

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ
ΤΩΝ ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΙΑΚΩΝ ΔΗΜΟΤΙΚΩΝ
ΤΡΑΓΟΥΔΙΩΝ ΜΕ ΡΥΘΜΟ 2/4
ΑΠΟ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΤΟΥ SAMUEL BAUD-BOVY

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ἡ λαϊκὴ τέχνη εἶναι ἓνας ἀπὸ τοὺς κυριώτερους, τοὺς πιδ ζωντανοὺς καὶ πιδ εἰλικρινεῖς κήρυκες τῆς ψυχροσύνθεσης, τοῦ βαθμοῦ καλαισθησίας καὶ εὐαισθησίας καὶ γενικώτερα τοῦ πολιτισμοῦ ἑνὸς λαοῦ. Ἀποτελεῖ ἓνα μέτρο ἄψευστο πὺ μετροῦ τὴ δύναμη τῆς δημιουργικῆς του φαντασίας καὶ δείχνει τὸν πραγματικὸ του πλοῦτο, τὴν ἱκανότητά του νὰ ἐκφρασθεῖ, νὰ φέρει δηλαδὴ στὴν ἐπιφάνεια τοὺς θησαυροὺς τῆς ψυχῆς του, νὰ τοὺς δώσει πνοὴ ζωῆς, σχῆμα καὶ μορφή.

Στὴ μουσικὴ ἰδιαίτερα ὁ ἀπλὸς λαὸς καταφεύγει αὐθόρμητα, ἀνεπιτήδευτα, ἀπὸ ἐσωτερικὴ ἀνάγκη νὰ μετουσιώσει σὲ τραγούδι καὶ χορὸ τὶς χαρὲς καὶ τὶς λύπες τῆς ζωῆς του, πολλὰς φορὲς γι' αὐτὴν τὴ χαρὰ τοῦ τραγουδιοῦ καὶ τοῦ χοροῦ. Μπορεῖ νὰ πεῖ κανεὶς πὺς ἡ δημοτικὴ μουσικὴ συγκεντρώνει μέσα της ὅλες ἐκεῖνες τὶς ιδιότητες καὶ τὰ γνωρίσματα, πὺ μαζὶ συνθέτουν τὴν προσωπικότητα ἑνὸς λαοῦ καὶ γι' αὐτὸ ἡ μελέτῃ τῆς δημοτικῆς μουσικῆς εἶναι ὡς ἓνα σημεῖο καὶ μελέτῃ τοῦ συγκεκριμένου λαοῦ, τῆς ψυχροσύνθεσῆς του καὶ τῆς καλαισθησίας του.

Στὴν ἐργασία αὐτὴ μελετᾶται ἓνα τυχαῖο δεῖγμα δημοτικῶν Δωδεκανησιακῶν τραγουδιῶν ρυθμοῦ 2/4 πὺ εἶναι παρμένα ἀπὸ τὴ δίτομη συλλογὴ τοῦ Samuel Baud-Bovy «Τραγούδια τῶν Δωδεκανήσων», ἐκδοσης τοῦ λογογραφικοῦ ἀρχείου (1935). Ὁ Samuel Baud-Bovy μελέτησε χρόνια τὸ ἑλληνικὸ δημοτικὸ τραγούδι, κατέγραψε ὁ ἴδιος δημοτικὰ τραγούδια καὶ ἄφησε πίσω του ὀγκῶδες καὶ σημαντικὸ καταγραφικὸ ἔργο. Τὰ τραγούδια πὺ ἀποτελοῦν τὴν ἐν λόγω συλλογὴ τὰ συγκεντρώσε καταγράφοντάς τα ὁ ἴδιος σὲ τρία ταξέδια του στὰ Δωδεκάνησα τὰ καλοκαίρια τοῦ 1930, 31 καὶ 33, τὰ μελέτησε, τὰ ἀνέλυσε καὶ αὐτὴ ἡ ἐργασία του ἀποτελέσε καὶ τὴ Διδακτορικὴ του Διατριβή. Σ' αὐτὴν τὴ συλλογὴ ὑπάρχουν 63 τραγούδια ρυθμοῦ 2/4 καὶ συγκεκριμένα: 19 τῆς Ρόδου, 1 τῆς Χάλκης, 1 τῆς Τήλου, 3 τῆς Σύμης, 13 τῆς Καλύμνου, 8 τῆς Κῶ, 9 τῆς Νισύρου, 5 τῆς Καρπάθου, 1 τῆς Κάσου καὶ 3 τοῦ Καστελλόριζου.

Τὸ μέγεθος τῆς μνήμης ἑνὸς προσωπικοῦ Η/Υ σὲ μιὰ μελέτῃ τῶν δεδομένων μὲ στοχαστικὲς διαδικασίες μέχρι καὶ 11ης τάξης μας ἐπέβαλε περιρισμούς στὸ μέγεθος τοῦ δείγματος τῶν τραγουδιῶν. Μὲ τὴ βοήθεια τυχαίων ἀριθμῶν ἐπελέγησαν γιὰ νὰ ἀποτελέσουν τὸ δείγμα τῆς μελέτης μας 40 ἀπὸ τὰ 63 τραγούδια, τὰ ὁποῖα ἀναφέρονται στὸν Πίνακα Ι.

Πίνακας Ι			
α/α	Τίτλος τραγουδιοῦ	Κατηγορία	Νησί προέλευσης
1	Ἐλα ἡ ὥρα ἡ καλὴ	Του γάμου	Ρόδος
2	Ἡ κλώσσα	Του γάμου	Ρόδος
3	Φέτος το καλοκαιράκι	Πολύστιχο	Ρόδος
4	Μαντινάδα	Μαντινάδα	Ρόδος
5	/Αμουργιανὸν εἶν' το νερό	Μαντινάδα	Ρόδος
6	Το δυοσμαράκι	Μαντινάδα	Ρόδος
7	Ὁ κάτω (ἢ το ἀντρόγυνο)	Χορός	Ρόδος
8	Ὁ κάτω	Χορός	Ρόδος
9	Το ρηνάκι	Χορός	Ρόδος
10	Πέρα στον πέρα κάμπο	Χορός	Ρόδος
11	Της Μεγάλης Κυριακῆς	Χορός	Ρόδος
12	Το πιπέρι	Σατυρικός Χορός	Ρόδος
13	Του κάτω χοροῦ	Χορός	Χάλκη
14	Ἐλα(ν) ἡ ὥρα ἡ καλὴ	Του γάμου	Τήλος
15	Μοιριολοί	Μοιριολοί	Σύμη
16	Των κλαδιῶ ἢ του βουνοῦ	Μαντινάδα	Σύμη
17	Της Σαντακλίδας	Σκοπὸς τῆς Σαντακλίδας	Καστελλόριζο
18	Ἐφικε με το μαντήλι του	Χορός	Καστελλόριζο
19	Ἡ θάλασσα μου μῆνυσε	Μαντινάδα	Κάλυμνος
20	ΕΡΠ	Μαντινάδα	Κάλυμνος
21	Του Ξεζένη	Μαντινάδα	Κάλυμνος
22	Ὁ Αμοργινός	Μαντινάδα	Κάλυμνος
23	Ὁ Λερικός	Μαντινάδα	Κάλυμνος
24	Το τζιβαέρι	Μαντινάδα	Κάλυμνος
25	Ὁ Κρητικός	Μαντινάδα	Κάλυμνος
26	Ἰσως Καλυμνικός	Χορός	Κάλυμνος
27	Μη μ' ἀρνηστῆς	Μαντινάδα	Κως
28	Το γιαιρούμπι	Μαντινάδα	Κως
29	Τραγουδιστός	Χορός	Κως
30	Τραγουδιστός του γάμου	Χορός	Κως
31	Τραγουδιστός	Χορός	Κως
32	Κάλεσμα	Του γάμου	Νίσυρος
33	Μοιριολοί	Μοιριολοί	Νίσυρος
34	Πάλι περνῶ το στενό	Μαντινάδα	Νίσυρος
35	Σηκώνομαι ταχύν ταχύ	Χορός	Νίσυρος
36	Τα δυο ζαλά	Χορός	Νίσυρος
37	Της αυγῆς	Μαντινάδα	Κάρπαθος
38	Ὁ Διάβολος	Μαντινάδα	Κάρπαθος
39	Το ψάρι μες στη θάλασσα	Μαντινάδα	Κάρπαθος
40	Του ζερβού χοροῦ	Χορός	Κάσος

ΤΥΧΑΙΟΤΗΤΑ ΣΤΑ ΤΡΑΓΟΥΔΙΑ

Θά ενδιαφέρει πάρα πολύ να υπολογισθεί ο παράγοντας «τυχαιότητα» σε μια σουσικη σύνθεση για να διαπιστωθεί εάν και κατά πόσο αυτή είναι γραμμένη στην τύχη («randomly composed»).

