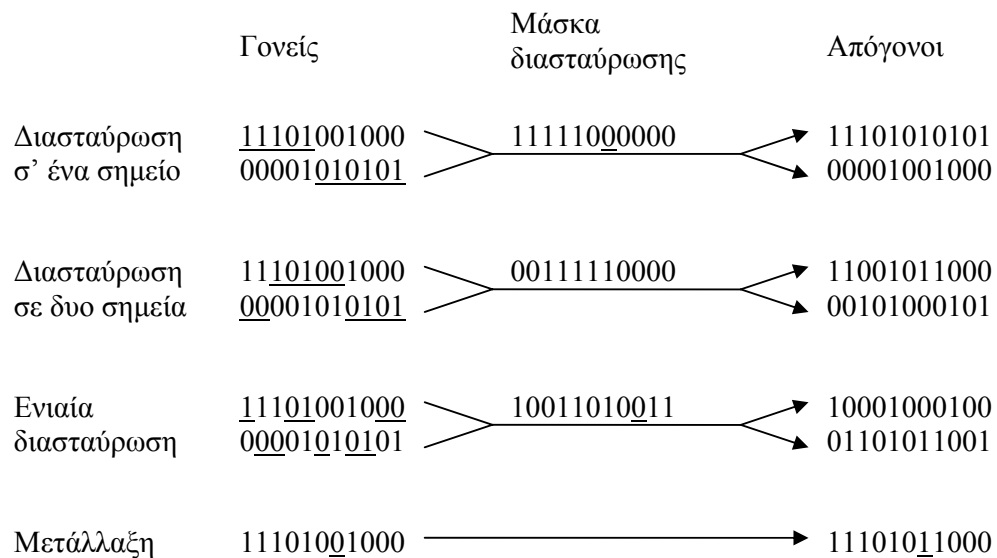
Η διαδικασία της διασταύρωσης δημιουργεί δυο απογόνους συνδυάζοντας επιλεγμένα στοιχεία από τους δυο γονείς. Αντιγράφοντας ένα γονίδιο από μια συγκεκριμένη θέση, το γονίδιο αυτό θα υπάρχει στον απόγονο στην ίδια αυτή θέση.

Στο σχήμα 1.3.1 παρατηρούμε στη πρώτη περίπτωση την διασταύρωση σε ένα σημείο. Παρατηρούμε ότι οι απόγονοι ανταλλάζουν τα χαρακτηριστικά των γονιών του από ένα σημείο και πέρα. Από το σημείο που χωρίζονται τα γονίδια, ο πρώτος

απόγονος παίρνει το πρώτο μέρος από τον ένα και το δεύτερο μέρος από τον άλλο γονιό και αντίθετα ο δεύτερος απόγονος.

Στην δεύτερη περίπτωση έχουμε την διασταύρωση σε δύο σημεία. Έτσι τα γονίδια των γονιών είναι χωρισμένα τώρα σε τρία μέρη. Αντικαθιστούμε για τον ένα απόγονο την μέση του πρώτου γονιού στο μέσο του δεύτερου γονιού και για τον άλλο απόγονο, αντικαθιστούμε τη μέση του δεύτερου γονιού στον πρώτο.

Στην περίπτωση της ενιαίας διασταύρωσης συνδυάζονται διάφορα μέρη του ενός γονέα με τα αντίστοιχα αντίθετα του άλλου, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.3.1: Περιπτώσεις διασταύρωσης και μετάλλαξης.

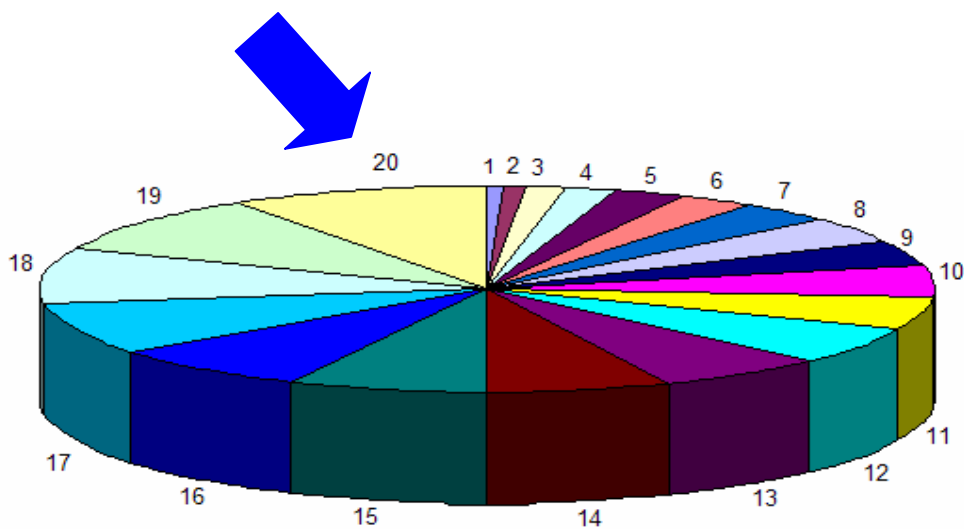
Για το σημείο μετάλλαξης βλέπουμε από το σχήμα που προηγήθηκε, ότι μόνο ένα γονίδιο μεταλλάσσεται. Έτσι από ένα και μόνο γονέας δημιουργείται ένας απόγονος, με τον οποίο διαφέρουν κατά ένα και μόνο γονίδιο. Η μετάλλαξη συνήθως πραγματοποιείται μετά την ολοκλήρωση της διασταύρωσης.

1.4 Συνάρτηση καταλληλότητας και επιλογή

Η συνάρτηση καταλληλότητας καθορίζει το κριτήριο για την δυνατότητα ταξινόμησης μίας υπόθεσης και πιθανολογικά την επιλογή της για συμμετοχή στον πληθυσμό της επόμενης γενεάς. Γενικά, όταν μία υπόθεση από την σειρά υποθέσεων, έχει εκτιμηθεί ως σύνθετη διαδικασία, η συνάρτηση καταλληλότητας μπορεί να μετρήσει τη γενική απόδοση της προκύπτουσας διαδικασίας, παρά την απόδοση των μεμονωμένων κανόνων.

1.4.1 Μέθοδος της ρουλέτας

Όπως φαίνεται και από την σχέση (1.2.1) η πιθανότητα να επιλεγεί μία υπόθεση δίνεται από τον λόγο της καταλληλότητας της προς την καταλληλότητα άλλων υποθέσεων του τρέχον πληθυσμού. Συχνά αυτή η μέθοδος αποκαλείται μέθοδος της ρουλέτας. Μπορεί να αντιμετωπισθεί ως ρόδα ρουλέτας που περιέχει όλα τα χρωμοσώματα, στην οποία τα χρωμοσώματα που έχουν μια καλύτερη ικανότητα καταλαμβάνουν μια μεγαλύτερη περιοχή επιφάνειας της ρόδας με αποτέλεσμα να αποκτούν μια μεγαλύτερη πιθανότητα για να επιλεγούν.



Σχήμα 1.4.1.1: Σχηματική αναπαράσταση μεθόδου ρουλέτας.

Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε σχηματικά αναπαράσταση της μεθόδου της ρουλέτας όπου κάθε άτομο καταλαμβάνει εμβαδόν κυκλικού τομέα ανάλογο της καταλληλότητάς του. Γίνετε επιλογή του ατόμου με την μεγαλύτερη δυνατή καταλληλότητα.

Υπάρχουν και άλλες στρατηγικές επιλογής εκτός από την μέθοδο της ρουλέτας, όπως η αποδεκάτιση πληθυσμού και η μέθοδος των ομίλων. Η μέθοδος της ρουλέτας έχει σχεδόν τα ίδια αποτελέσματα με την μέθοδο του αποδεκατισμού πληθυσμού, πράγμα το οποίο θα δούμε αναλυτικότερα πιο κάτω. Η διαφοροποίηση μεταξύ των δύο αυτών μεθόδων είναι ότι με τη μέθοδο της ρουλέτας εξακολουθεί να υπάρχει μια μικρή πιθανότητα, τα άτομα με μικρότερη καταλληλότητα να συμμετέχουν σε κάποιες διασταυρώσεις διατηρώντας έτσι το γενετικό υλικό τους στις μελλοντικές γενιές.

1.4.2 Μέθοδος με αποδεκάτιση πληθυσμού

Σε αυτήν την στρατηγική τα χρωμοσώματα ταξινομούνται σύμφωνα με τις τιμές της καταλληλότητας τους από την υψηλότερη στη χαμηλότερη. Αυτό είναι η συνιστώμενη στρατηγική η οποία χρησιμοποιείται ώστε να οδηγηθεί η λύση στην κατάλληλη σύγκλιση. Παράγει τις καλύτερες λύσεις σε σύγκριση με τις άλλες στρατηγικές.

Επιλέγεται μία ελάχιστη τιμή καταλληλότητας για τον εναπομείναντα πληθυσμό. Τα άτομα με μικρότερη καταλληλότητα από την τιμή αυτή απορρίπτονται. Στη συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία αναπαραγωγής μέχρι τη συμπλήρωση μιας νέας γενιάς. Πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου επιλογής είναι η απλότητά της. Το μόνο που κάνει είναι να καθορίσει ποια από τα άτομα του παρόντος πληθυσμού είναι αρκετά κατάλληλα ώστε να αντιπροσωπευθούν στην

επόμενη γενιά., και στη συνέχεια κατά ένα τυχαίο τρόπο σχηματίζει ζεύγη ατόμων τα οποία επιβιώνουν από την αποδεκάτιση.

Κύριο και αρκετά σημαντικό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι από τη στιγμή που ένα άτομο απορριφθεί από τον πληθυσμό, ένα αρκετά πιθανόν ένα αποκλειστικό χαρακτηριστικό του να χαθεί δια παντός από τις επόμενες γενιές. Αυτή η απώλεια είναι φυσικό επόμενο σε όλους τους αποτελεσματικούς και πετυχημένους γενετικούς αλγόριθμους μόνο που σε αυτή τη μέθοδο συμβαίνει πολύ πριν ο γενετικός αλγόριθμος αντιληφθεί την πιθανή σπουδαιότητα ενός αποκλειστικού χρωμοσώματος.

Στην περίπτωση αυτή που ένα χαρακτηριστικό χαθεί από τα άτομα του πληθυσμού μόνο ένας τρόπος υπάρχει να ξαναεμφανιστεί. Μόνο μέσα από την μέθοδο της μετάλλαξης μπορεί να εξερευνηθεί το πεδίο λύσεων καλύτερα.

1.4.3 Μέθοδος ομίλων

Μια δημοφιλής μέθοδος και ίσως η πιο αποδοτική για πολλές εφαρμογές είναι η μέθοδος των ομίλων. Στην επιλογή δύο ομίλων τα άτομα επιλέγονται τυχαία και έπειτα αυτό με την υψηλότερη ικανότητα κερδίζει. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου έχει επιτευχθεί ο απαραίτητος αριθμός χρωμοσωμάτων. Οι δοκιμές δείχνουν ότι αυτή η μέθοδος παράγει τις ελαφρώς καλύτερες λύσεις σε σύγκριση με την ανάλογη επιλογή δηλ. με την μέθοδο της ρουλέτας, αλλά αποδίδει, χωρίς όμως να πλησιάζει ιδιαίτερα στα αποτελέσματα της αποδεκατισμός πληθυσμού.

Πολλές ακόμη μέθοδοι επιλογής έχουν προταθεί, μεταξύ τους είναι οι γεννήτορες, η ντετερμινιστική δειγματοληψία και η στοχαστική δειγματοληψία με επανατοποθέτηση. Είναι πιθανές ακόμη και διάφορες παραλλαγές των τριών μεθόδων

που παρουσιάστηκαν πιο πάνω. Στις περιπτώσεις πάντως που υπάρχει βάσιμη υποψία για πρόωρη σύγκλιση συνιστάτε χρήση μεθόδων χωρίς επανατοποθέτηση.

1.5 Μοντέλα εξέλιξης

Σε πολλά φυσικά συστήματα, μεμονωμένοι οργανισμοί μαθαίνουν να προσαρμόζονται σημαντικά κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Συγχρόνως, οι βιολογικές και κοινωνικές διαδικασίες επιτρέπουν στα είδη τους να προσαρμόζονται πέρα από ένα χρονικό διάστημα για πολλές γενιές.

Ο Lamarck ήταν ο επιστήμονας, που προς το τέλος του δέκατου ενάτου αιώνα, πρότεινε ότι η εξέλιξη πέρα από πολλές γενεές ήταν άμεση από την εμπειρία μεμονωμένων οργανισμών κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Ειδικότερα, πρότεινε ότι η εμπειρία ενός ενιαίου οργανισμού είχε επιπτώσεις άμεσα στη γενετική σύνθεση των απογόνων του. Για παράδειγμα: Εάν ένα άτομο έμαθε κατά τη διάρκεια της ζωής του να αποφεύγει κάποια τοξικά τρόφιμα, θα μπορούσε να περάσει αυτό το γνώρισμα επάνω στα γενετικά χαρακτηριστικά των απογόνων του, ο οποίος απόγονος δεν θα πρέπει πλέον να μάθει το γνώρισμα αυτό.

Αυτό είναι μια ελκυστική υπόθεση επειδή πιθανώς μπόρεσε να επιτρέψει την αποδοτικότερη εξελικτική πρόοδο η οποία παράγει και εξετάζει διαδικασίες (όπως αυτήν των γενετικών αλγορίθμων) που αγνοούν την εμπειρία που αποκτιέται κατά τη διάρκεια ζωής ενός ατόμου. Πέρα από το πόσο ελκυστική είναι η θεωρία αυτή, τα τρέχοντα επιστημονικά στοιχεία έρχονται σε συντριπτική αντίθεση με το μοντέλο Lamarck. Η πλέον αποδεκτή άποψη την περίοδο αυτήν είναι ότι η γενετική σύνθεση ενός ατόμου είναι, στην πραγματικότητα, απρόσβλητη από την εμπειρία διάρκειας ζωής των βιολογικών του γονέων.

Πρόσφατες μελέτες βασισμένες στην χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών έχουν δείξει ότι η διαδικασία Lamarck μπορεί μερικές φορές να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα των αυτοματοποιημένων γενετικών αλγορίθμων.

Καθώς η εξέλιξη κατά Lamarck δεν είναι αποδεκτό μοντέλο βιολογικής εξέλιξης, έχουν προταθεί άλλοι μηχανισμοί μέσα από τους οποίους η μεμονωμένη εκμάθηση μπορεί να αλλάξει την πορεία της εξέλιξης. Ένας τέτοιος μηχανισμός καλείται φαινόμενο Baldwin, το οποίο πήρε το όνομα του, το 1896 από τον πρώτο επιστήμονα που το εισηγήθηκε J. M. Baldwin.

Το φαινόμενο αυτό στηρίζεται στις εξής παρατηρήσεις:

- Αν ένα είδος εξελίσσεται σ' ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον, θα εμφανιστούν εξελικτικές πιέσεις ώστε τα άτομα με ικανότητα να μάθουν κατά τη διάρκεια της ζωής τους να ευνοηθούν.
- Τα άτομα εκείνα που είναι σε θέση να μάθουν πολλά γνωρίσματα, θα στηριχθούν λιγότερο έντονα στο γενετικό τους κώδικά. Κατά συνέπεια, αυτά τα άτομα μπορούν να υποστηρίξουν μια πιο διαφορετική ομάδα γονιδίων, που στηρίζεται στη μεμονωμένη εκμάθηση να υπερνικά την "έλλειψη" ή τα "όχι αρκετά βελτιστοποιημένα" γνωρίσματα στο γενετικό κώδικα.

Για να ερμηνευτεί το φαινόμενο και να γίνει εύκολα κατανοητό, φανταστείτε κάποια νέα αλλαγή στο περιβάλλον μερικών ειδών, όπως για παράδειγμα ένα νέο αρπακτικό ζώο. Μια τέτοια αλλαγή θα ευνοήσει κυρίως τα ικανώς, να αποφύγουν το αρπακτικό ζώο, άτομα. Δεδομένου ότι το ποσοστό των ατόμων, τα οποία παρουσιάζουν την τάση να βελτιώνονται από μόνα τους, αυξάνεται στον πληθυσμό, ο τελευταίος θα είναι σε θέση να υποστηρίξει μια πιο διαφορετική ομάδα γονιδίων, επιτρέποντας κατά αυτό τον τρόπο στις εξελικτικές διαδικασίες να προσαρμοστούν

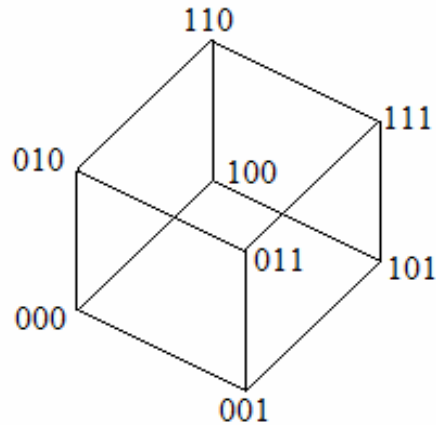
γρηγορότερα. Η γρήγορη αυτή προσαρμογή μπορεί στη συνέχεια, να επιτρέψει στις τυποποιημένες εξελικτικές διαδικασίες να προσαρμόσουν γρηγορότερα ένα γενετικό γνώρισμα για την αποφυγή το αρπακτικό ζώο. Κατά συνέπεια, το φαινόμενο Baldwin παρέχει έναν έμμεσο μηχανισμό για τη μεμονωμένη εκμάθηση μέσα από τον οποίο παρατηρείτε θετικά βέβαια, αντίκτυπος στο ποσοστό εξελικτικής προόδου. Με την αύξηση της ικανότητας επιβίωσης και της γενετικής ποικιλομορφίας των ειδών, η μεμονωμένη πρόοδος στον τομέα υποστήριξης για εκμάθηση γρηγορότερης εξέλιξης του γενετικού υλικού, βοηθά αυξάνοντας την πιθανότητα, τα είδη θα εξελίξουν γενετικά γνώρισμα που θα τους παρέχουν καλύτερη τοποθέτηση στο νέο διαμορφωμένο περιβάλλον.

Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες και πειράματα, μέσα από τα οποία παρατηρήθηκε πως όταν δεν είναι δυνατή η μεμονωμένη μάθηση, ο πληθυσμός αποτύγχανε να βελτιώσει την καταλληλότητα του στην πορεία του χρόνου. Αντιθέτως, όταν είναι δυνατή, ο πληθυσμός ταχέα οδηγεί την καταλληλότητα του σε υψηλότερα επίπεδα. Αυτή η ικανότητα σε συνεργασία με τις ικανότητες που παρέχουν σήμερα οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές χρησιμοποιείται στους γενετικούς αλγόριθμους, με αποτέλεσμα τα βέλτιστα δυνατά αποτελέσματα και σε λιγότερο σχετικά χρόνο.

1.6 Θεωρία Σχημάτων

Δύο προσεγγίσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται για την ερμηνεία της λειτουργίας των γενετικών αλγορίθμων είναι η θεωρία σχημάτων και η υπόθεση δομικών τετραγώνων. Στην θεωρία σχημάτων, σχήμα θεωρείτε ένα πρότυπο ομοιότητας περιγράφοντας ένα υποσύνολο των σειρών με τις ομοιότητες σε ορισμένες θέσεις σειράς. Για τη συζήτηση θα περιοριστούμε χωρίς απώλεια

γενικότητας στο δυαδικό αλφάβητο. Πιο ακριβές ένα σχήμα είναι οποιαδήποτε σειρά που αποτελείται από μηδενικά, άσσους και από αστερίσκους (*). Το σύμβολο ‘*’ παριστάνει την περίπτωση ‘‘δεν με ενδιαφέρει’’.



Σχήμα 1.6.1: Τρισδιάστατος (κυβικός) χώρος.

Υποθέτοντας ότι στον τρισδιάστατο (κυβικό) χώρο, η λύση ενός προβλήματος μπορεί να παρασταθεί με τρία δυαδικά ψηφία, τότε η κορυφές του κύβου του σχήματος 1.6.1 έχουν τις τιμές 000, 001, 101, 100, 010, 011, 111, 110. Εύκολα παρατηρούμε ότι οι γειτονικές κορυφές διαφέρουν μόνο κατά ένα ψηφίο. Η μια πλευρά του κύβου μπορεί να παρασταθεί από την ειδική ακολουθία 0 * *. Άρα είναι ένα σχήμα αφού περιέχει ένα ή περισσότερα ‘*’. Κάθε σχήμα λοιπόν αποτελεί ένα υπερεπίπεδο του χώρου αναζήτησης της λύσης του προβλήματος. Μπορεί να προσαρμόσει 2^r ακολουθίες όπου r είναι ο αριθμός των ‘*’ σ’ ένα σχήμα.

Κάθε δυαδική παράσταση αποτελεί ένα χρωμόσωμα το οποίο αντιστοιχεί σε μία κορυφή στον υπερκύβο και είναι μέλος των $2^l - 1$ διαφορετικών υπερεπιπέδων. Όπου l είναι το μήκος της δυαδικής κωδικοποίησης (λέξης). Ολόκληρος ο χώρος αναζήτησης μπορεί να ορισθεί από 3^l υπερεπίπεδα.

Έστω ότι η συνάρτηση $m(s,t)$ δείχνει τον αριθμό των περιπτώσεων του σχήματος s στον πληθυσμό στο χρόνο t . Το θεώρημα σχημάτων περιγράφει την αναμενόμενη τιμή των $m(s,t+1)$ υπό μορφή όρων $m(s,t)$ και άλλων ιδιοτήτων των σχημάτων, του πληθυσμού και των παραμέτρων των γενετικών αλγορίθμων.

Ο γενετικός αλγόριθμος είναι μια αναζήτηση (έρευνα) η οποία στηρίζεται σε πληθυσμούς. Ένα πληθυσμός από δειγματικά σημεία παρέχει πληροφορίες για μεγάλο αριθμό υπερεπιπέδων. Στους γενετικούς αλγόριθμους υπάρχει ενδογενής παραλληλισμός. Κάθε φορά καθώς αξιολογείται μια απλή ακολουθία, αξιολογούνται με έμμεσο τρόπο και άλλα διαφορετικά υπερεπίπεδα. Τη στατιστική πληροφορία όμως για οποιοδήποτε συγκεκριμένο υποσύνολο υπερεπιπέδων δίνει το συσσωρευτικό αποτέλεσμα αξιολόγησης ενός πληθυσμού σημείων.

Η εξέλιξη του πληθυσμού στους γενετικούς αλγόριθμους, εξαρτάται από την βήμα επιλογής, το βήμα επανασυνδιασμού και το βήμα μετάλλαξης. Έστω $f(h)$ η καταλληλότητα ενός μεμονωμένου στη σειρά ψηφίου του σχήματος h και $\bar{f}(t)$ μέση ικανότητα όλων των ατόμων στον πληθυσμό στο χρόνο t . Ακόμα n ο συνολικός αριθμός των ξεχωριστών ψηφίων στον πληθυσμό και ότι το μεμονωμένο h είναι αντιπρόσωπος του σχήματος s και μέλος του πληθυσμού στο χρόνο t . Η $\hat{u}(s,t)$ εκφράζει την μέση καταλληλότητα των περιπτώσεων του σχήματος s στον πληθυσμό τη χρονική στιγμή t .

Ενδιαφερόμαστε για τον υπολογισμό της αναμενόμενης αξίας του $m(s,t+1)$ που μας δίνουν το $E[m(s,t+1)]$. Μπορούμε να υπολογίσουμε $E[m(s,t+1)]$ χρησιμοποιώντας τη διανομή πιθανότητας, για την επιλογή που δίνεται στην εξίσωση (1.2.1), η οποία μπορεί να διατυπώσει την τρέχουσα ορολογία μας ξανά ως εξής:

$$\text{Pr}(h) = \frac{f(h)}{\sum_{i=1}^n f(h_i)} = \frac{f(h)}{n \cdot \bar{f}(h)}$$

Επιλέγοντας τώρα ένα μέλος από τον καινούριο πληθυσμό σύμφωνα με αυτήν την διανομή πιθανότητας, τότε η πιθανότητα να επιλεγεί αντιπρόσωπος του σχήματος s είναι:

$$\Pr(h \in s) = \sum_{h \in s \cap p_t} \frac{f(h)}{n \cdot \bar{f}(h)} = \frac{\hat{u}(s, t)}{n \bar{f}(t)} m(s, t) \quad (1.6.1)$$

Στην συνέχεια από τον καθορισμό ότι:

$$\hat{u}(s, t) = \frac{\sum_{h \in s \cap p_t} f(h)}{m(s, t)}$$

η εξίσωση (1.6.1) δίνει την πιθανότητα μια μόνο υπόθεση θα επιλεγεί από τον ΓΑ να είναι μία εμφάνιση του σχήματος s . Ο αναμενόμενος αριθμός εμφανίσεων του s από n ανεξάρτητα βήματα επιλογής, τα οποία δημιουργούν ολόκληρη την επόμενη γενιά είναι απλά n φορές την πιθανότητα αυτή.

$$E[m(s, t+1)] = \frac{\hat{u}(s, t)}{\bar{f}(t)} m(s, t) \quad (1.6.2)$$

Όπως φαίνεται από την εξίσωση (1.6.2) δηλώνει ότι ο αναμενόμενος αριθμός των εμφανίσεων του σχήματος s στην επόμενη γενιά είναι ανάλογος της μέσης καταλληλότητας $\hat{u}(s, t)$ των περιπτώσεων του συγκεκριμένου σχήματος την χρονική στιγμή t και αντιστρόφως ανάλογος στην μέση καταλληλότητα $\bar{f}(t)$ όλων των μελών του πληθυσμού την ίδια χρονική στιγμή.

