

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΙV ΣΥΝΘΕΣΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΙΧΜΗΣ

**ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΑΚΡΟΑΤΗΡΙΟΥ ΜΟΥΣΙΚΗΣ JAZZ ·
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΑΝΤΙΧΗΣΗ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΙΩΑΝΝΗ ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ

ΑΘΗΝΑ 2024

ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Σωτηροπούλου Αλεξάνδρα, τ. Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών ΕΜΠ (Επιβλέπουσα)

Πουλάκος Γεώργιος, Ομότιμος Καθηγητής Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών ΕΜΠ

Τζεκάκης Εμμανουήλ, Ομότιμος Καθηγητής Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών ΑΠΘ

Καμπουράκης Γεώργιος, τ. Αναπληρωτής Καθηγητής Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών ΕΜΠ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Σωτηροπούλου Αλεξάνδρα, τ. Αν. Καθ. ΕΜΠ

Πουλάκος Γεώργιος, Ομ. Καθ. ΕΜΠ

Τζεκάκης Εμμανουήλ, Ομ. Καθ. ΑΠΘ

Βασιλάτος Παναγιώτης, Αν. Καθ. ΕΜΠ

Κατσαρός Μιλτιάδης, Αν. Καθ. ΕΜΠ

Γιαννούτσου Βασιλική, Επικ. Καθ. ΕΜΠ

Βουγιούκας Εμμανουήλ, Επικ. Καθ. ΕΜΠ

Η έγκριση της παρούσας διδακτορικής διατριβής από την επταμελή εξεταστική επιτροπή και τη Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου δεν προϋποθέτει και την αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 202, παράγραφος 2 του Ν.5343/1932



Creative Commons: CC BY-NC-ND

Αναφορά, Όχι Παράγωγα Έργα, Μη Εμπορική Χρήση

Περίληψη

Η jazz, με ιστορία που ξεπερνά τον έναν αιώνα, αποτελεί ένα από τα πιο καθιερωμένα είδη μουσικής. Σε όλο τον κόσμο, υπάρχουν και συνεχίζουν να δημιουργούνται πολυάριθμες αίθουσες που φιλοξενούν jazz συναυλίες. Ωστόσο μέχρι σήμερα δεν έχει γίνει καμία επιστημονική έρευνα σχετικά με τον ακουστικό σχεδιασμό χώρων ακροατηρίου του είδους και η κατασκευή τους γίνεται διαισθητικά, τυχαία ή απλώς αντιγράφοντας αρχιτεκτονικά στοιχεία υφιστάμενων αιθουσών που θεωρούνται «χώροι αναφοράς» ως προς την ακουστική τους. Αναγνωρίζοντας την έλλειψη αυτή, η παρούσα εργασία επιχειρεί με επιστημονική μεθοδολογία να διερευνήσει αφενός τον τρόπο που η ακουστική ποιότητα γίνεται αντιληπτή κατά την ακρόαση μουσικής jazz και αφετέρου την τιμή του χρόνου αντήχησης που βελτιστοποιεί τέτοιες ακροάσεις, αποσκοπώντας έτσι, στην ανάδειξη χρήσιμων στοιχείων για τον ακουστικό σχεδιασμό αιθουσών ακροατηρίου του είδους. Η εργασία είναι πειραματική και αποτελείται από δύο ομάδες πειραμάτων.

Η πρώτη ομάδα πειραμάτων είχε στόχο τη διερεύνηση της αντίληψης της ακουστικής κατά την ακρόαση μουσικής jazz. Αρχικά συντάχθηκε μέσω πειραματικής διαδικασίας ένας κατάλογος τριάντα τριών αντιθέτων επιθετικών προσδιορισμών που χρησιμοποιούνται συχνά για την περιγραφή των ακουστικών ιδιοτήτων των αιθουσών ακροατηρίου μουσικής jazz από τους φίλους του είδους. Οι προσδιορισμοί αυτοί χρησιμοποιήθηκαν ως πόλοι διπολικών κλιμάκων αξιολόγησης σε πείραμα διερεύνησης της αντίληψης της ακουστικής κατά την ακρόαση ηχογραφημένων συναυλιών jazz. Στα αποτελέσματα του πειράματος έγινε ανάλυση κατά παράγοντες· αυτή οδήγησε στη μείωση των διαστάσεων των αποτιμήσεων των ακροατών και την εξαγωγή τεσσάρων ανεξάρτητων παραγόντων της αντίληψης (SMOOTHNESS, CLARITY, RICHNESS, PROXIMITY). Εν συνεχεία, επιλέχθηκαν δεκαεννέα κλίμακες αντιπροσωπευτικές των τεσσάρων αυτών παραγόντων με τις οποίες διεξήχθη νέο πείραμα αντίληψης, αυτή τη φορά κατά τη διάρκεια ζωντανών συναυλιών. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψαν τρεις ανεξάρτητοι παράγοντες (CLARITY, SMOOTHNESS, PROXIMITY), υποδεικνύοντας ότι υπάρχουν κοινές συνιστώσες της αντίληψης κατά την ακρόαση ηχογραφημένης και ζωντανής μουσικής jazz. Ένα πρόσθετο πείραμα διεξήχθη σε μουσικούς της jazz προκειμένου να διερευνηθεί το πώς εκείνοι αντιλαμβάνονται την ακουστική των αιθουσών κατά τη διάρκεια της ερμηνείας τους. Η ανάλυση των

αποτελεσμάτων έδειξε τρεις παράγοντες (NOISINESS, LIVENESS, SMOOTHNESS) επιβεβαιώνοντας τη διαισθητική άποψη ότι μεταξύ ακροατών και ερμηνευτών υπάρχουν διαφορές στον τρόπο αντίληψης της ακουστικής .

Η δεύτερη ομάδα πειραμάτων είχε στόχο τη διερεύνηση της τιμής του χρόνου αντήχησης για την οποία η ακρόαση μουσικής jazz γίνεται βέλτιστη. Η διαδικασία βασίστηκε στην ψηφιακή προσομοίωση της αναπαραγωγής ανηχοϊκών αποσπασμάτων εντός ενός θεωρητικού χώρου και την ακρόαση με δυνατότητα μεταβολής του χρόνου αντήχησης σε πραγματικό χρόνο (auralization). Έμπειροι ακροατές της jazz μουσικής κλήθηκαν να καταγράψουν την κρίση τους για τις τιμές που βελτιστοποιείται η ακουστική ποιότητα έχοντας ως κριτήριο κάθε έναν από τους τρεις ανεξάρτητους παράγοντες που είχαν προκύψει στο πείραμα της αντίληψης του ακροατηρίου. Από τα αποτελέσματα αυτής της ομάδας πειραμάτων προέκυψε ότι ο προτιμώμενος χρόνος αντήχησης για την ακρόαση μουσικής jazz είναι χαμηλότερος από εκείνον των αιθουσών ακροατηρίου κλασικής μουσικής και κυμαίνεται μεταξύ 0.6 s και 0.8 s ανάλογα με το tempo, την ενορχήστρωση κλπ. Σχετικά με τη φασματική του κατανομή φάνηκε ότι υπάρχει προτίμηση για επίπεδη απόκριση μεταξύ χαμηλής και μεσαίας περιοχής και αύξηση στην υψηλή περιοχή συχνοτήτων.

Από τα συμπεράσματα της έρευνας παρέχονται πληροφορίες για τον τρόπο που οι ακροατές της jazz αντιλαμβάνονται την ακουστική ποιότητα και επιβεβαιώνεται η ανάγκη ξεχωριστής προσέγγισης του σχεδιασμού των χώρων ακροατηρίου που προορίζονται για το συγκεκριμένο μουσικό είδος. Επίσης προτείνονται ενδεικτικές τιμές για το χρόνο αντήχησης τέτοιων αιθουσών υπαγορεύοντας έτσι κατευθυντήριες γραμμές για το σχεδιασμό τους.

Summary

With a history spanning over a century, jazz is one of the most established musical genres. Numerous venues around the world host jazz concerts, while others being built all the time. However, to date there has been no scientific research into the acoustic design of jazz venues, and their construction is done intuitively, by chance, or simply by copying architectural elements from existing venues, which are considered as 'reference' in terms of acoustics. With regard to this research gap, the present study seeks to scientifically investigate how acoustic quality is perceived when listening to jazz music, as well as the optimal reverberation time that enhances such listening experience, aiming to provide useful insight for the acoustic design of auditoria for this genre. This is an experimental study and consists of two sets of experiments.

The first set of experiments aimed to investigate the perception of acoustics during listening to recorded jazz music. Initially, using an experimental process there was compiled a list of thirty-three opposite-adjective pairs which are used frequently by jazz enthusiasts to describe the acoustic properties of jazz venues. These adjectives were employed at the poles of bipolar rating scales in an experiment aiming to investigate the perception of acoustics at recorded jazz concerts. The experimental data were analysed by factor analysis. Four independent factors were produced, namely, SMOOTHNESS, CLARITY, RICHNESS, PROXIMITY. Nineteen rating scales representative of these four factors were then selected, and a new perception experiment was carried out, during live concerts. Three independent factors were produced from analysis of the assessments, namely, CLARITY, SMOOTHNESS, PROXIMITY. These results demonstrate that there are common components in the perception of recorded and live jazz music. An additional experiment was carried out with musicians in jazz venues, aiming to investigate the perception of acoustics during performance. Analysis of the raw scale judgements produced three independent subjective factors, namely, NOISINESS, LIVENESS, SMOOTHNESS. This confirms the intuitive view that there are differences between listeners and performers regarding their acoustic perception.

The second set of experiments aimed to investigate the optimal reverberation time for jazz music listening. The process was based on the digital simulation of playing anechoic excerpts within a theoretical space, that provided the ability to adjust reverberation time in real-time (auralization). Experienced jazz listeners were asked to specify their

preference for the values that optimise acoustic quality, using the three independent factors that were previously identified. Results indicated that preferred reverberation time was lower for jazz music than for classical music concerts, ranging between 0.6 s and 0.8 s, depending on the tempo, orchestration etc. In terms of spectral distribution, there was a preference for flat response between low and mid frequencies and an increase in the high frequency range.

Results from this research provide evidence on how jazz listeners perceive acoustic quality' also it is confirmed the need for a special approach to the design of jazz auditoria. Preference values for the reverberation time of such venues are identified, providing so guidelines for their design.

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας τη διδακτορική μου διατριβή, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κ. Αλεξάνδρα Σωτηροπούλου για την υποδειγματική της καθοδήγηση και την ανεκτίμητη επιστημονική γνώση που μου προσέφερε. Η αδιάλειπτη παρουσία της καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της πολυετούς έρευνας, οι πολύτιμες συμβουλές της και η συνεχής ενθάρρυνση υπήρξαν καταλυτικά στοιχεία στην εξέλιξη και ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής. Για την ακρίβεια, χωρίς τη συμβολή της, η συγκεκριμένη διατριβή, όχι απλώς δεν θα είχε ολοκληρωθεί, αλλά δεν θα είχε καν ξεκινήσει αφού, εκτός των άλλων, σε εκείνη οφείλεται τόσο η αρχική παρακίνηση όσο και η σύλληψη της ερευνητικής ιδέας.

Ευχαριστώ επίσης και τα υπόλοιπα μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής, τους Καθηγητές κυρίους Γιώργο Πουλάκο, Γιώργο Καμπουράκη και Μανώλη Τζεκάκη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν, το χρόνο που αφιέρωσαν και την πολύτιμη βοήθειά τους στην εκπόνηση της παρούσας διατριβής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή και τ. Πρύτανη του ΕΜΠ, κ. Νίκο Μαρκάτο για το διαρκές ενδιαφέρον και την υποστήριξή του.

Θερμές ευχαριστίες θέλω να εκφράσω επίσης σε όλους όσους συμμετείχαν στα πειράματα της εργασίας ή βοήθησαν στη διεξαγωγή τους. Χωρίς τη συμβολή τους η υλοποίηση της παρούσας πειραματικής μελέτης δεν θα ήταν εφικτή.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου, τη Γιασεμί και τη Μαρίνα για την αγάπη τους την υπομονή και την κατανόηση.

Η παρούσα διατριβή δεν χρηματοδοτήθηκε από κανέναν φορέα ή άλλη πηγή

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2	ΙΣΤΟΡΙΚΟ	7
2.1	Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΟΥΣΙΚΗΣ JAZZ ΚΑΙ ΟΙ ΧΩΡΟΙ ΑΚΡΟΑΤΗΡΙΟΥ.....	7
2.2	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	21
3	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΑΚΡΟΑΤΗΡΙΟΥ ΜΟΥΣΙΚΗΣ JAZZ	44
3.1	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	44
3.1.1	Σημειολογική κλίμακα αξιολόγησης	44
3.1.2	Σημειολογική διαφορική ανάλυση	46
3.1.3	Ανάλυση κατά παράγοντες.....	47
3.1.4	Ανάλυση της διακύμανσης.....	57
3.2	ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ – ΣΥΛΛΟΓΗ ΕΠΙΘΕΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΩΝ.....	59
3.3	Η ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΚΡΟΑΣΗ ΗΧΟΓΡΑΦΗΜΕΝΗΣ ΜΟΥΣΙΚΗΣ JAZZ.....	63
3.3.1	Τα μουσικά αποσπάσματα	63
3.3.2	Τα ερωτηματολόγια.....	65
3.3.3	Χώροι διεξαγωγής – Συνθήκες ακρόασης.....	66
3.3.4	Πληθυσμιακή ομάδα.....	66
3.3.5	Πειραματική διαδικασία	66
3.3.6	Ανάλυση και αποτελέσματα.....	67
3.3.7	Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων.....	71
3.4	Η ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΚΡΟΑΣΗ ΖΩΝΤΑΝΗΣ ΜΟΥΣΙΚΗΣ JAZZ.....	80
3.4.1	Τα ερωτηματολόγια.....	80
3.4.2	Χώροι διεξαγωγής	82
3.4.3	Πληθυσμιακή ομάδα.....	84
3.4.4	Πειραματική διαδικασία	84
3.4.5	Ανάλυση και αποτελέσματα.....	84
3.4.6	Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων.....	95

3.5	Η ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΜΟΥΣΙΚΟΥΣ ΤΗΣ JAZZ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΟΥΣ... 98	
3.5.1	Τα ερωτηματολόγια..... 98	
3.5.2	Χώροι διεξαγωγής 100	
3.5.3	Πληθυσμιακή ομάδα..... 101	
3.5.4	Ανάλυση και αποτελέσματα..... 101	
3.5.5	Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων..... 104	
3.6	ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ..... 110	
4	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΑΚΡΟΑΤΗΡΙΟΥ ΜΟΥΣΙΚΗΣ JAZZ..... 112	
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ 112	
4.2	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ..... 114	
4.2.1	Η διαδικασία της ακουστικής προσομοίωσης (auralization)..... 114	
4.2.2	Το αρχικό σήμα της ηχητικής πηγής 115	
4.2.3	Η μοντελοποίηση του χώρου..... 119	
4.2.4	Η αναπαραγωγή και ακρόαση του ‘ακουστικοποιημένου’ σήματος 126	
4.2.5	Χώροι διεξαγωγής 128	
4.2.6	Πληθυσμιακή ομάδα..... 128	
4.2.7	Πειραματική διαδικασία..... 129	
4.2.8	Μέθοδος Ανάλυσης 131	
4.3	ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ - ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ 132	
4.3.1	Ανάλυση και αποτελέσματα..... 132	
4.3.2	Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων..... 137	
4.4	ΔΕΥΤΕΡΗ ΦΑΣΗ - ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ .. 142	
4.4.1	Ανάλυση και αποτελέσματα..... 143	
4.4.2	Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων..... 148	
4.5	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ 150	
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 158	
6	ΑΝΑΦΟΡΕΣ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 164	

7	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	176
7.1	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	176
7.1.1	Ανάλυση κατά παράγοντες (Factor Analysis)	176
7.1.2	Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA).....	184
7.2	ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	186
7.2.1	Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες.....	186
7.2.2	Εκτίμηση παραγόντων με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας.....	222
7.2.3	Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης.....	223
7.3	ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ.....	235
7.3.1	Προκαταρκτικό πείραμα	235
7.3.2	Πείραμα με ηχογραφημένη μουσική.....	236
7.3.3	Πείραμα με ζωντανή μουσική.....	237
7.4	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΟΡΩΝ ΚΑΙ ΕΝΝΟΙΩΝ.....	240

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Αρχιτεκτονική Ακουστική ξεκίνησε ως αυτοτελές γνωστικό αντικείμενο το 1895 με την πρώτη επιστημονική εργασία που έγινε ποτέ σχετικά με το φαινόμενο της αντήχησης ενός χώρου από τον Wallace C. Sabine στο πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ [P.E. Sabine, 1939]. Ωστόσο η μέριμνα για την καλή ακουστική ενός χώρου ακροατηρίου φαίνεται να απασχολεί τους αρχιτέκτονες εδώ και πολλούς αιώνες. Αυτό επιβεβαιώνεται από τον τρόπο που έχουν σχεδιαστεί τα αρχαία ελληνικά θέατρα, τα ρωμαϊκά ωδεία, οι βυζαντινές εκκλησίες, οι καθεδρικοί ναοί, οι φημισμένες αίθουσες συναυλιών κλασικής μουσικής, οι όπερες κλπ [Mourjopoulos, 2015]. Τι είναι όμως η καλή ακουστική και πώς αυτή διαφοροποιείται ανάλογα με τη χρήση ενός χώρου; Πώς πρέπει να σχεδιαστεί μία αίθουσα ώστε να εξασφαλιστούν οι σωστές ακουστικές συνθήκες για τους χρήστες της;

Τα παραπάνω αποτελούν βασικά ερωτήματα για τον αρχιτέκτονα και υπάρχουν διάφοροι τρόποι προσέγγισής τους. Μια προσέγγιση του ακουστικού σχεδιασμού είναι να παρατηρήσει κανείς τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά υφιστάμενων αιθουσών που η καλή τους ακουστική είναι από την πράξη αναγνωρισμένη και αδιαμφισβήτητη. Αντιγράφοντας τα στοιχεία τέτοιων «αιθουσών αναφοράς» έχουν κατασκευαστεί πάρα πολλοί χώροι ακροατηρίου σε όλο τον κόσμο. Θεωρητικά ένα πανομοιότυπο αντίγραφο μιας υφιστάμενης φημισμένης αίθουσας παρέχει την ασφάλεια ενός αποδεκτού αποτελέσματος. Ωστόσο ένα τέτοιο ακριβές αντίγραφο δεν είναι ρεαλιστικό, ενώ η αντιγραφή ορισμένων μόνο από τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά ενδέχεται να οδηγήσει σε αποτυχία αν η ακουστική επίδραση αυτών των χαρακτηριστικών παρεξηγηθεί. Επίσης η ικανοποίηση των εκσυγχρονισμένων απαιτήσεων των αιθουσών σε πεδία εφαρμογής εκτός της ακουστικής όπως πχ η άνεση, η ασφάλεια, η αισθητική, οι νέες κλίμακες αλλά και η ανησυχία των αρχιτεκτόνων και η επιθυμία τους να ασκήσουν τη δημιουργική τους φαντασία, οδηγούν σε καινούργιες μορφές αιθουσών ακροατηρίου καθιστώντας έτσι πρακτικά ανεπαρκή τη μέθοδο της αντιγραφής. Είναι συνεπώς αναγκαία για τη διαχείριση των ανωτέρω ζητημάτων η διατύπωση αρχών ακουστικού σχεδιασμού που εξασφαλίζουν την καλή ακουστική των αιθουσών και παρέχουν τη δυνατότητα στον αρχιτέκτονα να είναι ευέλικτος στις εκάστοτε απαιτήσεις. Με την ανάπτυξη της επιστήμης της αρχιτεκτονικής ακουστικής, περίπου στην αρχή του προηγούμενου αιώνα, η αναγκαιότητα αυτή έχει οδηγήσει σε σημαντική έρευνα στο

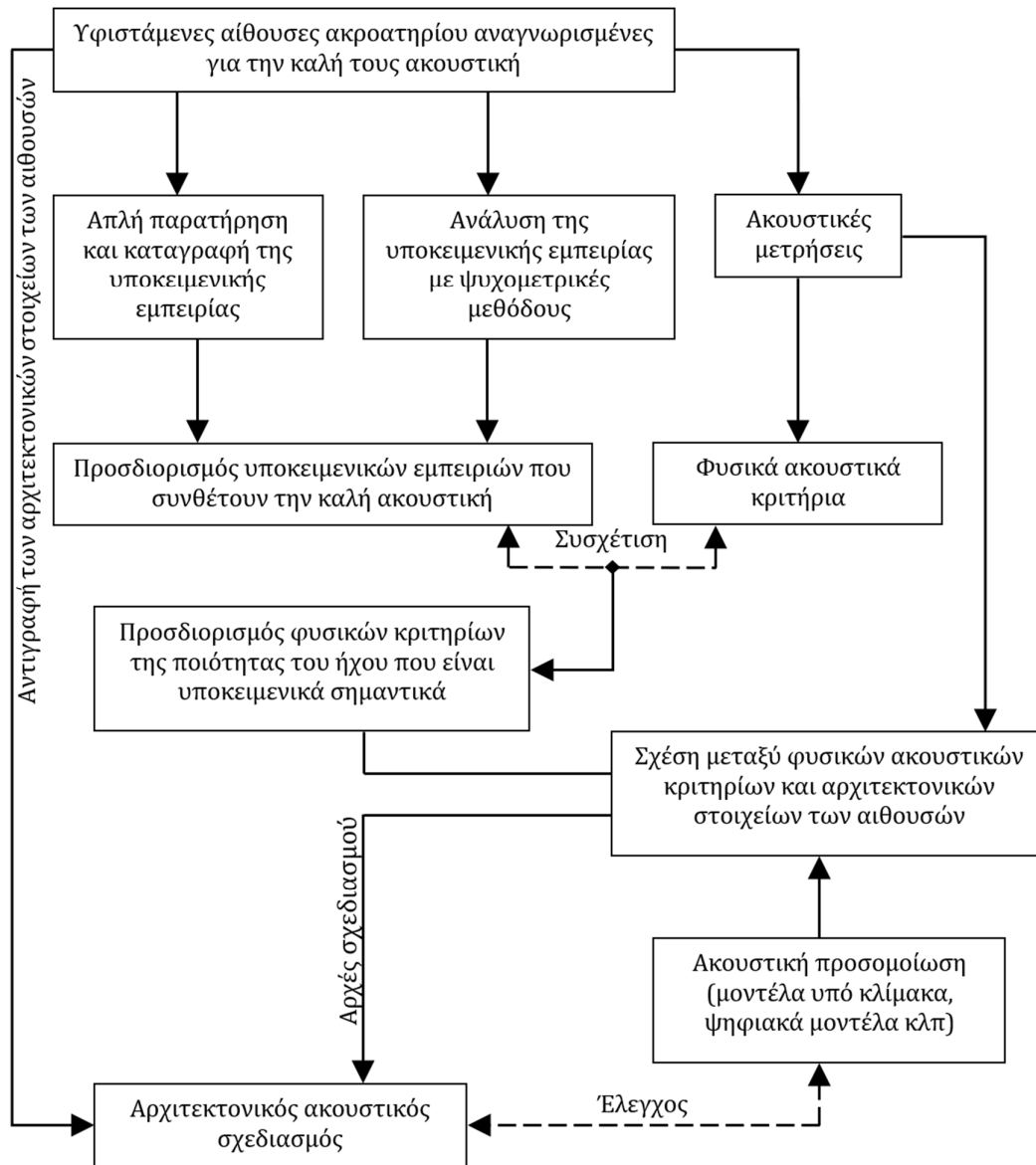
θέμα του σχεδιασμού αιθουσών ακροατηρίου η οποία συνίσταται σε τρεις κατευθύνσεις [Sotiropoulou, 2009].

Η πρώτη κατεύθυνση αφορά στον προσδιορισμό των υποκειμενικών κριτηρίων που συνθέτουν την καλή ακουστική. Δύο είναι οι μέθοδοι που έχουν χρησιμοποιηθεί για το σκοπό αυτό. Η πρώτη βασίζεται στη συλλογή και καταγραφή υποκειμενικών αξιολογήσεων της ακουστικής των αιθουσών από γνώστες του είδους όπως έμπειροι ακροατές, ακουστικολόγοι, μουσικοί ερμηνευτές κλπ., και εν συνεχεία ανάλυση των δεδομένων σύμφωνα με τη διαίσθηση και εμπειρία του ερευνητή. Εξέχουσα θέση σε αυτή την κατηγορία κατέχει το έργο του L. L. Beranek [1962]. Η δεύτερη μέθοδος είναι εκείνη που για να καταγράψει και να αναλύσει τις υποκειμενικές αξιολογήσεις χρησιμοποιεί επιστημονική μεθοδολογία. Πρωτοπόρος σε αυτήν την κατηγορία ήταν ο R. J. Hawkes [1971].

Η δεύτερη κατεύθυνση αφορά στον προσδιορισμό φυσικών ακουστικών κριτηρίων που μπορούν να ερμηνεύσουν τις υποκειμενικές εμπειρίες που συνθέτουν την καλή ακουστική. Τα πρώτα βήματα στον τομέα αυτό έγιναν στις αρχές του προηγούμενου αιώνα από τον Wallace Clement Sabine και την εισαγωγή του «χρόνου αντήχησης» που εξακολουθεί να είναι το σημαντικότερο φυσικό ακουστικό μέγεθος μιας αίθουσας [Sabine, 1922]. Έναν αιώνα μετά και αξιοποιώντας τη χρήση της τεχνολογίας στην καταγραφή και αναπαραγωγή του ήχου, στην κατασκευή συνθετικών ηχητικών πεδίων κλπ., οι ερευνητές έχουν διατυπώσει δεκάδες φυσικά ακουστικά κριτήρια και τα αντίστοιχα με αυτά υποκειμενικά αποτελέσματα, πολλά από τα οποία έχουν καθιερωθεί, ακόμη και ενταχθεί σε διεθνή πρότυπα σχετικά με τον ακουστικό σχεδιασμό [Lacatis et al, 2008].

Συνδυάζοντας τις γνώσεις από τις δύο παραπάνω κατευθύνσεις είναι δυνατό να απαντηθεί ένα θεμελιώδες ερώτημα για την επιτυχία του ακουστικού σχεδιασμού· δηλαδή το «ποια φυσικά κριτήρια της ακουστικής είναι υποκειμενικά σημαντικά». Ωστόσο μια τέτοια απάντηση δεν παρέχει ακόμα πληροφορίες στον αρχιτέκτονα για το πώς θα σχεδιάσει μία αίθουσα. Αυτό το καλύπτει η τρίτη κατεύθυνση της έρευνας στα πλαίσια της οποίας αναζητούνται σχέσεις μεταξύ των φυσικών ακουστικών κριτηρίων και των αρχιτεκτονικών στοιχείων μιας αίθουσας όπως η γεωμετρία της, τα υλικά κλπ.

Η σχέση μεταξύ των παραπάνω προσεγγίσεων στο ζήτημα του ακουστικού σχεδιασμού των αιθουσών ακροατηρίου παρουσιάζεται διαγραμματικά στο Σχ. 1.



Σχ. 1 Προσεγγίσεις στον ακουστικό σχεδιασμό αιθουσών ακροατηρίου

Σχετικά με την κλασική μουσική έχει γίνει εκτεταμένη έρευνα και στις τρεις προαναφερθείσες κατευθύνσεις και ήδη από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα οι αρχιτέκτονες γνωρίζουν αρχές με βάση τις οποίες θα σχεδιάσουν μια αίθουσα για ακρόαση κλασικού ρεπερτορίου, μουσικής δωματίου, όπερας κλπ. Υπάρχουν όμως και άλλα είδη μουσικής που είναι εξίσου σημαντικά και δημοφιλή αλλά δεν έχουν προσελκύσει το αντίστοιχο ενδιαφέρον των επιστημόνων. Μια τέτοια περίπτωση είναι η μουσική jazz.

Αν και είναι αδύνατο να προσδιοριστούν οι ακριβείς απαρχές της jazz ως διακριτό αυτοτελές μουσικό είδος, αρκετοί μελετητές συνδέουν τη γέννησή της με τη σύσταση της ορχήστρας του τρομπετίστα Buddy Bolden δηλαδή περίπου το 1895 [Marquis, 1978], [Hardie, 2007]. Έχει ενδιαφέρον ότι συμπτωματικά πρόκειται για την ίδια χρονιά που γεννήθηκε και η επιστήμη της αρχιτεκτονικής ακουστικής. Η jazz λοιπόν με ιστορία πάνω από έναν αιώνα και συνεχή παρουσία μέχρι σήμερα αποτελεί ένα από τα πλέον καθιερωμένα και δημοφιλή είδη μουσικής και για το λόγο αυτό υπάρχουν και εξακολουθούν να κατασκευάζονται σε όλον τον κόσμο πολυάριθμες αίθουσες ερμηνείας και ακρόασής της. Ωστόσο μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν αρχές σχεδιασμού χώρων ακροατηρίου μουσικής jazz ούτε και έχουν αναζητηθεί μέσα από την επιστημονική έρευνα. Ο ακουστικός σχεδιασμός αυτών των αιθουσών είναι κατά κανόνα ανύπαρκτος· άλλοτε πάλι γίνεται διαισθητικά ή αντιγράφοντας στοιχεία υφιστάμενων αίθουσών που θεωρούνται «καλές», ή αντλώντας κατ' επιλογή πληροφορίες από την έρευνα που έχει γίνει για την κλασική μουσική. Έτσι, τελικά, η καλή ή κακή ακουστική των αιθουσών αυτών είναι τις περισσότερες φορές αποτέλεσμα τύχης.

Ο ισχυρισμός ότι η κεκτημένη γνώση για τον ακουστικό σχεδιασμό αιθουσών ακροατηρίου κλασικής μουσικής θα μπορούσε να εφαρμοστεί και στις περιπτώσεις άλλων ρεπερτορίων έχει αποδειχθεί από την πράξη ότι δεν ευσταθεί. Αναφερόμενος στον χώρο "Jazz at Lincoln Center" στη Νέα Υόρκη, ο σπουδαίος jazz τρομπετίστας και συνθέτης Wynton Marsalis, όντας και καλλιτεχνικός διευθυντής του χώρου, προκειμένου να τονίσει την ιδιαίτερη ακουστική των jazz αιθουσών του (υπό σχεδιασμό τότε) κτιριακού συγκροτήματος ανέφερε μεταξύ άλλων: «...Οι περισσότερες αίθουσες συναυλιών σχεδιάστηκαν για συμφωνική μουσική και όχι για jazz. Τις περισσότερες φορές παίζουμε σε αίθουσες που έχουν πολλή αντήχηση για τη μουσική μας. Η 'ουρά' της αντήχησης είναι τόσο μεγάλη που κάνει τη μουσική θολή ('muddy'). Έχουμε τα τύμπανα να παίζουν συνέχεια, κάτι που δεν συμβαίνει στη συμφωνική μουσική. Έχουμε ένα

πιατίνι να κουδουνίζει συνέχεια στην υψηλή περιοχή. Το μπάσο παίζει όλη την ώρα στην πολύ χαμηλή περιοχή. Είναι σαν ένα σάντουιτς ανάμεσα στις δύο αυτές ακραίες συχνότητες...» (πηγή: archilovers.com). Η περιγραφή αυτή οφείλεται βέβαια σε προσωπική άποψη, αλλά αποτελεί μια προφανή διαπίστωση που αναδεικνύει την ανάγκη ξεχωριστής αντιμετώπισης κατά τον ακουστικό σχεδιασμό μεταξύ αιθουσών που προορίζονται για διαφορετικά μουσικά είδη λόγω της εγγενώς διαφορετικής μορφολογίας των ειδών.

Το Jazz at Lincoln Center που αναφέρθηκε παραπάνω είναι ένα συγκρότημα τριών αιθουσών ακροατηρίου jazz μουσικής που εγκαινιάστηκε στο Manhattan τον Οκτώβριο του 2004. Πρόκειται για την πρώτη και ίσως τη μοναδική φορά που αναγνωρίστηκε από το στάδιο του σχεδιασμού η ανάγκη ιδιαίτερων ακουστικών συνθηκών για την ερμηνεία και ακρόαση της jazz, ενώ υπήρξε μια δεκαετής έρευνα για τη διερεύνηση αυτής της ιδιαιτερότητας. Ο σκοπός όμως των σπουδαίων αρχιτεκτόνων του συγκροτήματος, μια κοινοπραξία των 'WSDG group' και 'Artec Consultants' που βαφτίστηκε 'SOJ' (Sound Of Jazz), ήταν ο ακουστικός σχεδιασμός του συγκεκριμένου έργου και μόνο, χωρίς να υπάρχει πρόθεση για την εξαγωγή γενικότερων συμπερασμάτων. Η δε έρευνα που έγινε βασίστηκε αφενός σε συνεντεύξεις με καταξιωμένους μουσικούς της jazz συλλέγοντας προσωπικές απόψεις, όπως αυτή του Wynton Marsalis, και αφετέρου σε πειράματα αρχιτεκτονικού σχεδιασμού και ηλεκτροακουστικής ώστε να προσεγγιστεί η βέλτιστη ακουστική σύμφωνα με τις συγκεκριμένες απόψεις στους συγκεκριμένους χώρους [Read, 2004]. Το αποτέλεσμα ήταν πράγματι η κατασκευή τριών αιθουσών που φιλοξενούν πολύ σπουδαίες jazz συναυλίες και χαίρουν παγκόσμιας αναγνώρισης για την ακουστική τους τόσο από τους μουσικούς όσο και από τους ακροατές του είδους. Ωστόσο και σε αυτή την περίπτωση, η απουσία επιστημονικής μεθοδολογίας δεν επέτρεψε τελικά την αξιοποίηση της γνώσης που προέκυψε για την ανάδειξη αρχών σχεδιασμού, ή έστω τη διατύπωση μιας γενικότερης φιλοσοφίας, ως εργαλείο για τον αρχιτέκτονα που θα κληθεί μελλοντικά να σχεδιάσει αίθουσες με παρόμοια χρήση.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι α) να προσδιορίσει, για πρώτη φορά με επιστημονική μεθοδολογία μερικούς από τους τρόπους με τους οποίους διενεργείται η αντίληψη της ακουστικής αιθουσών μουσικής jazz από τους ακροατές της και β) να διερευνήσει το εύρος τιμών του χρόνου αντήχησης τέτοιων αίθουσών εντός του οποίου βελτιστοποιείται η ακρόαση. Σημειώνεται ότι το

συγκεκριμένο φυσικό μέγεθος είναι το σημαντικότερο σχετικό με την ακουστική και, καθώς εξαρτάται από τον όγκο και τα υλικά ενός χώρου, η γνώση της επιδιωκόμενης τιμής του υπαγορεύει βασικές κατευθυντήριες γραμμές για το σχεδιασμό. Η εργασία είναι πειραματική και είναι ανάμεσα στις πρώτες με αντικείμενο την επιστημονική προσέγγιση του θέματος της ακουστικής των αιθουσών ακροατηρίου μουσικής jazz.

2 ΙΣΤΟΡΙΚΟ

2.1 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΟΥΣΙΚΗΣ JAZZ ΚΑΙ ΟΙ ΧΩΡΟΙ ΑΚΡΟΑΤΗΡΙΟΥ

Η jazz είναι ένα μουσικό είδος που γεννήθηκε στην αφροαμερικανική κοινότητα της Νέας Ορλεάνης στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Αν και οι ρίζες της βρίσκονται κυρίως στο blues και το ragtime, από την αρχή υιοθέτησε στοιχεία από πολλά και διαφορετικά μουσικά είδη. Αυτό συνέβη γιατί υπήρχαν ποικίλες μουσικές επιρροές στην Νέα Ορλεάνη εκείνη την εποχή, μια και το λιμάνι ήταν πέρασμα για πολλές εθνικότητες και διαφορετικές κοινωνικές ομάδες. Τα τραγούδια των σκλάβων από την Αφρική, οι ρυθμοί της καραϊβικής, η ισπανική παράδοση, τα γαλλικά στρατιωτικά εμβατήρια, η κλασική ευρωπαϊκή μουσική, οι θρησκευτικοί ύμνοι και άλλα πολλά είχαν ένα μερίδιο στην γέννηση και την μορφοποίηση της jazz. Παιγμένη αρχικά από μουσικούς χωρίς τη συμβατική μουσική παιδεία, η jazz δεν «γραφόταν» όπως άλλα είδη, αλλά τόσο το ρεπερτόριο όσο και ο τρόπος ερμηνείας περνούσαν από τον έναν στον άλλο «με το αυτί». Πέρα από τις νέες αρμονίες τη ρυθμολογία κλπ., το πιο συναρπαστικό και καινοτόμο στοιχείο της νέας τότε μουσικής ήταν ο αυτοσχεδιασμός των οργάνων γύρω από μία μελωδία.

Η jazz στο ξεκίνημά της παιζόταν σε εξωτερικούς χώρους. Ο λόγος ήταν ότι τόσο οι ερμηνευτές όσο και οι ακροατές της ήταν αφροαμερικανοί, κάτι που τους απαγόρευε την είσοδο στα club της εποχής τα οποία απευθύνονταν μόνο σε λευκούς. Χωρίς πρόσβαση σε κάποιο είδος αιθουσών και με δεδομένο τον αυθορμητισμό ως βασικό στοιχείο της νέας μουσικής, οι δρόμοι έγιναν ο φυσικός χώρος ερμηνείας, ακρόασης, διαμόρφωσης και καθιέρωσης της jazz. Οι πρώτες εκδηλώσεις ήταν υπαίθριες παρελάσεις με μπάντες πνευστών στη Νέα Ορλεάνη όπως το Mardi Gras, όπου όλη η κοινότητα ενωνόταν, χόρευε και πανηγύριζε καθιστώντας απολαυστικά ασαφή τη διαχωριστική γραμμή μεταξύ ερμηνευτών και ακροατηρίου. Ένας άλλος απίθανος χώρος έκφρασης της πρώιμης jazz βρέθηκε στις επικήδειες πομπές μεταμορφώνοντάς τες από σκοτεινές πορείες σε χαρούμενες γιορτές ζωής, με τη μουσική να μεταβάλλεται από μοιρολόγια σε ξεσηκωτικές μελωδίες υπογραμμίζοντας τη μοναδική διττότητα του είδους που είναι η ικανότητα έκφρασης βαθιάς θλίψης και πληθωρικής χαράς. Σιγά σιγά οι πλατείες και οι δρόμοι έγιναν αυτοσχέδιες σκηνές όπου πλήθη μαζεύονταν παρασυρόμενα από τον μαγνητισμό ενός μοναχικού σολίστα ή ενός μικρού συνόλου. Η πλατεία “Congo Square”,

έναν υπαίθριος χώρο στη Νέα Ορλεάνη όπου οι μαύροι μαζεύονταν τις Κυριακές για να τραγουδήσουν, να χορέψουν και να συναναστραφούν, μάλλον διεκδικεί τον τίτλο του πρώτου επίσημου σταθερού χώρου ακροατηρίου μουσικής jazz στην ιστορία.

Επιχειρώντας μια εκτίμηση των ακουστικών συνθηκών κάτω από τις οποίες λάμβανε χώρο η ερμηνεία και η ακρόαση αυτών των πρώτων αυτοσχέδιων jazz συναυλιών, θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί ότι πλησίαζαν τις συνθήκες ελεύθερου πεδίου (free field) με ελάχιστες ανακλάσεις που προέρχονταν κυρίως από το έδαφος ή κάποια γειτονικά κτίρια και σίγουρα πολύ χαμηλό χρόνο αντήχησης. Οι ακουστικές συνθήκες του υπαίθριου περιβάλλοντος επηρέασαν και τη μορφολογία και την εξέλιξη της πρώιμης jazz μουσικής. Η φρασεολογία ήταν πυκνή με ταχεία διαδοχή των μουσικών φθόγγων και επικάλυψη μεταξύ των φράσεων των οργάνων ως αποτέλεσμα του χαμηλού χρόνου αντήχησης που δεν ενθάρρυνε τα κενά και τους μακρόσυρτους φθόγγους. Επίσης τα όργανα έπρεπε να είναι φορητά και αρκετά δυνατά ώστε να ακούγονται στο ελεύθερο πεδίο και το θόρυβο των δρόμων. Έτσι καθιερώθηκαν τα χάλκινα πνευστά, το μπάντζο, τα κρουστά, και όλα έπαιζαν στην μεσαία και κυρίως υψηλή περιοχή δυναμικών ώστε να έχουν την απαραίτητη παρουσία. Παράλληλα, η μεταβλητή φύση των υπαίθριων χώρων ακροατηρίου διαμόρφωσε το είδος ως δυναμικό και ρευστό, που άλλαζε με βάση την αντίδραση του πλήθους, τις καιρικές συνθήκες ή ακόμα και την ώρα της ημέρας.

Καθώς η δημοτικότητα της jazz αυξανόταν, η ανάγκη εσωτερικών χώρων γινόταν εμφανής. Ωστόσο ακόμα και με τη μετάβασή της από το ύπαιθρο σε κλειστές αίθουσες και μέχρι σήμερα η jazz κουβαλά την ψυχή των δρόμων. Παραμένει ωμή, αυθόρμητη, ρευστή και βαθειά συνδεδεμένη με την 'κοινότητα'.

Δίπλα στην Congo Square βρισκόταν η περίφημη οδός Basin που οδηγούσε στο Storyville, μια συνοικία αποτελούμενη από λίγα οικοδομικά τετράγωνα. Από το 1897 έως το 1917, το Storyville ήταν η κακόφημη γειτονιά της πόλης, που αφέθηκε σκόπιμα να λειτουργεί ως κέντρο παρανομίας, από τους αξιωματούχους της εποχής προκειμένου να περιφραχτεί (και ουσιαστικά να αγνοηθεί) σχεδόν κάθε εγκληματική δραστηριότητα στην περιοχή. Πολλοί ντόπιοι μουσικοί της jazz βρήκαν τη στέγη κάτω από την οποία θα ερμήνευαν τη μουσική τους στα 'σαλόνια' του Storyville. Οίκοι ανοχής, ξενοδοχεία και εστιατόρια της κακόφημης περιοχής, έγιναν οι πρώτοι κλειστοί χώροι ακροατηρίου στην ιστορία της jazz. Εκεί φιλοξενήθηκαν θρύλοι όπως οι King Oliver, Louis Armstrong, Jelly Roll Morton, Bix Beiderbecke, Buddy Bolden και άλλα μεγάλα ονόματα που

διαμόρφωσαν το στυλ που είναι μέχρι σήμερα γνωστό ως dixieland. Οι αίθουσες του Storyville ήταν σχεδιασμένες να γοητεύουν και να διασκεδάζουν. Δεδομένου ότι πολλοί από αυτούς τους χώρους εξυπηρετούσαν την ελίτ της πόλης, η χλιδή ήταν πρωταρχικής σημασίας. Βαριές βελούδινες κουρτίνες, χαλιά, ξύλινες μπάρες, επιχρυσωμένοι καθρέφτες, πολυέλαιοι και αμπαζούρ με χάντρες, ήταν βασικά στοιχεία της διακόσμησης. Σε περίοπτη θέση συνήθως βρισκόταν ένα καλογουαλισμένο πιάνο, τις περισσότερες φορές όρθιο και σπανιότερα με ουρά. Ο ρόλος του ήταν αρχικά διακοσμητικός αλλά αμέσως απέκτησε χρηστική αξία στα χέρια σπουδαίων μουσικών που συνάρπαζαν τους θαμώνες για ώρες. Τα καθίσματα αυτών των πρώτων αιθουσών μουσικής jazz συνήθως είχαν βαριά επένδυση και βρίσκονταν κοντά τόσο μεταξύ τους όσο και στους καλλιτέχνες. Οι μικρές αποστάσεις ενίσχυαν την προσωπική εμπειρία της ακρόασης και επέτρεπαν την άμεση αλληλεπίδραση μεταξύ μουσικών και ακροατηρίου ενθαρρύνοντας την ανάπτυξη αυτοσχεδιαστικών διάλογων (call-and-response exchanges) που έγιναν ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των πρώτων οργανωμένων συναυλιών jazz. Οι σχετικά μικροί όγκοι των χώρων σε συνδυασμό με την παρουσία μαλακών επιφανειών οδηγούσαν προφανώς σε χαμηλούς χρόνους αντήχησης με την αντίστοιχη επιρροή στη φρασεολογία της μουσικής. Ωστόσο οι μικρές αποστάσεις η παρουσία ανακλάσεων από το κέλυφος των αιθουσών, ο χαμηλότερος θόρυβος βάθους αλλά και η ύπαρξη ενός σταθερού στεγασμένου χώρου έκφρασης άνοιξαν νέους δρόμους στο είδος. Προστέθηκαν καινούργια ηχοχρώματα καθώς εισήχθησαν όργανα όπως το πιάνο, το κοντραμπάσο, το σετ τυμπάνων, που από τότε μέχρι τις μέρες μας αποτελούν τον πυρήνα της jazz μουσικής. Επίσης οι ερμηνευτές μπορούσαν να εκφραστούν σε μεγαλύτερο εύρος δυναμικών, χαμηλότερα *tempo* κλπ.

Με την έναρξη του Α΄ Παγκοσμίου πολέμου, το πολεμικό ναυτικό των ΗΠΑ, φοβούμενο την ολοένα αυξανόμενη βία αλλά και τη διασπορά νοσημάτων μεταξύ των ναυτικών, αυστηροποίησε τους ελέγχους στο Storyville. Οι μουσικοί της jazz άρχισαν να προσχωρούν σε μουσικά συγκροτήματα που έπαιζαν σε ποταμόπλοια ή να μετακομίζουν σε πόλεις όπως το Memphis, το Chicago, το Saint Louis. Το Storyville έκλεισε οριστικά το 1917. Ειρωνική σύμπτωση αποτελεί το γεγονός ότι την ίδια χρονιά έγινε η πρώτη jazz ηχογράφηση από ένα μουσικό σχήμα αποτελούμενο μόνο από λευκούς. Ο επίλογος αυτού του ιστορικού κεφαλαίου ολοκληρώθηκε στη δεκαετία του 1930, κατά τη διάρκεια της οικονομικής κρίσης, όταν σχεδόν όλα τα κτίρια του Storyville κατεδαφίστηκαν για να κατασκευαστούν δημόσιες κατοικίες.

Εάν οι εγκαταστάσεις του Storyville ήταν τα πρώτα jazz club στην ιστορία, οι πρώτοι εξελικτικοί τους διάδοχο ήταν τα ποταμόπλοια του Ohio και του Mississippi. Οι λόγοι της καθιέρωσης αυτών των πρωτότυπων χώρων ακροατηρίου ήταν αφενός το γεγονός ότι οι πλοιοκτήτες αντιμετώπιζαν τη νέα μουσική σαν ένα είδος marketing - κίνητρο για κρουαζιέρες και αφ' ετέρου ότι οι μαύροι μουσικοί έβρισκαν εκεί σταθερή εργασία, αξιοπρεπή αμοιβή, στέγη, τροφή και ασφαλέστερη ζωή, κάτι που δεν συνέβαινε μέχρι τότε στους τυπικούς χώρους όπου δραστηριοποιούνταν. Να σημειωθεί ότι τα ποταμόπλοια της εποχής ήταν κάτι περισσότερο από απλά μέσα μεταφοράς. Ήταν κινητές πλατφόρμες ψυχαγωγίας. Μεταξύ άλλων διέθεταν πίστες χωρού και συνεπώς η μουσική έπρεπε να είναι χορευτική. Φυσικά στο πλοίο ο χώρος για τους μουσικούς ήταν περιορισμένος και επίσης επικρατούσε σχετικά υψηλή στάθμη θορύβου. Όλα αυτά κατέστησαν δημοφιλείς τις μικρές, δυνατές, ρυθμικές μπάντες εξελίσσοντας προς αυτή την κατεύθυνση το μουσικό είδος. Οι όγκοι των χώρων παρέμειναν μικροί αλλά πιθανώς με περισσότερες ανακλαστικές επιφάνειες. Οι μικρές αποστάσεις εξακολουθούσαν να ευνοούν την αλληλεπίδραση μεταξύ μουσικών και ακροατών.

Από τη δεκαετία του 1910 ξεκίνησε μια μαζική μετακίνηση αφροαμερικανών από τον αγροτικό νότο προς τον αστικό βορρά γνωστή ως "Great Migration" ή "Black Migration" με στόχο την απαλλαγή από τον θεσμοθετημένο ρατσισμό και την αναζήτηση καλύτερων οικονομικών ευκαιριών. Σημειώνεται ότι η νομοθεσία της εποχής, γνωστή ως 'Jim Crow', μια σειρά τοπικών νόμων και διατάξεων στις νότιες πολιτείες των ΗΠΑ που αφορούσαν στο φυλετικό διαχωρισμό μεταξύ λευκών και μαύρων, με τους τελευταίους να αποτελούν πολίτες δεύτερης κατηγορίας είχε ισχύ σε κάποιες περιοχές έως το 1965. Η εν λόγω μετακίνηση ενισχύθηκε και λόγω της εκτεταμένης καταστροφής της σοδειάς βαμβακιού η οποία έδινε εργασία στους αφροαμερικανούς που ζούσαν στο νότο. Πρόκειται για μία από τις πιο σημαντικές εσωτερικές μεταναστεύσεις στην ιστορία των ΗΠΑ, με βαθιές επιπτώσεις σε κάθε πτυχή της αμερικανικής κοινωνίας συμπεριλαμβανομένης της μουσικής. Μέχρι τη δεκαετία του 1920, το Σικάγο και η Νέα Υόρκη είχαν αναδειχθεί ως οι δύο σημαντικότεροι προορισμοί για αφροαμερικανούς μετανάστες και ζωτικοί κόμβοι για την jazz. Ήταν τότε που ξεκίνησε η εποχή που στις Ηνωμένες Πολιτείες έμεινε γνωστή ως η 'περίοδος της ποτοαπαγόρευσης' αφού από το 1920 έως το 1933 με συνταγματικό τρόπο κατέστη παράνομη η παρασκευή, διακίνηση, εισαγωγή, εξαγωγή και πώληση αλκοολούχων ποτών. Η ποτοαπαγόρευση, παρότι είχε στόχο να επιλύσει ορισμένα κοινωνικά προβλήματα, είχε ανεπιθύμητες συνέπειες

δημιουργώντας κοινωνικές και οικονομικές αναταραχές ενώ οδήγησε στην ανεξέλεγκτη παραγωγή και εμπορία παράνομου αλκοόλ. Μεταξύ άλλων ιδρύθηκαν «κρυφά» κλαμπ (γνωστά ως “speakeasies”), όπου οι άνθρωποι μπορούσαν να καταναλώσουν παράνομα αλκοολούχα ποτά. Τα “speakeasies”, προκειμένου να αποφύγουν την ανίχνευση από την αστυνομία, λειτουργούσαν σε υπόγεια, σε κρυφά δωμάτια πίσω από άλλα επιχειρηματικά καταστήματα «βιτρίνα», στο πίσω μέρος εστιατορίων με πρόσβαση μέσω μυστικών θυρών, σε κτίρια κατοικιών κλπ. Στους χώρους αυτούς οι ιδιοκτήτες προσπαθούσαν να διατηρήσουν ένα χαλαρό και διακριτικό περιβάλλον, ενώ παράλληλα παρείχαν μια ευχάριστη ατμόσφαιρα για τους πελάτες που ήθελαν να απολαύσουν αλκοολούχα ποτά κατά τη διάρκεια της απαγόρευσης. Το soundtrack εκείνων των παράνομων συγκεντρώσεων έμελλε να είναι ο ήχος της jazz παιγμένος από μικρές ή μεγαλύτερες μπάντες αποτελούμενες από μετανάστες από την αφροαμερικανική κοινότητα του νότου. Η νέα μουσική ταίριαζε με την παρανομία, ήταν ελκυστική για το κοινωνικά πολυποίκιλο ακροατήριο, διότι συνδύαζε στοιχεία από διάφορα μουσικά είδη, ήταν ιδανική για τη διασκέδαση λόγω του ζωηρού και ενεργητικού χαρακτήρα της, ενώ η καινοτόμα και επαναστατική φύση της συμβόλιζε την απόδραση από τα συντηρητικά πρότυπα.