Η τυχαία ή όχι τοποθέτηση των μουσικών συμβόλων μέσα στη σύνθεση μπορεί να ελεγχθεί με τα γραφήματα συσχέτισης (συντελεστής συσχέτισης $[r_k]$ μετατόπιση κατά k βήματα της μελωδίας όπου $k=0,1,2,\dots$), στα οποία συσχετίζεται ή κάθε νότα με τη γειτονική της, τη δεύτερη γειτονική της κ.ο.κ. Ο συντελεστής συσχέτισης δίνεται από τη σχέση:

$$r_k = \frac{\sum x_i x_{i+k} - \frac{\sum x_i}{n-k} \cdot \frac{\sum x_{i+k}}{n-k}}{\sqrt{\left[\frac{\sum x_i^2}{n-k} - \left(\frac{\sum x_i}{n-k} \right)^2 \right] \cdot \left[\frac{\sum x_{i+k}^2}{n-k} - \left(\frac{\sum x_{i+k}}{n-k} \right)^2 \right]}} \quad \text{όπου } k=0,1,2,3,\dots$$

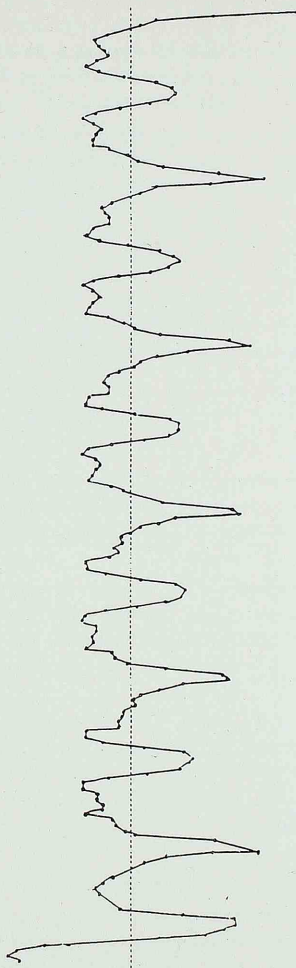
Η οποιαδήποτε κανονικότητα στα γραφήματα συσχέτισης υποδηλού μη τυχαιότητα. Τυχόν περιοδικότητα στα γραφήματα συσχέτισης προδίδει ύπαρξη μοτίβων στη μουσική σύνθεση. Άμορφο γράφημα συσχέτισης σημαίνει μουσική γραμμένη με τυχαίο τρόπο.

Στην εικόνα 1 παρατίθεται το γράφημα συσχέτισης του υπ' αριθμόν 10 τραγουδιού του δείγματός μας, στο οποίο εμφανέστατα υπάρχει περιοδικότητα. Η μορφή του γραφήματος στις περιόδους παρουσιάζει ελαφρές διαφοροποιήσεις, λόγω του στοιχείου του εμφανιζομένου αυτοσχεδιασμού στο εκάστοτε μοτίβο.

Ο Άριστόξενος ο Ταραντίνος στα Άρμονικά του τονίζει ότι η φωνή ακολουθεί κατά την κίνησή της ένα φυσικό νόμο και δεν παίζει στην τύχη με τα μουσικά διαστήματα. Αυτό σημαίνει ότι μελετώντας στα τραγούδια τα εμφανιζόμενα μουσικά διαστήματα μπορεί κανείς ν' αποφανθεί για την τυχαιότητα στη σύνθεση των τραγουδιών αυτών. Βρήκαμε ότι στα τραγούδια του δείγματός μας.

(α) δὲν εμφανίζονται διαστήματα μεγαλύτερα τῆς μεγάλης ἑκτης.

(β) τὸ διάστημα τῆς μεγάλης δευτέρας εμφανίζεται με τὴ μεγαλύτερη συχνότητα (36,42%) καὶ ἀκολουθοῦν ἡ ταυτοφωνία (23,05%) καὶ ἡ μικρὴ δευτέρα (23,01%).



Εικόνα 1: Τò γράφημα συσχέτισης τοῦ ὑπ' ἀριθμὸν 10 τραγουδιοῦ τοῦ δείγματός μας.

Ἡ πλήρης διαστηματική μελέτη ὅσον ἀφορᾷ στὴ συχνότητα ἐμφάνισης τῶν μουσικῶν διαστημάτων μεταξὺ διαδοχικῶν νοτῶν στὰ τραγοῦδια τοῦ δείγματός μας παρουσιάζεται στὸ ἱστόγραμμα τοῦ διαγράμματος 1.

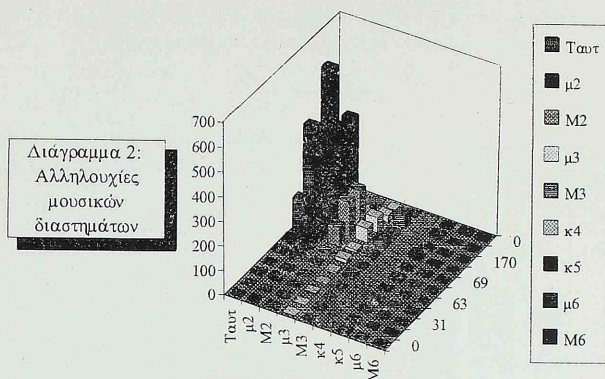
Διάγραμμα 1:



Δείκτη τῆς τυχαιότητας ἀποτελεῖ καὶ ὁ τρόπος ἀλληλοδιαδοχῆς τῶν μουσικῶν διαστημάτων σὲ μιὰ μελωδία. Ἄν αὐτὸς ὁ τρόπος εἶναι ὁμοίомορφος, δηλαδὴ ἐὰν μὲ τὴν ἴδια συχνότητα μικρὰ μουσικὰ διαστήματα διαδέχονται ἀδιακρίτως μικρὰ καὶ μεγάλα μουσικὰ διαστήματα, αὐτὸ δηλώνει τυχαῖο τρόπο σύνθεσης τῆς μελωδίας. Ὅπως φαίνεται στὸ τρισιδιάστατο ἱστόγραμμα τοῦ διαγράμματος 2, στὰ τραγοῦδια τοῦ δείγματός μας μόνο στὴν περιοχὴ τῶν μικρῶν μουσικῶν διαστημάτων παρουσιάζεται ἀλληλοδιαδοχὴ διαστημάτων μὲ ἔντονα μεγάλες συχνότητες ἐμφάνισης. Τὸ γεγονός αὐτὸ σημαίνει ἐπίσης ὅτι τὰ τραγοῦδια τοῦ δείγματός μας ἔχουν γραφεῖ μὲ μουσικὴ σκέψη.

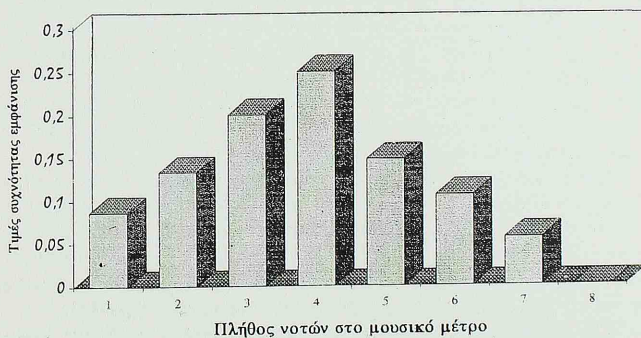
Βρέθηκε ἐπίσης ὅτι στὰ τραγοῦδια τοῦ δείγματος παρουσιάζεται πῆδημα ἀπὸ νότα χαμηλότερης συχνότητας πρὸς νότα ὑψηλότερης συχνότητας 1836 φορές (ποσοστὸ 40,04%), ἐνῶ πῆδημα ἀντίθετης φορᾶς συνέβη 1692 φορές (ποσοστὸ 36,90%). Κίνηση κατὰ ταυτοφωνία πραγματοποιήθηκε 1057 φορές (ποσοστὸ 23,06%). Τὸ μὴ ἰσοπίθανο τῶν τριῶν κινήσεων ὑποδηλοῖ ὑπαρξὴ λογικῆς στὴ διαδικασία τῆς μουσικῆς σύνθεσης αὐτῶν τῶν τραγουδιῶν.

