

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΚΑΛΩΝ ΤΕΧΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Ένα Διαδραστικό Υπολογιστικό Σύστημα για την
Εξερεύνηση της Διαδικασίας Διαχωρισμού Ακουστικών
Ροών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΜΟΥΣΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

του φοιτητή

Κατσιάβαλου Ανδρέα

ΑΕΜ: 1371

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : Αιμίλιος Καμπουρόπουλος

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1. ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΡΟΕΣ: ΜΟΥΣΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ, ΑΝΤΙΛΗΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ	5
1.1 Διαδικασία διαχωρισμού ακουστικών ροών	7
1.2 Ακουστικές ροές στη μουσική	9
1.3 Υπολογιστική μεθοδολογία	15
1.4 Προηγούμενες μελέτες	17
2. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΡΟΩΝ	22
2.1 Ειδικότερο πλαίσιο μελέτης	23
2.2 Σύντομη περιγραφή	27
2.3 Δημιουργία φθογγικών συνόλων – Πρώτο επίπεδο επεξεργασίας	28
2.4 Εφαρμογή αντιληπτικών αρχών – Δεύτερο επίπεδο επεξεργασίας	29
2.4.1 Κάθετος συσχετισμός φθόγγων	30
2.4.2 Οριζόντιος συσχετισμός φθόγγων	32
2.4.2.1 Χρονικοί συσχετισμοί ζεύγους φθογγικών αντικειμένων	33
2.4.2.2 Επιλογή χρονικών περιπτώσεων και μεγεθών χρονικής συσχέτισης ..	35
2.4.2.3 Συσχετισμοί τονικών υψών	36
2.4.2.4 Τύπος υπολογισμού της απόστασης μεταξύ δύο φθόγγων	37
2.4.2.5 Χρονική συνέχεια vs Τονική εγγύτητα	38
2.4.2.6 Επιλογή πιθανών οριζόντιων συνδέσεων	41
2.4.2.7 Σχετικά με την οριζόντια σύνδεση φθόγγων	41
2.5 Στάδια επεξεργασίας	42
2.6 Παράμετροι	42
2.7 Διάγραμμα ροής	46
3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	47
3.1 Απόδοση του μοντέλου	47

3.1.1 Περιορισμοί λόγω σχεδιασμού.....	48
3.2. Δυνατότητες εξερεύνηση της διαδικασίας διαχωρισμού.....	48
3.3 Μουσικά παραδείγματα.....	49
3.4 Συμπεράσματα.....	64
4. ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΞΕΛΙΞΗ.....	65
4.1 Εξέλιξη του μοντέλου.....	65
4.2 Εξέλιξη της υπολογιστικής υποδομής.....	68
4.3 Διεύρυνση φθογοκεντρικής προσέγγισης.....	70
ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	73
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	
1 Αντιληπτικές Αρχές Huron.....	1
2 Υπολογιστικό Σύστημα.....	2
2.1 Δεδομένα εισόδου.....	3
2.2 Μετατροπή των δεδομένων εισόδου στην βασική συλλογή δεδομένων....	4
2.3 Βασική Συλλογή Δεδομένων.....	7
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	
1 Οδηγίες χρήσεις.....	1
2 Αρχεία εξόδου.....	2
2.1 Γράφημα.....	3
2.2 Αρχεία κειμένου.....	6
3 Γραφικό περιβάλλον.....	9
4 Σχετικά με το πρόγραμμα.....	16

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο άνθρωπος κατανοεί το περιβάλλον μέσω της αντίληψης δημιουργώντας νοητές αναπαραστάσεις του. Οι νοητές αυτές αναπαραστάσεις είναι ένα σύμπλεγμα εννοιών που προκύπτουν από την ασυνείδητη επεξεργασία (unconscious inference) των πληροφοριών που μας παρέχουν οι αισθήσεις. Το ηχητικό περιβάλλον συγκεκριμένα γίνεται κατανοητό μέσα από τις ερμηνείες που δημιουργεί η ακουστική αντίληψη για τις μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης στον χρόνο. Μία τέτοια περιγραφική έννοια του ακουστικού περιβάλλοντος είναι και οι ακουστικές ροές.

Οι ακουστικές ροές είναι ανώτερου επιπέδου αντιληπτικές δομές και χαρακτηρίζουν την αντιληπτική ικανότητα οργάνωσης του ηχητικού περιβάλλοντος σε ανεξάρτητες ακουστικές οντότητες /αντικείμενα. Για την αποδόμηση αυτού του αντιληπτικού φαινομένου, ακολουθώντας τον συλλογισμό της Deutsch (1999), πρέπει να εξετάσουμε δύο ζητήματα. Πρώτον, αν θεωρήσουμε ότι το ακουστικό μας σύστημα δέχεται ένα σύνολο από πρωτογενή στοιχεία, τότε μπορούμε να εξερευνήσουμε τον τρόπο με τον οποίο αυτά συνδυάζονται και δημιουργούν ομαδοποιήσεις. Αν όλα τα πρωτογενή στοιχεία του ηχητικού περιβάλλοντος συνδέονταν μεταξύ τους αδιάκριτα, τότε ο διαχωρισμός αντικειμένων δεν θα ήταν εφικτός. Πρέπει επομένως να υπάρχει ένα σύνολο μηχανισμών που να μας επιτρέπει να σχηματίζουμε δεσμούς μεταξύ ορισμένων στοιχείων και παράλληλα να μας αποτρέπει από την δημιουργία δεσμών με τα υπόλοιπα. Το δεύτερο ζήτημα αφορά τους τρόπους με τους οποίους από τους συσχετισμούς των πρωτογενών στοιχείων μπορούμε να εξάγουμε ανώτερου επιπέδου αφαιρέσεις που να παρουσιάζουν ομοιότητες με τα αποτελέσματα των αντιληπτικών διεργασιών, δηλαδή την μοντελοποίηση των αντιληπτικών διεργασιών. Σχετικά με το πρώτο ζήτημα και τους μηχανισμούς με τους οποίους συνδυάζουμε μουσικά στοιχεία σε ομαδοποιήσεις, υπάρχουν δύο επιπλέον θέματα. Το πρώτο αφορά τις διαστάσεις στις οποίες οι μηχανισμοί αυτοί λειτουργούν και το δεύτερο, στα πλαίσια μίας διάστασης, τους κανόνες που καθορίζουν τον τρόπο συσχετισμού μεταξύ των στοιχείων.

Για την μελέτη αυτού του φαινομένου, τα παραπάνω ζητήματα αντιμετωπίζονται στο διεπιστημονικό πλαίσιο που διαμορφώνεται από τους

κλάδους της μουσικολογίας και της ψυχοακουστικής, εφαρμόζοντας την υπολογιστική μεθοδολογία. Το διεπιστημονικό αυτό πλαίσιο αποτελεί τμήμα του ευρύτερου διεπιστημονικού πλαισίου της υπολογιστικής μουσικολογίας (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. (Καμπουρόπουλος 2011).

Η υπολογιστική μουσικολογία δίνει έμφαση στην ανάπτυξη υπολογιστικών μοντέλων τα οποία αξιοποιούν ευρήματα προερχόμενα από τον χώρο της γνωστικής ψυχολογίας της μουσικής και επιδιώκουν να περιγράψουν μουσικές γνωστικές διεργασίες.

Με την θεωρητική πλαισίωση του φαινομένου και την επιλογή της αναλυτικής μεθοδολογίας, το αντικείμενο μελέτης εξειδικεύεται και περιορίζεται στις ερμηνευτικές δυνατότητες της επιλεγμένης μεθοδολογίας. Όπως αναφέρει ο Καμπουρόπουλος (2011), η πληροφορική μπορεί να αποτελέσει το μεθοδολογικό υπόβαθρο το οποίο μπορεί να καταστήσει δυνατή τη σύγκλιση και ίσως την ενοποίηση διαφόρων μουσικολογικών προσεγγίσεων. Συγκεκριμένα, η εργασία παρουσιάζει μία πειραματική αναλυτική διαδικασία που αποσκοπεί στην δημιουργία μίας υπολογιστικής μεθοδολογίας για την περιγραφή του ψυχοακουστικού φαινομένου των ακουστικών ροών στις διάφορες εκφάνσεις του στην μουσική. Σε αυτά τα πλαίσια, δημιουργείται ένα πρόγραμμα για Η/Υ που παρέχει στον χρήστη την δυνατότητα παραμετροποίησης ενός μοντέλου, εξερευνώντας με αυτόν τον τρόπο τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την αντίληψη των ακουστικών ροών. Η αλληλεπίδραση του χρήστη με το πρόγραμμα μέσα από μία εξερευνητική διάθεση προσάπτει επίσης παιδαγωγικά στοιχεία στην μελέτη καθώς με αυτόν τον τρόπο προσεγγίζεται τόσο η μουσική ερμηνεία των ακουστικών ροών όσο και οι αντιληπτικές διεργασίες κατά την ακρόαση μουσικής.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται βασικές έννοιες από τους χώρους που συνθέτουν το διεπιστημονικό πλαίσιο μελέτης. Ορισμένες έννοιες χρειάζεται να επαναπροσδιοριστούν καθώς το περιεχόμενό τους στο νέο πλαίσιο στο οποίο χρησιμοποιούνται παρουσιάζει διαφορές από το αρχικό τους εννοιολογικό περιβάλλον χρήσης. Ο στόχος του κεφαλαίου είναι να εισάγει τον αναγνώστη στις βασικές έννοιες και μεθοδολογίες που θα χρησιμοποιηθούν και ο περιορισμός του αντικειμένου μελέτης. Αρχικά παρουσιάζονται έννοιες που χρησιμοποιούνται από την μουσική θεωρία και ανάλυση όπως η *φωνή* και η *υφή* και αποσαφηνίζεται η σχέση τους με την έννοια των *ακουστικών ροών*. Στο δεύτερο μέρος του πρώτου κεφαλαίου παρουσιάζονται μελέτες από τον χώρο της ψυχοακουστικής που υποστηρίζουν την συστημικότητα στις αντιληπτικές διεργασίες και σχετίζονται με την ανάλυση του ακουστικού πεδίου (Auditory Scene Analysis) και ειδικότερα με τους μηχανισμούς αντιληπτικής οργάνωσης του ήχου. Από το σύνολο των επιστημονικών ευρημάτων της ψυχοακουστικής, το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στις εκφάνσεις της θεωρίας Gestalt και στην τυποποίηση/μοντελοποίηση των αντιληπτικών αρχών που καθορίζουν την δημιουργία των ακουστικών ροών σύμφωνα με τον Καμπουρόπουλο (2006). Στο τρίτο μέρος του κεφαλαίου παρουσιάζονται προηγούμενες μελέτες υπολογιστικών συστημάτων για τον διαχωρισμό συμβολικών δεδομένων μουσικής σε οριζόντιες ομαδοποιήσεις/ροές.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το αντιληπτικό μοντέλο που δημιουργήθηκε στην παρούσα εργασία για την εξερεύνηση της διαδικασίας διαχωρισμού ακουστικών ροών. Αρχικά, οριοθετείται το πλαίσιο μελέτης, όπως αυτό διαμορφώνεται από ένα σύνολο παραδοχών, και στη συνέχεια μετά από μία σύντομη επισκόπηση της γενικότερης αρχιτεκτονικής του μοντέλου, αναφέρονται τα επιμέρους τμήματα που το απαρτίζουν όπως οι αντιληπτικές αρχές στις οποίες βασίζεται, ο τρόπος ερμηνείας, τυποποίησης και συσχετισμού τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο αξιολογείται η ποιοτική απόδοση του αντιληπτικού μοντέλου μέσα από την εξέταση των αποτελεσμάτων του. Παρουσιάζονται και αναλύονται επιλεγμένα μουσικά παραδείγματα και τέλος συνοψίζονται τα συμπεράσματα από την αξιολόγησή του.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται ιδέες και σκέψεις για περαιτέρω εξέλιξη των διαφόρων θεμάτων που αντιμετωπίστηκαν στην συγκεκριμένη μελέτη. Αναφέρονται συγκεκριμένες προσθήκες επέκτασης του συγκεκριμένου αντιληπτικού μοντέλου και της υλοποίησής του, και διευρύνοντας τα πλαίσια μελέτης, και διάφορες άλλες πιθανές επεκτάσεις και εφαρμογές.

Στο παράρτημα Α συγκεντρώνονται πιο φορμαλιστικές περιγραφές των διαφόρων εννοιών και τεχνικών που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη όπως στοιχεία από την υλοποίηση του υπολογιστικού συστήματος με λεπτομέρειες που σχετίζονται με τεχνικά θέματα.

Στο παράρτημα Β παρουσιάζονται αναλυτικά οι οδηγίες χρήσης του προγράμματος. Επεξηγείται η χρήση του γραφικού περιβάλλοντος (Graphical User Interface, GUI), ο τρόπος λειτουργίας του και τα δεδομένα εξόδου που δημιουργεί.

Το εκτελέσιμο αρχείο του προγράμματος (AuditoryStreaming.jar), και τα αρχεία midi που χρησιμοποιήθηκαν στα παραδείγματα βρίσκονται στο επισυναπτόμενο CD και στην διεύθυνση :

<http://users.auth.gr/akatsiav/dis/>

1. ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΡΟΕΣ: ΜΟΥΣΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ, ΑΝΤΙΛΗΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ

Η μελέτη παρουσιάζει μία εφαρμογή της υπολογιστικής μουσικολογίας με στόχο την εξερεύνηση της διαδικασίας διαχωρισμού ακουστικών ροών στην μουσική. Το διεπιστημονικό πλαίσιο της υπολογιστικής μουσικολογίας διαμορφώνεται κατά κύριο λόγο, από την συμμετοχή των επιστημονικών κλάδων της μουσικής θεωρίας και ανάλυσης, της γνωστικής ψυχολογίας και της τεχνητής νοημοσύνης. Ανάλογα με την φύση του αντικειμένου μελέτης, οι συμμετέχοντες κλάδοι συμβάλλουν αντίστοιχα για την δημιουργία ενός εννοιολογικού και μεθοδολογικού πλαισίου με στόχο την συστηματική ερμηνεία αντιληπτικών φαινομένων στη μουσική.

Στον ευρύτερο χώρο της υπολογιστικής μουσικολογίας δίνεται έμφαση στην ανάπτυξη υπολογιστικών μοντέλων τα οποία αξιοποιούν ευρήματα προερχόμενα από τον χώρο της γνωστικής ψυχολογίας της μουσικής και επιδιώκουν να περιγράψουν μουσικές γνωστικές διεργασίες (Καμπουρόπουλος 2011). Συνεπώς, η διαδικασία διαχωρισμού της μουσικής επιφάνειας σε ακουστικές ροές (αντιληπτικές «φωνές») διερευνάται με την δημιουργία και την αξιολόγηση ενός υπολογιστικού μοντέλου¹.

Η δημιουργία ενός υπολογιστικού μοντέλου ακουστικών αντιληπτικών διεργασιών περιλαμβάνει, αρχικά, την αποδοχή μίας γενικότερης αντιληπτικής θεωρίας που θα αποτελέσει και το βασικό θεωρητικό πλαίσιο για τον σχεδιασμό του μοντέλου, την κωδικοποίηση του ακουστικού περιβάλλοντος στο οποίο θα εφαρμοστεί η αντιληπτική θεωρία, την αναγωγή τους στο υπολογιστικό πληροφοριακό επίπεδο ώστε να είναι δυνατή η συσχέτισή τους με υπολογιστικές τεχνικές, και τέλος την κωδικοποίησή τους σε γλώσσα προγραμματισμού, ώστε να έχει την τελική μορφή ενός εκτελέσιμου προγράμματος για Η/Υ. Καθώς ο στόχος της συγκεκριμένης μελέτης δεν ήταν η δημιουργία ενός αυτόνομου συστήματος για τον εντοπισμό των ακουστικών ροών, αλλά η εξερεύνηση της διαδικασίας διαχωρισμού από τον χρήστη, εκτός

¹ Μοντέλο είναι ένα σύστημα ιδεών και εννοιών που αποσκοπεί στην σύνδεση δεδομένων, προτείνοντας ένα ερμηνευτικό πλαίσιο. (Καμπουρόπουλος 2011)

από την ανάλυση των αποτελεσμάτων και την εξέτασή τους σχετικά με την απόδοση του φαινομένου, το μοντέλο αξιολογείται και ως προς τις δυνατότητες που παρέχει στον χρήστη για την εξερεύνηση του φαινομένου.

Ειδικότερα, το μοντέλο που δημιουργήθηκε βασίζεται στην γενικότερη αντιληπτική θεωρία Gestalt (Barry, 1988) και εφαρμόζεται σε συμβολικά δεδομένα μουσικής χρησιμοποιώντας ένα σύνολο τυποποιημένων αντιληπτικών αρχών και κανόνων συσχέτισης που προέρχονται από ευρήματα ψυχοακουστικών πειραμάτων σχετικά με την αντιληπτική οργάνωση του ήχου. Χρησιμοποιώντας την υπολογιστική μεθοδολογία, διαμορφώνεται ένα υπολογιστικό επίπεδο πληροφορίας στα πλαίσια του οποίου το παραπάνω σύνολο αντιληπτικών αρχών συστηματοποιείται και εφαρμόζεται στα συμβολικά δεδομένα μουσικής. Με την παραμετροποίηση ενός συνόλου μεταβλητών των συστηματοποιημένων αντιληπτικών αρχών, ο χρήστης μεταβάλλει τον τρόπο αντιμετώπισης των δεδομένων σε μη-πραγματικό χρόνο, εξερευνώντας με αυτόν το τρόπο την διαδικασία διαχωρισμού ακουστικών ροών.

Λόγω της πολυπλοκότητας των μουσικών δεδομένων και του υπό διερεύνηση μουσικού φαινομένου, για πρακτικούς λόγους, ορίζονται παραδοχές που εξειδικεύουν το αντικείμενο μελέτης (μειώνοντας το σύνολο των πιθανών παραμέτρων που συμμετέχουν σε κάποιο συσχετισμό) και περιορίζουν το λειτουργικό εύρος των εννοιών που συμμετέχουν (συγκεκριμενοποίηση διεργασιών). Το όφελος απέναντι στην απλοποίηση και την εξειδίκευση του φαινομένου είναι η δημιουργία ενός ευέλικτου συνόλου πληροφοριακών δομών δεδομένων που βασίζεται και συσχετίζεται με φορμαλιστικές περιγραφές. Με αυτόν το τρόπο, οι πληροφορίες του περιβάλλοντος, η πολυπλοκότητα των νοητικών διεργασιών και η συστηματοποίηση της σύνδεσής τους απλοποιούνται στο βαθμό που η ποιοτική απόδοση του συστήματος να προσεγγίζει το φαινόμενο ικανοποιητικά.

Στις ενότητες που ακολουθούν, αρχικά παρουσιάζεται η διαδικασία διαχωρισμού ακουστικών ροών όπως ερευνήθηκε πειραματικά από τον χώρο της ψυχοακουστικής. Στην ίδια ενότητα παρουσιάζεται ο τρόπος αντιμετώπισης του φαινομένου με τα ζητήματα που προκύπτουν για την μελέτη του και τέλος, η γενική αντιληπτική θεωρία Gestalt. Στην δεύτερη ενότητα το ακουστικό

φαινόμενο μεταφέρεται στον χώρο της μουσικολογίας, όπου συγκεκριμενοποιείται η μορφή των δεδομένων από το γενικότερο ηχητικό περιβάλλον σε μουσικά αποσπάσματα. Στην συνέχεια της ίδιας ενότητας, παρουσιάζεται το σύνολο αντιληπτικών αρχών του Huron (2001) σχετικά με τον διαχωρισμό *γραμμικών κινήσεων φωνών* (Voice-leading) και ακολουθεί το εξειδικευμένο στις ακουστικές ροές σύνολο αρχών του Καμπουρόπουλου (2006) που προκύπτει από αυτό, επισημαίνοντας τις διαφορές μεταξύ τους. Στην επόμενη ενότητα περιγράφονται ορισμένα στοιχεία της υπολογιστικής μεθοδολογίας και αναφέρονται προηγούμενες μελέτες που σχετίζονται με τον διαχωρισμό της μουσικής επιφάνειας σε αντιληπτικές (και όχι μόνο) ομαδοποιήσεις.

1.1 Διαδικασία διαχωρισμού ακουστικών ροών

Η κατανόηση του ακουστικού περιβάλλοντος έχει ερευνηθεί πειραματικά και υπάρχουν αρκετές ψυχοακουστικές μελέτες σχετικά με την πρόσληψη του ήχου στο αντιληπτικό επίπεδο. Συγκεκριμένα, ο Bregman (1990), χαρακτηρίζει τον διαχωρισμό ακουστικών ροών ως την διαδικασία με την οποία το ακουστικό σύστημα διαχωρίζει ξεχωριστούς ήχους στο γενικότερο ηχητικό περιβάλλον· ονόμασε την μελέτη αυτού του φαινομένου «Ανάλυση Ακουστικής Σκηνής» (Auditory Scene Analysis) καθώς όπως αναφέρει, σε αυτό συμβάλουν ήχοι που συμπλέκονται (interleaved) και επικαλύπτονται (overlapped) χρονικά, με τα συστατικά τους επίσης να συνδυάζονται συχνοτικά (Bregman 2004). Αν δεχτούμε ότι το ακουστικό σύστημα δέχεται ένα σύνολο από πρωτογενή συστατικά του ήχου, τότε μπορούμε να εξερευνήσουμε τον τρόπο με τον οποίο αυτά συνδυάζονται και δημιουργούν ομαδοποιήσεις.

Μία τέτοια προσέγγιση υποστηρίζει και η Deutsch(1999), και αναφέρει τα ζητήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψιν για την εξέταση του φαινομένου. Στο πρώτο ζήτημα που αναφέρει, αναγνωρίζει την ύπαρξη ενός συνόλου μηχανισμών που μας επιτρέπει να σχηματίζουμε δεσμούς μεταξύ ορισμένων στοιχείων, αποκλείοντας ταυτόχρονα άλλους. Ειδικότερα σε αυτό το ζήτημα, επισημαίνει ότι για την μελέτη αυτών των μηχανισμών, θα πρέπει να

διευκρινιστούν οι διαστάσεις/παράμετροι στις οποίες οι μηχανισμοί αυτοί λειτουργούν και στα πλαίσια μίας διάστασης, οι κανόνες που καθορίζουν τον τρόπο συσχετισμού μεταξύ των στοιχείων. Στο δεύτερο ζήτημα, αναφέρεται στους τρόπους με τους οποίους θα μπορούσαμε να εξάγουμε υψηλότερου επιπέδου αφαιρέσεις (abstractions) από τους συσχετισμούς μεταξύ των πρωτογενών στοιχείων που θα προσεγγίζουν την αντιληπτική διαδικασία.

Σχετικά με το πρώτο ζήτημα και τους μηχανισμούς συσχέτισης πρωτογενών συστατικών του ήχου, υπάρχει μία σημαντική διάκριση ανάλογη με την χρονική τοποθέτησή τους και τον τρόπο αντιμετώπισής τους βάσει αυτού. Η πρώτη περίπτωση αφορά τον διαχωρισμό των συστατικών του ήχου που παρουσιάζονται ταυτόχρονα και ομαδοποιούνται σε ενιαία ακουστικά στοιχειώδη γεγονότα, και η δεύτερη, τον συσχετισμό διαδοχικών στοιχειωδών γεγονότων. Στην πρώτη περίπτωση, πραγματοποιείται μία ανάλυση δείγματος (Single Tone Complexes, Deutsch 1999, Spectral Mixture, Bregman 1990) στα στιγμιαία χαρακτηριστικά που το χαρακτηρίζουν. Στην δεύτερη περίπτωση, (Larger Scale Grouping, Deutsch 1999), η ανάλυση εστιάζεται στην παρατήρηση των μεταβολών στα στοιχεία που έχουν προσδιοριστεί από την πρώτη. Αρχικά, ομαδοποιούνται τα χαρακτηριστικά του ήχου ώστε να εξαχθούν τα στοιχειώδη ηχητικά γεγονότα και με την δεύτερη, ομαδοποιούνται τα ίδια τα στοιχειώδη γεγονότα. Θεωρώντας ότι το ακουστικό σύστημα τροφοδοτείται με ένα σύνολο ηχητικών χαρακτηριστικών, υποστηρίζεται η άποψη της Deutsch (1999) ότι η ανάλυση των τονικών χαρακτηριστικών, η ομαδοποίηση χαρακτηριστικών και η αναγνώριση στοιχειωδών γεγονότων, προηγείται της διευρυμένης χρονικά ανάλυσης, όπου ομαδοποιούνται στοιχεία και διαχωρίζονται σε ακουστικές ροές.

Και στις δύο αυτές περιπτώσεις, οι συσχετισμοί στα πλαίσια μίας διάστασης γίνονται βάσει συγκεκριμένων αντιληπτικών αρχών. Γενικότερα, οι αντιληπτικές μας λειτουργίες επιχειρούν να οργανώσουν τα εισερχόμενα (οπτικά, ακουστικά κλπ) αντιληπτικά ερεθίσματα σε όσο το δυνατόν πιο απλά και ευλογοφανή στοιχειώδη γεγονότα ή αντικείμενα. Αυτή η θέση διατυπώθηκε αρχικά από την γενικότερη αντιληπτική θεωρία Gestalt, στις αρχές του 20^{ου}

αιώνα από τους Max Wertheimer, Wolfgang Köhler και Kurt Koffka. Σύμφωνα με το Λεξικό Ψυχολογικών Όρων² :

Η Ψυχολογία Gestalt (Μορφολογική Ψυχολογία) είναι μία σχολή στη ψυχολογία που υποστηρίζει ότι τα ψυχολογικά φαινόμενα γίνονται κατανοητά μόνο όταν θεωρούνται και ερευνώνται ως συνολικές οργανωμένες μορφές και όχι όταν διασπώνται σε πρωτογενή αντιληπτικά στοιχεία.

Η θεωρία Gestalt έχει εφαρμογή σε όλα τα αντιληπτικά πεδία και προτείνει 5 βασικές αρχές : *εγγύτητα* (proximity), *ομοιότητα* (similarity), *ομαλή συνέχεια* (good continuation), *κοινή μεταβολή* (common fate) και *οικειότητα* (familiarity). Οι παραπάνω αρχές έχουν ταυτόχρονη εφαρμογή σε όλα τα επίπεδα ερμηνείας των αντιληπτικών ερεθισμάτων και οι σχέσεις τους προς την δημιουργία συνολικών μορφών μπορούν να είναι συνεργασίας αλλά και ανταγωνιστικές.

1.2 Ακουστικές ροές στην μουσική

Από τη γενικότερη μελέτη της ανάλυσης ακουστικού πεδίου, περιορίζοντας το ηχητικό περιβάλλον στα πλαίσια των μουσικών έργων και συγκεκριμένα σε χρονικά ταξινομημένες λίστες από φθογγικά αντικείμενα, η εξέταση του φαινομένου εξειδικεύεται στην διαδικασία διαχωρισμού αντιληπτικών «φωνών». Ο Καμπουρόπουλος (2006) χαρακτηρίζει την συγκεκριμένη μελέτη ως εξής :

Το πρόβλημα του εντοπισμού διακριτών «φωνών» σε ένα μουσικό έργο, οι οποίες να αντιστοιχούν στις φωνές τις οποίες αντιλαμβάνεται ένας ακροατής, ονομάζεται διαχωρισμός φωνών. Ζητούμενο είναι η συστηματοποίηση όλων των παραμέτρων και των μεταξύ τους σχέσεων που παίζουν σημαντικό ρόλο κατά την αντιληπτική διαδικασία οργάνωσης του φθογγικού υλικού σε «φωνές». Τελικός στόχος είναι να αναπτυχθεί ένα υπολογιστικό μοντέλο το οποίο, με δεδομένο το

² <http://www.apa.org/research/action/glossary.aspx>

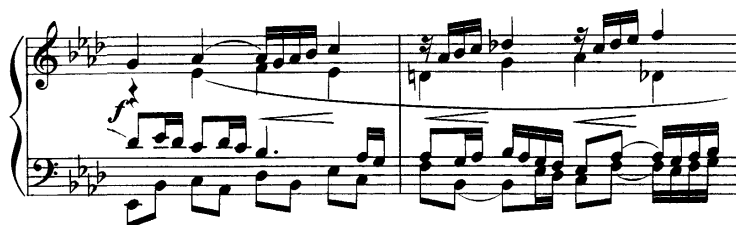
φθογγικό υλικό ενός μουσικού έργου, μπορεί να οργανώσει τους φθόγγους σε ακουστικές ακολουθίες που να ανταποκρίνονται στον διαχωρισμό που πραγματοποιεί ένας ακροατής.

Η παρούσα μελέτη χαρακτηρίζεται πλήρως από την παραπάνω περιγραφή με μοναδική διαφορά ότι ο τελικός στόχος δεν είναι η οργάνωση των φθόγγων σε ακουστικές ροές, αλλά όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η εξερεύνηση της διαδικασίας διαχωρισμού με την χρήση παραμέτρων για την αποτύπωση των τάσεων ομαδοποίησης.

Στο μουσικολογικό ερμηνευτικό πλαίσιο, η έννοια των ακουστικών ροών, προερχόμενη από τον χώρο της ψυχοακουστικής, δεν χρησιμοποιείται συχνά για την ερμηνεία φθογγικών ομαδοποιήσεων καθώς ο κλάδος της μουσικολογίας διαθέτει ένα αυτόνομο σύνολο από θεωρίες και μεθοδολογίες με δικούς του όρους και αναλυτικές πρακτικές για την ερμηνεία των μουσικών φαινομένων. Επίσης, για την αναγνώριση και την ερμηνεία των ακουστικών ροών, απαιτούνται συστηματικές προσεγγίσεις βασισμένες σε αντιληπτικές αρχές, γεγονός που η διαισθητική προσέγγιση της μουσικολογίας μέσω της ενδοσκόπησης (*introspection*) αδυνατεί να ερμηνεύσει. Για την ένταξη της έννοιας στο μουσικολογικό ερμηνευτικό πλαίσιο, χρησιμοποιείται ο όρος της *αντιληπτικής φωνής/μουσικής ροής*. Στην περίπτωση που ο όρος δεν είναι σαφής, ο αναγνώστης παραπέμπεται στην δημοσίευση του Καμπουρόπουλου (2006), καθώς όπως αναφέρει, «θεμελιώδους σημασίας για την ανάπτυξη υπολογιστικών μοντέλων διαχωρισμού φωνών είναι ο ακριβής προσδιορισμός της έννοιας φωνή».

Οι ακουστικές ροές διαδραματίζουν για την ακουστική αντίληψη το ρόλο που έχουν τα αντικείμενα στο πεδίο της οπτικής αντίληψης (Bregman, 1990). Η αντιληπτική οργάνωση των ηχητικών γεγονότων λαμβάνει χώρα τόσο οριζοντίως όσο και καθέτως και ως εκ τούτου μία ακουστική ροή μπορεί να συνίσταται από διαδοχικούς ή ταυτόχρονους τόνους (Μελίδης, 2009, Snyder, 2000). Στο σχήμα 1.1.α, οι τέσσερις φωνές της φούγκας γίνονται αντιληπτές ως τέσσερα αυτόνομα χρονικά αντικείμενα διαδοχικών φθόγγων που χαρακτηρίζονται από σχετική ρυθμική και μελωδική ανεξαρτησία. Στο παράδειγμα 1.1.β, η συνοδεία χαρακτηρίζεται ως μία ροή καθώς η συνοχή

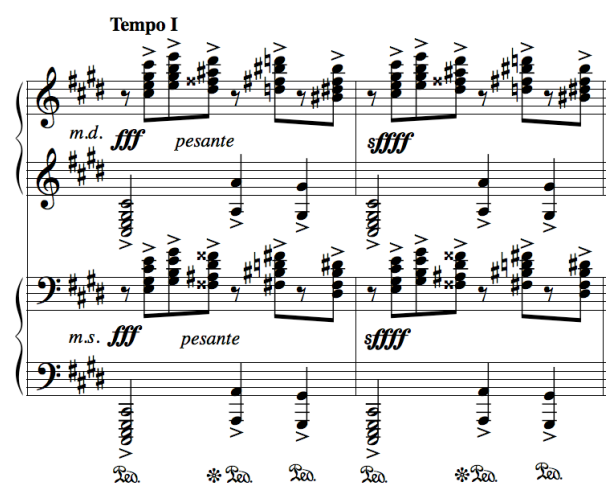
μεταξύ των συγχρονισμένων φθόγγων είναι μεγάλη ενώ παράλληλα η ρυθμική διαφοροποίηση σε συνδυασμό με την τονική απόσταση της μελωδίας διασφαλίζουν την διαχωρισιμότητα μεταξύ τους. Στο παράδειγμα του σχήματος 1.1.γ, οι δύο ακουστικές ροές (πεντάγραμμα 1&3 και 2&4) παρουσιάζουν κάθετη συνοχή λόγω χρονικού συγχρονισμού (block chords), οριζόντια συνέχεια λόγω της τονικής εγγύτητας των διαδοχών αλλά και διαχωρισιμότητα μεταξύ τους λόγω των χρονικών και τονικών αποστάσεων μεταξύ των συγχορδιών.



