

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΚΑΛΩΝ ΤΕΧΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΡΥΘΜΟΥ

- ΜΟΝΤΕΛΟ Η CHRISTOPHER LONGUET-HIGGINS & CHRISTOPHER S LEE
- ΜΟΝΤΕΛΟ DIRK-JAN POVEL & PETER ESSENS

Διπλωματική εργασία  
του  
Σιδηρά Χρήστου (ΑΕΜ 975)

Επιβλέπων:

Βασίλειος-Αιμίλιος Καμπουρόπουλος, Λέκτορας του Τμήματος Μουσικών Σπουδών  
της Σχολής Καλών Τεχνών του Α.Π.Θ.

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ: 2006-2007

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	2
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ</b>	
1. Εισαγωγή	4
1.1 Δομή του ρυθμού	5
1.1.1 Δομή ομαδοποίησης	6
1.1.1.1 Τοπικοί παράγοντες ομαδοποίησης	9
1.1.1.2 Παραλληλισμός	10
1.1.2 Τονισμοί	11
1.1.3 Μετρική δομή	13
1.1.3.1 Το επίπεδο του tactus	16
1.2 Χρονικά σχήματα και οι τονισμοί που προκύπτουν από αυτά	18
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ</b>	
2. Εισαγωγή	21
2.1 Μοντέλο Η Christopher Longuet-Higgins και Christopher S Lee	23
2.1.1 Λειτουργία του μοντέλου	24
2.2 Μοντέλο Dirk-Jan Povel και Peter Essens	31
2.2.1 Λειτουργία του μοντέλου	33
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ</b>	
3. Εισαγωγή	36
3.1 Εφαρμογή μοντέλων	38
3.1.1 Αποτελέσματα	39
3.2 Προκαταρκτική πειραματική διερεύνηση	41
3.2.1 Αποτελέσματα	42
3.3 Αξιολόγηση μοντέλων	46
3.3.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων	50
<b>ΕΠΙΛΟΓΟΣ</b>	52
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	54
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	58

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το αντικείμενο της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση, εφαρμογή και αξιολόγηση δύο υπολογιστικών μοντέλων αντίληψης μετρικής δομής, το μοντέλο των H Christopher Longuet-Higgins και Christopher S Lee και το μοντέλο των Dirk-Jan Povel και Peter Essens. Η ανάπτυξη τέτοιου είδους μοντέλων εντάσσεται στα πλαίσια του κλάδου της υπολογιστικής μουσικολογίας, ο οποίος είναι ένας σχετικά καινούργιος επιστημονικός κλάδος που άρχισε να αναπτύσσεται τις τελευταίες δεκαετίες. Σκοπός του κλάδου αυτού «είναι η ανάπτυξη υπολογιστικών μοντέλων που να «προσομοιώνουν» ευφυείς μουσικές συμπεριφορές» (Καμπουρόπουλος 2006 σελ. 4).

Ευφυείς μουσικές συμπεριφορές, όπως η αντίληψη του ρυθμού, η εκφραστικότητα σε μία εκτέλεση ενός μουσικού κομματιού, η αναγνώριση ξεχωριστών φωνών μέσα από ένα ηχητικό σύνολο, αποτελούν διεργασίες οι οποίες εκτελούνται διαισθητικά από έναν μουσικό, ή, για πολλές από αυτές, και από έναν μη μουσικό (καθένας μπορεί να χορέψει ή να χτυπήσει παλαμάκια στον ρυθμό μιας μουσικής). Η συστηματοποίηση αυτής της διαισθητικής γνώσης αποτελεί πεδίο έρευνας η οποία έρχεται στη συνέχεια ως βάση για την δημιουργία μοντέλων αντίληψης. Θεωρητικά ζητήματα όπως ο ορισμός της μετρικής δομής μιας μελωδίας, ή ο προσδιορισμός τοπικών ορίων τα οποία να επιτρέπουν την κατάτμηση μιας μελωδικής επιφάνειας σε στοιχειώδη μέρη, γίνονται αντικείμενο μελέτης μέσω πειραματικής ή / και υπολογιστικής διερεύνησης με χρήση της υπάρχουσας διαισθητικής γνώσης. Η μελέτη τέτοιων ζητημάτων μέσω μεθοδολογιών της υπολογιστικής μουσικολογίας «υποχρεώνει τον ερευνητή να διατυπώσει με απόλυτα συστηματικό τρόπο μουσικές θεωρίες οι οποίες στην συνέχεια μπορούν να διερευνηθούν με την χρήση υπολογιστών» (Καμπουρόπουλος 2006 σελ. 2).

Η παρουσίαση βασικών εννοιών που σχετίζονται με τον μουσικό ρυθμό, κυρίως μέσα από τη σκοπιά των Lerdahl και Jackendoff (1983), θα επιχειρηθεί να γίνει στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσης εργασίας. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα δύο προαναφερθέντα υπολογιστικά μοντέλα (των H Christopher Longuet-Higgins & Christopher S Lee και των Dirk-Jan Povel & Peter Essens). Στο τρίτο κεφάλαιο επιχειρείται μία αξιολόγηση των δύο μοντέλων, μέσα από την σύγκριση των αποτελεσμάτων που έδωσαν κατά την εφαρμογή τους σε συγκεκριμένα ρυθμικά σχήματα, με τα αντίστοιχα εμπειρικά αποτελέσματα που έδωσε ένα μικρό σύνολο ακροατών / μουσικών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ιστορικά η μελέτη της θεωρίας της μουσικής αναλώθηκε περισσότερο στην ανάλυση της μουσικής βάσει του τονικού ύψους, δίνοντας μικρότερο βάρος στον ρυθμό (Clarke 1999). Σε πιο σύγχρονες προσεγγίσεις όμως αναδύθηκε η σπουδαιότητα της μελέτης του ρυθμού, καθώς επίσης η ανάγκη συστηματοποίησης της γνώσης μας για αυτόν. Όπως αναφέρει ο White (1960), ο William James (1890) παρατήρησε ότι μια οικεία μελωδία μπορεί να είναι αναγνωρίσιμη και μόνο από το ρυθμικό της σχήμα. Σε ένα πείραμα των Carterette, Monahan, Holman, Bell & Fiske (1982) πάνω σε μελωδίες, οι πληροφορίες του ρυθμού έδειξαν να παίζουν σημαντικότερο ρόλο από τις πληροφορίες του τονικού ύψους, όσον αφορά την κρίση των ακροατών.

Το κενό γύρω από τον έρχεται να καλύψει η συστηματική έρευνα που ξεκίνησε το δεύτερο μισό του 20<sup>ου</sup> αιώνα (Dowling & Harwood 1986, Sloboda 2007). Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια ανάλυση του ρυθμού στα επιμέρους συστατικά του, κυρίως με βάση το έργο των Lerdahl και Jackendoff.

## 1.1 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ

Κατά τον Snyder (2000 σελ. 161) ο ρυθμός περιγράφει «γεγονότα που εντάσσονται στην χρονική κλίμακα της βραχύχρονης μνήμης». Αυτός ο χρόνος, που είναι 3 με 5 δευτερόλεπτα, είναι και το ανώτερο όριο διάρκειας μιας φράσης (Snyder 2000). Μέσα σε αυτόν τον χρόνο οι φθόγγοι γίνονται αντιληπτοί ως συνεχόμενοι, ενώ αν ο χρόνος αυτός ξεπεραστεί οι φθόγγοι γίνονται αντιληπτοί ως ξεχωριστά συμβάντα (London 2004, Snyder 2000). Κατά τον Clarke ο ρυθμός αναφέρεται στα «χρονικά φαινόμενα που συμβαίνουν στην μικρή έως μεσαία χρονική κλίμακα (...) σε αντίθεση με αυτά που συμβαίνουν σε μεγαλύτερες κλίμακες και αφορούν την φόρμα» (1999 σελ. 473).

Όσον αφορά την δυτική μουσική, ο ρυθμός χωρίζεται στη δομή ομαδοποίησης και στη μετρική δομή (Lerdahl & Jackendoff 1983) (Οι Patel και Peretz συμπεριλαμβάνουν και το τέμπο, αφού όπως αναφέρουν οι ίδιοι, «οι αλλαγές της ταχύτητας (του τέμπο) μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην μουσική επικοινωνία» (1997 σελ. 202)). Η δομή ομαδοποίησης έχει να κάνει με το πώς ομαδοποιούνται οι νότες σε μοτίβα, φράσεις κτλ. Η μετρική δομή από την άλλη έχει να κάνει με την αίσθηση μιας περιοδικής εναλλαγής ισχυρών και ασθενών χτύπων (Lerdahl & Jackendoff 1983, Snyder 2000). Ο Epstein παρομοιάζει αυτές τις περιοδικότητες με τις περιοδικότητες των χτύπων ενός ρολογιού (1995).

Τα δύο αυτά μέρη του ρυθμού είναι αυτόνομα μεν, αλλά όπως θα δούμε σχετίζονται με διάφορους τρόπους. Σημειώνουμε ότι η μετρική δομή δεν συναντάται σε όλους τους μουσικούς πολιτισμούς, σε αντίθεση με την δομή ομαδοποίησης, η οποία είναι πιο διαδεδομένη (Lerdahl & Jackendoff 1983).

Βασικό στοιχείο στον ρυθμό είναι επίσης οι τονισμοί. Οι τονισμοί που προσφέρει η μουσική επιφάνεια, «είναι οι πληροφορίες μέσα από τις οποίες (...) ο ακροατής επιχειρεί να βρει ένα κανονικό και επαναλαμβανόμενο σχήμα από μετρικούς τονισμούς» (Lerdahl & Jackendoff 1983 σελ. 17). Με άλλα λόγια ο ακροατής εντοπίζει τους τονισμούς της μουσικής επιφάνειας και μέσω της επεξεργασίας τους,

οδηγείτε στην αντίληψη του μέτρου. Τονισμός μπορεί να συνιστά μια διαφοροποίηση της δυναμικής ενός φθόγγου, μια επιμήκυνση της διάρκειάς του, μια κορύφωση στη μελωδία ή ένας συνδυασμός των παραπάνω (Thiemel 2007).

### 1.1.1 ΔΟΜΗ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗΣ

Στο παράδειγμα της εικόνας 1.1 βλέπουμε μια δομή αποτελούμενη από δύο επίπεδα, στην οποία μία ομάδα (q) περιέχει δύο άλλες όμοιες μεταξύ τους (p). Αν υποθέσουμε ότι οι ομάδες p

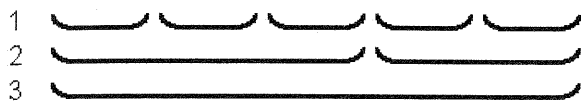


ΕΙΚΟΝΑ 1.1

αντιστοιχούν σε φράσεις και η ομάδα q σε μία περίοδο, μπορούμε να πούμε ότι η περίοδος εδώ περιέχει δύο φράσεις. Με τον ίδιο τρόπο μία πρόταση περιέχει περιόδους, ενώ ένα μεγαλύτερο τμήμα περιέχει προτάσεις κ.ο.κ. Με άλλα λόγια κάθε ομάδα στη μουσική, είτε είναι φράση, είτε περίοδος, περιέχει άλλες ομάδες, ενώ ταυτόχρονα εμπεριέχεται από άλλες ομάδες, εκτός αν βρίσκεται στο ανώτερο ή στο κατώτερο επίπεδο.

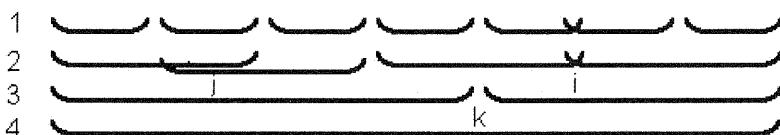
Το να μιλάμε για ανώτερο και κατώτερο επίπεδο προϋποθέτει μία ιεραρχία που διέπει όλη την δομή και όχι μία απλή παράθεση επιπέδων. Όπως αναφέρουν οι Lerdahl & Jackendoff, «το πιο βασικό χαρακτηριστικό των μουσικών ομάδων είναι ότι ακούγονται με ιεραρχικό τρόπο» (1983 σελ. 13). Μια ομάδα που περιέχει κάποιες άλλες είναι κυρίαρχη (dominant), ενώ αυτές με τη σειρά τους είναι υποτελείς (subordinate). Αυτή η σχέση υπάρχει σε όλα τα επίπεδα, ορίζοντας ως επίπεδο το σύνολο από ομάδες που «έχουν την ίδια σχέση υποτέλειας μέσα σε όλη την ιεραρχία» (Lerdahl & Jackendoff 1983 σελ. 13). Τέλος, μπορούμε να μιλάμε για μικρό επίπεδο ή για μεγάλο επίπεδο, ανάλογα με το μέγεθος των ομάδων που περιέχει.

Ας δούμε όμως με λίγη περισσότερη λεπτομέρεια τη φύση αυτής της ιεραρχικής δομής. Στη εικόνα 1.2 βλέπουμε μία πιθανή μορφή



ΕΙΚΟΝΑ 1.2

ιεράρχησης τριών επιπέδων όπου κάθε ομάδα περιέχεται από μία άλλη του αμέσως ανώτερου επιπέδου. Στην εικόνα 1.3 βλέπουμε μία άλλη μορφή οργάνωσης με κάποιες ιδιαιτερότητες. Στο σημείο *i* οι καμπύλες τέμνονται, δηλαδή δύο διαφορετικές ομάδες έχουν κοινά στοιχεία σε



ΕΙΚΟΝΑ 1.3

δύο επίπεδα (1 και 2), στο σημείο *j* δύο ομάδες του ίδιου επιπέδου έχουν κοινά στοιχεία, ενώ στο σημείο *k* η καμπύλη του δευτέρου επιπέδου ανήκει σε δύο διαφορετικές καμπύλες του τρίτου. Στη μουσική η περίπτωση του σημείου *j* είναι πιθανή, αν και σπάνια, ενώ η περίπτωση του σημείου *i*, είναι πολύ συχνή (τέλος μιας φράσης που είναι ταυτόχρονα αρχή μιας άλλης). Αντίθετα η περίπτωση του σημείου *k* δεν συναντάται.

Μπορούμε λοιπόν να πούμε ότι η δομή ομαδοποίησης στη μουσική δεν είναι αυστηρή, με την έννοια ότι ενδέχεται να υπάρχουν κοινά στοιχεία ανάμεσα σε δύο ομάδες, αν και αυτές οι περιπτώσεις αποτελούν εξαίρεση. Γενικά «οι συνθήκες κάτω υπό τις οποίες συναντούμε τομές είναι βεβιασμένες» (Lerdahl & Jackendoff 1983 σελ. 14).

