**ΜΟΥΣΙΚΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ:**

**ΜΙΑ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟ “CHAMELEON” MELODIC HARMONISATION ASSISTANT**

***Περίληψη***

Αυτό το άρθρο παρουσιάζει το βοηθό μελωδικής εναρμόνισης CHAMELEON που χρησιμοποιεί τις αρχές της εννοιολογικής θεωρίας ανάμειξης, ως μέσο για την εφεύρεση υβριδικών ή νέων αρμονικών ιδιωμάτων και μία εμπειρική αξιολόγηση ενός αριθμού μειγμάτων μελωδικής εναρμόνισης που δημιουργούνται από υπολογιστή. Μελωδίες που προέρχονταν από διάφορα ιδιώματα εναρμονίστηκαν είτε σύμφωνα με τους αρμονικούς κανόνες του πρωτοτύπου ιδιώματος, είτε σύμφωνα με τους κανόνες ενός διαφορετικού ιδιώματος (μελωδία-αρμονικά μείγματα), ή με ανάμειξη ιδιωματισμών, τρόπους και μεταφέρονται εκδόσεις του ίδιου ιδιώματος (χαρμάνι αρμονίας-αρμονίας). Σε δύο παρόμοια πειραματικά set ups, το καθήκον των ακροατών ήταν **i)** να εκτελέσουν ιδίωμα, τρόπο ή τύπο ταξινόμησης χρωματισμού, **ii)** αναφέρουν την προτίμησή τους και **iii)** αξιολογούν το βαθμό προσδοκίας που χαρακτηρίζει κάθε εναρμόνιση.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι, η αρμονική ανάμειξη (είτε μελωδία-αρμονία είτε αρμονία-αρμονία) επηρεάζει την ταύτιση ιδιώματος, τρόπου και τύπου χρωματισμού. Αυτό υποδηλώνει ότι το σύστημα αρμονικής ανάμειξης κατάφερε πράγματι να παράγει αντιληπτά μείγματα κάτω από διάφορες συνθήκες που ήταν απροσδόκητες και επίσης προτιμάται εξίσου σε σύγκριση με τα μη μείγματα.

**Λέξεις-κλειδιά**

υπολογιστική δημιουργικότητα, εννοιολογική ανάμειξη, εμπειρική αξιολόγηση, αρμονία, στυλ ταξινόμησης

computational creativity, conceptual blending, empirical evaluation, harmony, style classification

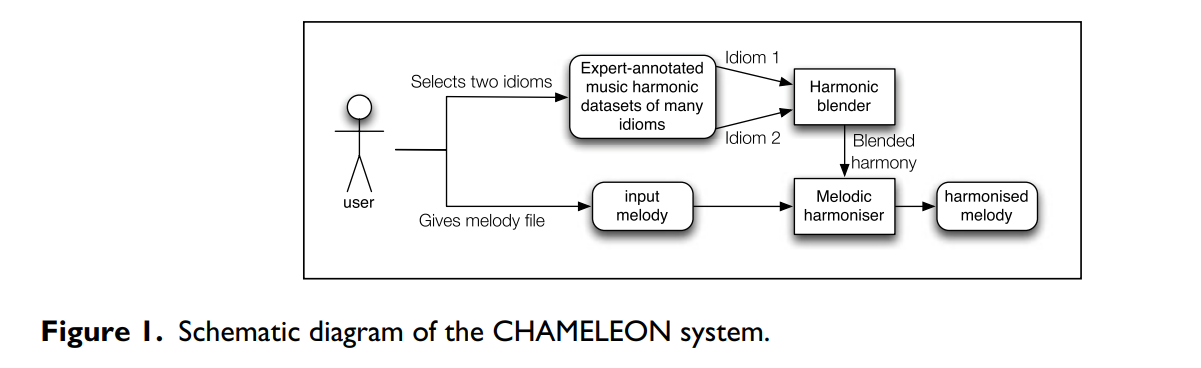
Το έργο της Margaret Boden (2004), προτείνει ότι οι δημιουργικές διαδικασίες που οδηγούν σε νέες έννοιες και ιδέες, όπως ένα νέο μουσικό έργο ή ένα μουσικό στυλ, εμπίπτουν σε τρεις διακριτές κατηγορίες. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, μια νέα έννοια μπορεί να προκύψει είτε μέσω της «εξερεύνησης» προηγουμένως, ανεξερεύνητων περιοχών ενός υπάρχοντος εννοιολογικού χώρου (exploratory creativity), είτε μετασχηματίζοντας πτυχές ενός δεδομένου εννοιολογικού χώρου (transformational creativity), είτε ευθυγραμμίζοντας και συνδυάζοντας στοιχεία διαφορετικών εννοιών σε ένα νέο συνεπές σύνολο (combinational creativity). Οι πτυχές της συνδυαστικής δημιουργικότητας περιγράφονται από τη γνωστική θεωρία του Conceptual Blending, που αναπτύχθηκε από τους Fauconnier και Turner (2003). Η Θεωρία Εννοιολογικής Ανάμειξης (CBT) υποστηρίζει ότι ακόμη και οι περισσότερες συνηθισμένες έννοιες στην καθημερινή σκέψη, κατασκευάζονται μέσω ενός υποσυνείδητου συνδυασμού διαφορετικών στοιχείων από διαφορετικές, αλλά δομικά σχετιζόμενες, έννοιες που δημιουργούν νέους συνδυασμένους εννοιολογικούς χώρους. Οι ιδιότητες τέτοιων χώρων μπορεί να παρέχουν μια καλύτερη εικόνα για τις υπάρχουσες έννοιες ή μπορεί ακόμη και να χρησιμοποιηθούν για την εμφάνιση νέων εννοιών συνολικά.

Η εννοιολογική ολοκλήρωση επιτρέπει τη δημιουργία νοήματος συσχετίζοντας στοιχεία και δομές διαφορετικών εννοιολογικών χώρων. Στη μουσική, το CBT έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως στην ερμηνεία μειγμάτων που περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση μουσικών στοιχείων (ρυθμός, μελωδία, αρμονία, υφή, κ.λπ.) με εξωμουσικούς τομείς όπως κείμενο, αφήγηση, εικόνα ή με φυσικές, ενσωματωμένες, συναισθηματικές και «σχετικές με την προσωπικότητα» απαντήσεις στη μουσική. Η ανάμειξη των μουσικών δομών αυτή καθαυτή (δομικά μείγματα) έχει λάβει λιγότερη προσοχή (βλ. συζήτηση στην εισαγωγή και άλλα άρθρα σε αυτό το τεύχος). Η εργασία που παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο βασίζεται στην ιδέα ότι η δομική ανάμειξη είναι πιθανώς ο καταλληλότερος τρόπος για να τονιστεί το δημιουργικό δυναμικό της εννοιολογικής ανάμειξης στον μουσικό τομέα. Πιο συγκεκριμένα, επιδεικνύει ένα υπολογιστικό σύστημα που εφαρμόζει διαδικασίες δομικής ανάμειξης στον τομέα της μουσικής αρμονίας.

Τα συστήματα δημιουργικής μουσικής, εμπίπτουν συχνά σε δύο μεγάλες κατηγορίες (Pearce & Wiggins, 2001): *συστήματα των οποίων ο στόχος είναι να μιμηθούν ένα συγκεκριμένο μουσικό είδος ή το στυλ ενός συγκεκριμένου συνθέτη* και *συστήματα που στοχεύουν στη δημιουργία νέων μουσικών στυλ*. Ο Ames (1992) αναφέρεται σε αυτές τις δύο προσεγγίσεις ως «εμπειρική μοντελοποίηση στυλ» και «ενεργητική σύνθεση στυλ». Η σύνθεση νέων μουσικών στυλ είναι πιο απαιτητική από την απλή μοντελοποίηση ορισμένων μουσικών χαρακτηριστικών ενός δεδομένου στυλ, καθώς η κύρια πρόκληση είναι να μετασχηματίσει ή να συνδυάσει υπάρχοντες κανόνες δημιουργίας μουσική. Σύμφωνα με τον Boden (2004) η συνδυαστική δημιουργικότητα είναι το πιο δύσκολο να περιγραφεί επίσημα. Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει το βοηθό μελωδικής εναρμόνισης CHAMELEON, ο οποίος αφενός μαθαίνει και αναπαράγει αρμονίες σε ένα δεδομένο ύφος και αφετέρου χρησιμοποιεί τις αρχές της θεωρίας εννοιολογικής ανάμειξης προς την ενεργή σύνθεση αρμονικών στυλ.

Η δομική ανάμειξη στη μουσική υπάρχει με διάφορες μορφές, όπως η εμφύτευση αρμονικών, μελωδικών, ρυθμικών ή ηχητικών στοιχείων από ένα μουσικό ιδίωμα σε άλλο ή ενσωμάτωση τέτοιων στοιχείων από τουλάχιστον δύο διαφορετικά ιδιώματα σε νέα ιδιώματα. Ο βοηθός μελωδικής εναρμόνισης CHAMELEON έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του προγράμματος COINVENT (Schorlemmer et al., 2014) και είναι σε θέση να συνδυάζει διαφορετικά αρμονικά ιδιώματα (Kaliakatsos-Papakostas, Makris, Tsougras, & Cambouropoulos, 2016; Quarasso, Kaliakats. Καμπουρόπουλος, 2017).

Η αρμονική ανάμειξη, όπως εκτελείται από το CHAMELEON, περιλαμβάνει δύο διαφορετικές διαδικασίες. Η **πρώτη διαδικασία**, υπολογιστικά απλούστερη, είναι η ανάμειξη μελωδίας-αρμονίας όπου μια μελωδία που προέρχεται από ένα δεδομένο μουσικό ιδίωμα (με ορισμένες υπονοούμενες αρμονικές ποιότητες), εναρμονίζεται με βάση έναν αρμονικό χώρο (τύποι συγχορδιών, μεταβάσεις συγχορδιών, ρυθμοί, βασικές φωνητικές εντολές) που προέρχεται μέσω μηχανικής μάθησης από διαφορετικό αρμονικό ιδίωμα. Η **δεύτερη διαδικασία** είναι η ανάμειξη αρμονίας-αρμονίας, όπου ο αρμονικός χώρος που χρησιμοποιείται για την εναρμόνιση μιας δεδομένης μελωδίας είναι, από μόνος του, το προϊόν ανάμειξης μεταξύ δύο διαφορετικών αρμονικών ιδιωμάτων. Στο CHAMELEON, ο χρήστης επιλέγει δύο αρμονικά ιδιώματα από τα οποία το σύστημα μαθαίνει τύπους συγχορδιών, μεταβάσεις συγχορδιών, ρυθμούς και βασικές φωνητικές εντολές από δύο αντίστοιχα σχολιασμένα αρμονικά σώματα και στη συνέχεια παρουσιάζει μια (σχολιασμένη) μελωδία στο σύστημα που θα εναρμονιστεί σε ένα από τα δύο ιδιώματα ή χρησιμοποιώντας τα δύο αρμονικά ιδιώματα. Μια επισκόπηση του συστήματος δίνεται στην Εικόνα 1.

***Εικόνα 1***

Τίθεται ένα σημαντικό ερώτημα: πώς μπορεί να αξιολογηθεί ένα τέτοιο δημιουργικό σύστημα σε σχέση με τις δυνατότητες μελωδικής του εναρμόνισης και, πιο συγκεκριμένα, σε σχέση με τις δυνατότητες δημιουργικής ανάμειξής του; Η αξιολόγηση της δημιουργικότητας – ανθρώπινης ή υπολογιστικής – είναι μια μη τετριμμένη εργασία. Μια σημαντική συζήτηση στον τομέα της υπολογιστικής αξιολόγησης της δημιουργικότητας, είναι εάν η αξιολόγηση των δημιουργικών συστημάτων πρέπει να βασίζεται αποκλειστικά στα προϊόντα τους ή επίσης στη διαδικασία μέσω της οποίας δημιουργούνται. Σε μια σύντομη βιβλιογραφική επισκόπηση, ο Jordanous (2016) παρουσιάζει τη λογική και των δύο προσεγγίσεων. Ενώ ο Ritchie (2007) υποστηρίζει ότι, οι άνθρωποι κρίνουν τη δημιουργικότητα των άλλων κυρίως με βάση αυτό που παράγουν, ο Colton (2008) υποστηρίζει ότι η διαδικασία μπορεί να είναι εξίσου σημαντική για την εκτίμηση της τέχνης, δίνοντας το παράδειγμα της εννοιολογικής τέχνης.

Ωστόσο, αν και η γνώση του πλαισίου μέσα στο οποίο τοποθετείται το έργο τέχνης μπορεί να αποδειχθεί κατατοπιστική σχετικά με δημιουργικές διαδικασίες κατώτερου επιπέδου, οι πληροφορίες συμφραζομένων (αναμφισβήτητα) δεν είναι απαραίτητα ταυτόσημες με την ίδια τη διαδικασία. Επιπλέον, στο πλαίσιο αξιολόγησης FACE/IDEA, οι Colton, Charnley και Pease (2011) συνόδευσαν την αξιολόγηση της διαδικασίας με την εκτίμηση του κοινού για να μετρήσουν τον αντίκτυπο μιας δημιουργικής πράξης.

