

**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:**  
**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΗΧΟΥ ΚΑΙ ΜΟΥΣΙΚΗΣ**

**ByzEiχeis:** Ανάπτυξη ηλεκτρονικού εκπαιδευτικού εργαλείου, για υπολογισμό και ηχητική αναπαραγωγή των φθόγγων των κλιμάκων της Βυζαντινής μουσικής και της συμπεριφοράς τους κατά την εμφάνιση μελωδικών έλξεων, σε περιβάλλον Max/MSP

**ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΣΥΣΚΑΚΗΣ**

ΑΜ: ΜΤΑ5

Επιβλέπων Καθηγητής: Νικόλαος Βαλσαμάκης  
ΡΕΘΥΜΝΟ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2022



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη .....	3
Πρόλογος .....	4
1. Θεωρητικά στοιχεία της Βυζαντινής Μουσικής .....	7
1.1. Εισαγωγικά.....	7
1.2. Διαμόρφωση του θεωρητικού συστήματος της Βυζαντινής Μουσικής .....	7
1.3. Είδη μελοποιίας – Γένος – Ήχος.....	12
1.3.1. Είδη Μελοποιίας .....	12
1.3.2. Γένος.....	14
1.3.3 Ήχος .....	15
1.4. Οι Διατονικοί Ήχοι .....	16
1.4.1. Πρώτος Ήχος .....	16
1.4.2. Πλάγιος του Πρώτου Ήχος.....	17
1.4.3. Τέταρτος ήχος .....	18
1.4.4. Πλάγιος του Τετάρτου ήχος .....	20
2. Υπάρχουσες εφαρμογές με αντικείμενο την Βυζαντινή Μουσική .....	22
2.1. Εφαρμογές βυζαντινής μουσικής για συσκευές με λειτουργικό Android .....	22
2.1.1. Byzantine Ison.....	22
2.1.2. Digital ισοκράτης .....	23
2.1.3. Ψαλτικόν Τονάριον – ισοκράτης.....	24
2.1.4. Βυζαντινό πιάνο .....	24
2.2. Προγράμματα για υπολογιστή .....	25
2.2.1. Byzorgan - Εικονικό Βυζαντινό Όργανο .....	25
2.2.2. Βυζαντινό Όργανο Παναγιώτη Κατσίβελη .....	26
2.2.3. Ισοκράτης Πιάνο Παναγιώτη Παπαδημητρίου .....	27
3. ByzElxeis - Εφαρμογή για υπολογισμό και ηχητική αναπαραγωγή των φθόγγων των κλιμάκων της Βυζαντινής μουσικής και της συμπεριφοράς τους κατά την εμφάνιση μελωδικών έλξεων, σε περιβάλλον Max/MSP.....	28
3.1. Εισαγωγικά για την Max/MSP.....	28
3.2. ByzElxeis - Χρήση της εφαρμογής.....	30

3.3. Περιγραφή εσωτερικής λειτουργίας της εφαρμογής.....	33
3.3.1. Υπολογισμός συχνοτήτων ηχομορίων .....	33
3.3.2. Εκτέλεση κλιμάκων των Διατονικών Ήχων .....	34
3.3.2.1. Επιλογή κλίμακας Ήχου.....	34
3.3.2.2. Διαμόρφωση ανιούσας – κατιούσας κλίμακας .....	36
3.3.3. Παρουσίαση Μελωδικών Έλξεων μέσω σύντομων μελωδικών φράσεων .....	37
3.3.3.1. Επιλογή περιπτώσεων μελωδικών έλξεων ανά Ήχο .....	37
3.3.3.2. Αναπαραγωγή παραδειγμάτων μελωδικών έλξεων .....	39
3.3.4. Μηχανισμός αναπαραγωγής ήχων .....	40
3.3.5. Προβολή υποστηρικτικών εικόνων.....	43
3.3.5.1. Προβολή διαγραμμάτων και μελωδικών παραδειγμάτων.....	43
3.3.5.2. Προβολή διαγραμμάτων με κινητό δείκτη.....	44
4. Συμπεράσματα .....	46
4.1. Επισκόπηση.....	46
4.2. Μελλοντική εργασία και προεκτάσεις .....	47
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	49
Εικόνες του προγράμματος σε Max/MSP.....	49
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	55
Τα δεδομένα .....	55
Α. Εξωτερικά αρχεία που χρησιμοποιούνται.....	55
Β. Τα δεδομένα ανά αρχείο.....	56
Γ. Αρχεία εικόνας.....	60
Διαγράμματα κλιμάκων των Ήχων και των έλξεων που εμφανίζονται.....	66
Συνημμένα ψηφιακά αρχεία.....	68
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	70

## Περίληψη

Η εφαρμογή *ByzElxeis* είναι ένα μουσικό πρόγραμμα σε περιβάλλον Max/MSP, που αναπτύχθηκε ως ένα εκπαιδευτικό εργαλείο με σκοπό την υποστήριξη της μαθησιακής διαδικασίας κατά την σπουδή της βυζαντινής μουσικής. Εστιάζει στους φθόγγους και τα διαστήματα των θεωρητικών κλιμάκων των διατονικών Ήχων και ιδιαίτερα στις μικροτονικές μεταβολές ορισμένων φθόγγων κατά την εμφάνιση του φαινομένου των μελωδικών έλξεων. Η εφαρμογή υπολογίζει μαθηματικά τις ακριβείς συχνότητες των ηχομορίων που χρησιμοποιεί η βυζαντινή μουσική σε συγκερασμό 72 τμημάτων από επιλεγμένη τονική βάση. Χρησιμοποιώντας τις υπολογισμένες συχνότητες αναπαράγει τις κλίμακες των διατονικών Ήχων σε ανιούσα – κατιούσα μορφή. Για την παρουσίαση των μεταβολών συγκεκριμένων φθόγγων κατά την εμφάνιση μελωδικών έλξεων αναπαράγει χαρακτηριστικές μελωδικές φράσεις.

**Λέξεις κλειδιά:** Βυζαντινή μουσική, Βυζαντινοί Ήχοι, μελωδικές έλξεις, μικροτονική μουσική, Max/MSP

## Abstract

*ByzElxeis* is a music program in the Max/MSP environment that was developed as an educational tool to support byzantine music learning. It focuses on the tones and intervals of the modal scales of the diatonic modes (*Echoi*) of the byzantine music and particularly on the microtonal intervals that are formed when the melodic phenomena of the melodic modulation (*Melodic Elxeis*) occurs. The application mathematically calculates the exact frequencies of the microtonal intervallic segments that occur according to the division of the octave into 72 partitions. Using the calculated frequencies it plays the scales of the byzantine modes in ascending – descending form, as well as musical phrases that illustrate the modulations of specific tones when the *Melodic Elxeis* occur.

**Keywords:** Byzantine music, Byzantine modes, Melodic Elxeis, microtonal music, Max/MSP

## Πρόλογος

Στην παρούσα αναφορά παρουσιάζεται η εφαρμογή «*ByzElxeis*» η οποία αναπτύχθηκε ως θέμα διπλωματικής εργασίας στα πλαίσια του ΠΜΣ «Τεχνολογίες Ήχου και Μουσικής» του ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ.

Η εφαρμογή σχεδιάστηκε ως ένα μουσικό - εκπαιδευτικό εργαλείο για την υποστήριξη της εκμάθησης των τροπικών κλιμάκων των Ήχων της βυζαντινής μουσικής και των μικροτονικών διαστημάτων που διαμορφώνονται κατά την εμφάνιση των «μελωδικών έλξεων» που χαρακτηρίζουν κάθε Ήχο.

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη της εφαρμογής έγινε στο περιβάλλον γραφικού προγραμματισμού Max/MSP.

Η βυζαντινή μουσική ή αλλιώς Εκκλησιαστική μουσική της Ορθόδοξης εκκλησίας είναι ένα από τα κυρίαρχα τροπικά μουσικά συστήματα του Ανατολικού χώρου<sup>1</sup> με ευρεία εξάπλωση, λόγω και του θρησκευτικού της χαρακτήρα. Ως τροπική μουσική χρησιμοποιεί τόνους διαφορετικών μεγεθών και υποδιαιρέσεις σε μικροτονικά διαστήματα ο συνδυασμός των οποίων διαμορφώνει τον μουσικό χαρακτήρα των οκτώ Ήχων που χρησιμοποιεί. Η μελέτη και ο καθορισμός αυτών των διαστηματικών μεγεθών και των υποδιαιρέσεών τους αποτελεί εκτός από μουσικό και πεδίο επιστημονικού ενδιαφέροντος από την εποχή του Πυθαγόρα έως και σήμερα, καθώς η βυζαντινή μουσική βασίζεται στην αρχαία ελληνική μουσική.

Η τονική ακρίβεια έχει μεγάλη σημασία για έναν μουσικό. Ιδιαίτερα για εκείνους που ασχολούνται με τροπικές μουσικές όπου μικροτονικές μεταβολές των φθόγγων μπορούν να υποδεικνύουν διαφορετικούς τρόπους ή να διαμορφώνουν τον μουσικό χαρακτήρα των τρόπων, η τονική ακρίβεια είναι καθοριστικής σημασίας.

Η εκπαιδευτική διαδικασία κατά την εκμάθηση ενός τροπικού μουσικού συστήματος, εν προκειμένω της βυζαντινής μουσικής, εκτός από την μελέτη των θεωρητικών κανόνων κυρίως περιλαμβάνει την μουσική εκπαίδευση του μαθητή στην ακριβή απόδοση των μικροτονικών διαστημάτων και των φθόγγων που διαμορφώνονται. Καθ' ότι στα τροπικά συστήματα πολύ συχνά χρησιμοποιείται μετάθεση της τονικής βάσης ενός τρόπου, το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην εκμάθηση και απόδοση των διαστηματικών μεγεθών σε σχέση με την επιλεγμένη τονική βάση και όχι στην απόλυτη ακρίβεια προκαθορισμένων και τονικά σταθερών φθόγγων, όπως συμβαίνει στην Δυτική Ευρωπαϊκή μουσική. Ο μαθητής επιδιώκει να διδαχθεί το άκουσμα, την «αίσθηση» των διαστημάτων στο πλαίσιο των Ήχων και του ύφους της μουσικής.

Αυτό προϋποθέτει μια μακρά διαδικασία παρατήρησης και επανάληψης του παραδείγματος-προτύπου που παρέχει κάποιος δάσκαλος. Η παροχή λοιπόν ενός

---

<sup>1</sup> Σε αντιδιαστολή με την Δυτική Ευρωπαϊκή μουσική.

παραδείγματος με τονική ακρίβεια είναι μια βασική διδακτική μέθοδος κατά την εκπαιδευτική διαδικασία.

Για την ακριβή εκτέλεση μικροτονικών διαστημάτων και λήψη προτύπων των αντίστοιχων φθόγγων, με θεωρητική και τονική ακρίβεια, μαρτυρείται η χρήση μουσικών οργάνων, ιδιαίτερα εγχόρδων με κινητούς δεσμούς. Η Επιτροπή του 1881, που καθορίζει τα διαστήματα της βυζαντινής μουσικής που χρησιμοποιούνται έως και σήμερα, χρησιμοποιεί ένα τέτοιο όργανο για να καθορίσει τα διαστήματα, καθώς και το «μονόχορδο». Σχεδιάζει επίσης την κατασκευή ιδιαίτερου μουσικού οργάνου, του «Ψαλτηρίου», με δυνατότητα ακριβούς εκτέλεσης όλων των θεωρητικών μικροτονικών διαστημάτων και των φθόγγων που αυτά διαμορφώνουν (Επιτροπή, 1888).

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ανάγκες που παρουσιάζονται κατά την εκπαιδευτική διαδικασία εκμάθησης της βυζαντινής μουσικής, και από προσωπική εμπειρία και ενδιαφέρον ως μαθητής της βυζαντινής μουσικής, αλλά και ως μουσικός, οδηγήθηκα στο να επιλέξω σαν αντικείμενο της διπλωματικής μου εργασίας στα πλαίσια του ΠΜΣ «*Τεχνολογίες Ήχου και Μουσικής*» του ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ., την ανάπτυξη μιας ηλεκτρονικής εφαρμογής - εκπαιδευτικού εργαλείου αφιερωμένης στη βυζαντινή μουσική, σε περιβάλλον Max/MSP.

Η εφαρμογή την οποία ονομάζω «*ByzElxeis*» έχει ως ειδικό αντικείμενο τις κλίμακες των Ήχων της βυζαντινής μουσικής και ιδιαίτερα τα μικροτονικά διαστήματα που διαμορφώνονται κατά την εμφάνιση των «μελωδικών έλξεων», που είναι ένα από τα χαρακτηριστικά των ήχων. Αποσκοπεί στο να παρέχει ένα ακριβές πρότυπο – παράδειγμα φθόγγων η ακριβής συχνότητα των οποίων υπολογίζεται με μαθηματικούς υπολογισμούς, σύμφωνα με τα θεωρητικά διαστηματικά μεγέθη, από επιλεγμένη τονική βάση. Στην παρούσα εκδοχή ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα στους διαφορετικούς Διατονικούς Ήχους και τις μελωδικές έλξεις που αυτοί εμφανίζουν και να ακούσει μελωδικά παραδείγματα με τους φθόγγους στην ακριβή, θεωρητική, τονική τους θέση, όπως θα άκουγε ένα αντίστοιχο παράδειγμα από έναν δάσκαλο. Παρέχεται η δυνατότητα επανάληψης όσες φορές αυτό είναι επιθυμητό, καθώς και η ρύθμιση ταχύτερης ή βραδύτερης αναπαραγωγής. Υποστηρικτικά, εμφανίζονται γραφικά διαγράμματα και σημειογραφικές καταγραφές των μελωδικών παραδειγμάτων. Επίσης, αναπαριστάται γραφικά, με χρήση κινητού δείκτη, το τονικό ύψος κάθε φθόγγου, επί αντίστοιχου διαγράμματος, ως ένα επιπλέον βοήθημα με σκοπό την καλύτερη κατανόηση και εκμάθηση των κλιμάκων των Ήχων, των διαστημάτων και των μεταβολών που υφίστανται κάποιοι φθόγγοι.

Στο πρώτο μέρος του κειμένου παρουσιάζονται κάποια βασικά θεωρητικά στοιχεία της βυζαντινής μουσικής που είναι σημαντικά για την κατανόηση του συστήματος των Ήχων, και τα βασικά χαρακτηριστικά των Ήχων του διατονικού γένους που αποτελούν υλικό της εφαρμογής. Αυτά είναι οι κλίμακες και οι μελωδικές

έλξεις. Η αναφορά αυτή περιορίζεται στα χαρακτηριστικά αυτά που έχουν ειδικό ενδιαφέρον για την εφαρμογή και δεν αποσκοπεί σε εκτενή και λεπτομερή παρουσίαση της θεωρίας της βυζαντινής μουσικής.

Κατόπιν παρουσιάζονται εν συντομία ήδη υπάρχουσες εφαρμογές με αντικείμενο την βυζαντινή μουσική.

Τέλος, παρουσιάζεται αναλυτικά ο τρόπος χρήσης της εφαρμογής και περιγράφεται η εσωτερική δομή και λειτουργία του προγράμματος, καθώς και τα δεδομένα που χρησιμοποιεί. Κατά την μετάφραση των θεωρητικών δομών σε δεδομένα έγινε προσπάθεια να διατηρηθούν οι καθιερωμένες διατυπώσεις, όσον αφορά τα διαστηματικά μεγέθη και την δομή των κλιμάκων.

Στο παράρτημα παρέχονται διαγράμματα των κλιμάκων των Ήχων που παρουσιάζονται από την εφαρμογή. Στα διαγράμματα αυτά αναπαριστούνται επίσης οι μεταβολές που υφίστανται κάποιοι φθόγγοι κατά την εμφάνιση μελωδικών έλξεων και τα μικροτονικά διαστήματα που διαμορφώνονται.



# 1. Θεωρητικά στοιχεία της Βυζαντινής Μουσικής

## 1.1. Εισαγωγικά

Με τον όρο *Βυζαντινή Μουσική* είναι ευρέως γνωστή η μουσική της ορθόδοξης Χριστιανικής εκκλησίας, όπως αναπτύχθηκε στα πλαίσια της λεγόμενης «*Βυζαντινής Αυτοκρατορίας*», δηλαδή της *Ανατολικής Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας* από την μεταφορά της πρωτεύουσας της στο *Βυζάντιο* το 330 μΧ, από όπου πηγάζουν οι όροι που χρησιμοποιούνται σήμερα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της είναι ότι είναι μονοφωνική μουσική, αποκλειστικά φωνητική, άρρηκτα συνδεδεμένη με τον ποιητικό λόγο και την εκκλησιαστική υμνογραφία, είναι τροπική μουσική και διαθέτει ιδιαίτερο σύστημα γραφής, την λεγόμενη *Βυζαντινή παρασημαντική*.

Η θεωρητική δομή της Βυζαντινής Μουσικής βασίζεται στην αρχαία ελληνική μουσική. Το σύστημα που χρησιμοποιεί ονομάζεται *Οκτώηχος*, το οποίο είναι ένα σύστημα οκτώ *Ήχων*, με συγκεκριμένα θεωρητικά και μελωδικά χαρακτηριστικά. Όπως αναφέρει ο Μαυροειδής (1999), «παρά το ότι ο αρχαίος κόσμος κληροδότησε μεγάλο αριθμό έργων που ασχολούνται με τον προσδιορισμό των διαστημάτων και των κλιμάκων της μουσικής, οι θεωρητικοί της Οκτώηχου δεν φαίνεται να ασχολούνται συστηματικά με τον καθορισμό του θεωρητικού συστήματος της Βυζαντινής μουσικής. Σε όλη τη μεταβυζαντινή περίοδο ως και τον 19<sup>ο</sup> αι. οι θεωρητικές πραγματείες της Βυζαντινής Μουσικής ασχολούνται περισσότερο με την ανάγνωση της βυζαντινής παρασημαντικής και την ερμηνεία του μέλους, χωρίς να ασχολούνται ουσιαστικά με τον θεωρητικό προσδιορισμό των διαστημάτων και την δομή των κλιμάκων. Φαίνεται ότι τα θεωρητικά και μελωδικά χαρακτηριστικά των οκτώ Ήχων ήταν αυτονόητα για τους ψάλτες της εποχής που φαίνεται να ακολουθούν κάποια ισχυρή προφορική παράδοση» (Μαυροειδής, 1999).

## 1.2. Διαμόρφωση του θεωρητικού συστήματος της Βυζαντινής Μουσικής

Η πρώτη συστηματική προσπάθεια καθορισμού των διαστημάτων των κλιμάκων των Ήχων γίνεται στις αρχές του 19<sup>ου</sup> αι. από τον Χρυσάνθο τον *εκ Μαδύτων*, ο οποίος ήταν ένας από τους «Τρεις Διδασκάλους»<sup>2</sup> που αναμόρφωσαν την βυζαντινή

---

<sup>2</sup> Οι τρεις «Δάσκαλοι» που εισήγαγαν την «Νέα μέθοδο» της βυζαντινής σημειογραφίας το 1814 ήταν ο Χρυσάνθος ο εκ Μαδύτων, ο Γρηγόριος Πρωτοψάλτης και ο Χουρμούζιος Χαρτοφύλακας.

σημειογραφία. Ο Χρυσάνθος στο έργο του *Θεωρητικό Μέγα της Μουσικής* (Χρυσάνθος, 1832) ασχολείται αναλυτικά με τα διαστήματα των κλιμάκων της βυζαντινής μουσικής. Προσπαθεί να συνδέσει την σύγχρονή του μουσική πραγματικότητα με την αρχαιότητα, βασιζόμενος στον Αριστείδη Κοϊντιλιανό<sup>3</sup>, από τον οποίο αντλεί τα διαστηματικά μεγέθη που χρησιμοποιεί (Μαυροειδής, 1999). Οι Θεωρητικές διατυπώσεις του Χρυσάνθου χρησιμοποιούνται για κάποιο διάστημα, ωστόσο αριθμητικά σφάλματα στα μεγέθη διαστημάτων και αναντιστοιχίες στις διατυπώσεις του έχουν ως αποτέλεσμα να θεωρηθεί η θεωρία του εσφαλμένη και ατελής και οδηγούν στην αναθεώρηση της θεωρίας της βυζαντινής μουσικής από την «Πατριαρχική Επιτροπή».

Το 1881 συστήθηκε η πατριαρχική μουσική επιτροπή<sup>4</sup> με σκοπό την «τακτοποίηση» θεμάτων της εκκλησιαστικής μουσικής και τον «καθαρισμόν αυτής» από ξένες επιρροές και αυθαιρεσίες. Το έργο της επιτροπής εκδόθηκε στην Κωνσταντινούπολη το 1888 με τίτλο «*Στοιχειώδης Διδασκαλία Της Εκκλησιαστικής Μουσικής*».

Η επιτροπή αυτή με οδηγό την φωνητική - ψαλτική παράδοση καθόρισε τα τονιαία διαστήματα των τριών γενών της εκκλησιαστικής μουσικής με επιστημονική και μαθηματική ακρίβεια, χρησιμοποιώντας το μονόχορδο για τον προσδιορισμό τους. Για την ακριβή εκτέλεση των διαστημάτων, η επιτροπή επινόησε ένα μουσικό όργανο, το «Ιωακείμιο ψαλτήριο», το οποίο θεωρούσε ικανό να εκτελεί με ακρίβεια τα μικροτονικά διαστήματα τα οποία είχε καθορίσει θεωρητικά. Το όργανο αυτό επινοήθηκε για εκπαιδευτικούς σκοπούς με στόχο την σαφή ερμηνεία της θεωρίας και την διαφύλαξη του εκκλησιαστικού μέλους, των διαστημάτων και κλιμάκων του, από εξωτερικές επιρροές και ιδιαίτερα την επιρροή της δυτικής ευρωπαϊκής μουσικής και των μουσικών της οργάνων, όπως το πιάνο με τα συγκερασμένα διαστήματά του, επιρροή την οποία η επιτροπή θεωρεί σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνη για την κατάπτωση και αλλοίωση, την εποχή εκείνη, της εκκλησιαστικής μουσικής. Επίσης, η επιτροπή καθόρισε το τονικό ύψος του φθόγγου Νη τον οποίο αντιστοιχίζει με τον φθόγγο ΝΤΟ<sub>4</sub> (C<sub>4</sub>) της δυτικής μουσικής.

Για την εξακρίβωση των διαστημάτων, η επιτροπή παραβλέπει κάθε προηγούμενη θεωρία, ακολουθώντας μέθοδο «καθαρώς δοκιμαστική» και βασιζόμενη σε μαθηματικούς λόγους διαστημάτων. Ως απόλυτο γνώμονα λαμβάνει την προφορική μουσική παράδοση. Επαγγελματίες μουσικοί (ψάλτες) εκτελούσαν φωνητικά μέλη και εντόπιζαν την θέση κάθε τόνου πάνω σε έγχορδο όργανο με κινητούς δεσμούς. Αφού κατέληγαν σε συγκεκριμένες θέσεις των δεσμών, χρησιμοποιώντας το μονόχορδο, κατέγραφαν τα σχετικά μήκη χορδών καταλήγοντας έτσι στις αντίστοιχες αναλογίες.