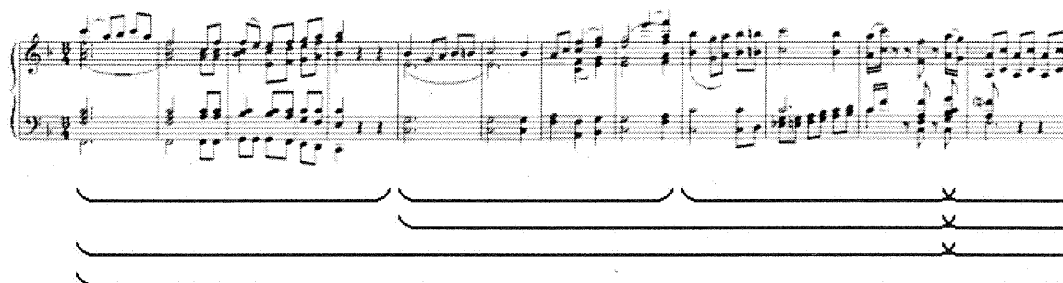


Στην εικόνα 1.4<sup>1</sup> απεικονίζεται η δομή ομαδοποίησης των οκτώ πρώτων μέτρων του σκέρτσου της σονάτας op.2 του Beethoven. Η δομή



EIKONA 1.4

του είναι δύο τετράμετρες φράσεις που και οι δύο έχουν εσωτερική δομή 1+1+2, ενώ στο αμέσως επόμενο επίπεδο η ομαδοποίηση είναι 2+2. Σε αυτή τη δομή παρατηρούμε ότι υπάρχει έντονη συμμετρία. Βέβαια υπάρχουν και πιο πολύπλοκες δομές στις οποίες η συμμετρία



EIKONA 1.5

μπορεί και να απουσιάζει, όπως αυτή της αρχής της όγδοης συμφωνίας του ίδιου (βλ. εικόνα 1.5). Σε αυτό το παράδειγμα η ομαδοποίηση είναι 4+4+3 μέτρα, στο επόμενο επίπεδο 4+7 και αμέσως μετά τα ένδεκα αυτά μέτρα ομαδοποιούνται σε μία ομάδα η οποία είναι μέρος μιας μεγαλύτερης στο επόμενο επίπεδο. Στο ενδέκατο μέτρο μάλιστα, συναντάμε ένα σημεία τομής στα τρία πρώτα επίπεδα, όπως στο σημείο i της εικόνας 1.3.

<sup>1</sup> Τα παραδείγματα ανακτήθηκαν από το βιβλίο των Lerdahl & Jackendoff «A Tonal Generative Theory of Tonal Music» (βλ. βιβλιογραφία).

### 1.1.1.1 ΤΟΠΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗΣ

Ο φθόγγοι μιας μουσικής επιφάνειας ομαδοποιούνται μεταξύ τους σύμφωνα με τις αρχές Gestalt (αρχή εγγύτητας και αρχή ομοιότητας) (Cook & Dibben 2001, Temperly 2001), ενώ όρια εντοπίζονται στα σημεία που υπάρχουν απότομες μεταβολές. Οι μεταβολές αυτές μπορεί να αφορούν την δυναμική, την περιοχή τονικών υψών, την άρθρωση, την διάρκεια ή την χροιά (βλ. παράδειγμα 1) (Παπαδέλης 2000).

#### I. Αρχή εγγύτητας

Σύζευξη		Χρόνος	
---------	---	--------	--

#### II. Αρχή ομοιότητας

Δυναμική		Περιοχή τονικών υψών	
Άρθρωση		Διάρκεια	
Χροιά			

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Τα όρια αυτά αποτελούν τα όρια των ομάδων που σχηματίζουν την δομή ομαδοποίησης. Όπως είδαμε παραπάνω, σε ένα μουσικό κομμάτι οι μικρές ομάδες είναι μέρη μιας μεγαλύτερης, ενώ με τη σειρά της η μεγαλύτερη ομάδα, μαζί με κάποιες άλλες, είναι μέρος μιας ακόμα μεγαλύτερης. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα πλέγμα από ομάδες που αποτελείται από πολλά επίπεδα, ξεκινώντας από αυτό που περιέχει τις μικρότερες (που μπορεί να είναι μοτίβα ή μικρές φράσεις), και φτάνει μέχρι το μεγαλύτερο επίπεδο, που είναι το ίδιο το κομμάτι. Αυτό το πολυεπίπεδο πλέγμα οι Lerdahl και Jackendoff το ονομάζουν δομή ομαδοποίησης (grouping structure).

#### 1.1.1.2 ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΣ

Άλλος παράγοντας ομαδοποίησης των φθόγγων είναι ο παραλληλισμός. Όπως αναφέρουν οι Temperley & Bartlette (2002 σελ. 117) «επαναλαμβανόμενα σχήματα όσον αφορά το τονικό ύψος και τον ρυθμό μπορούν να επηρεάσουν την αντίληψη της μετρικής δομής». Στο παράδειγμα 2 οι φθόγγοι λα, σι, ντο και ρε επαναλαμβάνονται και έτσι ομαδοποιούνται σε τετράδες, σύμφωνα με τον παραλληλισμό. Το ποιες ακριβώς είναι οι ομάδες αυτές δεν είναι ξεκάθαρο. Στο συγκεκριμένο



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

παράδειγμα οι ομάδες θα μπορούσε να είναι λα, σι, ντο, ρε ή σι, ντο, ρε, λα κ.ο.κ. (Lerdahl & Jackendoff 1983, Temperley 2001). Βέβαια υπάρχει μια μικρή τάση να ομαδοποιηθούν οι φθόγγοι ως λα, σι, ντο, ρε, λόγω του πηδήματος ρε-λα, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι οι άλλες ομαδοποιήσεις δεν είναι πιθανές.

### 1.1.2 ΤΟΝΙΣΜΟΙ

Πριν συζητήσουμε την μετρική δομή, είναι απαραίτητο να γίνει μια σύντομη αναφορά στην έννοια του τονισμού. Στην μουσική εύκολα μπορούμε να διακρίνουμε ότι κάποιοι φθόγγοι έχουν περισσότερο «βάρος» από κάποιους άλλους ή αλλιώς είναι πιο τονισμένοι. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε διάφορους λόγους όπως μια αλλαγή ένταση, την χροιά ή ένα μελωδικό πήδημα.

Ο ρόλος του τονισμού είναι πολύ σημαντικός στον ρυθμό. Όπως αναφέρει ο Atom «η παρουσία του τονισμού, υπονοεί την ύπαρξη του ρυθμού» (1991 σελ. 187). Ο Benary αναφέρει τον τονισμό ως τον πιο σημαντικό εξαρτημένο παράγοντα του ρυθμού (Benary 1973).

Σύμφωνα με τους Lerdahl & Jackendoff υπάρχουν τρία είδη τονισμού:

Φαινομενικός τονισμός – φαινομενικό τονισμό φέρει «κάθε γεγονός στην μουσική επιφάνεια που δίνει έμφαση ή τονισμό (stress) σε κάποια στιγμή της μουσικής ροής» (Lerdahl & Jackendoff 1983 σελ. 17), και αυτά μπορεί να είναι ατάκες φθόγγων, sforzandi, διαφορές στις δυναμικές ή στη χροιά, μεγάλες σε διάρκεια νότες, μεγάλα διαστήματα στη μελωδία, αρμονικές αλλαγές κτλ.

Δομικός τονισμός - Δομικό τονισμό φέρουν τα σημεία μελωδικής ή αρμονικής κορύφωσης, και ιδιαίτερα οι πτώσεις.

Μετρικός τονισμός – Μετρικό τονισμό φέρουν οι μετρικοί χτύποι (βλ. παρακάτω) που είναι σχετικά ισχυροί στο γενικό μετρικό πλαίσιο.

Σύμφωνα με τους ίδιους, οι πληροφορίες που προσφέρουν τα δύο πρώτα είδη τονισμού (φαινομενικός και δομικός) χρησιμοποιούνται από τον ακροατή για να αντιληφθεί το μέτρο (βλ. παρακάτω). Ο μετρικός τονισμός με τη σειρά του είναι ένα νοητικό κατασκευάσμα, που προκύπτει από τη δομή των δύο άλλων, αλλά δεν συμπίπτει απαραίτητα (Lerdahl & Jackendoff 1983, Cooper & Meyer 1960). Ξεκαθαρίζουμε εδώ ότι ο φαινομενικός και ο δομικός τονισμός υπάρχουν στην μουσική επιφάνεια, ενώ ο μετρικός όχι. Ο μετρικός τονισμός έχει να κάνει μόνο με την μετρική δομή (βλ. παρακάτω) που είναι καθαρά προϊόν της αντίληψης.

Ο Snyder αναφέρει ότι «όταν ο φαινομενικός και ο δομικός τονισμός λαμβάνουν χώρα σε τακτά χρονικά διαστήματα (...) ο ακροατής συχνά αντιλαμβάνεται ένα «κανονικό επαναλαμβανόμενο σχήμα τονισμένων χτύπων που ονομάζεται μέτρο» (Snyder 2000 σελ. 170). Με άλλα λόγια οι περιοδικότητες που προσφέρουν οι τονισμοί που υπάρχουν στην μουσική επιφάνεια δημιουργούν την αντίληψη μιας σταθερής περιοδικής δομής, το μέτρο (Lerdahl & Jackendoff 1983, Rovel & Essens 1985). Το πόσο σταθερή θα είναι η μετρική δομή εξαρτάται από την περιοδικότητα των τονισμών. Μικρή περιοδικότητα στους τονισμούς σημαίνει ότι θα έχουμε μία χαλαρή και αβέβαιη μετρική δομή, ενώ ισχυρή περιοδικότητα σημαίνει ότι η μετρική δομή θα είναι σταθερή και πολυεπίπεδη (Lerdahl & Jackendoff 1983).



Ένα άλλο φαινόμενο που συναντάμε στη μουσική είναι η εναλλαγή ισχυρών και ασθενών χτύπων. Για να συμβεί αυτό «πρέπει να υπάρχει μετρική ιεραρχία, δύο ή περισσότερα επίπεδα χτύπων» (Lerdahl & Jackendoff 1983 σελ. 19). Ένας χτύπος που είναι ισχυρός σε ένα επίπεδο θα είναι παρών και στο επόμενο, ενώ στην αντίθετη περίπτωση θα απουσιάζει. Στη μετρική δομή που αναπαρίσταται στη εικόνα 1.7 ο πρώτος και ο τρίτος χτύπος του πρώτου επιπέδου είναι πιο

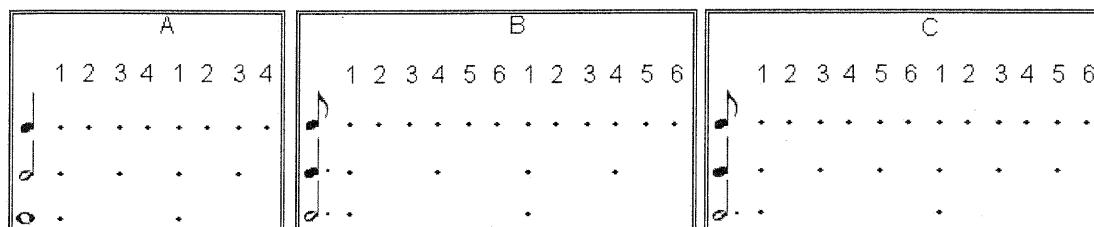
	1	2	3	4	1	2	3	4
επίπεδο 1	•	•	•	•	•	•	•	•
επίπεδο 2	•		•		•		•	
επίπεδο 3	•			•				•

ΕΙΚΟΝΑ 1.7

δυνατοί από τον δεύτερο και τον τέταρτο, συνεπώς υπάρχουν και στο επόμενο επίπεδο, ενώ οι άλλοι δύο, που είναι ασθενείς απουσιάζουν. Ομοίως στο επόμενο επίπεδο υπάρχει ο πρώτος χτύπος, αλλά όχι ο τρίτος που είναι πιο αδύναμος.

Παρατηρούμε ότι η απόσταση των χτύπων (χρονικές αποστάσεις) είναι σταθερή σε όλα τα επίπεδα. «Αυτή η κανονικότητα στην (...) παρέχει αυτό που θα μπορούσε να ονομαστεί “μετρικό πλέγμα” στο οποίο η περιοδικότητα των χτύπων ενισχύεται από επίπεδο σε επίπεδο» (Lerdahl & Jackendoff 1983 σελ. 20). Όπως αναφέρουν οι Keller & Purnham (2005) η μετρική δομή αποτελείται από διάφορα επίπεδα παλμών. Αυτό το πλέγμα στη μουσική πράξη έχει συχνά πέντε με έξι επίπεδα (Lerdahl & Jackendoff 1983). Το κάθε επίπεδο ονομάζεται ανάλογα με τις χρονικές διάρκειες που συναντάμε σε αυτό (επίπεδο τετάρτου, επίπεδο μισού). Το επίπεδο του μέτρου βρίσκεται περίπου στη μέση.

Ένας σημαντικός περιορισμός στο μετρικό πλέγμα στη δυτική μουσική είναι ότι σε κάθε επίπεδο η απόσταση των χτύπων (ή μονάδα του επιπέδου) είναι ίση με 2 ή 3 φορές την απόσταση των χτύπων στο αμέσως κατώτερο επίπεδο. Στο παράδειγμα A της εικόνας 1.8 που



ΕΙΚΟΝΑ 1.8

αναπαριστά δύο μέτρα 4/4, κάθε επίπεδο έχει μονάδα διπλάσια του προηγούμενου. Στο παραδείγματα B που αναπαριστά δύο μέτρα 6/8, το δεύτερο επίπεδο έχει μονάδα τριπλάσια του πρώτου και το τρίτο διπλάσια του δευτέρου, ενώ στο παράδειγμα C (δύο μέτρα 3/4) το δεύτερο έχει μονάδα διπλάσια και το τρίτο διπλάσια.

Στις παραπάνω μετρικές δομές απεικονίζονται μόνο τρία επίπεδα, ξεκινώντας από το επίπεδο του τετάρτου. Βέβαια υπάρχουν και μικρότερα αλλά και μεγαλύτερα επίπεδα, στα οποία η μορφή της μετρικής δομής παραμένει ίδια. Για παράδειγμα η μετρική δομή στην εικόνα 1.7 θα μπορούσε να αντιστοιχεί στα επίπεδα δεκάτων έκτων, ογδόων και τετάρτων, όπως επίσης θα μπορούσε να αντιστοιχεί στα επίπεδα διπλού ολόκληρου, ολόκληρου και μισού. Βλέπουμε ότι «τα στοιχεία που απαρτίζουν την μετρική δομή είναι ουσιαστικά ίδια, είτε μιλάμε για μικρό επίπεδο, είτε για ένα επίπεδο μεγαλύτερο του μέτρου» (Lerdahl & Jackendoff 1983 σελ. 20). Οι Lerdahl και Jackendoff ονομάζουν αυτό το φαινόμενο «αρχή της αναδρομικότητας» (principle of recursion).

Η μετρική δομή δεν συναντάται σε όλους τους μουσικούς πολιτισμούς. Υπάρχουν περιπτώσεις που απουσιάζει, όπως το Γρηγοριανό μέλος και το πρώτο μέρος (εισαγωγή) του Ινδικού Ράγκα.



### 1.1.3.1 ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ TACTUS

Τα επίπεδα από τα οποία απαρτίζεται το μετρικό πλέγμα δεν γίνονται όλα αντιληπτά στον ίδιο βαθμό. Ο ακροατής εστιάζει πάντα σε ένα από αυτά (ή και δύο μερικές φορές), το επίπεδο του *tactus*<sup>2</sup>, στο οποίο οι χτύποι διαδέχονται ο ένας τον άλλον με μία μέση ταχύτητα (Lerdahl & Jackendoff 1983). Είναι το επίπεδο στο οποίο ένας ακροατής χτυπάει το πόδι ή παλαμάκια. Όπως αναφέρει ο London, η μετρική δομή «είναι προτίστως θεμελιωμένη (...) στο *tactus*. Το *tactus* εγκαθιδρύει την συνέχεια της μουσικής κίνησης. Χωρίς αυτό δεν νοήτε καν το μέτρο» (London 2004 σελ. 17).