Ένα από τα πρώτα jazz club με τη μορφή που σήμερα θεωρούμε «τυπική» ήταν το “Green Mill” στο Σικάγο, που άνοιξε το 1907 και λειτουργεί μέχρι σήμερα. Στο ξεκίνημά του ήταν χώρος για να πιουν ένα ποτό οι πενθούντες από τα κοντινά νεκροταφεία, αλλά σύντομα άρχισε να φιλοξενεί jazz μουσικούς, κυρίως μάλιστα όταν έγινε στέκι παρανόμων από την ποτοαπαγόρευση και μετά. Όλη η ανατολική πλευρά του Σικάγο έγινε μια ζωντανή πολιτιστική σκηνή και χώροι όπως το Dreamland Café και το Sunset Café φιλοξένησαν θρυλικές συναυλίες. Καλλιτέχνες όπως ο King Oliver και ο νεαρός Louis Armstrong εγκαταστάθηκαν εδώ, προσαρμόζοντας τους αυτοσχεδιαστικούς ήχους της τζαζ της Νέας Ορλεάνης στα γούστα του αστικού κοινού. Η μορφολογία των νέων αιθουσών έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη του μουσικού είδους. Σε αντίθεση με τους μικρούς οικείους χώρους της Νέας Ορλεάνης, οι μουσικοί καλούνταν να ερμηνεύσουν σε χώρους πολύ μεγαλύτερης κλίμακας που απαιτούσαν και τον αντίστοιχα ογκωδέστερο και δυνατότερο ήχο. Έτσι τα μουσικά σύνολα αποτελούνταν από περισσότερα μέλη ενώ η μουσική προσαρμόστηκε και στα επίπεδα της έκφρασης και της ενορχήστρωσης με περισσότερα γραμμένα μέρη, tutti, section οργάνων κλπ.

Ο επόμενος σημαντικός πόλος για τη jazz της εποχής έγινε η Νέα Υόρκη με τον πυκνό αστικό ιστό της και την τεράστια ποικιλία χώρων διασκέδασης. Ειδικότερα το Χάρλεμ άνθισε ως το επίκεντρο της αφροαμερικάνικης κουλτούρας. Εκεί το 1923 άνοιξε το εμβληματικό “Cotton Club”, όταν ο Owen Madden, γνωστή φιγούρα του τότε υποκόσμου της περιοχής αγόρασε έναν υφιστάμενο χώρο θεάματος και τον μετέτρεψε σε jazz club που φιλοξένησε μερικούς από τους σημαντικότερους καλλιτέχνες της jazz όπως ο Duke Ellington και ο Cab Calloway. Βέβαια ο κύριος σκοπός του “Mr Owney” ήταν να πουλάει παράνομα αλκοόλ. Είναι η εποχή που το ραδιόφωνο ως αναδυόμενη τεχνολογία παίζει συστηματικά τζαζ μελωδίες καθιστώντας το νέο είδος προσβάσιμο σε ένα ευρύτερο κοινό. Επίσης εισάγονται νέα είδη χορού όπως το Charleston, το Swing, το Lindy Hop που κάνουν εξαιρετικά δημοφιλείς τις μεγάλες αίθουσες χορού με ζωντανή ορχήστρα (ballrooms). Στη Νέα Υόρκη η μορφολογία των χώρων άλλαξε περαιτέρω τη μουσική. Αίθουσες μουσικής όπως το Savoy που μπορούσαν να φιλοξενήσουν χιλιάδες χορευτές απαιτούσαν ακόμα μεγαλύτερο και δυνατότερο ήχο και οδήγησαν στην κυριαρχία των big bands. Οι όγκοι των αιθουσών ήταν πια τεράστιοι και αυτό προφανώς συμπαρέσυρε και τους αντίστοιχους χρόνους αντήχησης. Επίσης μεγάλωσε η απόσταση μεταξύ των μουσικών και του ακροατηρίου το οποίο απαιτούσε ολοένα και υψηλότερες στάθμες ως κίνητρο για χορό και διασκέδαση. Η jazz προσαρμόστηκε στα νέα δεδομένα αποκτώντας αυστηρότερα δομημένες ενορχηστρώσεις. Τα αυτοσχεδιαστικά μέρη περιορίστηκαν δίνοντας τη θέση τους σε θέματα αυστηρά ενορχηστρωμένα και μοιρασμένα ανά ομάδες στα μουσικά όργανα. Το μπάσο έπαιζε σχεδόν αυστηρά τέταρτα (walking bass) ώστε να δίνει το ρυθμό στους χορευτές αλλά και για να διευκολύνει στο συγχρονισμό της ορχήστρας. Επίσης για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρική ενίσχυση για να υποβοηθήσει μεμονωμένα όργανα όπως η κιθάρα που η φυσική τους δυναμική δεν αρκούσε για τη διάδοσή τους στους μεγάλους όγκους των αιθουσών. Οι αποστάσεις, ο υψηλός θόρυβος από το ακροατήριο, οι αυξημένοι χρόνοι αντήχησης δεν επέτρεπαν στους μουσικούς να ακούν καλά ο ένας τον άλλον. Ο απαραίτητος για το είδος συγχρονισμός τους δεν ήταν εύκολη υπόθεση κι έτσι τα μουσικά σχήματα απέκτησαν και μαέστρο.

Η περίοδος της ποτοαπαγόρευσης είναι γνωστή και ως “the jazz age”. Η jazz στις δεκαετίες του 1920 και του 1930 αναγνωρίστηκε από το ευρύ κοινό ως μια σημαντική μορφή μουσικής έκφρασης, και το ένα jazz club διαδέχθηκε το άλλο. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1930 δεν επρόκειτο πια για τη μουσική μιας μειονότητας αλλά για μία

επικρατούσα τάση. Ωστόσο οι φυλετικές προκαταλήψεις ήταν ακόμα παρούσες. Παρά το γεγονός ότι οι μουσικοί ήταν αφροαμερικανοί, το κοινό των ballroom και των μεγάλων αιθουσών της εποχής ήταν κυρίως λευκοί. Επίσης, καθώς η jazz έγινε πιο mainstream, πυροδότησε συζητήσεις για την αυθεντικότητά της και την εμπορικότητα. Η εποχή των Big Bands, αν και εξαιρετικά δημοφιλής, μερικές φορές επικρίθηκε για την αποδυνάμωση της ακατέργαστης πρωτογενούς ουσίας της jazz. Ωστόσο, παρείχε ευκαιρίες σε πρωτοποριακούς καλλιτέχνες όπως ο Duke Ellington και ο Count Basie να προσεγγίσουν το ευρύτερο κοινό και να ασκήσουν βαθιά επιρροή στην γενικότερη κατεύθυνση της αμερικανικής μουσικής.

Τη δεκαετία του 1940, η προσπάθεια των μουσικών να επανακτήσουν την καλλιτεχνική ακεραιότητα της jazz, οδήγησε σε μια νέα πολύ σημαντική τάση του είδους που είναι γνωστή ως bebop. Το bebop αφορούσε περισσότερο στην προβολή της τέχνης ή και της τεχνικής ακόμα, σηματοδοτώντας έτσι την επιστροφή στον έντονα αυτοσχεδιαστικό χαρακτήρα της jazz, τον πειραματισμό και τη μετατόπιση της λειτουργίας της από μέσο διασκέδασης σε πεδίο έκφρασης και ακρόασης. Το bebop μεταξύ άλλων ήταν μία αντίδραση στο κατεστημένο, το φυλετικό διαχωρισμό, την εμπορευματοποίηση της μουσικής. Το νέο στυλ βρήκε στέγη στα μικρά μπαρ του Χάρλεμ και της 52^{ης} οδού στη Νέα Υόρκη όπως το “Minton’s Playhouse” το “Three Deuces” και άλλα. Οι περισσότεροι από αυτούς τους χώρους ήταν υφιστάμενα bar που μέχρι τότε φιλοξενούσαν διάφορα μουσικά είδη, χορευτικά και γενικά ψυχαγωγικές εκδηλώσεις. Ήταν κυρίως χώροι σχετικά μικρών διαστάσεων, με χαμηλό φωτισμό, σκοτεινές γωνίες και σκιές που δημιουργούσαν μία ιδιαίτερη ‘κινηματογραφική’ ατμόσφαιρα. Τα έπιπλα ήταν ξύλινα και για την επένδυσή τους χρησιμοποιούνταν δέρμα ή βελούδο σε σκούρους χρωματισμούς όπως βαθιά κόκκινα, πράσινα και μπλε. Από τις τεράστιες αίθουσες των προηγούμενων δεκαετιών η jazz επέστρεψε στους μικρούς χώρους αλλά με διαφορετικούς όρους αυτή τη φορά. Οι μουσικοί βρίσκονταν εκεί για να πειραματιστούν, να εξερευνήσουν τα όρια, να ρισκάρουν, ενώ το κοινό ερχόταν συνειδητά για να ακούσει μουσική και όχι για να χορέψει ή να εκτονωθεί. Ο ήχος δεν όφειλε πια να είναι δυνατός και ογκώδης για να γεμίσει το χώρο, οι μουσικές αποχρώσεις γίνονταν εύκολα αντιληπτές και αυτό ενθάρρυνε τους μουσικούς να διευρύνουν τις δυναμικές στην ερμηνεία τους. Οι μπάντες συνήθως ήταν ολιγομελείς. Οι μικρές αποστάσεις ευνοούσαν τη σύνδεση και την αλληλεπίδραση μεταξύ μουσικών και ακροατών. Το κοινό μπορούσε να ακούει κάθε νότα πολύ πιο καθαρά και οι αντιδράσεις του να τροφοδοτούν την

ορχήστρα. Το κοντραμπάσο και τα τύμπανα, από αμιγώς ρυθμικά όργανα απέκτησαν και σόλο χαρακτήρα. Η ηλεκτρική ενίσχυση στην κιθάρα ήταν πια καθιερωμένη, όχι γιατί η ακουστότητα του φυσικού της ήχου δεν ήταν επαρκής, αλλά γιατί έτσι αποκτούσε πλουσιότερα ηχοχρώματα και διευρυνόταν το δυναμικό της εύρος. Στα πλαίσια του πειραματισμού που ήταν το νέο συστατικό, οι μουσικοί εκτός από την ανησυχία είχαν τον κατάλληλο χώρο να αμφισβητήσουν τις καθιερωμένες νόρμες της jazz και να εισάγουν περίπλοκες αρμονίες, ασύμμετρη φρασεολογία και φρενήρεις ρυθμούς αποτυπώνοντας έτσι την ένταση την αβεβαιότητα αλλά και την ελπίδα της εποχής από το Β' Παγκόσμιο πόλεμο και μετά.

Από το τέλος της δεκαετίας του 1940 ως αντίδραση αλλά και εξέλιξη στη bebop αναδύθηκε μια νέα τάση στη jazz γνωστή ως cool jazz. Καθώς η bebop είχε φέρει επανάσταση στον κόσμο της μουσικής με σύνθετες μελωδίες, αρμονίες και ρυθμούς, υπογραμμίζοντας την ταχύτητα, την πολυπλοκότητα και την αυθεντικότητα μέσω των αυτοσχεδιασμών της, η νέα τάση επιδίωξε να εξισορροπήσει αυτήν την ανησυχία με μια πιο ήπια και αισθητικά ώριμη προσέγγιση χρησιμοποιώντας απλούστερη φόρμα, μελωδικές γραμμές και χρήση ατμοσφαιρικών ηχοχρωμάτων. Οι μουσικοί της cool jazz, όπως ο Miles Davis, ο Chet Baker, ο Gerry Mulligan, ο Stan Getz, και ο Dave Brubeck, είχαν την τάση να πειραματίζονται με πιο αργούς ρυθμούς να χρησιμοποιούν μεγαλύτερα σύνολα οργάνων ακόμη και να ενσωματώνουν στοιχεία της κλασικής μουσικής στην αναζήτηση μιας εκλεπτυσμένης ατμόσφαιρας. Το μέγεθος μιας μπάντας έφθανε συχνά και τα εννέα μέλη μεταξύ των οποίων υπήρχαν όργανα όπως φλάουτο, γαλλικό κόρνο, βιμπράφωνο που μέχρι τότε είχαν θέση στην κλασική μουσική ή και σε άλλα είδη αλλά όχι στη jazz. Η καινούργια τάση εκτός από τα αστικά κέντρα όπου η jazz ήταν ήδη καθιερωμένη, αναπτύχθηκε σημαντικά και σε άλλες περιοχές των ΗΠΑ. Αξιοσημείωτη υπήρξε η σκηνή που δημιουργήθηκε στη δυτική πλευρά της χώρας σε πόλεις όπως το San Francisco και το Los Angeles οδηγώντας στην καθιέρωση του όρου "west coast jazz" που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα για τον προσδιορισμό του συγκεκριμένου στυλ. Στην εξέλιξη του είδους συνέβαλε η συμμετοχή πολλών λευκών μουσικών στις ορχήστρες που αφενός έδωσαν το δικό τους στοιχείο στη jazz και αφετέρου σηματοδότησαν την ανάπτυξη της και πέρα από την αφροαμερικάνικη κοινότητα.

Το νέο στυλ επηρέασε και τους χώρους ακροατηρίου όπου πραγματοποιούνταν οι εμφανίσεις. Οι πολύ μικροί χώροι έδωσαν τη θέση τους σε συναυλιακές αίθουσες και

μεγαλύτερα jazz club, η διακόσμηση σε αντιστοιχία με τη μουσική έγινε πιο ήρεμη και κομψή ενώ τα καθίσματα διατάχθηκαν γύρω από τη σκηνή υπογραμμίζοντας περισσότερο τη χρήση της αίθουσας ως χώρο ακροατηρίου παρά ως bar. Αυτό είχε αποτέλεσμα την καλύτερη οπτική και ακουστική εμπειρία για τους ακροατές αλλά και μία αίσθηση ενότητας. Συναυλίες δίνονταν επίσης σε αίθουσες πολυτελών εστιατορίων ή lobby ξενοδοχείων. Προφανώς τα νέα μορφολογικά στοιχεία του είδους όπως οι χαμηλές ταχύτητες, οι πιο αραιές και μακρόσυρτες νότες, οι μεγαλύτερες παύσεις, τα νέα όργανα, οι αναφορές στην κλασική μουσική κ.ά, χρειάζονταν ισχυρότερο ανακλαστικό περιβάλλον και υψηλότερους χρόνους αντίληψης για να υποστηριχθούν και να αναδειχθούν και αυτό μεταξύ άλλων ερμηνεύει την αναζήτηση μεγαλύτερων αιθουσών ή την προτίμηση ελαφρών καθισμάτων έναντι εκείνων με βαριά επένδυση. Αλλά και αντίστροφα οι χώροι που επιλέχθηκαν ή διαμορφώθηκαν με κριτήρια αισθητικά ώστε να ταιριάζουν στη νέα αντίληψη των καλλιτεχνών σίγουρα συνέβαλλαν με την ακουστική τους συμπεριφορά στη μορφοποίηση του μουσικού είδους.

Ένα άλλο ρεύμα, που προέκυψε εν μέρει ως αντίδραση στην cool jazz, ήταν η hardbop που βρισκόταν στο προσκήνιο της jazz και γνώρισε την πιο έντονη ανάπτυξη και εξέλιξή της στη δεκαετία του 1950. Πολλοί μουσικοί αισθάνονταν ότι η jazz είχε γίνει πολύ «κλασική» στη φύση της, δηλαδή πολύ ευρωπαϊκή, αφήνοντας πίσω τις πραγματικές της ρίζες. Η hardbop ήταν λοιπόν η επιστροφή σε μια μουσική πιο αφροκεντρική και περισσότερο βασισμένη στα blues. Η ενορχήστρωση ήταν παρόμοια με εκείνη της bebop, συνήθως δύο ή τρία πνευστά και rhythm section. Κάποιοι από τους κύριους εκπρόσωπους της τάσης ήταν ο Miles Davis, ο Art Blakey, ο Horace Silver, ο John Coltrane στην πρώτη περίοδο της της καριέρας του και άλλοι. Οι χώροι έκφρασης της hardbop ήταν τα υφιστάμενα μικρά και χαμηλοτάβανα jazz club τα οποία τροποποιήθηκαν ως προς την αισθητική τους ώστε να αναδεικνύουν τα στοιχεία του νέου ρεύματος, ενώ στα ίδια πρότυπα κατασκευάστηκαν και πολλοί καινούργιοι χώροι. Η διακόσμηση ήταν συχνά μινιμαλιστική, με έμφαση στη λειτουργικότητα και όχι στην υπερβολή. Η απόσταση μεταξύ μουσικών και ακροατών διατηρήθηκε μικρή προωθώντας την αίσθηση της αμεσότητας και της αλληλεπίδρασης και συνέβαλλε στον αυθορμητισμό των παραστάσεων. Συχνά στους τοίχους υπήρχαν αφίσες σχετικές με τη jazz και φωτογραφίες εμβληματικών μουσικών τιμώντας την ιστορία και την κουλτούρα της jazz. Ο γενικότερος στόχος ήταν η δημιουργία ενός περιβάλλοντος που επέτρεπε στη

μουσική να βρίσκεται στο επίκεντρο και τόνιζε τη σύνδεση του χώρου με την ευρύτερη κοινότητα της jazz.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1950 αναδείχθηκε η modal jazz ως μία εξέλιξη με σημαντικές αλλαγές στην αρμονική και μελωδική προσέγγιση της μουσικής. Αντί να βασίζεται σε συγκεκριμένα αρμονικά πλαίσια, η modal jazz εστίασε στη χρήση κλιμάκων και τρόπων και επέκτεινε την αυτοσχεδιαστική ελευθερία των μουσικών ενθαρρύνοντάς τους να εξερευνούν τα όρια της δημιουργικότητάς τους και να παράγουν μουσική που ξεπερνά τα συμβατικά πλαίσια. Εξέλιξη της αποτέλεσε η free jazz, μια πρωτοποριακή μορφή της μουσικής που αποτελούσε ένα πείραμα ελευθερίας και αυτοσχεδιασμού. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα στυλ του είδους των οποίων οι συνθέσεις και η φόρμες βασιζόνταν σε μια σειρά προκαθορισμένων συγχορδιών και ρυθμών, η free jazz ήταν ως επί των πλείστων ατονική και βασιζόταν απλώς στον ήχο. Οι μουσικοί πειραματιζόνταν με την παραγωγή όλων των ειδών ηχοχρωμάτων που μπορούσαν να αναπαράγουν τα όργανά τους συμπεριλαμβανομένων ακόμη και των θορύβων, κι έτσι χωρίς να ανησυχούν για το ποια συγχορδία ήταν και ποια συγχορδία ακολουθεί, αυτοσχεδίαζαν ελεύθερα εξερευνώντας τη σχέση των συναισθημάτων, του ήχου και της μουσικής. Ορισμένοι από τους κορυφαίους καλλιτέχνες του στυλ ήταν οι Miles Davis, John Coltrane και Ornette Coleman. Οι συναυλίες της εποχής γίνονταν στα υφιστάμενα jazz club αλλά συχνά και σε μεγάλα μουσικά φεστιβάλ σε ανοιχτούς χώρους όπου οι ερμηνευτές μπορούσαν να εκφραστούν μπροστά σε μεγάλο κοινό και να συνεργαστούν με άλλους καλλιτέχνες. Στη δεκαετία του 1960 τα μουσικά φεστιβάλ αποτελούσαν σημαντική τάση κυρίως για το ροκ αλλά αρκετά από αυτά είχαν σαφή jazz προσανατολισμό φιλοξενώντας όλα τα ως τότε ρεύματα της jazz μουσικής. Κάποια από τα γνωστότερα είναι τα Newport Jazz Festival (1954 - σήμερα), Monterey Jazz Festival (1958- σήμερα), Ann Arbor Blues and Jazz Festival (1969 – 2021 με μεγάλες ενδιάμεσες διακοπές), Berkeley Jazz Festival (1967 – 1982), October Revolution in Jazz (1964). Οι ανοιχτοί χώροι με τις μεγάλες αποστάσεις, την απουσία ανακλάσεων και τις σχετικά υψηλές στάθμες θορύβου βάθους, κατέστησαν αναγκαία τη χρήση ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης για την αναπαραγωγή τόσο προς το ακροατήριο (public address) όσο και μεταξύ των μουσικών (monitoring system), καθώς και την εφαρμογή τεχνητής αντήχησης σε μεμονωμένα όργανα ή στο σύνολο της ορχήστρας.

Η ηλεκτροακουστική ενίσχυση και οι υψηλότερες στάθμες αναπαραγωγής άνοιξαν στους μουσικούς ένα νέο πεδίο προς εξερεύνηση αναδεικνύοντας μία ακόμη τάση στο είδος, τη fusion που βρέθηκε στην πρώτη γραμμή της jazz από τα τέλη της δεκαετίας του 1960 μέχρι τα τέλη του 20ου αιώνα, ενώ συνεχίζει να εξελίσσεται μέχρι σήμερα. Πρόκειται για μία ανάμειξη της jazz με άλλα δημοφιλή είδη που έδωσε νέες διαστάσεις στον ήχο και απευθύνθηκε σε ένα ευρύτερο ακροατήριο. Καλλιτέχνες όπως οι Miles Davis, Herbie Hancock, Chick Corea, και πολλοί άλλοι έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του νέου αυτού ήχου. Οι συνθέσεις και οι ερμηνείες τους συνδύαζαν στοιχεία της jazz όπως ο αυτοσχεδιασμός και η εκτελεστική ελευθερία, με στοιχεία από το ροκ όπως η δύναμη και η απλότητα καθώς και με στοιχεία από άλλα είδη όπως η funk και τα latin. Ο ηλεκτρικός ήχος εκτός από μέσο αναπαραγωγής καθιερώθηκε ως κύριο συστατικό της μουσικής αφού χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς όργανα όπως η ηλεκτρική κιθάρα, το ηλεκτρικό μπάσο, τα συνθεσάιζερ, συχνά περασμένα από εφέ προσδίδοντας έναν πιο σύγχρονο και συχνά ηλεκτρονικό χαρακτήρα στη μουσική. Η fusion jazz συνεχίζει να εμπνέει νέους μουσικούς, προσφέροντας μια πλούσια γκάμα ήχων που ενώνουν το παρελθόν με το μέλλον. Είναι ένα είδος που ανανεώνεται συνεχώς, προσφέροντας τόσο στους ακροατές όσο και τους ερμηνευτές μια περιπετειώδη εμπειρία που ξεπερνά τα όρια ενός συμβατικού είδους μουσικής. Το στυλ αυτό γεννήθηκε στα jazz club και τα φεστιβάλ αλλά σύντομα επεκτάθηκε σε διάφορους συναυλιακούς χώρους ακροατηρίου άλλων ειδών μουσικής όπως η pop, το rock αλλά και θέατρα, πολυχώρους κλπ.

Επισημαίνεται ότι η jazz γεννήθηκε στις ΗΠΑ από την αφροαμερικανική κοινότητα αλλά δεν είναι μουσική της Αφρικής ή της Αμερικής. Είναι μια μουσική παγκόσμια και αυτό αφορά τόσο στους ερμηνευτές όσο και στα ακροατήρια. Στην άλλη μεριά του Ατλαντικού, οι διάφορες μουσικές τάσεις και οι αντίστοιχοι χώροι ακροατηρίου είχαν παρόμοια και σχεδόν ταυτόχρονη εξέλιξη. Στις αρχές η Γαλλία και σε μικρότερο βαθμό η Αγγλία είχαν μεγάλη επιρροή στην εξάπλωση της jazz και εκτός ΗΠΑ. Και οι δύο χώρες ήταν πιο φιλόξενες στους μαύρους μουσικούς και έβλεπαν θετικά τη μεγάλη επιρροή της Αφρικής στο είδος. Στην Ευρώπη η jazz μουσική παιζόταν κυρίως σε υφιστάμενα θέατρα και αίθουσες χορού. Το "Casino de Paris" μία θεατρική αίθουσα του 1880 (μετατροπή από ένα παγοδρόμιο του 18^{ου} αιώνα) είναι από τις πρώτες που παρουσίαζε σταθερά jazz ρεπερτόριο ήδη από τη δεκαετία του 1910. Την ίδια δεκαετία η jazz έφτασε και στην

Ασία μέσω των υπερωκεάνιων πλοίων του Ειρηνικού, από τους Φιλιππινέζους μουσικούς καθώς οι Φιλιππίνες ήταν τότε αμερικανική αποικία.

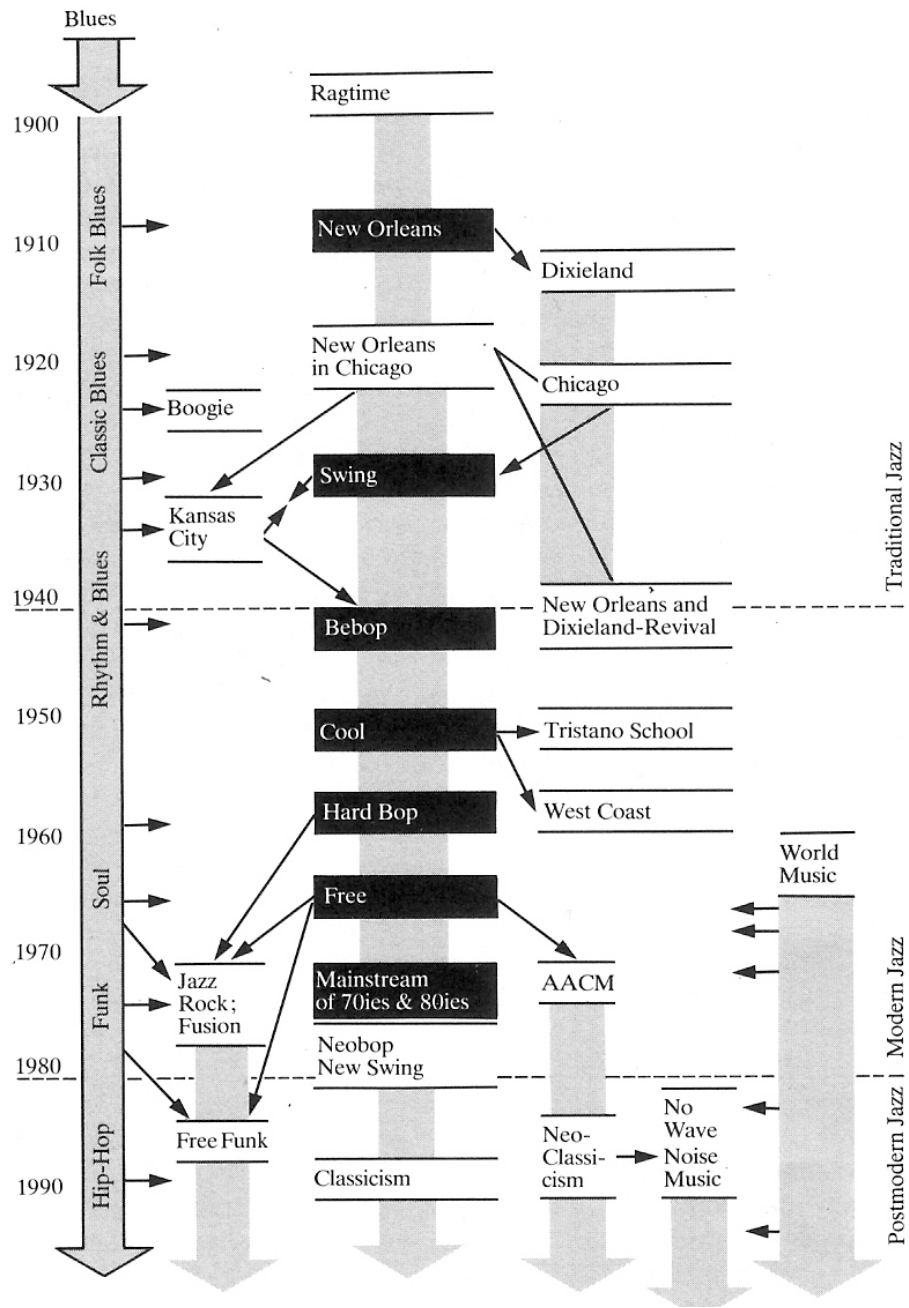
Η jazz παραμένει ζωντανή και εξελίσσεται συνεχώς μέχρι σήμερα. Τα ρεύματα που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι μόνο μερικοί από τους σταθμούς που διαμόρφωσαν την πορεία του είδους για περισσότερο από έναν αιώνα. Όλα αυτά τα στυλ παραμένουν ενεργά, καθώς συνεχίζουν να παίζονται και να ακούγονται από ανθρώπους σε όλο τον κόσμο. Πρόκειται για ένα δυναμικό και ποικιλόμορφο είδος μουσικής που εξελίσσεται συνεχώς, αναδεικνύει νέες τάσεις και παραλλαγές, αναμειγνύει ηχοχρώματα και στοιχεία από διαφορετικούς πολιτισμούς διατηρώντας πάντα τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά της, όπως ο αυτοσχεδιασμός, η συνεχής επικοινωνία μεταξύ των μουσικών, η αλληλεπίδραση μεταξύ μουσικών και ακροατηρίου κλπ. Στη jazz ένα μουσικό κομμάτι δεν παίζεται ποτέ με τον ίδιο ακριβώς τρόπο δύο φορές, οι μουσικοί συνθέτουν αυθόρμητα καθώς παίζουν, συχνά χωρίς να υπάρχει μια προκαθορισμένη ιδέα για το ποιο θα είναι το τελικό αποτέλεσμα. Μέσα σε αυτή τη δυναμική διαδικασία, ένας από τους σημαντικά επιδραστικούς παράγοντες μεταξύ άλλων είναι αναμφίβολα ο χώρος και η ακουστική του.

Άλλωστε, από την εξέλιξη των διαφόρων ρευμάτων της jazz που περιγράφηκε συνοπτικά παραπάνω, γίνεται σαφής η σχέση μεταξύ μουσικής και αρχιτεκτονικής. Η αλληλεπίδραση αυτή είναι γνωστή και από την ιστορία της κλασικής μουσικής σε σχέση με τους αντίστοιχους χώρους ακροατηρίου. Το ανήσυχο πνεύμα και η δημιουργικότητα, τόσο σε επίπεδο σύνθεσης όσο και ερμηνείας, οδηγεί τους πρωτοπόρους καλλιτέχνες να βρουν διεξόδους έκφρασης προσαρμόζοντας τη μουσική στους εκάστοτε περιορισμούς (κοινωνικούς, τεχνολογικούς κλπ.) συμπεριλαμβανομένων των περιορισμών του χώρου. Συχνά μάλιστα ο χώρος είναι αυτός που υπαγορεύει τη μουσική μορφολογία σε τέτοιο βαθμό που συμβάλλει στη δημιουργία και καθιέρωση νέων τάσεων σε ένα μουσικό είδος. Ταυτόχρονα όμως με την εξέλιξη και την εδραίωση των διαφόρων μουσικών ειδών δημιουργείται η ανάγκη σχεδιασμού εξειδικευμένων χώρων ακροατηρίου που θα αναδείξουν τη μουσική, θα εμπνεύσουν τους ερμηνευτές και θα προσφέρουν την καλύτερη δυνατή εμπειρία στους ακροατές.

Ξεκινώντας από τα τέλη της δεκαετίας του 1920 με κορύφωση τη δεκαετία του 1960, τόσο στην Αμερική όσο και σε όλο τον κόσμο κατασκευάστηκαν χώροι με σκοπό να φιλοξενήσουν αποκλειστικά ζωντανή μουσική jazz. Θρυλικά jazz club εκείνης την εποχή

ήταν τα Village Vanguard (1935), Birdland (1949) στη Νέα Υόρκη, τα Music Box (1926), Chez Josephine's (1926) στη Γαλλία, το Ronnie Scott's Jazz Club (1959) στο Λονδίνο και άλλα, πολλά εκ των οποίων λειτουργούν μέχρι σήμερα. Το "Jazz Clubs Worldwide" (jazz-clubs-worldwide.com) μία διαδικτυακή βάση δεδομένων για τους χώρους ακροατηρίου του είδους έχει καταγραμμένες πάνω από 2800 αίθουσες μουσικής jazz που λειτουργούν σήμερα σε ενενήντα χώρες του πλανήτη, αν και η απογραφή αυτή είναι μάλλον ελλιπής. Σημειώνεται ότι όλες αυτές οι αίθουσες που αποτελούν είτε μετατροπές υφιστάμενων χώρων διαφόρων χρήσεων είτε νέες κατασκευές, στην συντριπτική πλειοψηφία τους κατασκευάζονται χωρίς να υπάρχει κανένας ειδικός σχεδιασμός.

Τα ιστορικά και μουσικά στοιχεία της παρούσας παραγράφου έχουν βασιστεί σε μια σειρά από πηγές, όπως βιβλία, δίσκοι, ταινίες, ντοκυμαντέρ, καθώς και από τη συναναστροφή με ειδικούς στο πεδίο της jazz μέσα από την προσωπική πολυετή ενασχόληση με το είδος ως μουσικός και ως ακροατής. Ενδεικτική βιβλιογραφία: [Stokes, 1991], [Collier, 2011], [Gioia, 2021], [Kenney, 2005].



Σχ. 2 Τυπικά είδη της μουσικής jazz (Πηγή: Wikipedia)

2.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Από το ξεκίνημα του 20^{ου} αιώνα μέχρι σήμερα οι επιστήμονες προσπαθούν να ερμηνεύσουν γιατί κάποιες αίθουσες «ακούγονται» καλύτερα από κάποιες άλλες και ποια είναι εκείνα τα χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στην γενική παραδοχή ότι η ακουστική μιας αίθουσας είναι καλή. Η αρχή έγινε από τον Wallace C. Sabine που, μετά από δύο έτη πειραμάτων με σκοπό την ακουστική βελτίωση της αίθουσας διαλέξεων του Μουσείου Fogg Art στο Harvard, διατύπωσε την κλασική θεωρία της αντήχησης, η οποία μέχρι σήμερα αποτελεί τη βάση της αρχιτεκτονικής ακουστικής. Στον πρόλογο της σχετικής δημοσίευσής του στο περιοδικό 'American Architect' τον Απρίλιο του 1900, αναφέρει ότι τρεις είναι οι προϋποθέσεις για την καλή ακουστική μιας αίθουσας: α) ο ήχος πρέπει να είναι αρκετά δυνατός (loudness), β) οι ταυτόχρονες συνιστώσες ενός σύνθετου ήχου πρέπει να διατηρούν τις κατάλληλες σχετικές εντάσεις (distortion of complex sounds - interference and resonance) και γ) οι επί μέρους ταχέως εναλλασσόμενοι ήχοι, είτε ομιλίας είτε μουσικής, πρέπει να είναι σαφείς και ευδιάκριτοι, απαλλαγμένοι τόσο ο ένας από τον άλλον όσο και από τους ξένους θορύβους [Sabine, 1900]. Ο Sabine βέβαια δεν ρώτησε κάποιους ακροατές για να καταλήξει σε αυτά τα συμπεράσματα, ούτε έκανε κάποιο διαχωρισμό σχετικά με τη χρήση της αίθουσας (πχ για ομιλία ή μουσική), αλλά δοκιμάζοντας διαφορετικά υλικά και διεγείροντας ακουστικά το χώρο παρατήρησε ο ίδιος τις μεταβολές στην ποιότητα του ήχου και κατέγραψε αυτό που εκείνος αντιλαμβανόταν.

Είναι ευνόητο ότι για το σωστό ακουστικό σχεδιασμό ενός χώρου απαιτείται η κατανόηση των απαιτήσεων των χρηστών του. Συγκεκριμένα στην περίπτωση μιας αίθουσας συναυλιών, οι χρήστες του χώρου είναι οι μουσικοί ερμηνευτές και οι ακροατές. Είναι ωστόσο αναμενόμενο οι απαιτήσεις να μην είναι κοινές για τα ακροατήρια και τους ερμηνευτές όλων των μουσικών ειδών, αλλά να ποικίλλουν ανάλογα με τη μορφολογία του μουσικού είδους και την ξεχωριστή ακουστική εμπειρία που προσφέρει. Αν και τα παραπάνω είναι κοινώς αποδεκτά, η διερεύνηση της αντίληψης της ακουστικής ως εργαλείου σχεδιασμού των αιθουσών, άρχισε να αποτελεί αντικείμενο επιστημονικής έρευνας, χάρη στην εργασία του Hawkes, μόλις στο δεύτερο ήμισυ του 20^{ου} αιώνα [Hawkes, 1971].

Ανάμεσα στις πρώτες προσπάθειες καταγραφής και ταξινόμησης του τρόπου με τον οποίο οι ακροατές αντιλαμβάνονται την ακουστική των αιθουσών, είναι η εργασία του

Beraneck [1962]. Ο Beraneck το 1962 παρουσίασε τα αποτελέσματα μιας μεγάλης έρευνας που διεξήγαγε στα τέλη της δεκαετίας του 1950 σχετικά με την ποιότητα της ακουστικής σε πενήντα τέσσερις αίθουσες συναυλιών σε όλο τον κόσμο. Στην εργασία αυτή προσδιόρισε δεκαοκτώ χαρακτηριστικά ως ικανά να περιγράψουν πλήρως την ακουστική μιας αίθουσας συναυλιών κλασικής μουσικής. Τα χαρακτηριστικά αυτά τα συνέδεσε με φυσικές παραμέτρους και αρχιτεκτονικά στοιχεία των αιθουσών βάσει της προσωπικής του διαίσθησης και εμπειρίας, ενώ προσπάθησε να αξιολογήσει και το ποσοστό συμμετοχής του καθενός στην τελική ακουστική αποτίμηση. Πρότεινε μάλιστα κι ένα σύστημα βαθμολόγησης (point system) της ακουστικής ποιότητας μιας αίθουσας και κατηγοριοποίησή της σε μία κλίμακα από κακή έως άριστη. Στο σύστημα αυτό συμμετείχαν οκτώ από τα παραπάνω χαρακτηριστικά το καθένα με έναν συντελεστή βαρύτητας. Ο Beraneck δεν ισχυρίστηκε ότι υπάρχει ανεξαρτησία μεταξύ των παραπάνω εννοιών, ωστόσο ο Hawkes [1970], ασκώντας του κριτική σημειώνει στην εργασία του ότι για την κατασκευή της κλίμακας κατηγοριοποίησης έχει γίνει σιωπηλά η παραδοχή ότι τα οκτώ χαρακτηριστικά αξιολόγησης είναι μεταξύ τους ανεξάρτητα και αθροίζονται γραμμικά. Η έρευνά του Beraneck βασίστηκε σε συνεντεύξεις με μουσικούς ερμηνευτές, μαέστρους και λάτρεις της μουσικής, ενώ περιλάμβανε και δεδομένα από γεωμετρικά και ακουστικά χαρακτηριστικά πολλών εμβληματικών αιθουσών. Τρεις δεκαετίες αργότερα, παρουσίασε επανέκδοση της δουλειάς του [Beraneck 1996], όπου συμπεριέλαβε στοιχεία από περισσότερες αίθουσες, ενώ επανακαθόρισε τα χαρακτηριστικά που δύνανται να περιγράψουν την ακουστική των αιθουσών στα νέα του δεδομένα. Σε μία ακόμη επανέκδοση ο Beraneck εμπλούτισε περαιτέρω το υλικό του παρουσιάζοντας και συγκρίνοντας στοιχεία άνω των εκατό αιθουσών από τριανταμία χώρες του κόσμου [Beraneck 2003].

Η έρευνα του Beraneck είναι χωρίς αμφιβολία θεμελιώδης και πρωτοποριακή. Ωστόσο έχει την αδυναμία ότι τα αποτελέσματα δεν προέκυψαν μέσω επιστημονικής μεθοδολογίας αλλά από τη διαίσθηση και την εμπειρία. Έτσι, τα ευρήματά του σκιαγραφούν τον τρόπο που ο ακροατής αντιλαμβάνεται την ακουστική, αλλά δεν είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε αρχές σχεδιασμού μιας αίθουσας ακροατηρίου.

Αξίζει επίσης να γίνει αναφορά σε δύο σημαντικές εργασίες που άνοιξαν το δρόμο για τη σπουδαία έρευνα του Beraneck. Η μία ήταν των Parkin, Schoeles και Derbyshire [1952] που παρουσίασαν μια μελέτη σχετικά με τους χρόνους αντήχησης σε δέκα βρετανικές

αίθουσες συμπεριλαμβανομένων αξιολογήσεων της ακουστικής τους ποιότητας από κριτικούς, καθηγητές μουσικής και συνθέτες κι εκείνη των Blankenship, Fitzgerald και Lane [1955] που έκαναν μια υποκειμενική αξιολόγηση των αιθουσών μουσικής του Πανεπιστημίου του Τέξας συλλέγοντας τις απαντήσεις αρχιτεκτόνων, ακουστικολόγων και μουσικών.

Πιν. 1 Χαρακτηρισμοί για την ακουστική των αιθουσών κλασικής μουσικής κατά τον Beranek.

BERANEK 1962	BERANEK 1996
Intimacy	Intimacy
Liveness	Liveness
Warmth	Warmth
Definition (or Clarity)	Definition (or Clarity)
Brilliance	Brilliance
Balance	Balance
Blend	Blend
Ensemble	Ensemble
Immediacy of Response (Attack)	Immediacy of Response (Attack)
Texture	Texture
Freedom from Echo	Echoes
Dynamic Range	Dynamic Range
Diffusion	Spaciousness
Uniformity throughout the hall	Listener Envelopment
Tonal Quality	Timbre and Tone Color
Freedom from Noise	Acoustical Glare
Loudness of Direct Sound	Loudness
Loudness of Reverberant Sound	Reverberation and Fullness of Tone
	Resonance

Κατά τον Beranek οι παραπάνω έννοιες είναι ικανές να περιγράψουν πλήρως την ακουστική μιας αίθουσας συναυλιών κλασικής μουσικής. Αριστερά είναι η λίστα από την αρχική έρευνα [1962] και δεξιά ο επαναπροσδιορισμός της από την εμπλουτισμένη έκδοση της εργασίας του [1996]. Η παράθεση των εννοιών δεν είναι με τη σειρά που τις αναφέρει ο συγγραφέας αλλά έχουν προσαρμοστεί για να είναι ευδιάκριτη η αντιστοιχία.

Η διερεύνηση της αντίληψης της ακουστικής με επιστημονική μεθοδολογία ξεκίνησε με τη συμβολή του Hawkes, ο οποίος εισήγαγε στην έρευνα της ακουστικής χώρων ακροατηρίου τη χρήση προηγμένων μεθόδων ανάλυσης της αντίληψης του περιβάλλοντος. Από τις πρώτες εργασίες του είδους που διεξήγαγαν πειράματα

αντίληψης χρησιμοποιώντας σύγχρονες ψυχομετρικές μεθόδους ήταν η έρευνα των Hawkes & Douglas [1971]. Αυτή ήταν επίσης η πρώτη που αναζήτησε και προσδιόρισε ανεξάρτητες συνιστώσες στην αντίληψη της ακουστικής. Η έρευνα αρχικά αφορούσε στην εξέταση της επίδρασης του “assisted resonance system”, ενός ηλεκτρονικού συστήματος υποβοήθησης της αντήχησης που ο Parkin εφάρμοσε στο Royal Festival Hall του Λονδίνου για τη διόρθωση της προβληματικής ακουστικής της αίθουσας [Parkin & Morgan, 1971]. Η εργασία περιείχε τρία ξεχωριστά πειράματα υποκειμενικής αξιολόγησης, όλα κατά τη διάρκεια συναυλιών. Το πρώτο πείραμα αφορούσε μια σειρά συναυλιών που έγιναν στο Royal Festival Hall, το δεύτερο μία μόνο συναυλία στον ίδιο χώρο ενώ το τρίτο συμπεριλάμβανε συνολικά δεκαέξι συναυλίες, από τέσσερις σε κάθε μία από τις αίθουσες Royal Festival Hall, Queen Elizabeth Hall, Fairfield Hall Croydon και Swiss Cottage Odeon. Τα μουσικά έργα και οι συνθέτες που ερμηνεύονταν στα παραπάνω πειράματα ήταν ποικίλα. Η μέθοδος που υιοθετήθηκε για την διεξαγωγή των πειραμάτων ήταν η σημειολογική διαφορική ανάλυση (semantic differential). Στα πειράματα συμμετείχαν δεκαέξι άτομα τα οποία επιλέχθηκαν μεταξύ επαγγελματιών μουσικών και μαθητών ωδείων και κλήθηκαν να αξιολογήσουν την ακουστική τεσσάρων αιθουσών ακροατηρίου του Λονδίνου κατά τη διάρκεια συναυλιών κλασικής μουσικής. Για το σκοπό αυτό, στους ακροατές δόθηκαν δεκαέξι σημειολογικές κλίμακες αξιολόγησης (Πιν. 2). Για την επιλογή των κλιμάκων χρησιμοποιήθηκαν έννοιες από την αρχική λίστα του Beranek. Στα αποτελέσματα των πειραμάτων έγινε ανάλυση κατά παράγοντες (factor analysis) από την οποία για τις διάφορες αίθουσες προέκυψαν από τέσσερις έως έξι ανεξάρτητοι παράγοντες της αντίληψης της ακουστικής (Πιν. 3). Ο Hawkes επίσης προχώρησε και σε συσχέτιση των εξαχθέντων παραγόντων της αντίληψης με φυσικά χαρακτηριστικά των αιθουσών. Ωστόσο η συσχέτιση αυτή δεν βασίστηκε σε φυσικές ακουστικές μετρήσεις αλλά στην προσωπική του εκτίμηση ως προς τα εν λόγω φυσικά χαρακτηριστικά.

Πιν. 2 Οι δεκαέξι σημειολογικές κλίμακες αξιολόγησης των πειραμάτων αντίληψης στην εργασία των Hawkes & Douglas [1971]

disliked very much	- enjoyed very much
live	- dead
cold	- warm
clear	- muddy
dull	- brilliant
even	- boomy
distant	- close
dry	- resonant
blended	- unblended
balanced	- unbalanced
public	- intimate
reverberant	- unreverberant
unresponsive	- responsive
large dynamic range	- small dynamic range
poor definition	- good definition
good	- bad

Η εργασία αυτή αποτελεί την πρώτη μελέτη αντίληψης της ακουστικής που ανέδειξε τα ζητήματα του πλήθους και του προσδιορισμού ανεξάρτητων συνόλων υποκειμενικών ακουστικών ιδιοτήτων. Είναι επίσης η πρώτη που εισήγαγε τη διεξαγωγή πειραμάτων κατά τη διάρκεια ζωντανών συναυλιών. Μία αδυναμία της μεθόδου είναι ότι οι παράγοντες που εξάγονται εξαρτώνται από τις κλίμακες αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται. Αυτό το αναγνωρίζουν οι Hawkes & Douglas και αναφέρουν στην εργασία τους ότι έννοιες που απουσιάζουν από τις δεκαέξι κλίμακες αξιολόγησης δεν θα μπορούσε να συμπεριληφθούν στους παράγοντες της αντίληψης. Επίσης, αναγνωρίζουν ότι η ερμηνεία των κλιμάκων εξαρτάται από την επιλογή του πληθυσμιακού δείγματος. Δεδομένου ότι οι συμμετέχοντες στο πείραμα ήταν όλοι μουσικοί, είναι πιθανό να ερμήνευσαν τις κλίμακες με διαφορετικό τρόπο απ ό τι θα έκανε το σύνηθες ακροατήριο. Ο Hawkes, παρότι στην εργασία του συσχέτισε διαισθητικά τους παράγοντες της αντίληψης με φυσικά μεγέθη, έκανε ένα ιστορικό βήμα υποδεικνύοντας τη δυνατότητα μέτρησης της υποκειμενικότητας. Από την έρευνά του και μετά, η περιγραφή των παραμέτρων της αντίληψης της ακουστικής δεν αντιμετωπίζεται μόνο ποιοτικά αλλά και ποσοτικά. Έτσι με αυτή τη μεγάλη καινοτομία, εκτός από τη βαθύτερη κατανόηση και ανάλυση του τρόπου με τον οποίο οι ακροατές αντιλαμβάνονται την ακουστική ενός χώρου, προσφέρεται η δυνατότητα εξαγωγής δεδομένων που μπορούν να επεξεργαστούν με επιστημονικές μεθόδους και να οδηγήσουν σε διατύπωση αρχών σχεδιασμού των αιθουσών.