---

<sup>3</sup> Α. Κοϊντιλιανός, *Περί Μουσικής*, ΙΙΙ, 2, εκδ. R. P. Winnigton – Ingram, Λειψία 1963.

<sup>4</sup> Η επιτροπή αποτελούνταν από τους: πρόεδρος: Αρχιμ. Γερμανός Αφθονίδης, μέλη: Γεώργιος Βιολάκης – πρωτοψάλτης, Ευστράτιος Γ. Παπαδόπουλος, Ιωάσαφ Μοναχός, Π. Γ. Κηλτζανίδης, Ανδρ. Σπαθάρης, Γ. Πρωγάκης

Για το διατονικό γένος τα σχετικά μήκη χορδών που ορίζει η επιτροπή είναι:

ΝΗ	ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ'	ΠΑ'	ΒΟΥ'	ΓΑ'	ΔΙ'	ΚΕ'	ΖΩ'	ΝΗ'
1	$\frac{8}{9}$	$\frac{81}{100}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{16}{27}$	$\frac{27}{50}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{81}{200}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{8}{27}$	$\frac{27}{100}$	$\frac{1}{4}$

Από τα σχετικά μήκη χορδών προκύπτουν οι «αριθμοί δονήσεων» - λόγοι συχνοτήτων, για κάθε φθόγγο, τους οποίους η επιτροπή δίδει ως εξής:

ΝΗ	ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ'	ΠΑ'	ΒΟΥ'	ΓΑ'	ΔΙ'	ΚΕ'	ΖΩ'	ΝΗ'
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{100}{81}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{50}{27}$	2	$\frac{9}{4}$	$\frac{200}{81}$	$\frac{8}{3}$	3	$\frac{27}{8}$	$\frac{100}{27}$	4

Από τους λόγους αυτούς προκύπτουν τριών ειδών τόνοι και οι αντίστοιχες αναλογίες:

- Μείζων τόνος

$$\frac{\text{ΠΑ}}{\text{ΝΗ}} = \frac{\text{ΔΙ}}{\text{ΓΑ}} = \frac{\text{ΚΕ}}{\text{ΔΙ}} = \frac{9}{8}$$

- Ελάσσων τόνος:

$$\frac{\text{ΒΟΥ}}{\text{ΠΑ}} = \frac{\text{ΖΩ}}{\text{ΚΕ}} = \frac{800}{729} = \frac{9}{8} : \left(\frac{81}{80}\right)^2$$

- Ελάχιστος τόνος:

$$\frac{\text{ΓΑ}}{\text{ΒΟΥ}} = \frac{\text{ΝΗ}'}{\text{ΖΩ}} = \frac{27}{25} = \frac{9}{8} : \frac{25}{24}$$

Οι αναλογίες αυτές δείχνουν ότι τα τρία είδη τόνων προκύπτουν από τον μείζονα τόνο, που είναι και ο φυσικός πυθαγόρειος τόνος και την χρήση δυο μικρών μονάδων, το Διδύμιο κόμμα  $\frac{81}{80}$ , και το  $\frac{25}{24}$  που προσδιορίζεται ως *δίεσις* και αντιστοιχεί περίπου στο  $\frac{1}{3}$  του τόνου (Μαυροειδής, 1999, σ. 38). Ο ελάσσων τόνος προκύπτει αν από τον μείζονα αφαιρεθούν δυο κόμματα, ενώ ο ελάχιστος, αν αφαιρεθεί μία *δίεσις*.











Μετά την παρουσίαση των λόγων των διαστημάτων όλων των μεγεθών, η επιτροπή, με σκοπό την κατασκευή μουσικού οργάνου που θα αποδίδει τα διαστήματα αυτά, το οποίο θεωρεί απαραίτητο διδακτικό βοήθημα, προχωρεί σε συγκερασμό της κλίμακας και των διαστημάτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι η επιτροπή κατέληξε σε κατά προσέγγιση συγκερασμό των διαστημάτων «*ουχί οδηγούμενη υπό*

της προηγηθείσης θεωρίας, αλλ' υπό της οξύτητος της ακοής των μελών αυτής» (Επιτροπή, 1888).

Καταλήγει, λοιπόν, σε συγκερασμό της οκτάβας σε 36 τμήματα, τον οποίο θεωρεί ικανοποιητικό μουσικά και κυρίως εξυπηρετικό και πρακτικό για την κατασκευή του ψαλτηρίου. Αποδίδονται έτσι 6 τμήματα στον μείζονα τόνο, 5 στον ελάσσονα και 4 στον ελάχιστον.

Υποδεικνύει ωστόσο η Επιτροπή ότι ο συγκερασμός σε 72 τμήματα θα ήταν καλύτερος, με πιο τέλεια συμφωνία μεταξύ θεωρίας και πράξης. Τον αποφεύγει όμως λόγω της πολυπλοκότητας που θα επέφερε στην κατασκευή του ψαλτηρίου. Στην θεωρία όμως της βυζαντινής μουσικής και στην πλειοψηφία των μεταγενέστερων θεωρητικών βιβλίων θα εδραιωθεί ο συγκερασμός σε 72 τμήματα, και οι αντίστοιχοι τόνοι: Μείζων – 12, ελάσσων – 10, ελάχιστος – 8 .

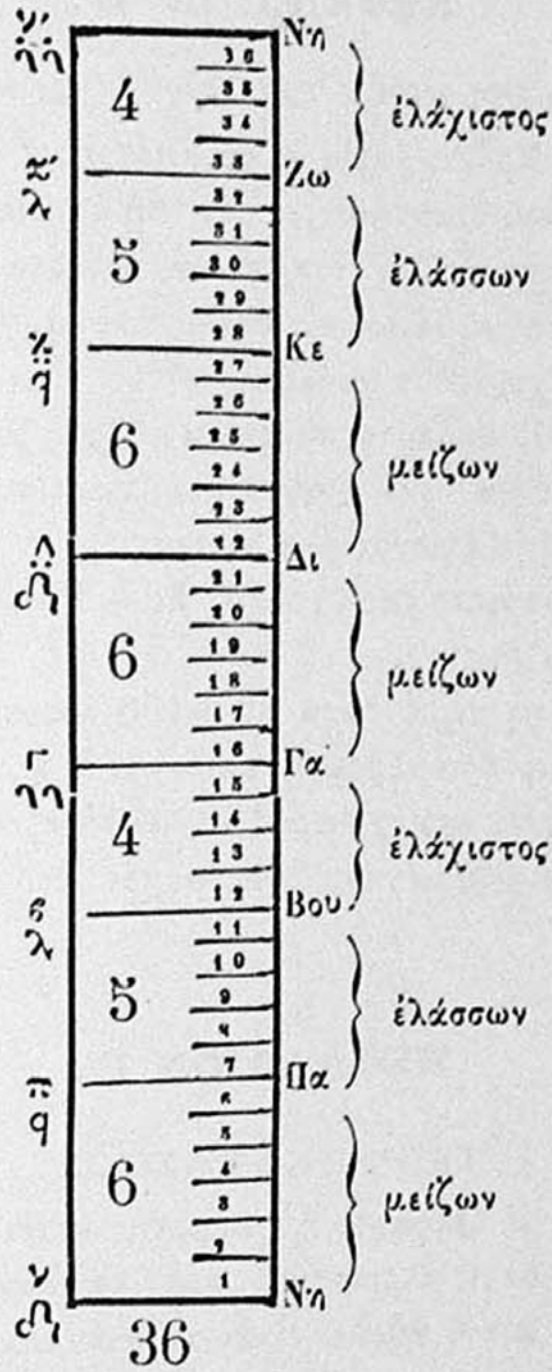
Καθορίζονται επίσης οι διέσεις και υφέσεις σύμφωνα με τον συγκερασμό αυτόν και την διαίρεση του μείζονος τόνου σε 6 τμήματα<sup>5</sup>:

	<u>Υφέσεις</u>	<u>Διέσεις</u>
1 εκτημορίου		
2 εκτημορίων		
3 εκτημορίων		
4 εκτημορίων		
5 εκτημορίων		

---

<sup>5</sup> Σε συγκερασμό 72 τμημάτων τα μεγέθη διπλασιάζονται.

# ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



Εικόνα 1 Διάγραμμα της διατονικής κλίμακας σε συγκερασμό 36 τμημάτων

## 1.3. Είδη μελοποιίας – Γένος – Ήχος

### 1.3.1. Είδη Μελοποιίας

Ως φωνητική μουσική αφιερωμένη στην θρησκευτική λατρεία, η βυζαντινή μουσική εμφανίζεται και εξελίσσεται παράλληλα με την υμνογραφία της ορθόδοξης χριστιανικής εκκλησίας και προϋποθέτει την ύπαρξη ποιητικού λόγου.

Με τον όρο «μέλος» δηλώνεται η μουσική επένδυση ποιητικού λόγου με εκκλησιαστικό χαρακτήρα. Αντίστοιχα, με τον όρο «Μελοποιία» ορίζεται η σύνθεση ποιητικού κειμένου και της μουσικής του από τον ίδιο μελουργό – ποιητή (Στάθης, 1998). Τα μέλη της Βυζαντινής Υμνογραφίας – Μελοποιίας διακρίνονται σε διάφορα «γένη» και «είδη» μελοποιίας<sup>6</sup>. Τα ονόματά τους προέρχονται κυρίως από το ποιητικό τους περιεχόμενο και η διάκρισή τους γίνεται κυρίως με υμνογραφικά κριτήρια.

Από μουσικής πλευράς τα είδη μελοποιίας έχουν μεγάλη σημασία διότι απαιτούν διαφορετική μουσική μεταχείριση. (Στάθης, 1998). Στοιχείο διάκρισης των ύμνων που ανήκουν σε διαφορετικά είδη μελοποιίας είναι η χρήση διαφορετικών μελωδικών «θέσεων». Ο Μανουήλ Χρυσάφης ορίζει τον όρο «θέσις» ως την ένωση φωνητικών και άφωνων σημαδιών που αποτελούν το μέλος (Χρυσάφης; Σταθης, 1998). Οι συνθέσεις του Στιχηραρικού και Παπαδικού μέλους δεν είναι άλλο από διαδοχή γνωστών και κατάλληλων «θέσεων» για κάθε είδος (Χρυσάνθος, 1832, σ. 178).

Από την θεωρία προκύπτει ότι και οι ήχοι της βυζαντινής μουσικής παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά η οποία αποτελεί και διακριτή μορφή του ήχου ανάλογα με το είδος μελοποιίας στο οποίο χρησιμοποιούνται.

Ο Χρυσάνθος διακρίνει τέσσερα «γένη» μελών: Στιχηραρικό παλαιόν, Στιχηραρικό νέον, Παπαδικό, Ειρμολογικό (Χρυσάνθος, 1832). Η Πατριαρχική Επιτροπή αναφέρει δυο είδη υμνογραφίας – μελοποιίας, το Στιχηραρικό, το οποίο υποδιαιρείται σε σύντομο, αργό και Παπαδικό, και το Ειρμολογικό είδος, το οποίο περιλαμβάνει τα σύντομα μέλη και υποδιαιρείται σε σύντομο, αργό και Καλοφωνικό (Επιτροπή, 1888).

---

<sup>6</sup> Οι όροι «γένος» και «είδος» χρησιμοποιούνται διαφορετικά σε διάφορες πηγές. Ο Χρυσάνθος στο θεωρητικό του αναφέρει ως «είδη» τους διάφορους τύπους ύμνων (Ανοιξαντάρια, Κεκραγάρια, Δοξαστικά, Στιχηρά κ.ο.κ.) τα οποία κατατάσσει σε «γένη» μελοποιίας (στιχηραρικό, ειρμολογικό, κτλ.) (Χρυσάνθος, 1832). Η Επιτροπή χρησιμοποιεί τον όρο «μέλη» για τους διάφορους ύμνους τους οποίους κατατάσσει σε «είδη» Στιχηραρικών και Ειρμολογικών. Αναφέρεται με τον όρο «είδη» στα «γένη» του Χρυσάνθου. Αρκετά θεωρητικά συγγράμματα χρησιμοποιούν τον ίδιο όρο, «είδος», για τα είδη μελοποιίας όπως και η επιτροπή (Ευθυμιάδης, 1972), άλλοι πάλι μεταγενέστεροι μελετητές χρησιμοποιούν την ορολογία του Χρυσάνθου (Στάθης, 1998). Προς αποφυγήν σύγχυσης με τα μουσικά «γένη» που διακρίνονται βάση των μουσικών διαστημάτων που χρησιμοποιούν, θα χρησιμοποιούμε εδώ τον όρο «είδος» για αναφορές στα είδη μελοποιίας – υμνογραφίας.

Μεταγενέστεροι μελετητές της βυζαντινής μουσικολογίας και θεωρητικοί κατατάσσουν τους ύμνους της Βυζαντινής Μελοποιίας σε τρία είδη με υποδιαιρέσεις (Ευθυμιάδης, 1972; Στάθης, 1998):

➤ το Στιχηραρικό, που διακρίνεται σε

α. νέο σύντομο

β. νέο αργό

γ. παλαιό

➤ το Ειρμολογικό, που διακρίνεται σε

α. σύντομο

β. αργό

γ. καλοφωνικό ειρμολογικό

και

➤ το Παπαδικό.

Το σύντομο Στιχηραρικό και το σύντομο Ειρμολογικό είδος, περιλαμβάνουν τις πιο απλές και σύντομες μελωδίες, όπου κάθε συλλαβή αντιστοιχεί σε έναν ή το πολύ δύο ή τρεις χρόνους. Το σύντομο Ειρμολογικό είδος θεωρείται το αρχαιότερο και γνησιότερο βυζαντινό μέλος (Χατζηθεοδώρου, 2016). Το αργό Ειρμολογικό είδος προκύπτει από το σύντομο ειρμολογικό με διπλασιασμό της χρονικής διάρκειας των συλλαβών.

Το νέο αργό Στιχηραρικό είδος είναι εκτενέστερο από το σύντομο, διότι κάθε συλλαβή επεκτείνεται σε 2 έως 4 χρόνους και εκφέρεται με έναν ή και περισσότερους φθόγγους. Το αργό Στιχηραρικό είδος είναι πιο σύνθετο και πολύ περισσότερο εκτεταμένο από το νέο, καθώς μια συλλαβή μπορεί να εκφέρεται μέχρι και με ολόκληρη μελωδική φράση.

Το Καλοφωνικό ειρμολογικό είδος είναι πιο σύνθετο, έντεχνο και εκτενές. Θεωρείται ως ιδιαίτερο νεώτερο μέλος που αποτελεί επιτηδευμένο πλατυσμό των ειρμολογικών θέσεων με πανηγυρικό χαρακτήρα και με σκοπό την «καλοφωνία» ως τέχνη (Στάθης, 1998).

Το Παπαδικό μέλος ή είδος είναι το πλέον εκτενές και έντεχνο όλων, ενώ έχει κοινά σημεία με το Στιχηραρικό και το Ειρμολογικό.

### 1.3.2. Γένος

Ως προς τα διαστήματα που μεταχειρίζεται το μέλος, διακρίνεται σε Διατονικό, Χρωματικό και Εναρμόνιο γένος.

Τα γένη διακρίνονται από την εσωτερική διάταξη των τετραχόρδων. Ένα τετράχορδο περιλαμβάνει 30 τμήματα. Οι ακραίοι φθόγγοι των τετραχόρδων είναι τονικά σταθεροί, οπότε η διαμόρφωση των διαφορετικών τετραχόρδων έγκειται στην τονική θέση των δυο ενδιάμεσων φθόγγων.

Το διατονικό γένος διακρίνεται από την χρήση διαστημάτων μείζονος τόνου (12), ελάσσονος τόνου (10) και ελαχίστου τόνου (8). Η δομή των τετραχόρδων μεταβάλλεται ανάλογα με την θέση αυτών των τόνων.

Έτσι το τετράχορδο Δι – νη΄ έχει δομή: 12 – 10 – 8, το τετράχορδο Κε – πα΄: 10 – 8 – 12 και το τετράχορδο ΖΩ – Βου: 8 – 12 – 10.

Στο Διατονικό γένος υπάγονται οι ήχοι Πρώτος, Πλάγιος του Πρώτου, Τέταρτος, και πλάγιος του Τετάρτου.

Στα τετράχορδα του χρωματικού γένους, οι εσωτερικοί φθόγγοι προσεγγίζουν έντονα τους ακραίους σταθερούς φθόγγους του τετραχόρδου. Έτσι, π.χ. το χρωματικό τετράχορδο ΠΑ – Δι αποτελείται από έναν τόνο ελάχιστο με ύφεση ( $8 - 2 = 6$ ), διάστημα από το άθροισμα μείζονος και ελαχίστου τόνου ( $12 + 8 = 20$ ) και ένα διάστημα μιας δίεσης (4). Στο χρωματικό γένος ανήκουν οι ήχοι Δεύτερος και πλάγιος του Δευτέρου.

Τα τετράχορδα του εναρμονίου γένους σχηματίζονται από δύο μείζονες τόνους και ένα ημιτόνιο (12 – 12 – 6). Τέτοια είναι τα τετράχορδα Γα – ζω΄ και Νη – Γα.

Οι κλίμακες των τριών γενών σχηματίζονται από δύο όμοια τετράχορδα, «διαζευγμένα» από ένα μείζονα τόνο.

π.χ.

ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	

Μια τέτοια αλληλουχία φθόγγων που αποτελείται από δύο όμοια τετράχορδα διαζευγμένα κατά μείζονα τόνο ονομάζεται Διαπασών σύστημα.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Η βυζαντινή μουσική χρησιμοποιεί τρία «συστήματα». Το οκτάχορδο σύστημα ή διαπασών, το πεντάχορδο σύστημα που ονομάζεται και Τροχός, και το τετράχορδο σύστημα ή κατά τριφωνία (Ευθυμιάδης, 1972).



### 1.3.3. Ήχος

Ήχος καλείται «*πορεία μέλους*» (Επιτροπή, 1888), μελωδική κίνηση με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Αντιπροσωπευτικό κάθε ήχου είναι το *απήχημα* του, μια σύντομη μελωδική φράση που χαρακτηρίζει τον ήχο. Σύμβολα που δηλώνουν τον ήχο είναι οι μαρτυρίες και οι φθορές. Τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν έναν ήχο είναι: η μελωδική του βάση, τα διαστήματα, οι δεσπόμενες φθόγγοι και οι καταλήξεις.

Καθοριστικό επίσης χαρακτηριστικό των Ήχων είναι οι μελωδικές έλξεις στις οποίες υπόκεινται οι εσωτερικοί φθόγγοι των τετραχόρδων, οι οποίες αποτελούν και το κύριο αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Κατά τον Αβραάμ Ευθυμιάδη, «... *Η μελωδική έλξις είναι το κυριώτερο στοιχείο που διαμορφώνει το ιδιαίτερο ύφος της εκκλησιαστικής μουσικής...*». Οι μελωδικές έλξεις προκύπτουν από την επίδραση που ασκούν οι δεσπόμενες φθόγγοι που είναι τα ισχυρά τονικά κέντρα στους δευτερεύοντες που ονομάζονται υπερβάσιμοι (Ευθυμιάδης, 1972).

Η Επιτροπή αναφέρει ότι η έλξις «... *εστί νόμος υπ' αυτής της φύσεως επιβαλλόμενος*». Σημειώνει επίσης ότι αν και συνήθως οι μελωδικές έλξεις δεν σημειώνονται σημειογραφικά<sup>8</sup>, μπορούν ωστόσο να υποβληθούν σε κανόνες σύμφωνα με τα παραδεδομένα (Επιτροπή, 1888).

Ως μουσικό χαρακτηριστικό των ήχων που προκύπτει από την μελωδική κίνηση οι μελωδικές έλξεις είναι καθοριστικό στοιχείο για την ερμηνεία των Ήχων, του ύφους και του ήθους τους. Ως έμφυτο στοιχείο της βυζαντινής μουσικής, όπως αναφέρει και η Επιτροπή, συχνά θεωρείται περιττή η καταγραφή τους, καθώς θεωρείται στοιχείο της προφορικής παράδοσης, αλλά και ένα στοιχείο ελευθερίας της έκφρασης του ψάλτη. Άλλοι θεωρητικοί υποστηρίζουν ότι είναι ορθότερο να καταγράφονται οι μελωδικές έλξεις με ακρίβεια, χρησιμοποιώντας τα σημάδια των διέσεων και υφέσεων. Η Επιτροπή, όπως και ο Ευθυμιάδης, δίνουν ακριβή περιγραφή των μελωδικών έλξεων που εμφανίζονται σε κάθε Ήχο, παρέχοντας ακριβή μεγέθη για τα μικροδιαστήματα που διαμορφώνονται. Άλλα θεωρητικά βιβλία αρκούνται σε μια απλή περιγραφή.

Κατά την μουσική εκτέλεση και ερμηνεία έχει μεγάλη σημασία η τονική ακρίβεια στην εκτέλεση των φθόγγων. Ιδιαίτερα στα τροπικά συστήματα, όπου μικρές μετακινήσεις του ίδιου φθόγγου μπορεί να υποδεικνύουν αλλαγή τρόπου, τόσο η ακριβής απόδοση των διαστημάτων της κλίμακας όσο και η συμπεριφορά των φθόγγων της είναι καθοριστική. Έχει λοιπόν μεγάλο ενδιαφέρον η ακριβής παρουσίαση των μελωδικών έλξεων, όσο και των κλιμάκων των Ήχων, για

---

<sup>8</sup> Τουλάχιστον μέχρι εκείνη την εποχή. Μεταγενέστεροι θεωρητικοί υποστηρίζουν ότι οι μελωδικές έλξεις θα πρέπει να σημειώνονται με ακρίβεια χρησιμοποιώντας τις υφέσεις και διέσεις, άποψη που αποτυπώνεται σε αρκετές σύγχρονες εκδόσεις.

εκπαιδευτικούς σκοπούς, με σκοπό την όσο το δυνατόν ακριβέστερη εκμάθηση των διαστηματικών μεγεθών που διαμορφώνονται κατά την εμφάνιση τους, και σε αυτό στοχεύει η εφαρμογή που περιγράφεται στη παρούσα εργασία.

## 1.4. Οι Διατονικοί Ήχοι

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των διατονικών Ήχων που ενδιαφέρουν την παρούσα εργασία. Αυτά είναι η συγκεκριμένη κλίμακα του κάθε Ήχου με τα διαστήματα που ορίζει η θεωρία και οι μελωδικές έλξεις του κάθε Ήχου. Για την καλύτερη κατανόηση των διαστηματικών μεγεθών χρησιμοποιούνται διαγράμματα, σύμφωνα και με την εκπαιδευτική πρακτική κατά την διδασκαλία της βυζαντινής μουσικής.

### 1.4.1. Πρώτος Ήχος

#### - Κλίμακα

Ο πρώτος ήχος ανήκει στο διατονικό γένος και έχει βάση τον φθόγγο Πα. Σε πολλά μέλη του ήχου αυτού χρησιμοποιείται το πεντάχορδο σύστημα – Τροχός, και έτσι η βάση του μεταφέρεται στον φθόγγο Κε, που όμως λαμβάνεται ως Πα.

