



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΚΑΙ
ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ και
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ, ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΨΥΧΟΛΟΓΙΑΣ



**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μουσική Συμφωνία και Συναισθηματικό Σθένος: Ο Ρόλος της
Χροιάς, του Μουσικού Διαστήματος και της Διάρκειας

Musical Consonance and Emotional Valence: The Role of
Timbre, Musical Interval, and Duration

Πέτρος Παπαβασιλείου

AM: 11M18

ΠΜΣ Βασική και Εφαρμοσμένη Γνωσιακή Επιστήμη

τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης

Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Αθήνα, Ελλάδα

2015

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Η Κάτωθι Συμβουλευτική Επιτροπή Εγκρίνει τη
Διπλωματική Εργασία του
Πέτρου-Ευθύμιου Παπαβασιλείου

Κωνσταντίνος Μουτούσης, Αναπλ. Καθηγητής
Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης,
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Αθανάσιος Πρωτόπαπας, Αναπλ. Καθηγητής
Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης,
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Γεώργιος Γυφτοδήμος, Επικ. Καθηγητής
Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης,
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Ημερομηνία έγκρισης

Περίληψη

Στις έρευνες της Μουσικής Ψυχολογίας χρησιμοποιούνται συνήθως αποσπάσματα μουσικών κομματιών, τα οποία ισχυριζόμαστε ότι περιέχουν ένα πλήθος αστάθμητων παραγόντων, και για αυτό το λόγο ίσως αποκρύπτεται η συνεισφορά των ακουστικών παραμέτρων της μουσικής στο προκλητό συναίσθημα. Ακόμη, η έννοια της Μουσικής Συμφωνίας, παρότι χρησιμοποιείται σχεδόν σαν συνώνυμη της ευχαρίστησης ορίζεται συνήθως από τους ερευνητές και ο ορισμός της αφορά συνήθως στις σχέσεις των θεμελιωδών συχνοτήτων των νοτών. Στην παρούσα έρευνα (Πείραμα 3) κατασκευάσαμε πολύ απλά (κάθε νότα συνετέθη από 3 συνιστώσες συχνότητες) και σύντομα (750, 1500 και 3000 ms) ηχητικά ερεθίσματα που αποτελούν σύγχρονα μουσικά διαστήματα, ελέγχοντας ταυτόχρονα τη χροιά τους, με τέτοιο τρόπο ώστε, χωρίς να αλλοιώνεται ο λόγος των θεμελιωδών συχνοτήτων, να προκαλείται αισθητηριακή διαφωνία εξαιτίας των σχέσεων των υπόλοιπων συνιστωσών συχνοτήτων. Τα αποτελέσματά μας υπέδειξαν ότι αυτού του είδους ο ακουστικός χειρισμός επαρκούσε για την σημαντική διαφοροποίηση των αξιολογήσεων ως προς τη διάσταση του σθένους, καθώς και ότι υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ της χροιάς και του μουσικού διαστήματος, αλλά και του μουσικού διαστήματος και της διάρκειας, στην αξιολόγηση της ευχαρίστησης/δυσaréσκειας. Δευτερευόντως, επαναλάβαμε τα ευρήματα των Koelsch και συν. (2006) με μουσικά αποσπάσματα που χρησιμοποίησαν στις έρευνές τους (Πείραμα 1), και συγκρίναμε τα αποτελέσματα αυτά με απλά μουσικά ερεθίσματα (συγχορδίες) που υπέστησαν τον ίδιο ακριβώς ακουστικό χειρισμό (Πείραμα 2). Τα αποτελέσματα αυτών των πειραμάτων έδειξαν ότι: α) υπάρχει αλληλεπίδραση της διάρκειας με τη συμφωνία μόνο για τα σύμφωνα μουσικά αποσπάσματα, β) ο χειρισμός των Koelsch και συν. επαρκούσε για τη σημαντική διαφοροποίηση ως προς την ευχαρίστηση/δυσaréσκεια ακόμη και για απλά ερεθίσματα, γ) η επίδραση της διάρκειας για μικρές διάρκειες (750, 1500 και 3000 ms) έχει αντίστροφη τάση στα μουσικά αποσπάσματα με αυτή που έχει στα απλά μουσικά ερεθίσματα, και δ) οι συνολικές αξιολογήσεις ήταν χαμηλότερες για τα απλά ερεθίσματα από αυτές για τα μουσικά αποσπάσματα.

Λέξεις-κλειδιά: μουσική ψυχολογία, συναισθηματικό σθένος, μουσικό διάστημα, συμφωνία, χροιά, διάρκεια

Abstract

Recent investigations on the emotional responses to music focus on the use of music pieces, which contain a plethora of imponderable characteristics that may hamper the detection of the specific acoustic properties that contribute to the evoked emotions. Additionally, the concept of Musical Consonance is usually defined by the researchers depending on the ratios of the fundamental frequencies of tones and this definition of consonance is usually used as synonymous to pleasantness. In the present study we created very simple (complex tones containing three component frequencies) and short (750, 1500, and 3000 ms) sound stimuli that constitute musical intervals and we manipulated their timbre to induce sensory dissonance without disturbing their fundamental frequencies' ratios. Our findings suggest that this manipulation was sufficient for significant differences in emotional valence ratings, and that there are significant interactions between timbre and musical interval, and between musical interval and duration in pleasantness/unpleasantness ratings. Secondly, we replicated the findings of Koelsch et al. (2006) with musical excerpts they used in their experiments and we compared these results with the ones obtained by simple musical stimuli (an A major musical chord constituting of three complex tones with each tone constituting of three harmonic frequencies) that were acoustically manipulated in the exact same way as the musical excerpts. Our findings suggest that: 1) there was a significant interaction between consonance and duration only for the consonant musical excerpts, 2) the acoustical manipulation of Koelsch et al. on consonance was sufficient enough to induce significant differences in emotional valence ratings even on very simple musical stimuli, 3) the effect of duration on emotional valence ratings had the opposite trend on musical excerpts than that of the simple musical stimuli, and 4) the mean ratings of emotional valence were generally lower than those of the musical excerpts.

Keywords: music psychology, emotional valence, musical interval, consonance, timbre, duration.

Ευχαριστίες

Η εργασία αυτή δεν θα μπορούσε να είχε πραγματοποιηθεί χωρίς την αμέριστη συμπαράσταση και το ανεπιτήδευτο ενδιαφέρον για την επιστημονική ορθότητα της Αργυρώς Βατάκη. Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Ευθύμη Τσιλιώνη για την ανεκτίμητη βοήθειά του στην υλοποίηση του προγραμματιστικού μέρους αυτής της εργασίας, αλλά και για το ειλικρινές του ενδιαφέρον προς τον τομέα της ακουστικής και της μουσικής, χάρη στο οποίο οι πολυώρες συζητήσεις μας δημιουργούσαν το κατάλληλο υπόβαθρο για την υπερπήδηση εμποδίων που συναντήσαμε. Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Αθανάσιο Πρωτόπαπα για την ακριβή του καθοδήγηση σε ειδικά θέματα φυσικής ακουστικής που άπτονται της ειδίκευσής του, και την Άννα Χουντάλα για την τεχνική βοήθεια που μου παρείχε σε θέματα στατιστικής και συγγραφής, και περισσότερο για την ηθική της υποστήριξη σε όλη την πορεία μου. Ευχαριστώ όλους τους φίλους μου φυσικούς, μουσικούς, και καθηγητές μουσικής που ενδιαφέρθηκαν για το θέμα αυτής της εργασίας και συνεισέφεραν ουσιαστικά με το πλούσιο τεχνικό τους υπόβαθρό και τη βαθιά φιλοσοφική τους ματιά στα ζητήματα φυσικής-μουσικής-μουσικολογίας στη διαμόρφωση της δικής μου οπτικής. Τον Αλέξανδρο Παπαγεωργίου, τον Κώστα Τσιώλη, τον Κωνσταντίνο Μητρόπουλο, το Φώτη Δούσο, το Μιλτιάδη Μπούμη, τον Νίκο Μπούμπα. Τέλος, ευχαριστώ όλους τους ενδιαφέροντες ανθρώπους που γνώρισα σε αυτό το μεταπτυχιακό πρόγραμμα, οι οποίοι διαθέτουν το ταλέντο να μετασχηματίζουν τον οποιοδήποτε χώρο σε ένα ευχάριστο περιβάλλον συνύπαρξης. Το Μάρκο, το Βαγγέλη, την Έλενα, την Εμιλιάννα, το Φώτη, τη Δάφνη.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	8
Συμφωνία	10
Πείραμα 1.....	14
Ερεθίσματα.....	14
Υπόθεση	14
Μέθοδος	14
Συμμετέχοντες:	15
Αναλύσεις.....	15
Αποτελέσματα	16
Πείραμα 2.....	17
Ερεθίσματα.....	17
Υπόθεση	17
Μέθοδος, συμμετέχοντες, αναλύσεις:	17
Αποτελέσματα	18
Πείραμα 3.....	19
Υπόθεση	22
Μέθοδος	24
Αναλύσεις.....	24
Αποτελέσματα	24
Συζήτηση.....	26
Γενικότερη Συζήτηση	28
Πλαίσιο.....	30
Μελλοντικές Έρευνες	31
Βιβλιογραφία	33
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	35
1. Συνάρτηση akkornto:	35
2. Συνάρτηση diastimata:	36
3. Συνάρτηση dissmeasure:	37
4. Συνάρτηση montelo:	37

Εισαγωγή

Πρόσφατες έρευνες στις συναισθηματικές αποκρίσεις σε μουσικά ερεθίσματα επικεντρώνονται στη χρήση μουσικών αποσπασμάτων χρησιμοποιώντας φυσιολογικές ή/και υποκειμενικές μετρήσεις των συναισθηματικών διαστάσεων της διέγερσης και του σθένους (π.χ. Iwanaga & Moroki, 1999; Krumhansl, 1997; Rickard, 2004). Ένα μουσικό κομμάτι (ή απόσπασμα) αποτελεί ιδιαίτερα πολύπλοκο ερέθισμα, καθώς εμπεριέχει ένα πλήθος αστάθμητων παραγόντων, οι οποίοι μπορούν εν δυνάμει να εξεταστούν μέσω διαφορετικών πρισμάτων (π.χ. 1. μουσικολογικά - μουσικολογία, μουσική ψυχολογία, 2. ως προς τις ακουστικές του ιδιότητες - ακουστική, ψυχοακουστική, 3. κοινωνιολογικά - κοινωνιολογία της μουσικής).

Τέτοιες έρευνες, της πρόκλησης συναισθηματικών αντιδράσεων από τη μουσική, παρέχουν μια σειρά από ενδιαφέροντα ευρήματα, όπως ότι: α) μουσικά κομμάτια που έχουν επιλεγεί από τους ερευνητές ως τέτοια που να προκαλούν φόβο, χαρά ή λύπη, προκαλούν διαφορετικές αποκρίσεις σε φυσιολογικές μετρήσεις του συναισθήματος (αναπνοή, καρδιαγγειακή διέγερση, αγωγιμότητα δέρματος, κ.α.; Krumhansl, 1997), β) η επιλογή του κομματιού από τον συμμετέχοντα, ως τέτοιο που να προκαλεί έντονες συναισθηματικές αντιδράσεις προκαλεί σημαντικά μεγαλύτερες αποκρίσεις (αντικειμενικές και υποκειμενικές) συγκριτικά με αυτές που προκαλούν τα κομμάτια που έχουν επιλεγεί από τους ερευνητές ως τέτοια που προκαλούν διέγερση, ηρεμία και διαφορές στο συναισθηματικό σθένος (Rickard, 2004), γ) 250 ms μουσικής είναι αρκετά για την διάκριση μεταξύ κομματιών που έχουν επιλεγεί ως τέτοια που προκαλούν χαρά και αυτών που έχουν επιλεγεί ως τέτοια που προκαλούν λύπη (Peretz et al., 1998), δ) «η (μουσική) συμφωνία είναι μέτρο της ευχαρίστησης» (Koelsch et al., 2006; Sammler et al., 2007), ε) η σημαντική μείωση στη διάρκεια των μουσικών αποσπασμάτων (1s από 30s) επιδρά ασθενώς στη συναισθηματική απόκριση (Bigand et al., 2005).