Σύμφωνα με τον Snyder (2000) οι τιμές που παίρνει το τάκτους βρίσκονται ανάμεσα στα 30 έως 300 συμβάντα ανά δευτερόλεπτα, ενώ οι συνηθέστερες τιμές είναι ανάμεσα στα 60 έως 120 συμβάντα ανά δευτερόλεπτο. Τις ίδιες τιμές δίνει και ο London (2004), με κάποια αβεβαιότητα για το άνω όριο. Τα 100 συμβάντα ανά δευτερόλεπτο είναι το «μέσο τέμπο», και γίνεται αντιληπτό από τους περισσότερους ανθρώπους ούτε ως γρήγορο, ούτε ως αργό (Snyder 2000). Αυτές οι τιμές είναι πολύ κοντά στο αυθόρμητο τέμπο. Αυθόρμητο τέμπο είναι το τέμπο που επιλέγουν τα υποκείμενα όταν τους ζητηθεί να χτυπήσουν (*tap*) έναν παλμό. Οι τιμές του αυθόρμητου τέμπο σύμφωνα με τον Handel, βρίσκονται ανάμεσα στα 43 με 300 συμβάντα ανά δευτερόλεπτο, και παρατηρείται μία κορύφωση στα 100 συμβάντα ανά δευτερόλεπτο (1989).

Όσο απομακρυνόμαστε από το επίπεδο του *tactus*, τόσο οι αναλογίες παύουν να έχουν την αυστηρή μορφή που περιγράφηκε παραπάνω. Σε ένα χαμηλό επίπεδο για παράδειγμα, ενδέχεται να συνυπάρχουν τρίηχα ογδόων και δέκατα έκτα, ενώ σε ένα ανώτερο επίπεδο η ομαδοποίηση μιας περιόδου 8 μέτρων θα μπορούσε να είναι 2+3+3 (μονάδα το μέτρο), οπότε οι χρονικές διάρκειες παύουν να είναι ίδιες μεταξύ τους (Lerdahl & Jackendoff 1983). Γενικότερα «η μετρική

<sup>2</sup> *Tactus* ονομαζόταν τον 15<sup>ο</sup> και 16<sup>ο</sup> αιώνα η μονάδα του χρόνου που μετρούνταν με την κίνηση του χεριού κατά τη μουσική εκτέλεση (Brown 1980).

δομή είναι ένα τοπικό φαινόμενο» (Lerdahl & Jackendoff 1983 σελ. 21).

Όπως είδαμε το μέτρο είναι μια περιοδική δομή που δημιουργείται στην αντίληψη μας βάσει των περιοδικοτήτων που προσφέρουν ο φαινομενικός και ο δομικός τονισμός. Ο χρόνος που απαιτείται για να συμβεί αυτό είναι πολύ μικρός, περίπου ένα με δύο δευτερόλεπτα (Parncutt 1994).

Εφόσον μια μετρική δομή έχει εδρεωθεί, επιρρεάζει τον τρόπο με τον οποίο την αντιλαμβανόμαστε τα μουσικά γεγονότα. Αλλιώς, ο London ορίζει τη μετρική δομή ως «ένα σταθερό και επαναλαμβανόμενο σχήμα ιεραρχικά δομημένων προσδοκιών στο χρόνο» (2002 σελ. 529). Για παράδειγμα ένα μουσικό γεγονός που βρίσκεται σε ισχυρό σημείο του μέτρου, θα προσλαμβάνεται ως τονισμένο, χωρίς να είναι απαραίτητο να φέρει φαινομενικό ή δομικό τονισμό (Snyder 2000). Όταν από την άλλη ένα μουσικό γεγονός έχει τονισμό αλλά βρίσκεται σε σημείο του μέτρου που δεν είναι ισχυρό (π.χ. σε άρση), τότε αντιλαμβανόμαστε μια συγκοπή ή έναν αντιχρονισμό (Lerdahl & Jackendoff 1983, Patel & Peretz 1997). Σε ακραίες περιπτώσεις βέβαια η μετρική δομή που αντιλαμβανόμαστε είναι δυνατό να καταλυθεί εντελώς και να αντιληφθούμε μια εντελώς νέα μετρική δομή (Lerdahl & Jackendoff 1983).

## 1.2 ΜΟΥΣΙΚΑ VS ΧΡΟΝΙΚΑ ΣΧΗΜΑΤΑ

Τα μοντέλα με τα οποία ασχολείται η παρούσα διπλωματική εργασία εφαρμόζονται σε απλές σειρές όμοιων μεταξύ τους χτύπων ελάχιστης διάρκειας, της τάξης των 50ms, τις οποίες οι Povel και Essens (1985) ονομάζουν χρονικά σχήματα. Στην πράξη οι χτύποι αντιμετωπίζονται σαν να μην έχουν διάρκεια. Αυτοί οι χτύποι δεν πρέπει να συγχέονται με τους χτύπους που διαμορφώνουν το μετρικό πλέγμα (μετρικοί χτυποι). Οι εν λόγω χτύποι είναι πραγματικά ηχητικά γεγονότα, ενώ οι χτύποι που του μετρικού πλέγματος είναι νοητά σημεία στο χρόνο. Υπάρχουν βέβαια και μοντέλα που εφαρμόζονται πάνω σε φθόγγους που έχουν συγκεκριμένο τονικό ύψος (μουσικά σχήματα), όπως το μοντέλο των Dixon και Καμπουρόπουλου (2000)<sup>3</sup>.

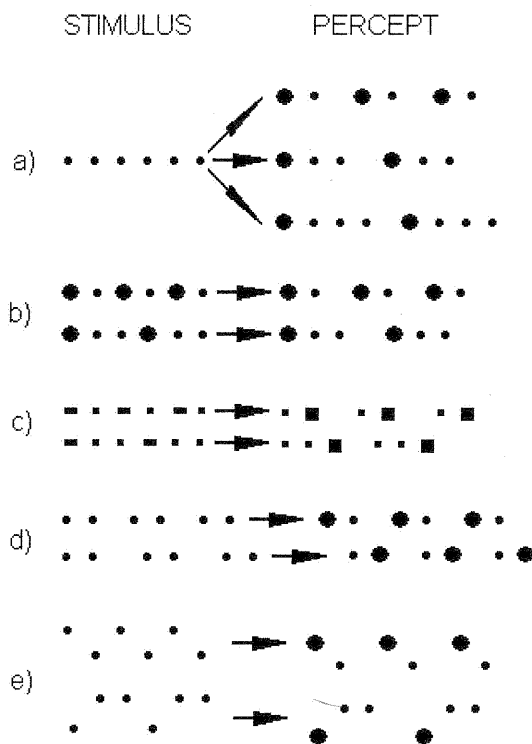
Η αντίληψη του ρυθμού όπως προαναφέρθηκε συνδέεται άμεσα με τις περιοδικότητες που προκύπτουν από τους τονισμούς της μουσικής επιφάνειας. Τι τονισμοί όμως μπορούν να προκύπτουν από ένα χρονικό σχήμα; Οι χτύποι των σειρών αυτών είναι όμοιοι μεταξύ τους, άρα δεν είναι δυνατόν να υπάρχουν τονισμοί που να προκύπτουν από διακυμάνσεις τις δυναμικής ή της χροιάς. Η μόνη παράμετρος που μπορεί να διαφοροποιηθεί είναι οι χρονικές αποστάσεις μεταξύ των χτύπων. Σημειώνουμε ότι λόγω της μικρής τους διάρκειας, οι χτύποι γίνονται αντιληπτοί ως σημεία στο χρόνο και συνεπώς δεν μπορούμε να μιλάμε για αξίες (τέταρτο, μισό κτλ.) αλλά μόνο για χρονικές αποστάσεις μεταξύ αυτών. Παρακάτω βλέπουμε τους τονισμούς που προκύπτουν από χρονικά αλλά και από μουσικά σχήματα.

- Σύμφωνα με τους Povel και Essens (1985) σε μία σειρά όμοιων χτύπων, κάποιοι χτύποι γίνονται αντιληπτοί ως τονισμένοι. Αυτοί είναι οι: α) σχετικά απομονωμένοι χτύποι, β) ο δεύτερος χτύπος μιας ομάδας δύο χτύπων και γ) ο πρώτος και ο τελευταίος ενός κλάστερ τριών ή περισσότερων χτύπων. Επίσης σύμφωνα με τους

<sup>3</sup> Το μοντέλο των Dixon και Καμπουρόπουλου εφαρμόζεται πάνω σε MIDI μουσικές επιφάνειες, με περισσότερες από μια φωνές, σε αντίθεση με τα χρονικά σχήματα στα οποία εφαρμόζονται τα μοντέλα που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία, τα οποία είναι μονόφωνα.

Higgins & Lee (1982) ένας χτύπος λαμβάνει μεγαλύτερο τονισμό, όσο μεγαλώνει η απόσταση του από τον επόμενο.

- Σύμφωνα με τον Handel (1989) ένα ακουστικό ερέθισμα που αποτελείται από όμοιους φθόγγους σε ίσες αποστάσεις, γίνεται αντιληπτό όπως φαίνεται στην εικόνα 1.9. Οι φθόγγοι σχηματίζουν ομάδες των δύο, των τριών ή των τεσσάρων φθόγγων. Ο πρώτος φθόγγος της κάθε ομάδας γίνεται αντιληπτός ως τονισμένος, ενώ οι αποστάσεις μεταξύ του τελευταίου φθόγγου της μιας ομάδας και του πρώτου της επόμενης γίνονται αντιληπτές ως μεγαλύτερες από τις υπόλοιπες αποστάσεις.



ΕΙΚΟΝΑ 1.9

- Όταν κάθε δεύτερος ή τρίτος φθόγγος είναι τονισμένος (b), οι φθόγγοι γίνονται αντιληπτοί ως ομάδες των δύο ή τριών, των οποίων ο πρώτος φθόγγος είναι ο τονισμένος και οι αποστάσεις μεταξύ των ομάδων γίνονται αντιληπτές ως μεγαλύτερες.

- Όταν κάθε δεύτερος ή τρίτος φθόγγος είναι μεγαλύτερος σε διάρκεια (c), οι ομάδες των δύο ή των τριών αντίστοιχα σχηματίζονται έτσι ώστε ο τελευταίος φθόγγος να είναι ο μεγαλύτερος, ο οποίος γίνεται αντιληπτός ως τονισμένος και οι αποστάσεις μεταξύ των ομάδων γίνονται αντιληπτές ως μεγαλύτερες.
  - Όταν κάθε δεύτερο διάστημα ανάμεσα στους φθόγγους είναι λίγο μεγαλύτερο από τις υπόλοιπες αποστάσεις, οι φθόγγοι γίνονται αντιληπτοί ομάδες των δύο, και ο πρώτος φθόγγος της κάθε ομάδας γίνεται αντιληπτός ως τονισμένος. Αν τα διαστήματα είναι ακόμα πιο μεγάλα, ο δεύτερος φθόγγος γίνεται αντιληπτός ως τονισμένος.
  - Αν οι φθόγγοι δεν έχουν το ίδιο τονικό ύψος (e), οι ομάδες σχηματίζονται έτσι ώστε ο πρώτος να είναι ο πιο υψηλός και γίνεται αντιληπτός ως τονισμένος. Αν ο φθόγγος χαμηλής συχνότητας είναι λιγότερο συχνός, τότε αυτός γίνεται αντιληπτός ως πρώτος της ομάδας και τονισμένος.
- Σύμφωνα με τον δεύτερο κανόνα μετρικής προτίμησης («Metrical Preference Rule») του Temperley (2001) οι ατάκες μεγάλων σε διάρκεια φθόγγων λαμβάνουν τονισμό.
  - Σύμφωνα με την Γενετική Θεωρία Τονικής Μουσικής των Lerdahl και Jackendoff (1983) τονισμένοι φθόγγοι θεωρούνται:
    - Οι μεγάλοι σε διάρκεια φθόγγοι,
    - Ο πρώτος φθόγγος μιας ομάδας που έχει διαφορετική δυναμική (ειδικά υψηλότερη) ή άρθρωση από την προηγούμενη (π.χ. staccato – legato, ή δέκατα έκτα – τρίηχα ογδών),
    - Οι αλλαγές στην αρμονία και ειδικά οι πτώσεις,
    - Οι φθόγγοι που προκαλούν διαφωνίες οι οποίες λύνονται (καθυστερήση).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν δύο υπολογιστικά μοντέλα αντίληψης του ρυθμού. Γενικά ένα υπολογιστικό μοντέλο αντίληψης του ρυθμού είναι μια θεωρητικό μοντέλο που μπορεί να εφαρμοστεί ως πρόγραμμα σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Όταν κατάλληλα δεδομένα εισέλθουν στο μοντέλο, τα οποία συνιστούν συνήθως μία κωδικοποιημένη μορφή ενός μέρους συνήθως μιας μουσικής επιφάνειας, τότε το μοντέλο βρίσκει κάποια από τα στοιχεία του ρυθμού που υποτίθεται ότι αντιλαμβάνεται ένας ακροατής.

Τα μοντέλα μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον τρόπο λειτουργίας τους, την φύση των εισερχομένων δεδομένων και τα αποτελέσματα που αυτά δίνουν. Για παράδειγμα το μοντέλο των Dixon και Καμπουρόπουλου (2000) εφαρμόζεται σε MIDI πολυφωνικές επιφάνειες και βρίσκει το tactus (beat tracking όπως αναφέρουν οι ίδιοι), ενώ το μοντέλο των Καμπουρόπουλου και Τσούγκρα (2004) εφαρμόζεται πάνω σε μονόφωνες μουσικές επιφάνειες και βρίσκει όρια της ομαδοποιητικής δομής. Τα μοντέλα που παρουσιάζονται σε αυτήν την εργασία εφαρμόζονται πάνω σε μονόφωνες σειρές χτύπων ομοίων μεταξύ τους και βρίσκουν το tactus.

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

- Η Christopher Longuet-Higgins και Christopher S Lee (LHL εν συντομία στο εξής) και
- Dirk-Jan Povel και Peter Essens (PE εν συντομία στο εξής)

Τα δύο μοντέλα θέτουν αρχικά κάποιες βασικές υποθέσεις, διαφορετικές για το κάθε μοντέλο, και λειτουργούν με διαφορετικό τρόπο. Το μοντέλο των Η Christopher Longuet-Higgins και Christopher S Lee βασίζεται σε μία σειρά εντολών που μετακινούν τους μετρικούς χτύπους ανάλογα με το ποιοι χτύποι του χρονικού σχήματος τους έλκουν, βάσει των αποστάσεων μεταξύ των χτύπων, ενώ το μοντέλο των Dirk-Jan Povel και Peter Essens υποθέτει αρχικά ότι η αντίληψη του ρυθμού γίνεται βάσει εσωτερικών ρολογιών και αυτό που κάνει το μοντέλο είναι να βρίσκει το ρολόι που ενεργοποιείται κατά την ακρόαση του εκάστοτε σχήματος.

Τα μοντέλα παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές και σε άλλα σημεία. Το μοντέλο LHL είναι ένα μοντέλο που λειτουργεί online, δηλαδή σε πραγματικό χρόνο και δουλεύει σε περισσότερα από ένα μετρικά επίπεδα, δίνοντας αποτελέσματα κάποιες φορές για δύο ή και τρία επίπεδα, και κάποιες άλλες μόνο ένα από αυτά. Το μοντέλο PE από την άλλη λειτουργεί offline, δηλαδή σε μη πραγματικό χρόνο, κάποιες φορές δίνει διφορούμενες απαντήσεις, και βρίσκει τον παλμό σε ένα και μόνο επίπεδο, στο επίπεδο του τάκτους. Τέλος το τελευταίο λειτουργεί μόνο σε επαναλαμβανόμενα σχήματα, ενώ το μοντέλο LHL λειτουργεί και σε μη επαναλαμβανόμενα.