Η δομή της κλίμακας του Πρώτου Ήχου κατά το διαπασών σύστημα είναι:

ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	

Όταν χρησιμοποιείται το πεντάχορδο σύστημα:

ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	(ΚΕ) ΠΑ	(ΖΩ) ΒΟΥ	(ΝΗ) ΓΑ	(ΠΑ) ΔΙ	(ΒΟΥ) ΚΕ
10	8	12	12	10	8	12	12	

#### - Μελωδικές Έλξεις

Στον πρώτο ήχο, στο Ειρμολογικό μέλος ο φθόγγος Βου κατά την ανάβαση έλκεται από τον Γα κατά 2 τμήματα και ο Γα έλκεται από τον Δι κατά 8 τμήματα. Κατά την κατάβαση, οι φθόγγοι αυτοί επανέρχονται στην φυσική τους θέση. Όταν το μέλος φτάνει μέχρι τον φθόγγο Ζω χωρίς να τον υπερβαίνει, τότε αυτός παίρνει ύφεση 6 τμημάτων.

Όταν το μέλος φτάνει μέχρι τον Νη', τότε ο Ζω είναι στη φυσική του θέση κατά την ανάβαση, ενώ κατά την κατάβαση παίρνει ύφεση 6 τμημάτων.

ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	
10+2	14	4	12	4			
ΠΑ	ΒΟΥ+2	Γα+8	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ-6		

## 1.4.2. Πλάγιος του Πρώτου Ήχου

### - Κλίμακα

Ο πλάγιος του πρώτου ήχου ανήκει στο διατονικό γένος και έχει βάση τον Πα στα Στιχηραρικά και Παπαδικά μέλη και τον Κε στα Ειρμολογικά.

Χρησιμοποιεί δυο ειδών κλίμακες με βάση τον Πα. Η μια αποτελείται από δυο διατονικά τετράχορδα ενώ η δεύτερη από ένα διατονικό και ένα εναρμόνιο, που προκύπτει από την χρήση εναρμόνιας φθοράς στον φθόγγο Ζω.

ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	

ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ <sup>φ</sup>	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	6	12	12	

### - Μελωδικές Έλξεις

Στον ήχο Πλάγιο του Πρώτου, τα Ειρμολογικά του ήχου αυτού που έχουν βάση τον Κε κινούνται κατ' ανάβαση και κατάβαση σαν να είχαν βάση τον Πα (μεταφορά). Όταν κάνουν καταλήξεις στον Πα (Κε), ο Ζω παίρνει ύφεση 6 τμημάτων. Όταν έχουν βάση τον Πα και δεν υπερβαίνουν τον Ζω, τότε αυτός έχει ύφεση 6 τμημάτων.

ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	
10	8	12	12	4			
				ΚΕ	ΖΩ-6		

### 1.4.3. Τέταρτος ήχος

#### - Κλίμακα

Ο τέταρτος ήχος χρησιμοποιεί την διατονική κλίμακα κατά το διαπασών σύστημα. Στα αργοσύντομα και αργά Στιχηραρικά μέλη έχει βάση τον Πα. Στο Ειρμολογικό και σύντομο στιχηραρικό είδος έχει βάση τον Βου, οπότε και ονομάζεται «Λέγετος». Τέλος, βάση τον Δι έχει στο Παπαδικό είδος, οπότε ονομάζεται και «Άγια».

Στον Λέγετο, με βάση τον Βου, επειδή το τετράχορδο Βου – Κε είναι υπέρμετρο, έχει δηλαδή 32 μόρια, ο κέ παίρνει ύφεση 2 τμημάτων, ώστε το τετράχορδο να είναι κανονικό.

Έτσι οι κλίμακες του ήχου είναι:

#### - Στιχηραρικός

ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	

#### - Λέγετος

ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ	ΒΟΥ
8	12	10	12	8	12	10	

#### - Άγια

ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ
12	10	8	

#### - Μελωδικές Έλξεις

Στο Ειρμολογικό μέλος και το σύντομο Στιχηραρικό (Λέγετος), ο φθόγγος Πα, όταν η μελωδική γραμμή δεν κατεβαίνει χαμηλότερά του και όταν ανεβαίνοντας τον υπερβαίνουμε χωρίς να δεσπόζει (βλ Ευθυμιάδη), έλκεται από τον Βου κατά 6 τμήματα.

(ΠΑ)	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ	ΒΟΥ
10	8	12	10	12	8	12	10	
4								

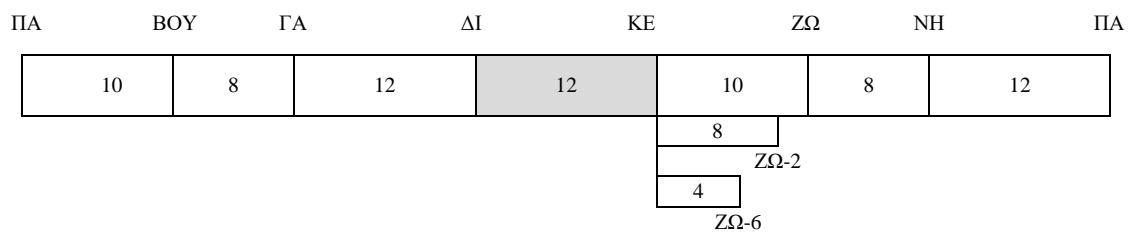
Πα+6

Η έλξη αυτή του Πα παρατηρείται πολλές φορές και στο αργό Ειρμολογικό καθώς και στο Παπαδικό – Καλοφωνικό είδος.

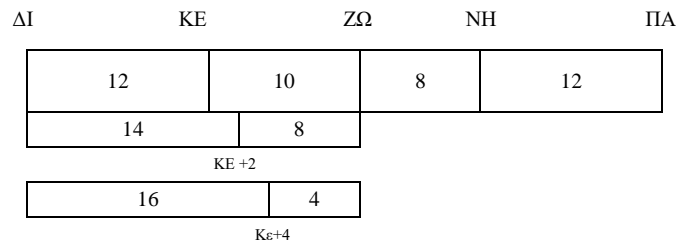
Ενίστε ο Γά χαμηλώνει προς τον Βου κατά 2 τμήματα.

Ο Ζω χαμηλώνει κατά 2 τμήματα όταν το μέλος φτάνει μέχρι αυτόν και επιστρέφει προς τα κάτω.

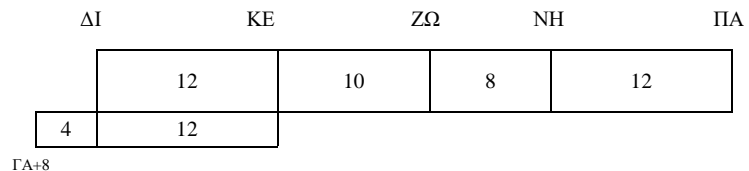
Σύμφωνα με άλλους θεωρητικούς (βλ. Ευθυμιάδη), έλξη του Ζω παρατηρείται, όπως και στον Πρώτο ήχο, έτσι και σε όλα τα είδη του τετάρτου, με ύφεσή του κατά έως και 6 τμήματα, ώστε το διάστημα Κε – Ζω να μένει 4 τμήματα.



Ωστόσο, στο Παπαδικό μέλος, στο τετράχορδο ΔΙ-ΚΕ-ΖΩ-ΝΗ, όταν ο Ζω γίνεται δεσπόζων φθόγγος, ο Κε έλκεται από τον Ζω και είναι ως επί το πλείστον οξύμενος κατά 2 τμήματα. Όταν το μέλος επιμένει επί του Ζω, τότε ο Κε οξύνεται κατά 2 ακόμα τμήματα (σύνολο 4).



Επίσης στο Παπαδικό είδος, ο φθόγγος Γα έχει τις ίδιες έλξεις όπως στον πρώτο ήχο, οξύνεται κατά 8 τμήματα ελκόμενος από τον Δι.



### 1.4.4. Πλάγιος του Τετάρτου ήχος

#### - Κλίμακα

Ο πλάγιος του τετάρτου ήχος ανήκει στο διατονικό γένος και έχει βάση στα Στιχηραρικά και Παπαδικά μέλη τον φθόγγο Νη, χρησιμοποιώντας την διατονική κλίμακα κατά το διαπασών σύστημα.

NH	ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	NH
12	10	8	12	12	10	8	

Σε κάποια μέλη λαμβάνεται ως βάση ο φθόγγος Γα, κατά το τετράχορδο σύστημα, τηρώντας τα διαστήματα ως από του Νη (μεταφορά).

NH	ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	NH
12	10	8	12	12	10	8	

ΓΑ (NH)	ΔΙ (ΠΑ)	ΚΕ (ΒΟΥ)	ΖΩ (ΓΑ)	NH (ΔΙ)
12	10	8	12	

#### - Μελωδικές Έλξεις

Στον Ήχο πλάγιο του Τετάρτου, ο φθόγγος Πα βρίσκετε ως επί το πλείστον, οξυμένος κατά 2 τμήματα, όπως και ο Κε στον τέταρτο ήχο. Όταν ο Βου δεσπόζει έλκει ακόμα περισσότερο τον Πα κατά 4 τμήματα.

NH	ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	NH
12	10	8	12	12	10	8	
14	8	8	12				
ΠΑ+2							
16	6	8	12				
ΠΑ+4							

Κατά την ανάβαση, όταν ο Βου δεν δεσπόζει, τότε έλκεται από τον Γα κατά 2 τμήματα και ο Γα έλκεται από τον Δι κατά 4 τμήματα.

NH	ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	NH
12	10	8	12	12	10	8	
12	12	10	8				
		BOY+2	ΓΑ+4				

Επίσης, ο Ζω' οξύνεται κατά την ανάβαση κατά 4 τμήματα προς τον Νη'.

NH	ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	NH
12	10	8	12	12	10	8	
				12	14	4	
						ZΩ+4	

## **2. Υπάρχουσες εφαρμογές με αντικείμενο την Βυζαντινή Μουσική**

Στην ενότητα αυτή γίνεται αναφορά σε ήδη υπάρχουσες εφαρμογές και προγράμματα με αντικείμενο την βυζαντινή μουσική, τους φθόγγους και τα μικροτονικά διαστήματά της. Υπάρχουν εφαρμογές για συσκευές με λειτουργικό σύστημα android και άλλες για προσωπικούς υπολογιστές, με περισσότερες ή λιγότερες δυνατότητες και επιλογές. Κάποιες από αυτές διατίθενται εμπορικά.

### **2.1. Εφαρμογές βυζαντινής μουσικής για συσκευές με λειτουργικό Android**

Υπάρχουν μερικές εφαρμογές διαθέσιμες για συσκευές που λειτουργούν με λειτουργικό σύστημα android, οι οποίες παίζουν φθόγγους της βυζαντινής μουσικής και λειτουργούν είτε ως τονοδότης είτε ως ισοκράτης (με χρονική διάρκεια). Όλες χρησιμοποιούν εικονικά πλήκτρα, το καθένα από τα οποία εκτελεί έναν φθόγγο. Οι περισσότερες προσφέρουν δυνατότητα αλλαγής της τονικής βάσης της κλίμακας που χρησιμοποιείται μέσα σε κάποιο συγκεκριμένο εύρος. Κάποιες προσφέρουν επιλογές ανάμεσα σε διαφορετικούς ήχους για την εκτέλεση των φθόγγων, από απλούς τόνους με ή χωρίς vibrato, φυσική μονοφωνική φωνή ή και διαφορετικούς ήχους χορωδιών. Κάποιες προσφέρουν μόνο τους φυσικούς φθόγγους των κλιμάκων, ενώ άλλες προσφέρουν και διαφορετικές θέσεις κινητών φθόγγων.

Όλες προσφέρουν επιλογή ανάμεσα στους διαφορετικούς τρόπους – Ήχους της ΒΜ, χρησιμοποιώντας τον συγκερασμό σε 72 τμήματα, ενώ ορισμένες εφαρμογές προσφέρουν επιπλέον δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε διαφορετικούς συγκερασμούς, όπως αυτόν του Χρυσάνθου σε 68 ηχομόρια ή τον «ευρωπαϊκό» σε 12 ημιτόνια. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα επεξεργασίας των διαστημάτων για δημιουργία νέας κλίμακας από τον χρήστη σε συγκεκριμένες εφαρμογές.

Παρακάτω γίνεται σύντομη αναφορά σε εφαρμογές για συσκευές με λειτουργικό σύστημα android που εντοπίστηκαν και παρουσιάζουν ενδιαφέρον.

#### **2.1.1. Byzantine Ison**

Πρόκειται για εφαρμογή η οποία προσφέρει δυνατότητα εκτέλεσης φθόγγων σε έκταση μεγαλύτερη της οκτάβας, με επέκταση κυρίως προς τα κάτω. Υπάρχει η δυνατότητα επιλογής Ήχου - κλίμακας, οι οποίες είναι οι καθιερωμένες θεωρητικές κλίμακες με συγκερασμό σε 72 τμήματα. Όσον αφορά τους κινητούς φθόγγους,



υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας των διαστημάτων και αποθήκευσης ως νέας κλίμακας. Επίσης υπάρχει δυνατότητα αλλαγής της τονικής βάσης.

Ως προς τον ήχο αναπαραγωγής των φθόγγων, υπάρχει δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε απλό τόνο και συντεθειμένο ήχο χορωδίας, αντρικής και γυναικείας φωνής. Ακόμη, η εφαρμογή εμφανίζει την συχνότητα του εκτελούμενου ήχου.



Εικόνα 2 Περιβάλλον χρήσης της εφαρμογής Byzantine Ison

## 2.1.2. Digital Ισοκράτης

Πρόκειται για εφαρμογή ισοκράτη η οποία διατίθεται εμπορικά. Διαθέτει μόνο τους φθόγγους που χρησιμοποιούνται στο ισοκράτημα και όχι όλη την έκταση των κλιμάκων των διαφόρων ήχων. Η πλήρης έκδοση προσφέρει επιλογή ανάμεσα στις κλίμακες των τριών γενών της ΒΜ (διατονικό, χρωματικό, εναρμόνιο), σε άλλα μελωδικά σχήματα της ΒΜ που ονομάζονται χρώες καθώς και τις ευρωπαϊκές κλίμακες μείζονα και ελάσσονα. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα μετακίνησης ενός φθόγγου κατά ημιτόνιο ή κατά ηχομόρια. Δεν είναι ξεκάθαρο τι συγκερασμό χρησιμοποιεί η εφαρμογή.

Για την εκτέλεση των φθόγγων χρησιμοποιεί ηχογραφημένες φυσικές φωνές.



Εικόνα 3 Η εφαρμογή Digital Ισοκράτης



## 2.2. Προγράμματα για υπολογιστή

Υπάρχουν κάποια προγράμματα για υπολογιστές τα οποία προσφέρουν σχεδόν πλήρεις επιλογές όσον αφορά τους φθόγγους της ΒΜ και τα μικροδιαστήματα. Μπορούν να χρησιμοποιούν το πληκτρολόγιο σαν στοιχείο ελέγχου και προσφέρουν περισσότερες επιλογές ήχων

### 2.2.1. Byzorgan - Εικονικό Βυζαντινό Όργανο

Πρόκειται για ένα πρόγραμμα ανοικτού κώδικα, που λειτουργεί σαν εικονικό όργανο και προσφέρει αρκετές επιλογές ως προς τους φθόγγους της ΒΜ.

Η γραφική του διεπαφή χρησιμοποιεί ένα εικονικό πληκτρολόγιο, με αντιστοιχία στο πληκτρολόγιο του υπολογιστή, το οποίο αποτελεί το στοιχείο ελέγχου. Έχει ξεχωριστές επιλογές για κάθε ήχο, υποπεριπτώσεις ήχων καθώς και χρώες χρησιμοποιώντας διαφορετική αντιστοιχία στο πληκτρολόγιο για κάθε περίπτωση.

Ως προς τους κινητούς φθόγγους, προσφέρει μια ή δυο επιλογές υφέσεων – διέσεων ανάμεσα στους φυσικούς φθόγγους. Σε περιπτώσεις μικτών ήχων, που χρησιμοποιούν διαφορετική κλίμακα σε μέρος της έκτασής τους, κάνει αυτόματη εναλλαγή ανάμεσα στις διαφορετικές κλίμακες όταν ο χρήστης επιλέξει αντίστοιχους φθόγγους. Υπάρχει, επίσης, η δυνατότητα μετάθεσης της τονικής βάσης.



Εικόνα 6 Το πρόγραμμα για υπολογιστή Byzorgan - Εικονικό Βυζαντινό Όργανο

Πολύ ενδιαφέροντα είναι η δυνατότητα pitch tracking, με ταυτόχρονη γραφική αντιστοίχιση με τους φθόγγους στους οποίους αντιστοιχεί ο ήχος που καταγράφει.

Προσφέρει αρκετές επιλογές ήχων αναπαραγωγής οι οποίοι είναι ηλεκτρονικά συντεθειμένοι, χωρίς φυσικότητα.

Δημιουργός της αναφέρεται ο Sergey Mudry, και κυκλοφορεί δωρεάν σύμφωνα με την GNU General Public License v3.0.

## 2.2.2. Βυζαντινό Όργανο Παναγιώτη Κατσίβελη

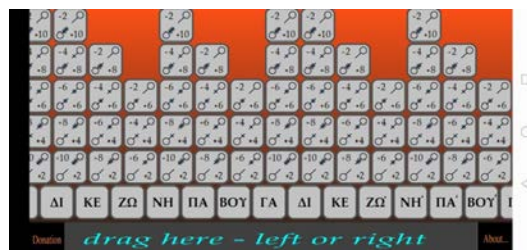
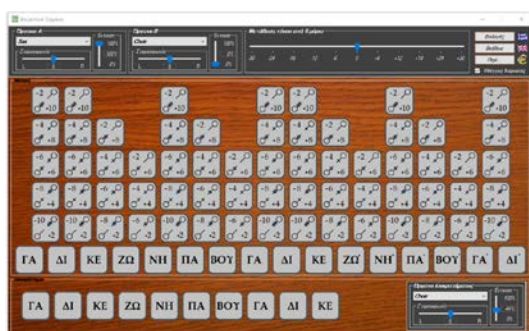
Το βυζαντινό όργανο του Π. Κατσίβελη βασίζεται στην φυσική διατονική κλίμακα. Δεν προσφέρει διαφορετικά «κουρδίσματα» της εφαρμογής στους διάφορους ήχους, αλλά προσφέρει με ένα πλήθος πλήκτρων όλες τις διαφορετικές θέσεις που μπορεί να πάρει κάθε φθόγγος ανά 2 τμήματα σε συγκερασμό 72 τμημάτων.

Ως στοιχείο ελέγχου βασίζεται κυρίως στη γραφική διεπαφή με χρήση ποντικιού και λιγότερο στη χρήση του πληκτρολογίου. Μόνο οι φυσικοί φθόγγοι αντιστοιχίζονται σε πλήκτρα του πληκτρολογίου.

Υπάρχει η δυνατότητα μετάθεσης της τονικής βάσης ανά ημιτόνια.

Για την εκτέλεση των φθόγγων διαθέτει δύο εικονικά όργανα και ξεχωριστά ένα τρίτο για την εκτέλεση ισοκρατήματος, με αρκετές επιλογές ήχων. Υπάρχει η δυνατότητα ranning και ελέγχου της έντασης ξεχωριστά για κάθε όργανο.

Υπάρχει επίσης εκδοχή του προγράμματος για λειτουργικό σύστημα Android.



*Εικόνα 7 Το Βυζαντινό Όργανο του Παναγιώτη Κατσίβελη σε έκδοση για υπολογιστή και συσκευές android*

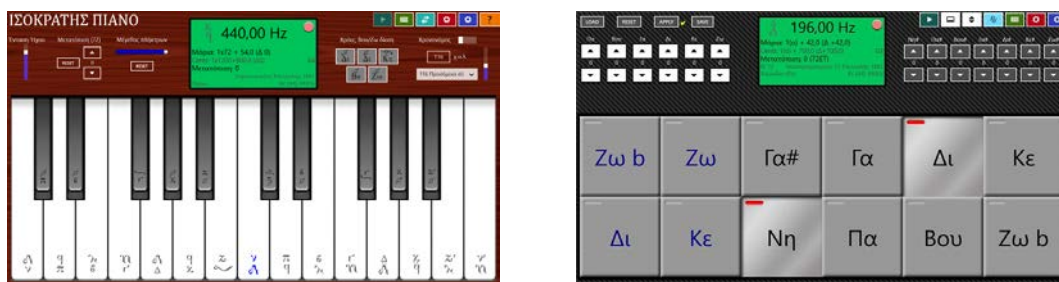
### 2.2.3. Ισοκράτης Πιάνο Παναγιώτη Παπαδημητρίου

Ο ισοκράτης πιάνο του Παναγιώτη Παπαδημητρίου ήταν μια αρκετά πλήρης εφαρμογή για την βυζαντινή μουσική, η οποία ήταν διαθέσιμη από το Microsoft store και έφτασε έως την έκδοση 10. Από το 2018 έχει αποσυρθεί πλήρως από τον δημιουργό.

Η εφαρμογή αυτή προσέφερε όλες τις θεωρητικές επιλογές όσον αφορά τις κλίμακες και τα διαστήματα της βυζαντινής μουσικής, αλλά και την δυνατότητα επεξεργασίας των διαστημάτων. Παρείχε δυνατότητα ανεξάρτητης ρύθμισης κάθε πλήκτρου της οκτάβας. Διέθετε επίσης δυνατότητα μετατόπισης της τονικής βάσης καθώς και επιλογή διαφορετικής συχνότητας αναφοράς.

Ως στοιχείο ελέγχου χρησιμοποιούσε εικονικό πιάνο με δυνατότητα σύνδεσης με εξωτερικό MIDI Controller και εικονικά πλήκτρα – Button keys.

Για την αναπαραγωγή των ήχων προσέφερε ήχο πιάνου, συνθετικών χορωδιών, καθώς και την δυνατότητα εισαγωγής ηχογραφημένων ήχων.



*Εικόνα 8 Το πρόγραμμα Ισοκράτης - Πιάνο του Π. Παπαδημητρίου.  
Διέθετε δυο διαφορετικά περιβάλλοντα χρήσης*

### 3. **ByzElxeis** - Εφαρμογή για υπολογισμό και ηχητική αναπαραγωγή των φθόγγων των κλιμάκων της Βυζαντινής μουσικής και της συμπεριφοράς τους κατά την εμφάνιση μελωδικών έλξεων, σε περιβάλλον Max/MSP

#### 3.1. Εισαγωγικά για την Max/MSP

Η Max/MSP είναι μια από τις πλέον διαδεδομένες και δημοφιλείς γλώσσες ή περιβάλλοντα γραφικού προγραμματισμού, που αναπτύχθηκε με στόχο την δημιουργία με διαδραστικό τρόπο μουσικής μέσω υπολογιστών. Η πρώτη εκδοχή της Max υλοποιήθηκε από τον Miller S. Puckette στα μέσα της δεκαετίας του 1980 στο ινστιτούτο IRCAM.