Στὸ ἱστόγραμμα τοῦ διαγράμματος 3 παρουσιάζεται ἡ συχνότητα ἐμφάνισης τῶν μουσικῶν μέτρων στὸ δείγμα τῶν τραγουδιῶν μας σὲ σχέση μὲ τὸ πλῆθος τῶν περιεχομένων νοτῶν σ' αὐτά. Ἐπειδὴ ἀπὸ τὸ ἱστόγραμμα διαπι-



στώνεται μια κανονική κατανομή του πλήθους των νοτών στα μουσικά μέτρα, μπορούμε να ισχυρισθούμε ότι τα τραγούδια του δείγματος που μελετούμε δεν είναι προϊόντα τυχαιότητας.

Διάγραμμα 3: Συχνότητα εμφάνισης μουσικών μέτρων με k νότες



ΤΡΟΠΟΙ - AMBITUS

Τὰ περισσότερα τραγούδια στὰ Δωδεκάνησα ἔχουν σὰ βάση ἓνα τετράχορδο π.χ. D (τονική)— G. Στὶς τέσσερις νότες τοῦ τετραχόρδου προστίθεται μιὰ ὑποτονική ἢ C σὲ ἀπόσταση ἑνὸς μείζονα τόνου ἀπὸ τὴν τονική. Προστίθεται ἐπίσης καὶ πρὸς τὰ πάνω ἄλλη μία νότα, ἢ A, σὲ ἀπόσταση πέμπτης ἀπὸ τὴν τονική. Ἀπὸ τὶς νότες αὐτὲς οἱ C, D καὶ G εἶναι συχνοτικὰ σταθερὲς καὶ ἀποτελοῦν τὴν βάση τῶν τραγουδιῶν. Τὸ E καὶ τὸ F ἀπεναντίας εἶναι φερόμενοι φθόγγοι καὶ ἔλκονται ὁ μὲν πρῶτος πρὸς τὸ D ὁ δὲ δεύτερος πρὸς τὸ G. Μερικὲς φορὲς ἡ ἔλξη παρατηρεῖται μόνο στὸ E καί, ἔτσι, συναντοῦμε στὸ ἴδιο τραγούδι πότε τὸ E φυσικό, πότε μὲ ὕφεση (Eb), καὶ πότε μὲ ἓνα ἐνδιάμεσο τονικό ὕψος. Κάποιες φορὲς σ' ὅλο τὸ τραγούδι ὑπάρχει μόνο Eb.

Στὰ τραγούδια τῶν Δωδεκάνησων οἱ πιὸ συχνὰ ἀπαντῶμενοι τρόποι εἶναι:

α) τοῦ D, ποὺ περιλαμβάνει τὸν τρόπο τοῦ A

β) τοῦ D μὲ Eb, τὸν ὁποῖο ὁ Samuel Baud-Bovy διακρίνει μ' ἓναν ἀστερίσκο καὶ

γ) τοῦ D χρωματικοῦ.

Υπάρχουν καὶ ἄλλοι τρόποι μὲ διαφορετικὲς βάσεις, ποὺ στηρίζονται ὅχι στὸ τετράχορδο, ἀλλὰ στὸ πεντάχορδο μὲ σκελετὸ αὐτὸν τοῦ εὐρωπαϊκοῦ maggiore C-E-G, ποὺ καταλήγουν στὰ C, E, G καὶ τοὺς ὁποίους (ὁ Samuel Baud-Bovy ὀνόμασε τρόπους τοῦ C, τοῦ E καὶ τοῦ G.

Υπάρχουν σποραδικὰ δείγματα ἑνὸς τρόπου ποὺ καταλήγει σὲ B, ἀλλόμως ὅχι τόσο ἀρκετὰ γιὰ νὰ μπορέσει νὰ διακρίνει κανεὶς ἐὰν τὸ B εἶναι ἡ πραγματικὴ του βάση.

Κάποιες ἀλληλουχίες νοτῶν θυμίζουν εὐρωπαϊκὴ κλίμακα ἀπὸ C καὶ ἀπὸ A ἢ ἀκόμη εὐρωπαϊκὸ minore ἀπὸ D ἢ maggiore ἀπὸ C. Στὸν πίνακα II παρατίθεται ὁ ambitus, τὸ νησὶ προέλευσης καὶ ὁ τρόπος τοῦ καθενὸς τραγουδιοῦ.

Πίνακας II				
α/α	α/α τραγ. στο δείγμα	Ambitus	Νησί προέλευσης	Τρόπος κατά S. Baude-Bovy
1	11	D4,E4 $\flat$,F4,G4,A4	Ρόδος	D $\cdot$
2	20	G4,A4,B4,C5,D5	Κάλυμνος	D(A=D)
3	29	G4,A4,B4,C5,D5	Κως	D(A=D)
4	1	C4,D4,E4,F4,G4,A4	Ρόδος	C
5	2	E4,F4,G4,A4,B4 $\flat$,C5	Ρόδος	D(G=D)
6	8	C4,D4,E4,F4,G4,A4	Ρόδος	D
7	10	C4,D4,E4,F4,G4,A4	Ρόδος	D
8	13	C4,D4,E4 $\flat$,E4 $\sharp$ $\frac{1}{2}$,F4,G4,A4	Χάλκη	D $\cdot$
9	17	C4 $\sharp$,D4,E4 $\flat$,F4 $\sharp$,G4,A4	Καστελλόριζο	D χρωματικός
10	18	C4,D4,E4,F4,G4,A4	Καστελλόριζο	C
11	22	C4,D4,D4 $\sharp$ $\frac{1}{2}$,E4 $\flat$,E4,F4,G4	Κάλυμνος	D $\cdot$
12	30	G4,A4,B4,C5,D5,E5	Κως	E(B=E)
13	31	D4,E4 $\flat$,F4 $\sharp$,G4,A4,B4 $\flat$	Κως	χρωματικός
14	39	A4,B4,C5,D5,E5,F5	Κάρπαθος	G(D=G)
15	4	A4,B4,C5,D5,E5,F5,G5	Ρόδος	A
16	5	C4,D4,E4,F4,G4,A4,C5	Ρόδος	D
17	12	C4,D4,E4 $\flat$,E4,F4 $\sharp$,G4,A4	Ρόδος	D χρωματικός
18	14	C4,D4,E4,F4,G4,A4,B4 $\flat$	Τήλος	D
19	15	C4,D4,E4,F4,G4,A4 $\flat$,B4 $\flat$	Σύμη	D
20	16	C4,D4,E4 $\flat$,E4,F4,G4,A4	Σύμη	D $\cdot$

Πίνακας II (Συνέχεια)				
21	25	G4,A4,B4,C5,D5,E5	Κάλυμνος	D(A=D)
22	33	D4,E4,F4,G4,A4,B4,C5	Νίσυρος	D χρωματικός
23	34	C4,D4,E4,F4,G4,A4,B4	Νίσυρος	D
(24	37	G4,A4,B4,B4,C5,D5,E5	Κάρπαθος	D* (A=D)
25	40	G4,A4,B4,C5,C5,D5,E5	Κάσος	C
26	3	D4,E4,F4,G4,A4,B4,C5,D5	Ρόδος	D
27	6	C4,D4,E4,F4,G4,A4,B4,C5	Ρόδος	B(E=B)
28	7	C4,D4,D4,E4,F4,G4,A4,B4,B4	Ρόδος	E
29	19	B3,C4,D4,E4,F4,F4,G4,A4	Κάλυμνος	E
30	21	C4,D4,E4,F4,G4,A4,B4,C5	Κάλυμνος	D
31	23	B3,C4,D4,E4,E4,F4,G4,A4	Κάλυμνος	D*
32	24	C4,D4,D4,E4,F4,G4,A4,A4	Κάλυμνος	E χρωματικός
33	26	A4,B4,C5,D5,D5,E5,F5,G5	Κάλυμνος	
34	27	D4,E4,F4,G4,A4,B4,C5,D5	Κως	D χρωματικός (G=D)
35	32	C4,D4,E4,F4,F4,G4,A4,B4	Νίσυρος	D