α) μέτρα 34-5 από τη φούγκα σε Φα ελάσσονα, N.12, Καλώς Συγκερασμένο Κλειδοκύμβαλο ,Τόμος Ι, Γιόχαν Σεμπάστιαν Μπαχ



β) μέτρα 1-3 από Πρελούδια, op.28, N.4, Φ.Σοπέν



γ) μέτρα 46-7 από Πρελούδιο Op.3, N.2, Σ.Ραχμάνινοφ

Σχήμα 1.1 Ακουστικές ροές σε διάφορα μουσικά παραδείγματα α) αντιστικτικό απόσπασμα (κάθε φωνή αποτελεί και μία ακουστική ροή), β) μελωδία με ομοφωνική συνοδεία (δύο ροές), γ) block chords (τα πεντάγραμμα 1&3 είναι μια ροή και 2&4 μία άλλη, δηλαδή συνολικά δύο ροές)

Ένας ακροατής είναι σε θέση να αναγνωρίσει και να ιεραρχήσει ένα σύνολο από διακριτές μουσικές ροές. Αρχικά εστιάζοντας την προσοχή του στο μουσικό ερέθισμα, πραγματοποιείται μία πρώτη αναγνώριση, απομονώνοντάς το από το γενικότερο ηχητικό περιβάλλον. Εστιάζοντας σε αυτό, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, είναι σε θέση να αναγνωρίσει και να ιεραρχήσει διακριτές μουσικές ροές βάσει δύο χαρακτηριστικών τους: την μεγιστοποίηση της εσωτερικής συνάφειας μεταξύ των στοιχείων μίας ακουστικής ροής, και την μεγιστοποίηση της διαχωρισιμότητας μεταξύ διαφορετικών ροών. Καθώς η ιεράρχηση των μουσικών ροών απαιτεί την συμμετοχή ενός ευρύτερου συνόλου παραμέτρων ακουστικών και γενικότερων γνωστικών διεργασιών (προσοχή, μνήμη κλπ.), στην συγκεκριμένη μελέτη θα αρκεστούμε στην εξερεύνηση των αντιληπτικών μηχανισμών που τις αναγνωρίζουν.

Οι αντιληπτικές αρχές και τα ζητήματα που παρουσιάστηκαν στο ψυχοακουστικό πλαίσιο μελέτης των ακουστικών ροών έχουν εφαρμογή και στο ειδικότερο μουσικολογικό, καθώς η μοναδική διαφορά μεταξύ τους είναι ο περιορισμός του ηχητικού περιβάλλοντος σε μουσικά έργα. Ο Huron, με την δημοσίευσή του (2001), επιχειρεί να εξηγήσει τις παραδοσιακές πρακτικές της γραμμικής μελωδικής κίνησης των φωνών κατά τη σύνδεση συγχορδιών (voice leading) με την χρήση αντιληπτικών αρχών που σχετίζονται με τη θεωρία του διαχωρισμού ακουστικών ροών. Αναφέρει ότι κύριος στόχος των κανόνων μελωδικής κίνησης είναι να δημιουργηθούν αντιληπτικά ανεξάρτητες μουσικές γραμμές. Όπως ο ίδιος υποστηρίζει, αυτές οι αρχές χρησιμοποιούνται ως αξιώματα σε ένα φορμαλιστικό σύστημα και περιγράφουν τους ψυχοακουστικούς μηχανισμούς που υποστηρίζουν τους κανόνες του voice-leading οι οποίοι προέκυψαν με διαισθητικό τρόπο σε ένα συγκεκριμένο ιστορικό πλαίσιο. Στο κείμενο αυτό παρουσιάζει με περιεκτικό τρόπο ένα ευρύ φάσμα εμπειρικών και άλλων ερευνών κυρίως από τον τομέα του διαχωρισμού ακουστικών ροών και συνοψίζει τα ευρήματα αυτά σε δέκα θεμελιώδης αρχές³ :

Βασικές Αρχές : A1. Αρχή Toneness , A2. Αρχή Χρονικής Συνέχειας , A3: Αρχή Ελάχιστης Απόκρυψης , A4: Αρχή Τονικής Συγχώνευσης , A5: Αρχή Εγγύτητας Τονικών Υψών, A6: Αρχή Συνδιαμόρφωσης Τονικών Υψών.

³ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Αντιληπτικές αρχές Huron (2001)

Δευτερεύουσες Αρχές : B1. *Αρχή Συγχρονισμού Έναρξης Φθόγγων* , B2: *Αρχή Περιορισμένης Πυκνότητας*, B3: *Αρχή Ηχοχρωματικής Διαφοροποίησης*, B4: *Αρχή Χωρικής Διαφοροποίησης Ηχητικών Πηγών*.

Αρκετές από αυτές τις δέκα αρχές που παρουσιάζει ο Huron έχουν αποτελέσει την βάση πάνω στην οποία στηρίχτηκαν αρκετά μοντέλα για τον διαχωρισμό φωνών.

Από το παραπάνω σύνολο αντιληπτικών αρχών, ο Καμπουρόπουλος με την δημοσίευσή του (2006), παρουσίασε ένα υποσύνολο από αυτές τις αρχές αποσαφηνίζοντας τον τρόπο ερμηνείας τους σχετικά με τον διαχωρισμό μουσικών ροών. Συγκεκριμένα, οι αρχές αυτές είναι :

Αρχή Συγχρονισμού Φθόγγων (Onset Synchrony - OS) : Φθόγγοι με συγχρονισμένες ενάρξεις τείνουν να συγχωνευθούν σε ένα ενιαίο ηχητικό γεγονός. Αν έχουν και ίδια διάρκεια, τότε η τάση για συγχώνευση είναι μεγαλύτερη.

Αρχή Τονικής Συγχώνευσης (Tonal Fusion – TF) : Αυτή η αρχή υποδηλώνει ότι ταυτόχρονοι φθόγγοι συγχωνεύονται βάσει του βαθμού τονικής συγχώνευσης που εξαρτάται περισσότερο από το είδος διαστήματος παρά από την απλή απόσταση ανάμεσα στα τονικά ύψη. Η αντιληπτική ανεξαρτησία φθόγγων που συνηχούν εξασθενίζει όταν αυξάνεται η τονική συγχώνευσή τους. Η συγχώνευση ανάμεσα σε ταυτόχρονους φθόγγους είναι ισχυρότερη όταν οι φθόγγοι χωρίζονται από διάστημα ταυτοφωνίας, ισχυρή όταν χωρίζονται από οκτάβα, αρκετά ισχυρή όταν χωρίζονται από πέμπτη και σταδιακά ασθενέστερη όταν χωρίζονται από άλλα διαστήματα.

Αρχή Συνδιαμόρφωσης Τονικών Υψών (Pitch Co-modulation – PcM): Η αρχή αυτή προϋποθέτει ότι υπάρχει συγχρονισμός των ενάρξεων των φθόγγων των οποίων τα τονικά ύψη κινούνται σε ίδια κατεύθυνση και παρουσιάζεται με τον πιο καθαρό τρόπο όταν υπάρχει παράλληλη κίνηση φθόγγων. Επίσης, ενισχύει τη συγχώνευση συγχρονισμένων φθόγγων σε μία ομοφωνική ροή ή, ακόμη, το διαχωρισμό ομοφωνικών αποσπασμάτων σε περισσότερες ροές. «Η αντιληπτική ενοποίηση φθόγγων που συνηχούν ενισχύεται όταν υπάρχει θετική συσχέτιση στη μεταβολή των τονικών υψών» (Huron 2001:31).

Αρχή Χρονικής Συνέχειας (Temporal Continuity – TC) : Μία ακουστική ροή είναι αντιληπτικά ισχυρότερη όταν αποτελείται από συνεχόμενους ή

επαναλαμβανόμενους ήχους παρά από σύντομους ή διακεκομμένους ήχους. Διακοπτόμενοι ήχοι δεν θα πρέπει να διαχωρίζονται από περισσότερα από 800ms σιωπής ώστε να διατηρείται η αντίληψη της συνέχειας.

Αρχή Εγγύτητας Τονικών Υψών (Pitch Proximity – PP) : Η συνοχή μιας ακουστικής ακολουθίας διατηρείται μέσω της εγγύτητας τονικών υψών διαδοχικών φθόγγων (δηλαδή αποφυγή μεγάλων διαστημάτων).

Ένας από τους λόγους που αποκλείονται ορισμένες από τις αρχές που παρουσίασε ο Huron(2001) από τον Καμπουρόπουλο(2006) είναι η απλούστευση. Όπως αναφέρει ο Καμπουρόπουλος(2006), αν θεωρήσουμε ότι έχουμε ενιαίο ηχόχρωμα που προέρχεται από μία εντοπισμένη χωρικά ηχητική πηγή (πχ πιάνο, τσέμπαλο κλπ.) δεν χρησιμοποιούμε τις αρχές B3 και B4. Επιπλέον αναφέρει ότι οι αρχές A1 και A3 είναι δευτερεύουσας σημασίας για τον διαχωρισμό φωνών και επίσης αποκλείονται. Σχετικά με την αρχή B2, καθώς παρουσιάζεται ως συνθετική οδηγία, δεν λαμβάνεται υπόψιν. Σχολιάζοντας την επιλογή των συγκεκριμένων αρχών, ο Καμπουρόπουλος (2006) αναφέρει ότι ο διαχωρισμός των αρχών σε κύριες και δευτερεύουσες δεν είναι ούτε δόκιμος ούτε και χρήσιμος και δεν χρησιμοποιείται. Ακόμα, αναφερόμενος στο σύνολό τους, ο Καμπουρόπουλος σχολιάζει ότι οι κανόνες γραμμικής μελωδικής κίνησης (voice-leading) οδηγούν κάποιες φορές περισσότερο στην αντίληψη συγκεκριμένης μουσικής υφής παρά στην αντίληψη ανεξάρτητων φωνών.

Χρησιμοποιώντας το σύνολο αντιληπτικών αρχών που προτείνει ο Καμπουρόπουλος (2006), ακολουθείται και η προτεινόμενη οργάνωσή τους για τον διαχωρισμό αντιληπτικών φωνών. Όπως αναφέρει, οι αντιληπτικές αρχές που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα χωρίζονται σε δύο ομάδες ανάλογα με τον ρόλο που παίζουν: α) στην κάθετη συγχορδιακή συνένωση φθόγγων και β) στην οριζόντια συνένωση φθόγγων σε μουσικές ακολουθίες.

Οι αρχές που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία και ευθύνονται για την συγχορδιακή συνένωση φθόγγων (κάθετη ομαδοποίηση) είναι οι εξής : Αρχή Συγχρονισμένης Έναρξης, Αρχή Τονικής Συγχώνευσης, Αρχή συν-διαμόρφωσης τονικών υψών. Οι αρχές που ανήκουν στην δεύτερη κατηγορία και ευθύνονται για την οριζόντια συνένωση φθόγγων (οριζόντια ομαδοποίηση) σε μουσικές

ακολουθίες είναι οι ακόλουθες: Αρχή Χρονικής Συνέχειας, Αρχή Τονικής Εγγύτητας.

Η οριζόντια ενσωμάτωση των φθόγγων επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο ενσωματώνονται οι φθόγγοι σε κάθετες συνηχήσεις (και το αντίστροφο). Ο Bregman (1990) μιλάει για 'σύλληψη' τονικών συστατικών μέσα από ένα 'μείγμα'. Ένας από τους ισχυρότερους παράγοντες που εξασθενεί την κάθετη σύνδεση μεταξύ φθόγγων είναι η εμφάνιση ενός φθόγγου που είναι εγγύτατος με κάποιον από τους φθόγγους του μείγματος τόσο τονικά όσο και χρονικά. Κατά μία έννοια, υπάρχει ένας ανταγωνισμός μεταξύ των κάθετων και των οριζόντιων αρχών ακουστικής ομαδοποίησης. Είναι ακριβώς αυτός ο ανταγωνισμός που καθιστά δύσκολη την συστηματική περιγραφή των διαδικασιών διαχωρισμού ακουστικών ροών.

1.3 Υπολογιστική Μεθοδολογία

Η υπολογιστική μεθοδολογία μαζί με την εμπειρική, αποτελούν τις δύο βασικές μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια των γνωσιακών επιστημών για την μελέτη μουσικών φαινομένων με την πρώτη να χρησιμοποιεί μοντέλα, για την περιγραφή της ικανότητας (competence), και την δεύτερη πειράματα, για την μελέτη της επιτέλεσης (performance) (Καμπουρόπουλος 2011). Με την υπολογιστική μεθοδολογία, χρησιμοποιώντας δομές πληροφοριακής οργάνωσης και συστήματα συσχετισμού, μπορούμε να αποδομήσουμε μουσικά φαινόμενα και διεργασίες ανάγοντάς τα στο υπολογιστικό επίπεδο. Το υπολογιστικό επίπεδο οργάνωσης της πληροφορίας μπορεί να αποτελέσει το μεθοδολογικό υπόβαθρο για διεπιστημονικές προσεγγίσεις μουσικολογικών φαινομένων.

Στα πλαίσια της υπολογιστικής μουσικολογίας, υπάρχει μία μεγάλη διάκριση σχετικά με την χρήση της υπολογιστικής μεθοδολογίας για την μελέτη μουσικών φαινομένων και σχετίζεται με τον τρόπο διαχείρισης της πληροφορίας. Στην πρώτη προσέγγιση, κωδικοποιείται κεκτημένη γνώση σε ένα σύστημα κανόνων οι οποίοι ενσωματώνονται άμεσα σε ένα υπολογιστικό σύστημα. Αυτή η προσέγγιση ξεκινάει από ένα ήδη γνωστό εννοιολογικό πλαίσιο και μετά ελέγχει την αποδοτικότητα και επάρκεια του εννοιολογικού

αυτού πλαισίου μέσω της εφαρμογής και αξιολόγησης των αποτελεσμάτων του υπολογιστικού συστήματος. Λόγω της πορείας της «γνώσης» που ακολουθείτε, η προσέγγιση αυτή ονομάζεται «από-πάνω-προς-τα-κάτω» (top-down). Η δεύτερη προσέγγιση δίνει έμφαση στην εξαγωγή γενικεύσεων μέσω διαδικασιών μηχανικής μάθησης, ξεκινάει δηλαδή από τα επί μέρους δεδομένα της παρατήρησης και προσπαθεί να εντοπίσει κανονικότητες οι οποίες μπορούν να διατυπωθούν ως κανόνες κι έτσι να δημιουργηθούν γενικεύσεις οι οποίες να εξηγούν τα δεδομένα. Η προσέγγιση αυτή ονομάζεται «από-κάτω-προς-τα-πάνω» (bottom-up).

Μια κοινή παραδοχή είναι ότι μια γνωστική λειτουργία μπορεί να περιγραφεί ως ένας αριθμός διαδοχικών σταδίων επεξεργασίας δεδομένων (information processing). Ωστόσο ο τρόπος οργάνωσης ενός υπολογιστικού συστήματος δεν είναι απαραίτητο να προσομοιώνει και τις νοητικές διεργασίες που πραγματοποιούνται για την δημιουργία του ίδιου του φαινομένου καθώς το μοντέλο κρίνεται μόνο από τον βαθμό ταύτισης των αποτελεσμάτων του με το φαινόμενο. Επίσης, ο κύριος στόχος δημιουργίας υπολογιστικών μοντέλων δεν είναι τόσο να δοθούν λύσεις σε μουσικά προβλήματα αλλά πολύ περισσότερο να οδηγήσουν σε μια λεπτομερέστερη και πιο συστηματική εξέταση και κατανόηση των μουσικών φαινομένων (Καμπουρόπουλος 2011).

Ειδικότερα, ο διαχωρισμός της μουσικής επιφάνειας σε ακουστικές ροές με υπολογιστικές τεχνικές, εκτός από την συστηματική περιγραφή ενός μουσικού φαινομένου που παραβλέπεται και αδυνατεί να περιγραφεί με όρους από την παραδοσιακή θεωρία και τις μεθοδολογίες ανάλυσης του κλάδου της μουσικολογίας, είναι ιδιαίτερα χρήσιμος σε διαφόρων ειδών μουσικές εφαρμογές. Γενικά, με την εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος στην προ-επεξεργασία μουσικών δεδομένων, αποδίδονται πιο αποδοτικά και καλύτερου επιπέδου αναλυτικά αποτελέσματα καθώς η σημαντικότητα της πληροφορίας που αυτό προσφέρει είναι του αντιληπτικού επιπέδου και συνεπώς δεν μπορεί να παραβλεφθεί. Ειδικότερες εφαρμογές αφορούν την μεταγραφή σε παρτιτούρα, την εύρεση προτύπων (pattern matching) και ένα πλήθος εφαρμογών από τον γενικότερο χώρο της εξαγωγής μουσικής πληροφορίας (Music Information Retrieval, MIR).

1.4 Προηγούμενες μελέτες

Υπάρχουν αρκετές πρόσφατες μελέτες υπολογιστικών μοντέλων για τον διαχωρισμό της μουσικής επιφάνειας σε διαφόρων ειδών ομαδοποιήσεις σχετικές με τις ακουστικές ροές. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό διαφοροποίησης αυτών των μοντέλων είναι το είδος της φθογγικής ομαδοποίησης που επιδιώκουν. Μόνο ορισμένα από τα μοντέλα που έχουν δημιουργηθεί στοχεύουν στον εντοπισμό ακουστικών ροών (Karydis et. al. 2007, Rafailidis et. al. 2008-9). Τα περισσότερα από αυτά (Temperley, 2001, Szeto and Wong, 2003, Chew and Wu, 2004, Kirilin and Utgoff 2005, Madsen and Widmer, 2006, Jordanous, 2008) επιδιώκουν τον διαχωρισμό της μουσικής επιφάνειας σε μονοφωνικές ακολουθίες από διαδοχικούς μη-επικαλυπτόμενους φθόγγους ή σε διαχωρισμούς που στοχεύουν στην μεταγραφή παρτιτούρας (Cambouropoulos, 2000, Kilian and Hoos, 2002).

Για την μελέτη του διαχωρισμού της μουσικής επιφάνειας στις παραπάνω ομαδοποιήσεις, χρησιμοποιώντας την υπολογιστική μεθοδολογία, όλα τα μοντέλα έρχονται αντιμέτωπα με ένα σύνολο από συγκεκριμένα θέματα. Τα θέματα αυτά αφορούν την κωδικοποίηση της μουσικής επιφάνειας, την δημιουργία συνδυαστικών συνόλων, τον τρόπο συσχέτισης των στοιχείων σε αυτά, την συστηματική οργάνωση των συσχετισμών, το είδος της ομαδοποίησης των στοιχείων και τα χαρακτηριστικά της, την αυτονομία του συστήματος και τον ρόλο του χρήστη, την αξιολόγησή τους κ.ά.

Παρακάτω παρουσιάζονται με συνοπτικό τρόπο πρόσφατες μελέτες επισημαίνοντας των τρόπο αντιμετώπισης των παραπάνω θεμάτων.

Cambouropoulos (2000)

Δεδομένα εισόδου	:	midi (unquantized), 13 Mozart Sonatas
Είδος ομαδοποίησης	:	μονοφωνικές ακολουθίες από διαδοχικούς τόνους
Στόχος μοντέλου	:	εξαγωγή παρτιτούρας
Αριθμός φωνών	:	μέγιστος αριθμός φθόγγων σε συγχορδία
Αντιληπτικές αρχές	:	τονική και χρονική εγγύτητα
Μέθοδος	:	Χρήση κανόνων, Shortest path Όχι διασταύρωση φωνών Διατήρηση ελάχιστου αριθμού φωνών
Αρχεία εξόδου	:	-
Αξιολόγηση	:	εμπειρική

Temperley (2001)

Δεδομένα εισόδου	:	piano roll (quantised)
Είδος ομαδοποίησης	:	μονοφωνικές ακολουθίες από διαδοχικούς τόνους
Στόχος μοντέλου	:	διαχωρισμός μονοφωνικών ακολουθιών
Αριθμός φωνών	:	επιλέγεται από τον χρήστη ή αυτόματη επιλογή
Αντιληπτικές αρχές	:	σύνολο κανόνων (top down)
Μέθοδος	:	δυναμικός προγραμματισμός, παραμετροποίηση από τον χρήστη
Αρχεία εξόδου	:	-
Αξιολόγηση	:	εμπειρική

Kilian and Hoos (2002)

Δεδομένα εισόδου	:	midi (quantized/unquantized – preprocessing)
Είδος ομαδοποίησης	:	-
Στόχος μοντέλου	:	μεταγραφεί σε παρτιτούρα
Αριθμός φωνών	:	επιλογή χρήστη ή μέγιστος πληθάριαθος συγχορδίας
Αντιληπτικές αρχές	:	-
Μέθοδος	:	δυναμικός προγραμματισμός, στοχαστική τοπική αναζήτηση, cost function, penalty parameters, User adjustable penalties παραμετροποίηση σε πραγματικό χρόνο
Αρχεία εξόδου	:	-
Αξιολόγηση	:	εμπειρική
Σχόλια	:	επιτρέπει πολλούς φθόγγους σε μία «φωνή»

Szeto and Wong (2003)

Δεδομένα εισόδου	:	-
Είδος ομαδοποίησης	:	μονοφωνικές ακολουθίες από διαδοχικούς τόνους
Στόχος μοντέλου	:	μεταγραφεί σε παρτιτούρα
Αριθμός φωνών	:	αυτόματος εντοπισμός
Αντιληπτικές αρχές	:	Χρονική συνέχεια, Τονική εγγύτητα
Μέθοδος	:	-
Αρχεία εξόδου	:	-
Αξιολόγηση	:	-

Chew, E. and Wu, X. (2004) VoSA

Δεδομένα εισόδου	:	midi (unquantized), Bach
Είδος ομαδοποίησης	:	μονοφωνικές ακολουθίες από διαδοχικούς τόνους
Στόχος μοντέλου	:	Προ-αναλυτικό εργαλείο
Αριθμός φωνών	:	μέγιστος πληθάρθμος συγχορδίας
Αντιληπτικές αρχές	:	Τονική εγγύτητα
Μέθοδος	:	Παραδοχές, stream crossing principle, Contigs
Αρχεία εξόδου	:	midi, csv
Αξιολόγηση	:	average fragment consistency, correct fragment connection rate, average voice consistency

Kirilin P , Utgoff P (2005) VoiSe

Δεδομένα εισόδου	:	-
Είδος ομαδοποίησης	:	μονοφωνικές ακολουθίες από διαδοχικούς τόνους
Στόχος μοντέλου	:	ανάλυση με στόχο την εύρεση θεμάτων
Αριθμός φωνών	:	αυτόματος εντοπισμός
Αντιληπτικές αρχές	:	-
Μέθοδος	:	Distance, heuristics, note mapping
Αρχεία εξόδου	:	-
Αξιολόγηση	:	soundness , completeness
Σχόλια	:	Χρήση ρυθμού

Madsen and Widmer (2006)

Δεδομένα εισόδου	:	midi (unquantized) σε πραγματικό χρόνο
Είδος ομαδοποίησης	:	μονοφωνικές ακολουθίες από διαδοχικούς τόνους
Στόχος μοντέλου	:	-
Αριθμός φωνών	:	αυτόματος εντοπισμός
Αντιληπτικές αρχές	:	τονική εγγύτητα, heuristics
Μέθοδος	:	User configuration / parameterizing
Αρχεία εξόδου	:	midi track per voice
Αξιολόγηση	:	Soundness , completeness
Σχόλια	:	επιτρέπεται η διασταύρωση φωνών

Karidis et al. (2007)**VISA**

Δεδομένα εισόδου	:	midi (quantized)
Είδος ομαδοποίησης	:	ακουστικές ροές
Στόχος μοντέλου	:	Προ-αναλυτικό εργαλείο
Αριθμός φωνών	:	αυτόματος εντοπισμός
Αντιληπτικές αρχές	:	Συγχρονισμένοι φθόγγοι, Τονική Συγχώνευση, Χρονική Συνέχεια, Τονική εγγύτητα
Μέθοδος	:	πρώτα κάθετη ενσωμάτωση, μετά οριζόντια, βελτιστοποίηση, ελάχιστος αριθμός φωνών
Αρχεία εξόδου	:	λίστες με νότες, μία λίστα για κάθε φωνή
Αξιολόγηση	:	-
Σχόλια	:	Επιτρέπει πολλούς φθόγγους σε μία ροή

Jordanous (2008)

Δεδομένα εισόδου	:	midi (quantized), Bach, Beethoven
Είδος ομαδοποίησης	:	μονοφωνικές ακολουθίες από διαδοχικούς τόνους
Στόχος μοντέλου	:	Προ-αναλυτικό εργαλείο
Αριθμός φωνών	:	αυτόματος εντοπισμός
Αντιληπτικές αρχές	:	-
Μέθοδος	:	μηχανική μάθηση, στατιστική ανάλυση
Αρχεία εξόδου	:	midi
Αξιολόγηση	:	Precision, recall, F-measure
Σχόλια	:	Matlab, MIDI toolbox

Rafailidis et al. (2008)

Δεδομένα εισόδου	:	midi (quantized)
Είδος ομαδοποίησης	:	τμήματα ακουστικών ροών
Στόχος μοντέλου	:	Προ-αναλυτικό εργαλείο
Αριθμός φωνών	:	-
Αντιληπτικές αρχές	:	Χρονική συνέχεια, Τονική εγγύτητα, Συγχρονισμένοι φθόγγοι, Συνδιαμόρφωση τονικών υψών
Μέθοδος	:	NN clustering algorithm
Αρχεία εξόδου	:	-
Αξιολόγηση	:	Εμπειρική

Rafailidis at al. (2009)**VISA II**

Δεδομένα εισόδου	:	midi (quantized)
Είδος ομαδοποίησης	:	ακουστικές ροές
Στόχος μοντέλου	:	Προ-αναλυτικό εργαλείο
Αριθμός φωνών	:	αυτόματος εντοπισμός
Αντιληπτικές αρχές	:	Χρονική συνέχεια, Τονική εγγύτητα, Συγχρονισμένοι φθόγγοι, Κανόνες
Μέθοδος	:	πρώτα κάθετα, μετά οριζόντια Step-wise, SLS , tw onset analysis Edge cost : PP + TC δυναμικός προγραμματισμός – best match Manual setting : tw , threshold
Αρχεία εξόδου	:	-
Αξιολόγηση	:	αυτοματοποιημένη

Η παραπάνω παρουσίαση των σχετικών μοντέλων δεν είναι εξαντλητική και αποσκοπεί στην συνοπτική παρουσίαση του τρόπου αντιμετώπισης συγκεκριμένων υπολογιστικών θεμάτων. Για περισσότερες λεπτομέρειες ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στις αντίστοιχες δημοσιεύσεις.

2. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΡΟΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το υπολογιστικό μοντέλο που δημιουργήθηκε για την εξερεύνηση της διαδικασίας διαχωρισμού ακουστικών ροών. Η νοητική αυτή διαδικασία προσεγγίζεται με την δημιουργία ενός συστήματος αντιληπτικών αρχών που αποσκοπεί στην σύνδεση συμβολικών δεδομένων μουσικής στο υπολογιστικό επίπεδο, προτείνοντας ένα ερμηνευτικό πλαίσιο για το φαινόμενο των ακουστικών ροών. Επιδιώκοντας την εξερεύνηση, από το σύνολο των διεργασιών που συμμετέχουν στο σύστημα, επιλέγονται ορισμένα στοιχεία και παραμετροποιούνται ώστε η διαδικασία διαχωρισμού να ελέγχεται από τον χρήστη.

Στις ενότητες που ακολουθούν, αρχικά παρουσιάζεται το ειδικότερο πλαίσιο μελέτης όπως διαμορφώθηκε από ένα σύνολο αποφάσεων και παραδοχών που πάρθηκαν στα διάφορα στάδια εξέλιξης του σχεδιασμού και της υλοποίησης του μοντέλου. Παρουσιάζονται οι ειδικότεροι στόχοι του μοντέλου, το σύνολο των αντιληπτικών αρχών που θα χρησιμοποιηθούν και γενικότερα όλα τα στοιχεία που θα μπορούσαν να έχουν κάποια εναλλακτική επιλογή και συγκεκριμενοποιούν το αντικείμενο μελέτης. Οποιαδήποτε απόφαση για την επιλογή των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν συνοδεύεται από αντίστοιχες παραδοχές. Καθώς το αντικείμενο μελέτης είναι μία νοητική διαδικασία και το αποτέλεσμά της είναι μία εφαρμογή για Η/Υ, η απόσταση μεταξύ της παρατήρησης του φαινομένου και της συστηματικής του περιγραφής καλύπτεται από ένα σύνολο παραδοχών που διαρθρώνεται σε όλα τα επίπεδα της μελέτης.

Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζεται το μοντέλο με την χρήση φορμαλιστικών περιγραφών. Καθώς επιχειρείται η συστηματική περιγραφή του φαινομένου, τα στοιχεία του συστήματος και ο τρόπος με τον οποίο αυτά συσχετίζονται πρέπει να οριστούν με την μέγιστη δυνατή σαφήνεια λόγω της απουσίας κάθε ίχνους διαισθητικής γνώσης. Ακόμα και λειτουργίες που θεωρούνται αυτονόητες, πρέπει να αποδομηθούν στο υπολογιστικό επίπεδο ώστε να είναι δυνατή η περιγραφή τους με την χρήση της υπολογιστικής μεθοδολογίας. Τα ειδικότερα θέματα που εξετάζονται είναι: η κωδικοποίηση του

περιβάλλοντος και των αντιληπτικών αρχών, ο τρόπος συσχέτισης τους, η αρχιτεκτονική οργάνωσης των αρχών και γενικότερα όλα τα στοιχεία και οι διεργασίες που συμμετέχουν στην δημιουργία του μοντέλου στο υπολογιστικό επίπεδο.

Στην τελευταία ενότητα παρουσιάζεται το σύνολο των παραμέτρων του μοντέλου που ελέγχονται από τον χρήστη. Με την χρήση ενός γραφικού περιβάλλοντος, ο χρήστης μπορεί να ελέγχει παραμέτρους που επηρεάζουν τον τρόπο αντιμετώπισης των δεδομένων από το μοντέλο, εξερευνώντας με αυτόν το τρόπο την διαδικασία διαχωρισμού ακουστικών ροών στο κωδικοποιημένο ακουστικό περιβάλλον.

Αρκετές περιγραφές θα είναι συνοπτικές και οι λεπτομέρειές τους θα παρουσιάζονται στο παράρτημα Β ώστε να διατηρείται μία ροή στο κείμενο.

2.1 Ειδικότερο πλαίσιο μελέτης

Για την δημιουργία ενός υπολογιστικού μοντέλου αντιληπτικών διαδικασιών απαιτούνται αρκετές παραδοχές. Με την χρήση της υπολογιστικής μεθοδολογίας, το ακουστικό περιβάλλον κωδικοποιείται και γίνεται επεξεργασία ορισμένων στοιχείων του από έναν αλγόριθμο τυποποιημένων αντιληπτικών αρχών. Καθώς τα στοιχεία του μοντέλου έχουν αναχθεί στο υπολογιστικό επίπεδο πληροφοριακής οργάνωσης, η αποπλαισίωση από την πολυπλοκότητα της πραγματικότητας έχει συνέπειες τόσο στην ποιοτική όσο και στην ποσοτική υπολογιστική τους αναπαράσταση. Σε γενικές γραμμές, αρκετά από τα στοιχεία του περιβάλλοντος παραλείπονται και όσα επιλέγονται περιορίζονται σε βασικά χαρακτηριστικά. Παρομοίως, οι νοητικές λειτουργίες που συμμετέχουν στην διαδικασία διαχωρισμού ακουστικών ροών εξομοιώνονται από αντιληπτικές αρχές που εκτός από την επιλεκτική εφαρμογή ορισμένων από αυτές, περιορίζονται σε μία στατική αρχιτεκτονική με συγκεκριμένα στάδια και επίπεδα επεξεργασίας. Συνεπώς, καθώς το μοντέλο που παρουσιάζεται αποτελεί μία πολύ συγκεκριμένη επιλογή στοιχείων και διεργασιών από το πλήθος των πιθανών συνδυασμών και ιδανικά, όλων των

παραμέτρων ενός φυσικού φαινομένου, η αξιολόγησή του επικυρώνεται μονάχα μέσα στο πλαίσιο αυτών των παραδοχών.