Ο Puckette (2002) αναφέρεται με την ονομασία “Max” σε ένα πρότυπο του οποίου εξέλιξη αποτελούν τρία μεταγενέστερα λογισμικά, η Max/MSP, το jmax και το Pure Data (Pd). Περιγράφει το πρότυπο αυτό ως ένα τρόπο συνδυασμού προσχεδιασμένων δομικών στοιχείων σε διατάξεις χρήσιμες για μουσική εκτέλεση με υπολογιστή σε πραγματικό χρόνο.

Πρόδρομος της Max ήταν το Music500, το οποίο ο Puckette ανέπτυξε την περίοδο 1980 - 1984. Το σύστημα αυτό αποτελούνταν από ένα σύστημα ελέγχου, εμπνευσμένο από το πρόγραμμα RTSKED του Max Mathews, και μια μηχανή σύνθεσης ήχου που προερχόταν από το MUSIC 11. Με την μετακίνηση του Puckette στο ινστιτούτο IRCAM όπου αποκτά πρόσβαση στον σύστημα 4X, προσαρμόζει το Music500 ώστε να ελέγχει τον 4X. Μετονομάζει επίσης το Music500 σε “Max”, προς τιμήν του Max Mathews, ως αναγνώριση της μεγάλης επιρροής του έργου του και ιδιαίτερα του προγράμματος RTSKED. Στο στάδιο αυτό η Max, δεν ήταν πραγματικά μια γλώσσα «γραφικού» προγραμματισμού, καθώς το σύστημα 4X δεν είχε γραφικό περιβάλλον (Puckette, 2002).

Οι περιορισμοί που αντιμετώπιζε αυτή η μορφή οδήγησε τον Puckette να ξαναγράψει την Max σαν πρόγραμμα για υπολογιστή Macintosh σε γλώσσα C. Η έκδοση αυτή χρησιμοποιήθηκε στο μουσικό έργο *Pluton* του Philippe Manoury που παρουσιάστηκε το 1988, το οποίο και έδωσε σημαντική ώθηση στην εξέλιξη της Max σε ένα μουσικό εργαλείο. Όπως αναφέρει ο Puckette, το patch του *Pluton* είναι ουσιαστικά το πρώτο patch σε Max (Puckette, 2002).

Μέχρι το στάδιο αυτό, η Max δεν είχε την δυνατότητα σύνθεσης και επεξεργασίας ηχητικού σήματος, αλλά προσέφερε ένα σύστημα οργάνωσης εντολών ελέγχου προς εξωτερικές μηχανές σύνθεσης ήχου (Wang, 2008). Το 1991, εκμεταλλευόμενος τις δυνατότητες του συστήματος ISPW του IRCAM (the IRCAM

Signal Processing Workstation) (Lindemann et al. 1991), και υπολογιστές NeXT, ο Puckette προσθέτει στην Max μια νέα συλλογή αντικειμένων (*objects*), ικανά για σύνθεση και επεξεργασία ηχητικού σήματος, διαμορφώνοντας μια νέα έκδοση με την Ονομασία Max/FTS (Faster Than Sound).

Επίσης, το 1991, η Max εμπορευματοποιείται μέσω της εταιρείας *Opcode Systems*, η οποία την κυκλοφόρησε ως Max/opcode, ενώ αργότερα η εμπορική της διάθεση περνάει στα χέρια του David Zicarelli και της εταιρείας του *cycling '74*, η οποία διαθέτει την Max/MSP έως και σήμερα.

Την ίδια περίοδο αρχίζουν προσπάθειες μεταφοράς της Max και σε άλλες πλατφόρμες (Unix, X Windows). Το IRCAM συνέχισε να αναπτύσσει την Max σε πλατφόρμα UNIX με αποτέλεσμα μια ανοικτού κώδικα έκδοση με την ονομασία *jmax*.

Το 1996, μετά την αποχώρηση του από το IRCAM, ο M. Puckette παρουσίασε ένα άλλο παρόμοιο πρόγραμμα ανοικτού κώδικα, το Pure Data (Pd), για το οποίο δημιούργησε νέα αντικείμενα που εκτελούσαν σύνθεση και επεξεργασία ηχητικού σήματος (DSP). Στην φάση αυτή, ενώ το Pd μπορούσε να συνθέτει και να επεξεργάζεται ήχο, η Max ήταν κυρίως προσανατολισμένη στον έλεγχο συστημάτων (μέσω MIDI). Οι νέες δυνατότητες σύνθεσης και επεξεργασίας ήχου του Pd υιοθετήθηκαν στην Max από τον David Zicarelli, ο οποίος βασίστηκε στα αντικείμενα του Pd για να αναπτύξει ένα μεγάλο πακέτο προσθήκη στη Max, με την ονομασία *MSP* (συντομογραφία για *Max Signal Processing* και ταυτόχρονα τα αρχικά του Miller S. Puckette, ως αναγνώριση της προσφοράς του στην ανάπτυξη της Max) διαμορφώνοντας έτσι την έκδοση Max/MSP. Αργότερα, νέες βιβλιοθήκες αντικειμένων με την ονομασία *jitter* θα δώσουν στην Max την δυνατότητα να εκτελεί και επεξεργασία video.

Η λειτουργία της Max είναι προσανατολισμένη περισσότερο προς τις επί μέρους διεργασίες και δίνει έμφαση σε αντικείμενα το περιεχόμενο των οποίων ορίζεται από μηνύματα κειμένου. Βασική αρχή στον σχεδιασμό της Max είναι ότι το patch όπως εμφανίζεται στην οθόνη θα πρέπει να παρέχει όσο τον δυνατόν πιο πλήρη περιγραφή του τι συμβαίνει, ενώ η κατάσταση του κάθε αντικειμένου θα πρέπει να φαίνεται από το κείμενο που περιέχει. Βασικοί στόχοι του σχεδιασμού της Max είναι η απλότητα και η σαφήνεια (Puckette, 2002).

Η Max διαθέτει δυο καταστάσεις λειτουργίας. Στην κατάσταση *edit* ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει στο προγραμματιστικό περιβάλλον που λέγεται *patch* διάφορα αντικείμενα σε μορφή κουτιών, που περιέχουν το είδος του αντικειμένου και πιθανές αρχικές παραμέτρους ως κείμενο. Σημαντική είναι η διάκριση μεταξύ δυο ειδών αντικειμένων, αυτών που δημιουργούν ή επεξεργάζονται ηχητικό σήμα (η ύπαρξη του χαρακτήρα “~” ορίζει αυτού του είδους τα αντικείμενα) και αυτών που εκτελούν εντολές ελέγχου. Τα αντικείμενα αυτά διασυνδέονται μεταξύ τους από την



«έξοδο» κάποιων αντικειμένων στην «είσοδο» άλλων. Διαθέτει επίσης διάφορα εργαλεία, όπως κουτιά μηνυμάτων σε κείμενο που διαμορφώνουν την λειτουργία των αντικειμένων, sliders, διακόπτες, κουμπιά, γραφήματα, δείκτες κ.α. Στην κατάσταση λειτουργίας *run*, το *patch* κλειδώνει και σταθεροποιείται, αλλά ο χρήστης μπορεί να χειριστεί διαδραστικά τα διάφορα εργαλεία. Το στοιχείο αυτό προσδίδει στη Max διττό χαρακτήρα, καθώς ένα *patch* είναι ταυτόχρονα ένα «πρόγραμμα» και ένα διαδραστικό περιβάλλον χρήστη. Ακόμη, με την Max μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικοί τύποι συσκευών ελέγχου, είτε κοινοί (MIDI) είτε ιδιοκατασκευασμένοι ή ακόμα και αισθητήρες, δίνοντας έτσι την δυνατότητα δημιουργίας διαδραστικών μουσικών συστημάτων (Wang, 2008).

Η χρησιμότητα συστημάτων όπως η Max και το Pd έκαναν δυνατή την ανάπτυξη συστημάτων επεξεργασίας ήχου σε πραγματικό χρόνο, ενώ η δημοφιλία τους οδήγησε στην ανάπτυξη και άλλων λογισμικών προγραμματισμού, με χρήση εικονικών στοιχείων (object oriented Programming), με λειτουργικά στοιχεία υψηλότερου επιπέδου, όπως το Reaktor της Native Instruments και το Bidule της Plogue (Doornbusch, 2009c). Ως μια από τις πιο δημοφιλείς γλώσσες γραφικού προγραμματισμού για δημιουργία μουσικής με υπολογιστές, η Max συνεχίζει να εξελίσσεται και σήμερα βρίσκεται στην έκδοση 8.0, από την εταιρεία Cycling '74.

### 3.2. ByzElxeis - Χρήση της εφαρμογής

Η εφαρμογή ByzElxeis αναπτύχθηκε ως ένα εκπαιδευτικό εργαλείο, με σκοπό να υποστηρίξει με τεχνολογικά μέσα την μουσική εκπαίδευση κατά την διδασκαλία της βυζαντινής μουσικής και συγκεκριμένα την εκμάθηση των μικροτονικών διαστημάτων που χρησιμοποιεί τόσο στην δομή των κλιμάκων της, όσο και αυτών που διαμορφώνονται κατά την εμφάνιση μελωδικών έλξεων κατά την μουσική εκτέλεση. Στην παρούσα έκδοση η εφαρμογή περιορίζεται στους διατονικούς Ήχους και τις περιπτώσεις μελωδικών έλξεων που αυτοί παρουσιάζουν.

Μετά από επιλογή του χρήστη η εφαρμογή εκτελεί κλίμακες των Ήχων σε ανιούσα – κατιούσα μορφή καθώς και μελωδικές φράσεις που παρουσιάζουν τις μελωδικές έλξεις στις οποίες υπόκεινται κάποιοι φθόγγοι, όπως θα έκανε ένας δάσκαλος προς έναν μαθητή.

Το περιβάλλον χρήσης της εφαρμογής παρέχει δυνατότητα επιλογής κλίμακας Ήχου και της επιθυμητής τονικής βάσης. Σύμφωνα με τον επιλεγμένο ήχο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μελωδικά παραδείγματα μελωδικών έλξεων του Ήχου. Για την οπτική υποστήριξη της διδακτικής διαδικασίας προβάλλονται γραφικά διαγράμματα των κλιμάκων, σημειογραφική καταγραφή των μελωδικών φράσεων και κινητός



δείκτης τονικού ύψους, που αποσκοπεί στο να καταδεικνύει και γραφικά το τονικό ύψος του εκάστοτε φθόγγου.

Με την εκκίνηση της εφαρμογής η τονική βάση είναι προεπιλεγμένη στον φθόγγο Ρε<sub>4</sub> (D<sub>4</sub>)<sup>9</sup>, που αντιστοιχεί στον φθόγγο Πα της βυζαντινής μουσικής, ο οποίος είναι η βάση του Ά Ήχου. Το πεδίο «επιλογή Ήχου» προεπιλέγεται σε «Ά Ήχος» και φορτώνονται οι αντίστοιχες επιλογές μελωδικών έλξεων στο αντίστοιχο πεδίο. Προβάλλεται επίσης στο κάθετο διάγραμμα, στην δεξιά πλευρά, το διάγραμμα του πρώτου ήχου που παρουσιάζει τους τόνους της κλίμακας καθώς και τις διαβαθμίσεις ανά δύο ηχομόρια.

Με το πάτημα του κουμπιού «Εκτέλεση κλίμακας» εκκινείται ο μηχανισμός αναπαραγωγής και εκτελείται η κλίμακα του επιλεγμένου Ήχου. Παράλληλα εμφανίζεται διάγραμμα της κλίμακας στο οριζόντιο πεδίο προβολής στο κάτω μέρος της εφαρμογής. Στο κάθετο πεδίο προβολής, στα δεξιά, εμφανίζεται επίσης διάγραμμα της κλίμακας πάνω στο οποίο κινείται δείκτης που καταδεικνύει γραφικά το τονικό ύψος των φθόγγων. Σε κάποιους Ήχους το κάθετο διάγραμμα εμφανίζεται εκτεταμένο, πέραν των ορίων μίας οκτάβας, ώστε να καλύπτει την έκταση κάποιων παραδειγμάτων μελωδικών έλξεων.

Στο πεδίο «Μελωδικές Έλξεις» υπάρχει αναπτυσσόμενο μενού επιλογών το οποίο περιέχει παραδείγματα των μελωδικών έλξεων του επιλεγμένου Ήχου. Υπάρχουν πολλαπλά παραδείγματα για κάποιες περιπτώσεις, ιδιαίτερα για τις μελωδικές έλξεις που είναι πιο συχνές στο βυζαντινό μέλος. Μόλις ο χρήστης επιλέξει κάποιο παράδειγμα, αμέσως εκτελείται η αντίστοιχη μελωδική φράση και εμφανίζεται η σημειογραφική της καταγραφή σε βυζαντινή σημειογραφία στο οριζόντιο πεδίο προβολής, στο κάτω μέρος. Ο κινητός δείκτης στο κάθετο πεδίο προβολής ακολουθεί τους φθόγγους που εκτελούνται καταδεικνύοντας και γραφικά την ποσοτική μετατόπιση των φθόγγων που υπόκεινται σε έλξεις, πράγμα που είναι και ο ουσιαστικός λόγος ύπαρξης αυτού του στοιχείου.

Το κουμπί «Επανάληψη» επαναλαμβάνει ακριβώς ό,τι ακούστηκε τελευταία, είτε ήταν η ανιούσα – κατιούσα κλίμακα ενός Ήχου, είτε μια μελωδική φράση παράδειγμα μελωδικής έλξης. Η χρήση αυτού του κουμπιού, ενώ ήδη εκτελείται κάτι, σταματάει την αναπαραγωγή και αρχίζει ξανά την ίδια διαδοχή φθόγγων.

Το κουμπί «stop» διακόπτει την αναπαραγωγή.

---

<sup>9</sup> Στην εφαρμογή χρησιμοποιούνται οι καθιερωμένες ονομασίες φθόγγων κατά το αλφαβητικό σύστημα της Δυτικής μουσικής (C, D, E, F, G, A, B), καθώς η χρήση φυσικού τονοδότη που χρησιμοποιεί αυτόν τον συμβολισμό είναι μια συνήθης πρακτική ώστε οι ονομασίες αυτές των φθόγγων να είναι οικείες στους κύκλους της βυζαντινής μουσικής. Ένας επιπλέον λόγος είναι για να υποδηλώσει τις καθιερωμένες συχνότητες των φθόγγων αυτών ως τονικά κέντρα με φθόγγο αναφοράς το Α4 – 440Hz.

Η ταχύτητα αναπαραγωγής κλιμάκων και μελωδικών παραδειγμάτων είναι προκαθορισμένη στο πρόγραμμα. Παρέχεται ωστόσο η δυνατότητα αλλαγής της ταχύτητας αναπαραγωγής από τον χρήστη μέσω του slider στο πεδίο «Ταχύτητα αναπαραγωγής». Όταν ο δείκτης βρίσκεται στην αρχική του θέση, στο κέντρο, η ταχύτητα αναπαραγωγής είναι η προκαθορισμένη από το πρόγραμμα. Αν ο χρήστης μεταθέσει τον δείκτη προς τα δεξιά (+) η αναπαραγωγή γίνεται ταχύτερη, ενώ προς τα αριστερά βραδύτερη.

Στην αριστερή πλευρά του περιβάλλοντος υπάρχει ακόμη ένα slider ρύθμισης της έντασης του αναπαραγόμενου Ήχου καθώς και ένας δείκτης έντασης.



Εικόνα 9 Το περιβάλλον χρήσης της εφαρμογής ByzElxeis

### 3.3. Περιγραφή εσωτερικής λειτουργίας της εφαρμογής

#### 3.3.1. Υπολογισμός συχνοτήτων ηχομορίων

Όπως έχει προαναφερθεί, η βυζαντινή μουσική χρησιμοποιεί συγκερασμό σε 72 τμήματα για την διαμόρφωση των κλιμάκων της. Το μικρότερο μέγεθος που χρησιμοποιείται είναι τα 2 ηχομόρια ή τμήματα. Στο πρώτο μέρος της εφαρμογής γίνεται υπολογισμός των συχνοτήτων ανά 2 τμήματα από δεδομένη τονική βάση.

Θεωρητικά ο φθόγγος ΝΗ έχει αντιστοιχιστεί με το Ντο4 (C4) της Ευρωπαϊκής μουσικής<sup>10</sup>. Στην πράξη, ωστόσο, πολύ συχνά υπάρχει η ανάγκη να ληφθεί, είτε χαμηλότερα είτε ψηλότερα, βάση διαφορετικού τονικού ύψους.

Το πρώτο βήμα είναι η επιλογή της τονικής βάσης. Προσφέρεται η δυνατότητα από μια έκταση Σολ<sub>3</sub>(G3) – Σολ<sub>4</sub> (G4) ανά ημιτόνιο, σύμφωνα με την πρακτική χρήσης τονοδότη (διαπασών). Η επιλογή γίνεται στην Max με την χρήση αριθμών φθόγγων σε πρωτόκολλο MIDI (note number) και την μετατροπή τους σε συχνότητες (Hz). Για μεγαλύτερη ευχρηστία και εργονομία χρησιμοποιείται ένα αναπτυσσόμενο μενού από όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τον επιθυμητό φθόγγο ως τονική βάση.

Κατόπιν γίνεται υπολογισμός των συχνοτήτων των ηχομορίων ανά 2 τμήματα, με συχνότητα αναφοράς την επιλεγμένη τονική βάση, σύμφωνα με τον μαθηματικό υπολογισμό των συχνοτήτων των άκρων συγκερασμένων διαστημάτων:

$$(1) \quad f = \varphi \cdot 2^{\frac{n}{N}}$$

όπου  $\varphi$  η δεδομένη συχνότητα ενός εκ των δύο άκρων του διαστήματος,  $n$  το μέγεθος του διαστήματος σε ηχομόρια και  $N$  το πλήθος ηχομορίων του συγκερασμού.

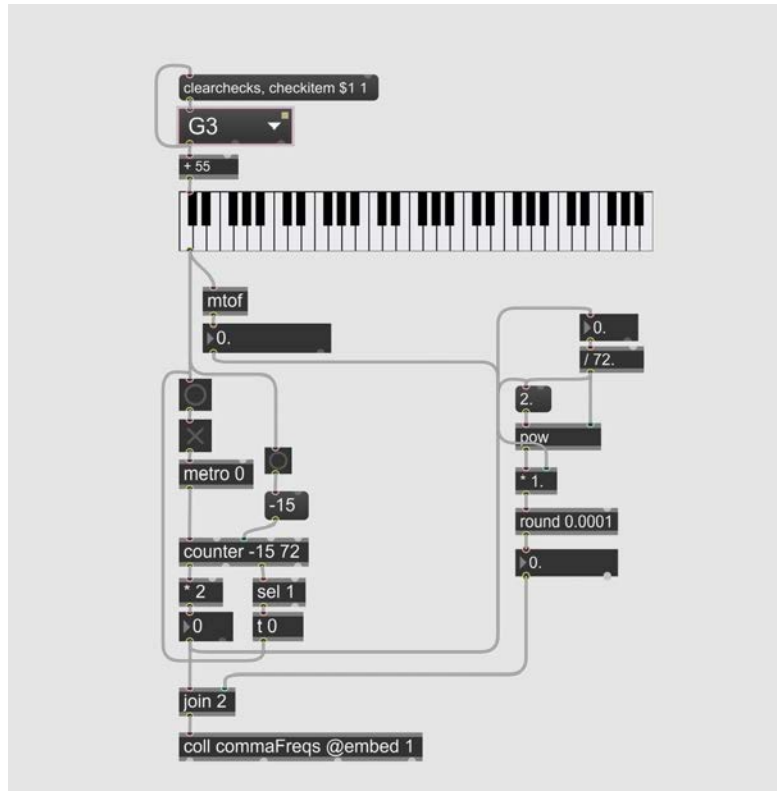
Για να εξασφαλιστεί αρκετή έκταση φθόγγων για την εκτέλεση των κλιμάκων και των μελωδικών παραδειγμάτων παρακάτω, υπολογίζονται η συχνότητες μορίων σε έκταση ενός τετραχόρδου κάτω από την επιλεγμένη τονική βάση (-30 ηχομόρια) έως και δύο οκτάβες οξύτερα (144 ηχομόρια).

Έτσι ο υπολογισμός των συχνοτήτων των ηχομορίων σε συγκερασμό 72 τμημάτων ανά δύο μπορεί να περιγραφεί από την έκφραση:

$$(2) \quad F_{2n} = f_0 \cdot 2^{\frac{2n}{72}}, \quad -15 \leq n \leq 72$$

---

<sup>10</sup> Αντίστοιχα το ΠΑ αντιστοιχεί στο ΡΕ, το ΒΟΥ στο ΜΙ κ.ο.κ.



Εικόνα 10 Υπολογισμός συχνότητων των ηχομορίων και αποθήκευση σε αρχείο δεδομένων

Αμέσως μετά την εκτέλεση του υπολογισμού της κάθε συχνότητας, ο αύξων αριθμός του ηχομορίου (στο εξής αριθμός “*index*”) και το αποτέλεσμα αποθηκεύονται σε ένα αρχείο δεδομένων με χρήση ενός αντικειμένου [COLL] με το όνομα `commaFreqs`. Στα επόμενα μέρη της εφαρμογής η κάθε συχνότητα ανακαλείται με τον αύξοντα αριθμό της (*index*), που αντιστοιχεί στα ηχομόρια στην δομή της κλίμακας.

### 3.3.2. Εκτέλεση κλιμάκων των Διατονικών Ήχων

#### 3.3.2.1. Επιλογή κλίμακας Ήχου

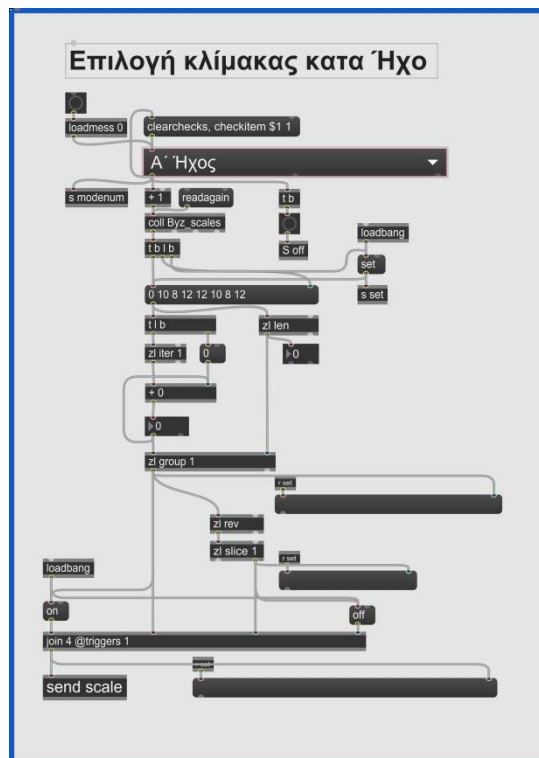
Στο δεύτερο μέρος της εφαρμογής γίνεται επιλογή και εκτέλεση κλιμάκων των διατονικών ήχων της βυζαντινής μουσικής.