Πιν. 3 Οι παράγοντες αντίληψης της ακουστικής που προέκυψαν από τα πειράματα των Hawkes & Douglas [1971]

Factor	Associated Scales	Factor Loadings
REVERBERANCE	reverberant - unreverberant	0.81
	resonant - dry	0.77
	responsive - unresponsive	0.47
	large dynamic range - small dynamic range	0.41
EVENESS	even - boomy	0.74
	balanced - unbalanced	0.74
	blended - unblended	0.68
	clear - muddy	0.55
	good definition - poor definition	0.50
INTIMACY	intimate - public	0.75
	close - distant	0.51
DEFINITION	good definition - poor definition	0.66
	clear - muddy	0.33
	large dynamic range - small dynamic range	0.33
ENJOYMENT	enjoyed very much - disliked very much	0.68
	good - bad	0.35
BRILLIANCE	brilliant - dull	0.80
	live - dead	0.73
	warm - cold	0.63
	responsive - unresponsive	0.60

Στον πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες που προέκυψαν από τα συγχωνευμένα πειραματικά δεδομένα των τεσσάρων αιθουσών.

Κατά τη διεξαγωγή πειραμάτων αντίληψης σε αίθουσες ακροατηρίων κατά τη διάρκεια συναυλιών, εντοπίστηκαν διάφορα πρακτικά προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν με τη χρήση ηχογραφημένων δειγμάτων. Ειδικά οι ηχογραφήσεις μέσω dummy-head (ομοίωμα ανθρώπινης κεφαλής) προσέφεραν εξαιρετικές δυνατότητες στους ερευνητές για τη μελέτη της ακουστικής των χώρων. Έτσι, με τη βοήθεια της τεχνολογίας, δόθηκε η ευκαιρία της αξιολόγησης της ακουστικής πολλών αιθουσών, από το ίδιο ακροατήριο, χωρίς να χρειαστεί αυτό να μετακινείται από αίθουσα σε αίθουσα. Πρωτοπόρες στην έρευνα της αντίληψης της ακουστικής με τη χρήση ηχογραφημένων δειγμάτων, υπήρξαν δύο εργασίες που έγιναν στη Γερμανία τη δεκαετία του 1970, από δύο ομάδες γνωστές ως “Berlin group” και “Göttingen group”.

Πιν. 4 Οι δεκαεννέα σημειολογικές κλίμακες αξιολόγησης του πειράματος αντίληψης στην εργασία της ομάδας του Βερολίνου [Wilkens, 1977].

small (<i>klein</i>)	- large (<i>groß</i>)
pleasant (<i>angenehm</i>)	- unpleasant (<i>unangenehm</i>)
unclear (<i>undeutlich</i>)	- clear (<i>deutlich</i>)
soft (<i>weich</i>)	- hard (<i>hart</i>)
brilliant (<i>brillant</i>)	- dull (<i>matt</i>)
rounded (<i>rund</i>)	- pointed (<i>spitz</i>)
vigorous (<i>kräftig</i>)	- muted (<i>gedämpft</i>)
appealing (<i>gefällt</i>)	- unappealing (<i>gefällt nicht,)</i>
blunt (<i>stumpf</i>)	- sharp (<i>scharf</i>)
diffuse (<i>diffus</i>)	- concentrated (<i>konzentriert</i>)
overbearing (<i>aufdringlich</i>)	- reticent (<i>zurückhaltend</i>)
bright (<i>hell</i>)	- dark (<i>dunkel</i>)
muddy (<i>verschwommen</i>)	- clear (<i>klar</i>)
dry (<i>trocken</i>)	- reverberant (<i>hallig</i>)
weak (<i>schwach</i>)	- strong (<i>stark</i>)
beautiful (<i>schön</i>)	- ugly (<i>häßlich</i>)
soft (<i>leise</i>)	- loud (<i>laut</i>)
emphasised treble (<i>höhenbetont</i>)	- treble not emphasised (<i>nicht höhenbetont</i>)
emphasised bass (<i>tiefenbetont</i>)	- bass not emphasised (<i>nicht tiefenbetont</i>)

Δίνεται πρώτα η απόδοση της κάθε έννοιας στην αγγλική γλώσσα και μέσα στην παρένθεση η πρωτότυπη γερμανική λέξη.

Στην εργασία της ομάδας του Βερολίνου [Wilkens, 1977], ηχογραφήθηκαν μέσω dummy-head, συναυλίες κλασικής μουσικής σε έξι ευρωπαϊκές αίθουσες. Στη συνέχεια τα ηχογραφήματα αναπαρήχθησαν σε σαράντα ακροατές από τους οποίους ζητήθηκε να αξιολογήσουν την ακουστική ποιότητα των αιθουσών. Η ακρόαση των ηχογραφημάτων έγινε μέσω ακουστικών (*headphones*). Στο σχεδιασμό του πειράματος, υιοθετήθηκε η μέθοδος της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης. Χρησιμοποιήθηκαν δεκαεννέα κλίμακες αξιολόγησης (Πιν. 4), οι οποίες προέκυψαν από έναν αρχικό κατάλογο ενενήντα επιθετικών προσδιορισμών, που συλλέχθηκαν από τη βιβλιογραφία και το καθημερινό λεξιλόγιο των μουσικών και των ακουστικολόγων. Στα αποτελέσματα έγινε ανάλυση κατά παράγοντες και προέκυψαν οι εξής τρεις ανεξάρτητοι παράγοντες αντίληψης της ακουστικής (Πιν. 5). Και οι τρεις αυτοί παράγοντες συσχετίστηκαν με φυσικές ακουστικές παραμέτρους των αιθουσών και συγκεκριμένα με το χρόνο απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) και τη φασματική του κατανομή [Lehman & Wilkens, 1980].

Πιν. 5 Τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες της εργασίας του Βερολίνου [Wilkens, 1977].

Factor	Associated Scales	Factor Loadings
STRENGTH (STÄRKE)	reverberant - unreverberant	0.81
	weak - strong	0.91
	soft - loud	0.90
	vigorous - muted	-0.87
	dry - reverberant	0.83
	overbearing - reticent	-0.74
	brilliant - dull	-0.70
	appealing - unappealing	-0.66
emphasised bass - bass not emphasised	-0.57	
CLARITY (DEUTLICHKEIT)	unclear - clear	0.80
	muddy - clear	0.79
	diffuse - concentrated	0.72
	pleasant - unpleasant	-0.70
	beautiful - ugly	-0.65
TONE COLOR (KLANGFARBE)	rounded - pointed	0.94
	soft - hard	0.91
	emphasised treble - treble not emphasised	0.83
	bright - dark	-0.79
	blunt - sharp	0.73

Παρουσιάζονται οι αγγλικές αποδόσεις των εννοιών. Σε παρένθεση δίνεται η πρωτότυπη ονομασία του κάθε παράγοντα στα γερμανικά

Μία αδυναμία όλων των εργασιών που χρησιμοποιούν ηχογραφημένα δείγματα, είναι ότι η ακρόασή τους δεν μπορεί να προσομοιώσει πιστά την ακουστική εμπειρία της αίθουσας. Ειδικά η ακρόαση μέσω ακουστικών έχει πρόσθετους περιορισμούς που σχετίζονται κυρίως με την αντίληψη των τριών διαστάσεων του ηχητικού πεδίου, 'in head localization' [Toole, 1970], 'forward-to-backward confusion' [Blauert, 1984] κλπ. Η εργασία της ομάδας του Βερολίνου, όμως, είναι σημαντική γιατί δεν σταμάτησε στην εξαγωγή ανεξαρτήτων παραγόντων αντίληψης αλλά τους συσχέτισε με τα φυσικά ακουστικά μεγέθη των αιθουσών παρέχοντας έτσι αποτελέσματα που είναι ένα βήμα πριν τη διατύπωση αρχών σχεδιασμού.

Η εργασία της ομάδας του Göttingen [Gottlob, 1973] ήταν λίγο πιο πολύπλοκη. Αρχικά ηχογραφήθηκε σε ανηχοϊκές συνθήκες μια ορχήστρα κλασικής μουσικής που ερμήνευε ένα απόσπασμα από τη συμφωνία «του Διός» No.41 του W.A Mozart. Στη συνέχεια το ηχογράφημα αναπαρήχθη σε εικοσιπέντε αίθουσες συναυλιών, μέσω δύο ηχείων που

τοποθετήθηκαν στη σκηνή κάθε αίθουσας. Μέσω dummy-head τοποθετημένου στην περιοχή του ακροατηρίου της κάθε αίθουσας πραγματοποιήθηκε νέα ηχογράφιση του αναπαραγόμενου σήματος. Τα καινούργια ηχογραφήματα, που είχαν καταγράψει και τον ήχο των αιθουσών, αναπαρήχθησαν εκ νέου μέσα σε ανηχοϊκό θάλαμο. Εκεί δεκατρείς ακροατές κλήθηκαν να δηλώσουν την προτίμησή τους, ακούγοντας και συγκρίνοντας ανά ζεύγη τις αίθουσες. Σύντομα διαπιστώθηκε ότι τα ηχογραφήματα που ακούγονταν δυνατότερα ήταν εκείνα που υπερείχαν συντριπτικά στις προτιμήσεις των ακροατών. Αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η ακουστότητα μπορεί να επηρεάσει την προτίμηση. Αποφασίστηκε λοιπόν να συνεχιστεί το πείραμα αφού απαλειφθεί ο παράγων της ακουστότητας μέσω της ισοστάθμισης των ηχογραφήματων. Στα αποτελέσματα του πειράματος έγινε ανάλυση κατά παράγοντες από την οποία προέκυψαν τρεις ακόμη παράγοντες της αντίληψης της ακουστικής, εκτός της ακουστότητας. Από αυτούς ο πρώτος, σχετιζόταν με την αντήχηση (RT), ο δεύτερος με την ευκρίνεια (D50) και ο τρίτος με τη χωρικότητα (spaciousness, IACC). Δεδομένου ότι οι κλίμακες αξιολόγησης δεν ήταν σημειολογικές, οι παράγοντες περιγράφονταν έμμεσα από τις φυσικές ακουστικές παραμέτρους των αιθουσών και όχι από επιθετικούς προσδιορισμούς της ακουστικής ποιότητας. Από τα πειραματικά αποτελέσματα προτάθηκαν βέλτιστες τιμές για τις φυσικές παραμέτρους. Για το χρόνο αντήχησης προτάθηκε εύρος τιμών από 1.9 s – 2.2 s.

Όπως στην εργασία της ομάδας του Βερολίνου, έτσι και σε αυτή, υπάρχει η φυσική αδυναμία πλήρους αναπαραγωγής του ακουστικού πεδίου μιας αίθουσας μέσω των ηχογραφήματων. Στην εργασία της ομάδας του Göttingen η αδυναμία αυτή επιβαρύνεται από το γεγονός ότι το τελικό ηχογράφημα είναι αποτέλεσμα αλληπάλληλων ηχογραφήσεων και αναπαραγωγών. Επίσης η αναπαραγωγή του ανηχοϊκού ηχογραφήματος από δύο ηχεία στην αίθουσα δεν μπορεί να αποδώσει το αποτέλεσμα των πολλών σημειακών πηγών μιας ορχήστρας. Τέλος, η ερμηνεία μιας ορχήστρας που παίζει σε ανηχοϊκό θάλαμο, είναι φυσικό να διαφέρει εκφραστικά από εκείνη σε μία αληθινή αίθουσα.

CLARITY	Muddy	Clear							
REVERBERANCE	Dead	Live							
ENVELOPMENT	Expansive	Constricted							
INTIMACY	Remote	Intimate							
LOUDNESS BALANCE:	Weak	Loud							
Treble re. mid-frequencies	_____								
Bass re. mid-frequencies	_____								
Singers/Soloists re. orchestra	_____								
BACKGROUND NOISE:	<table border="1"> <tr> <td>Inaudible</td> <td>Acceptable</td> <td>Tolerable</td> <td>Intolerable</td> </tr> </table>		Inaudible	Acceptable	Tolerable	Intolerable			
Inaudible	Acceptable	Tolerable	Intolerable						
OVERALL IMPRESSION:	<table border="1"> <tr> <td>Very poor</td> <td>Poor</td> <td>Mediocre</td> <td>Reasonable</td> <td>Good</td> <td>Very good</td> <td>Excellent</td> </tr> </table>		Very poor	Poor	Mediocre	Reasonable	Good	Very good	Excellent
Very poor	Poor	Mediocre	Reasonable	Good	Very good	Excellent			
N.B.: scale extremes refer to experience limits									

Σχ. 3 Το ερωτηματολόγιο της έρευνας του Barron [1988]

Προκειμένου να ελαχιστοποιήσει το τυχαίο σφάλμα που οφείλεται στην ερμηνεία των κλιμάκων αξιολόγησης, ο Barron [1988] έκανε μία σειρά πειραμάτων, όπου ως ακροατές χρησιμοποίησε άτομα εξειδικευμένα στην επιστήμη της ακουστικής. Τα πειράματα έγιναν κατά τη διάρκεια συναυλιών σε έντεκα Βρετανικές αίθουσες. Οι ακροατές κλήθηκαν να αξιολογήσουν την ακουστική ποιότητα των αιθουσών, μέσω εννέα σημειολογικών κλιμάκων (Σχ. 3). Από αυτές, οι πέντε ήταν συνεχείς και (σύμφωνα με τον Barron), επιλέχθηκαν έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν παράγοντες που έχουν προκύψει σε προηγούμενες έρευνες. Δύο ήταν επίσης συνεχείς και αφορούσαν στην ισορροπία μεταξύ περιοχών του φάσματος συχνοτήτων ενώ δύο ήταν διακριτές και αφορούσαν

στο θόρυβο βάθους και στη συνολική εντύπωση. Τα πειράματά αυτά δεν είχαν στόχο να εξάγουν ανεξάρτητες συνιστώσες της αντίληψης, αλλά κυρίως να ελέγξουν την καταλληλότητα της χρήσης των εννοιών και το αν υπάρχουν προτιμήσεις σε κάποιες από αυτές. Με βάση αυτό, ο Barron κατέληξε ότι οι ακροατές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: σε εκείνους που η προτίμησή τους σχετίζεται με την υποκειμενική αντίληψη (REVERBERANCE) και σε εκείνους που σχετίζεται με την Εγγύτητα (INTIMACY). Επίσης συσχέτισε τα παραπάνω αποτελέσματα του πειράματος αντίληψης με φυσικές ακουστικές παραμέτρους των αιθουσών και συγκεκριμένα με το κλάσμα απόσβεσης πρώτων ανακλάσεων (EDT) και τη στάθμη 'early sound level' στις μεσαίες συχνότητες (E_m) αντίστοιχα.

Η αδυναμία της εργασίας του Barron είναι ότι χρησιμοποιώντας άτομα με εξειδίκευση στην ακουστική, τα αποτελέσματα της έρευνάς του αντικατοπτρίζουν την άποψη μιας ειδικής κατηγορίας ακροατηρίου που πιθανό να διαφέρει από το σύνηθες φιλόμουσο ακροατήριο.

Επιχειρώντας να ξεπεράσει αυτόν τον περιορισμό η έρευνα των Sotiropoulou et al [1995] απευθύνθηκε σε άτομα που ανήκουν στο τυπικό ακροατήριο των συναυλιών κλασικής μουσικής. Τα άτομα αυτά κλήθηκαν να αξιολογήσουν την ακουστική δύο αιθουσών του Λονδίνου κατά τη διάρκεια τριών συναυλιών. Για το πείραμα υιοθετήθηκε η μέθοδος της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης, όπου χρησιμοποιήθηκαν είκοσι επτά συνεχείς σημειολογικές κλίμακες αξιολόγησης (Πιν. 6). Προκειμένου να περιοριστεί το σφάλμα που οφείλεται στην επιλογή των κλιμάκων, αυτές δεν επιλέχθηκαν αυθαίρετα, αλλά με τη διεξαγωγή προκαταρκτικού πειράματος. Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκε αρχικά μία λίστα από ογδόντα έξι επιθετικούς προσδιορισμούς της ακουστικής, και μέσω πειραματικής διαδικασίας κατασκευάστηκαν πενήντα τέσσερα ζεύγη αντιθέτων εννοιών. Τα ζεύγη αυτά χρησιμοποιήθηκαν ως διπολικές κλίμακες αξιολόγησης για τη διεξαγωγή πειράματος αντίληψης της ακουστικής, κατά την ακρόαση ηχογραφημένων συναυλιών. Έγινε γι' αυτό η αρχική υπόθεση ότι υπάρχουν κοινά στοιχεία στην αντίληψη της ακουστικής κατά την ακρόαση μιας ηχογραφημένης, ή μιας ζωντανής συναυλίας. Η αναπαραγωγή των ηχογραφημάτων έγινε σε ένα «ήσυχο» δωμάτιο από ένα ζεύγος ηχείων.

Πιν. 6 Οι είκοσι επτά σημειολογικές κλίμακες αξιολόγησης των πειραμάτων αντίληψης της ακουστικής αιθουσών κλασικής μουσικής στην εργασία των Sotiropoulou et al [1995]

voluminous	- thin
blurred	- clear
cold	- warm
enveloping	- distant
limited	- unlimited
dry	- resonant
distinct	- blurred
of harsh tone	- of smooth tone
full bodied	- empty
clear	- muddy
unbalanced	- balanced
faint	- loud
expanded	- contracted
sonorous	- thin (αδύνατος)
hazy	- clear
non intimate	- intimate
restricted	- unrestricted
mighty	- small
brilliant	- dull
rough	- smooth
remote	- near
spacious	- cramped
full bodied	- thin
dim	- bright
of poor tone	- of rich tone
distant	- clear
extended	- short

Στα αποτελέσματα έγινε ανάλυση κατά παράγοντες, απ' όπου προέκυψαν πέντε ανεξάρτητοι παράγοντες της αντίληψης, ενώ οι κλίμακες με τη μεγαλύτερη φόρτιση σε αυτούς, επιλέχθηκαν για το τελικό πείραμα στις πραγματικές αίθουσες. Στα αποτελέσματά του νέου πειράματος έγινε επίσης ανάλυση κατά παράγοντες, από την οποία εξήχθησαν τέσσερις ανεξάρτητοι παράγοντες της αντίληψης της ακουστικής (Πιν. 7), οι οποίοι μάλιστα ήταν κοινοί με εκείνους του πειράματος της ηχογραφημένης μουσικής επιβεβαιώνοντας την αρχική υπόθεση. Βρέθηκε επίσης στατιστικά σημαντική συσχέτιση των τριών από τους τέσσερις αυτούς παράγοντες με φυσικές ακουστικές παραμέτρους των αιθουσών παρέχοντας έτσι δεδομένα που μπορούν να αξιοποιηθούν για τη διατύπωση αρχών σχεδιασμού των αιθουσών [Sotiropoulou & Fleming, 1995].

Πιν. 7 Αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες στην εργασία των Sotiropoulou et al [1995].

Factor	Associated Scales	Factor Loadings
BODY	full - empty	0.82
	sonorous - thin	0.76
	voluminous - thin	0.75
	enveloping - distant	0.75
	dry - resonant	-0.70
	full bodied - thin	0.67
	cold - warm	-0.64
	expanded - contracted	0.63
	extended - short	0.59
	faint - loud	-0.59
	mighty - small	0.55
	TONAL QUALITY	rough - smooth
restricted - unrestricted		0.72
spacious - cramped		-0.69
of harsh tone - of smooth tone		0.66
of poor tone - of rich tone		0.64
limited - unlimited		0.62
CLARITY	hazy - clear	0.84
	clear - muddy	-0.83
	distinct - blurred	-0.82
	blurred - clear	0.75
	brilliant - dull	-0.56
	dim - bright	0.47
	unbalanced - balanced	0.30
PROXIMITY	distant - near	0.86
	remote - near	0.79
	non intimate - intimate	0.61

Παρουσιάζονται οι παράγοντες που προέκυψαν από τα δεδομένα του πειράματος που διεξήχθη στην αίθουσα Queen Elizabeth Hall στο Λονδίνο

Μια αδυναμία της εργασίας είναι ότι η αναπαραγωγή των ηχογραφημάτων στο πρώτο πείραμα, δεν έγινε με ανηχοϊκές συνθήκες, και συνεπώς ο ηχογραφημένος ήχος της αίθουσας ήταν πιθανό να επηρεάζεται από το δωμάτιο ακρόασης. Όμως, με την εξαγωγή κοινών παραγόντων στα δύο πειράματα, φαίνεται ότι η επιρροή αυτή δεν ήταν σημαντική, αφού επαληθεύεται η αρχική υπόθεση περί κοινών στοιχείων στην αντίληψη της ακουστικής μεταξύ ζωντανών και ηχογραφημένων συναυλιών.

Με την ανάπτυξη της ψηφιακής επεξεργασίας σημάτων, προστέθηκαν νέα εργαλεία στο σχεδιασμό πειραμάτων για τη διερεύνηση της αντίληψης της ακουστικής. Καταγράφοντας μόνο τις κρουστικές αποκρίσεις (Impulse Response) των αιθουσών, και χρησιμοποιώντας ανηχοϊκά δείγματα μουσικής, κατέστη δυνατή, μέσω συνέλιξης των σημάτων, η κατασκευή συνθετικών ηχητικών πεδίων, που μπορούν να προσομοιώσουν τον ήχο των αιθουσών στο εργαστήριο. Ένα από τα πρώτα πειράματα αντίληψης της ακουστικής με τέτοιο τρόπο, ήταν αυτό των Soulodre και Bradley [1995] οι οποίοι χρησιμοποίησαν ένα ανηχοϊκό απόσπασμα κλασικής μουσικής διάρκειας 15 s, και αμφιωτικές (binaural) κρουστικές αποκρίσεις δέκα αιθουσών των ΗΠΑ. Μέσω συνέλιξης, έφτιαξαν ηχητικά δείγματα που προσομοίωναν το πώς ακούγεται το συγκεκριμένο απόσπασμα σε καθεμιά από τις παραπάνω αίθουσες. Τα δείγματα τα αναπαρήγαγαν σε ακροατές με χρήση 'nearfield' ηχείων, ενώ τη θέση ακρόασης την είχαν περιβάλλει με ένα ειδικό κέλυφος, ώστε να εκμηδενίσουν την επιρροή του χώρου. Οι ακροατές άκουγαν τα ηχογραφήματα ανά ζεύγη αιθουσών και καλούνταν να συγκρίνουν τις διαφορές μεταξύ των δύο ηχητικών πεδίων χρησιμοποιώντας οκτώ διαφορετικά κριτήρια που επιλέχθηκαν με βάση την εργασία του Barron [1988] (Loudness, Clarity, Reverberance, Bass, Treble, Envelopment, Apparent Source Width, Overall Preference). Ο στόχος του πειράματος ήταν η εξέταση της καταλληλότητας συγκεκριμένων φυσικών ακουστικών παραμέτρων ως δείκτες της αντίληψης. Δεν υπήρχε κλιμάκωση στα κριτήρια και δεν επιχειρήθηκε η διερεύνηση ανεξάρτητων συνιστωσών της αντίληψης. Ωστόσο εντοπίστηκε συσχέτιση του "Overall Preference" με τα κριτήρια "Clarity" και "Treble". Αυτό όμως που έχει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον στην συγκεκριμένη εργασία είναι ότι οι Soulodre & Bradley, χρησιμοποιώντας ένα ανηχοϊκό απόσπασμα και δείγματα κρουστικών αποκρίσεων από προηγούμενες εργασίες, κατάφεραν να στήσουν ένα πείραμα με μια ορχήστρα που παίζει σε δέκα αίθουσες των ΗΠΑ, χωρίς να χρειαστεί να βγουν από το εργαστήριο.

Η προφανής αδυναμία της εργασίας, όπως και όλων των πειραμάτων με χρήση ακουστικής προσομοίωσης, είναι ότι η συνθήκη δεν είναι ρεαλιστική. Όπως αναφέρουν και οι Soulodre & Bradley στην εργασία τους, κανένα εργαστήριο δεν μπορεί να αναπαράγει τη συνολική ακουστική εμπειρία μιας πραγματικής αίθουσας. Η προσομοίωση όμως δίνει τη δυνατότητα στον ακροατή να συγκρίνει δύο ή περισσότερες αίθουσες σε A/B τεστ, χωρίς να μεσολαβήσει χρονικό διάστημα, ενώ μπορεί κανείς να αξιολογήσει μία συγκεκριμένη μεταβλητή κρατώντας όλες τις άλλες σταθερές. Τέλος, στο

εργαστήριο ο ακροατής είναι απαλλαγμένος από συνθήκες, που δεν άπτονται της ακουστικής, αλλά είναι πιθανό να επηρεάζουν την αντίληψη κατά την ακρόαση, όπως πχ οπτικά ερεθίσματα ή η φήμη της αίθουσας που εξετάζεται.

Μια προσπάθεια να αυξηθεί η ρεαλιστικότητα της ακουστικής προσομοίωσης έγινε με την έρευνα του Lokki [2011]. Στην εργασία αυτή, τα αποσπάσματα προέκυψαν ηχογραφώντας σε ανηχοϊκό θάλαμο, μόνο του τον κάθε μουσικό της ορχήστρας, σε ξεχωριστό κανάλι ήχου. Έτσι δημιουργήθηκαν τριάντα δύο κανάλια τα οποία αναπαρήχθησαν από ισάριθμα ηχεία τοποθετημένα σε διάταξη ορχήστρας, στις σκηνές τριών αιθουσών συναυλιών της Φινλανδίας. Με αυτόν τον τρόπο ξεπεράστηκε ο περιορισμός της αντίστοιχης αναπαραγωγής από δύο ηχεία στη σκηνή, όπως πχ στην εργασία της ομάδας του Göttingen [Gottlob, 1973]. Η αναπαραγωγή ηχογραφήθηκε πολυκάναλα σε διάφορες θέσεις του ακροατηρίου, ώστε να καταγραφεί ο ήχος των αιθουσών. Στη συνέχεια το ηχογράφημα αναπαρήχθη, επίσης πολυκάναλα, σε ανηχοϊκό θάλαμο, από σύστημα δεκαέξι ηχείων. Μια ακόμη καινοτομία του πειράματος ήταν ότι δεν χρησιμοποιήθηκαν προεπιλεγμένες κλίμακες αξιολόγησης, κοινές για όλους τους ακροατές. Συγκεκριμένα, προκειμένου να αποφευχθεί το σφάλμα που οφείλεται στην ερμηνεία των κλιμάκων, υιοθετήθηκε η μέθοδος IVP (Individual Vocabulary Profiling) κατά την οποία κάθε άτομο ορίζει τις δικές του κλίμακες. Για το σκοπό αυτό, διεξήχθη μία προκαταρκτική σειρά συνεντεύξεων από την οποία προέκυψαν τέσσερις έως έξι κλίμακες αξιολόγησης ξεχωριστές για κάθε συμμετέχοντα στο πείραμα. Στη συνέχεια, κάθε άτομο, χρησιμοποιώντας τις δικές του κλίμακες, αξιολόγησε την ακουστική των αιθουσών, ακούγοντας τα ηχογραφήματα στον ανηχοϊκό θάλαμο. Στο πείραμα συμμετείχαν είκοσι έμπειροι ακροατές κλασικής μουσικής. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με χρήση προηγμένων στατιστικών μεθόδων (Cluster Analysis, Multiple Factor Analysis). Από τις συνεντεύξεις προέκυψαν εκατόν δύο έννοιες οι οποίες ομαδοποιήθηκαν σε εννέα κατηγορίες. Οι οκτώ κατηγορίες ονοματίστηκαν έτσι ώστε να περιγράφεται το περιεχόμενό τους, ενώ η ένατη περιείχε έννοιες που δεν μπορούσαν να ομαδοποιηθούν. Τα συμπεράσματα έδειξαν ότι τα μεγαλύτερα συμπλέγματα (cluster) της αντίληψης συντίθενται από τις έννοιες που περιγράφουν την ένταση, την απόσταση καθώς και από τις μη ομαδοποιημένες έννοιες. Επίσης προέκυψε ότι οι έννοιες που είχαν σχέση με την αντήχηση χωρίζονταν σε δύο κατηγορίες. Η μία σχετιζόταν με την περικάλυψη (envelopment) ενώ η άλλη με το μέγεθος του χώρου.

Η αδυναμία της έρευνας του Lokki είναι η υπερβολική εξάρτησή της από τον εξοπλισμό και την τεχνολογία που την καθιστά αργή, υπερβολικά δαπανηρή και καθόλου εργονομική. Επίσης η ηχογράφηση μεμονωμένων μουσικών σε ανηχοϊκό θάλαμο είναι μια αφύσικη διαδικασία που σίγουρα επηρεάζει την ερμηνεία οδηγώντας σε ένα τελικό μουσικό αποτέλεσμα που διαφέρει από εκείνο μιας κανονικής συναυλίας και ίσως αυτό είναι κάτι που επηρεάζει και την αξιολόγηση της ακουστικής.

Ήδη από την εργασία του Beranek στις αρχές της δεκαετίας του 1960 [Beranek, 1962], και τις έννοιες που εκείνος πρότεινε για την περιγραφή της ακουστικής ποιότητας μιας αίθουσας, διαφαίνεται η διαφορετική αντιμετώπιση του ακροατηρίου από εκείνη των μουσικών ερμηνευτών. Παρατηρεί κανείς ότι έννοιες όπως Ensemble ή Immediacy of Response αφορούν κυρίως στο χώρο της σκηνής και όχι του ακροατηρίου και απευθύνονται σε πιο εξειδικευμένο μηχανισμό ακρόασης από εκείνον των ακροατών. Αυτό ήταν αναμενόμενο να προκύψει στην έρευνα του Beranek, αφού σε πάρα πολλές από τις συνεντεύξεις που πήρε για να καταλήξει στα συμπεράσματά του συμμετείχαν μουσικοί ερμηνευτές. Είναι προφανές ότι ένας ερμηνευτής, κατά τη διάρκεια μιας συναυλίας έχει πιο εξειδικευμένες απαιτήσεις από εκείνες του ακροατή. Για να μπορεί να παίξει είναι προϋπόθεση να ακούει καλά τον εαυτό του αλλά και να μπορεί άνετα να διακρίνει τον ήχο των άλλων οργάνων της ορχήστρας, ώστε να ενταχθεί στο μουσικό σύνολο ρυθμικά, τονικά και σε επίπεδο έκφρασης και δυναμικών. Επίσης, όποιος έχει παίξει μουσική γρήγορα συνειδητοποιεί ότι το ίδιο μουσικό όργανο ακούγεται και συμπεριφέρεται διαφορετικά από χώρο σε χώρο. Το πόσο θα πρέπει να πιέσει ο μουσικός φυσώντας ή χτυπώντας το όργανο για να φτάσει ο ήχος σωστά στο ακροατήριο είναι φυσικό να εξαρτάται από το αντηχητικό πεδίο. Οι παραπάνω είναι μόνο κάποιοι από τους πολλούς λόγους που διαφοροποιούν τις απαιτήσεις των μουσικών και καθιστούν ξεχωριστό τον τρόπο που αυτοί αντιλαμβάνονται την ακουστική μιας αίθουσας κατά τη διάρκεια μιας συναυλίας. Παρ όλα αυτά, η διερεύνηση της αντίληψης των μουσικών μιας ορχήστρας και η προσαρμογή του σχεδιασμού μιας αίθουσας στις ανάγκες τους, άρχισε να αναπτύσσεται από τη δεκαετία 1980. Επίσης όπως συμβαίνει και με το χώρο του ακροατηρίου σχεδόν το σύνολο της επιστημονικής έρευνας μέχρι σήμερα είναι προσανατολισμένο στην κλασική μουσική.

Εξέχουσα θέση στη μελέτη της ακουστικής για τους ερμηνευτές είναι η έρευνα του Gade, το πρώτο μέρος της οποίας αποτελούνταν από μία σειρά συνεντεύξεων [Gade, 1981].

Συγκεκριμένα επρόκειτο για συζητήσεις κατά πρόσωπο που έκανε με τριάντα δύο έμπειρους μουσικούς κλασικού ρεπερτορίου στη Σκανδιναβία προσπαθώντας, μέσω γενικών ερωτήσεων, να ανιχνεύσει τον τρόπο που αντιλαμβάνονται τον ήχο, τις ακουστικές απαιτήσεις τους κατά τη διάρκεια μιας συναυλίας, το πώς ιεραρχούν τις ιδιότητες μιας αίθουσας κλπ. Αν και συνειδητά δεν χρησιμοποίησε κάποια επιστημονική μέθοδο, αναλύοντας και ερμηνεύοντας τις απαντήσεις των συνεντεύξεων σύμφωνα με το ένστικτο και την εμπειρία του, κατέληξε ότι ο τρόπος που οι ερμηνευτές αντιλαμβάνονται την ακουστική του συναυλιακού χώρου μπορεί να περιγραφεί από επτά υποκειμενικές παραμέτρους οι οποίες είναι οι εξής: Hearing Each Other, Reverberance, Support, Timbre, Dynamics, Time Delay, Change of Pitch.

Σημειώνεται ότι αντίστοιχη εργασία του Miller [1987] έδειξε τέσσερις ιδιότητες και συγκεκριμένα τις Ensemble, Interference, Support, Tonal Quality. Επίσης, αρκετά χρόνια αργότερα, οι Genta et al [2007] διένειμαν ερωτηματολόγια σε μουσικούς από επαγγελματικές ορχήστρες, ζητώντας τους να αξιολογήσουν ποιες ιδιότητες της ακουστικής είναι πιο σημαντικές για αυτούς. Η ομάδα πρότεινε τη μέθοδο Borda Count για την επεξεργασία και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, η οποία έδειξε ότι αυτές οι ιδιότητες με σειρά σημαντικότητας ήταν οι Ensemble, Clarity, Dynamics, Timbre, Tonal Balance, Sound Strength, και Sound Envelopment. Επίσης ο Guthrie [2008], με τη συμμετοχή εννέα μουσικών, διαπίστωσε οι σημαντικότερες πτυχές σχετικά με την ακουστική απόκριση είναι οι “ratio of volume between yourself and others”, “common aural space between all musicians”, “reverberance of space” και “ability to distinguish between individual voices”. Τα ευρήματα των παραπάνω εργασιών συγκλίνουν σε αρκετά μεγάλο βαθμό με εκείνα του Gade [1981].

Στη δεύτερη φάση της εργασίας του ο Gade [1982], θέλοντας να ποσοτικοποιήσει την αντίληψη της ακουστικής και να τη συνδέσει με φυσικά χαρακτηριστικά, προχώρησε σε πειράματα στο εργαστήριο. Εκεί χρησιμοποίησε ερμηνευτές που έπαιζαν μουσική σε ανηχοϊκό θάλαμο. Με μικρόφωνα λάμβανε το ηχητικό σήμα και το επέστρεφε στο θάλαμο μέσω ηχείων, αφού προηγουμένως είχε προσθέσει ηλεκτρονικά διακριτές ανακλάσεις και του είχε μειώσει τη στάθμη των υψηλών συχνοτήτων. Με αυτό τον τρόπο μπορούσε να προσομοιώνει την επίδραση της αίθουσας στους μουσικούς. Πειραματίστηκε έτσι με solo μουσικούς και μικρά σύνολα. Στη συνέχεια χρησιμοποίησε δύο μουσικούς που έπαιζαν σε ξεχωριστούς ανηχοϊκούς θαλάμους στέλνοντας το

ηχητικό σήμα του ενός στον άλλον μέσω μικροφώνων και ηχείων. Στο σήμα αυτό, εκτός από τις προηγούμενες παρεμβάσεις, μετέβαλλε τη συνολική στάθμη και τη χρονική καθυστέρηση εκπομπής. Ήθελε με αυτό τον τρόπο να προσομοιώσει την επίδραση της απόστασης των μουσικών κάτι που είναι σύνηθες στις μεγάλες σκηνές των αιθουσών ακροατηρίου κλασικής μουσικής. Στα πειράματα συμμετείχαν ερμηνευτές από όλες τις κατηγορίες μουσικών οργάνων της ορχήστρας. Με κριτήρια τις υποκειμενικές παραμέτρους της προηγούμενης εργασίας, οι μουσικοί καλούνταν να αξιολογήσουν τις μεταβολές, υποδεικνύοντας τα όρια που αυτές ήταν αντιληπτές και το εύρος εντός του οποίου ήταν ωφέλιμες. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, έγινε με τη μέθοδο Multidimensional Scaling (MDS) με την οποία επιβεβαίωσε τις αρχικές υποκειμενικές παραμέτρους και έδειξε ποιες από αυτές είναι σημαντικότερες για ερμηνείες solo ή ensemble και ποιες για μικρά ή μεγάλα σύνολα. Επίσης τις συσχέτισε με τις φυσικές παραμέτρους του ήχου που χρησιμοποίησε ως μεταβλητές στο πείραμα και πρότεινε αντικειμενικά κριτήρια που δύνανται να περιγράψουν την ακουστική ποιότητα της σκηνής [Gade, 1989a].

Η έρευνα του Gade ολοκληρώθηκε με πειράματα σε μουσικούς σε πραγματικούς χώρους και συγκεκριμένα σε εννέα αίθουσες της Δανίας και οκτώ της Βρετανίας [Gade, 1989b]. Σε αυτά υιοθέτησε την μέθοδο της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης. Χρησιμοποιώντας τρεις συμφωνικές ορχήστρες κατά τη διάρκεια προβών, ζήτησε από τους μουσικούς να αξιολογήσουν την ακουστική της σκηνής μέσω επτά συνεχών κλιμάκων που βασίζονταν στις υποκειμενικές παραμέτρους της αρχικής του εργασίας. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων κατά παράγοντες ανέδειξε δύο ανεξάρτητους παράγοντες της αντίληψης της ακουστικής. Ο πρώτος περιείχε όλες τις μεταβλητές εκτός της χροιάς (Timbre) η οποία έδειξε ότι αποτελεί από μόνη της το δεύτερο ανεξάρτητο παράγοντα. Από τη συσχέτιση των αποτελεσμάτων με τα φυσικά ακουστικά μεγέθη των αιθουσών επιβεβαιώθηκαν τα προτεινόμενα κριτήρια της προηγούμενης εργασίας και προέκυψαν οι αντικειμενικοί δείκτες της ποιότητας της ακουστικής στο χώρο της σκηνής, οι οποίοι χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα στο σχεδιασμό και την αξιολόγηση αιθουσών. Δύο από αυτούς τους δείκτες, οι 'Early Support' (ST_{early}) και 'Late Support' (ST_{late}) έχουν συμπεριληφθεί από το 1997 στο διεθνές πρότυπο που αφορά στις μετρούμενες ακουστικές παραμέτρους χώρων ακροατηρίου [ISO 3382-1].

Το σύνολο των πειραμάτων αντίληψης της ακουστικής από τους ερμηνευτές έχει αναδείξει τη διαφοροποίηση στο αντικείμενο μεταξύ μουσικών και ακροατών. Ο Dammerrud [2009] αναφέρει ότι οι μουσικοί σχετίζονται με τις φυσικές συνθήκες σε ένα υποσυνείδητο επίπεδο και η ικανότητα να επικοινωνούν καθαρά και αποτελεσματικά είναι ύψιστης σημασίας.

Όλες οι παραπάνω εργασίες, κι εκείνες που εστιάζουν στο ακροατήριο κι εκείνες που εστιάζουν στους ερμηνευτές, καθώς και το σύνολο σχεδόν της έρευνας σχετικά με τον ακουστικό σχεδιασμό αναφέρονται στην ακουστική αιθουσών για κλασική μουσική και πιο συγκεκριμένα σε μεγάλες αίθουσες για συμφωνική ορχήστρα. Όπως ήδη έχει αναφερθεί παρά το γεγονός ότι υπάρχουν είδη μουσικής καθιερωμένα στο πολιτιστικό γίγνεσθαι, που απευθύνονται στο ευρύ κοινό και κατασκευάζονται συνεχώς νέοι χώροι ακροατηρίου για να τα φιλοξενήσουν, οι επιστημονικές αναφορές σε αυτά είναι από ελάχιστες έως ανύπαρκτες.

Μία έρευνα που ξέφυγε από τον προσανατολισμό στην κλασική μουσική είναι αυτή του Larsen που έχει θέμα την ακουστική αιθουσών ακροατηρίου που προορίζονται για μουσική ροκ. Ο Larsen, ο οποίος μάλιστα είναι και ροκ ντράμερ, για το πείραμά του [Larsen, 2010] χρησιμοποίησε είκοσι σκανδιναβικές αίθουσες οι οποίες φιλοξενούν ροκ συναυλίες, αν και δεν έχουν σχεδιαστεί απαραίτητα γι αυτόν το λόγο. Στις αίθουσες αυτές, αφενός έκανε φυσικές ακουστικές μετρήσεις και αφετέρου ζήτησε σε επαγγελματίες μουσικούς και ηχολήπτες να αξιολογήσουν από μνήμης την ακουστική τους. Για το σκοπό αυτό τους έστειλε πέντε σημειολογικές κλίμακες αξιολόγησης σχετικές με την ευκρίνεια, την αντήχηση, την επαφή με το ακροατήριο, την ισορροπία στο φάσμα των συχνοτήτων και τη συνολική αποτίμηση (Σχ. 4). Η επιλογή των κλιμάκων έγινε με βάση την εργασία του Barron [1988].

τα συμπεράσματα αυτά γενικά επιβεβαιώθηκαν, εντοπίστηκε όμως μια προτίμηση για αυξημένη τιμή του χρόνου αντήχησης στις υψηλές συχνότητες σε σχέση με τις μεσαίες κάτι που μεταξύ άλλων ο Larsen απέδωσε στην ανάγκη αλληλεπίδρασης των μουσικών με το ακροατήριο.

Η έρευνα του Larsen έχει τον περιορισμό ότι εξετάζει την ακουστική των αιθουσών μόνο από την πλευρά του μουσικού ή του ηχολήπτη, αγνοώντας τους ακροατές. Επίσης η αξιολόγηση αιθουσών από μνήμης δεν είναι αξιόπιστη αφενός γιατί η μνήμη αλλοιώνεται στο χρόνο και αφετέρου γιατί η αίσθηση που καταγράφεται στο μυαλό επηρεάζεται και από πολλούς μη ακουστικούς παράγοντες. Άλλη μία αδυναμία της εργασίας σχετίζεται με τις κλίμακες αξιολόγησης, η επιλογή των οποίων όχι μόνο έγινε αυθαίρετα, αλλά βασίστηκε στην εργασία του Barron, ο οποίος αναφέρει ότι τις χρησιμοποίησε έτσι ώστε να περιγράφουν παράγοντες αντίληψης της ακουστικής αιθουσών κλασικής μουσικής. Ο Larsen, δηλαδή πρωτοπορεί μελετώντας τις αίθουσες για μουσική ροκ, αγνοώντας όμως τη διαφορά στην αντίληψη της ακουστικής από τους ακροατές του είδους.

Τις παραπάνω αδυναμίες προσπάθησε να ξεπεράσει η έρευνα της ομάδας του εργαστηρίου ηχοτεχνίας του ΕΜΠ [Sotiriopoulou et al, 2016]. Στην εργασία αυτή, διεξήχθησαν φυσικές ακουστικές μετρήσεις και πειράματα αντίληψης, σε τέσσερις τυπικές αίθουσες μουσικής ροκ στην Αθήνα. Στα πειράματα αντίληψης συμμετείχαν εκατόν εξήντα ακροατές οι οποίοι αξιολόγησαν την ακουστική των αιθουσών κατά τη διάρκεια ροκ συναυλιών. Η μέθοδος που υιοθετήθηκε ήταν η σημειολογική διαφορική ανάλυση. Χρησιμοποιήθηκαν δεκαεννέα σημειολογικές κλίμακες αξιολόγησης (Πιν. 8). Αυτές προέκυψαν συγκεντρώνοντας επιθετικούς προσδιορισμούς από το καθημερινό λεξιλόγιο των ακροατών της ροκ, των σχετικών εντύπων κλπ., και στη συνέχεια αναζητώντας μεταξύ αυτών ζευγάρια αντιθέτων. Στα αποτελέσματα του πειράματος έγινε ανάλυση κατά παράγοντες από την οποία εξήχθησαν δύο ανεξάρτητοι παράγοντες της αντίληψης της ακουστικής (Πιν. 9) για τον έναν εκ των οποίων (HARSHNESS), βρέθηκε στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση με το χρόνο αντήχησης των χαμηλών συχνοτήτων καθώς και με την απόσταση των ακροατών από την πηγή του ήχου.

Η εργασία αυτή του ΕΜΠ, είναι η πρώτη που χρησιμοποιεί επιστημονική μεθοδολογία για τη διερεύνηση της αντίληψης της ακουστικής των αιθουσών ροκ από το τυπικό ακροατήριο και μάλιστα συσχετίζει τα αποτελέσματά της με φυσικές παραμέτρους.

Επίσης οι κλίμακες αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν βασίστηκαν σε έννοιες που αφορούν στο συγκεκριμένο είδος μουσικής. Ωστόσο η αδυναμία της είναι ότι η κατασκευή των κλιμάκων και η τελική επιλογή τους έγινε αυθαίρετα.

Πιν. 8 Οι δεκαεννέα σημειολογικές κλίμακες αξιολόγησης του πειράματος αντίληψης της ακουστικής των αιθουσών μουσικής rock στην εργασία της ομάδας του εργαστηρίου ηχοτεχνίας του ΕΜΠ [Sotiroulou et al, 2016]

smooth	- sharp
clear	- blurred
silent	- loud
poor	- rich
faint	- strong
clear	- smeared
pleasant	- dull
rough	- smooth
brilliant	- dark
bassy	- high pitched
live	- dead
transparent	- muddy
gentle	- harsh
full bodied	- thin
near	- remote
coloured	- monotonous
smooth	- screechy
unrhythmical	- rhythmical
preferred	- non preferred

Πιν. 9 Τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες του πειράματος αντίληψης για τις αίθουσες rock μουσικής [Sotiropoulou et al, 2016]

FACTORS	RATING SCALES	LOADINGS
BODY - LIVENESS	pleasant - dull	0.81
	preffered - non preferred	0.80
	full bodied - thin	0.77
	coloured - monotonous	0.75
	live - dead	0.73
	transparent - muddy	0.72
	poor - rich	-0.68
	unrhythmical - rhythmical	-0.65
	clear - blurred	0.61
HARSHNESS	clear - smeared	0.59
	near - remote	0.56
	brilliant - dark	0.39
	smooth - sharp	0.73
	rough - smooth	-0.72
	gentle - harsh	0.71
	silent - loud	0.69
	smooth - screechy	0.60
	faint - strong	0.57
	brilliant - dark	0.37

3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΑΚΡΟΑΤΗΡΙΟΥ ΜΟΥΣΙΚΗΣ JAZZ

3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Ο σκοπός αυτής της σειράς πειραμάτων αντίληψης ήταν να προσδιοριστεί ένας αριθμός ανεξάρτητων υποκειμενικών ποιοτήτων που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της ακουστικής εμπειρίας κατά την ακρόαση και ερμηνεία μουσικής jazz. Ο σχεδιασμός και η εκτέλεση αυτών των πειραμάτων βασίστηκε στη μέθοδο της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης (semantic differential) [Osgood et al, 1957].

3.1.1 Σημειολογική κλίμακα αξιολόγησης

Το εργαλείο που χρησιμοποιεί η μέθοδος σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης για να καταγράψει τις απαντήσεις και να μετρήσει ποσοτικά την ερμηνεία της υπό εξέταση έννοιας από τους ερωτηθέντες είναι η σημειολογική κλίμακα αξιολόγησης (semantic rating scale). Μέσω μιας ομάδας τέτοιων κλιμάκων, αποτυπώνονται σε πολυδιάστατο επίπεδο τα συναισθηματικά και γνωστικά συστατικά του τρόπου με τον οποίο οι ερωτηθέντες ερμηνεύουν την επιλεγμένη έννοια.

loud _____ / _____ silent

Σχ. 5 Παράδειγμα συνεχούς διπολικής κλίμακας αξιολόγησης

Στην παρούσα εργασία οι κλίμακες αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν διπολικές και συνεχείς. Η μορφή τους ήταν αυτή ενός ευθύγραμμου τμήματος του οποίου τα άκρα (πόλοι) αντιστοιχούν σε δύο επιθετικούς προσδιορισμούς, η γραμμή μεταξύ τους παρουσιάζει μία συνεχή εξέλιξη από τον έναν στον άλλον, ενώ το κέντρο θεωρείται ως το ουδέτερο σημείο. Οι συμμετέχοντες στο πείραμα κλήθηκαν να αποτυπώσουν την κρίση τους, υποδεικνύοντας το σημείο του ευθυγράμμου τμήματος που βρίσκεται στην κατάλληλη απόσταση από τα άκρα όπως φαίνεται στο Σχ. 5. Σε κάθε πείραμα

χρησιμοποιήθηκε ένα σύνολο τέτοιων σημειολογικών κλιμάκων αξιολόγησης για μια σειρά από ζεύγη επιθετικών προσδιορισμών που περιγράφουν την ακουστική ποιότητα.

Η σημειολογική κλίμακα αξιολόγησης είναι εξ' ορισμού μία κλίμακα ίσων διαστημάτων [Osgood et al, 1957] και ως τέτοια αντιμετωπίστηκε. Θεωρήθηκε δηλαδή ότι ίσες ποσότητες μεταβολής της ακουστικής ποιότητας αντιστοιχούν σε ίσα διαστήματα πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα. Επίσης, βάσει της θεωρίας της μεθόδου, έγινε η παραδοχή ότι κάθε σημειολογική κλίμακα είναι μονοδιάστατη.

Οι διπολικές κλίμακες, εκείνες δηλαδή που αναφέρονται σε ένα ζεύγος 'αντιθέτων' προσδιορισμών (πόλων), κατά τον Osgood [1952], υπερτερούν σε σχέση με τις αντίστοιχες μονής κατεύθυνσης γιατί το ανθρώπινο μυαλό έχει την τάση να σκέφτεται με τη λογική των αντιθέτων. Έπεται ότι το κέντρο της κλίμακας είναι η αφετηρία ή η ψυχολογικά ουδέτερη θέση του υποκειμένου σε αυτή.