Στα πιο πάνω η ανάλυση έγινε στηριζόμενη μόνο στο βήμα επιλογής του γενετικού αλγορίθμου. Πρέπει όμως να ληφθεί υπόψη τόσο το βήμα διασταύρωσης όσο και το βήμα μετάλλαξης. Το θεμελιώδες θεώρημα των γενετικών αλγορίθμων, στηριζόμενο στην θεωρία σχημάτων όπως διατυπώθηκε από τον Holland είναι:

$$E[m(s, t+1)] \geq \frac{\hat{u}(s, t)}{\bar{f}(t)} m(s, t) \left(1 - p_{cross} \frac{d(s)}{l-1}\right) (1 - p_{mutation})^{o(s)}$$

όπου, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω p_{cross} και p_{mutation} η πιθανότητες διασταύρωσης σ' ένα σημείο και μετάλλαξης αντίστοιχα. $O(s)$ είναι η τάξη του σχήματος ή αλλιώς ο αριθμός των θέσεων, όπου τα 0 και 1 είναι καθορισμένα, ενώ τα * όχι του σχήματος h , $d(s)$ το χαρακτηριστικό μήκος ή αλλιώς η απόσταση σε θέσεις μεταξύ της πρώτης και τελευταίας καθορισμένης θέσης του σχήματος.

Το θεώρημα σχημάτων είναι ευρέως αναφερόμενο ως ο κύριος χαρακτηρισμός της εξέλιξης πληθυσμών μέσα στο γενετικό αλγόριθμο. Ένα λόγος για τον οποίο δεν είναι ολοκληρωμένο όμως είναι ότι αποτυγχάνει να εξετάσει τις πιθανές θετικές επίδραση της διασταύρωσης και της μετάλλαξης. Έχουν προταθεί προσφάτως πολυάριθμες θεωρητικές αναλύσεις, συμπεριλαμβανόμενου των αναλύσεων οι οποίες είναι βασισμένες στα Μαρκοβιανά μοντέλα αλυσίδων και στα στατιστικά μηχανικά μοντέλα.

1.7 Υπόθεση δομικών τετραγώνων

Τα βραχεία, χαμηλής τάξης και υψηλής συμπεριφοράς σχήματα καλούνται “δομικά τετράγωνα” ή αλλιώς τετράγωνα κτίσματος. Ένας γενετικός αλγόριθμος αναζητά την βέλτιστη δυνατή συμπεριφορά μέσω της αντιπαράθεσης των δομικών αυτών τετραγώνων.

Οι τελεστές διασταύρωσης και μετάλλαξης μπορούν να παράγουν, να προωθούν και να αντιπαραθέτουν δομικά τετράγωνα ώστε να δημιουργήσουν βέλτιστες ακολουθίες. Μέσω της διαδικασίας της διασταύρωσης η γενετική πληροφορία που υπάρχει στις προς διασταύρωση ακολουθίες διατηρείται. Έτσι, όταν οι ακολουθίες διασταύρωσης είναι όμοιες μεταξύ τους, η δυνατότητα τους να παράγουν δομικά τετράγωνα μειώνεται σημαντικά.

Αντιθέτως κατά την διαδικασία της μετάλλαξης δεν διατηρείται η γενετική πληροφορία, δηλ. δεν δρα ως συντελεστής συντήρησης, αλλά έχει την ικανότητα να παράγει δραστικά νέα δομικά τετράγωνα.

Τα δομικά τετράγωνα με υψηλότερες τιμές προσαρμογής είναι αυτά τα οποία τείνουν να επιλεγούν για γονείς. Αυτό έχει και σαν αποτέλεσμα την δυναμική παρουσία τους στις επόμενες γενεές.

Το πρόβλημα κωδικοποίησης σ' ένα γενετικό αλγόριθμο είναι πολύ κρίσιμο για την συμπεριφορά και για την ικανοποίηση της ιδέας κωδικοποίηση μικρών δομικών τετραγώνων, πράγμα το οποίο υπαγορεύεται γιατί από την υπόθεση των τετραγώνων αυτών.

1.8 Παραλληλισμός στους γενετικούς αλγόριθμους

Είναι χρήσιμο να αξιοποιήσουμε την ενδογενή παράλληλη δομή των γενετικών αλγορίθμων για να πετύχουμε την απαιτούμενη ταχύτητα σε πρακτικές εφαρμογές. Για τον λόγο αυτό έχουν προταθεί αρκετές παράλληλες τεχνικές οι οποίες βασίζονται στους ΓΑ. Οι τεχνικές αυτές ταξινομούνται στις ακόλουθες κατηγορίες: ολικές τεχνικές, τεχνικές μετανάστευσης και τεχνικές διάχυσης.

1.8.1 Ολικές τεχνικές

Στις τεχνικές αυτές οι προσεγγίσεις στον παραλληλισμό υποδιαιρούν τον πληθυσμό στις κάπως ευδιάκριτες ομάδες ατόμων, αποκαλούμενες *demes*, όπου *deme* είναι ένας τοπικός πληθυσμός οργανισμών του ίδιου είδους (υπό-πληθυσμός). Κάθε *deme* ορίζεται σε έναν διαφορετικό υπολογιστικό κόμβο και μια τυποποιημένη αναζήτηση ΓΑ εκτελείται σε κάθε κόμβο. Όλος ο πληθυσμός χρησιμοποιείται ως μηχανισμός ανατροφοδότησης. Αυτό μπορεί να υλοποιηθεί, αποθηκεύοντας τα

χρωμοσώματα στην κοινή μνήμη ή σ' ένα υπολογιστή για να διευκολυνθούν οι γενετικές πράξεις.

1.8.2 Τεχνικές μετανάστευσης

Ένας γενετικός αλγόριθμος μετανάστευσης διαιρεί τον πληθυσμό σε κάποιο αριθμό υπό-πληθυσμών, οι οποίοι αντιμετωπίζονται διαφορετικά ο καθένας ως μηχανισμός ανατροφής από ένα παραδοσιακό γενετικό αλγόριθμο. Η μετανάστευση συμβαίνει μεταξύ των ατόμων του πληθυσμού, από υπό-πληθυσμό σε υπό-πληθυσμό. Τα άτομα είτε αντιγράφονται είτε μεταφέρονται γενικότερα από ένα deme σε άλλο. Αυτό συμβαίνει για την ενίσχυση της γονιμοποίησης καλό γενετικού υλικού μέσω ολόκληρου του πληθυσμού. Την μετανάστευση επηρεάζουν τόσο ο ρυθμός μετανάστευσης, ο οποίος ρυθμίζει τον αριθμό των ατόμων που μεταναστεύουν, όσο και το διάστημα μετανάστευσης, δηλ. η συχνότητα με την οποία πραγματοποιούνται οι μεταναστεύσεις.

1.8.3 Τεχνικές διάχυσης

Οι τεχνικές αυτές παρέχουν την δυνατότητα κατάλληλη αρχιτεκτονική να μπορεί άμεσα να χρησιμοποιηθεί σαν παράλληλος επεξεργαστής γενετικών αλγορίθμων. Τα άτομα συνήθως τοποθετούνται σε διδιάστατο πλέγμα. Μπορούν να ανατρέφονται μαζί με γειτονικά άτομα, άτομα τα οποία υπάρχουν σε μια συγκεκριμένη μικρή σχετικά απόσταση.

1.9 Βελτιστοποιήσεις γενετικών αλγορίθμων

Κυριότερη ιδιότητα των ΓΑ είναι η ικανότητα τους να λύνουν προβλήματα βελτίστου με πολλά τοπικά ελάχιστα (μέγιστα) και να βρουν, σχεδόν με πλήρη επιτυχία το ολικό ελάχιστο (μέγιστο).

Για το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα οι γενετικοί αλγόριθμοι επηρεάζονται από τους ακόλουθους τρεις παράγοντες:

- Αναζήτηση από ένα πληθυσμό λύσεων και όχι μόνο από μία
- Χρήση τυχαίων τελεστών και όχι καθορισμένων
- Χρήση πληροφορίας για την προσαρμογή και όχι παραγώγους ή άλλη βοηθητική πληροφορία

Δεν είναι σίγουρο ότι η λύση που θα δώσει τελικά ο γενετικός αλγόριθμος είναι και η βέλτιστη. Όταν υπάρχει απώλεια ποικιλίας στον πληθυσμό η δυνατότητα επιτυχίας μειώνεται. Για να ευρεθεί σίγουρα το ολικό βέλτιστο πρέπει να διερευνηθεί η μετάλλαξη στις γενετικές πράξεις. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως “γενετική ολίσθηση” και συμβαίνει ευκολότερα σε πληθυσμούς με μικρό μέγεθος.

Συνοψίζοντας, οι γενετικοί αλγόριθμοι είναι μηχανισμοί που χρησιμοποιούν διαδικασίες συνδυασμού υποθέσεων, τόσο τυχαία όσο και με παραλληλισμό, ή ακόμα και με βήματα κατά σειρά (hill-climbing search), για την αναζήτηση των υποθέσεων που βελτιστοποιούν τη ικανότητα λειτουργίας. Η έρευνα που πραγματοποιείται στηρίζεται στη βιολογική εξέλιξη και σε κάθε επανάληψη της διαδικασίας το πιο κατάλληλο άτομο επιλέγεται για την διασταύρωση και αναπαραγωγή απογόνων, οι οποίοι με την σειρά τους θα αντικαταστήσουν τα λιγότερο ικανά άτομα. Οι υποθέσεις συνήθως είναι κωδικοποιημένες και συνδυάζονται με την διαδικασία της διασταύρωσης και ακόμη είναι επιρρεπείς στην τυχαία μετάλλαξη.

Ένας γενετικός αλγόριθμος επεξηγεί πώς η εκμάθηση μπορεί να αντιμετωπισθεί ως ειδική περίπτωση της βελτιστοποίησης του προβλήματος. Ειδικότερα, στόχος εκμάθησης είναι να βρεθεί η βέλτιστη υπόθεση, σύμφωνα με την προκαθορισμένη λειτουργία ικανότητας.

Συνηθέστερα, οι γενετικοί αλγόριθμοι έχουν εφαρμοστεί στα προβλήματα βελτιστοποίησης χωρίς τη χρήση μηχανής, όπως και στα προβλήματα βελτιστοποίησης σχεδίου. Ταιριάζουν κυρίως στις περιπτώσεις όπου ο στόχος είναι σύνθετες υποθέσεις και σ' αυτές όπου ο στόχος βελτιστοποίησης μπορεί να είναι μια έμμεση λειτουργία της συγκεκριμένης υπόθεσης.

Γίνετε συχνά χρήση του γενετικού προγραμματισμού, μιας παραλλαγής δηλαδή των γενετικών αλγορίθμων στους οποίους οι υποθέσεις που χειρίζονται είναι προγράμματα υπολογιστών, παρά ακολουθίες ψηφίων και κομμάτια κώδικα. Το ίδιο ισχύει και για τις λειτουργίες όπως της διασταύρωσης και της μετάλλαξης. Ο γενετικός προγραμματισμός έχει αναπτυχθεί με στόχο την προσομοίωση και την αναγνώριση αντικειμένων σε εικονικό επίπεδο.

1.10 Λύση προβλημάτων κεραιών με τη χρήση γενετικών αλγορίθμων.

Στην περίπτωση προβλημάτων κεραιών, κύριος στόχος είναι ο σχεδιασμός μιας στοιχειοκεραίας που παράγει κάποιο επιθυμητό διάγραμμα ακτινοβολίας. Οι σχεδιαστικοί παράμετροι εισάγονται στο ΓΑ ως βαθμοί ελευθερίας και είναι αφενός εκφράζουν τις σχέσεις μεταξύ των συντεταγμένων των στοιχείων και αφετέρου οι τις σχέσεις μεταξύ των διεγέρσεων των στοιχείων της στοιχειοκεραίας. Στη διέγερση περιλαμβάνετε τόσο το πλάτος όσο και η φάση. Για παράδειγμα, εάν επιθυμούμε σε μια επίπεδη ή γραμμική στοιχειοκεραία, εύκολα υπολογίζεται το διάγραμμα ακτινοβολίας το οποίο προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό του παράγοντα του

στοιχείου με τον παράγοντα διάταξης της στοιχειοκεραίας. Το διάγραμμα ακτινοβολίας εξαρτάται ακόμα και από τη συχνότητα λειτουργίας, την ρευματική διέγερση των στοιχείων και από το πλήθος των στοιχείων. Το διάγραμμα ακτινοβολίας όμως δεν είναι απόλυτα το κύριο ζητούμενο. Το ζητούμενο, μπορεί να είναι ο σχεδιασμός μιας στοιχειοκεραίας που θα τοποθετηθεί στη μύτη της ατράκτου ενός αεροπλάνου.

Μπορούμε να παράγουμε διαγράμματα ακτινοβολίας που να αποτελούνται από πολλούς λοβούς ακτινοβολίας η οποίοι μπορούν ακόμη και να συμπίπτουν ο ένας πάνω στον άλλο. Αυτό μπορεί να γίνει συνδυάζοντας πολλά στοιχεία σε μονοδιάστατη ή και σε δυσδιάστατη στοιχειοκεραία. Τα δημοφιλέστερα επιθυμητά διαγράμματα ακτινοβολίας ομαδοποιούνται σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη ομάδα αποτελείται από διαγράμματα με ένα κύριο λοβό, που κυριαρχεί πάνω στους δευτερεύοντες. Η δεύτερη ομάδα, αποτελείται από διαγράμματα με δύο κύριους λοβούς διαχωρισμένους από μία γωνία μηδενισμού, οι οποίοι κυριαρχούν πάνω στους δευτερεύοντες και τέλος η τρίτη ομάδα διαγραμμάτων ακτινοβολίας, αποτελείται από κύριους λοβούς συγκεκριμένου σχήματος, οι οποίοι προκύπτουν από το συνδυασμό πολλών λοβών των στοιχείων.

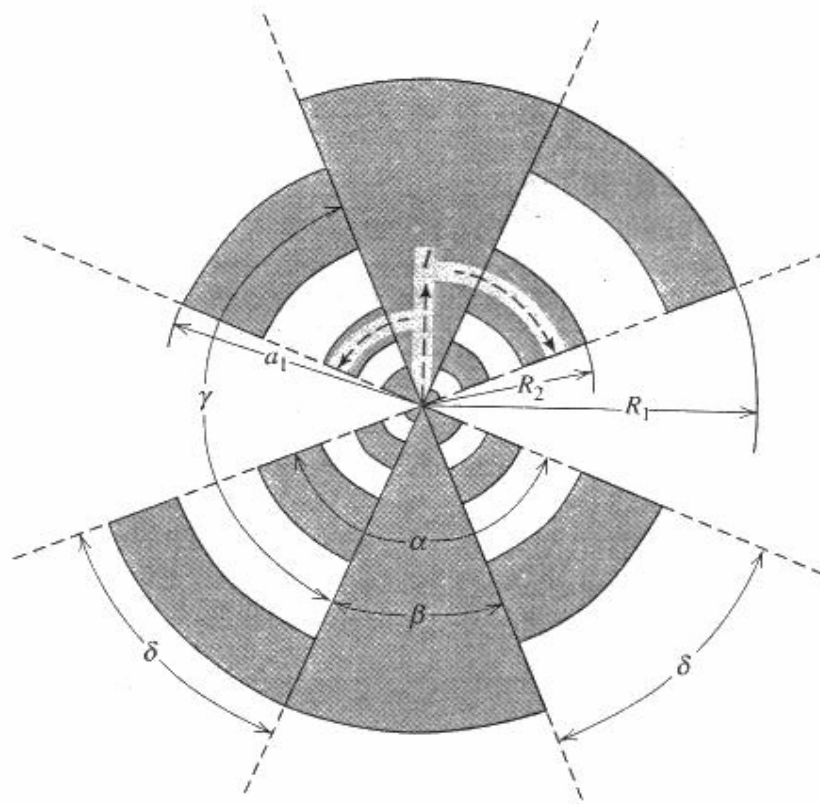
Εύκολα λοιπόν μπορούμε με την χρήση γενετικών αλγορίθμων να ελαχιστοποιήσουμε τη στάθμη των πλευρικών λοβών. Ακόμη, στην περίπτωση διαγράμματος ακτινοβολίας συγκεκριμένου σχήματος, μπορούμε να ελαχιστοποιήσουμε την απόκλιση του διαγράμματος από το προκαθορισμένο αυτό σχήμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΔΙΠΟΛΙΚΕΣ ΚΕΡΑΙΕΣ (LPDA)

Στις αρχές του 19^{ου} αιώνα κατασκευάστηκαν κεραίες όπως η μονοκωνική, η δικωνική, η τριγωνική κεραία καθώς και άλλες δομές με χαρακτηριστικά ευρείας ζώνης χρήσιμες για πολλές εφαρμογές. Καθώς αναπτύσσονταν επίπεδες και κωνικές δομές ο Raymond DuHamel και ο Dwight Isbell δημιούργησαν ένα νέο τύπο κεραίας ανεξάρτητη από τη συχνότητα, μια αυτό-συμπληρωματική οδοντωτή δομή (περιοχές μετάλλου και σχισμής αλληλοσυμπληρώνονται, σχήμα 2).

Επιπλέον έρευνες έδειξαν τη μη αναγκαιότητα της αυτό-συμπληρωματικής συνθήκης, έτσι ο Dwight Isbell το 1960 επίδειξε την πρώτη λογαριθμική-περιοδική συστοιχία διπόλων.



Σχήμα 2: Λογαριθμική περιοδική οδοντωτή αυτό-συμπληρωματική κεραία.

2.1 Log-Periodic Dipole Array

Μια στοιχειοκεραία η οποία είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να λειτουργεί σε ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων είναι η λογαριθμική περιοδική διπολική κεραία. Η κεραία αυτή αποτελείται από παράλληλα δίπολα τοποθετημένα το ένα κοντά στο άλλο τα οποία διαμορφώνουν μια συνεπίπεδη δομή η οποία ακτινοβολεί κατά τον πιο αποδοτικό τρόπο όταν τα δίπολα βρίσκονται κοντά στον συντονισμό. Η γεωμετρική αυτή δομή επηρεάζει τα χαρακτηριστικά της LPDA κεραίας με αποτέλεσμα η σύνθετης αντίστασης και ακτινοβολίας να επαναλαμβάνονται περιοδικά ως λογάριθμος της συχνότητας. Στην πράξη μεταβολές στη ζώνη συχνότητας της λειτουργίας θεωρούνται ασήμαντες αφού οι λογαριθμικές περιοδικές κεραίες είναι συνήθως ανεξάρτητες από την συχνότητα.

Κυριότερο πλεονέκτημα της είναι ότι διατηρεί τα βασικά χαρακτηριστικά της (κατευθυντικότητα, SWR, F/B ratio) σχεδόν σταθερά για μεγάλο εύρος συχνοτήτων. Κυρίως χρησιμοποιείται για λήψη VHF σημάτων τηλεόρασης. Συχνά χρησιμοποιείται συνδεδεμένο με ένα επίπεδο πλέγματος καλωδίων γείωσης για να μειώσει τον πίσω λοβό.

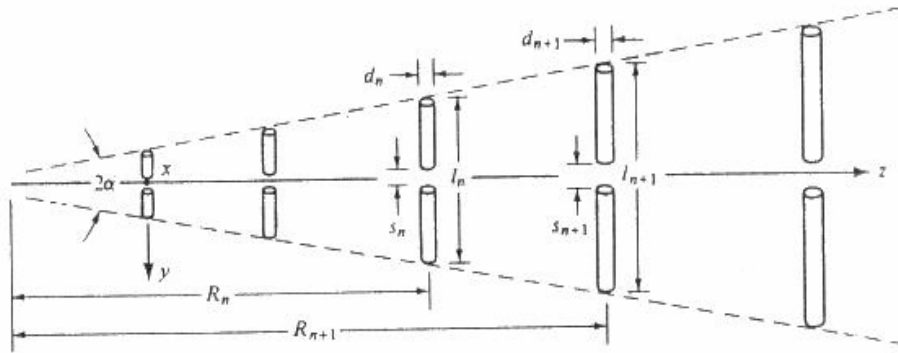
Η log-periodic dipole κεραία αποτελείται από δίπολα, τα μήκη των οποίων αυξάνονται κατά μήκος της κεραίας ώστε η εσωτερική γωνία α (είναι η μισή γωνία η οποία σχηματίζεται από την τομή των δύο νοητών ευθειών γραμμές που διέρχονται από τα άκρα των διπόλων) να είναι σταθερή και τα μήκη l και οι αποστάσεις s των παρακείμενων στοιχείων είναι τέτοιας αναλογίας διαστάσεων ώστε:

$$\frac{1}{\tau} = \frac{l_2}{l_1} = \frac{l_{n+1}}{l_n} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{d_{n+1}}{d_n} = \frac{s_2}{s_1} = \frac{s_{n+1}}{s_n}.$$

Τα μεγέθη l , R , d , s φαίνονται στο σχήμα 2.1.1. Το τ είναι σταθερά και ονομάζεται γεωμετρικός λόγος (scale factor). Επίσης μια άλλη παράμετρος η οποία συνδέεται με

τις διπολικές κεραίες είναι ο παράγοντας σ (spacing factor) ο οποίος δίνεται από την

$$\sigma = \frac{R_{n+1} + R_n}{2 \cdot l_{n+1}}$$



Σχήμα 2.1.1: Γεωμετρία λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας.

Οι δύο αυτοί παράγοντες ο τ και ο σ είναι οι σχεδιαστικές παράμετροι της λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας. Για τον παράγοντα τ ισχύει $\tau = \frac{R_{n+1}}{R_n} (1 - \sigma)$.

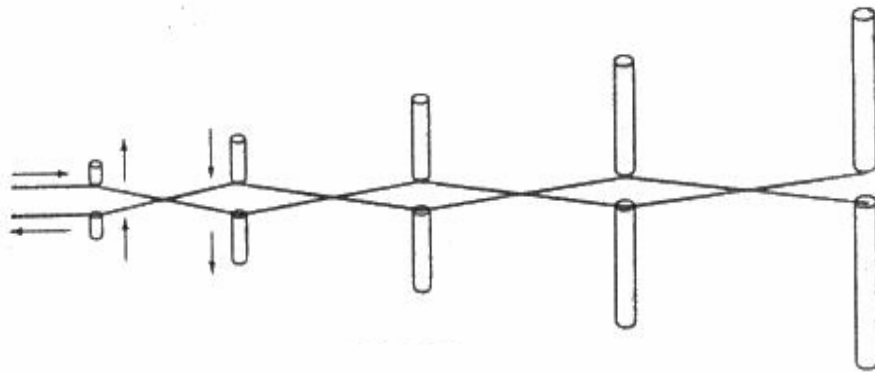
Τόσο οι αποστάσεις των κενών στα κέντρα τους στο σημείο τροφοδότησής τους, όσο και οι διάμετροι των διπόλων διαφέρουν μεταξύ τους. Η τροφοδότηση της κεραία γίνεται από την άκρη όπου υπάρχει το δίπολο με το μικρότερο μήκος (l_{\min}). Η σχέση η οποία συνδέει μεταξύ τους τα μεγέθη τ , σ και a είναι:

$$\sigma = \frac{1}{4}(1 - \tau) \cot a \quad (2.1.1)$$

και κατά συνέπεια

$$a = \tan^{-1} \left[\frac{1 - \tau}{4\sigma} \right] \quad (2.1.2)$$

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η κεραία τροφοδοτείται από την πλευρά του μικρότερου σε μήκος δίπολου. Ανάμεσα στα γειτονικά δίπολα υπάρχουν διασταυρωμένες γραμμές μεταφοράς (σχήμα 2.1.2) πράγμα το οποίο προκαλεί προσθήκη φάσης 180° στο τέλος κάθε στοιχείου. Κατά συνέπεια γειτονικά στοιχεία που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους έχουν σχεδόν αντίθετη φάση. Εξαιτίας αυτού λίγη ενέργεια ακτινοβολείται απ' αυτά και τα φαινόμενα παρεμβολής είναι μηδαμινά. Ωστόσο τα δίπολα με τα μεγαλύτερα μήκη, τα οποία βρίσκονται μεταξύ τους με τις μεγαλύτερες αποστάσεις ακτινοβολούν. Η ενέργεια ακτινοβολείται με κατεύθυνση, αξονική και φορά προς τα μικρότερα δίπολα πράγμα το οποίο οφείλετε στην μηχανική φάσης μεταξύ των στοιχείων αυτών η οποία όπως αναφέραμε προηγουμένως προκαλεί την μεταβολή της φάσης.