Στην θεωρία και την διδασκαλία της βυζαντινής μουσικής συνηθίζεται να εκφράζεται η δομή της κλίμακας ενός ήχου ως διαδοχή διαστημάτων σε πλήθος ηχομορίων (π.χ. 12, 10, 8, 12, 12, 10, 8). Η δομή αυτή διατηρείται στην δομή των δεδομένων που χρησιμοποιεί η εφαρμογή. Οι αλληλουχίες διαστημάτων σε πλήθος ηχομορίων που συνθέτουν τις κλίμακες των ήχων βρίσκονται αποθηκευμένες ως αριθμητικές λίστες στο εξωτερικό αρχείο `Byz_scales.txt`. Της κάθε λίστας προηγείται ένας αριθμός γραμμής δεδομένων, με τον οποίο θα γίνει η ανάκληση –

ανάγνωση για εκτέλεση. Ένα δεύτερο αντικείμενο [coll] διαβάζει και φορτώνει τα δεδομένα αυτά από το εξωτερικό αρχείο. Για την ανάκληση της επιθυμητής κλίμακας χρησιμοποιείται ένα αναπτυσσόμενο μενού επιλογής (αντικείμενο [umenu]), στις θέσεις του οποίου βρίσκονται καταχωρημένοι οι Ήχοι που μπορεί να επιλέξει ο χρήστης.

Οι αριθμοί επιλογών του μενού αντιστοιχούν στους αριθμούς των γραμμών του αρχείου Byz\_scales που είναι φορτωμένο στο αντικείμενο [coll]. Έτσι όταν ο χρήστης κάνει μια επιλογή, δίνεται εντολή στο [coll] να εξάγει την αντίστοιχη γραμμή δεδομένων.

Στο σημείο αυτό, μετά την επιλογή ήχου από τον χρήστη, δίνονται και κάποιες άλλες εντολές που αφορούν την περίοδο αναπαραγωγής των φθόγγων της κλίμακας και την σίγαση της μηχανής αναπαραγωγής ήχου σε περίπτωση μιας νέας επιλογής.



Εικόνα 11 Ο μηχανισμός επιλογής και διαμόρφωσης ανιούσας - κατιούσας κλίμακας

### 3.3.2.2. Διαμόρφωση ανιούσας – κατιούσας κλίμακας

Ο πρώτος στόχος της παρούσας εφαρμογής είναι να παρουσιάζει με τονική ακρίβεια τις κλίμακες των Ήχων της βυζαντινής μουσικής. Κατά την εκπαιδευτική πρακτική μια κλίμακα παρουσιάζεται ως ανιούσα και κατιούσα διαδοχή των φθόγγων της. Χρειαζόμαστε λοιπόν μια αλληλουχία που θα αντιπροσωπεύει τους φθόγγους της κλίμακας.

Οι λίστες που περιέχονται στο αρχείο `Byz_scales.txt` αντιπροσωπεύουν τις κλίμακες ως ακολουθίες μουσικών διαστηματικών μεγεθών σε ηχομόρια, όπως είναι ο οικείος τρόπος περιγραφής μιας κλίμακας στην βυζαντινή μουσική. Χρειάζεται λοιπόν οι λίστες αυτές να μεταφραστούν σε αριθμούς που να αντιπροσωπεύουν, ως αριθμοί *index*, συγκεκριμένους φθόγγους – συχνότητες και όχι μεγέθη διαστημάτων.

Για να διαμορφωθεί η ανιούσα αλληλουχία, ο κάθε αριθμός προκύπτει από το άθροισμα των διαδοχικών διαστηματικών μεγεθών. Έτσι η αριθμητική σειρά της ανιούσας κλίμακας ( $I$ ) μπορεί να περιγραφεί από την έκφραση (2):

$$(3) \quad I_N = \sum_{n=1}^N \delta_n$$

όπου  $\delta$  (διαστήματα) η ακολουθία διαστηματικών μεγεθών της κλίμακας και  $N$  το μήκος της ακολουθίας  $\delta$ .

Έτσι, για παράδειγμα, η κλίμακα του Πρώτου ήχου που περιγράφεται από την διαδοχή διαστημάτων  $\delta = (0, 10, 8, 12, 12, 10, 8, 12)$  θα μετασχηματιστεί στην αλληλουχία  $I = (0, 10, 18, 30, 42, 52, 60, 72)$ , οι οποίοι είναι αριθμοί *index* του αρχείου `commaFreqs` που αντιστοιχούν σε συχνότητες των φθόγγων της κλίμακας.

Για να δημιουργηθεί η ανιούσα - κατιούσα κλίμακα η ακολουθία « $I$ » αντιστρέφεται ώστε να δημιουργηθεί η κατιούσα ακολουθία φθόγγων και κατόπιν συγκολλάται με την ανιούσα. Από την ανεστραμμένη αλληλουχία «φθόγγων», δηλ. την κατιούσα κλίμακα, αποκόπτεται ο πρώτος αριθμός που αντιστοιχεί στην κορυφή της κλίμακας, ώστε να μην ακουστεί επανάληψή της.

Η ανεστραμμένη ακολουθία περιγράφεται από την έκφραση (3):

$$(4) \quad R_i = \Phi_{N-i} = \sum_{i=1}^N \delta_{N-i}$$

Έτσι η ανιούσα – κατιούσα κλίμακα του Πρώτου ήχου αντιπροσωπεύεται από την ακολουθία:

$$S_l = \begin{cases} I_N & \text{για } 1 \leq l \leq N \\ I_{N-i} & \text{για } N + 1 \leq l \leq 2N - 1 \end{cases}$$

Π.χ.

$$S_l = (0, 10, 18, 30, 42, 52, 60, 72, 60, 52, 42, 30, 18, 10, 0)$$

Η ακολουθία αυτή διοχετεύεται στον μηχανισμό αναπαραγωγής φθόγγων που θα περιγραφεί παρακάτω.

### **3.3.3. Παρουσίαση Μελωδικών Έλξεων μέσω σύντομων μελωδικών φράσεων**

Κάθε Ήχος ή μορφή Ήχου παρουσιάζει μια σειρά περιπτώσεων μελωδικών έλξεων που αφορούν σε διαφορετικούς φθόγγους. Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος να παρουσιαστούν οι μελωδικές έλξεις στις οποίες υπόκεινται συγκεκριμένοι φθόγγοι της κλίμακας ενός Ήχου είναι στο πλαίσιο μιας μελωδικής φράσης, χαρακτηριστικής της κάθε περίπτωσης.

#### **3.3.3.1. Επιλογή περιπτώσεων μελωδικών έλξεων ανά Ήχο**

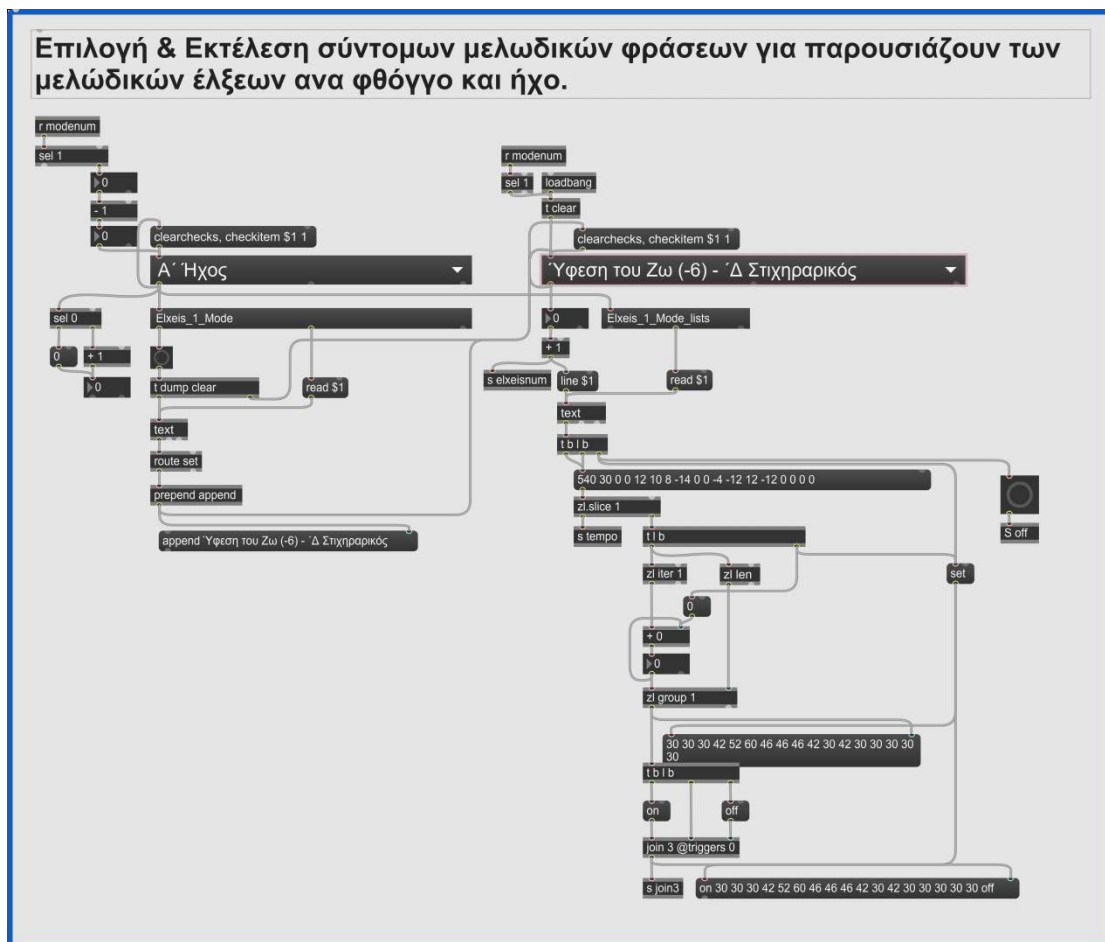
Οι επιλογές μελωδικών έλξεων της εφαρμογής εμφανίζονται μετά την επιλογή Ήχου, η οποία γίνεται από το προηγούμενο μέρος, όπου επιλέγεται η κλίμακα του ήχου. Με την επιλογή κλίμακας Ήχου εμφανίζονται σε ένα μενού επιλογών οι περιπτώσεις μελωδικών έλξεων του ήχου που είναι στη διάθεση του χρήστη.

Η τίτλοι των παραδειγμάτων μελωδικών έλξεων βρίσκονται αποθηκευμένοι σε εξωτερικά αρχεία. Όταν ο χρήστης επιλέξει τον ήχο του οποίου τις μελωδικές έλξεις θέλει να ακούσει, αυτόματα γίνεται επιλογή του αντίστοιχου αρχείου από ένα υπομενού στο οποίο ο χρήστης δεν έχει πρόσβαση. Το υπομενού αυτό έχει καταχωρημένα τα ονόματα αρχείων σε θέσεις που αντιστοιχούν στις θέσεις του μενού επιλογής ήχου (π.χ. `Elxeis_1_Mode.txt`).

Όταν γίνει η επιλογή, το αρχείο που περιέχει τους τίτλους των παραδειγμάτων μελωδικών έλξεων διαβάζεται και τα περιεχόμενά του «φορτώνονται», ανά γραμμή κειμένου, σε ένα αντικείμενο [text].

Αφού γίνει η ανάγνωση του αρχείου, δίνεται εντολή στο αντικείμενο [text] να εξάγει όλα τα περιεχόμενά του ανά γραμμή κειμένου. Σε κάθε γραμμή προστίθεται πριν από το κείμενο η εντολή “append”, η οποία καταχωρεί το κείμενο στις θέσεις του επόμενου μενού επιλογής (αντικείμενο [umenu]) από όπου μπορεί ο χρήστης να επιλέξει το παράδειγμα που θέλει να ακούσει.

Κάθε φορά που γίνεται μια νέα επιλογή ήχου, γίνεται επαναφορά – άδειασμα του μενού επιλογής παραδειγμάτων με την εντολή “clear”, ώστε να αποφευχθεί επικάλυψη δεδομένων και σύγχυση.



Εικόνα 12 Ο μηχανισμός επιλογής παραδειγμάτων μελωδικών έλξεων και ο μηχανισμός διαμόρφωσης των δεδομένων που αντιπροσωπεύουν τις μελωδικές φράσεις



### 3.3.3.2. Αναπαραγωγή παραδειγμάτων μελωδικών έλξεων

Όπως προαναφέραμε, η παρουσίαση των μελωδικών έλξεων γίνεται με τη χρήση σύντομων μελωδικών φράσεων. Οι μελωδικές αυτές φράσεις βρίσκονται αποθηκευμένες σε εξωτερικά αρχεία ως ακολουθίες διαστηματικών μεγεθών σε ηχομόρια. Τα ανιόντα διαστήματα κωδικοποιούνται με θετικά μεγέθη, ενώ τα κατιόντα με αρνητικά.

Όπως συμβαίνει και στον μηχανισμό διαμόρφωσης των κλιμάκων, έτσι και εδώ τα διαστηματικά μεγέθη προστίθενται ώστε να προκύψουν οι αύξοντες αριθμοί που αντιστοιχούν σε συχνότητες φθόγγων στο αρχείο `commaFreqs` του αντικειμένου `[coll]`.

Χρειάζεται να καθοριστεί η περίοδος αναπαραγωγής των φθόγγων, καθώς κάποιες μελωδικές φράσεις περιλαμβάνουν μικρότερες ρυθμικές αξίες (όγδοα) και θα πρέπει να εκτελεστούν ταχύτερα. Το πρώτο νούμερο της ακολουθίας των μελωδικών φράσεων καθορίζει την περίοδο αναπαραγωγής των φθόγγων σε ms. Για τις φράσεις που περιλαμβάνουν όγδοα ορίζεται σε 540ms, ενώ για τις φράσεις που έχουν μόνο τέταρτα σε 800ms. Η επιλογή της ταχύτητας αναπαραγωγής έγινε με γνώμονα την σαφήνεια των παραδειγμάτων και όχι αυστηρά ρυθμικά. Δεν τηρείται ίδια ρυθμική αγωγή μεταξύ των φράσεων που περιέχουν τέταρτα και αυτών που περιέχουν και όγδοα, και γι αυτό δεν υπάρχει αναλογία μεταξύ των χρόνων που έχουν επιλεγεί. Προσφέρεται επίσης η δυνατότητα ρύθμισης ταχύτερης ή και βραδύτερης αναπαραγωγής, σε εύρος  $\pm 300$ ms, με χρήση ενός slider.

Στα παραδείγματα που περιλαμβάνουν όγδοα θα πρέπει να γίνουν επαναλήψεις κάποιων φθόγγων που έχουν μεγαλύτερη αξία (τέταρτα ή μισά). Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση του «0», ώστε το αποτέλεσμα να είναι το ίδιο και να επαναληφθεί ο ίδιος φθόγγος.

Ο πρώτος αριθμός της ακολουθίας διαστημάτων ορίζει το διάστημα πάνω από την τονική βάση από όπου ξεκινάει η μελωδική φράση. Οι ακολουθίες αυτές βρίσκονται αποθηκευμένες σε εξωτερικά αρχεία με ονόματα αρχείου του τύπου "Elxeis\_1\_Mode\_lists.txt" και αντιστοιχούν ως προς τον αριθμό γραμμής κειμένου με τους τίτλους παραδειγμάτων που περιγράψαμε παραπάνω.

Τα ονόματα αρχείων που περιέχουν τις μελωδικές φράσεις βρίσκονται καταχωρημένα σε ένα υπομενού (αντικείμενο `uMenu`) στο οποίο ο χρήστης δεν έχει πρόσβαση ούτε δυνατότητα επιλογής.

540 42 4 0 0 -4 -12 0 -12 -8 20 0 0 0 0 0

*Παράδειγμα ακολουθίας διαστημάτων μελωδικής φράσης του πλαγίου Πρώτου ήχου. Ο πρώτος αριθμός καθορίζει την ταχύτητα αναπαραγωγής*

Η επιλογή γίνεται από το μενού επιλογής ήχου, με τρόπο όμοιο όπως περιγράψαμε παραπάνω. Όταν ο χρήστης επιλέξει ήχο, επιλέγεται το αντίστοιχο *filename* και το αντίστοιχο αρχείο «φορτώνεται» σε ένα αντικείμενο [text] ανά γραμμή κειμένου. Οι τίτλοι των παραδειγμάτων βρίσκονται καταχωρημένοι στο μενού επιλογής μελωδικών έλξεων. Όταν γίνει μία επιλογή, δίνεται εντολή στο αντικείμενο [text] να εξάγει την αντίστοιχη γραμμή κειμένου με την αντίστοιχη ακολουθία διαστημάτων του μελωδικού παραδείγματος.

Η αρίθμηση των θέσεων του μενού επιλογής ξεκινά από το -0- ενώ η αρίθμηση των γραμμών κειμένου του αντικειμένου *text* ξεκινά από το -1-. Για να αποκατασταθεί η αντιστοιχία, στην έξοδο του μενού επιλογής προστίθεται μία μονάδα (+1).

Από την αριθμητική ακολουθία που εξάγεται από το αντικείμενο [text] το πρώτο νούμερο που ορίζει την περίοδο αναπαραγωγής αποκόπτεται και αποστέλλεται στον μηχανισμό αναπαραγωγής. Οι υπόλοιποι αριθμοί, που αντιπροσωπεύουν διαστηματικά μεγέθη, πρέπει να μεταφραστούν σε αριθμούς *index* που αντιστοιχούν σε συχνότητες φθόγγων. Ομοίως, όπως και στο μηχανισμό διαμόρφωσης κλιμάκων που περιγράφηκε παραπάνω, τα μεγέθη διαστημάτων προστίθενται κατά σειρά ώστε να προκύψουν οι επιθυμητοί αριθμοί.

Όπως προαναφέρθηκε, τα διαστηματικά μεγέθη των μελωδικών φράσεων έχουν θετικό πρόσημο όταν είναι ανιόντα διαστήματα και αρνητικό όταν είναι κατιόντα. Έτσι με την πρόσθεση θετικών και αρνητικών διαστηματικών μεγεθών επιτυγχάνεται η διαμόρφωση μελωδικών φράσεων που παρουσιάζουν τους φθόγγους των κλιμάκων και τις μελωδικές έλξεις που παρουσιάζονται σε κάθε ήχο με τονική – συχνοτική ακρίβεια, σύμφωνα με την θεωρία.

- 800 0 10 8 12 12 10 8 12 -12 -14 -4 -12 -12 -8 -10 0
- 0 10 18 30 42 52 60 72 60 46 42 30 18 10 0 0

*Παράδειγμα αριθμητικών ακολουθιών μελωδικού παραδείγματος πριν και μετά την επεξεργασία. Στην πρώτη μορφή τα μεγέθη αντιπροσωπεύουν διαστήματα, ενώ στην δεύτερη αύξοντα αριθμό ηχομοριών που αντιστοιχούν σε συχνότητες στο αρχείο *commaFreqs**

### 3.3.4. Μηχανισμός αναπαραγωγής ήχων

Ο μηχανισμός αναπαραγωγής ήχων – φθόγγων δέχεται τις ακολουθίες αριθμών *index* του αρχείου *commaFreqs* στο αντικείμενο [coll] από όπου εξάγονται οι αντίστοιχες συχνότητες των φθόγγων των κλιμάκων ή των μελωδικών φράσεων που παρουσιάζουν τις μελωδικές έλξεις, οι οποίες εν τέλει αναπαράγονται ηχητικά.



πρώτο αριθμητικό στοιχείο. Κατά την επεξεργασία των δεδομένων το στοιχείο αυτό αποκόπτεται και αποστέλλεται στο αντικείμενο [delay]. Επιπλέον, σε περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί ταχύτερη ή βραδύτερη αναπαραγωγή, υπάρχει ένα αντικείμενο [live.slider] το οποίο μειώνει ή αυξάνει το χρονικό διάστημα σε βήματα 100ms, σε εύρος  $\pm 300\text{ms}$ .

Από το αντικείμενο [zl slice], οι αριθμοί της ακολουθίας φθόγγων διοχετεύονται διαδοχικά στο αντικείμενο [coll commaFreqs], δίνοντας την εντολή να εξαχθεί το αντίστοιχο μέγεθος συχνότητας σε Hz. Στη συνέχεια, η συχνότητα πλέον, διοχετεύεται στον ταλαντωτή για παραγωγή ήχου. Ενδιάμεσα παρεμβάλλεται ένα αντικείμενο [line~] ώστε να γίνεται ομαλή μετάβαση από την μια συχνότητα στην επόμενη και να αποφευχθούν ανεπιθύμητοι ήχοι (κλικ, παραμόρφωση κτλ).

Για την αναπαραγωγή ήχου χρησιμοποιείται μια διάταξη προσθετικής σύνθεσης σταθερού φάσματος (fixed spectrum additive synthesis) με χρήση της τεχνικής σύνθεσης μέσω πίνακα κυματομορφής (wavetable synthesis). Σύμφωνα με την τεχνική αυτή δημιουργούμε σε μια περιοχή μνήμης, μέσω αντικειμένου [buffer~], μια σύνθετη κυματομορφή, αποτελούμενη από έναν αριθμό αρμονικών, ακέραιων πολλαπλασίων της θεμελίου. Τα πλάτη των αρμονικών ρυθμίζονται με την βοήθεια ενός αντικειμένου [multislider], τα στοιχεία του οποίου δίνουν τιμές ανάμεσα σε 0 και 1, καθορίζοντας το πλάτος του κάθε αρμονικού. Οι επί μέρους αρμονικοί προστίθενται συνθέτοντας μια περίοδο μιας σύνθετης κυματομορφής. Η κυματομορφή αυτή διοχετεύεται σε ένα ψηφιακό ταλαντωτή (αντικείμενο [cycle~]), που παράγει έναν σύνθετο ήχο βάση της δεδομένης θεμελίου συχνότητας.

Ο πολλαπλασιασμός στην έξοδο της cycle με πολλαπλασιαστές το -0- ή το -1- ορίζει την αρχή και το τέλος της κάθε μελωδικής φράσης. Στην αρχή και το τέλος κάθε ακολουθίας προστίθενται οι λέξεις on και off, οι οποίες μέσω αντικειμένων [select] στέλνουν στον πολλαπλασιασμό τιμές 0 και 1 αντίστοιχα.

Κατόπιν το ηχητικό σήμα περνάει από ένα αντικείμενο [gain~] για έλεγχο της έντασης, καθώς και από αντικείμενα [meter~], [scope~] και [spectroscope~] για παρακολούθηση κυματομορφής, έντασης και φάσματος.

Σε περίπτωση που ο χρήστης θέλει να σταματήσει την αναπαραγωγή, υπάρχει ένα κουμπί STOP, το οποίο σταματάει το αντικείμενο [delay], μηδενίζει την συχνότητα στην [cycle~], και μηδενίζει το πλάτος του ήχου.

Επίσης, σε περίπτωση που ο χρήστης θέλει να επαναλάβει το τελευταίο παράδειγμα ή κλίμακα, ένα κουμπί «Επανάληψη» διοχετεύει την ακολουθία που εκτελέστηκε τελευταία, ώστε να ακουστεί ξανά.

### 3.3.5. Προβολή υποστηρικτικών εικόνων

Ως υποστηρικτικό υλικό για την καλύτερη κατανόηση των κλιμάκων και των μελωδικών έλξεων που παρουσιάζονται από την εφαρμογή προβάλλονται επίσης εικόνες που παρουσιάζουν διαγράμματα των κλιμάκων αλλά και τα μελωδικά παραδείγματα σε μουσική σημειογραφία βυζαντινής μουσικής.