Οι κλίμακες επιλέχθηκε να είναι συνεχείς, αφενός γιατί είναι απλούστερες στη συμπλήρωσή τους και αφετέρου γιατί προσφέρουν δυνατότητα υψηλότερης ανάλυσης στην μετατροπή των υποκειμενικών κρίσεων σε αριθμητικά δεδομένα. Σημειώνεται ότι στην αρχική διατύπωση της μεθόδου σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης, η εξέλιξη της κλίμακας από τον έναν πόλο στον άλλο χωριζόταν σε επτά διακριτές βαθμίδες, αν και ο ίδιος ο Osgood είχε δουλέψει και με συνεχείς κλίμακες. Σχετικές έρευνες [Albaum, 1981], [Svensson, 2000], που έχουν επιχειρήσει να συγκρίνουν την αποτελεσματικότητα τόσο μεταξύ συνεχών και μη συνεχών κλιμάκων όσο και του πλήθους των διακριτών βαθμίδων έχουν οδηγήσει σε αντικρουόμενα συμπεράσματα ενώ άλλες έχουν καταλήξει ότι κάθε τύπος έχει προτερήματα και περιορισμούς και δεν μπορεί να επιλεγεί ένας από αυτούς ως ο βέλτιστος [Chyung, 2018]. Εξάλλου σε παλαιότερη έρευνα σχετικά με την αντίληψη του περιβάλλοντος προέκυψε ότι οι διαφορές στα αποτελέσματα κάνοντας χρήση συνεχών ή επταβάθμιων κλιμάκων δεν ήταν στατιστικά σημαντικές [Acking 1969].

Η μέθοδος δεν ορίζει συγκεκριμένο πλήθος κλιμάκων. Ένα σύνθημα πείραμα περιέχει οκτώ με δώδεκα ζεύγη αντιθέτων προσδιορισμών χωρίς όμως αυτό να απαγορεύει τη χρήση περισσότερων ή λιγότερων. Οι ερευνητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν από τέσσερα έως και είκοσι ζεύγη επιθέτων για την αξιολόγηση της ίδιας έννοιας με κριτήριο την εξισορρόπηση μεταξύ πληρότητας και πρακτικότητας. Ο τρόπος με τον οποίο

σταθμίζονται αυτές οι δύο παράμετροι εξαρτάται από τους στόχους μιας συγκεκριμένης μελέτης και το τι χρησιμοποίησαν οι προηγούμενοι ερευνητές [Rosenber & Navarro, 2017]. Είναι προφανές ότι οι πολύ λίγες κλίμακες οδηγούν σε λιγότερα στοιχεία με μικρότερη πιθανότητα εξαγωγής σαφούς συμπεράσματος, ενώ οι πάρα πολλές μπορεί να οδηγήσουν σε κόπωση ή σύγχυση τους ερωτηθέντες επηρεάζοντας έτσι τις αξιολογήσεις τους. Ο Osgood [1957] προτείνει τη χρήση περίπου είκοσι μεταβλητών.

3.1.2 Σημειολογική διαφορική ανάλυση

Όπως ήδη αναφέρθηκε, για τη διεξαγωγή του πειράματος της διερεύνησης της αντίληψης της ακουστικής, εφαρμόστηκε η μέθοδος της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης (semantic differential). Η μέθοδος αυτή εισήχθη και αναπτύχθηκε κυρίως από τον Αμερικανό ψυχολόγο Charles E. Osgood στην προσπάθειά του να κατανοήσει τη συνυποδηλωτική σημασία (connotative meaning) των εννοιών. Σύμφωνα με τη μέθοδο, τούτο επιτυγχάνεται καταγράφοντας τις συναισθηματικές και γνωστικές αποδόσεις των ερωτηθέντων σε επιλεγμένες έννοιες και μετρώντας τις συνειρμικές ομοιότητες και διαφορές.

Η προέλευση της μεθόδου εντοπίζεται στη δεκαετία του 1930 στην έρευνα των Riggs & Karwoski [1934] για τη συναισθησία, (μια νευρική σύνδεση δύο ή περισσότερων αισθητηριακών ή γνωστικών οδών που μπορεί να οδηγήσει στην αντιληπτική εμπλοκή πολύ διαφορετικών οντοτήτων), όπου χρησιμοποιήθηκε ένα πρωτόλειο μοντέλο δύο πόλων χωρίς ενδιάμεση κλιμάκωση. Στις αρχές τις δεκαετίας του 1940 ο Osgood εργάστηκε μαζί με τον Karowski πάνω στη συναισθηματική σκέψη [Karwoski et al 1942] και άρχισε να αναπτύσσει μια τεχνική κλιμάκωσης που αρχικά χρησιμοποίησε για μια μελέτη σε σχέση με τα κοινωνικά στερεότυπα [Stagner & Osgood, 1946]. Το 1952 ο ο Osgood ανέφερε για πρώτη φορά τη σημειολογική διαφορική ανάλυση ως εργαλείο για την αντικειμενική μέτρηση των εννοιών [Osgood, 1952] ενώ το 1957 στο κλασικό πια βιβλίο "The Measurement of Meaning" τη διατύπωσε πλήρως συνοψίζοντας τις κεντρικές ιδέες από τα πρώτα χρόνια της έρευνας και αναπτύσσοντας τη θεωρία, τη μεθοδολογία, την εφαρμογή και την αξιολόγησή της [Osgood 1957].

Η σημειολογική διαφορική ανάλυση εισήχθη ως εργαλείο διερεύνησης της ανθρώπινης προσωπικότητας αλλά πολύ γρήγορα, ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 1960, το πεδίο εφαρμογής της διευρύνθηκε και σε άλλους τομείς όπως η εκπαίδευση και το

marketing ενώ από νωρίς εφαρμόστηκε και καθιερώθηκε στη διερεύνηση της αντίληψης του περιβάλλοντος. Ως συνιστώσα της αντίληψης του περιβάλλοντος ενδεχομένως να συνέλαβε την εμπειρία της ακρόασης ο Hawkes [1971] ο οποίος είχε την πρωτοποριακή ιδέα να εισάγει τη μέθοδο στη διερεύνηση της ακουστικής αιθουσών ακροατηρίου. Σήμερα η σημειολογική διαφορική ανάλυση αποτελεί μία εδραιωμένη τεχνική και εφαρμόζεται παγκοσμίως στις έρευνες πολλών επιστημονικών κλάδων.

Μέσα από την ευρύτερη εργασία του, ο Osgood υποστήριξε ότι οι λέξεις αναπαριστούν πράγματα επειδή κατασκευάζουν κάποιο αντίγραφο της πραγματικής σχέσης συμπεριφοράς προς αυτά τα πράγματα, ως διαδικασία διαμεσολάβησης και ότι υπάρχει ένας μηχανισμός ταύτισης που συνδέει συγκεκριμένα νοήματα με συγκεκριμένα ερεθίσματα και όχι με άλλα. Επίσης θεώρησε καθοριστικό το ότι η γνωστική αναπαραγωγή ενός νοήματος δεν εξαντλείται στη δηλωτική του σημασία αλλά φέρει πάντοτε πρόσθετους συνειρμούς. Στη σημειολογική διαφορική ανάλυση αυτή η ιδέα αξιοποιήθηκε μεθοδολογικά υποθέτοντας ότι κάθε ενδιάμεση νοηματική απάντηση λειτουργεί μέσα σε έναν καθολικό σημειολογικό χώρο, τον οποίο οι κλίμακες του καλούνται να αναπαραστήσουν [Osgood 1952].

Η μέθοδος της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης βασίζεται στη θεμελιώδη υπόθεση ότι η αντίληψη μιας έννοιας, πχ του ηχητικού περιβάλλοντος, οργανώνεται γύρω από ένα μικρό αριθμό ανεξαρτήτων υποκειμενικών διαστάσεων. Η ανίχνευση των διαστάσεων αυτών γίνεται από την ανάλυση των κρίσεων των ερωτηθέντων που αποτυπώνονται μέσω των κλιμάκων αξιολόγησης. Συγκεκριμένα, μετρώντας και συσχετίζοντας τις ομοιότητες και διαφορές των απαντήσεων καθενός και μεταξύ των ερωτηθέντων, με τη χρήση κατάλληλης μαθηματικής διαδικασίας (πχ ανάλυση κατά παράγοντες) είναι δυνατόν οι αρχικές κλίμακες αξιολόγησης να ομαδοποιηθούν σε ένα μικρό πλήθος ανεξαρτήτων παραγόντων της αντίληψης.

3.1.3 Ανάλυση κατά παράγοντες

Η ανάλυση κατά παράγοντες (Factor Analysis) ανήκει στην ευρύτερη ομάδα των πολυμεταβλητών στατιστικών μεθόδων. Πρόκειται για μία μέθοδο που προσπαθεί να ερμηνεύσει συσχετίσεις μεταξύ παρατηρούμενων μεταβλητών, υποθέτοντας ότι αυτές οφείλονται στην ύπαρξη κάποιων κοινών παραγόντων οι οποίοι δεν είναι άμεσα διακριτοί ή μετρήσιμοι. Η μέθοδος δημιουργήθηκε με σκοπό να παρέχει μαθηματικά

μοντέλα για την εξήγηση των ψυχολογικών θεωριών της ανθρώπινης ικανότητας και συμπεριφοράς. Έτσι ουσιαστικά χρησιμοποιεί μαθηματικές διαδικασίες για την απλοποίηση των αλληλένδετων μετρήσεων και την ανακάλυψη μοτίβων σε ένα σύνολο μεταβλητών [Child, 2006]. Οι ρίζες της εντοπίζονται στις αρχές του 20^{ου} αιώνα με την ανάπτυξη της θεωρίας των δύο παραγόντων (two-factor theory) που ανέπτυξε ο Βρετανός ψυχολόγος Charles Spearman [1904] προκειμένου να προσεγγίσει τις ανθρώπινες νοητικές ικανότητες και που γρήγορα πυροδότησε την ανάπτυξη μιας σειράς σχετικών θεωριών και μαθηματικών μοντέλων για την τελειοποίηση της μεθόδου.

Οι δύο κύριες τεχνικές ανάλυσης κατά παράγοντες είναι η ‘διερευνητική’ (Exploratory Factor Analysis – “EFA”) και η επιβεβαιωτική (Confirmatory Factor Analysis “CFA”). Η διερευνητική ανάλυση χρησιμοποιείται για τη συνοπτική περιγραφή ενός συνόλου μεταβλητών μέσα από την ομαδοποίησή τους. Η επιβεβαιωτική ανάλυση χρησιμοποιείται για να διαπιστωθεί κατά πόσο ένα προκαθορισμένο πλαίσιο σχέσεων ανάμεσα σε κάποιες μεταβλητές επιβεβαιώνεται και στην πράξη (από τα δεδομένα). Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η διερευνητική ανάλυση κατά παράγοντες.

Η διερευνητική ανάλυση κατά παράγοντες βασίζεται στην ιδέα ότι οι μετρήσιμες και παρατηρήσιμες μεταβλητές μπορούν να μειωθούν σε λιγότερες άδηλες μεταβλητές που μοιράζονται μια κοινή διακύμανση και είναι μη παρατηρήσιμες, μειώνοντας έτσι τις διαστάσεις του υπό διερεύνηση αντικειμένου [Bartholomew, 2011]. Αυτοί οι μη παρατηρήσιμοι παράγοντες δεν μετρούνται άμεσα, αλλά είναι ουσιαστικά υποθετικές κατασκευές που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των μεταβλητών [Cattell, 1973]. Η μέθοδος χρησιμοποιείται όταν ένας ερευνητής θέλει να προσδιορίσει τους παράγοντες που επηρεάζουν τις μεταβλητές και να αναλύσει ποιες μεταβλητές “πάνε μαζί” [DeCoster 1998].

Οι στόχοι που επιχειρεί να επιτύχει ο ερευνητής χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της ανάλυσης κατά παράγοντες είναι συνοπτικά οι παρακάτω [Johnson, 1998, p 147]:

Να προσδιορίζει (υποθέτοντας ότι υπάρχει) ένα μικρότερο σύνολο άδηλων ασυσχέτιστων μεταβλητών (παραγόντων) που εξηγεί τις σχέσεις μεταξύ των αρχικών μεταβλητών.

Να προσδιορίσει το πλήθος των ανεξάρτητων παραγόντων.

Να ερμηνεύσει τους ανεξάρτητους παράγοντες.

Να αξιολογήσει τα δεδομένα με βάση τους ανεξάρτητους παράγοντες και να τους χρησιμοποιήσει για τις περαιτέρω στατιστικές αναλύσεις.

Βασική υπόθεση της μεθόδου είναι ότι υπάρχει ένα πλήθος «άδηλων» παραγόντων στο σύνολο των δεδομένων και ο στόχος είναι να βρεθεί ο μικρότερος αριθμός από αυτούς που ερμηνεύει τις συσχετίσεις [McDonald 1985]. Έτσι στην παρούσα εργασία έγινε η υπόθεση ότι οι παράγοντες που περιγράφουν την αντίληψη της ακουστικής κατά την ακρόαση και την ερμηνεία της μουσικής jazz, είναι περισσότεροι του ενός. Η υπόθεση αυτή είναι ρεαλιστική λαμβάνοντας υπ' όψη τα αποτελέσματα των ερευνών που αφορούν στην ακρόαση κλασικής μουσικής (βλ. ενότητα 2.2), στην ακρόαση μεμονωμένων ήχων [Stepanek, 2006], ακόμη και στην αντίληψη του θορύβου [Hansen & Weber, 2008].

3.1.3.1 Ο πίνακας συσχετίσεων

Το αρχικό βήμα της ανάλυσης κατά παράγοντες είναι η κατασκευή του πίνακα συσχέτισης (correlation matrix) [Harman, 1968, p. 13]. Πρόκειται για ένα συμμετρικό τετραγωνικό πίνακα τα στοιχεία του οποίου εκφράζουν τις συσχετίσεις των μεταβλητών ανά ζεύγος. Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τη σύνθεση του πίνακα και το μαθηματικό μοντέλο εξαγωγής του παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ενότητα 7.1.1.1).

3.1.3.2 Εκτίμηση των παραγόντων - Εξαγωγή αρχικού πίνακα παραγόντων

Η ανάλυση κατά παράγοντες βασίζεται στο "κοινό παραγοντικό μοντέλο" (common factor model) [Thurstone, 1947]. Πρόκειται για ένα θεωρητικό μοντέλο που υποθέτει ότι τα παρατηρούμενα αποτελέσματα επηρεάζονται από βαθύτερους κοινούς και μοναδικούς παράγοντες και ότι δύναται να προσδιοριστούν τα πρότυπα συσχέτισης. Ειδικότερα στο ορθογώνιο μοντέλο, το οποίο είναι και το πιο διαδεδομένο γίνεται επίσης η υπόθεση ότι οι παράγοντες αυτοί είναι ορθογώνιοι, δηλαδή μεταξύ τους ασυσχέτιστοι [Hardle & Simar, 2003, p. 275].

Για την επίλυση ενός τέτοιου μοντέλου, με αφετηρία τον πίνακα συσχετίσεων είναι διαθέσιμες διάφορες μέθοδοι εκτίμησης αυτών των παραγόντων. Οι πλέον διαδεδομένες

από τις μεθόδους αυτές είναι η μέθοδος των 'κύριων συνιστωσών' (Principal Components) και η μέθοδος 'της μέγιστης πιθανοφάνειας' (Maximum Likelihood), ενώ υπάρχουν και πολλές ακόμη εναλλακτικές, λιγότερο δημοφιλείς όπως η παραγοντοποίηση σε κύριους άξονες, η άλφα παραγοντοποίηση, η παραγοντοποίηση των απεικονισμένων μεταβλητών, η παραγοντοποίηση των μη σταθμισμένων ελαχίστων τετραγώνων, η παραγοντοποίηση των γενικευμένων ελαχίστων τετραγώνων κ.ά.

Όλες οι παραπάνω μέθοδοι αποσκοπούν στην κατασκευή του αρχικού πίνακα παραγόντων, του πίνακα δηλαδή που περιέχει τους παράγοντες, και τις μεταβλητές που τους συνθέτουν (κλίμακες αξιολόγησης), με τις αντίστοιχες φορτίσεις (loadings). Φόρτιση (ή επιβάρυνση) μιας μεταβλητής σε έναν παράγοντα είναι ο συντελεστής του εν λόγω παράγοντα όταν η συγκεκριμένη μεταβλητή εκφραστεί ως γραμμικός συνδυασμός των παραγόντων. Οι φορτίσεις δηλαδή υποδηλώνουν το βαθμό συσχέτισης της κάθε μεταβλητής με τον κάθε παράγοντα. Αντίστοιχα οι συντελεστές κάθε μεταβλητής όταν εκφράζουμε έναν παράγοντα ως γραμμικό συνδυασμό των μεταβλητών καλούνται συντελεστές σκορ του παράγοντα (factor scores coefficients) [Καρλής 2003, p. 163].

Στην παρούσα εργασία για την εκτίμηση των παραγόντων υιοθετήθηκε η μέθοδος των κύριων συνιστωσών. Πρόκειται για μια στατιστική διαδικασία που βασίζεται στη φασματική ανάλυση του πίνακα συσχετίσεων και η οποία μετατρέπει μια ομάδα τιμών δυνητικά συσχετιζόμενων μεταβλητών σε μια ομάδα νέων τιμών μη γραμμικά συσχετιζόμενων μεταβλητών οι οποίες καλούνται κύριες συνιστώσες. Ο αριθμός των νέων μεταβλητών που προκύπτει είναι ίσος ή μικρότερος από τον αριθμό των αρχικών μεταβλητών. Η μέθοδος αυτή λαμβάνει υπόψη τη συνολική διακύμανση των μεταβλητών κατά φθίνουσα ακολουθία. Δηλαδή η πρώτη κύρια συνιστώσα είναι ο γραμμικός συνδυασμός των αρχικών μεταβλητών που ερμηνεύει στο μέγιστο την ολική διακύμανσή τους. Η δεύτερη κύρια συνιστώσα είναι ασυσχέτιστη με την πρώτη και ερμηνεύει στο μέγιστο την υπόλοιπη διακύμανση κοκ. Κατά μέγιστο μπορούν να εξαχθούν τόσες κύριες συνιστώσες όσες και οι αρχικές μεταβλητές. Στην πράξη όμως και δεδομένου ότι ο στόχος είναι η μείωση της διάστασης του προβλήματος, η διαδικασία σταματάει όταν το πλήθος των συνιστωσών που εξάγονται ερμηνεύει ένα ποσοστό της

διακύμανσης που κρίνεται ως επαρκές. Είναι προφανές ότι για την ερμηνεία του 100% της διακύμανσης απαιτούνται τόσες συνιστώσες όσες και οι αρχικές μεταβλητές.

Σημειώνεται ότι η μέθοδος αυτή συχνά διαχωρίζεται από τις άλλες μεθόδους που αναφέρθηκαν παραπάνω και που αποτελούν την «κλασική ανάλυση κατά παράγοντες». Η βασική διαφορά είναι ότι η μέθοδος των κυρίων συνιστωσών αναλύει τη διακύμανση των μεταβλητών και στοχεύει να εξάγει το μεγαλύτερο μέρος αυτής με την παραγωγή ανεξάρτητων συνιστωσών ενώ η κλασική ανάλυση κατά παράγοντες αναλύει τη συνδιακύμανση των μεταβλητών και ο στόχος της είναι η αναπαραγωγή του πίνακα συσχέτισης με ένα μικρό αριθμό ορθογώνιων παραγόντων [Tabachnick & Fidell 2014, p. 688]. Τα μαθηματικά μοντέλα των δύο αυτών τύπων παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ενότητα 7.1.1.2). Αν και συχνά συνιστάται η χρήση της κλασικής ανάλυσης κατά παράγοντες για την επεξεργασία των πειραμάτων αντίληψης, έχει αποδειχθεί ότι τα αποτελέσματα που προκύπτουν διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ των [Velicer & Fava, 1987].

Ένας ακόμη σημαντικός λόγος επιλογής της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι οι τιμές των φορτίσεων δεν μεταβάλλονται εάν αλλάξει το πλήθος των παραγόντων δίνοντας έτσι τη δυνατότητα να προσθέτουμε ή να αφαιρούμε παράγοντες χωρίς να αλλάξει η ερμηνεία των ήδη εξαχθέντων. Επίσης η μέθοδος αυτή είναι απλούστερη, επιτρέπει τον άμεσο υπολογισμό των σκορ των παραγόντων (βλ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - ενότητα 7.1.1.5) και συχνά οδηγεί στις ίδιες ερμηνείες με την κλασική ανάλυση [Brown, 2006]. Προκειμένου να επιβεβαιωθεί αυτό και να διερευνηθεί η επίδραση της επιλογής μεθόδου έγινε δειγματοληπτικά έλεγχος επίλυσης ενός μοντέλου και με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας. Πράγματι παρατηρήθηκαν κάποιες διαφορές σε σχέση με τη χρήση της, αλλά όχι σημαντικές που να αλλάζουν την ουσία της ερμηνείας των αποτελεσμάτων (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - ενότητα 7.2.2).

Επισημαίνεται ότι είναι άλλο να κάνει κανείς ανάλυση σε κύριες συνιστώσες (PCA) και άλλο να χρησιμοποιεί τη μέθοδο των κυρίων συνιστωσών στην ανάλυση κατά παράγοντες. Μπορεί τα ονόματα να είναι όμοια αλλά υπάρχουν σημαντικές διαφορές. Η μία είναι αυτοτελής μέθοδος και η άλλη απλώς ένα εργαλείο εκτίμησης του παραγοντικού μοντέλου [Καρλής, 2003 p. 171].

Το συνολικό ποσοστό της διακύμανσης που μπορεί να εξηγηθεί από μία δεδομένη κύρια συνιστώσα αντικατοπτρίζεται στην ιδιοτιμή της (eigenvalue). Αυτή υπολογίζεται από το

άθροισμα των τετραγώνων των συντελεστών φόρτισης όλων των μεταβλητών της. Οι ιδιοτιμές θεωρητικά μπορεί να είναι θετικές ή αρνητικές αλλά στην πράξη εξηγούν διακύμανση που είναι πάντα θετική. Έτσι εάν όλες οι ιδιοτιμές είναι μεγαλύτερες από το μηδέν πρόκειται για καλό σημάδι αφού δεδομένου του θετικού προσήμου της διακύμανσης, οι αρνητικές ιδιοτιμές θα υποδήλωναν ότι το μοντέλο είναι κακορυθμισμένο [Tabachnick & Fidell 2014].

3.1.3.3 Το πλήθος των παραγόντων

Κομβικό ρόλο στην εξαγωγή του αρχικού πίνακα παίζει η επιλογή του πλήθους των παραγόντων που θεωρούνται σημαντικοί. Διάφορα κριτήρια έχουν προταθεί για τον προσδιορισμό του πλήθους των παραγόντων προς εξαγωγή. Ένα από αυτά είναι το κριτήριο της ελάχιστης ιδιοτιμής, γνωστό και ως κριτήριο του Kaiser [1960]. Σύμφωνα με αυτό διατηρούνται οι παράγοντες εκείνοι που έχουν ιδιοτιμές μεγαλύτερες ή ίσες με τη μονάδα. Το εν λόγω κριτήριο εξασφαλίζει ότι ένας παράγοντας αντιπροσωπεύει τουλάχιστον τη διακύμανση μιας μεμονωμένης μεταβλητής. Μία κριτική που μπορεί να ασκηθεί στο κριτήριο του Kaiser είναι ότι μερικές φορές οδηγεί στην εξαγωγή πάρα πολλών παραγόντων.

Ένα άλλο κριτήριο που χρησιμοποιείται πολύ συχνά είναι το scree test ή κριτήριο του Cattell [1966]. Πρόκειται για μία μη αριθμητική λύση που βασίζεται στον οπτικό έλεγχο της γραφικής παράστασης των ιδιοτιμών (scree plot). Στον οριζόντιο άξονα του εν λόγω γραφήματος παρουσιάζονται όλοι οι παράγοντες με τη σειρά που εξάγονται και στον κατακόρυφο οι ιδιοτιμές τους (επομένως και το ποσοστό της διακύμανσης που ερμηνεύει ο καθένας αντίστοιχα). Σύμφωνα με τον Cattell, ο αριθμός που αντιστοιχεί στο σημείο μετά το οποίο σταματάει η απότομη κλίση του διαγράμματος, αντιστοιχεί στο πλήθος των παραγόντων το οποίο ερμηνεύει καλύτερα τις υπό μελέτη μεταβλητές. Στον αντίποδα του κριτηρίου του Kaiser, μία κριτική που μπορεί να ασκηθεί στο scree test είναι ότι μερικές φορές διατηρεί πολύ λίγους παράγοντες.

Ως κριτήριο επιλογής του πλήθους των παραγόντων συχνά χρησιμοποιείται και το σωρευτικό ποσό της ερμηνευόμενης διακύμανσης. Όταν δηλαδή οι παράγοντες που έχουν επιλεγεί εξηγούν αθροιστικά ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής διακύμανσης των αρχικών δεδομένων, το πλήθος τους θεωρείται επαρκές. Ωστόσο, δεν υπάρχει κάποιο

αντικειμενικό όριο πάνω από το οποίο το ποσοστό αυτό θεωρείται αποδεκτό και ο προσδιορισμός του εναπόκειται στην κρίση του ερευνητή.

Συνήθως γίνεται έλεγχος περισσότερων του ενός κριτηρίου προκειμένου να ληφθεί η καταλληλότερη απόφαση σχετικά με το πλήθος των παραγόντων που εξάγονται. Εξάλλου όλα τα κριτήρια προσφέρουν απλώς ενδείξεις για το ζητούμενο πλήθος και αυτό που τελικά κρίνει την ορθότητα της τελικής επιλογής είναι η λογική ερμηνεία των εξαχθέντων παραγόντων.

3.1.3.4 Περιστροφή του αρχικού πίνακα

Το επόμενο σημαντικό βήμα είναι η περιστροφή του αρχικού πίνακα των παραγόντων. Η περιστροφή του αρχικού πίνακα παραγόντων γίνεται για να απλοποιηθεί η δομή των παραγόντων κάτι που καθιστά ευκολότερη και πιο αξιόπιστη την ερμηνεία τους [Abdi, 2003]. Σκοπός της περιστροφής του πίνακα είναι η αναζήτηση αξιόπιστων και ερμηνεύσιμων παραγόντων δεδομένου ότι συχνά οι αρχικοί παράγοντες ενδέχεται να είναι ασαφείς. Ο στόχος της περιστροφής είναι η επίτευξη μιας απλούστερης δομής κατά την οποία κάθε μεταβλητή φορτίζει όσο το δυνατόν λιγότερους παράγοντες ενώ οι αντίστοιχες φορτίσεις μεγιστοποιούνται [Rummel, 1970].

Μια βασική διάκριση ως προς την περιστροφή των αξόνων είναι αυτή που αναφέρεται σε ορθογώνια και πλάγια περιστροφή. Η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο είναι ότι με την ορθογώνια περιστροφή διατηρείται η ανεξαρτησία των παραγόντων ενώ με την πλάγια, οι παράγοντες μπορεί να συσχετίζονται. Στην παρούσα εργασία για την περιστροφή του αρχικού πίνακα παραγόντων χρησιμοποιήθηκε ορθογώνια μέθοδος επειδή η ανεξαρτησία των παραγόντων αποτελεί βασική υπόθεση της μελέτης και συγκεκριμένα η μέθοδος 'varimax'. Περισσότερα για την περιστροφή των παραγόντων, τη μέθοδο 'varimax' καθώς και συνοπτική περιγραφή εναλλακτικών μεθόδων παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ενότητα 7.1.1.3).

Επισημαίνεται ότι η εφαρμογή της περιστροφής δεν έχει συνέπειες στην καλή προσαρμοστικότητα του μοντέλου ούτε στο ποσοστό διακύμανσης που ερμηνεύει [Καρλής, 2005, p. 175].

3.1.3.5 Ερμηνεία του πίνακα παραγόντων

Η ερμηνεία ενός πίνακα παραγόντων γίνεται με την παρατήρηση των κλιμάκων αξιολόγησης και την αντίστοιχη φόρτιση που έχουν στον κάθε παράγοντα. Σημειώνεται ότι οι επιβαρύνσεις παίρνουν τιμές από -1 έως 1 όπου τιμή ίση με 1 (ή -1) υποδηλώνει απόλυτα γραμμική σχέση μεταξύ παράγοντα και μεταβλητής, το πρόσημο υποδηλώνει την ύπαρξη ομόσημης ή ετερόσημης συσχέτισης ενώ τιμή ίση με 0 υποδηλώνει μηδενική συσχέτιση.

Οι κλίμακες που έχουν υψηλή φόρτιση στον ίδιο παράγοντα, δηλαδή κατ' απόλυτη τιμή κοντά στη μονάδα, έχουν υψηλή συσχέτιση τόσο μεταξύ τους όσο και με τον εν λόγω παράγοντα. Αντίστοιχα όταν σε έναν παράγοντα εμφανίζεται μία κλίμακα με μέτρια φόρτιση αυτό είναι αποτέλεσμα μέτριας αλληλοσυσχέτισης μεταξύ αυτής και των άλλων κλιμάκων που εμφανίζονται στον ίδιο παράγοντα. Τέλος η χαμηλή φόρτιση μιας κλίμακας σε έναν συγκεκριμένο παράγοντα είναι αποτέλεσμα της έλλειψης συσχέτισης αυτής με οποιαδήποτε άλλη κλίμακα που εμφανίζεται στον ίδιο παράγοντα.

Για την ονομασία του κάθε παράγοντα δεν υπάρχουν κανόνες, εκτός από το να δίνονται ονόματα που αντιπροσωπεύουν όσο το δυνατόν καλύτερα τις μεταβλητές που τον αποτελούν. Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται γι' αυτό οι ονομασίες των κλιμάκων αξιολόγησης με υψηλή φόρτιση χωρίς όμως να αγνοούνται και οι υπόλοιπες. Φυσικά το όνομα ενός παράγοντα είναι μόνο μια απλουστευμένη περιγραφή. Η ακριβής ταυτότητά του μπορεί να συναχθεί μόνο από την εξέταση του πλήρους συνόλου των φορτίσεων που έχουν σε αυτόν οι διάφορες κλίμακες.

Οι κλίμακες που εμφανίζονται να έχουν σε έναν παράγοντα φόρτιση μικρότερη του εκτιμώμενου τυπικού σφάλματος φόρτισης δεν λαμβάνονται υπ' όψη στα αποτελέσματα. Το τυπικό σφάλμα φόρτισης για ένα δεδομένο επίπεδο σημαντικότητας είναι συνάρτηση του μεγέθους του δείγματος, και η μέθοδος εκτίμησής του παρουσιάζεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ενότητα 7.1.1.4). Ωστόσο συχνά τίθεται αυθαίρετα ένα όριο υψηλότερο από το τυπικό σφάλμα φόρτισης προκειμένου να απαλειφθούν οι κλίμακες με χαμηλές επιβαρύνσεις και να παραμείνουν εκείνες με ισχυρή συσχέτιση ώστε να γίνει σαφέστερη η ερμηνεία των παραγόντων. Ενδεικτικά οι Tabachnick & Fidell [2014] προτείνουν την τιμή 0.30 ως ελάχιστη αποδεκτή φόρτιση θεωρώντας ότι χαμηλότερες τιμές υποδηλώνουν πολύ αδύναμη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.

Στην παρούσα εργασία για τον υπολογισμό του τυπικού σφάλματος φόρτισης υιοθετήθηκε το αυστηρό επίπεδο σημαντικότητας 1%. Επίσης θεωρήθηκε ότι ένα ελάχιστο πλήθος τριών μεταβλητών με φόρτιση μεγαλύτερη από το τυπικό σφάλμα φόρτισης είναι απαραίτητο για τη σύσταση ενός παράγοντα.

3.1.3.6 Ερμηνεία των παραγόντων

Για την κατανόηση της ερμηνείας των παραγόντων εξετάζονται παρακάτω οι συνθήκες υπό τις οποίες δύναται να προκύψουν υψηλές συσχετίσεις μεταξύ των κλιμάκων.

Μία περίπτωση είναι όταν υπάρχει εννοιολογική ταύτιση μεταξύ ορισμένων από τις κλίμακες. Τότε ο ερωτηθείς θα χρησιμοποιήσει την ίδια βαθμολογία σε όλες αυτές τις κλίμακες, αφού ουσιαστικά πρόκειται για συνώνυμα, ανεξάρτητα από την αναφορά τους στην ακουστική τους ποιότητα. Σε αυτή την περίπτωση η διαδικασία της αξιολόγησης ανάγεται σε ένα γλωσσικό τεστ που οδηγεί στην παραγωγή τεχνητών παραγόντων, δηλαδή συστάδων από συνώνυμα.

Μια άλλη περίπτωση είναι όταν ο ερωτηθείς συναντά κλίμακες οι οποίες δεν ταυτίζονται σημειολογικά αλλά που κατά την κρίση του αναφέρονται σε μια κοινή ποιότητα της ακουστικής. Τότε η καταγραφή των αξιολογήσεων θα οδηγήσει σε υψηλές συσχετίσεις μεταξύ των κλιμάκων και στην εξαγωγή ισχυρών παραγόντων αντίληψης.

Μια τρίτη περίπτωση είναι όταν οι κλίμακες που συναντά ο ερωτηθείς δεν ταυτίζονται εννοιολογικά και κατά την κρίση του αναφέρονται σε διαφορετικές ακουστικές ποιότητες. Σε αυτή την περίπτωση μπορούν επίσης να προκύψουν υψηλές συσχετίσεις μεταξύ των κλιμάκων και κατ' επέκταση παράγοντες αντίληψης αφού οι κλίμακες αυτές μεταβάλλονται με παρόμοιο τρόπο.

Συμπερασματικά, η εξαγωγή ενός παράγοντα αντίληψης μπορεί να είναι αποτέλεσμα της διακύμανσης είτε μιας ενιαίας ακουστικής ποιότητας που είναι κοινή σε πολλές κλίμακες είτε ξεχωριστών ακουστικών ποιότητων που διακυμαίνονται με παρόμοιο τρόπο. Επομένως, ένας παράγοντας δεν περιγράφει κατ' ανάγκη μια ενιαία υποκειμενική ποιότητα, αλλά είναι ένα ανεξάρτητο σύνολο αλληλοσυσχετιζομένων υποκειμενικών ποιότητων.

Οι παραπάνω περιπτώσεις αποτελούν συνθήκες ικανές για την εξαγωγή σημαντικών παραγόντων αντίληψης. Ικανή είναι επίσης η συνθήκη ότι το πειραματικό σφάλμα που σχετίζεται με την εντύπωση του ερωτηθέντος σε σχέση με την αποτύπωσή της (intrasubject variation) είναι μικρό συγκριτικά με τη διακύμανση μεταξύ των κρίσεων σε κάθε κλίμακα αξιολόγησης. Η αναγκαία συνθήκη είναι να υπάρχει μια τέτοια διακύμανση [Sotiropoulou, 2009].

3.1.3.7 Περιορισμοί της μεθόδου

Η ανάλυση κατά παράγοντες έχει δεχτεί πολλές κριτικές από πολλούς επιστήμονες. Βασικοί περιορισμοί της μεθόδου είναι οι εξής [Καρλής, 2003, p. 162]:

Η εξαγωγή των παραγόντων είναι άμεσα εξαρτώμενη από την αρχική επιλογή των κλιμάκων αξιολόγησης με βάση τις οποίες διεξάγεται το πείραμα.

Η μέθοδος στηρίζεται σε ένα πλήθος υποθέσεων οι οποίες δεν είναι απαραίτητα ρεαλιστικές για πραγματικά προβλήματα και συνήθως ο ερευνητής δεν μπορεί να τις ελέγξει εύκολα.

Δεν έχει μοναδική λύση. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διάφορες μεθόδους εκτίμησης, και ακόμα και για την ίδια μέθοδο εκτίμησης μπορούμε να πάρουμε ένα μεγάλο αριθμό ισοδύναμων εκτιμήσεων. Έτσι βασισμένοι στα ίδια δεδομένα διαφορετικοί επιστήμονες θα μπορούσαν να καταλήξουν σε διαφορετικά αποτελέσματα. Το πόσο διαφορετικά εξαρτάται και αυτό από διάφορα άλλα στοιχεία.

Οι παράγοντες οι οποίοι προκύπτουν μπορούν να δεχτούν διαφορετικές ερμηνείες οι οποίες μπορεί και να έρχονται σε αντιπαράθεση. Συνδυάζοντας το με την προηγούμενη παρατήρηση, μπορούμε από τα ίδια δεδομένα να καταλήξουμε σε εντελώς διαφορετικές ερμηνείες κάτι που επιστημονικά δεν είναι αποδεκτό.

Το πλήθος των παραγόντων που χρειάζεται να εξαχθούν ώστε τα αποτελέσματα να είναι χρήσιμα, δεν είναι προφανές κι εξαρτάται και από τη μέθοδο εκτίμησης που θα χρησιμοποιηθεί. Αυτό επιτρέπει στον ερευνητή να δουλεύει σε μία μεροληπτική βάση έτσι ώστε να εμφανίζει τα αποτελέσματα όπως τον συμφέρουν

3.1.4 Ανάλυση της διακύμανσης

Μετά την εξαγωγή των αποτελεσμάτων της ανάλυσης κατά παράγοντες έγινε ανάλυση διακύμανσης των σκορ του κάθε εξαχθέντα παράγοντα αντίληψης. Ο στόχος ήταν να ελεγχθεί εάν ανεξάρτητες μεταβλητές (όπως πχ η αίθουσα ακρόασης ή το μουσικό ρεπερτόριο) είχαν στατιστικά σημαντική επιρροή στην εξαγωγή των συγκεκριμένων παραγόντων. Η ανάλυση της διακύμανσης (Analysis Of Variance – AN.O.VA.) είναι μια ευρέως διαδεδομένη μέθοδος ελέγχου σημαντικότητας που προτάθηκε από τον Sir Ronald A. Fisher [1925] και βασίζεται στη σύγκριση μεταξύ των μέσων τιμών των διακυμάνσεων μεταξύ τριών ή περισσότερων ομάδων. Κατά τη μέθοδο ελέγχεται η μηδενική υπόθεση ότι οι μέσες τιμές των ομάδων είναι ίσες (δεν έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά), έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης ότι τουλάχιστον ένα ζευγάρι διαφέρει.

Πρακτικά, η διακύμανση μίας μεταβλητής (πχ ενός παράγοντα αντίληψης) όταν έχει προκύψει από περισσότερες από μία ομάδες (πχ ακροατές σε διαφορετικές αίθουσες) ενδέχεται να επηρεάζεται από την παράμετρο «αίθουσα». Αντιθέτως, η αντίστοιχη διακύμανση εντός της κάθε ομάδας, δηλαδή των ακροατών της ίδιας αίθουσας, είναι προφανώς ανεξάρτητη από την παράμετρο αυτή και οφείλεται σε άλλες παραμέτρους ή στην τυχαία διαφοροποίηση μεταξύ των υποκειμένων. Η ανάλυση της διακύμανσης βασίζεται στον έλεγχο της διαφοράς μεταξύ των παραπάνω περιπτώσεων και απαντά στο αν η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική ή όχι.

Τονίζεται ότι αν η μηδενική πρόταση απορριφθεί, τότε ίσως όλες οι μέσες τιμές διαφέρουν ή κάποιες από αυτές διαφέρουν ή ίσως μόνο μία διαφέρει. Η μέθοδος δεν μπορεί να μας απαντήσει στο ποιες ακριβώς ομάδες διαφοροποιούνται. Για να απαντηθεί αυτό απαιτούνται επιπλέον αναλύσεις (πχ. νέα ανάλυση ανά ζεύγη ή post hoc tests)

Στην πράξη, όταν ο στατιστικός έλεγχος γίνεται μεταξύ δύο μόνο ομάδων, είθισται να χρησιμοποιούνται απλούστερες μέθοδοι (πχ t-test) και η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) να εφαρμόζεται όταν οι ομάδες είναι περισσότερες. Ωστόσο η ANOVA είναι στην πραγματικότητα μια γενικευμένη μορφή του t-test, και κατά τη διεξαγωγή συγκρίσεων σε δύο ομάδες, θα δώσει πανομοιότυπα αποτελέσματα με αυτό

[Kremelberg, 2010, p. 120]. Έτσι στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η ίδια μέθοδος (ANOVA) είτε επρόκειτο για έλεγχο μεταξύ δύο ομάδων είτε περισσότερων.

Ως επίπεδο σημαντικότητας κατά τη διεξαγωγή των ελέγχων ANOVA λήφθηκε το αυστηρό 1% αντί του 5% που λαμβάνεται συνήθως. Αυτό έγινε για τον περιορισμό πιθανού σφάλματος, διότι η εφαρμογή της μεθόδου προϋποθέτει κανονική κατανομή των τιμών της μεταβλητής που ελέγχεται, κάτι που στα δεδομένα αποτελέσματα αποτελεί μία υπόθεση που όμως δεν είναι δυνατό να επιβεβαιωθεί λόγω σχετικά χαμηλού δείγματος.

Περισσότερες πληροφορίες και το μαθηματικό μοντέλο της μεθόδου παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ενότητα 7.1.2).

3.2 ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ – ΣΥΛΛΟΓΗ ΕΠΙΘΕΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΩΝ

Όπως ήδη αναφέρθηκε ένας από τους βασικούς περιορισμούς της ανάλυσης κατά παράγοντες είναι ότι η εξαγωγή των παραγόντων είναι άμεσα εξαρτώμενη από την αρχική επιλογή των κλιμάκων αξιολόγησης με βάση τις οποίες διεξάγεται το πείραμα. Είναι λοιπόν πολύ σημαντικό οι κλίμακες αυτές να είναι σωστές και χαρακτηριστικές της περιγραφής του υπό διερεύνηση αντικειμένου.

Εύκολα παρατηρεί κανείς ότι τόσο στην ελληνική γλώσσα όσο και στο σύνολο των γνωστών ξένων γλωσσών είναι ελάχιστες ή σχεδόν ανύπαρκτες οι λέξεις που αφορούν αμιγώς στην περιγραφή της αντίληψης της ακουστικής ποιότητας. Συνήθως για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται μεταφορικά όροι που είναι είτε δανικοί από την περιγραφή άλλων αισθήσεων όπως η όραση (σκοτεινός – λαμπερός ήχος) ή η αφή (τραχύς – απαλός ήχος) είτε εκφράζουν εντελώς άσχετες καταστάσεις (ασθενής ήχος, πλούσιος ήχος κλπ.). Έχει καθιερωθεί έτσι ένα λεξιλόγιο το οποίο απαρτίζεται από ετερόκλητους επιθετικούς προσδιορισμούς και χρησιμοποιείται τόσο από το μουσικόφιλο κοινό όσο και από τους ειδικούς για να περιγράψει την ακουστική ποιότητα ενός χώρου. Επιπροσθέτως, ακολουθώντας τον εξελικτικό μηχανισμό κάθε ζωντανής γλώσσας το λεξιλόγιο αυτό εμπλουτίζεται και προσαρμόζεται ανάλογα με τους χρήστες και τις ανάγκες τους. Έτσι πχ άλλες λέξεις θα χρησιμοποιήσουν οι ακροατές για την αξιολόγηση της ακουστικής μιας αίθουσας συμφωνικής μουσικής και άλλες για ένα ροκ συναυλιακό χώρο. Αυτό οφείλεται τόσο στις προφανείς διαφορές του ηχητικού πεδίου όσο και στη διαφοροποίηση της κουλτούρας των ανθρώπων που συνθέτουν το καθένα από τα παραπάνω ακροατήρια.

Με βάση τα παραπάνω και προκειμένου να εξασφαλιστεί ο προσδιορισμός ενός αριθμού ανεξάρτητων υποκειμενικών συνόλων που περιγράφουν την ακουστική ποιότητα, έγινε ένα προκαταρκτικό πείραμα ώστε να καταρτιστεί μια λίστα από ζεύγη αντιθέτων επιθετικών προσδιορισμών που θα αντιπροσωπεύουν με σχετική ακρίβεια τον τρόπο που περιγράφεται η αντίληψη της ακουστικής των αιθουσών μουσικής jazz από τους ακροατές του είδους.

Εξ αρχής λήφθηκε η απόφαση ότι για τη διεξαγωγή του συνόλου των πειραμάτων διερεύνησης της αντίληψης θα χρησιμοποιηθούν όροι της αγγλικής γλώσσας παρά το γεγονός ότι οι συμμετέχοντες στα πειράματα θα ήταν στην πλειονότητά τους Έλληνες.

Οι λόγοι αυτής της επιλογής ήταν αρκετοί: Η αγγλική γλώσσα είναι περισσότερο εξειδικευμένη και ακριβής στο συγκεκριμένο αντικείμενο. Η αγγλική ορολογία είναι σε ένα βαθμό αποδεκτή ως διεθνής και καθιερωμένη στο πεδίο του ήχου και της ακουστικής. Με τη χρήση της διευρύνεται η διεξαγωγή των πειραμάτων αφού υπάρχει η ευκαιρία συμμετοχής σε άτομα πολλαπλών εθνικοτήτων δίνοντας την ευκαιρία για περαιτέρω αναλύσεις των αποτελεσμάτων. Τέλος, με τη χρήση της αγγλικής γλώσσας τα αποτελέσματα που θα προκύψουν δύναται να συγκριθούν με αντίστοιχα ευρήματα παλαιότερων σχετικών ερευνών από τη βιβλιογραφία. Προκειμένου να περιοριστεί το σφάλμα που πιθανό να δημιουργεί η παραπάνω επιλογή τέθηκε ως προαπαίτηση για τους συμμετέχοντες στα πειράματα να έχουν καλή γνώση της αγγλικής γλώσσας και να είναι εξοικειωμένοι με τους εν λόγω επιθετικούς προσδιορισμούς.

Στη συνέχεια συγκεντρώθηκαν λέξεις που έχουν χρησιμοποιηθεί έστω και σπανίως για την περιγραφή της ακουστικής ποιότητας αιθουσών ακροατηρίου jazz μουσικής από σχετικούς του είδους όπως τυπικοί ακροατές jazz συναυλιών, μουσικοί της jazz, ηχολήπτες με εμπειρία σε τέτοιους χώρους κλπ. Επειδή για τους χώρους ακροατηρίου μουσικής jazz δεν υπάρχει βιβλιογραφία ανάλογη με εκείνη για την κλασική μουσική, οι λέξεις αυτές αναζητήθηκαν σε βιβλία και περιοδικά σχετικά με τη μουσική ή την ηχοληψία όπου γίνεται αναφορά στη jazz, σε ιστοσελίδες με σχόλια και αξιολογήσεις ακροατών για jazz bar ή συναυλίες, σε μουσικά περιοδικά, συνεντεύξεις, κριτικές jazz δίσκων, διαδικτυακές συζητήσεις σε fora μουσικών ή ακροατών κλπ. Κατά την παραπάνω έρευνα δόθηκε σημασία οι λέξεις αυτές να έχουν χρησιμοποιηθεί για να περιγράψουν την ακουστική του χώρου και όχι πχ το ύφος της ερμηνείας ενός μουσικού ή την ποιότητα μιας μουσικής σύνθεσης κλπ. Συγκεντρώθηκαν έτσι οι 123 επιθετικοί προσδιορισμοί του Πιν. 10.

Στη συνέχεια ζητήθηκε από άτομα με εμπειρία στον ήχο και τη jazz μουσική να χρησιμοποιήσουν ως αφετηρία τις παραπάνω λέξεις και να κατασκευάσουν ζεύγη αντιθέτων προσδιορισμών ικανών να περιγράψουν την ακουστική ποιότητα. Τον αντίθετο πόλο κάθε λέξης μπορούσε κανείς είτε να τον αναζητήσει ανάμεσα στα περιεχόμενα της παραπάνω λίστας είτε να προτείνει έναν εντελώς καινούργιο όρο από την εμπειρία του.

Πιν. 10 Οι 123 επιθετικοί προσδιορισμοί του προκαταρκτικού πειράματος

airy, annoying, balanced, bassy, big, blurred, boomy, brassy, breathy, bright, brilliant, broad, calm, cheerful, clean, clear, close, cold, colored, cool, crisp, crunchy, crystal, dark, dead, deep, delicate, dense, detailed, dim, dispersed, distant, dry, dull, dynamic, easy, edgy, empty, enjoyable, even, faint, fat, flat, friendly, full, full bodied, gentle, hard, harsh, hazy, heavy, hollow, honky, hot, intimate, light, limited, live, loud, lyrical, massive, mellow, metallic, mild, muddy, muffled, narrow, nasal, near, open, out of tune, piercing, poor, pretty, punchy, pure, quick, raspy, relief, remote, resonant, responsive, reverberant, rich, ringing, rough, round, saturated, shallow, sharp, small, smeared, smoky, smooth, solid, sonorous, soulful, spacious, static, strident, surrounding, sustained, sweet, synthetic, tense, thick, thin, tight, tinny, toneless, transparent, uptight, veiled, velvet, volatile, voluminous, warm, well defined, well-pitched, wet, wide, withdrawn, wooden

Η επιλογή των ατόμων ήταν στοχευμένη. Τα κριτήρια ήταν η επαρκής εμπειρία και εξοικείωση με τη μουσική jazz, τον ήχο και τη σημασία της ακουστικής ενός χώρου και φυσικά η πολύ καλή γνώση της αγγλικής ορολογίας.

Η προσέγγιση και η επικοινωνία έγινε μέσω διαδικτύου. Μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου διανεμήθηκε ένα ερωτηματολόγιο σε μορφή .xls, που περιείχε τις παραπάνω λέξεις, τις οδηγίες για τη διεξαγωγή του πειράματος και κάποιες ερωτήσεις σχετικά με την ηλικία, το φύλο και τη σχέση με τη μουσική jazz. Δείγμα του ερωτηματολογίου (screenshot) παρουσιάζεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ενότητα 7.3.1). Το ζητούμενο από τους συμμετέχοντες ήταν να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο και να το επισυνάψουν ως απάντηση στο αρχικό email. Συνολικά τριάντα τέσσερα άτομα ανταποκρίθηκαν στην πρόσκληση και συμμετείχαν στην πειραματική διαδικασία. Μεταξύ τους ήταν μουσικοί, ηχολήπτες, ραδιοφωνικοί παραγωγοί, συντάκτες περιοδικών για τον ήχο και τη μουσική και έμπειροι ακροατές jazz.