Η διαδικασία της αξιολόγησης περιπλέκεται περαιτέρω στην περίπτωση της καλλιτεχνικής δημιουργικότητας, καθώς πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η αξιολόγηση της αισθητικής ποιότητας (π.χ. Boden, 2004· Jordanous, 2012· Wiggins, 2006). Ως αποτέλεσμα, η δημιουργικότητα συχνά αναλύεται σε μερικές συστατικές διαστάσεις (π.χ. καινοτομία, αξία, έκπληξη, ικανότητα επίλυσης προβλημάτων, πρωτοτυπία, απόκλιση κ.λπ.). Για παράδειγμα, ο Jordanous (2012) έχει προτείνει μια συγκεκριμένη προσέγγιση για το σύστημα, σύμφωνα με την οποία παρέχεται στον ερευνητή ένα σύνολο 14 παραμέτρων αξιολόγησης προκειμένου να επιλέξει τις καταλληλότερες σύμφωνα με το πλαίσιο του αξιολογούμενου συστήματος. Σε μια επόμενη εργασία, ο Jordanous (2016) πρότεινε ότι μια καλή στρατηγική στην αξιολόγηση της υπολογιστικής δημιουργικότητας, μπορεί να είναι η αξιολόγηση με βάση την τιμή του ζεύγους-καινοτομία, η σημασία του οποίου έχει επίσης τονιστεί από διάφορους ερευνητές (Jordanous, 2012; Mayer, 1999; Ritchie, 2007; Wiggins, 2006), υπό την προοπτική των τεσσάρων Ps (i.e., Person/Producer, Process, Product, Press/Environment) (MacKinnon, 1970; Rhodes, 1961).

Μια πρόδρομη μελέτη (Ζαχαράκης, Καλιακάτσος-Παπακώστας, Τσούγκρας, & Καμπουρόπουλος, υπό έκδοση), εξέτασε την αρμονική εννοιολογική ανάμειξη εστιάζοντας στην – αναμφισβήτητα – πιο θεμελιώδη αρμονική έννοια: την τυχαία πρόοδο. Ακολουθώντας την πραγματιστική προσέγγιση του Zbikowski στον καθορισμό των εννοιών (Zbikowski, 2002, 2006, αυτό το τεύχος), υποθέτουμε ότι μια (μουσική) έννοια δεν συνδέεται απαραίτητα με τη γλώσσα, αλλά βασίζεται μάλλον στο σχηματισμό γνωστικών κατηγοριών αποθηκευμένων στη μνήμη, που μπορούν να συσχετιστούν με οποιοδήποτε άλλο είδος εννοιών. Οι μουσικοί ρυθμοί, που δηλώνουν τις καταλήξεις των μουσικών φράσεων/τμημάτων, αποτελούν καθιερωμένες κατηγορίες στο μυαλό των ακροατών και μπορούν να θεωρηθούν ως αρμονικές έννοιες (Zbikowski, 2002, σελ. 60–61). Στο Zacharakis et al. (σε έκδοση), ένας αριθμός μειγμάτων μεταξύ της τέλειας και της φρυγικής τυχαίας προόδου (δηλαδή, μεταβάσεις μεταξύ δύο φράσεων κατάληξης συγχορδιών) παρήχθη με βάση ένα μοντέλο μεταβάσεων συγχορδιών. Στη συνέχεια, μια επιλογή από αυτά τα μείγματα αξιολογήθηκε υποκειμενικά τόσο με λεκτικά όσο και με μη λεκτικά μέσα σε μια προσπάθεια αξιολόγησης της μεθοδολογίας ανάμειξης. Η εμπειρική αξιολόγηση της ανάμειξης ρυθμού έδειξε ότι η εφαρμογή της μεθοδολογίας ανάμειξης σε ζεύγη ακολουθιών συγχορδιών τυπικών των ρυθμών, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ενδιαφέροντων και ουσιαστικών μειγμάτων (νέες ρυθμικές μεταβάσεις όπως η πρόοδος υποκατάστασης τριτονίου).

Η παρούσα μελέτη επεκτείνει τη μεθοδολογία αξιολόγησης της παραπάνω μελέτης σε ολόκληρους αρμονικούς χώρους και αναμειγνύεται μεταξύ τους. Η αξιολόγηση της δημιουργικότητας στο πλαίσιο του παρόντος συστήματος αρμονικής ανάμειξης αναλύεται σε τρία συστατικά, τα δύο πρώτα είναι η αξία (σχετικά με την αισθητική προτίμηση) και η καινοτομία (προσδόκιμο) της παραγόμενης εναρμόνισης και το τρίτο είναι η αντίληψη της «ανάμιξης» (δηλ. εάν μια δεδομένη εναρμόνιση CHAMELEON αναγνωρίζεται είτε ως εναρμόνιση δύο ή ως διασταυρούμενη εναρμόνιση μεταξύ των δύο ή καμία από αυτές τις επιλογές).

Σε ένα **πρώτο πείραμα**, έξι μελωδίες εναρμονίστηκαν σε δύο διαφορετικά αρμονικά στυλ (π.χ., χορωδία του Μπαχ και αρμονίες κλασικής τζαζ, ή διατονικές αρμονίες μείζονος και ελάσσονος τρόπου λειτουργίας) συν έναν αριθμό ενδιάμεσων αναμεμειγμένων αρμονιών. Ζητήθηκε από τους ακροατές να τοποθετήσουν κάθε εναρμόνιση σε έναν άξονα που είχε κάθε στυλ στα δύο άκρα του (συν μια επιλογή «άλλο» αν θεωρούσαν ότι δεν ανήκει σε κανέναν από τους αρμονικούς χώρους εισόδου ή μεταξύ των δύο) και επίσης να υποδείξουν την προτίμησή τους για κάθε εναρμόνιση.

Το αντικείμενο αυτού του πειράματος ήταν να εξετάσει εάν οι εναρμονίσεις CHAMELEON στα στυλ εισόδου και τα μείγματα μεταξύ τους έγιναν αντιληπτές ως τέτοιες ή εάν τα μείγματα θεωρήθηκαν ότι δεν σχετίζονται με τους αρχικούς χώρους (κατηγορία «άλλες»). Επιπρόσθετα, αναζητήθηκαν ενδείξεις προτιμήσεων των ακροατών προκειμένου να διαπιστωθεί εάν η αρμονική έξοδος που παράγεται από το σύστημα εκτιμάται περισσότερο, λιγότερο ή εξίσου σε σύγκριση με τις εναρμονίσεις στα καθιερωμένα στυλ αρμονικής εισόδου. Μας ενδιέφερε επίσης να εξετάσουμε την πιθανή επιρροή της μελωδίας σε αυτή τη διαδικασία (π.χ., εάν μια μελωδία τζαζ εναρμονισμένη σε ύφος χορωδίας Μπαχ θα θεωρηθεί ως εναρμόνιση χορωδίας του Μπαχ ή θα τοποθετηθεί κάπου ανάμεσα στη χορωδία του Μπαχ και τα ιδιώματα της κλασικής τζαζ).

Σε ένα **δεύτερο πείραμα**, μια μελωδία εναρμονίστηκε στο χορωδιακό ιδίωμα του Μπαχ (μείζων τονικότητα) και σε διάφορες μίξεις μεταξύ διαφορετικών μεγάλων τονικών. Οι ακροατές κλήθηκαν να κρίνουν εάν οι προκύπτουσες εναρμονίσεις ήταν διατονικές, χρωματικές, ατονικές ή «άλλες», για να δηλώσουν την προτίμησή τους και επίσης να υποδείξουν πόσο αναμενόμενες ήταν οι εναρμονίσεις. Ο σκοπός αυτού του πειράματος ήταν να μελετήσει εάν η ανάμειξη του ίδιου αρμονικού χώρου σε δύο διαφορετικές τονικότητες δημιουργεί μείγματα που θεωρούνται ότι υπερβαίνουν τους διατονικούς χώρους εισόδου (π.χ. χρωματική ή ατονική ή "άλλο"). Εάν συνέβαινε αυτό, τότε θα μπορούσαμε να υποστηρίξουμε ότι το CHAMELEON είναι δημιουργικό με την έννοια ότι μπορεί να δημιουργήσει νέες εναρμονίσεις που προσδιορίζονται από τους ακροατές ότι ανήκουν σε ένα μεταγενέστερο ιστορικά καθιερωμένο ιδίωμα (π.χ. χρωματισμός), χωρίς καμία γνώση αυτού του ιδιώματος από το σύστημα (έχοντας απλώς διατονικούς αρμονικούς χώρους ως είσοδο). Επιπλέον, τα ζεύγη ενδείξεων από τους ακροατές για προτίμηση και προσδοκία είναι χρήσιμα για να κρίνουμε εάν το αποτέλεσμα του συστήματος δεν είναι μόνο απροσδόκητο (δηλαδή πρωτοτυπία), αλλά και προτιμάται (η απροσδόκητη από μόνη της μπορεί να είναι παραπλανητική καθώς η εναρμόνιση μπορεί να είναι απροσδόκητη αλλά να θεωρείται αισθητικά κακή/κακή).

Στην επόμενη ενότητα θα περιγραφεί ο συνολικός βοηθός μελωδικής εναρμόνισης CHAMELEON με ιδιαίτερη έμφαση στον πυρήνα αρμονικής ανάμειξής του. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν οι δύο εμπειρικές μελέτες που συγκροτήθηκαν για την αξιολόγηση της δημιουργικότητας του προτεινόμενου συστήματος. Τέλος, θα συζητηθούν τα κύρια ευρήματα αυτής της εμπειρικής μελέτης και θα σκιαγραφηθούν οι μελλοντικές κατευθύνσεις της έρευνας.

***Ο βοηθός «CHAMELEON» MELODIC HARMONISATION που συνδυάζει αρμονικούς χώρους***

Η αρμονική ποικιλομορφία σε διαφορετικά μουσικά στυλ/ιδιώματα, εδραιώνεται από ανεξάρτητους αρμονικούς χώρους, που περιλαμβάνουν πολυάριθμες έννοιες όπως τύπος συγχορδίας, ρίζα, ιεραρχία κλίμακας, τονικότητα, αρμονικός ρυθμός, αρμονική εξέλιξη, ηγετική φωνή, υπονοούμενη αρμονία, μείωση, επιμήκυνση κ.λπ.. Η εννοιολογική ανάμειξη στοχεύει να εκμεταλλευτεί το πλούσιο υπόβαθρο των εννοιών που είναι διαθέσιμο σε διάφορα ιδιώματα εισόδου και να δημιουργήσει νέους αρμονικούς χώρους που συνδυάζουν δημιουργικά στοιχεία των εννοιών στους αρμονικούς χώρους εισόδου. Ο συνδυασμός εννοιών από διαφορετικά ιδιώματα εισάγει καινοτομία και δημιουργικότητα στη διαδικασία μελωδικής εναρμόνισης.

Παρόλο που οι πρόοδοι των συγχορδιών και η αρμονική δομή στην τονική και τη τζαζ μουσική, έχουν περιγραφεί αποτελεσματικά από μοντέλα που σχετίζονται με τις γραμματικές δομές (Granroth-Wilding & Steedman, 2014; Koops, Magalhães, & de Haas, 2013; Rohrmeier, 2011), για σκοπούς ανάμειξης πρέπει να παρουσιαστούν περισσότερα μουσικά στυλ που είναι διαφορετικά μεταξύ τους. Ο μελωδικός εναρμονιστής που παρουσιάζεται σε αυτή τη μελέτη ακολουθεί μια σπονδυλωτή, ιεραρχική αναπαράσταση της αρμονικής δομής και είναι σε θέση να μάθει από δεδομένα πρακτικά οποιουδήποτε μουσικού ιδιώματος μέσω της στατιστικής μάθησης. Επιπλέον, αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί εννοιολογική ανάμειξη για να συνδυάσει μαθημένα, ποικίλα αρμονικά στυλ και να δημιουργήσει νέα με «νόημα» αρμονικά ιδιώματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εναρμόνιση συγκεκριμένων μελωδιών.

Η μεθοδολογία ανάμειξης βασίζεται στο πλαίσιο που αναπτύχθηκε στο έργο COINVENT, ενώ εφαρμόζεται σε επίπεδο μεταβάσεων συγχορδιών, οδηγώντας στην κατασκευή πινάκων πιθανότητας μετάβασης Markov που συνδυάζουν τα στοιχεία των αντίστοιχων πινάκων από μαθημένα αρχικά ιδιώματα. Οι πίνακες Markov είναι τετράγωνοι πίνακες που περιλαμβάνουν πιθανότητες μετάβασης μεταξύ συγχορδιών που βρίσκονται σε ένα σύνολο δεδομένων, με κάθε γραμμή και στήλη να αντιστοιχεί σε μια συγχορδία.

Η επόμενη **υποενότητα 1**, περιγράφει συνοπτικά τη μεθοδολογία αρμονικής εκμάθησης και δημιουργίας ανεξάρτητων ιδιωμάτων, ενώ η ακόλουθη **υποενότητα 2**, περιλαμβάνει μια σύντομη επισκόπηση της μεθοδολογίας αρμονικής ανάμειξης. Τέλος, η τελευταία **υποενότητα 3**, δίνει μερικά παραδείγματα του τρόπου λειτουργίας του συστήματος και της παραγωγής του. Περισσότερες λεπτομέρειες και για τις δύο μεθοδολογίες μπορείτε να βρείτε στο Kaliakatsos-Papakostas et al. (2016) και Καλιακάτσος-Παπακώστας κ.ά. (2017), αντίστοιχα

1. ***Στατιστική εκμάθηση αρμονικών και μελωδική εναρμόνιση σε ποικίλα ιδιώματα***

Ο μελωδικός εναρμονιστής που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του υλικού αυτής της μελέτης, βασίζεται σε μια στατιστική προσέγγιση που συνδυάζει διαφορετικές ενότητες εκμάθησης, που αφορούν διαφορετικές πτυχές της αρμονίας. Οι προτεινόμενοι πιθανολογικοί αλγόριθμοι επιτρέπουν την εκμάθηση διαφορετικών αρμονικών ιδιωμάτων, δημιουργώντας εναρμονίσεις που αντικατοπτρίζουν τα χαρακτηριστικά των μαθημένων ιδιωμάτων όσον αφορά τους τύπους συγχορδιών, τις μεταβάσεις συγχορδιών, τους ρυθμούς και την προαγωγή της φωνής στη γραμμή μπάσων. Το σύστημα μαθαίνει το αρμονικό περιεχόμενο ενός ιδιώματος μέσω σημειωμένων δεδομένων εκπαίδευσης, ενώ παράγει νέες εναρμονίσεις σύμφωνα με τις οδηγίες που παρέχονται στο αρχείο εισαγωγής σχολιασμένης μελωδίας.