Ωστόσο, παρότι τα μουσικά κομμάτια, που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις έρευνες, σταθμίζονται ως προς το συναίσθημα για το οποίο επιλέγονται να προκαλέσουν, δεν διαφαίνεται σε ποιά ακριβώς χαρακτηριστικά της μουσικής μπορεί να αποδοθεί η αντίστοιχη συναισθηματική απόκριση. Ειδικότερα, παρατηρούνται αντικρουόμενα

αποτελέσματα ως προς τη συνεισφορά των ακουστικών χαρακτηριστικών της μουσικής. Για παράδειγμα, οι Grewe και συν. (2007), εξέτασαν ταυτόχρονα τη συνεισφορά στη συναισθηματική αποτίμηση, της οικειότητας και της αρέσκειας των συμμετεχόντων στα μουσικά ερεθίσματα, αλλά και των μουσικών και των ακουστικών χαρακτηριστικών των ίδιων ερεθισμάτων. Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους συνιστούν ότι οι έντονες συναισθηματικές αποκρίσεις στη μουσική σχετίζονται περισσότερο με παράγοντες όπως η προσωπικότητα, η μουσική εκπαίδευση και η οικειότητα, εντοπίζονται σε χρονικές στιγμές όπου συμβαίνει κάποια διαφοροποίηση στη μουσική «δομή», και δευτερευόντως επηρεάζονται από ακουστικά χαρακτηριστικά της μουσικής (π.χ. ακουστότητα-loudness, οξύτητα-sharpness, σκληρότητα-roughness). Άλλες έρευνες παρουσιάζουν ενδείξεις πως οι ακουστικές ιδιότητες της μουσικής (και ο χειρισμός τους) συνεισφέρουν σημαντικά στη συνολική συναισθηματική αντίδραση στη μουσική. Για παράδειγμα, οι Blumstein και συν. (2010) πραγματοποίησαν ακουστική ανάλυση στον ήχο από σκηνές ταινιών διαφόρων ειδών και έδειξαν πως ακουστικές τροποποιήσεις (απότομες διακυμάνσεις στην ένταση ή στη συχνότητα, παρουσία ή απουσία μη γραμμικών χαρακτηριστικών) εντοπίζονται με συστηματικό τρόπο ανάλογα με το κινηματογραφικό είδος. Το εύρημά τους αποτελεί ένδειξη ότι ο ακουστικός χειρισμός που επιλέγουν οι συνθέτες και οι σχεδιαστές ήχου (sound designers), στοχεύει στην πρόκληση συγκεκριμένων συναισθημάτων. Σε άλλη έρευνά τους (Blumstein et al., 2012) χρησιμοποίησαν «ουδέτερα» μουσικά ερεθίσματα (μέσο τέμπο και χωρίς να είναι σαφές αν βρίσκονται σε ελάσσονα ή μείζονα κλίμακα) τα οποία τροποποίησαν ως προς τις ακουστικές τους ιδιότητες (προσθήκη θορύβου, απότομες συχνотικές διακυμάνσεις) και βρήκαν επίδραση στις αξιολογήσεις των συμμετεχόντων ως προς το προκλητό συναισθηματικό σθένος και τη διέγερση.

Σύμφωνα με τους ίδιους, οι απότομες συχνотικές αλλαγές (επειδή είναι απρόβλεπτες) και η σκληρότητα (harshness) που χαρακτηρίζει το θόρυβο, κάνει τέτοιους ήχους δύσκολους ως προς την εξοικείωση και άρα περισσότερο «υποβλητικούς» (evocative). Τέλος, επιχειρηματολογούν ως προς την ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους βασιζόμενοι σε προσαρμοστικές λειτουργίες, όπως ότι τέτοιοι ήχοι είναι κατασκευασμένοι έτσι ώστε να συλλαμβάνουν την προσοχή (Fitch & Hauser, 1995; Fitch et al., 2002, όπως αναφέρουν οι Blumstein et al., 2010). Παρατηρούν επίσης, ότι η παρουσία ή όχι μη γραμμικών χαρακτηριστικών στο κλάμα

των βρεφών εξαρτάται από τη συναισθηματική διέγερση (Facchini et al., 2005), καθώς και ότι το κάλεσμα-συναγεμμός των σουρικατών (meerkats) γίνεται περισσότερο θορυβώδες όσο αυξάνεται η επικινδυνότητα της κατάστασης (Manser et al., 2002).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η κατασκευή μουσικών ερεθισμάτων απογυμνωμένα από το πλαίσιο ή μουσικό νόημα ώστε να διερευνήσουμε αν είναι ικανά να προκαλέσουν συναισθηματικές αποκρίσεις αντίστοιχες με τα περίπλοκα μουσικά αποσπάσματα. Αν είναι ικανά για την πρόκληση αντίστοιχων συναισθηματικών αποκρίσεων θα μπορούμε να ορίσουμε ποια φυσικά μετρήσιμη ιδιότητα του ήχου ευθύνεται για αυτή την απόκριση. Έτσι, κατασκευάσαμε απλά μουσικά ερεθίσματα τα οποία περιγράφονται πλήρως από τα διακριτά μουσικά και ακουστικά χαρακτηριστικά τους και υποθέσαμε ότι αυτά τα καλώς ορισμένα χαρακτηριστικά θα προκαλέσουν συναισθηματικές αντιδράσεις οι οποίες δεν θα μπορούν να αποδοθούν στο μουσικό πλαίσιο (μελωδία, μουσικό είδος). Απώτερος στόχος της έρευνάς μας είναι η χρήση των ερεθισμάτων αυτών σε μελλοντικές χρονικές έρευνες που θα αφορούν στη διερεύνηση του κατά πόσο το προκαλούμενο συναίσθημα επηρεάζει την υποκειμενική αντίληψη της χρονικής διάρκειας αφού η διέγερση και η προσοχή είναι κύριοι παράγοντες πολλών μοντέλων αντίληψης του χρόνου (π.χ. Droit-Volet et al., 2013).

Συμφωνία

Στην παρούσα έρευνα επικεντρωθήκαμε στη σχέση της μουσικής και ακουστικής συμφωνίας/διαφωνίας με την ευχαρίστηση/δυσανεμία αντίστοιχα. Βασιστήκαμε στο καλά εδραιωμένο εύρημα από παλιότερες έρευνες ότι «η (μουσική) συμφωνία είναι ένα μέτρο της ευχαρίστησης» (Koelsch et al., 2006; Sammler et al., 2007). Ο όρος «συμφωνία» χρησιμοποιείται στη μουσική εκπαίδευση αναφερόμενος σε μουσικούς κανόνες και αντιμετωπίζεται από τους μουσικούς ως κάτι αντιληπτικά αναγνωρίσιμο, ενώ στη Μουσική Ακουστική και την Ψυχοακουστική ορίζεται με όρους Φυσικής. Ο Tenney (1988, όπως αναφέρεται στον Sethares, 2005) αναγνωρίζει ιστορικά 5 διαφορετικούς ορισμούς της έννοιας της συμφωνίας (Consonance-Dissonance Concept- CDC):

- I. CDC-1. Μελωδική Συμφωνία: Τα διαδοχικά μουσικά διαστήματα είναι σύμφωνα ή διάφωνα, ανάλογα με το περιβάλλον μελωδικό πλαίσιο.

- II. CDC-2. Πολυφωνική Συμφωνία: Τα σύγχρονα μουσικά διαστήματα (συνήχηση νοτών) είναι σύμφωνα ή διάφωνα ανάλογα με την απλότητα στο λόγο των θεμελιωδών συχνοτήτων των τόνων που συναποτελούν το διάστημα (σ.σ. αυτός είναι περίπου ο ορισμός που έχει δοθεί από τον Helmholtz, 1895, και εμφανίζεται συχνότερα στις έρευνες γύρω από τη συμφωνία). Σύμφωνα με τον Sethares (2005), ο συσχετισμός σύμφωνο-ευχάριστο και διάφωνο-δυσάρεστο, αναφέρεται συχνότερα σε αυτή την έννοια της συμφωνίας.
- III. CDC-3. Αντιστικτική Συμφωνία: Το μουσικό πλαίσιο είναι πολύ πιο σημαντικό για τον ορισμό της συμφωνίας, από ότι οι φυσικές ιδιότητες των ήχων.
- IV. CDC-4. Λειτουργική Συμφωνία: Αφορά στη σχέση του κάθε τόνου με μία «τονική». Είναι λειτουργική, γιατί «η μουσική χωρίς διάφωνα διαστήματα είναι νεκρή, αφού το στοιχείο της διαφωνίας είναι εκείνο που παρέχει μέρος της αίσθησης της κίνησης και της ρυθμικής ενέργειας» (Sethares, 2005, σελ. 79).
- V. CDC-5. Ψυχοακουστική Συμφωνία: Επικεντρώνεται σε αντιληπτικούς μηχανισμούς του ακουστικού μας συστήματος. Η αισθητηριακή διαφωνία φέρει ως βασική συνιστώσα τη σκληρότητα (roughness), όπως αυτή διαμορφώνεται από συχνότητες που βρίσκονται σε διακρότημα. Έτσι, η συμφωνία είναι η απαλότητα (smoothness) που σχετίζεται με την απουσία τέτοιων διακροτημάτων. Σύμφωνα με τον Sethares, η ιδέα της συμφωνίας/διαφωνίας επιφέρει τρία βασικά συμπεράσματα, ότι: 1) ακόμα και οι μεμονωμένοι σύνθετοι τόνοι διαθέτουν μια εσωτερική διαφωνία, 2) η συμφωνία και η διαφωνία δεν εξαρτώνται μόνο από το διάστημα που συναποτελούν οι θεμελιώδεις συχνότητες των νοτών, αλλά και στο συχνοτικό τους φάσμα (χροιά), και 3) η συμφωνία και η διαφωνία κινείται σε ένα συνεχές, δηλαδή δεν αποτελούν απόλυτες ιδιότητες.

Οι κατά Tenney (1988) έννοιες της Συμφωνίας I, III και IV δεν θα μας απασχολήσουν στην παρούσα έρευνα, καθώς θα αποφευχθεί όσο είναι δυνατό η παρουσία μουσικού πλαισίου (δεδομένου ότι αυτό μπορεί να επηρεάσει τις αποκρίσεις των συμμετεχόντων), και επικεντρωνόμαστε στα ψυχοακουστικά χαρακτηριστικά. Κοινώς, τα ερεθίσματα που κατασκευάσαμε είναι σύγχρονα μουσικά διαστήματα (απλή συνήχηση 2 νοτών) χωρίς να αποτελούν μέρος κάποιας

μελωδίας ή να συνιστούν μέρη ενός συνόλου με κάποιο «μουσικό νόημα» , πέρα από το γεγονός ότι αποτελούν όντως μουσικά διαστήματα, τα οποία συναποτελούνται από σύνθετους ήχους οι οποίοι διατηρούν κάποια από τα ακουστικά χαρακτηριστικά των νοτών (τονικό μουσικό ύψος-pitch, χροιά-timbre). Αναλυτική περιγραφή τους γίνεται στις ενότητες Πείραμα 2 και Πείραμα 3 ενώ στο Παράρτημα δίνεται ο κώδικας με τον οποίο κατασκευάστηκαν.

Για την καλύτερη κατανόηση των ορισμών της συμφωνίας/διαφωνίας που δόθηκαν παραπάνω, αλλά και του τρόπου κατασκευής των ερεθισμάτων που χρησιμοποιήσαμε στα πειράματά μας, είναι χρήσιμο να δώσουμε κάποιους σύντομους ορισμούς Ακουστικής και Ψυχοακουστικής:

- **απλός ημιτονοειδής τόνος:** ο απλούστερος ήχος που προκύπτει από την ταλάντωση ενός μέσου με συγκεκριμένη συχνότητα,
- **σύνθετος τόνος:** ήχος ο οποίος αποτελείται από ένα σύνολο απλών τόνων,
- **συχνοτικό φάσμα:** αναπαράσταση των συνιστωσών συχνοτήτων ενός σύνθετου ήχου, αντιστοιχεί στη χροιά,
- **θεμελιώδης συχνότητα:** ο απλός τόνος με τη μικρότερη συχνότητα, καθορίζει το μουσικό τονικό ύψος (pitch), και
- **αρμονική σειρά:** οι συχνότητες των διάφορων απλών τόνων που συνιστούν τον σύνθετο τόνο είναι ακέραια πολλαπλάσια της θεμελιώδους συχνότητας.

Σύμφωνα με τη CDC-2, η πολυφωνική συμφωνία αφορά σε τόνους που συνηχούν και εξαρτάται από την απλότητα των λόγων των θεμελιωδών συχνοτήτων που συναποτελούν ένα μουσικό διάστημα. Κατά την προσέγγιση αυτή, το πιο σύμφωνο μουσικό διάστημα είναι αυτό της οκτάβας (με λόγο θεμελιωδών συχνοτήτων 2:1), ακολουθεί το διάστημα της καθαρής πέμπτης (με λόγο θεμελιωδών συχνοτήτων 3:2), ενώ το πιο διάφωνο διάστημα είναι αυτό της μικρής δευτέρας ή ημιτονίου (με λόγο θεμελιωδών συχνοτήτων 16:15).

Η Ψυχοακουστική προσέγγιση ορίζει τη συμφωνία ως την απαλότητα (smoothness) που σχετίζεται με την απουσία διακροτημάτων (beats) στη βασική μεμβράνη (Plomp & Levelt, 1965). Η σκληρότητα (roughness) που γίνεται αντιληπτή ως «αισθητηριακή διαφωνία» (Sethares, 2005) συμβαίνει όταν η διαφορά στη

συχνότητα μεταξύ δύο ή περισσότερων τόνων που συνηχούν είναι μικρότερη από μια κρίσιμη ζώνη συχνοτήτων (critical band; Zwicker, 1980; Πίνακας 1).