## 2.1 MONTELO H Christopher Longuet-Higgins και Christopher S Lee

Το μοντέλο των H Christopher Longuet-Higgins και Christopher S Lee, είναι ένα μοντέλο που εφαρμόζεται σε χρονικά σχήματα και με μία σειρά εντολών που βασίζονται σε κάποιες υποθέσεις των δημιουργών του μοντέλου, βρίσκει:

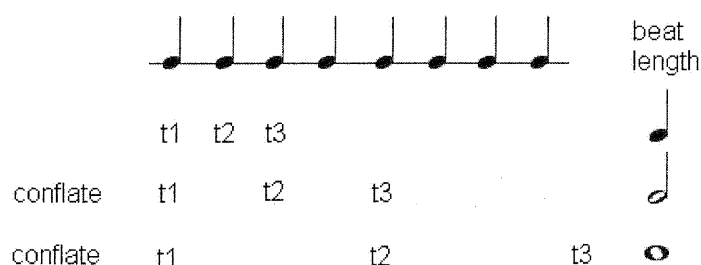
- i) Την πρώτη θέση του μέτρου (το «ένα»)
- ii) Τον παλμό σε ένα ή περισσότερα μετρικά επίπεδα

Ένα πλεονέκτημα του μοντέλου αποτελεί το γεγονός ότι λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο, πράγμα που είναι χαρακτηριστικό της ανθρώπινης αντίληψης. Όσον αφορά την εισαγωγή των δεδομένων, αυτά μπαίνουν στο μοντέλο προερχόμενα από μουσική σημειογραφία και δεν χρησιμοποιούνται παύσεις. Οι χτύποι βέβαια αντιμετωπίζονται ως σημειακοί χτύποι και όχι ως φθόγγοι με συγκεκριμένη διάρκεια. Η μουσική σημειογραφία χρησιμοποιείται καθαρά για λόγους ευκολίας.



### 2.1.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Η πρώτη υπόθεση που κάνουν οι δημιουργοί του μοντέλου είναι ότι όταν ένας ακροατής ακούει δυο ηχητικά συμβάντα σε χρόνους  $t_1$  και  $t_2$  αντίστοιχα, τότε περιμένει να ακούσει το επόμενο συμβάν σε χρονική απόσταση ίση με  $t_2 - t_1$  (μονάδα του τρέχοντος επιπέδου) μετά το δεύτερο, έστω χρονική στιγμή  $t_3$ . Το μοντέλο υιοθετεί αυτήν την απόσταση ως μονάδα του τρέχοντος μετρικού επιπέδου. Αν η υπόθεση επιβεβαιωθεί, δηλαδή όντως το επόμενο συμβάν αντιστοιχεί στο χρόνο  $t_3$ , προχωρά στο αμέσως επόμενο μετρικό επίπεδο, που έχει διπλάσια



ΕΙΚΟΝΑ 2.1

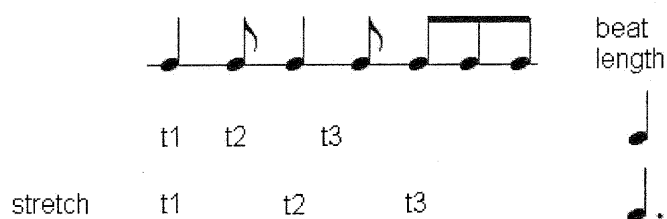
μονάδα. Όπως βλέπουμε στην εικόνα 2.1 στα δύο πρώτα ηχητικά συμβάντα εισάγονται οι χρόνοι  $t_1$  και  $t_2$  και στην προβλεπόμενη απόσταση ο  $t_3$ . Όπως βλέπουμε στον  $t_3$  αντιστοιχεί το τρίτο συμβάν, άρα η υπόθεση επιβεβαιώνεται και προχωράμε στο επόμενο μετρικό επίπεδο μέσω της εντολής *conflate*.

**CONFLATE** - Η εντολή εφαρμόζεται όταν σε ένα επίπεδο συμπίπτουν χτύπος και  $t_3$ . Σε αυτήν την περίπτωση μετακινούμε τον  $t_2$  στη θέση του  $t_3$ , αφήνοντας τον  $t_1$  ως έχει. Με αυτόν τον τρόπο μετακινούμαστε στο επόμενο μετρικό επίπεδο, το οποίο έχει διπλάσια μονάδα.

Η επόμενη υπόθεση είναι ότι οι μεγάλοι σε διάρκεια φθόγγοι είναι πιο σημαντικοί σε μία μουσική επιφάνεια και συνεπώς έλκουν τους μετρικούς χτύπους. Τότε εφαρμόζεται η εντολή stretch η οποία μετακινεί τον  $t_2$  στη θέση αυτού του φθόγγου.

STRETCH - Όταν μετά τον  $t_2$  και πριν τον  $t_3$  υπάρχει φθόγγος μεγαλύτερος σε αξία από αυτό που βρίσκεται στον  $t_2$ , εφαρμόζεται η εντολή stretch, η οποία μετακινεί τον  $t_2$  στη θέση του φθόγγου αυτού, αφήνοντας τον  $t_1$  ως έχει.

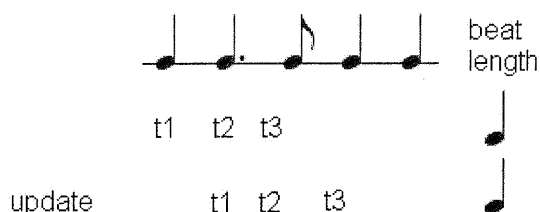
Στην εικόνα 2.2 βλέπουμε την εφαρμογή αυτής της εντολής. Το τρίτο συμβάν της μουσικής επιφάνειας διαρκεί λιγότερο από το δεύτερο (όγδοο vs τέταρτο). Έτσι έλκει τον δεύτερο χτύπο  $t_2$ . Η εντολή stretch μετακινεί τον  $t_2$  αφήνοντας τον  $t_1$  ως έχει. Με αυτόν τρόπο αλλάζει η μονάδα του μετρικού επιπέδου ( $t_2 - t_1$ ), χωρίς όμως να προχωράμε επίπεδο, όπως με την εντολή conflate.



EIKONA 2.2

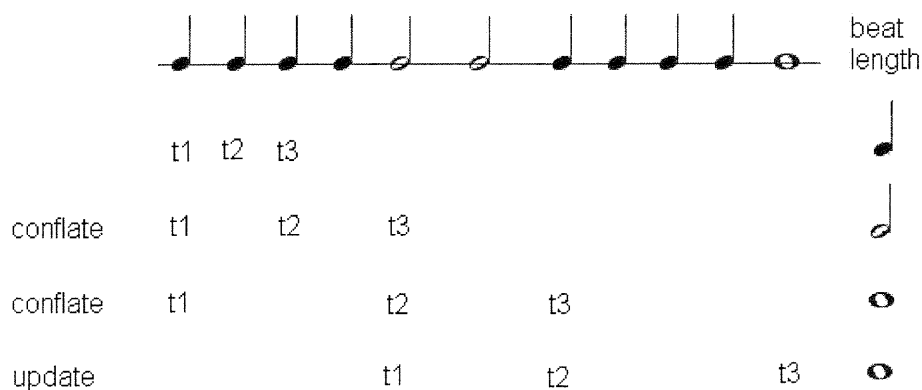
Στην περίπτωση που ένα συμβάν κοντά στην αρχή της ακολουθίας είναι μεγαλύτερο σε διάρκεια από οποιοδήποτε έχει προηγηθεί, οι δημιουργοί του μοντέλου υποθέτουν ότι ο ακροατής το αντιλαμβάνεται ως ισχυρό, ενώ οι προηγούμενοι φθόγγοι γίνονται αντιληπτοί ως ανάκρουση (λεβάρε). Στο μοντέλο, αυτή η λειτουργία γίνεται με την εντολή update (βλ. εικόνα 2.3).

UPDATE - Όταν μετά τον φθόγγο της χρονικής στιγμής  $t_1$  υπάρχει φθόγγος μεγαλύτερος σε αξία από αυτόν, ο  $t_1$  μετακινείται στη θέση αυτού του φθόγγου, ενώ οι  $t_2$  και  $t_3$  μετακινούνται σε αντίστοιχες θέσεις, χωρίς να αλλάξει η μονάδα του επιπέδου.



ΕΙΚΟΝΑ 2.3

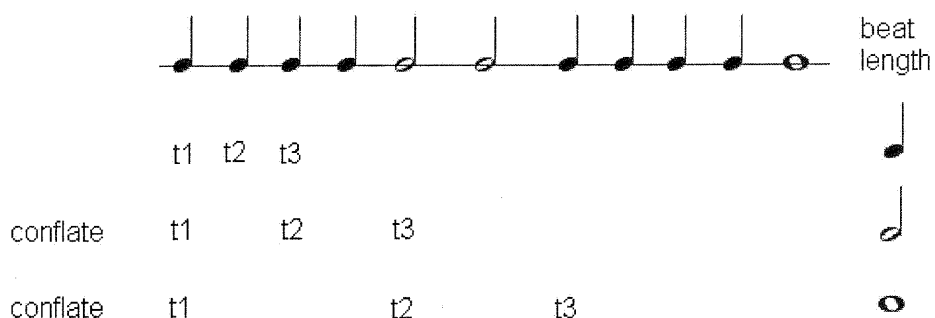
Αυτή η εντολή όμως σε κάποιες περιπτώσεις δημιουργεί προβλήματα. Μια τέτοια περίπτωση βλέπουμε στην εικόνα 2.4. Εδώ το πέμπτο συμβάν της μουσικής επιφάνειας (μισό) είναι μεγαλύτερο σε



ΕΙΚΟΝΑ 2.4

διάρκεια από το συμβάν που αντιστοιχεί στον  $t_1$  (τέταρτο). Έτσι ενεργοποιείται η εντολή update. Είναι όμως φανερό ότι τα τέσσερα πρώτα τέταρτα δεν αντιστοιχούν σε λεβάρε. Για αυτό το λόγο η εντολή update αναθεωρήθηκε και πλέον εφαρμόζεται μόνο όταν το συμβάν που αντιστοιχεί στον  $t_2$  είναι ίσο ή μεγαλύτερο από την μονάδα του τρέχοντος επιπέδου.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η εντολή πλέον δεν εφαρμόζεται και το μοντέλο λειτουργεί όπως φαίνεται στην εικόνα 2.5. Εδώ το



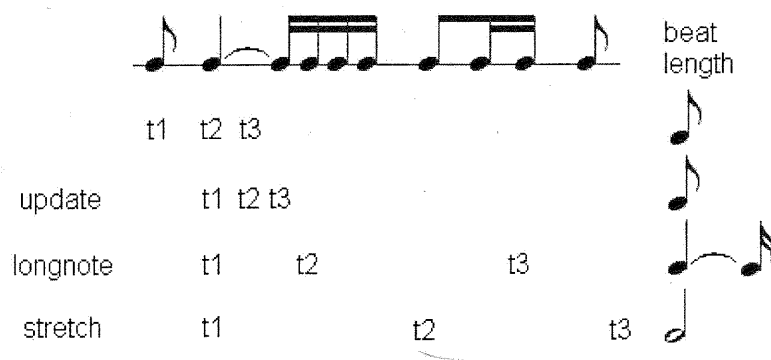
EIKONA 2.5

πέμπτο συμβάν (μισό) είναι μεγαλύτερο από το πρώτο (τέταρτο), αλλά επίσης είναι μικρότερο από την μονάδα του επιπέδου στο οποίο αυτό αντιστοιχεί (ολόκληρο).

Στο παράδειγμα της εικόνας 2.6 έχουμε και πάλι λεβάρε αλλά αυτή τη φορά ο φθόγγος στον οποίον αντιστοιχεί ο χρόνος  $t_1$ , μετά την εφαρμογή της εντολής update (τέταρτο δεμένο με δέκατο έκτο), είναι μεγαλύτερο όχι μόνο από τη μονάδα του τρέχοντος επιπέδου (όγδοο), αλλά και από το διπλάσιό της, και έτσι η διάρκειά του εκτείνεται πέρα από το χρόνο  $t_3$ . Σε αυτή την περίπτωση μπαίνει σε εφαρμογή μια νέα εντολή, η εντολή longnote.

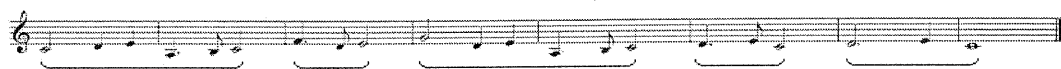
LONGNOTE - Η εντολή longnote εφαρμόζεται όταν ο φθόγγος  $t_1$  διαρκεί τόσο ώστε να εκτείνεται πέρα από τον χρόνο  $t_3$ . Τότε ο  $t_2$  μετακινείται στον αμέσως επόμενο φθόγγο, ενώ ο  $t_1$  παραμένει ως έχει.

Στην περίπτωσή μας ο  $t_2$  μετακινείται στο πρώτο δέκατο έκτο. Έτσι ορίζεται εκ νέου η μονάδα του επιπέδου, χωρίς να αλλάζουμε επίπεδο, και αναλόγως μετακινείται και ο  $t_3$ .



EIKONA 2.6





Ανάλογα προβλήματα με την εντολή update, παρουσίασαν και οι εντολές conflate και stretch. Όπως βλέπουμε στην εικόνα 2.7 (θέμα της πρώτης συμφωνίας του Schubert σε Ντο μείζονα), η ομαδοποίηση είναι 2+1+2+1+2 μέτρα, μια ομαδοποίηση την οποία το μοντέλο δεν



ΕΙΚΟΝΑ 2.7

μπορεί να αναγνωρίσει, όπως και κάθε άλλη περίπτωση με ασύμμετρη ομαδοποίηση (ο παλμός στο επίπεδο του ολοκλήρου δεν είναι ισόχρονος). Αυτό όμως είναι κάτι που συμβαίνει πολύ συχνά σε επίπεδα πέρα του μέτρου, πράγμα που σημαίνει ότι εκεί το μοντέλο πιθανότατα να λειτουργεί προβληματικά. Για αυτό το λόγο το πεδίο εφαρμογής της εντολής conflate περιορίστηκε στη διάρκεια των δύο μετρίων δευτερολέπτων αν και οι δημιουργοί του μοντέλου δεν δίνουν ένα ξεκάθαρο όριο.

Στην εικόνα 2.8 βλέπουμε μία περίπτωση όπου προφανώς η εντολή stretch δεν θα έπρεπε να εφαρμοστεί. Εδώ το παρεστιγμένο

		beat length
	t1      t2      t3	
conflate	t1                      t2                      t3	
stretch	t1                                      t2                                      t3	

ΕΙΚΟΝΑ 2.8

τέταρτο ενεργοποιεί την εντολή έλκοντας τον χρόνο  $t_2$ . Φαίνεται καθαρά όμως ότι έχουμε να κάνουμε με τετραμερή ρυθμό (12/8). Οι χτύποι που προκύπτουν μέχρι και την εφαρμογή της εντολής conflate είναι οι σωστοί ενώ η εντολή stretch οδηγεί σε λάθος αποτελέσματα. Ωστόσο κατά την ακρόαση σε πραγματικό χρόνο, όντως το παρεστιγμένο τέταρτο έλκει χτύπο, πράγμα που βέβαια αναιρείται στη συνέχεια, όταν αντιλαμβανόμαστε την επανάληψη του ρυθμικού σχήματος τέταρτο-όγδοο-τέταρτο-όγδοο. Και πάλι οι δημιουργοί του μοντέλου δεν έχουν να προτείνουν μία λύση, απλώς επισημαίνουν ότι

οι επαναλήψεις παίζουν και αυτές κάποιο ρόλο στην αντίληψη για το ρυθμό.

Το μοντέλο εφαρμόστηκε σε μία σειρά από μουσικά παραδείγματα δίνοντας αποτελέσματα που συμφωνούν με την εμπειρία. Ωστόσο, όπως επισημαίνουν και οι ερευνητές που ανέπτυξαν το μοντέλο, υπάρχουν και περιπτώσεις που κάνει λάθος, όπως στην περίπτωση του παραλληλισμού, τον οποίον το μοντέλο δεν αναγνωρίζει. Επίσης το μοντέλο δεν αναγνωρίζει αλλαγή μέτρου κατά την πορεία της μουσικής.