Τα κομμάτια αρμονικής εκπαίδευσης έχουν σχολιαστεί χειροκίνητα από ειδικούς της μουσικής, όσον αφορά τις ακόλουθες δομικές πτυχές:

**(α)** Η αρμονική αναγωγή κάθε μουσικού έργου/απόσπασμα, δημιουργείται έτσι ώστε οι δομικές αρμονικές/μη αρμονικές νότες να επισημαίνονται ρητά.

**(β)** Οι αλλαγές τοπικής κλίμακας/κλειδιού, καθορίζονται έτσι ώστε να μπορούν να μάθουν αρμονικές έννοιες που σχετίζονται με διαμορφώσεις

**(γ)** Η δομή ομαδοποίησης δίνεται, έτσι ώστε να μπορούν να συναχθούν τυχαία μοτίβα σε διάφορα ιεραρχικά επίπεδα.

Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα μαθαίνει ανεξάρτητα, μια σειρά από αρμονικές πτυχές ενός δεδομένου ιδιώματος:

* Οι συγχορδίες και οι τύποι συγχορδίας μαθαίνονται με τη μορφή του General Chord Type (GCT) (Cambouropoulos, 2015; Cambouropoulos, Kaliakatsos-Papakostas, & Tsougras, 2014), ακολουθούμενο από ένα στάδιο ομαδοποίησης που βασίζεται στις σχέσεις μεταξύ μαθημένων τύπων συγχορδίας (Kaliakatsos-Papakostas, Zacharakis, Tsougras, & Cambouropoulos, 2015). Το GCT περιγράφει μια ταυτόχρονη νότα με τη μορφή μιας συγχορδίας με μια νότα ρίζας και έναν γενικό τύπο. Ο υπολογισμός της ρίζας και του τύπου βασίζεται στον ορισμό των διαστημάτων συμφώνων και στην τονικότητα του εξεταζόμενου κομματιού.
* Οι πρόοδοι συγχορδιών μαθαίνονται μέσω ενός μοντέλου που βασίζεται σε κρυφά μοντέλα Markov (HMM), δηλαδή τον περιορισμό HMM (cHMM) (Kaliakatsos-Papakostas & Cambouropoulos, 2014), το οποίο επιτρέπει τη δημιουργία ακολουθιών συγχορδιών που συμμορφώνονται με δεδομένους περιορισμούς συγχορδίας (είτε οι επιβαλλόμενοι ρυθμοί από την ακόλουθη ενότητα, είτε οι περιορισμοί συγχορδιών που καθορίζονται από το χρήστη). Τα HMM (και τα cHMM) συνδυάζουν πιθανότητες από έναν πίνακα Markov που περιγράφει μεταβάσεις μιας κρυφής μεταβλητής (μεταβάσεις συγχορδιών) και υπό όρους πιθανότητες κρυφών μεταβλητών με ορισμένες παρατηρήσεις (νότες μελωδίας), για την κατασκευή των πιο πιθανών ακολουθιών κρυφής μεταβλητής (συγχορδίες) δεδομένου ενός συνόλου.
* Οι ρυθμοί, που θεωρούνται ως το τελικό ζεύγος συγχορδιών στις καταλήξεις φράσεων (Καλιακάτσος Παπακώστας κ.ά., 2016), μαθαίνονται με τη μορφή απλών στατιστικών σχετικά με τον αριθμό εμφάνισής τους στο εκπαιδευτικό σώμα.
* Η φωνή της γραμμής μπάσων μαθαίνεται με συνδυασμό τριών στατιστικών μοντέλων: **(α)** ένα HMM που μαθαίνει τις μεταβάσεις του περιγράμματος των μπάσων (κρυφές καταστάσεις), δεδομένου του περιγράμματος της μελωδίας (παρατηρήσεις), **(β)** τις κατανομές της απόστασης του εύρους μεταξύ του μπάσου και της φωνής της μελωδίας και **(γ)** στατιστικά σχετικά με τις αντιστροφές των συγχορδιών (Makris, Kaliakatsos-Papakostas, & Cambouropoulos, 2015).

Αφού το σύστημα εκπαιδευτεί, μπορεί να εναρμονίσει μια δεδομένη μελωδία που, σε αυτό το στάδιο, σχολιάζεται χειροκίνητα ως προς τον αρμονικό ρυθμό, τις αρμονικά σημαντικές νότες, τη δομή πλήκτρων και φράσεων. Οι μαθημένοι ρυθμοί τοποθετούνται σε θέσεις που υποδεικνύονται ως καταλήξεις φράσεων στα αρχεία εισαγωγής μελωδίας και, στη συνέχεια, δημιουργούνται ακολουθίες συγχορδιών στην αναπαράσταση GCT με τη μεθοδολογία CHMM. Η φωνή του μπάσου προσδιορίζεται με συνδυασμό των στατιστικών μοντέλων που σχετίζονται με τη μπάσα φωνή και, τέλος, οι εσωτερικές φωνές (μεταξύ μπάσου και μελωδίας) τοποθετούνται σύμφωνα με κριτήρια που αφορούν την έλξη σε ένα δεδομένο ενδιάμεσο ύψος τόνου, την ομοιόμορφη με τις γειτονικές αποστάσεις νότων και τις αποστάσεις κίνησης των εσωτερικών φωνών μεταξύ διαδοχικών συγχορδιών (Kaliakatsos Papakostas et al., 2016). Η έξοδος αυτού του συστήματος είναι μια αρμονική υλοποίηση με πραγματικές νότες συγχορδίας (όχι μόνο σύμβολα συγχορδιών). Δύο παραδείγματα μελωδικής εναρμόνισης παρουσιάζονται στην Εικόνα 5 (Mj & Mn) και στην Εικόνα 8 (Mn). Για περαιτέρω παραδείγματα (παρτιτούρες και ήχος) ανατρέξτε στον ιστότοπο CHAMELEON1.

1. ***Ανάμειξη μετάβασης συγχορδιών για ανάμειξη αρμονικών χώρων***

ο πλαίσιο COINVENT (Schorlemmer et al., 2014) για την εννοιολογική ανάμειξη, επεκτείνει το παραγωγικό μοντέλο του Goguen (2006), σύμφωνα με το οποίο οι χώροι εισόδου περιγράφονται ως αλγεβρικές προδιαγραφές και ο ανάμεικτος χώρος τους υπολογίζεται ακολουθώντας μια συγκεκριμένη διαδικασία μερικής γενίκευσης που πληροί συγκεκριμένα κριτήρια συνέπειας. Ο γενικός χώρος (δηλαδή το σύνολο των κοινών ιδιοτήτων μεταξύ των χώρων εισόδου) βρίσκεται με τη γενίκευση (αφαίρεση) όλων των τιμών των ιδιοτήτων εισόδου που δεν μοιράζονται μεταξύ των δύο χώρων.

Το προτεινόμενο σύστημα μελωδικής εναρμόνισης ενσωματώνει τον παραπάνω εννοιολογικό μηχανισμό ανάμειξης που εστιάζει στις μεταβάσεις των συγχορδιών. Ένα κεντρικό συστατικό της αρμονικής περιγραφής ενός ιδιώματος είναι η πρώτης τάξης matrix Markov των μεταβάσεων συγχορδιών GCT. Η ανάμειξη πραγματοποιείται στο επίπεδο των μεταβάσεων συγχορδίας, δηλαδή, οι μεταβάσεις συγχορδιών από το ένα ιδίωμα αναμειγνύονται με αυτές από το άλλο για να δημιουργήσουν μικτές μεταβάσεις που ενισχύουν τις συνδέσεις μεταξύ των δύο χώρων μετάβασης συγχορδιών. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι ένα σύνολο νέων μεταβάσεων (μπορεί να περιλαμβάνει νέους τύπους συγχορδιών) που διατηρούν τα κύρια χαρακτηριστικά των μεταβάσεων εισόδου.

Η τεχνική εννοιολογικής ανάμειξης (βασισμένη στο μοντέλο πυρήνα COINVENT), εφαρμόστηκε αρχικά σε ένα εξειδικευμένο πρόβλημα που περιλάμβανε καλά καθορισμένες αρμονικές έννοιες, δηλαδή προόδους ρυθμού (Eppe et al., 2015; Zacharakis, Kaliakatsos-Papakostas, & Cambouropoulos, 2015; Zacharakis al., in pressetis). Στην Εικόνα 2 οι τέλειοι και οι αναγεννησιακοί τροπικοί φρυγικοί ρυθμοί χρησιμοποιούνται ως χώροι εισόδου. Αυτά έχουν επιλεγεί καθώς είναι και οι δύο τελικοί ρυθμοί προς τον τονικό και, ταυτόχρονα, είναι πολύ διαφορετικοί (δηλαδή, ο φρυγικός τρόπος δεν έχει μια ανοδική προπορευόμενη νότα προς τον τονικό αλλά μάλλον μια καθοδική «leading note» από το II♭ στο I). Υποθέτοντας ότι η τελική συγχορδία είναι πάντα μια κοινή τονική συγχορδία, η ανάμειξη πραγματοποιείται συνδυάζοντας τόνους των προτελευταίων συγχορδιών μεταξύ διαφορετικών καθοδικών προόδων. Κάθε μετάβαση συγχορδίας περιγράφεται ως ένα σύνολο σταθμισμένων τιμών ιδιοτήτων που αντικατοπτρίζουν τη σχετική προεξοχή, όπως ο τύπος της συγχορδίας της προτελευταίας συγχορδίας, το διάστημα μεταξύ των ριζών της συγχορδίας, το διάστημα μπάσων, η νότα “leading note” προς τα πάνω ή προς τα κάτω, η ασύμφωνη νότα που απαιτεί ανάλυση (το πάχος των γραμμών στην Εικόνα 2, απεικονίζει τις σχετικές ιδιότητες της φωνής). Η «ανακατεμένη» προτελευταία συγχορδία περιορίζεται επιπλέον να συμμορφώνεται με έναν συγκεκριμένο τύπο συγχορδίας όπως, σε αυτήν την περίπτωση, η χαρακτηριστική μείζονα συγχορδία με ελάσσονα έβδομο. Ανάμεσα στα αποδεκτά μείγματα, ένα από τα πιο υψηλά βαθμολογημένα (με βάση τις αξίες εξέχουσας θέσης) είναι η πρόοδος αντικατάστασης τριτόνου (II♭7 – I) της τζαζ αρμονίας. Αυτός ο απλός μηχανισμός ανάμειξης «εφευρίσκει» μια εξέλιξη συγχορδίας που ενσωματώνει χαρακτηριστικά του φρυγικού ρυθμού (κάτω κίνηση ρίζας/μπάσου από ένα ημίτονο) και της κυρίαρχης έβδομης συγχορδίας (ανάλυση τριτόνου, προς τα πάνω leading - note). Έτσι, δημιουργεί μια νέα αρμονική «έννοια» που ουσιαστικά εισήχθη στην τζαζ, αιώνες μετά τους αρχικούς ρυθμούς εισαγωγής.

Η ανάμειξη μετάβασης matrix μπορεί να θεωρηθεί ως γενίκευση της ανάμειξης ρυθμού, όπου η τελική συγχορδία δεν είναι σταθερή. Μια πιο πλούσια και γενικότερη αναπαράσταση των μεταβάσεων, χρησιμοποιείται για την ανάμειξη μετάβασης σε σύγκριση με την απλούστερη περιγραφή των ρυθμών. Το νέο αναμεμειγμένο αρμονικό ιδίωμα περιλαμβάνει τις μεταβάσεις των αρχικών ιδιωμάτων, μαζί με ένα σύνολο από καινοτόμες συγχορδίες και μεταβάσεις που παρέχουν δημιουργικές και ουσιαστικές αρμονικές συνδέσεις μεταξύ των συγχορδιών των αρχικών χώρων.

***Εικόνα 2***

Εικόνα που περιέχει κείμενο, διάγραμμα, κύκλος, σκίτσο/σχέδιο

Το περιεχόμενο που δημιουργείται από τεχνολογία AI ενδέχεται να είναι εσφαλμένο.

Η διαδικασία ανάμειξης - μετάβασης matrix, περιγράφεται τώρα εν συντομία. Ο αναγνώστης παραπέμπεται στους Καλιακάτσος-Παπακώστας κ.α. (2017) για λεπτομερή περιγραφή. Ο παραπάνω μηχανισμός ανάμειξης μετάβασης συγχορδιών εφαρμόζεται στις πιο συχνές μεταβάσεις συγχορδιών κάθε πίνακα μετάβασης συγχορδιών (επιλέγουμε τις 10 πιο συχνές μεταβάσεις). Κάθε μετάβαση συγχορδίας του πρώτου διαστήματος αναμειγνύεται με κάθε μία από τις πιο συχνές μεταβάσεις του δεύτερου χώρου. Με αυτόν τον τρόπο, δημιουργείται ένας μεγάλος αριθμός νέων μιγμάτων μετάβασης. Αυτά τα μείγματα μπορεί να περιέχουν νέες συνδέσεις μεταξύ υπαρχόντων συγχορδιών των δύο χώρων ή νέες συγχορδίες (όχι στους χώρους εισόδου), που είναι συμβατές με τις γνώσεις υποβάθρου σχετικά με τα δύο αρμονικά συστήματα εισόδου, δηλαδή ανήκουν στους τύπους συγχορδιών που μαθαίνονται από τα ιδιώματα εισόδου. Μέσω αυτής της διαδικασίας, είναι πιο πιθανό να προκύψουν νέες συγχορδίες ως πρώτες ή δεύτερες συγχορδίες σε πρόσφατα εφευρεθείσες μεταβάσεις. Οι μεταβάσεις που ενσωματώνουν συγχορδίες που εφευρέθηκαν πρόσφατα που δεν είναι προσβάσιμες από τους δύο χώρους εισόδου φιλτράρονται (Καλιακάτσος-Παπακώστας κ.ά., 2017). Μια νέα συγχορδία είναι προσβάσιμη εάν υπάρχουν τουλάχιστον δύο μεταβάσεις, συμπεριλαμβανομένης αυτής της συγχορδίας ως πρώτη και δεύτερη συγχορδία αντίστοιχα.