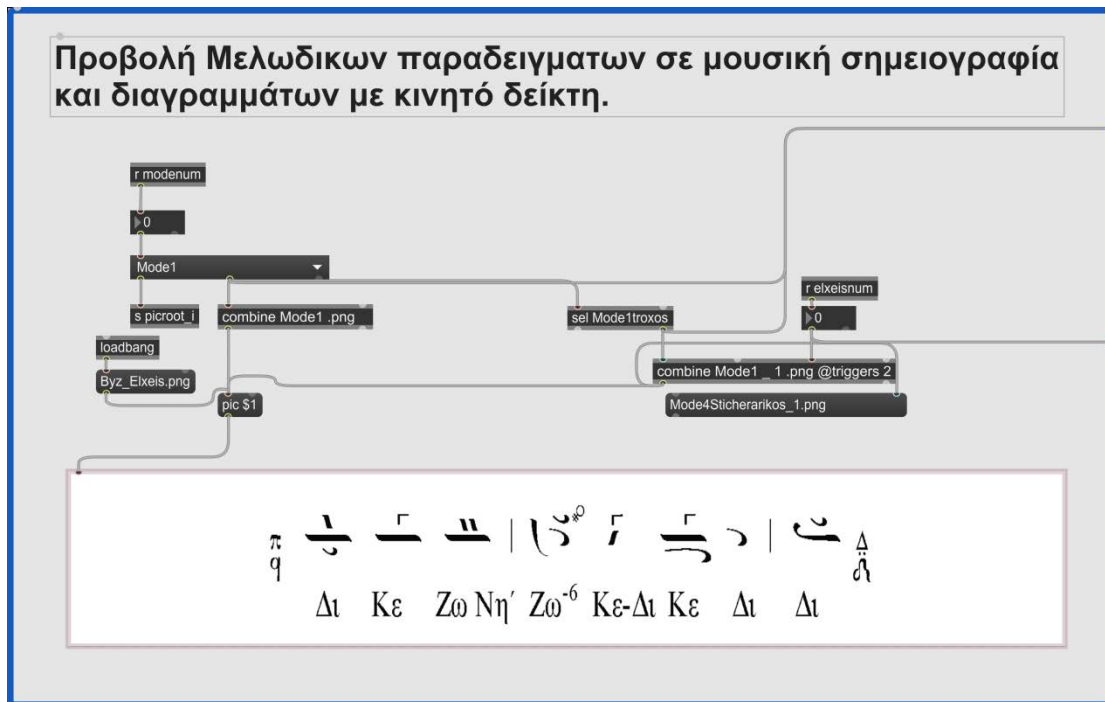
Επίσης, παρουσιάζεται κατά την εκτέλεση κλιμάκων και μελωδικών παραδειγμάτων διάγραμμα της εκάστοτε κλίμακας, με κινητό δείκτη που δείχνει το ύψος του κάθε φθόγγου στην δομή της κλίμακας.

#### 3.3.5.1. Προβολή διαγραμμάτων και μελωδικών παραδειγμάτων

Τα αρχεία εικόνων βρίσκονται αποθηκευμένα σε αρχεία \*.png και προβάλλονται μέσω του αντικειμένου [fpic]. Η ανάκληση και προβολή των εικόνων γίνεται ανάλογα με τις επιλογές του χρήστη στα προηγούμενα στάδια, μέσω ενός μηχανισμού που διαμορφώνει το όνομα αρχείου της αντίστοιχης εικόνας. Ο μηχανισμός αυτός βασίζεται κυρίως σε αντικείμενα [umenu].

Τα αρχεία εικόνων των διαγραμμάτων των κλιμάκων έχουν ονόματα αρχείων του τύπου: Mode1.png, Mode4plagal.png κ.ο.κ. Το κύριο μέρος των ονομάτων αρχείων (π.χ. Mode1) είναι καταχωρημένα στις θέσεις ενός μενού επιλογής (αντικείμενο [umenu]). Όταν ο χρήστης επιλέξει έναν ήχο, εξάγεται από το αντικείμενο [umenu] το αντίστοιχο όνομα αρχείου ως κείμενο. Κατόπιν προστίθεται η κατάληξη αρχείου (.png) και το ολοκληρωμένο πλέον filename διοχετεύεται στο αντικείμενο προβολής εικόνας [fpic] μέσω ενός μηνύματος με το πρόθεμα “pic” που δίνει την εντολή για να φορτωθεί η εικόνα.

Οι εικόνες με τα μελωδικά παραδείγματα σε βυζαντινή σημειογραφία έχουν ονόματα αρχείων του τύπου: Mode1\_1.png, Mode1\_2.png κ.ο.κ. Είναι αριθμημένα αντίστοιχα με τις επιλογές που έχει ο χρήστης στην διάθεσή του στο μενού επιλογής παραδειγμάτων μελωδικών έλξεων. Το όνομα του αρχείου εικόνας (filename) διαμορφώνεται σε ένα αντικείμενο [combine]. Το δηλωτικό ήχου έχει ήδη διοχετευτεί όταν ο χρήστης επιλέγει ήχο, κατόπιν με την επιλογή του επιθυμητού παραδείγματος διοχετεύεται ο αύξων αριθμός του παραδείγματος. Ενδιάμεσα προστίθεται ο χαρακτήρας “\_” και στο τέλος η κατάληξη “.png” ώστε να διαμορφωθεί το πλήρες όνομα αρχείου (π.χ. Mode4plagal\_9.png) . Στη συνέχεια μέσω ενός μηνύματος με το πρόθεμα “pic” δίνεται η εντολή στο αντικείμενο [fpic] να προβάλει την αντίστοιχη εικόνα.



Εικόνα 14 Προβολή εικόνων με σημειογραφική καταγραφή των μελωδικών φράσεων που εκτελούνται και διαγράμματα των κλιμάκων

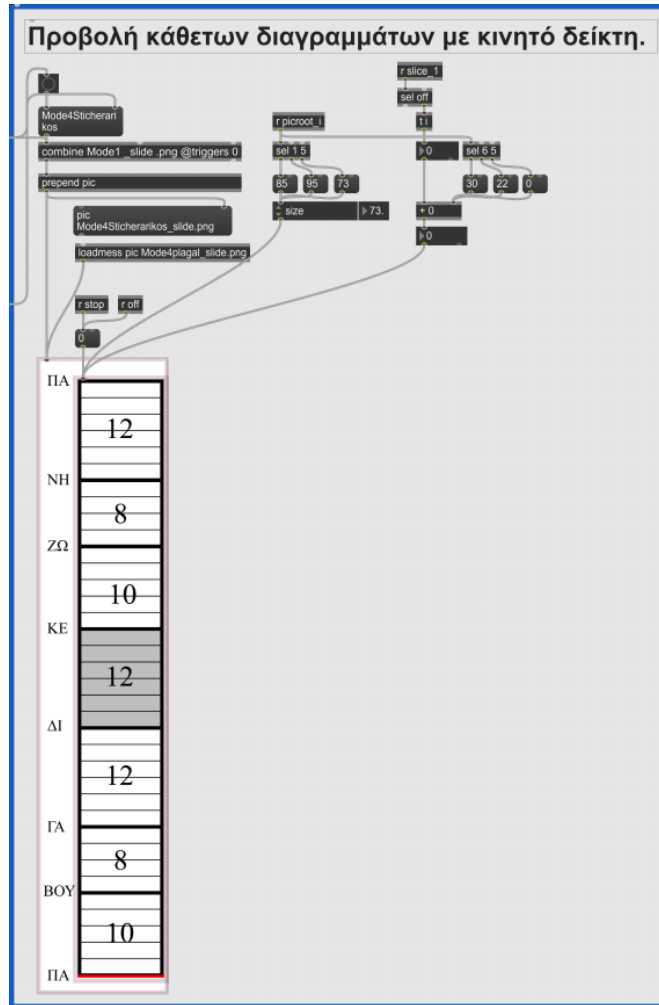
### 3.3.5.2. Προβολή διαγραμμάτων με κινητό δείκτη

Επιπλέον, παραπλεύρως προβάλλονται σε μορφή στήλης διαγράμματα των κλιμάκων που παρουσιάζουν επίσης τις θέσεις των ηχομορίων με έναν κινητό δείκτη που καταδεικνύει το τονικό ύψος του κάθε φθόγγου στο διάγραμμα της κλίμακας, παρουσιάζοντας και παραστατικά το μέγεθος των μελωδικών έλξεων που αλλοιώνουν κάποιους φθόγγους και την ακριβή θέση αυτών στην κλίμακα.

Για την προβολή των διαγραμμάτων αυτών χρησιμοποιείται επίσης ένα αντικείμενο [fPIC] και ένας αντίστοιχος μηχανισμός διαμόρφωσης των filenames των αρχείων αυτών των διαγραμμάτων, που είναι διαφορετικά, με το δηλωτικό ήχου και την κατάληξη “\_slide” (π.χ. Mode1plagal\_slide.png).

Για κάποια παραδείγματα που κινούνται πέραν των ορίων της οκτάβας, προς τα επάνω ή προς τα κάτω, παρουσιάζονται εκτεταμένα διαγράμματα που να περιλαμβάνουν την έκταση αυτή.

Ο κινητός δείκτης επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός αντικειμένου [slider]. Το μέγεθος του slider προσαρμόζεται στις σταθερές διαστάσεις των διαγραμμάτων, ενώ οι διαβαθμίσεις του προσαρμόζονται ανάλογα μέσω μηνυμάτων. Ο δείκτης κινείται ανάλογα με τον αριθμό index του κάθε φθόγγου. Σε περιπτώσεις που η βάση του ήχου (index=0) παρουσιάζεται σε υψηλότερο σημείο του διαγράμματος, γίνεται διόρθωση με πρόσθεση αντίστοιχου μεγέθους στην είσοδο του slider.



*Εικόνα 15 Προβολή διαγραμμάτων αναφοράς με διαβαθμίσεις ηχομορίων και κινητό δείκτη που δείχνει το ύψος του φθόγγου*

## 4. Συμπεράσματα

### 4.1. Επισκόπηση

Για την παρούσα Διπλωματική εργασία, στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών: «Τεχνολογίες Ήχου και Μουσικής» του ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ., επιλέχθηκε ως αντικείμενο η ανάπτυξη μιας ηλεκτρονικής εφαρμογής, με χρήση του λογισμικού γραφικού προγραμματισμού Max/MSP, αφιερωμένη στη βυζαντινή μουσική και τα μικροτονικά διαστήματα που χρησιμοποιεί.

Στόχος ήταν η ανάπτυξη ενός εκπαιδευτικού εργαλείου το οποίο θα μπορεί να υπολογίζει με μαθηματική ακρίβεια τις συχνότητες των μικροτονικών διαστηματικών μεγεθών που χρησιμοποιούνται στο βυζαντινό μέλος και να αναπαράγει ένα μουσικό παράδειγμα-πρότυπο με τονική ακρίβεια, σύμφωνα με την θεωρία της βυζαντινής μουσικής.

Η εφαρμογή, που ονομάστηκε *ByzElxeis*, έχει ως ειδικό μουσικό αντικείμενο τους φθόγγους και τα διαστήματα των φυσικών κλιμάκων των Ήχων της βυζαντινής μουσικής, όπως καθορίζονται από την καθιερωμένη θεωρία, και ειδικότερα τις μεταβολές τις οποίες υφίστανται κάποιοι φθόγγοι, και τα αντίστοιχα μικροτονικά διαστηματικά μεγέθη που διαμορφώνονται, κατά την εμφάνιση του χαρακτηριστικού φαινομένου των μελωδικών έλξεων.

Η εφαρμογή υπολογίζει τις ακριβείς συχνότητες των διαστηματικών ηχομοριών στα οποία υποδιαιρούνται οι τόνοι και οι κλίμακες, χρησιμοποιώντας μαθηματικούς υπολογισμούς, σύμφωνα με τον συγκερασμό της οκτάβας σε 72 τμήματα, ο οποίος έχει καθιερωθεί στην θεωρία της βυζαντινής μουσικής μετά την αναθεώρηση από την Πατριαρχική Επιτροπή του 1881. Για τις ανάγκες αυτές μελετήθηκε ο μαθηματικός τρόπος υπολογισμού συχνοτήτων των φθόγγων που ορίζουν διαστηματικά μεγέθη και οι τρόποι συγκερασμού της οκτάβας.

Μετά τους μαθηματικούς υπολογισμούς η εφαρμογή αναπαράγει, κατ' επιλογή του χρήστη, μελωδικά παραδείγματα που παρουσιάζουν τις φυσικές κλίμακες των διατονικών Ήχων και τις μεταβολές συγκεκριμένων φθόγγων όταν εμφανίζονται μελωδικές έλξεις. Τα δεδομένα που χρησιμοποιεί η εφαρμογή βασίζονται στον καθιερωμένο τρόπο με τον οποίο διατυπώνονται τα διαστήματα και η δομή των κλιμάκων και σε τυπικές μελωδικές φράσεις όπου εμφανίζονται μελωδικές έλξεις, ανά Ήχο και φθόγγο. Παράλληλα, παρουσιάζονται γραφικά διαγράμματα των κλιμάκων, καθώς και σημειογραφικές καταγραφές των μελωδικών φράσεων που αναπαράγονται, ως ένα επιπλέον βοήθημα για την καλύτερη κατανόηση των μουσικών παραδειγμάτων. Επίσης, για την γραφική αναπαράσταση της μελωδικής



κίνησης, υπάρχει ένας κινητός δείκτης που καταδεικνύει, σε πραγματικό χρόνο, την θέση των φθόγγων πάνω σε αντίστοιχα διαγράμματα.

Για την μετάφραση των διατυπώσεων της μουσικής θεωρίας σε δεδομένα χρήσιμα για μια ηλεκτρονική εφαρμογή, χρειάστηκε η μελέτη της μουσικής θεωρίας και της μουσικής (μελωδικές φράσεις) από επιστημονική σκοπιά, ώστε να υπολογιστούν οι ακριβείς συχνότητες των φθόγγων, από δεδομένη τονική βάση, και να διαμορφωθούν οι αριθμητικές ακολουθίες που τελικά χρησιμοποιεί η εφαρμογή.

Για την ανάπτυξη του προγράμματος, η οποία έγινε σε περιβάλλον Max/MSP, ήταν αναγκαία η μελέτη του τρόπου λειτουργίας του συγκεκριμένου περιβάλλοντος γραφικού προγραμματισμού. Απαραίτητη ήταν η κατανόηση και εκμάθηση των μηχανισμών που αφορούν τόσο στην παροχή εντολών και τον χειρισμό των δεδομένων, όσο και στη σύνθεση του αναπαραγόμενου ήχου. Για τον σχεδιασμό των λειτουργιών που εκτελούνται, χρειάστηκε η μελέτη των επί μέρους «αντικειμένων» (objects) που διαθέτει το περιβάλλον Max/MSP, τα οποία λειτουργούν σαν μικρά, επί μέρους προγράμματα, που μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους, για την σύνθεση μηχανισμών μεγαλύτερης κλίμακας.

Πιστεύουμε ότι η εφαρμογή *ByzElxeis* μπορεί να αποτελέσει ένα πρακτικό και εύχρηστο εκπαιδευτικό βοήθημα για όσους ασχολούνται με την βυζαντινή μουσική. Απευθύνεται σε χρήστες που ενδιαφέρονται για την τονική ακρίβεια των φθόγγων της βυζαντινής μουσικής, και χρειάζονται διαθέσιμο ανά πάσα στιγμή, ένα ακουστικό παράδειγμα, όπως εκείνο που θα παρείχε ένας δάσκαλος κατά την δια ζώσης διδασκαλία.

## **4.2. Μελλοντική εργασία και προεκτάσεις**

Η μορφή της εφαρμογής που παρουσιάζεται στη παρούσα εργασία αποτελεί μια πρώτη εκδοχή για την οποία θα μπορούσαν να υπάρξουν μελλοντικές επέκτασεις και προσθήκες.

Στην παρούσα μορφή η εφαρμογή περιορίζεται στους Διατονικούς μόνο Ήχους της βυζαντινής μουσικής. Ένα πρώτο βήμα επέκτασης θα μπορούσε να είναι η ενσωμάτωση όλων των υπολοίπων Ήχων του χρωματικού και διατονικού γένους και οι αντίστοιχες περιπτώσεις μελωδικών έλξεων που αυτοί παρουσιάζουν, καθώς και τα απηχήματα των ήχων και οι χρώες. Θα μπορούσε επίσης να προστεθεί η δυνατότητα χρήσης διαφορετικών συγκερασμών (π.χ. του Χρυσάνθου σε 68 τμήματα) για λόγους σύγκρισης και καλύτερης κατανόησης και εκμάθησης των τονικών διαφορών.

Στην παρούσα μορφή η εφαρμογή εκτελεί προκαθορισμένες μελωδικές φράσεις χωρίς να παρέχεται η δυνατότητα χρήσης εν είδη μουσικού οργάνου σε πραγματικό

χρόνο ώστε να μπορεί ο χρήστης να «παίξει» δικές του μελωδίες. Η ανάπτυξη κατάλληλης διεπαφής ελέγχου, που θα προσέφερε την δυνατότητα εκτέλεσης φθόγγων (τόσο των φυσικών όσο και των ενδιάμεσων διέσεων ή υφέσεων) κατ' επιλογήν σε πραγματικό χρόνο, θα προσέδιδε στην εφαρμογή έναν διαφορετικό χαρακτήρα.

Μια ακόμη πιθανή επέκταση θα ήταν η πλήρης προσαρμογή της εφαρμογής σε μια νέα έκδοση, σε άλλα μικροτονικά τροπικά συστήματα, όπως αυτό των Τουρκικών μακάμ, που έχει πολλές ομοιότητες με την βυζαντινή μουσική αλλά και θεμελιώδεις θεωρητικές διαφορές.

Θα μπορούσε ακόμη να προστεθεί η δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε διαφορετικής ποιότητας ήχους, από απλό ημιτονοειδή ήχο έως τον ήχο ψαλτικής φωνής ή και κάποιου μουσικού οργάνου, ώστε να μπορούν να ικανοποιηθούν πιθανές προτιμήσεις των χρηστών.

Τέλος, μεγάλο ενδιαφέρον θα παρουσιάζε η δυνατότητα τονικής «αξιολόγησης» της φωνητικής μουσικής εκτέλεσης ενός ψάλτη, με χρήση του κινητού δείκτη επί διαγράμματος που περιλαμβάνεται στην παρούσα εφαρμογή και αλγορίθμου προσδιορισμού της θεμελίου συχνότητας, σαν ένα είδος «βυζαντινού tuner», με σκοπό την δυνατότητα αυτοαξιολόγησης της τονικά ακριβούς μουσικής εκτέλεσης από την πλευρά των χρηστών.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

## Εικόνες του προγράμματος σε Max/MSP

### 1. Υπολογισμός συχνοτήτων ανα 2 κόμματα, ένα τετράκορδο κάτω έως 2 οκτάβες πάνω από την επιλεγμένη βάση της διατονικής κλίμακας.

Index Counter  
Το index αντιστοιχεί σε μέγεθος διαστημάτων από την επιλεγμένη βάση, σε πλήθος ηχηρών. Ο υπολογισμός των συχνοτήτων γίνεται βάση αυτού του μεγέθους.

Υπολογίζονται οι συχνότητες ανα 2 ημίτομα σε έκταση ένα τετράκορδο κάτω από την βάση (-30) έως 2 οκτάβες πάνω (144).

Comma Freq Calculator  
Υπολογισμός συχνοτήτων ηχηρών ανα 2 συγκεκριμένα ημίτομα:  
 $X = 4^{2n} \cdot (n/N)$   
όπου:  
φ - δεδομένη συχνότητα ενός εκ των δύο οκτών του διαστήματος  
n - μέγεθος του διαστήματος σε ημίτομα  
N - πλήθος ηχηρών που συγκεκριμένα

### 2. Επιλογή κλίμακας κατά Ήχο

Επιλέγονται τα διαδοχικά μεγέθη διαστημάτων μιας κλίμακας σε ηχομόρια σε συγκεκρισμο 72 τμήματων. Οι ακολουθίες διαστημάτων των κλίμακων βρίσκονται αποθηκευμένες στο αρχείο Byz\_scales.txt. Ένα αντικείμενο "coll" διαβάζει και φορτώνει τα δεδομένα αυτά από το Byz\_scales. Μέσω ενός υπενυοι ο χρήστης επιλέγει την κλίμακα του ήχου που θέλει να ακούσει, ο αριθμός στην έξοδο του υπενυοι δίνει εντολή στο coll να εξάγει τα αντίστοιχα δεδομένα ώστε να γίνει η αναπαραγωγή.

Μηδενίζω όλες τις λίστες κάθε φορά που γίνεται μια νέα επιλογή για αποφυγή σφαλμάτων.

Εξάγει το μέγεθος της λίστες διαστημάτων μεγεθών για να χρησιμοποιηθεί παρακάτω στην ανασυντάξη της μετά από επεξεργασία.

Επεξεργασία της λίστες διαστημάτων μεγεθών ώστε να μεταφραστεί σε μια διαδοχή φθόγγων μεταφρασμένων σε αριθμούς "index" που ορίζουν "control-feedback" που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες συχνότητες.

Το κάθε μέγεθος διαστήματος προστίθεται με τα παραγόμενα και προκύπτουν οι αριθμοί index των διαδοχικών τόνων.

Αντιστοίχιση της λίστες index των διαδοχικών τόνων της κλίμακας ώστε να δημιουργηθεί η κατοικία κλίμακα. Αφαιρείται το πρώτο τμήμα ώστε να μην επαναλαμβάνεται ο φθόγγος αυτός κατά την εκτέλεση συχνότητας.

send scale  
on 0 10 18 30 42 52 60 72 60 52 42 30 18 10 0 off

Η άρνηση κατά διαδοχικά φθόγγων και η επαναλαμβανόμενη συνδυάζονται για την δημιουργία ανούσιων-κατοικίας διαδοχής φθόγγων της κλίμακας. Προστίθεται ένα μέγεθος στο τέλος της λίστας που θα λειτουργήσει σαν διακόπτης για να κλείσει την άρνηση μετά την εκτέλεση.

### STOP

Σηματοποιεί το "delay" που προσροβείται με τις συχνότητες την "cycle" - μνημόνιο την συχνότητα της "cycle" - μνημόνιο την "time".