## 2.2 MONTELO DIRK-JAN POVEL & PETER ESSENS

Το μοντέλο που προτείνουν οι Dirk-Jan Povel και Peter Essens εφαρμόζεται και αυτό σε χρονικά σχήματα, με τη διαφορά ότι εδώ τα σχήματα θεωρείται ότι επαναλαμβάνονται. Ένα τέτοιο σχήμα θα μπορούσε για παράδειγμα να διαρκεί ένα μέτρο ή και περισσότερα και στη συνέχεια να επαναλαμβάνεται συνεχόμενα. Στο μοντέλο αυτό οι εισερχόμενες πληροφορίες έχουν την μορφή ακέραιων αριθμών και περιγράφουν την απόσταση μεταξύ των χτύπων θέτοντας ως μονάδα μια χρονική περίοδο που προκύπτει από το εκάστοτε σχήμα. Στην συνέχεια το μοντέλο επεξεργάζεται τις πληροφορίες και βρίσκει το τάκτους με τη μορφή ενός είδους ρολογιού που ταιριάζει καλύτερα σε αυτό, ενώ κάποιες φορές δίνει παραπάνω από ένα εξίσου πιθανά ρολόγια. Χαρακτηριστικό είναι ότι οι επεξεργασία δεν γίνεται σε πραγματικό χρόνο (on line), αλλά συμβαίνει αφού εισέλθουν όλες οι πληροφορίες στο μοντέλο.

Η αρχική υπόθεση των δημιουργών του μοντέλου είναι ότι κατά την ακρόαση ρυθμικών σχημάτων, ο ακροατής αναπτύσσει μια σειρά από νοητικά ρολόγια (ή καλύτερα μετρικές μηχανές) που αναλαμβάνουν να κωδικοποιήσουν την εισερχόμενη πληροφορία. Στην συνέχεια ο ακροατής επιλέγει το πιο κατάλληλο το ρολόι, ενώ τα υπόλοιπα απορρίπτονται.



Οι δημιουργοί προτείνουν τρεις διαφορετικούς τύπους ρολογιών, θέτοντας ότι ένας από αυτούς είναι και ο τύπος που χρησιμοποιεί ο ακροατής. Οι τύποι αυτοί είναι:

A) *Το απόλυτο ρολόι.* Αυτό το ρολόι μετρά απόλυτους χρόνους (π.χ. 200, 400, 800ms) και τους αποθηκεύει στην μνήμη. Ένα τέτοιο ρολόι όμως αποτυγχάνει να εξηγήσει γιατί αναγνωρίζουμε ως ταυτόσημα δυο ρυθμικά σχήματα με ίδιες αξίες αλλά με διαφορετικές χρονικές αποστάσεις μεταξύ των φθόγγων (εκτελεσμένα σε διαφορετικά τέμπο).

B) *Ρολόι με μονάδα που προκύπτει από το ρυθμικό σχήμα.* Εδώ μονάδα ορίζεται η μικρότερη απόσταση φθόγγων του ρυθμικού σχήματος, ενώ οι άλλες αποστάσεις αναπαριστούνται ως ακέραια πολλαπλάσια αυτής της μονάδας. Αυτό το ρολόι προβλέπει ότι temporal patterns που έχουν τον ίδιο αριθμό διαστημάτων, ας πούμε 200, 200, 400 και 200, 400, 400, έχουν τον ίδιο βαθμό δυσκολίας ως προς την κωδικοποίηση. Η πειραματική έρευνα όμως έδειξε ότι το δεύτερο σχήμα κωδικοποιείται πιο δύσκολα από το πρώτο.

Γ) *Ιεραρχικό ρολόι.* Αυτό το ρολόι μετρά το χρόνο σε διαφορετικό επίπεδα. Η ιδέα του ιεραρχικού ρολογιού προέρχεται από την ιεραρχική οργάνωση του ρυθμού στη μουσική. Οι χτύποι δεν είναι οι μικρότεροι δυνατοί, αλλά μέσης διάρκειας (tactus). Βέβαια υπάρχουν και ανώτερα αλλά και κατώτερα επίπεδα. Ένα τέτοιο ρολόι θυμίζει και την οργάνωση του χρόνου στην καθημερινή μας ζωή (λεπτά, ώρες, μέρες κτλ.). Η μεγάλη διαφορά με τα προηγούμενα είναι ότι «η μονάδα του χρόνου καθώς και οι υποδιαιρέσεις αυτής δεν είναι πάντα σταθερές, αλλά μπορεί να αλλάξουν λαμβάνοντας υπ'όψιν την πορεία του χρονικού σχήματος» (Povel & Essens 1985 σελ. 414).

Όπως αναφέρουν οι ερευνητές που ανέπτυξαν το μοντέλο, αφού τα δύο πρώτα ρολόγια είναι ακατάλληλα, υποθέτουμε ότι το ρολόι που αναπτύσσουν οι ακροατές είναι του τρίτου τύπου (ιεραρχικό ρολόι) (Povel & Essens 1985 σελ. 414).

## 2.2.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Οι πληροφορίες που εισάγονται στο μοντέλο αναπαριστούν τις αποστάσεις μεταξύ των χτύπων, παίρνοντας ως μονάδα μια χρονική απόσταση που επιτρέπει οι αποστάσεις αυτές να εκφράζονται σε ακέραιους αριθμούς. Για παράδειγμα στο σχήμα



μονάδα θα είναι το όγδοο. Η κωδικοποίηση του συγκεκριμένου σχήματος είναι 1 2 2 1 1 2 3. Αφού εισάγουμε αυτήν την πληροφορία, το μοντέλο την κωδικοποιεί σε μία νέα μορφή, μια σειρά από 0 και 1. Με 1 απεικονίζεται ο χτύπος, ενώ με 0 η παύση. Στη συνέχεια το μοντέλο προσθέτει τους τονισμούς. Τονισμένοι χτύποι θεωρούνται:


- i) σχετικά απομονωμένοι χτύποι,
- ii) ο δεύτερος χτύπος μιας ομάδας δύο χτύπων και
- iii) ο πρώτος και ο τελευταίος μιας ομάδας τριών ή περισσότερων χτύπων.

Οι τονισμένοι χτύποι σημειώνονται με 2, ενώ οι μη τονισμένοι με 1.

ΣΧΗΜΑ 1<sup>4</sup>

	1	2	2	1	1	2		
input sequence	3							
transform into time scale notation	1	1	0	1	0	1	1	1
add accents	1	2	0	2	0	2	1	2
	0	0	0	0	0	0	0	0
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	div	strength	
generate all clocks	1	1	5	2	5	1	22	
(unit < 1/2 period)	2	1	0	2	4	1	18	
APPLY WEIGHTS and	2	2	5	0	1	1	4	
DETERMINE DIVISOR	3	1	2	2	0	1	2	
	3	2	2	0	2	1	8	
	3	3	1	0	3	1	12	
	4	1	0	1	2	1	9	
	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	
	4	3	0	1	2	1	9	
	4	4	2	0	1	1	4	
	5	1	1	1	1	0	5	
	5	2	1	1	1	0	5	
	5	3	1	1	1	0	5	
	5	4	2	0	1	0	4	
	5	5	1	0	2	0	8	
<b><u>Select best clock</u></b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	

Το μοντέλο εμφανίζει όλα τα πιθανά ρολόγια με περίοδο μικρότερη του μισού της διάρκειας της ακολουθίας (θεωρείται ότι ο ακροατής δεν παράγει ρολόγια με μεγαλύτερη περίοδο). Η πρώτη στήλη (unit) δείχνει την περίοδο του κάθε ρολογιού και η δεύτερη (location) τη θέση του πρώτου χτυπήματος του (τικ του ρολογιού). Οι επόμενες τρεις στήλες δείχνουν σε ποιο είδος τονισμού αντιστοιχούν τα τικ του κάθε ρολογιού. Στη στήλη +ev φαίνεται ο αριθμός των χτύπων που αντιστοιχεί σε τονισμένο κλικ (2), στη στήλη 0ev ο αριθμός των

<sup>4</sup> Εφαρμογή του μοντέλου στο σχήμα 

χτύπων που αντιστοιχεί σε άτονο κλικ (1) και στη στήλη -en ο αριθμός των χτύπων που αντιστοιχεί σε παύση (0). Η στήλη div (divisor) δείχνει αν η περίοδος του ρολογιού είναι διαιρέτης της διάρκειας της ακολουθίας (απεικονίζεται με 1), ή όχι (με 0). Στην τελευταία στήλη (strength) φαίνεται η βαθμολογία του κάθε ρολογιού που προκύπτει από τον τύπο  $C = (W * -en) + (1 * 0en)$ . W είναι μία σταθερά που έχει να κάνει με τη σχετική αρνητική επίδραση των -en και 0en. Στο παράδειγμα του πίνακα 1, W ισούται με 4. Η βαθμολογία είναι αρνητική και ουσιαστικά δείχνει το κατά πόσο οι χτύποι του κάθε ρολογιού πέφτουν πάνω σε παύσεις ή σε μη τονισμένους χτύπους. Το ρολόι που έχει την μικρότερη βαθμολογία είναι και αυτό που επιλέγεται ως καταλληλότερο, (best clock) δηλαδή αυτό που προβλέπει το μοντέλο ότι αντιλαμβάνεται ο ακροατής. Από τις βαθμολογίες φαίνεται και πόσο «σταθερή» ρυθμικά είναι μία ακολουθία, δηλαδή τον βαθμό στον οποίον προκαλεί την δημιουργία μιας μετρικής δομής. Όσο πιο μικρή βαθμολογία έχει το ρολόι που επιλέχτηκε (best clock), τόσο πιο «σταθερή» είναι και αντίστροφα. Επίσης όταν πολλά ρολόγια έχουν ίδια ή παραπλήσια βαθμολογία με το best clock, τότε συμπεραίνεται ότι υπάρχει αμφισημία (σύγχυση) στην αντίληψη του ρυθμού από τον ακροατή.

Οι ερευνητές που ανέπτυξαν το μοντέλο πραγματοποίησαν ένα πείραμα κατά το οποίο μελετήθηκε ο τρόπος με τον οποίον ακροατές αντιλαμβάνονταν μια σειρά από χρονικά σχήματα. Στη συνέχεια το μοντέλο εφαρμόστηκε σε αυτά τα σχήματα, δίνοντας αποτελέσματα που συμφωνούσαν κατά έναν μεγάλο βαθμό με αυτά που έδωσε το πείραμα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το τρίτο κεφάλαιο της παρούσης διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνει την εφαρμογή των μοντέλων σε ρυθμικά σχήματα, καθώς και μια προκαταρκτική πειραματική διερεύνηση. Κατά την πειραματική διερεύνηση εξετάζεται πώς στην πράξη αντιλαμβάνονται οι ακροατές τα συγκεκριμένα σχήματα. Στην συνέχεια τα αποτελέσματα της πειραματικής διερεύνησης συγκρίνονται με αυτά που έδωσαν τα μοντέλα με σκοπό την αξιολόγηση των τελευταίων.


















Τα ρυθμικά σχήματα, 17 στο σύνολο, επιλέχθηκαν με κριτήριο την περίοδο τους και το βαθμό δυσκολίας της αντίληψης της μετρικής δομής από έναν ακροατή. Όσον αφορά την περίοδο, τα σχήματα χωρίζονται σε 5 ομάδες:

- α) η πρώτη περιέχει 6 σχήματα με περίοδο 8,
- β) η δεύτερη 3 σχήματα με περίοδο 6,
- γ) η τρίτη 3 σχήματα με περίοδο 16,
- δ) η τέταρτη 3 σχήματα με περίοδο 12 και
- ε) η πέμπτη 2 σχήματα με περίοδο 10.

Κατά τις προσδοκίες του πειραματιστή τα σχήματα με περίοδο 8 και 16 αναμένεται να γίνουν αντιληπτά σε μέτρο  $4/4$ , τα σχήματα με περίοδο 6 σε μέτρο  $3/4$  ή  $6/8$ , τα σχήματα με περίοδο 12 σε μέτρο  $12/8$  ή  $3/4$ , και τα μέτρα με περίοδο 10 σε μέτρο  $5/8$ . Όσον αφορά το δεύτερο κριτήριο, επιλέχθηκαν από εύκολα σχήματα (που προκαλούν την δημιουργία σταθερής μετρικής δομής) μέχρι πιο δύσκολα (που προκαλούν την δημιουργία μιας μετρικής δομής μεν, αλλά σε μικρότερο βαθμό και λιγότερο σταθερής), πάντα κατά την κρίση του συντάκτη. Τα δύσκολα περιέχουν συγκοπές που διαταράσσουν την ομαλή ροή του ρυθμού, ενώ τα εύκολα όχι. Σημειώνουμε ότι δεν έγινε κάποιος διαχωρισμός σε ομάδες όσον αφορά τον βαθμό δυσκολίας τους, ωστόσο η επιλογή των σχημάτων έγινε έτσι ώστε κάθε ομάδα να

περιέχει και εύκολα και δύσκολα. Στον πίνακα 1 βλέπουμε τα σχήματα που επιλέχθηκαν.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΠΕΡΙΟΔΟΣ 8	
	
	
	
	
	
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 6	
	
	
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 16	
	
	
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 12	
	
	
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 10	
	

### 3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Κατά την εφαρμογή προέκυψαν ορισμένα ζητήματα όσον αφορά την ρύθμιση κάποιων παραμέτρων των μοντέλων τα οποία ξεκαθαρίζονται παρακάτω.

Στο μοντέλο PE παραλήφθηκαν τα ρολόγια με μονάδα (unit) 1, καθώς και τα ρολόγια που η μονάδα τους δεν ήταν διαιρέτης της περιόδου του εκάστοτε σχήματος. Επίσης στα σχήματα με περίοδο 6 χρησιμοποιήθηκαν κατ' εξαίρεσιν ρολόγια με μονάδα ίση με το μισό της περιόδου (unit 3) που αντιπροσωπεύουν τον μέτρο των 6/8. Στα σχήματα με περίοδο 10 χρησιμοποιήθηκαν εκτός των άλλων ασύμμετρα ρολόγια με μονάδα 3+2. Σε αυτά τα ρολόγια οι χτύποι δεν έχουν ίσες χρονικές αποστάσεις μεταξύ τους, αλλά οι χτύποι απέχουν 3 και 2 μονάδες εναλλάξ. Η σταθερά W ορίστηκε ίση με 4.

Στο μοντέλο των LHL οι εντολές conflate και stretch ρυθμίστηκαν να εφαρμόζονται έτσι ώστε το τελευταίο επίπεδο που εμφανίζεται κατά την εφαρμογή, που είναι και το ανώτερο, να μην έχει μονάδα μεγαλύτερη του ολοκλήρου. Έτσι η μεγαλύτερη μονάδα που μπορεί να έχει ένα επίπεδο, δηλαδή το ολόκληρο, αντιστοιχεί σε 2,6sec στο τέμπο  $\downarrow=90$ , και σε 2sec στο τέμπο  $\downarrow=120$ , που είναι μέσα στο όριο που προτείνουν οι ερευνητές.