TABLE I. Values of critical band rate and critical bandwidth as functions of frequency.

Critical band rate. Bark	Frequency Hz	Critical bandwidth Hz	Center frequency Hz
0	0		
1	100	100	50
2	200	100	150
3	300	100	250
4	400	100	350
5	510	110	450
6	630	120	570
7	770	140	700
8	920	150	840
9	1080	160	1000
10	1270	190	1170
11	1480	210	1370
12	1720	240	1600
13	2000	280	1850
14	2320	320	2150
15	2700	380	2500
16	3150	450	2900
17	3700	550	3400
18	4400	700	4000
19	5300	900	4800
20	6400	1100	5800
21	7700	1300	7000
22	9500	1800	8500
23	12 000	2500	10 500
24	15 500	3500	13 500

Πίνακας 1. Οι κρίσιμες ζώνες διαφοροποιούνται ως προς το εύρος τους σε συνάρτηση με τη συχνότητα (Zwicker, 1980).

Για τη διερεύνηση του κατά πόσο υπερισχύει η πολυφωνική συμφωνία ή η ψυχοακουστική συμφωνία στη συνολική αντίληψη της ευχαρίστησης, αλλά και για τη σύγκριση των αναμενόμενων συναισθηματικών αποκρίσεων αυτών των ερεθισμάτων με αυτές που αντιστοιχούν σε ερεθίσματα με πλήρες μουσικό περιεχόμενο, πραγματοποιήσαμε 3 πειράματα. Στο 1ο χρησιμοποιήσαμε ερεθίσματα (μουσικά αποσπάσματα) από τις έρευνες των Koelsch και συν. (2006) για να λάβουμε τις αξιολογήσεις που στη συνέχεια θα συγκρίνουμε με αυτές των δικών μας ερεθισμάτων, αλλά και για να διερευνήσουμε το ρόλο της διάρκειας. Στο 2ο πείραμα

κατασκευάσαμε απλούστερα μουσικά ερεθίσματα (χωρίς μουσικό περιεχόμενο) στα οποία εφαρμόσαμε τον ακουστικό χειρισμό του πειράματος 1 ως προς τη συμφωνία/διαφωνία. Στο 3ο πείραμα κατασκευάσαμε μια σειρά από απλά μουσικά διαστήματα με ορισμένο από την πολυφωνική προσέγγιση βαθμό διαφωνίας, τα οποία τροποποιήθηκαν ως προς το αρμονικό τους περιεχόμενο έτσι ώστε να διατηρείται ο λόγος των θεμελιωδών συχνοτήτων τους, αλλά να αλλοιώνεται η χροιά τους με τρόπο που να επηρεάζει την εσωτερική τους συμφωνία. Και στα 3 αυτά πειράματα διερευνήθηκε και ο ρόλος της χρονικής διάρκειας των μουσικών ερεθισμάτων για λόγους που θα αξιοποιηθούν σε μελλοντικές έρευνες.

Πείραμα 1

Στις έρευνες των Koelsch και συν. (2006) και Sammler και συν. (2007) χρησιμοποιήθηκαν αποσπάσματα κλασικής μουσικής. Ως σύμφωνα ορίστηκαν τα μουσικά αποσπάσματα αυτούσια (δηλαδή δεν ελήφθη υπόψη η μουσική δομή του κομματιού), ενώ ως διάφωνα ορίστηκαν τα ίδια κομμάτια, ψηφιακά επεξεργασμένα (ταυτόχρονη αναπαραγωγή τριών εκδοχών τους από διαφορετικές τονικότητες, 1 τόνο πάνω και 3 τόνους κάτω, ώστε να ακούγονται «φάλτσα»). Οι συμμετέχοντες έπρεπε να αξιολογούν κατά πόσο έβρισκαν ευχάριστο ή δυσάρεστο το μουσικό ερέθισμα. Σε αυτό το πείραμα χρησιμοποιήσαμε ένα από αυτά τα ερεθίσματα, με μόνη διαφορά ότι αποκόψαμε 3 διάρκειες, για να εξετάσουμε την επίδραση των μικρών διαρκειών (750-3000 ms) στην αντιληπτή ευχαρίστηση από τη μουσική.

Ερεθίσματα

Το ίδιο μουσικό κομμάτι σε δύο συνθήκες συμφωνίας/διαφωνίας x 3 διάρκειες (750, 1500, και 3000 ms). Τα ερεθίσματα αυτά δίνονται στη διεύθυνση http://stefan-koelsch.de/Music_Emotion1/.

Υπόθεση

Επανάληψη ευρημάτων των Koelsch και συν. (2006). Η συμφωνία είναι μέτρο της ευχαρίστησης. Διερεύνηση του ρόλου της διάρκειας για μικρές διάρκειες (750, 1500 και 3000 ms).

Μέθοδος

5-βάθμια κλίμακα (1=πολύ δυσάρεστο/κακόηχο, 3=ουδέτερο, 5=ευχάριστο/εύηχο) με ενθάρρυνση στους συμμετέχοντες να χρησιμοποιήσουν την κλίμακα σε όλο το

εύρος της. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι συναντήσαμε δυσκολία στο πώς θα εξηγήσουμε στους συμμετέχοντες -χωρίς να επηρεάσουμε το κριτήριό τους- ότι δεν ζητάμε να απαντούν κατά πόσο τους αρέσει ο ήχος που ακούνε, αλλά κατά πόσο τον αντιλαμβάνονται ως ευχάριστο ή δυσάρεστο. Η πρόταση που χρησιμοποιούσαμε για αυτή τη λεπτή διευκρίνιση ήταν «είναι πιθανό να αρέσει σε κάποιον κάτι που το αναγνωρίζει ως κακόηχο. Το κριτήριο της αξιολόγησης είναι δικό σας, απλά σας θυμίζουμε ότι η ερώτησή μας αφορά στο κατά πόσο βρίσκετε τον ήχο που ακούτε ως ευχάριστο ή δυσάρεστο, άσχετα με το αν σας αρέσει ή όχι». Κάθε ερέθισμα ακουγόταν 3 φορές μέσω κλειστών ακουστικών Sennheiser HD-380 Pro (54Ω, 8-27000Hz, THD<0.1%). Μετά το πείραμα απαντούσαν σε ερωτήσεις γύρω από το κριτήριο που χρησιμοποίησαν για την αξιολόγηση των ερεθισμάτων. Η παρουσίαση των ερεθισμάτων έγινε στο OpenSesame (Mathôt et al., 2012).

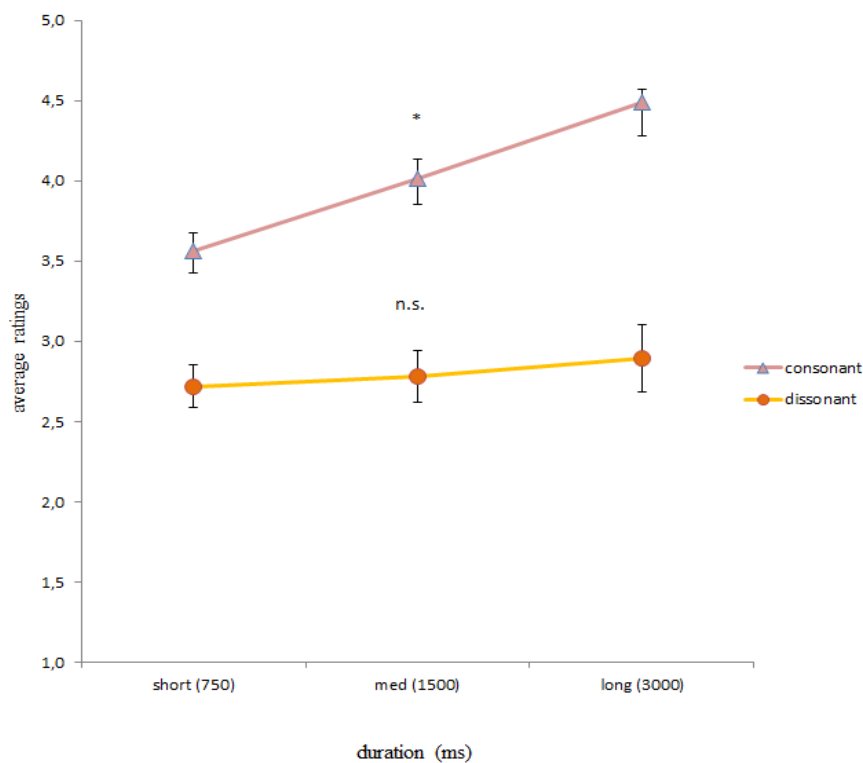
Συμμετέχοντες: 41, 30 γυναίκες (Mean=28.9 χρονών, std=6.35). 2 συμμετέχοντες απορρίφθηκαν από όλες τις αναλύσεις γιατί δεν ακολούθησαν τις οδηγίες του πειράματος. Πιο συγκεκριμένα, οι 2 αυτοί συμμετέχοντες ανέφεραν στο τέλος της πειραματικής διαδικασίας ότι το κριτήριο της αξιολόγησης τους ήταν γύρω από το ποιούς ήχους βρήκαν «πιο ενδιαφέροντες». Ο ένας συμμετέχων ανέφερε πως του «άρεσαν περισσότερο οι ήχοι που ακούγονταν κάπως detuned (σ.σ. ξεκούρδιστοι-φάλτσοι)» ενώ η δεύτερη συμμετέχουσα ανέφερε πως της αρέσουν πολύ οι ταινίες τρόμου (συγκεκριμένα ανέφερε ότι ο αγαπημένος σκηνοθέτης της είναι ο David Lynch) και έτσι αξιολόγησε ως πιο ευχάριστους τους ήχους που της θύμιζαν soundtracks τέτοιων ταινιών. Αυτή η «παρεξήγηση» των οδηγιών του πειράματος ήταν ακριβώς αυτή που προσπαθήσαμε να ελαχιστοποιήσουμε, δηλαδή να απαντά ο συμμετέχων με βάση την «προτίμησή» του (liking) και όχι με βάση την αντίληψη του κατά πόσο ένας ήχος είναι ευχάριστος ή δυσάρεστος. Αξίζει να σημειωθεί ότι και οι 2 αυτοί συμμετέχοντες ήταν οι μόνοι που έδωσαν υψηλότερες αξιολογήσεις στα διάφωνα ερεθίσματα των Koelsch και συν. (2006) από ότι στα σύμφωνα.

Αναλύσεις

Για κάθε συμμετέχοντα υπολογίστηκαν ο μέσος όρος των τριών αποκρίσεων για κάθε ερέθισμα. Τα δεδομένα αυτά εισήχθησαν στο SPSS και έγινε ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA). Όλες οι επιδράσεις αναφέρονται ως σημαντικές για $p < .05$.

Αποτελέσματα

Το τεστ Mauchly έδειξε ότι παραβιάστηκε η σφαιρικότητα για την κύρια επίδραση της διάρκειας, $\chi^2(2) = 15.21$, $p < .001$. Έτσι, οι βαθμοί ελευθερίας διορθώθηκαν χρησιμοποιώντας τις εκτιμήσεις Greenhouse-Geisser για τη σφαιρικότητα ($\epsilon = .74$). Υπήρξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση της συμφωνίας στις αξιολογήσεις της ευχαρίστησης, $F(1, 37) = 56.25$, $p < .001$, $\eta^2 = .603$. Οι συγκρίσεις κατά ζεύγη (κριτήριο Bonferroni, με συντελεστή $\alpha = .05$) έδειξαν ότι οι αξιολογήσεις των σύμφωνων αποσπασμάτων ήταν σημαντικά υψηλότερες (M.O.= 4.023, SE=.085) από αυτές των διάφωνων αποσπασμάτων (M.O.= 2.798, SE=.156).



Σχήμα 1. Αλληλεπίδραση συμφωνίας και διάρκειας. Όσο αυξάνεται η διάρκεια (για 750, 1500 και 3000 ms) τόσο αυξάνεται η ευχαρίστηση, αλλά μόνο για τα σύμφωνα μουσικά αποσπάσματα.

Επίσης, υπήρξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση της διάρκειας στις αξιολογήσεις της ευχαρίστησης, $F(1.49, 55.04) = 16.84$, $p < .001$, $\eta^2 = .391$. Οι συγκρίσεις κατά ζεύγη έδειξαν ότι τα αποσπάσματα μεγάλης διάρκειας (3000 ms)

αξιολογήθηκαν ως πιο ευχάριστα ($M.O.=3.693$, $SE=.124$) από αυτά μέσης διάρκειας (1500 ms; $M.O.=3.399$, $SE=0.102$) και μικρής διάρκειας (750 ms; $M.O.=3.140$, $SE=.103$). Υπήρξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ συμφωνίας και διάρκειας, $F(2, 74) = 15.23$, $p<.001$, $\eta^2 = .292$. Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι η διάρκεια έχει διαφορετική επίδραση στην αξιολόγηση της ευχαρίστησης, εξαρτώμενη από τη συμφωνία. Οι αναλύσεις κατά ζεύγη (κριτήριο Bonferroni, με συντελεστή $\alpha = .05$) έδειξαν ότι η διάρκεια είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στα σύμφωνα αποσπάσματα, αλλά όχι στα διάφωνα (Σχήμα 1).