Τα νέα πιθανά μείγματα ταξινομούνται αθροίζοντας την ποσοτικοποιημένη εξέχουσα θέση των χαρακτηριστικών που έχει κληρονομήσει κάθε μείγμα από τους χώρους εισόδου. Η εξέχουσα αξία ενός χαρακτηριστικού σε μια μετάβαση εξαρτάται από το ιδίωμα στο οποίο ανήκει αυτή η μετάβαση και αντικατοπτρίζει πόσο «χαρακτηριστικό» ή «μοναδικό» είναι αυτό το χαρακτηριστικό για την εξεταζόμενη μετάβαση στο αντίστοιχο ιδίωμα (οι τιμές ιδιοτήτων που μοιράζονται λίγες μεταβάσεις, δηλαδή είναι σχετικά σπάνιες, είναι πιο χαρακτηριστικές). Επομένως, τα μείγματα που κατατάσσονται ψηλά είναι αυτά που κληρονομούν περισσότερα χαρακτηριστικά από τις εισροές που έχουν μεγαλύτερες αξίες εξέχουσας σημασίας (είναι πιο χαρακτηριστικά· Καλιακάτσος-Παπακώστας κ.ά., 2017).

Κατασκευάζεται μια μετάβαση matrix Markov με σύνθετη συγχορδία, η οποία παρέχει μεταβάσεις συγχορδιών με μουσικό νόημα μεταξύ εκμάθησης συγχορδιών των αρχικών ιδιωμάτων, μαζί με νέες μεταβάσεις συγχορδιών που συνδέουν τους δύο χώρους μέσω νέων συγχορδιών (οι συγχορδίες δεν βρίσκονται στα αρχικά κενά). Αρχικά, πριν την ανάμειξη, εντοπίζονται ίδιες/παρόμοιες μεταβάσεις συγχορδίας των αρχικών ιδιωμάτων, επιτρέποντας μουσικά «φυσικές» συνδέσεις από συγχορδίες του ενός αρχικού ιδιώματος σε συγχορδίες του άλλου. Η Εικόνα 3 απεικονίζει τη γενική μορφή μιας matrix μετάβασης σύνθετης συγχορδίας Markov που επεκτείνει δύο αρχικά ιδιώματα, I1 και I2. Οι ενότητες Ai-j της matrix περιλαμβάνουν μεταβάσεις συγχορδιών που μοιράζονται μεταξύ των δύο χώρων εισόδου (αυτή είναι μια διαδικασία προ-ανάμειξης) ή έχουν δημιουργηθεί μέσω ανάμειξης, όπως εξηγήθηκε παραπάνω. Οι μεταβάσεις σε αυτές τις ενότητες οδηγούν απευθείας από το ιδίωμα i στο ιδίωμα j. Οι ενότητες Bi-x περιλαμβάνουν μεταβάσεις που οδηγούν από το ιδίωμα Ii σε μια νέα συγχορδία που δημιουργείται με ανάμειξη μετάβασης, ενώ οι μεταβάσεις Bx-i οδηγούν από μια νέα συγχορδία πίσω στο ιδίωμα Ii. Η ενότητα Γ ενσωματώνει μεταβάσεις μεταξύ νέων συγχορδιών, αλλά αυτές δεν λαμβάνονται υπόψη εδώ, καθώς ο εναρμονιστής σε αυτή τη μελέτη λειτουργεί με την υπόθεση ότι μια νέα συγχορδία μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ως ενδιάμεσος «κόμβος» για τη μετάβαση από το Ii στο Ij.

***Εικόνα 3***

Εικόνα που περιέχει κείμενο, στιγμιότυπο οθόνης, διάγραμμα, ορθογώνιο παραλληλόγραμμο

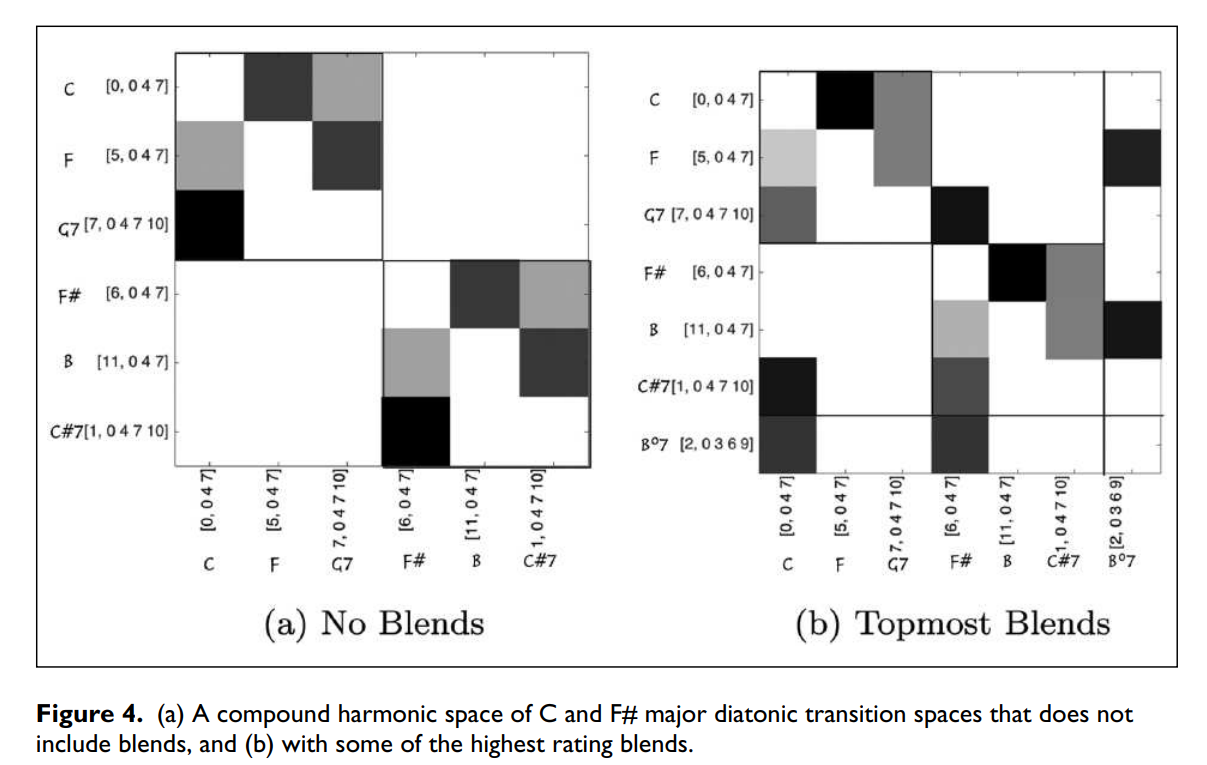
Το περιεχόμενο που δημιουργείται από τεχνολογία AI ενδέχεται να είναι εσφαλμένο.

Η ανάμειξη μετάβασης συγχορδιών μπορεί να δημιουργήσει νέες μεταβάσεις που διατηρούν σημαντικά χαρακτηριστικά των μεταβάσεων εισόδου, ενώ ο αριθμός των κορυφαίων επιλεγμένων μεταβάσεων μεταξύ των μειγμάτων για περαιτέρω επεξεργασία, καθορίζεται από το χρήστη του συστήματος. Ένας μεγαλύτερος αριθμός οδηγεί σε μια σύνθετη matrix που είναι πιο πυκνοκατοικημένη, που περιλαμβάνει περισσότερες μεταβάσεις και συγχορδίες. Επιπλέον, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την ένταση των πιθανοτήτων στις μεταβάσεις που προκύπτουν από την ανάμειξη. Οι υψηλότερες πιθανότητες αναγκάζουν το σύστημα να κινείται πιο ελεύθερα μεταξύ των συγχορδιών του σύνθετου χώρου, ανεξάρτητα από τον αρχικό χώρο στον οποίο ανήκουν, δημιουργώντας έναν χώρο με ριζικές διαφορές σε σύγκριση με τους αρχικούς αρμονικούς χώρους (Καλιακάτσος-Παπακώστας κ.ά., 2017).

1. ***Παραδείγματα ανάμειξης μετάβασης συγχορδιών matrix***

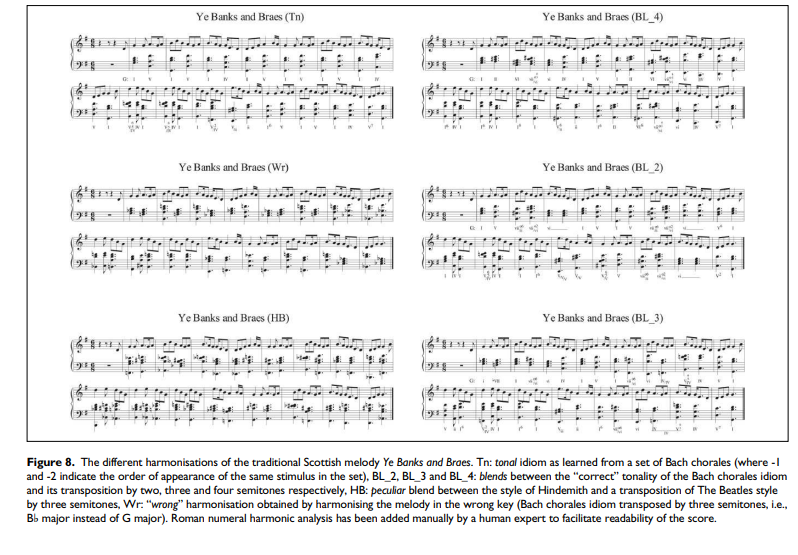
Για να δείξουμε τη λειτουργικότητα της προτεινόμενης προσέγγισης ανάμειξης, χρησιμοποιούμε το παράδειγμα στην Εικόνα 4, από τους Καλιακάτσος-Παπακώστας et al. (2017), όπου αναμειγνύονται οι μεταβάσεις δύο καθαρά διατονικών αλλά απομακρυσμένων αρμονικών χώρων. Αυτοί οι χώροι υποτίθεται ότι αποτελούνται μόνο από τρεις βασικές συγχορδίες, δηλαδή την τονική, την υποδεσπόζουσα και τη δεσπόζουσα. Δεν επικαλύπτονται, αφού δεν έχουν κοινές συγχορδίες και υπάρχει μηδενική πιθανότητα για μεταβάσεις μεταξύ συγχορδιών του ενός διαστήματος σε συγχορδίες του άλλου (όπως φαίνεται από τα λευκά τετράγωνα στην Εικόνα 4 (a)). Στην περίπτωση που ζητείται από το σύστημα να εναρμονίσει μια μελωδία που αρχίζει σε ντο μείζονα και στη συνέχεια διαμορφώνεται σε F# μείζονα, το μοντέλο των μη αναμειγνυόμενων αρμονικών χώρων που βασίζεται στο Markov φθάνει σε αδιέξοδο, καθώς δεν υπάρχει πιθανή μετάβαση (με πιθανότητα μεγαλύτερη από 0) που να οδηγεί σε συγχορδίες τονικότητας F#. Ο ρόλος της ανάμειξης μετάβασης μεταξύ των πινάκων που αντιπροσωπεύουν τις δύο απομακρυσμένες τονικότητες σε αυτό το παράδειγμα, είναι να δημιουργηθούν μεταβάσεις συγχορδιών που επιτρέπουν δημιουργικά και ουσιαστικά «μονοπάτια» μεταφοράς από τη μια τονικότητα στην άλλη. Οι νέες μεταβάσεις που απεικονίζονται στην Εικόνα 4 (b), είναι τα κορυφαία μείγματα σύμφωνα με την κατάταξη που παράγεται από μια διαδικασία αξιολόγησης, που λαμβάνει υπόψη τον αριθμό των κοινών χαρακτηριστικών μεταξύ του μείγματος και των μεταβάσεων συγχορδίας εισόδου - input chord. Τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν κοινές “pitch” κατηγορίες -τονικού ύψους, δηλαδή στην πρώτη και δεύτερη συγχορδία του μείγματος σε σχέση με τις δύο μεταβάσεις εισόδου και μεταβάσεις ημιτονίων (αύξοντα/φθίνοντα), στη ρίζα της τελευταίας συγχορδίας της κάθε μετάβασης. Για παράδειγμα, η μεθοδολογία μετάβασης συγχορδίας διαπιστώνει ότι ο καλύτερος τρόπος για να συνδέσετε τα δύο διαστήματα, χρησιμοποιώντας μόνο συγχορδίες των δύο διαστημάτων, είναι όταν η πρώτη συγχορδία είναι μια μείζονα έβδομη συγχορδία ένα ημίτονο πάνω από τον τονικό κάθε διαστήματος (π.χ., 1 5 8 11). Αυτό είναι ένα είδος προόδου αντικατάστασης τριτονικού τόνου (δείτε ανοιχτά γκρίζα κελιά μέσα στα κενά τετράγωνα της Εικόνας 4 (b)). Αυτή η νέα μετάβαση προτιμάται από όλα τα άλλα μείγματα μεταξύ των μεταβάσεων συγχορδιών των δύο χώρων, καθώς διατηρεί πολλές από τις ιδιότητες που μοιράζονται οι τέλειοι ρυθμοί και των δύο χώρων (C#7 σε F# και G7 σε C), όπως ημιτονική κίνηση σε τονικό, περιεχόμενο μετάβασης διαστήματος, τύποι συγχορδιών και οι δύο κοινές τάξεις τονικού ύψους του τριτονικού στις μείζονες έβδομες συγχορδίες. Επιτρέποντας την εισαγωγή νέων τύπων συγχορδιών (από μια συγκεκριμένη παλέτα υπόβαθρου συγχορδιών όπως μινόρε, μινόρε έβδομη, μειωμένη έβδομη συγχορδία, κ.λπ.), μια μίξη μετάβασης συγχορδιών που κατατάσσεται υψηλά είναι μια μετάβαση στην οποία η πρώτη συγχορδία είναι μειωμένη έβδομη (pcs: 2 5 8 11) και η δεύτερη συγχορδία είναι είτε C ή F# (το σύστημα «εφευρίσκει» τη χρήση μειωμένων έβδομων συγχορδιών ως τρόπο διαμόρφωσης σε απομακρυσμένα κλειδιά) – βλέπε εξωτερική νέα στήλη και σειρά στην Εικόνα 4 (b). Η μετάβαση μειωμένης συγχορδίας επινοείται με την ανάμειξη μεταβάσεων που σχετίζονται με τους τέλειους ρυθμούς και των δύο αρμονικών χώρων. Για παράδειγμα, αναμειγνύοντας τους τέλειους ρυθμούς, όπως στο παράδειγμα αντικατάστασης τριτόνου, η μειωμένη συγχορδία προτιμάται από άλλες συγχορδίες, καθώς διατηρεί και πάλι την ιδιότητα της κορυφαίας νότας -leading note στον τονικό, το περιεχόμενο μετάβασης διαστήματος και τις κοινές τάξεις τονικού ύψους του τριτόνου στις μείζονες έβδομες συγχορδίες (δείτε περισσότερες λεπτομέρειες στο Kaliakatsos et al., 2017).