### 3.1.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα δίνονται και για το δύο μοντέλα στην κωδικοποιημένη μορφή που χρησιμοποιείται στο μοντέλο PE, δηλαδή δίνονται η μονάδα του μετρικού επιπέδου και το location. Αυτή η μορφή προτιμήθηκε επειδή είναι σαφής, σύντομη και εκφράζεται με αριθμούς.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΡΥΘΜΙΚΟ	HIGGINS		POVEL					
	Unit	Location	Unit	Location	Unit	Location	Unit	Location
8-1	6	1	2	1				
8-2	6	2	2	1				
8-3	5	1	2	2				
8-4	5	1	2	1				
8-5	8	1	2	1				
8-6	8	1	2	1				
6-1	6	1	3	1				
6-2	6	2	3	2				
6-3	6	3	2	1				
16-1	16	3	4	1				
16-2	16	1	4	1				
16-3	9	4	4	4				
12-1	6	1	3	1	4	1		
12-2	5	1	3	2	4	1	4	2
12-3	6	1	3	1				
10-1	5	1	2+3	1				
10-2	6	3	2+3	1				

Διευκρίνιση: Στο τρίτο και στο τέταρτο πλαίσιο δίνονται οι εναλλακτικοί παλμοί που ισοβάθμισαν στο μοντέλο PE.



Σε αυτή τη φάση δεν θα προβούμε σε πλήρη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μοντέλων αλλά θα αρκεστούμε σε έναν σύντομο σχολιασμό.

Το πρώτο αφορά τα μετρικά επίπεδα που αναφέρονται το δύο μοντέλα. Τα αποτελέσματα που δίνει το μοντέλο LHL αναφέρονται σε υψηλότερο μετρικό επίπεδο από αυτά του μοντέλου PE. Για παράδειγμα στο σχήματα 8-5 το μοντέλο LHL δίνει unit 8, που συμπίπτει με την περίοδο του. Το μοντέλο PE για το ίδιο σχήμα μας δίνει unit 2, δηλαδή παλμό σε τέταρτα.

Μια άλλη παρατήρηση είναι ότι το μοντέλο LHL δίνει unit ίσο με την περίοδο σε 8 από τα συνολικά 17 σχήμα, που σημαίνει ότι το μοντέλο μάλλον εργάστηκε σωστά. Τέλος το μοντέλο PE σε δύο σχήματα (12-1 και 12-2) βρίσκει παραπάνω από ένα πιθανό παλμό.

Περισσότερη ανάλυση των αποτελεσμάτων ακολουθεί στην συνέχεια, μετά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προκαταρκτικής πειραματικής διερεύνησης (βλ. 3.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ).

### 3.2 ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Επιλέχθηκαν 10 μουσικοί ως υποκείμενα και τους ζητήθηκε να χτυπήσουν έναν παλμό με τα χέρια ακούγοντας κάποια χρονικά σχήματα. Σκοπός ήταν να βρούμε το *tactus* που αντιλαμβάνονται.

#### Υποκείμενα

Τα υποκείμενα ήταν 10 μουσικοί τυχαία επιλεγμένοι. Ο λόγος που επιλέχθηκαν μουσικοί ήταν ότι πρώτον μπορούσαν πιο εύκολα να καταλάβουν το ζητούμενο σε σχέση με μη μουσικούς και δεύτερον οι μουσικοί μπορούν να αποδώσουν πιο ξεκάθαρα το *tactus* που αντιλαμβάνονται λόγω εξάσκησης (ένας μη μουσικός ενδέχεται να αντιλαμβάνεται ένα ρυθμό, αλλά να μην μπορεί να τον αναπαράγει σωστά).

#### Ερέθισμα

Τα ερεθίσματα ήταν ίδια με αυτά στα οποία εφαρμόστηκαν τα μοντέλα. Τα σχήματα χωρίζονται σε 5 ομάδες:

- α) η πρώτη περιέχει 6 σχήματα με περίοδο 8,
- β) η δεύτερη 3 σχήματα με περίοδο 6,
- γ) η τρίτη 3 σχήματα με περίοδο 16,
- δ) η τέταρτη 3 σχήματα με περίοδο 12 και
- ε) η πέμπτη 2 σχήματα με περίοδο 10.

Όλα τα ρυθμικά αναπαρήχθησαν σε τέμπο  $\downarrow=120$  εκτός από τα τρία με περίοδο 16 που αναπαρήχθησαν σε τέμπο  $\downarrow=90$ . Για τα τελευταία επιλέχθηκε πιο αργό τέμπο γιατί οι αξίες τους υπολογίστηκαν σε δέκατα έκτα, ενώ των υπολοίπων σε όγδοα. Η αναπαραγωγή των χτύπων έγινε στην ίδια δυναμική, οπότε ο φαινομενικός τονισμός απουσίαζε.

## Μεθοδολογία

Τα σχήματα αναπαράγονταν από πρόγραμμα μουσικής μέσω υπολογιστή συνδεδεμένο με συμβατικά ηχεία. Για τους χτύπους επιλέχθηκε ένας ήχος μη συγκεκριμένου τονικού ύψους με πολύ μικρή διάρκεια. Η αναπαραγωγή ήταν επαναλαμβανόμενη και τα σχήματα παιζόντουσαν σε τυχαία σειρά. Από τα υποκείμενα ζητούνταν να χτυπήσουν ρυθμικά τον παλμό που αντιλαμβάνονταν στο κάθε σχήμα. Ο πειραματιστής υπέθεσε ότι αυτός ο παλμός ήταν ο «δεσπόζων παλμός» που αντιλαμβάνοντουσαν τα υποκείμενα, δηλαδή το *tactus*. Τα υποκείμενα μπορούσαν να ακούσουν το κάθε σχήμα όση ώρα ήθελαν.

### 3.2.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στα σχήματα με περίοδο 8, σχεδόν όλα τα υποκείμενα αντιλαμβάνοντουσαν έναν παλμό σε τέταρτα με location 1, πράγμα που ήταν και το αναμενόμενο. Στο σχήμα 8-6 ένα μεγάλο ποσοστό (40%) αντιλήφθηκαν ένα ασύμμετρο παλμό με διαστήματα 3 όγδοα, 3 όγδοα και 2 όγδοα. Αυτός ο παλμός αντιστοιχεί ακριβώς στους χτύπους του σχήματος και επιπλέον αντιστοιχεί στον γνωστό ρυθμό των 8/8.

Στα επόμενα 3 σχήματα που είχαν περίοδο 6, τα αποτελέσματα είχαν μεγαλύτερες αποκλίσεις. Παρόλα αυτά η πλειοψηφία έδωσε τις αναμενόμενες απαντήσεις, 6/8 στα δύο πρώτα (στο δεύτερο με όγδοο λεβάρε), και 3/4 στο τρίτο.

Στα σχήματα με περίοδο 16 η συντριπτική πλειοψηφία έδωσε ένα παλμό ανά τέταρτο, που ήταν και το αναμενόμενο, αν και στο 16-1 και 16-3 δεν υπήρχε συμφωνία ως προς το location. Στο 16-3 ένα 30% των ακροατών βρήκε ένα παλμό ανά 3 δέκατα έκτα, ο οποίος βέβαια δεν συμπλήρωνε ακριβώς τον κύκλο της επανάληψης, και επιπλέον τα υποκείμενα τον αναπαρήγαγαν με μεγάλη αβεβαιότητα. Σημειώνουμε ότι το συγκεκριμένο σχήμα είχε πολλές συγκοπές και επίσης οι τονισμοί του (ή καλύτερα οι τονισμένοι χτύποι), κατά το μοντέλο των

Povel και Essens πάντα, αντιστοιχούν μέχρι ένα σημείο σε ένα τέτοιο παλμό.

Μεγάλες αποκλίσεις στις απαντήσεις των υποκειμένων παρατηρήθηκαν και στις δύο τελευταίες ομάδες των σχημάτων, περιόδου 12 και 10 αντίστοιχα. Στα πρώτα υπερίσχυσε ο παλμός σε τέταρτα, με εξαίρεση το 12-1 όπου η πλειοψηφία αντιλήφθηκε παλμό σε μισά. Οι παλμοί αυτοί αντιστοιχούν στα μέτρα  $6/4$  και  $3/2$ . Εντύπωση προκάλεσε η απουσία του παλμού ανά 3 όγδοα (μέτρο  $12/8$ ), που εμφανίσθηκε μόνο στο σχήμα 12-3 με μικρό όμως ποσοστό (20%). Στην τελευταία ομάδα των σχημάτων, με περίοδο 10, οι απαντήσεις ήταν εντελώς έξω από τις προβλέψεις. Γενικά υπερίσχυσε ο παλμός σε τέταρτα, που αντιστοιχεί στο μέτρο  $5/4$ , ενώ ένα σημαντικό ποσοστό αντιλήφθηκε ένα παλμό σε μισά. Τέλος εντύπωση προκάλεσε μια μικρή μειοψηφία που αντιλήφθηκε ασύμμετρους παλμούς (4+3+3 στο 10-1 και 3+3+4 στο 10-2 σε ποσοστά 10% και 20% αντίστοιχα).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3<sup>5</sup>

PATTERN	UNIT	LOCATION	ΠΟΣΟΣΤΟ
8-1	2	1	90%
	ΤΙΠΟΤΑ		10%
8-2	2	1	90%
	4	1	10%
8-3	2	1	50%
	4	1	50%
8-4	2	1	80%
	2	2	10%
	4	1	10%
8-5	2	1	40%
	4	1	60%
8-6	2	1	50%
	3+3+2	1	40%
	4	1	10%
6-1	2	1	30%
	3	1	70%
6-2	2	1	20%
	2	2	10%
	3	2	70%
6-3	2	1	90%
	4*	1	10%
16-1	2	1	10%
	4	1	60%
	4	3	30%
16-2	4	1	100%
16-3	3*	1	30%
	4	1	30%
	4	2	30%
	4	4	10%
12-1	2	1	40%
	4	1	50%
	4	2	10%
12-2	2	1	40%

<sup>5</sup> Διευκρίνιση: Ο αστερίσκος μετά τον αριθμό στην στήλη unit δηλώνει ότι ο συγκεκριμένος παλμός δεν συμπληρώνει ακριβώς τον κύκλο της περιόδου. Π.χ. παλμός με unit 3 σε σχήμα με περίοδο 8.

	2	2	20%
	4	1	30%
	ΤΙΠΟΤΑ		10%
12-3	2	1	60%
	3	1	20%
	ΤΙΠΟΤΑ		20%
10-1	2	1	50%
	4+3+3	1	10%
	4*	1	40%
10-2	2	1	60%
	2	2	10%
	3+3+4	3	20%
	4*	1	10%

### 3.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Η αξιολόγηση των μοντέλων έγινε βάσει του κατά πόσο συμπίπτουν τα αποτελέσματα που έδωσαν με αυτά της πειραματικής διερεύνησης. Ωστόσο προέκυψαν τεχνικές δυσκολίες που έχουν να κάνουν με το γεγονός ότι το μοντέλο PE και το πείραμα δίνουν αποτελέσματα για το επίπεδο του τάκτους, ενώ το μοντέλο LHL για ανώτερα μετρικά επίπεδα. Έτσι ενώ η σύγκριση PE και πειράματος μπορεί να γίνει άμεσα, για την σύγκριση LHL και πειράματος έπρεπε να βρεθεί κάποιος άλλος τρόπος.

Κατά την πειραματική διερεύνηση τα υποκείμενα έδωσαν τον «δεσπόζων» παλμό που αντιλαμβάνοντουσαν στα επαναλαμβανόμενα σχήματα. Το μετρικό επίπεδο της περιόδου της επανάληψης στα περισσότερα σχήματα, βρίσκεται δύο ή τρία επίπεδα πάνω από το επίπεδο αυτού του παλμού. Κάνοντας μια αυθαίρετη υπόθεση, που συμφωνεί κατά έναν μεγάλο βαθμό με την διαίσθηση, μπορούμε να πούμε ότι στην μετρική δομή που αντιλαμβάνοντουσαν τα υποκείμενα, ανήκε και το επίπεδο που χρονικές του αποστάσεις συμπίπτουν ακριβώς με την περίοδο του σχήματος, δεδομένου ότι στην συντριπτική πλειοψηφία οι παλμοί που έδωσαν τα υποκείμενα συμπλήρωναν ακριβώς την περίοδο. Συνεπώς μπορούμε να πούμε ότι αντιλαμβάνοντουσαν την επανάληψη, χωρίς όμως να γνωρίζουμε που εντόπιζαν την αρχή και το τέλος της. Με άλλους όρους γνωρίζουμε το unit που αντιλαμβάνοντουσαν (για το επίπεδο που αντιστοιχεί στην περίοδο), αλλά όχι το location. Με αυτόν τον τρόπο φτάνουμε στο επίπεδο για το οποίο μας δίνει αποτελέσματα το μοντέλο LHL, οπότε τώρα πλέον μπορεί να γίνει η σύγκριση.

Σημείωση: Για κάποια location που δίνει το μοντέλο μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα ότι δεν αντιστοιχούν σε αυτά που δίνει η πειραματική διερεύνηση. Όταν για παράδειγμα σε ένα σχήμα με περίοδο 8 το πείραμα δίνει location 1 και unit 2, στο επίπεδο με unit 8 αντιστοιχούν 4 πιθανά location (1,3,5,7). Αν το μοντέλο δίνει unit 8 και location 2, 4, 6 ή 8, τότε προφανώς οι παλμοί ανήκουν σε διαφορετικές μετρικές δομές.

Επίσης για το μοντέλο LHL, σε μερικές περιπτώσεις λήφθηκαν υπ'όψιν και άλλα επίπεδα, και όχι μόνο το ανώτερο που μας δίνει. Είναι τα επίπεδα που συνδέονται με το ανώτερο μόνο με την εντολή conflate. Αυτά τα επίπεδα ενισχύονται μεταξύ τους σχηματίζοντας μία μορφή μετρικής δομής, όπως αυτή περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1.