Αφού συλλέχθηκαν τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια έγινε καταμέτρηση των προτεινόμενων ζευγών αντιθέτων προσδιορισμών και επιλέχθηκαν εκείνα που εμφανίζονταν στις απαντήσεις πάνω από μία φορά. Σε αυτά προστέθηκε και το ζεύγος “preferred – not preferred” που υπάρχει και στα αντίστοιχα πειράματα που έχουν γίνει

για την κλασική μουσική και από το οποίο αναδεικνύονται ενδιαφέροντα αποτελέσματα σχετικά με την προτίμηση της ακουστικής. Έτσι προέκυψαν τα τριάντα τρία ζεύγη αντιθέτων επιθετικών προσδιορισμών που παρουσιάζονται στον Πιν. 11. Τα ζεύγη αυτά χρησιμοποιήθηκαν ως διπολικές κλίμακες αξιολόγησης στην επόμενη φάση του πειράματος.

Πιν. 11 Τα τριάντα τρία ζεύγη αντιθέτων επιθετικών προσδιορισμών που προέκυψαν από το προκαταρκτικό πείραμα

close	- distant
dark	- bright
woody	- metallic
light	- heavy
poor	- rich
broad	- narrow
in tune	- out of tune
live	- dead
cool	- warm
clear	- hazy
full bodied	- thin
faint	- strong
clear	- dull
dark	- transparent
near	- distant
smooth	- harsh
balanced	- unbalanced
crystal	- muddy
gentle	- harsh
loud	- silent
dark	- brilliant
edgy	- smooth
harsh	- velvety
colored	- dark
brilliant	- dim
clear	- noisy
near	- remote
smooth	- rough
smooth	- sharp
dead	- resonant
even	- uneven
clear	- blurred
preferred	- non preferred

3.3 Η ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΚΡΟΑΣΗ ΗΧΟΓΡΑΦΗΜΕΝΗΣ ΜΟΥΣΙΚΗΣ JAZZ

Η επόμενη φάση του πειράματος αφορούσε στην διερεύνηση της αντίληψης της ακουστικής κατά την ακρόαση ηχογραφημένης μουσικής jazz.

Για το σχεδιασμό του πειράματος έγινε η υπόθεση ότι υπάρχουν κοινές συνιστώσες αντίληψης της ακουστικής μεταξύ της ακρόασης ηχογραφημένων και ζωντανών συναυλιών jazz. Η υπόθεση αυτή βασίστηκε στο γεγονός ότι έχουν προκύψει πειραματικά αντίστοιχες κοινές συνιστώσες μεταξύ των δύο συνθηκών ακρόασης στην περίπτωση της κλασικής μουσικής [Sotiropoulou et al, 1995].

Η διεξαγωγή αυτού του πειράματος είχε δύο στόχους:

α) την εξαγωγή ενός μικρού αριθμού ανεξάρτητων υποκειμενικών παραγόντων που ομαδοποιεί τις κλίμακες αξιολόγησης του προκαταρκτικού πειράματος σκιαγραφώντας τις συνιστώσες αντίληψης της ακουστικής κατά την ακρόαση της ηχογραφημένης μουσικής jazz και

β) τη μείωση του πλήθους των κλιμάκων αξιολόγησης ώστε να καταστήσουν πιο εργονομικά και πιο ακριβή τα επόμενα πειράματα. Υπενθυμίζεται ότι η σημειολογική διαφορική ανάλυση υποδεικνύει τη χρήση περίπου είκοσι μεταβλητών [Osgood, 1957].

Το πείραμα διεξήχθη διαδικτυακά. Ως σημειολογικές κλίμακες αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκαν τα τριάντα τρία ζεύγη που προέκυψαν στην προηγούμενη φάση. Με γνώμονα τις κλίμακες αυτές ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να αποτυπώσουν την κρίση τους σχετικά με το πώς αντιλαμβάνονται την ποιότητα του ήχου κατά τη διάρκεια ακρόασης ηχογραφημένης μουσικής jazz.

3.3.1 Τα μουσικά αποσπάσματα

Για τη διεξαγωγή του πειράματος επιλέχθηκαν προς ακρόαση τα παρακάτω τρία μουσικά κομμάτια τα οποία είναι αποσπάσματα από ηχογραφημένες συναυλίες σε τρία θρυλικά jazz club της Νέας Υόρκης:

- “Clotilde”, σύνθεση του Steve Kuhn, από ηχογραφημένη συναυλία του ‘Steve Kuhn Trio’ (Steve Kuhn - πιάνο, Ron Carter - κοντραμπάσο, Al Foster - τύμπανα), στο

jazz club “Village Vanguard” το Μάρτιο του 1986. Η διάρκεια του κομματιού είναι 4 m 51 s και η ταχύτητά του περίπου 120 bpm (medium tempo). Εταιρεία παραγωγής: ‘OWL Records’.

- “You ‘d Be So Nice To Come Home To”, σύνθεση του Cole Porter από ηχογραφημένη συναυλία του Keith Jarrett Trio (Keith Jarrett - πιάνο, Gary Peacock - κοντραμπάσο, Jack DeJohnette - τύμπανα) στο jazz club “Blue Note” τον Ιούνιο του 1994. Η διάρκεια του κομματιού είναι 6 m 58 s και η ταχύτητά του του περίπου 300 bpm (up tempo). Εταιρεία παραγωγής: ‘ECM Records’.
- “Stella by Starlight”, σύνθεση του Victor Young από ηχογραφημένη συναυλία του Steve Kuhn Trio στο jazz club “Birdland” τον Ιούνιο του 2006. Η διάρκεια του κομματιού είναι 8 m 12 s και η ταχύτητά του του περίπου 90 bpm (jazz ballad). Εταιρεία παραγωγής: ‘Blue Note Records’

Παρατηρεί κανείς ότι και τα τρία παραπάνω μουσικά κομμάτια είναι παιγμένα από jazz piano trio, δηλαδή πιάνο, κοντραμπάσο και τύμπανα. Η χρήση του ίδιου συνόλου οργάνων σε κάθε απόσπασμα έγινε προκειμένου η αντίληψη του ήχου να μην επηρεάζεται από έντονες εναλλαγές των ηχοχρωμάτων, ώστε να είναι ευκολότερη η συγκέντρωση στην αξιολόγηση της ακουστικής και όχι της μουσικής. Η επιλογή ειδικά του piano trio έγινε επίσης εσκεμμένα. Βασικός λόγος είναι ότι πρόκειται για έναν από τους πιο συνήθεις συνδυασμούς οργάνων στη jazz, που συναντάται είτε αυτόνομα όπως στα συγκεκριμένα αποσπάσματα είτε και ως πυρήνας σε μεγαλύτερα μουσικά σύνολα του είδους. Επίσης καλύπτει όλο το φάσμα συχνοτήτων που αφορά τόσο στο είδος της μουσικής όσο και στο πεδίο εφαρμογής της κτιριακής ακουστικής. Ο τρίτος και σημαντικότερος λόγος σχετίζεται με τον τρόπο ηχογράφησης ενός τέτοιου συνόλου ο οποίος είναι τέτοιος που σε συνδυασμό με το μικρό μέγεθος του σχήματος επιτρέπει κατά την αναπαραγωγή, εκτός από τη μουσική, να αποτυπωθεί σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό ο ήχος του «χώρου» της ερμηνείας. Στα συγκεκριμένα αποσπάσματα μάλιστα, υπάρχουν αρκετά σημεία με αραιούς φθόγγους ή παύσεις μεταξύ των φράσεων που αφήνουν έτσι να ακουστεί «ο ήχος των αιθουσών» όπου ηχογραφήθηκαν.

Επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν περισσότερα του ενός ηχογραφήματα ώστε να καλυφθεί έναν σχετικά ευρύ φάσμα ταχυτήτων και δυναμικών αλλά επίσης και για να

εξασφαλιστεί η αύξηση του δείγματος και της συσχέτισης μεταξύ των αξιολογήσεων που είναι απαραίτητη για την εξαγωγή των ζητούμενων παραγόντων. Από την άλλη πλευρά κρίθηκε ότι περισσότερα από τρία αποσπάσματα θα ήταν πιθανό να δημιουργήσουν κόπωση ή μείωση του ενδιαφέροντος στους συμμετέχοντες με κίνδυνο κάτι τέτοιο να αλλοιώσει την ακριβή αποτύπωση της αντίληψής τους.

Στους συμμετέχοντες τα ηχογραφήματα διανεμήθηκαν ηλεκτρονικά σε μορφή .wav (16bit 44100Hz).

3.3.2 Τα ερωτηματολόγια

Τα ερωτηματολόγια του πειράματος ήταν σε μορφή αρχείου .xls και διανεμήθηκαν στους συμμετέχοντες μέσω email μαζί με τα αρχεία ήχου. Το κάθε ερωτηματολόγιο περιλάμβανε τρεις φορές την λίστα με τα τριάντα τρία ζεύγη αντιθέτων επιθετικών προσδιορισμών που προέκυψαν στην προηγούμενη φάση του πειράματος. Κάθε λίστα αφορούσε και σε ένα ξεχωριστό μουσικό κομμάτι.

Οι κλίμακες αξιολόγησης είχαν τη μορφή slider (Σχ. 6). Η αρχική θέση του δρομέα ήταν στο μέσο της διαδρομής του που αντιστοιχεί στο ουδέτερο σημείο μεταξύ των δύο ακραίων προσδιορισμών.

Κάθε ερωτηματολόγιο περιλάμβανε και γενικές ερωτήσεις σχετικά με το φύλο, την ηλικία, την εμπειρία με τη jazz και την ποιότητα του ηχοσυστήματος ακρόασης. Δείγμα του ερωτηματολογίου παρουσιάζεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ενότητα 7.3.2).



Σχ. 6 παράδειγμα κλίμακας αξιολόγησης (slider)

3.3.3 Χώροι διεξαγωγής – Συνθήκες ακρόασης

Από τους συμμετέχοντες στο πείραμα ζητήθηκε να κάνουν τις αξιολογήσεις τους ακούγοντας τα μουσικά κομμάτια με χρήση ενός stereo ηχοσυστήματος καλής ποιότητας, σε έναν σχετικά ουδέτερο χώρο, όπως πχ ένα τυπικό living room. Θεωρήθηκε δεδομένο ότι το mastering ενός jazz δίσκου του εμπορίου γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε το ηχογράφημα να αναδεικνύεται σε τέτοιες συνθήκες ακρόασης.

3.3.4 Πληθυσμιακή ομάδα

Τα άτομα που προσκλήθηκαν να συμμετέχουν στο πείραμα προσεγγίστηκαν μέσω email. Δόθηκε σημασία αφενός να είναι ακροατές με αρκετή εμπειρία στη μουσική jazz, δηλαδή να παρακολουθούν συστηματικά σχετικές συναυλίες και να ακούν δίσκους του είδους και αφετέρου να μπορούν να εξασφαλίσουν ικανοποιητικές συνθήκες ακρόασης. Επειδή προφανώς δεν υπάρχουν αντικειμενικοί τρόποι επιλογής, τα άτομα επιλέχθηκαν είτε μεταξύ προσωπικών γνωριμιών, είτε κατόπιν συστάσεων. Όσοι προσκλήθηκαν ήταν κυρίως ακροατές του είδους αλλά μεταξύ τους υπήρχαν και κάποιοι επαγγελματίες μουσικοί, ηχολήπτες κλπ. Στην πρόσκληση ανταποκρίθηκαν συνολικά τριάντα τρία άτομα.

3.3.5 Πειραματική διαδικασία

Τα άτομα που συμμετείχαν στο πείραμα κλήθηκαν να ακούσουν τα μουσικά κομμάτια και να αξιολογήσουν την ακουστική ποιότητα, μετακινώντας το δρομέα και τοποθετώντας τον στη θέση μεταξύ των δύο ακραίων πόλων του slider (Σχ. 6), που υποδεικνύει την κρίση τους. Αυτό έπρεπε να γίνει για όλες τις κλίμακες αξιολόγησης και για τα τρία μουσικά κομμάτια.

Από τους συμμετέχοντες ζητήθηκε να ολοκληρώσουν τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου για το κάθε κομμάτι κατά τη διάρκεια ακρόασής του. Αυτό έγινε για να διατηρηθεί υπό έλεγχο ο συνολικός χρόνος της διαδικασίας, για να εξασφαλιστεί η σαφής αναφορά στο κάθε κομμάτι ξεχωριστά και για να αποτυπωθεί η τρέχουσα αντίληψη της ακουστικής και όχι η «από μνήμης». Επίσης ζητήθηκε να μη διστάσουν να χρησιμοποιήσουν όλη τη διαδρομή του slider, ενώ δόθηκε με έμφαση η οδηγία να επικεντρωθούν, κατά την αξιολόγησή τους, όχι στη μουσική σύνθεση ή ερμηνεία, αλλά

στην ποιότητα του ήχου, και μάλιστα όχι αυτού που συνδέεται με το σύστημα αναπαραγωγής αλλά με εκείνον του ηχογραφήματος.

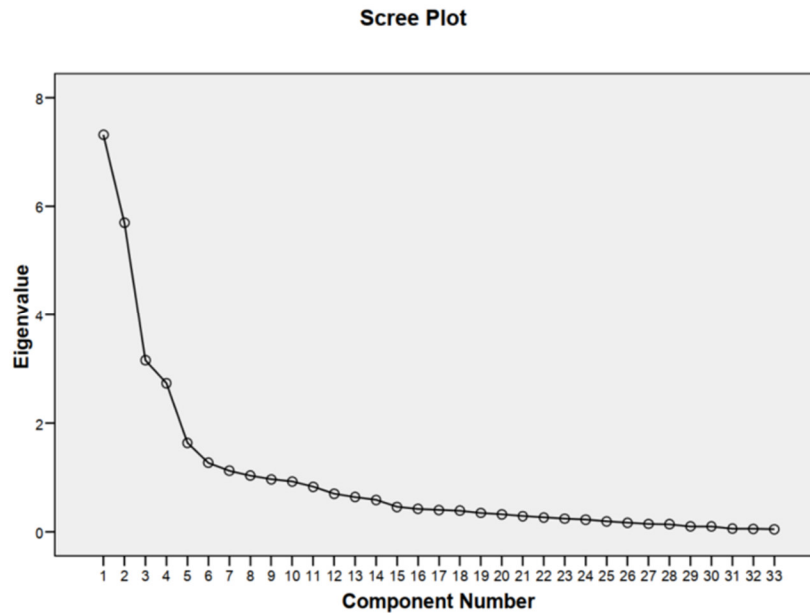
Τα μουσικά κομμάτια, τα ερωτηματολόγια και οι οδηγίες για τη διεξαγωγή του πειράματος διανεμήθηκαν στους συμμετέχοντες μέσω email. Το αρχείο .xls ήταν κλειδωμένο ώστε να μην μπορεί ο χειριστής τους να επέμβει σε τίποτα άλλο εκτός από τις ζητούμενες απαντήσεις. Μετά το τέλος της διαδικασίας, όσοι συμμετείχαν στο πείραμα έπρεπε να αποθηκεύσουν το μορφοποιημένο αρχείο .xls και να το επισυνάψουν ως απάντηση στο αρχικό email.

3.3.6 Ανάλυση και αποτελέσματα

Αφού συγκεντρώθηκαν τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια, οι απαντήσεις μετατράπηκαν σε αριθμητικές τιμές. Αυτό έγινε βαθμονομώντας γραμμικά το εύρος της κάθε διπολικής κλίμακας από 1 έως 100 και εξάγοντας την τιμή που αντιστοιχεί στη θέση του δρομέα της εκάστοτε αξιολόγησης. Για κάθε κλίμακα αξιολόγησης υπήρχαν ενενήντα εννέα τιμές (τριάντα τρία άτομα επί τρεις απαντήσεις).

Στα δεδομένα έγινε ανάλυση κατά παράγοντες με χρήση του λογισμικού SPSS (IBM Corp). Ο αρχικός πίνακας παραγόντων εξήχθη μέσω της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες (principal component analysis) και στη συνέχεια έγινε περιστροφή του με τη μέθοδο varimax. Μετά την περιστροφή προέκυψαν τέσσερις ανεξάρτητοι παράγοντες οι οποίοι ονομάστηκαν SMOOTHNESS, CLARITY, RICHNESS και PROXIMITY. Η ονομασία αυτή έγινε με βάση τις κλίμακες αξιολόγησης που είχαν υψηλή φόρτιση σε κάθε παράγοντα και λαμβάνοντας υπόψη σχετικά ευρήματα παλαιότερων σχετικών εργασιών από τη βιβλιογραφία.

Στο Σχ. 7 παρουσιάζεται το διάγραμμα ιδιοτιμών (scree plot). Παρατηρεί κανείς ότι υπάρχουν έξι παράγοντες που έχουν ιδιοτιμή ίση ή μεγαλύτερη της μονάδας και ικανοποιούν το κριτήριο Kaiser, αν και οι δύο από αυτούς είναι πολύ ασθενέστεροι από τους υπόλοιπους και οριακά ξεπερνούν η μονάδα. Το κριτήριο Cattell ωστόσο, υποδεικνύει πλήθος τεσσάρων παραγόντων. Τούτο επιβεβαιώθηκε και στην πράξη από την αδυναμία λογικής ερμηνείας των αποτελεσμάτων όταν επιχειρήθηκε εξαγωγή πέμπτου και έκτου παράγοντα και συνεπώς απορρίφθηκαν.



Σχ. 7 Διάγραμμα ιδιοτιμών στο πείραμα με ηχογραφημένη μουσική

Τα τελικά αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες, δηλαδή οι παράγοντες που εξήχθησαν μετά την περιστροφή των αξόνων, οι κλίμακες αξιολόγησης που τους συνθέτουν, οι αντίστοιχες φορτίσεις και το ερμηνεύσιμο ποσοστό της συνολικής διακύμανσης παρουσιάζονται συγκεντρωμένα στον Πιν. 12. Στη σύσταση των παραγόντων δεν συμπεριλαμβάνονται οι κλίμακες με επιβάρυνση μικρότερη από το τυπικό σφάλμα φόρτισης για επίπεδο σημαντικότητας 1%, η τιμή του οποίου ανά παράγοντα παρουσιάζεται στον Πιν. 13. Παρατηρείται ότι ακόμα και υιοθετώντας το αυστηρό κριτήριο του 1%, το τυπικό σφάλμα φόρτισης είναι σχετικά χαμηλό γεγονός που ήταν σε ένα βαθμό αναμενόμενο λόγω του σχετικά μεγάλου μεγέθους δείγματος. Προκειμένου να απορριφθούν οι κλίμακες που συμμετέχουν με πολύ χαμηλή φόρτιση στους παράγοντες, επιλέχθηκε το αυθαίρετο όριο 0.35 πάνω από το οποίο οι φορτίσεις γίνονται αποδεκτές.

Τα πλήρη αναλυτικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τη διαδικασία παρουσιάζονται πινακοποιημένα στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ενότητα 7.2.1.1).

Πιν. 12 Αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες

Factor	Associated Scales	Factor Loadings	Percentage of Variance (%)
SMOOTHNESS	smooth - rough	0.86	21
	smooth - harsh	0.86	
	gentle - harsh	0.85	
	harsh - velvety	-0.82	
	smooth - sharp	0.80	
	even - uneven	0.77	
	edgy - smooth	-0.68	
	clear - noisy	0.67	
	balanced - unbalanced	0.67	
	preferred - non preferred	0.56	
	loud - silent	-0.52	
	light - heavy	0.46	
	faint - strong	0.43	
	in tune - out of tune	0.35	
CLARITY	clear - dull	0.78	15.6
	brilliant - dim	0.76	
	dark - bright	0.75	
	clear - blurred	0.74	
	colored - dark	0.70	
	dark - brilliant	-0.62	
	clear - hazy	0.61	
	broad - narrow	0.57	
	dark - transparent	-0.42	
	cool - warm	0.40	
	crystal - muddy	-0.39	
RICHNESS	poor - rich	0.80	11.1
	live - dead	0.72	
	full bodied - thin	0.66	
	faint - strong	-0.57	
	woody - metallic	0.57	
	loud - silent	0.56	
	dark - bright	-0.54	
	broad - narrow	0.40	
PROXIMITY	near - remote	0.85	9.6
	near - distant	0.81	
	close - distant	0.79	
Cumulative Percentage Variance:			57.3

Πιν. 13 Τυπικό σφάλμα φόρτισης για επίπεδο σημαντικότητας 1%

Factor	Standard Error of Loading
SMOOTHNESS	0.258
CLARITY	0.259
RICHNESS	0.261
PROXIMITY	0.262

Στη συνέχεια έγινε ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) των σκορ καθενός από τους παραπάνω εξαχθέντες παράγοντες ώστε να διαπιστωθεί εάν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ηχογραφημάτων. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πιν. 14.

Πιν. 14 Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) των σκορ των παραγόντων με ανεξάρτητη μεταβλητή το μουσικό απόσπασμα

Factor	F-ratio	Significance
SMOOTHNESS	26.850	0.000
CLARITY	3.610	0.030
RICHNESS	5.960	0.000
PROXIMITY	0.320	0.730

Όπως φαίνεται, στους παράγοντες SMOOTHNESS και RICHNESS, το παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας είναι μικρότερο από το επίπεδο 1% που έχει υιοθετηθεί ως κριτήριο. Αυτό σημαίνει ότι υπήρξε σημαντική επιρροή του μουσικού αποσπάσματος στις υποκειμενικές κρίσεις που συνέθεσαν τους συγκεκριμένους παράγοντες. Αντιθέτως στους άλλους δύο παράγοντες (CLARITY και PROXIMITY) η διακύμανση των σκορ των παραγόντων μεταξύ των ηχογραφημάτων δεν προκύπτει σημαντική σε σχέση με την αντίστοιχη εντός αυτών, δείχνοντας ότι οι υποκειμενικές κρίσεις που οδήγησαν στην εξαγωγή τους δεν επηρεάστηκαν από τα μουσικά κομμάτια.

3.3.7 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα του πειράματος αντίληψης επιβεβαίωσαν την αρχική υπόθεση ότι οι προσδιορισμοί που χρησιμοποιούνται στις κλίμακες αξιολόγησης αναφέρονται σε έναν πολύ μικρότερο αριθμό ανεξάρτητων υποκειμενικών ιδιοτήτων της ακουστικής των αιθουσών μουσικής jazz. Τα αποτελέσματα δείχνουν επίσης ότι οι παράγοντες αυτοί είναι περισσότεροι του ενός, επιβεβαιώνοντας την υπόθεση ότι η αντίληψη της ακουστικής, (εν προκειμένω κατά τη διάρκεια ακρόασης ηχογραφημάτων) δεν αποτελεί μονοδιάστατη εμπειρία.

Ο πρώτος παράγοντας που προέκυψε από την ανάλυση (SMOOTHNESS) απαρτίζεται κατά κύριο λόγο από κλίμακες που περιγράφουν την υφή του ήχου όπως 'smooth - rough', 'harsh - velvety', 'even - uneven' κλπ.

Υπάρχουν ομοιότητες του παράγοντα SMOOTHNESS με άλλους που έχουν εξαχθεί σε προηγούμενες εργασίες όπως οι παράγοντες EVENESS [Hawkes, 1971], KLANGFARBE [Wilkens, 1977], TONAL QUALITY [Sotiropoulou et al, 1995] που αφορούν στην κλασική μουσική καθώς και με τον παράγοντα HARSHNESS της εργασίας της ομάδας του ΕΜΠ που αφορά στη ροκ μουσική [Sotiropoulou et al 2016]. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο αντίστοιχος παράγοντας KLANGFARBE της εργασίας του Βερολίνου συσχετίστηκε με την κλίση της καμπύλης της απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων (EDT) ανά οκταβική ζώνη καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι ο ήχος των αιθουσών που έχουν μεγαλύτερο EDT στη χαμηλή περιοχή του φάσματος από ότι στην υψηλή γίνεται αντιληπτός ως πιο μαλακός (leise) και στρογγυλός (rund). Σε παρόμοιο συμπέρασμα κατέληξε και η εργασία των Sotiropoulou & Fleming [1995] στη Βρετανία, συσχετίζοντας τον παράγοντα TONAL QUALITY με το περιεχόμενο της αρχικής απόσβεσης της κρουστικής απόκρισης του χώρου.

Στην παρούσα εργασία επίσης υπάρχει σχέση του παράγοντα SMOOTHNESS με την τονική ποιότητα και την ισορροπία μεταξύ των περιοχών συχνοτήτων και αυτό σκιαγραφείται από την παρουσία των κλιμάκων 'in tune - out of tune' και 'balanced - non balanced' στον παράγοντα.

Εκτιμάται επίσης ότι ο παράγοντας SMOOTHNESS είναι σχετικός με τις έννοιες 'Tonal Quality' και 'Tone Color' που είχε διατυπώσει ο Beranek στις δύο εκδόσεις της εργασίας του [Beranek, 1962], [Beranek, 1996]. Συγκεκριμένα στην έκδοση του 1962 ως "Tonal

Quality” ορίζει την τονική ομορφιά, χωρίς να εξηγεί τι είναι εκείνο που συμβάλλει σε αυτή, αλλά αναφέροντας μερικές περιπτώσεις στις οποίες η τονική ποιότητα μπορεί να αμαυρωθεί όπως πχ η ανισομερής ηχοαπορρόφηση του ήχου που οδηγεί σε απώλεια ορισμένων συχνοτήτων. Στην έκδοση του 1996 δεν υπάρχει η έννοια “Tonal Quality” αλλά έχει αντικατασταθεί από την “Timbre and Tone Color”. Εκεί ως “Tone Color” ο Beranek ορίζει την ισορροπία στη «δύναμη» μεταξύ των χαμηλών, μεσαίων και υψηλών συχνοτήτων [Beranek, 1996].

Οι έννοιες της ομαλότητας και της τραχύτητας είναι γνωστές στην ακουστική και έχουν απασχολήσει τους επιστήμονες στο πεδίο διερεύνησης της αντίληψης του ήχου από τον 19^ο αιώνα. Στην πρωτοποριακή πραγματεία του για την ακουστική και τη μουσική αντίληψη, “On the Sensations of Tone”, ο γερμανός φυσικός Hermann von Helmholtz εισήγαγε την τραχύτητα ως βασική έννοια για την ερμηνεία της αντίληψης της αντιφωνίας [Helmholtz 1954].

Σε γενικές γραμμές ο όρος ‘αντιφωνία’ και ο αντίθετός του ‘συμφωνία’ αναφέρονται στις διαφορετικές επιδράσεις που δημιουργούνται στον ακροατή από δύο τόνους που παίζονται είτε ταυτόχρονα είτε διαδοχικά, με τις αντιφωνίες να γίνονται συνήθως αντιληπτές ως ασταθείς και με αρνητική αποτίμηση ενώ αντίθετα οι συμφωνίες ως ομαλές, αρμονικές και με θετική αποτίμηση [Malmberg, 1918], [Harrison & Pearce, 2020]. Ο Helmholtz με βάση τους φυσικούς νόμους και την κυματική υπόσταση του ήχου υποστήριξε ότι οι διαφορετικές αυτές επιδράσεις συνδέονται με την τραχύτητα. Συγκεκριμένα υπέθεσε ότι η τραχύτητα είναι «ο ιδιαίτερος χαρακτήρας της αντιφωνίας», ενώ η συμφωνία είναι η απουσία τραχύτητας, κάτι που κατά τον Helmholtz είναι ειδική περίπτωση [Helmholtz, 1954, p. 194]. Για τον Helmholtz η τραχύτητα σχετίζεται με το φαινόμενο της «σύγκρουσης» (beating) που συμβαίνει όταν οι αρμονικές δύο ήχων έχουν μικρή χρονική απόσταση μεταξύ τους και αλληλοεπηρεάζονται δημιουργώντας μια τροποποιημένη κυματομορφή με ρυθμική ταλάντωση στα επί μέρους ή το συνολικό πλάτος του σήματος.

Ο Helmholtz προσπάθησε να εξηγήσει τη σχέση μεταξύ τραχύτητας και σύγκρουσης των αρμονικών και με φυσιολογικούς όρους: “Το αισθητήριο της ακοής αντιλαμβάνεται αυτές τις γρήγορες συγκρούσεις ως τραχείς και δυσάρεστες, επειδή κάθε διακοπτόμενη διέγερση οποιασδήποτε νευρικής λειτουργίας μας επηρεάζει πιο έντονα από μια διέγερση που παραμένει αναλλοίωτη. Με αυτό συνδέεται ενδεχομένως και μια

ψυχολογική αιτία. Οι επιμέρους παλμοί του τόνου σε έναν αντίφωνο συνδυασμό δίνουν την ίδια εντύπωση διακριτών παλμών όπως και οι αργοί παλμοί, αλλά δεν είμαστε σε θέση να τους αναγνωρίσουμε χωριστά και να τους μετρήσουμε και ως εκ τούτου, σχηματίζουν μια μπερδεμένη μάζα τόνου, η οποία δεν μπορεί να αναλυθεί στα συστατικά της. Σε αυτήν την τραχύτητα αποδίδεται η αιτία της δυσάρεστης δυσαρμονίας της αντιφωνίας. Το νόημα αυτής της διάκρισης μπορεί έτσι να διατυπωθεί συνοπτικά: Η συμφωνία είναι μια συνεχής, η αντιφωνία μια διαλείπουσα αίσθηση του τόνου. . . Αντιφωνία είναι η ανικανότητα ανάμειξης δύο τόνων που δεν εναρμονίζονται αλλά φαίνονται τραχείς στο αυτί" [Helmholtz, 1954, p. 226].

Πρέπει ωστόσο να ληφθεί υπόψιν ότι η συνήχηση αντίφωνων διαστημάτων (πχ εβδόμης, τέταρτης αυξημένης, ελαττωμένης ενάτης κλπ) είναι κάτι που γενικά αποφεύγεται από τους συνθέτες της κλασικής μουσικής ενώ αντιθέτως αποτελεί δομικό στοιχείο της jazz αρμονίας [Reinman, 2003]. Επίσης σε επίπεδο ερμηνείας, στη jazz γενικά, δεν επιδιώκεται η ομαλή εναλλαγή φθόγγων, αρμονιών ή δυναμικών όπως στην κλασική μουσική και συχνά οι μουσικοί επιλέγουν ως μέσο έκφρασης να παράγουν τραχείς ήχους, νότες εκτός κλίμακας, κλπ. Στα μουσικά αποσπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα υπήρχε πληθώρα τέτοιων δειγμάτων. Αυτό βεβαίως ισχυροποιεί τον παράγοντα αφού υπάρχει έντονη παρουσία και ποικιλία αντίφωνων και τραχέων ηχοχρωμάτων που εναλλάσσονται με άλλα που είναι σύμφωνα και ομαλά. Από την άλλη πλευρά όμως κάτι τέτοιο ενδέχεται να δημιουργεί σύγχυση στην αξιολόγηση σχετικά με το αν αυτή αναφέρεται στην ακουστική ή στη μουσική σύνθεση και ερμηνεία. Πρόκειται για κάτι που πιθανό να συνέβη αλλά εκτιμάται ότι έγινε σε πολύ περιορισμένο βαθμό. Αυτό αιτιολογείται και από την παρουσία της κλίμακας 'preferred - not preferred' με το συγκεκριμένο πρόσημο στον εν λόγω παράγοντα. Σύμφωνα με αυτόν οι ακροατές συμφώνησαν ότι προτιμούν έναν ήχο που είναι 'smooth', 'gentle', 'even' κλπ. έναντι ενός ήχου 'rough', 'harsh', 'uneven'. Το γεγονός όμως ότι όλοι οι συμμετέχοντες ήταν έμπειροι ακροατές της jazz συνηγορεί στο ότι η προτίμηση αυτή δεν μπορεί να αφορά στα μορφολογικά στοιχεία του είδους (πχ το τραχύ παίξιμο στο πιάνο) αλλά στην ακουστική ποιότητα.

Ας σημειωθεί ότι η πρώτη αναφορά στην έννοια της τραχύτητας ως συνιστώσα της αντίληψης ανήκει στον Αριστοτέλη και το έργο του «Περί αισθήσεων και αισθητών». Εκεί αναφέρεται ότι «το τραχύ και το λείον, προσέτι δε το οξύ καί το αμβλύ εις τα στερεά

σώματα είναι αντιληπτά κοινώς υπό όλων των αισθήσεων». Αν και συνεχίζει ότι «ή αν όχι υπό όλων, τουλάχιστον υπό της όψεως και της αφής» ο Αριστοτέλης αφήνει ανοιχτό το ενδεχόμενο της αντίληψης της τραχύτητας από την ακοή [Αριστοτέλης, “Περί αισθήσεων και αισθητών”, Κεφάλαιο Δ’, Παρ. 14].

Ο δεύτερος παράγοντας (CLARITY) αποτελείται από μεταβλητές που αναφέρονται στην διαύγεια την ευκρίνεια και την φωτεινότητα του ήχου όπως ‘clear – dull’, ‘brilliant – dim’, ‘dark – bright’ κλπ.

Πρόκειται για έναν γνώριμο παράγοντα που έχει εξαχθεί στα περισσότερα πειράματα αντίληψης της ακουστικής που είναι γνωστά από τη βιβλιογραφία. Εδώ εντοπίζεται σαφής αντιστοιχία με τους παράγοντες DEUTLICHKEIT [Wilkens, 1977], CLARITY [Sotiropoulou et al, 1995], DEFINITION [Lokki, 2011] που έχουν προκύψει σε έρευνες για την αντίληψη της ακουστικής αιθουσών κλασικής μουσικής.

Επίσης εκτιμάται ότι πρόκειται για την ίδια έννοια που αναφέρει ο Beranek ως ‘Definition (Clarity)’ στην έρευνά του και την ορίζει ως το βαθμό στον οποίο ένας ακροατής μπορεί να διακρίνει τους ήχους σε μία μουσική εκτέλεση. Στον ορισμό αυτό μάλιστα διακρίνει δύο διαστάσεις: την οριζόντια που σχετίζεται με τόνους που αναπαράγονται διαδοχικά και την κάθετη που σχετίζεται με τόνους που αναπαράγονται ταυτόχρονα. Ο Beranek αναγνωρίζει ότι και στις δύο αυτές διαστάσεις η τελική αποτίμηση προκύπτει από ένα σύμπλεγμα παραμέτρων τόσο μουσικών όσο και ακουστικών αφού ένα συγκεκριμένο μουσικό κομμάτι ερμηνεύεται με έναν συγκεκριμένο τρόπο σε ένα συγκεκριμένο ακουστικό περιβάλλον [Beranek 1962].

Προφανώς πρόκειται και για την ίδια ιδιότητα που διατύπωσε και ο Sabine ως ένα από τα τρία ποιοτικά κριτήρια που συνθέτουν την καλή ακουστική μιας αίθουσας και συνέδεσε με την αντήχηση. Ότι δηλαδή οι επί μέρους ταχέως εναλλασσόμενοι ήχοι, είτε ομιλίας είτε μουσικής, πρέπει να είναι σαφείς και ευδιάκριτοι, απαλλαγμένοι τόσο ο ένας από τον άλλον όσο και από τους ξένους θορύβους [Sabine, 1900].

Η σημασία της διαύγειας στην ποιότητα του ήχου υπογραμμίζεται και από τον Barron αφού η μία από τις τέσσερις συνεχείς κλίμακες αξιολόγησης που έχει επιλέξει για τη σύνθεση του ερωτηματολογίου της έρευνάς του είναι η μεταβλητή ‘muddy – clear’ κάτω από τον τίτλο “CLARITY” [Barron, 1988].

Για τις αίθουσες ακροατηρίου κλασικής μουσικής, η υποκειμενική διαύγεια μπορεί να προβλέπεται από τον αντικειμενικό δείκτη πρώιμων προς καθυστερημένες ανακλάσεις (C80) [Reichardt et al., 1975], ο οποίος μάλιστα έχει ενταχθεί και στο διεθνές πρότυπο που αφορά στις μετρούμενες ακουστικές παραμέτρους χώρων ακροατηρίου [ISO 3382-1]. Ωστόσο δεν υπάρχει ένδειξη ότι ο ίδιος δείκτης είναι χρήσιμος για την περίπτωση αιθουσών ακροατηρίου που σχεδιάζονται για άλλα είδη εκτός της κλασικής μουσικής.

Η μεταβλητή 'clear - noisy' δεν εμφανίστηκε στον παράγοντα CLARITY μαζί με τις άλλες κλίμακες που περιείχαν την έννοια 'clear', όπως θα περίμενε κανείς. Οι ακροατές δηλαδή φαίνεται να αντιλήφθηκαν με δύο διαφορετικούς τρόπους την έννοια του καθαρού ήχου. Με τον ένα τρόπο ως καθαρός ήχος εννοήθηκε το αντίθετο ενός ήχου που είναι θαμπός ('dull'), μπερδεμένος ('blurred') και νεφελώδης ('hazy') και με τον άλλον ο ήχος που είναι απαλλαγμένος από θόρυβο. Με την παραδοχή ότι κατά τη διεξαγωγή του πειράματος η αναπαραγωγή των αποσπασμάτων έγινε από ηχοσυστήματα καλής ποιότητας σε ήσυχους ιδιωτικούς χώρους θεωρείται ότι η έννοια του θορύβου και η ερμηνεία του διπόλου 'clear - noisy' δεν αφορά στο περιβάλλον ακρόασης αλλά στην ποιότητα του ήχου του μουσικού αποσπάσματος. Με τις δεδομένες συνθήκες λοιπόν όπου δεν υπήρχε θόρυβος περιβάλλοντος οι ακροατές συνέδεσαν το θορυβώδη ήχο με έναν ήχο που είναι τραχύς ('rough') και σκληρός ('harsh') εντάσσοντας την κλίμακα 'clear - noisy' στον παράγοντα SMOOTHNESS.

Ο τρίτος παράγοντας (RICHNESS) συνδέεται με τον πλούτο, τη δύναμη τον όγκο και τη ζωντάνια του ήχου.

Ο παράγοντας αυτός παρουσιάζει ομοιότητες με τους STARKE [Wilkens, 1977] και BODY [Sotiriopoulou et al, 1995]. Οι κλίμακες με τις υψηλότερες φορτίσεις ('poor - rich', 'live - dead') αποτελούνται από επιθετικούς προσδιορισμούς που είναι συνήθεις για την περιγραφή της παρουσίας του αντηχητικού πεδίου. Αλλά και οι επόμενες σε φόρτιση κλίμακες ('full bodied - thin', 'faint - strong') πέρα από την προφανή αναφορά στο «σώμα» και τη «δύναμη» ενδεχομένως να υπαινίσσονται την παρουσία του αντηχητικού πεδίου, όπως άλλωστε συμβαίνει και στις προαναφερθείσες εργασίες για την κλασική μουσική.

Η μεταβλητές 'loud - silent' και 'faint - strong' παρουσιάζονται σε δύο παράγοντες (RICHNESS και SMOOTHNESS). Η παρουσία τους στον παράγοντα RICHNESS δείχνει ότι μέρος των ακροατών τις ερμήνευσε συνδέοντας την ακουστότητα και τη δύναμη με τον

πλούτο και τον όγκο στον ήχο. Σύμφωνα με αυτούς τους ακροατές ένας ήχος δυνατός ('loud', 'strong') ήταν επίσης πλούσιος ('rich') και με σώμα ('full bodied') ενώ ένας σιγανός ('silent') και εξασθενημένος ('faint') ήχος ήταν ταυτόχρονα φτωχός ('poor') και αδύναμος ('thin'). Η παρουσία των ίδιων μεταβλητών στον παράγοντα SMOOTHNESS δείχνει ότι ένα άλλο μέρος των ακροατών αντιλήφθηκε ότι όταν ο ήχος είναι δυνατός είναι τραχύς ('rough', 'harsh' κλπ.) , ενώ όταν είναι σιγανός και εξασθενημένος είναι απαλός ('smooth', 'gentle' κλπ.). Εκτιμάται ότι αυτό συνδέεται με το μεγάλο εύρος δυναμικών κατά την ερμηνεία της jazz και το αντίκτυπό του στο ηχόχρωμα. Είναι σύνηθες μέσα στο ίδιο κομμάτι να υπάρχουν στιγμές που οι μουσικοί παίζουν χαμηλά δημιουργώντας έναν ήσυχο, απαλό, βελούδινο ήχο και άλλες που παίζουν πολύ δυνατά, όπου συχνά μάλιστα οι δυναμικές τους υπερβαίνουν τα τυπικά όρια των μουσικών οργάνων και παράγεται ένας ήχος δυνατός και ταυτόχρονα τραχύς και ακατέργαστος. Αυτή η εναλλαγή ήταν έντονα παρούσα και στα τρία μουσικά αποσπάσματα που δόθηκαν προς αξιολόγηση και ερμηνεύει την παραπάνω σύνδεση. Αντίστοιχα ερμηνεύεται και η παρουσία της μεταβλητής 'light - heavy' στον παράγοντα SMOOTHNESS.

Η μεταβλητή 'broad - narrow' ερμηνεύτηκε επίσης με δύο τρόπους από τους ακροατές. Συγκεκριμένα συσχετίστηκε αφενός με τις κλίμακες 'poor - rich', 'live - dead', 'full bodied - thin' και άλλες που συνθέσαν τον παράγοντα RICHNESS και αφετέρου με τις 'clear - dull', 'brilliant - dim', 'dark - bright' και τις άλλες κλίμακες του παράγοντα CLARITY.

Η πρώτη ερμηνεία (RICHNESS) συμφωνεί με την καθιερωμένη άποψη στην κλασική μουσική για την αντίληψη της «περιέλιξης» (envelopment), την αντίληψη δηλαδή πως ο ήχος ενός χώρου περιβάλλει τον ακροατή, η οποία είναι συνδεδεμένη με το αντηχητικό πεδίο και πιο συγκεκριμένα με τον πλούτο των πλευρικών ανακλάσεων [Barron, 1999], ενώ έχει συσχετιστεί και με την ακουστική παράμετρο G (Strength) ενός χώρου [Beranek, 2011]. Εκτιμάται ότι οι ακροατές χρησιμοποίησαν τη συγκεκριμένη κλιμακα για να εκφράσουν την αντίληψη της χωρικότητας (spaciousness) και πιθανό να αναφέρονταν όχι μόνο στον χώρο στον οποίο έγινε η ηχογράφηση και αναπαρήχθη από το ηχοσύστημα, αλλά και στο χώρο της ακρόασης επηρεαζόμενοι πχ από την απόσταση μεταξύ των ηχείων τους, τη στάθμη αναπαραγωγής, τις ανακλαστικές επιφάνειες που τους περιέβαλλαν κλπ.

Η δεύτερη ερμηνεία της κλίμακας 'broad – narrow' (CLARITY) συνδέεται με τη σχέση που υπάρχει μεταξύ διαύγειας του ήχου και αντίληψης της διάταξης της ορχήστρας στο χώρο. Ο χώρος εδώ αφορά στην αίθουσα στην οποία έγινε η ηχογράφιση. Ένας καθαρός ήχος διευκολύνει την αντίληψη της ξεχωριστής θέσης της κάθε πηγής ήχου τονίζοντας τις αποστάσεις μεταξύ των οργάνων και δίνοντας την αίσθηση του εύρους της πηγής (της ορχήστρας). Αντιθέτως ένας ήχος θολός δημιουργεί δυσκολία στον ακροατή να «τοποθετήσει» τα όργανα στο χώρο και δίνει την εντύπωση ότι πέφτουν το ένα πάνω στο άλλο. Και αντίστροφα όμως η ευρεία διάταξη της ορχήστρας συμβάλλει στη διαύγεια του ήχου, ειδικά στη διάσταση που ο Beranek [1962] αποκαλεί «κάθετη» αφού τόνοι που αναπαράγονται ταυτόχρονα από διαφορετικά όργανα είναι προφανώς πιο εύκολα διακριτοί όταν αυτά έχουν σαφώς διαφορετική θέση. Η αλληλοσυσχέτιση αυτή ευνοείται από τη μορφολογία της jazz μουσικής και ιδιαίτερα σε μικρά σύνολα όπως τα piano trio του παρόντος πειράματος. Στα σχήματα αυτά, όλα τα όργανα της ορχήστρας αφενός είναι παρόντα και ισοδύναμα καθ' όλη τη διάρκεια του κομματιού και αφετέρου οι μουσικοί δεν λειτουργούν ως "section" αλλά αυτοσχεδιάζουν αντιστικτικά αλληλοσυμπληρώνοντας ο ένας τη φρασεολογία του άλλου. Αυτό, σε συνδυασμό με τις διαφορετικές περιοχές συχνοτήτων που είθισται να καταλαμβάνουν τα όργανα των μικρών jazz συνόλων, καθιστά σαφέστερα αντιληπτή τη θέση τους στο χώρο. Στα δε ηχογραφήματα που χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα, η στερεοφωνική εικόνα ήταν αρκετά ευρεία διευκολύνοντας την ανάδειξη της παραπάνω αντίληψης. Το συμπέρασμα αυτό αποτελεί ένα εύρημα της παρούσας εργασίας δεδομένου ότι δεν είναι γνωστή σε προηγούμενα πειράματα από τη βιβλιογραφία η αλληλοσυσχέτιση μεταβλητών που αφορούν στη χωρικότητα με εκείνες που αφορούν στη διαύγεια του ήχου.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η παρουσία της κλίμακας 'dark – bright' που αν και υπάρχει σε υψηλή θέση στον παράγοντα CLARITY, συνδιακυμάνθηκε και με τις μεταβλητές του παράγοντα RICHNESS και εμφανίζεται (με σχετικά χαμηλή φόρτιση) και σε αυτόν. Φαίνεται ότι ένα μικρότερο αλλά όχι αμελητέο μέρος των ακροατών ερμηνεύει τη συγκεκριμένη μεταβλητή, όχι με την προφανή έννοια της διαύγειας αλλά θεωρώντας σκοτεινό ('dark') έναν ήχο που είναι φτωχός ('poor') και αδύναμος ('thin') και αντίστοιχα φωτεινό ('bright') έναν ήχο πλούσιο ('rich') και με σώμα ('full bodied').

Σχετικά με την κλίμακα 'woody - metallic', οι πόλοι της οποίας χρησιμοποιούνται συχνά διαισθητικά για να περιγράψουν την ποιότητα του ήχου στη jazz φρασεολογία, υπήρξε αρκετή συναίνεση μεταξύ των υποκειμένων ότι ο όρος 'metallic' αναφέρεται σε έναν φτωχό, λεπτό, αμυδρό, κ.λπ. ήχο, ενώ ο όρος 'woody' αναφέρεται σε έναν ήχο πλούσιο, δυνατό, με σώμα κ.λπ. Η διαπίστωση αυτή επιβεβαιώνει σε έναν βαθμό τη διαισθητική τους ερμηνεία.

Ο τέταρτος παράγοντας (PROXIMITY) σχετίζεται ξεκάθαρα με την εγγύτητα και είναι σχεδόν ταυτόσημος με παράγοντες που έχουν εξαχθεί στο παρελθόν σε πειράματα αντίληψης που αφορούν στην κλασική μουσική όπως INTIMACY [Hawkes, 1971] ή PROXIMITY [Sotiroroulou et al, 1995]. Σημειώνεται ότι ο Beranek χρησιμοποιεί τον αντίστοιχο όρο 'Intimacy' δίνοντας σε αυτόν ακουστική διάσταση θεωρώντας ότι περιγράφει την κατάσταση που οι ήχοι μοιάζουν να προέρχονται από κοντινές επιφάνειες, σε αντιπαράθεση με την αντίστοιχη οπτική εμπειρία όταν οι άνθρωποι σε ένα δωμάτιο βλέπουν τους τοίχους και άλλα αντικείμενα σχετικά κοντά. Ο Beranek αντιστοιχίζει το βαθμό της 'ακουστικής οικειότητας' σε έναν χώρο στο πόσο σύντομα θα φτάσει η πρώτη ανάκλαση στα αυτιά του ακροατή μετά τον απευθείας ήχο. Επίσης στο σύστημα βαθμολόγησης της ακουστικής ποιότητας μιας αίθουσας ο Beranek δίνει στην παράμετρο 'Intimacy' το μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας (40%) [Beranek 1961]. Τέλος και ο Barron [1988] διαλέγει την παράμετρο Intimacy ως μία από τις τέσσερις συνεχείς μεταβλητές στο πείραμά του με τους αντίθετους πόλους 'remote - intimate', αναγνωρίζοντας σιωπηλά την ανεξάρτητη διάσταση της εγγύτητας κατά την ακρόαση.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το πείραμα αυτό έγινε διαδικτυακά και συνεπώς δεν υπάρχει ακριβής γνώση των συνθηκών ακρόασης από το κάθε υποκείμενο. Ωστόσο το γεγονός ότι η ακρόαση αυτή έγινε κατά κανόνα σε ένα τυπικό δωμάτιο ενός σπιτιού οδηγεί στην παραδοχή ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των αποστάσεων του κάθε ακροατή από την πηγή του ήχου. Ο εντοπισμός διακύμανσης στις απαντήσεις των υποκειμένων που οδήγησε στην εξαγωγή του συγκεκριμένου παράγοντα δεδομένης της παραδοχής απουσίας διακύμανσης της απόστασης μεταξύ ακροατή - πηγής, αποτελεί ένδειξη ότι η αντίληψη της εγγύτητας μπορεί να αναφέρεται αποκλειστικά στην ακουστική αίσθηση.

Οι τρεις πρώτοι παράγοντες, σε γενικές γραμμές, συμφωνούν με τις υποκειμενικές ακουστικές διαστάσεις του Stepanek [2006], οι οποίες προέρχονται από αξιολογήσεις μεμονωμένων ήχων που παράγονταν από βιολί και εκκλησιαστικό όργανο.

Όλα τα παραπάνω υποστηρίζουν την άποψη ότι οι εξαχθέντες παράγοντες αποτελούν ανεξάρτητα σύνολα υποκειμενικών ακουστικών ιδιοτήτων, τα οποία είναι κοινά i) σε διαφορετικά μουσικά είδη, ii) σε μεμονωμένους ήχους μουσικών οργάνων και iii) σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών ακρόασης μουσικής.