Σχήμα 2.1.2: Λογαριθμική περιοδική διπολική κεραία με διασταυρωμένες γραμμές μεταφοράς.

Για το εύρος ζώνης στο οποίο λειτουργεί η LPDA κεραία μπορούμε να καθορίσουμε τις συχνότητες αποκοπής τόσο την άνω όσο και την κάτω. Η κάτω συχνότητα αποκοπής καθορίζεται ώστε το μεγαλύτερο δίπολο να είναι $\lambda/2$ για τη συχνότητα αυτή. Η άνω συχνότητα αποκοπής καθορίζεται έτσι ώστε το μικρότερο δίπολο να είναι $\lambda/2$, αλλά θα πρέπει ακόμα η ενεργός περιοχή να είναι στενή. Κοντά

στα δίπολα που έχουν μήκος περίπου $\lambda/2$ ορίζεται η ενεργός περιοχή της log periodic dipole array κεραίας. Ο ρόλος των ενεργών στοιχείων περνά από τα μεγαλύτερα στα πιο μικρά σε μήκος στοιχεία καθώς η συχνότητα αυξάνει. Ακόμα και η ενέργεια καθώς ταξιδεύει από το μικρότερο ενεργό στοιχείο στο μεγαλύτερο αυξάνει πολύ γρήγορα ώστε μόνο ένα αμελητέο ποσό ανακλάτε στο τερματισμένο μεγίστου μήκους δίπολο.

Τα δίπολα με μήκη γύρω στο 1λ διαρρέοντα από μικρά ρεύματα. Τα μικρά αυτά ρεύματα σημαίνουν ότι η κεραία είναι στην ουσία κομμένη στα δεξιά της ενεργού περιοχής. Τα μικρότερα στοιχεία τα οποία έχουν μήκη μικρότερα από $\lambda/2$ παρουσιάζουν μια σχετικά μεγάλη χωρητική αντίσταση στην γραμμή μεταφοράς. Έτσι τα ρεύματα που τα διαρρέουν είναι μικρά, και η ακτινοβολία ασθενής.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι για ένα μήκος κύματος λ ακτινοβολία προκύπτει από την κεντρική περιοχή της κεραίας στην οποία βρίσκονται τα διπολικά στοιχεία με μήκος περίπου $\lambda/2$. Αυξανόμενου του μήκους κύματος, η ζώνη ακτινοβολίας της κεραίας μετατοπίζεται προς τα δεξιά δηλ. κοντά στα δίπολα με μικρότερο φυσικό μήκος και αντίστροφα, όταν το μήκος κύματος μειώνει μετακινείτε προς τα αριστερά.

Για κάποια δεδομένη συχνότητα, μόνο ένα ποσοστό της κεραίας χρησιμοποιείται. Γνωρίζουμε επίσης ότι μόνο το 15% του μήκους μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο μικρότερο μήκος κύματος του εύρους ζώνης λειτουργίας. Για το μεγαλύτερο εύρος ζώνης λειτουργίας χρησιμοποιείται ένα μεγαλύτερο ποσοστό που και πάλι δεν υπερβαίνει το 50%.

Για να πάρουμε απολαβή μεγαλύτερη από ότι θα παίρναμε με μία απλή λογαριθμική-περιοδική συστοιχία διπόλων μπορούμε να βάλουμε σε συγκρότημα δυο συστοιχίες. Για λειτουργία όμως ανεξάρτητη της συχνότητας, όπως απαιτείται από την αρχή του Rumsey, πρέπει όλες οι θέσεις των στοιχείων να καθορίζονται από

γωνίες και όχι από τις αποστάσεις μεταξύ τους. Αυτό μας οδηγεί στην κοινή κορυφή των δύο συστοιχιών και επίσης να έχουν διαφορετικές διευθύνσεις.

Για πολύ μεγάλα εύρη ζώνης, η LPDA κεραία πρέπει να παρουσιάζει αντιστοιχία μεγάλου μήκους. Το μεγάλο μήκος της κεραίας αρκετές φορές την καθιστούσε μη χρήσιμη. Για να μειώσουν το μήκος της, ο Paul Mayes και Robert Carrel ανέπτυξαν μια συμπαγή συστοιχία διπόλων σχήματος V. Η δομή αυτή πειραματικά βρέθηκε ότι μπορούσε να λειτουργήσει για μερικούς ρυθμούς. Στον κατώτατο ρυθμό, τα δίπολα με μήκος $\lambda/2$ και τα οποία βρίσκονται στην κεντρική περιοχή της κεραίας, λειτουργούν κανονικά. Καθώς όμως η συχνότητα αυξάνει, μέχρι και το σημείο όπου τα κοντά στοιχεία είναι μακριά για να προκαλέσουν συντονισμό $\lambda/2$, τα μακρύτερα δίπολα ενεργοποιούνται με συντονισμό $3\lambda/2$.

Μια περαιτέρω αύξηση της συχνότητας, μετακινεί την ενεργό περιοχή προς τα στοιχεία μικρών διαστάσεων, με ρυθμό $3\lambda/2$. Με ακόμη μεγαλύτερη συχνότητα, το άκρο μεγάλων διαστάσεων ενεργοποιείται με πολύ μεγαλύτερης τάξης ρυθμό.

Μικρή επίδραση έχει και η προς τα εμπρός κλίση των διπόλων, στο ρυθμό $\lambda/2$ της συστοιχίας V. Για υψηλότερους ρυθμούς, παρέχει σημαντικό βοήθημα στο σχηματισμό δέσμης προς τα εμπρός.

2.2 Σχεδιασμός Λογαριθμικής Περιοδικής Διπολικής Κεραίας

Ο κυριότερος στόχος για την διαμόρφωσης οποιασδήποτε κεραίας είναι ο σχεδιασμός της, που ανταποκρίνεται σε ορισμένες συγκεκριμένες προδιαγραφές. Μια γενική διαμόρφωση μιας LPDA κεραίας περιγράφεται από τους σχεδιαστικούς παράγοντες a , τ και σ , οι οποίοι σχετίζονται μεταξύ τους από την προαναφερθείσα

σχέση $a = \tan^{-1} \left[\frac{1-\tau}{4\sigma} \right]$. Πολύ εύκολα γνωρίζοντας δυο από τους σχεδιαστικούς

παράγοντες μπορεί να υπολογιστεί ο τρίτος.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι χρησιμότερες για την σχεδίαση, μιας λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας σχέσεις. Καθώς από το εύρος ζώνης της κεραίας καθορίζεται το μήκος του μικρότερου και μεγαλύτερου διπόλου, το πλάτος της ενεργού περιοχής εξαρτάται από συγκεκριμένες σχεδιαστικές παραμέτρους. Το εύρος ζώνης της ενεργού περιοχής σχετίζεται με το a και το τ , από την ημι-εμπειρική σχέση που εισήγαγε ο Robert.L.Carrel:

$$B_{ar} = 1.1 + 7.7(1 - \tau)^2 \cot a \quad (2.2.1)$$

Το σχεδιαζόμενο εύρος ζώνης (B_s) σχετίζεται με το επιθυμητό (B) και το ενεργού περιοχής εύρος ζώνης. Η σχέση που συνδέει τα τρία αυτά μεγέθη είναι:

$$B_s = B \cdot B_{ar} = B[1.1 + 7.1(1 - \tau)^2 \cot a] \quad (2.2.2)$$

Το συνολικό μήκος της σχεδιαζόμενης δομής της κεραίας, δηλαδή από το μικρότερο στο μεγαλύτερο δίπολο δίνεται από την σχέση:

$$L = \frac{\lambda_{\max}}{4} \left(1 - \frac{1}{B_s} \right) \cot a \quad (2.2.3)$$

όπου

$$\lambda_{\max} = 2l_{\max} = \frac{u}{f_{\min}} \quad (2.2.4)$$

και u η ταχύτητα του φωτός ($\approx 3 \cdot 10^8$). Παρόμοια υπολογίζουμε και το μήκος του

μικρότερου στοιχείου $2l_{\min} = \frac{u}{f_{\max}}$.

Από την γεωμετρία τώρα της κεραίας μπορεί να υπολογιστεί ο αριθμός των στοιχείων (N), διπόλων από τα οποία θα αποτελείται η κεραία. Προκύπτει:

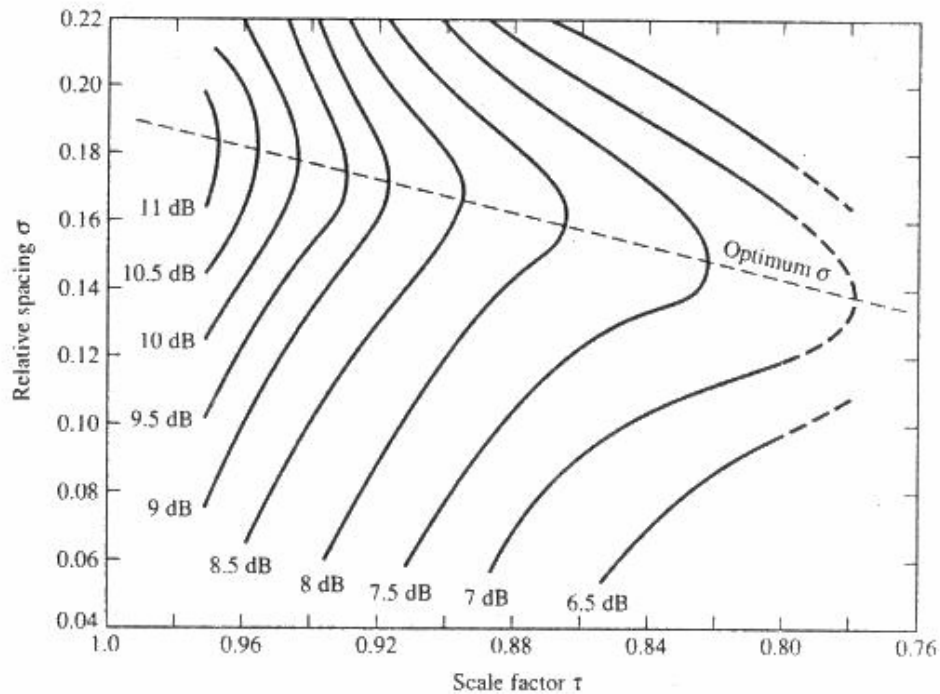
$$N = 1 + \frac{\ln(B_s)}{\ln\left(\frac{1}{\tau}\right)} \quad (2.2.5)$$

Μπορούμε γνωρίζοντας την κατευθυντικότητα της κεραίας σε dB και με την χρήση γραφημάτων να υπολογίσουμε την γωνία α για κάποιο βέλτιστο ζεύγος τιμών τ και σ . Στην συνέχεια από τις πιο πάνω σχέσεις υπολογίζουμε τον αριθμό των διπόλων και το μήκος της κεραίας.

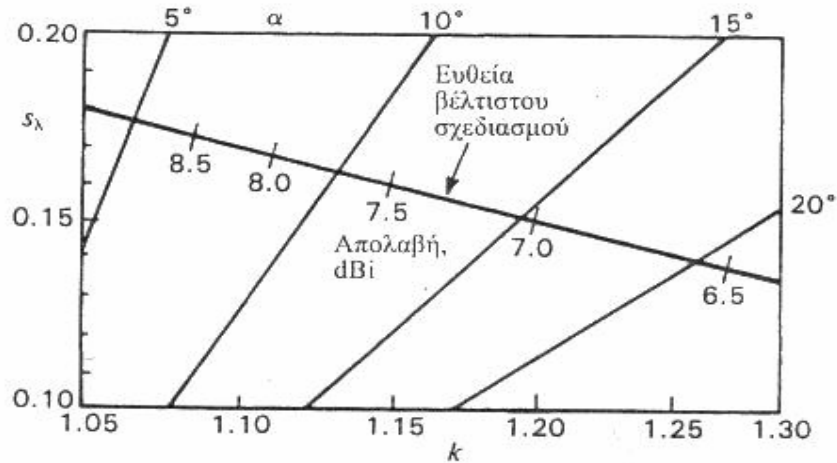
Μπορούμε επίσης από το εύρος ζώνης (F) να υπολογίσουμε τον συντελεστή αναλογίας k . Ο συντελεστής αυτός δίνεται από τη σχέση:

$$F = k^n = \frac{l_{n+1}}{l_1}$$

Πίνακες και γραφήματα από τα οποία μπορούμε να υπολογίσουμε βέλτιστες τιμές, τόσο για το τ και σ , όσο και για το α , ανάλογα με την απολαβή παρουσιάζονται παρακάτω.



Σχήμα 2.2.1: Υπολογιστικά διαγράμματα σταθερής κατευθυντικότητας συναρτήσει του τ και σ .



Σχήμα 2.2.2: Σχέση παραμέτρων (γωνίας κορυφής α , συντελεστή αναλογίας k , απόστασης S_λ) με ευθεία βέλτιστου σχεδιασμού και για τιμές απολαβής.

Ο παράγοντας απόστασης s , από κέντρο σε κέντρο του αγωγού της γραμμής τροφοδοσίας, μπορεί να υπολογιστεί καθορίζοντας, συγκεκριμένη απαιτούμενη αντίσταση εισόδου, τη διάμετρο διπόλων και τους αγωγούς των γραμμών τροφοδοσίας. Ολοκληρώνοντας καθορίζουμε την χαρακτηριστική μέση αντίσταση των στοιχείων η οποία δίνεται από τη σχέση:

$$Z_a = 120 \left[\ln \left(\frac{l_n}{d_n} \right) - 2.25 \right] \quad (2.2.6)$$

όπου l_n/d_n είναι ο λόγος μήκους προς την διάμετρο του n -οστού στοιχείου τη συστοιχίας. Για τον ιδανικό σχεδιασμό μιας LPDA πρέπει ο λόγος αυτός να είναι ίσος για όλα τα στοιχεία. Συνήθως τα στοιχεία της συγκεκριμένης κεραίας, χωρίζονται σε ομάδες, το πολύ τρεις, στις οποίες τα στοιχεία έχουν την ίδια διάμετρο αλλά όχι και το ίδιο μήκος. Για τη χαρακτηριστική αντίσταση της γραμμής τροφοδοσίας Z_0 , το σχετικό μέσο διάστημα $\sigma' = \frac{\sigma}{\sqrt{\tau}}$ και R_{in} αντίσταση εισόδου έχουν κατασκευαστεί γραφήματα που συνδέουν με κάποια συνάρτηση τα μεγέθη αυτά μεταξύ τους.

Με χρήση των πιο πάνω ο παράγοντας s μεταξύ δυο ράβδων τροφοδοσίας για κάθε ίδια διάμετρο υπολογίζεται από την πιο κάτω εξίσωση.

$$s = d \cosh\left(\frac{Z_0}{120}\right) \quad (2.2.7)$$

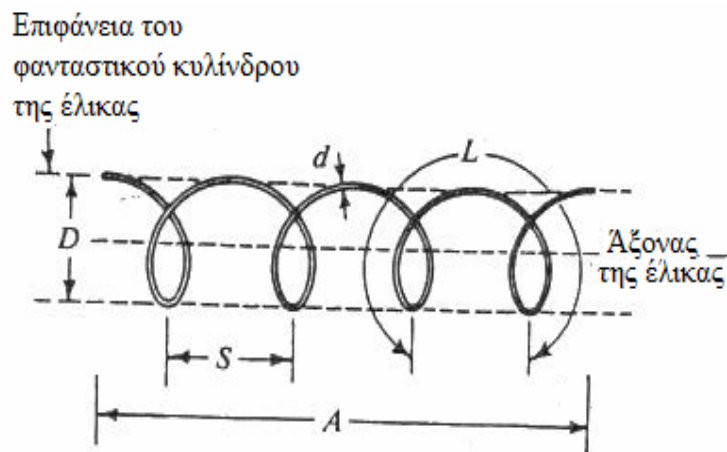
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΛΙΚΟΕΙΔΗΣ ΚΕΡΑΙΑ

Ο John D. Kraus, το 1946 άρχισε να ασχολείται με τον σχεδιασμό μιας ελικοειδούς κεραίας. Μετά από αρκετές προσπάθειες, χρόνια εκτενών μετρήσεων και υπολογισμών, κατάφερε να διατυπώσει εξισώσεις κατάλληλες για σχεδιαστικούς σκοπούς. Σήμερα, είναι πιθανώς η ευρύτετα χρησιμοποιημένη κυκλικά-πολωμένη κεραία, είτε στο διάστημα είτε στο έδαφος.

3.1 Γεωμετρία ελικοειδούς κεραίας

Μια τρισδιάστατη γεωμετρική μορφή, σχηματίζεται από ευθύ σύρμα το οποίο τυλίγεται σε ομοιόμορφο κύλινδρο. Κάθετη τομή έλικας προβάλλεται σαν κύκλος. Έτσι συνδυάζει τις γεωμετρικές ιδιότητες ευθείας, κυλίνδρου και κύκλου. Πρέπει ακόμα να τονιστεί ότι έχει σημαντική αξία η φορά περιστροφής, αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη.



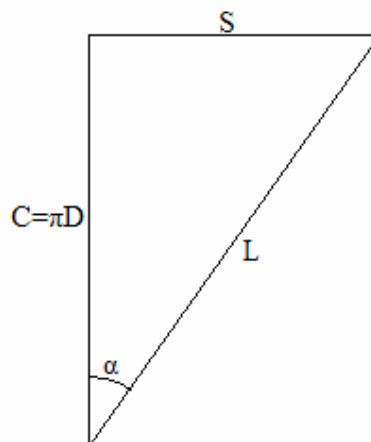
Σχήμα 3.1.1: Έλικα και σχετικές διαστάσεις.

Για την πλήρη περιγραφή της γεωμετρίας της έλικας θα στηριχτούμε στο πιο πάνω σχήμα. Σ' αυτό μπορούμε να δούμε τι ορίζουμε διάμετρο D της έλικας, μήκος μιας σπείρας L , απόσταση μεταξύ των σπειρών S , τη διάμετρο του αγωγού της έλικας d , το αξονικό της μήκος A , το οποίο ισούται με $A = n \cdot S$. Όπου n ο αριθμός των σπειρών. Η περιφέρεια της έλικας εκφράζεται από την σχέση $C = \pi \cdot D$ και η γωνία βήματος α μιας έλικας:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{S}{\pi D}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{S}{C}\right)$$

Για $\alpha = 0^\circ$ το τύλιγμα ισιώνει και η έλικα μετατρέπεται σε μια βροχοκεραία n όρων. Αντιθέτως για $\alpha = 90^\circ$ μετατρέπεται σε ευθύγραμμο αγωγό. Για τιμές του α μεταξύ 0 και 90 μοιρών διαμορφώνεται μια πραγματική έλικα με περιφέρεια μεγαλύτερη από 0 αλλά και μικρότερη από την τιμή της περιφέρειας που την μετατρέπει σε κεραία ενός βρόχου.

Στο πιο κάτω σχήμα αν μία σπείρα ξετυλιχτεί σε επίπεδο χώρο, βλέπουμε τη σχέση μεταξύ περιφέρειας, απόστασης μεταξύ σπειρών, μήκους σπείρας $L = \sqrt{C^2 + S^2}$ και γωνίας βήματος μίας έλικας.



Σχήμα 3.1.2: Σχέση μεταξύ περιφέρειας, απόστασης μεταξύ σπειρών, μήκους σπείρας και γωνίας βήματος της έλικας.

Τόσο η διάμετρος D όσο και η περιφέρεια C αναφέρονται στον φανταστικό κύλινδρο του οποίου η επιφάνεια περνά από το κέντρο του αγωγού της έλικας. Συνηθίζεται οι διαστάσεις να μετρώνται σε μήκη κύματος λ στον ελεύθερο χώρο.

3.2 Ρυθμοί μετάδοσης και ακτινοβολίας

Ο τρόπος με τον οποίο μεταδίδεται ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα κατά μήκος μίας άπειρης το μήκος έλικας καλείται ρυθμός μετάδοσης. Ο όρος ρυθμός ακτινοβολίας εκφράζεται για να περιγράψει τη γενική μορφή του διαγράμματος μακρινού πεδίου μιας πεπερασμένης ελικοειδούς κεραίας. Υπάρχει ο αξονικός ρυθμός ακτινοβολίας R_1 και ο κανονικός ρυθμός ακτινοβολίας R_0 . Στον πρώτο έχουμε τη δέσμη ακτινοβολίας στον άξονα, ενώ στον δεύτερο έχουμε το μέγιστο της ακτινοβολίας κάθετο στον άξονα. Ο κατώτατος ρυθμός μετάδοσης για μια έλικα έχει γειτονικές περιοχές θετικού και αρνητικού φορτίου οι οποίες χωρίζονται μεταξύ τους από πολλές σπείρες. Ο ρυθμός μετάδοσης T_0 είναι σημαντικός όταν το μήκος μιας σπείρας είναι μικρό σε σύγκριση με το μήκος κύματος ($L \ll \lambda$) και προκύπτει με αυτεπαγωγές χαμηλής συχνότητας. Εκφράζει επίσης το σημαντικό ρυθμό μετάδοσης στην λυχνία οδεύοντος κύματος. Μια έλικα σχετικά μικρού μήκους ($nL \ll \lambda$) μπορεί να ακτινοβολήσει αν ενεργοποιηθεί με ρυθμό T_0 .

Οι ρυθμοί ακτινοβολίας και μετάδοσης που είναι κατάλληλοι για πολύ μικρές έλικες μπορούν να περιγραφούν συνδυάζοντας τα καθορισμένα R_0 και T_0 σαν $R_0 T_0$. Για τιμές της περιφέρειας C σε μήκη κύματος, της τάξης του 1λ έχουμε ρυθμού μετάδοσης πρώτης τάξης T_1 στην έλικα.

Για έλικες με περιφέρεια της τάξης του 1λ , δηλ. ($C \sim 1$) και με αριθμό σπειρών μεγαλύτερο από ένα, βρίσκουμε ότι η ακτινοβολία είναι μια καθορισμένη δέσμη με μέγιστο στην διεύθυνση του άξονα της έλικας. Ο τρόπος λειτουργίας αυτός

αποκαλείται “αξονικός ρυθμός” ή μερικές φορές και “ ρυθμός δέσμης” με ρυθμό R_1 . Στην περίπτωση αυτή ο ρυθμός ακτινοβολίας προκύπτει ότι στην περιοχή αυτών των διαστάσεων ο κατάλληλος συνδυασμός είναι $R_1 T_1$. Για μεγαλύτερες τιμές του C_λ γίνονται επιτρεπτοί και ρυθμοί ανώτερης τάξης, T_2, T_3 κλπ.

3.3 Σχεδιασμός μονόκλωνης, αξονικού ρυθμού ελικοειδής κεραίας

Με τον όρο μονόκλωνη χαρακτηρίζεται η έλικα η οποία αποτελείται από ένα απλό σύρμα, αγωγό. Χρησιμοποιείται ο όρος αυτός για την διάκρισή της από έλικες κατασκευασμένες από δυο ή και περισσότερα σύρματα. Η μονόκλωνη αξονικού ρυθμού έλικα παρουσιάζει μεγάλες αντοχές και είναι μια από τις πιο εύκολες προς κατασκευή κεραίες. Σημαντικότεροι παράγοντες για τον σχεδιασμό της είναι το εύρος δέσμης, η απολαβή, η εμπέδηση και ο αξονικός λόγος.