Πείραμα 2

Χρησιμοποιήσαμε τον ακουστικό χειρισμό ως προς τη διαφωνία του πειράματος 1 σε απλούστερα μουσικά ερεθίσματα.

Ερεθίσματα

Κατασκευάσαμε στο MATLAB (Version 2007b, Mathworks Inc.) μία Λα μείζονα τρίφωνη συγχορδία (συνήχηση τριών νοτών). Οι νότες που συναποτελούν τη συγχορδία, αποτελούνται από τρεις αρμονικές συχνότητες. Για τον ακριβή τρόπο κατασκευής, βλ. Παράρτημα, συνάρτηση `akkornto`. Αυτό το ερέθισμα ορίστηκε ως σύμφωνο, κατ' αντιστοιχία με τον πειραματικό χειρισμό του πειράματος 1. Για την κατασκευή του διάφωνου διαστήματος, κατασκευάσαμε άλλες 2 τέτοιες συγχορδίες οι οποίες απείχαν έναν τόνο κάτω, και ένα τρίτονο πάνω από την αρχική αντίστοιχα, όπως ακριβώς έγινε και η επεξεργασία για τη διαφωνία στις έρευνες των Koelsch και συν. (2006). Η μίξη των 3 αρχείων ήχου έγινε στο Cubase SX3, όπως και η ισοστάθμιση των εντάσεων μεταξύ των 2 τελικών ερεθισμάτων με τη χρήση ντεσιμπελόμετρου.

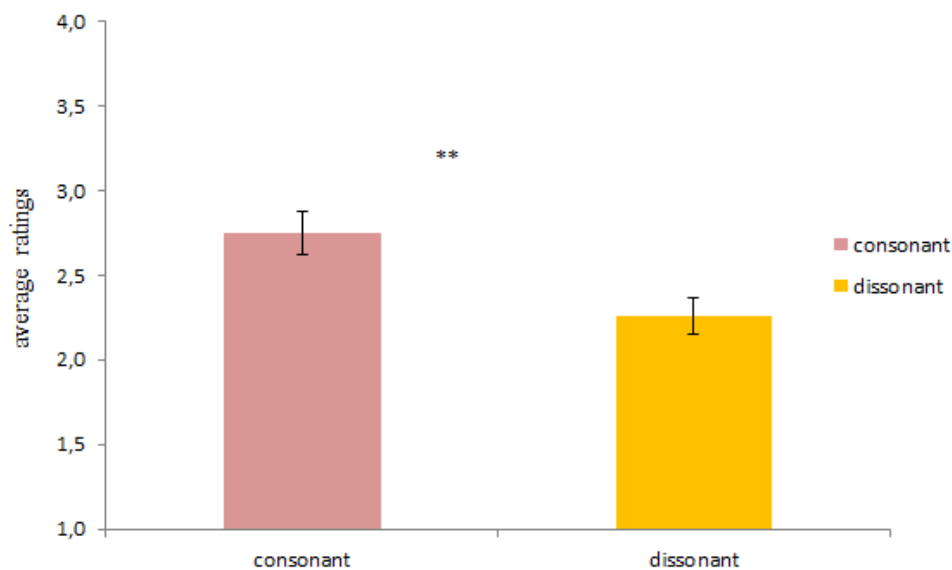
Υπόθεση

Έλεγχος της ιδέας «αν επαρκεί ο ακουστικός χειρισμός του πειράματος 1 για τη σαφή διάκριση μεταξύ των συναιθηματικών αποκρίσεων στην παράμετρο του σθένους σε απλά μουσικά ερεθίσματα» και διερεύνηση του ρόλου της διάρκειας στις αποκρίσεις των συμμετεχόντων.

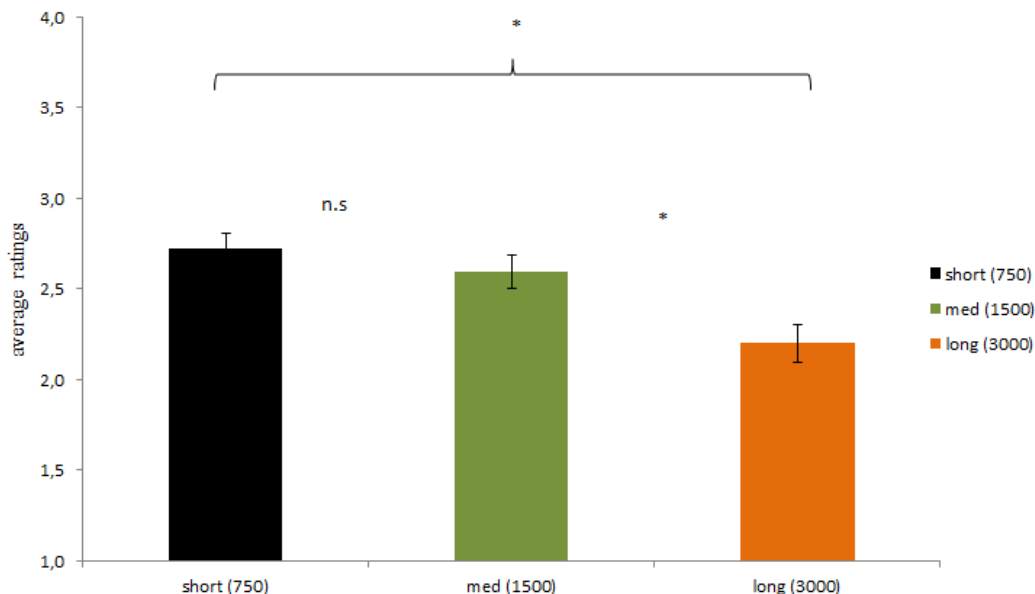
Μέθοδος, συμμετέχοντες, αναλύσεις: Ίδια με πείραμα 1.

Αποτελέσματα

Το τεστ Mauchly έδειξε ότι παραβιάστηκε η σφαιρικότητα για την κύρια επίδραση της διάρκειας, $\chi^2(2) = 8.85$, $p = .012$. Έτσι, οι βαθμοί ελευθερίας διορθώθηκαν χρησιμοποιώντας τις εκτιμήσεις Greenhouse-Geisser για τη σφαιρικότητα ($\epsilon = .82$). Υπήρξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση της συμφωνίας στις αξιολογήσεις της ευχαρίστησης, $F(1, 37)=8.15$, $p<.001$, $\eta^2 = .603$. Οι συγκρίσεις κατά ζεύγη (κριτήριο Bonferroni, με συντελεστή $\alpha = .05$) έδειξαν ότι οι αξιολογήσεις των σύμφωνων συγχορδιών ήταν σημαντικά υψηλότερες (M.O.= 2.748, SE=.126) από αυτές των διάφωνων συγχορδιών (M.O.=2.261, SE=.110) (Σχήμα 2). Υπήρξε στατιστικά σημαντική επίδραση της διάρκειας στις αξιολογήσεις της ευχαρίστησης, $F(1.7, 61.3) = 21.48$, $p<.001$, $\eta^2 = .374$. Οι αναλύσεις κατά ζεύγη (κριτήριο Bonferroni, με συντελεστή $\alpha = .05$) έδειξαν ότι η μεγαλύτερη διάρκεια των 3000 ms αξιολογήθηκε ως πιο δυσάρεστη (M.O.= 2.198, SE=.105) από τη μέση διάρκεια των 1500 ms (M.O.= 2.595, SE=.092) και τη μικρή διάρκεια των 750 ms (M.O.= 2.721, SE=.087). Η μέση διάρκεια δε διέφερε σημαντικά από τη μικρή (Σχήμα 3).



Σχήμα 2. Μέσες τιμές αποκρίσεων ως προς την ευχαρίστηση για σύμφωνες (consonant) και διάφωνες (dissonant) συγχορδίες.

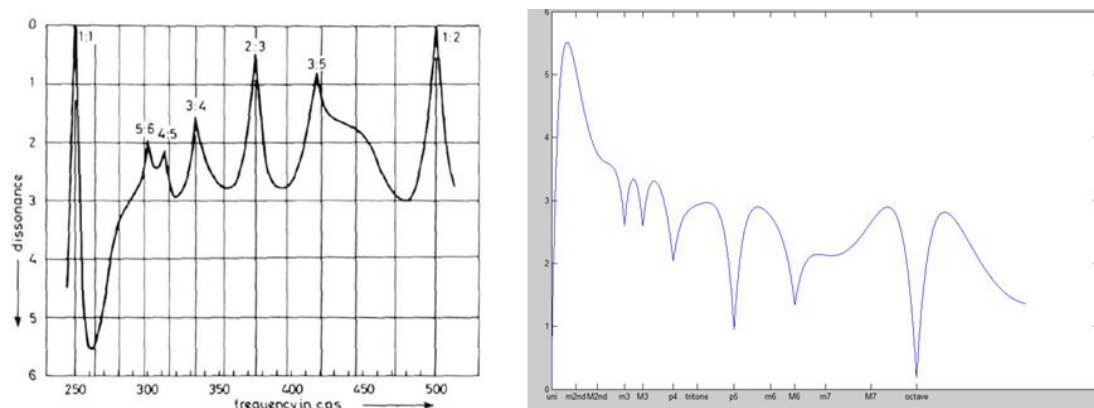


Σχήμα 3. Μέσες τιμές αποκρίσεων ως προς την ευχαρίστηση για σύντομες (short-750 ms), μέσης διάρκειας (med-1500 ms) και μεγαλύτερης διάρκειας (long-3000 ms) συγχορδίες.

Πείραμα 3

Τα 2 προηγούμενα πειράματα έδειξαν ότι α) ο ακουστικός χειρισμός προκαλεί διαφορές στη συναισθηματική απόκριση στη διάσταση του σθένους και β) αυτό συμβαίνει ακόμη και σε απλά μουσικά ερεθίσματα. Στο πείραμα αυτό εξετάσαμε απλά μουσικά διαστήματα (συνήχηση 2 νοτών) με διαφορετικό ακουστικό χειρισμό ως προς τη διαφωνία, τέτοιον που να υπακούει στους ορισμούς που δίνει η ψυχοακουστική προσέγγιση της συμφωνίας (CDC-5) και η προσέγγιση της πολυφωνικής συμφωνίας (CDC-2).

Οι Plomp και Levelt (1965) εξέτασαν την αντιληπτή συμφωνία/διαφωνία μεταξύ απλών και σύνθετων τόνων στο συχνοτικό εύρος μιας οκτάβας. Για απλούς τόνους βρήκαν ότι η αντιληπτή διαφωνία αυξάνεται εκθετικά όταν απομακρυνόμαστε από την ταυτοφωνία, αλλά πολύ σύντομα μειώνεται επίσης εκθετικά, αλλά με πιο αργό τρόπο προς την αίσθηση της συμφωνίας στο διάστημα της οκτάβας. Χρησιμοποιώντας σύνθετους τόνους, βρήκαν παρόμοια τάση στα αποτελέσματά τους, αλλά με τοπικά ελάχιστα στους λόγους θεμελιωδών συχνοτήτων που αντιστοιχούν στα χρησιμοποιούμενα μουσικά διαστήματα κατά το συγκεκριμένο μουσικό σύστημα (Σχήμα 4).