Το αθροιστικό ποσοστό της συνολικής διακύμανσης που αντιπροσωπεύει η παρούσα δομή των τεσσάρων παραγόντων είναι 57.3 %. Αυτό σημαίνει ότι το ήμισυ περίπου της διακύμανσης των υποκειμενικών δεδομένων αντιστοιχεί σε κοινές απόψεις μεταξύ των ερωτηθέντων σχετικά με την ακουστική ποιότητα κατά την ακρόαση jazz μουσικής.

Η ανάλυση της διακύμανσης έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά στα σκορ των παραγόντων SMOOTHNESS και RICHNESS από κομμάτι σε κομμάτι. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην ακουστική των χώρων των ηχογραφημένων συναυλιών ή στο mastering του δίσκου ή ακόμα και σε πιθανή επιρροή της ερμηνείας των μουσικών ή της μουσικής σύνθεσης στις αποτιμήσεις. Ελλείψει στοιχείων για τις αίθουσες, τον τρόπο ηχογράφησης και την ηχητική επεξεργασία των ηχογραφημάτων για την παραγωγή των δίσκων η ύπαρξη της παραπάνω στατιστικά σημαντικής διαφοράς δεν μπορεί να αξιοποιηθεί για την εξαγωγή περαιτέρω συμπερασμάτων.

Το προκαταρκτικό πείραμα και το πείραμα αντίληψης της ακουστικής κατά την ακρόαση ηχογραφημένης μουσικής jazz καθώς και μέρος των παραπάνω σχολίων και συμπερασμάτων παρουσιάστηκαν στο συνέδριο Auditorium Acoustics που διοργανώθηκε από το Institute of Acoustics (IOA) στο OSLO τον Οκτώβριο του 2008 [Sotiropoulou et al, 2008].

3.4 Η ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΚΡΟΑΣΗ ΖΩΝΤΑΝΗΣ ΜΟΥΣΙΚΗΣ JAZZ

Η επόμενη φάση των πειραμάτων αντίληψης διεξήχθη σε δύο χώρους ακροατηρίου στην Αθήνα και το Λονδίνο όπου ακροατές κλήθηκαν να αξιολογήσουν την ακουστική των αιθουσών κατά τη διάρκεια ζωντανών συναυλιών μουσικής jazz. Ο στόχος ήταν η εξαγωγή ενός μικρού αριθμού ανεξαρτήτων υποκειμενικών διαστάσεων γύρω από τις οποίες οργανώνεται η αντίληψη της ακουστικής κατά την ακρόαση της jazz στο φυσικό χώρο.

3.4.1 Τα ερωτηματολόγια

Οι ακροατές των δύο αιθουσών κλήθηκαν να συμπληρώσουν ερωτηματολόγια τα οποία διανεμήθηκαν πριν από την έναρξη των συναυλιών και συλλέχθηκαν μετά το πέρας αυτών.

Τα ερωτηματολόγια ήταν έντυπα και περιείχαν δεκαεννέα διπολικές κλίμακες αξιολόγησης που επιλέχθηκαν κατά κύριο λόγο από τα αποτελέσματα του προηγούμενου πειράματος. Κατ' αρχήν χρησιμοποιήθηκαν οι κλίμακες εκείνες που είχαν την υψηλότερη φόρτιση στους παράγοντες που εξήχθησαν στο πείραμα της ηχογραφημένης μουσικής και συγκεκριμένα πέντε για καθέναν από τους δύο ισχυρότερους παράγοντες (SMOOTHNESS και CLARITY), τρεις από τον τρίτο παράγοντα (RICHNESS) και δύο από τον τέταρτο παράγοντα (PROXIMITY). Σε αυτές προστέθηκαν οι κλίμακες 'loud – silent', 'clear – coisy' και 'cool – warm' που θεωρήθηκαν (αυθαίρετα) χρήσιμες καθώς εκτιμήθηκε ότι μπορεί να αναδειχθούν στο φυσικό χώρο παρά το γεγονός ότι είχαν λίγο χαμηλότερες φορτίσεις στο παραπάνω πείραμα. Τέλος προστέθηκε και η κλίμακα 'preferred – not preferred' όπως στο προηγούμενο πείραμα.

Η επιλογή της κλίμακας 'loud – silent' έγινε κάνοντας την υπόθεση ότι η ακουστότητα λειτουργεί εντελώς διαφορετικά στον φυσικό χώρο από ότι στον ιδιωτικό όπου ο ακροατής έχει τον απόλυτο έλεγχο της λόγω της πρόσβασής του στο σύστημα αναπαραγωγής.

Η κλίμακα 'clear – noisy' θεωρήθηκε σημαντική για να αποσαφηνιστεί η διάσταση της διαύγειας του ήχου. Υπενθυμίζεται ότι σύμφωνα με την έρευνα του Beranek [1961] η διαύγεια (Clarity) είναι συνώνυμη με την ευκρίνεια (Definition) και αντικατοπτρίζει το

βαθμό στον οποίο ένας ακροατής μπορεί να διακρίνει τους ήχους κατά τη διάρκεια μιας συναυλίας είτε αυτοί παίζονται διαδοχικά είτε ταυτόχρονα. Όμως στην περίπτωση της κλασικής μουσικής που αναφέρεται ο Beranek, έχει θεωρηθεί δεδομένο ότι η αίθουσα στην οποία διεξάγεται η συναυλία έχει κατά κανόνα χαμηλή στάθμη θορύβου. Αυτό δεν συμβαίνει απαραίτητα κατά τη διάρκεια μιας jazz συναυλίας, όπου το ακροατήριο δεν παρακολουθεί με ευλάβεια και σιωπή αλλά αντιθέτως είναι ζωντανό, ενεργό, ενδεχομένως κινείται, μιλάει, χορεύει με αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση της στάθμης θορύβου στο χώρο. Ο θόρυβος αυτός είναι αναπόσπαστο στοιχείο των αιθουσών ακροατηρίου μουσικής jazz και αποτελεί δομικό συστατικό του είδους από τη γέννησή του μέχρι σήμερα.

Τέλος η κλίμακα 'cool - warm' συμπεριελήφθη απλώς και μόνο επειδή είναι συνήθεις χαρακτηρισμοί στη γλώσσα της jazz. Υπενθυμίζεται ότι ο προσδιορισμός "cool" έχει δώσει το όνομά του σε μία σημαντική τάση του είδους (cool jazz). Υπήρξε λοιπόν το ενδιαφέρον να διερευνηθεί πώς αντιλαμβάνονται τους όρους αυτούς οι ακροατές σε σχέση με την ακουστική και με ποιες άλλες ιδιότητες τους συσχετίζουν υποσυνείδητα.

Πιν. 15 Οι δεκαεννέα κλίμακες αξιολόγησης του πειράματος αντίληψης της ακουστικής κατά την ακρόαση ζωντανής μουσικής jazz

poor	- rich
live	- dead
full bodied	- thin
clear	- dull
near	- distant
smooth	- harsh
colored	- dark
brilliant	- dim
near	- remote
smooth	- rough
clear	- blurred
gentle	- harsh
harsh	- velvety
dark	- bright
loud	- silent
clear	- noisy
cool	- warm
smooth	- sharp
preferred	- not preferred

Οι κλίμακες αξιολόγησης είχαν τη μορφή ενός ευθύγραμμου τμήματος στα δύο άκρα του οποίου αναγράφονταν οι δύο προσδιορισμοί – πόλοι της κάθε κλίμακας (Σχ. 5). Στην αθηναϊκή αίθουσα, κάτω από κάθε επιθετικό προσδιορισμό υπήρχε και μία ενδεικτική απόδοσή του στα ελληνικά, αν και ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να την αγνοήσουν εφ’ όσον γνωρίζουν την αγγλική λέξη. Προκειμένου να απλουστευθεί η διαδικασία ψηφιοποίησης των απαντήσεων, το μήκος του ευθυγράμμου τμήματος ήταν ακριβώς 100 mm. Έτσι η μετατροπή των αξιολογήσεων σε αριθμητικά δεδομένα κανονικοποιημένα ως προς μία εκατονταβάθμια κλίμακα αντιστοιχούσε στην απόσταση του σημείου της υπόδειξης από το αριστερό άκρο του ευθύγραμμου τμήματος σε χιλιοστά.

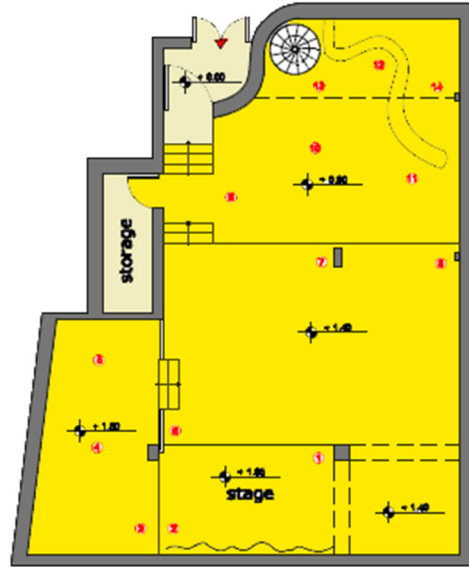
Το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε και γενικές ερωτήσεις σχετικά με το φύλο, την ηλικία, την εξοικείωση με τη jazz μουσική, καθώς και τη θέση ακρόασης. Στο έντυπο αναγράφονταν επίσης και σύντομες οδηγίες για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου. Δείγμα του ερωτηματολογίου παρουσιάζεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ενότητα 7.3.3).

3.4.2 Χώροι διεξαγωγής

Το πείραμα διεξήχθη σε δύο τυπικές αίθουσες ακροατηρίου μουσικής jazz.

Η πρώτη ήταν το bar “Half Note” στην Αθήνα, ένα τυπικό jazz club με όγκο 382 m³ και χωρητικότητα 180 άτομα. Πρόκειται για παλιά κατοικία (Αρχιτεκτονική μελέτη Γ. Τσόκα) που μετατράπηκε σε χώρο ακροατηρίου το 1990. Η χρήση του είναι σχεδόν αποκλειστικά οι jazz συναυλίες. Η διαμόρφωσή του έγινε χωρίς να υπάρχει κάποιος ακουστικός σχεδιασμός.

Η δεύτερη αίθουσα ήταν ο χώρος “The Forge” στην περιοχή Camden Town του Λονδίνου με όγκο 530 m³ και χωρητικότητα 160 άτομα. Πρόκειται για μέρος του πολυχώρου Caponata (Αρχιτεκτονική μελέτη Burd Haward Architects, Max Fordham, Arup). Η χρήση του είναι οι jazz και pop συναυλίες. Για την κατασκευή του έγινε ακουστικός σχεδιασμός που λάμβανε υπ’ όψη τις βασικές αρχές σχεδιασμού αιθουσών ακροατηρίου μουσικής. Για την αίθουσα αυτή ολοκληρώθηκε περιβαλλοντικός σχεδιασμός υψηλών απαιτήσεων με στόχο την κατασκευή του πρώτου συναυλιακού χώρου με φυσικό αερισμό.



Σχ. 8 Κάτοψη του “Half Note Jazz Club” στην Αθήνα



Σχ. 9 Κάτοψη του Jazz Club “The Forge” στο Λονδίνο

3.4.3 Πληθυσμιακή ομάδα

Στο πείραμα αντίληψης πήραν μέρος συνολικά εβδομήντα επτά ακροατές και πιο συγκεκριμένα πενήντα έξι άτομα στο “Half Note” και εικοσιένα στο “The Forge”. Δεδομένου ότι και οι δύο παραπάνω αίθουσες είναι αρκετά γνωστές στο φιλόμουσο κοινό και φιλοξενούν ένα μεγάλο μέρος των jazz συναυλιών της κάθε πόλης εκτιμάται ότι πρόκειται για ένα τυπικό δείγμα των ακροατών του είδους.

3.4.4 Πειραματική διαδικασία

Οι ακροατές των δύο χώρων κλήθηκαν μέσω της συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων να αποτυπώσουν το πώς αντιλαμβάνονται την ακουστική κατά τη διάρκεια της ακρόασης ζωντανής μουσικής. Συγκεκριμένα τους ζητήθηκε, κατά τη διάρκεια της συναυλίας, να υποδείξουν στο ευθύγραμμο τμήμα κάθε διπολικής κλίμακας αξιολόγησης, το σημείο εκείνο που η θέση του σε σχέση με τους δύο πόλους αντικατοπτρίζει την τρέχουσα αντίληψή του ως προς την ακουστική ποιότητα.

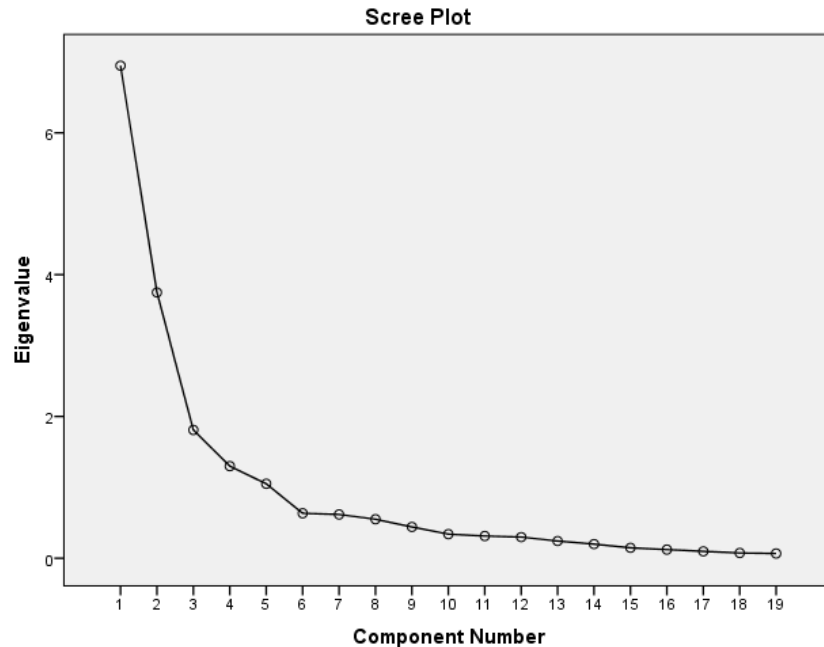
Τόσο μέσω των έντυπων οδηγιών που υπήρχαν στα ερωτηματολόγια όσο και προφορικά επισημάνθηκε στους ακροατές να επικεντρωθούν στην αξιολόγηση της ακουστικής του χώρου και όχι της μουσικής σύνθεσης ή της ερμηνείας, καθώς επίσης να μη διστάσουν να χρησιμοποιήσουν όλο το μήκος του ευθυγράμμου τμήματος της κλίμακας αξιολόγησης.

3.4.5 Ανάλυση και αποτελέσματα

Μετά τη συγκέντρωση των συμπληρωμένων ερωτηματολογίων, οι απαντήσεις μετατράπηκαν σε αριθμητικές τιμές κανονικοποιημένες ως προς μία εκατονταβάθμια κλίμακα μετρώντας την απόσταση μεταξύ του σημείου της κάθε υπόδειξης από τον αριστερό πόλο της κλίμακας αξιολόγησης και εκφράζοντάς τη σε χιλιοστά.

Ακολούθως έγινε ανάλυση κατά παράγοντες για κάθε αίθουσα ξεχωριστά. Από την ανάλυση των δεδομένων του πειράματος στο Half Note προέκυψαν τρεις ανεξάρτητοι παράγοντες αντίληψης (PROXIMITY, CLARITY, SMOOTHNESS). Το διάγραμμα ιδιοτιμών της ανάλυσης παρουσιάζεται στο Σχ. 10. Η ταυτότητα των παραγόντων μετά την περιστροφή (varimax) του αρχικού πίνακα παρουσιάζεται στον Πιν. 16, ενώ το τυπικό

σφάλμα φόρτισης για κάθε παράγοντα παρουσιάζονται στον Πιν. 17. Τα αναλυτικά αποτελέσματα που προέκυψαν από το πείραμα παρουσιάζονται πινακοποιημένα στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ενότητα 7.2.1.2).



Σχ. 10 Διάγραμμα ιδιοτιμών των αποτελεσμάτων του πειράματος στο 'Half Note'

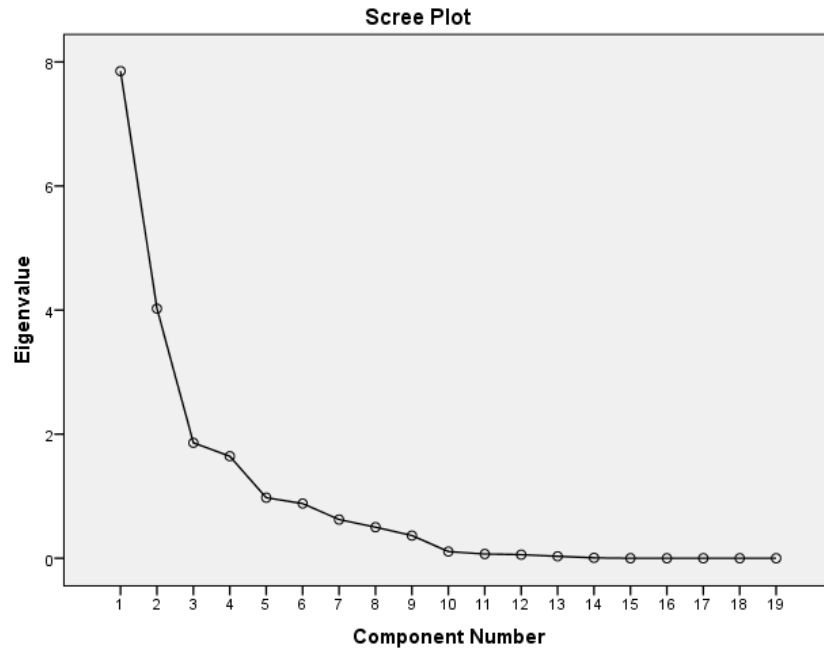
Στην περίπτωση του 'The Forge' το διάγραμμα ιδιοτιμών υποδεικνύει την ύπαρξη επίσης τριών παραγόντων (Σχ. 11). Ωστόσο, στο συγκεκριμένο πείραμα, λόγω του μικρού δείγματος, το τυπικό σφάλμα φόρτισης ήταν σχετικά υψηλό. Ως αποτέλεσμα, ο τρίτος κατά σειρά παράγοντας αντίληψης είχε μόνο μία μεταβλητή με φόρτιση μεγαλύτερη από το αντίστοιχο τυπικό σφάλμα και συνεπώς απορρίφθηκε, δεδομένου ότι στην παρούσα εργασία ένα πλήθος τριών μεταβλητών έχει ληφθεί ως ελάχιστο για τη σύσταση ενός παράγοντα. Η μοναδική αυτή μεταβλητή ήταν η 'cool - warm' και είχε αρκετά υψηλή φόρτιση (0.881).

Πιν. 16 Αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες στο πείραμα του 'Half Note'

Factor	Associated Scales	Factor Loadings	Percentage of Variance (%)
PROXIMITY	live - dead	0.82	23.7
	near - remote	0.79	
	near - distant	0.77	
	brilliant - dim	0.74	
	poor - rich	-0.63	
CLARITY	clear - noisy	0.81	22.12
	clear - dull	0.75	
	preferred - not preferred	0.74	
	clear - blurred	0.74	
	dark - bright	-0.70	
	colored - dark	0.67	
	full bodied - thin	0.58	
SMOOTHNESS	smooth - harsh	0.83	19.99
	gentle - harsh	0.81	
	harsh - velvety	-0.78	
	smooth - rough	0.72	
	smooth - sharp	0.67	
	loud - silent	-0.63	
	cool - warm	-0.57	
Cumulative Percentage Variance:			65.82

Πιν. 17 Τυπικό σφάλμα φόρτισης για επίπεδο σημαντικότητας 1% στο πείραμα του 'Half Note'

Factor	Standard Error of Loading
PROXIMITY	0.342
CLARITY	0.345
SMOOTHNESS	0.349



Σχ. 11 Διάγραμμα ιδιοτιμών των αποτελεσμάτων του πειράματος στο 'The Forge'

Ορίστηκε λοιπόν να ολοκληρωθεί η διαδικασία μετά την εξαγωγή δύο ανεξάρτητων παραγόντων οι οποίοι μετά την περιστροφή (varimax) του αρχικού πίνακα ήταν οι SMOOTHNESS και CLARITY. Η ταυτότητα των δύο παραγόντων και το τυπικό σφάλμα φόρτισης για καθέναν από αυτούς παρουσιάζονται στους

Πιν. 18 και Πιν. 19 αντίστοιχα. Τα αναλυτικά αποτελέσματα που προέκυψαν από το πείραμα παρουσιάζονται πινακοποιημένα στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ενότητα 7.2.1.2.2).

Παρατηρώντας τους σχετικούς πίνακες γίνεται σαφές ότι στα αποτελέσματα των δύο πειραμάτων εντοπίζονται αρκετές ομοιότητες. Αυτό οδήγησε στην υπόθεση ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στο μηχανισμό της αντίληψης μεταξύ των δύο ομάδων ακροατών που συμμετείχαν, παρά το γεγονός ότι επρόκειτο για δύο ακροατήρια διαφορετικού πολιτισμικού υπόβαθρου μεταξύ των.

Πιν. 18 Αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες στο πείραμα του 'The Forge'

Factor	Associated Scales	Factor Loadings	Percentage of Variance (%)
SMOOTHNESS	smooth - harsh	0.95	32.01
	harsh - velvety	-0.95	
	gentle - harsh	0.86	
	smooth - rough	0.81	
	clear - noisy	0.79	
	smooth - sharp	0.72	
	colored - dark	0.65	
	full bodied - thin	0.58	
CLARITY	colored - dark	0.58	30.5
	clear - dull	0.93	
	brilliant - dim	0.88	
	near - remote	0.84	
	dark - bright	-0.72	
	clear - blurred	0.72	
	live - dead	0.71	
	preffered - not preffered	0.57	
Cumulative Percentage Variance:			62.51

Πιν. 19 Τυπικό σφάλμα φόρτισης για επίπεδο σημαντικότητας 1% στο πείραμα του 'The Forge'

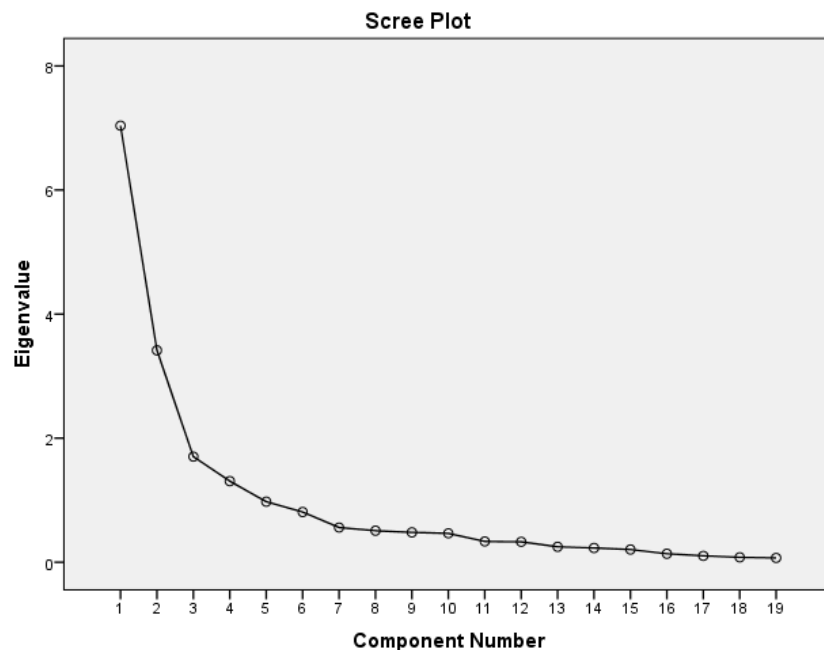
Factor	Standard Error of Loading
SMOOTHNESS	0.549
CLARITY	0.563

Με βάση αυτή την υπόθεση, στη συνέχεια συγκεντρώθηκαν όλα μαζί τα δεδομένα από τις απαντήσεις και των δύο αιθουσών και έγινε νέα ανάλυση κατά παράγοντες. Μετά την περιστροφή (varimax) του αρχικού πίνακα παραγόντων προέκυψαν οι τρεις ανεξάρτητοι παράγοντες (CLARITY, SMOOTHNESS, PROXIMITY).

Πιο κάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα ιδιοτιμών (Σχ. 12), ο πίνακας των παραγόντων μετά την περιστροφή (Πιν. 20) και το τυπικό σφάλμα φόρτισης για καθέναν από τους εξαχθέντες παράγοντες (Πιν. 21).

Επίσης στα Σχ. 13, Σχ. 14 και Σχ. 15 απεικονίζονται γραφικά ανά ζεύγη οι ανεξάρτητοι παράγοντες με τις μεταβλητές που τους συνθέτουν.

Τα αναλυτικά αποτελέσματα που προέκυψαν από το πείραμα παρουσιάζονται πινακοποιημένα στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ενότητα 7.2.1.2.3).



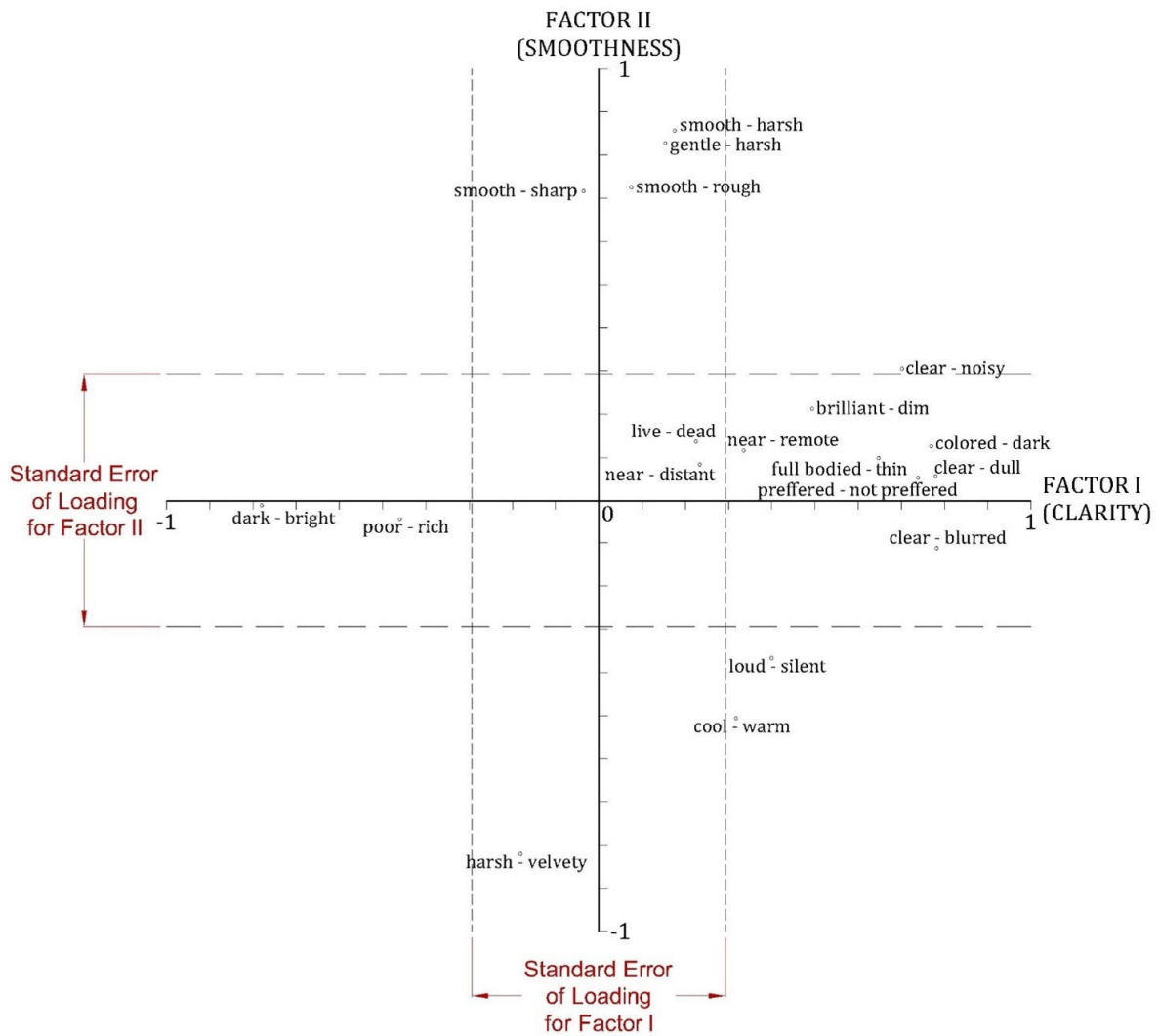
Σχ. 12 Διάγραμμα ιδιοτιμών των αποτελεσμάτων της ανάλυσης των συγχωνευμένων δεδομένων

Πιν. 20 Αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες στα συγχωνευμένα δεδομένα

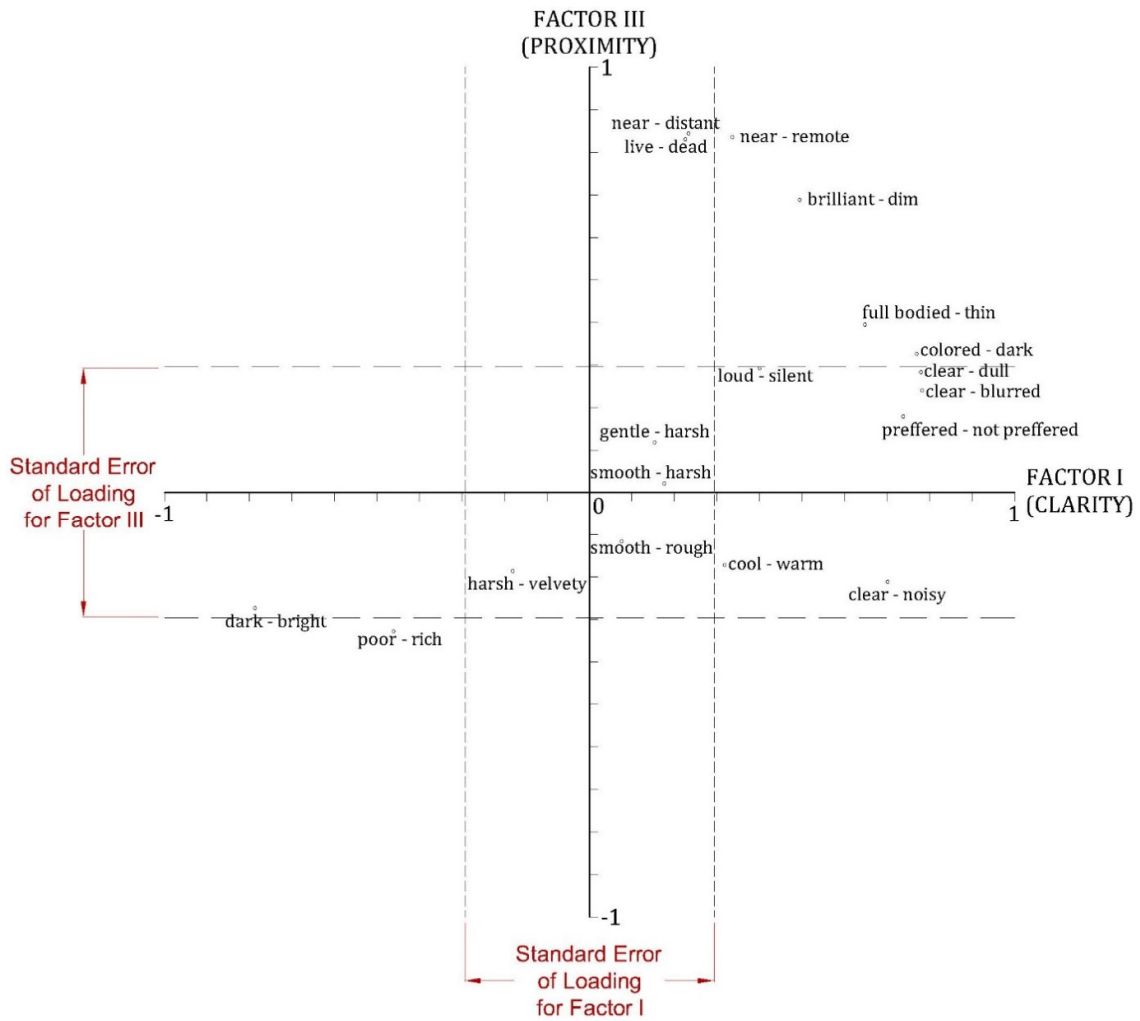
Factor	Associated Scales	Factor Loadings	Percentage of Variance (%)
CLARITY	dark - bright	-0.79	25.85
	clear - blurred	0.78	
	clear - dull	0.78	
	colored - dark	0.77	
	preferred - not preferred	0.74	
	clear - noisy	0.70	
	full bodied - thin	0.65	
	brilliant - dim	0.49	
SMOOTHNESS	smooth - harsh	0.86	19.74
	gentle - harsh	0.83	
	harsh - velvety	-0.82	
	smooth - rough	0.73	
	smooth - sharp	0.72	
	cool - warm	-0.52	
PROXIMITY	near - distant	0.84	18.39
	near - remote	0.84	
	live - dead	0.83	
	brilliant - dim	0.69	
Cumulative Percentage Variance:			63.97

Πιν. 21 Τυπικό σφάλμα φόρτισης για επίπεδο σημαντικότητας 1% στα συγχωνευμένα δεδομένα

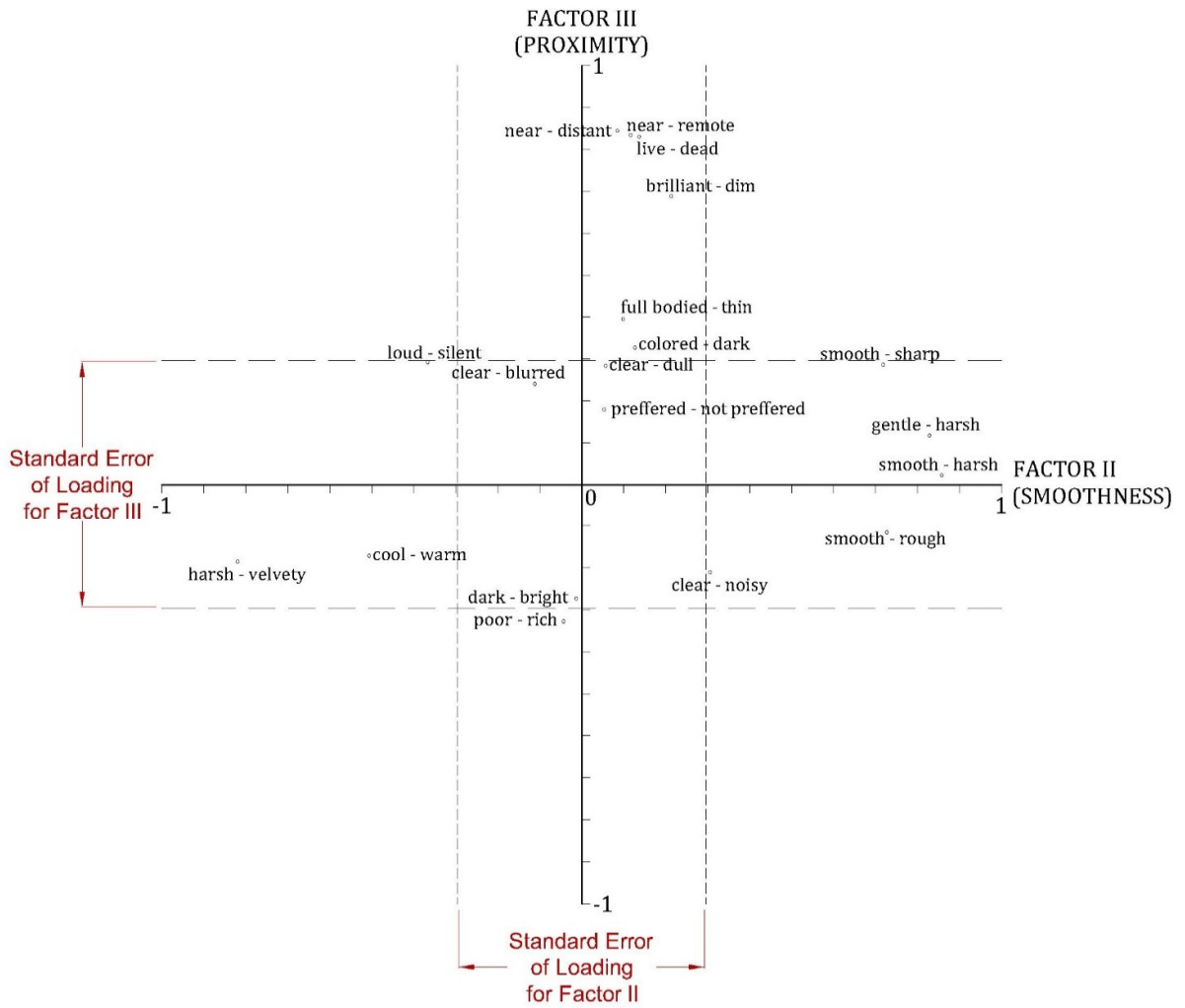
Factor	Standard Error of Loading
CLARITY	0.293
SMOOTHNESS	0.294
PROXIMITY	0.296



Σχ. 13 Γραφική απεικόνιση των παραγόντων I και II που προέκυψαν από την ανάλυση κατά παράγοντες στα συγχωνευμένα δεδομένα του πειράματος



Σχ. 14 Γραφική απεικόνιση των παραγόντων I και III που προέκυψαν από την ανάλυση κατά παράγοντες στα συγχωνευμένα δεδομένα του πειράματος



Σχ. 15 Γραφική απεικόνιση των παραγόντων II και III που προέκυψαν από την ανάλυση κατά παράγοντες στα συγχωνευμένα δεδομένα του πειράματος

Στη συνέχεια έγινε ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) των σκορ κάθε παράγοντα ως προς την ανεξάρτητη μεταβλητή “αίθουσα”. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πιν. 22. Διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στα σκορ των παραγόντων από αίθουσα σε αίθουσα.

Πιν. 22 Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) των σκορ των παραγόντων με ανεξάρτητη μεταβλητή την αίθουσα

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
F1	Between Groups	.235	1	.235	.233	.631
	Within Groups	64.765	64	1.012		
	Total	65.000	65			
F2	Between Groups	3.889	1	3.889	4.073	.048
	Within Groups	61.111	64	.955		
	Total	65.000	65			
F3	Between Groups	1.729	1	1.729	1.749	.191
	Within Groups	63.271	64	.989		
	Total	65.000	65			

3.4.6 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Η εξαγωγή ανεξάρτητων παραγόντων επιβεβαιώνει και σε αυτό το πείραμα τις δύο αρχικές υποθέσεις της παρούσας εργασίας: δηλαδή, ότι αφενός ότι οι προσδιορισμοί που χρησιμοποιούνται στις κλίμακες αξιολόγησης αναφέρονται σε έναν πολύ μικρότερο αριθμό ανεξάρτητων υποκειμενικών ιδιοτήτων της ακουστικής των αιθουσών μουσικής jazz, και αφετέρου ότι η αντίληψη της ακουστικής κατά τη διάρκεια συναυλιών μουσικής jazz δεν αποτελεί μονοδιάστατη εμπειρία.

Επίσης επιβεβαιώνεται η υπόθεση ότι υπάρχουν κοινές συνιστώσες αντίληψης της ακουστικής μεταξύ της ακρόασης ηχογραφημένων και ζωντανών συναυλιών jazz. Οι τρεις παράγοντες που εξήχθησαν στο πείραμα αντίληψης που διεξήχθη σε φυσικούς χώρους παρουσιάζουν ομοιότητες με εκείνους που προέκυψαν στο πείραμα με την ηχογραφημένη μουσική. Προφανώς δεν τίθεται θέμα ταύτισης των παραγόντων αφού οι δύο σειρές πειραμάτων διεξήχθησαν με διαφορετικές κλίμακες αξιολόγησης, ωστόσο είναι σαφές ότι ουσιαστικά αναφέρονται στις ίδιες συνιστώσες αντίληψης. Αυτός είναι και ο λόγος που χρησιμοποιήθηκαν κοινές ονομασίες. Υπενθυμίζεται ότι κοινές συνιστώσες αντίληψης της ακουστικής μεταξύ της ακρόασης ηχογραφημένων και ζωντανών συναυλιών έχει προκύψει και για την περίπτωση της κλασικής μουσικής [Sotiropoulou et al 1995].

Ωστόσο στα αποτελέσματα του πειράματος κατά την ακρόαση ζωντανής μουσικής jazz απουσιάζει ο παράγοντας RICHNESS που είχε εξαχθεί στο αντίστοιχο πείραμα με την ακρόαση ηχογραφημάτων. Σημειώνεται ότι στην περίπτωση της κλασικής μουσικής ο αντίστοιχος παράγοντας είχε προκύψει και στους δύο τρόπους ακρόασης [Sotiropoulou et al, 1995]. Το ότι ο παράγοντας αυτός δεν εξήχθη στο συγκεκριμένο πείραμα δεν σημαίνει απαραίτητα ότι δεν υφίσταται ως συνιστώσα της αντίληψης. Σημαίνει μόνο ότι ο τρόπος με τον οποίο οι συγκεκριμένοι ακροατές αποτύπωσαν την ακουστική τους εμπειρία στις δεδομένες συνθήκες δεν ανέδειξε την ύπαρξη τέτοιου παράγοντα. Βέβαια προκύπτει και μια ένδειξη ότι στα συγκεκριμένα πειράματα ο παράγοντας RICHNESS ενδεχομένως συνδέθηκε περισσότερο με την ακουστική ποιότητα του ηχοσυστήματος αναπαραγωγής και όχι με εκείνη των αιθουσών.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των πειραμάτων μεταξύ των δύο χώρων παρατηρείται ότι οι παράγοντες CLARITY και SMOOTHNESS, αν και δεν είναι ταυτόσημοι,

παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ομοιότητα αφού αποτελούνται κατά κύριο λόγο από τις ίδιες κλίμακες. Οι διαφορές στις σχετικές θέσεις μεταξύ των κλιμάκων με υψηλή φόρτιση, καθώς και η διαφοροποίηση στις τελευταίες και πιο αδύναμες κλίμακες είναι ερμηνεύσιμες από το μέγεθος του δείγματος. Ως εκ τούτου οι παράγοντες αυτοί αντιμετωπίζονται ως κοινοί και γι' αυτό τους δόθηκε η ίδια ονομασία. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης αφού δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά στους εν λόγω παράγοντες από αίθουσα σε αίθουσα. Η εξαγωγή κοινών παραγόντων στα αποτελέσματα των δύο πειραμάτων είναι πολύ ενδιαφέρουσα δεδομένου ότι οι δύο χώροι είχαν διαφορετικά φυσικά ακουστικά χαρακτηριστικά και τα ακροατήρια διαφορετικό πολιτισμικό υπόβαθρο.

Μια βασική διαφορά που εντοπίζεται μεταξύ των κοινών παραγόντων είναι ότι η κλίμακα 'clear - noisy' στην περίπτωση του "Half Note" εμφανίστηκε στον παράγοντα CLARITY ενώ σε εκείνη του "The Forge" στον παράγοντα SMOOTHNESS. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων στην αίθουσα της Αθήνας το ακροατήριο ήταν μεγαλύτερο και πιο θορυβώδες από το αντίστοιχο της αίθουσας του Λονδίνου. Ο θόρυβος του ακροατηρίου στο "Half Note" είναι πιθανό να επηρέασε το βαθμό που ήταν ευδιάκριτοι οι ήχοι της ορχήστρας και αυτό οδήγησε στη συσχέτιση της κλίμακας 'clear - noisy' με τις άλλες που αναφέρονταν στη διαύγεια του ήχου δίνοντας της μάλιστα την υψηλότερη φόρτιση στον παράγοντα CLARITY. Αντίθετα στο "The Forge" το σχετικά ήσυχο περιβάλλον οδήγησε τους ακροατές να ερμηνεύσουν την έννοια του 'noisy' όχι με αναφορά στο θόρυβο του περιβάλλοντος αλλά ως έναν ήχο που δεν είναι ομαλός κατ' αντιστοιχία με την ερμηνεία που δόθηκε και στο πείραμα με την ηχογραφημένη μουσική (ενότητα 3.3.7).

Το γεγονός ότι στην περίπτωση του "The Forge" δεν εξήχθη ο παράγοντας PROXIMITY μπορεί να οφείλεται στον μεγαλύτερο όγκο της λονδρέζικης αίθουσας που ενδεχομένως να προκάλεσε απουσία διακύμανσης στην αίσθηση της απόστασης, ή (το πιθανότερο) στο ότι το δείγμα ήταν σχετικά μικρό.

Η κλίμακα 'live - dead' συσχετίστηκε με τις κλίμακες 'near - distant' και 'near - remote' που δηλώνουν εγγύτητα, διαμορφώνοντας τον παράγοντα PROXIMITY. Το ακροατήριο δηλαδή έδωσε μία εντελώς διαφορετική ερμηνεία στη συγκεκριμένη κλίμακα που συνήθως συνδέεται με την αντίληψη της αντήχησης, θεωρώντας ζωντανό έναν κοντινό ήχο και νεκρό έναν ήχο απόμακρο.

Η παρουσία της κλίμακας 'brilliant – dim' στον παράγοντα PROXIMITY εκτιμάται ότι σχετίζεται με τα οπτικά ερεθίσματα και όχι με τα ακουστικά.

Το αθροιστικό ποσοστό της συνολικής διακύμανσης που αντιπροσωπεύει η παρούσα δομή των τεσσάρων παραγόντων είναι 60.99 %. Αυτό σημαίνει ότι πολύ περισσότερο από το ήμισυ της διακύμανσης των υποκειμενικών δεδομένων αντιστοιχεί σε κοινές απόψεις μεταξύ των υποκειμένων σχετικά με την ακουστική των χώρων ακροατηρίου μουσικής jazz.

Εν κατακλείδι οι τρεις ανεξάρτητοι παράγοντες CLARITY, SMOOTHNESS και PROXIMITY παρουσιάζουν ομοιότητες με παράγοντες που έχουν εξαχθεί σε προηγούμενες εργασίες και αφορούσαν την αντίληψη της ακουστικής κατά την ακρόαση ηχογραφημένης ή ζωντανής μουσικής διαφορετικών ειδών. Η αναλυτική ερμηνεία τους και η αντιστοιχία τους με ευρήματα παλαιότερων εργασιών αναπτύχθηκε παραπάνω (ενότητα 3.3.7).

Το πείραμα αντίληψης της ακουστικής κατά την ακρόαση συναυλιών μουσικής jazz και μέρος των παραπάνω σχολίων και συμπερασμάτων παρουσιάστηκαν στο συνέδριο Auditorium Acoustics που διοργανώθηκε από το Institute of Acoustics (IOA) στο Δουβλίνο το Μάιο του 2011 [Sotiropoulou et al 2011a] και δημοσιεύτηκε στο περιοδικό Acoustics Bulletin [Sotiropoulou et al 2011b].

3.5 Η ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΜΟΥΣΙΚΟΥΣ ΤΗΣ JAZZ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΟΥΣ

Είναι προφανές ότι ο σχεδιασμός μιας αίθουσας ακροατηρίου μουσικής πρέπει να λαμβάνει υπόψη την εξασφάλιση καλών ακουστικών συνθηκών όχι μόνο για τους ακροατές αλλά και για την ορχήστρα αφού από αυτή εξαρτάται αρχικά η ποιότητα της παραγόμενης μουσικής. Ωστόσο, ακόμα και για την κλασική μουσική, που έχει γίνει πολλή δουλειά πάνω στον ακουστικό σχεδιασμό των αιθουσών, η έρευνα σχετικά με την αντίληψη των μουσικών και της απαιτήσεως του χώρου της σκηνής ξεκίνησε πολύ αργότερα και είναι ακόμα εν εξελίξει. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, αν και ο γενικός προσανατολισμός είναι η αντίληψη της ακουστικής κατά την ακρόαση μουσικής jazz θεωρήθηκε ενδιαφέρον να διεξαχθεί ένα παράλληλο πείραμα διερεύνησης της αντίληψης της ακουστικής, αυτή τη φορά σε μουσικούς της jazz κατά τη διάρκεια της ερμηνείας τους.

3.5.1 Τα ερωτηματολόγια

Για τη διεξαγωγή και αυτού του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν έντυπα ερωτηματολόγια που απαρτίζονταν από σημειολογικές κλίμακες αξιολόγησης παρόμοια με εκείνα του προηγούμενου πειράματος. Ωστόσο, αναγνωρίζοντας ότι ο τρόπος που οι μουσικοί αντιλαμβάνονται την ακουστική κατά τη διάρκεια της ερμηνείας τους είναι διαφορετικός από εκείνον των ακροατών, η επιλογή των κλιμάκων προσαρμόστηκε στη νέα συνθήκη. Έτσι λοιπόν προστέθηκαν επτά νέες μεταβλητές. Πρόκειται για κλίμακες που είχαν προκύψει από απαντήσεις μουσικών στο προκαταρκτικό πείραμα αλλά δεν παρουσίασαν υψηλές φορτίσεις στην επόμενη φάση (με την ηχογραφημένη μουσική) και απορρίφθηκαν. Για τις κλίμακες αυτές θεωρήθηκε πως παρά το γεγονός ότι δεν αναδείχθηκαν ως σημαντικές στον προσδιορισμό της αντίληψης των ακροατών, ενδέχεται να έχουν αξία για την περιγραφή της αντίληψης των ερμηνευτών. Επίσης προστέθηκε η μεταβλητή 'stage acoustics supports the playing - does not support the playing', η οποία δεν εκφράζει ακουστική ποιότητα, αλλά αναφέρεται στην έννοια του 'support' που έχει προκύψει από την έρευνα του Gade σχετικά με την αντίληψη των μουσικών (βλ. ενότητα 2.2). Τέλος επειδή λόγω των παραπάνω προσθηκών αυξήθηκε ο αριθμός των κλιμάκων αξιολόγησης κρίθηκε αναγκαία η εξαίρεση κάποιων από αυτές ώστε το τελικό πλήθος τους να διατηρηθεί σε επίπεδα που καθιστούν το πείραμα

πρακτικά εφαρμόσιμο. Επιλέχθηκαν αυθαίρετα πέντε μεταβλητές, μεταξύ των οποίων ήταν εκείνες που σχετίζονταν με τον παράγοντα PROXIMITY. Ειδικά γι' αυτές θεωρήθηκε ότι η αντίληψη της απόστασης δεν έχει νόημα για την περίπτωση των μουσικών ούτε έχει προκύψει σχετικός παράγοντας σε αντίστοιχα πειράματα για κλασική μουσική όπου μάλιστα οι αποστάσεις στη σκηνή είναι πολύ μεγαλύτερες από εκείνες των χώρων ακροατηρίου jazz. Η τελική λίστα αποτελούνταν από τις είκοσι δύο σημειολογικές κλίμακες αξιολόγησης που παρουσιάζονται στον Πιν. 23.