Ο στόχος του συγκεκριμένου μοντέλου ολοκληρώνεται σε δύο φάσεις. Σε πρώτη φάση επιδιώκεται η συστηματική περιγραφή της διαδικασίας διαχωρισμού ακουστικών ροών σε μουσικά αποσπάσματα. Μία πρώτη σύμβαση αφορά την κωδικοποίηση του ακουστικού περιβάλλοντος και περιγράφεται αναλυτικά στη συνέχεια. Δύο σημαντικές παραδοχές σε αυτήν τη φάση, αφορούν την συστηματοποίηση της διαδικασίας διαχωρισμού και την μορφή, με την έννοια του είδους της ομαδοποίησης, των ακουστικών ροών. Συγκεκριμένα, η διαδικασία διαχωρισμού απλοποιείται και εφαρμόζεται ως μία στατική ακολουθία σταδίων συσχετισμού δεδομένων με συγκεκριμένα επίπεδα επεξεργασίας για κάθε στάδιο. Η έλλειψη ευελιξίας από την προτεινόμενη διαχείριση των δεδομένων μπορεί να περιορίζει την απόκριση του μοντέλου στις διάφορες περιπτώσεις δεδομένων, ωστόσο, η σταθερή του απόδοση το καθιστά αξιόπιστο για περαιτέρω εξέλιξη. Σχετικά με το είδος της ομαδοποίησης και την μορφή των αποτελεσμάτων για την υπόδειξη των ακουστικών ροών, το συγκεκριμένο μοντέλο επίσης περιορίζεται στην απόδοση της τάσης ομαδοποίησης στα βασικά στοιχεία της κωδικοποίησης. Ο στόχος είναι να καθοριστούν ενδεχόμενες διαδοχές από φθόγγους και όχι ένας ολοκληρωμένος διαχωρισμός ακουστικών ροών, κάτι που είναι πιο πολύπλοκο.

Με αυτό το πλαίσιο ερμηνείας του φαινομένου, σε δεύτερη φάση, παραμετροποιώντας στοιχεία της συστηματικής του περιγραφής, επιδιώκεται ο έλεγχος του μοντέλου από τον χρήστη με στόχο την εξερεύνηση της διαδικασίας διαχωρισμού στα πλαίσια πάντα των δυνατοτήτων του.

Το μοντέλο εφαρμόζεται σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον που δημιουργήθηκε με σκοπό την παροχή βασικών διεργασιών σε συμβολικά μουσικά δεδομένα. Βασικές πληροφορίες για αυτό το σύστημα παρουσιάζονται στο παράρτημα Α: «Υπολογιστικό Σύστημα», ενώ για περισσότερες λεπτομέρειες, ο αναγνώστης μπορεί να μελετήσει τον κώδικα του προγράμματος.

Όλες οι περιγραφές των στοιχείων του μοντέλου που ακολουθούν είναι στα πλαίσια του υπολογιστικού επιπέδου ερμηνείας. Αυτό σημαίνει ότι θα χρησιμοποιούνται αναπαραστάσεις και συσχετισμοί χρησιμοποιώντας την

υπολογιστική μεθοδολογία και συγκεκριμένα, δομές δεδομένων και αλγόριθμους.

Το ακουστικό περιβάλλον, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, περιορίζεται σε αποσπάσματα μουσικών έργων πολυφωνικών οργάνων (πιάνο, τσέμπαλο) που κωδικοποιούνται σε λίστες από φθογγικά αντικείμενα. Για κάθε μουσικό απόσπασμα που εισάγεται στο σύστημα με την μορφή midi αρχείου, δημιουργείται μία βασική συλλογή δεδομένων⁴ (N). Τα στοιχεία αυτής της συλλογής είναι φθογγικά αντικείμενα ($n_{[i]}$) που χαρακτηρίζονται, αρχικά, από δύο χρονικές τιμές σε ms (έναρξη, λήξη) και μία τιμή για το τονικό ύψος (ακέραιος). Οι χρονικές τιμές ορίζουν ένα χρονικό εύρος, την διάρκεια της νότας, και η τονική τιμή εκφράζει το απόλυτο τονικό ύψος της νότας σε μορφή midi (60 = C4). Επίσης, οι χρονικές τιμές δεν έχουν εκφραστικές αποκλίσεις (quantized) και η κλίμακα τονικών υψών είναι συγκεκριασμένη. Το ηχόχρωμα, η δυναμική και η χωρική διάταξη των ηχητικών πηγών θεωρούνται αμετάβλητα και δεν συμπεριλαμβάνονται στην κωδικοποίηση.

Πίνακας 2.1 Τα βασικά στοιχεία κωδικοποίησης της μουσικής επιφάνειας

N	Βασική συλλογή
n_i	φθογγικό αντικείμενο
n.onset,	τιμή έναρξης του φθόγγου (ms)
n.offset	τιμή λήξης του φθόγγου (ms)
n.pitch	τιμή τονικού ύψους (ακέραιος, απόλυτο)

Αμέσως μετά την δημιουργία της βασικής συμβολικής κωδικοποίησης από το αρχείο midi, πραγματοποιούνται μία σειρά από εσωτερικές διεργασίες. Αρχικά εφαρμόζεται μία ακολουθία ταξινόμησης όπου η λίστα ταξινομείται πρώτα ως προς την έναρξη (αύξουσα), στη συνέχεια ως προς την διάρκεια (φθίνουσα) και τέλος ως προς το τονικό ύψος (φθίνουσα) των φθογγικών αντικειμένων (Σχήμα 2.1δ). Κατά την ταξινόμηση της βασικής συλλογής, στα φθογγικά αντικείμενα προστίθεται σε αυτά ένα αριθμητικό πεδίο (ακέραιος). Ο

⁴ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Δημιουργία βασικής συλλογής δεδομένων

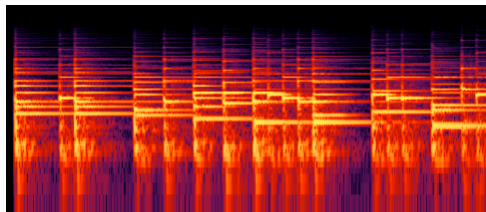
αριθμός αυτός είναι κοινός για τα σύνολα συγχρονισμένων φθόγγων, δηλαδή φθόγγων που έχουν ίδια έναρξη και ίδια λήξη.

Με αυτή την κωδικοποίηση, ορίζεται ένας δισδιάστατος χώρος απεικόνισης (Σχήμα 2.1.γ) όπου οι δύο ποιότητες των φθογγικών αντικειμένων αποτελούν και τις δύο διαστάσεις. Οι αποστάσεις μεταξύ των στοιχείων σε αυτό το χώρο είναι γραμμικές. Για παράδειγμα, μία τονική απόσταση έξι ημιτονίων απέχει το διπλάσιο από μία απόσταση τριών και αντίστοιχα μία χρονική απόσταση δύο δευτερολέπτων απέχει το διπλάσιο από μία απόσταση ενός δευτερολέπτου. Αν και αυτή η παραδοχή φαίνεται αυτονόητη, ουσιαστικά αποτελεί μία επιλογή στην διαχείριση των φθογγικών σχέσεων. Για παράδειγμα, η γραμμικότητα στις τονικές αποστάσεις δεν είναι πάντα δόκιμη, ειδικά όταν αναπτύσσονται κάθετες σχέσεις μεταξύ φθόγγων (πχ. αλληλεπικάλυψης), όπου η θέση τους στην αρμονική στήλη του χαμηλότερου φθόγγου είναι σημαντικός παράγοντας για την εύρεση της μεταξύ τους σχέσης εγγύτητας (Αρχή Τονικής Συγχώνευσης).

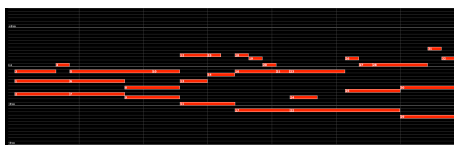
α) παραδοσιακή γραφή



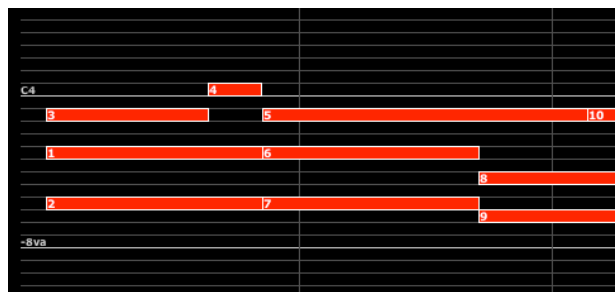
β) φασματογράφημα



γ) pianoroll



δ) pianoroll (λεπτομέρεια)



Σχήμα 2.1 Αναπαραστάσεις της μουσικής επιφάνειας των δύο πρώτων μέτρων από την σονάτα K282 του Μότσαρτ σε α) παραδοσιακή γραφή, β) φασματογράφημα και γ) pianoroll. Οι αριθμοί στα ορθογώνια πλαίσια της pianoroll αναπαράστασης (φθόγγοι) υποδεικνύουν την ταξινόμηση (δ).

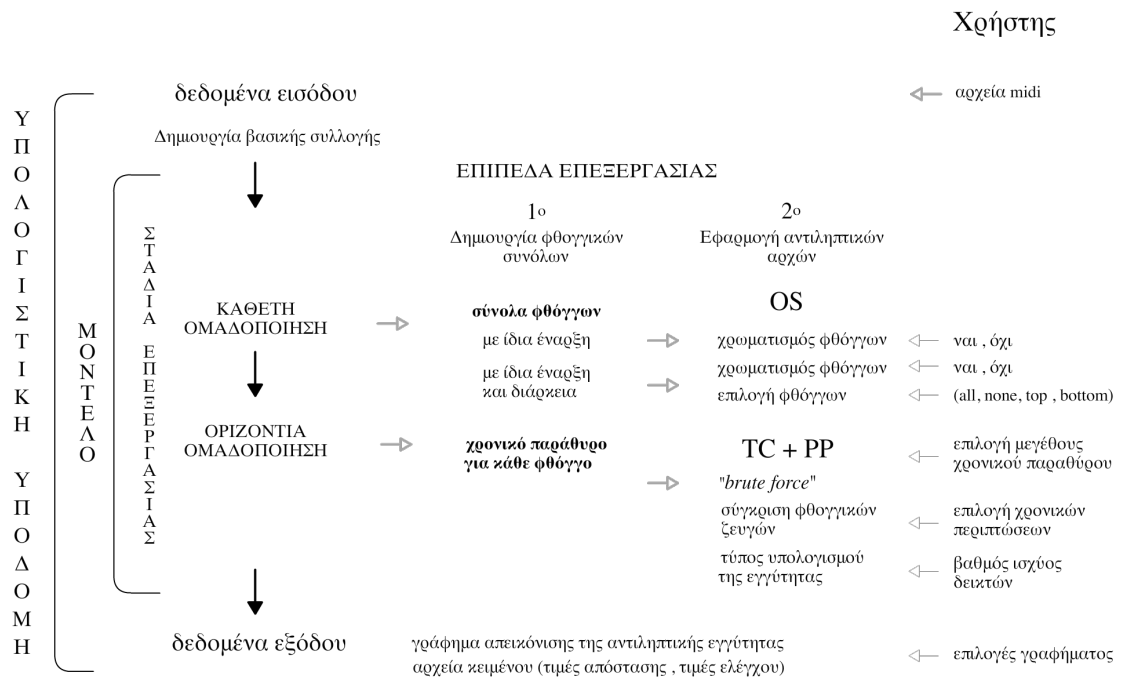
Σε αυτό το κωδικοποιημένο περιβάλλον εφαρμόζεται το αντιληπτικό μοντέλο με την μορφή ενός αλγόριθμου που συνδυάζει τα φθογγικά στοιχεία. Το μοντέλο βασίζεται στην εφαρμογή της γενικότερης αντιληπτικής αρχής της εγγύτητας μεταξύ των φθογγικών στοιχείων και όπως αναφέρθηκε έχει δύο βασικούς στόχους : α) την απόδοση των αντιληπτικών τάσεων ομαδοποίησης σε ακουστικές ροές και β) την δυνατότητα παραμετροποίησης των μηχανισμών που καθορίζουν αυτήν την τάση. Πρόκειται δηλαδή για ένα ενδιάμεσο στάδιο επεξεργασίας που αποδίδει μία σημαντική αντιληπτική συσχέτιση μεταξύ των φθογγικών στοιχείων βάσει της εγγύτητας και ελέγχεται από τον χρήστη. Το μοντέλο δεν ομαδοποιεί τους φθόγγους σε ακουστικές ροές αλλά ερμηνεύει την τάση ομαδοποίησης βάσει της αρχής της εγγύτητας, όπως την ορίζει ο χρήστης στα πλαίσια μίας συγκεκριμένης συστηματικής οργάνωσης αντιληπτικών αρχών.

2.2 Σύντομη περιγραφή

Το μοντέλο είναι φθογγοκεντρικό, με την έννοια ότι η νότα αποτελεί την ελάχιστη και βασική πληροφοριακή μονάδα. Οργανώνοντας τα φθογγικά αντικείμενα κάθε μουσικού αποσπάσματος σε μία λίστα, εφαρμόζεται ένα σύστημα συσχέτισης σύμφωνα με επιλεγμένες αντιληπτικές αρχές που συνδυάζουν τις ποιότητες των φθόγγων σε διάφορα επίπεδα και στάδια επεξεργασίας ώστε να αποδώσουν σε αυτά τάσεις ομαδοποίησης.

Στην διδιάστατη αναπαράσταση της μουσικής (χρόνος-τονικό ύψος), τα βασικά στοιχεία (φθογγικά αντικείμενα) συνδυάζονται σε δύο επίπεδα και σε δύο στάδια. Ειδικότερα, στο πρώτο επίπεδο επεξεργασίας δημιουργούνται κάθετες και οριζόντιες ομαδοποιήσεις φθογγικών αντικειμένων σύμφωνα με χρονικές παραμέτρους. Στο δεύτερο επίπεδο επεξεργασίας, στις παραπάνω ομαδοποιήσεις εφαρμόζονται οι αντιληπτικές αρχές και συγκεκριμένα η αρχή της συγχρονισμένης έναρξης στην κάθετη ομαδοποίηση και οι αρχές της χρονικής συνέχειας και της τονικής εγγύτητας στις οριζόντιες. Τα στάδια επεξεργασίας καθορίζουν την σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι παραπάνω συσχετισμοί. Συγκεκριμένα, στο πρώτο στάδιο εφαρμόζονται τα κάθετα επίπεδα επεξεργασίας μεταβάλλοντας την βασική συλλογή και στο

δεύτερο στάδιο, τα οριζόντια, ολοκληρώνοντας την εφαρμογή του μοντέλου στα δεδομένα. Το βασικό σχεδιάγραμμα της αρχιτεκτονικής του μοντέλου παρουσιάζεται στο σχήμα 2.3. Στις παρακάτω ενότητες επεξηγούνται τα επιμέρους στοιχεία του.



Σχήμα 2.2 Γενικό σχεδιάγραμμα οργάνωσης του μοντέλου. Από πάνω προς τα κάτω παρουσιάζονται τα στάδια επεξεργασίας, ενώ από τα αριστερά προς τα δεξιά, τα επίπεδα επεξεργασίας.

2.3 Δημιουργία φθογγικών συνόλων - Πρώτο επίπεδο επεξεργασίας

Τα φθογγικά αντικείμενα αρχικά ομαδοποιούνται σε σύνολα σύμφωνα με χρονικές συνθήκες ώστε να συνδυαστούν στην συνέχεια σε δύο διαστάσεις : κάθετα, εφαρμόζοντας την αρχή της συγχρονισμένης έναρξης και οριζόντια, εφαρμόζοντας τις αρχές της χρονικής συνέχειας και της τονικής εγγύτητας.

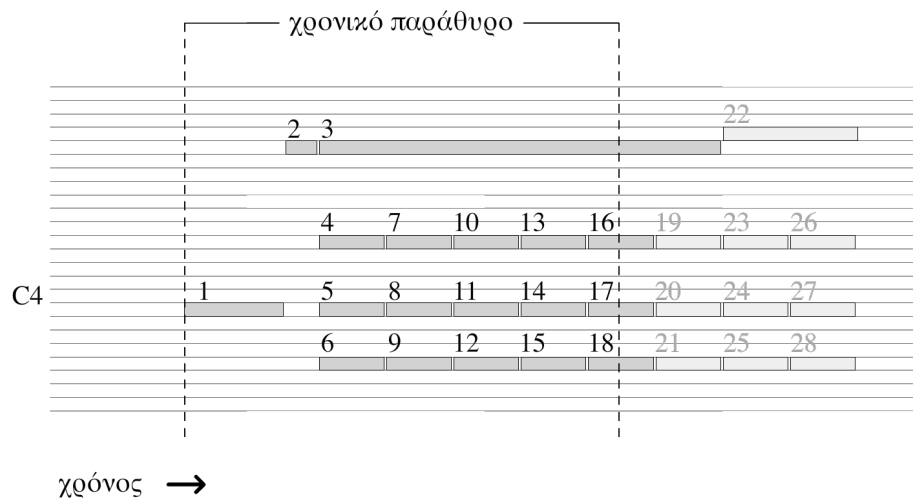
Τα σύνολα προκύπτουν με δύο τρόπους:

- α) βάση ισοτιμίας χρονικών τιμών, και
- β) βάση χρονικού εύρους

Στην πρώτη περίπτωση, δημιουργούνται δύο σύνολα από φθογγικά αντικείμενα. Στο πρώτο σύνολο ομαδοποιούνται οι φθόγγοι που έχουν ίδια

έναρξη και στο δεύτερο, οι φθόγγοι που έχουν ίδια έναρξη και ίδια λήξη, είναι δηλαδή συγχρονισμένοι.

Στην δεύτερη περίπτωση, κατά την σειριακή προσπέλαση των φθόγγων στην βασική συλλογή, για κάθε φθόγγο, δημιουργείται ένα σύνολο από φθόγγους των οποίων οι ενάρξεις είναι μικρότερες από το άθροισμα της έναρξης του φθόγγου-βάση και του χρονικού εύρους που ορίζεται από τον χρήστη. Το χρονικό εύρος ονομάζεται *χρονικό παράθυρο* (time window), η τιμή του είναι σταθερή και εκφράζεται σε ms.



Σχήμα 2.3 Χρησιμοποιώντας το χρονικό παράθυρο δημιουργούμε φθογγικά σύνολα ενός ευρύτερου χρονικού πλαισίου όπου μπορούμε να εξετάσουμε τις σχέσεις μεταξύ φθογγικών ζευγών. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, με αφετηρία τον φθόγγο 1, το σύνολο συσχέτισης αποτελείται από τα φθογγικά ζεύγη 1-2 μέχρι και 1-18.

Παράμετροι

Μέγεθος χρονικού παραθύρου

TW : *χρονικό εύρος (ms)*

2.4 Εφαρμογή αντιληπτικών αρχών - Δεύτερο επίπεδο επεξεργασίας

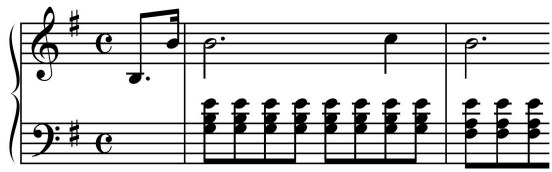
Στο δεύτερο επίπεδο επεξεργασίας, στα φθογγικά σύνολα που δημιουργήθηκαν στο πρώτο εφαρμόζονται οι επιλεγμένες αντιληπτικές αρχές. Συγκεκριμένα, όπως αναφέρθηκε και στο πρώτο επίπεδο, τα συνδυαστικά

σύνολα δίνουν την δυνατότητα επεξεργασίας συνόλων φθογγικών αντικειμένων σε δύο χρονικές διαστάσεις, κάθετα και οριζόντια.

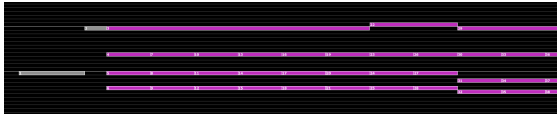
2.4.1 Κάθετος συσχετισμός φθόγγων

Στις δύο κάθετες φθογγικές ομαδοποιήσεις εφαρμόζεται η αρχή της συγχρονισμένης έναρξης. Στο πρώτο σύνολο (ίδια έναρξη) εφαρμόζοντας την αρχή, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μόνο την οπτική ομαδοποίηση (μωβ χρωματισμός, σχήμα 2.4.α) αυτών των φθόγγων στο γράφημα. Επίσης, στο δεύτερο σύνολο (ίδια έναρξη και λήξη), οι φθόγγοι μπορούν να χρωματιστούν με μπλε χρώμα (σχήμα 2.4.β). Εφαρμόζοντας και τις δύο επιλογές πρώτα χρωματίζονται οι φθόγγοι με ίδια έναρξη και έπειτα οι συγχρονισμένοι φθόγγοι (σχήμα 2.4.γ). Ειδικά στους συγχρονισμένους φθόγγους ο χρήστης, εκτός από την επιλογή όλων των φθόγγων (σχήμα 2.4.δ), μπορεί να επιλέξει ποιοι από αυτούς θα περάσουν στο δεύτερο στάδιο επεξεργασίας με τις παρακάτω επιλογές: μόνο ο ψηλότερος φθόγγος (σχήμα 2.4.ε), μόνο ο χαμηλότερος φθόγγος (σχήμα 2.4.στ), μόνο ο ψηλότερος και ο χαμηλότερος (σχήμα 2.4.ζ). Καθώς δεν χρησιμοποιείται η αρχή της τονικής συγχώνευσης, με αυτόν το τρόπο ο χρήστης μπορεί να διαχωρίσει το «τονικό μείγμα» επιλέγοντας τους φθόγγους που θεωρεί ότι έχουν μεγαλύτερη αντιληπτική ισχύ. Οι χρωματικές ομαδοποιήσεις δεν επηρεάζουν την επιλογή των φθόγγων. (Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την γραφική απεικόνιση παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β.)

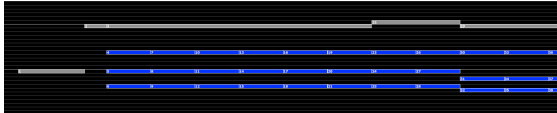
Φ. Σοπέν, Πρελούδια, Ορ. 28, Νο. 4, Μι ελάσσονα



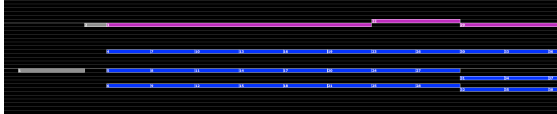
α)



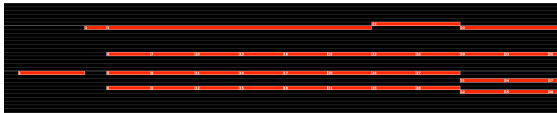
β)



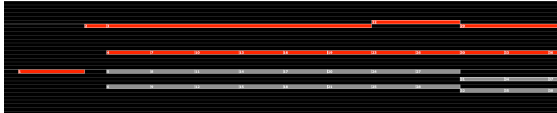
γ)



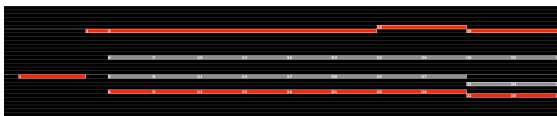
δ)



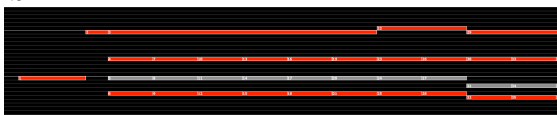
ε)







στ)



ζ)



-  : φθόγγοι που εξαιρούνται από το επόμενο στάδιο επεξεργασίας
-  : φθόγγοι που δεν επηρεάζονται από την αρχή και περνούν στο επόμενο στάδιο επεξεργασίας
-  : ίδια έναρξη
-  : συγχρονισμένοι φθόγγοι

Σχήμα 2.4 Εφαρμογή της Αρχής Συγχρονισμένης Έναρξης.

Παράμετροι

Επιλογή από φθόγγους με ίδια έναρξη και ίδια λήξη

<i>all</i>	:	<i>όλοι οι φθόγγων</i>
<i>no</i>	:	<i>κανένας</i>
<i>top</i>	:	<i>μόνο οι ψηλότεροι</i>
<i>bot</i>	:	<i>μόνο οι χαμηλότεροι</i>
<i>top, bot</i>	:	<i>ψηλότεροι και χαμηλότεροι</i>

Επιλογές γραφικής αναπαράστασης

<i>OSi</i>	:	<i>Χρωματισμός φθόγγων με ίδια έναρξη (μωβ)</i>
<i>OSc</i>	:	<i>Χρωματισμός συγχρονισμένων φθόγγων (μπλε)</i>

2.4.2 Οριζόντιος συσχετισμός φθόγγων

Ο οριζόντιος συσχετισμός φθόγγων πραγματοποιείται με την εφαρμογή των αρχών της χρονικής συνέχειας και της τονικής εγγύτητας στα φθογγικά ζεύγη του χρονικού παραθύρου κάθε φθόγγου με στόχο την απόδοση μίας τιμής αντιληπτικής «απόστασης» μεταξύ τους. Στη συνέχεια, τα ζεύγη κάθε χρονικού παραθύρου ταξινομούνται ως προς την τιμή απόστασης και επιλέγεται η μικρότερη ως επικρατέστερη. Ο χρήστης μπορεί να διευρύνει τις πιθανές συνδέσεις ορίζοντας ένα αποδεκτό εύρος απόστασης (βλ. παρακάτω, C%).

Αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται σε δύο βασικά βήματα με αρκετές επιλογές για τον χρήστη. Αρχικά, σε κάθε φθογγικό ζεύγος, γίνονται συσχετισμοί ομοίων ποιοτήτων (χρονικών και τονικών) μεταξύ των φθόγγων. Πρώτα εφαρμόζονται οι χρονικοί συσχετισμοί και στη συνέχεια υπολογίζεται η τονική τους απόσταση. Στο δεύτερο βήμα, σε κάθε φθογγικό ζεύγος ανατίθεται μία τιμή απόστασης που υπολογίζεται με έναν αλγόριθμο υπολογισμού της απόστασης μεταξύ των δύο φθόγγων. Ειδικότερα, στις τιμές των χρονικών και του τονικού συσχετισμού παρέχεται ένας συντελεστής βαρύτητας και όλες μαζί συγχωνεύονται με απλή πρόσθεση αποδίδοντας με αυτών τον τρόπο την τιμή της αντιληπτικής τους απόστασης.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι συσχετισμοί ομοίων ποιοτήτων (χρονικοί και τονικός), οι δυνατότητες επιλογής χρονικών περιπτώσεων και δεικτών χρονικής συσχέτισης από τον χρήστη, ο τύπος

υπολογισμού της απόστασης μεταξύ δύο φθόγγων και η διεύρυνση των πιθανών συνδέσεων με την επιλογή ενός ορίου.

2.4.2.1 Χρονικοί συσχετισμοί ζεύγους φθογγικών αντικειμένων

Η χρονική σχέση δύο φθόγγων καθορίζεται από το σύνολο των πιθανών περιπτώσεων που δημιουργούνται από τους συνδυασμούς των ενάρξεων (onsets) και των λήξεων (offsets) τους, δηλαδή από το σύνολο (x_1, y_1, x_2, y_2) .

Αν x_1, x_2 είναι οι ενάρξεις με $x_1 \leq x_2$, και y_1, y_2 οι λήξεις δύο φθόγγων n_1 και n_2 αντίστοιχα τότε από τον παρακάτω τριγωνικό πίνακα προκύπτουν όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί των χρονικών σχέσεων ενός ζεύγους φθόγγων.

Πίνακας 2.2 Συσχέτιση χρονικών τιμών ζεύγους φθογγικών αντικειμένων

x_2	ioi		
y_1	dur_1	tg	
y_2	dur_T	dur_2	$ioFi$
	x_1	x_2	y_1

όπου,

ioi	:	$x_2 - x_1$	inter-onset-interval, χρονική διαφορά μεταξύ ενάρξεων
$ioFi$:	$y_2 - y_1$	inter-offset-interval, χρονική διαφορά μεταξύ λήξεων
tg	:	$y_2 - x_1$	temporal gap, χρονική διαφορά μεταξύ λήξης πρώτου και έναρξης δεύτερου φθόγγου (με πρόσημο)
$dur_{[i]}$:	$y_{[i]} - x_{[i]}$	duration, χρονική διάρκεια φθόγγου i .
dur_T	:	$y_2 - x_1$	total duration, συνολική διάρκεια φθόγγων

Συνθήκες

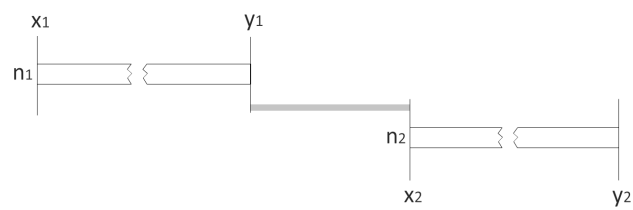
α. Διαδοχικοί φθόγγοι

$$x_1 < x_2$$

$$y_1 < y_2$$

$$y_1 \leq x_2$$

χρόνος →

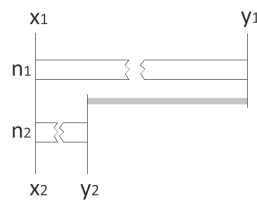


β. Επικαλυπτόμενοι φθόγγοι

- ολική επικάλυψη
- συγχρονισμένη έναρξη

$$x_1 = x_2$$

$$y_1 > y_2$$

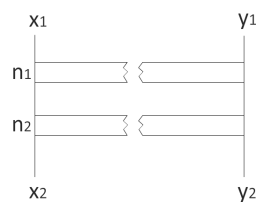


γ. Επικαλυπτόμενοι φθόγγοι

- ολική επικάλυψη
- συγχρονισμένοι φθόγγοι

$$x_1 = x_2$$

$$y_1 = y_2$$

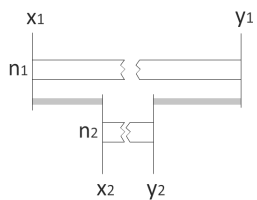


δ. Επικαλυπτόμενοι φθόγγοι

- ολική επικάλυψη

$$x_1 < x_2$$

$$y_1 > y_2$$

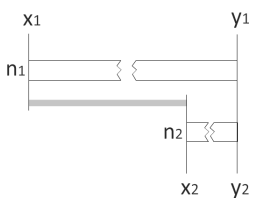


ε. Επικαλυπτόμενοι φθόγγοι

- ολική επικάλυψη

$$x_1 < x_2$$

$$y_1 = y_2$$



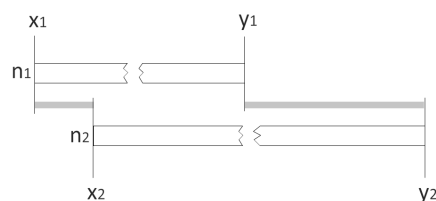
στ. Επικαλυπτόμενοι φθόγγοι

- μερική επικάλυψη

$$x_1 < x_2$$

$$y_1 < y_2$$

$$y_1 > x_2$$



Σχήμα 2.5 Κατηγοριοποίηση όλων των πιθανών περιπτώσεων μεταξύ δύο φθόγγων σε σχέση με τα χρονικά τους χαρακτηριστικά. Οι διάρκειες των φθόγγων είναι μεταβλητές.

2.4.2.2 Επιλογή χρονικών περιπτώσεων και μεγεθών χρονικής συσχέτισης

Χρησιμοποιώντας τους παραπάνω δείκτες χρονικής συσχέτισης, μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε το σύνολο των χρονικών περιπτώσεων μεταξύ δύο φθόγγων. Στην συγκεκριμένη μελέτη επιλέγονται οι παρακάτω κατηγορίες :

Πίνακας 2.3 Επιλεγμένες χρονικές περιπτώσεις

$tg \geq 0$	1.	Διαδοχικοί φθόγγοι
$tg < 0$	2.	Επικαλυπτόμενοι φθόγγοι
$ oi = 0$	2.1	Συγχρονισμένη έναρξη
$ tg = d$	2.2	Συγχρονισμένοι φθόγγοι

Κατά τον έλεγχο της χρονικής σχέσης ενός φθογγικού ζεύγους, ο χρήστης έχει την δυνατότητα καθορισμού του είδους των σχέσεων που θα είναι επιτρεπτές για την επόμενη φάση υπολογισμού της απόστασής τους αλλά και την δυνατότητα επιλογής των χρονικών δεικτών της σχέσης που θα συμμετέχουν σε αυτόν. Συγκεκριμένα, από προεπιλογή, ο οριζόντιος συσχετισμός μεταξύ δύο φθόγγων πραγματοποιείται σε διαδοχικούς φθόγγους με την συμμετοχή των δεικτών ioi και tg , ενώ όλες οι υπόλοιπες χρονικές περιπτώσεις δεν υπολογίζονται. Με επιλογή, ο χρήστης μπορεί να επιτρέψει τις χρονικές σχέσεις επικάλυψης ($tg \leq 0$) εκτός από αυτές μεταξύ φθόγγων με ίδια έναρξη ($ioi=0$), όπου αντιμετωπίζονται από τον κάθετο συσχετισμό και δεν λαμβάνονται υπόψιν. Στις περιπτώσεις που η χρονική σχέση ενός φθογγικού ζεύγους δεν ανταποκρίνεται στις επιτρεπτές επιλογές του χρήστη, η τιμή της απόστασης γίνεται αρνητική και τα ζεύγη αποκλείονται από τον υπολογισμό της απόστασής τους.

Ειδικότερα, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε τρία είδη χρονικών σχέσεων ενεργοποιώντας με αυτόν τον τρόπο και διαφορετικούς δείκτες στον υπολογισμό της απόστασης.