***Εικόνα 4***



**Δύο** παραδείγματα μελωδικής εναρμόνισης απεικονίζονται στις Εικόνες 5 και 8. Στο **πρώτο** παράδειγμα, μια μελωδία που φτιάχτηκε για το παράδειγμα, στην οποία έχουν παραληφθεί ο 3ος και 6ος μελωδικός βαθμός της διατονικής κλίμακας, εναρμονίστηκε στο μείζονα και ελάσσονα τρόπο και σε τρεις υβριδικούς συνδυασμούς μείζονος-ελάσσονος. Στο **δεύτερο** παράδειγμα, παρουσιάζονται διαφορετικές εναρμονίσεις της παραδοσιακής σκωτσέζικης μελωδίας Ye Banks and Braes (μία τονική εναρμόνιση σε Σολ μείζονα, μια «λάθος» εναρμόνιση σε Σι ύφεση μείζονα, τρεις διαφορετικοί συνδυασμοί μεταξύ του «σωστού» τονισμού του ιδιώματος των χορωδιών του Μπαχ και της μετάθεσής του σε δύο, τρία και τέσσερα ημιτόνια αντίστοιχα, και τέλος, ένα «ιδιόρρυθμο» μείγμα μεταξύ του στυλ Hindemith και μία μετάθεση του στυλ των The Beatles σε τρία ημιτόνια. Η φωνή Leading Voice σε αυτά τα παραδείγματα είναι παρά πρωτόγονη (αλλά καλύτερη από τις κλειστές συγχορδίες στη θέση της ρίζας). Η αρμονική ανάλυση ρωμαϊκών αριθμών έχει προστεθεί από έναν ειδικό στον άνθρωπο για να διευκολύνει την αναγνωσιμότητα. Αυτά τα δύο παραδείγματα (μεταξύ άλλων), χρησιμοποιήθηκαν ως ερεθίσματα στην εμπειρική μελέτη που αναφέρεται στην επόμενη ενότητα. Για περαιτέρω παραδείγματα ανάμειξης (παρτιτούρες και ήχος) δείτε τον ιστότοπο CHAMELEON2.

***Εικόνα 8***



***Εικόνα 5***

***Εμπειρική Αξιολόγηση αρμονικής ανάμειξης από το CHAMELEON σε επιλεγμένες μελωδίες***

Εφόσον το ανεπτυγμένο σύστημα αρμονικής ανάμειξης εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής της υπολογιστικής δημιουργικότητας, μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση της αξίας του θα απαιτούσε μια προσπάθεια «μέτρησης» της δημιουργικότητάς του. Η τρέχουσα εργασία υιοθετεί μια προσανατολισμένη στο προϊόν αξιολόγηση του συστήματος αρμονικής ανάμειξης μέσω εμπειρικών δοκιμών. Εστιάζει τόσο στην αντίληψη της «ανάμιξης» καθαυτή ,δηλαδή, αν οι ακροατές αναγνωρίζουν ένα μείγμα ως ξεχωριστό, αλλά σχετίζεται με τα αρχικά ιδιώματα εισόδου – όσο και στην αξία (αισθητική προτίμηση) και την καινοτομία (προσδοκία) που αποδίδονται στα παραγόμενα αρμονικά μείγματα από τα θέματα. Τα σχολιασμένα - σημειωμένα αρχεία μελωδίας χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδοι στο CHAMELEON για τη δημιουργία των ερεθισμάτων των δύο πειραμάτων που περιγράφονται σε αυτήν την ενότητα. Τα ιδιώματα που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα μαθεύτηκαν από σετ χορωδιών του Μπαχ και πρότυπα της τζαζ, ενώ μερικά μαθηματικά ιδιώματα αποκτήθηκαν από σετ τραγουδιών των Beatles και κομμάτια του Hindemith. Η επιλογή να ενσωματωθούν κυρίως τα ιδιώματα χορωδίας Bach και Jazz στα πειράματα, βασίζεται στην υπόθεση ότι οι συμμετέχοντες θα ήταν εξοικειωμένοι με αυτά και θα μπορούσαν να διακρίνουν μεταξύ των αρχικών ιδιωματισμών και/ή παραλλαγών τους.

Το **πρώτο πείραμα** έχει σχεδιαστεί για να αξιολογήσει την επίδραση της ανάμειξης μεταξύ αυτών των ιδιωμάτων μέσω αντιληπτικών δοκιμών στην κατηγοριοποίηση των παραγόμενων μελωδικών εναρμονισμών. Μια πρόσθετη έρευνα που εξετάστηκε σε αυτό το πείραμα είναι η επίδραση του στυλ/χαρακτήρα της μελωδίας στο μελωδικό-αρμονικό μείγμα. Για το σκοπό αυτό, οι τονικές και τζαζ μελωδίες εναρμονίστηκαν εναλλακτικά με τα χορωδιακά και τζαζ ιδιώματα του Μπαχ, καθώς και με τις αναμεμειγμένες εκδοχές αυτών των δύο. Τα χορικά του Μπαχ είναι από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα τονικής μουσικής, καθιστώντας τα απόλυτα κατάλληλα για να εξεταστεί εάν ο τονικός χαρακτήρας αυτού του ιδιώματος μπορεί να αλλάξει δραστικά μέσω τεχνικών που βασίζονται στο blending. Αυτό το αποτέλεσμα και η έκταση αυτής της διαφοροποίησης των τονικών χώρων αξιολογείται στο **δεύτερο πείραμα** στο οποίο μια παραδοσιακή μελωδία εναρμονίζεται στο ιδίωμα των χορωδιών του Μπαχ και μίξεις που σχετίζονται με τη μεταφορά.

***● ΠΕΙΡΑΜΑ 1: Ταξινόμηση ιδιωμάτων και τρόπων***

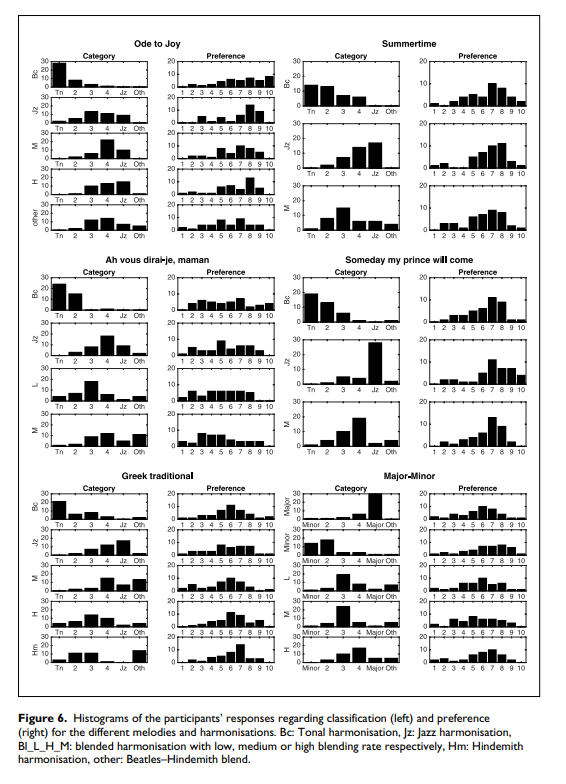
**Ερεθίσματα:** Έξι ομάδες ερεθισμάτων παρουσιάστηκαν στο πείραμα ανάμειξης ιδιωμάτων. Καθένα από τα πρώτα πέντε αποτελούνταν από μια διαφορετική γνωστή τονική ή τζαζ μελωδία, που εναρμονιζόταν από το σύστημα σύμφωνα με το τονικό ιδίωμα (που διδάχτηκε μέσα από ένα σύνολο χορωδιών του Μπαχ), το ιδίωμα της τζαζ (που διδάχτηκε μέσα από ένα σύνολο προτύπων τζαζ) και μερικά από τα μείγματά τους. Σε μερικές περιπτώσεις, ορισμένες εναρμονίσεις επιτεύχθηκαν είτε με την ανάμειξη μεταξύ δύο άλλων ιδιωμάτων (Beatles και Hindemith) είτε σύμφωνα με ένα τρίτο ιδίωμα (Hindemith). Δύο από τις πέντε μελωδίες περιείχαν τονική υπονοούμενη αρμονία (το θέμα «Ode to Joy» στην 9η Συμφωνία του L. W. Beethoven και «Ah vous dirai-je, maman», που είναι ένα γαλλικό παιδικό τραγούδι που χρησιμοποιείται ως θέμα στο Piano Variations K265 του W. A. ​​Mozart), τα άλλα δύο παρουσίασαν την αρμονία που υπονοεί την Jazz (“Summertime” των G. Gershwin και “Someday my prince will come” του Φ. Τσόρτσιλ, soundtrack από τη Χιονάτη της Disney και το Επτά Νάνοι (1937)), ενώ το τελευταίο ήταν μια μελωδία Ελληνικού λαϊκού τραγουδιού («Του Κίτσου η μάνα»). Το τελευταίο μπλοκ αποτελούταν από μια μελωδία που είχε δημιουργηθεί ειδικά για τις ανάγκες του πειράματος και σκόπιμα απέφευγε τον 3ο και 6ο μελωδικό βαθμό της κλίμακας C, έτσι ώστε η εναρμόνιση είτε σε μείζονα είτε σε ελάσσονα τρόπο, ήταν εξίσου δυνατή. Αυτή η μελωδία εναρμονίστηκε σύμφωνα με τους δύο τρόπους και τα μείγματά τους, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5. Ο συνολικός αριθμός ερεθισμάτων (που παρουσιάζεται στον Πίνακα 1) και στα έξι μπλοκ ήταν 25.

**Διαδικασία**: Το πείραμα έλαβε χώρα σε τρεις διαφορετικές συνεδρίες με ταυτόχρονη παρουσίαση ερεθισμάτων μέσω μεγαφώνων σε μια ομάδα ατόμων, ακολουθώντας τον πειραματικό σχεδιασμό των Antovic, Stamenkovic και Figar (2016). Κάθε συνεδρία ακρόασης περιλάμβανε από 10 έως 20 συμμετέχοντες. Η σειρά παρουσίασης των μπλοκ, καθώς και η σειρά παρουσίασης των διαφορετικών εναρμονισμών σε κάθε μπλοκ, ήταν διαφορετική για κάθε πειραματική συνεδρία. Στους ακροατές δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο που τους ζητούσε να ταξινομήσουν κάθε ερέθισμα σε μια κλίμακα 5 βαθμών Likert μεταξύ Tonal και Jazz. Εκτός από τις τρεις ενδιάμεσες θέσεις, που υποδήλωναν ότι το ερέθισμα δεν μπορούσε να ταξινομηθεί ως καθαρά τονικό ή τζαζ αλλά μάλλον ως κάπου ενδιάμεσα, δόθηκε επίσης η επιλογή «άλλο» ιδίωμα. Εκτός από την ταξινόμηση, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να σημειώσουν την προτίμησή τους για κάθε ερέθισμα σε μια κλίμακα από το 1 έως το 10. Ως στάδιο εξοικείωσης, οι συμμετέχοντες άκουσαν πρώτα έναν τονικό και έναν τζαζ, εναρμόνιση της παραδοσιακής σκωτσέζικης μελωδίας Ye Banks and Braes, και κλήθηκαν να τα ταξινομήσουν ανεπίσημα πριν προχωρήσουν στο κύριο πείραμα. Προσφέρθηκαν πολλαπλές αναπαραγωγές των ερεθισμάτων σε περίπτωση που ένας ακροατής δεν ήταν σίγουρος για την ταξινόμηση που έπρεπε να ορίσει. Συνολικά, συμπεριλαμβανομένων των οδηγιών, κάθε συνεδρία διήρκεσε περίπου 30 λεπτά.