ΠΙΝΑΚΑΣ 4

	LHL	PE	ΠΕΙΡΑΜΑ
<b>ΣΧΗΜΑ 8-1</b>	Unit 3 Loc 1 Unit 6 Loc 1	Unit 2 Loc 1	Unit 2 Loc 1 90%  Τίποτα 10%
<b>ΣΧΗΜΑ 8-2</b>	Unit 3 Loc 2 Unit 6 Loc 2	Unit 2 Loc 1	Unit 2 Loc 1 90%  Unit 4 Loc 1 10%
<b>ΣΧΗΜΑ 8-3</b>	Unit 5 Loc 1	Unit 2 Loc 2	Unit 2 Loc 1 50% Unit 4 Loc 1 50%
<b>ΣΧΗΜΑ 8-4</b>	Unit 5 Loc 1	Unit 2 Loc 1	Unit 2 Loc 1 80% Unit 2 Loc 2 10% Unit 4 Loc 1 10%
<b>ΣΧΗΜΑ 8-5</b>	Unit 4 Loc 1 Unit 8 Loc 1	Unit 2 Loc 1	Unit 2 Loc 1 40%  Unit 4 Loc 1 60%
<b>ΣΧΗΜΑ 8-6</b>	Unit 8 Loc 1	Unit 2 Loc 1	Unit 2 Loc 1 50% Unit 3+3+2 Loc 1 40% Unit 4 Loc 1 10%
<b>ΣΧΗΜΑ 6-1</b>	Unit 3 Loc 1 Unit 6 Loc 1	Unit 3 Loc 1	Unit 3 Loc 1 70%  Unit 2 Loc 1 30%
<b>ΣΧΗΜΑ 6-2</b>	Unit 3 Loc 2 Unit 6 Loc 2	Unit 3 Loc 2	Unit 2 Loc 1 20%  Unit 2 Loc 2 10% Unit 3 Loc 2 60% *Unit 4 Loc 1 10%
<b>ΣΧΗΜΑ 6-3</b>	Unit 6 Loc 3	Unit 2 Loc 1	Unit 2 Loc 1 90% *Unit 4 Loc 1 10%
<b>ΣΧΗΜΑ 16-1</b>	Unit 4 Loc 3 Unit 8 Loc 3 Unit 16 Loc 3	Unit 4 Loc 1	Unit 2 Loc 1 10%  Unit 4 Loc 1 60% Unit 4 Loc 3 30%
<b>ΣΧΗΜΑ 16-2</b>	Unit 8 Loc 1 Unit 16 Loc 1	Unit 4 Loc 1	Unit 4 Loc 1 100%
<b>ΣΧΗΜΑ 16-3</b>	Unit 9 Loc 4	Unit 4 Loc 4	*Unit 3 Loc 1 30% Unit 4 Loc 1 30%

			Unit 4 Loc 2 30%
			Unit 4 Loc 4 10%
<b>ΣΧΗΜΑ 12-1</b>	Unit 6 Loc 1	Unit 3 Loc 1	Unit 2 Loc 1 40%
		Unit 4 Loc 1	Unit 4 Loc 1 50%
			Unit 4 Loc 2 10%
<b>ΣΧΗΜΑ 12-2</b>	Unit 5 Loc 1	Unit 3 Loc 2	Unit 2 Loc 1 40%
		Unit 4 Loc 1	Unit 2 Loc 2 20%
		Unit 4 Loc 2	Unit 4 Loc 1 30%
			τίποτα 10%
<b>ΣΧΗΜΑ 12-3</b>	Unit 3 Loc 1	Unit 3 Loc 1	Unit 2 Loc 1 60%
	Unit 6 Loc 1		
			Unit 3 Loc 1 20%
			τίποτα 20%
<b>ΣΧΗΜΑ 10-1</b>	Unit 5 Loc 1	Unit 2+3 Loc 1	Unit 2 Loc 1 50%
			*Unit 4 Loc 1 40%
			Unit 4+3+3 Loc 1 10%
<b>ΣΧΗΜΑ 10-2</b>	Unit 6 Loc 3	Unit 2+3 Loc 1	Unit 2 Loc 1 60%
			Unit 2 Loc 2 10%
			Unit 3+3+4 Loc 3 20%
			*Unit 4 Loc 1 10%

Στην δεύτερη στήλη (LHL), και στα σχήματα όπου εμφανίζονται παραπάνω από ένας παλμός, αυτοί ανήκουν στην ίδια μετρική δομή και είναι η περίπτωση που περιγράφηκε παραπάνω. Για τις επόμενες δύο στήλες (PE και ΠΕΙΡΑΜΑ), όπου εμφανίζονται παραπάνω από ένας παλμός, αυτοί είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους, και ανήκουν σε διαφορετικές μετρικές δομές.

### 3.3.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Πριν προχωρήσουμε στο σύγκριση των αποτελεσμάτων πρέπει να επισημάνουμε ο τρόπος με τον οποίον έγινε η πειραματική διερεύνηση ευνοεί το μοντέλο PE, επειδή δίνεται μεγάλο βάρος στο στοιχείο της επανάληψης των σχημάτων. Το μοντέλο PE αναγνωρίζει τις επαναλήψεις, σε αντίθεση με το μοντέλο LHL, το οποίο αναγνωρίζει μόνο την αρχή του κάθε σχήματος και φτάνει μέχρι το σημείο που αντιστοιχεί στο μέγιστο επίπεδο που μπορεί να φτάσει, σύμφωνα με τις ρυθμίσεις που έχουν γίνει (στην προκειμένη περίπτωση το ολόκληρο). Ωστόσο η σύγκριση θα γίνει κανονικά και απ' ευθείας με τα δεδομένα που προέκυψαν από το πείραμα, εν γνώσει πάντα ότι το μοντέλο LHL αδικείται.

Γενικά στις τρεις πρώτες ομάδες σχημάτων με περιόδους 8, 6 και 16 αντίστοιχα, τα μοντέλα τα πήγαν αρκετά καλά. Το μοντέλο LHL στα σχήματα 8-1, 8-3 και 8-4 αποτυγχάνει να βρει σωστό unit<sup>6</sup>, βρίσκει όμως το σωστό location. Στο 8-2 αποτυγχάνει πλήρως όπως και στο 16-3. Το μοντέλο PE πήγε καλύτερα. Βρήκε τους σωστούς παλμούς σε όλα τα σχήματα εκτός από τα 8-3 και 8-4. Στο 16-3 ο παλμός που βρήκε αντιστοιχεί στο 10% των υποκειμένων. Διευκρινίζουμε ότι σε περιπτώσεις όπως στο σχήμα 8-5 όπου ο παλμός που αντιλήφθηκαν το 60% των υποκειμένων είναι βέβαια διαφορετικός από αυτόν που μας δίνει το μοντέλο, αλλά προφανώς και οι δύο ανήκουν στην ίδια μετρική δομή.

Στις δύο άλλες ομάδες των σχημάτων με περιόδους 12 και 10, τα μοντέλα δεν τα πήγαν καλά. Το μοντέλο LHL στο 12-1 και στο 12-3 βρίσκει ένα παλμό που είναι πιθανό να αντιστοιχεί στον μετρική δομή που αντιλαμβάνονται το 40% και το 20% των υποκειμένων αντίστοιχα, χωρίς όμως να μπορούμε να το πούμε με βεβαιότητα. Τα υποκείμενα αντιλαμβάνονται σίγουρα έναν παλμό με περίοδο 2 και 3 αντίστοιχα, αλλά δεν γνωρίζουμε το επόμενο μετρικό επίπεδο, άρα δεν γνωρίζουμε

---

<sup>6</sup> Στην περίπτωση που το σχήμα δεν ήταν επαναλαμβανόμενο τα υποκείμενα πιθανότατα να αντιλαμβάνοντουσαν διαφορετικό unit, ενδεχομένως το unit που έδωσε το μοντέλο LHL (βλ. παραπάνω).

αν ο παλμός που δίνει το μοντέλο είναι σωστός. Στα υπόλοιπα σχήματα το μοντέλο αποτυγχάνει. Το μοντέλο PE από την άλλη δίνει παλμούς που για τα σχήματα 12-1, 12-2 και 12-3 αντιστοιχούν στο 50%, 30% και 20% των παλμών που αντιλήφθηκαν τα υποκείμενα, αλλά οι άλλοι παλμοί που ισοβάθμησαν για τα 12-1 και 12-2 δεν αντιστοιχούν πουθενά, ενώ στα δύο τελευταία σχήματα με περίοδο 10 αποτυγχάνει. Να σημειώσουμε ότι η αβεβαιότητα που έδειξαν τα υποκείμενα στο 12-2 (τρεις παλμοί μοιράζονται τα ποσοστά 20%, 30% και 40%), φαίνεται να αντανakλάται στους τρεις παλμούς που ισοψήφισαν σύμφωνα με το μοντέλο, που είναι και μοναδική περίπτωση.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσης εργασίας ήταν η παρουσίαση και η αξιολόγηση δύο υπολογιστικών μοντέλων αντίληψης του ρυθμού, το μοντέλο των H Christopher Longuet-Higgins και Christopher S Lee και το μοντέλο των Dirk-Jan Povel και Peter Essens. Στα πλαίσια αυτής της παρουσίασης, παρουσιάστηκε μια ανάλυση της έννοιας του ρυθμού κυρίως μέσα από την σκοπιά της θεωρίας των Lerdahl και Jackendoff (1983). Είδαμε πως ο ρυθμός αποτελείται από την δομή ομαδοποίησης και την μετρική δομή, και την αλληλεπίδραση ανάμεσά τους μέσω των τονισμών.

Στην συνέχεια μιλήσαμε για μία ειδική ομάδα ρυθμικών σχημάτων, τα χρονικά σχήματα, που είναι τα σχήματα πάνω στα οποία εφαρμόζονται τα δύο μοντέλα. Αφού παρουσιάσαμε τα δύο μοντέλα και αναλύσαμε τον τρόπο με τον οποίο αυτά λειτουργούν, τα εφαρμόσαμε σε μία ομάδα από επιλεγμένα χρονικά σχήματα. Στην συνέχεια μέσω μιας πιλοτικής πειραματικής διερεύνησης είδαμε πώς οι ακροατές αντιλαμβάνονται στην πράξη τα εν λόγω σχήματα και συγκρίναμε τα αποτελέσματα. Το μοντέλο LHL φάνηκε να μην τα πηγαίνει τόσο καλά όσο το μοντέλο PE, όμως η σύγκριση δεν ήταν αντικειμενική, αφού το πρώτο αδικήθηκε λόγω της φύσης των σχημάτων (και συγκεκριμένα της επαναληπτικότητας τους).

Η όλη την διαδικασία έδειξε ότι τα μοντέλα δεν μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους απευθείας, λόγω της διαφορετικότητας τους, και ότι μια πιο αντικειμενική σύγκριση θα πρέπει να το λάβει αυτό υπ'όψιν. Μια ακόμα παρατήρηση είναι ότι δεν αναδύθηκε καθόλου ο ρόλος της on-line vs off-line επεξεργασίας (δηλ. σε πραγματικό χρόνο vs μη πραγματικό χρόνο).

Συγκρίνοντας τα δύο μοντέλα από μια άλλη σκοπιά, δημιουργούνται ερωτήματα όπως:

- Ποια είναι τελικά τα γνωρίσματα της λειτουργίας ενός ιδανικού μοντέλου αντίληψης του ρυθμού;
- Ποιος τρόπος κωδικοποίησης είναι ο πιο κατάλληλος;
- Σε ποιο ή ποια μετρικά επίπεδα θα πρέπει να εστιάσουμε την έρευνα μας;
- Τι ρόλο παίζει η δομή ομαδοποίησης;

Η σύγχρονη έρευνα έχει κάνει μεγάλα βήματα. Πλέον τα μοντέλα έχουν ως βάση λειτουργίας μαθηματικούς αλγόριθμους που εφαρμόζονται σε πιο πολύπλοκες μουσικές επιφάνειες με περισσότερες από μία φωνές. Αναφορικά το μοντέλο των Simon Dixon και Αιμίλιου Καμπουρόπουλου (2000) βρίσκει το τάκτους («beat tracking» όπως αναφέρουν οι ερευνητές) σε MIDI μουσικές επιφάνειες. Το μοντέλο αυτό εφαρμόστηκε με επιτυχία σε μία σειρά από σονάτες για πιάνο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Καμπουρόπουλος, Α. (2006). Εισαγωγή στην Υπολογιστική Μουσικολογία. Σημειώσεις του μαθήματος «Γνωστικά και Υπολογιστικά Μοντέλα στη Μουσική», Α.Π.Θ.
- Παπαδέλης, Γ. (2000). Ζητήματα γνωστικής οργάνωσης και κωδικοποίησης του μουσικού χρόνου. *Πρακτικά από το 2<sup>ο</sup> Συνέδριο Μουσικής Πληροφορικής*, Κέρκυρα, 9-10 Δεκεμβρίου 2000.
- Arom, S. (1991). *African Polyphony and Polyrhythm*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Benary, P. (1973). *Rhythmic und Metric, Eine Praktische Anleitung*. Musikverlag Hans Geric, Koln.
- Brown, H. M. (1980) Tactus. *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*. Edited by Stanley Sadie. Macmillan Publishers Limited
- Cambouropoulos E. and Tsougras, C. (2004). Influence of Musical Similarity on Melodic Segmentation: Representations and Algorithms. In *Proceedings of the International Conference on Sound and Music Computing (SMC04)*, Paris, France.
- Carterette, E. C., Monahan, C. B., Holman, E., Bell, T. S., Fiske, R. A. (1982). Rhythmic and Melodic Structure in Perceptual Space. *Journal of the Acoustical Society of America*, 72, S11 (abstract).
- Clarke, F. (1999). Rhythm and Timing in Music. *The Psychology of Music*, second edition. Edited by Diana Deutsch. Academic Press 13:473-500.

- Cook, N. & Dibben, N. (2001). Musicological Approaches to Emotion. *Music and Emotion*. Edited by Patrik Juslin & John Sloboda. Oxford University Press, 3:45-70.
- Cooper, G. B. & Meyer, L. B. (1960). *The Rhythmic Structure of Music*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Dixon S. and Cambouropoulos E. (2000). Beat Tracking with Musical Knowledge. In *Proceedings of ECAI 2000 (14th European Conference on Artificial Intelligence)*, W.Horn (ed.), IOS Press, Amsterdam.
- Dowling W. Jay and Dane L. Harwood (1986). *Music Cognition*. Academic Press, INC, California.
- Epstein, D. (1995). *Shaping in Time, Music, The Brain and Performance*. Prentice Hall International, London.
- Handel, S. (1989). *Listening An Introduction to the Perception of Auditory Events*. The MIT Press.
- Justin, L. (2007) Rhythm. *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*. Retrieved from the online edition on March 2007.
- Keller, P. & Burnham, D. Musical Meter in Addition to Multipart Rhythm. *Music Perception* (Summer 2005) Vol. 22, No. 4, 629-661. Edited by Cuddy L. University of California.
- Lerdahl, F. & Jackendoff, R. (1983). *A Generative Theory of Tonal Music*. The MIT Press, Cambridge (MA).



- London, J. (2002). Cognitive Constraints on Metric System: Some Observations and Hypotheses. *Music Perception* (Summer 2002) Vol. 19, No 4, 529-550. Edited by Cuddy L. University of California.
- London, J. (2004). *Hearing in Time, Psychological Aspects of Musical Meter*. Oxford University Press.
- Longuet-Higgins, H. C. and Lee, C. S. (1982) The Perception of Musical Rhythms. *Perception*, 11:115-128.
- Parncutt, R. (1994). A Perceptual Model of Pulse Salience and Metrical Accent in Musical Rhythms. *Music Perception*, 11(4):409-464.
- Patel, A. & Peretz, I. (1997). Is Music Autonomous From Language? A Neuropsychological Appraisal. *Perception and Cognition of Music*, edited by Irene Deliege and John Sloboda. Psychology Press.
- Povel, D. J. and Essens, P. (1985). Perception of Temporal Patterns. *Music Perception*, 2:411-440.
- Sloboda, J. (2007) Psychology of Music, I(3). . *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*. Retrieved from the online edition on June 2007.
- Snyder, B. (2000). *Music and Memory*. The MIT Press, Cambridge (MA).
- Temperly, D. (2001). *The cognition of Basic Musical Structures*. The MIT Press, Cambridge (MA).
- Temperly, D. & Bartlette, C. Parallelism as a Factor in Metrical Analysis. *Music Perception* (Winter 2002) Vol. 20, No. 2, 117-149. Edited by Cuddy L. University of California.

Thiemel M. (2007). Accent. *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*. Retrieved from the online edition on June 2007.