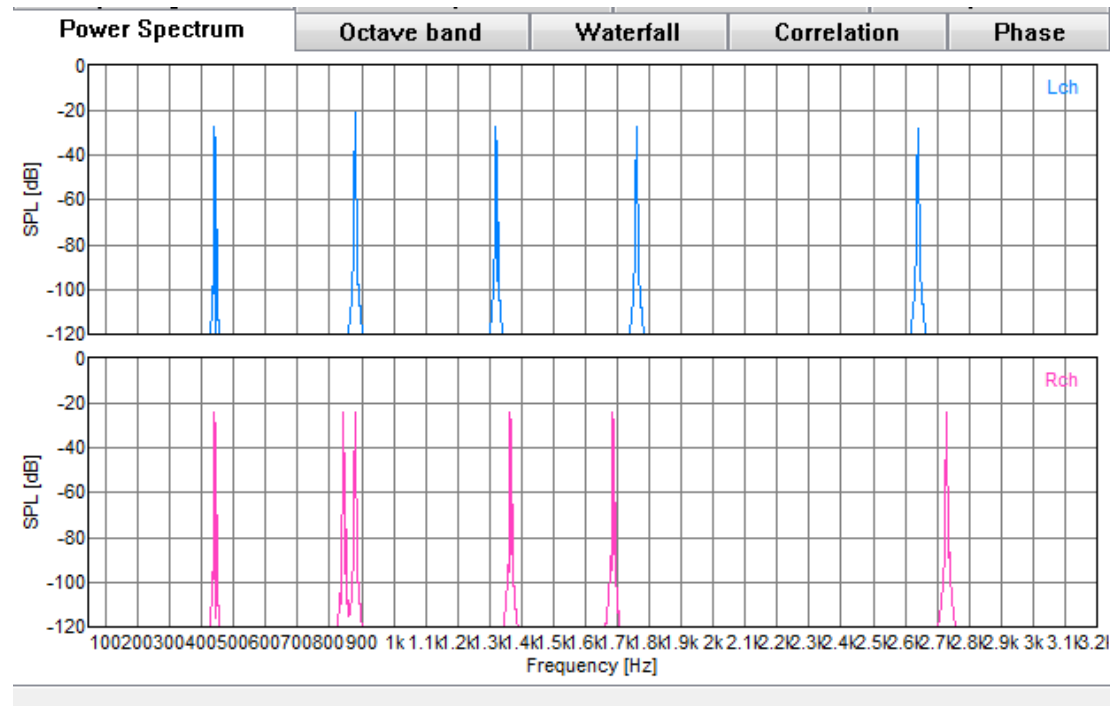


Σχήμα 4. Αριστερά: Η αισθητηριακή συμφωνία για 2 σύνθετους τόνους που αποτελούνται από 6 αρμονικές συχνότητες ο καθένας, με τον τόνο-βάση να έχει θεμελιώδη συχνότητα 250Hz και τον δεύτερο (που συνηχεί με τον πρώτο) να ξεκινάει από 250Hz και να μετακινείται προς μεγαλύτερες συχνότητες με συνεχή τρόπο. Οι κορυφές εμφανίζονται στους λόγους θεμελιωδών συχνοτήτων 1:1 (ταυτοφωνία), 1:2 (οκτάβα), 2:3 (καθαρή 5η) και ακολουθούν τα υπόλοιπα διαστήματα. Δεξιά: Η πρόβλεψη του μοντέλου του Sethares (2005) για τους ίδιους τόνους. Ο κάθετος άξονας παριστάνει τη διαφωνία, γι' αυτό το σχήμα είναι ανεστραμμένο.

Ο Sethares (2005) υλοποίησε ένα μαθηματικό μοντέλο, το οποίο προσομοιώνει τα διαγράμματα διαφωνίας των Plomp και Levelt (1965) για διάφορα αρμονικά περιεχόμενα (χροιές). Η ιδέα μας ήταν να κατασκευάσουμε μουσικά σύμφωνα και διάφωνα διαστήματα που αποτελούνται από σύνθετους τόνους που περιέχουν 3 συνιστώσες συχνότητες, αλλά η επιλογή των συχνοτήτων αυτών έγινε με τέτοιο τρόπο, ώστε στη μία συνθήκη να αποτελούν αρμονική σειρά (και άρα να χαρακτηρίζονται από εσωτερική συμφωνία), ενώ στην άλλη συνθήκη να μην αποτελούν αρμονική σειρά (και άρα να χαρακτηρίζονται από εσωτερική διαφωνία).

Για την επιλογή των συχνοτήτων που θα αποτελούσαν τη μη αρμονική σειρά, χρησιμοποιήσαμε τον πίνακα του Zwicker (1980; Πίνακας1) και σε συνδυασμό με δοκιμές στο μοντέλο του Sethares (2005) καταλήξαμε στην επιλογή της χροιάς $f^*[1.915 \ 3.102]$, δηλαδή στη συνθήκη του μη αρμονικού περιεχομένου, το φασματικό περιεχόμενο περιείχε τη θεμελιώδη συχνότητα, μία συχνότητα πολλαπλασιασμένη με τη θεμελιώδη με τον παράγοντα 1.915 και μία ακόμα συχνότητα πολλαπλασιασμένη με τη θεμελιώδη με τον παράγοντα 3.102 (Σχήμα 5). Επιπλέον, επειδή δεν αλλοιώνεται η θεμελιώδης συχνότητα της κάθε νότας, δεν αλλοιώνεται και ο λόγος των θεμελιωδών συχνοτήτων των νοτών που αποτελούν το μουσικό διάστημα, άρα το τελευταίο παραμένει αμετάβλητο, παρότι επηρεάζεται η εκτιμώμενη πρόκληση

αισθητηριακής (εσωτερικής) διαφωνίας. Τα μουσικά διαστήματα που επιλέξαμε είναι αυτά της μικρής 2ας (m2), της καθαρής 5ης (p5) και της οκτάβας (oct). Ως προς τη CDC-2 το διάστημα m2 θεωρείται διάφωνο ενώ τα άλλα σύμφωνα, καθώς διαθέτουν απλούστερους λόγους θεμελιωδών συχνοτήτων. Κάθε διάστημα είχε τόνο-βάση τη νότα Λα με θεμελιώδη συχνότητα 440Hz.

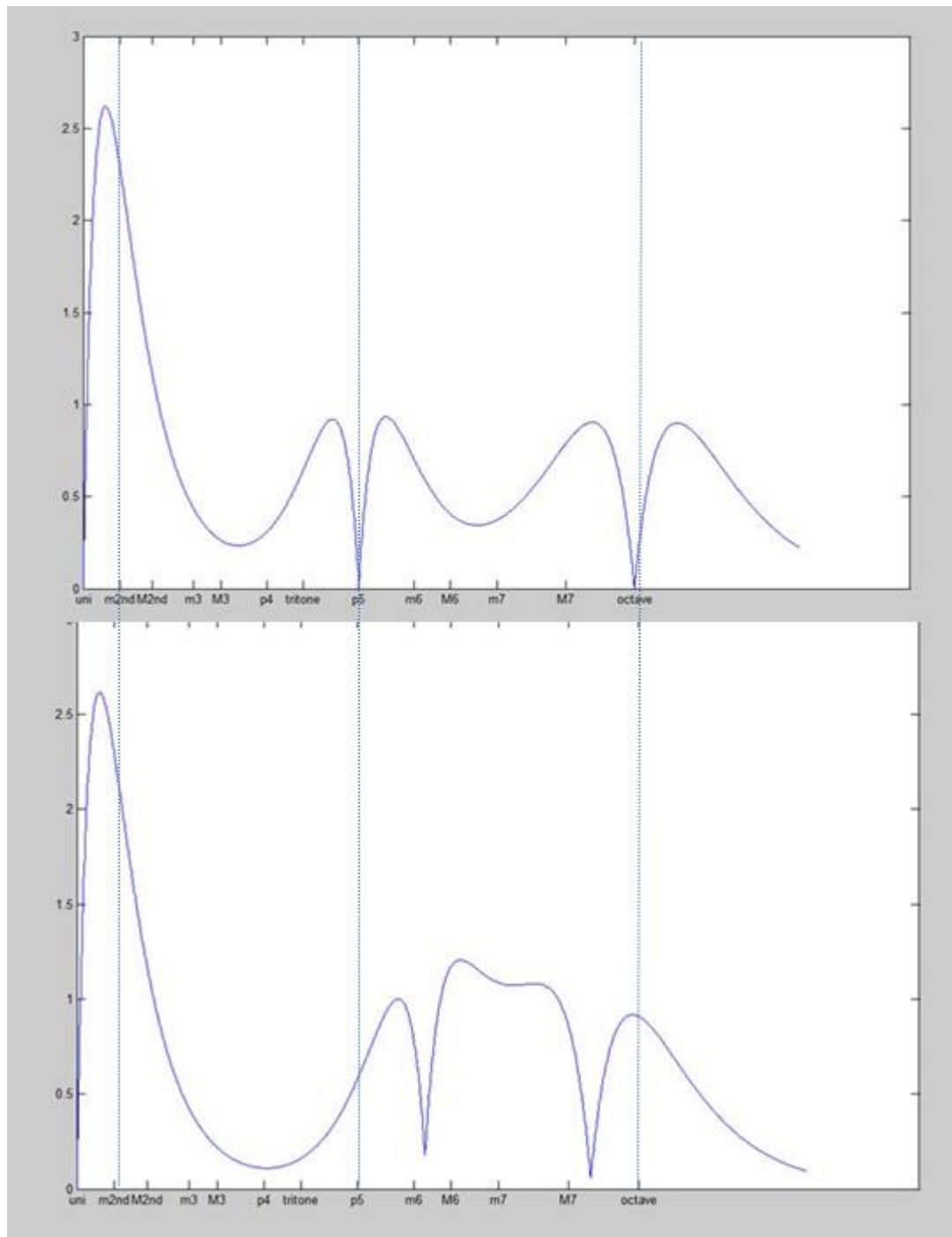


Σχήμα 5. Φάσματα ισχύος του μουσικού διαστήματος της οκτάβας, που συνίσταται από τις νότες A4 και A5 με αρμονική (πάνω) και αναρμονική χροιά (κάτω). Η αναρμονική οκτάβα περιέχει ζεύγη συχνοτήτων που δημιουργούν διακροτήματα στη βασική μεμβράνη του αυτιού, εξαιτίας του γεγονότος ότι η διαφορά τους είναι μικρότερη από μια κρίσιμη ζώνη (Plomp & Levelt, 1965). Παρόλαυτά, ο λόγος των θεμελιωδών συχνοτήτων που συνιστούν το μουσικό διάστημα παραμένει να είναι 2:1.

Χρησιμοποιήσαμε 3 μουσικά διαστήματα x 2 αρμονικά περιεχόμενα (εσωτερική συμφωνία/διαφωνία) x 3 διάρκειες (750, 1500 και 3000ms) = 18 ερεθίσματα. Όλα τα ερεθίσματα κατασκευάστηκαν στο MATLAB (Version 2007b, Mathworks Inc.), ενώ η ισοστάθμιση των εντάσεών τους έγινε στο Cubase SX3. Το μοντέλο του Sethares (2005) προβλέπει τα αποτελέσματα που φαίνονται στο Σχήμα 6, για την αισθητηριακή διαφωνία για κάθε διάστημα και για τις δύο συνθήκες αρμονικού περιεχομένου.

Υπόθεση

Ως προς το μουσικό διάστημα, οι αξιολογήσεις θα πρέπει να διαφοροποιούνται όπως προβλέπει ο λόγος των θεμελιωδών συχνοτήτων. Θα πρέπει να προκύπτει ότι η οκτάβα είναι το πιο ευχάριστο διάστημα (ως περισσότερο σύμφωνο), να ακολουθεί η καθαρή 5η και η χαμηλότερη αξιολόγηση να δίνεται στη μικρή δευτέρα. Ως προς το αρμονικό περιεχόμενο υποθέτουμε ότι η αρμονική συνθήκη θα αξιολογείται σημαντικά υψηλότερα από τη μη αρμονική συνθήκη στα σύμφωνα μουσικά διαστήματα (οκτάβα, καθαρή 5η), αλλά δεν θα υπάρχουν διαφορές στο μουσικά διάφωνο διάστημα (μικρή 2α). Αυτά προβλέπονται από το μοντέλο. Εξετάσαμε πάλι και το ρόλο της διάρκειας.



Σχήμα 6. Προβλέψεις μαθηματικού μοντέλου Sethares (2005) ως προς την αισθητηριακή διαφωνία (κάθετος άξονας) για όλα τα μουσικά διαστήματα εντός μιας οκτάβας (οριζόντιος άξονας), και για δύο συνθήκες αρμονικού περιεχομένου (πάνω: αρμονική σειρά $f + 2f + 3f$, κάτω: μη αρμονική σειρά $f + 1.915f + 3.102f$). Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές δείχνουν τα υπό εξέταση μουσικά διαστήματα (μικρή 2^a , καθαρή $5^η$, και οκτάβα).

Μέθοδος

Ίδια με πειράματα 1 και 2 με τη διαφορά ότι υπήρξαν 2 blocks παρουσίασης των ερεθισμάτων. Στο 1ο block παρουσιάζονταν τα ερεθίσματα μία φορά ενώ στο 2ο block το κάθε ερέθισμα παρουσιαζόταν 3 φορές. Τα ερεθίσματα παρουσιάζονταν τυχαία και στα 2 blocks. Μετά το τέλος του 1ου block ο συμμετέχων επέλεγε με την πίεση ενός πλήκτρου να συνεχίσει στο 2ο. Ο ρόλος του 1ου block ήταν η καθοδήγηση της διακριτικής ικανότητας των συμμετεχόντων ως προς την ανίχνευση των *σχετικών* διαφορών των ερεθισμάτων.