**Συμμετέχοντες:** Σαράντα ακροατές (μέση ηλικία 22 ετών, εύρος ηλικίας = 18–45, 18 άνδρες), προσφέρθηκαν εθελοντικά να συμμετάσχουν στο πρώτο πείραμα ακρόασης. Συμμετείχαν φοιτητές της Σχολής Μουσικών Σπουδών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Όλοι τους ανέφεραν φυσιολογική ακοή και μακροχρόνια εξάσκηση στη μουσική (12,8 χρόνια κατά μέσο όρο, από 5 έως 30). Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν αφελείς σχετικά με τον σκοπό του τεστ και ιδιαίτερα για το γεγονός ότι ο υπό εξέταση δημιουργικός παράγοντας ήταν υπολογιστικός και όχι ανθρώπινος.

**Αποτελέσματα:** Η Εικόνα 6 παρουσιάζει τα ιστογράμματα για τις έξι κατηγορίες που παρέχονται για ταξινόμηση μαζί με τις αξιολογήσεις προτιμήσεων στην κλίμακα 10 βαθμών. Ο Πίνακας 1 δείχνει τις πλεονάζουσες τιμές κύρτωσης (kurtosis – 3) για τις βαθμολογίες προτιμήσεων και για τις βαθμολογίες στην ταξινόμηση Tonal vs. Jazz (όπου παραλείφθηκε η επιλογή "other"). Οι χαμηλότερες τιμές κύρτωσης υποδηλώνουν την ύπαρξη συχνών αλλά μέτριων ακραίων τιμών (όσον αφορά την απόκλιση από τη μέση τιμή) ενώ οι υψηλότερες τιμές αντιπροσωπεύουν είτε μια κατανομή συγκεντρωμένη γύρω από τη μέση μόνο με περιστασιακές αλλά ισχυρές ακραίες τιμές, είτε μια κατανομή με ισχυρότερη συγκέντρωση στις ουρές σε σύγκριση με την κανονική κατανομή (Moors, 1986). Στην περίπτωσή μας, η κύρτωση χρησιμοποιείται για να ποσοτικοποιήσει τη συμφωνία μεταξύ των συμμετεχόντων, όπου οι υψηλότερες τιμές κύρτωσης σημαίνουν μια ισχυρή συγκέντρωση γύρω από το μέσο όρο και επομένως υψηλότερη συμφωνία. Μπορεί να παρατηρηθεί ότι η συμφωνία σχετικά με την ταξινόμηση είναι γενικά μεγαλύτερη όταν η μελωδία και η εναρμόνιση προέρχονται από το ίδιο ιδίωμα (δηλαδή, όταν δεν γίνεται ανάμειξη οποιασδήποτε μορφής). Επίσης, οι κατανομές της ταξινόμησης τρόπου λειτουργίας (μείζονα έναντι ελάσσονος) διαθέτουν τις υψηλότερες τιμές κύρτωσης σε σύγκριση με όλες τις άλλες κατανομές. Οι αξιολογήσεις προτιμήσεων οδηγούν σε κάπως πιο επίπεδες κατανομές (αλλά όχι πολύ μακριά από το κανονικό) για την πλειοψηφία των ερεθισμάτων.

***Εικόνα 6***



***Πίνακας 1***

Εικόνα που περιέχει κείμενο, στιγμιότυπο οθόνης, γραμματοσειρά, γραμμή

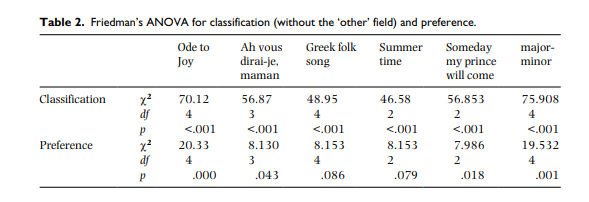
Το περιεχόμενο που δημιουργείται από τεχνολογία AI ενδέχεται να είναι εσφαλμένο.

**Επίδραση της αρμονίας:** Δεδομένου ότι οι περισσότερες από τις κατανομές απέτυχαν να περάσουν το τεστ κανονικότητας Shapiro-Wilk, υιοθετήθηκε μια μη παραμετρική προσέγγιση για την ανάλυση των δεδομένων. Οι δοκιμές ANOVA του Friedman εφαρμόστηκαν στη διακριτή μεταβλητή Tonal vs. Jazz (εξαιρώντας για άλλη μια φορά το πεδίο "άλλο") για να αποκαλύψουν μια πιθανή επίδραση εναρμόνισης στην ταξινόμηση ιδιωμάτων και/ή την προτίμηση για τις εξεταζόμενες μελωδίες. Τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στον Πίνακα 2 υποδεικνύουν ότι ενώ οι διαφορετικές εναρμονίσεις επηρέασαν πράγματι την ταξινόμηση ιδιωμάτων κάθε μεμονωμένης μελωδίας, η προτίμηση επηρεάστηκε μόνο για Ωδή στη Χαρά και μείζονα-ελάσσονα σε επίπεδο σημασίας p < 0,001. Ως εκ των υστέρων ανάλυση, εφαρμόστηκαν δοκιμές υπογεγραμμένης κατάταξης Wilcoxon για όλα τα πιθανά ζεύγη εναρμονίσεων σε κάθε μελωδία για τον εντοπισμό των ακριβών ζευγών που ταξινομήθηκαν ως σημαντικά διαφορετικά. Η διόρθωση Bonferroni (ρ/αριθμός συγκρίσεων) εφαρμόστηκε επίσης για τη διόρθωση πολλαπλών συγκρίσεων. Η ανάλυση που προσδιορίζει τα σημαντικά διαφορετικά ζεύγη για κάθε μελωδία μαζί με τα μεγέθη των εφέ τους παρουσιάζεται στο Παράρτημα S1 στην ενότητα Συμπληρωματικό Υλικό Online (Πίνακες S1 έως S6). Η Εικόνα 7 (α) και (β) δείχνει τη διάμεση τιμή κάθε ερεθίσματος λαμβάνοντας υπόψη τους τρόπους Tonal-Jazz και minor-major ως συνεχείς μεταβλητές για να παρέχει μια ποιοτική εικόνα των παραπάνω στατιστικών ευρημάτων.

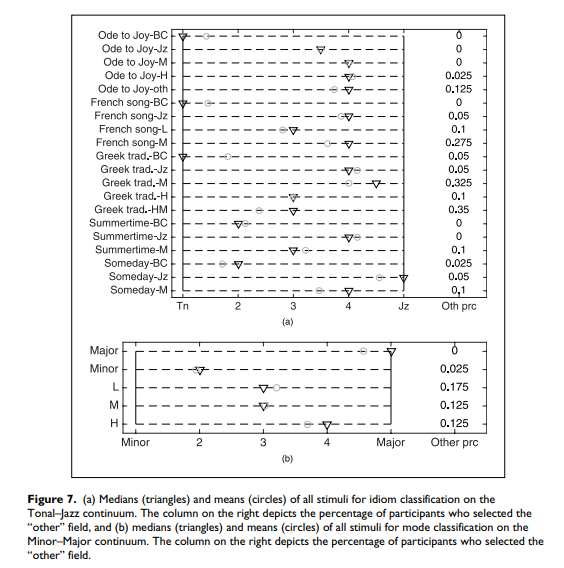
Συνολικά, αυτή η ανάλυση δείχνει ότι, με εξαίρεση την Ode to Joy όπου η επιτυχία του συστήματος ανάμειξης ήταν μερική, οι εναρμονίσεις που παρήγαγε το σύστημα για τις υπόλοιπες μελωδίες φαινόταν να έχουν δημιουργήσει διακριτά αρμονικά ιδιώματα.

Με τον ίδιο τρόπο όπως παραπάνω, σημαντικές διαφορές στην προτίμηση ως αποτέλεσμα της εναρμόνισης για κάθε ξεχωριστή μελωδία εξετάστηκαν περαιτέρω σε μια εκ των υστέρων ανάλυση. Δεδομένου ότι η ANOVA του Friedman έδειξε σημαντική επίδραση (στο επίπεδο p < 0,001) μόνο για την Ωδή στη Χαρά και τη μείζονα-ελάσσονα, αυτές ήταν οι μόνες δύο μελωδίες που δοκιμάστηκαν μέσω μιας δοκιμασίας υπογεγραμμένης κατάταξης Wilcoxon. Ο Πίνακας S7 (βλ. Παράρτημα S1 στην ενότητα Συμπληρωματικό Υλικό Online) δείχνει τα ζεύγη που παρουσίασαν σημαντική διαφορά στην προτίμηση μαζί με τα μεγέθη των εφέ. Η «άλλη» εναρμόνιση της Ode to Joy προτιμήθηκε σημαντικά λιγότερο σε σύγκριση με τη μίξη Bach, Jazz και medium και επίσης η κύρια εναρμόνιση της μελωδίας μείζονος-ελάσσονας προτιμήθηκε λιγότερο σε σύγκριση με τη δευτερεύουσα. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα, μπορεί να υποστηριχθεί ότι, με ελάχιστες εξαιρέσεις, δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στην προτίμηση για τις διαφορετικές εναρμονίσεις μιας δεδομένης μελωδίας.

***Πίνακας 2***



***Εικόνα 7***



**Επίδραση μελωδίας:** Εφόσον δείξαμε ότι οι διαφορετικές εναρμονίσεις επηρέασαν την ταξινόμηση ιδιωμάτων, μας ενδιέφερε επιπλέον να εξετάσουμε εάν καθεμία από τις υπό μελέτη μελωδίες επηρεάστηκε από διαφορετική εναρμόνιση με τον ίδιο τρόπο. Για το σκοπό αυτό, εξετάσαμε μόνο τις εναρμονίσεις σύμφωνα με τα χορικά του Bach (Tonal) και Jazz που μοιράζονταν όλα τα μπλοκ μελωδιών. Η υπόθεση εδώ ήταν ότι εάν η αντίληψη του ιδιώματος βασιζόταν απλώς στο αρμονικό ύφος, τότε η ταξινόμηση των ιδιωμάτων θα ήταν η ίδια για αυτές τις δύο εναρμονίσεις, ανεξάρτητα από την εναρμονισμένη μελωδία. Η ANOVA του Friedman για τονικές και τζαζ εναρμονίσεις στις πέντε δοκιμασμένες μελωδίες δεν επιβεβαίωσε αυτή την υπόθεση. Ο Πίνακας 3 δείχνει ότι η ταξινόμηση τόσο των τονικών όσο και των τζαζ εναρμονισμών επηρεάστηκε από την ίδια τη μελωδία παρά το γεγονός ότι δεν ελήφθη υπόψη το «άλλο» πεδίο. Πιο συγκεκριμένα, τα post-hoc test Wilcoxon signed-rank που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 έδειξαν ότι η τονική εναρμόνιση της τζαζ μελωδίας Summertime ταξινομήθηκε ως λιγότερο τονική από εκείνες των τονικών μελωδιών Ode to Joy και Ah vous dirai-je, maman. Επιπλέον, η Jazz εναρμόνιση της τζαζ μελωδίας “Someday my prince will come” ταξινομήθηκε ως πιο τζαζ από την τζαζ εναρμόνιση των τονικών μελωδιών Ode to Joy και Ah vous dirai-je, maman. Τέλος, ακόμη και η τζαζ εναρμόνιση της τροπικής μελωδίας του ελληνικού λαϊκού τραγουδιού κατατάχθηκε ως πιο τζαζ από την τζαζ εναρμόνιση της τονικής Ωδής στη Χαρά.

***Πίνακας 3***

Εικόνα που περιέχει κείμενο, γραμμή, γραμματοσειρά, αριθμός

Το περιεχόμενο που δημιουργείται από τεχνολογία AI ενδέχεται να είναι εσφαλμένο.

***Πίνακας 4***

Εικόνα που περιέχει κείμενο, στιγμιότυπο οθόνης, γραμματοσειρά, αριθμός

Το περιεχόμενο που δημιουργείται από τεχνολογία AI ενδέχεται να είναι εσφαλμένο.

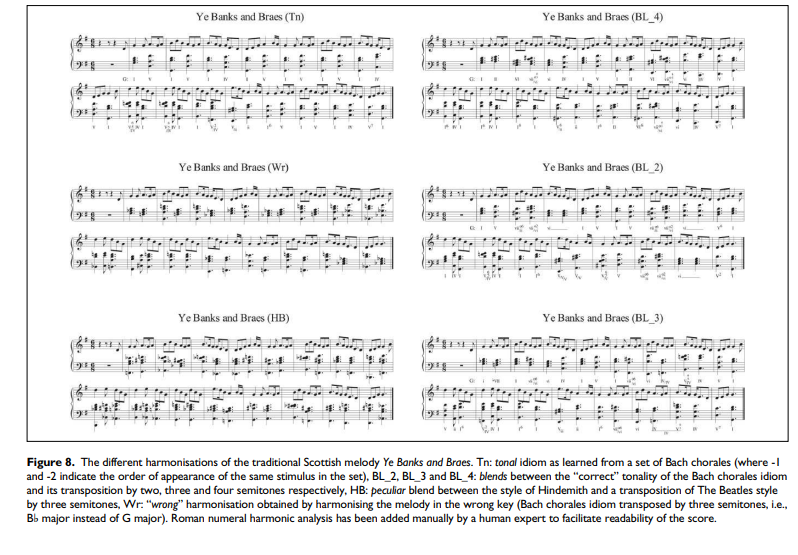
***● ΠΕΙΡΑΜΑ 2: Τύπος ταξινόμησης χρωματισμού***

**Ερεθίσματα:** Αυτό το πρόσθετο πείραμα περιλάμβανε μια παραδοσιακή σκωτσέζικη πεντατονική μελωδία (Ye Banks and Braes) εναρμονισμένη χρησιμοποιώντας τους ακόλουθους αρμονικούς χώρους:

1. Ένα τονικό ιδίωμα όπως μαθεύτηκε από ένα σύνολο χορωδιών του Μπαχ (υποδεικνύεται με «Tn»).
2. Μια "λάθος" εναρμόνιση που επιτυγχάνεται με την εναρμόνιση της μελωδίας σε λάθος πλήκτρο, π.χ., B♭ major αντί για σολ μείζονα ("Wr").
3. Μια ιδιόμορφη μίξη μεταξύ του στυλ του Χίντεμιθ και μιας μετάθεσης της αρμονίας των Beatles από τρία ημιτόνια («HB»).
4. Τρεις διαφορετικοί συνδυασμοί μεταξύ της «σωστής» τονικότητας του ιδιώματος των χορικών του Μπαχ και της μεταφοράς του με δύο, τρία και τέσσερα ημιτόνια («BL\_2», «BL\_3» και «BL\_4» αντίστοιχα).