Πίνακας II (Συνέχεια)				
36	35	G3,B3,C4,D4,E4,F4 $\sharp$,G4	Νίσυρος	C χρωματικός
37	38	F4 $\sharp$,G4,A4,B4 $\flat$,B4,C5,C5 $\sharp$,D5	Κάρπαθος	D χρωματικός (A=D)
38	9	E4,F4 $\sharp$,G4,A4 $\sharp$,B4,C5 $\sharp$,D5,E5,F5	Ρόδος	
39	28	D4,E4,F4 $\sharp$,G4,A4,B4,C5,D5,E5	Κως	C(G=C)
40	36	B3,C4,D4,E4,F4,G4,A4,B4 $\flat$,C5	Νίσυρος	D

Η ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΚΑΤΑ MANDELBROT

Ο Γάλλος μαθηματικός B. Mandelbrot σε μελέτες του σχετικά με τη στατιστική όποιασδήποτε γλώσσας πρότεινε μιὰ σχέση τῆς μορφῆς $p_n = \frac{A}{(n+B)^r}$ για τὸν προσδιορισμὸ τῆς πιθανότητας ἐμφάνισης (p_n) μιᾶς λέξης μέσα στὸ κείμενο μὲ ἀνεξάρτητη μεταβλητὴ τὴν τάξη ἐμφάνισης (n) αὐτῆς τῆς λέξης. Στὴ σχέση αὐτὴ τὰ A, B καὶ Γ παριστάνουν σταθερές. Ἡ σχέση τοῦ Mandelbrot ἰσχύει μέχρις ἐκεῖνο τὸ n γιατὸ ὁποῖο $\sum_{n=1}^{\infty} P_n = 1$.

Ἀρχικὰ ἔγινε ἡ ὑπόθεση ἀπὸ τὸν Mandelbrot ὅτι ἡ κάθε λέξη κωδικοποιεῖται μὲ κάποιον τρόπο στὸν ἐγκέφαλο ἀπαιτώντας, ἔτσι, ὀρισμένο κόστος κωδικοποίησης. Στὴ συνέχεια δέχθηκε πὼς ἡ κωδικοποίηση αὐτὴ ὑπακούει γενικὰ στὴν ἀρχὴ τοῦ ἐλάχιστου κόπου (of the least effort) δηλαδὴ πὼς ἡ πιθανότητα ἐμφάνισης τῆς λέξης καὶ τὸ κόστος κωδικοποίησης εἶναι κατὰλληλα προσαρμοσμένα, πράγμα πού σημαίνει μεγάλο κόστος γιὰ τὶς σπανιότερες λέξεις καὶ σύντομη οἰκονομικὴ κωδικοποίηση γιὰ τὶς συνηθέστερες λέξεις.

Χρησιμοποιώντας τὰ συμπεράσματα τῆς Θεωρίας Πληροφοριῶν σχετικά μὲ τὴν ἰδανικὴ προσαρμογὴ πηγῆς - καναλιοῦ ὁδηγήθηκε στὴν παραπάνω σχέ-

ση, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ γενίκευση τῆς σχέσης ποὺ πρότεινε ὁ Zipf γιὰ τὸ ἴδιο πρόβλημα. Ἡ σχέση τοῦ Zipf $p_n = \frac{A}{n}$ προκύπτει ἀπὸ τὴν σχέση τοῦ Mandelbrot θέτοντας $B=0$ καὶ $\Gamma=1$. Ἡ σχέση τοῦ Mandelbrot ἀποδεικνύεται ὅτι περιγράφει κατὰ καλὺτερο τρόπο τὰ πειραματικὰ δεδομένα ἀπ' ὅ,τι ἡ ἀντίστοιχη σχέση τοῦ Zipf.

Γιὰ τὶς φυσικὲς γλώσσες κατὰ τὸν Mandelbrot ὁ πλοῦτος τοῦ λεξιλογίου ἐκφράζεται κύρια μέσω τῆς τιμῆς τοῦ ἐκθέτη Γ . Ἐὰν τὸ Γ ἔχει τιμὴ πολὺ μεγαλύτερη τῆς μονάδας, τοῦτο σημαίνει ὅτι χρησιμοποιοῦνται οἱ ἴδιες καὶ οἱ ἴδιες λέξεις. Ἐὰν ἡ τιμὴ τοῦ Γ πλησιάζει τὴ μονάδα, αὐτὸ ἐρμηνεύεται ὅτι στὴν ἐν λόγῳ γλώσσα χρησιμοποιεῖται μεγαλύτερη ποικιλία λέξεων. Ὁ Mandelbrot γιὰ τὴν Ἀγγλικὴ γλώσσα παρατηρεῖ πὼς καθὼς ἓνα παιδί μεγαλώνει ὁ ἐκθέτης ποὺ ἀφορᾷ στὰ κείμενα, ποὺ αὐτὸ δομεῖ, μειώνεται ἀπὸ τὴν τιμὴ περίπου 1,6 στὴν τιμὴ γύρω στὸ 1,15 ἢ καὶ πλησιέστερα στὴ μονάδα ἐὰν πρόκειται γιὰ παιδί τοῦ ἐπιπέδου ἐνὸς Τζαίμς Τζους.

Πρέπει νὰ τονισθεῖ μὲ ἔμφαση ὅτι ἡ στατιστικὴ αὐτὴ ποὺ ἀφορᾷ στὶς λέξεις ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὴ δομὴ τῆς ἐκάστοτε γλώσσας. Δηλαδή δὲν εἶναι ἀπλὰ προῖον τῶν ἰδιαιτέρων ἱκανοτήτων τοῦ συγγραφέα, ἀλλὰ καθορίζεται καὶ ἀπὸ τοὺς ἀντικειμενικοὺς ἐκείνους παράγοντες ποὺ ἀποδίδονται μὲ τὸν ὅρο «κανόνες γραφῆς». Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ χρῆση τῆς σχέσης τοῦ Mandelbrot γιὰ τὴ συγκριτικὴ μελέτη τοῦ λεξιλογικοῦ πλούτου διαφορετικῶν δημιουργῶν κειμένου δίνει χρήσιμα συμπεράσματα, ὅταν ἐφαρμόζεται γιὰ δημιουργοὺς ποὺ χρησιμοποιοῦν τὴν ἴδια γλώσσα.

Θὰ μπορούσαμε νὰ θεωρήσουμε τὰ μουσικὰ μέτρα τῶν τραγουδιῶν τοῦ δείγματος μας ὡς λέξεις μιᾶς «μουσικῆς γλώσσας» καὶ νὰ ἐφαρμόσουμε τὴν προηγούμενη θεωρίαν τοῦ Mandelbrot μὲ πρῶτο στόχο νὰ προσδιορίσουμε τίς τιμὲς τῶν σταθερῶν A , B καὶ Γ . Ἐὰν ἡ ἔρευνα αὐτὴ μελλοντικὰ ἐπεκταθεῖ καὶ σὲ Ἑλληνικὰ δημοτικὰ τραγοῦδια ἄλλου εἴδους ἢ ἄλλων περιοχῶν, θὰ μπορούσαν νὰ προκύψουν συγκριτικὰ συμπεράσματα ποὺ θ' ἀφοροῦν στὴ ρυθμικὴ τους πολυμορφία.

Μὲ βάση τὴ Συνδυαστικὴ Ἀνάλυση ὑπολογίσθηκε ὅτι τὸ μουσικὸ μέτρο τοῦ ρυθμοῦ τῶν $2/4$, ὅταν σὰν μικρότερη χρονικὴ διάρκεια θεωρηθεῖ αὐτὴ τοῦ δεκάτου ἔκτου, συμπληρώνεται μὲ 116 διαφορετικοὺς τρόπους. Μὲ τὴ βοήθεια H/Γ διαπιστώθηκε ὅτι τὰ 1189 μουσικὰ μέτρα τῶν τραγουδιῶν τοῦ δείγματος μας ἐντάσσονται σὲ 53 ἀπὸ τίς 116 αὐτὲς μορφές. 28 ἀπὸ τίς 53 μετρικὲς μορφές ἀπαντῶνται στὰ 1100 μουσικὰ μέτρα (συχνότητα ἐμφάνισης 92,5% καὶ παρατίθενται στὸν Πίνακα III.