1. Υπολογισμός μόνο της διαφοράς των ενάρξεων
2. Υπολογισμός ενάρξεων και χρονικού κενού
3. Υπολογισμός ενάρξεων, χρονικού κενού και χρονικής επικάλυψης

Στην πρώτη περίπτωση οι φθόγγοι θεωρούνται ως σημεία στην χρονική διάσταση (χωρίς διάρκεια) και ο δείκτης $i\sigma i$ είναι η μοναδική χρονική τιμή που εισέρχεται στον τύπο υπολογισμού της απόστασης.

Στην δεύτερη περίπτωση, οι φθόγγοι έχουν διάρκεια και επιτρέπονται μόνο οι περιπτώσεις διαδοχικών φθόγγων. Οι δείκτες που εισέρχονται στον τύπο υπολογισμού είναι η απόσταση των ενάρξεων ($i\sigma i$) και το χρονικό κενό (tg).

Η τρίτη περίπτωση, χρησιμοποιεί τους ίδιους δείκτες με την δεύτερη, αλλά στις περιπτώσεις χρονικής επικάλυψης ($tg < 0$, όλες εκτός από αυτές με ίδια έναρξη) η τιμή του δείκτη tg (χρονικού κενού) υπολογίζεται από το γινόμενο του μεγέθους της επικάλυψης (ms) με έναν συντελεστή που ορίζει ο χρήστης (προκαθορισμένη τιμή = 3).

Παράμετροι

Επιλογή χρονικών σχέσεων και δεικτών

$i\sigma i$:	υπολογισμός μόνο ενάρξεων
tg	:	υπολογισμός ενάρξεων και χρονικού κενού
$onIP$:	υπολογισμός ενάρξεων, χρονικού κενού και επικάλυψης

2.4.2.3 Συσχετισμοί τονικών υψών

Ο συσχετισμός τονικών υψών μεταξύ δύο φθόγγων έπεται του χρονικού καθώς όπως αναφέρθηκε αρκετά φθογγικά ζεύγη αποκλείονται λόγω επιλογών του χρήστη σχετικά με τις επιτρεπτές χρονικές σχέσεις. Σε όλες τις επιτρεπτές χρονικές περιπτώσεις, η τονική εγγύτητα (PP) εκφράζεται με το πηλίκο της απόλυτης διαφοράς των τονικών υψών ($|p1-p2|$) προς έναν τονικό διαιρέτη (PPd) που εκφράζεται σε ημιτόνια. Ο τονικός διαιρέτης σταθμίζει την τονική απόσταση με τα χρονικά μεγέθη δημιουργώντας παράλληλα με αυτόν τον τρόπο μία σύμβαση (βλ. χρονική συνέχεια vs τονική εγγύτητα). Από προεπιλογή, η τιμή του τονικού διαιρέτη είναι 36. Μειώνοντας αυτήν την τιμή, αυξάνεται η σημασία της τονικής διαφοράς στον υπολογισμό της απόστασης δύο φθόγγων.

Παράμετροι

Διαιρέτης τονικής διαφοράς

PPd : ακέραιος (αριθμός ημιτονίων)

2.4.2.4 Τύπος υπολογισμού της απόστασης μεταξύ δύο φθόγγων

Οι δείκτες χρονικής και τονικής συσχέτισης συγχωνεύονται ώστε να αποδοθεί μία τιμή απόστασης μεταξύ δύο φθόγγων. Η συγχώνευση γίνεται με την χρήση ενός αλγόριθμου που εφαρμόζει τις επιλογές του χρήστη σχετικά με τους χρονικούς δείκτες που συμμετέχουν στον υπολογισμό της απόστασης αλλά και την βαρύτητα όλων των δεικτών με την χρήση συντελεστών σε κάθε έναν χωριστά. Αναλυτικά, ο τύπος υπολογισμού της απόστασης για τις τρεις περιπτώσεις σύμφωνα με τις επιλογές του χρήστη είναι ο ακόλουθος :

(οι χρονικές τιμές είναι σε δευτερόλεπτα)

1. Υπολογισμός μόνο της διαφοράς των ενάρξεων (TC:ioi)

```
IF ( $x_1 < x_2$ ) AND ( $|x_2 - x_1| < \text{timeWindow}$ )  
Dioi =  $x_2 - x_1$   
Dp =  $|p_1 - p_2| / PPd$   
Distance = (  $F_{ioi} \cdot Dioi + F_{pp} \cdot Dp$  ) / 2
```

2. Υπολογισμός ενάρξεων και χρονικού κενού (TC:tg)

```
IF ( $y_1 \leq x_2$ ) AND ( $|x_2 - x_1| < \text{timeWindow}$ )  
Dioi =  $x_2 - x_1$   
Dtg =  $x_2 - y_1$   
Dp =  $|p_1 - p_2| / PPd$   
Distance = (  $F_{ioi} \cdot Dioi + F_{tg} \cdot Dtg + F_{pp} \cdot Dp$  ) / 3
```

3. Υπολογισμός ενάρξεων, χρονικού κενού και χρονικής επικάλυψης (TC:ovlP)

```
IF ( $x_1 < x_2$ ) AND ( $|x_2 - x_1| < \text{timewindow}$ )  
Dioi =  $x_2 - x_1$   
Dp =  $|p_1 - p_2| / PPd$   
IF ( $x_2 < y_1$ )  
    IF ( $y_2 \leq y_1$ )  
        ovrl =  $|y_2 - x_2|$   
    ELSE  
        ovrl =  $|y_1 - x_2|$   
    Dtg =  $ovlP \cdot ovrl$   
ELSE  
    Dtg =  $x_2 - y_1$   
Distance = (  $F_{ioi} \cdot Dioi + F_{tg} \cdot Dtg + F_{pp} \cdot Dp$  ) / 3
```


Στην περίπτωση χρονικής επικάλυψης ($x_2 < y_1$), ο δείκτης tg εκφράζει το γινόμενο του χρονικού διαστήματος της επικάλυψης με τον συντελεστή επικάλυψης που ορίζεται από τον χρήστη.

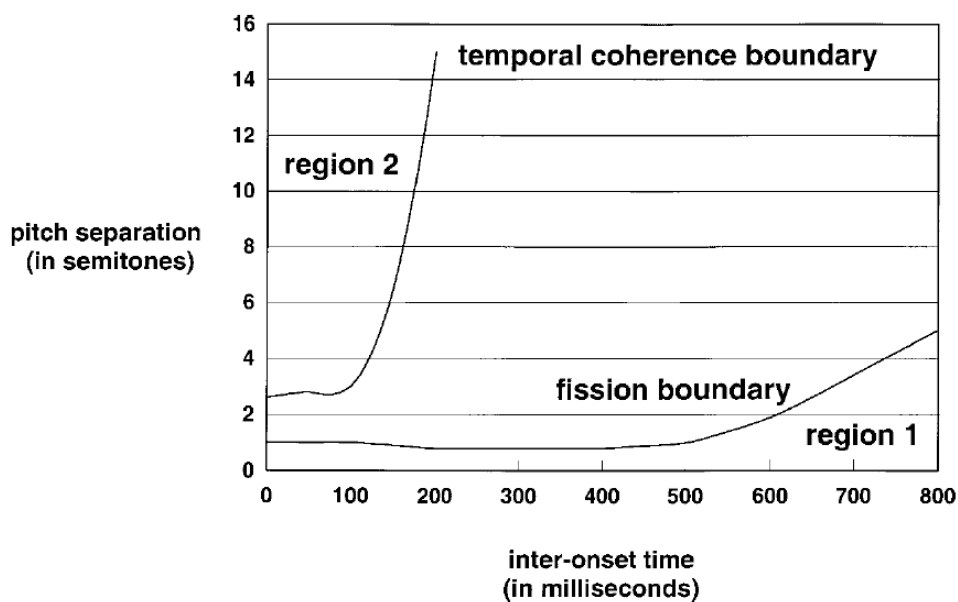
Παράμετροι

Συντελεστές βαρύτητας δεικτών

F_{ioi}	:	ποσοστό του δείκτη ioi
F_{tg}	:	ποσοστό του δείκτη tg
F_{pp}	:	ποσοστό του δείκτη pp

2.4.2.5 Χρονική συνέχεια vs Τονική εγγύτητα

Η συνοχή μίας ακουστικής ροής κατά την εξέλιξη του χρόνου εξαρτάται από την χρονική και την τονική εγγύτητα των διαδοχικών φθόγγων. Ο van Noorden χαρτογράφησε αυτήν τη σχέση ανάμεσα στην χρονική αγωγή και την τονική απόσταση σχετικά με την αντίληψη της συγχώνευσης ή του διαχωρισμού των ακουστικών ροών (σχήμα 2.6). Η περιοχή 1, κάτω από το όριο διαχωρισμού (fission boundary), αναφέρεται στην αντίληψη μίας ακουστικής ροής, όταν η απόσταση μεταξύ των ενάρξεων των διαδοχικών φθόγγων αλλά και η τονική τους απόσταση είναι μικρή. Η περιοχή 2, αριστερά από το όριο χρονικής συνοχής (temporal coherence boundary), αναφέρεται σε δύο ακουστικές ροές, όταν δηλαδή η χρονική αγωγή είναι γρήγορη και η απόσταση των φθόγγων μεγάλη. Οι περιπτώσεις ανάμεσα στις δύο περιοχές δεν είναι ξεκάθαρο αν θα ενισχύσουν την διατήρηση της συνοχής μίας ακουστικής ροής ή αν θα επιφέρουν την διάσπασή της καθώς οι δύο αρχές να λειτουργούν ανταγωνιστικά.



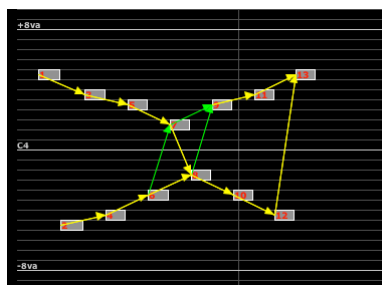
Σχήμα 2.6 Απεικόνιση της επίδρασης της χρονικής αγωγής και της διαστηματικής απόστασης στην αντίληψη του διαχωρισμού ή της συγχώνευσης ακουστικών ροών (van Noorden, 1975, σελ. 15).

Στο σχήμα 2.7 παρουσιάζονται δύο περιπτώσεις που αποτυπώνουν τον ανταγωνισμό των δύο αρχών. Το φθογικό υλικό και στα δύο παραδείγματα είναι το ίδιο και η μοναδική αλλαγή βρίσκεται στην χρονική αγωγή.

α) Αργή χρονική αγωγή



β) Γρήγορη χρονική αγωγή



Τιμές απόστασης

α)

1	2	0.415078
1	3	0.430488
2	3	0.376521
2	4	0.405049
3	4	0.361862
3	5	0.403894
4	5	0.347588
4	6	0.417013
5	6	0.319425
5	7	0.416628
6	7	0.291647
6	8	0.417013
7	8	0.264254
7	9	0.418168
8	9	0.292802
8	10	0.419323
9	10	0.320965
9	11	0.409284
10	11	0.338319
10	12	0.437803
11	12	0.377262
11	13	0.434338
12	13	0.390409

β)

1	2	0.264653
1	3	0.143058
2	3	0.239516
2	4	0.126529
3	4	0.220347
3	5	0.120369
4	5	0.205578
4	6	0.132498
5	6	0.176920
5	7	0.132498
6	7	0.150022
6	8	0.133378
7	8	0.122244
7	9	0.133378
8	9	0.150022
8	10	0.132498
9	10	0.176920
9	11	0.118609
10	11	0.191689
10	12	0.132498
11	12	0.218587
11	13	0.131618
12	13	0.246364

Σχήμα 2.7 Ανταγωνισμός μεταξύ χρονικής συνέχειας και τονικής εγγύτητας. Και στα δύο παραδείγματα χρησιμοποιούνται οι δείκτες i_{oi} και p_p (1^η περίπτωση του τύπου υπολογισμού απόστασης)

2.4.2.6 Επιλογή πιθανών οριζόντιων συνδέσεων

Από κάθε χρονικό παράθυρο, για κάθε φθόγγο δηλαδή που συμμετέχει στην οριζόντια συσχέτιση, επιλέγεται και απεικονίζεται στο γράφημα το φθογγικό ζεύγος με την μικρότερη απόσταση. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να διευρύνει τις ενδείξεις των πιθανών οριζόντιων συνδέσεων κάθε φθόγγου δημιουργώντας ένα ανώτατο όριο απόστασης. Το όριο αυτό σχετίζεται με την τιμή της καλύτερης (μικρότερης) απόστασης του χρονικού παραθύρου και η τιμή του προκύπτει από το άθροισμά της με ένα ποσοστό αυτής που ορίζει ο χρήστης (C%). Αυτό το άθροισμα λειτουργεί ως ανώτατο όριο για την εμφάνιση περισσότερων οριζόντιων συνδέσεων.

Αν για παράδειγμα η καλύτερη τιμή απόστασης ενός φθογγικού ζεύγους στα πλαίσια ενός χρονικού παραθύρου είναι $best = 0.2856$ και το όριο είναι $C\% = 20$, τότε το σύνολο των πιθανών συνδέσεων θα συμπεριλαμβάνει και το σύνολο των ζευγών που η τιμή τους θα είναι μικρότερη από $best + best \cdot C\%$, $0.2856 + (0.2856 \cdot 0.20)$, δηλαδή μικρότερη από 0.305592 .

Παράμετροι

Όριο επιτρεπτών τιμών

C% : ποσοστό της καλύτερης τιμής απόστασης που προστίθεται σε αυτήν

2.4.2.7 Σχετικά με την οριζόντια σύνδεση φθόγγων

Με τους παραπάνω τύπους πραγματοποιείται μία ποσοτικοποίηση της αντιληπτικής αρχής της εγγύτητας ενοποιώντας τους συσχετισμούς των επιμέρους ποιοτικών χαρακτηριστικών φθογγικών ζευγών. Ιδιαίτερη δυσκολία παρουσιάζουν οι περιπτώσεις χρονικά επικαλυπτόμενων στοιχείων καθώς η τονική τους σχέση δεν μπορεί να αποδοθεί με την απλή διαφορά των τονικών τους υψών και επιπλέον γιατί η χρονική τους σχέση δεν περιγράφεται επαρκώς εάν δεν συμπεριληφθεί το μέγεθος και το είδος της επικάλυψης.

2.5 Στάδια επεξεργασίας

Τα δεδομένα συσχετίζονται σε μία ακολουθία από στάδια επεξεργασίας που παραμένει αμετάβλητη. Οι όποιες επιλογές του χρήστη κατά την παραμετροποίηση του μοντέλου επηρεάζουν τις διεργασίες που πραγματοποιούνται σε αυτά και όχι την διάταξη των σταδίων. Κατά αυτόν τον τρόπο, στο πρώτο στάδιο εξετάζεται η κάθετη σχέση των φθόγγων και στο δεύτερο η οριζόντια. Και σε αυτήν την εργασία προτείνεται ότι η κάθετη συγχώνευση προηγείται της οριζόντιας διαδοχής των φθόγγων. Επίσης, τα δύο στάδια δεν συνδέονται με κάποιο τρόπο, δηλαδή οι επιλογές της κάθετης συσχέτισης εφαρμόζονται σε ολόκληρη την βασική συλλογή και στην συνέχεια, όταν εφαρμόζονται οι οριζόντιοι συσχετισμοί, οι φθόγγοι που έχουν επιλεγεί από την κάθετη συσχέτιση δεν μεταβάλλονται. Με την επιλογή της συγκεκριμένης αρχιτεκτονικής, ο ανταγωνισμός μεταξύ κάθετης και οριζόντιας συγχώνευσης δεν είναι διαχειρίσιμος. Η συμπερίληψή του στο μοντέλο θα αύξανε την πολυπλοκότητά του και η υλοποίησή του δεν θα ήταν εφικτή. Ωστόσο είναι ένα θέμα που σίγουρα πρέπει να αντιμετωπιστεί σε μία πιο ολοκληρωμένη μελέτη.

2.6 Παράμετροι

Καθώς ένας από τους στόχους της μελέτης ήταν η εξερεύνηση της διαδικασίας διαχωρισμού, δόθηκε έμφαση στην συμμετοχή του χρήστη στα διάφορα επίπεδα επεξεργασίας του μοντέλου. Ειδικότερα, ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει την ισχύ των αντιληπτικών αρχών ελέγχοντας ένα σύνολο από παραμέτρους ποσοτικοποίησης των φθογγικών σχέσεων. Οι παράμετροι αυτοί παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

Σχήμα 2.8 Παράμετροι μοντέλου στο γραφικό περιβάλλον

Πίνακας 2.3 Αναλυτικά όλες οι παράμετροι του μοντέλου όπως εμφανίζονται στο γραφικό περιβάλλον

Προκ. τιμή	Επιτρεπτές τιμές	Είδος τιμών	Συντ. Περιγραφή
F	T,F	boolean	pr Δημιουργία μόνο του <i>pianoroll</i> χωρίς την εφαρμογή του μοντέλου
T	T,F	boolean	OSi Χρωματισμός φθόγγων με συγχρονισμένη έναρξη (μωβ χρώμα)
T	T,F	boolean	OSc Χρωματισμός συγχορδιακών φθόγγων (μπλε χρώμα)
T	T,F	boolean	OSa Επιλογή όλων των φθόγγων
F	T,F	boolean	OSt Επιλογή υψηλότερων φθόγγων από συγχορδίες
F	T,F	boolean	OSb Επιλογή χαμηλότερων φθόγγων από συγχορδίες

1000	>0	ms	TW	Μέγεθος χρονικού παραθύρου
F	T,F	boolean	ioi	Χρήση μόνο των ενάρξεων (ioi) για τον χρονικό συσχετισμό
T	T,F	boolean	tg	Χρήση ενάρξεων (ioi) και χρονικού κενού (tg) για τον χρονικό συσχετισμό
F	T,F	boolean	Novl	μη αποδοχή χρονικών επικαλύψεων
F	T,F	boolean	ovl	αποδοχή χρονικών επικαλύψεων
3	>0	ακέραιος	ovlP	συντελεστής επικάλυψης
36	>0	ακέραιος	PPd	διαιρέτης τονικής διαφοράς (αριθμός ημιτονίων)
100	>0	ακέραιος	Fioi	συντελεστής ioi στον τύπο υπολογισμού απόστασης
100	>0	ακέραιος	Ftg	συντελεστής tg στον τύπο υπολογισμού απόστασης
100	>0	ακέραιος	Fpp	συντελεστής pp στον τύπο υπολογισμού απόστασης
F	T,F	boolean	C	απεικόνιση επιπλέον συνδέσεων φθογγικών ζευγών σύμφωνα με C%
20	>0	ακέραιος	C%	ποσοστό της καλύτερης απόστασης που προστίθεται στο όριο απεικόνισης φθογγικών ζευγών
F	T,F	boolean	Gallp	Εμφάνιση όλων των φθογγικών ζευγών στο γράφημα

Για ευκολία ανάγνωσης και τυποποίησης, ορισμένες από τις παραπάνω παραμέτρους παραλείπονται και άλλες ομαδοποιούνται. Οι παράμετροι *OSa*, *OSb* και *OSt* αντικαθίστανται από το σύνολο *OS (all, no, top, bot)*. Επίσης οι παράμετροι *ioi*, *tg*, *Novl*, *ovl* και *ovlP*, ομαδοποιούνται στο σύνολο *TC*. Το σύνολο *TC* μπορεί να πάρει τις τιμές *ioi*, όταν θα χρησιμοποιούνται μόνο οι ενάρξεις, *tg*, όταν θα χρησιμοποιείται η έναρξη και η λήξη των φθόγγων ή μία τιμή (*ovlP*) που θα δηλώνει ότι χρησιμοποιείται η *tg* και επιτρέπεται η επικάλυψη με κόστος στον υπολογισμό της απόστασης την τιμή που θα ορίζει ο χρήστης. Η παράμετρος *C* παραλείπεται και θα χρησιμοποιείται μόνο η *C%* ενώ παράμετρος *pr* (εκτύπωση μόνο *rianoROLL*) επειδή θα είναι πάντα *F*, παραλείπεται.

Οι παραπάνω παράμετροι κατηγοριοποιούνται και συνοψίζονται ως εξής :

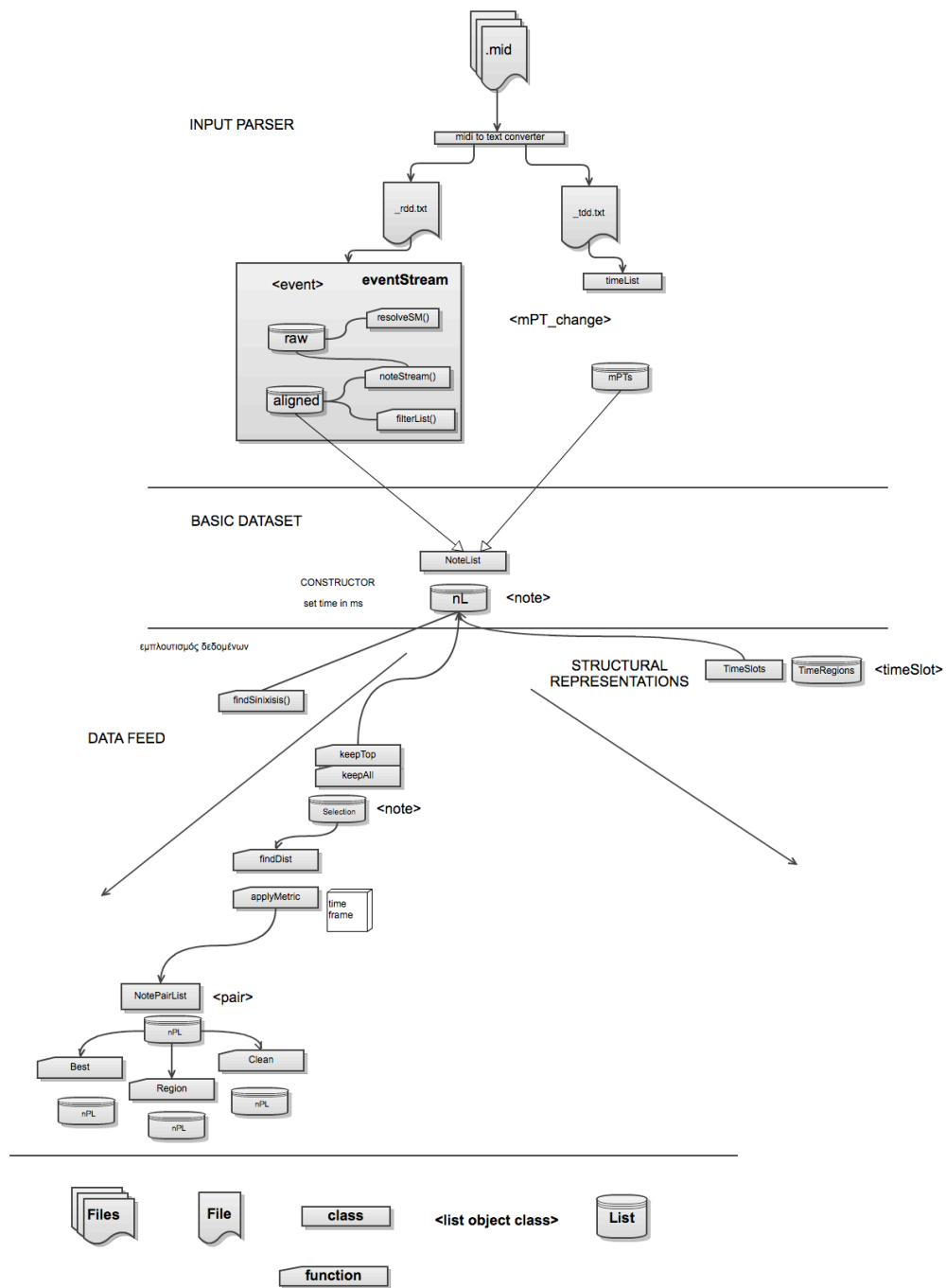
Κάθετη ενσωμάτωση	
Συγχρονισμένη Έναρξη	OS (a, no , t , b)
Οριζόντια συνένωση	TW , C%
Χρονική Συνέχεια	TC (ioi , tg , onIP)
Τονική Εγγύτητα	PPd
Τύπος απόστασης	Fioi , Ftg , Fpp
Επιλογές γραφήματος	OSi , OSc, GallP

Οι αναφορές στις παραμέτρους θα γίνεται με τον παρακάτω τρόπο:
επιλεγμένες τιμές (default values)

OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
a	1000	tg	36	100	100	100	20	F	F	F

Με αυτές τις παραμέτρους, ο χρήστης μπορεί να ελέγξει τον τρόπο εφαρμογής και τον βαθμό ισχύος των αντιληπτικών αρχών που συμμετέχουν στο μοντέλο.

2.7 Διάγραμμα ροής



3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Το μοντέλο αξιολογείται ως προς την επίτευξη των στόχων που είχαν τεθεί: σύμφωνα με την απόδοση της αντιληπτικής τάσης συγχώνευσης μεταξύ φθόγγων για τον διαχωρισμό ακουστικών ροών, και ως προς τις δυνατότητες ελέγχου της διαδικασίας διαχωρισμού τους. Για την αξιολόγηση του μοντέλου έπρεπε να διασφαλιστεί ένας βαθμός αξιοπιστίας του συστήματος και για τον λόγο αυτό πραγματοποιήθηκαν αρκετοί έλεγχοι. Ωστόσο για την επαλήθευση της σωστής λειτουργίας του μοντέλου στα δεδομένα εξόδου δημιουργούνται αρχεία κειμένου με τιμές για επαλήθευση των αποτελεσμάτων από τον χρήστη.

Ουσιαστικά γίνεται αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ως προς την περιγραφική ποιότητα που παρέχουν με την αποτύπωση της απόδοσης της τάσης συγχώνευσης των φθόγγων στο γράφημα. Επίσης αξιολογείται το σύνολο των δυνατοτήτων που παρέχονται στον χρήστη με την μορφή παραμέτρων του μοντέλου για την εξερεύνηση της διαδικασίας διαχωρισμού ακουστικών ροών.

3.1 Απόδοση του μοντέλου

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων γίνεται ως προς τον βαθμό της «αντικειμενικότητας» που προσφέρουν (περιγραφική ποιότητα). Το αν μπορεί να υπάρχει αντικειμενικότητα στην μουσική ανάλυση είναι ένα μεγάλο θέμα και στα πλαίσια της συγκεκριμένης μελέτης θα αρκεστούμε στην θεώρησή της ως τον βαθμό ταύτισης των αποτελεσμάτων με τις περιγραφές που προσδίδουν διαισθητικά μουσικολογικά καταρτισμένοι ερευνητές (εμπειρική αξιολόγηση). Η έλλειψη «σωστών» αποτελεσμάτων (groundtruth), καθώς όπως προαναφέρθηκε δεν υφίσταται αντικειμενικότητα αλλά περιγραφές μίας πραγματικότητας, αποτελεί σημαντικό πρόβλημα στη μελέτη όχι μόνο του συγκεκριμένου μουσικού φαινομένου, αλλά γενικότερα στην μελέτη ανώτερων αντιληπτικών δομών. Επίσης, δεν χρησιμοποιείται κάποιος συστηματικός τρόπος αξιολόγησης (πχ. *soundness* και *completeness*, Chew & Wu 2004) καθώς στους στόχους του μοντέλου ήταν η απόδοση της τάσης ομαδοποίησης βάσει αντιληπτικών αρχών και η εξερεύνηση της διαδικασίας μέσα από την

παραμετροποίηση και όχι ο εντοπισμός ακουστικών ροών ή κάποιου είδους φθογγικών ομαδοποιήσεων.

3.1.1 Περιορισμοί λόγω σχεδιασμού

Το μοντέλο, εκτός από τεχνικούς περιορισμούς, βάσει σχεδιασμού, ενέχει όρια ως προς τις δυνατότητες παραμετροποίησης και κυρίως ως προς τις δυνατότητες αναγνώρισης ακουστικών ροών. Συγκεκριμένα, ο σημαντικότερος τεχνικός περιορισμός βρίσκεται στο μέγεθος των αρχείων εισόδου (αρχεία midi) όπου πρέπει να είναι μικρότερης διάρκειας από 90 δευτερόλεπτα. Ο κυριότερος περιορισμός σχετικά με την παραμετροποίηση του μοντέλου βρίσκεται στην στατική οργάνωση των σταδίων επεξεργασίας. Λόγω της αρχιτεκτονικής οργάνωσης των σταδίων επεξεργασίας σε δύο ανεξάρτητα στάδια, οι επιλογές των φθόγγων του πρώτου σταδίου δεν αναιρούνται στο δεύτερο. Επίσης, λόγω της απουσίας των αρχών συνδιαμόρφωσης τονικών υψών (PcM) και της τονικής συγχώνευσης (TF), ανεξάρτητα από την οργάνωση του μοντέλου και την παραμετροποίηση του από τον χρήστη, οι δυνατότητες εντοπισμού των ακουστικών ροών περιορίζονται αρκετά. Για όλους τους παραπάνω περιορισμούς υπάρχουν προτάσεις στο επόμενο κεφάλαιο.

3.2 Δυνατότητες εξερεύνησης της διαδικασίας διαχωρισμού

Στα πλαίσια των σχεδιαστικών περιορισμών που αναφέρθηκαν προηγουμένως, ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να εξερευνήσει την διαδικασία διαχωρισμού μεταβάλλοντας τον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζεται η επεξεργασία της μουσικής επιφάνειας στα δύο βασικά στάδια επεξεργασίας του μοντέλου και που αφορούν τις κάθετες και τις οριζόντιες σχέσεις μεταξύ φθόγγων. Σχετικά με τις κάθετες σχέσεις, καθώς εφαρμόζεται μόνο η αρχή της συγχρονισμένης έναρξης, δίνονται οι δυνατότητες χρωματικής ομαδοποίησης και επιλογής φθόγγων βάσει της θέσης τους στην συγχορδία. Μία άμεση εξέλιξη θα ήταν η επέκταση των ίδιων επιλογών στο σύνολο φθόγγων που δημιουργείται μόνο από την ισοτιμία έναρξης. Σχετικά με τις οριζόντιες σχέσεις

των φθόγγων, επειδή συμμετέχουν οι αρχές της χρονικής συνέχειας και της τονικής εγγύτητας συνδυαστικά και παράλληλα ακολουθείται μία υπολογιστική διαδικασία (χρονικό παράθυρο-ζεύγη φθόγγων-αλγόριθμος υπολογισμού απόστασης) οι επιλογές είναι περισσότερες καθώς παρέχονται δυνατότητες παρέμβασης σε διάφορες παραμέτρους της διαδικασίας αυτής. Ειδικότερα, μεταβάλλοντας το μέγεθος του χρονικού παραθύρου, επηρεάζεται ποσοτικά το σύνολο των οριζόντιων συσχετισμών. Ο χρήστης μπορεί να μεταβάλει τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζεται η αρχή της χρονικής συνέχειας επιλέγοντας μεταξύ υπολογισμού των ενάρξεων ή των ενάρξεων και των λήξεων. Επίσης παρέχεται η δυνατότητα στοιχειώδους υπολογισμού χρονικά επικαλυπτόμενων φθόγγων, ώστε να μην αποκλείονται αυτού του είδους οι φθογγικές σχέσεις. Σε όλες τις προηγούμενες επιλογές (i0i, tg, onIP) ο χρήστης μπορεί να επιλέξει και τον βαθμό ισχύος τους, μεταβάλλοντας τον συντελεστή βαρύτητάς τους στον τύπο υπολογισμού της απόστασης μεταξύ φθογγικών ζευγών. Σχετικά με την αρχή της τονικής εγγύτητας, εκτός από τον συντελεστή ισχύος στον τύπο υπολογισμού της απόστασης, δίνεται η δυνατότητα σημαντικής μεταβολής του μεγέθους της τονικής απόστασης με τον διαιρέτη τονικής διαφοράς (PPd).