Πιν. 23 Οι είκοσι δύο κλίμακες αξιολόγησης του πειράματος αντίληψης της ακουστικής κατά την ερμηνεία μουσικής jazz.

clear	- dull
loud	- silent
smooth	- sharp
broad	- narrow
dark	- brilliant
reverberant	- non reverberant
smooth	- harsh
crystal	- muddy
full bodied	- thin
noisy	- clear
bright	- dark
harsh	- velvety
live	- dead
dark	- transparent
rough	- smooth
clear	- blurred
dead	- resonant
balanced	- unbalanced
brilliant	- dim
woody	- metallic
preferred	- not preferred
stage acoustics supports the playing	- stage acoustics does not support the playing

Τα ερωτηματολόγια διανεμήθηκαν στους μουσικούς ερμηνευτές πριν από την έναρξη των συναυλιών και ζητήθηκε από αυτούς να τα συμπληρώσουν αμέσως μετά το πέρας της συναυλίας ή στο διάλειμμα εφόσον υπήρχε. Επιδιώχθηκε με αυτόν τρόπο, η καταγραφή της αντίληψης να γίνει όσο η ακουστική τους εμπειρία ήταν ακόμα σχετικά πρόσφατη, σαφής και απαλλαγμένη από ξένα ερεθίσματα ελαχιστοποιώντας έτσι το τυχαίο σφάλμα και εξασφαλίζοντας την κατά το δυνατόν ακριβέστερη αποτύπωση της κρίσης τους. Είναι προφανής ο περιορισμός ότι η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων κατά τη διάρκεια της ερμηνείας ήταν πρακτικά αδύνατη.

3.5.2 Χώροι διεξαγωγής

Το πείραμα διεξήχθη κατά τη διάρκεια οκτώ jazz συναυλιών σε έξι αίθουσες των Αθηνών. Πρόκειται για τις αίθουσες “Δημήτρης Μητρόπουλος” και “Banquet” του Μεγάρου Μουσικής Αθηνών και τις μουσικές σκηνές “The Party Bar”, “Jazz Point”, “Κεραμείο” και “1002 Νύχτες”.

Για τις δύο πρώτες από τις παραπάνω αίθουσες έχει γίνει ακουστική μελέτη αλλά όχι για χρήση αίθουσας μουσικής jazz. Η αίθουσα Δημήτρης Μητρόπουλος που έχει πάρει το όνομά της εις μνήμη του σπουδαίου Έλληνα αρχιμουσικού και είναι μία από τις διασημότερες αίθουσες του Μεγάρου Μουσικής Αθηνών είναι σχεδιασμένη για να φιλοξενεί μουσική δωματίου και για τη χρήση αυτή η ακουστική της θεωρείται εξαιρετική. Ωστόσο συχνά χρησιμοποιείται και για άλλα είδη μουσικής, παραστάσεις χορού ακόμη και συνέδρια. Ο όγκος της αίθουσας είναι περίπου 3560 m³ και η χωρητικότητά της 450 άτομα. Η αίθουσα Banquet είναι μία αίθουσα πολλαπλών χρήσεων και ως τέτοια έχει μελετηθεί ακουστικά. Χρησιμοποιείται κυρίως για συνέδρια, ημερίδες, παρουσιάσεις κλπ. αλλά συχνά φιλοξενεί θεατρικές παραστάσεις καθώς και συναυλίες διαφόρων μουσικών ειδών μεταξύ των οποίων και jazz. Η επιφάνεια της αίθουσας είναι 1025 m² και ο όγκος της περίπου 8200 m³. Τα καθίσματα των ακροατών είναι μετακινούμενα και ανάλογα με τη διάταξή τους η χωρητικότητα της αίθουσας κυμαίνεται από 630 έως 1000 άτομα.

Για τις άλλες τέσσερις αίθουσες δεν έχει γίνει καθόλου ακουστική μελέτη. Ο συνολικός σχεδιασμός τους και η κατασκευή έχει γίνει βάση άλλων κριτηρίων πλην της ακουστικής, ενώ πιθανές παρεμβάσεις ή στοιχεία σχεδιασμού που σχετίζονται με την ακουστική έχουν γίνει είτε διαισθητικά είτε αντιγράφοντας άλλους παρόμοιους χώρους. Το “The

Party Bar” είναι ένα τυπικό jazz club στην περιοχή Ψυρρή. Ο όγκος της αίθουσας είναι περίπου 800 m³ και η χωρητικότητά της είναι περίπου 150 άτομα. Το “Jazz Point” βρίσκεται στην οδό Ακαδημίας, έχει όγκο περίπου 800 m³ και η χωρητικότητά περίπου 200 άτομα. Το “Κεραμείο” βρίσκεται στο Μεταξουργείο έχει όγκο 350 m³ και χωρητικότητά της περίπου 150 άτομα. Το bar “1002 νύχτες” είναι ένας χώρος στην περιοχή Ψυρρή που φιλοξενεί κυρίως μουσικά σχήματα που παίζουν παραδοσιακή μουσική κυρίως με ελληνική και ανατολική χροιά αλλά την περίοδο διεξαγωγής του πειράματος συνήθιζε να έχει μία ημέρα την εβδομάδα μουσική jazz. Ο όγκος της αίθουσας είναι περίπου 250 m³ και η χωρητικότητά της είναι περίπου 100 άτομα.

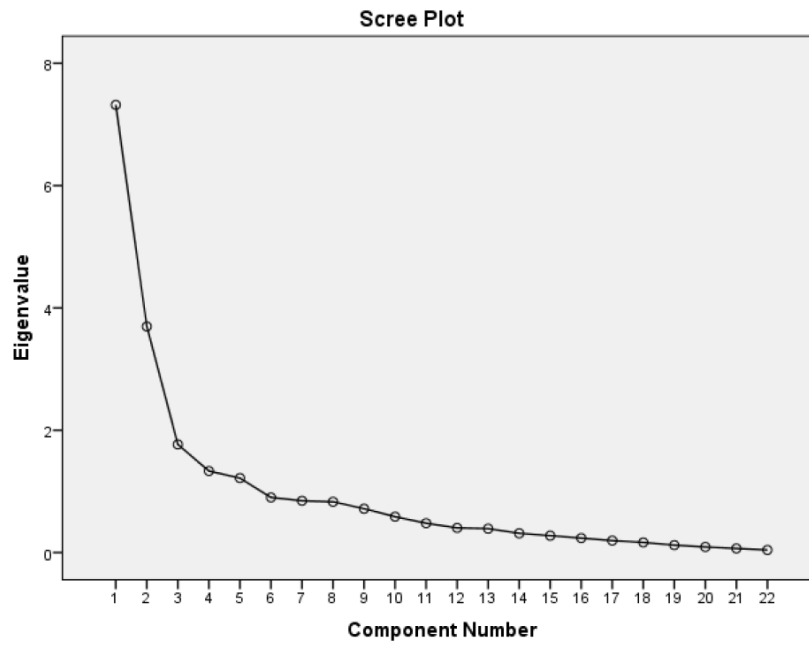
Το ρεπερτόριο ήταν αντιπροσωπευτικό της jazz περιλαμβάνοντας διάφορα είδη όπως hardbop, bebop, latin jazz, κ ά.

3.5.3 Πληθυσμιακή ομάδα

Στο πείραμα συμμετείχαν πενήντα ερμηνευτές της jazz, όλοι άνδρες, ηλικίας 25 – 65 ετών, διαφόρων εθνικοτήτων. Υπήρχε μεγάλη ποικιλία στα όργανα που έπαιζαν καλύπτοντας ένα τυπικό φάσμα της jazz μουσικής (πιάνο, κοντραμπάσο, ηλεκτρικό μπάσο, τύμπανα, κρουστά, σαξόφωνο, τρομπέτα, ηλεκτρική κιθάρα, βιολί, φωνητικά).

3.5.4 Ανάλυση και αποτελέσματα

Μετά τη συγκέντρωση των συμπληρωμένων ερωτηματολογίων, οι απαντήσεις μετατράπηκαν σε αριθμητικές τιμές κανονικοποιημένες ως προς μία εκατονταβάθμια κλίμακα. Ακολούθως έγινε ανάλυση κατά παράγοντες από την οποία προέκυψαν τρεις ανεξάρτητοι παράγοντες αντίληψης στους οποίους δόθηκαν τα ονόματα NOISINESS, LIVENESS και SMOOTHNESS. Το διάγραμμα ιδιοτιμών της ανάλυσης παρουσιάζεται στο Σχ. 16. Η ταυτότητα των παραγόντων μετά την περιστροφή (varimax) του αρχικού πίνακα παρουσιάζεται στον Πιν. 24, ενώ το τυπικό σφάλμα φόρτισης για κάθε παράγοντα παρουσιάζονται στον Πιν. 25.



Σχ. 16 Διάγραμμα ιδιοτιμών των αποτελεσμάτων του πειράματος αντίληψης της ακουστικής από ερμηνευτές μουσικής jazz

Πιν. 24 Αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες

Factor	Associated Scales	Factor Loadings	Percentage of Variance (%)
NOISINESS	noisy - clear	0.83	29.8
	balanced - unbalanced	-0.71	
	reverberant - non-reverberant	0.70	
	harsh - velvety	0.65	
	rough - smooth	0.63	
	dead - resonant	-0.62	
	cold - warm	0.57	
	loud - silent	0.56	
	smooth - sharp	-0.56	
	supportive - non-supportive	-0.50	
LIVENESS	live - dead	0.79	19.0
	dark - brilliant	-0.78	
	bright - dark	0.73	
	dark - transparent	-0.72	
	preferred - non-preferred	0.66	
	full bodied - thin	0.61	
	clear - blurred	0.59	
	brilliant - dim	0.58	
SMOOTHNESS	smooth - harsh	0.73	14.8
	broad - narrow	0.72	
	smooth - sharp	0.69	
	crystal - muddy	0.63	
	clear - dull	0.50	
Cumulative Percentage Variance:			63.6

Πιν. 25 Τυπικό σφάλμα φόρτισης για επίπεδο σημαντικότητας 1%

Factor	Standard Error of Loading
NOISINESS	0.361
LIVENESS	0.365
SMOOTHNESS	0.369

Στη συνέχεια έγινε ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) στα σκορ κάθε παράγοντα ως προς την ανεξάρτητη μεταβλητή “αίθουσα”. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πιν. 26. Διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στις απαντήσεις από αίθουσα σε αίθουσα.

Πιν. 26 Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) των σκορ των παραγόντων με ανεξάρτητη μεταβλητή την αίθουσα

Factor	F-ratio	Significance
NOSINESS	2.705	0.210
LIVENESS	1.829	0.107
SMOOTHNESS	2.456	0.033

3.5.5 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες επιβεβαίωσαν πως η αρχική υπόθεση, ότι οι προσδιορισμοί που χρησιμοποιούνται στις κλίμακες αξιολόγησης αναφέρονται σε έναν πολύ μικρότερο αριθμό ανεξάρτητων υποκειμενικών ιδιοτήτων της ακουστικής, ισχύει και για την περίπτωση των ερμηνευτών της jazz. Επαληθεύτηκε επίσης ότι η αντίληψη της ακουστικής κατά τη διάρκεια ερμηνείας μουσικής jazz δεν αποτελεί μονοδιάστατη εμπειρία.

Από την εξαγωγή των παραγόντων διακρίνεται η ιδιαιτερότητα της αντίληψης της ακουστικής κατά την ερμηνεία της jazz και η διαφοροποίησή της από εκείνη κατά την ακρόαση.

Ο πρώτος παράγοντας (NOISINESS) έδειξε ότι έννοιες όπως ‘noisy – clear’, ‘reverberant – non reverberant’, ‘harsh – velvety’ συνδιακυμάνθηκαν με υψηλές φορτίσεις υποδηλώνοντας ότι αναφέρονται σε μία κοινή συνιστώσα της αντίληψης. Ένας ήχος δηλαδή που έγινε αντιληπτός ως αντηχητικός (‘reverberant’) έγινε επίσης αντιληπτός

ως θορυβώδης ('noisy'), τραχύς ('harsh'). Εδώ φαίνεται ότι έννοιες που εντοπίστηκαν σε διαφορετικούς παράγοντες αντίληψης στην περίπτωση των ακροατών ζωντανής ή ηχογραφημένης jazz μουσικής και αφορούσαν αφενός στην διαύγεια και αφετέρου στην ισορροπία και την τραχύτητα του ήχου, στην περίπτωση των ερμηνευτών συνδιακυμάνθηκαν και συνδέθηκαν με την αντίληψη της αντήχησης.

Προφανώς ο όρος 'clear' της μεταβλητής ('noisy – clear'), που έχει και την υψηλότερη φόρτιση στον παράγοντα, δεν αναφέρεται στη γενική έννοια της διαύγειας του ήχου αλλά στην απουσία θορύβου. Αυτό εκτιμάται ότι σχετίζεται με το ρόλο του ακροατηρίου της jazz που, σε αντίθεση με τις συναυλίες κλασικής μουσικής, είναι πιο ενεργό και συχνά θορυβώδες. Ο θόρυβος αυτός μάλιστα γίνεται ακόμη πιο έντονος σε ένα αντηχητικό περιβάλλον κάτι που ερμηνεύει τη συνδιακύμανση της μεταβλητής 'noisy – clear' με εκείνες που σχετίζονται με την υποκειμενική αντήχηση ('reverberant – non reverberant', 'dead – resonant'). Αξίζει να αναφερθεί ότι στις περισσότερες περιπτώσεις κατά τη διεξαγωγή του συγκεκριμένου πειράματος το ακροατήριο ήταν πράγματι σχετικά θορυβώδες. Στην ανάδειξη της παραπάνω συσχέτισης ενδεχομένως συνέβαλε και το γεγονός ότι στους χώρους διεξαγωγής υπήρχε μεγάλη διακύμανση στο χρόνο αντήχησης.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η συνδιακύμανση των παραπάνω με τις έννοιες 'balanced – unbalanced' και 'supportive – non supportive'. Τα πρόσημα των επιθετικών προσδιορισμών αυτών δείχνουν πως οι ερμηνευτές έκριναν ότι ο αντηχητικός ('reverberant') ήχος είναι μη ισορροπημένος ('non balanced') και δεν υποστηρίζει την ερμηνεία ('non supportive'). Φαίνεται όμως ότι εδώ η ισορροπία δεν αναφέρεται στη σχέση μεταξύ περιοχών συχνοτήτων όπως στην περίπτωση της αντίληψης των ακροατών αλλά μεταξύ απευθείας και αντηχητικού ήχου. Επισημαίνεται ότι ο Gade [1989a] σε αυτή ακριβώς την αντικειμενική σχέση έχει αποδώσει την υποκειμενική έννοια του 'support' για τους ερμηνευτές κλασικής μουσικής διατυπώνοντας τους δείκτες ST_{early} και ST_{late} ως ποιοτικά κριτήρια της ακουστικής της σκηνής των αιθουσών που έχουν ενταχθεί και στο σχετικό διεθνές πρότυπο [ISO 3382].

Οι μεταβλητές 'harsh – velvety', 'rough – smooth', 'smooth – sharp' που στα προηγούμενα πειράματα συνδέονταν με την τονική ποιότητα, στην περίπτωση του εν λόγω παράγοντα φαίνεται να συνδέονται με την ευκολία ή τη δυσκολία στο παίξιμο. Δηλαδή ένας χώρος με θόρυβο και αντήχηση αξιολογείται ως 'harsh' ενώ ένας χώρος ήσυχος που ευνοεί το παίξιμο αξιολογείται ως 'smooth'.

Το πρόσημο της μεταβλητής 'loud – silent' δείχνει ότι, σύμφωνα με την αντίληψη των μουσικών που συμμετείχαν στο πείραμα, ένας ήχος που είναι δυνατός ('loud') είναι επίσης θορυβώδης ('noisy') και αντηχητικός ('reverberant'). Φαίνεται ότι οι ερμηνευτές μέσω της μεταβλητής αυτής αποτύπωσαν την αντίληψή τους όχι αναφερόμενοι στην στάθμη της μουσικής, αλλά στην στάθμη του ακουστικού περιβάλλοντος στο οποίο καλούνται να εισάγουν τον ήχο τους παίζοντας, δηλαδή το θόρυβο βάθους και το αντηχητικό πεδίο.

Σε αυτόν τον παράγοντα διακρίνεται γενικά η ύπαρξη μιας αρνητικής συνιστώσας στην αντίληψη της αντήχησης που την θέτει ως στοιχείο που δυσχεραίνει την ερμηνεία της μουσικής. Όπως ήδη αναφέρθηκε ένας λόγος είναι σίγουρα η αύξηση του θορύβου όπως υποδεικνύεται και από τη μεταβλητή 'noisy – clear' που είχε και τη μεγαλύτερη φόρτιση στον παράγοντα. Ενδέχεται όμως η αρνητική συμβολή της αντήχησης να συνδέεται και με άλλα στοιχεία που πιθανό να σχετίζονται με την ιδιαιτερότητα της μορφολογίας της jazz μουσικής όπως ο αυτοσχεδιασμός, η γρήγορη φρασεολογία, ο ρόλος των οργάνων κλπ. Υπενθυμίζεται η σχετική διαπίστωση του Wynton Marsalis που αναφέρθηκε στην εισαγωγή της παρούσας εργασίας.

Στο δεύτερο παράγοντα (LIVENESS - BRILLIANCE) παρουσιάζεται με τη μεγαλύτερη φόρτιση η μεταβλητή 'live – dead' η οποία είναι πολύ συνήθης στο λεξιλόγιο των μουσικών και συνδέεται με το πόσο αντηχητικός είναι ένας χώρος με την έννοια του πόσο αντιδρά σε έναν παραγόμενο ήχο. Στον ίδιο παράγοντα υπάρχουν μεταβλητές όπως 'dark – brilliant', 'bright – dark', 'clear – blurred' κλπ που μέχρι τώρα ήταν γνωστές ως στοιχεία του παράγοντα CLARITY.

Είναι πολύ ενδιαφέρον το γεγονός ότι ενώ στον δεύτερο αυτό παράγοντα έχουν συγκεντρωθεί σχεδόν όλες οι κλίμακες αξιολόγησης που σχετίζονται με την διαύγεια και την ευκρίνεια του ήχου απουσιάζει η μεταβλητή 'noisy – clear' η οποία εμφανίστηκε στον πρώτο παράγοντα και μάλιστα με τη μεγαλύτερη φόρτιση. Επίσης στον πρώτο παράγοντα δεν υπάρχει καμία άλλη σχετική μεταβλητή πλην αυτής. Επιβεβαιώνεται έτσι η διπλή ερμηνεία της έννοιας της διαύγειας του ήχου που αναφέρθηκε και στα προηγούμενα πειράματα. Φαίνεται ότι οι μουσικοί κατά την ερμηνεία τους διαχωρίζουν με μεγάλη σαφήνεια και ανεξαρτησία την καθαρότητα με την έννοια ενός ήχου απαλλαγμένου από τον θόρυβο σε σχέση με έναν ήχο που δεν είναι θολός ή ασαφής λόγω της φύσης του ή της επιρροής του χώρου.

Οι ερμηνευτές έκριναν επίσης ότι ένας 'ζωντανός' (live) ήχος είναι ταυτόχρονα 'φωτεινός' ('bright') και 'καθαρός' ('clear') ενώ αντιθέτως ένας 'νεκρός' ('dead') ήχος είναι 'σκοτεινός' ('dark') και 'μπερδεμένος' ('blurred'). Αυτό εκ πρώτης όψεως έρχεται σε αντίθεση με την καθιερωμένη άποψη για την έννοια της υποκειμενικής αντήχησης και τη σχέση της με την αντίληψη της διαύγειας. Επίσης κρίνοντας από το πρόσημο της μεταβλητής 'preferred - non preferred', οι ερμηνευτές δήλωσαν την προτίμησή τους σε έναν χώρο που είναι 'live' έναντι ενός 'dead'. Φαίνεται ότι ο παράγοντας αυτός, σε αντιδιαστολή με τον προηγούμενο, περιγράφει μια θετική συνιστώσα στην αντίληψη της αντήχησης. Εδώ η έννοια 'dead' είναι 'not preferred' ενώ στον προηγούμενο παράγοντα ήταν 'supportive'. Αντίστοιχα εδώ υπάρχει προτίμηση ενός ήχου που είναι 'full bodied' και όχι 'thin' κάτι που έρχεται σε σύγκρουση με την ερμηνεία της κλίμακας 'loud - silent' του προηγούμενου παράγοντα. Υπενθυμίζεται ότι στο πείραμα ηχογραφημένης μουσικής τα ζεύγη αυτά είχαν ίδιο πρόσημο συνθέτοντας τον παράγοντα RICHNESS. Η θετική αυτή συμβολή της υποκειμενικής αντήχησης φαίνεται να εκφράζεται και μέσω των μεταβλητών 'dark - brilliant', 'clear - blurred' κλπ. που σχετίζονται με τη διαύγεια και που μέχρι τώρα συνθέταν τον ξεχωριστό παράγοντα CLARITY. Οι έννοιες αυτές αποκτούν μία διαφορετική ερμηνεία συνδέοντας τη λαμπρότητα του χώρου με τη ζωντάνια του.

Συνοψίζοντας, από τους δύο πρώτους παράγοντες προκύπτει ότι στην αντίληψη των ερμηνευτών της jazz μουσικής η έννοια της αντήχησης είναι εξαιρετικά ισχυρή και αναλύεται σε δύο ανεξάρτητες συνιστώσες. Η μία συνιστώσα έχει αρνητική έννοια και σχετίζεται με την αύξηση του θορύβου και την τραχύτητα του ήχου που δυσκολεύει την ερμηνεία ενώ η άλλη με την ζωντάνια του χώρου που αντιδρά όταν διεγείρεται από τον ήχο των οργάνων και προσθέτοντας όγκο και φως, υποστηρίζει την ερμηνεία.

Ο Gade στην έρευνά του για την κλασική μουσική, αναγνωρίζει επίσης ότι η πρώτη ακουστική πτυχή μιας αίθουσας που αντιλαμβάνονται οι περισσότεροι μουσικοί είναι ο βαθμός της υποκειμενικής αντήχησης (reverberance) ενώ ακολουθεί η διαύγεια (clarity). Οι έννοιες αυτές κατά τον Gade είναι συμπληρωματικές. Όταν η αντήχηση είναι υπερβολική, ο ήχος είναι ασαφής ενώ είναι εύκολο να διακρίνει κανείς κάθε νότα και τα επί μέρους όργανα σε αίθουσες με υψηλή διαύγεια και μέτρια αντήχηση. Απ' την άλλη πλευρά όταν η ακουστική απόκριση μιας αίθουσας γίνεται αντιληπτή κατά τη διάρκεια της παραγωγής κάθε νότας υπάρχει η αίσθηση ότι ο χώρος υποστηρίζει τον ήχο του

οργάνου, γεγονός που διευκολύνει το παίξιμο χωρίς ιδιαίτερη προσπάθεια. Σε αίθουσες χωρίς αξιοσημείωτη αντήχηση οι μουσικοί συχνά αισθάνονται την ανάγκη να πιέσουν το παίξιμό τους με συνέπεια την κόπωση και επιπτώσεις στην ποιότητα του ήχου του οργάνου [Gade, 2015].

Από τα παραπάνω διαπιστώνει κανείς ότι η ίδια διπλή υπόσταση της υποκειμενικής αντήχησης από τους μουσικούς κατά την ερμηνεία τους εντοπίζεται τόσο στην κλασική μουσική όσο και στη jazz. Ωστόσο από τα αποτελέσματα του παρόντος πειράματος προκύπτει μια μεγάλη διαφοροποίηση. Στην αντίληψη των ερμηνευτών της jazz δεν υπάρχει απλώς ένα όριο πάνω από το οποίο η αντήχηση συμβάλλει αρνητικά ενώ κάτω από αυτό συμβάλλει θετικά όπως περιγράφει ο Gade για τους ερμηνευτές της κλασικής μουσικής. Στους μουσικούς της jazz φαίνεται ότι οι δύο αυτές καταστάσεις συνυπάρχουν ως ανεξάρτητες συνιστώσες της αντίληψης. Μια εξήγηση αυτής της ιδιαιτερότητας βρίσκεται πιθανώς στη δυναμική σχέση που αναπτύσσει ο μουσικός της jazz με το ακουστικό του περιβάλλον. Στην jazz ο μουσικός δεν καλείται να αποδώσει μία δεδομένη σύνθεση αλλά να αυτοσχεδιάσει και ουσιαστικά να συνθέσει σε πραγματικό χρόνο αλληλεπιδρώντας με όλα τα ακουστικά ερεθίσματα της συγκεκριμένης στιγμής στο συγκεκριμένο χώρο. Τα ερεθίσματα αυτά περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων θόρυβο, αντιδράσεις από το ακροατήριο ενώ ακόμη και τα μουσικά μέρη των άλλων μελών της ορχήστρας με τα οποία πρέπει να εναρμονιστεί είναι κάθε φορά διαφορετικά. Η συνεχής ανάλυση αυτού του ακουστικού περιβάλλοντος και η ανατροφοδοσία με την ερμηνεία τόσο σε επίπεδο έκφρασης όσο και δημιουργίας ενδέχεται να διαφοροποιεί το μηχανισμό αντίληψης της αντήχησης σε έναν ερμηνευτή της jazz σε σχέση με έναν ερμηνευτή κλασικής μουσικής.

Οι δύο πρώτοι παράγοντες δεν έχουν προκύψει σε προηγούμενες έρευνες αντίληψης της ακουστικής είτε αυτές αφορούσαν τους μουσικούς είτε τους ακροατές.

Ο τρίτος παράγοντας (SMOOTHNESS) παρουσιάζει ομοιότητες με τον αντίστοιχο ομώνυμο του πειράματος αντίληψης σε ακροατές. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η παρουσία της μεταβλητής "broad - narrow" με υψηλή φόρτιση στον παράγοντα δείχνοντας ότι οι μουσικοί που συμμετείχαν στο πείραμα συνέδεσαν την χωρικότητα με την τονική ποιότητα. Υπενθυμίζεται ότι στο πείραμα με την ηχογραφημένη μουσική η συγκεκριμένη μεταβλητή είχε συνδιακυμανθεί με τις κλίμακες του παράγοντα CLARITY. Εκτιμάται ότι έννοια του πλάτους εδώ δεν αφορά στον εντοπισμό της θέσης των οργάνων όπως στην

περίπτωση των ακροατών, αλλά στην ευρύτητα του χώρου που είναι αρμονικά διαθέσιμος στο μουσικό για να αναπτύξει τη φρασεολογία του.

Στην έρευνα του Gade για την αντίληψη των ερμηνευτών κλασικής μουσικής προέκυψαν δύο ανεξάρτητοι παράγοντες από τους οποίους ο ένας περιείχε όλες τις αρχικές έννοιες μεταξύ των οποίων τις 'Reverberance' και 'Support' ενώ ο άλλος περιείχε μόνο την 'Timbre' [Gade, 1989b]. Στην παρούσα εργασία οι δύο πρώτοι παράγοντες συνδέονται με την αντίληψη της αντήχησης ενώ ο τρίτος σχετίζεται επίσης με την τονική ποιότητα. Διακρίνεται, δηλαδή αντιστοιχία μεταξύ των αποτελεσμάτων του Gade με αυτά του παρόντος πειράματος.

Το πείραμα αντίληψης της ακουστικής κατά την ερμηνεία μουσικής jazz και μέρος των συμπερασμάτων παρουσιάστηκαν στο συνέδριο Auditorium Acoustics που διοργανώθηκε από το Institute of Acoustics (IOA) στο Παρίσι τον Οκτώβριο του 2015 [Karagiannis et al, 2015].

3.6 ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Σε όλους τους χώρους όπου διεξήχθησαν πειράματα αντίληψης πραγματοποιήθηκαν και φυσικές ακουστικές μετρήσεις. Αυτό έγινε προκειμένου να αναζητηθεί συσχέτιση μεταξύ της υποκειμενικής ακουστικής εμπειρίας με τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά των αιθουσών. Ο σκοπός μιας τέτοιας συσχέτισης ήταν ο προσδιορισμός φυσικών ακουστικών κριτηρίων που μπορούν να ερμηνεύσουν τις υποκειμενικές εμπειρίες και να οδηγήσουν σε αρχές σχεδιασμού βάσει της αλληλουχίας του Σχ. 1. Ωστόσο από την ανάλυση διακύμανσης στα πειραματικά δεδομένα προέκυψε ότι η διαφορά στις απαντήσεις των ερωτηθέντων από χώρο σε χώρο δεν ήταν στατιστικά σημαντική ούτε στην περίπτωση των ακροατών ούτε σε εκείνη των μουσικών ερμηνευτών. Αυτό υπαγορεύει ότι από τα συγκεκριμένα δεδομένα δεν ήταν δυνατόν να προκύψει κάποια πραγματική συσχέτιση, γεγονός που κατέστησε τις φυσικές ακουστικές μετρήσεις αναξιοποίητες.

Παρά ταύτα, για λόγους πληρότητας της έρευνας, στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται συνοπτικά τα ακουστικά χαρακτηριστικά των αιθουσών και συγκεκριμένα ο χρόνος αντήχησης (T30), ο χρόνος απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT), ο δείκτης πρώιμων προς καθυστερημένες ανακλάσεις (C80) και το κλάσμα των πρώτων ανακλάσεων (D50). Τα παραπάνω δίνονται σε τρεις περιοχές συχνοτήτων: χαμηλή (L), μεσαία (M) και υψηλή (H), που αντιστοιχούν στους αριθμητικούς μέσους των αποτελεσμάτων στις οκταβικές ζώνες 125 Hz – 250 Hz, 500 Hz – 1000 Hz και 2000 Hz – 4000 Hz αντιστοίχως.

Οι ακουστικές μετρήσεις διεξήχθησαν σε άδειες αίθουσες. Το σήμα διέγερσης ήταν τύπου 'sweep' και η αναπαραγωγή του έγινε από δωδεκάεδρο omnidirectional ηχείο B&K 4295 τοποθετημένο στο κέντρο της σκηνής και οδηγούμενο από ενισχυτή B&K 2716. Η λήψη του σήματος έγινε από omnidirectional μικρόφωνο μετρήσεων Behringer ECM 8000. Για την παραγωγή του σήματος διέγερσης, την καταγραφή της κρουστικής απόκρισης των αιθουσών και την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής με κάρτα ήχου E-MU 0202 και τα λογισμικά DIRAC 3.0 (Brüel & Kjaer) και WinMLS (Morset Sound Development). Στις μετρήσεις της αίθουσας του Λονδίνου χρησιμοποιήθηκε φορητό ηχόμετρο B&K 2260.

Πιν. 27 Συνοπτικά αποτελέσματα φυσικών ακουστικών μετρήσεων στους χώρους διεξαγωγής του πειράματος

	T30 [s]			EDT [s]			C80 [dB]			D50 [-]		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H
Half Note	0.62	0.69	0.68	0.71	0.70	0.68	6.36	5.49	6.32	0.64	0.61	0.64
The Forge	0.86	1.13	1.07	0.84	1.21	1.12	4.05	2.65	2.46	0.50	0.49	0.46
Δημήτρης Μητρόπουλος	1.73	1.45	1.45	1.48	1.39	1.45	0.82	1.06	0.52	0.35	0.41	0.37
Banquet	1.11	1.09	1.09	1.03	1.04	1.05	2.90	1.75	2.07	0.67	0.63	0.60
The Party Bar	0.87	0.91	0.87	0.70	0.93	0.87	6.32	4.09	4.52	0.61	0.57	0.58
Jazz Point	1.30	1.05	0.97	1.02	0.91	0.92	5.33	4.13	4.55	0.62	0.58	0.61
Κεραμείο	0.93	0.88	0.74	0.88	0.95	0.76	4.14	3.28	5.32	0.57	0.50	0.62
1002 Νύχτες	0.53	0.53	0.50	0.73	0.58	0.51	3.12	5.08	6.01	0.34	0.49	0.52



Διεξαγωγή φυσικών ακουστικών μετρήσεων στο Half Note

4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΑΚΡΟΑΤΗΡΙΟΥ ΜΟΥΣΙΚΗΣ JAZZ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα προηγούμενα πειράματα ανέδειξαν μερικές από τις συνιστώσες γύρω από τις οποίες οργανώνεται η αντίληψη της ακουστικής κατά την ακρόαση μουσικής jazz. Ωστόσο η αδυναμία συσχέτισης της υποκειμενικής εμπειρίας με τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά των αιθουσών κατέστησε μη δυνατή την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικών με τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Για το λόγο αυτό σχεδιάστηκε μια νέα ομάδα πειραμάτων με αντικείμενο τη διερεύνηση της βέλτιστης τιμής του χρόνου αντήχησης για την ακρόαση jazz μουσικής, η γνώση της οποίας μπορεί να υποδείξει στοιχεία σχεδιασμού των αιθουσών. Σε αυτή την ομάδα, τα ευρήματα των πειραμάτων αντίληψης αξιοποιήθηκαν ως κριτήρια αξιολόγησης.

Συνοπτικά κατασκευάστηκε ψηφιακά ένας οιονεί χώρος με δυνατότητα μεταβλητής ακουστικής, εντός του οποίου έγινε αναπαραγωγή μουσικής jazz και ακρόαση μέσω προσομοίωσης (auralization). Οι συμμετέχοντες στο πείραμα μπορούσαν κατά τη διάρκεια της ακρόασης να μεταβάλλουν σε πραγματικό χρόνο την ακουστική του ψηφιακού χώρου, να αξιολογούν το αποτέλεσμα και να υποδεικνύουν το σημείο που κρίνουν ότι βελτιστοποιείται η ακρόαση. Ως μεταβλητή παράμετρος του χώρου που τέθηκε προς διερεύνηση επιλέχθηκε ο χρόνος αντήχησης. Η επιλογή αυτή έγινε διότι παρά τις μεγάλες προόδους των τελευταίων ετών και τη διατύπωση πολυάριθμων φυσικών κριτηρίων, ο χρόνος αντήχησης παραμένει το πιο πολύτιμο μέγεθος για την ακουστική ενός χώρου. Η δε γνώση του βέλτιστου εύρους τιμών του χρόνου αντήχησης για μια δεδομένη χρήση, αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τον αρχιτέκτονα, αφενός γιατί μπορεί να κάνει μια άμεση προκαταρκτική εκτίμηση της καταλληλότητας ενός χώρου και αφετέρου γιατί υπαγορεύει κατευθυντήριες γραμμές κατά το σχεδιασμό μιας αίθουσας αφού συνδέεται με τον όγκο και τα υλικά των επιφανειών στο εσωτερικό της. Ως κριτήρια με βάση τα οποία ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να αξιολογήσουν την ακουστική ποιότητα χρησιμοποιήθηκαν οι τρεις ανεξάρτητοι παράγοντες που προέκυψαν στο πείραμα αντίληψης της ακουστικής κατά την ακρόαση ζωντανής μουσικής jazz (CLARITY, SMOOTHNESS, PROXIMITY).

Το πείραμα διεξήχθη σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση διερευνήθηκε η τιμή του χρόνου αντήχησης θεωρώντας ότι αυτός είναι επίπεδος, ότι έχει δηλαδή την ίδια τιμή σε όλο το φάσμα συχνοτήτων. Στη δεύτερη φάση το φάσμα των συχνοτήτων διαιρέθηκε σε τρεις περιοχές (χαμηλή, μεσαία και υψηλή) για κάθε μία από τις οποίες θεωρήθηκε ότι η τιμή του χρόνου αντήχησης είναι σταθερή και διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ των τριών αυτών τιμών.

4.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

4.2.1 Η διαδικασία της ακουστικής προσομοίωσης (auralization)

Η διεξαγωγή των πειραμάτων διερεύνησης του βέλτιστου χρόνου αντήχησης ενός χώρου ακροατηρίου μουσικής jazz, έγινε μέσω ακουστικής προσομοίωσης (auralization). Παρά το γεγονός ότι πρόκειται για μια σχετικά σύγχρονη διαδικασία, η πρώτη αναφορά του όρου αυτού έγινε το 1913 από τον T. Matthey ο οποίος σε κείμενό του περί μουσικής ερμηνείας αναφέρθηκε στην «ικανότητα να βλέπουμε ή να ακούμε πράγματα εκτός από το πραγματικό φυσικό τους γίνεσθαι» και ονόμασε “auralization” τη δύναμη της προακρόασης (“power of pre-hearing”) [Matthey, 1913, p.10]. Σχεδόν 40 χρόνια αργότερα ο D. W. Martin εισήγαγε τον όρο στο χώρο της επιστήμης της ακουστικής χρησιμοποιώντας τον για να περιγράψει τη διαδικασία σχηματισμού «μιας νοητικής εντύπωσης ενός ήχου που δεν έχει ακόμη ακουστεί» [Martin 1952]. Πέρασαν άλλα 40 χρόνια, στα οποία η τεχνολογία κατέστησε δυνατή την απόδοση ενός εικονικού ακουστικού περιβάλλοντος όταν ο Kleiner, αναγνωρίζοντας ότι σε όλη την ιστορία της επιστήμης του ήχου και της ακουστικής υπήρχε ο στόχος της αναδημιουργίας ενός συγκεκριμένου περιβάλλοντος ακρόασης, επαναδιατύπωσε τον όρο “auralization” προσαρμόζοντάς τον στο πλαίσιο της αρχιτεκτονικής ακουστικής. Σύμφωνα με αυτόν “auralization” είναι η δυνατότητα ακρόασης, μέσω φυσικής ή μαθηματικής μοντελοποίησης, του ηχητικού πεδίου μιας πηγής σε έναν υπό μελέτη χώρο, κατά τρόπο τέτοιο ώστε να προσομοιώνεται η αμφιωτική ακρόαση σε μια δεδομένη θέση στο μοντελοποιημένο αυτό χώρο [Kleiner et al, 1993]. Σύμφωνα με τον Rindel [2004] «Το auralization είναι το αποτέλεσμα μιας μακράς αλυσίδας που περιλαμβάνει μοντελοποίηση, παραδοχές, προσεγγίσεις και υπολογισμούς».

Η λέξη “auralization” εισήχθη για να χρησιμοποιηθεί κατ αναλογία με το “visualisation” και να εκφράσει την ακουστική αναπαράσταση εικονικών ηχητικών πεδίων. Με την έννοια αυτή, η δόκιμη απόδοση στην ελληνική γλώσσα είναι “ακουστικοποίηση” κατ’ αναλογία με τον όρο “οπτικοποίηση”, η οποία και θα χρησιμοποιείται παρακάτω παρά το γεγονός ότι δεν είναι καθιερωμένη λόγω της επικράτησης του αγγλόφωνου όρου διεθνώς.

Τρεις είναι οι συνιστώσες που κατά κανόνα συνθέτουν τη διαδικασία της ακουστικοποίησης και αυτές είναι i) το αρχικό σήμα της ηχητικής πηγής, ii) ο υπό μελέτη

χώρος και η μοντελοποίηση της διάδοσης του ήχου εντός αυτού και iii) η αναπαραγωγή και ακρόαση του τελικού σήματος.

4.2.2 Το αρχικό σήμα της ηχητικής πηγής

Η πρώτη συνιστώσα, δηλαδή το αρχικό σήμα της ηχητικής πηγής που χρησιμοποιείται για την προσομοίωση πρέπει να είναι τέτοιο, ώστε η όποια διαμόρφωσή του να οφείλεται μόνο σε έναν χώρο, τον υπό μελέτη χώρο. Για το λόγο αυτό στη διαδικασία της ακουστικοποίησης χρησιμοποιούνται ανηχοϊκά σήματα, δηλαδή σήματα που περιέχουν αυτούσιο και μόνο το ηχητικό περιεχόμενο της πηγής απαλλαγμένο από κάθε μορφή ανακλάσεων του χώρου. Αυτό επιτυγχάνεται είτε χρησιμοποιώντας συνθετικούς ήχους (πχ τόνους) είτε χρησιμοποιώντας δείγματα φυσικών πηγών ήχου που έχουν ηχογραφηθεί σε ανηχοϊκό θάλαμο. Τα συνηθέστερα ανηχοϊκά σήματα που απαντούνται σε πειράματα αντίληψης της ακουστικής ανάλογα με το αντικείμενο της έρευνας είναι α) μεγάφωνα που αναπαράγουν τόνους, β) μουσικά όργανα και γ) ανθρώπινη φωνή.

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι για την υλοποίηση του παρόντος πειράματος ήταν απαραίτητη η εξασφάλιση ανηχοϊκών μουσικών αποσπασμάτων jazz ρεπερτορίου. Ωστόσο η πρόσβαση σε ανηχοϊκές ηχογραφήσεις είναι εξαιρετικά περιορισμένη και επιπλέον τέτοιου είδους υλικό γενικά δεν διατίθεται ελεύθερα. Επίσης, ενώ λόγω της εκτεταμένης έρευνας που έχει γίνει στην ακουστική για αίθουσες κλασικής μουσικής υπάρχουν καταγραφές κλασικού ρεπερτορίου σε ανηχοϊκές συνθήκες με δείγματα από πολλά και διαφορετικά όργανα ή ακόμη και από ομάδες οργάνων, για την περίπτωση της jazz δεν συμβαίνει το ίδιο. Τα ανηχοϊκά ηχογραφήματα μουσικής jazz είναι ιδιαίτερα σπάνια. Ειδικά για την περίπτωση μουσικών συνόλων jazz (ensemble), είναι αμφίβολο ακόμη και το αν ποτέ έχουν διενεργηθεί τέτοιου τύπου ηχογραφήσεις, τουλάχιστον μέχρι το χρόνο διεξαγωγής του πειράματος. Η δε διαδικασία πρωτότυπης ηχογράφησης μουσικής σε ανηχοϊκό θάλαμο, αν και αρχικά επιθυμητή στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας ήταν πρακτικά αδύνατη, δεδομένου και ότι δεν υπάρχει τέτοιος θάλαμος με τις απαραίτητες διαστάσεις και προδιαγραφές στη χώρα μας.

Τα μόνα κατάλληλα ηχογραφήματα στα οποία υπήρξε πρόσβαση ήταν δύο κομμάτια jazz παιγμένα από solo όργανα που βρίσκονται στη βιβλιοθήκη ανηχοϊκών δειγμάτων του λογισμικού ODEON (v.9) που διατέθηκε από το εργαστήριο ηχοτεχνίας του ΕΜΠ. Τα δύο αυτά ηχογραφήματα ήταν:

- Το μουσικό θέμα “Round Midnight”, σύνθεση του Thelonious Monk, παιγμένο από τενόρο σαξόφωνο και ηχογραφημένο μονοκαναλικά σε ανηχοϊκό θάλαμο. Το απόσπασμα είχε ταχύτητα περίπου 65 bpm και διάρκεια 36 s.
- Το μουσικό θέμα “Autumn Leaves”, σύνθεση του Joseph Kosma, παιγμένο από πιάνο, και ηχογραφημένο επίσης μονοκαναλικά σε ανηχοϊκό θάλαμο. Το απόσπασμα είχε ταχύτητα περίπου 175 bpm και διάρκεια 51 s.

Οι παραπάνω συνθέσεις θεωρούνται “jazz standards” και ανήκουν στο σύνηθες ρεπερτόριο της jazz. Επίσης ως προς τις εκτελέσεις τους πρόκειται για ένα τυπικό αργό (jazz ballad) και ένα τυπικό γρήγορο (up tempo) κομμάτι του είδους.

Ωστόσο κρίθηκε ότι τα παραπάνω ηχογραφήματα δεν αρκούν για τη διεξαγωγή του πειράματος. Οι λόγοι ήταν: α) η ανάγκη διεύρυνσης του συχνοτικού περιεχομένου των αποσπασμάτων σε όλο το φάσμα που αφορά αφενός σε μια τυπική jazz ενορχήστρωση και αφετέρου στο πεδίο εφαρμογής της κτιριακής ακουστικής β) η ποικιλία των αναπαραγόμενων ηχοχρωμάτων με τη συμμετοχή περισσότερων οργάνων γ) η διαφοροποίηση μεταξύ solo και ensemble και δ) η αύξηση του δείγματος.

Για τους παραπάνω λόγους με βάση τα δύο διαθέσιμα αποσπάσματα έγινε παραγωγή άλλων δύο τα οποία περιείχαν περισσότερα μουσικά όργανα ενώ διατηρούσαν το ανηχοϊκό περιβάλλον. Τα δύο αυτά νέα αποσπάσματα κατασκευάστηκαν με προσθετικές ηχογραφήσεις (overdubbing) νέων καναλιών ήχου (tracks) στα αρχικά ανηχοϊκά ηχογραφήματα. Συγκεκριμένα το ένα από αυτά περιείχε την ανηχοϊκή ηχογράφηση του σαξοφώνου στο “Round Midnight” με τρία πρόσθετα tracks (πιάνο μπάσο και κρουστά), και το άλλο περιείχε την ανηχοϊκή ηχογράφηση του πιάνου στο “Autumn leaves” με δύο πρόσθετα tracks (μπάσο και κρουστά). Η παραγωγή των μουσικών αποσπασμάτων έγινε με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή σε ψηφιακό σταθμό επεξεργασίας ήχου (DAW, Digital Audio Workstation).

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η απουσία χώρου στα νέα ηχογραφήματα, η δημιουργία των νέων καναλιών έγινε ως εξής:

Το πρόσθετο πιάνο ηχογραφήθηκε μέσω midi χρησιμοποιώντας τους ήχους του VSTi οργάνου “Grand 2 Piano” (Steinberg Media Technologies GmbH). Το «εικονικό» αυτό όργανο διαθέτει στη βιβλιοθήκη του, δείγματα (samples) από όλες τις νότες ενός πιάνου

μάρκας Steinway, παιγμένες με και χωρίς pedal, σε μεγάλο εύρος δυναμικών και ηχογραφημένες σε ανηχοϊκό θάλαμο. Το μέρος του πιάνου παίχτηκε σε midi keyboard με βαρυκεντρισμένα πλήκτρα ώστε να διατηρηθεί η φυσικότητα της ερμηνείας και οι midi εντολές του οδηγήθηκαν μέσω του DAW στα ανηχοϊκά δείγματα του VST οργάνου. Τα κρουστά ηχογραφήθηκαν επίσης μέσω midi και για τον ήχο τους χρησιμοποιήθηκαν samples πιατινιών, τύπων Crash, Ride και Hi-Hat που έχουν ηχογραφηθεί σε ανηχοϊκό θάλαμο, παιγμένα σε τρία επίπεδα δυναμικών (pp, mf, ff). Τα δείγματα αυτά ανήκουν στο University of Iowa, USA και διατίθενται ελεύθερα στο διαδίκτυο [<https://theremin.music.uiowa.edu/MIS.html#>]. Προκειμένου να διατηρηθεί η φυσικότητα στο παίξιμο, για την ηχογράφιση του μέρους των κρουστών χρησιμοποιήθηκαν trigger pads, οι midi εντολές των οποίων οδηγήθηκαν μέσω του DAW στα παραπάνω δείγματα. Τέλος το μπάσο ηχογραφήθηκε σε σύνδεση direct line.

Αναγνωρίζοντας α) ότι οι τεχνικές αναπαραγωγής μέσω midi και samples δεν δύνανται να υποκαταστήσουν τη φυσική ερμηνεία ενός οργάνου, αν και την προσεγγίζουν σε μεγάλο βαθμό, και β) ότι υπάρχει διαφορά στο μουσικό αποτέλεσμα όταν αυτό είναι προϊόν overdub έναντι της ζωντανής ηχογράφισης ενός ensemble, η παραπάνω διαδικασία έγινε έτσι ώστε τα μουσικά μέρη των πρόσθετων οργάνων να μην πρωταγωνιστούν στο μουσικό σύνολο αλλά να περιορίζονται στη διακριτική συνοδεία των αρχικών ανηχοϊκών solo ερμηνειών. Με αυτόν τον τρόπο θεωρήθηκε ότι καλύπτονται οι ανάγκες που αναφέρθηκαν παραπάνω χωρίς να χάνεται η φυσικότητα της μουσικής. Όλα τα πρόσθετα μέρη παίχτηκαν αυτοσχεδιαστικά από επαγγελματίες μουσικούς με εμπειρία στη jazz.

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η υποκειμενικότητα στην ισορροπία μεταξύ των οργάνων στα νέα ηχογραφήματα, η ρύθμιση της σχετικής στάθμης του κάθε καναλιού έγινε χρησιμοποιώντας ως αναφορά έναν οδηγό ροζ θορύβου. Συγκεκριμένα κατασκευάστηκε ένα βοηθητικό κανάλι αναφοράς που αναπαρήγαγε συνεχή ροζ θόρυβο σε μια στάθμη λογική για τη διαδικασία της μίξης (περίπου 80 dB(A)). Απομονώνοντας ένα ένα τα κανάλια του ηχογραφήματος ρυθμίστηκε η σχετική στάθμη του στη μίξη ως το κατώφλι της ακουστότητάς του κατά την αναπαραγωγή του ταυτόχρονα με το κανάλι αναφοράς, η στάθμη δηλαδή στην οποία το μουσικό όργανο ακούγεται μόλις και μετά βίας πάνω από το θόρυβο αλλά δεν κρύβεται. Σημειώνεται ότι τόσο οι αρχικές ηχογραφήσεις, όσο και τα πρόσθετα κανάλια ήχου και η τελική μείξη ήταν όλα

μονοφωνικά. Ως προς τη διάταξη των οργάνων στο χώρο έγινε η παραδοχή ότι όλη η ορχήστρα λειτουργεί ως μία σημειακή πηγή.