Οι σχεδιαστικοί παράμετροι που αναφέρθηκαν πιο πάνω είναι όλες ανεξάρτητες του αριθμού σπειρών, της γωνίας βήματος a και της συχνότητας. Η απολαβή και το εύρος ζώνης είναι μεταξύ τους αλληλοεξαρτώμενα. Για τον καθορισμό του χρήσιμου εύρους ζώνης λαμβάνονται υπόψη, ο αριθμός των σπειρών, η εμπέδηση και η απολαβή, καθώς και ο αξονικός λόγος. Εύλογα, οι παράμετροι επηρεάζονται από τη γεωμετρία της έλικας, εξαρτώνται δηλαδή από τη διάμετρο του αγωγού d , τον τρόπο τροφοδοσίας και ακόμα από το μέγεθος του επιπέδου γείωσης.

Ερευνητές μέσα από χρόνιες μελέτες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι απαιτούνται τουλάχιστον δυο σπείρες για να έχουμε ικανοποιητικό διάγραμμα ακτινοβολίας και εμπέδηση. Επίσης περιέγραψαν πως μεγάλος αριθμός σπειρών δεν οδηγεί σε σημαντική βελτίωση του διαγράμματος, αφού το άνοιγμα της κοιλότητας παραμένει το ίδιο.

Η τροφοδοσία μίας ελικοειδούς κεραίας μπορεί να γίνει περιφερειακά ή και από οποιαδήποτε βολική θέση στη δομή του επιπέδου γείωσης, συνδέοντας τον εσωτερικό αγωγού ομοαξονικού καλωδίου με την έλικα και τον εξωτερικό με το επίπεδο γείωσης. Με την μέθοδο τροφοδοσίας που αναφέρθηκε προηγουμένως με προσέγγιση γύρω στο 20% προκύπτει εμπέδηση (σε Ω) στους ακροδέκτες:

$$R = 140C_\lambda \quad (3.3.1)$$

Για περιφερειακή τροφοδοσία με ανοχή 10% η σχέση έχει τη μορφή:

$$R = \frac{150}{\sqrt{C_\lambda}} \quad (3.3.2)$$

Κοντά στο επίπεδο γείωσης ο σωλήνας της έλικας πλατύνετε σταδιακά μέχρι να γίνει επίπεδος στον τερματισμό του, σε κάποιο ύψος από το επίπεδο γείωσης. Στην απόσταση αυτή τοποθετείται διηλεκτρικό υλικό. Το ύψος αυτό εξαρτάται από την σχετική διαπερατότητα του διηλεκτρικού υλικού ϵ_r , το πλάτος w του αγωγού στον τερματισμό του, καθώς επίσης και από την χαρακτηριστική εμπέδηση του φύλλου διηλεκτρικού Z_0 . Το κατάλληλο αυτό ύψος δίνεται από τη σχέση:

$$h = \frac{w}{\left[\frac{337}{(\sqrt{\epsilon_r} Z_0)} \right] - 2} \quad (3.3.3)$$

Αρκετές σχέσεις έχουν διατυπωθεί για τα εύρη δέσμης, εμπειρικά και βασισμένες σε διαγράμματα και μεγάλο αριθμό μετρήσεων. Για το εύρος δέσμης ημίσεως ισχύος και για το εύρος μεταξύ των πρώτων μηδενικών οι σχέσεις διαμορφώθηκαν αντίστοιχα, ως εξής:

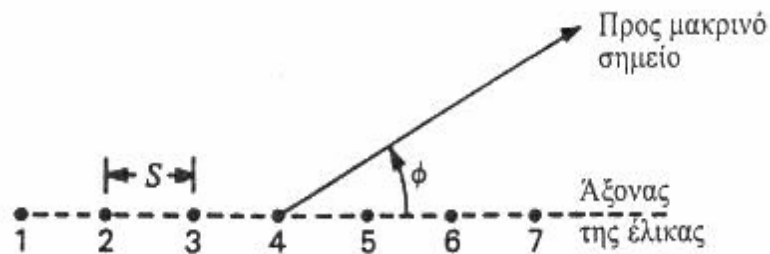
$$HPBW \approx \frac{52}{C_\lambda \sqrt{nS_\lambda}}$$

$$BWFN \approx \frac{115}{C_\lambda \sqrt{nS_\lambda}}$$

Από τις προηγούμενες σχέση προσεγγιστικά μπορούμε να υπολογίσουμε την κατευθυντικότητα της έλικας $D \approx 12C_\lambda^2 nS_\lambda$. Η σχέση αυτή είναι πολύ ρεαλιστική και λαμβάνει υπόψη και τις επιδράσεις από δευτερεύων λοβούς.

Μια μονόκλωνη ακτινοβολούσα έλικα με αξονικό ρυθμό μπορεί να ληφθεί υπόψη σαν ένα απλό οδεύον κύμα σταθερού πλάτους στο μήκος του αγωγού. Χάρη της ανάλυσης έστω ότι μια σπείρα αντιπροσωπεύει μια ισοτροπική πηγή. Έτσι σε μια έλικα έχουμε μια συστοιχία πηγών. Όπως φαίνεται και από το σχήμα 3.3.1 ο

συντελεστής συστοιχίας για n ισοτροπικές πηγές είναι $E = \frac{\sin\left(\frac{n\psi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\psi}{2}\right)}$.



Σχήμα 3.3.1: Συστοιχία ισοτροπικών πηγών με κάθε πηγή να αντιπροσωπεύει μια σπείρα.

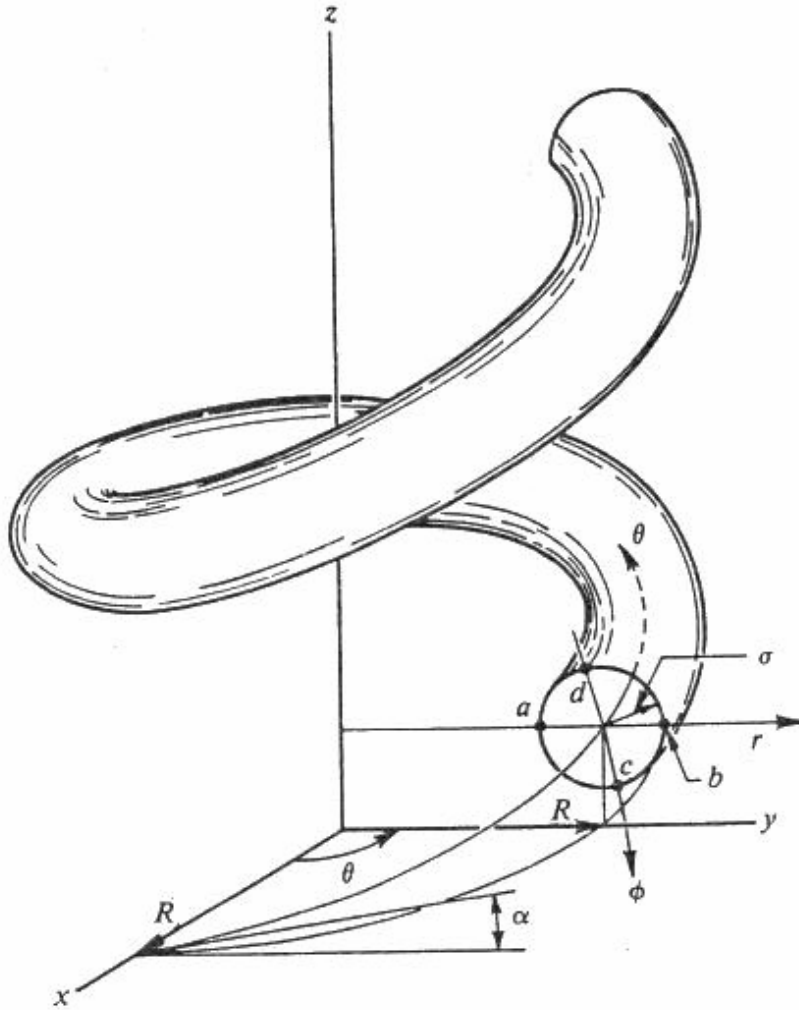
Όπου $\psi = \frac{2\pi S}{\lambda} \cos \varphi + \delta = 2\pi \left(S_\lambda \cos \varphi - \frac{L_\lambda}{p} \right)$ και $p = \frac{u}{c}$ δηλ. η σχετική

ταχύτητα φάσης της διάδοσης κύματος κατά μήκος του αγωγού της έλικας ισούται με την ταχύτητα φάσης κατά μήκος του αγωγού της έλικας u δια την ταχύτητα του φωτός c . Τα πεδία πρέπει να βρίσκονται σε φάση πράγμα που απαιτεί $\psi = -2\pi m$. Για συγκεκριμένες τιμές τόσο του m όσο και του φ μπορούμε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα και παρατηρήσεις για την συμπεριφορά μίας έλικας. Για παράδειγμα,

αν $m = 0$ η έλικα δεν είναι πραγματοποιήσιμη, εκτός και αν το p υπερβαίνει την μονάδα και κατά συνέπεια $L = S$. Αυτή είναι μια ακροपुरοδοτική συστοιχία ισοτροπικών πηγών, που τροφοδοτούνται από ένα ευθύγραμμο σύρμα το οποίο τις ενώνει. Το πεδίο στην διεύθυνση αυτή είναι μηδενικό, οπότε δεν υπάρχει και αξονικός ρυθμός ακτινοβολίας. Για $m = 1, p = 1$ προκύπτει $L - S = \lambda$. Σε συνδυασμό με προαναφερθείσα σχέση $L^2 = (\pi D)^2 + S^2$ μπορεί να διατυπωθεί η προσέγγιση μεταξύ του μήκους σπείρας και της απόστασης μεταξύ των σπειρών η οποία απαιτείται ώστε η έλικα να ακτινοβολεί σε αξονικό ρυθμό.

$$D_\lambda = \frac{\sqrt{2S_\lambda + 1}}{\pi} \Rightarrow C_\lambda = \sqrt{2S_\lambda + 1}$$

Ο C. K. Bagby το 1948 με την χρήση οριακών συνθηκών που προσεγγίζουν ένα ελικοειδή αγωγό, διατύπωσε μία σχέση για το p κατάλληλη για τον ρυθμό διάδοσης σε άπειρες σπείρες T_1 και για ανώτερης τάξης επίσης. Αυτό υλοποιήθηκε με τη χρήση της γενικής κυματικής εξίσωσης, το οποίο εκφράστηκε σ' ένα νέο σύστημα συντεταγμένων όπως ο Bagby ονόμασε "ελικοειδείς κυλινδρικές συντεταγμένες".



Σχήμα 3.3.2: Έλικά στην οποία παρουσιάζονται τα σημεία της επιφάνειας του αγωγού c και d .

Με οριακές συνθήκες σε 2 σημεία c και d , τα οποία φαίνονται στο σχήμα 3.3.2, η τιμή της σχετικής ταχύτητας φάσεως δίνεται από την σχέση

$$p = \frac{C_\lambda}{m \cos a + hR \sin a} \quad \text{όπου} \quad hR = \tan a \frac{m J_m^2(kR)}{J_{m-1}(kR) J_{m+1}(kR)},$$

η m η τάξη του ρυθμού διάδοσης, R η ακτίνα του κυλίνδρου, h μια σταθερά, J συνάρτηση Bessel του ορίσματος kR και $kR = \sqrt{C_\lambda^2 - (hR)^2}$. Από τη σχέση του Bagby, από υπολογισμούς

των ρυθμών διάδοσης, σε συμφασικά πεδία και για αυξημένη κατευθυντικότητα, κατασκευάστηκαν καμπύλες για τη σχετική ταχύτητα φάσεως p σαν συνάρτηση της περιφέρειας της έλικας. Από τις καμπύλες αυτές μπορούν να γίνουν υπολογισμοί σε σχέση με την σχετική ταχύτητα κύματος του ρυθμού και να συγκριθούν με την ταχύτητα του φωτός στον ελεύθερο χώρο. Ακόμη μπορεί να υπολογιστεί η διασπορά, αν υπάρχει για τιμές συγκεκριμένων συχνοτήτων που παρατηρούνται. Οι καμπύλες αυτές είναι πολύ χρήσιμες και ευκολύνουν πραγματικά τον σχεδιασμό μίας έλικας και τον καλύτερο δυνατό τρόπο λειτουργίας της.

3.4 Αξονικός λόγος και κυκλική πόλωση μονόκλωνης αξονικού ρυθμού έλικας

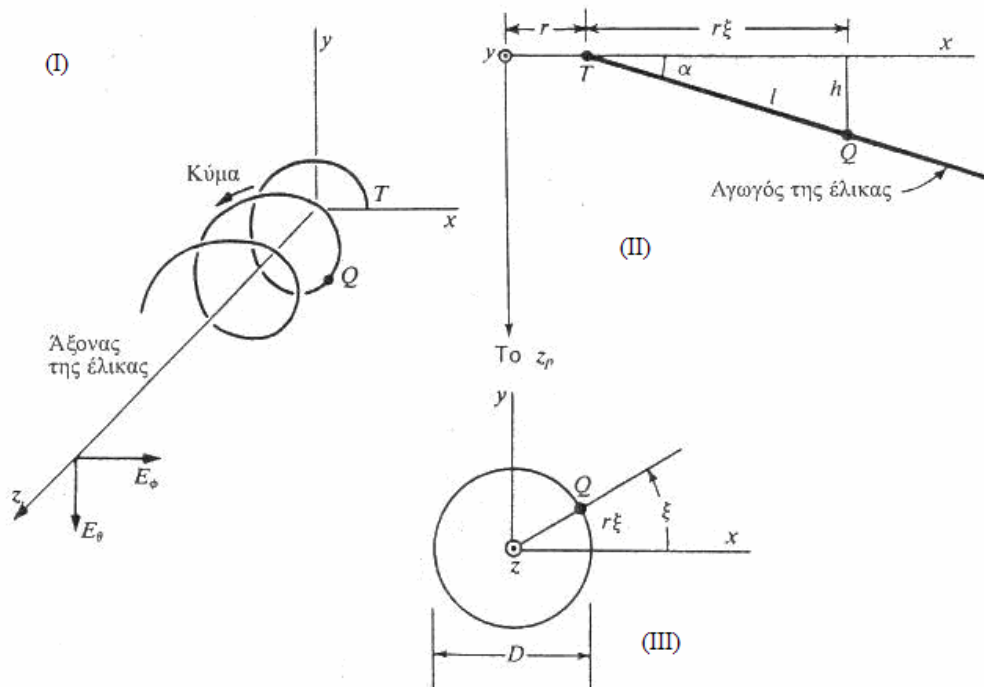
Σε μία έλικα υπολογίζουμε τις συνιστώσες του ηλεκτρικού πεδίου σε σχετικά μεγάλη απόσταση από την έλικα. Όπως φαίνονται τα μεγέθη από το σχήμα 3.4.1 και μέσα από μια σειρά υπολογισμών προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

$$E_{\phi} = E_0 e^{j(\omega t - \beta z_p)} \int_0^{2\pi m} \sin \xi e^{jk\xi} d\xi = \frac{E_1}{k^2 - 1} (e^{j2\pi mk} - 1) \quad (3.4.1)$$

$$E_{\theta} = E_0 \int_0^{2\pi m} \cos \xi \exp \left[j\omega \left(t - \frac{z_p}{c} + \frac{l \sin a}{c} - \frac{l}{pc} \right) \right] d\xi = \frac{jE_1 k}{k^2 - 1} (e^{j2\pi mk} - 1) \quad (3.4.2)$$

Όπου $E_1 = E_0 e^{j(\omega \tau - \beta z_p)}$, $k = \beta r q = L_{\lambda} \left(\sin a - \frac{1}{p} \right)$ και z_p η απόσταση του μακρινού

σημείου P από την αρχή των αξόνων.



Σχήμα 3.4.1: (I) Συνιστώσες πεδίου, όπως φαίνονται από τον άξονα της έλικας.

(II) Γεωμετρία για υπολογισμό πεδίων στη διεύθυνση z .

(III) Τομή έλικας όπως φαίνεται από τον θετικό άξονα z .

Γνωρίζοντας ότι η συνθήκη για κυκλική πόλωση στην διεύθυνση του άξονα της έλικας z είναι $\frac{E_\phi}{E_\theta} = \pm j$ και αντικαθιστώντας σε αυτή τις σχέσεις (3.4.1) και

(3.4.2) καταλήγουμε στον αξονικό λόγο $AR = \frac{|E_\phi|}{|E_\theta|} = \left| \frac{1}{jk} \right| = \frac{1}{k}$ ο οποίος περιορίζεται

σε τιμές μεταξύ της μονάδας και του άπειρου δηλ. $1 \leq AR \leq \infty$. Αντικαθιστώντας την τιμή του k προκύπτει ο αξονικός λόγος στη μορφή

$$AR = \frac{1}{\left| L_\lambda \left(\sin a - \frac{1}{p} \right) \right|}$$

συναρτήσει του μήκους της σπείρας, της γωνίας βήματος της έλικας και της σχετικής φάσεως. Το 1947 ο αξονικός λόγος μπόρεσε να δοθεί με μια απλή έκφραση (σχέση 3.4.3) στην οποία εισήχθη και η συνθήκη για αυξημένη κατευθυντικότητα.

$$AR(\text{επί του άξονα}) = \frac{2n + 1}{2n}$$

Για την κυκλική πόλωση σημαντική συνθήκη είναι: Αν $k = -1$ η ακτινοβολία μίας έλικας στην αξονική διεύθυνση για οποιαδήποτε γωνία βήματος α και για ακέραιο αριθμό σπειρών μεγαλύτερο του 1, θα είναι κυκλικά πολωμένη. Το ίδιο μπορεί να συμβεί και για πολύ μεγάλο αριθμό σπειρών χωρίς να είναι απαραίτητο να υπάρχει ακέραιος αριθμός σπειρών. Κυκλική πόλωση μπορεί να επιτύχει και χρήση της η συνθήκη $(k \pm 1)\xi_1 = 2\pi \cdot m$ όπου m τυχαίος ακέραιος αριθμός.

3.5 Χαρακτηριστικά ευρείας ζώνης μονόκλωνης έλικας αξονικού ρυθμού

Η ελικοειδής κεραία δέσμης, όπως αλλιώς ονομάζεται, χαρακτηρίζεται από ιδιότητες ευρείας ζώνης, πράγμα που της δίνει τα ανάλογα επιθυμητά χαρακτηριστική του διαγράμματος ακτινοβολίας, πόλωσης και εμπέδησης σε μια σχετικά πλατιά ζώνη συχνοτήτων. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας του γεγονότος ότι η ταχύτητα φάσεως ρυθμίζεται φυσικά έτσι ώστε τα πεδία να αθροίζονται σε φάση στην αξονική διεύθυνση. Πράγμα που αιτιολογεί την ύπαρξη αξονικού ρυθμού. Με ταχύτητα φάσης σταθερή, ως προς τη συχνότητα, τα διαγράμματα για τον συγκεκριμένο αξονικό ρυθμό θα ήταν διαθέσιμα σε μια στενή περιοχή συχνοτήτων. Επειδή η συνθήκη των πεδίων είναι και συνθήκη κυκλικής πόλωσης, η πόλωση είναι σχεδόν κυκλική και η εμπέδηση σχετικά σταθερή στην χρησιμοποιούμενη περιοχή συχνοτήτων.

Για την κατώτατη F_1 και ανώτερη F_2 συχνότητα το αξονικού ρυθμού ακτινοβολίας της κεραίας, αυθαίρετα καθορίζεται η κεντρική συχνότητα F_0 σαν

$F_0 = \frac{F_1 + F_2}{2}$. Οι ιδιότητες της έλικας δέσμης εξαρτώνται από την γωνία βήματος,

από την διάμετρο της και από την απόσταση μεταξύ των σπειρών μετρούμενες σε μήκη κύματος ελεύθερου χώρου. Η γωνία α για την οποία επιτυγχάνεται η μέγιστη διαφορά συχνοτήτων, $F_2 - F_1$ ονομάζεται βέλτιστη γωνία βήματος. Η διαφορά αυτή, $F_2 - F_1$, είναι μικρή για οποιαδήποτε τιμή της γωνίας α .

Τόσο τα διαγράμματα εμπέδησης, όσο και τα διαγράμματα αξονικού λόγου, βρίσκονται όλα κάτω από το διάγραμμα $D_\lambda = \frac{\sqrt{2S_\lambda + 1}}{\pi}$ που είναι μια γραμμή καθορισμού του πάνω ορίου για τον ρυθμό δέσμης. Οι ιδιότητες μιας ελικοειδούς μονόκλωνης κεραίας αξονικού ρυθμού, αλλάζουν σχετικά αργά γύρω από την περιοχή βέλτιστης γωνίας βήματος, έτσι η γωνία αυτή δεν είναι κρίσιμο σημείο και ιδιαίτερα σημαντικό να εντοπιστεί ακριβώς.

3.6 Γραμμική πόλωση με έλικα δέσμης

Τοποθετώντας δύο μονόκλωνες αξονικού ρυθμού ελικοειδείς κεραίες, δίπλα η μία στην άλλη και τροφοδοτώντας τις με ίση ισχύ, στον άξονα θα έχουμε γραμμική πόλωση της ακτινοβολίας. Για να συμβεί όμως αυτό, απαραίτητη προϋπόθεση είναι οι έλικες να είναι αντίθετης φοράς, αλλά κατά τα άλλα χαρακτηριστικά τους όμοιες. Περιστρέφοντας την μία έλικα 90° περί τον άξονά της, ταυτόχρονα προκαλούμε περιστροφή του επιπέδου γραμμικής πόλωσης κατά 45° . Αν τώρα περιστρέψουμε την μία κατά 180° το επίπεδο γραμμικής πόλωσης περιστρέφεται κατά 90° .

Γραμμική πόλωση μπορούμε εύκολα να προκαλέσουμε συνδέοντας δύο έλικες, μία αριστερόστροφη και μια δεξιόστροφη σε σειρά. Ακόμα αν περαστεί πάνω από μια δυσύρματη γραμμή μεταφοράς μια έλικα, χωρίς όμως να την αγγίζει,

δημιουργείται με τον συνδυασμό αυτό μία ακροπυροδοτική γραμμικά πολωμένη κεραία.

3.7 Πολύκλωνες, αξονικού ρυθμού ελικοειδείς κεραίες

Τέσσερα σύρματα τοποθετημένα αντί-διαμετρικά ανά ζεύγος με διαφορά φάσης 90° , είναι διευθετημένα στο χώρο σαν να ήταν τυλιγμένα γύρω από ένα κύλινδρο, παράγουν ένα καρδιοειδούς μορφής, οπισθοπυροδοτικό, πολύ πλατύ κυκλικά πολωμένο διάγραμμα. Το κάθε σύρμα πρέπει να' χει μήκος $\lambda/2$ και να σχηματίζει μισή σπείρα. Η δομή αυτή ονομάζεται πηνίο Kilgus από τον C. C. Kilgus ο οποίος πρώτος σχεδίασε την πολύκλωνη αυτή έλικα. Τα τέσσερα αυτά καλώδια μπορούν επίσης να έχουν μήκος είτε λ είτε και $\lambda/4$. Στην περίπτωση αυτή τα κάτω άκρα των συρμάτων πρέπει να είναι ανοικτοκυκλωμένα αντί για βραχυκυκλωμένα όπως την περίπτωση του $\lambda/2$.

Το κάθε ζεύγος, κάθε δίκλωνη δηλαδή έλικα μπορεί να τροφοδοτηθεί μέσω balun στην κορυφή, ή ακόμα και από ομοαξονική γραμμή που θα εκτείνεται μέχρι και την κορυφή της έλικας κατά μήκος του άξονά της.

Ο Kilgus αναφέρει ότι αυξάνοντας το αριθμό των σπειρών μπορούμε να πάρουμε μορφοποιημένα κωνικά διαγράμματα, χρήσιμα για κάποιες εφαρμογές σε σχέση με ένα καρδιοειδές διαγράμματα. Το διάγραμμα ακτινοβολίας πλαταίνει με αύξηση της συχνότητας.

Δίκλωνη έλικα η οποία τροφοδοτείται από ισοσταθμισμένη δισύρματη γραμμή μεταφοράς παράγει οπισθοπυροδοτική δέσμη, όταν λειτουργεί στην συχνότητα αποκοπής. Το πηνίο αυτό, πηνίο Patton έχει μέγιστη κατευθυντικότητα λίγο πιο πάνω από την συχνότητα αποκοπής.

Για τιμές της συχνότητας μικρότερες από τη συχνότητα αποκοπής, κατά μήκος του ελικοειδούς αγωγού υπάρχει κατανομή στάσιμου κύματος. Πάνω από τη συχνότητα αποκοπής το στάσιμο κύμα αντικαθιστάτε από ένα οδεύον κύμα το οποίο ελαττώνεται σταδιακά.