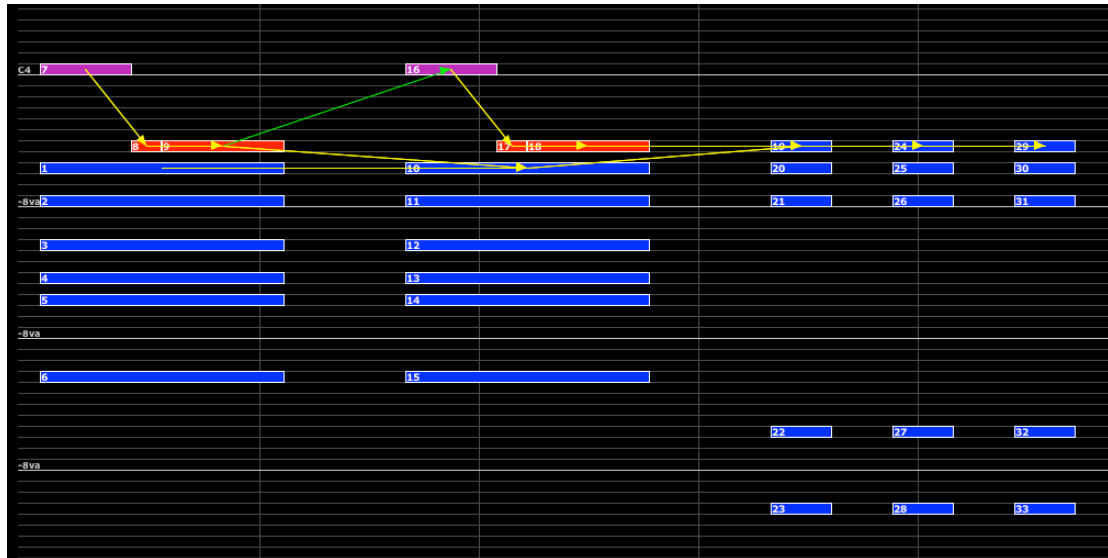
Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, το μοντέλο προσφέρει πολύ βασικές επιλογές στις κάθετες σχέσεις των φθόγγων και αρκετές επιλογές για τον υπολογισμό της απόστασης φθογγικών ζευγών στην οριζόντια σύνδεση.

3.3 Μουσικά παραδείγματα

Για την αξιολόγηση του μοντέλου, χρησιμοποιήθηκαν αποσπάσματα μουσικών έργων για πολυφωνικά όργανα διαφόρων εποχών. Σε κάθε μουσικό απόσπασμα εφαρμόζεται το μοντέλο σύμφωνα με επιλεγμένες παραμέτρους ώστε το αποτέλεσμα του να προσεγγίζει των διαισθητικό διαχωρισμό της μουσικής επιφάνειας σε ακουστικές ροές.

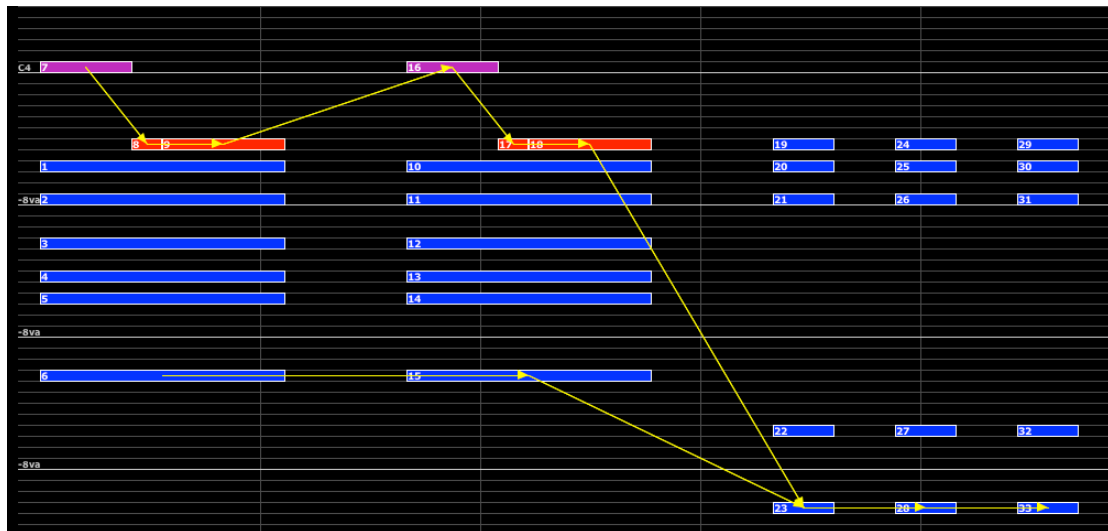
1. Λ. Β. Μπετόβεν, Πιάνο Σονάτα Ν. 18, Ορ. 31 , Μι ύφεση μείζονα, μέτρα 1-4

OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
t	2000	tg	36	100	100	100	10	T	T	F



Η οριζόντια σύνδεση των φθόγγων της μελωδίας (ψηλότεροι φθόγγοι) επιτυγχάνεται μόνο με την διεύρυνση των πιθανών συνδέσεων (πράσινα βέλη). Ο λόγος για τον οποίο η οριζόντια σύνδεση αυτών των φθόγγων δεν μπορεί να είναι η επικρατέστερη οφείλεται στο γεγονός ότι ο ψηλότερος φθόγγος της δεύτερης συγχορδίας βρίσκεται στην ίδια χρονική απόσταση με αυτόν της μελωδίας αλλά πολύ πιο κοντά τονικά. Η μοναδική περίπτωση όπου θα μπορούσαμε να συνδέσουμε οριζόντια την μελωδία με την μικρότερη απόσταση μεταξύ τους είναι να επιλέξουμε από τους συγχρονισμένους φθόγγους μόνο τον χαμηλότερο. Με αυτόν το τρόπο η τονική απόσταση μεταξύ των φθόγγων της μελωδίας γίνεται μικρότερη.

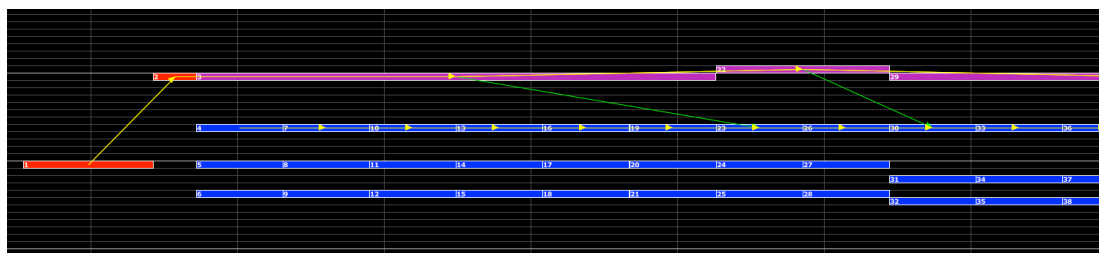
OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
b	2000	tg	36	100	100	100	10	T	T	F



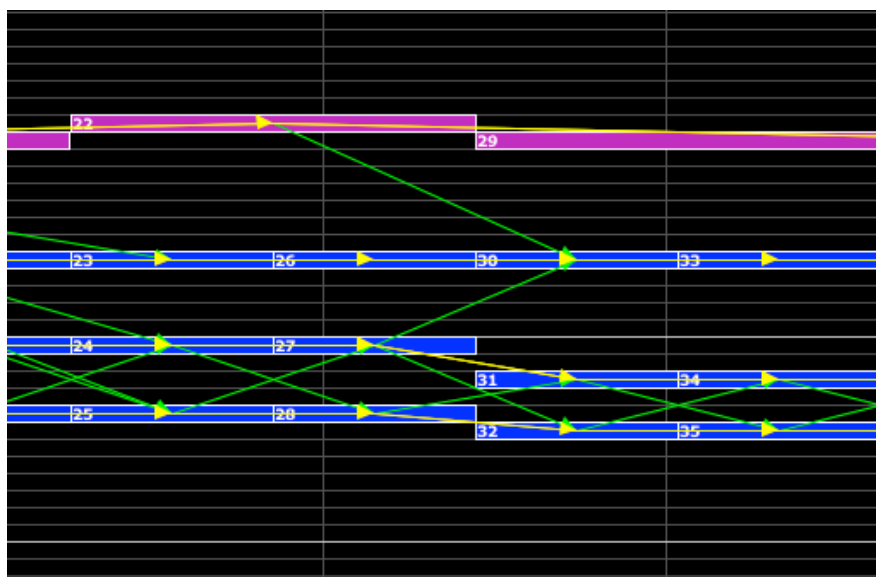
Οι τελευταίες τρεις συγχορδίες ενδεχομένως να είχαν διασπαστεί σε δύο ροές βάσει της αρχής της τονικής συγχώνευσης αλλά λόγω του χαμηλού τονικού ύψους πιθανότατα να μην γίνονται αντιληπτές και να υπερισχύει η αρχή συγχρονισμένων φθόγγων.

2. Φ. Σοπέν, Πρελούδια, Op. 28, No. 4, Μι ελάσσονα

OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
t	4000	tg	36	100	100	100	20	T	T	F



OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
a	4000	tg	36	100	100	100	20	T	T	F



Με την επιλογή της διατήρησης μόνο του ψηλότερου φθόγγου από τα σύνολα συγχρονισμένων φθόγγων οι «εσωτερικές» κινήσεις των φθόγγων που αποτελούν την ροή της συνοδείας δεν μπορούν να εντοπιστούν. Επιτρέποντας όλους των φθόγγους των συγχρονισμένων συνόλων να συμμετέχουν στις οριζόντιες σχέσεις οι κινήσεις αυτές εντοπίζονται.

3. Φ. Σοπέν, Μαζούρκα, Ορ. 6, Νο. 2, Ντο δίεση ελάσσονα, μέτρα 1-8

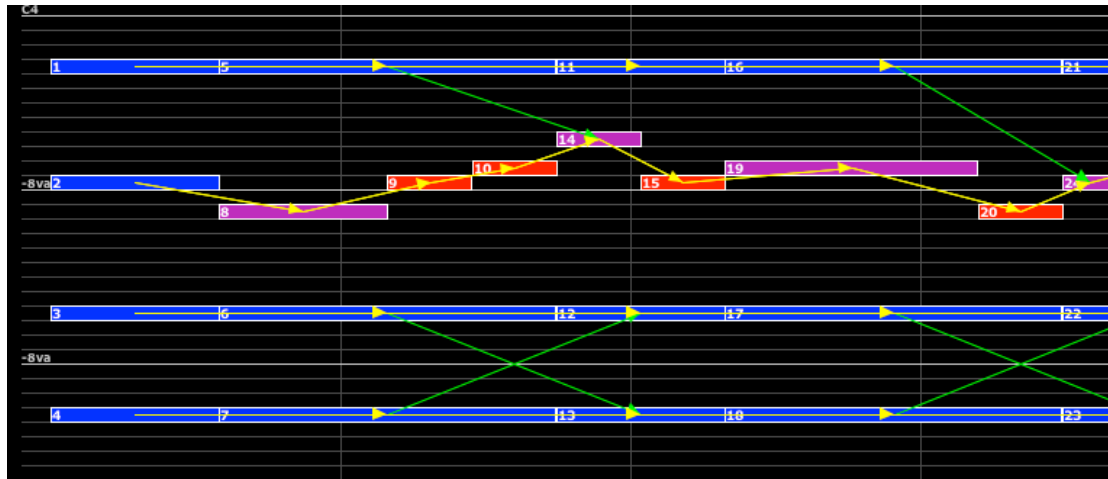
OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
top	2000	tg	36	100	100	100	20	T	T	F



Η εσωτερική μελωδία διαχωρίζεται από τους συγχρονισμένους φθόγγους λόγω διαφορετικού ρυθμού. Ωστόσο, καθώς η κάθετη και η οριζόντια ομαδοποίηση δεν αλληλεπιδρούν, το αρχικό ντο δίεση (ν.2) δεν μπορεί να διαχωριστεί από την κάθετη ομαδοποίηση. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, θα πρέπει να μην αποκλείονται φθόγγοι από το πρώτο στάδιο επεξεργασίας (κάθετες ομαδοποιήσεις), αλλά να επιλέγονται αφού ολοκληρωθεί και το δεύτερο στάδιο (οριζόντιες συνδέσεις).

Όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα αν επιτρέψουμε την συμμετοχή όλων των συγχρονισμένων φθόγγων στις οριζόντιες συνδέσεις, τότε οι φθόγγοι της εσωτερικής μελωδίας συνδέονται σωστά.

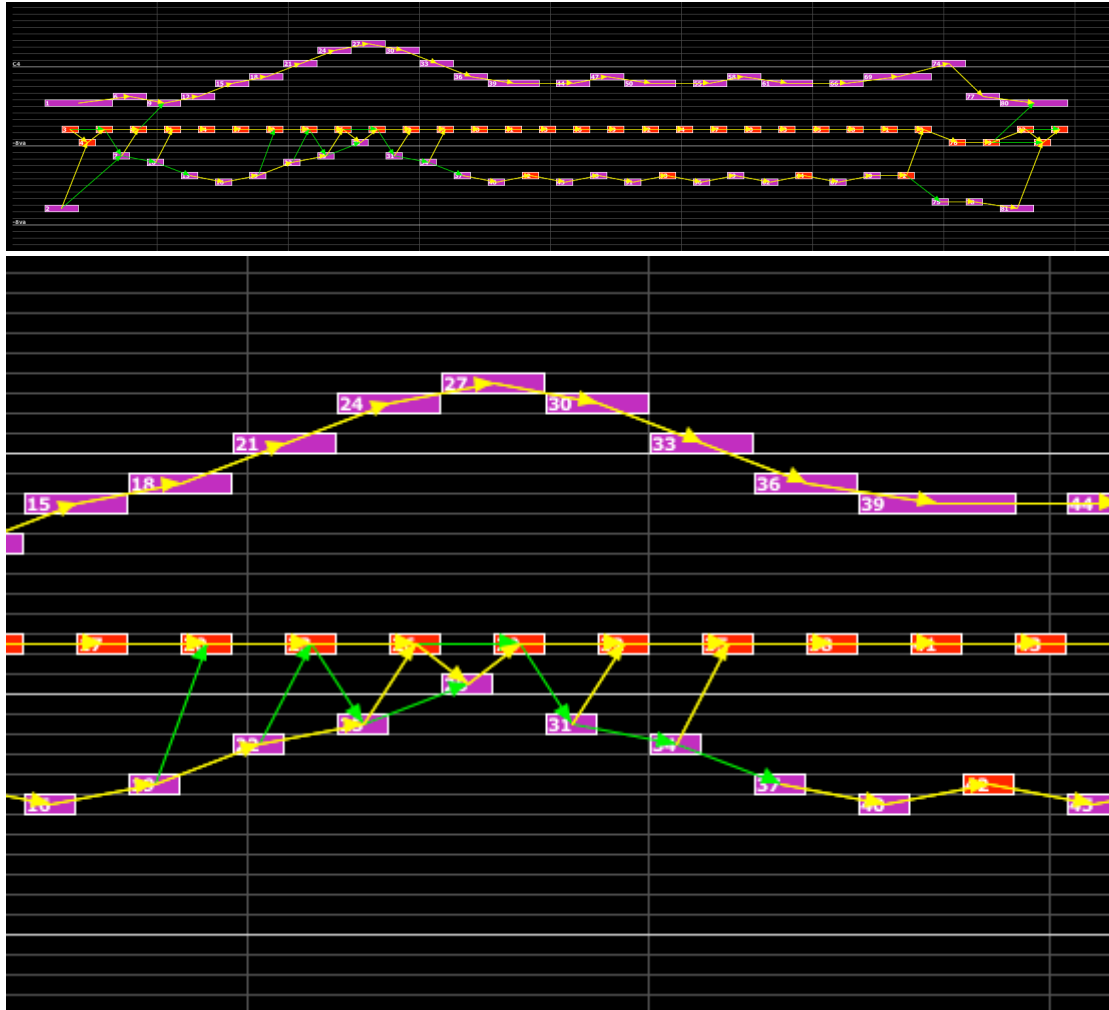
OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
a	2000	tg	36	100	100	100	20	T	T	F



Πιθανώς αν εφαρμόσουμε μία κυκλική εφαρμογή των σταδίων επεξεργασίας όπου το κάθε στάδιο θα προτείνει μία πιθανή σύνδεση χωρίς να είναι απόλυτο στην επιλογή φθόγγων εξ αρχής αλλά λαμβάνοντας υπόψιν και τις προτεινόμενες συνδέσεις του άλλου σταδίου, τέτοιου είδους προβλήματα θα μπορούσαν να αποφευχθούν.

4. Ντ. Σκαρλάτι, Σονάτα, Κ35, L 386 , Σολ ελάσσονα

OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
top	1000	tg	36	100	100	300	35	T	F	F

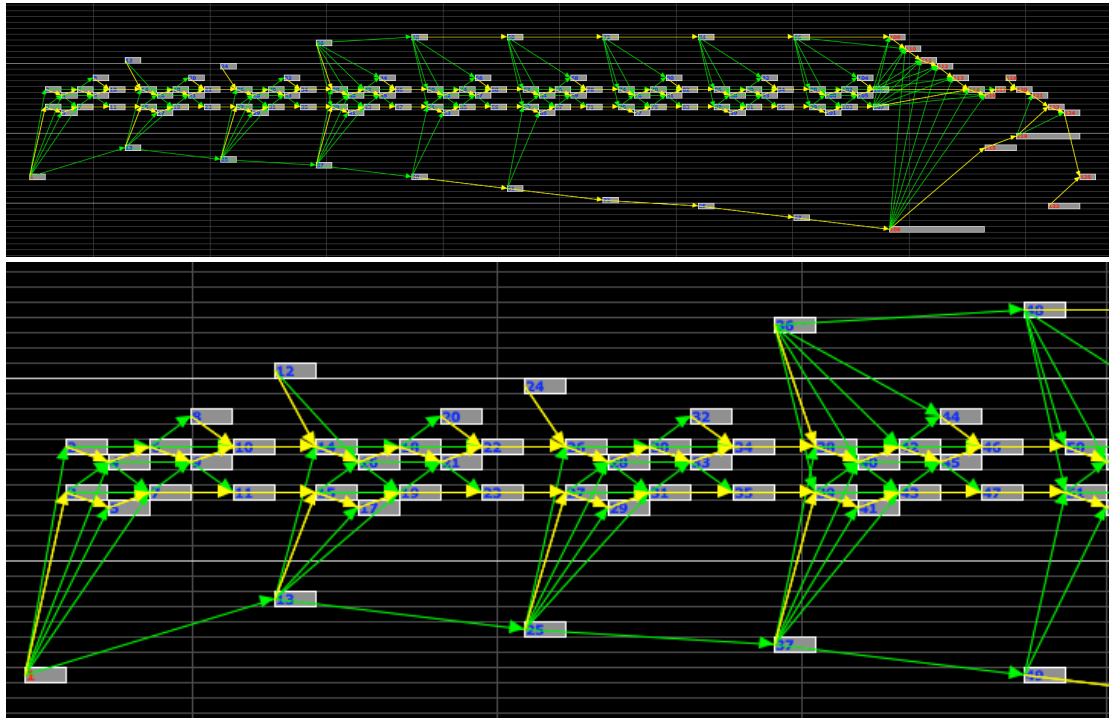


Με την χρήση της αρχής της τονικής συνδιαμόρφωσης(PcM) η παράλληλη κίνηση των εξωτερικών φωνών θα μπορούσε να ομαδοποιηθεί. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η χρωματική ομαδοποίηση επιτυγχάνεται λόγω της συγχρονισμένης έναρξης. Μελλοντικά θα μπορούσε να προστεθεί και η επιλογή πλήρους συγχώνευσης φθόγγων με συγχρονισμένη έναρξη.

Στο σημείο που πλησιάζουν οι δύο ψευδοπολυφωνικές γραμμές χάνεται για λίγο η ανεξαρτησία τους καθώς η τονική απόσταση μεταξύ των φθόγγων των δύο γραμμών μικραίνει στο βαθμό που να ανταγωνίζεται με την χρονική απόσταση.

5. Ντ. Σκαρλάτι, Σονάτα, Κ98, L 325, Μι ελάσσονα

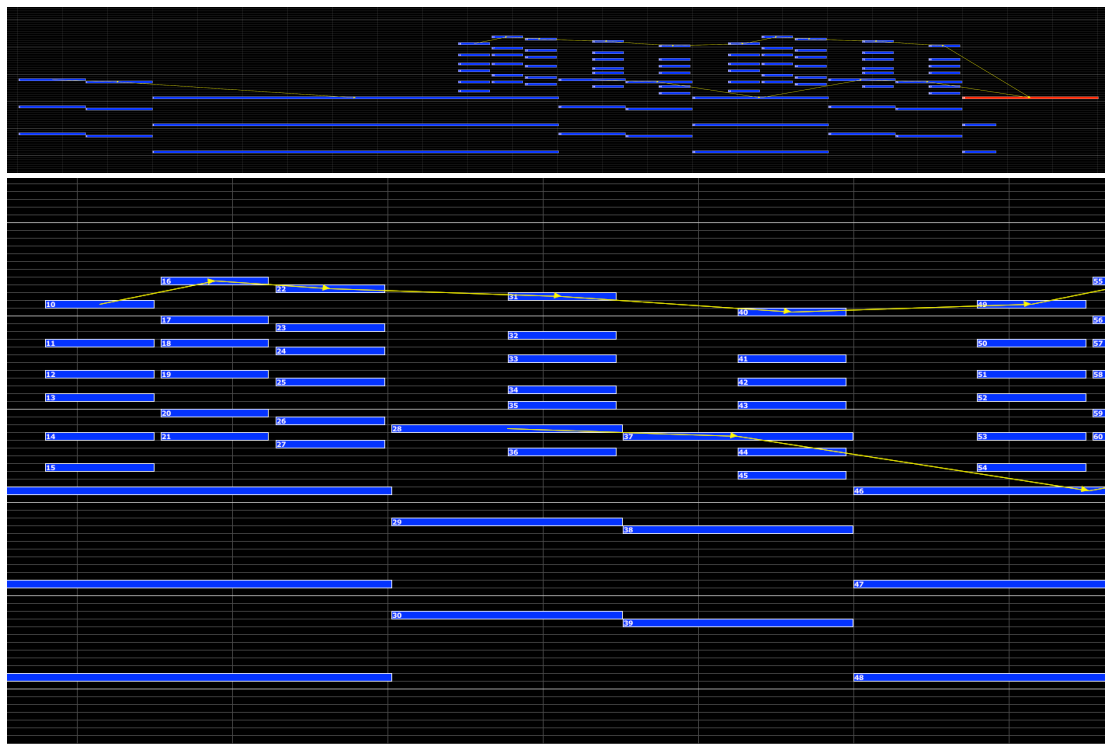
OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
t+b	1000	ioi	12	100	-	150	40	F	T	F



Στο παραπάνω παράδειγμα υπάρχουν 2 ή 3 ροές, ανάλογα με την ανεξαρτησία των εξωτερικών φθόγγων. Η κίνηση από παράλληλες 3^{ες} θα μπορούσε να ενσωματωθεί σε μία ροή με την χρήση της αρχής συγχρονισμένων φθόγγων, αυτό όμως θα είχε ως αποτέλεσμα την ενοποίηση και των εξωτερικών φωνών. Για την καλύτερη αντιμετώπιση αυτής της περίπτωσης χρειαζόταν η εφαρμογή της τονικής συνδιαμόρφωσης (PcM). Η οριζόντια σύνδεση των εξωτερικών φθόγγων επιτυγχάνεται με την μεγιστοποίηση της τονικής εγγύτητας, ωστόσο αυτό έχει αρνητικά αποτελέσματα στην οριζόντια σύνδεση της εσωτερικής ροής.

6. Σ. Ραχμάνινοφ, Πρελούδιο, Ορ.3 , Νο. 2, Ντο δίεση ελάσσονα

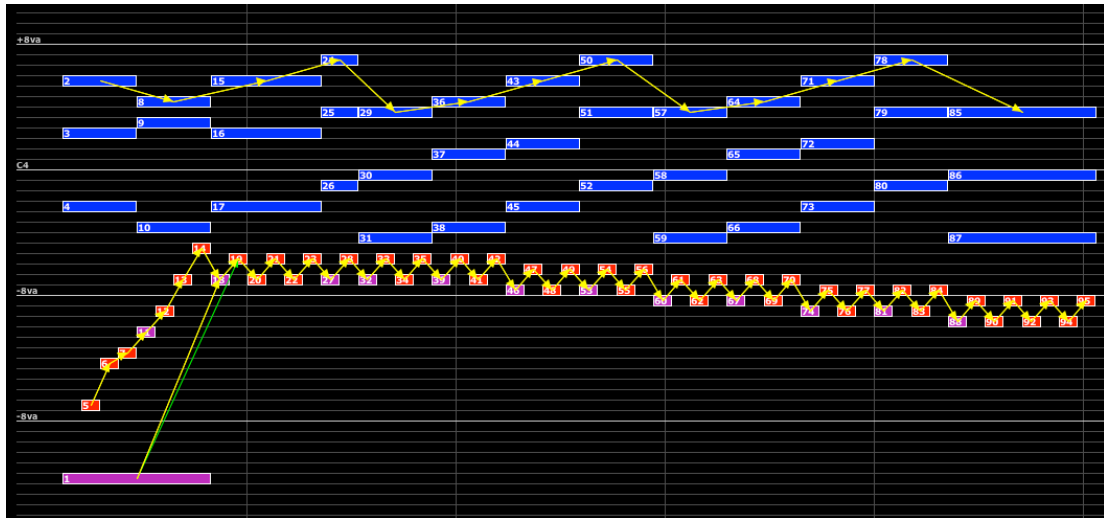
OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
top	4000	tg	12	100	100	400	20	F	T	F



Η αρχή της συγχρονισμένης έναρξης παίζει σημαντικό ρόλο στην κάθετη ομαδοποίηση των συγχορδιών (block chords). Για την οριζόντια σύνδεση των διακοπτόμενων (interleaved) συγχορδιών έπρεπε να ενισχυθεί σημαντικά η τονική σχέση των φθόγγων καθώς η χρονική τους απόσταση είναι αρκετά μεγάλη.

7. Κ. Ντεμπυσσύ, Εικόνες, Χρυσόψαρα

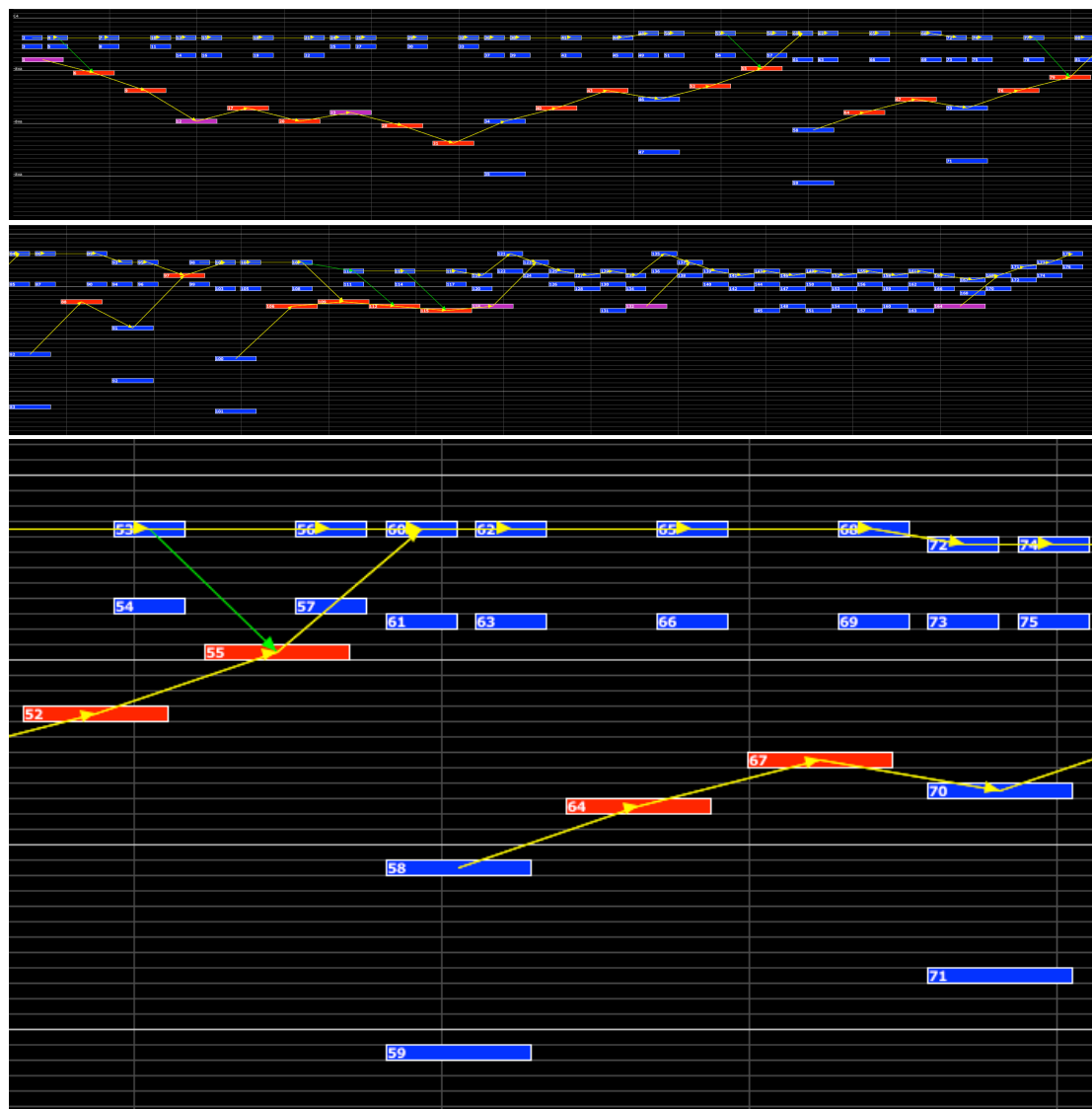
OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
top	1000	tg	36	100	100	100	20	T	T	F



Ο παραπάνω διαχωρισμός είναι ακριβής και εμφανής καθώς οι δύο ροές υποστηρίζουν την εσωτερική τους συνοχή σε δύο διαφορετικές αρχές : στην αρχή συγχρονισμένου φθόγγου η ψηλότερη ροή και στην αρχή της χρονικής συνέχειας η χαμηλότερη ροή. Η αρχή της τονική εγγύτητας ενισχύει την οριζόντια συνοχή και των δύο ροών αλλά και την διαχωρισιμότητα μεταξύ τους.

8. B. A. Μότσαρτ, Κ 332, σονάτα πιάνο, Νο.12, Φα μείζονα

OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
top	1000	tg	24	100	100	200	20	T	T	F

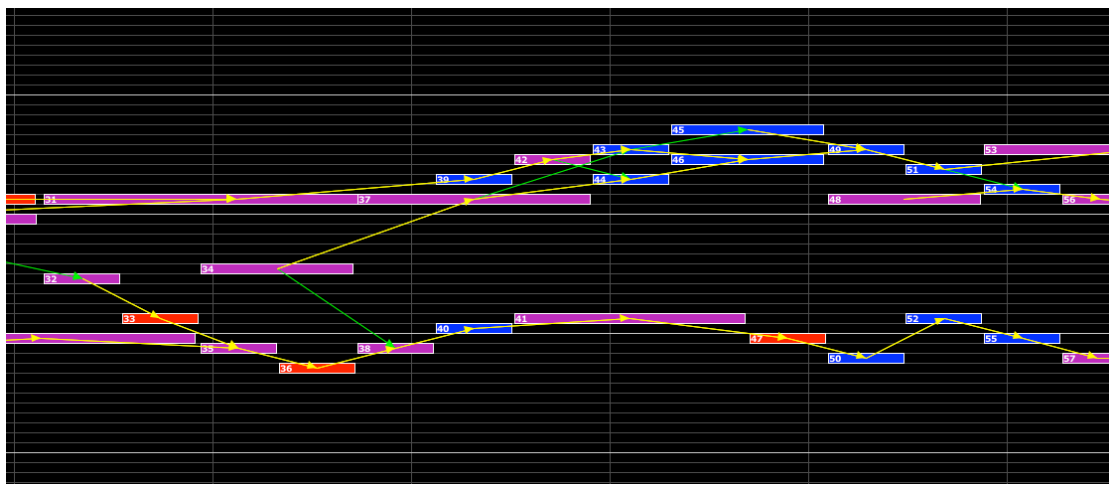


Το παραπάνω απόσπασμα χαρακτηρίζεται από μία μελωδία στην χαμηλή τονική περιοχή και μία συνοδεία στην ψηλότερη. Η μελωδία εμπλουτίζεται σε ορισμένα σημεία με διπλασιασμό που ενσωματώνεται βάσει της αρχής συγχρονισμένων φθόγγων. Η συνοδεία στην ψηλότερη ροή διατηρεί την οριζόντια συνοχή βάσει της αρχής της τονικής εγγύτητας και την κάθετη βάσει της αρχής του συγχρονισμένου φθόγγου.

Ο φθόγγος ν.55 θα μπορούσε να συνδεθεί με τον ν.58 αυξάνοντας την παράμετρο C%.