Πίνακας III		
α/α	Μορφή μουσικού μέτρου	Συχνότητα εμφάνισης
1		0,13457
2		0,10933
3		0,08663
4		0,07822
5		0,06392
6		0,05383

Πίνακας III (συνέχεια)		
α/α	Μορφή μουσικού μέτρου	Συχνότητα εμφάνισης
7		0,04121
8		0,03280
9		0,03028
10		0,02860
11		0,02355
12		0,02018
13		0,01934
14		0,01934
15		0,01934

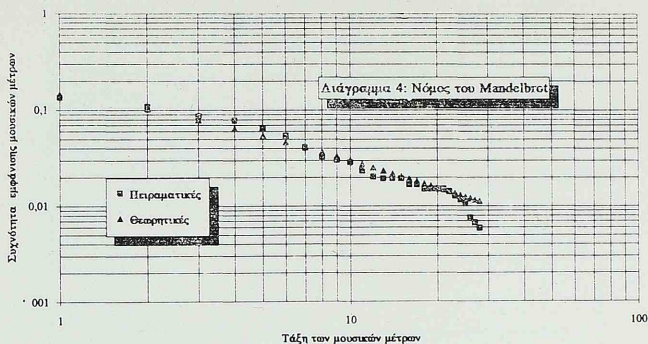
α/α	Πίνακας III (συνέχεια) Μορφή μουσικού μέτρου	Συχνότητα εμφάνισης
16		0,01682
17		0,01682
18		0,01514
19		0,01514
20		0,01514
21		0,01514
22		0,01430
23		0,01262
24		0,01177

α/α	Πίνακας III (συνέχεια) Μορφή μουσικοῦ μέτρου	Συχνότητα εμφάνισης
25		0,01093
26		0,00757
27		0,00673
28		0,00589

Δεχόμαστε τὰ μουσικὰ μέτρα ὡς λέξεις μιᾶς «μουσικῆς γλώσσας» στὴν ὁποία ἐμφανίζονται μὲ τὶς συχνότητες τοῦ Πίνακα III καὶ τὰ δεδομένα αὐτὰ μὲ τὴ χρήση κατάλληλου λογισμικοῦ σὲ H/Y τὰ προσαρμόζουμε στὸ μοντέλλο τοῦ Mandelbrot (Διάγραμμα 4). Ἔτσι προκύπτουν οἱ τιμὲς τῶν παραμέτρων $A=0,38$ $B=1,50$ $\Gamma=1,04$ καὶ $n=34$. Συνεπῶς τὸ μοντέλο Mandelbrot ποὺ βρήκαμε γιὰ τὶς «λέξεις» τῆς μουσικῆς γλώσσας ποὺ μελετοῦμε εἶναι

$$P_n = \frac{0,38}{(n + 1,50)^{1,04}}$$

Πρέπει νὰ σημειώσουμε ὅτι, ὅπως προκύπτει ἀπὸ τὸ Διάγραμμα 4, ἡ προσαρμογὴ τῶν πειραματικῶν τιμῶν στὸ θεωρητικὸ μοντέλλο τοῦ Mandelbrot εἶναι ἐξαιρετικὰ καλή.



Σχολιάζοντας την τιμή $n=34$ μπορούμε να πούμε ότι η «μουσική γλώσσα» των τραγουδιών του δείγματός μας πρέπει να έχει σε συχνή χρήση όλες και όλες 34 «λέξεις» δηλαδή το 64,15% του συνολικού πλήθους των μορφών των μουσικών μέτρων που έντοπίσαμε σ' αυτό ή το 29,31% του θεωρητικώς υπάρχοντος πλήθους των μορφών των μουσικών μέτρων.

Στην πράξη ο αυτόδιδακτος κατά το πλείστον λαϊκός οργανοπαίκτης εφαρμόζει την αρχή του ελάχιστου κόπου (of the least effort) αποφεύγοντας δύσκολες δομές μουσικών μέτρων. Αποφεύγει ιδιαίτερα αυτές που οφείλονται στην εναλλαγή διαδοχής νοτών με διάρκειες ἄρτια και περιττά πολλαπλάσια του δεκάτου ἔκτου. Έτσι εξηγείται ο περιορισμένος ἀριθμὸς μορφῶν τοῦ μουσικοῦ μέτρου (53 στὶς 116 συνολικὲς) ποὺ συναντᾶμε στὰ τραγούδια τοῦ δείγματός μας. Ἐξάιρεση τοῦ προαναφερθέντα περιορισμοῦ ἀποτελοῦν οἱ παρακάτω ἑξι μορφὲς μέτρων, ποὺ εἶναι βέβαια σχετικὰ εὐκόλες στὴν ἐκτέλεσή τους:



ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΣΤΑ ΤΡΑΓΟΥΔΙΑ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΜΑΣ

Ἐστω μιὰ πηγὴ πληροφορίας (στὴν περίπτωσή μας ὁ Δωδεκανήσιος λαϊκὸς μουσικὸς δημιουργὸς) ποὺ ἐκπέμπει ἀλληλουχίες νοτῶν καὶ διαρκειῶν μέσα ἀπὸ δύο σταθερὰ καὶ πεπερασμένα σύνολα: τῶν νοτῶν καὶ τῶν διαρκειῶν τῶν νοτῶν, ἀντίστοιχα.

Ἐστω ἀκόμη πὼς ἡ ἐκπομπὴ τῶν συμβόλων γίνεται μὲ τέτοιο τρόπο, ὥστε τὸ ποῖο σύμβολο θὰ ἐκπεμφθεῖ νὰ μὴν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ποῖο σύμβολο ἐκπέμφθηκε προηγουμένως. Μιὰ τέτοια πηγὴ ὀνομάζεται $\pi \eta \gamma \eta \mu \eta \delta \epsilon \nu \iota \kappa \eta \varsigma \mu \nu \eta \mu \eta \varsigma$ καὶ ὁ ὅρος αὐτὸς ὑπονοεῖ ἀκριβῶς τὴν ἀνεξαρτησία τῶν συμβόλων μεταξύ τους. Ἐνας παρατηρητής, ποὺ παρακολουθεῖ τὴν ἐκπομπὴ τῶν συμβόλων, βρίσκειται κάθε φορὰ σὲ κατάσταση ἀβεβαιότητας ὅσον ἀφορᾷ στὸ ποῖο σύμβολο πρόκειται νὰ ἐκπεμφθεῖ.

Ἐὰν τὰ σύμβολα ἐκπέμπονται μὲ πιθανότητες $P(a_1), P(a_2), \dots, P(a_n)$, τότε ἡ πληροφορία ποὺ δέχεται ὁ παρατηρητής, ὅταν ἐκπέμπεται ἓνα σύμβολο, ἔστω τὸ a_k , ἰσοῦται μὲ $I(a_k) = \log_2 \left(\frac{1}{P(a_k)} \right)$.

Ἡ μέση τιμὴ τῆς πληροφορίας ποὺ ἐκπέμπεται ἀνὰ σύμβολο εἶναι ἴση μὲ

$$H = \sum_{i=1}^n P(a_i) I(a_i) = \sum_{i=1}^n P(a_i) \log_2 \left(\frac{1}{P(a_i)} \right) = - \sum_{i=1}^n P(a_i) \log_2 (P(a_i))$$

bits/σύμβολο

Ἡ ποσότητα αὕτὴ ὀνομάζεται ἐν τ ρ ο π ί α τ ῆ ς π η γ ῆ ς μ η δ ε ν ι κ ῆ ς μ ν ῆ μ η ς καὶ στὴν περίπτωσή τῶν τραγουδιῶν τοῦ δείγματος μας ὅσον ἀφορᾷ στὶς νότες ἔχει τὴν τιμὴ 3,70044 bits/νότα καὶ γιὰ τίς διάρκειες τῶν νοτῶν ἰσοῦται μὲ 3,32193 bits/διάρκεια νότας.

Σὲ πολλὲς περιπτώσεις ἐνδιαφέρει νὰ μπορεῖ νὰ περιγραφεῖ ποσοτικὰ μιὰ πηγὴ γιὰ τὴν ὁποία τὸ ἐκπεμπόμενο σύμβολο ἐξαρτᾶται ἀπὸ ἓνα πεπερασμένο ἀριθμὸ k συμβόλων, ποὺ ἔχουν μόλις πρὶν ἐκπεμφθεῖ. Μιὰ τέτοια πηγὴ ὀνομάζεται $\pi \eta \gamma \eta \text{ Markow } k \tau \acute{\alpha} \xi \eta \varsigma$ καὶ προσδιορίζεται

α) ἀπὸ τὸ σύνολο τῶν συμβόλων ἀπὸ τὸ ὁποῖο ἐκπέμπει καὶ

β) ἀπὸ τὸ σύνολο τῶν ὑπὸ συνθήκη πιθανοτήτων (conditional probabilities): $P(a_j / a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik})$ με $i_m, j=1, 2, \dots, k$ δηλαδὴ ἡ ποσότητα αὕτὴ ἐκφράζει τὴν πιθανότητα νὰ ἐκπέμψει ἡ πηγὴ τὸ σύμβολο a_j , ἀφοῦ μόλις προηγουμένως ἐξέπεμψε τὴν ἀλληλουχία τῶν k συμβόλων $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik}$.