3.8 Μονόκλωνες και πολύκλωνες έλικες ορθογώνιου ρυθμού

Με τον όρο ορθογώνιο ρυθμό ακτινοβολίας εννοούμε ότι η διεύθυνση του μέγιστου της ακτινοβολίας σχηματίζει με τον άξονα της ελικοειδούς κεραίας ορθή γωνία. Μπορεί να περιγραφεί της και σαν πλαγιοκυροδοτική ή και μετωπική ακτινοβολία. Στην περίπτωση που η περιφέρεια της έλικας είναι γύρο στο ένα μήκος κύματος, κυριαρχεί ο αξονικός ρυθμός. Σε αντίθετη της περίπτωση, για πολύ μικρές τιμές της περιφέρεια παρουσιάζεται ορθογώνιος ρυθμός ακτινοβολίας.

Έστω ότι ο άξονας της έλικας συμπίπτει με τον άξονα z και οι διαστάσεις της είναι μικρές ($nL \ll \lambda$) η μέγιστη ακτινοβολία είναι στο επίπεδο xy. Υπολογίζοντας για την ελικοειδή αυτή κεραία της συνιστώσες του ηλεκτρικού πεδίου E_θ και E_ϕ μπορούμε εύκολα να πάρουμε και τον αξονικό λόγο. Προκύπτει:

$$\left. \begin{aligned} E_\phi &= \frac{120\pi^2 [I] \sin \theta}{r} \frac{A}{\lambda^2} \\ E_\theta &= j \frac{60\pi [I] \sin \theta}{r} \frac{S}{l} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{AR} = \frac{|E_\theta|}{|E_\phi|} = \frac{S\lambda}{2\pi A} = \frac{2S\lambda}{\pi^2 D^2} = \frac{2S_\lambda}{C_\lambda^2}$$

όπου το εμβαδόν του βρόχου $A = \pi D^2 / 4$.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι τρεις περιπτώσεις όπου $E_\phi = 0$, $E_\theta = 0$ και $|E_\theta| = |E_\phi|$. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε άπειρο αξονικό λόγο και έλλειψη πόλωσης είναι κατακόρυφη γραμμή, δηλ υπάρχει κατακόρυφη γραμμική πόλωση. Στη δεύτερη περίπτωση ο αξονικός λόγος είναι μηδέν και έλλειψη πόλωσης είναι οριζόντια γραμμή, δηλ οριζόντια γραμμική πόλωση. Τέλος στην Τρίτη περίπτωση, ο

αξονικός λόγος ισούται με μονάδα και η έλλειψη πόλωσης γίνεται κύκλος υποδεικνύοντας κυκλική πόλωση.

ΜΕΡΟΣ 2^ο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΔΙΚΩΝ ΔΙΠΟΛΙΚΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ SUPER-NEC

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στον τρόπο σχεδίασης μια λογαριθμικής-περιοδικής διπολικής συστοιχίας για συγκεκριμένο εύρος ζώνης. Κύριος στόχος είναι η βελτιστοποίηση της λειτουργίας της με την χρήση γενετικών αλγορίθμων. Για το σκοπό αυτό θα χρησιμοποιήσουμε το λογισμικό πακέτο προσομοίωσης Super-NEC, το οποίο παρέχει δυνατότητες σχεδιασμού μιας κεραίας με μεγάλη ακρίβεια και ακόμη με την βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών της μέσω γενετικών αλγορίθμων, με την βοήθεια του προγράμματος Matlab.

4.1 Λογαριθμική περιοδική διπολική κεραία 30-400 MHz

Σκοπός της είναι ο σχεδιασμός μιας λογαριθμικής-περιοδικής διπολικής συστοιχίας η οποία θα λειτουργεί στο εύρος ζώνης της, από 30 έως 400 MHz. Αρχικά υπολογίζουμε τόσο το μήκος του μεγαλύτερου διπόλου, όσο και το μήκος του μικρότερου. Έτσι από το εύρος ζώνης προκύπτει από την κατώτατη συχνότητα το μήκος του μεγαλύτερου διπόλου και από την ανώτερη συχνότητα το μήκος του μικρότερου. Με βάση τα πιο πάνω και με χρήση της σχέσης (2.2.4) προκύπτουν τα εξής:

$$\lambda_{\max} = 2l_{\max} = \frac{u}{f_{\min}} \Rightarrow l_{\max} = \frac{1}{2} \cdot \frac{u}{f_{\min}} \Rightarrow l_{\max} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 30 \cdot 10^6} \Rightarrow l_{\max} = 5m$$

Αντίστοιχα μια το μικρότερο σε μήκος:

$$\lambda_{\min} = 2l_{\min} = \frac{u}{f_{\max}} \Rightarrow l_{\min} = \frac{1}{2} \cdot \frac{u}{f_{\max}} \Rightarrow l_{\min} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 400 \cdot 10^6} \Rightarrow l_{\min} = 0.375m$$

Από το σχήμα 2.2.1 μπορούμε για κατευθυντικότητα γύρω στα 8dB, να υπολογίσουμε τα βέλτιστα της και σ . για την περίπτωση αυτή διακρίνουμε την αντιστοιχία της τιμές της $\tau = 0,865$ και $\sigma = 0,157$. Για της τιμές αυτές μπορούμε πολύ απλά αν υπολογίσουμε την τιμή της γωνίας a από την σχέση 2.1.2.

$$a = \tan^{-1}\left(\frac{1-\tau}{4\sigma}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1-0.865}{4 \cdot 0.157}\right) \Rightarrow a = 12.13^\circ$$

Με χρήση των σχέσεων της παραγράφου 2.2 υπολογίζουμε τα κυριότερα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης της κεραίας, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω.

$$B_{ar} = 1.1 + 7.7(1-\tau)^2 \cot a \quad (2.2.1)$$

$$B_{ar} = 1.1 + 7.7(1-0.865)^2 \cot 12.13 \Rightarrow B_{ar} = 1.753$$

$$B_s = B \cdot B_{ar} \quad (2.2.2)$$

$$B_s = 1.753 \frac{400 \cdot 10^6}{30 \cdot 10^6} \Rightarrow B_s = 23.37$$

Αριθμός διπόλων που αποτελούν την συστοιχία:

$$N = 1 + \frac{\ln(B_s)}{\ln\left(\frac{1}{\tau}\right)} \quad (2.2.5)$$

$$N = 1 + \frac{\ln(23.37)}{\ln\left(\frac{1}{0.865}\right)} = 1 + \frac{3.15}{0.145} = 22.73$$

Άρα ο αριθμός των στοιχείων που σχηματίζουν την λογαριθμική περιοδική διπολική κεραία είναι $N = 23$. Από της πιο πάνω υπολογισμούς μπορούμε να υπολογίσουμε το συνολικό μήκος της διάταξης της.

$$L = \frac{\lambda_{\max}}{4} \left(1 - \frac{1}{B_s}\right) \cot a \quad (2.2.3)$$

$$L = \frac{10}{4} \left(1 - \frac{1}{23.37}\right) \cot 12.13 \Rightarrow L = 11.1m$$

Από το πιο πάνω αποτέλεσμα καταλαβαίνουμε ότι το μήκος της κεραίας της είναι πολύ μεγάλο, πράγμα που καθιστά την κεραία αυτή μη εύχρηστη. Για την δομή αυτή θα προσπαθήσουμε με τα πιο πάνω χαρακτηριστικά και την χρήση γενετικών αλγορίθμων να βελτιστοποιήσουμε τις τιμές για μικρότερο αριθμό διπόλων και μήκος κεραία γύρω στα 6m. Για να υλοποιήσουμε αυτό θα χρησιμοποιήσουμε το λογισμικό πακέτο προσομοίωσης Super-NEC.

Το Super NEC (Super Numerical Electromagnetic Code) είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης κεραιών και ηλεκτρομαγνητικών προβλημάτων. Το πρόγραμμα επιτρέπει την προσομοίωση και την εκτίμηση της ηλεκτρομαγνητικής επίδοσης απλών κεραιών, καθώς και κεραιών που βρίσκονται τοποθετημένες πάνω σε πολύπλοκες κατασκευές, σε ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων.

Το λογισμικό αυτό πακέτο προσομοίωσης Super-NEC παρέχει δυνατότητες επιλογής της γενετικού αλγόριθμους, της για παράδειγμα των αριθμό χρωμοσωμάτων, τον αριθμό γενεών, τα σημεία διασταύρωσης, το ποσοστό μετάλλαξης καθώς και την στρατηγική επιλογής για συμμετοχή της στοιχείου σε επόμενες γενεές και τον τρόπο επιλογής των γονέων που θα διασταυρώνονται κάθε φορά.

Το πρόγραμμα αυτό πέρα από την βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών της κεραία, πράγμα τον οποίο μπορεί να πετύχει με χρήση ΓΑ μπορεί να ελέγχει και χαρακτηριστικά της τον παράγοντα κέρδους, το απαιτούμενο κέρδος, το λόγο τάσεως στάσιμου κύματος (VSWR) και το απαιτούμενο VSWR.

Για την υλοποίηση της λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραία, που λειτουργεί από 30 έως 400 MHz πρέπει να καθορίσουμε ποια μεγέθη θα παίζουν με γενετικούς αλγορίθμους, καθορίζοντας τα όρια της και να επιλέξουμε παραμέτρους και χαρακτηριστικά για την συγκεκριμένη βελτιστοποίηση.

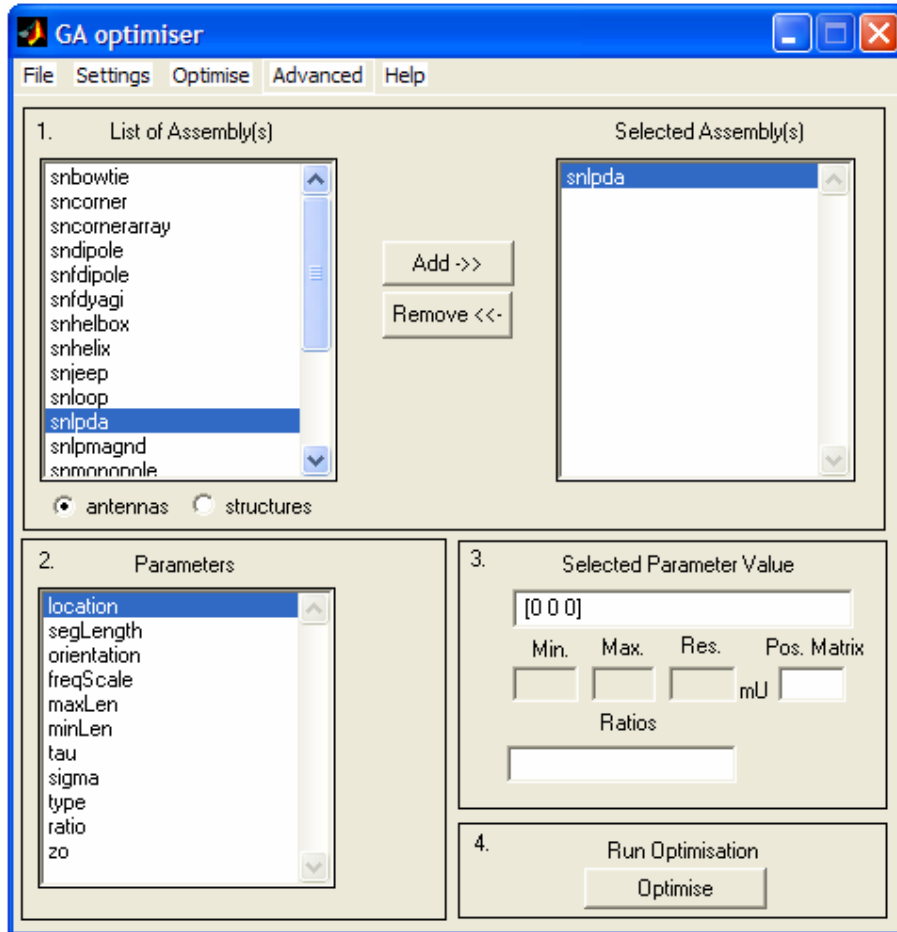
Αρχικά με τη χρήση των ενδιάμεσων γραφικών με τον χρήστη, GUI GA (Graphical User Interfaces for the Genetic Algorithm), για τη βελτιστοποίηση των γενετικών αλγορίθμων καθορίζουμε το είδος και τα κύρια χαρακτηριστικά της κεραίας που θα σχεδιάσουμε. Από το σχήμα 4.1.1 παρατηρούμε ότι αρχικά επιλέγουμε το τύπο της κεραίας την οποία θέλουμε να βελτιστοποιήσουμε (κουτί 1), στην περίπτωση αυτή επιλέγουμε τη δομή snlrda και αφού την επιλέξουμε, μπορούμε να ορίσουμε τιμές για τα διάφορα μεγέθη της (κουτί 2).

Στην περίπτωση της περιοδικής λογαριθμικής διπολικής συστοιχίας για συχνότητες 30 – 400 MHz ορίζουμε ως

Τοποθεσία:	[0 0 0]
Μήκος Τμήματος:	0,1
Προσανατολισμός:	[0 0 0]
Μήκος μεγαλύτερου διπόλου:	5m
Μήκος μικρότερου διπόλου:	200 : 1 : 600*
τ :	800 : 1 : 900*
σ :	80 : 1 : 95*
Αναλογία:	100
Χαρακτηριστική αντίσταση:	50

Με τον όρο αναλογία εννοούμε το μήκος ως της την διάμετρο του καλωδίου. Τα μεγέθη με * είναι αυτά, τα οποία θα παίξουν με γενετικό αλγόριθμο. Εκφράζονται στην μορφή Αρχική τιμή : Βήμα : Τελική τιμή και είναι σε mU (κουτί 3). Έτσι έχουμε ορίσει το μήκος του μικρότερου διπόλου να πάρει τιμές από 0,2 έως 0,6m με βήμα 0,001m, το τ από 0,8 έως 0,9 με βήμα 0,001 και το σ από 0,08 έως 0,095 με βήμα

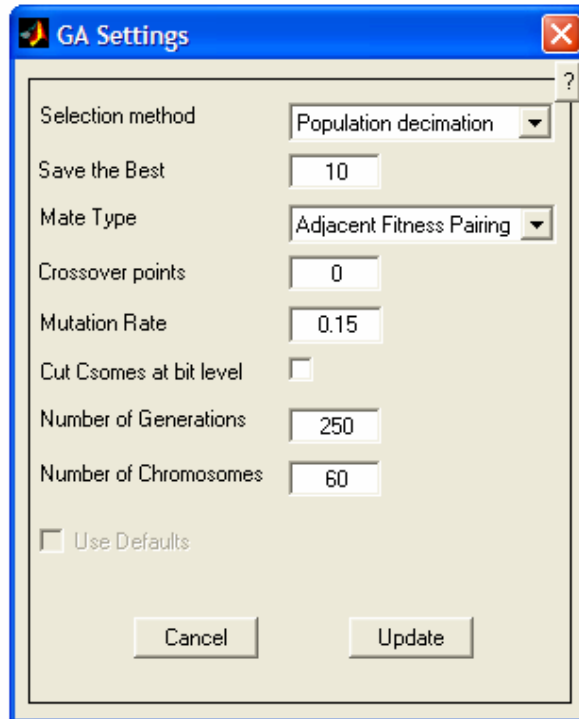
0,001. Αποθηκεύουμε τα στοιχεία αυτά και πριν τρέξουμε το πρόγραμμα βελτιστοποίησης (κουτί 4) καθορίζουμε κάποια στοιχεία τόσο για το κόστος της κεραίας όσο και για τον γενετικό αλγόριθμο.



Σχήμα 4.1.1: Παράθυρο επιλογής τύπου κεραίας και παραμέτρων της προς βελτιστοποίηση.

Για τη δομή αυτή πρώτα, καθορίζουμε τις παραμέτρους του γενετικού αλγόριθμου. Όπως φαίνεται από το σχήμα 4.1.2 έχουμε επιλέξει την μέθοδο επιλογής με αποδεκάτιση πληθυσμού. Για καλύτερα αποτελέσματα ορίσαμε αριθμό χρωμοσωμάτων 60 και πολύ μεγάλο αριθμό γενεών, 250 τον αριθμό ώστε να αποφύγουμε γρήγορη σύγκλιση του αλγόριθμου σε κάποια δομή πέραν της βέλτιστης.

Για την επιλογή των ζευγαριών για διασταύρωση επιλέγουμε την μέθοδο της παρακείμενης καταλληλότητας, δηλ. τα δύο άτομα που ταξινομήθηκαν με την υψηλότερη καταλληλότητα γίνονται ζευγάρι, και έπειτα το επόμενο ζευγάρι συντρόφων, αυτό με τις επόμενες δύο υψηλότερες καταλληλότητες κ.ο.κ. Ακόμη έχουμε ορίσει την μη ύπαρξη σημείου διασταύρωσης και ποσοστό μετάλλαξης 15%.



Σχήμα 4.1.2: Παράθυρο ρυθμίσεων γενετικών αλγόριθμων.

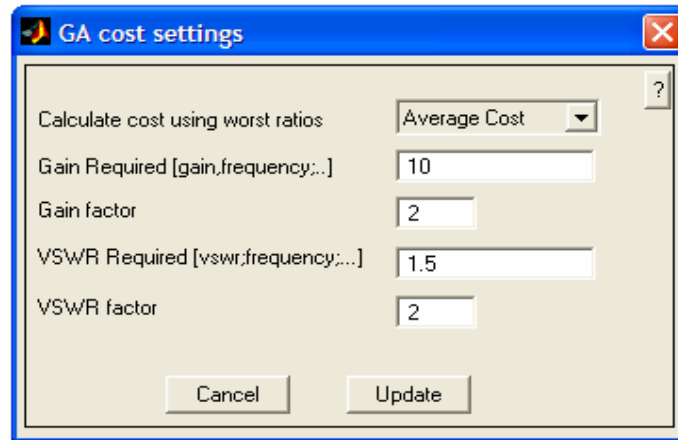
Στη συνέχεια, αναγκαίο είναι να καθορίσουμε το κόστος της κεραίας. Η ικανότητα / το κόστος ενός χρωμοσώματος καθορίζει πόσο καλό ένα χρωμόσωμα είναι, πράμα που δείχνει πως με υψηλή ικανότητα ένα χρωμόσωμα είναι καλό. Μπορούμε να επιλέξουμε τιμές για το απαιτούμενο κέρδος και VSWR και επιπλέον τόσο τον παράγοντα κέρδους, όσο και τον παράγοντα VSWR. Υπολογίζουμε το κόστος χρησιμοποιώντας το μέσο όρο των αναλογιών. Το κέρδος που απαιτείται

καθορίζει το απαραίτητο κέρδος στη καθορισμένη συχνότητα και το απαιτούμενο VSWR το απαραίτητο VSWR στη ίδια καθορισμένη συχνότητα. Ο παράγοντας κέρδους, ορίζει τον παράγοντα gFactor για τον υπολογισμό του κόστους που χρησιμοποιεί το κέρδος και ο VSWR παράγοντας καθορίζει το vFactor για τον υπολογισμό του κόστους που χρησιμοποιεί VSWR. Στους δύο αυτούς παράγοντες είναι χτισμένη η λειτουργία ικανότητας βελτιστοποίησης των χαρακτηριστικών αυτών, η οποία χρησιμοποιεί την σχέση:

$$Fitness / cost = \left(\frac{ActualGain}{Req.Gain} \right)^{gFactor} + \left(\frac{Req.VSWR}{ActualVSWR} \right)^{vFactor}$$

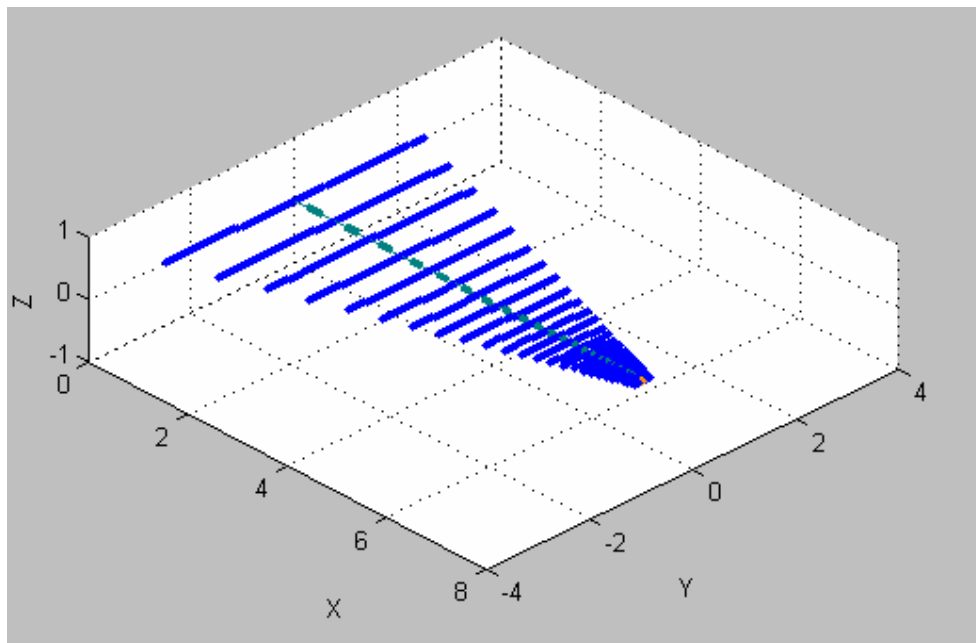
Για τους παράγοντες κέρδους και VSWR η συνιστάμενη τιμή για να εισάγουμε είναι 2. Θέτουμε τιμή απαιτούμενου κέρδους 10 και απαιτούμενη τιμή για το λόγο τάσεως στάσιμου κύματος το 1,5. Οι πιο πάνω ρυθμίσεις για τις αντικειμενικές παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα (σχήμα 4.1.3) στο οποίο φαίνεται, το παράθυρο εισαγωγής των τιμών αυτών του λογισμικού πακέτου προσομοίωσης SuperNEC.

Επίσης καθορίζουμε τη συχνότητα έναρξης, λήξης και το βήμα συχνότητας για την προσομοίωση. Ως συχνότητα έναρξης και λήξης καθορίσαμε τα 30 MHz και 400MHz αντίστοιχα. Βήμα θέσαμε τα 10 MHz.



Σχήμα 4.1.3: Παράθυρο ρύθμισης κόστους κεραίας.

Αφού τρέξαμε το πρόγραμμα προσομοίωσης και βελτιστοποίησης των χαρακτηριστικών της κεραίας πήραμε ως αποτέλεσμα τη κεραία του πιο κάτω σχήματος (σχήμα 4.1.4). Σημειώνουμε ότι η δομή αυτή είναι πλήρως ορθή, χωρίς κανένα σφάλμα στα τμήματα που την αποτελούν, στο λόγο μήκους ως προς ακτίνα, στον τερματισμό καλωδίων κ.λ.π.



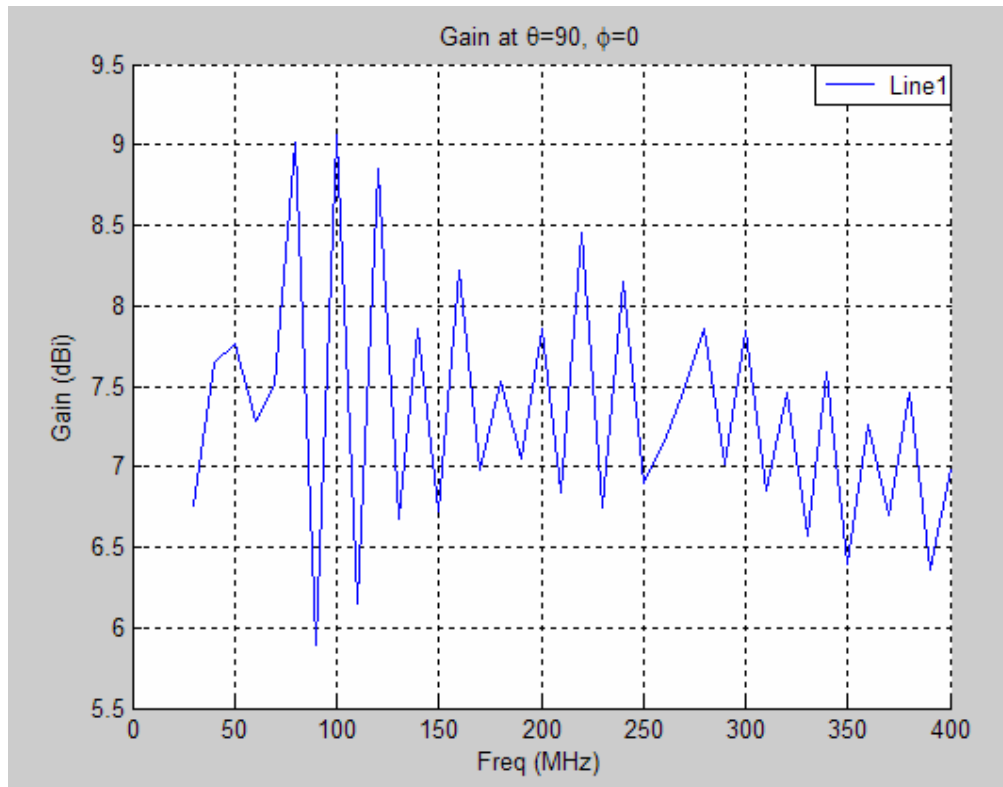
Σχήμα 4.1.4: Λογαριθμική περιοδική διπολική κεραία 30 – 400 MHz μήκους 7m.