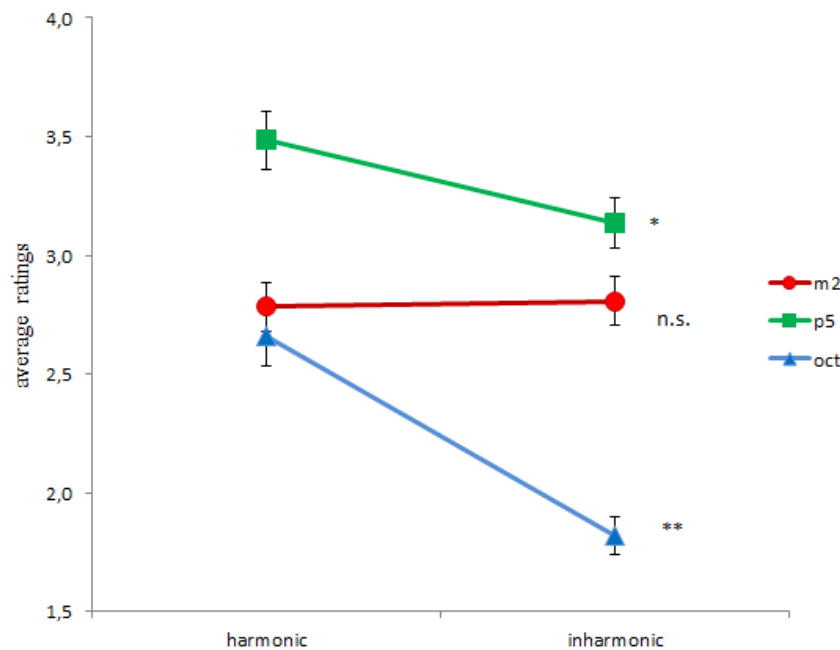
Αναλύσεις

Τα δεδομένα του 1ου block δεν συμπεριλήφθηκαν στις αναλύσεις μας. Για το 2ο block εξετάστηκε η συνέπεια των απαντήσεων του κάθε συμμετέχοντα για κάθε ερέθισμα. Αν διακρίνονταν σημαντικές ασυνέπειες για τις 3 διαφορετικές αξιολογήσεις που έδινε ένας συμμετέχων στο ίδιο ερέθισμα, θα εξεταζόταν η απόρριψή του από το δείγμα, αλλά κάτι τέτοιο δε συνέβη.

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι των αξιολογήσεων του κάθε συμμετέχοντα για κάθε ερέθισμα και αυτά τα δεδομένα εισήχθησαν στο SPSS όπου έγινε ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων.

Αποτελέσματα

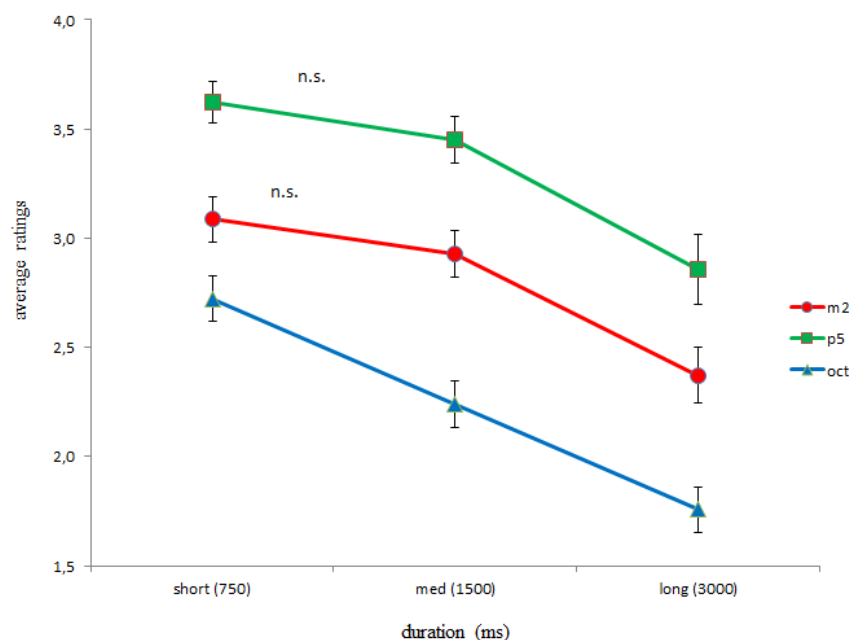
Το τεστ Mauchly έδειξε ότι παραβιάστηκε η σφαιρικότητα για την κύρια επίδραση της διάρκειας, $\chi^2(2) = 26.10$, $p < .001$. Έτσι, οι βαθμοί ελευθερίας διορθώθηκαν χρησιμοποιώντας τις εκτιμήσεις Greenhouse-Geisser για τη σφαιρικότητα ($\epsilon = .66$). Υπήρξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του μουσικού διαστήματος στις αξιολογήσεις της ευχαρίστησης, $F(2, 76) = 35.85$, $p < .001$, $\eta^2 = .485$. Οι αναλύσεις κατά ζεύγη (κριτήριο Bonferroni, με συντελεστή $\alpha = .05$) έδειξαν ότι οι αξιολογήσεις της ευχαρίστησης ήταν μεγαλύτερες για το διάστημα της καθαρής 5^{ης} (M.O.=3.309, SE=.104) σε σύγκριση με αυτές για το διάστημα της μικρής 2^{ης} (M.O.=2.795, SE=.097) και το διάστημα της οκτάβας (M.O.= 2.239, SE=.084). Υπήρξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του αρμονικού περιεχομένου στις αξιολογήσεις της ευχαρίστησης, $F(1, 38) = 35.48$, $p < .001$, $\eta^2 = .503$. Οι συγκρίσεις κατά ζεύγη (κριτήριο Bonferroni, με συντελεστή $\alpha = .05$) έδειξαν ότι οι αξιολογήσεις ως προς την ευχαρίστηση που προκαλούν οι αρμονικοί τόνοι (M.O.= 2.975, SE= .077) ήταν μεγαλύτερες από αυτές που προκαλούν οι μη αρμονικοί τόνοι (M.O.= 2.587, SE=.061).



Σχήμα 7. Αλληλεπίδραση μουσικού διαστήματος και αρμονικού περιεχομένου.

Επίσης, υπήρξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση της διάρκειας στις αξιολογήσεις της ευχαρίστησης, $F(1.33, 60.89) = 44.06$, $p < .001$, $\eta^2 = .537$. Οι συγκρίσεις κατά ζεύγη (κριτήριο Bonferroni, με συντελεστή $\alpha = .05$) έδειξαν ότι οι αξιολογήσεις της ευχαρίστησης των μικρών διαστημάτων των 750 ms (M.O.=3.144, SE=.070) ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερες από αυτές των μέσων διαρκειών των 1500 ms (M.O.= 2.872, SE=.073) και των μεγαλύτερων διαρκειών των 3000 ms (M.O.= 2.328, SE=.095). Υπήρξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ του μουσικού διαστήματος και του αρμονικού περιεχομένου, $F(1.72, 65.38) = 20.89$, $p < .001$, $\eta^2 = .355$. Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι το αρμονικό περιεχόμενο είχε διαφορετική επίδραση στις αξιολογήσεις της ευχαρίστησης, εξαρτώμενη από το μουσικό διάστημα. Οι αναλύσεις κατά ζεύγη (κριτήριο Bonferroni, με συντελεστή $\alpha = .05$) έδειξαν ότι το αρμονικό περιεχόμενο είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στα διαστήματα καθαρής 5^{ης} και οκτάβας, αλλά όχι στο διάστημα μικρής 2^{ας} (Σχήμα 7). Επίσης, υπήρχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ μουσικού διαστήματος και χροιάς, $F(3.42, 129.92) = 2.95$, $p = .029$, $\eta^2 = .072$. Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι η διάρκεια είχε διαφορετική επίδραση στις αξιολογήσεις της ευχαρίστησης, εξαρτημένη από το μουσικό διάστημα. Οι συγκρίσεις κατά ζεύγη (κριτήριο Bonferroni, με συντελεστή $\alpha = .05$) έδειξαν ότι η διάρκεια είχε στατιστικά σημαντική επίδραση για

το διάστημα της οκτάβας, καθώς και ότι οι αξιολογήσεις για τα σύντομα (750 ms) και μέσης διάρκειας (1500 ms) διαστήματα δεν ήταν στατιστικά σημαντικά διαφορετικές για τα μουσικά διαστήματα της καθαρής 5^{ης} και μικρής 2^{ας} (Σχήμα 8).



Σχήμα 8. Αλληλεπίδραση μουσικού διαστήματος και διάρκειας. Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές εκτός από τις περιπτώσεις όπου σημειώνεται.

Συζήτηση

Στο πείραμα 1 επαναλήφθηκαν τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών, όπως ότι: α) η συμφωνία (όπως ορίζεται εκεί) είναι μέτρο της ευχαρίστησης (Koelsch et al., 2006), β) μικρές διάρκειες είναι ικανές για τη σαφή διάκριση μεταξύ ευχάριστων και δυσάρεστων μουσικών ερεθισμάτων (Peretz et al., 1998). Αντίθετα με το εύρημα της Sammler και συν. (2007), ότι η αξιολόγηση του συναισθηματικού σθένους μειώνεται με τη διάρκεια (χρησιμοποίησαν διάρκειες 22 και 44 s), βρήκαμε ότι για πολύ μικρότερες διάρκειες (750, 1500 και 3000 ms) το συναισθηματικό σθένος φαίνεται να αξιολογείται υψηλότερα όσο αυξάνεται η διάρκεια, αλλά μόνο για τα σύμφωνα αποσπάσματα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το εύρημα ότι υπάρχει επίδραση της διάρκειας στην αξιολόγηση των σύμφωνων ερεθισμάτων, αλλά απουσιάζει αυτή η επίδραση στα διάφωνα ερεθίσματα. Στο πείραμα 2 επαληθεύτηκε η υπόθεση ότι ο ακουστικός χειρισμός των Koelsch και συν. (2006) μπορεί να προκαλέσει διαφορές

στη συναισθηματική απόκριση ακόμα και σε απλούστερα μουσικά ερεθίσματα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το εύρημα ότι η επίδραση της διάρκειας στα απλά ερεθίσματα του πειράματος 2 έχει αντίστροφη τάση από αυτή που φαίνεται στο πείραμα 1 όπου χρησιμοποιείται μουσική. Η σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο αυτών πειραμάτων δείχνει ότι: 1) οι απόλυτες τιμές των αξιολογήσεων είναι συνολικά υψηλότερες για τα μουσικά αποσπάσματα σε σύγκριση με τα απλά μουσικά ερεθίσματα, 2) οι διαφορές στις αξιολογήσεις που οφείλονται στη συμφωνία ή τη διαφωνία είναι μεγαλύτερες στα μουσικά αποσπάσματα σε σύγκριση με τα απλά μουσικά ερεθίσματα, 3) υπάρχει αντίστροφη τάση της επίδρασης της διάρκειας στην αξιολόγηση της ευχαρίστησης. Στα μουσικά αποσπάσματα όσο αυξάνεται η διάρκεια, αυξάνεται και η ευχαρίστηση ενώ στα απλά μουσικά ερεθίσματα συμβαίνει το αντίθετο. Τα αποτελέσματα 1 και 2 ενδεχομένως να αντιπροσωπεύουν τις διαφορές που έγκεινται στην παρουσία ή όχι του μουσικού πλαισίου και συμμετέχουν στην αποτίμηση της συνολικής αντίληψης της ευχαρίστησης.

Στο πείραμα 3 επαληθεύθηκε η επίδραση του μουσικού διαστήματος, αλλά όχι με τον τρόπο που προέβλεπε το μοντέλο του Sethares (2015) και η πολυφωνική προσέγγιση της συμφωνίας (CDC-2). Προέκυψε πως το διάστημα της οκτάβας, παρότι διαθέτει τον απλούστερο λόγο θεμελιωδών συχνοτήτων (άρα θεωρείται «πολύ σύμφωνο»), αξιολογείται ως το πιο δυσάρεστο ενώ το διάστημα μικρής 2ας που διαθέτει τον πολυπλοκότερο λόγο θεμελιωδών συχνοτήτων (άρα θεωρείται ως «πολύ διάφωνο»), αξιολογείται ως πιο ευχάριστο από την οκτάβα. Η αλληλεπίδραση όμως του μουσικού διαστήματος με το αρμονικό περιεχόμενο, δείχνει ότι στην τροποποίηση του αρμονικού περιεχομένου (που αντιστοιχεί στη χροιά) οι αξιολογήσεις διαφέρουν σημαντικά ως προς το μουσικό διάστημα. Το παραπάνω αποτελεί ένδειξη πως τα πιο σύμφωνα μουσικά διαστήματα κατά την πολυφωνική προσέγγιση (CDC-2) επηρεάζονται περισσότερο όταν διαταράσσεται η συμφωνία όπως ορίζεται από την ψυχοακουστική προσέγγιση (CDC-5). Με πολύ απλά λόγια, φαίνεται σαν το μοντέλο να προβλέπει όχι τα πιο ευχάριστα διαστήματα, αλλά ποιά θα χειροτερέψουν περισσότερο στη μεταβολή της χροιάς (από αρμονική σειρά σε μη αρμονική).

Γενικότερη Συζήτηση

Τα παραπάνω ευρήματα συντάσσονται με ευρήματα άλλων ερευνών που υποστηρίζουν πως ο ακουστικός χειρισμός επηρεάζει τη γνωστική αποτίμηση της συναισθηματικής αντίδρασης στους ήχους και ειδικότερα στη μουσική. Η συμφωνία, ορισμένη πολυποίκιλα, φαίνεται να επιδρά σε κάθε περίπτωση στην αντίληψη ενός μουσικού ερεθίσματος ως ευχάριστο ή δυσάρεστο, είτε το ερέθισμα αποτελεί ένα μουσικό κομμάτι είτε έναν ηλεκτρονικό ήχο αποτελούμενο από 6 ημιτονοειδείς τόνους.