9. Γ. Σ. Μπαχ, BWV 859, Καλώς Συγκερασμένο Κλειδοκύμβαλο, 1^{ος} τόμος, No.14, Φα δίεση ελάσσονα, Φούγκα, μέτρα 8-11

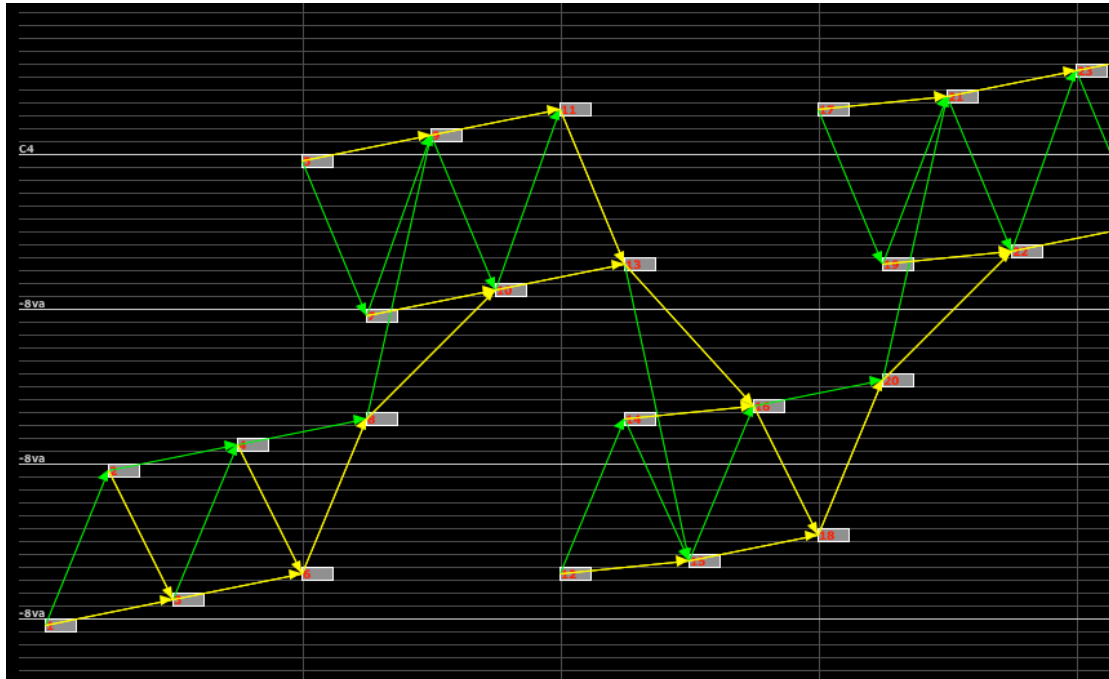
OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
all	4000	tg	24	100	100	200	20	T	T	F



Σε αυτό το αντιστικτικό μουσικό απόσπασμα, η ενδιάμεση φωνή διαχωρίζεται στα περισσότερα τμήματα αλλά υπάρχουν ορισμένα σημεία όπου ανεξάρτητα από την τιμή της παραμέτρου C%, λόγω της ισχυρής τονικής σχέσης, δεν θα μπορούσε να διατηρήσει την οριζόντια συνοχή. Ακόμα και αν η τιμή της παραμέτρου C% ήταν αρκετά μεγάλη, η μεσαία φωνή στο τέλος του 4^{ου} δευτερολέπτου απέχει τετραπλάσια τονική απόσταση από την ψηλότερη.

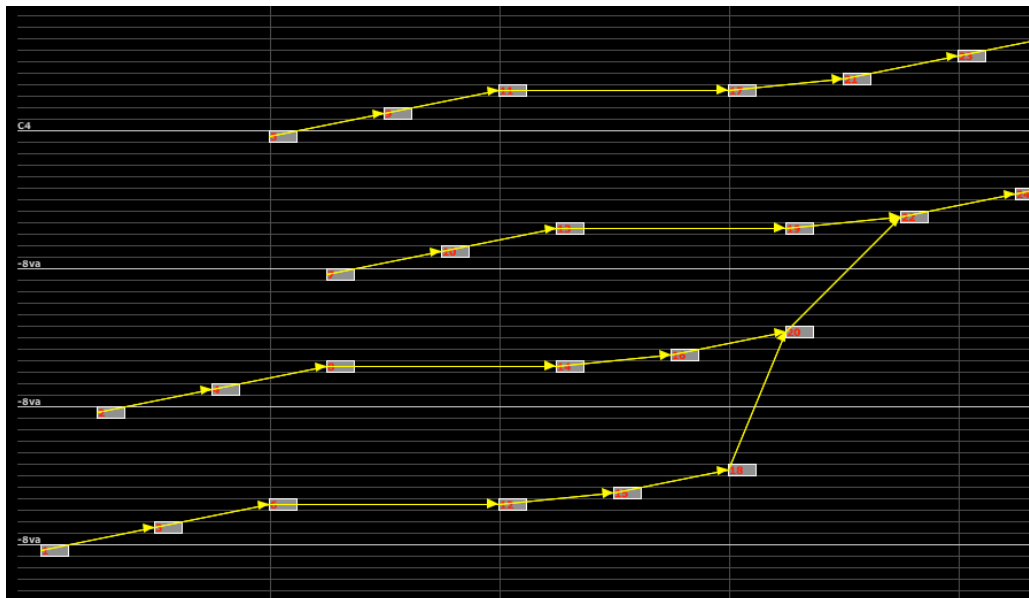
10. Λ. Β. Μπετόβεν, Πιάνο Σονάτα Ν. 21, Ορ. 53, Ντο μείζονα, μέτρα 31-4

OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
all	1000	ioi	36	100	-	150	20	F	F	F



Σε αυτό το παράδειγμα υπάρχουν δύο ροές : μία με τα δύο σύνολα των έξι φθόγγων στην χαμηλή περιοχή και άλλη μία με τα άλλα δύο σύνολα στην ψηλότερη. Αυξάνοντας την σημαντικότητα της τονικής εγγύτητας, οι φθόγγοι συνδέονται οριζόντια.

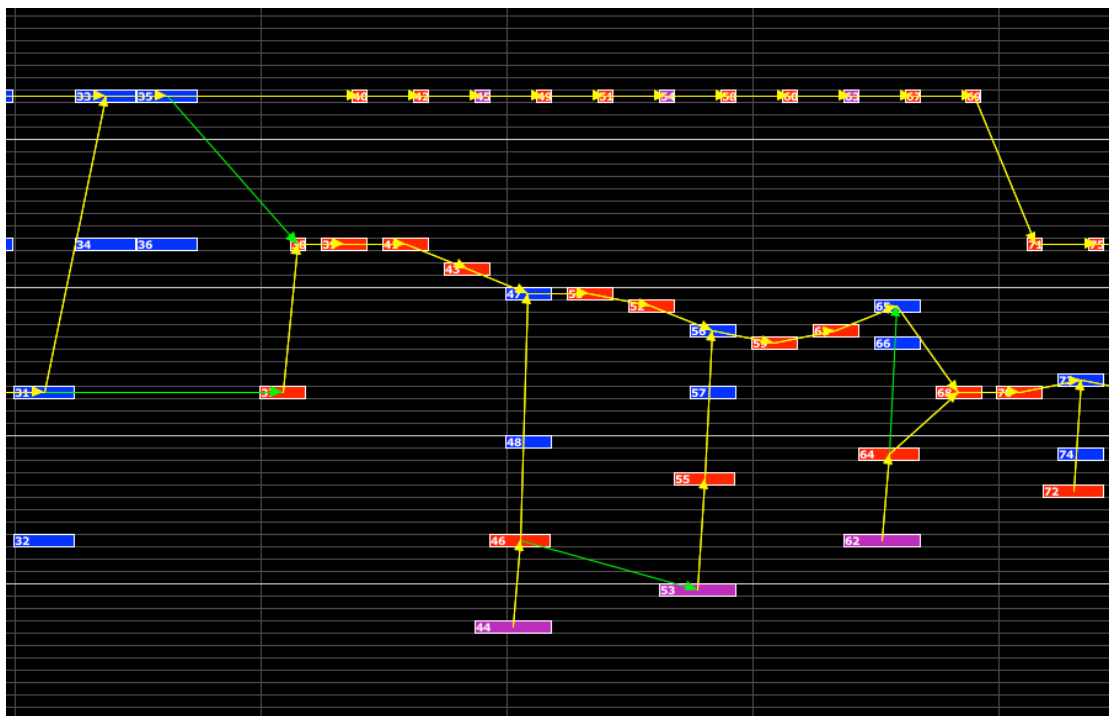
OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
all	1000	ioi	36	100	-	350	20	F	F	F



Ωστόσο, για την ενοποίηση των οριζόντιων συνδέσεων στα φθογγικά σύνολα που περιγράφονται παραπάνω χρειάζεται μία διαφορετικού τύπου προσέγγιση που θα επιτρέπει την ομαδοποίηση χρονικών τμημάτων.

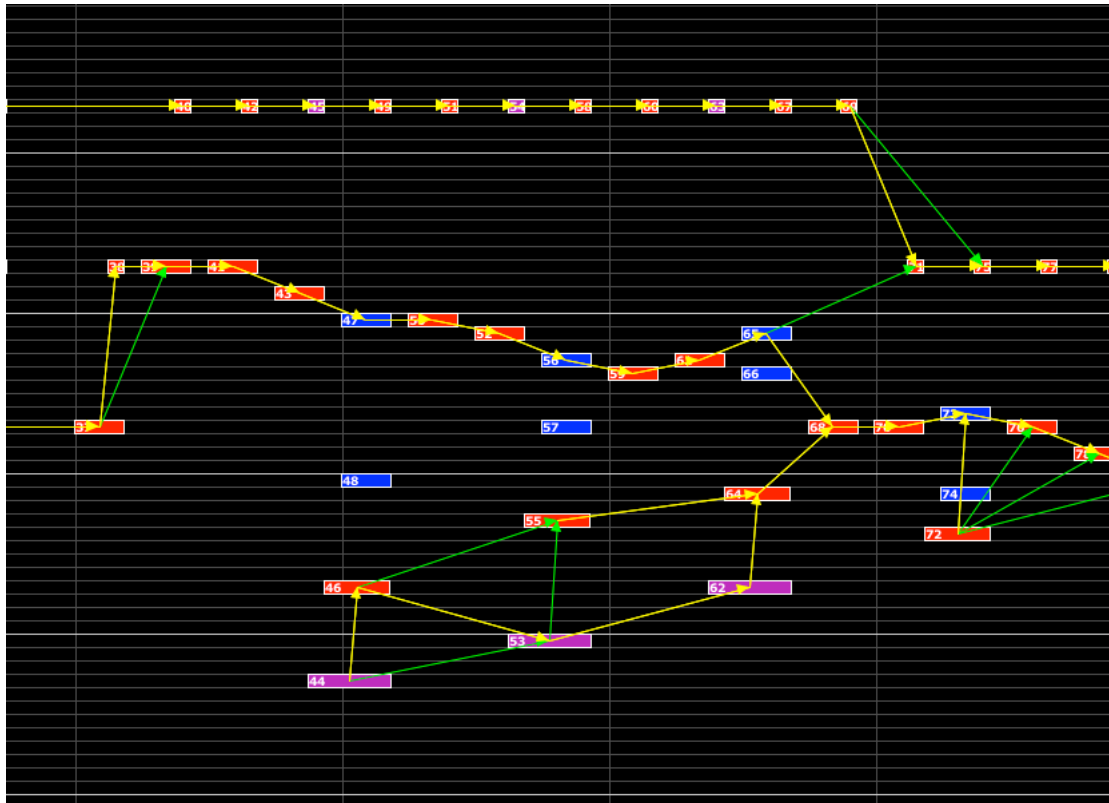
11. Φ. Λιστ, Σπουδές Παγκανίνι, Νο.3 (*La Campanella*), Σολ δίεση
ελάσσονα

OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
top	1000	3	36	100	100	200	20	T	T	F



Στην αρχή του συγκεκριμένου παραδείγματος υπάρχει μία μόνο ροή που στη συνέχεια διασπάται σε δύο ροές. Οι ροές αυτές διατηρούν την οριζόντια συνοχή τους βάσει της χρονικής συνέχειας και της τονικής εγγύτητας. Επιτρέποντας τις χρονικές επικαλύψεις συνδέονται σωστά και οι αρπισμοί στην χαμηλή ροή. Ωστόσο αυξάνοντας την τονική εγγύτητα η αρπισμοί διασπώνται σε οριζόντιες συνδέσεις.

OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	OSi	OSc	Gallp
top	1000	3	36	100	100	350	20	T	T	F



3.4 Συμπεράσματα

Ο διαχωρισμός ακουστικών ροών είναι ένα δύσκολο πρόβλημα στο οποίο επιδρούν πολλοί και ανταγωνιστικοί παράγοντες. Με το συγκεκριμένο μοντέλο, εφαρμόζοντας ένα τμήμα ενός αντιληπτικού πλαισίου αρχών με μία περιορισμένη αρχιτεκτονική αποκτάται μία πρωτογενής επίγνωση για τον τρόπο με τον οποίο συσχετίζονται οι νότες σύμφωνα με την αντιληπτική αρχή της εγγύτητας. Ακολουθώντας έναν επαγωγικό συλλογισμό και αποφεύγοντας την χρήση εξειδικευμένων λύσεων (heuristics), φαίνεται πως τα αποτελέσματα αποτελούν ένα πρώτο επίπεδο συλλογής πληροφορίας το οποίο θα μπορούσε να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία ώστε να αποδώσει ακόμα καλύτερα αποτελέσματα.

4. ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΞΕΛΙΞΗ

Τόσο κατά τον σχεδιασμό αλλά και κατά την διάρκεια της υλοποίησης του υπολογιστικού συστήματος προέκυπταν ενδιαφέρουσες ιδέες για επέκταση των δυνατοτήτων του στον ευρύτερο χώρο της υπολογιστικής μουσικολογίας ενώ παράλληλα διευρύνονταν και οι επιλογές για προγραμματιστικές βελτιώσεις. Καθώς η συγκεκριμένη εργασία ασχολείται με την μελέτη του φαινομένου των ακουστικών ροών, από το σύνολο των παραπάνω ιδεών επιλέχθηκαν και παρουσιάζονται μόνο αυτές που σχετίζονται με το συγκεκριμένο αντικείμενο. Το μοντέλο που παρουσιάστηκε στο 2^ο κεφάλαιο περιορίστηκε προς όφελος της προγραμματιστικής του υλοποίησης ενώ παράλληλα, η υπολογιστική υποδομή που το υποστηρίζει προσανατολίστηκε προς την κάλυψη των αναγκών του συγκεκριμένου μοντέλου.

Κατά την ανάπτυξη του υπολογιστικού μοντέλου πάρθηκαν αρκετές αποφάσεις σχετικά με την ολοκλήρωση της μελέτης. Οι αποφάσεις αυτές αποτελούν κομβικά σημεία τα οποία είτε μπορούν να αναπτυχθούν αυτά τα ίδια διευρύνοντας τις δυνατότητες του μοντέλου, να οδηγήσουν σε νέες κατευθύνσεις εμβαθύνοντας την μελέτη τους, είτε ακόμα και να παραληφθούν προς όφελος μίας διαφορετικής αρχιτεκτονικής. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι σχετικά άμεσες και εφικτές μεταβολές και προσθήκες που θα μπορούσαν να ενισχύσουν την λειτουργία του συστήματος προς την επίτευξη των στόχων του.

4.1 Εξέλιξη του μοντέλου

Ο πρωταρχικός στόχος του μοντέλου ήταν η απόδοση της τάσης ομαδοποίησης μουσικών γεγονότων σε ροές σύμφωνα με ένα σύνολο αντιληπτικών αρχών. Ενισχύοντας το αντιληπτικό πλαίσιο (perceptual framework) προσθέτοντας αρχές αλλά και κανόνες μπορούμε να βελτιώσουμε την ποιότητα της απόδοσης αυτής της τάσης και παράλληλα να διευρύνουμε τις δυνατότητες ελέγχου της διαδικασίας διαχωρισμού ακουστικών ροών. Για την εξέλιξη του μοντέλου προτείνονται τα παρακάτω :

Ολοκλήρωση του αντιληπτικού πλαισίου αρχών (Cambouropoulos 2006)

Το μοντέλο που παρουσιάστηκε βασίστηκε σε ένα υποσύνολο των αντιληπτικών αρχών που παρουσιάστηκαν στην δημοσίευση του Καμπουρόπουλου (2006) και επόμενη εξέλιξη είναι η συμπερίληψη και των υπόλοιπων δύο : τονικής συγχώνευσης (Tonal Fusion) και τονικής συνδιαμόρφωσης (pitch co-Modulation). Κάτι τέτοιο θα οδηγήσει σε μία νέα αρχιτεκτονική οργάνωσης των αρχών αλλά και θα αυξήσει την πολυπλοκότητα στους μηχανισμούς απόδοσης της τάσης ομαδοποίησης.

Ομαδοποίηση ακουστικών γεγονότων

Με γνώμονα την εξερεύνηση, θα μπορούσε να προστεθεί ως επιλογή η διαστρωμάτωση και η διαβάθμιση των διαφόρων επιπέδων αλλά και τύπων της αντιληπτικής οργάνωσης μουσικών γεγονότων. Για παράδειγμα, αρχικά ένα μουσικό απόσπασμα θεωρείται μία ακουστική ομαδοποίηση και διαχωρίζεται από το γενικότερο ακουστικό περιβάλλον. Καθώς θα μεγαλώνουμε τους δείκτες αντιληπτικής ευκρίνειας, το μουσικό απόσπασμα θα διαχωρίζεται όλο και περισσότερο και ανάλογα με το είδος των ομαδοποιήσεων (πχ συγχορδίες, μοτίβα κλπ), φτάνοντας τελικά σε ένα ανώτατο όριο ευκρίνειας που θα αποτελείται από τα μουσικά στοιχεία που αποτελούν την μουσική επιφάνεια.

- Τμήματα ακουστικών ροών

Η έννοια των τμημάτων ακουστικών ροών (Stream Segments, Rafailidis et. al. 2008) παρουσιάζει ενδιαφέρον και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με ποικίλους τρόπους. Για παράδειγμα, σε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα, μία προεπεξεργασία της μουσικής επιφάνειας που θα οριοθετούσε χρονικά τα διάφορα τμήματα ακουστικών ροών θα επέτρεπε την μετέπειτα εξειδίκευση των παραμέτρων του μοντέλου (fine-tuning) για τον ακριβέστερο εντοπισμό των ακουστικών ροών σε αυτά.

Δυναμική επεξεργασία

Στην συγκεκριμένη υλοποίηση, η κάθετη και η οριζόντια σχέση των φθόγγων πραγματοποιούνται σε δύο ανεξάρτητα στάδια επεξεργασίας χωρίς την αλληλεπίδραση των αποτελεσμάτων του ενός σταδίου με το

άλλο. Επίσης για κάθε φθόγγο, εφαρμόζεται ο ίδιος τύπος υπολογισμού οριζόντιας απόστασης ανεξάρτητα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του άμεσου χρονικού περιβάλλοντός του (χρονικό παράθυρο). Για την καλύτερη αντιμετώπιση των παραπάνω θεμάτων, θα μπορούσαμε με υιοθετήσουμε και να επεκτείνουμε τον τρόπο προσπέλασης των δεδομένων που χρησιμοποιεί ο αλγόριθμος VISA I και II, και συγκεκριμένα να χρησιμοποιήσουμε δείκτες που θα εξάγονται από το χρονικό παράθυρο και να επανεξετάζουμε την αλληλεπίδραση της κάθετης και της οριζόντιας οργάνωσης σε κάθε στοιχείο.

- χρονικό παράθυρο

Το χρονικό παράθυρο αποτελεί μία βοηθητική δομή που στην συγκεκριμένη εργασία δεν εξερευνήθηκε σε βάθος. Το μέγεθός του είναι στατικό και το σύνολο των μετρήσεων που προκύπτει από τα ζεύγη φθόγγων απλά ταξινομείται. Από την επεξεργασία του χρονικού παραθύρου, αναλύοντας στατιστικά τις τιμές των αποστάσεων θα μπορούσαμε να εξάγουμε χρήσιμους δείκτες περιγραφής ενός τοπικού (χρονικά) περιβάλλοντος και να βελτιώσουμε παράλληλα και την απόδοση του αλγόριθμου με το μέγεθος του χρονικού παραθύρου να διαμορφώνεται δυναμικά. Επίσης, αντί να επιλέγεται η μικρότερη τιμή απόστασης από κάθε χρονικό παράθυρο, θα μπορούσε να επιλέγεται μία ανώτατη τιμή για όλα τα χρονικά παράθυρα.

Αυτόνομο σύστημα

Το μοντέλο θα μπορούσε να εξελιχθεί σε ένα αυτόνομο σύστημα, χωρίς δηλαδή την παρέμβαση του χρήστη. Αν και στη συγκεκριμένη μελέτη ανάμεσα στους στόχους ήταν και η εξερεύνηση της διαδικασίας διαχωρισμού των ακουστικών ροών μέσα από την παραμετροποίηση του μοντέλου, σε μία μελλοντική υλοποίηση ίσως να είναι χρηστικότερος ο αυτόματος εντοπισμός των κατάλληλων παραμέτρων του μοντέλου. Γενικότερα για την δημιουργία ενός αυτόνομου συστήματος θα πρέπει να σχεδιαστεί ένας μηχανισμός λήψης αποφάσεων που θα καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο θα παραμετροποιείται το μοντέλο ώστε να προσαρμόζεται σε όλες τις μεταβολές της υφής στην μουσική επιφάνεια.

4.2 Εξέλιξη της υπολογιστικής υποδομής

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται προτάσεις για την αντιμετώπιση θεμάτων που προκύπτουν κατά την υπολογιστική προσέγγιση μουσικολογικών ζητημάτων ενώ δεν αναφέρονται πολύ συγκεκριμένες προτάσεις που αφορούν καθαρά τεχνικά θέματα (πχ. έλεγχος αρχείων εισόδου, ενδείξεις κατά την εκτέλεση του προγράμματος κλπ).

Δεδομένα εισόδου

Το σύστημα θα μπορούσε να εξελιχθεί ώστε να δέχεται τα μουσικά δεδομένα σε διάφορες μορφές (midi stream, OSC, MusicXML, Kern κ.ά) και σε πραγματικό χρόνο. Επίσης θεμιτή είναι η χρήση εκφραστικών δεδομένων (unquantized data). Στην πρώτη περίπτωση, καθώς το σύστημα χρησιμοποιεί μία δική του κωδικοποίηση για την αναπαράσταση της μουσικής (βασική συλλογή) με την προσθήκη συγκεκριμένων μετατροπέων (parsers) το σύστημα θα μπορεί να διαβάζει και άλλου είδους κωδικοποιήσεις μουσικής. Σχετικά με την χρήση εκφραστικών δεδομένων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κάποιου είδους προεπεξεργασία κατά την δημιουργία της βασικής συλλογής ώστε για παράδειγμα να μπορούν να θεωρηθούν διαδοχικοί φθόγγοι με ελάχιστη επικάλυψη ή συγχρονισμένοι φθόγγοι με ελάχιστες αποκλίσεις στις χρονικές τους τιμές.

Κωδικοποίηση δεδομένων

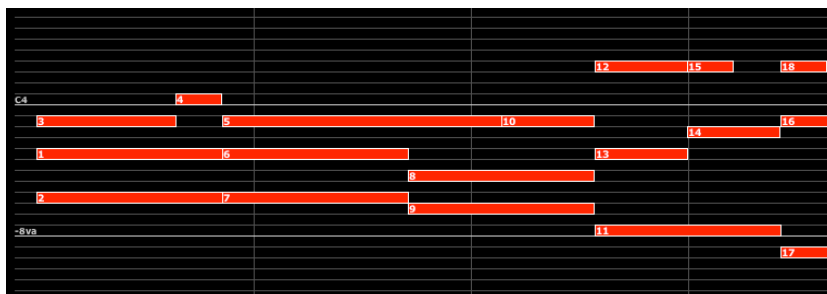
Για ερευνητικούς λόγους, δημιουργήθηκε μία συλλογή από χρονικά τμήματα στα οποία τα τονικά χαρακτηριστικά των βασικών αντικειμένων στις διαστάσεις του χρόνου και του τονικού ύψους παραμένουν αμετάβλητα. Καταγράφονται δηλαδή ως αντικείμενα χρονικών τμημάτων που οριοθετούνται από τις ενάρξεις και τις λήξεις φθογγικών αντικειμένων.

α) Παραδοσιακή γραφή

Allegro.



β) pianoroll



γ) χρονικά τμήματα

0 - 642600	:	1 - 2 - 3
642600 - 856800	:	1 - 2 - 4
856800 - 1713600	:	5 - 6 - 7
1713600 - 2142000	:	5 - 8 - 9
2142000 - 2570400	:	8 - 9 - 10
2570400 - 2998800	:	11 - 12 - 13
2998800 - 3213000	:	11 - 14 - 15
3213000 - 3427200	:	11 - 14
3427200 - 3641400	:	16 - 17 - 18
3641400 - 3855600	:	16 - 17 - 19
3855600 - 4069800	:	16 - 17 - 20
4069800 - 4284000	:	16 - 17 - 21
4284000 - 4712400	:	22 - 23 - 24
4712400 - 5140800	:	22 - 23
5140800 - 5355000	:	22 - 25 - 26
5355000 - 5569200	:	22 - 25 - 27
5569200 - 5997600	:	22 - 25 - 28
5997600 - 6426000	:	28 - 29 - 30
6426000 - 6640200	:	29 - 30 - 31
6640200 - 6854400	:	29 - 30 - 32
6854400 - 7068600	:	29 - 33 - 34
7068600 - 7282800	:	29 - 33 - 35
7282800 - 7711200	:	29 - 33 - 36
7711200 - 8139600	:	36 - 37 - 38
8139600 - 8353800	:	37 - 38 - 39

Σχήμα 4.1 Κωδικοποίηση της μουσικής επιφάνειας σε χρονικά τμήματα. Στο πλαίσιο κειμένου κάθε γραμμή αποτελεί ένα αντικείμενο (time slot)

Η χρήση αυτής της κωδικοποίησης φαίνεται να έχει ενδιαφέρουσες προσεγγίσεις στην διαδικασία διαχωρισμού ακουστικών ρών και αφήνεται για μελλοντική χρήση.

Περιβάλλον διεπαφής

Μία χρήσιμη εξέλιξη στον τρόπο διεπαφής χρήστη-προγράμματος θα ήταν η δυνατότητα απόκρισης του μοντέλου στις αλλαγές των παραμέτρων του από τον χρήστη σε πραγματικό χρόνο.

Δεδομένα εξόδου

Εκτός από τα αρχεία κειμένου και το γράφημα, χρήσιμη θα ήταν και η εξαγωγή ηχητικών δεδομένων οργανωμένων σε ακουστικές ροές. Για παράδειγμα, ένα αρχείο midi με τις ακουστικές ροές σε διαφορετικά κανάλια.

Η εξέλιξη της υπολογιστικής υποδομής δεν έχει όρια και καθορίζεται μόνο από τις ανάγκες του μοντέλου. Μία ιδανική εξέλιξη θα ήταν η δημιουργία μίας γενικότερης εξερευνητικής πλατφόρμας για την επεξεργασία μουσικών δεδομένων όπου για την εφαρμογή διαφόρων διεργασιών ο χρήστης θα είχε την δυνατότητα ενεργοποίησης των αντίστοιχων υπολογιστικών αντικειμένων (modules) ή ακόμα και την δυνατότητα προγραμματισμού τους με την μορφή ψευδο-κώδικα (script).

4.3 Διεύρυνση φθογοκεντρικής προσέγγισης

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζεται μία πιθανή επέκταση της φθογοκεντρικής προσέγγισης του μοντέλου. Η προσέγγιση που παρουσιάζεται δεν είναι ολοκληρωμένη αλλά περιγράφονται τα βασικά της χαρακτηριστικά. Η βασική ιδέα είναι η εξής : με διαδοχικές προσπελάσεις της συλλογής βασικών στοιχείων, εφαρμόζοντας συγκεκριμένες συνθήκες ανά προσπέλαση, κάθε στοιχείο να εμπλουτίζεται με πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον του. Με αυτόν τον τρόπο, κατά την εξέταση της σχέσης δύο φθόγγων θα μπορούν να συνυπολογιστούν περισσότερα χαρακτηριστικά τους καθώς τα αποτελέσματα προηγούμενων προσπελάσεων θα είναι διαθέσιμα σε κάθε επόμενη προσπέλαση της βασικής συλλογής. Τα είδη των προσπελάσεων που θα εφαρμόζονται θα χαρακτηρίζουν και τις πληροφορίες που θα προστίθενται στα φθογικά αντικείμενα (Πίνακας 4.3).

Πίνακας 4.1 Κάθε επίπεδο-προσπέλαση προσθέτει πληροφορία στο αντικείμενο

επίπεδο στοιχείου , πληροφορία
 1^{ου} επιπέδου, βασικά χαρακτηριστικά
 2^{ου} επιπέδου, συγχροδιακό περιβάλλον
 3^{ου} επιπέδου, συνηχητικό περιβάλλον
 ...
 N^{ου} επιπέδου, σύστημα συσχέτισης

Ένα παράδειγμα προσθήκης πληροφορίας σε φθογγικά αντικείμενα παρουσιάζεται στο σχήμα 4.2.

sinixisis_Perc_mozart_K282_mm_1-16.txt

!	#	ID key	OnSet	OffSet	Duration @	equal IOI	Sinixisis :	OnSet	-	Duration
!							NoteId -			
	1	67	0	856800	856800	0	2 :	0 <->		856800
							3 :	0 <->		642600
							4 :	642600 <->		214200
	2	63	0	856800	856800	0	1 :	0 <->		856800
							3 :	0 <->		642600
							4 :	642600 <->		214200
	3	70	0	642600	642600	2	1 :	0 <->		642600
							2 :	0 <->		642600
	4	72	642600	856800	214200	3	1 :	642600 <->		214200
							2 :	642600 <->		214200
	5	70	856800	2142000	1285200	4	6 :	856800 <->		856800
							7 :	856800 <->		856800
							8 :	1713600 <->		428400
							9 :	1713600 <->		428400

Σχήμα 4.2 Αρχείο κειμένου με πληροφορίες σχετικά με όλες τις συνηχήσεις μεταξύ φθόγγων. Κάθε αντικείμενο διατηρεί μία λίστα με τους φθόγγους (note_id) που επικαλύπτονται χρονικά με αυτόν καθώς και τη διάρκεια της χρονικής τους επικάλυψης.

Αυτού του είδους οι προσπελάσεις αποτελούν ένα είδος προεπεξεργασίας της βασικής συλλογής καθώς εμπλουτίζουν τα δεδομένα με πληροφορίες. Ακολουθώντας το ίδιο σκεπτικό μπορούμε να εφαρμόσουμε ένα σύστημα αρχών για την απόδοση της τάσης ομαδοποίησης. Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζεται ένα αντικείμενο «τάσης» που θα μπορούσε να αποθηκεύεται σε κάθε φθόγγο.

Πίνακας 4.2 Αντικείμενο πληροφορίας σχετικά με την σύνδεση αντικειμένων

είδος σύνδεσης/τύπος	εφαρμογή αρχής	πιθανότητα	στοιχεία σύνδεσης
είδος σύνδεσης/τύπος	εφαρμογή αρχής	πιθανότητα	στοιχεία σύνδεσης
		οριζόντια, κάθετη	
		αντιληπτικές αρχές , κανόνες, κλπ	
		(%)	
		τα στοιχεία που συμμετέχουν	

Αυτός ο τρόπος οργάνωσης της πληροφορίας φαίνεται να έχει αρκετές προοπτικές καθώς φαίνεται να είναι πιο εύκολα διαχειρίσιμος και επεκτάσιμος σε σχέση με την δημιουργία ενός βασικού αλγορίθμου.

Αναφορές

- Καμπουρόπουλος, Αι. (2011) Εισαγωγή στην Υπολογιστική Μουσικολογία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Μουσικών Σπουδών, Θεσσαλονίκη.
- Μελίδης, Λ. (2009) Υπολογιστικά Μοντέλα : Διαχωρισμός Φωνών. Διπλωματική εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Μουσικών Σπουδών, Θεσσαλονίκη.
- Barry, S., (ed.) (1988) *Foundations of Gestalt Theory*, Munich and Vienna: Philosophia Verlag.
- Bregman, A. (1990) *Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organisation of Sound*. The MIT Press, Cambridge (Ma).
- Bregman, A. (2004) Auditory scene analysis. In N.J. Smelzer & P.B. Baltes (Eds.) *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*. Amsterdam: Pergamon (Elsevier). Pp. 940-942.
- Cambouropoulos, E. (2000) From MIDI to Traditional Musical Notation. In *Proceedings of the AAAI Workshop on Artificial Intelligence and Music: Towards Formal Models of Composition, Performance and Analysis*, July 3 - Aug. 3, Austin Texas.
- Cambouropoulos, E. (2006) 'Voice' Separation: theoretical, perceptual and computational perspectives. In *Proceedings of the 9th International Conference in Music Perception and Cognition (ICMPC2006)*, 22-23 August, Bologna, Italy.
- Cambouropoulos, E. (2008) Voice and Stream: *Perceptual and Computational Modeling of Voice Separation*, Music Perception, Vol. 26, No. 1, 75–94.
- Cambouropoulos, E. (2010) *The Musical Surface: Challenging Basic Assumptions*, *Musicae Scientiæ*, Special issue 2010, 131-147.
- Chew, E. and Wu, X. (2004) Separating voices in polyphonic music: A contig mapping approach. In *Computer Music Modeling and Retrieval: Second International Symposium (CMMR 2004)*, pp. 1-20.
- Deutsch, D. (1999) Grouping Mechanisms in Music. In D. Deutsch (ed.), *The Psychology of Music* (revised version). Academic Press, San Diego.
- Huron, D. (2001) Tone and Voice: A Derivation of the Rules of Voice-Leading from Perceptual Principles. *Music Perception*, 19(1):1-64.
- Jordanous, A., (2008) Voice Separation in Polyphonic Music: A data-driven approach. In *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC 2008)*.
- Karydis, I., Nanopoulos, A., Papadopoulos, A.N. & Cambouropoulos, E., (2007) VISA: the Voice Integration/Segregation Algorithm. In *Proceedings 8th International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR'07)*, Vienna, Austria, pp. 445-448.