Τα χαρακτηριστικά της οποίας όπως αυτά προέκυψαν από την διαδικασία βελτιστοποίησης και την προσομοίωση της είναι:

Τοποθεσία:	[0 0 0]
Μήκος Τμήματος:	0,1
Προσανατολισμός:	[0 0 0]
Μήκος μεγαλύτερου διπόλου:	5m
Μήκος μικρότερου διπόλου:	0,3m
τ :	0.892
σ :	0.08
Σταθερή αναλογία:	0,005
Χαρακτηριστική αντίσταση:	50

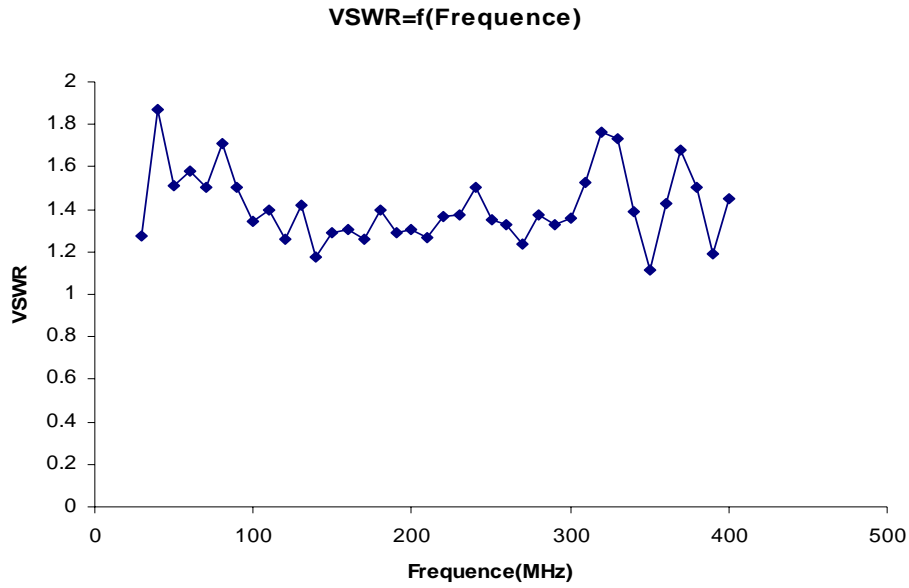
Η κεραία αυτή εύκολα διακρίνουμε ότι έχει μήκος 7m και αποτελείται από 26 στοιχεία. Άρα έχουμε μικρύνει κατά πολύ το μήκος της παρότι έχουμε αυξήσει κατά 3 τα στοιχεία που την αποτελούν.

Στο σχήμα 4.1.5 παρουσιάζουμε το γράφημα για το κέρδος της κεραίας αυτής για όλο το εύρος ζώνης της, στο επίπεδο $\theta = 90^\circ$ και $\phi = 0^\circ$, στο επίπεδο μεγίστου ακτινοβολίας. Στο σχήμα αυτό είναι εμφανές ότι οι τιμές κυρίως κυμαίνονται από 7 έως 8 dB. Οι τιμές αυτές βρίσκονται πολύ κοντά στις βέλτιστες τιμές τις οποίες επιλέξαμε για τ και σ από το γράφημα του σχήματος 2.2.1.

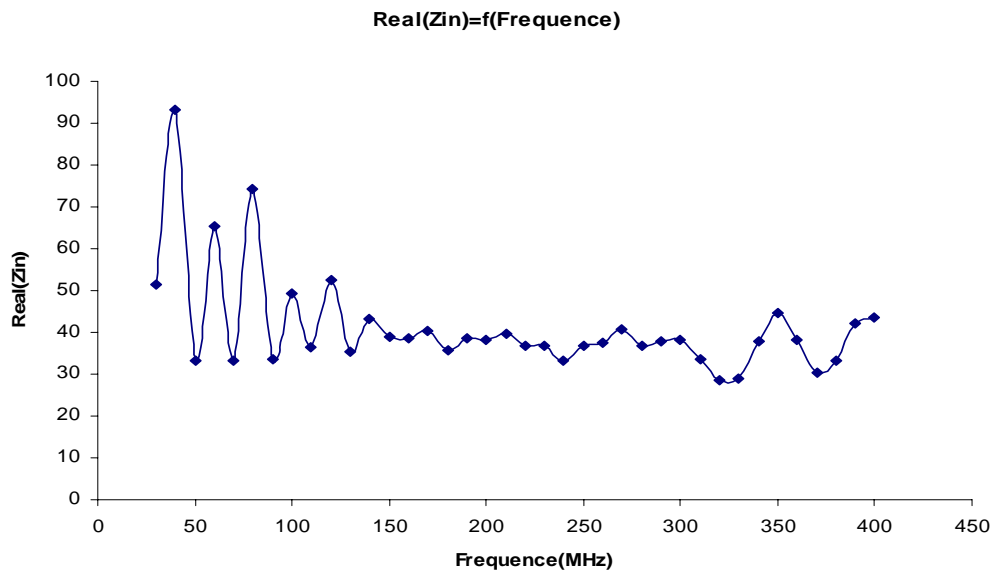


Σχήμα 4.1.5: Κέρδος ισχύος λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας 30 – 400 MHz συναρτήσει της συχνότητας.

Το γράφημα για το VSWR συναρτήσει της συχνότητας παρουσιάζεται στο σχήμα 4.1.6. Με βάση την επιλογή που έγινε για το απαιτούμενο VSWR προέκυψε, σε όλο το εύρος ζώνης της κεραίας να έχουμε πετύχει τιμές γύρω στο 1,5. Παρατηρούμε μόνο σε ελάχιστες τιμές συχνοτήτων, ο λόγος αυτός να πλησιάζει το 2.



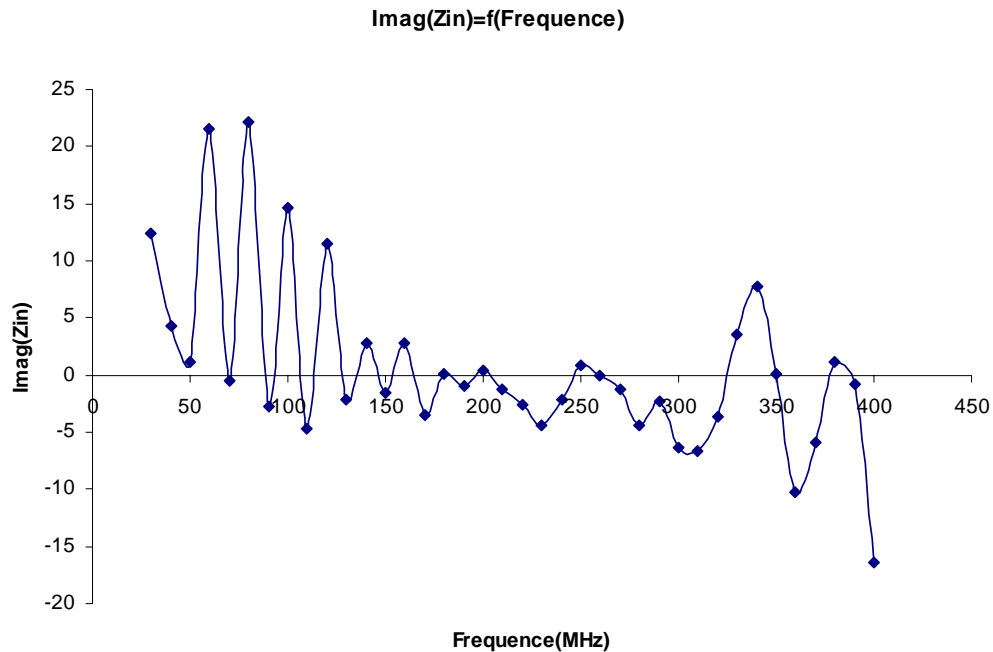
Σχήμα 4.1.6: *VSWR* λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας 30 – 400 MHz συναρτήσει της συχνότητας.



Σχήμα 4.1.7: Πραγματικό μέρος αντίστασης εισόδου λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας 30 – 400 MHz συναρτήσει της συχνότητας.

Τόσο στο προηγούμενο (σχήμα 4.1.7) όσο και στο επόμενο (σχήμα 4.1.8) σχήμα, παρατηρούμε την μεταβολή του πραγματικού και φανταστικού μέρους της

αντίστασης εισόδου αντίστοιχα, συναρτήσει της συχνότητας όπως αυτό προκύπτει, σε όλο το εύρος συχνοτήτων της κεραίας αυτής.



Σχήμα 4.1.8: Φανταστικό μέρος αντίστασης εισόδου λογαριθμικής περιодικής διπολικής κεραίας 30 – 400 MHz συναρτήσει της συχνότητας.

4.2 Λογαριθμική περιодική διπολική κεραία 400-2000 MHz

Στο σημείο αυτό στόχος είναι ο σχεδιασμός μιας λογαριθμικής-περιодικής διπολικής συστοιχίας η οποία θα λειτουργεί τώρα σε μεγαλύτερο εύρος ζώνης, από 30 έως 400 MHz. Θα ακολουθήσουμε την διαδικασία της προηγούμενης παραγράφου με σκοπό και πάλι τον προσδιορισμό των κύριων χαρακτηριστικών της κεραίας αυτής.

Έτσι και πάλι με χρήση της σχέσης (2.2.4) προκύπτει:

$$\lambda_{\max} = 2l_{\max} = \frac{u}{f_{\min}} \Rightarrow l_{\max} = \frac{1}{2} \cdot \frac{u}{f_{\min}} \Rightarrow l_{\max} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 400 \cdot 10^6} \Rightarrow l_{\max} = 0.375m$$

Αντίστοιχα μια το μικρότερο σε μήκος:

$$\lambda_{\min} = 2l_{\min} = \frac{u}{f_{\max}} \Rightarrow l_{\min} = \frac{1}{2} \cdot \frac{u}{f_{\max}} \Rightarrow l_{\min} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 2000 \cdot 10^6} \Rightarrow l_{\min} = 0.075m$$

Όπως και στην παράγραφο 4.1, από το σχήμα 2.2.1 μπορούμε, να υπολογίσουμε τα βέλτιστα τ και σ για κατευθυντικότητα γύρω στα 8dB. Προκύπτουν οι τιμές $\tau = 0,865$ και $\sigma = 0,157$. Για τις ίδιες λοιπόν τιμές τόσο για τ όσο και για σ η γωνία a είναι και πάλι $a = 12.13^\circ$. Το ίδιο αποτέλεσμα παίρνουμε και για την τιμή του $B_{ar} = 1.753$.

$$\left. \begin{array}{l} B_{ar} = 1.753 \\ B_s = B \cdot B_{ar} \end{array} \right\} \Rightarrow B_s = 1.753 \frac{2000 \cdot 10^6}{400 \cdot 10^6} \Rightarrow B_s = 8.765$$

Αντίστοιχα ο αριθμός διπόλων που αποτελούν την συστοιχία:

$$(2.2.5) \Rightarrow N = 1 + \frac{\ln(8.765)}{\ln\left(\frac{1}{0.865}\right)} = 1 + \frac{2.17}{0.145} = 15.97 \Rightarrow 16 \text{ Στοιχεία}$$

Τώρα υπολογίζουμε το συνολικό μήκος της διάταξης αυτής:

$$(2.2.3) \Rightarrow L = \frac{0.75}{4} \left(1 - \frac{1}{8.765}\right) \cot 12.13 \Rightarrow L = 0.773m$$

Παρατηρούμε ότι το μήκος αυτό της κεραίας είναι αρκετά μικρό. Θα προσπαθήσουμε τη δομή αυτή να τη σχεδιάσουμε για μήκος γύρω στα 2m. Χρησιμοποιώντας το λογισμικό πακέτο προσομοίωσης κεραιών SuperNEC, θα προσομοιώσουμε την κεραία αυτή και θα βελτιστοποιήσουμε τα χαρακτηριστικά της για το μήκος αυτό.

Όπως και στην προηγούμενη παράγραφο θα εφαρμόσουμε τις ίδιες παραμέτρους για τον γενετικό αλγόριθμο και για το κόστος. Δηλαδή θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο με αποδεκάτιση πληθυσμού, 250 γενεές και 60 χρωμοσώματα. Ποσοστό μετάλλαξης 0,15 και μηδέν σημεία διασταύρωσης. Για το

κόστος τα ορίσουμε απαιτούμενο κέρδος 10, παράγοντα κέρδους 2, απαιτούμενο VSWR 1,5 και παράγοντα VSWR πάλι 2.

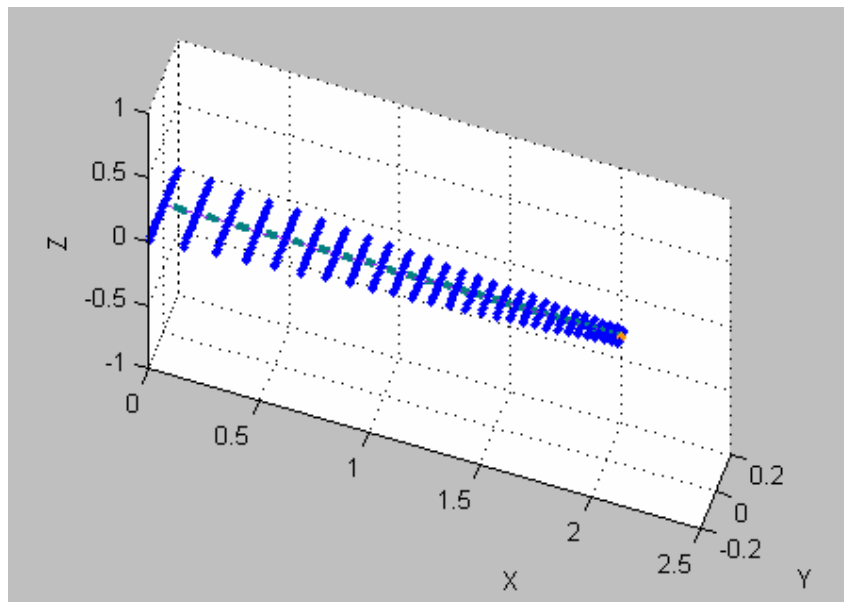
Όσο αφορά τώρα τα στοιχεία της κεραίας θα θέσουμε:

Τοποθεσία:	[0 0 0]
Μήκος Τμήματος:	0,1
Προσανατολισμός:	[0 0 0]
Μήκος μεγαλύτερου διπόλου:	0,375m
Μήκος μικρότερου διπόλου:	0,075m
τ :	930 : 1 : 980*
Σ :	180 : 1 : 220*
Αναλογία:	100
Χαρακτηριστική αντίσταση:	50

Και πάλι τα στοιχεία με * είναι αυτά τα οποία θα παίξουν με γενετικό αλγόριθμο. Έτσι ορίσαμε το τ να παίρνει τομές από 0,93 έως 0,98 με βήμα 0,001 και το σ από 0,18 έως 0,22 με βήμα 0,001. Στην βελτιστοποίηση αυτή μόνο δύο μεγέθη θα προσπαθήσουμε να βελτιστοποιήσουμε.

Αφού τρέξουμε τον αλγόριθμο για βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών της για συχνότητα από 400 MHz έως 2000 MHz και με βήμα 50 MHz παίρνουμε την δομή του σχήματος 4.2.1 της οποίας τα χαρακτηριστικά της στοιχεία είναι:

Τοποθεσία:	[0 0 0]
Μήκος Τμήματος:	0,1
Προσανατολισμός:	[0 0 0]
Μήκος μεγαλύτερου διπόλου:	0,375m
Μήκος μικρότερου διπόλου:	0,075m
τ :	0,942
Σ :	0,2
Αναλογία:	100
Χαρακτηριστική αντίσταση:	50

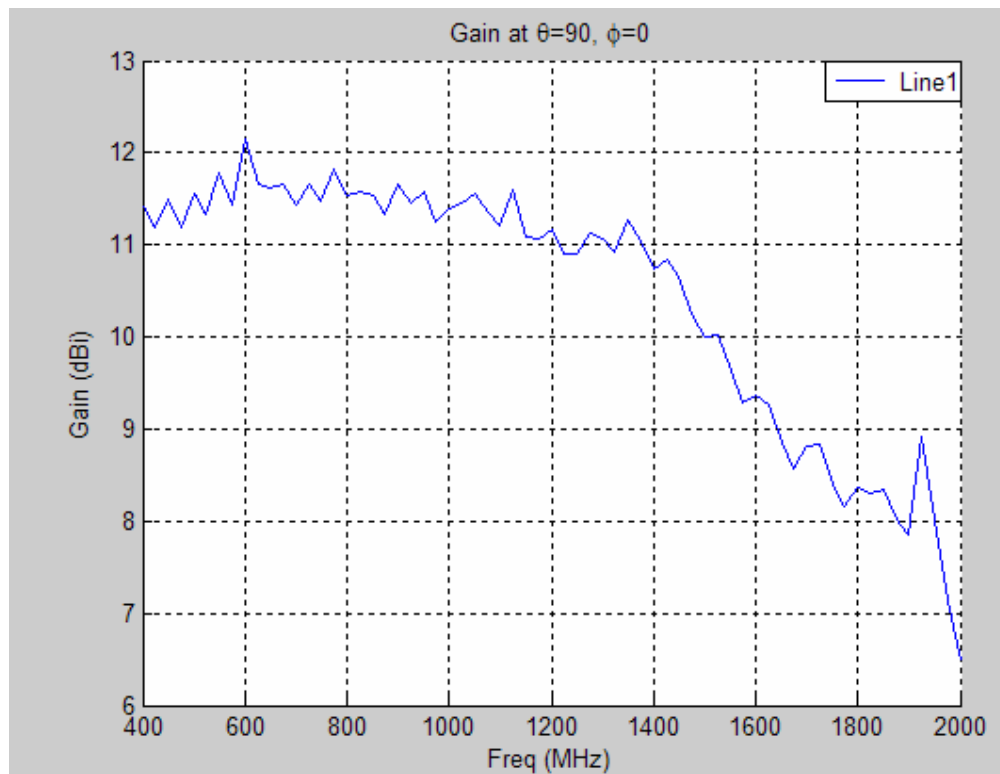


Σχήμα 4.2.1: Λογαριθμική περιοδοκή διπολική κεραία 400 – 2000 MHz μήκους 2m.

Η δομή αυτή είναι ορθή και δεν παρουσιάζει κανένα σφάλμα στα τμήματα που την αποτελούν. Συνολικά αποτελείται από 28 δίπολα και έχει μήκος 2.23m. Από αυτό μπορούμε να καταλάβουμε ότι έχουμε πετύχει την προσομοίωση της κεραίας

αυτής για μήκος γύρω στα 2m παρόλο που ο αριθμός των διπόλων έχει σχεδόν διπλασιαστεί.

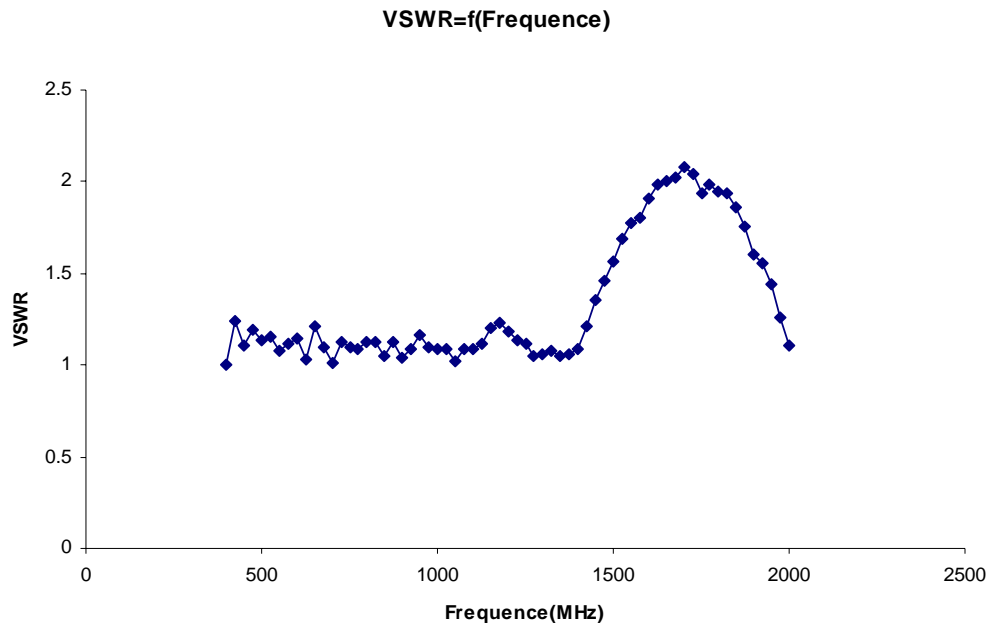
Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζουμε το γράφημα του κέρδους ισχύος της κεραίας συναρτήσει της συχνότητας. Μπορούμε να πούμε ότι διατηρείται για μεγάλο ποσοστό του εύρους ζώνης σε υψηλά επίπεδα, γύρω στα 10dBi. Η τιμές αυτές είναι πολύ κοντά στην τιμή την οποία θέσαμε για το απαιτούμενο κέρδος στις ρυθμίσεις κόστους (σχήμα 4.1.3).



Σχήμα 4.2.2: Κέρδος ισχύος λογαριθμικής περιόδου διπολικής κεραίας 400 – 2000 MHz συναρτήσει της συχνότητας.

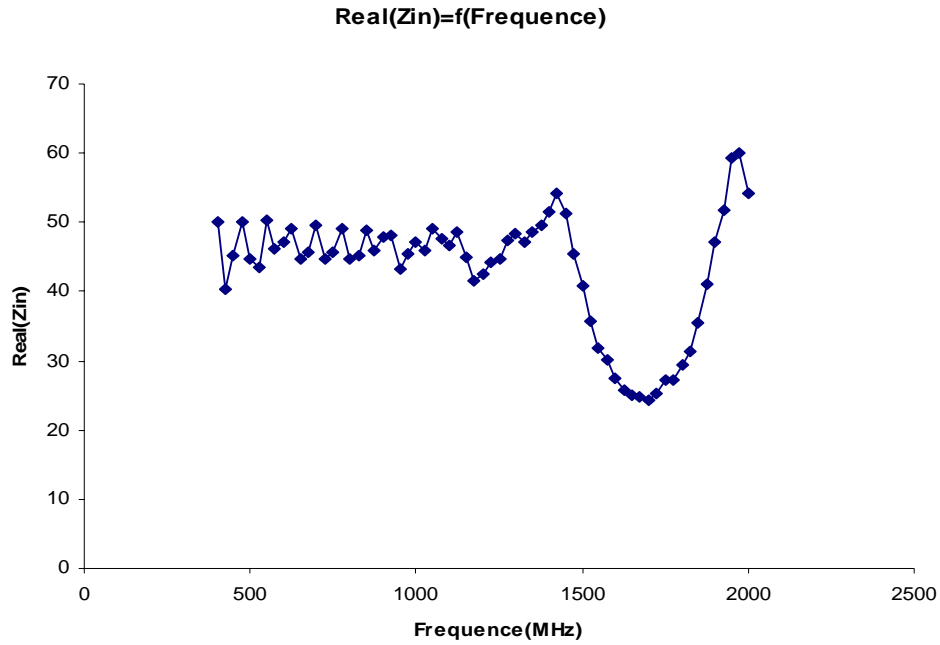
Για τον λόγο τάσεως στάσιμου κύματος συναρτήσει της συχνότητας κατασκευάζουμε το γράφημα του σχήματος 4.2.3. Σ' αυτό παρατηρούμε ότι παίρνει

τιμές μεταξύ 1 και 1,5 στο μεγαλύτερο μέρος του εύρους ζώνης. Σε μερικές συχνότητες όμως παίρνει τιμές κοντά στο 2, όχι όμως μεγαλύτερες από αυτό.