### Επανάληψη Εκτέλεση κλίμακας

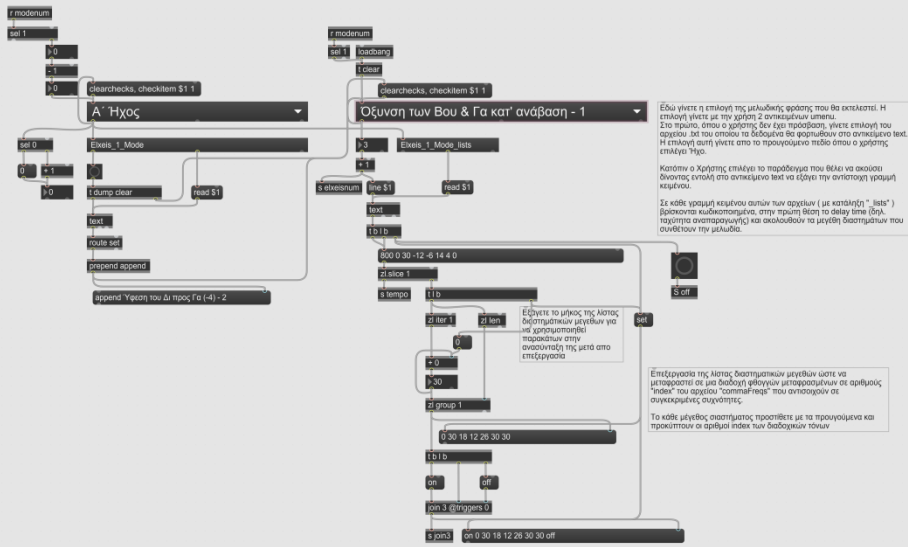
Στέλνει εντολή για καθορισμό delay time.

Η αριθμοί index από την λίστα ανούσιων-κατοικίας κλίμακας δοχεύονται διαδοχικά, με καθυστέρηση σε πάντα χρονικά διαστήματα, για την επιλογή της αντίστοιχης συχνότητας, από το αρχείο "CommaFreqs" που θα εκτελεστεί από την μηχανή αναπαραγωγής ήχου.

### Ταχύτητα αναπαραγωγής

Δίνεται εντολή για καθορισμό του delay time σε 800ms (για τα παραδείγματα που χρειάζονται μικρότερο delay time - ταχύτερη αναπαραγωγή) - το αντίστοιχο μέγεθος βρίσκεται καθορισμένο στην εναλλακτική διαστημάτων της "φθοής off" όπου ελέγχεται πρώτο με χρήση του zl slice.

### 3. Επιλογή & Εκτέλεση σύντομων μελωδικών φράσεων που παρουσιάζουν τις μελωδικές έλξεις ανα φθόγγο και ήχο, με χρήση εξωτερικών αρχείων όπου είναι αποθηκευμένες οι ακολουθίες διαστημάτων



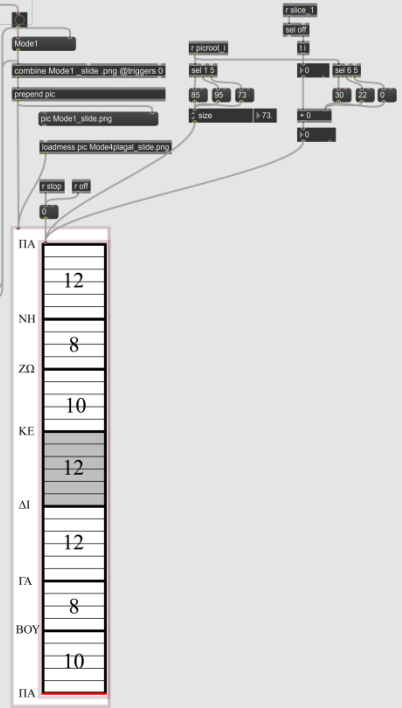
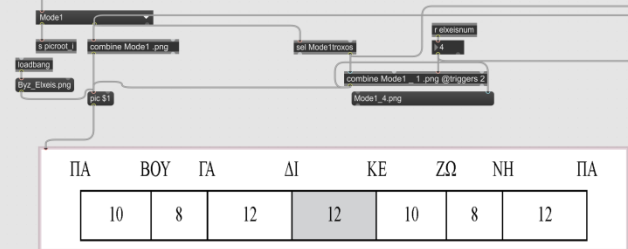
### 4. Προβολή μελωδικών παραδειγμάτων σε μουσική σημειογραφία και διαγραμμάτων με κινητό δείκτη.

Χρησιμοποιούνται δυο όμοιοι μηχανισμοί που διαμορφώνουν το filename του αντίστοιχου αρχείου εικόνας που πρέπει να εμφανιστεί, ο ένας αφορά στις κλίμακες για τις οποίες εμφανίζονται διαγράμματα διαστημάτων και ο άλλος στα μελωδικά παραδείγματα των έλξεων για τα οποία εμφανίζονται μελωδικές φράσεις σε μουσική σημειογραφία.

Χρησιμοποιείτε το αντικείμενο υπεθυ στις θέσεις του οποίου βρίσκεται καταχωρημένο του filename το οποίο για την περίπτωση των μελωδικών έλξεων όπου υπάρχουν παραπάνω από ένα παραδείγματα ανα περίπτωση συνδυάζετε με τον αύξων αριθμό του παραδείγματος για την διαμόρφωση του τελικού filename.

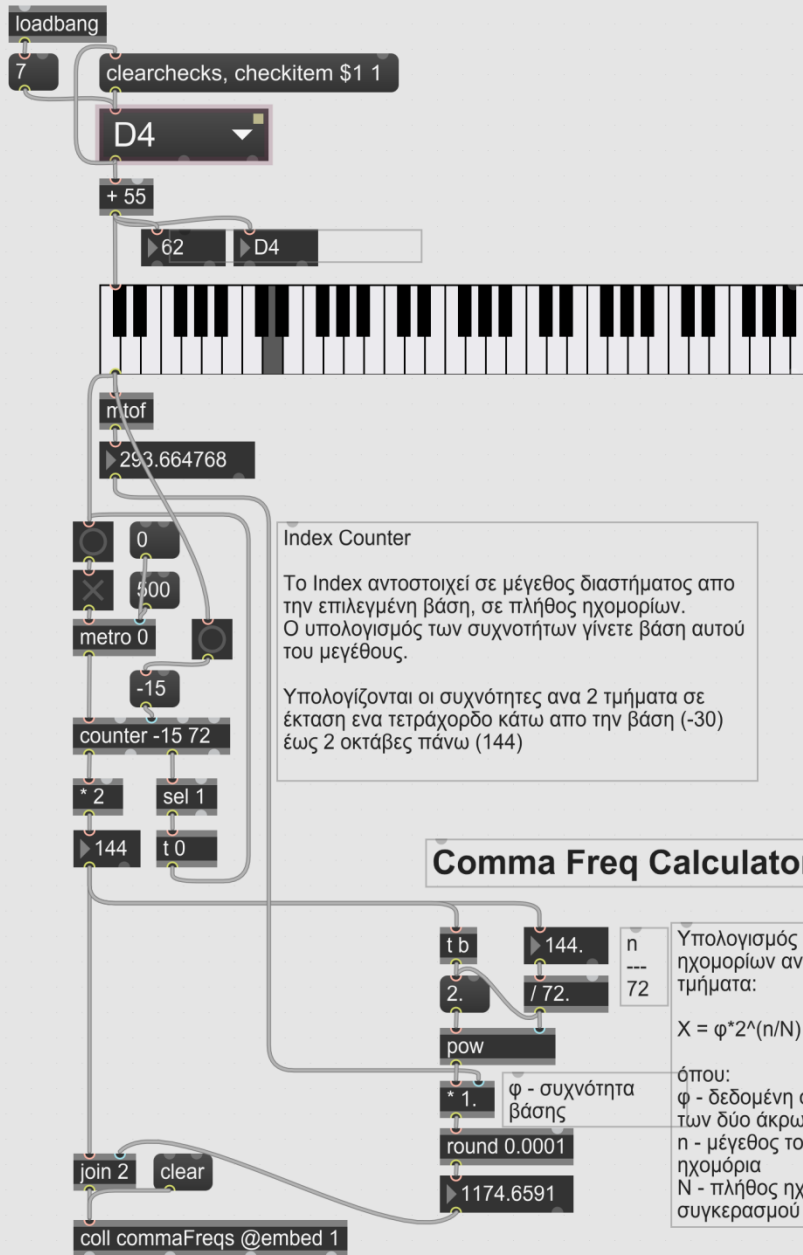
1. Προβολή διαγραμμάτων κλιμάκων  
Το μέγεθος έχει αποθηκευμένα τα filenames, δείχτε τον αριθμύ επιλογής στο το σημείο επιλογής κλιμάκων από τον χρήστη. Γίνετε συνδυασμός με την κατάληξη ".png" που υπάρχει επί της διαμορφωμένης ολοκληρωμένου filename της εικόνας που θα προβεί.

2. Προβολή μελωδικών παραδειγμάτων σε μουσική σημειογραφία.  
Για την διαμόρφωση του ονόματος του αντίστοιχου αρχείου συνδυάζετε το όνομα του ήχου στο οποίο ανήκει και ο αύξων αριθμύ του παραδείγματος που επέλεξε να ακούσει ο χρήστης.



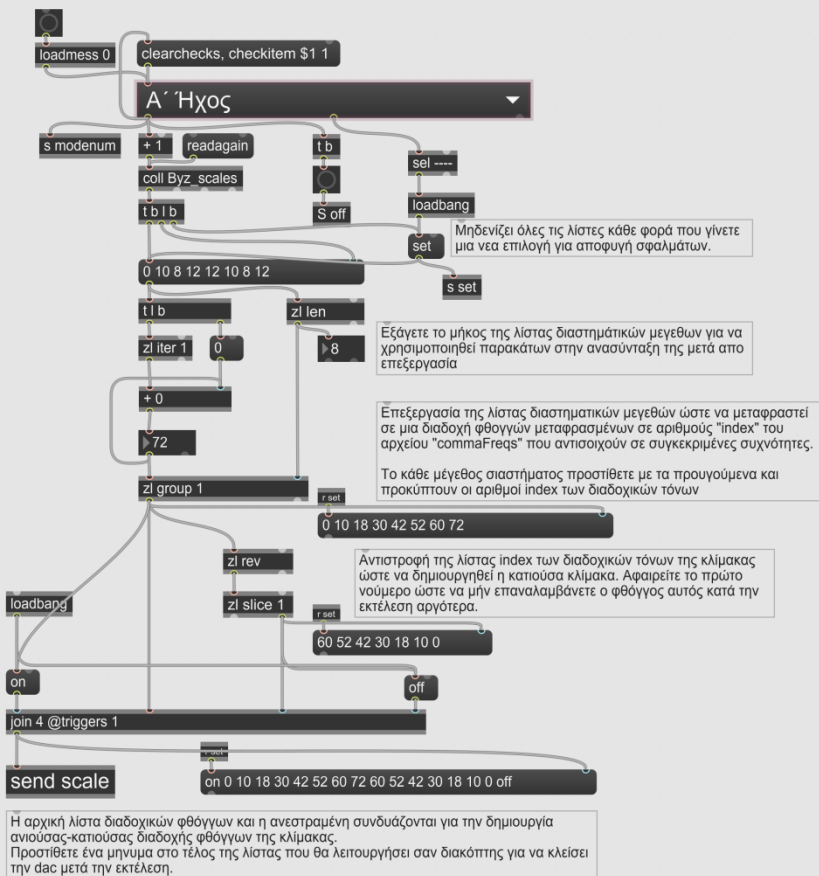
# 1.

Υπολογισμός συχνοτήτων ανα 2 κόμματα, ενα τετράχορδο κατω εως 2 οκτάβες πανω απο την επιλεγμένη βάση της διατονικής κλίμακας.



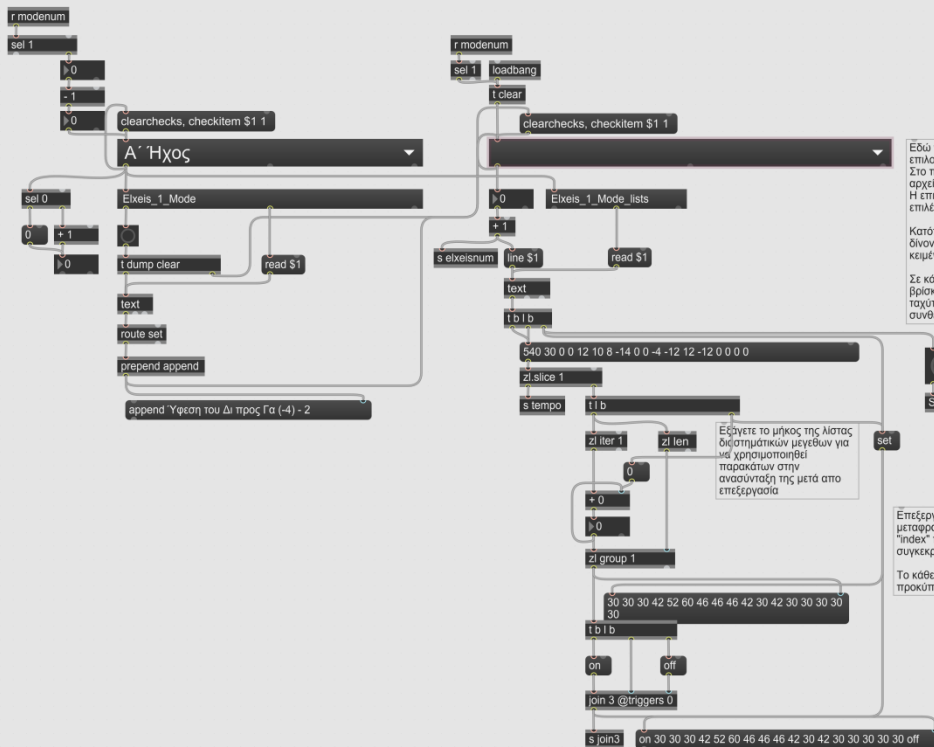
## 2. Επιλογή κλίμακας κατά Ήχο

Επιλέγονται τα διαδοχικά μεγέθη διαστημάτων μιας κλίμακας σε ηχομόρια σε συγκεκριασμό 72 τμημάτων. Οι ακολουθίες διαστημάτων των κλιμάκων βρίσκονται αποθηκευμένες στο αρχείο Byz\_scales.txt . Ένα αντικείμενο "coll" διαβάζει και φορτώνει τα δεδομένα αυτά απο το Byz\_scales. Μέσω ενός υπενυ ο χρήστης επιλέγει την κλίμακα του ήχου που θέλει να ακούσει, ο αριθμός στην έξοδο του υπενυ δίνει εντολή στο coll να εξάγει τα αντίστοιχα δεδομένα ωστε να γίνει η αναπαραγωγή.



### 3.

## Επιλογή & Εκτέλεση σύντομων μελωδικών φράσεων που παρουσιάζουν τις μελωδικές έλξεις ανα φθόγγο και ήχο, με χρήση εξωτερικών αρχείων όπου είναι αποθηκευμένες οι ακολουθίες διαστημάτων



Εδώ γίνεται η επιλογή της μελωδικής φράσης που θα εκτελεστεί. Η επιλογή γίνεται με την χρήση 2 αντικείμενων umenu. Στο πρώτο, όπου ο χρήστης δεν έχει πρόσβαση, γίνεται επιλογή του αρχείου .txt του οποίου τα δεδομένα θα φορτωθούν στο αντικείμενο text. Η επιλογή αυτή γίνεται από το προηγούμενο πεδίο όπου ο χρήστης επιλέγει Ήχο.

Κατόπιν ο Χρήστης επιλέγει το παράδειγμα που θέλει να ακούσει δίνοντας εντολή στο αντικείμενο text να ελάγει την αντίστοιχη γραμμή κειμένου.

Σε κάθε γραμμή κειμένου αυτών των αρχείων ( με κατάληξη ". lists" ) βρίσκονται κωδικοποιημένα, στην πρώτη θέση το delay time (δηλ. ταχύτητα αναπαραγωγής) και ακολουθούν τα μεγέθη διαστημάτων που συνθέτουν την μελωδία.

Εξάγεται το μήκος της λίστας διαστημάτων μεγεθών για να χρησιμοποιηθεί παρακάτω στην ανασύνταξη της μετά από επεξεργασία

Επεξεργασία της λίστας διαστημάτων μεγεθών ώστε να μεταφραστεί σε μια διαδοχή φθόγων μεταφρασμένων σε αριθμούς "index" του αρχείου "compafreqs" που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες συχνότητες.

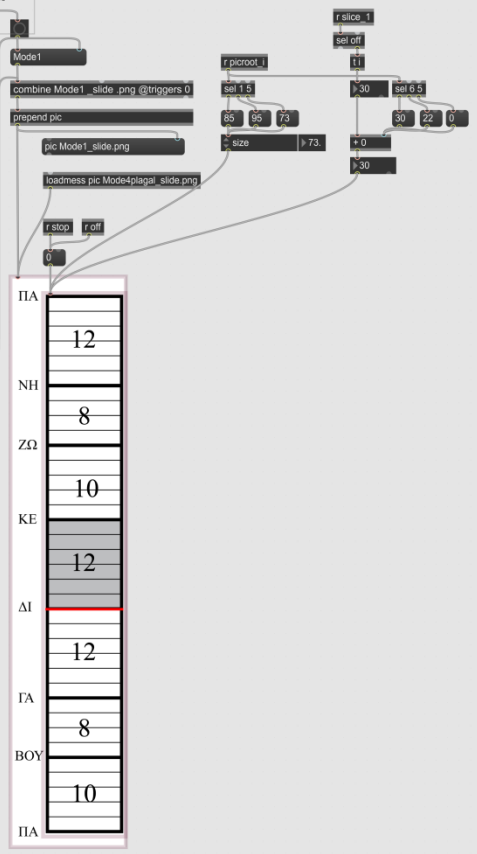
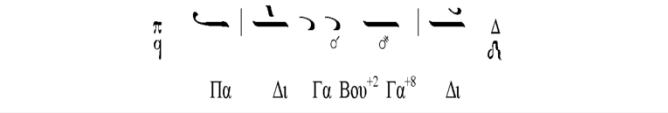
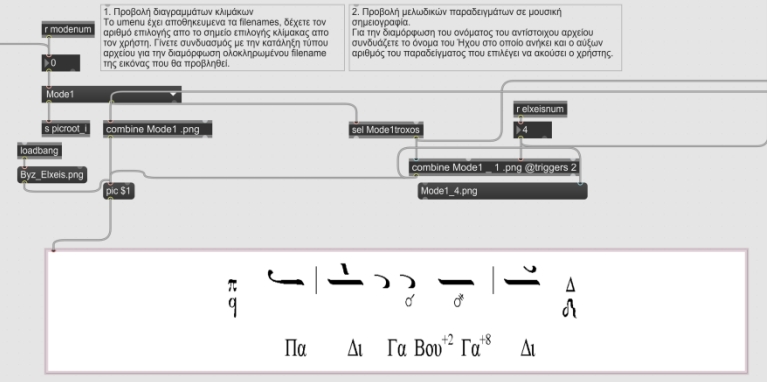
Το κάθε μέγεθος εισαγωγής προστίθεται με τα προηγούμενα και προκύπτουν οι αριθμοί index των διαδοχικών τόνων

### 4.

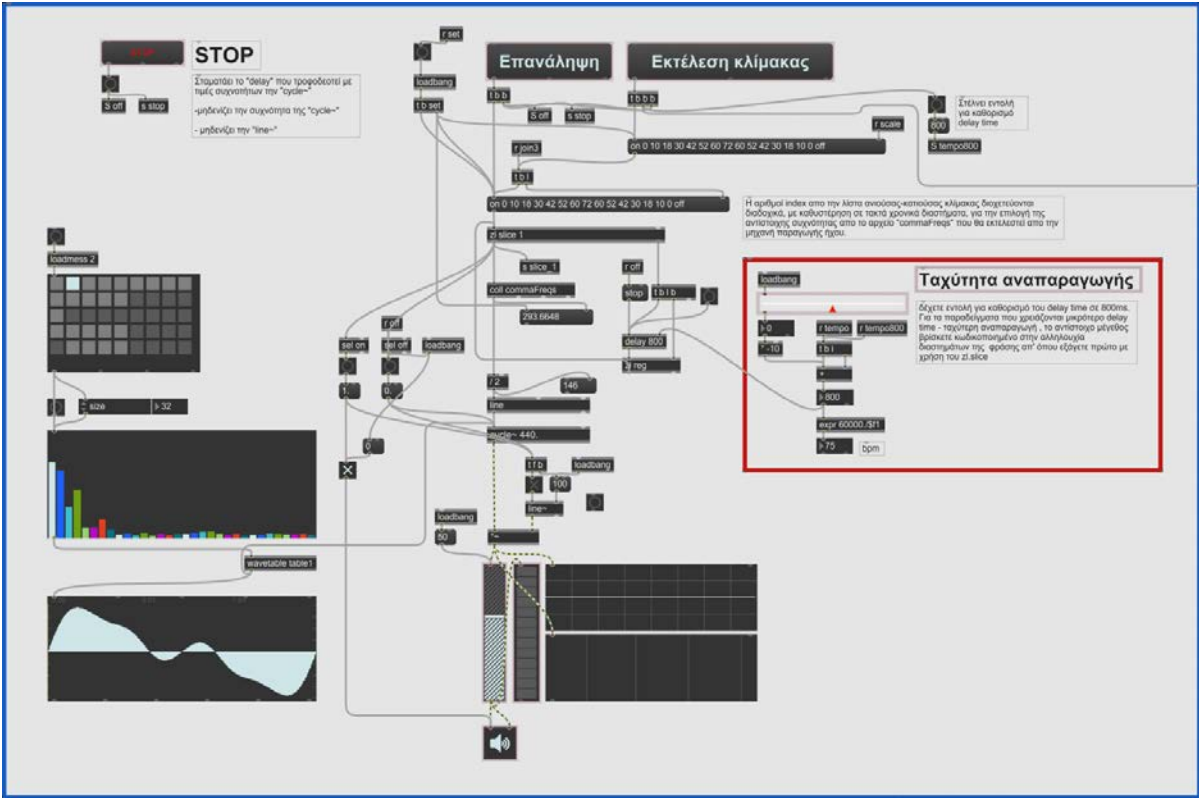
## Προβολή Μελωδικών παραδειγμάτων σε μουσική σημειογραφία και διαγραμμάτων με κινητό δείκτη.

Χρησιμοποιούνται δυο όμοιοι μηχανισμοί που διαμορφώνουν το filename του αντίστοιχου αρχείου εικόνας που πρέπει να εμφανιστεί. ο ένας αφορά στις κλίμακες για τις οποίες εμφανίζονται διαγράμματα διαστημάτων και ο άλλος στα μελωδικά παραδείγματα των έλξεων για τα οποία εμφανίζονται μελωδικές φράσεις σε μουσική σημειογραφία.

Χρησιμοποιείτε το αντικείμενο umenu στις θέσεις του οποίου βρίσκεται καταχωρημένο του filename το οποίο για την περίπτωση των μελωδικών έλξεων όπου υπάρχουν παραπάνω από ένα παραδείγματα ανα περίπτωση συνδυάζετε με τον αύξων αριθμό του παραδείγματος για την διαμόρφωση του τελικού filename.