- Kilian j. and Hoos H. (2002) Voice Separation: A Local Optimisation Approach. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR 2002)*, pp.39-46.
- Kirlin, P.B. and Utgoff, P.E. (2005) VoiSe: Learning to Segregate Voices in Explicit and Implicit Polyphony. In *Proceedings of the 6th International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR 2005)*, Queen Mary, University of London (pp. 552-557).
- Madsen, S. T. and Widmer, G. (2006) Separating Voices in MIDI. In *Proceedings of the 9th International Conference in Music Perception and Cognition (ICMPC2006)*, 22-26 August 2006, Bologna, Italy.
- van Noorden, L. P. A. S. (1975). Temporal coherence in the perception of tone sequences. Doctoral dissertation, Technisch Hogeschool Eindhoven; published Eindhoven: Druk van Voorschoten.
- Rafailidis, D., Nanopoulos, A., Cambouropoulos, E. & Manolopoulos, Y. (2008) Detection of Stream Segments in Symbolic Musical Data. In *Proceedings of the 9th International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR'08)*, Philadelphia, PA, pp.83-88.
- Rafailidis, D., Cambouropoulos, E., Manolopoulos, Y., (2009) Musical voice integration/segregation: VISA revisited. In *Proceedings of the 6th Sound and Music Computing Conference (SMC 2009)*, July 23-25, Porto, Portugal.
- Sloboda, J., (1985) *The Musical Mind – The Cognitive Psychology of Music*. Oxford Univesity Press.
- Snyder, B., (2000) *Music and Memory*. MIT Press, Cambridge (Ma).
- Szeto, W.M. and Wong, M.H. (2003) A Stream Segregation Algorithm for Polyphonic Music Databases. In *Proceedings of the 7th International Database Engineering and Applications Symposium (IDEAS'03)*.
- Temperley, D. (2001) *The Cognition of Basic Musical Structures*. The MIT Press, Cambridge (Ma).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

1. Αντιληπτικές Αρχές Huron (2001)

Βασικές αρχές :

A1. Αρχή Toneness: Σύνθετοι αρμονικοί ήχοι στο εύρος από F2 μέχρι G5 με επίκεντρο περίπου το μεσαίο Ντο δημιουργούν τις ευκρινέστερες ακουστικές «εικόνες» (auditory images).

A2. Αρχή Χρονικής Συνέχειας: Ένα ακουστικό ρεύμα είναι αντιληπτικά ισχυρότερο όταν αποτελείται από συνεχόμενους ή επαναλαμβανόμενους ήχους παρά από σύντομους ή διακεκομμένους ήχους. Διακοπτόμενοι ήχοι δεν θα πρέπει να διαχωρίζονται από περισσότερα από 800ms σιωπής ώστε να διατηρείται την αντίληψη της συνέχειας.

A3. Αρχή Ελάχιστης Απόκρυψης: Για την ελαχιστοποίηση της ακουστικής απόκρυψης σε μία συνήχηση, πρέπει να βρίσκεται σε κάθε κρίσιμη ζώνη περίπου ίση φασματική ενέργεια. Οι χαμηλότεροι ήχοι σε μια συνήχηση πρέπει να έχουν μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους.

A4. Αρχή Τονικής Συγχώνευσης: Η αντιληπτική ανεξαρτησία φθόγγων που συνηχούν εξασθενίζει όταν αυξάνεται η τονική συγχώνευσή τους. Όταν ο στόχος είναι η ανεξαρτησία φθόγγων που συνηχούν, αποφεύγονται διαστήματα που υποστηρίζουν μεγαλύτερη τονική συγχώνευση (αποφεύγονται κατά σειρά: ταυτοφωνία, οκτάβες, πέμπτες καθαρές ...).

A5. Αρχή Εγγύτητας Τονικών Υψών: Η συνοχή μιας ακουστικής ακολουθίας διατηρείται μέσω της εγγύτητας των τονικών υψών διαδοχικών φθόγγων (δηλαδή αποφυγή μεγάλων διαστημάτων).

A6. Αρχή Συνδιαμόρφωσης Τονικών Υψών: Η αντιληπτική ενοποίηση φθόγγων που συνηχούν ενισχύεται όταν υπάρχει θετική συσχέτιση στη μεταβολή των τονικών υψών (π.χ. παράλληλη κίνηση).

Δευτερεύουσες αρχές

B1. Αρχή Συγχρονισμού Έναρξης Φθόγγων: Αν ένας συνθέτης επιθυμεί να γράψει μουσική στην οποία τα μέρη έχουν υψηλή αντιληπτική ανεξαρτησία, τότε πρέπει να αποφεύγεται η ταυτόχρονη έναρξη φθόγγων. Οι ατάκες

διαφορετικών φθόγγων στην παρτιτούρα θα πρέπει να διαχωρίζονται από τουλάχιστον 100ms.

B2. Αρχή Περιορισμένης Πυκνότητας: Αν ένας συνθέτης επιθυμεί να γράψει μουσική στην οποία τα μέρη έχουν υψηλή αντιληπτική ανεξαρτησία, τότε ο αριθμός των ταυτόχρονων φωνών πρέπει να μην υπερβαίνει τις τρεις.

B3. Αρχή Ηχοχρωματικής Διαφοροποίησης: Αν ένας συνθέτης επιθυμεί να γράψει μουσική στην οποία τα μέρη έχουν υψηλή αντιληπτική ανεξαρτησία, τότε η κάθε φωνή θα πρέπει να έχει διαφορετικό ηχοχρωματικό χαρακτήρα.

B4. Αρχή Χωρικής Διαφοροποίησης Ηχητικών Πηγών: Αν ένας συνθέτης επιθυμεί να γράψει μουσική στην οποία τα μέρη έχουν υψηλή αντιληπτική ανεξαρτησία, τότε είναι βοηθητικό να διαχωρίσει χωρικά τις ηχητικές πηγές κάθε μέρους.

2. Υπολογιστικό Σύστημα

Το πρόγραμμα είναι γραμμένο σε JAVA και ακολουθεί τον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό (Object Oriented). Αυτό έχει ως συνέπεια η οποιαδήποτε κωδικοποίηση πληροφορίας να έχει την μορφή αντικειμένου (object) που εμπεριέχει μαζί με αυτές και τις λειτουργίες στις οποίες μπορούν να υποβληθούν (encapsulation). Το κείμενο που ακολουθεί δεν είναι τεχνικό και γενικότερα δεν γίνονται αναφορές στην υλοποίηση παρά μόνο σε συγκεκριμένα τμήματα του κώδικα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον κυρίως όσον αφορά την κατανόηση του υπολογιστικού πλαισίου στο οποίο και εφαρμόζεται το μοντέλο.

Σε γενικές γραμμές, το υπολογιστικό σύστημα κωδικοποιεί τα δεδομένα εισόδου σε αντικείμενα (*objects*), τα καταχωρεί σε λίστες (*datasets*) και προσφέρει βασικές λειτουργίες προσπέλασης και επεξεργασίας σε αυτά. Επίσης, το σύστημα προσφέρει την δυνατότητα εξαγωγής αυτών των συλλογών σε αρχεία κειμένου με ειδική μορφοποίηση(*csv*). Ειδικά για την λίστα με φθογγικά αντικείμενα (τύπου *note*), προσφέρεται η δυνατότητα εξαγωγής της σε αρχείο εικόνας (*png*) όπου η μουσική επιφάνεια παρουσιάζεται με την μορφή *pianoroll*.

2.1 Δεδομένα εισόδου

Το υπολογιστικό σύστημα χρησιμοποιεί μουσικά δεδομένα σε συμβολική μορφή και ο τρόπος που αυτά τροφοδοτούνται στο σύστημα είναι με την μορφή αρχείων MIDI (.mid) τύπου 0 ή 1. Το σύστημα μπορεί να δεχτεί πολλά αρχεία .mid ταυτόχρονα (*batch processing*) και να τα επεξεργαστεί διαδοχικά.

Από το σύνολο των πληροφοριών που μας παρέχει η κωδικοποίηση MIDI, για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα γεγονότα τύπου *Note On* ή/και¹ *Note off*, από τα οποία επιλέχθηκαν μόνο δύο ποιότητες : ο χρονικός προσδιορισμός των γεγονότων (έναρξη-onset και λήξη-offset σε σχετικές τιμές χρόνου-ticks) και το τονικό ύψος με την μορφή θετικού ακέραιου (60= μεσαίο ΝΤΟ, C4). Υπάρχει επίσης ένας τεχνικός περιορισμός σχετικά με το μέγεθος των αρχείων καθώς η συνολική διάρκεια ενός αρχείου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 90 δευτερόλεπτα.

Τα αρχεία MIDI μας παρέχουν τις παραπάνω πληροφορίες ως μία ακολουθία από γεγονότα ταξινομημένη σύμφωνα με την χρονική τιμή στην οποία πραγματοποιούνται (timestamp). Αυτή η ακολουθία επεξεργάζεται ώστε να δημιουργήσουμε φθόγγους. Επίσης, η ακολουθία των γεγονότων πρέπει να είναι κβαντοποιημένη (quantized) που σημαίνει ότι ακόμα και μία χρονική διαφορά 1ms μεταξύ δύο ενάρξεων είναι ικανή για να μην θεωρηθεί ότι τα δύο γεγονότα έχουν ίδια έναρξη.

Καθώς το σύστημα μετασχηματίζει τα δεδομένα εισόδου σε μία εσωτερική κωδικοποίηση, δηλαδή δεν επεξεργάζονται τα αρχεία εισόδου στη κωδικοποίηση που είναι (MIDI), θα μπορούσε να δεχτεί συμβολικά δεδομένα μουσικής οποιασδήποτε άλλης κωδικοποίησης (πχ. MusicXML, Kern κ.ά.) αρκεί να προστεθούν οι κατάλληλες διεργασίες μετασχηματισμού (parsing).

Για την κωδικοποίηση της μουσικής επιφάνειας και μετέπειτα ενός *pianoroll* δημιουργούνται λίστες από αντικείμενα τριών τύπων : νότας, συγχορδίας και χρονικού τμήματος (*note*, *chord* και *timeslot* αντίστοιχα, βλ. παρακάτω). Για τις ανάγκες της συγκεκριμένης μελέτης χρησιμοποιήθηκε μόνο η λίστα με αντικείμενα τύπου *note* ως η βασική συλλογή δεδομένων.

¹ Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει και με αρχεία όπου το μήνυμα *Note Off* αντικαθίσταται με το μήνυμα *Note On* με μηδενική δυναμική (velocity=0).

2.2 Μετατροπή των δεδομένων εισόδου στην βασική συλλογή δεδομένων

Για κάθε αρχείο midi που εισέρχεται στο σύστημα, δημιουργούνται δύο αρχεία κειμένου με συγκεκριμένη μορφοποίηση (comma separated values, csv) για λόγους ελέγχου. Στη συνέχεια το αρχείο κειμένου που περιέχει πληροφορίες σχετικά με τους φθόγγους (_rdd.txt) μετατρέπεται σε αντικείμενα τύπου *event*. Τα αντικείμενα αυτού του τύπου περιέχουν τις πληροφορίες ενός μηνύματος MIDI τύπου *Note On* ή/και *Note Off*. Τα μηνύματα αυτά περιέχουν την σχετική χρονική στιγμή (σε *ticks*) του μηνύματος και το τονικό ύψος στο οποίο αναφέρεται το μήνυμα (ακέραιος αριθμός). Τα αντικείμενα τύπου *event* προσθέτονται σε μία λίστα (*eventList*) και ταξινομούνται κατά αύξουσα σειρά χρονικά και κατά φθίνουσα σειρά τονικά.

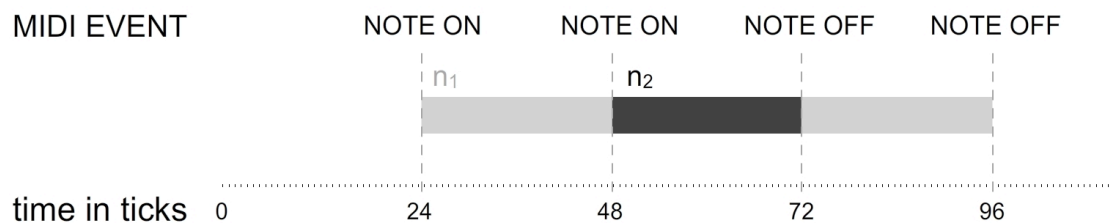
Οι λόγοι που δεν μετατρέπονται τα μηνύματα *Note On* ή/και *Note off* απευθείας σε αντικείμενα τύπου *note* είναι δύο : α) για την διαχείριση των περιπτώσεων επικάλυψης του ίδιου τονικού χώρου από δύο μηνύματα *Note On*, και β) για την μετατροπή των χρονικών προσδιορισμών από *ticks* σε *ms*.

dataSet : rawEvents<event>

	event	event	event	event
SM	noteON	noteON	noteOFF	noteOFF
KEY	D3	D3	D3	D3
TICK	24	48	72	96

dataSet : alignedEvents<events>

	event	event
OnSet	24	48
OffSet	96	78
Duration	72	24
KEY	D3	D3



IMPLEMENTATION : noteStream.java :: constructor

Σχήμα Α.1 Παράδειγμα διαχείρισης αλληλεπικάλυψης δύο γεγονότων ίδιου τονικού ύψους.

Από επιλογή, για την διαχείριση των περιπτώσεων αλληλεπικάλυψης τονικού ύψους, επιλέγεται η δομή της στοίβας. Τα διαδοχικά MIDI γεγονότα

Note On με ίδιο τονικό ύψος τοποθετούνται(PUSH) σε μία δομή στοίβας (LIFO, Last in – First Out) και κατά την εμφάνιση ενός *Note Off* μηνύματος (ή *Note On* με μηδενική δυναμική) στην ακολουθία midi με τονικό ύψος ίδιο με αυτό των στοιχείων της στοίβας, αφαιρείτε από την στοίβα γεγονότων (POP) το τελευταίο αντικείμενο. Τα αντικείμενα με το μήνυμα *Note Off* θα διαγραφεί και η χρονική του τιμή θα προστεθεί στο πεδίο *Offset* του αντικειμένου *event* με το μήνυμα *Note On*. Με αυτόν το τρόπο η αρχική λίστα με τα αντικείμενα τύπου *event* μειώνεται κατά το ήμισυ.

Η λύση σε αυτό το πρόβλημα θα μπορούσε να δοθεί από μία ανάλυση του συνόλου των ρυθμικών αξιών λαμβάνοντας υπόψιν και την μελωδική κίνηση των φθόγγων που συμμετέχουν. Μία διαφορετική προσέγγιση που θα ευνοούσε την μερική επικάλυψη θα ήταν η χρήση της *ουράς* (Queue) ενώ η βέλτιστη (αν μπορεί να υπάρξει) θα λάμβανε υπόψιν περισσότερες παραμέτρους από ένα ευρύτερο πλαίσιο γεγονότων αλλά και άλλων στοιχείων που προκύπτουν όμως σε ανώτερα επίπεδα επεξεργασίας .

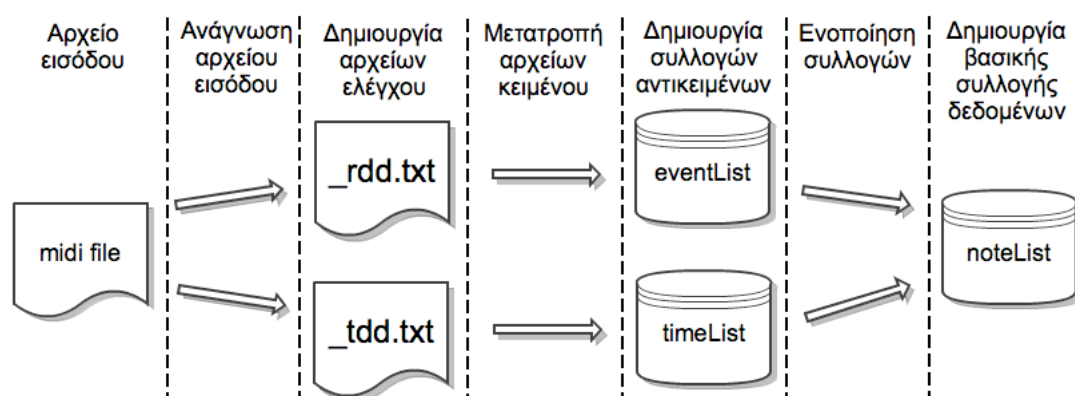
Παρακάτω παρουσιάζεται η ακολουθία των διαδικασιών που «διπλώνουν» την λίστα με αντικείμενα τύπου *event* (<event>), προσδίδοντας σε αυτά διάρκεια.

1. *alignedEvents* <event> . *filterList()*
-> μία σειρά από εσωτερικές διεργασίες της λίστας
2. *alignedEvents* <event> . *sortByOnSet()*
-> ταξινομεί την λίστα ως προς τα ticks (αύξων)
3. *alignedEvents* <event> . *sortByPitch()*
-> ταξινομεί την λίστα ως προς το τονικό ύψος (φθίνων)²
4. *alignedEvents* <event> . *setNoteId()*
-> δίνει μοναδικό αριθμό αναφοράς σε κάθε γεγονός της λίστας
5. *alignedEvents* <event> . *initChordId()*
-> προετοιμάζει την εύρεση συγχορδιών
6. *alignedEvents* <event> . *setChordId()*
-> τα γεγονότα που έχουν ακριβώς το ίδιο OnSet σημειώνονται με τον ίδιο αριθμό αναφοράς συγχορδίας

² όπου υπάρχουν συνηχήσεις με γεγονότα ίσης διάρκειας και με ίδιο OnSet

Το τελευταίο στάδιο για την μετατροπή της λίστας από αντικείμενα τύπου *event* στην βασική λίστα με αντικείμενα τύπου *note* είναι η μετατροπή των χρονικών αναφορών από *ticks* σε *milliseconds*. Το δεύτερο αρχείο κειμένου (*_tdd.txt*) που δημιουργήθηκε από το αρχείο *mid*i περιέχει τις μεταβολές του χρόνου. Συγκεκριμένα, κάθε σειρά του αρχείου περιέχει δύο τιμές : α) την χρονική εμφάνιση της χρονικής μεταβολής (σε *ticks*) και β) μία τιμή που καθορίζει τα *μs* (*microseconds*) ανά *tick* (*mPT-microsecondsPerTick*). Το αρχείο με τις χρονικές μεταβολές μετατρέπεται και αυτό σε μία λίστα από αντικείμενα χρονικών μεταβολών.

Για την δημιουργία της λίστας με αντικείμενα τύπου *note*, οι δύο αυτές λίστες διαβάζονται παράλληλα χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο. Αρχικά, ορίζεται ένα χρονικό πλαίσιο από τις χρονικές τιμές του πρώτου και του δεύτερου αντικειμένου χρονικών μεταβολών. Τα *event* που βρίσκονται μεταξύ αυτού του χρονικού πλαισίου μετατρέπονται τις χρονικές τους τιμές (*onset*, *offset*) από *tick* σε *microsecond* πολλαπλασιάζοντας την τιμή τους με την τιμή *mPT* του πρώτου αντικειμένου χρονικών μεταβολών. Στη συνέχεια ορίζεται ένα νέο χρονικό διάστημα που οριοθετείται σύμφωνα με τις χρονικές μεταβολές του δεύτερου και του τρίτου αντικειμένου χρονικών μεταβολών και αντίστοιχα μετατρέπονται οι χρονικές τιμές των αντικειμένων *event* σύμφωνα με την νέα τιμή *mPT*. Με αυτόν τον τρόπο ολοκληρώνεται και η δημιουργία της βασικής συλλογής (*noteList*).



Σχήμα Α.2 Αναλυτικά τα στάδια μετατροπής δεδομένων εισόδου στην βασική συλλογή δεδομένων.

Καθώς παρατηρήθηκαν προβλήματα κατά την μετατροπή των χρονικών αξιών σε ms, στη συγκεκριμένη υλοποίηση διατηρείται μόνο η πρώτη τιμή χρονικής αγωγής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το αρχείο `_tdd.txt` να περιέχει μόνο μία τιμή και οποιεσδήποτε αλλαγές στην χρονική αγωγή του αρχείου `mid`i πραγματοποιούνται να μην λαμβάνονται υπόψιν.

2.3 Βασική Συλλογή Δεδομένων

Η βασική συλλογή δεδομένων είναι μία λίστα από αντικείμενα τύπου *note*. Τα αντικείμενα αυτά περιέχουν τις βασικές πληροφορίες για τον προσδιορισμό του αντικειμένου στον δισδιάστατο χώρο αναπαράστασης, δηλαδή δύο χρονικές τιμές (έναρξη και λήξη του φθόγγου σε ms) και το τονικό ύψος του φθόγγου με την μορφή ακέραιου αριθμού.

Κατά την αρχικοποίηση αυτής της λίστας πραγματοποιείται μία ακολουθία από διεργασίες ώστε να την προετοιμάσουν για την χρήση της από το μοντέλο. Αρχικά η λίστα ταξινομείται ως προς τον χρόνο έναρξης των φθόγγων κατά αύξουσα σειρά, σε περίπτωση ίδιας έναρξης, ως προς την διάρκεια κατά φθίνουσα σειρά και σε περίπτωση ίδιας διάρκειας (συγχορδιακοί φθόγγοι), κατά φθίνουσα σειρά ως προς το τονικό ύψος (η αρίθμηση του τονικού ύψους σε περιπτώσεις ίδιας έναρξης και διάρκειας ξεκινάει από τους υψηλότερους φθόγγους).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το πρόγραμμα ακολουθεί τον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό. Το μοντέλο επομένως δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένα αντικείμενο που χρησιμοποιεί την βασική συλλογή *noteList*, δηλαδή μία λίστα από φθογγικά αντικείμενα μαζί με ένα σύνολο από διεργασίες που εφαρμόζονται σε αυτά.

Επιπρόσθετα χωρίς ωστόσο να λαμβάνονται υπόψιν, προστέθηκαν δύο επιπλέον χαρακτηριστικά στα φθογγικά αντικείμενα κυρίως για λόγους διερεύνησης των δυνατοτήτων της συγκεκριμένης αρχιτεκτονικής. Το πρώτο χαρακτηριστικό είναι ένα πεδίο(αριθμός) που δηλώνει το συγχορδιακό σύνολο στο οποίο ανήκει ο φθόγγος και το δεύτερο είναι μία λίστα που περιέχει τους μοναδικούς αριθμούς των φθόγγων (*note ids*) που παρουσιάζουν αλληλεπικάλυψη με τον συγκεκριμένο φθόγγο. Αν και στη συγκεκριμένη

υλοποίηση τα παραπάνω πεδία δεν χρησιμοποιούνται, μελλοντικά θα μπορούσαν να βελτιώσουν και να εμπλουτίσουν της δυνατότητες του μοντέλου.

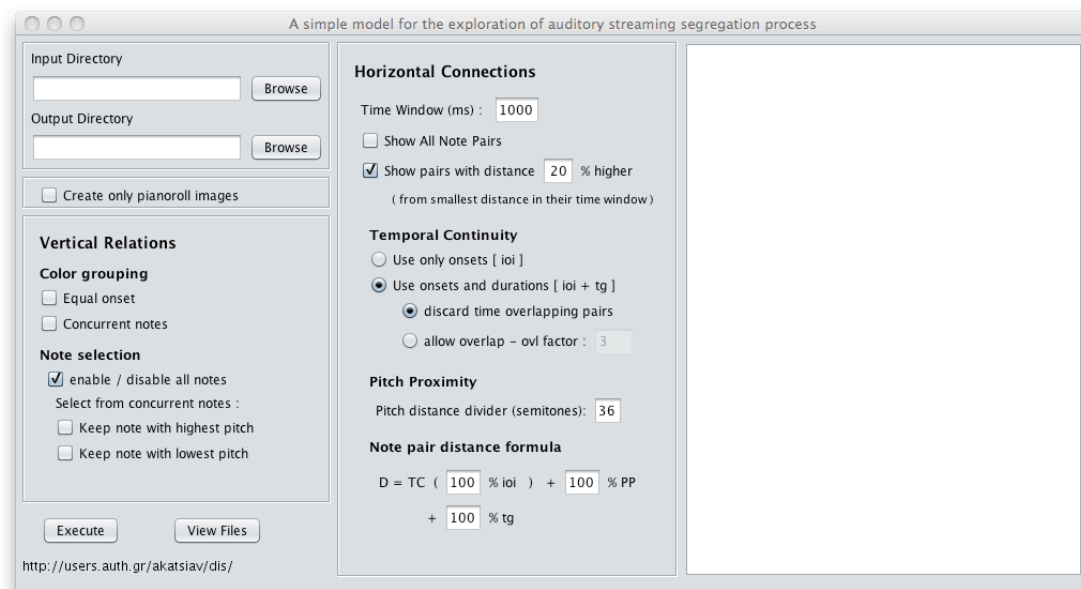
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται γενικές οδηγίες για την χρήση του προγράμματος περιγράφοντας το γραφικό περιβάλλον και τα δεδομένα εξόδου που επιστρέφονται από την εκτέλεσή του. Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την παραμετροποίηση και τη λειτουργία του μοντέλου υπάρχουν στο κεφάλαιο 2.

1. Οδηγίες χρήσης

Το πρόγραμμα είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού JAVA και είναι εκτελέσιμο στα περισσότερα λειτουργικά συστήματα αρκεί να υπάρχει το -συνήθως εγκατεστημένο- JRE (Java Runtime Environment) ¹.

Εκτελώντας το αρχείο **AuditoryStreaming.jar**, εμφανίζεται το γραφικό περιβάλλον του προγράμματος (Σχήμα Β.1)



Σχήμα Β.1 Το γραφικό περιβάλλον του προγράμματος (OSX)

Για μία γρήγορη εκτέλεση του προγράμματος, ο χρήστης πρέπει να επιλέξει τον φάκελο εισόδου (αρχεία midi) και τον φάκελο εξόδου (καλύτερα κενός) και να πατήσει το κουμπί «Execute». Το πρόγραμμα εκτελείται

¹ διαθέσιμο δωρεάν από την ιστοσελίδα της Oracle. <http://www.oracle.com/>

χρησιμοποιώντας τις προκαθορισμένες τιμές για το μοντέλο. Πατώντας το κουμπί «View Files», εμφανίζεται ο φάκελος με τα αποτελέσματα.

2. Αρχεία Εξόδου

Στον φάκελο εξόδου που έχει επιλεχθεί, το πρόγραμμα δημιουργεί ένα αρχείο με όνομα *_log.txt*, έναν φάκελο με όνομα *_images* και από έναν φάκελο για κάθε αρχείο midi που βρίσκεται στο φάκελο εισόδου, με όνομα το όνομα του αρχείου midi. Το αρχείο *_log.txt* περιέχει πληροφορίες από την εκτέλεση του προγράμματος, ενώ ο φάκελος *_images* περιέχει όλα τα αρχεία εικόνας για εύκολη προβολή των γραφημάτων. Για κάθε αρχείο midi που βρίσκεται στο φάκελο εισόδου, στον φάκελο εξόδου δημιουργείται ένας φάκελος με το όνομα του αρχείου όπου περιέχει αρχεία κειμένου, ένα αρχείο εικόνας(png) και ένα αντίγραφο του αρχείου midi. Τα αρχεία κειμένου είναι τριών ειδών : α) αρχεία συστήματος (*_rdd.txt* και *_tdd.txt*), β) ένα αρχείο κειμενοποίησης της βασικής συλλογής (*notesAll_όνομα_αρχείου.txt*) και γ) αρχεία με τιμές απόστασης μεταξύ φθογγικών ζευγών (*notePairs_All_όνομα_αρχείου.txt*, *notePairs_Best_όνομα_αρχείου.txt*, *notePairs_Perc_όνομα_αρχείου.txt*).

Πίνακας Β.1 Αρχεία εξόδου για κάθε αρχείο εισόδου midi.

<i>_log.txt</i>	πληροφορίες σχετικά με την εκτέλεση του προγράμματος
<i>_images</i> (φάκελος)	όλα τα αρχεία εικόνας
Φάκελος με <i>όνομα_αρχείου</i>	όλα τα αρχεία σχετικά με κάθε αρχείο εισόδου midi
<i>όνομα_αρχείου.mid</i>	το αρχείο midi εισόδου
<i>όνομα_αρχείου.png</i>	αρχείο εικόνας γραφήματος
<i>_rdd.txt</i>	μορφοποιημένο αρχείο κειμένου (csv) συστήματος με γεγονότα midi <i>Note On</i> και <i>Note Off</i>
<i>_tdd.txt</i>	μορφοποιημένο αρχείο κειμένου (csv) συστήματος με γεγονότα χρονικών μεταβολών στο αρχείο midi
<i>notePairs_All_όνομα_αρχείου.txt</i>	μορφοποιημένο αρχείο κειμένου (csv) με τιμές απόστασης όλων των φθογγικών ζευγών

<code>notePairs_Best_όνομα_αρχείου.txt</code>	μορφοποιημένο αρχείο κειμένου (csv) με τις μικρότερες τιμές απόστασης των φθογγικών ζευγών
<code>notePairs_Perc_όνομα_αρχείου.txt</code>	μορφοποιημένο αρχείο κειμένου (csv) με τιμές φθογγικών ζευγών κοντά στην καλύτερη απόσταση (δημιουργείται μόνο από επιλογή χρήστη)
<code>notesAll_όνομα_αρχείου.txt</code>	μορφοποιημένο αρχείο κειμένου (csv) με όλες τις πληροφορίες για κάθε φθογγικό αντικείμενο

Όλα τα αρχεία κειμένου, εκτός από τα δύο αρχεία ελέγχου (`_rdd.txt` και `_tdd.txt`) που χρησιμοποιούνται από το σύστημα, θα μπορούσαν να παραληφθούν καθώς οι τιμές που περιέχουν οπτικοποιούνται στο αρχείο εικόνας. Ο λόγος που παρουσιάζονται στον χρήστη είναι για μελέτη και επαλήθευση των αποτελεσμάτων. Το αρχείο `notesAll_όνομα_αρχείου.txt` παρουσιάζει τα δεδομένα εισόδου, όπως αυτά έχουν κωδικοποιηθεί από το σύστημα και βρίσκονται στη βασική συλλογή δεδομένων (`noteList`). Το αρχείο αυτό αποτυπώνει την κωδικοποίηση της μουσικής επιφάνειας και είναι ανεξάρτητο από το μοντέλο με τις όποιες παραμέτρους του. Τα υπόλοιπα τρία αρχεία, `notePairs_All_όνομα_αρχείου.txt`, `notePairs_Best_όνομα_αρχείου.txt` και `notePairs_Perc_όνομα_αρχείου.txt` περιέχουν τιμές που προκύπτουν από την εφαρμογή του μοντέλου σχετικά με την οριζόντια συσχέτιση των φθόγγων. Το τελευταίο αρχείο (`notePairs_Perc_όνομα_αρχείου.txt`) δημιουργείται μόνο εάν ο χρήστης επιλέξει την αντίστοιχη παράμετρο (βλ. παρακάτω).

2.1 Γράφημα

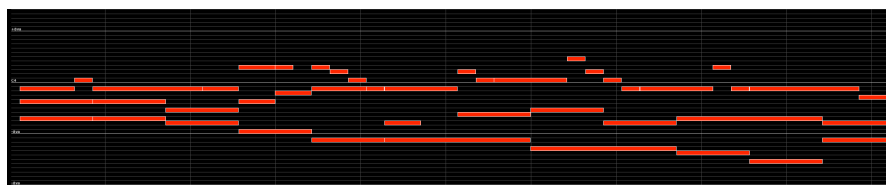
Έστω ότι εισάγουμε στο σύστημα το αρχείο `Mozart_K282_mm_1-16.mid`. Η παραδοσιακή αναπαράσταση² αυτού του αρχείου έχει την ακόλουθη μορφή (παρουσιάζονται μόνο τα πρώτα 3 μέτρα) :

² http://www.music-scores.com/midi.php?sheetmusic=Mozart_K282_1st_mvt_Adagio



Σχήμα Β.2 Απόσπασμα από την σονάτα Κ282 του Μότσαρτ.