Η πολυφωνική προσέγγιση αναφέρεται στο λόγο των θεμελιωδών συχνοτήτων των τόνων που συναποτελούν το μουσικό διάστημα, χωρίς να υπεισέρχεται στην ακουστική δομή (φασματικό περιεχόμενο) τους. Μια νότα που παράγεται από ένα μουσικό όργανο ωστόσο καθορίζεται και από το φασματικό της περιεχόμενο. Οι σχετικές εντάσεις και η διασπορά των συχνοτήτων που τη συνθέτουν είναι που καθορίζουν τη χροιά της, δηλαδή το γνώρισμα εκείνο που μας επιτρέπει να διακρίνουμε ότι η νότα που ακούμε προέρχεται από ένα συγκεκριμένο όργανο, π.χ. πιάνο. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων μας συντάσσονται και με άλλες έρευνες που δείχνουν ότι η επιλογή των μουσικών οργάνων από τους συνθέτες (δηλαδή η επιλογή των χροιών των ήχων που θα χρησιμοποιήσουν) συσχετίζεται με το συναίσθημα που θέλουν να προκαλέσουν (Schutz et al., 2008). Η έρευνα των Schultz και συν. δείχνει ότι το ξυλόφωνο χρησιμοποιείται συστηματικά σε μουσικά κομμάτια που αξιολογούνται ως «χαρούμενα», επειδή οι ακουστικές ιδιότητες της χροιάς του είναι διαφορετικές από τις ακουστικές ιδιότητες της θλιμμένης φωνής στο λόγο (χαμηλή θεμελιώδης συχνότητα, «σκοτεινή» χροιά – αντιστοιχεί ακουστικά σε φάσματα με εξασθενημένες τις υψηλές αρμονικές συχνοτήτες σε αντίθεση με τη «λαμπερή» χροιά που αντιστοιχεί ακουστικά σε φάσματα με ενισχυμένες τις υψηλές αρμονικές συχνοτήτες, χαμηλός ρυθμός άρθρωσης).

Η συμφωνία, παρότι χρησιμοποιείται σχεδόν σαν συνώνυμο της ευχαρίστησης στη σχετική βιβλιογραφία, αποτελεί μία έννοια που απαιτείται να ορίζεται σε κάθε ξεχωριστή έρευνα, και μάλιστα παρά το γεγονός ότι το εύρημα παραμένει πάντα το ίδιο (η συμφωνία είναι μέτρο της ευχαρίστησης), συναντάμε διάφορους ορισμούς της. Για παράδειγμα, στην έρευνα των Koesch και συν. (2007) ορίστηκαν ως σύμφωνα τα

μουσικά αποσπάσματα αυτούσια (δηλαδή δεν ελήφθη υπόψη η μουσική δομή του κομματιού), ενώ ως διάφωνα ορίστηκαν τα ίδια κομμάτια, ψηφιακά επεξεργασμένα (ταυτόχρονη αναπαραγωγή τριών εκδοχών τους από διαφορετικές τονικότητες, 1 τόνο πάνω και 3 τόνους κάτω). Ενδεχομένως, για αυτό το λόγο να αναφέρονται ως «μονίμως» διάφωνα. Στην έρευνα των Blood και συν. (1999) η διαφωνία διαβαθμιζόταν από τη σχέση των νοτών μιας μελωδίας με την αρμονική δομή των αντίστοιχων συγχορδιών (η διαφωνία θεωρήθηκε ελάχιστη όταν οι αντίστοιχες συγχορδίες αποτελούσαν μείζονες τριάδες -όπως στην τρίφωνη εναρμόνιση μιας μείζονος κλίμακας- ενώ θεωρήθηκε μέγιστη όταν οι αντίστοιχες συγχορδίες αποτελούσαν τριάδες ελαττωμένης 13ης-flatted 13th triads). Σε αυτές τις έρευνες έγιναν πιλοτικά πειράματα για τον καθορισμό της σχέσης της διαφωνίας του χειρισμού με την αντιληπτή δυσαρέσκεια.

Σε άλλες έρευνες, π.χ. Gomez και συν. (2007) όπου εξετάστηκε η σχέση της μουσικής δομής και συναισθήματος με ψυχοφυσιολογικές μεθόδους, 10 δομικά χαρακτηριστικά (μεταξύ των οποίων και η συμφωνία) διαφόρων μουσικών αποσπασμάτων, αξιολογήθηκαν από 3 μουσικούς ειδήμονες (experts). Στην έρευνα των Trainor και συν. (1998) χρησιμοποιήθηκε χροιά πιάνο και τα μουσικά διαστήματα ορίστηκαν ως σύμφωνα ή διάφωνα ως συνάρτηση της απλότητας του λόγου των θεμελιωδών συχνοτήτων των συνιστωσών τόνων ενώ στο 2^ο πείραμά τους χρησιμοποίησαν ένα μινουέττο του Mozart σε Ντο Μείζονα ως σύμφωνο ερέθισμα, ενώ ως διάφωνο χρησιμοποίησαν το ίδιο μουσικό απόσπασμα αφότου αντικατέστησαν από τη μελωδία τη νότα Σολ (5^η νότα της Ντο μείζονος κλίμακας) με Σολ ύφεση (ελαττωμένη 5^η) και τη νότα Ρε (2^η νότα της Ντο μείζονος κλίμακας) με Ρε ύφεση (2^η ελαττωμένη). Τέλος, στην έρευνα των Gosselin και συν. (2006), σύμφωνα θεωρήθηκαν τα αυτούσια μουσικά κομμάτια, ενώ διάφωνα θεωρήθηκαν τα ίδια κομμάτια αφότου έγινε μετατόπιση του τονικού ύψους (pitch) της μελωδίας κατά ένα ημιτόνιο (είτε πάνω ή κάτω).

Έτσι, φαίνεται πως στις περισσότερες έρευνες γύρω από τη συμφωνία, ο γενικός ορισμός της γίνεται με βάση την πολυφωνική έννοια της συμφωνίας κατά Tenney (1988), όμως ο πειραματικός χειρισμός γίνεται κατά την κρίση των ερευνητών. Στα ερεθίσματα της παρούσας έρευνας (πείραμα 3) δεν συμβαίνει το ίδιο. Η διαφωνία ορίζεται διακριτά σε πολυφωνική και ακουστική, όπως δίνονται από τους ορισμούς του Tenney (CDC-2 και CDC-5 αντίστοιχα), αφού ο ακουστικός χειρισμός δεν

επηρεάζει τους λόγους των θεμελιωδών συχνοτήτων που συναποτελούν το μουσικό διάστημα (δηλαδή τη συμφωνία κατά την πολυφωνική προσέγγιση). Και ενώ είναι εμφανές πως οποιοσδήποτε χειρισμός της συμφωνίας/διαφωνίας, θα έχει επίδραση στην αξιολόγηση της δυσαρέσκειας, δεν έχει ξαναδειχθεί (κατά τη γνώση μας) η αλληλεπίδραση μεταξύ δύο διαφορετικών (και γενικά αποδεκτών) ορισμών της συμφωνίας.

Πλαίσιο

Στην παρούσα εργασία συναντάται συχνά η λέξη πλαίσιο ή μουσικό νόημα, χωρίς να έχει οριστεί πλήρως. Η έννοια του μουσικού πλαισίου είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη, αφού όπως προαναφέρθηκε, ένα μουσικό κομμάτι είναι δυνατό να εξεταστεί από διάφορες σκοπιές μεταξύ των οποίων ενδεικτικά αναφέραμε τη Μουσικολογία και την Μουσική Κοινωνιολογία. Επειδή λοιπόν «πλαίσιο» μπορεί να είναι το οτιδήποτε, είναι ευκολότερο να ορίσουμε τι δεν θεωρήσαμε πλαίσιο στα ερεθίσματα που κατασκευάσαμε.

Όσον αφορά στην πραγματική μουσική, στα δομικά (μουσικολογικά) στοιχεία της για τα οποία εξετάζεται η συναισθηματική απόκριση περιλαμβάνεται συχνότερα το τέμπο (μετρήσιμο σε bpm, beats per minute) και ο μουσικός τρόπος (mode) – ειδικότερα αν η κλίμακα είναι σε μείζονα ή ελάσσονα τρόπο. Είναι καλά εδραιωμένο ότι τα μουσικά κομμάτια σε ελάσσονα τρόπο και αργό τέμπο εκλαμβάνονται ως τέτοια που προκαλούν τη θλίψη ενώ τα κομμάτια σε μείζονα τρόπο και γρήγορο τέμπο εκλαμβάνονται ως τέτοια που προκαλούν χαρά (π.χ. Koelsch et al., 2007). Ωστόσο, σε έρευνα των Viellard και συν. (2012) δείχτηκε ότι οι συναισθηματικές αποκρίσεις επηρεάζονταν σημαντικά από την εκφραστικότητα του μουσικού εκτελεστή έναντι «μηχανικών» εκδοχών των ίδιων μουσικών κομματιών. Τα αποτελέσματα της έρευνάς μας θεωρούμε πως συντάσσονται και με αυτό το εύρημα, καθώς τα ερεθίσματα που κατασκευάσαμε είναι κατ' εξοχή «μηχανικά», και δίνουν συνολικά χαμηλότερες αποκρίσεις από τις αντίστοιχες των μουσικών αποσπασμάτων.

Η έρευνα των Gomez και συν. (2007) αποτελεί ένα καλό παράδειγμα για την παραμετροποίηση που γίνεται στα μουσικολογικά χαρακτηριστικά της μουσικής. Τα μουσικά αποσπάσματα αξιολογήθηκαν (από μουσικούς ειδήμονες) σε 7-βάθμια κλίμακα για 11 χαρακτηριστικά, εκ των οποίων μόνο το ένα ήταν αντικειμενικό (η ένταση-sound intensity, η οποία μετρήθηκε με ντεσιμπελόμετρο). Τα υπόλοιπα 10

χαρακτηριστικά ήταν τα ακόλουθα: 1) τέμπο (1=αργό, 7=γρήγορο), 2) ρυθμός (1=εξέχων-outstanding, 7=ασαφής-vague), 3) τονισμός (1=ελαφρύς, 7=marcato), 4) ρυθμική άρθρωση (1=stacato, 7=legato), 5) τονικό ύψος (1=χαμηλό, 7=υψηλό), 6) αρμονική πολυπλοκότητα (1=απλό, 7=πολύπλοκο), 7) συμφωνία (1=διάφωνο, 7=σύμφωνο), 8) εύρος τονικού ύψους (1=στενό, 7=ευρύ), 9) μελωδική κατεύθυνση (1=ανοδική, 7=καθοδική), και 10) μουσικός τρόπος (1=ελάσσων, 7=μείζων). Όλα τα παραπάνω εμπεριέχονται στο μουσικό πλαίσιο ενώ σχεδόν απαλείφονται στα ερεθίσματα που κατασκευάσαμε, τα οποία είναι σταθμισμένα ως προς την ένταση, δεν διαθέτουν τέμπο, ρυθμό, τονισμό, ρυθμική άρθρωση, μελωδική κατεύθυνση (δεν έχουν καν μελωδία). Το τονικό ύψος ήταν σταθερό (όλα τα διαστήματα είχαν την ίδια νότα-βάση) ενώ το εύρος του τονικού ύψους ήταν εκείνο που καθοριζόταν από το εκάστοτε μουσικό διάστημα. Τέλος, τα ερεθίσματα που κατασκευάσαμε δεν περιείχαν την 3η νότα της αντίστοιχης κλίμακας, οπότε δεν ήταν φανερός ο μουσικός τους τρόπος. Η αρμονική πολυπλοκότητα, στην οποία έγινε χειρισμός αφορά στο συχνοτικό περιεχόμενο και όχι στην έννοια της ως μουσικολογικό χαρακτηριστικό, όπως χρησιμοποιείται στην έρευνα των Gomez και συν., όπου αφορά στην πολυπλοκότητα της «ενορχήστρωσης».

Παρόλαυτα, το πλαίσιο, ακόμη και αν το εξετάσουμε μόνο μουσικολογικά, δεν είναι μόνο όσα αναφέρονται στην παραπάνω λίστα. Οι θεμελιώδεις συχνότητες των μουσικών τόνων που χρησιμοποιήσαμε υπακούν στο συγκεκριμένο μουσικό σύστημα με τη νότα Λα να έχει συχνότητα 440Hz, γεγονός που αποτελεί από μόνο του μια κοινωνική σύμβαση, καθώς η συχνότητα αυτή ορίστηκε επίσημα μόλις το 1939 (Rossing et al., 2009). Εξάλλου, τα ερεθίσματα που κατασκευάσαμε είναι μεν συντεθειμένα ηλεκτρονικά ώστε να μη μαρτυρούν συγκεκριμένη χροιά κάποιου φυσικού μουσικού οργάνου, αλλά παρόμοιοι ηλεκτρονικοί ήχοι συναντώνται πλέον συχνά και στην καθημερινή ζωή (π.χ. τηλεφωνικός τόνος κλήσης, video games, «ειδοποιήσεις» ηλεκτρονικών συσκευών), και φυσικά και στη σύγχρονη μουσική. Κατά την άποψή μας, μια προσπάθεια για απαλοιφή αυτού του «κλάσματος πλαισίου» θα καθιστούσε τα ηχητικά ερεθίσματα μη μουσικά, καθώς τότε δεν θα διατηρούσαν καμία μουσική ιδιότητα.