Ο συνολικός αριθμός των ερεθισμάτων ήταν 7 αφού η τονική εναρμόνιση παρουσιάστηκε δύο φορές για να ελεγχθεί η συνέπεια των αποκρίσεων. Η συμπερίληψη των «λανθασμένων» και «περίεργων» μειγμάτων στο σύνολο ερεθισμάτων έγινε προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως πιθανές χαμηλές αναφορές για αξιολογήσεις προτίμησης και προσδοκίας και ως πιθανοί υποψήφιοι για τις κατηγορίες Atonal και Other. Η Εικόνα 8 απεικονίζει τις έξι διαφορετικές εναρμονίσεις των Ye Banks και Braes.

***Εικόνα 8***



**Διαδικασία:** Το πείραμα έλαβε χώρα σε δύο διαφορετικές συνεδρίες, η καθεμία με 10 έως 20 συμμετέχοντες. Στους ακροατές δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο που τους ζητούσε να ταξινομήσουν κάθε ερέθισμα σε μία από τις τέσσερις κατηγορίες: διατονικό, χρωματικό, ατονικό και άλλες. Η σειρά παρουσίασης για τις διάφορες εναρμονίσεις διατηρήθηκε η ίδια για όλες τις συνεδριάσεις, καθώς θεωρήθηκε ότι δεν θα επηρέαζε τις κρίσεις. Ο μικρότερος αριθμός ερεθισμάτων (5 έναντι 25) σε σύγκριση με το πείραμα ταξινόμησης στυλ (μεταφρασμένο σε μικρότερο πειραματικό χρόνο) μας επέτρεψε να ζητήσουμε μια επιπλέον βαθμολογία εκτός από την κατηγορία χρωματισμού και την προτίμηση για κάθε ερέθισμα: τον βαθμό προσδοκίας που χαρακτηρίζει κάθε εναρμόνιση. Η κλίμακα των αξιολογήσεων προτίμησης και προσδοκίας κυμαινόταν από το 1 έως το 5. Προσφέρθηκαν πολλαπλές αναπαραγωγές των ερεθισμάτων στην περίπτωση που ένας ακροατής δεν ήταν σίγουρος για την ταξινόμηση που έπρεπε να ορίσει. Συνολικά, συμπεριλαμβανομένων των οδηγιών, κάθε συνεδρία διήρκεσε περίπου 15 λεπτά.

**Συμμετέχοντες**: Τριάντα ακροατές (μέση ηλικία 22,2, εύρος ηλικίας = 19–29, 13 άνδρες) προσφέρθηκαν εθελοντικά να συμμετάσχουν στο πείραμα ακρόασης. Συμμετείχαν φοιτητές της Σχολής Μουσικών Σπουδών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Όλοι ανέφεραν φυσιολογική ακοή και μακροχρόνια εξάσκηση στη μουσική (12 χρόνια κατά μέσο όρο, από 6 έως 20). Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν αφελείς σχετικά με τον σκοπό του τεστ και ιδιαίτερα για το γεγονός ότι ο υπό εξέταση δημιουργικός παράγοντας ήταν υπολογιστικός και όχι ανθρώπινος.

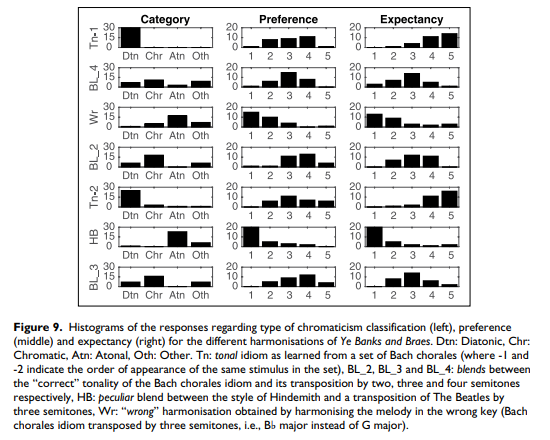
**Αποτελέσματα:** Η Εικόνα 9 παρουσιάζει τα ιστογράμματα για τις τέσσερις κατηγορίες που παρέχονται για την ταξινόμηση τύπου χρωματισμού μαζί με τις αξιολογήσεις προτίμησης και προσδοκίας στην κλίμακα 5 βαθμών. Ομοίως με την προηγούμενη ανάλυση, ο Πίνακας 5 παρουσιάζει τις τιμές περίσσειας κύρτωσης (kurtosis – 3) και για τις τρεις κατανομές (μεταχείριση της ταξινόμησης στυλ ως διακριτή παρά ως κατηγορική μεταβλητή για σκοπούς απεικόνισης) προκειμένου να ληφθεί μια ποσοτικοποίηση των απομακρυσμένων τιμών. Τα αποτελέσματα μιας ANOVA του Friedman σχετικά με τις κατανομές προτιμήσεων και προσδοκιών (που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6) αποκάλυψαν ότι υπήρχε επίδραση εναρμόνισης και στις δύο ιδιότητες. Οι πίνακες 7 και 8 παρουσιάζουν τα σημαντικά διαφορετικά ζεύγη εναρμονίσεων που προέκυψαν από μια εκ των υστέρων ανάλυση (δηλαδή, δοκιμές υπογεγραμμένης κατάταξης Wilcoxon). Σύμφωνα με την Εικόνα 9 και τον Πίνακα 5, η εναρμόνιση Tn ταξινομήθηκε ομόφωνα ως διατονική στην πρώτη παρουσίαση και η ίδια με πολύ υψηλή συμφωνία στη δεύτερη έκθεση, όπου έγινε λάθος ως χρωματική, ατονική ή άλλη από μόνο τέσσερις από τους 30 συμμετέχοντες. Επιπλέον, βαθμολογήθηκε ως η πιο αναμενόμενη εναρμόνιση και προτιμήθηκε περισσότερο σε σύγκριση με τα Wr και HB. Οι εναρμονίσεις Wr και HB ταξινομήθηκαν ως Atonal με υψηλή συμφωνία και τους αποδόθηκε το υψηλότερο απροσδόκητο (με εξαίρεση μεταξύ Wr και BL\_4 όπου η διαφορά δεν ήταν σημαντική) και η μικρότερη προτίμηση μεταξύ των υπόλοιπων εναρμονισμών. Τα BL\_2, BL\_3 και BL\_4 βαθμολογήθηκαν ως επί το πλείστον ως χρωματικά, αλλά με κάποιο ποσοστό των συμμετεχόντων να τα αξιολογήσει ως διατονικά ή ακόμη και ως άλλα. Το BL\_4 ήταν η εναρμόνιση που παρουσίαζε τη μικρότερη συμφωνία μεταξύ των συμμετεχόντων για την ταξινόμηση χρωματισμού. Αυτές οι τρεις εναρμονίσεις βαθμολογήθηκαν ως λιγότερο αναμενόμενες από το Tn αλλά περισσότερο αναμενόμενες από τις Wr και HB. Η διαφορά προσδοκίας μεταξύ τους ήταν ασήμαντη. Όσον αφορά την προτίμηση, το BL\_4 προτιμήθηκε σημαντικά λιγότερο από το BL\_3 αλλά δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ αυτών των μιγμάτων και του Tn.

***Πίνακας 5***

Εικόνα που περιέχει κείμενο, στιγμιότυπο οθόνης, γραμματοσειρά, αριθμός

Το περιεχόμενο που δημιουργείται από τεχνολογία AI ενδέχεται να είναι εσφαλμένο.

***Εικόνα 9***



***Πίνακας 6***

Εικόνα που περιέχει κείμενο, γραμματοσειρά, γραμμή, αριθμός

Το περιεχόμενο που δημιουργείται από τεχνολογία AI ενδέχεται να είναι εσφαλμένο.

***Πίνακας 7***

Εικόνα που περιέχει κείμενο, γραμμή, αριθμός, γραμματοσειρά

Το περιεχόμενο που δημιουργείται από τεχνολογία AI ενδέχεται να είναι εσφαλμένο.

***Πίνακας 8***

Εικόνα που περιέχει κείμενο, στιγμιότυπο οθόνης, αριθμός, γραμμή

Το περιεχόμενο που δημιουργείται από τεχνολογία AI ενδέχεται να είναι εσφαλμένο.

***Συζήτηση και μελλοντική εργασία***

Όπως συζητήθηκε στην εισαγωγή της προηγούμενης ενότητας, ένας δημιουργικός παράγοντας μπορεί να αξιολογηθεί τόσο ως προς τις διαδικασίες που ενσωματώνει όσο και ως προς τα τεχνουργήματα που δημιουργεί. Αυτό το κομμάτι της έρευνας έχει επικεντρωθεί στην εμπειρική αξιολόγηση ενός αριθμού μελωδικών εναρμονισμών που δημιουργούνται από υπολογιστή (δηλαδή προϊόντων του συστήματος αρμονικής ανάμειξης). Το προτεινόμενο υπολογιστικό σύστημα έχει έναν καλά καθορισμένο στόχο, ο οποίος είναι η δημιουργία υβριδικών αρμονικών ιδιωμάτων μέσω αρμονικής ανάμειξης. Υπό αυτή την έννοια, υπήρχε ένα σαφές κριτήριο για τη μέτρηση της επιτυχίας: ο βαθμός στον οποίο οι παραγόμενες εναρμονίσεις γίνονται αντιληπτές από τους ακροατές ως περιπτώσεις των ιδιωμάτων εισόδου, υβρίδια μεταξύ τους ή νέα ιδιώματα που δεν σχετίζονται με κανένα από τα αρχικά ιδιώματα. Η αξία και η καινοτομία των δημιουργούμενων εναρμονισμών, που αποτελούν δείκτες δημιουργικότητας, αξιολογούνται επίσης ζητώντας κρίσεις σχετικά με τις προτιμήσεις και τις προσδοκίες.

Τα εμπειρικά πειράματα έχουν δείξει ότι οι διαφορετικές εναρμονίσεις που παράγονται από το σύστημα έχουν πράγματι επηρεάσει την αντίληψη του ιδιώματος. Οι εναρμονίσεις σύμφωνα με καθαρά τονικές ή τζαζ μεταβατικές matrix ταξινομήθηκαν ως επί το πλείστον ως ανήκουσες στα αρχικά αρμονικά στυλ, ενώ τα αρμονικά μείγματα μεταξύ κλασικής τονικής και τζαζ αρμονίας θεωρήθηκαν ως επί το πλείστον ως ανήκοντα σε ένα υβριδικό τονικό ιδίωμα της τζαζ ή, περιστασιακά, σε ένα μη αναγνωρίσιμο «άλλο» ιδίωμα. Η επιλογή «other» ήταν, όπως αναμενόταν, πιο εμφανής στις δύο περιπτώσεις όπου το στυλ εναρμόνισης δεν αφορούσε ούτε τα τονικά ή τζαζ στυλ ούτε τα μείγματά τους (δηλαδή, Hindemith και ένα μείγμα μεταξύ Beatles και Hindemith). Αυτό δείχνει ότι οι συμμετέχοντες μπόρεσαν κυρίως να κάνουν διάκριση μεταξύ ενός συνδυασμού τονικής-τζαζ και μιας εναρμόνισης που βασίστηκε σε ένα εντελώς διαφορετικό ιδίωμα.

Η επιθεώρηση των τιμών κύρτωσης των διανομών ταξινόμησης έδειξε ότι η εναρμόνιση μιας μελωδίας από ένα ιδίωμα διαφορετικό από το αρχικό της (είτε αναμεμειγμένο είτε όχι) γενικά μείωσε τη συμφωνία μεταξύ των συμμετεχόντων σχετικά με το αντιληπτό μουσικό ύφος. Δηλαδή, η ανάμειξη (είτε μελωδία-αρμονία είτε αρμονία-αρμονία) φαίνεται να εισάγει κάποια αβεβαιότητα για την ταύτιση του ιδιώματος. Η αναγνωρισμένη επίδραση της αρμονίας στην αντίληψη του ιδιώματος εξαρτιόταν επίσης από τη μελωδία, πράγμα που σημαίνει ότι η ταξινόμηση των ιδιωμάτων έγινε λαμβάνοντας υπόψη τόσο τα αρμονικά όσο και τα μελωδικά χαρακτηριστικά. Αυτό δοκιμάστηκε σε εναρμονίσεις που βασίζονται σε αμιγώς τονικά ή τζαζ στυλ έτσι ώστε να υπάρχει η ίδια αναφορά για όλες τις μελωδίες. Αυτό το εύρημα υποδηλώνει ότι ακόμη και ένα μείγμα μελωδίας-αρμονίας (δηλαδή, η εναρμόνιση μιας μελωδίας σύμφωνα με ένα ιδίωμα διαφορετικό από το αρχικό του) μπορεί να αποτελεί έναν αντιληπτό τύπο μίξης. Απαιτείται πιο ενδελεχής δοκιμή για αυτό το αποτέλεσμα με ένα αποκλειστικό πείραμα που χρησιμοποιεί ευρύτερο φάσμα μελωδιών και ιδιωμάτων. Τέλος, οι διαφορετικά εναρμονισμένες εκδοχές κάθε μελωδίας βρέθηκαν γενικά να προτιμώνται εξίσου με εξαίρεση την «άλλη» εναρμόνιση του Ode to Joy, η οποία έλαβε σημαντικά χαμηλότερες βαθμολογίες προτίμησης.