ΠΑ	12
NH	8
ZΩ	10
KE	12
ΔΙ	12
ΓΑ	8
ΒΟΥ	10
ΠΑ	12



**Τονική Βάση**  
 D4

**Επιλογή Ήχου**  
 Α' Ήχος

**Εκτέλεση κλίμακας**

**Μελωδικές Έλξεις**  
 Ύφεση του Ζω (-6) - 1

**Επανάληψη** **STOP**

**Ταχύτητα αναπαραγωγής**  
 100%

ΠΑ 12  
 ΝΗ 8  
 ΖΩ 10  
 ΚΕ 12  
 ΔΙ 12  
 ΓΑ 8  
 ΒΟΥ 10  
 ΠΑ 10

ΠΑ	ΒΟΥ	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

### Τα δεδομένα

#### Α. Εξωτερικά αρχεία που χρησιμοποιούνται

Byz\_scales.txt,  
Elxeis\_1\_Mode.txt,  
Elxeis\_1\_Mode\_lists.txt,  
Elxeis\_1plagal\_Mode.txt,  
Elxeis\_1plagal\_Mode\_lists.txt,  
Elxeis\_4\_Mode.txt,  
Elxeis\_4\_Mode\_lists.txt,  
Elxeis\_4\_Mode\_Agia.txt,  
Elxeis\_4\_Mode\_Agia\_lists.txt,  
Elxeis\_4\_Mode\_Legetos.txt,  
Elxeis\_4\_Mode\_Legetos\_lists.txt,  
Elxeis\_4\_Mode\_Sticherarikos.txt,  
Elxeis\_4\_Mode\_Sticherarikos\_lists.txt,  
Elxeis\_4plagal\_Mode.txt,  
Elxeis\_4plagal\_Mode\_lists.txt,

## B. Τα δεδομένα ανά αρχείο

- Byz\_scales.txt,

```
Byzzantine_Scales
1st_Mode
1, 0 10 8 12 12 10 8 12;
1st_Mode_troxos
2, 0 10 8 12 12 10 8 12 12;
Plagal_1st_Mode
3, 0 10 8 12 12 10 8 12;
Plagal_1st_Pentafonos
4, 0 10 8 12 12 6 12 12;
4th_Mode_Sticherarikos
5, 0 10 8 12 12 10 8 12;
4th_Mode_Legetos
6, 0 8 12 10 12 8 12 10;
4th_Mode_Agia
7, 0 12 10 8;
Plagal_4th_Mode
8, 0 12 10 8 12 12 10 8;
```

- Elxeis\_1\_Mode.txt

```
Ύφεση του Ζω (-6) - 1
Ύφεση του Ζω (-6) - 2
Ύφεση του Ζω (-6) - 3
Όξυση των Βου & Γα κατ' ανάβαση - 1
Όξυση των Βου & Γα κατ' ανάβαση - 2
Ύφεση του Δι προς Γα (-4) - 1
Ύφεση του Δι προς Γα (-4) - 2
```

- Elxeis\_1\_Mode\_lists.txt

```
800 0 10 8 12 12 4 -4 -12 -12 -8 -10 0
800 0 10 8 12 12 10 8 12 -12 -14 -4 -12 -12 -
8 -10 0
800 42 10 8 -14 -4
800 0 30 -12 -6 14 4 0
800 0 30 -12 -6 14 4 0 -12 -8 -10 0
800 0 10 8 8 -8 0
800 0 10 8 8 -8 -4 4 0 0
```

- Elxeis\_1plagal\_Mode.txt

```
800 0 10 8 12 12 4 -4 -12 -12 -8 -10 0
800 0 10 8 12 12 10 8 12 -12 -14 -4 -12 -12 -
8 -10 0
800 42 10 8 -14 -4
800 0 30 -12 -6 14 4 0
800 0 30 -12 -6 14 4 0 -12 -8 -10 0
800 0 10 8 8 -8 0
800 0 10 8 8 -8 -4 4 0 0
```

- Elxeis\_1plagal\_Mode\_lists.txt

```
540 42 4 0 0 -4 -12 0 -12 -8 20 0 0 0 0 0
800 42 10 8 12 -12 -14 -4 0 0
540 18 0 -4 0 4 0 0 8 -8 -4 0 4 0 0 0 0
540 18 0 0 8 -8 -4 0 4 0 0 0 0
540 48 0 0 12 -12 -4 0 4 0 0 0
```

- Elxeis\_4\_Mode\_Sticherarikos.txt

Υφεση του Ζω (-6) - Δ Στιχηραρικός

- Elxeis\_4\_Mode\_Sticherarikos\_lists.txt

540 30 0 0 12 10 8 -14 0 0 -4 -12 12 -12 0 0 0 0

- Elxeis\_4\_Mode\_Legetos.txt

Λέγετος - Έλξη του Πα προς Βου (+6) - 1

Λεγάτος - Έλξη του Πα προς Βου (+6) - 2

Λεγάτος - Έλξη του Πα προς Βου (+6) - 3

Λέγετος - Υφεση του Ζω (-6)

Λέγετος - Έλξη του Κε προς Δι

- Elxeis\_4\_Mode\_Legetos\_lists.txt

800 0 8 12 10 -10 -12 -8 -4 4 0

800 0 30 0 -10 -12 -8 -4 4 0

800 0 -10 -12 18 4 0

800 0 8 12 10 6 -6 -10 -12 -8 0

800 8 12 6 -6 -12 -8

- Elxeis\_4\_Mode\_Agia.txt

Υφεση του Ζω (-6) - Άγια

Άγια - Έλξη του Κε προς Ζω

Άγια - Έλξη του Γα προς Δι - 1

Άγια - Έλξη του Γα προς Δι - 2

- Elxeis\_4\_Mode\_Agia\_lists.txt

```

800 0 30 0 -14 -4 -12
540 42 0 -12 0 -8 0 -8 0 8 0 0 -4 4 8 12 -12
    -14 0 0 -4 -12 0
540 0 0 0 -20 16 0 0 4 0 0 0 0
800 0 12 8 -8 -12 -4 4 0

```

- Elxeis\_4plagal\_Mode.txt

```

Έλξη του Πα προς Βου - 1
Έλξη του Πα προς Βου - 2
Όξυνση των Βου & Γα κατ' ανάβαση
Έλξη του Γα προς Δι - 1
Έλξη του Γα προς Δι - 2
Έλξη του Ζω προς Νη - 1
Έλξη του Ζω προς Νη - 2
Ύφεση του Ζω (-2) προς Κε - 1
Ύφεση του Ζω (-2) προς Κε - 2

```

- Elxeis\_4plagal\_Mode\_lists.txt

```

800 0 42 -12 -8 -8 8 0
540 22 0 0 8 -8 -6 0 6 0 0
800 0 12 12 10 8 0
540 0 12 10 0 0 0 8 12 -4 0 4 0 0 0
540 42 0 30 -8 -10 0 -12 0 -4 0 4 0
800 54 14 4 0
800 0 12 10 -10 -12 -4 4 0
540 54 8 -8 0 -12 0 0 0 -12 0 12 0 12 8 -8 0
-12 0 0 0
80072 0 -10 -8 -12 0

```

## Γ. Αρχεία εικόνας

- Διαγράμματα κλιμάκων οριζόντιου πεδίου προβολής

Model.png

ΠΑ	BOY	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	

Modeltroxos.png

ΠΑ	BOY	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ ΠΑ	ΖΩ BOY	ΝΗ ΓΑ	ΠΑ ΔΙ	BOY ΚΕ
10	8	12	12	10	8	12	12	

Modelplagal.png

ΠΑ	BOY	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	

Modelplagal5.png

ΠΑ	BOY	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	6	12	12	

Mode4Sticherarikos.png

ΠΑ	BOY	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	

Mode4Legetos.png

BOY	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ	BOY
8	12	10	12	8	12	10	

Mode4Agia.png

ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ
12	10	8	

Mode4plagal.png

ΝΗ	ΠΑ	BOY	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ
12	10	8	12	12	10	8	

- Διαγράμματα κλιμάκων κάθετου πεδίου προβολής

Model\_slide.png



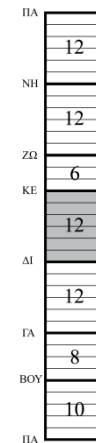
Modeltroxos\_slide.png



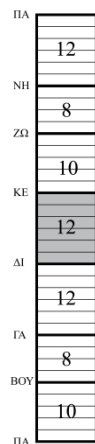
Modelplagal\_slide.png



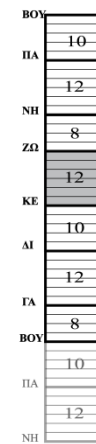
Modelplagal5\_slide.png



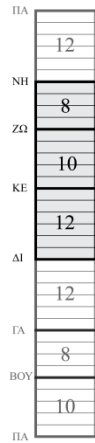
Mode4Sticherarikos\_slide.png



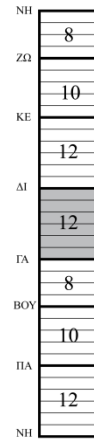
Mode4Legetos\_slide.png



Mode4Agia\_slide.png

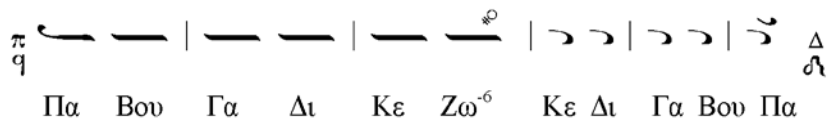


Mode4plagal\_slide.png

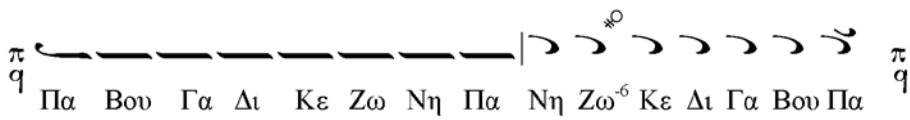


• Μελωδικές φράσεις σε σημειογραφική καταγραφή

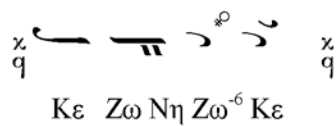
Model\_1.png



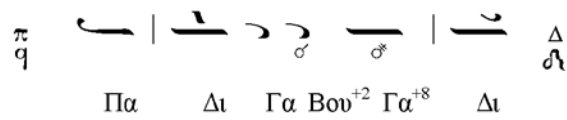
Model\_2.png



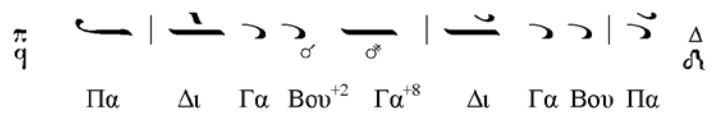
Model\_3.png



Model\_4.png



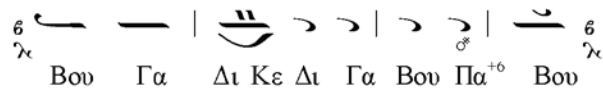
Model\_5.png



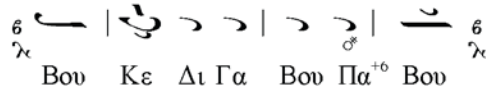




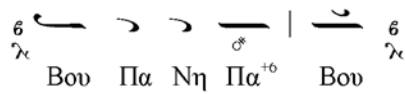
Mode4Legetos\_1.png



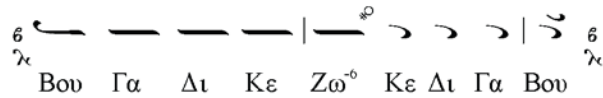
Mode4Legetos\_2.png



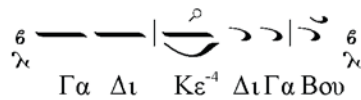
Mode4Legetos\_3.png



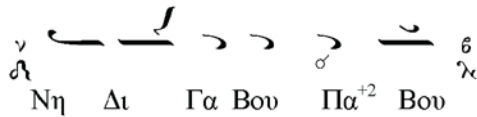
Mode4Legetos\_4.png



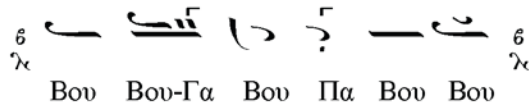
Mode4Legetos\_5.png



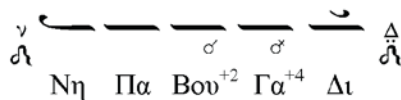
Mode4plagal\_1.png



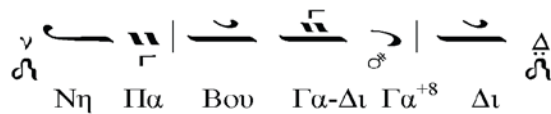
Mode4plagal\_2.png



Mode4plagal\_3.png



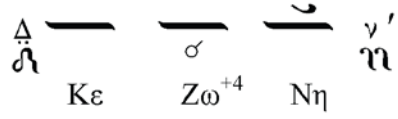
Mode4plagal\_4.png



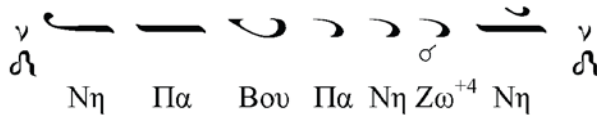
Mode4plagal\_5.png



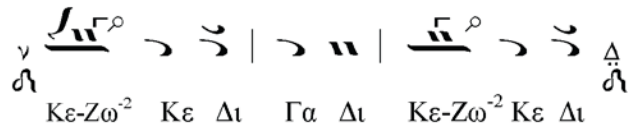
Mode4plagal\_6.png



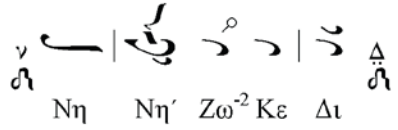
Mode4plagal\_7.png



Mode4plagal\_8.png



Mode4plagal\_9.png



# Διαγράμματα κλιμάκων των Ήχων και των έλξεων που εμφανίζονται

Διατονική κλίμακα με βάση τον ΝΗ, ανά 2 τμήματα.

2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100
---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

## Πρώτος Ήχος

- Κατά διαπασών

ΠΑ	BOY	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	

- Κατά πεντάχορδο σύστημα – Τροχός.

ΠΑ	BOY	ΓΑ	ΔΙ	(ΚΕ) ΠΑ	(ΖΩ) BOY	(ΝΗ) ΓΑ	(ΠΑ) ΔΙ	(BOY) ΚΕ
10	8	12	12	10	8	12	12	

- Έλξεις

ΠΑ	BOY	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	
10+2	14	4	12	4			
ΠΑ	BOY+2	Γα+8	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ-6		

## Πλάγιος του Πρώτου Ήχος

2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92				
---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--	--	--	--

- Κλίμακα

ΠΑ	BOY	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	

- Έλξεις

ΠΑ	BOY	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	
10	8	12	12	4			
			ΚΕ	ΖΩ-6			

## Τέταρτος Ήχος

2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100
---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

- Στιχηρατικός

ΠΑ	BOY	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	

- Λέγετος

BOY	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ	BOY
8	12	10	12	8	12	10	10

- Άγια

ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ
12	10	8	

## Έλξεις

- Στον Τέταρτο στιχηρατικό, ύφεση του Ζω

ΠΑ	BOY	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
10	8	12	12	10	8	12	
		42	8				
			ZΩ-2				
			4				
			ZΩ-6				

- Στον Λέγετο, του Πα προς Βου

(ΠΑ)	BOY	ΓΑ	ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ	BOY
10	8	12	10	12	8	12	10	10
	4							
	Πα+6							

- Άγια, Του Κε προς Ζω, στο παπαδικό μέλος

ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
12	10	8	12	
14	8			
	Κε+2			
16	4			
	Κε+4			

- Άγια, του Γα προς Δι

ΔΙ	ΚΕ	ΖΩ	ΝΗ	ΠΑ
	12	10	8	12
4	12			
Γα+8				



## Συνημμένα ψηφιακά αρχεία

Η πτυχιακή εργασία αυτή συνοδεύεται από τα παρακάτω ψηφιακά αρχεία

ByzElxeis\_patch.maxpat  
wavetable.maxpat  
Byz\_scales.txt  
Elxeis\_1plagal\_Mode.txt  
Elxeis\_1plagal\_Mode\_lists.txt  
Elxeis\_1plagal\_Pentafonos.txt  
Elxeis\_1plagal\_Pentafonos\_lists.txt  
Elxeis\_1\_Mode.txt  
Elxeis\_1\_Mode\_lists.txt  
Elxeis\_4plagal\_Mode.txt  
Elxeis\_4plagal\_Mode\_lists.txt  
Elxeis\_4\_Mode\_Agia.txt  
Elxeis\_4\_Mode\_Agia\_lists.txt  
Elxeis\_4\_Mode\_Legetos.txt  
Elxeis\_4\_Mode\_Legetos\_lists.txt  
Elxeis\_4\_Mode\_Sticherarikos.txt  
Elxeis\_4\_Mode\_Sticherarikos\_lists.txt

\ByzPics\  
    Byz\_Elxeis.png  
    \Scale\_diagrams\  
        Model.png  
        Modelplagal.png  
        Modelplagal5.png  
        Modelplagal5\_slide.png  
        Modelplagal\_slide.png  
        Modeltroxos.png  
        Modeltroxos\_slide.png  
        Model\_slide.png  
        Mode4Agia.png  
        Mode4Agia\_slide.png  
        Mode4Legetos.png  
        Mode4Legetos\_slide.png  
        Mode4plagal.png  
        Mode4plagal\_slide.png  
        Mode4Sticherarikos.png  
        Mode4Sticherarikos\_slide.png

\Elxeis\_examples\  
Modelplagal5\_1.png  
Modelplagal\_1.png  
Modelplagal\_2.png  
Modelplagal\_3.png  
Modelplagal\_4.png  
Modelplagal\_5.png  
Model\_1.png  
Model\_2.png  
Model\_3.png  
Model\_4.png  
Model\_5.png  
Model\_6.png  
Model\_7.png  
Mode4Agia\_1.png  
Mode4Agia\_2.png  
Mode4Agia\_3.png  
Mode4Agia\_4.png  
Mode4Legetos\_1.png  
Mode4Legetos\_2.png  
Mode4Legetos\_3.png  
Mode4Legetos\_4.png  
Mode4Legetos\_5.png  
Mode4plagal\_1.png  
Mode4plagal\_2.png  
Mode4plagal\_3.png  
Mode4plagal\_4.png  
Mode4plagal\_5.png  
Mode4plagal\_6.png  
Mode4plagal\_7.png  
Mode4plagal\_8.png  
Mode4plagal\_9.png  
Mode4Sticherarikos\_1.png

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Cipriani, A., & Giri, M. (2010). *Electronic music and sound design*. Rome: ConTempoNet.
- Doornbusch, P. (2009c). Early Hardware and Early Ideas in Computer Music: Their Development and Their Current Forms. Στο R. T. Dean, *The Oxford Handbook of Computer Music* (σσ. 44-84). Oxford; New York: Oxford University Press.
- Manning, P. (2009). Sound Synthesis using Computers. Στο D. R. T., *The Oxford Handbook of Computer Music* (σσ. 85 - 108). New York: Oxford University Press.
- Puckette, M. S. (2002). Max at seventeen. *Computer music journal* 26(4), 31-43.
- Wang, G. (2008). A History of Programming and Music. Στο N. C. D'Esquivan, *Cambridge Companion to Electronic Music*. Cambridge University Press.
- Zicarelli, D. (1998). An Extensible Real-Time Signal Processing Environment for MAX. Στο *Proceedings of the 1998 International Computer Music Conference* (σσ. 463-466). San Francisco: International Computer Music Association.
- Επιτροπή, Μ. Ε. (1888). *Στοιχειώδης Διδασκαλία της Εκκλησιαστικής Μουσικής*. Κωνσταντινούπολη: Εκ του Πατριαρχικού Τυπογραφείου.
- Ευθυμιάδης, Α. (1972). *Μαθήματα Βυζαντινής Εκκλησιαστικής Μουσικής*. Θεσσαλονίκη: Ευθυμιάδης, Αβραάμ.
- Μαδύτων, Χ. ο. (1832). *Θεωρητικόν Μεγα της Μουσικής*. Τεργέστη.
- Μαυροειδής, Μ. Δ. (1999). *Οι Μουσικοί Τρόποι στην Ανατολική Μεσόγειο*. Αθήνα: εκδόσεις Faggoto.
- Παπαδημητρίου, Π. (2014). *Ισοκράτης Πιάνο - Release 8 - Εγχειρίδιο χρήσης*. Ανάκτηση 2021
- Παπαδημητρίου, Π. Δ. (2005). *Μέθοδος συγκερασμού κλιμάκων - οι διατονικές κλίμακες του Διδύμου, της Επιτροπής, του Χρυσάνθου, και οι συγκράσεις τους*. Ανάκτηση από [http://music.analogion.net/Klimakes/diatonikh\\_sugkrash1881.html](http://music.analogion.net/Klimakes/diatonikh_sugkrash1881.html)
- Στάθης, Γ. Θ. (1998). *Οι αναγραμματισμοί και τα μαθήματα της Βυζαντινής Μελοποιίας*. Αθήνα: Ίδρυμα Βυζαντινής Μουσικολογίας.
- Χατζηθεοδώρου, Γ. Ι. (2016). *Μέθοδος Διδασκαλίας της Βυζαντινής Εκκλησιαστικής Μουσικής*. Νεάπολις Κρήτης: ΜΙχαήλ Ι. Πολυχρονάκης.
- Ψάχος, Κ. Α. (1980). *Το Οκτάηχον Σύστημα*. (Γ. Ι. Χατζηθεοδώρου, Επιμ.) Νεάπολις Κρήτης: Μιχ. Ι. Πολυχρονάκης.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ

- CoderS\_S. (2014) *Byzantine Ison*, Διαθέσιμο σε: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.coderss.ison&hl=en&gl=US>. (Προσπέλαση: 1 Νοεμβρίου 2020)
- Cycling'74. (n.d.). *MAX 7 Documentation*. Διαθέσιμο σε: <https://docs.cycling74.com/max7>.
- Sourceforge, (2019) *Byzorgan - Εικονικό Βυζαντινό Όργανο*. Διαθέσιμο σε: <https://sourceforge.net/projects/byzorgan/>.(Προσπέλαση: 1 Νοεμβρίου 2020)
- Ηλιάδης, Χ. (2017). *Ψαλτικόν Τονάριον – ισοκράτης*. Διαθέσιμο σε: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.charisis.tonarionfree&hl=el&gl=US> (Προσπέλαση: 1 Νοεμβρίου 2020)
- Κατσίβελης, Π. (2013) *Βυζαντινό Όργανο* . Διαθέσιμο σε: <https://analogion.com/forum/index.php?threads/«Βυζαντινό-Όργανο».30009/> (Προσπέλαση: 1 Νοεμβρίου 2020)
- Μιχαήλ, Κ. (2019). *Βυζαντινό πιάνο*. Διαθέσιμο σε: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.saleensoftware.ByzantinePiano&hl=el&gl=US> (Προσπέλαση: 1 Νοεμβρίου 2020)
- Μπακόπουλος, Ι. *Digital ισοκράτης*. Διαθέσιμο σε: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bakopoulos.isokratis&hl=el&gl=US> (Προσπέλαση: 1 Νοεμβρίου 2020)
- Παπαδημητρίου, Π. (2014) *Ισοκράτης Πιάνο*. Διαθέσιμο σε: <http://apps.microsoft.com/windows/app/isokratis-piano/8059790b-52d8-491c-b7fe-79244d70f3b3>, <https://analogion.com/forum/index.php?threads/Ισοκράτης-Πιάνο-Π-Παπαδημητρίου.30340/page-2#post-229924> . (Προσπέλαση: 1 Νοεμβρίου 2020)