Ἡ πιθανότητα ἐκπομπῆς ἐνὸς συμβόλου θεωρεῖται πὼς καθορίζεται μονοσήμαντα ἀπὸ τὴν ἀκολουθία τῶν k συμβόλων ποὺ προηγήθηκαν. Αὕτὴ ἡ ἀκολουθία δηλώνει κάθε φορὰ τὴν κατάσταση K_i στὴν ὁποία εὐρίσκεται ἡ πη-

γή, ενώ ή έκπομπή τοῦ νέου συμβόλου μεταφέρει τήν πηγή σέ μιὰ νέα K_{i+1} κατάσταση, πού καθορίζεται ἀπό τήν ἀλληλουχία τῶν $k-1$ προηγούμενων συμβόλων καί τοῦ νέου.

Σέ μιὰ k -τάξης πηγή Markow χαρακτηριστικές εἶναι οἱ ἐξῆς ποσότητες:

α) Σύνθετη ἔντροπία: Κατά τήν έκπομπή συμβόλων ἀπό τήν πηγή συμβαίνει μεταβολή τῆς κατάστασης στήν ὁποία βρίσκεται ή πηγή. Ἡ ἔντροπία λόγω τῆς ἐναλλαγῆς καταστάσεων εἶναι:

$$H = - \sum_{i=1}^{\sigma} P(K_i) \log_2(P(K_i)) = - \sum_{i=1}^{\sigma} P(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik}) \log_2(P(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik}))$$

ὅπου $P(K_i)$ ή πιθανότητα ἐμφάνισης τῆς κατάστασης K_i . Ἡ ποσότητα αὕτη ὀνομάζεται σύνθετη ἔντροπία τῆς πηγῆς καί μετρεῖται σέ bits/k σύμβολα.

β) Ὑπό συνθήκη ἔντροπία:

$$H = - \sum_{j=k+1} P(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik}, a_j) \log_2(a_j / a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik}) \text{ bits / σύμβολο}$$

Ἡ ἄθροιση ἀναφέρεται σέ ὅλες τίς καταστάσεις $k+1$ τάξης τῆς πηγῆς δηλαδή τίς καταστάσεις πού προσδιορίζονται ἀπό $k+1$ σύμβολα. Ἡ ποσότητα αὕτη πού ὀνομάζεται ὑπό συνθήκη ἔντροπία τῆς πηγῆς εἶναι μέτρο τῆς μέσης ποσότητας πληροφορίας πού λαμβάνεται ὅταν ή k τάξης πηγή ἐκπέμπει ἕνα σύμβολο ή, μέ ἄλλα λόγια, δίνει τή μέση τιμή τῆς ἀβεβαιότητας πού ἀντιμετωπίζει ὁ παρατηρητής, ὅταν γνωρίζει τήν κατάσταση τῆς πηγῆς καί ζητεῖ νά προσδιορίσει τὸ σύμβολο πού ἀκολουθεῖ. Πρέπει νά σημειωθεῖ ὅτι ὅσο περισσότερα γνωρίζει ὁ παρατηρητής γιά τήν προϊστορία τῆς πηγῆς, τόσο ή ἀβεβαιότητά του δηλαδή ή ὑπό συνθήκη ἔντροπία τῆς πηγῆς μειώνεται.

ΠΛΕΟΝΑΣΜΟΣ ΣΤΑ ΤΡΑΓΟΥΔΙΑ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΜΑΣ

Στὸ μοντέλο τῆς πηγῆς πληροφορίας πού παρουσιάσαμε ή μέγιστη δυνατή ἔντροπία ἐπιτυγχάνεται ὅταν τὰ σύμβολα ὅλα ἐκπέμπονται μέ ἴσες πιθανότητες δηλαδή χωρίς καμμιά ἀλληλοεξάρτηση ἀνάμεσά τους.

$$H_{\max} = \log_2(\text{πλήθος ὧν τῶν συμβόλων})$$

Ἐάν ή πηγή ἐπιβάλλει δεσμούς ἀνάμεσα στὰ ἐκπεμπόμενα σύμβολα,

αὐτὸ ὁδηγεῖ στὴ μείωση τῆς ἐντροπίας τῆς καὶ στὴν ὑπαρξὴ πλεονασμοῦ. Ἄν Η εἶναι ἡ ἐντροπία τῆς πηγῆς, ὀρίζεται σὰν πλεονασμὸς ἡ ποσότητα:

$$R = \frac{H_{\max} - H}{H_{\max}} \cdot 100 \%$$

Ὁ πλεονασμὸς ἀποτελεῖ μέτρο τῶν δεσμῶν ποὺ ὑφίστανται ἀνάμεσα στὰ σύμβολα καὶ ἀναφέρεται στὸ ποσὸ τοῦ πλεονάζοντος ὕλικου ποὺ χρησιμοποιεῖται γιὰ τὴ μεταφορὰ πληροφορίας, ἐνῶ αὐτὴ θὰ μπορούσε νὰ μεταφερθεῖ μὲ οἰκονομικώτερο τρόπο. Ὁ πλεονασμὸς εἶναι ἐκεῖνος ποὺ μᾶς κάνει στὴ μουσικὴ, ὅταν πρωτοακοῦμε μιὰ μελωδίᾳ, νὰ μπορούμε νὰ τὴ σιγοσφυρίζουμε. Ὅσο μεγαλύτερος εἶναι ὁ πλεονασμὸς, τόσο πιὸ ἐπιτυχῶς μαντεύουμε τὴν ἐξέλιξη τῆς μελωδίας.

Η ΔΟΜΗ ΜΙΑΣ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ

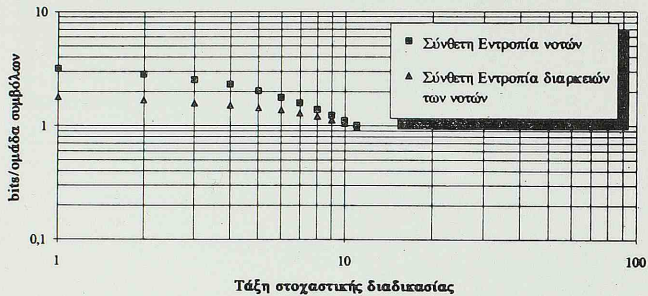
Ἡ ἀνθρώπινη ἐπικοινωνία διὰ μέσου μιᾶς μουσικῆς γλώσσας εἶναι ἓνα φαινόμενο πολυεπίπεδο (νότες, μοτίβα, φράσεις, συνθέσεις) καὶ ἱεραρχημένο. Μιμούμενοι τὸν Α. Koestler ὀνομάζουμε τὰ δομικὰ στοιχεῖα στὴ μουσικὴ μουσικὰ ὀλόνια. Ὁ ὅρος ὀλόνιο χαρακτηρίζει μιὰ δλοκληρωμένη, σχετικὰ αὐτόνομη δομὴ, ποὺ ἀφενὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ μονάδες κατώτερων ἐπιπέδων, ἀφετέρου δὲ δομεῖται μαζὶ μὲ ἰσότημες μονάδες μὲ ἀποτέλεσμα τὴ δημιουργία δομῶν ἀνώτερου ἐπιπέδου.

Τὰ μουσικὰ ὀλόνια ἀναφέρονται τόσο στὴ μελωδίᾳ (ὀλόνια μουσικοῦ ὕψους), ὅσο καὶ στὴ διάσταση τοῦ χρόνου (ὀλόνια χρονικῆς διάρκειας). Τὰ πρῶτα εἶναι γνωστὰ μὲ ποικίλα ὀνόματα ποὺ ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὰ ἐπίπεδο στὸ ὁποῖο ἀνήκουν π.χ. νότες, μοτίβα, φράσεις, τραγούδια, συνθέσεις. Τὰ δεύτερα εἶναι γνωστὰ ὡς διάρκειες τῶν νοτῶν, μουσικὰ μέτρα κ.λπ.