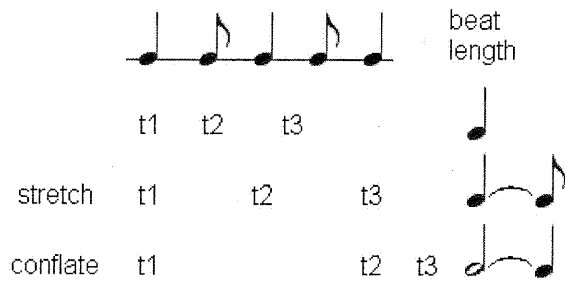
White, B. W. (1960). Recognition of distorted melodies. *American Journal of Psychology* 73, 100-107.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**  
**ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 8-1**

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ PE**

input sequence	2 1 2 1 2					
transform into time scale notation	1 0 1 1 0 1 1 0					
add accents	2 0 1 2 0 1 2 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	2	1	1	5
(unit < 1/2 period)	2	2	1	1	2	9
<b>APPLY WEIGHTS and DETERMINE DIVISOR</b>						
<b>Select best clock</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL**



ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 8-2

ΕΦΑΡΜΟΓΗ PE

input sequence	1 2 1 2 2					
transform into time scale notation	1 1 0 1 1 0 1 0					
add accents	1 2 0 1 2 0 2 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	2	1	1	5
(unit < 1/2 period)	2	2	1	1	2	9
APPLY WEIGHTS and DETERMINE DIVISOR						
<b>Select best clock</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>

ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL<sup>7</sup>

t1 t2 t3

update t1 t2 t3

conflate t1 t2 t3

stretch t1 t2 t3

conflate t1 t2 t3

beat length

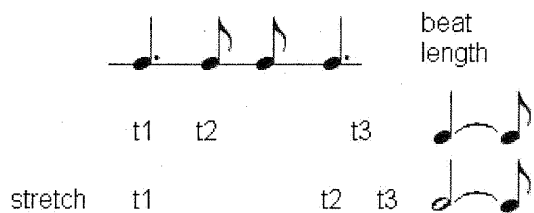
<sup>7</sup> Η κάθετη γραμμή στο σχήμα αναπαριστά τα όρια μεταξύ των επαναλήψεων

ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 8-3

ΕΦΑΡΜΟΓΗ PE

input sequence	3 1 1 3					
transform into time scale notation	1 0 0 1 1 1 0 0					
add accents	2 0 0 2 1 2 0 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	1	1	2	9
(unit < 1/2 period)	2	2	2	0	2	8
APPLY WEIGHTS and DETERMINE DIVISOR						
<b>Select best clock</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>8</b>

ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL



ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 8-4

ΕΦΑΡΜΟΓΗ PE

input sequence	2 1 1 1 3					
transform into time scale notation	1 0 1 1 1 1 0 0					
add accents	2 0 2 1 1 2 0 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	2	1	1	5
(unit < 1/2 period)	2	2	1	1	2	9
APPLY WEIGHTS and DETERMINE DIVISOR						
<b>Select best clock</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>

ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL

beat length

t1 t2 t3

conflate t1 t2 t3

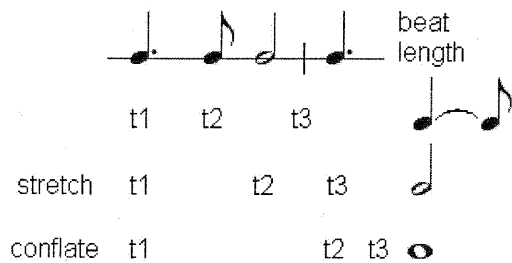
stretch t1 t2 t3

## ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 8-5

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ PE

input sequence	3 1 4					
transform into time scale notation	1 0 0 1 1 0 0 0					
add accents	2 0 0 1 2 0 0 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	2	0	2	8
(unit < 1/2 period)	2	2	0	1	3	13
APPLY WEIGHTS and DETERMINE DIVISOR						
<b>Select best clock</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>8</b>

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL

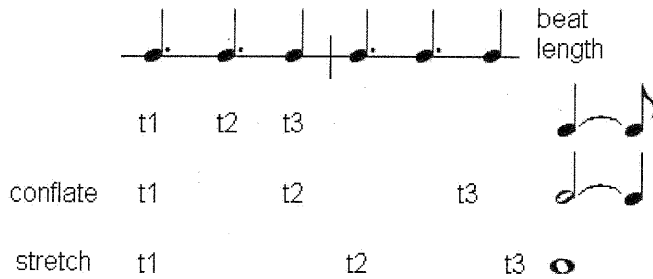


ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 8-6

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΡΕ

input sequence	3 3 2					
transform into time scale notation	1 0 0 1 0 0 1 0					
add accents	2 0 0 2 0 0 2 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	2	0	2	8
(unit < 1/2 period)	2	2	1	0	3	12
APPLY WEIGHTS and DETERMINE DIVISOR						
<b>Select best clock</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>8</b>

ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL



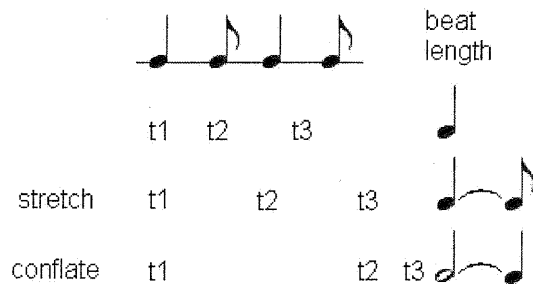


## ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 6-1

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ PE

input sequence	2 1 2 1 <sup>8</sup>					
transform into time scale notation	1 0 1 1 0 1					
add accents	2 0 1 2 0 1					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks (unit < 1/2 period)	2	1	1	1	1	5
APPLY WEIGHTS and DETERMINE DIVISOR	2	2	1	1	1	5
	3	1	2	0	0	0
	3	2	0	0	2	8
	3	3	0	2	0	2
<b>Select best clock</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL



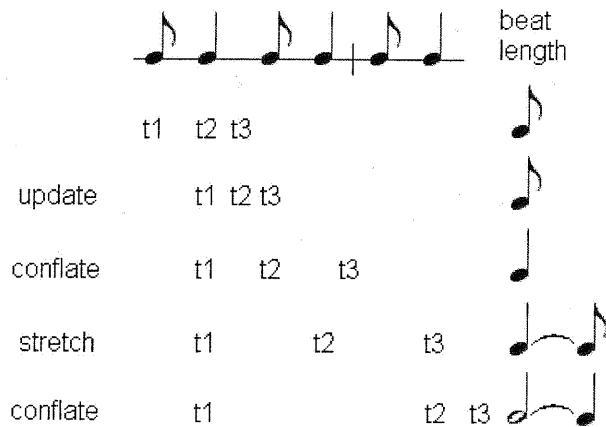
<sup>8</sup> Ο τελευταίος φθόγγος σημειώνεται με 1 γιατί ακολουθείται από φθόγγο κατά την επανάληψη

## ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 6-2

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΡΕ

input sequence	1 2 1 2					
transform into time scale notation	1 1 0 1 1 0					
add accents	1 2 0 1 2 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	1	1	1	5
(unit < 1/2 period)	2	2	1	1	1	5
APPLY WEIGHTS and	3	1	0	2	0	2
DETERMINE DIVISOR	3	2	2	0	0	0
	3	3	0	0	2	8
<b>Select best clock</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL

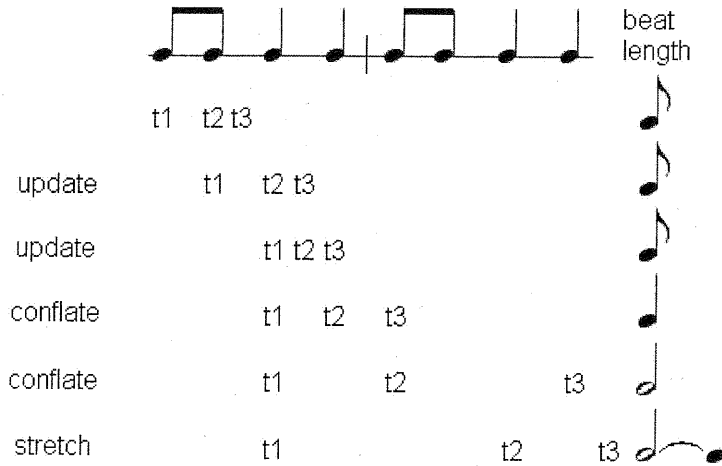


ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 6-3

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΡΕ

input sequence	1 1 2 2					
transform into time scale notation	1 1 1 0 1 0					
add accents	2 1 2 0 2 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	3	0	0	0
(unit < 1/2 period)	2	2	0	1	2	9
APPLY WEIGHTS and	3	1	1	0	1	4
DETERMINE DIVISOR	3	2	1	1	0	1
	3	3	1	0	1	4
<b>Select best clock</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL



ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 16-1

ΕΦΑΡΜΟΓΗ PE

input sequence	1 1 2 2 2 1 1 1 1 2 2					
transform into time scale notation	1 1 1 0 1 0 1 0 1 1 1 1 1 0 1 0					
add accents	2 1 2 0 2 0 2 0 2 1 1 1 2 0 2 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	7	1	0	1
(unit < 1/2 period)	2	2	0	3	5	21
APPLY WEIGHTS and	4	1	4	0	0	0
DETERMINE DIVISOR	4	2	0	2	2	10
	4	3	3	1	0	1
	4	4	0	1	3	13
<b>Select best clock</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL

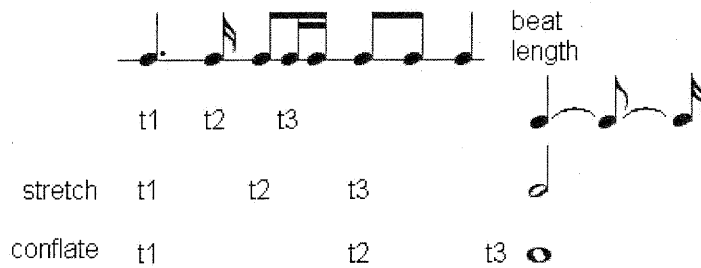


## ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 16-2

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ PE

input sequence	3 1 2 1 1 2 2 4					
transform into time scale notation	1 0 0 1 1 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0					
add accents	2 0 0 1 2 0 2 1 2 0 2 0 2 0 0 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	6	0	2	8
(unit < 1/2 period)	2	2	0	2	6	26
APPLY WEIGHTS and DETERMINE DIVISOR	4	1	4	0	0	0
	4	2	0	0	4	12
	4	3	2	0	2	8
	4	4	0	2	2	10
<b>Select best clock</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL



ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 16-3

ΕΦΑΡΜΟΓΗ PE

input sequence	1 2 3 1 2 1 1 1 4					
transform into time scale notation	1 1 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1 0 0 0					
add accents	1 2 0 2 0 0 1 2 0 2 1 1 2 0 0 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	1	3	4	15
(unit < 1/2 period)	2	2	4	1	3	13
APPLY WEIGHTS and	4	1	1	1	2	9
DETERMINE DIVISOR	4	2	2	0	2	8
	4	3	0	2	2	10
	4	4	2	1	1	5
<b>Select best clock</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>

ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL

The diagram illustrates the LHL (Long Note Handling) process. It shows a sequence of notes on a staff with time markers t1, t2, and t3. The notes are grouped into three beats, with the first beat containing three notes and the second and third beats each containing two notes. The processing steps are as follows:

- update**: The first note is updated to t1, the second to t2, and the third to t3.
- update**: The first note is updated to t1, the second to t2, and the third to t3.
- longnote**: The first note is updated to t1, the second to t2, and the third to t3.
- stretch**: The first note is stretched to t1, the second to t2, and the third to t3.
- conflate**: The first note is conflated to t1, the second to t2, and the third to t3.
- stretch**: The first note is stretched to t1, the second to t2, and the third to t3.

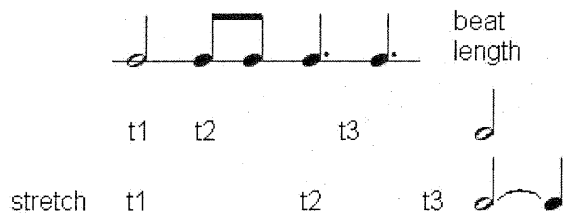
The final result is a sequence of notes where the first note is stretched to t1, the second to t2, and the third to t3, with the second and third notes of the second beat being conflated into a single note at t3.

## ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 12-1

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΡΕ

input sequence	4 1 1 3 3					
transform into time scale notation	1 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0					
add accents	2 0 0 0 2 1 2 0 0 2 0 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	3	0	3	12
(unit < 1/2 period)	2	2	1	1	4	17
APPLY WEIGHTS and DETERMINE DIVISOR	3	1	3	0	1	4
	3	2	1	0	3	12
	3	3	0	1	3	13
	4	1	2	0	1	4
	4	2	1	1	1	5
	4	3	1	0	2	8
	4	4	0	0	3	12
<b>Select best clock</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL




## ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 12-2

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΡΕ


input sequence	1 1 1 1 2 1 1 1 2					
transform into time scale notation	1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0					
add accents	2 1 1 1 1 2 0 2 1 1 2 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	2	3	1	7
(unit < 1/2 period)	2	2	2	3	1	7
APPLY WEIGHTS and	3	1	1	2	1	6
DETERMINE DIVISOR	3	2	2	2	0	2
	3	3	1	2	1	6
	4	1	1	2	0	2
	4	2	1	2	0	2
	4	3	1	1	1	5
	4	4	1	1	1	5
<b>Select best clock</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL



beat length

	t1	t2	t3		
conflate	t1	t2	t3		
conflate	t1	t2	t3		
stretch	t1	t2	t3		



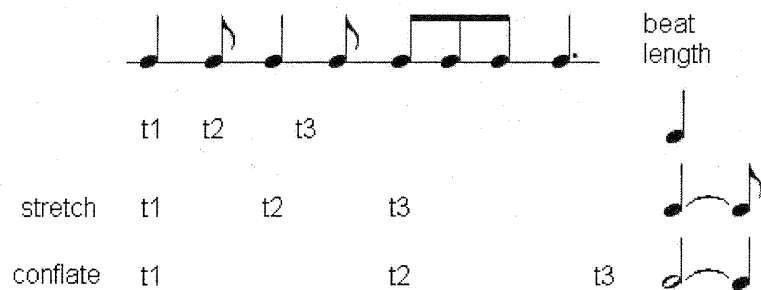


## ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 12-3

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ PE

input sequence	2 1 2 1 1 1 1 3					
transform into time scale notation	1 0 1 1 0 1 1 1 1 0 0					
add accents	2 0 1 2 0 2 1 1 1 2 0 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	1	3	2	11
(unit < 1/2 period)	2	2	3	1	2	9
APPLY WEIGHTS and	3	1	3	1	0	1
DETERMINE DIVISOR	3	2	0	1	3	10
	3	3	1	2	1	6
	4	1	1	1	1	5
	4	2	2	0	1	4
	4	3	0	2	1	6
	4	4	1	1	1	5
<b>Select best clock</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL

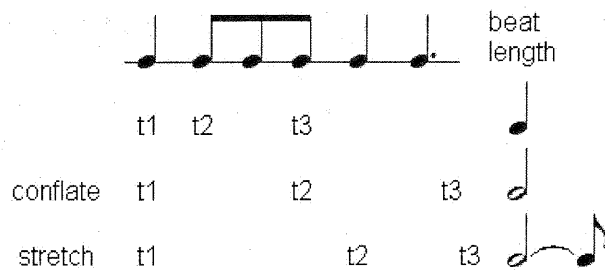


## ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 10-1

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ PE

input sequence	2 1 1 1 2 3					
transform into time scale notation	1 0 1 1 1 1 0 1 0 0					
add accents	2 0 2 1 1 2 0 2 0 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	2	1	2	9
(unit < 1/2 period)	2	2	2	1	2	9
APPLY WEIGHTS and DETERMINE DIVISOR	2+3	1	4	0	0	0
	2+3	2	0	1	3	13
	2+3	3	2	1	1	5
	2+3	4	2	1	1	5
	2+3	5	0	1	3	13
<b>Select best clock</b>	<b>2+3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL



ΧΡΟΝΙΚΟ ΣΧΗΜΑ 10-2

ΕΦΑΡΜΟΓΗ PE

input sequence	1 1 2 1 2 1 2					
transform into time scale notation	1 1 1 0 1 1 0 1 1 0					
add accents	2 1 2 0 1 2 0 1 2 0					
	unit	loc	+ev	0ev	-ev	strength
generate all clocks	2	1	3	1	1	5
(unit < 1/2 period)	2	2	1	2	2	10
APPLY WEIGHTS and DETERMINE DIVISOR	2+3	1	3	1	0	1
	2+3	2	1	1	2	9
	2+3	3	1	2	1	6
	2+3	4	3	0	1	4
	2+3	5	0	2	2	10
<b>Select best clock</b>	<b>2+3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

ΕΦΑΡΜΟΓΗ LHL