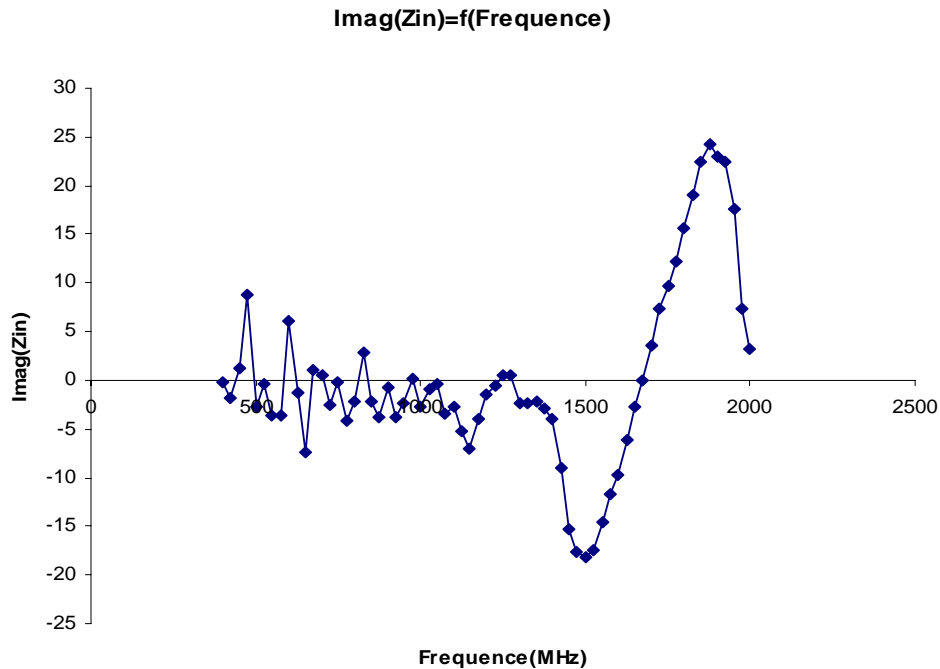


Σχήμα 4.2.3: *VSWR* λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας 400 – 2000 MHz συναρτήσει της συχνότητας.

Στο σχήμα 4.2.4 έχουμε το γράφημα πραγματικού μέρους της αντίστασης εισόδου της κεραίας συναρτήσει της συχνότητας. Στο γράφημα αυτό όπως και στο επόμενο, στο οποίο παρουσιάζουμε το φανταστικό μέρος της αντίστασης εισόδου, παρατηρούμε ιδιαίτερες μεταβολές στην περιοχή μεταξύ 1500 – 2000MHz.



Σχήμα 4.2.4: Πραγματικό μέρος αντίστασης εισόδου λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας 400 – 2000 MHz συναρτήσει της συχνότητας.

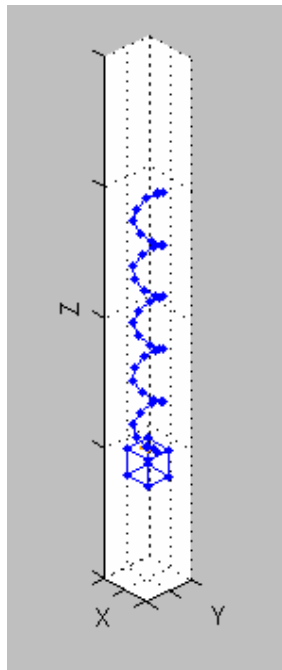


Σχήμα 4.2.5: Φανταστικό μέρος αντίστασης εισόδου λογαριθμικής περιοδικής διπολικής κεραίας 400 – 2000 MHz συναρτήσει της συχνότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΛΙΚΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ SUPER-NEC

Στο κεφάλαιο αυτό θα σχεδιάσουμε μία έλικα σε συνδυασμό με ένα κουτί, μια δομή που κατασκευάστηκε από τους Σ. Παναγιώτου και Ν. Κουβελιώτη, στο Εργαστήριο Κεραιών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Στη κεραία αυτή θα προσπαθήσουμε να βελτιστοποιήσουμε κάποια χαρακτηριστικά της και κυρίως να πετύχουμε συντονισμό σε κάποια συχνότητα. Η μορφή της δομής αυτής παρουσιάζεται στο σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1: Δομή έλικας κουτί.

5.1 Σχεδιασμός Έλικας-Κουτί με συντονισμό στα 1800MHz

Στην παράγραφο αυτή θα σχεδιάσουμε δομή έλικας κουτί, με συγκεκριμένη γεωμετρία και στη συνέχεια θα χρησιμοποιήσουμε γενετικούς αλγόριθμους για τη βελτιστοποίηση κάποιων χαρακτηριστικών της, με στόχο να πετύχουμε συντονισμό στα 1800 MHz.

Από το παράθυρο GUI GA επιλέγουμε τον τύπο της κεραίας, στην συγκεκριμένη περίπτωση επιλέγουμε την δομή shhelbox. Αφού την επιλέξουμε ρυθμίζουμε τα γεωμετρικά της στοιχεία και επιλέγουμε ποια από αυτά θα επιλεγούν με τη χρήση ΓΑ.

Τα γεωμετρικά αυτά χαρακτηριστικά και τα μεταβλητά μεγέθη παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Τοποθεσία:	[0 0 0]
Μήκος Τμήματος:	0,1
Προσανατολισμός:	[0 0 0]
Απόσταση μεταξύ σπειρών:	1,6 : 0,1 : 6,4*
Μήκος:	9,6 : 0,4 : 30,4*
Ακτίνα βάσης σπείρας:	1,6 : 0,1 : 8*
Ακτίνα κορυφής σπείρας:	1,6 : 0,1 : 8*
Ακτίνα καλωδίου:	0,0004
Ύψος από έδαφος:	1,6 : 0,1 : 8*
Μήκος κουτιού:	14,4 : 0,1 : 20,8*
Πλάτος κουτιού:	4,8 : 0,1 : 14,4*
Ύψος κουτιού:	40 : 1 : 68*

* είναι τα μεταβλητά μεγέθη για τα οποία θα πάρουμε αποτελέσματα με το πέρας της βελτιστοποίησης τους. Οι τιμές είναι σε (χιλιο-μονάδες) mU. Η απόσταση μεταξύ των σπειρών θα πάρει τιμές από 0,0016m έως 0,0064m με βήμα 0,0001m, το μήκος της έλικας θα πάρει τιμές από 0,0096m έως 0,0304m με βήμα 0,0004m, τόσο η ακτίνα βάσης, όσο και η ακτίνα κορυφής θα πάρουν τιμές από 0,0016m έως 0,008m με βήμα

0,0001 m. Το ύψος της δομής από το έδαφος θα πάρει τιμές από 0,0016m έως 0,008m με βήμα 0,0001m. Οι διαστάσεις του κουτιού θα πάρουν τιμές: για το μήκος, από 0,0144m έως 0,0208m με βήμα 0,0001m, για το πλάτος, από 0,0048m έως 0,0144m με βήμα 0,0001m και τέλος για το ύψος, από 0,04m έως 0,068m με βήμα 0,001m. Επίσης έχουμε επιλέξει η ακτίνα βάσης της σπείρας και η ακτίνα κορυφής της να είναι ίσες, εύλογο γιατί έλικά προκύπτει από ευθύ σύρμα το οποίο τυλίγεται σε ομοιόμορφο κύλινδρο .

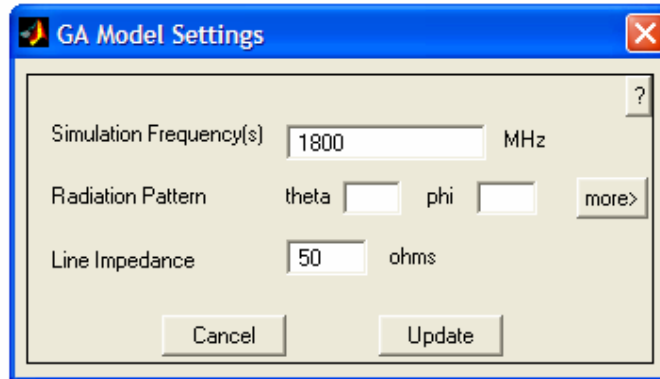
Για την προσομοίωση κεραίας αυτής και για την βελτιστοποίηση της έχουν επιλεγεί ακόμη δύο κύρια χαρακτηριστικά. Το πρώτο είναι ότι το μήκος τμήματος από το οποίο θα σχηματίζεται το κουτί θα είναι τετραπλάσιο του μήκους τμήματος, το οποίο θα σχηματίζει την έλικά. Το δεύτερο είναι το σημείο τοποθέτησης του κουτιού κάτω από την έλικά. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, ορίσαμε τοποθεσία του κουτιού [0 0 (-height-0.0024)] δηλαδή 24mm σύν το βέλτιστο ύψος που θα προκύψει από τον ΓΑ κάτω από την έλικά.

Για τις ρυθμίσεις όσο αφορά τον γενετικό αλγόριθμό, επιλέγουμε αριθμό γενεών 250, αριθμό χρωμοσωμάτων 60 και για στρατηγική επιλογής, επιλέγουμε την μέθοδο με αποδεκάτιση πληθυσμού. Επίσης ποσοστό μετάλλαξης 15%.

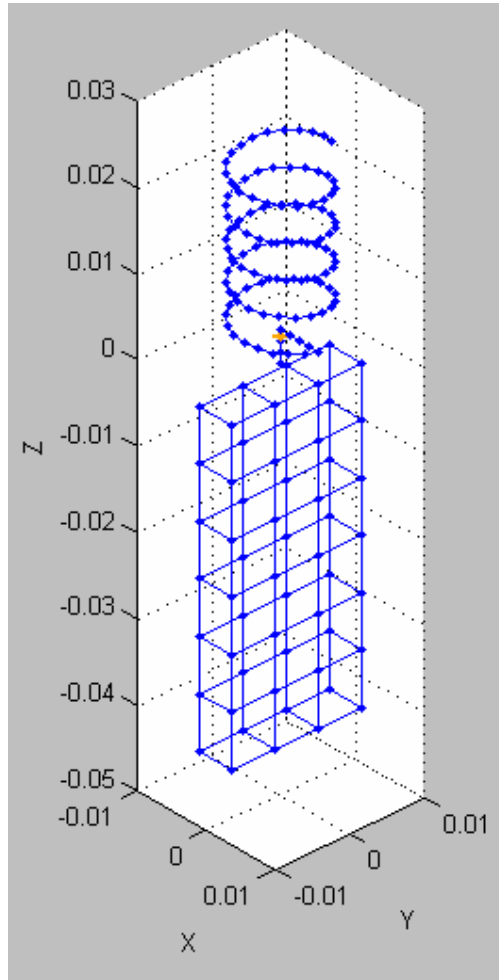
Για τις ρυθμίσεις κόστους επιλέγουμε για τις αντικειμενικές ως παράγοντα VSWR 2, απαιτούμενο VSWR 1 και παράγοντα κέρδους 2. Δεν ορίσαμε τιμή για το απαιτούμενο κέρδος. Για τους παράγοντες αυτούς η λειτουργία ικανότητας βελτιστοποίησης των χαρακτηριστικών αυτών, χρησιμοποιεί την σχέση:

$$Fitness / cost = \left(\frac{VSWR_{DES}}{VSWR} \right)^2$$

Στο παράθυρο του σχήματος 5.1.1 έχουμε ορίσει συχνότητα προσομοίωσης τα 1800MHz και αντίσταση γραμμής 50Ω. Στη συχνότητα αυτή θα προσπαθήσουμε να πετύχουμε συντονισμό.



Σχήμα 5.1.1: Ρυθμίσεις μοντέλου



Σχήμα 5.1.2: Έλικά-κουτί συντονισμένη στα 1800MHz.

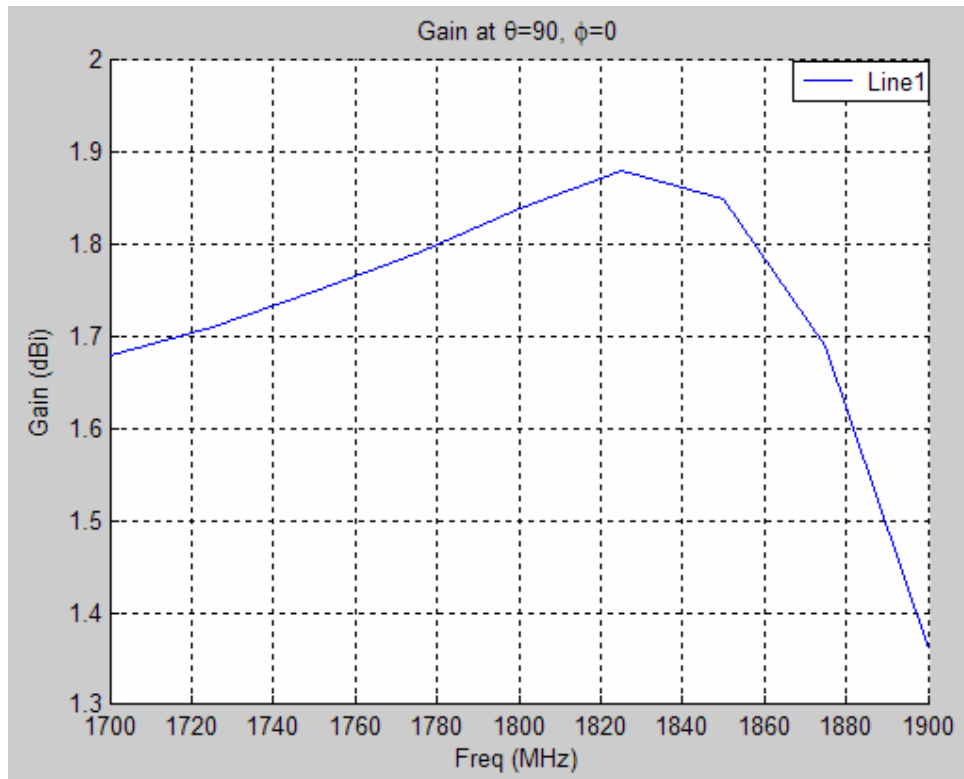
Αφού ορίσαμε τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της έλικας και του κουτιού, (συνολικά οκτώ μεγέθη θα είναι μεταβλητά σ' αυτήν τη προσομοίωση), τις ρυθμίσεις μοντέλου, γενετικού αλγόριθμου και κόστους αρχίζουμε την διαδικασία προσομοίωσης και βελτιστοποίησης. Η διαδικασία αυτή δίνει ως αποτέλεσμα την δομή έλικας - κουτί του σχήματος 5.1.2.

Τα χαρακτηριστικά της κεραίας αυτής όπως προέκυψαν είναι:

Τοποθεσία:	[0 0 0]
Μήκος Τμήματος:	0,1
Προσανατολισμός:	[0 0 0]
Απόσταση μεταξύ σπειρών:	0,0043m
Μήκος:	0.0207m
Ακτίνα βάσης σπείρας:	0.0054m
Ακτίνα κορυφής σπείρας:	0.0054m
Ακτίνα καλωδίου:	0.0004m
Ύψος από έδαφος:	0.0039m
Μήκος κουτιού:	0.0175m
Πλάτος κουτιού:	0.0048m
Ύψος κουτιού:	0.04m

Από το πιο πάνω πίνακα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τόσο της έλικας όσο και του κουτιού, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι το συνολικό μήκος της κεραίας είναι 0,0646m δηλ. 6,46cm. Πρέπει ακόμη να σημειώσουμε ότι το κουτί βρίσκεται συνολικά κάτω από την έλικα κατά 0,0424mm στην κατεύθυνση του άξονα z.

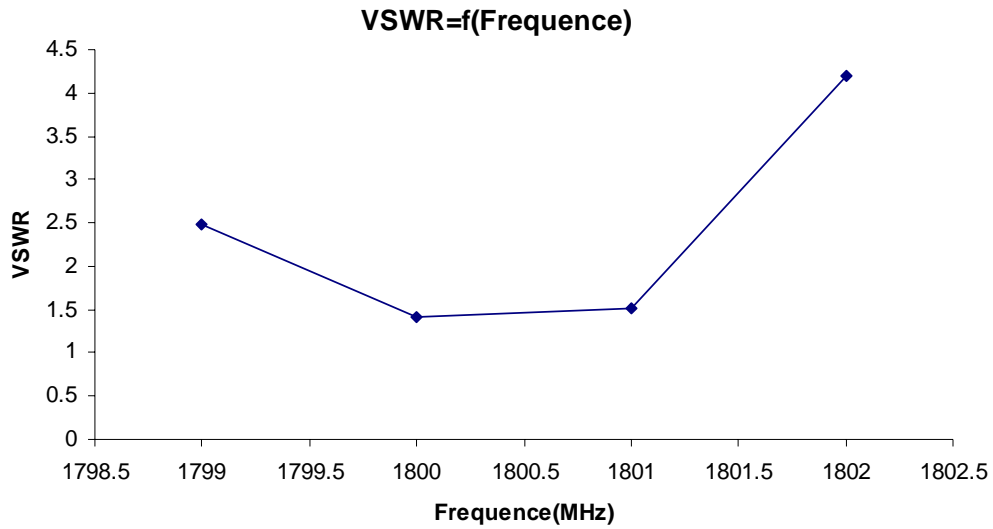
Στο γράφημα που ακολουθεί μπορούμε να διακρίνουμε τις μεταβολές των τιμών, που παίρνει το κέρδος ισχύος, δεξιά και αριστερά της συχνότητας συντονισμού.



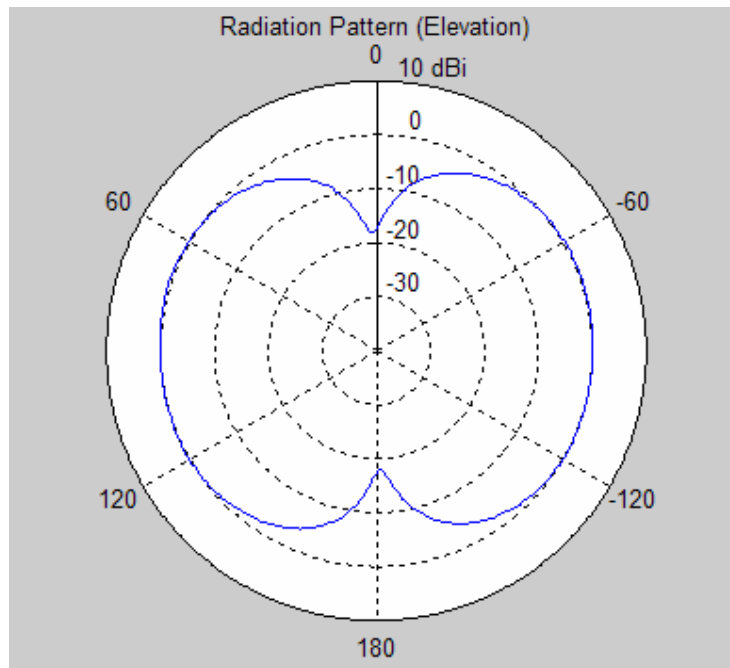
Σχήμα 5.1.3: Κέρδος ισχύος συναρτήσει της συχνότητας για έλικα-κουτί συντονισμένη στα 1800MHz.

Για το λόγο τάσεως, στάσιμου κύματος το πρόγραμμα προσομοίωσης και βελτιστοποίησης μας δίνει τιμές οι οποίες παρουσιάζονται στο γράφημα του σχήματος 5.1.4 συναρτήσει της συχνότητας.

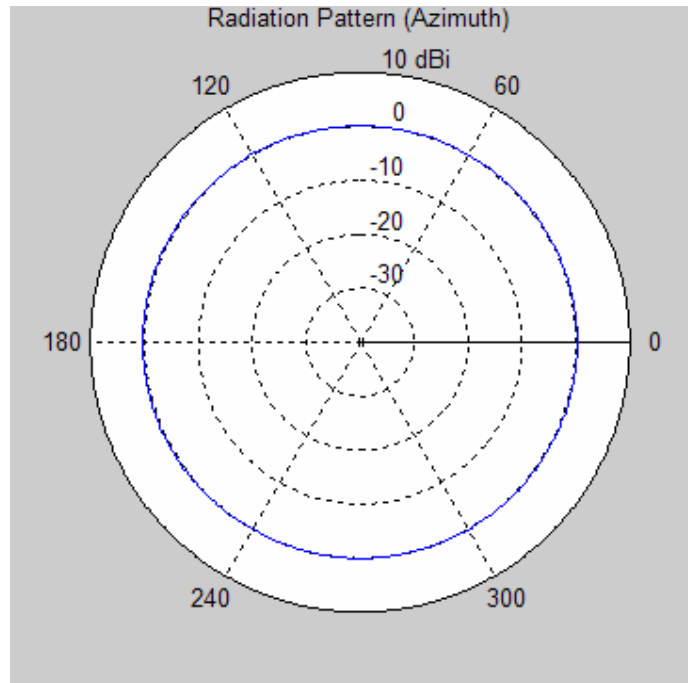
Στα ακόλουθα δύο σχήματα έχουμε τα διαγράμματα ακτινοβολίας της κεραίας τόσο στο επίπεδο $\theta = 0^\circ, \phi = 90^\circ$ όσο και στο $\theta = 90^\circ$ και $\phi = 0^\circ$. Στη πρώτη περίπτωση παρατηρούμε ότι έχουμε μέγιστη ακτινοβολία στη διεύθυνση των $\pm 90^\circ$.



Σχήμα 5.1.4: Διάγραμμα *VSWR* συναρτήσει της συχνότητας για έλικα-κουτί συντονισμένη στα 1800MHz.

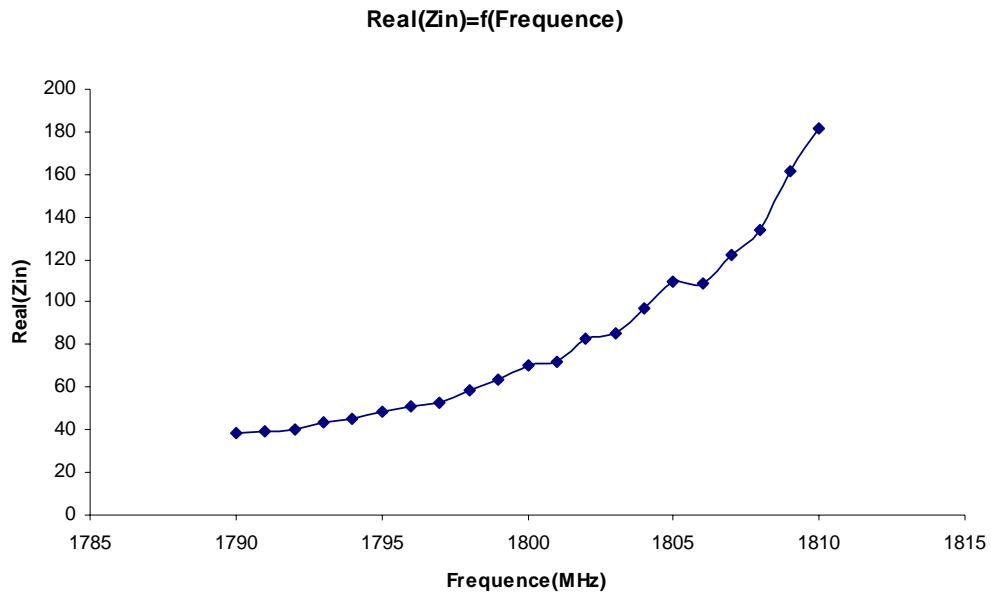


Σχήμα 5.1.5: Διάγραμμα ακτινοβολίας της δομής έλικα-κουτί στο επίπεδο $\phi=90^\circ$ και $\theta=0^\circ$ συντονισμένη στα 1800MHz.

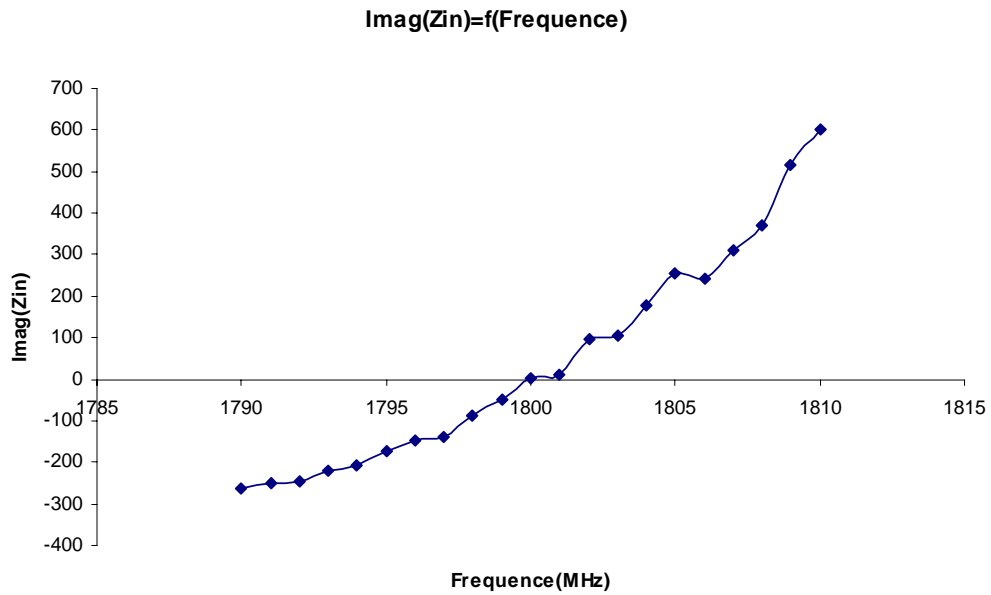


Σχήμα 5.1.6: Διάγραμμα ακτινοβολίας της δομής έλικα-κουτί στο επίπεδο $\varphi=0^\circ$ και $\theta=90^\circ$ συντονισμένη στα 1800MHz.