Το πείραμα ταξινόμησης τρόπου λειτουργίας (μείζων-ελάσσονος) έδειξε ότι οι ακροατές ήταν σε θέση να ταξινομήσουν σχεδόν τέλεια τη λειτουργία μείζονος σημασίας και ήταν επίσης πολύ επιτυχημένοι όσον αφορά τη λειτουργία ελάσσονας σημασίας. Η ελαφρά σύγχυση που παρατηρείται στην ταξινόμηση του ελάσσονος τρόπου μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι το σύντομο απόσπασμα ολοκληρώθηκε με ένα τρίτο του Πικαρδίου (μείζων τονική συγχορδία) που είναι συνηθισμένο στα χορωδιακά ελάσσονα τρόπου του Μπαχ. Αυτό αναμενόμενα έχει διαμορφώσει ελαφρώς τις κρίσεις των ακροατών προς το main mode. Εκτός από αυτό, τα μείγματα ταξινομήθηκαν ως επί το πλείστον ως μεταξύ του μείζονος και του ελάσσονος τρόπου ή, λιγότερο συχνά, βαθμολογήθηκαν ως ανήκοντα στην επιλογή "άλλο" (“other”). Επιπλέον, οι αξιολογήσεις προτιμήσεων διέφεραν σημαντικά μόνο μεταξύ των αμιγώς ελάσσονων σημασίας και των μείζονος σημασίας εναρμονίσεων (με προτίμηση στις ελάσσονες). Οι συνδυασμένες αρμονικές εκδόσεις προτιμήθηκαν εξίσου από την εναρμόνιση μείζονος λειτουργίας, υποδεικνύοντας ότι οι ακροατές εκτιμούσαν θετικά τα μείζονα-ελάσσονα δημιουργικά μείγματα του συστήματος.

Τέλος, ο τύπος του πειράματος ταξινόμησης χρωματισμού έδειξε ότι οι κρίσεις για τον τύπο του χρωματισμού ήταν αρκετά συνεπείς, εκτός από τη μικτή εναρμόνιση BL\_4, οι βαθμολογίες της οποίας ήταν σχεδόν εξίσου κατανεμημένες μεταξύ τονικών, χρωματικών και άλλων. Αυτό δείχνει ότι υπήρξε υψηλή συμφωνία μεταξύ των ακροατών σχετικά με την ταξινόμηση των μικτών εναρμονισμών που παράγονται από το CHAMELEON στις τρεις μεγάλες κατηγορίες διατονικής τονικότητας, χρωματικής τονικότητας και ατονικότητας. Πιο συγκεκριμένα, η τονική εναρμόνιση σύμφωνα με το χορωδιακό στυλ του Bach έλαβε ομόφωνη διατονική τονική βαθμολογία στην πρώτη παρουσίαση (Tn1) με πολύ μικρή διαφοροποίηση στη δεύτερη (Tn2), δείχνοντας συνέπεια στις απαντήσεις των ακροατών στο ίδιο ερέθισμα. Η «λάθος» (Wr) εναρμόνιση κρίθηκε ως επί το πλείστον ατονική, παρόμοια με την «ιδιόμορφη» εναρμόνιση HB. Οι δύο διατονικές μικτές εναρμονίσεις, BL\_2 και BL\_3 (δύο και τρία ημιτόνια χωριστά), θεωρήθηκαν γενικά ως χρωματικές (μικρή διαρροή προς τον τονικό και "άλλο" και στις δύο περιπτώσεις).

Οι αξιολογήσεις προτιμήσεων και προσδοκιών δίνουν ενδιαφέροντα αποτελέσματα σχετικά με τις δημιουργικές πτυχές του συστήματος εναρμόνισης CHAMELEON. Η διατονική τονική εναρμόνιση (Tn) μαζί με όλες τις χρωματικές μικτές εναρμονίσεις (BL\_2, BL\_3, BL\_4) έλαβαν εξίσου υψηλές βαθμολογίες προτιμήσεων, υποδεικνύοντας ότι στους ακροατές άρεσε τόσο η αρχική τονική εναρμόνιση όσο και τα χρωματικά μείγματα. Η τυπική τονική εναρμόνιση έλαβε σημαντικά υψηλότερες βαθμολογίες για το προσδόκιμο σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα ανάμειξης παρήγαγε μερικές νέες εναρμονίσεις (δηλαδή, BL\_4, BL\_2 και BL\_3) που αναγνωρίστηκαν και οι δύο ως στυλιστικά μάλλον απροσδόκητες ή πρωτότυπες και, ταυτόχρονα, εκτιμήθηκαν εξίσου σε σύγκριση με μια συμβατική τονική εναρμόνιση. Ο συνδυασμός πρωτοτυπίας (δηλαδή κάτι απροσδόκητο) και σχετικά μεγάλης προτίμησης αποτελεί ένδειξη θετικής αξίας δημιουργικότητας. Από την άλλη πλευρά, οι εναρμονίσεις «Wr» και HB έλαβαν σημαντικά χαμηλότερες αξιολογήσεις προτιμήσεων συνοδευόμενες από σημαντικά χαμηλότερες αξιολογήσεις προσδοκιών. Αυτό αποτελεί επιβεβαίωση του γεγονότος ότι η υπερβολική καινοτομία συχνά δεν εκτιμάται ιδιαίτερα (Margulis & Beatty, 2008) και της υπόθεσής μας ότι οι εναρμονίσεις που παράγονται σκόπιμα για να ακούγονται «λάθος» προσδιορίζονται ως τέτοιες.

Συνολικά, με βάση τα παραπάνω μπορεί να υποστηριχθεί ότι το σύστημα αρμονικής ανάμειξης έχει πράγματι πετύχει να παράγει αντιληπτά μείγματα – σε ιδιωματισμούς, τρόπους και τύπους χρωματισμού – που προτιμώνται εξίσου σε σύγκριση με τα μη μείγματα.

Οι μελλοντικές εργασίες θα στοχεύουν στην ποσοτικοποίηση της πιθανής επιρροής του βοηθού εναρμόνισης στις ανθρώπινες δημιουργικές διαδικασίες. Μια τέτοια αξιολόγηση δεν θα ήταν δυνατή μέσω του πρωτοκόλλου παθητικής ακρόασης που υιοθετήθηκε σε αυτή την εργασία. Αντ' αυτού θα απαιτούνταν κάποια ενεργή αλληλεπίδραση με το σύστημα. Προς αυτή την κατεύθυνση, πραγματοποιήθηκε πιλοτική μελέτη που είχε ως στόχο την αξιολόγηση της ενίσχυσης της ανθρώπινης δημιουργικότητας μέσω της αλληλεπίδρασης με το σύστημα. Ο στόχος ήταν να εξεταστεί εάν (και με ποιον τρόπο) η εναρμόνιση μιας συγκεκριμένης μελωδίας από τον άνθρωπο θα επηρεαζόταν ως αποτέλεσμα της έκθεσης των συμμετεχόντων σε μια σειρά από διαφορετικές εναρμονίσεις της ίδιας μελωδίας που παράγεται από το σύστημα. Αυτό, με τη σειρά του, θα απαιτούσε ένα αξιόπιστο μέτρο αρμονικής ανομοιότητας που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως μέτρηση αρμονικής απόκλισης (δηλαδή, έμπνευση που προσφέρεται ως αποτέλεσμα επιρροής από τα προϊόντα του συστήματος). Αυτή η έρευνα βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη και τα αποτελέσματα θα αναφερθούν σε μελλοντική εργασία. Το προφανές επόμενο βήμα θα ήταν να επιτραπεί στους ανθρώπους να κάνουν χρήση του συστήματος χωρίς κανένα είδος διαμεσολάβησης για την αξιολόγηση τόσο της εμπειρίας χρήστη όσο και της παραγωγής τεχνουργημάτων σε ένα τέτοιο σενάριο.

Τέλος, στο πλαίσιο ενεργητικής αξιολόγησης του συστήματος, ορίστηκε μια μικρή συνθετική «άσκηση» σε επτά συνθέτες ή μαθητές συνθέτες στη Θεσσαλονίκη. Στους συνθέτες δόθηκαν τρεις διαφορετικές παραδοσιακές ελληνικές μελωδίες και 40 εναρμονίσεις σε διαφορετικά στυλ και μείξεις μεταξύ τους για κάθε μελωδία. Τους ζητήθηκε να επιλέξουν μία μελωδία και μία ή περισσότερες εναρμονίσεις για να συνθέσουν ένα κομμάτι μινιατούρας για πιάνο χρησιμοποιώντας όποιες τεχνικές σύνθεσης επεξεργασίας/παραλλαγής ήθελαν. Τα επτά μικροσκοπικά κομμάτια παρουσιάστηκαν στις 19 Οκτωβρίου 2016 σε μια ζωντανή συναυλία στο Μουσείο Σύγχρονης Τέχνης στη Θεσσαλονίκη (οι ηχογραφήσεις των επτά κομματιών είναι διαθέσιμες στον ιστότοπο CHAMELEON). Ορισμένοι δήλωσαν ότι δεν θα είχαν καταλήξει ποτέ σε μία ή περισσότερες από τις εναρμονίσεις που χρησιμοποίησαν.

Συνολικά, υπήρξε θετική ανταπόκριση όσον αφορά τουλάχιστον ορισμένα από τα δημιουργικά προϊόντα αυτού του συστήματος. Ας ελπίσουμε ότι στο εγγύς μέλλον θα αναπτυχθεί μια φιλική προς τον χρήστη εφαρμογή του συστήματος CHAMELEON ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρύτερα και να γίνουν πιο εκτεταμένες μελέτες αξιολόγησης.

***Συμπεράσματα***

Σε αυτή την εργασία, το Conceptual Blending έχει διερευνηθεί στο πλαίσιο ενός δημιουργικού μουσικού συστήματος. Ένα υπολογιστικό μοντέλο της Θεωρίας Εννοιολογικής Ανάμειξης έχει σχηματίσει τον πυρήνα ενός συστήματος παραγωγής μουσικής που δημιουργεί πραγματικές μελωδικές εναρμονίσεις συνδυάζοντας ιδιότητες από διαφορετικούς χώρους εισόδου αρμονικών. Ο βοηθός μελωδικής εναρμόνισης CHAMELEON, αφενός, μαθαίνει αρμονίες (τύπους συγχορδίας, προόδους συγχορδιών, ρυθμούς, μπάσα γραμμή) από ανθρώπινα σχολιασμένα αρμονικά δεδομένα σε διάφορα αρμονικά ιδιώματα και στη συνέχεια εναρμονίζει μια δεδομένη μελωδία σε διαφορετικά αρμονικά στυλ και, αφετέρου, συνδυάζει δύο διαφορετικά νέα αρμονικά χαρακτηριστικά χώρου σε αρμονικά χαρακτηριστικά με συνεπή τρόπο.

Το προτεινόμενο σύστημα αρμονικής ανάμειξης δημιουργεί νέες αναμεμειγμένες αρμονίες και η τρέχουσα μελέτη επιχειρεί να αξιολογήσει το δημιουργικό του αποτέλεσμα ακολουθώντας μια εμπειρική μεθοδολογία, όπου οι ακροατές βαθμολογούν διαφορετικές εκδοχές απλών ή μικτών εναρμονισμών διαφορετικών μελωδιών ως προς την «ανάμιξη» (δηλαδή πώς αντιλαμβάνονται μια συγκεκριμένη εναρμόνιση ως μείγμα που σχετίζεται με την αρμονική πηγή των δύο προτίμηση) και «καινοτομία» (προσδοκία). Τα πειραματικά δεδομένα δείχνουν ότι το σύστημα αρμονικής ανάμειξης έχει πράγματι πετύχει να παράγει αντιληπτά μείγματα μεταξύ ιδιωμάτων, τρόπων και τύπων χρωματισμού. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα παραγόμενα μείγματα προτιμήθηκαν εξίσου από τις αρχικές μη αναμεμιγμένες εναρμονίσεις, αλλά οι μεικτές εναρμονίσεις θεωρήθηκαν πιο απροσδόκητες, δηλαδή με υψηλότερο βαθμό καινοτομίας.

Το γεγονός ότι τα αρμονικά μείγματα θεωρήθηκαν καινοτόμα (απροσδόκητα) και αισθητικά ευχάριστα (προτιμώμενα) δείχνει ότι το προτεινόμενο σύστημα αρμονικής ανάμειξης αποτυπώνει πτυχές της δημιουργικότητας και υποστηρίζει την υπόθεση ότι η εννοιολογική ανάμειξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως παραγωγικός μηχανισμός για τη δημιουργία νέων εννοιών και καλλιτεχνικών τεχνουργημάτων. Με βάση τα εμπειρικά αποτελέσματα, θα είναι ενδιαφέρον να μελετήσουμε περαιτέρω εάν ο βοηθός μελωδικής εναρμόνισης CHAMELEON μπορεί να χρησιμοποιηθεί δημιουργικά από συνθέτες ως πηγή ιδεών εναρμόνισης, που μπορεί να προσφέρει νέο αρμονικό υλικό για την ελεύθερη ανάπτυξη μουσικών υφών.