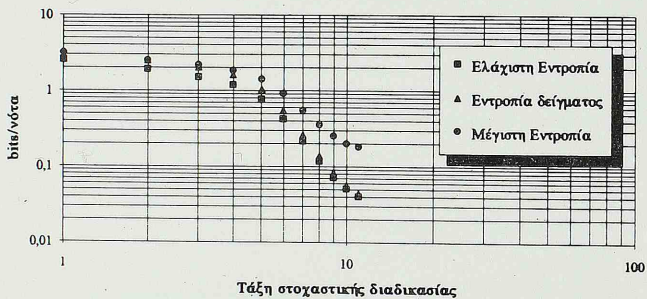
Δεχόμαστε τὴν ὑπαρξὴ ἑνὸς μορφογενετικοῦ πεδίου σὲ κάθε ἐπίπεδο τῆς ἱεραρχίας. Θεωροῦμε ἀρχικὰ ὅτι τὰ δύο ἰσχυρότερα ἐπίπεδα δομῆς, στὴ βάση τῆς ἱεραρχίας εἶναι αὐτὸ τῶν ὀλονίων-νοτῶν καὶ ἐκεῖνο τῶν ὀλονίων-διαρκειῶν. Ἐτσι, ἀναφερόμαστε στὰ ὀλόνια τοῦ πρώτου ἐπιπέδου (νότες καὶ διάρκειες τῶν νοτῶν) σὰν ὑποκείμενα στὴ δράση ἑνὸς μορφοποιητικοῦ πεδίου Α. Τὸ πεδίο Α περιλαμβάνει ὅλους ἐκεῖνους τοὺς ἱστορικούς, γεωμορφολογικούς, κοινωνικοοικονομικούς, φυσιολογικούς, βιολογικούς κ.λπ. παράγοντες ποὺ καταλῆγουν τελικὰ στὸ νὰ ἐπιτρέπουν στὴ Δωδεκανησιακὴ δημοτικὴ μουσικὴ τὴν ὑπαρξὴ κάποιων συγκεκριμένων ἀλληλουχιῶν νοτῶν μὲ κάποιες ἐπίσης συγκεκριμένες διάρκειες, ἐνῶ ταυτόχρονα ἀποτρέπουν τὴν ὑπαρξὴ ἄλλων.



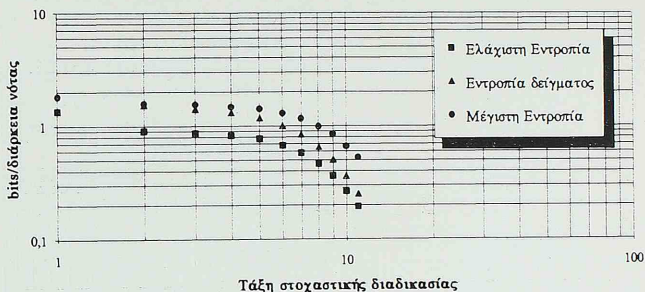
Διάγραμμα 5: Σύνθετη Εντροπία για νότες και διάρκειες νοτών



Διάγραμμα 6: Όρια εντροπίας για τις νότες



Διάγραμμα 7: Όρια Εντροπίας για τις διάρκειες των νοτών



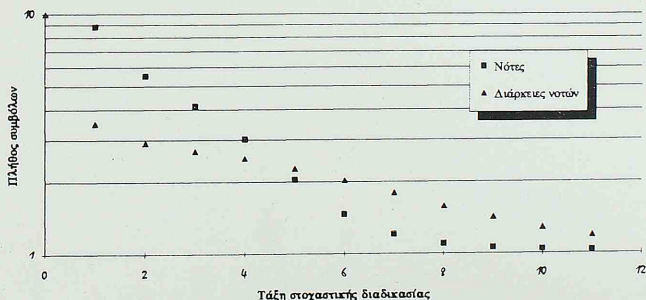
Πρέπει να σημειωθεί ότι στα δύο τελευταία διαγράμματα παρουσιάζονται συγχρόνως οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές της υπό συνθήκη έντροπίας, που μπορεί να λάβει η πηγή του μελετούμενου συστήματος.

"Όπως έχει ήδη αναφερθεί, όσο περισσότερα γνωρίζει ο παρατηρητής για την προέλευση της πηγής, τόσο η υπό συνθήκη έντροπία της πηγής μειώνεται δηλαδή η αβεβαιότητά του για το τί πρόκειται να εκπέμψει η πηγή λιγότευει. Αυτό είναι λογικό άλλωστε, διότι, επιβάλλοντας τάξη στη δομή με τη μακρά δράση του μορφογενετικού πεδίου A, επιβάλλονται όλο και περισσότεροι δεσμοί (περιορισμοί) που αντανακλούν κύρια στο πλήθος των υποψηφίων να εκπεμφθούν συμβόλων. Τοῦτο εκφράζεται από τη σχέση

$$H = \log_2 (\text{πλήθος υποψηφίων να επιλεγούν για έκπομπή συμβόλων}) \Rightarrow \\ \Rightarrow (\text{πλήθος υποψηφίων να επιλεγούν για έκπομπή συμβόλων}) = 2^H$$

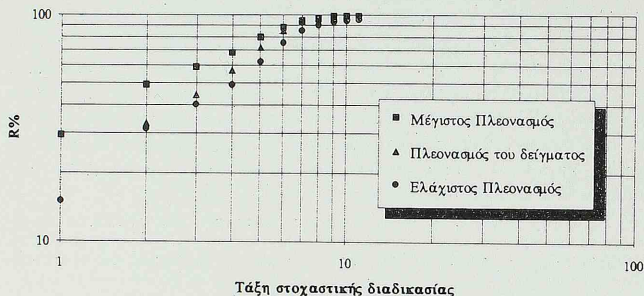
και παρουσιάζεται στο διάγραμμα 8.

Διάγραμμα 8: Μείωση του πλήθους των συμβόλων λόγω του μορφογενετικού πεδίου

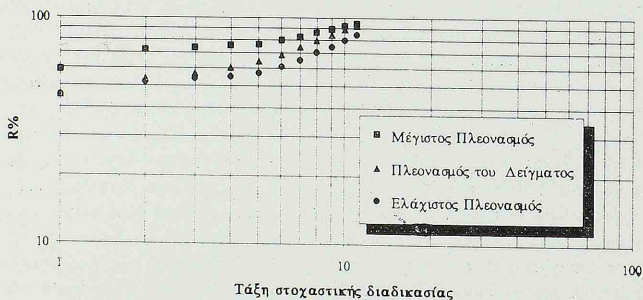


Στα διαγράμματα 9 και 10 παρουσιάζεται ο τρόπος μεταβολής του πλεονασμού όσον αφορά στις νότες και στις διάρκειες των νοτών και οι άκρες του τιμές (Rmax, Rmin) σε σχέση με την τάξη της στοχαστικής διαδικασίας.

Διάγραμμα 9: Όρια Πλεονασμού για τις νότες



Διάγραμμα 10: Όρια Πλεονασμού για τις διάρκειες των νοτών



ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΙΟΕΙΔΟΥΣ ΜΕΛΩΔΙΑΣ ΡΥΘΜΟΥ 2/4

Τò πληροφοριακό περιεχόμενο (έντροπία) μιᾶς πηγῆς πληροφορίας εκφράζει ποσοτικά τὴ σχετικὴ ἐλευθερία ποὺ διαθέτουν τὰ στοιχεῖα μιᾶς δομῆς. Ἡ μέτρησή του βασίζεται σ' ἓνα σύνολο πιθανοτήτων ἐμφάνισης τῶν στοιχείων τῆς ἐν λόγω δομῆς, τὸ ὁποῖο σύνολο θεωρεῖται χαρακτηριστικὸ αὐτῆς.

Ἡ πηγὴ Markow μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθεῖ ἀντίστροφα, γιὰ τὴ δημιουργία μιᾶς πηγῆς πληροφορίας δηλαδὴ τοῦ μαθηματικοῦ μοντέλου ἐνὸς ὑποθετικοῦ Δωδεκανήσιου λαϊκοῦ συνθέτη. Γιὰ νὰ ἐπιτευχθεῖ αὐτὸ ἐφοδιάζουμε ἓναν H/Y μὲ ὅλα τὰ στατιστικὰ δεδομένα ποὺ ἀφοροῦν στὶς ἐντροπίες καὶ στοὺς πλεονασμούς τοῦ μελετηθέντος δείγματος τραγουδιῶν. Μὲ κατ'ἀλληλολογισμικὸ (software) ζητοῦμε ἀπὸ τὸν H/Y νὰ δράσει σὰν πηγὴ πληροφορίας, νὰ εκπέμψει ἀλληλουχίες συμβόλων νοτῶν καὶ διαρκειῶν τῶν νοτῶν, ὥστε ἡ ἐντροπία τῶν μελωδιῶν ποὺ θὰ δημιουργοῦνται νὰ βρίσκεται σὲ ἓνα προκαθορισμένο ἐπίπεδο. Τὸ ἐπίπεδο αὐτὸ καθορίζεται ἀπὸ τὸ ποιὰς τάξης πηγὴ Markow θὰ υἱοθετήσῃ ὁ H/Y κατὰ τὴ λειτουργία του.