Στην συνέχεια παρουσιάζουμε τα γραφήματα του πραγματικού και του φανταστικού μέρους της αντίστασης εισόδου συναρτήσει της συχνότητας. Τα διαγράμματα αυτά είναι για τιμές γύρω από την συχνότητα συντονισμού.



Σχήμα 5.1.7: Γράφημα πραγματικού μέρους αντίστασης εισόδου της έλικα-κουτί συντονισμένη στα 1800MHz.



Σχήμα 5.1.8: Γράφημα φανταστικού μέρους αντίστασης εισόδου της έλικα-κουτί συντονισμένη στα 1800MHz.

5.2 Σχεδιασμός Έλικας-Κουτί με συντονισμό στα 1900MHz

Τέλος έχουμε σχεδιάσει και πάλι μια δομή έλικα – κουτί την οποία, στην περίπτωση, αυτή θα προσπαθήσουμε να πετύχουμε βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών της και συντονισμό στα 1900MHz.

Θα ακολουθήσουμε την διαδικασία της παραγράφου 5.1, θα ορίσουμε παραμέτρους για την έλικα, το κουτί, το κόστος το μοντέλο και το γενετικό αλγόριθμο και θα τρέξουμε το μοντέλο προσομοίωσης και βελτιστοποίησης.

Για το κόστος όπως και στην προηγούμενη παράγραφο, εφαρμόσαμε απαιτούμενο VSWR, χωρίς όμως να καθορίσουμε το απαιτούμενο κέρδος. Και σε αυτή την περίπτωση, για τους παράγοντες κέρδους και λόγου τάσεως στάσιμου κύματος, η λειτουργία ικανότητας βελτιστοποίησης των χαρακτηριστικών αυτών, χρησιμοποιεί την σχέση:

$$Fitness / cost = \left(\frac{VSWR_{DES}}{VSWR} \right)^2$$

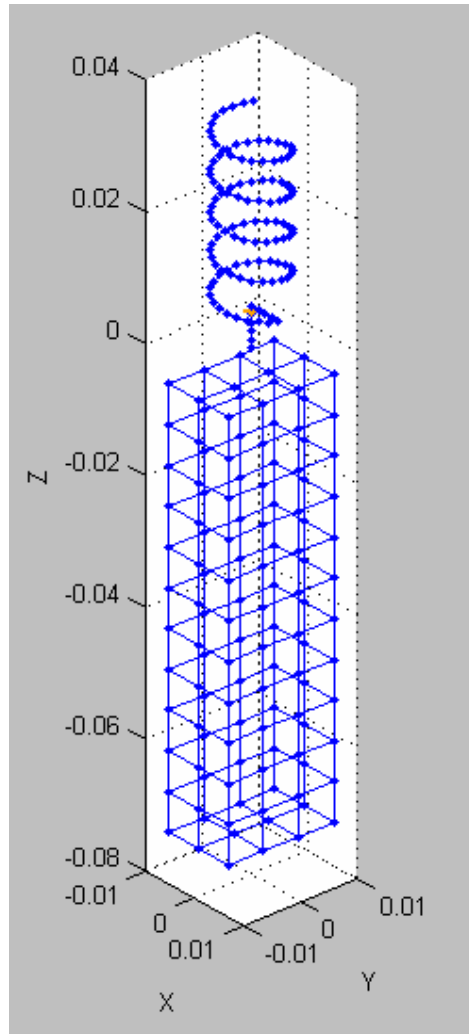
Στην περίπτωση αυτή στο παράθυρο ρυθμίσεων του μοντέλου (σχήμα 5.1.1.) επιλέγουμε συχνότητα προσομοίωσης τα 1900MHz. Για την δομή της κεραίας αυτής ρυθμίζουμε τα γεωμετρικά της χαρακτηριστικά όπως αυτά παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Τοποθεσία:	[0 0 0]
Μήκος Τμήματος:	0,1
Προσανατολισμός:	[0 0 0]
Απόσταση μεταξύ σπειρών:	1,6 : 0,1 : 6,4*
Μήκος:	9,6 : 0,4 : 30,4*
Ακτίνα βάσης σπείρας:	1,6 : 0,1 : 8*
Ακτίνα κορυφής σπείρας:	1,6 : 0,1 : 8*
Ακτίνα καλωδίου:	0,0004
Ύψος από έδαφος:	1,6 : 0,1 : 8*
Μήκος κουτιού:	12 : 0,1 : 20,8*
Πλάτος κουτιού:	3 : 0,1 : 14,4*
Ύψος κουτιού:	30 : 1 : 68*

Πρέπει να τονίσουμε πως για την προσομοίωση αυτή έχουμε ορίσει σαν μήκος τμήματος που θα αποτελούν το κουτί να είναι τετραπλάσιο του μήκους τμήματος που θα αποτελεί την έλικα και ακόμα το κουτί θα είναι τοποθετημένο στην θέση [0 0 (-height-0.0048)] δηλαδή 48mm σύν το βέλτιστο ύψος που θα προκύψει από τον ΓΑ κάτω από την έλικα.

Τα μεγέθη τα οποία θα πάρουν τιμές μετά την διαδικασία βελτιστοποίησης μέσω γενετικού αλγόριθμου, εκφράζονται παρακάτω. Η απόσταση μεταξύ των σπειρών θα πάρει τιμές από 0,0016m έως 0,0064m με βήμα 0,0001m, το μήκος της έλικας θα πάρει τιμές από 0,0096m έως 0,0304m με βήμα 0,0004m, τόσο η ακτίνα βάσης, όσο και η ακτίνα κορυφής θα πάρουν τιμές από 0,0016m έως 0,008m με βήμα 0,0001 m. Το ύψος της δομής από το έδαφος θα πάρει τιμές από 0,0016m έως

0,008m με βήμα 0,0001m. Οι διαστάσεις του κουτιού θα πάρουν τιμές: για το μήκος, από 0,012m έως 0,0208m με βήμα 0,0001m, για το πλάτος, από 0,003m έως 0,0144m με βήμα 0,0001m και τέλος για το ύψος, από 0,03m έως 0,068m με βήμα 0,001m.

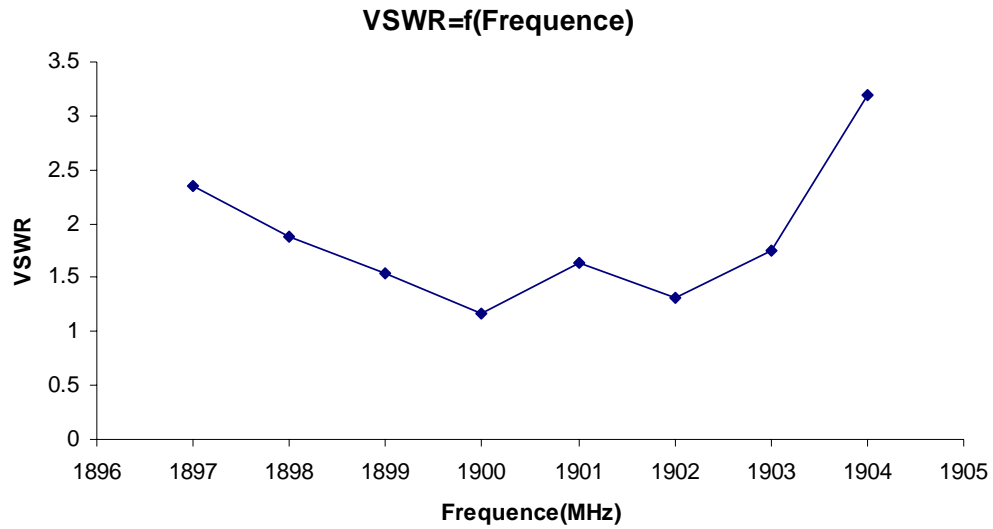


Σχήμα 5.2.1: Έλικά-κουτί συντονισμένη στα 1900MHz.

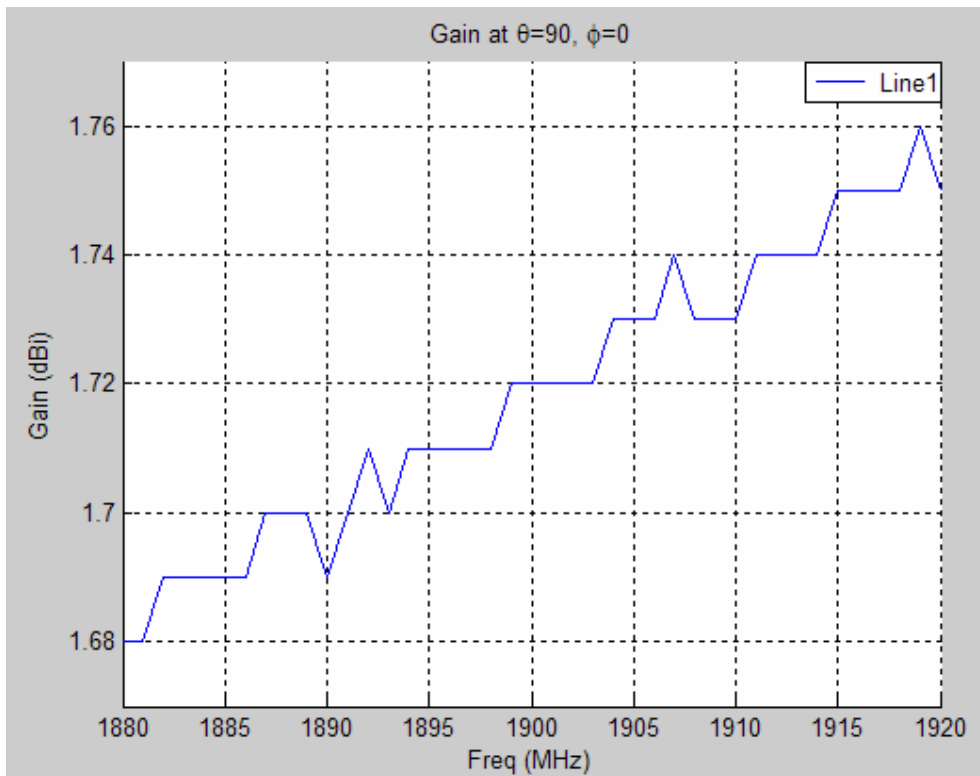
Από τα πιο πάνω καταλήξαμε στην κεραία του σχήματος 5.2.1 η οποία δεν παρουσιάζει σφάλματα και για την προσομοίωση της στα 1900MHz τα χαρακτηριστικά της φαίνονται στα ακόλουθα γραφήματα. Εύκολα διακρίνουμε, από το προηγούμενο σχήμα και από τον ακόλουθο πίνακα, ότι το συνολικό της μήκος είναι 0,1025m δηλ. 10,25cm.

Τοποθεσία:	[0 0 0]
Μήκος Τμήματος:	0,1
Προσανατολισμός:	[0 0 0]
Απόσταση μεταξύ σπειρών:	0,0061m
Μήκος:	0.0282m
Ακτίνα βάσης σπείρας:	0.0055m
Ακτίνα κορυφής σπείρας:	0.0055m
Ακτίνα καλωδίου:	0,0004
Ύψος από έδαφος:	0.0063m
Μήκος κουτιού:	0.0187m
Πλάτος κουτιού:	0.0123m
Ύψος κουτιού:	0.068m

Στο γράφημα του σχήματος 5.2.2 παρατηρούμε το διάγραμμα του λόγου ισχύος στάσιμου κύματος ως προς την συχνότητα. Παρατηρούμε ότι σε μία περιοχή ($\pm 5\text{MHz}$), γύρω από την συχνότητα συντονισμού έχουμε τιμές για το VSWR γύρω στο 1,5.

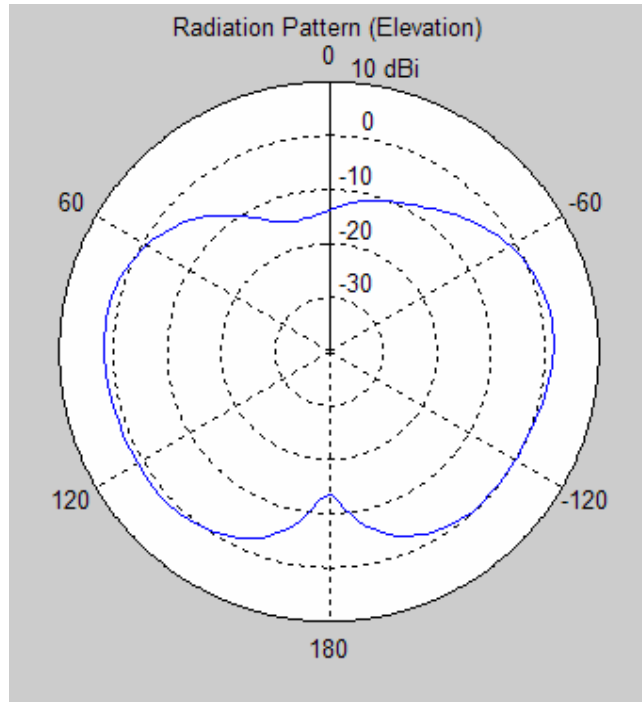


Σχήμα 5.2.2: Διάγραμμα VSWR έλικας – κουτί συντονισμένης στα 1900MHz.



Σχήμα 5.2.3: Διάγραμμα κέρδους ισχύος έλικας – κουτί στα 1900MHz.

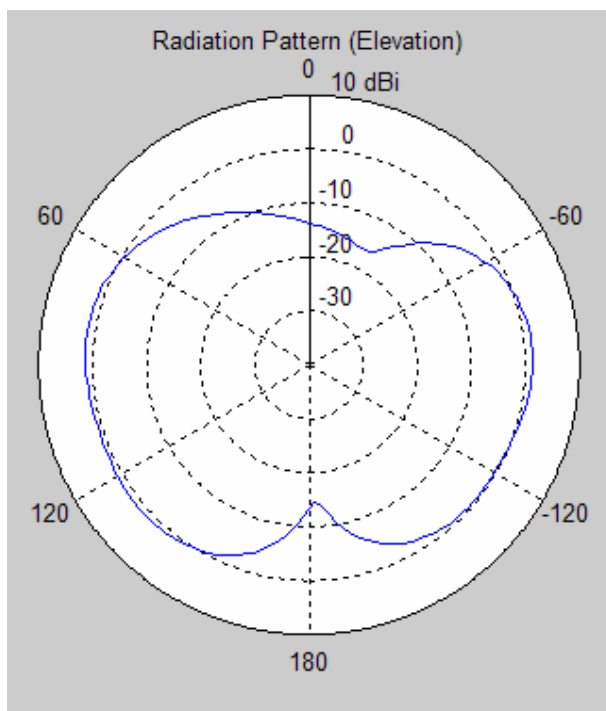
Στο πιο πάνω σχήμα παρουσιάζουμε το γράφημα κέρδους ισχύος της κεραίας αυτής συναρτήσει της συχνότητας. Σ' αυτό παρατηρούμε της μεταβολές του και παρατηρούμε πως, καθώς η συχνότητα του αυξάνει, αυξάνει και το κέρδος ισχύος.



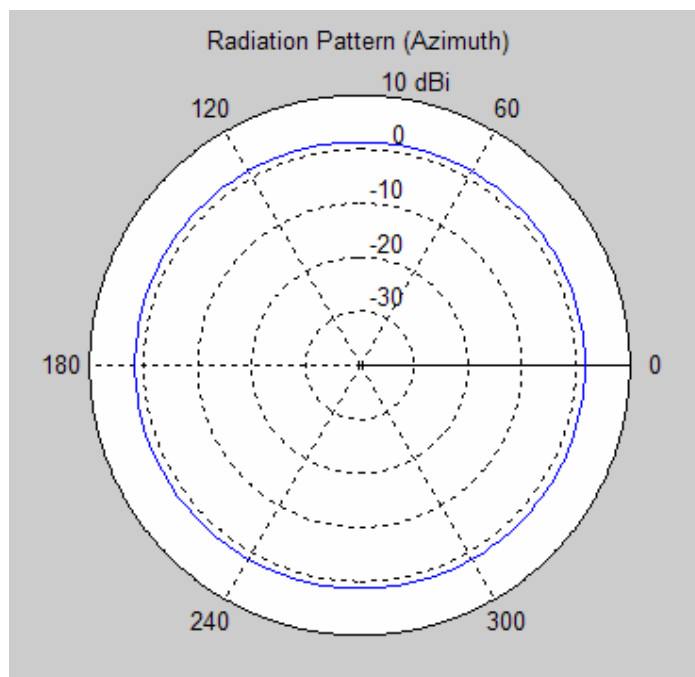
Σχήμα 5.2.4: Διάγραμμα ακτινοβολίας έλικας – κουτί στο επίπεδο $\varphi=0^\circ$ και $\theta=0^\circ$ συντονισμένη στα 1900MHz.

Στο σχήμα 5.2.4 παρουσιάζουμε το διάγραμμα ακτινοβολίας της έλικας - κουτί συντονισμένη στα 1900 MHz στο επίπεδο όπου $\varphi = 0^\circ$ και $\theta = 0^\circ$. Αν και δεν έχουμε συμμετρία στο διάγραμμα αυτό έχουμε μέγιστη ακτινοβολία στην διεύθυνση των 90° .

Στο διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας αυτής (σχήμα 5.2.5), στο επίπεδο όπου $\varphi = 90^\circ$ και $\theta = 0^\circ$ παρατηρούμε ότι έχουμε μέγιστη ακτινοβολία, στην διεύθυνση των $\pm 90^\circ$.

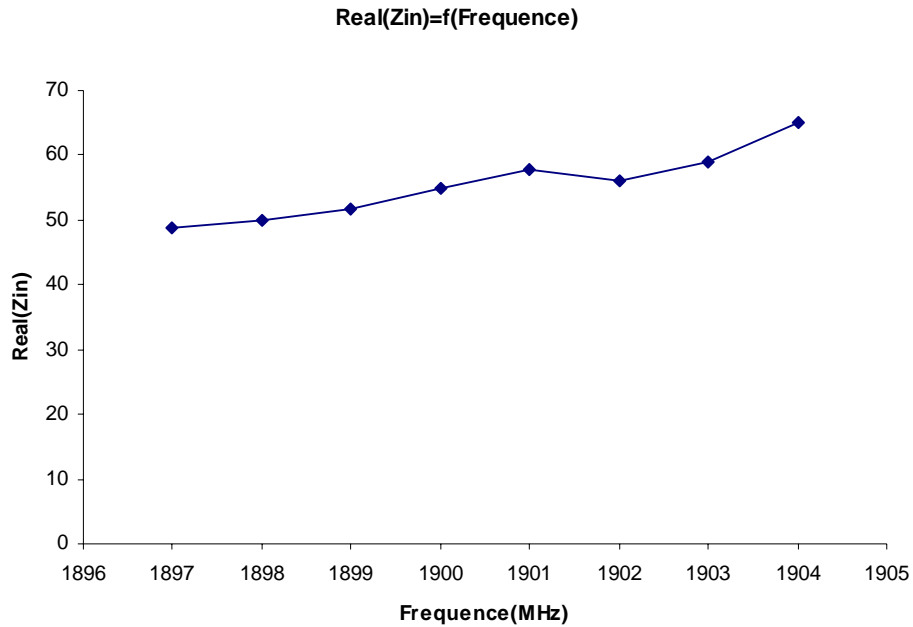


Σχήμα 5.2.5: Διάγραμμα ακτινοβολίας έλικας – κουτί στο επίπεδο $\varphi=90^\circ$ και $\theta=0^\circ$ συντονισμένη στα 1900MHz.

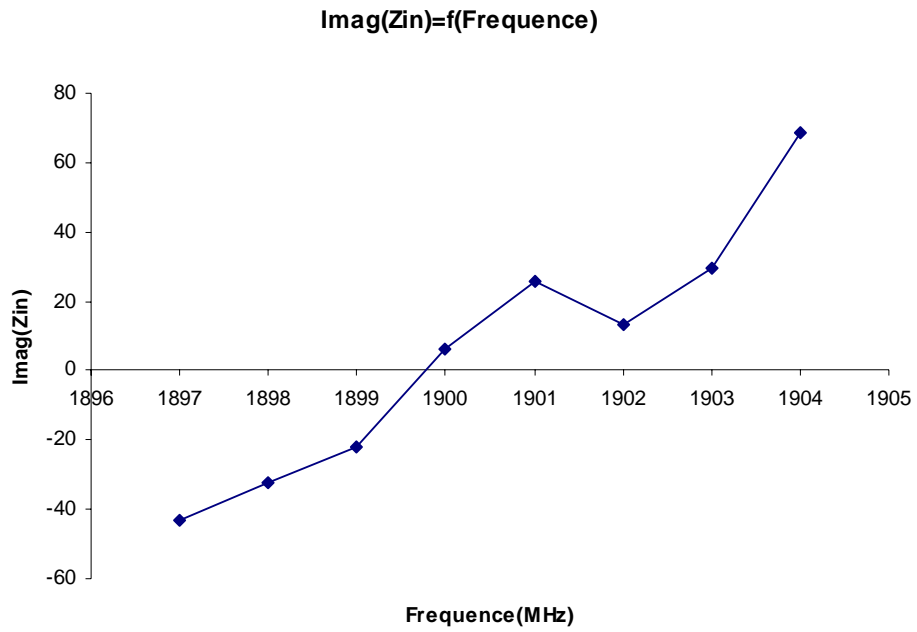


Σχήμα 5.2.6: Διάγραμμα ακτινοβολίας έλικας – κουτί στο επίπεδο $\theta=0^\circ$ και $\varphi=90^\circ$ συντονισμένη στα 1900MHz.

Στα επόμενα δύο γραφήματα παρουσιάζουμε την αντίσταση εισόδου της κεραίας συναρτήσει τις συχνότητας. Στο πρώτο γράφημα παρουσιάζουμε το πραγματικό μέρος και στο δεύτερο γράφημα το φανταστικό μέρος της αντίστασης εισόδου της έλικας – κουτί στα 1900 MHz για μερικές συχνότητες, δεξιά και αριστερά της συχνότητας συντονισμού.



Σχήμα 5.2.7: Γράφημα πραγματικού μέρους αντίστασης εισόδου της έλικα-κουτί συντονισμένη στα 1900MHz.



Σχήμα 5.2.8: Γράφημα φανταστικού μέρους αντίστασης εισόδου της έλικα-κουτί συντονισμένη στα 1900MHz.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΕΙΑ

1. Σ. Τζαφέστας, *Υπολογιστική Νοημοσύνη, Τόμος Α: Μεθοδολογίες*, ΕΜΠ
2. David E. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison-Wesley Publishing Company
3. Tom M. Mitchel *Machine Learning*, The MacGRaw-Hill Companies, Inc.
4. Y. Rahmat Samii and E. Michielssen, *Electromagnetic Optimization by Genetic algorithms*, John Wiley & Sons
5. SuperNEC, *Getting Started User Manual*, Poynting Antennas Software (Pty) Ltd.
6. SuperNEC, *Genetic Algorithm Optimizer User Manual*, Poynting Antennas Software (Pty) Ltd.
7. Constantine A. Balanis, *Antenna Theory. Analysis and Design* Second Edition, John Wiley & Sons
8. John D. Krauss, *Κεραίες*, 2η έκδοση, Εκδόσεις Α. Τζιόλα Ε.
9. W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, Inc.
10. Χ. Καυμάλης - Π. Γ. Κωττής, *Κεραίες-Ασύρματες Ζεύξεις*, Εκδόσεις Α. Τζιόλα Ε.
11. Π. Γ. Κωττής, *Διαμόρφωση και Μετάδοση Σημάτων*, Εκδόσεις Α. Τζιόλα Ε.