Η *pianoroll* αναπαράσταση του αποσπάσματος χρησιμοποιώντας την παράμετρο **pr** είναι η εξής :



Σχήμα Β.3 Pianoroll αναπαράσταση

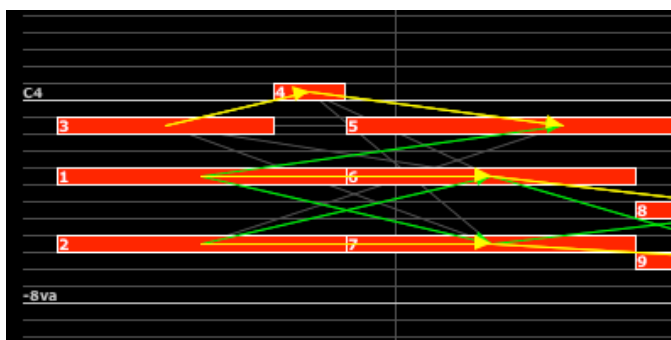
Αν εφαρμόσουμε τις προκαθορισμένες παραμέτρους (default values), τότε το γράφημα έχει την παρακάτω μορφή :

OS	TW	TC	PPd	Fioi	Ftg	Fpp	C%	Osi	Osc	Gallp
a	1000	tg	36	100	100	100	20	F	F	F

α)



β)










Σχήμα Β.4 α) Γράφημα εφαρμογής του μοντέλου με προκαθορισμένες τιμές
β) Λεπτομέρεια από το πρώτο μισό του πρώτου μέτρου

Γενικά, το γράφημα αποτελείται από τρία στοιχεία : το περιβάλλον, τους φθόγγους και τις συνδέσεις ζευγών φθόγγων.

Στο περιβάλλον ανήκουν πληροφορίες σχετικά με τους άξονες της δισδιάστατης απεικόνισης, το όνομα του αρχείου και το μέγεθος του χρονικού παραθύρου. Στα αριστερά του γραφήματος εμφανίζονται οι τιμές απόλυτου τονικού ύψους. Πάνω αριστερά σε κάθε εικόνα αναγράφεται το όνομα του αρχείου και ακριβώς από κάτω το μέγεθος του χρονικού παραθύρου σε ms. Επίσης, σε κάθε γράφημα εμφανίζονται ανά 1000ms κάθετες γκρι γραμμές ως σημεία χρονικής αναφοράς.

Οι φθόγγοι απεικονίζονται με ένα ορθογώνιο πλαίσιο και έναν μοναδικό αριθμό εντός του πλαισίου αμέσως μετά την έναρξη του. Τα χρώματα του αριθμού και του ορθογώνιου πλαισίου παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την παραμετροποίηση του μοντέλου (Πίνακας B.2). Η αρίθμηση των φθόγγων, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, γίνεται σύμφωνα με την θέση τους στην βασική συλλογή, η οποία έχει ταξινομηθεί αρχικά σύμφωνα με την έναρξη (αύξουσα), μετά κατά την διάρκεια (φθίνουσα) και τέλος κατά το τονικό ύψος (από πάνω προς τα κάτω).

Πίνακας B.2 Επεξήγηση των χρωματικών συνδυασμών των φθόγγων

	Χρώμα αριθμού	Χρώμα φθόγγου	Περιγραφή
	Άσπρο	Γκρι	Δεν υπολογίζεται
	Άσπρο	Κόκκινο	Ανεξάρτητος φθόγγος με διάρκεια
	Άσπρο	Μωβ	Ομαδοποιημένος λόγω κοινής έναρξης με διάρκεια
	Άσπρο	Μπλε	Συγχρονισμένος φθόγγος με διάρκεια
	Κόκκινο	Γκρι	Ανεξάρτητος φθόγγος χωρίς διάρκεια
	Μωβ	Γκρι	Ομαδοποιημένος λόγω κοινής έναρξης χωρίς διάρκεια
	Μπλε	Γκρι	Συγχρονισμένος φθόγγος χωρίς διάρκεια

Σχετικά με τις συνδέσεις των φθογγικών ζευγών, τα κίτρινα βέλη δείχνουν την καλύτερη οριζόντια σύνδεση (μικρότερη τιμή) μεταξύ φθογγικών ζευγών, ενώ τα πράσινα βέλη δείχνουν τα φθογγικά ζεύγη των οποίων η τιμή

είναι μικρότερη από την καλύτερη τιμή του χρονικού παραθύρου συν ένα ποσοστό αυτής που ορίζει ο χρήστης (C%). Επίσης οι γκρι συνδέσεις απεικονίζουν όλα τα ζεύγη φθόγγων για τα οποία υπολογίστηκε η απόστασή τους.

Οι υπόλοιπες εκδοχές του γραφήματος παρουσιάζονται παρακάτω στην επεξήγηση των επιλογών του γραφικού περιβάλλοντος

2.2 Αρχεία κειμένου

Για το συγκεκριμένο παράδειγμα τα αρχεία κειμένου που δημιουργούνται είναι τα ακόλουθα :

(παρουσιάζονται τμήματα των περιεχομένων των αρχείων, τα πεδία αριθμούνται από αριστερά προς τα δεξιά)

_rdd.txt (raw data delimited)

```
7,1,0,0,1,D#4,63,64
8,1,0,0,1,G4,67,64
9,1,0,0,1,A#4,70,64
10,1,0,360,0,A#4,70,64
11,1,0,360,1,C5,72,64
12,1,0,480,0,D#4,63,64
13,1,0,480,0,G4,67,64
14,1,0,480,0,C5,72,64
15,1,0,480,1,D#4,63,64
16,1,0,480,1,G4,67,64
17,1,0,480,1,A#4,70,64
18,1,0,960,0,D#4,63,64
19,1,0,960,0,G4,67,64
20,1,0,960,1,D4,62,64
...
```

Πεδία :

1. μοναδικός αριθμός (id) γεγονότος midi,
2. αριθμός midi track,
3. αριθμός midi channel,
4. αριθμός midi εντολής
(1 για note on , 0 για note off)
5. χρονική τιμή γεγονότος (ticks),
6. όνομα φθόγγου,
7. αριθμητική τιμή τονικού ύψους,
8. δυναμική

_tdd.txt (time data delimited)

```
0,1785
```

Πεδία :

1. χρονική τιμή σε ticks,
2. αριθμός msec ανά tick

notesAll_mozart_K282_mm_1-16.txt

(Τα πεδία αναγράφονται στις πρώτες δύο σειρές)

!	#	ID	key	OnSet		OffSet		Duration		@ equal IOI	mPT used
				Ticks	microsecs	Ticks	microsecs	Ticks	microsecs		
!		1	67	0	0	480	856800	480	856800	0	1785
		2	63	0	0	480	856800	480	856800	0	1785
		3	70	0	0	360	642600	360	642600	2	1785
		4	72	360	642600	480	856800	120	214200	3	1785
		5	70	480	856800	1200	2142000	720	1285200	4	1785
		6	67	480	856800	960	1713600	480	856800	5	1785
		7	63	480	856800	960	1713600	480	856800	5	1785
		8	65	960	1713600	1440	2570400	480	856800	7	1785
		9	62	960	1713600	1440	2570400	480	856800	7	1785
		10	70	1200	2142000	1440	2570400	240	428400	9	1785
		11	60	1440	2570400	1920	3427200	480	856800	10	1785
		12	75	1440	2570400	1680	2998800	240	428400	11	1785
		13	67	1440	2570400	1680	2998800	240	428400	11	1785
		14	69	1680	2998800	1920	3427200	240	428400	13	1785
		15	75	1680	2998800	1800	3213000	120	214200	14	1785
		16	70	1920	3427200	2400	4284000	480	856800	15	1785

. . .

Τα τρία αρχεία που ακολουθούν περιέχουν τις τιμές των αποστάσεων μεταξύ φθογγικών ζευγών σχετικά με την οριζόντια συσχέτισή τους. Οι τιμές αυτές μεταβάλλονται σύμφωνα με τις επιλογές του χρήστη. Παρακάτω εμφανίζονται οι τιμές σύμφωνα με τις προεπιλεγμένες τιμές των παραμέτρων.

notePairs_All_mozart_K282_mm_1-16.txt

#BaseNote	Id	Targ Note	Id	Distance
	1		2	-100000.000000
	1		3	-100000.000000
	1		4	-100000.000000
	1		5	0.313378
	1		6	0.285600
	1		7	0.322637
	2		1	-100000.000000
	2		3	-100000.000000
	2		4	-100000.000000
	2		5	0.350415
	2		6	0.322637
	2		7	0.285600
	3		1	-100000.000000
	3		2	-100000.000000
	3		4	0.232719
	3		5	0.357000
	3		6	0.384778
	3		7	0.421815

. . .

Η αρνητική τιμή υποδεικνύει ότι στο συγκεκριμένο ζεύγος φθόγγων δεν υπολογίζεται η τιμή (λόγω ίδιας έναρξης ή συγχορδιακής σχέσης ή επικάλυψης).

notePairs_Best_mozart_K282_mm_1-16.txt

Από το σύνολο των παραπάνω τιμών, σε αυτό το αρχείο αναγράφεται μόνο ένα ζευγάρι φθόγγων για κάθε φθόγγο, αυτό με την μικρότερη τιμή. Σε περίπτωση δύο ζευγών με ίδια τιμή, επιλέγεται το πρώτο που εμφανίζεται.

#BaseNote	Id	Targ	Note	Id	Distance
	1			6	0.285600
	2			7	0.285600
	3			4	0.232719
	4			5	0.089919
	6			8	0.304119
	7			9	0.294859
	8			13	0.304119
	9			11	0.304119
	10			13	0.170578
	11			17	0.304119
	12			15	0.142800
.	.	.			

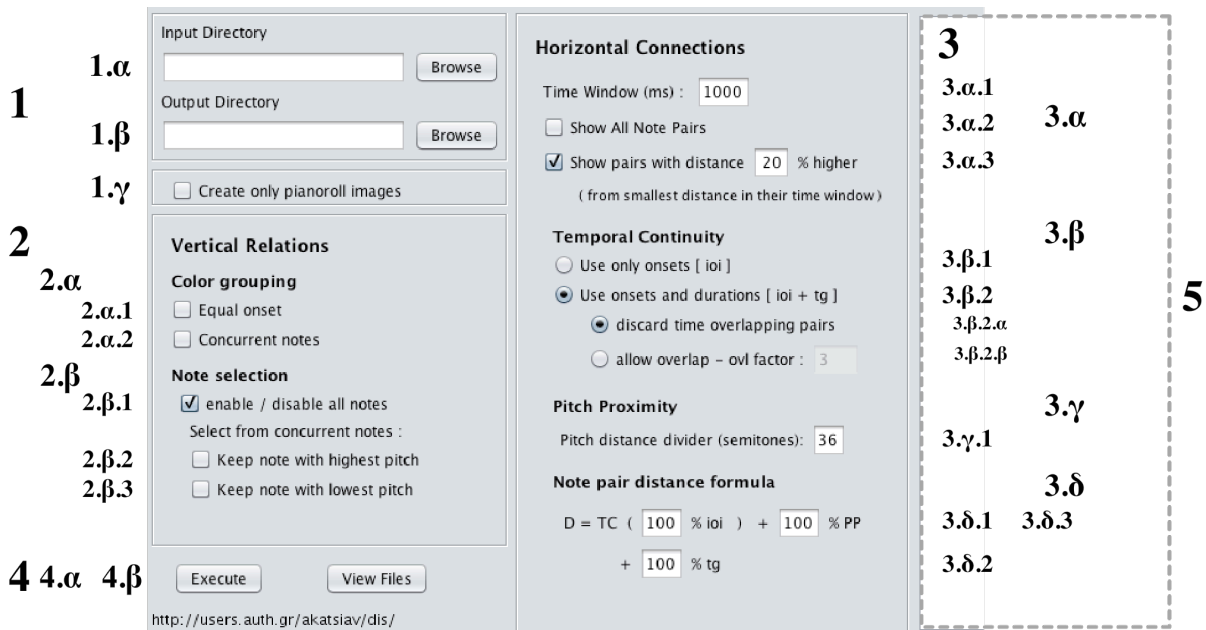
notePairs_Perc_mozart_K282_mm_1-16.txt

Από το σύνολο όλων των τιμών, επιλέγονται μόνο αυτές που είναι μικρότερες από την καλύτερη τιμή συν ένα ποσοστό αυτής που ορίζει ο χρήστης (C%).

#BaseNote	Id	Targ	Note	Id	Distance
	1			5	0.313378
	1			7	0.322637
	2			6	0.322637
	6			9	0.331896
	7			8	0.304119
	8			11	0.331896
	9			13	0.331896
	10			12	0.189096
	17			24	0.322637
	23			25	0.341156
	30			34	0.350415
	33			38	0.350415
	42			43	0.368933
	43			47	0.387452
.	.	.			

3. Γραφικό περιβάλλον

Παρακάτω επεξηγούνται οι λειτουργίες του γραφικού περιβάλλοντος. Με την τοποθέτηση του δείκτη του mouse πάνω από οποιαδήποτε παράμετρο, εμφανίζονται σχετικές πληροφορίες σε αναδυόμενα παράθυρα (pop up).



Σχήμα Β.5 Παράμετροι του γραφικού περιβάλλοντος του προγράμματος με τις προεπιλεγμένες ρυθμίσεις. Στα δεξιά υπάρχει πλαίσιο κειμένου με αναφορές από την εκτέλεση του προγράμματος (περιγραφή 5).

1 Επιλογή φακέλου αρχείων εισόδου (1.α) και φακέλου εξόδου (1.β).

Πατώντας το αντίστοιχο κουμπί “Browse” εμφανίζεται ένα παράθυρο διαλόγου που προτρέπει τον χρήστη να επιλέξει στην περίπτωση (1.α), τον φάκελο που περιέχει τα αρχεία midi και στην περίπτωση (1.β), τον φάκελο όπου θα δημιουργηθούν τα αρχεία εξόδου. Εναλλακτικά, ο χρήστης μπορεί να γράψει την διεύθυνση των φακέλων στα αντίστοιχα πλαίσια κειμένου. Πατώντας τα κουμπιά «Browse», και στα δύο παράθυρα διαλόγου, τα περιεχόμενα των επιλεγμένων φακέλων δεν φαίνονται. Στην περίπτωση που ο φάκελος με τα αρχεία εισόδου περιέχει εκτός από αρχεία midi, αρχεία διαφορετικού τύπου ή φακέλους, αυτά δεν υπολογίζονται και το πρόγραμμα εκτελείται κανονικά (βλ. περιγραφή 5). Το πρόγραμμα δημιουργεί ένα αρχείο με όνομα *_log.txt*, έναν φάκελο με όνομα *_images* και από έναν φάκελο για κάθε αρχείο midi που βρίσκεται στο φάκελο εισόδου, με όνομα το όνομα του αρχείου. Σε περίπτωση που ο φάκελος εξόδου περιέχει αρχεία ή φακέλους με αυτά τα ονόματα, τότε αυτά θα αντικατασταθούν (overwrite). Καλύτερα οι φάκελοι να επιλέγονται

μία φορά και τα αρχεία να μετακινούνται από το περιβάλλον του λειτουργικού συστήματος. Επιλέγοντας την δημιουργία μόνο piano roll (1.γ) αρχείων εικόνας, το μοντέλο δεν εφαρμόζεται (βλ. αρχεία εξόδου).

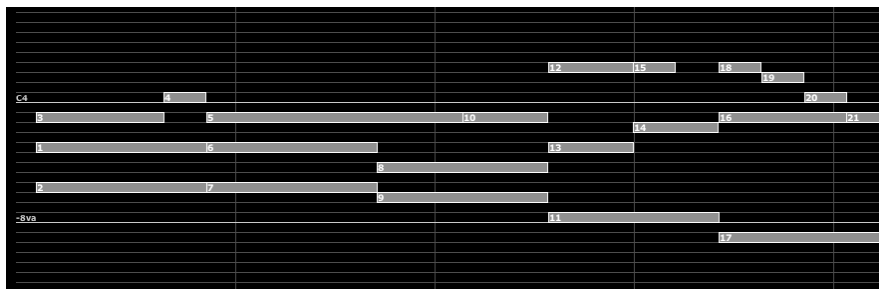
2 Παραμετροποίηση μοντέλου : Κάθετες σχέσεις φθόγγων

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την χρωματική ομαδοποίηση (2.α) των φθόγγων που έχουν ίδια έναρξη (2.α.1) με μωβ χρώμα (Σχήμα Β.6.α) ή/και των φθόγγων με ίδια έναρξη και λήξη (2.α.2) με μπλε χρώμα (Σχήμα Β.6.β).



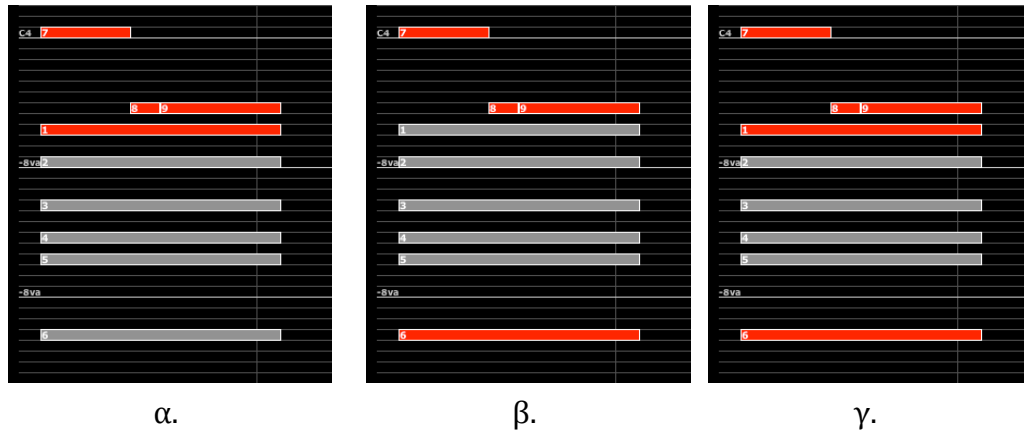
Σχήμα Β.6 Χρωματική ομαδοποίηση φθόγγων με ίδια έναρξη (α), με ίδια έναρξη και ίδια λήξη (β), επιλογή και των δύο περιπτώσεων (γ).

Οι επιλογές χρωματικής ομαδοποίησης δεν έχουν επιπτώσεις στην οριζόντια σύνδεση των φθόγγων. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τους φθόγγους που θα συμμετέχουν στην οριζόντια σύνδεση (2.β) με επιλογές σχετικά με το σύνολο των φθόγγων (2.β.1) αλλά και με τα σύνολα συγχρονισμένων φθόγγων (2.β.2 και 2.β.3). Με την επιλογή 2.β.1, ο χρήστης μπορεί να απενεργοποιήσει όλους τους φθόγγους από την οριζόντια σύνδεση, επιτρέποντας με αυτόν το τρόπο την δημιουργία ενός piano roll με αριθμούς ταξινόμησης (Σχήμα Β.7). Σε περίπτωση που έχουν επιλεγθεί οι παραπάνω χρωματικές ομαδοποιήσεις, αυτές δεν επηρεάζονται.



Σχήμα Β.7 Απενεργοποίηση όλων των φθόγγων από την οριζόντια σύνδεση.

Από τα σύνολα με συγχρονισμένους φθόγγους, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μόνο τον ψηλότερο φθόγγο κάθε συνόλου (2.β.2) ή/και μόνο τον χαμηλότερο (Σχήμα Β.8). Οι υπόλοιποι φθόγγοι δεν συμμετέχουν στην οριζόντια σύνδεση.



Σχήμα Β.8 Επιλογή φθόγγων από σύνολα συγχρονισμένων φθόγγων. Επιλογή μόνο του ψηλότερου φθόγγου (α), επιλογή μόνο του χαμηλότερου φθόγγου (β), επιλογή και των δύο περιπτώσεων (γ). Η επιλογή φθόγγων δεν επηρεάζει την χρωματική τους ομαδοποίηση.

3 Παραμετροποίηση μοντέλου : Οριζόντιες σχέσεις φθόγγων

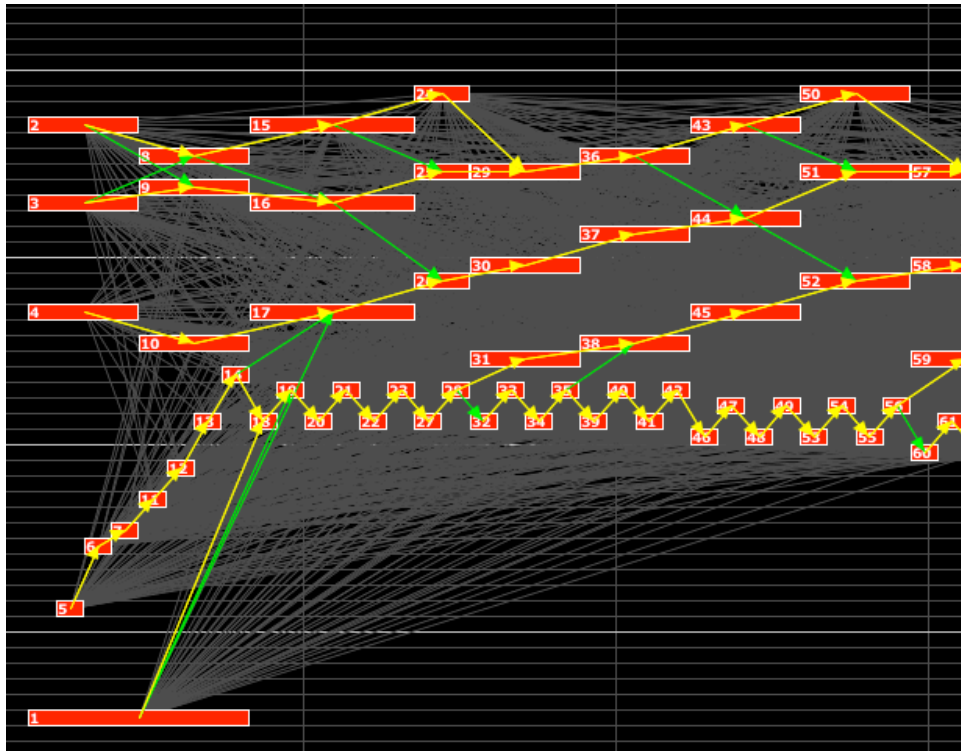
Αρχικά ο χρήστης ορίζει το μέγεθος του χρονικού παραθύρου και το είδος των οριζόντιων συνδέσεων μεταξύ φθόγγων που θα εμφανίζονται στο γράφημα (3.α). Στην συνέχεια παραμετροποιείται η εφαρμογή της αρχής της χρονικής συνέχειας (3.β), ακολουθεί μία επιλογή για την τονική εγγύτητα (3.γ) και τέλος επιλέγονται οι συντελεστές βαρύτητας των δεικτών των παραπάνω αρχών για την απόδοση της απόστασης μεταξύ κάθε ζεύγους φθόγγων (3.δ).

- 3.α Το μέγεθος του χρονικού παραθύρου (3.α.1) καθορίζει την μέγιστη χρονική απόσταση μεταξύ των ενάρξεων των φθόγγων που θα εισαχθούν στον αλγόριθμο υπολογισμού της εγγύτητας τους. Αν περιέχονται αποσπάσματα των οποίων η χρονική αγωγή (tempo) είναι αργή, τότε καλύτερα να χρησιμοποιηθεί μία μεγάλη τιμή για το χρονικό παράθυρο (Σχήμα Β.9). Σε αντίθετη περίπτωση, όπου το tempo είναι γρήγορο, ένα μεγάλο χρονικό παράθυρο απλά θα προσθέσει επιπλέον υπολογισμούς που πιθανότατα να μην είναι απαραίτητοι (Σχήμα Β.10).



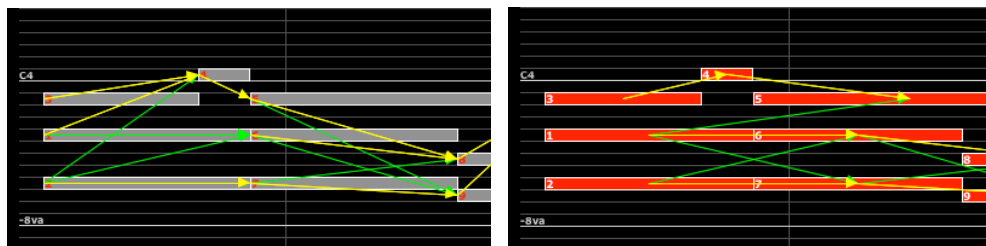
Σχήμα Β.9 Επιλέγοντας μικρό χρονικό παράθυρο (εδώ 1000ms) αποκλείονται πιθανές συνδέσεις .

Στο γράφημα είναι προεπιλεγμένη η απεικόνιση της σύνδεσης του ζεύγους φθόγγων που έχει την βέλτιστη (μικρότερη) τιμή με κίτρινο βέλος. Με την επιλογή 3.α.2 (Show all note pairs), όλα τα ζεύγη φθόγγων για τα οποία υπολογίζεται η απόστασή τους συνδέονται στο γράφημα με γκρι γραμμές. Με αυτόν το τρόπο ο χρήστης μπορεί να ελέγξει οπτικά αν το μέγεθος του χρονικού παραθύρου που έχει επιλέξει είναι επαρκές. Με την επιλογή 3.α.3 (Show pairs with distance), ο χρήστης μπορεί να διευρύνει το σύνολο των πιθανών οριζόντιων συνδέσεων ορίζοντας ένα ανώτατο όριο τιμής απόστασης σε σχέση με την καλύτερη τιμή απόστασης κάθε χρονικού παραθύρου. Οι συνδέσεις αυτές απεικονίζονται με πράσινα βέλη (σχήμα Β.10). Οι συνδέσεις αυτές παρουσιάζουν ενδιαφέρον και προσφέρονται για πειραματισμό καθώς υποδεικνύουν εναλλακτικές πιθανές συνδέσεις.



Σχήμα Β.10 Επιλέγοντας μεγάλο χρονικό παράθυρο (εδώ 3000ms) σε περιπτώσεις με σχετικά γρήγορη χρονική αγωγή, πραγματοποιούνται άσκοπες μετρήσεις. Με κίτρινο βέλος ενώνεται το ζεύγος φθόγγων με την μικρότερη τιμή απόστασης κάθε χρονικού παραθύρου. Τα πράσινα βέλη ενώνουν ζευγάρια φθόγγων που η τιμή της απόστασής τους είναι μικρότερη από αυτήν της καλύτερης συν ενός ποσοστού της που επιλέγει ο χρήστης (παράμετρος C%). Οι γκρι γραμμές δείχνουν όλα τα ζεύγη φθόγγων για τα οποία υπολογίστηκε η τιμή της απόστασης τους.

- 3.β Σχετικά με την εφαρμογή της αρχή της χρονικής συνέχειας ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τους δείκτες που θα συμμετέχουν στον τύπο υπολογισμού της απόστασης κάθε ζεύγους. Συγκεκριμένα, από επιλογή, συμμετέχουν και οι δύο δείκτες της χρονικής συνέχειας (3.β.1 - ioi, 3.β.2 - tg) (σχήμα Β.11.β). Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αν θα συμπεριληφθεί μόνο ο δείκτης tg (σχήμα Β.11.α). Επιπλέον, στην περίπτωση όπου επιλέγεται να υπολογιστεί και το χρονικό κενό, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αν θα υπολογιστούν και τα ζεύγη φθόγγων που παρουσιάζουν χρονική επικάλυψη (3.β.2.α), ορίζοντας παράλληλα και τον συντελεστή υπολογισμού της απόστασης των επικαλυπτόμενων ζευγών (3.β.2.β) .



α.

β.

Σχήμα Β.11 Επιλογές εφαρμογής χρονικής συνέχειας: α) υπολογισμός μόνο ενάρξεων β) υπολογισμός ενάρξεων και λήξεων

- 3.γ Επιλογή μεγέθους (σε ημιτόνια) τονικού διαιρέτη (3.γ.1). Μικρότερες τιμές ενισχύουν την σημαντικότητα της τονικής απόστασης στον τύπο υπολογισμού της απόστασης και το αντίστροφο.
- 3.δ Στα πλαίσια κειμένου 3.δ.1, 3.δ.2 και 3.δ.3, ο χρήστης μπορεί να μεταβάλει το ποσοστό συμμετοχής των δεικτών i_{oi} , t_g και p_r αντίστοιχα για τον υπολογισμό της απόστασης κάθε ζεύγους.

4 Εκτέλεση του προγράμματος

Πατώντας το κουμπί «Execute» (4.α) αρχίζει η εκτέλεση του προγράμματος. Πατώντας το κουμπί «View Files» (4.β) ανοίγει ο φάκελος με τα αρχεία εξόδου του προγράμματος.

5 Εμφάνιση κατάστασης εκτέλεσης.

Σε αυτό το πλαίσιο κειμένου παρουσιάζονται πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για τα αρχεία που επεξεργάζονται από το πρόγραμμα. Αρχικά παρουσιάζονται οι επιλογές φακέλων του χρήστη και ο αριθμός των αρχείων που θα επεξεργαστούν. Στη συνέχεια για κάθε αρχείο, εμφανίζεται : ο αύξων αριθμός του, το όνομα του, ο τύπος του midi αρχείου, πληροφορίες για τα αρχεία ελέγχου και την δημιουργία της βασικής συλλογής δεδομένων, πληροφορίες για το πλήθος των φθογγικών ζευγών που εξετάστηκαν και ο αριθμός των επιλεγμένων ως καλύτερων, η κατάσταση δημιουργίας του αρχείου εικόνας με το γράφημα με αναγραφή του μεγέθους του (πλάτος) σε pixels, και τέλος η συνολική διάρκεια του αρχείου σε ms (Σχήμα Β.12.α). Σε περίπτωση που δεν εμφανιστούν οι πληροφορίες σχετικά με την ανάγνωση του αρχείου, τότε το αρχείο δεν είναι έγκυρο midi και παραλείπεται (Σχήμα Β.12.β). Όλες οι παραπάνω πληροφορίες καταγράφονται και σε ένα αρχείο κειμένου (`_log.txt`) που βρίσκεται στο φάκελο εξόδου.

α)

```

_±- 4
  αύξων αριθμός αρχείου Beethoven_n21
  όνομα αρχείου        READ MIDI > Midi file format : 0
  ανάγνωση αρχείου    EXPORT  > data txt , time txt > OK
  εξαγωγή πληροφοριών CREATE <event> : filter
  δημιουργία βασικής συλλογής APPLY metric
  εφαρμογή αρχών      299 pairs
  σύνολο ζευγών       48 best
  σύνολο καλύτερων τιμών 3 20% pairs
  διευρυμένο σύνολο τιμών CREATE graph image
  δημιουργία γραφήματος pianoRollLength (px): 1673
  μέγεθος αρχείου εικόνας Total time (ms): 7869.0
  χρονική διάρκεια αποσπάματος

```

β)

Επιλογές Φακέλων

Κουφό αρχείο
Αρχείο με κατάληξη διαφορετική από .mid

Φάκελος

Έγκυρο αρχείο

Έγκυρο αρχείο

```

INPUT DIRECTORY :
/Users/ak/_____selected/
OUTPUT DIRECTORY :
/Users/ak/_____temp/
NUMBER OF FILES : 5
-----
_±- 1      (δεν υπολογίζεται)
  .DS_
_±- 2      (δεν υπολογίζεται)
  _log
_±- 3      (δεν υπολογίζεται)
  Beethoven
_±- 4
  Beethoven_n21
  READ MIDI > Midi file format : 0
  EXPORT  > data txt , time txt > OK
  CREATE <event> : filter
  APPLY metric
    299 pairs
    48 best
    3 20% pairs
  CREATE graph image
  pianoRollLength (px): 1673
  Total time (ms): 7869.0

_±- 5
  deb_images_poissons
  READ MIDI > Midi file format : 0
  EXPORT  > data txt , time txt > OK
  CREATE <event> : filter
  APPLY metric
    45613 pairs
    3140 best
    1127 20% pairs
  CREATE graph image
  pianoRollLength (px): 49168
  Total time (ms): 245342.0

< ! >> Midi file duration too long.
>> Maximum 90 seconds
>> Image is NOT created
Presets :
-----
PROGRAM TERMINATED
LOG CREATED
VIEW OUTPUT DIRECTORY

```

Σχήμα Β.12 Πληροφορίες σχετικά με την εκτέλεση του προγράμματος α) ενός αρχείου midi, β) όλες οι πιθανές περιπτώσεις διαφόρων αρχείων εισόδου. Στην τελευταία περίπτωση (_±- 5 deb_images_poissons), μόνο το αρχείο εικόνας δεν δημιουργείται. Τα αρχεία κειμένου με τις τιμές απόσταση δημιουργούνται κανονικά.

4. Σχετικά με το πρόγραμμα

Το πρόγραμμα αποτελεί μία πρότυπη δημιουργία και παρόλο που αφιερώθηκε σημαντικός χρόνος για ελέγχους λειτουργίας (debugging , testing) δεν αποκλείεται κάποια δυσλειτουργία κατά την εκτέλεσή του προγράμματος αλλά και η εμφάνιση λανθασμένων τιμών κατά την εφαρμογή του μοντέλου. Για τον λόγο αυτό, μαζί με το εκτελέσιμο αρχείο του προγράμματος, στο επισυναπτόμενο οπτικό δίσκο δίνεται ο κώδικας του προγράμματος και τα αρχεία midi που χρησιμοποιήθηκαν στα παραδείγματα ώστε να είναι δυνατή η επαλήθευση των αποτελεσμάτων.