Μελλοντικές Έρευνες

Τα ερεθίσματα της παρούσας έρευνας, έχοντας ήδη αξιολογηθεί ως σημαντικά διαφορετικά ως προς το κατά πόσο γίνονται αντιληπτά ως ευχάριστα ή δυσάρεστα,

αξίζει να αξιολογηθούν και ως προς τη διάσταση της διέγερσης (arousal). Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του δέρματος (SCR) χρησιμοποιείται εκτενώς για την έμμεση μέτρηση της συναισθηματικής διέγερσης (π.χ., Krumhansl et al., 1997) και δίνει αποτελέσματα για μικρές διάρκειες μουσικών αποσπασμάτων (7 s; Khalfa et al., 2002). Οι Sammler και συν. (2007) που χρησιμοποίησαν τα ερεθίσματα μουσικής των Koelsch και συν. (2006) (και χρησιμοποιήσαμε και εμείς στο πείραμα 1) δεν βρήκαν διαφορές στις υποκειμενικές αξιολογήσεις της διέγερσης μεταξύ σύμφωνων και διάφωνων αποσπασμάτων, αλλά βρήκαν σημαντικές διαφορές στην αξιολόγηση της διέγερσης μεταξύ σύντομων (22 s) και μεγαλύτερων (44 s) διαρκειών. Κατά την άποψή μας, αξίζει να διερευνηθεί αν τα ερεθίσματα που κατασκευάσαμε στο πείραμα 3 προκαλούν διαφορές στη μέτρηση του SCR για τόσο μικρές διάρκειες (750, 1500, και 3000 ms), ώστε να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικές μελέτες που αφορούν στην αντίληψη του υποκειμενικού χρόνου.

Βιβλιογραφία

1. Bigand, E., Vieillard, S., Madurell, F., Marozeau, J., & Dacquet, A. (2005). Multidimensional scaling of emotional responses to music: The effect of musical expertise and of the duration of the excerpts. *Cognition & Emotion*, 19(8), 1113-1139.
2. Blood, A. J., Zatorre, R. J., Bermudez, P., & Evans, A. C. (1999). Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature neuroscience*, 2(4), 382-387.
3. Blumstein, D. T., Bryant, G. A., & Kaye, P. (2012). The sound of arousal in music is context-dependent. *Biology letters*, 8, 744-747.
4. Blumstein, D. T., Davitian, R., & Kaye, P. D. (2010). Do film soundtracks contain nonlinear analogues to influence emotion? *Biology letters*, 6(6), 751-754.
5. Droit-Volet, S., Ramos, D., Bueno, J. L., & Bigand, E. (2013). Music, emotion, and time perception: the influence of subjective emotional valence and arousal? *Frontiers in Psychology*, 4.
6. Facchini, A., Bellieni, C. V., Marchettini, N., Pulselli, F. M., & Tiezzi, E. B. (2005). Relating pain intensity of newborns to onset of nonlinear phenomena in cry recordings. *Physics Letters A*, 338(3), 332-337.
7. Fitch, W., & Hauser, M. D. (1995). Vocal production in nonhuman primates: acoustics, physiology, and functional constraints on “honest” advertisement. *American Journal of Primatology*, 37(3), 191-219.
8. Fitch, W., Neubauer, J., & Herzel, H. (2002). Calls out of chaos: The adaptive significance of nonlinear phenomena in mammalian vocal production. *Animal Behaviour*, 63(3), 407-418.
9. Gomez, P., & Danuser, B. (2007). Relationships between musical structure and psychophysiological measures of emotion. *Emotion*, 7(2), 377.
10. Gosselin, N., Samson, S., Adolphs, R., Noulhiane, M., Roy, M., Hasboun, D., & Peretz, I. (2006). Emotional responses to unpleasant music correlates with damage to the parahippocampal cortex. *Brain*, 129(10), 2585-2592.
11. Grewe, O., Nagel, F., Kopiez, R., & Altenmüller, E. (2007). Listening to music as a re-creative process: Physiological, psychological, and psychoacoustical correlates of chills and strong emotions. *Music Perception*, 24(3), 297-314.
12. Helmholtz, H. V. (1895). *On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*, translated by A.J. Ellis.
13. Iwanaga, M., & Moroki, Y. (1999). Subjective and physiological responses to music stimuli controlled over activity and preference. *Journal of Music Therapy*, 36, 26-38.
14. Koelsch, S., Fritz, T., Müller, K., & Friederici, A. D. (2006). Investigating emotion with music: an fMRI study. *Human brain mapping*, 27(3), 239-250.
15. Krumhansl, C. L. (1997). An exploratory study of musical emotions and psychophysiology. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 51(4), 336.
16. Manser, M. B., Seyfarth, R. M., & Cheney, D. L. (2002). Suricate alarm calls signal predator class and urgency. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(2), 55-57.
17. Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, 44(2), 314-324.

18. Peretz, I., Gagnon, L., & Bouchard, B. (1998). Music and emotion: Perceptual determinants, immediacy, and isolation after brain damage. *Cognition*, 68(2), 111-141.
19. Plomp, R., & Levelt, W. J. (1965). Tonal consonance and critical bandwidth. *The journal of the Acoustical Society of America*, 38(4), 548-560.
20. Rickard, N. S., (2004). Intense emotional responses to music: A test of the physiological arousal hypothesis. *Psychology of Music*, 32(4), 371-388.
21. Rossing, T. D., Moore, R. F., Wheeler, P. A., Huber, D. M., & Runstein, R. E. (2009). *The Science of Sound/Edition 3*. Addison Wesley.
22. Sammler, D., Grigutsch, M., Fritz, T., & Koelsch, S. (2007). Music and emotion: electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music. *Psychophysiology*, 44(2), 293-304.
23. Schutz, M., Huron, D., Keeton, K., & Loewer, G. (2008). The happy xylophone: Acoustics affordances restrict an emotional palate. *Empirical Musicology Review*, 3(3), pp. 126-135.
24. Sethares, W. A. (2005). *Tuning, timbre, spectrum, scale* (Vol. 2). London: Springer.
25. Tenney, J. (1988). *A history of consonance and dissonance*. New York: Excelsior.
26. Trainor, L. J., & Heinmiller, B. M. (1998). The development of evaluative responses to music: Infants prefer to listen to consonance over dissonance. *Infant Behavior and Development*, 21(1), 77-88.
27. Zwicker, E., & Terhardt, E. (1980). Analytical expressions for critical-band rate and critical bandwidth as a function of frequency. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 68(5), 1523-1525.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παρακάτω δίνεται ο κώδικας για κάθε συνάρτηση του Matlab που χρησιμοποιήθηκε:

1. Συνάρτηση akkornto: Χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα 1β, κατασκευάζει ένα Λα μείζον τρίφωνο ακκόρντο, όπου η κάθε νότα αποτελείται από τρεις αρμονικές συχνότητες.

```
function akkornto
% ftiaxnei akkornto major kai minor triwn notwn 1h 3h 5h gia
dosmeni xroia

Fs=44100; nbits=16;% frequency and bit rate of wav file

f1 = [1 2 3].*440;
p1 = [1 1 1];
d1 = 3;
t1 = linspace(1/Fs, d1, d1*Fs); % time
y1 = zeros(1,Fs*d1); % initialize sound data
for n=1:length(p1);
    y1 = y1 + p1(n)*cos(2*pi*f1(n)*t1); % sythesize waveform
end

y1 = .5*y1/max(y1);% normalize. Coefficient controls volume.

intervals = [6/5 5/4];
names = {'minor','Major'};
p2 = p1;
d2 = d1;
t2 = linspace(1/Fs, d2, d2*Fs);

for i = 1:numel(intervals)

    f2 = f1 .* intervals(i); % h deuteri nota apexei diastima
tade apo tin proti nota
    y2 = zeros(1,Fs*d2);

    for n=1:length(p2);
        y2 = y2 + p2(n)*cos(2*pi*f2(n)*t2); % sythesize
waveform
    end

    y2 = .5*y2/max(y2);% normalize. Coefficient controls
volume.

p3=p1;
d3=d1;
t3 = linspace(1/Fs, d3, d3*Fs);
f3=f1.*3/2; %ftiaxnei tin perthect 5th tou
akkorntou%
y3=zeros(1,Fs*d3);
```

```
y3=y3 + p3(n)*cos(2*pi*f3(n)*t3);
```

```
y = y1 + y2 + y3;
y = .5*y/max(y);
```

```
wavwrite( y, Fs, nbits, names{i})
plot(t1,y)
end
```

2. Συνάρτηση diastimata: Κατασκευάζει όλα τα μουσικά διαστήματα εντός μιας οκτάβας για δοσμένη χροιά τριών συχνοτικών συνιστωσών.

```
function diastimata
% ftiaxnei akkornto dyo notwn gia ola ta diastimata

Fs=44100; nbits=16;% frequency and bit rate of wav file

f1 = [1 1.915 3.102] .* 440;
p1 = [1 1 1];
d1 = 2;
t1 = linspace(1/Fs, d1, d1*Fs); % time
y1 = zeros(1,Fs*d1); % initialize sound data
for n=1:length(p1);
    y1 = y1 + p1(n)*cos(2*pi*f1(n)*t1); % sythesize waveform
end

y1 = .5*y1/max(y1);% normalize. Coefficient controls volume.

intervals = [16/15 9/8 6/5 5/4 4/3 7/5 3/2 8/5 5/3 7/4 15/8
2];
names =
{'m2nd', 'Ma2nd', 'm3', 'Ma3', 'p4', 'tritone', 'p5', 'm6', 'Ma6', 'm7',
'Ma7', 'octave'};
p3 = p1;
d3 = d1;
t3 = linspace(1/Fs, d3, d3*Fs);

for i = 1:numel(intervals)

    f3 = f1 .* intervals(i); % h deuteri nota apexei diastima
tade apo tin proti nota
    y3 = zeros(1,Fs*d3);

    for n=1:length(p3);
        y3 = y3 + p3(n)*cos(2*pi*f3(n)*t3); % sythesize
waveform
    end

    y3 = .5*y3/max(y3);% normalize. Coefficient controls
volume.
```

```

y = y1 + y3;
y = .5*y/max(y);

wavwrite( y, Fs, nbits, names{i})
end

```

3. Συνάρτηση `dissmeasure`: Υπολογίζει την αισθητηριακή διαφωνία σύμφωνα με το μοντέλο του Sethares (2005) για δοσμένη χροιά

```

function [d, a] =dissmeasure(fvec,amp)
%
% given a set of partials in fvec,
% with amplitudes in amp,
% this routine calculates the dissonance
%
Dstar=0.24; S1=0.0207; S2=18.96; C1=5; C2=-5;
A1=-3.51; A2=-5.75; firstpass=1;
N=length(fvec);
[fvec,ind]=sort(fvec);
ams=amp(ind);
D=0;
for i=2:N
Fmin=fvec(1:N-i+1);
S=Dstar./(S1*Fmin+S2);
Fdif=fvec(i:N)-fvec(1:N-i+1);
a=min(ams(i:N),ams(1:N-i+1));
Dnew=a.*(C1*exp(A1*S.*Fdif)+C2*exp(A2*S.*Fdif));
D=D+Dnew*ones(size(Dnew))';
end
d=D;

```

4. Συνάρτηση `montelo`: Καλεί τη συνάρτηση `dissmeasure` ώστε να υπολογίσει και να σχεδιάσει το διάγραμμα της αισθητηριακής διαφωνίας για κάθε μουσικό διάστημα

```

function montelo
freq=440*[1 1.8 3.4]; amp=ones(size(freq));
range=2.3; inc=0.001; diss=[0];
%
% call function dissmeasure for each interval
%
for alpha=1+inc:inc:range,
f=[freq alpha*freq];
a=[amp, amp];
d=dissmeasure(f, a);
diss=[diss d];
end
plot(1:inc:range,diss)
set(gca,'XTick',[1 16/15 9/8 6/5 5/4 4/3 7/5 3/2 8/5 5/3 7/4
15/8 2])

```

```

set(gca,'XTickLabel',{'uni','m2nd','M2nd','m3','M3','p4','trit
one','p5','m6','M6','m7','M7','octave'})
% text(9/8,find,'\leftarrow \sin(-\pi\div4)',...
%      'HorizontalAlignment','left')

% intervals = 1:inc:range;
% mint = [1 16/15 9/8 6/5 5/4 4/3 7/5 3/2 8/5 5/3 7/4 15/8 2];
%
% for i=1:13
%     temp = find(intervals == mint(i);
%     diss(temp)
% end

```