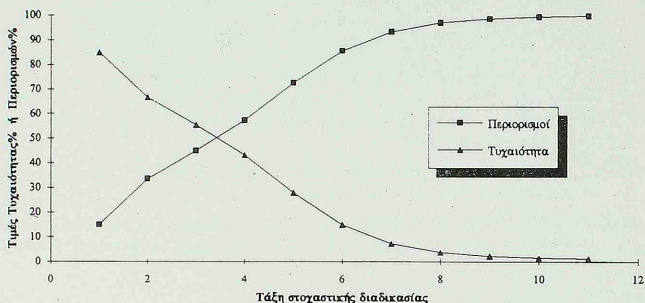
Τὰ στοιχεῖα ποὺ καθορίζουν τὸν τρόπο ἐκπομπῆς τῶν συμβόλων εἶναι ἡ τυχαιότητα $\frac{H}{H_{\max}}$ ποὺ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὶς τιμὲς τῆς ἐντροπίας καὶ οἱ περιορισμοὶ $\frac{H_{\max} - H}{H_{\max}}$ ποὺ ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ μορφογενετικὸ πεδίο A .

Ὅπως ἔχει ἤδη ἀναφερθεῖ, ἡ διαδικασία ὑποβιβασμοῦ τῆς ἐντροπίας ἰσοδυναμεῖ μὲ σταδιακὴ αὔξηση τῆς ἰσχύος τοῦ μορφογενετικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖο ἐπηρεάζει τὴν πηγὴ μας. Τὸ πεδίο μειώνει τὴν ἐλευθερία στὴν ἐπιλογὴ τῶν συμβόλων καὶ ὁδηγεῖ στὸ σχηματισμὸ ἀναγνωρίσιμων ἀλληλουχιῶν μουσικῶν συμβόλων. Στὶς ἀλληλουχίες ποὺ κυριαρχεῖ τὸ στοιχεῖο τῆς τυχαιότητας ἐμφανίζεται ὁ ἀλεατορικός τους χαρακτήρας (νότες καὶ διάρκειες νοτῶν «σκόρπιες» μὲ τὴν ἔννοια τοῦ ἰσοπίθανου). Μὲ τὴν αὔξηση τῆς τάξης τῆς στοχαστικῆς διαδικασίας (τάξη 2 γιὰ τὶς νότες, τάξη 1 γιὰ τὶς διάρκειες τῶν νοτῶν) στὴν περίπτωσιν τῶν τραγουδιῶν τοῦ δείγματός μας τὰ στοιχεῖα «τυχαιότητα» καὶ «περιορισμοὶ» ἰσορροποῦν. Τώρα ἀρχίζουν καὶ δημιουργοῦνται οἱ πρῶτες ἀλληλουχίες μουσικῶν συμβόλων μὲ ἀναγνωρίσιμὴ ἀπλὴ μουσικὴ δομὴ καὶ μουσικὸ χαρακτήρα ὁμοειδῆ πρὸς αὐτὸν τῶν ἀναλυθεισῶν μελωδιῶν. Σὲ ὑψηλότερης τάξης προσεγγίσεις οἱ περιορισμοὶ ὑπερῃσχύουν τοῦ στοιχείου τῆς τυχαιότητας μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἐμφανίζονται ὁλοκληρωμένες μουσικὲς δομὲς μὲ πρωτότυπο χαρακτήρα. Στὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποία οἱ περιορισμοὶ ὑπερῃσχύουν κατὰ πολὺ τοῦ στοιχείου τῆς τυχαιότητας, γεγονὸς ποὺ συμβαίνει στὶς θῆς ἕως καὶ 11ης τάξης στοχαστικὲς διαδικασίες, συντίθενται μελωδίες μέρη τῶν ὁποίων

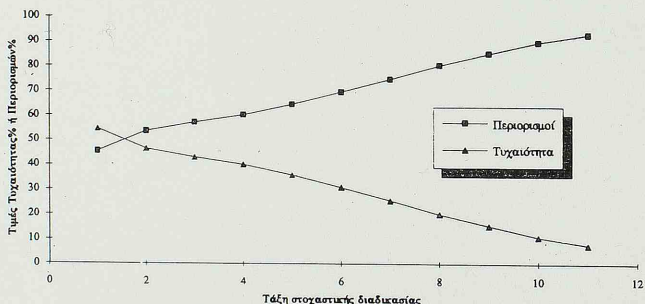
μικρῆς ἢ μεγάλῃς ἔκτασῃς εἶναι ὑπαρκτὰ μέσα στὰ τραγούδια τοῦ μελετούμενου δείγματος.

Τὰ διαγράμματα 11 καὶ 12 δείχνουν τὸν τρόπο ποὺ τὰ στοιχεῖα «τυχαιότητα» καὶ «περιορισμοὶ» μεταβάλλονται σὲ σχέση μετὰ τὴν τάξη τῆς στοχαστικῆς διαδικασίας τόσο γιὰ τὶς νότες, ὅσο καὶ γιὰ τὶς διάρκειες τῶν νοτῶν.

Διάγραμμα 11: Τυχαιότητα καὶ Περιορισμοὶ γιὰ τὶς νότες



Διάγραμμα 12: Τυχαιότητα καὶ Περιορισμοὶ γιὰ τὶς διάρκειες τῶν νοτῶν



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Samuel Baud - Bovy, Τραγούδια τῶν Δωδεκανήσων, Ἐκδόσεις Μουσικοῦ Λαογραφικοῦ Ἀρχείου, 2 τόμοι (Α-Β), Ἀθήνα, 1935.
- Ἀργυροῦ Μ., Μαθηματικὴ - Μουσικολογικὴ μελέτη τῆς δομῆς τῶν Δωδεκανησιακῶν τραγουδιῶν ρυθμοῦ 2/4 ἀπὸ τῆ συλλογῆ τοῦ Samuel Baud-Bovy, Διπλωματικὴ Διατριβὴ στὸ Τμῆμα Φυσικῆς τοῦ Α.Π.Θ. ὑπὸ τὴν ἐπίβλεψη τοῦ Χ.Χ. Σπυρίδη, Θεσσαλονίκη 1985.
- Δημητριάδης Σ., Μαθηματικὴ καὶ Πληροφορικὴ μελέτη τῆς γραπτῆς Ἑλληνικῆς γλώσσας (ἐφαρμογὴ στὸ ποιητικὸ ἔργο τοῦ Γ. Σεφέρη), Διπλωματικὴ Διατριβὴ στὸ Μεταπτυχιακὸ Τμῆμα «Ἡλεκτρονικῆς Φυσικῆς καὶ Ραδιοηλεκτρολογίας» στὸ Τμῆμα Φυσικῆς τοῦ Α.Π.Θ. ὑπὸ τὴν ἐπίβλεψη τοῦ Χ.Χ. Σπυρίδη, Θεσσαλονίκη 1986.
- Σπυρίδης Χ. Χ., Μαθηματικὴ μελέτη τῆς δομῆς τῶν Ἑλληνικῶν δημοτικῶν Καλαματιανῶν τραγουδιῶν καὶ ἀντικειμενικὴ καταγραφὴ μονοφωνικῆς μουσικῆς σὲ μουσικὴ σημειογραφία, Διδακτορικὴ Διατριβὴ ποὺ ὑποβλήθηκε στὸ Τμῆμα Φυσικῆς τοῦ Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1983.
- Σπυρίδης Χ. Χ., Μὴ εἰσαγωγὴ στὴ Φυσικὴ τῆς Μουσικῆς, Ἐκδόσεις Ὑπηρεσίας Δημοσιευμάτων τοῦ Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1986.
- Spyridis H. C. and Politis D. V., Information Theory applied to the structural study of Byzantine Ecclesiastical Hymns, ACUSTICA, vol. 71, pp. 41-49, (1990).