Μέσω της παραπάνω διαδικασίας συγκεντρώθηκαν τελικά τέσσερα μουσικά αποσπάσματα για τη διεξαγωγή του πειράματος και τα οποία παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πιν. 28.

Πιν. 28 Τα τέσσερα ανηχοϊκά μουσικά αποσπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή του πειράματος.

Μουσικό Απόσπασμα	Τίτλος	Solo/Ensemble	Όργανα	Tempo	Διάρκεια
A	Autumn Leaves	Solo	piano (*)	175 bpm	51 s
B		Ensemble	piano (*) bass drums		53 s
C	'Round Midnight	Solo	sax (*)	65 bpm	36 s
D		Ensemble	sax (*) piano bass drums		38 s

Τα όργανα με αστερίσκο αναφέρονται στις αρχικά tracks από τη βιβλιοθήκη ανηχοϊκών δειγμάτων του λογισμικού ODEON

Όπως αναφέρθηκε ήδη, τα μουσικά κομμάτια αυτά είναι ανηχοϊκά. Περιέχουν δηλαδή μόνο τον απευθείας ήχο των μουσικών οργάνων, απαλλαγμένο από την επιρροή του χώρου. Είναι προφανές ότι στη φύση δεν ακούμε τέτοιου είδους ήχους αφού πάντα υπάρχει κάποιο πεδίο εντός του οποίου τα ηχητικά κύματα αναπτύσσονται και

ταξιδεύουν μέχρι να φτάσουν στα αυτιά μας. Ως εκ τούτου η ακρόαση των ανηχοϊκών ηχογραφημάτων μουσικής, εφ' όσον βέβαια και οι συνθήκες αναπαραγωγής διατηρούν την απουσία ηχητικού πεδίου, συνήθως προκαλεί ανοικειότητα. Αυτό συμβαίνει γιατί σε κανονικές συνθήκες ο ήχος που τελικά ακούει κανείς από μία πηγή μέσα σε ένα χώρο συνίσταται από τον απευθείας ήχο της πηγής (direct sound) και την αντηχήση του χώρου (reverberant sound). Στην παρούσα έρευνα, η επίδραση του χώρου, που απουσιάζει από τα ανηχοϊκά μουσικά αποσπάσματα και συμπληρώνει την εμπειρία της τελικής ακρόασης, προστέθηκε τεχνητά, μέσω λογισμικού όπως θα περιγραφεί παρακάτω.

4.2.3 Η μοντελοποίηση του χώρου

Οποιοδήποτε ανηχοϊκό σήμα πηγής που έχει καταγραφεί σωστά μπορεί να αναπαραχθεί έτσι ώστε όταν ακουστεί να παρέχει την εντύπωση που θα έδινε η συγκεκριμένη πηγή εάν ακουγόταν στον υπό μελέτη χώρο. Ο υπό μελέτη χώρος μπορεί να είναι κάποια υφιστάμενη αίθουσα, ένας χώρος υπό σχεδιασμό, ένας φανταστικός ή ακόμη και ένας μη ρεαλιστικός χώρος. Αυτός συνήθως αντιμετωπίζεται ως ένα γραμμικά αναλλοίωτο σύστημα διακριτού χρόνου (LTI system) και μπορεί να περιγραφεί πλήρως από την κρουστική του απόκριση (impulse response) [Oppenheim et al, 1997].

Η κύρια διάκριση που μπορεί να γίνει σχετικά με τη μοντελοποίηση της διάδοσης του ήχου σε ένα χώρο ώστε να γίνει ακουστική προσομοίωση ενός σήματος σε αυτόν είναι α) στη χρήση δεδομένων από φυσικούς χώρους (υφιστάμενες αίθουσες, φυσικά μοντέλα υπό κλίμακα) και β) στη χρήση ψηφιακών χώρων μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Οι εργασίες της ομάδας του Βερολίνου [Wilkens, 1977], της ομάδας του Goettingen [Gottlob, 1973], και των Soulodre & Bradley [1995] που έχουν ήδη αναφερθεί παραπάνω είναι περιπτώσεις όπου έγινε ακουστικοποίηση αντλώντας δεδομένα από υφιστάμενες αίθουσες. Σχετικά με τα φυσικά μοντέλα υπό κλίμακα ακολουθεί μια σύντομη ιστορική αναδρομή θεωρώντας ότι συνδέονται με την παρούσα εργασία αφού υπήρξαν ο κύριος τρόπος «προακρόασης» ενός χώρου πριν την επικράτηση των ψηφιακών μοντέλων.

Έχει ενδιαφέρον ότι τα πρώτα φυσικά μοντέλα κατασκευάστηκαν όχι με στόχο την «ακουστικοποίηση» αλλά την «οπτικοποίηση» της διάδοσης του ήχου σε ένα χώρο. Η αρχή έγινε το 1913 όταν ο Sabine δημοσίευσε μία εργασία που περιέγραφε τη χρήση υπερήχων και την τεχνική φωτογράφισης Sclieren για τη μελέτη των ανακλάσεων των

μετώπων κύματος από την οροφή και τους τοίχους σε διδιάστατες τομές ενός μοντέλου υπό κλίμακα [Sabine, 1913]. Ως ηχητική πηγή ο Sabine χρησιμοποίησε ένα σπινθήρα από την εκφόρτιση ενός πυκνωτή, ενώ με χρήση καπνού και φωτός, τα μέτωπα κύματος γίνονταν ορατά και ικανά να αποτυπωθούν σε φωτογραφική πλάκα. Έτσι η μέθοδος του Sabine μπόρεσε να απεικονίσει τα αποτελέσματα της διάθλασης και της σκέδασης του ήχου λόγω των ακανόνιστων στοιχείων του χώρου, εκμεταλλευόμενη το γεγονός ότι το φως διαθλάται επειδή το μέτωπο κύματος είναι πολύ πυκνότερο από τον περιβάλλοντα αέρα. Λίγο αργότερα βρέθηκε ότι πολύ παρόμοιες εικόνες μπορούν να δημιουργηθούν στέλνοντας φως μέσα από μια δεξαμενή με ρηχά κύματα νερού που δημιουργούνται από έναν μηχανικό δονητή (μέθοδος Ripple Tank) [Davis & Kaye, 1927]. Τη δεκαετία του 1930 χρησιμοποιήθηκε μια οπτική μέθοδος για τη διερεύνηση της κατανομής της ενέργειας σε ένα αμφιθέατρο. Για την αναπαράσταση του ακροατηρίου χρησιμοποιήθηκε μια πλάκα από γυαλί opal ενώ οι άλλες επιφάνειες της αίθουσας διαμορφώθηκαν από φύλλο αλουμινίου. Χρησιμοποιώντας φως για την προσομοίωση της ηχητικής ενέργειας, η φωτεινότητα του οπαλικού γυαλιού έδειχνε την κατανομή της ηχητικής πίεσης στην περιοχή των καθισμάτων ως απόκριση σε μια πηγή ήχου σταθερής εκπομπής (steady state). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε για το σχεδιασμό του Philips Theatre στο Αϊντχόφεν [Vermeulen & de Boer, 1936].

Ωστόσο η δυνατότητα ακρόασης μιας πηγής ήχου σε έναν μοντελοποιημένο χώρο ξεκινάει από την κατασκευή και χρήση φυσικών ακουστικών μοντέλων υπό κλίμακα. Η αρχή στην αξιοποίηση τέτοιων μοντέλων είναι ότι όλες οι φυσικές διαστάσεις, συμπεριλαμβανομένων των μηκών κύματος, μειώνονται κατά τον συντελεστή της κλίμακας. Το πείραμα του Spandöck το 1934, αποτελεί την πρώτη αναφορά σε μια μέθοδο υποκειμενικής αξιολόγησης της ακουστικής ενός χώρου χρησιμοποιώντας τέτοιου είδους μοντέλα σε κλίμακα 1/5. Εντός των μοντέλων, ο Spandöck έκανε αναπαραγωγή ενός δίσκου γραμμοφώνου με δείγματα φωνής και μουσικής σε ταχύτητα περιστροφής πέντε φορές μεγαλύτερη από την κανονική ενώ με ένα φωνόγραφο κεριού ηχογράφησε το σήμα σε διάφορα σημεία όπου θα μπορούσε να βρίσκεται ένας ακροατής. Στη συνέχεια για την αξιολόγηση αναπαρήγαγε το ηχογραφημένο σήμα στο 1/5 της ταχύτητας ηχογράφησης. Αν και αναγνώρισε τους περιορισμούς της, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος ήταν κατάλληλη για τον έλεγχο της καταληπτότητας της ομιλίας και για να μεταφέρει μια άμεση εντύπωση της ακουστικής που πρόκειται να υπάρξει σε έναν χώρο πριν την υλοποίησή του [Spandöck, 1934].

Στην περίπτωση των υφιστάμενων χώρων και των scale models η προσομοίωση της διάδοσης του ήχου μπορεί να γίνει είτε άμεσα όπως στην έρευνα του Spandöck και της ομάδας του Göttingen, αναπαράγοντας δηλαδή το ηχητικό σήμα μέσα στο φυσικό χώρο και ηχογραφώντας, είτε έμμεσα εξάγοντας την κρουστική απόκριση του μοντέλου και κάνοντας συνέλιξη ενός σήματος με αυτή όπως στην έρευνα των Soulodre & Bradley [1995] κ ά. Και στις δύο περιπτώσεις βέβαια όταν πρόκειται για κλίμακα πρέπει να γίνει η σχετική διόρθωση των μηκών κύματος ανάλογα με αυτή.

Από τη δεκαετία του 1930 έως τη δεκαετία του 1970, η τεχνική διερεύνησης της ακουστικής μέσω φυσικών ακουστικών μοντέλων υπό κλίμακα αναπτύχθηκε σημαντικά με έναν από τους κύριους στόχους να είναι η μείωση της κλίμακας που από 1/5 έφτασε να είναι 1/50 προσφέροντας έτσι ένα πιο εργονομικό και αποτελεσματικό εργαλείο για το σχεδιασμό. Για πολλά χρόνια αποτελούσε το μοναδικό τρόπο πρόβλεψης (ή και προακρόασης) της ακουστικής συμπεριφοράς μιας αίθουσας και ένα σημαντικό εργαλείο για τον πειραματισμό με τα στοιχεία σχεδιασμού της και την επίδρασή τους στην ακουστική. Πολλές σπουδαίες αίθουσες όπως το Barbican Hall στο Λονδίνο και η αίθουσα Olivier στο Εθνικό Θέατρο της Αγγλίας κατασκευάστηκαν ή διορθώθηκαν αφού πρώτα τα ακουστικά τους χαρακτηριστικά διερευνήθηκαν μέσω τέτοιων μοντέλων [Barron, 1977], [Barron, 1997]. Προφανείς δυσκολίες για την εξαγωγή ακριβών συμπερασμάτων είναι οι κατασκευαστικοί περιορισμοί όπως η επιλογή των επιφανειών ώστε να έχουν τους σωστούς συντελεστές ηχοαπορρόφησης στις 'υπό κλίμακα' συχνότητες. Από την άλλη, το πλεονέκτημά τους είναι η φυσική συμπερίληψη περίπλοκων φαινομένων όπως η περίθλαση ή η διάχυση με τρόπο ρεαλιστικό και όχι βασισμένο σε μαθηματικές προσεγγίσεις [Addis, 2021, p.776-792].

Η άλλη μεγάλη κατηγορία μοντελοποίησης είναι η κατασκευή ψηφιακών χώρων, μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τις τελευταίες δεκαετίες η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει αναπτυχθεί σημαντικά, τα σχετικά εμπορικά διαθέσιμα προϊόντα λογισμικού είναι πολύ φιλικά και ακριβή με αποτέλεσμα η κατασκευή ψηφιακών ακουστικών μοντέλων να έχει πια εκτοπίσει τα αντίστοιχα φυσικά υπό κλίμακα. Οι πρώτες τέτοιες ψηφιακές προσομοιώσεις έγιναν από τους Krokstad [Krokstad et al, 1968] και Shroeder [1973]. Σημαντικό πλεονέκτημα των ψηφιακών μοντέλων είναι ότι μπορούν εύκολα να γίνουν τροποποιήσεις σε ένα χώρο και ο σχεδιαστής να ακούσει άμεσα την αντίστοιχη μεταβολή

στην ακουστική του. Ωστόσο η ακρίβειά τους σε πολύπλοκα φαινόμενα όπως η περίθλαση ή η διάχυση είναι περιορισμένη.

Στα πειράματα της παρούσας εργασίας η μοντελοποίηση του χώρου έγινε επίσης στο DAW με χρήση μιας μονάδας ένθετου λογισμικού (plugin) παραγωγής αντήχησης και συγκεκριμένα του Renaissance Reverb (Waves Audio Ltd). Σημειώνεται ότι υπάρχουν δύο κατηγορίες λογισμικών που εφαρμόζονται σε περιβάλλον DAW και προσθέτουν τεχνητή αντήχηση σε ένα ηχητικό σήμα. Πρόκειται για τις μονάδες αντήχησης συνέλιξης (convolution reverb) και τις μονάδες αλγοριθμικής αντήχησης (algorithmic reverb). Η μονάδα που επιλέχθηκε ανήκει στην δεύτερη κατηγορία. Προκειμένου να αιτιολογηθεί αυτή η επιλογή ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή των δύο κατηγοριών.

Οι μονάδες αντήχησης συνέλιξης (convolution reverb) είναι λογισμικά που χρησιμοποιούν δειγματοληψίες αντηχήσεων πραγματικών χώρων οι οποίες εφαρμόζονται στο αρχικό σήμα μέσω συνέλιξης. Σε αυτή την περίπτωση η κρουστική απόκριση έχει εξαχθεί μέσω διέγερσης και ηχογράφησης στον πραγματικό χώρο. Στη συνέχεια κάθε στοιχειώδες ηχητικό δείγμα (sample) του αρχείου impulse response πολλαπλασιάζεται με τα αντίστοιχα δείγματα του αρχικού σήματος. Η δε επίτευξη της συνέλιξης στο πεδίο των συχνοτήτων επιτυγχάνεται μέσω πολλαπλών φίλτρων και ανάλυση FFT. Τέτοιου είδους λογισμικά οδηγούν σε περισσότερο ρεαλιστικά αποτελέσματα καθώς βασίζονται στην καταγραφή της ακουστικής πραγματικών χώρων. Επίσης είναι ιδανικά για τη διαδικασία ακουστικοποίησης ενός σήματος σε υφιστάμενους χώρους. Ωστόσο δεν διαθέτουν πολλές παραμέτρους προς ρύθμιση ώστε να δίνουν τη δυνατότητα της διερεύνησης και αξιολόγησης του αποτελέσματος. Επίσης η διαδικασία που χρησιμοποιούν είναι σχετικά πολύπλοκη και επεξεργαστικά δαπανηρή καθιστώντας τη χρήση τους σχεδόν απαγορευτική για εφαρμογές πραγματικού χρόνου (real-time).

Οι μονάδες αλγοριθμικής αντήχησης (algorithmic reverb) είναι λογισμικά που για να περιγράψουν και να κατασκευάσουν το αντηχητικό πεδίο χρησιμοποιούν αλγόριθμο προσομοίωσης του χώρου, συνθέτοντας την κρουστική απόκρισή του μέσω μαθηματικών τύπων. Τέτοιες μονάδες διαθέτουν πολλές ρυθμιζόμενες παραμέτρους ώστε να προσεγγιστεί με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια ο επιθυμητός χώρος. Δεδομένου όμως ότι η εφαρμοζόμενη αντήχηση είναι προϊόν υπολογισμών και συναρτήσεων η προσομοίωσή δεν είναι ρεαλιστική αλλά προσεγγιστική. Από την άλλη

οι μονάδες αλγοριθμικής αντήχησης είναι επαρκείς για την περιγραφή απλών χώρων, δεν έχουν υψηλές απαιτήσεις απόδοσης από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή καθιστώντας τη χρήση τους ιδανική για εφαρμογές ακουστικοποίησης με μεταβολή των παραμέτρων τους σε πραγματικό χρόνο.

Τα τελευταία χρόνια η επεξεργαστική δύναμη των υπολογιστών αυξάνεται συνεχώς και παράλληλα οι τεχνικές των convolution reverb έχουν βελτιωθεί σημαντικά και έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι που επιτρέπουν σε ένα βαθμό τη real-time εφαρμογή τους [Wefers, 2015]. Ωστόσο η αξία τους αναδεικνύεται κυρίως εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μία υφιστάμενη αίθουσα ως αφετηρία και να διερευνηθεί το αντίκτυπο μιας σειράς μεταβολών ή να συγκριθούν αίθουσες μεταξύ τους πχ όπως στο πείραμα των Soulodre & Bradley [1995]. Τα παρόντα πειράματα δεν στήθηκαν με αναφορά σε κάποιους υφιστάμενους ή έστω ρεαλιστικούς χώρους. Αντιθέτως πρόκειται για τη διερεύνηση ενός στοιχειώδους θεωρητικού χώρου και μιας ιδανικής συνθήκης που μπορούν να περιγραφούν αλγοριθμικά. Τα παραπάνω σε συνδυασμό με την περιορισμένη επεξεργαστική ισχύ του διαθέσιμου φορητού εξοπλισμού (σημειώνεται ότι το πείραμα διενεργήθηκε κάνοντας επισκέψεις σε πολλούς χώρους) δρομολόγησαν τη χρήση μιας μονάδας λογισμικού αλγοριθμικής αντήχησης έναντι μιας αντήχησης συνέλιξης.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω τα λογισμικά αλγοριθμικής αντήχησης διαθέτουν πολλές παραμέτρους, ρυθμίζοντας τις οποίες μπορεί κανείς να περιγράψει την ακουστική συμπεριφορά ενός χώρου. Στην παρούσα εργασία οι ρυθμίσεις αυτές καθορίστηκαν με βάση μια σειρά από παραδοχές που έγιναν για τον εικονικό χώρο των πειραμάτων, την πηγή του ήχου και τη θέση της ακρόασης.

Για τον υποθετικό αυτό χώρο έγιναν οι παρακάτω παραδοχές:

Το ηχητικό πεδίο είναι διάχυτο, δηλαδή υπάρχει ίση πυκνότητα ενέργειας σε όλα τα σημεία του χώρου και συνεπώς ίση πιθανότητα να φτάσει ο ήχος από οποιαδήποτε κατεύθυνση [Long, 2006, p. 298].

Η απόσβεση της ηχητικής ενέργειας εκφρασμένης σε dB είναι γραμμική συνάρτηση του χρόνου. Συνεπώς και η απόσβεση της στάθμης ηχητικής πίεσης σε dB είναι επίσης γραμμική συνάρτηση του χρόνου, αφού και οι δύο ποσότητες εκφράζονται σε λογαριθμική κλίμακα. Αυτό σημαίνει ότι και οι δύο παραπάνω ποσότητες, όταν εκφράζονται ως απόλυτα μεγέθη στις μονάδες τους (W και N/m^2 αντίστοιχα),

μειώνονται εκθετικά με το χρόνο και οι εκθετικές αυτές αποσβέσεις, όταν μετατραπούν σε dB, γίνονται γραμμικές. Σημειώνεται ότι στις ρεαλιστικές συνθήκες η μετρούμενη απόσβεση περιέχει τυχαίες διαφοροποιήσεις και για την εξαγωγή του χρόνου αντήχησης γίνεται γραμμική προσέγγιση [Barron, 2010, p. 29].

Δεν υπάρχουν διακριτές ανακλάσεις από το χώρο στη θέση ακρόασης ή η ενέργειά τους είναι αμελητέα ώστε να μην επηρεάζουν την παραπάνω γραμμικότητα.

Οι πρώτες ανακλάσεις που συνθέτουν το αρχικό μέρος της κρουστικής απόκρισης είναι πολύ πυκνές μεταξύ τους ώστε οι παραπάνω γραμμική απόσβεση καθίσταται και συνεχής για όλο της το μήκος.

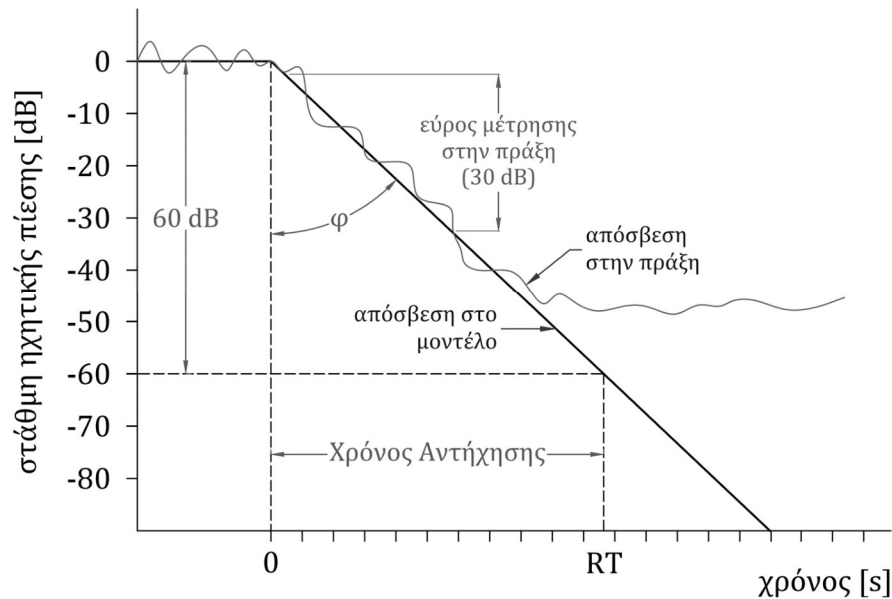
Ο απευθείας ήχος και οι πρώτες ανακλάσεις φτάνουν ταυτόχρονα στη θέση ακρόασης, δηλαδή το αρχικό χρονικό κενό καθυστέρησης (Initial Time Delay Gap-ITDG) είναι αμελητέο.

Για την πηγή του ήχου θεωρήθηκε ότι είναι σημειακή με συμμετρική εκπομπή και βρίσκεται στο κέντρο της υποθετικής σκηνής.

Για τη θέση ακρόασης θεωρήθηκε ότι αυτή βρίσκεται ακριβώς απέναντι από την πηγή του ήχου και σε απόσταση ίση με την κρίσιμη απόσταση. Θεωρήθηκε δηλαδή ότι η στάθμη του απευθείας ηχητικού πεδίου είναι ίση με τη στάθμη του αντηχητικού πεδίου.

Επισημαίνεται ότι τα παραπάνω συνθέτουν μία ιδανική και συνεπώς μη ρεαλιστική συνθήκη. Αναγνωρίζεται δηλαδή ότι ο ψηφιακός χώρος εντός του οποίου έγινε η ακρόαση κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων αποκλίνει σημαντικά από μία φυσική αίθουσα ακροατηρίου. Ωστόσο αφενός η ανάγκη μεταβλητότητας της ακουστικής σε πραγματικό χρόνο κατά την ακρόαση και αφετέρου η σύνθεση ενός χώρου με σταθερές όλες τις ακουστικές παραμέτρους πλην μίας υπό διερεύνηση, εν προκειμένω του χρόνου αντήχησης, καθιστούν αναπόφευκτο αυτόν τον περιορισμό. Επίσης υπενθυμίζεται ότι η παρούσα εργασία είναι μεταξύ των πρώτων που ασχολείται με την ακουστική αιθουσών ακροατηρίου μουσικής jazz. Έτσι, ελλείψει αντίστοιχων πειραμάτων από τη βιβλιογραφία αλλά και αποδεκτών τιμών για κάποιες από τις ακουστικές παραμέτρους ενός τέτοιου χώρου οι παραπάνω παραδοχές έγιναν αυθαίρετα. Εκτιμάται εντούτοις ότι λόγω του σχετικά μικρού μεγέθους των τυπικών αιθουσών jazz και του συνήθους σχεδιασμού ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης τέτοιων χώρων, οι περισσότερες από τις

παραπάνω παραδοχές, αν και μη ρεαλιστικές δεν απέχουν πολύ από την πραγματικότητα.



Σχ. 17 Απόσβεση της στάθμης ηχητικής πίεσης στο μοντέλο. Στην πράξη η απόσβεση περιέχει τυχαίες διαφοροποιήσεις και για την εξαγωγή του χρόνου αντήχησης γίνεται μέτρηση στο διάστημα -5 dB και -35 dB από την αρχική στάθμη και εκτίμηση μέσω παρέκτασης (extrapolation)

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η μείωση της στάθμης (SPL) του ήχου σε σχέση με το χρόνο ήταν συνεχής και γραμμική όπως παρουσιάζεται στο Σχ. 17. Για τις ανάγκες του πειράματος, η κλίση αυτής της συνεχούς γραμμικής απόσβεσης (η γωνία φ στο σχήμα) ήταν μεταβλητή και ελεγχόμενη από ένα midi controller. Ο χειριστής μπορούσε δηλαδή περιστρέφοντας ένα κουμπί που στέλνει εντολές midi να μεταβάλλει την κρουστική απόκριση του συνθετικού ηχητικού πεδίου και να ακούει σε πραγματικό χρόνο την επιρροή της μεταβολής αυτής στη μουσική. Στην ουσία αυτό που μεταβαλλόταν ήταν ο χρόνος αντήχησης του εικονικού χώρου εντός του οποίου αναπαράγονταν οι ανηχοϊκές ηχογραφήσεις. Η καθυστέρηση στο χρόνο απόκρισης (latency) από τη μετακίνηση του χειριστηρίου μέχρι την αναπαραγωγή του φιλτραρισμένου σήματος ήταν μικρότερη από 4 ms και θεωρείται αμελητέα.

Το χειριστήριο ελέγχου (controller) επιλέχθηκε να είναι περιστροφικό (τύπου knob) και όχι γραμμικό (τύπου fader), ώστε ο χειριστής βλέποντάς το να μην έχει ακριβή αντίληψη

της θέσης του, και ο χειρισμός να βασίζεται στα ακουστικά κριτήρια χωρίς να επηρεάζεται από τα αντίστοιχα οπτικά.

Η βαθμονόμησή του χειριστηρίου έγινε θέτοντας ως ακραίες τις τιμές του χρόνου αντήχησης τις 0 s και 3.2 s, για την αρχή και το τέρμα της διαδρομής αντιστοίχως. Προφανώς η αρχή της διαδρομής (τιμή 0) συμπίπτει με την αναπαραγωγή του μη επεξεργασμένου ανηχοϊκού σήματος. Για τις ενδιάμεσες τιμές, η σχέση της γωνίας περιστροφής του controller με την τιμή του χρόνου αντήχησης ήταν γραμμική. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε έδινε τη δυνατότητα επιλογής έως 20 s, ωστόσο τέθηκαν τα παραπάνω όρια θεωρώντας ότι μεγαλύτερες τιμές του χρόνου αντήχησης θα είναι είτε εκτός των αναμενόμενων απαντήσεων είτε μη υλοποιήσιμες πρακτικά και συνεπώς πρακτικά αδιάφορες. Αυτό προέκυψε αφενός μελετώντας τους χρόνους αντήχησης για άλλα είδη μουσικής [Barron, 2010], [Larsen, 2014] και αφετέρου λαμβάνοντας υπ' όψη τους κατασκευαστικούς περιορισμούς με δεδομένη την κλίμακα των τυπικών χώρων ακροατηρίου jazz μουσικής. Επίσης ο περιορισμός του εύρους του χρόνου αντήχησης οδηγεί και σε μείωση του βήματος της μεταβολής κατά την περιστροφή του χειριστηρίου, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η λεπτομέρεια και η ακρίβεια των αξιολογήσεων. Σημειώνεται ότι το midi πρωτόκολλο διαιρεί την πλήρη διαδρομή ενός controller σε 128 διακριτές θέσεις (0 – 127) [Midi, 2014], περιορίζοντας στο ισάριθμο πλήθος τη δυνατότητα αποστολής εντολών. Για το εύρος που επιλέχθηκε, το βήμα στη μεταβολή για μια ελάχιστη κίνηση του controller ήταν 25 ms.

Ως ψηφιακός σταθμός επεξεργασίας ήχου (Digital Audio Workstation, DAW) για την εισαγωγή του αρχικού σήματος, τη διαχείριση των εντολών midi, την αναπαραγωγή του αποτελέσματος και την καταγραφή των αξιολογήσεων, χρησιμοποιήθηκε φορητός Η/Υ με το λογισμικό Nuendo v.4 (Steinberg Media Technologies GmbH) στην πρώτη φάση του και το Cubase v.5 (Steinberg Media Technologies GmbH) στη δεύτερη φάση του πειράματος. Ως midi controller χρησιμοποιήθηκαν τα mother keyboards M-Audio Oxygen και Roland PCR 800 για τις δύο φάσεις αντιστοίχως.

4.2.4 Η αναπαραγωγή και ακρόαση του 'ακουστικοποιημένου' σήματος

Η τρίτη συνιστώσα του auralization είναι η αναπαραγωγή και ακρόαση του "ακουστικοποιημένου" σήματος. Αυτή μπορεί να γίνει είτε με χρήση ηχείων είτε με χρήση ακουστικών. Στα πειράματα της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν ακουστικά.

Είναι γεγονός ότι τα ηχεία προσφέρουν μια πολύ πιο ρεαλιστική προσέγγιση του φυσικού ηχητικού περιβάλλοντος. Ωστόσο η ακουστική του υπό μελέτη χώρου επηρεάζεται από το αντηχητικό πεδίο του χώρου ακρόασης. Απαιτείται λοιπόν είτε ένας ανηχοϊκός θάλαμος εντός του οποίου θα γίνει η αναπαραγωγή είτε ένα σύστημα αντιστάθμισης – ακύρωσης των ανακλάσεων στη θέση ακρόασης. Έτσι όμως η χρήση των ηχείων για τέτοιου είδους πειράματα καθίσταται πολύπλοκη δαπανηρή και μη ευέλικτη αφού η δυνατότητα διεξαγωγής περιορίζεται σε έναν μόνο διαμορφωμένο χώρο.

Απ την άλλη πλευρά η χρήση ακουστικών στα πλαίσια ‘ακουστικοποίησης’ είναι ευρέως διαδεδομένη καθώς επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο των ηχητικών σημάτων που φτάνουν στα δύο αυτιά. Με ένα ζευγάρι ακουστικών κεφαλής κλειστού τύπου μπορεί πρακτικά να εκμηδενιστεί η επιρροή του χώρου διεξαγωγής του πειράματος και ο ακροατής να ακούει μόνο το ακουστικοποιημένο σήμα. Επίσης πρόκειται για μία λύση απλή και ελάχιστα δαπανηρή.

Βέβαια οι συνθήκες ακρόασης μέσω ακουστικών είναι αφύσικες. Συνήθη προβλήματα είναι ο λεγόμενος “εντοπισμός εντός του κεφαλιού” (“in-head localization”), η αίσθηση δηλαδή ότι η πηγή του ήχου βρίσκεται κάπου μεταξύ των δύο αυτιών, και η σύγχυση στην αντίληψη του μπρος – πίσω (‘forward-to-backward confusion’). Επίσης υπάρχει σφάλμα σε σχέση με την ηχητική σκιά που προκαλεί η παρουσία του κεφαλιού μεταξύ των δύο αυτιών (Head-Related Transfer Function - HRTF). Ωστόσο στο συγκεκριμένο πείραμα, λόγω μονοφωνικής πηγής και συμμετρίας εκτιμάται ότι δεν υπήρξε σημαντικό τέτοιο σφάλμα. Ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι σε ενδεχόμενες κινήσεις του κεφαλιού του ακροατή η πηγή του ήχου φαίνεται να κινείται κι αυτή αφού τα ακουστικά βρίσκονται ακίνητα πάνω στο κεφάλι. Τέλος η παρατεταμένη χρήση ακουστικών προκαλεί κόπωση και συνεπώς πιθανό σφάλμα στην αξιολόγηση.

Τα ακουστικά που χρησιμοποιήθηκαν (AKG 270) ήταν κεφαλής (headphones) κλειστού τύπου (over ear). Σύμφωνα με τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά η απομόνωση που προσφέρουν είναι μεγαλύτερη από 10 dB. Έτσι σε συνδυασμό με την επιλογή ήσυχων χώρων ακρόασης με χαμηλή αντήχηση, εξασφαλίστηκε ότι ο αντηχητικός ήχος που αντιλαμβανόταν ο ακροατής κατά τη διεξαγωγή του πειράματος ήταν μόνο αυτός του υπό μελέτη χώρου χωρίς επιρροή του χώρου διεξαγωγής του πειράματος. Η αναπαραγωγή έγινε μέσω του DAW, με χρήση φορητού υπολογιστή.

Σχετικά με τη στάθμη αναπαραγωγής των αποσπασμάτων, προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι δεν θα υπάρχει καμία διαφορά από άτομο σε άτομο, έγινε μία αρχική ρύθμιση στο σύστημα πριν από την έναρξη των δύο πειραμάτων και με αυτή εξελίχθηκε όλη η διαδικασία. Η μέση στάθμη επιλέχθηκε να είναι μεταξύ 80 και 85 dB(A). Η επιλογή του συγκεκριμένου εύρους έγινε γιατί α) είναι κοντά στις στάθμες που επικρατούν στις ρεαλιστικές συνθήκες και υπαγορεύονται ως μέγιστες από τη νομοθεσία των περισσότερων χωρών β) η απόκριση του αυτιού σε αυτές τις στάθμες είναι σχεδόν επίπεδη [Fletcher & Munson, 1933], [ISO 226:2003] γ) ουσιαστικά εκμηδενίζεται η επιρροή πιθανού θορύβου στο χώρο διεξαγωγής. Για να επιτευχθούν αυτά τα επίπεδα, το σύστημα ρυθμίστηκε συγκρίνοντας υποκειμενικά την ακουστότητα των αποσπασμάτων μέσω των ακουστικών, με εκείνη μέσω ενός ηχείου αναφοράς για το οποίο η στάθμη μετρήθηκε και ήταν εντός του επιθυμητού εύρους.

4.2.5 Χώροι διεξαγωγής

Η διεξαγωγή της πρώτης φάσης του πειράματος έγινε σε πέντε ωδεία των Αθηνών τα οποία διαθέτουν τμήματα σπουδών μουσικής jazz (Ωδείο Αθηνών, Ωδείο Ηριδανός, Ωδείο Athenauem, Μαδριγάλειος Μουσική Σχολή, Ωδείο Φίλιππος Νάκας) και σε ένα επαγγελματικό στούντιο ηχογραφήσεων (Sierra Studios, Αθήνα).

Η δεύτερη φάση του πειράματος διεξήχθη σε τρία ωδεία με jazz τμήματα, (Ωδείο Max Hallecker στην Αθήνα, Βυζαντινό ωδείο Μεγάρων και Music Art Club στα Μέγαρα) και σε τέσσερα επαγγελματικά στούντιο ηχογραφήσεων στην Αθήνα (Ant1 Media Lab Studio, Emphasis Studio, Riverside Studio, Χρόνος Studio).

Για την εκτέλεση του πειράματος σε κάθε ένα από τα παραπάνω ωδεία επιλέχθηκε μία μικρή ήσυχη αίθουσα διδασκαλίας ενώ στην περίπτωση του στούντιο χρησιμοποιήθηκε το control room. Δεν έγιναν φυσικές ακουστικές μετρήσεις στις αίθουσες διεξαγωγής, όμως ελέγχθηκε και διαπιστώθηκε υποκειμενικά ότι επρόκειτο για χώρους με σχετικά χαμηλό θόρυβο βάθους και μικρό χρόνο αντήχησης.

4.2.6 Πληθυσμιακή ομάδα

Οι συμμετέχοντες στο πείραμα ήταν καθηγητές και προχωρημένοι μαθητές των τμημάτων jazz των ωδείων καθώς επίσης και ερμηνευτές και ηχολήπτες με εμπειρία στη

jazz. Η επιλογή εξειδικευμένων ακροατών έγινε θεωρώντας ότι η εμπειρία στην ενασχόληση με το συγκεκριμένο είδος μουσικής θα διευκολύνει την κατανόηση των ζητούμενων του πειράματος, θα οδηγήσει σε ακριβέστερες αξιολογήσεις και θα διατηρήσει σε χαμηλά επίπεδα το τυχαίο σφάλμα. Το μέγεθος του δείγματος ήταν ένας συμβιβασμός μεταξύ της πρακτικής διεξαγωγής των πειραμάτων και τις εξασφάλισης σχετικά αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Στην πρώτη φάση του πειράματος συμμετείχαν σαράντα τέσσερα και στη δεύτερη εξήντα δύο άτομα. Δεν υπήρχαν κοινά άτομα μεταξύ των συμμετεχόντων των δύο φάσεων του πειράματος.

4.2.7 Πειραματική διαδικασία

Πριν ξεκινήσει η ακρόαση, σε κάθε άτομο ξεχωριστά, έγινε προφορική περιγραφή του πειράματος, ώστε να μην υπάρχουν απορίες σχετικά με τη διαδικασία και να εξασφαλιστεί η κατανόηση του χειρισμού. Επίσης δόθηκε ένα έντυπο με τους παράγοντες αντίληψης που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν ως κριτήρια αξιολόγησης και ένα ερωτηματολόγιο προς συμπλήρωση με βασικές ερωτήσεις προς τον κάθε συμμετέχοντα σχετικά με το φύλο, την ηλικία, τη γνώση των αγγλικών και την ενασχόλησή του με τη μουσική jazz.

Ακολούθησε η φάση της ακρόασης όπου, μέσω των ακουστικών, το κάθε άτομο άκουσε πρώτα ηχογραφημένες οδηγίες διεξαγωγής του πειράματος και στη συνέχεια τα μουσικά αποσπάσματα. Ο σκοπός των ηχογραφημένων οδηγιών, εκτός από το να γίνει κατανοητή η διαδικασία, ήταν και να δοθεί λίγος χρόνος ώστε να εξασφαλιστεί η εξοικείωση του ακροατή με το ηχητικό περιβάλλον των ακουστικών.

Καθ' όλη τη διάρκεια της ακρόασης των μουσικών αποσπασμάτων, ο ακροατής είχε πρόσβαση στο midi controller όπου με τη χρήση ενός ή δύο περιστροφικών κουμπιών (αναλόγως τη φάση του πειράματος) μπορούσε να μεταβάλλει το χρόνο αντήχησης του οιονεί χώρου και να ακούει το αποτέλεσμα της επιλογής του σε πραγματικό χρόνο. Το ζητούμενο από τους συμμετέχοντες ήταν να πειραματιστούν με την παραπάνω λειτουργία και να υποδείξουν τα σημεία εκείνα για τα οποία βελτιστοποιείται η ακρόαση. Η υπόδειξη των τελικών επιλογών του ακροατή γινόταν με το πάτημα ενός τυχαίου πλήκτρου στο midi keyboard και έτσι γινόταν η μετάβαση στο επόμενο απόσπασμα.

Κάθε άτομο επανέλαβε την παραπάνω διαδικασία τρεις φορές για καθένα από τα τέσσερα αποσπάσματα. Αυτό που άλλαζε κάθε φορά ήταν το κριτήριο με βάση το οποίο καλούνταν ο ακροατής να κάνει τις επιλογές του. Τα τρία κριτήρια που τέθηκαν ήταν οι τρεις ανεξάρτητοι παράγοντες που προέκυψαν στο πείραμα αντίληψης της ζωντανής μουσικής jazz. Έτσι, πρώτα εξετάστηκε για όλα τα αποσπάσματα η διαύγεια (Clarity), στη συνέχεια η ομαλότητα (Smoothness) και στο τέλος η εγγύτητα (Proximity).

Επειδή το κάθε μουσικό απόσπασμα είχε σχετικά μικρή διάρκεια, η αναπαραγωγή γινόταν σε loop mode, δηλαδή το κομμάτι επαναλαμβανόταν συνέχεια ώστε ο ακροατής να μην αισθάνεται πίεση, και να έχει όσο χρόνο χρειάζεται για να σιγουρευτεί για την επιλογή του. Όλες οι διερευνητικές κινήσεις του midi controller καθώς και οι τελικές αποτιμήσεις καταγράφονταν σε ένα αυτοματοποιημένο midi κανάλι του DAW και αποθηκεύονταν ώστε μετά το πέρας του πειράματος να είναι εύκολη η μετατροπή των κρίσεων σε αριθμητικά δεδομένα προς επεξεργασία. Μεταξύ των αποσπασμάτων ο ακροατής άκουγε από τα ακουστικά ηχογραφημένες οδηγίες που του υπενθύμιζαν τα επόμενα βήματα της διαδικασίας, ανέλυαν τους παράγοντες – κριτήρια επιλογής κλπ. Αυτό αφενός βοηθούσε τον ακροατή να είναι σίγουρος για το τι καλείται να κάνει κάθε φορά, και αφετέρου λειτουργούσε και ως ένα μικρό διάλειμμα ώστε να «καθαρίσει το αυτί του» από το κάθε κομμάτι και να ασχοληθεί με το επόμενο.

Στις οδηγίες που δόθηκαν στους ακροατές, η αναφορά στα κριτήρια ήταν αναλυτική και δεν περιορίστηκε μόνο στα ονόματα των παραγόντων αλλά στην πλήρη περιγραφή τους, απαριθμώντας τις κύριες κλίμακες αξιολόγησης που τους συνθέτουν. Επίσης τα άτομα προτρέπονταν να μη διστάσουν να δοκιμάσουν όλη τη διαδρομή του midi controller, ακόμη και τις ακραίες τιμές, ενώ δόθηκε με έμφαση η οδηγία να επικεντρωθούν, κατά την αξιολόγησή τους, στην ακουστική ποιότητα του χώρου και όχι στην ερμηνεία ή στη μουσική σύνθεση. Όλη η διαδικασία διαρκούσε από 30 έως 40 λεπτά για το κάθε άτομο.

Το συνολικό πείραμα ολοκληρώθηκε σε δύο φάσεις: Στην πρώτη φάση ο χρόνος αντήχησης θεωρήθηκε ότι είναι σταθερός στο φάσμα συχνοτήτων και μέσω της πειραματικής διαδικασίας διερευνήθηκε η βέλτιστη τιμή του. Στη δεύτερη φάση χωρίζοντας το φάσμα σε τρεις περιοχές συχνοτήτων (χαμηλές, μεσαίες και υψηλές) διερευνήθηκε η βέλτιστη κατανομή του χρόνου αντήχησης στις περιοχές αυτές.

4.2.8 Μέθοδος Ανάλυσης

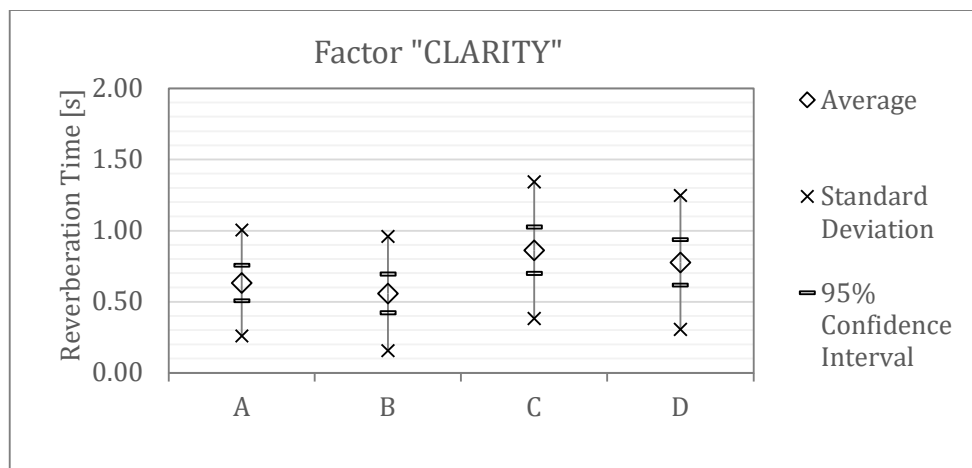
Μετά την ολοκλήρωση του σταδίου των αξιολογήσεων συγκεντρώθηκαν οι απαντήσεις και αφού μετατράπηκαν σε αριθμητικά δεδομένα εξήχθησαν ο αριθμητικός μέσος, η τυπική απόκλιση και το 95% διάστημα εμπιστοσύνης ανά κριτήριο για κάθε μουσικό απόσπασμα. Υπενθυμίζεται ότι η τυπική απόκλιση (standard deviation) είναι ένας δείκτης της διασποράς της μεταβλητής γύρω από τον αριθμητικό μέσο (average) όπως προκύπτει από τις απαντήσεις του συγκεκριμένου πειράματος, ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης (confidence interval) είναι το εύρος των τιμών στο οποίο βρίσκεται ο πραγματικός μέσος όρος με μια δεδομένη πιθανότητα (εν προκειμένω 95%) με την παραδοχή ότι οι τιμές της μεταβλητής ακολουθούν κανονική κατανομή. Επίσης για κάθε κριτήριο έγινε ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) ώστε να εξεταστεί εάν οι υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μουσικών αποσπασμάτων στις αξιολογήσεις των ακροατών. Ελέγχθηκε δηλαδή για κάθε παράγοντα η μηδενική υπόθεση ότι οι μέσες τιμές των επιθυμητών χρόνων αντήχησης δεν έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των αποσπασμάτων.

4.3 ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ - ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ

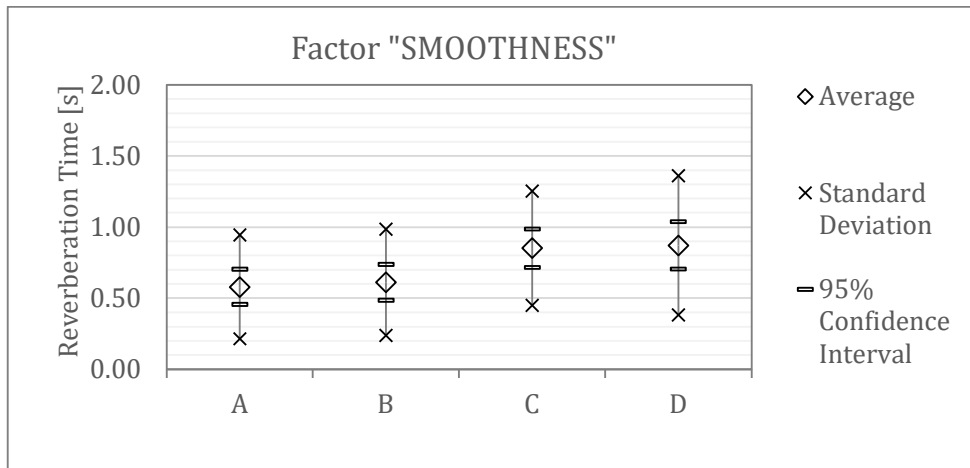
Η πρώτη φάση του πειράματος είχε στόχο τη διερεύνηση της βέλτιστης τιμής του χρόνου αντήχησης μιας αίθουσας μουσικής jazz. Στη φάση αυτή έγινε η παραδοχή ότι ο χρόνος αντήχησης είναι σταθερός στο φάσμα. Θεωρήθηκε δηλαδή ότι η απόσβεση του αντηχητικού πεδίου είναι η ίδια γραμμική συνάρτηση του χρόνου για όλες τις συχνότητες που αφορούν στην ακουστική του υπό μελέτη χώρου. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι συμμετέχοντες στο πείραμα μπορούσαν μέσω ενός περιστροφικού κουμπιού να μεταβάλλουν την τιμή του χρόνου αντήχησης να ακούν το αποτέλεσμα σε πραγματικό χρόνο και να υποδείξουν την τιμή που θεωρούν βέλτιστη για κάθε κριτήριο.

4.3.1 Ανάλυση και αποτελέσματα

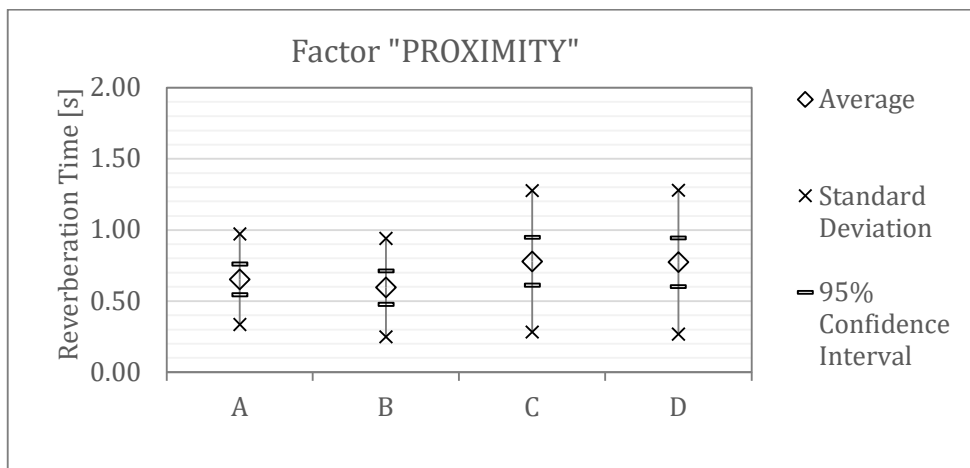
Τα αποτελέσματα για κάθε μουσικό απόσπασμα απεικονίζονται γραφικά στα Σχ. 18, Σχ. 19 και Σχ. 20 ανά παράγοντα της αντίληψης ξεχωριστά.



Σχ. 18 Αποτελέσματα του πειράματος διερεύνησης της βέλτιστης τιμής του χρόνου αντήχησης με κριτήριο τον παράγοντα CLARITY κατά την ακρόαση των ηχογραφημάτων A, B, C και D



Σχ. 19 Αποτελέσματα του πειράματος διερεύνησης της βέλτιστης τιμής του χρόνου αντήχησης με κριτήριο τον παράγοντα SMOOTHNESS κατά την ακρόαση των ηχογραφημάτων A, B, C και D



Σχ. 20 Αποτελέσματα του πειράματος διερεύνησης της βέλτιστης τιμής του χρόνου αντήχησης με κριτήριο τον παράγοντα PROXIMITY κατά την ακρόαση των ηχογραφημάτων A, B, C και D

Για καθένα από τα τρία κριτήρια αξιολόγησης έγινε ανάλυση της διακύμανσης των απαντήσεων με ανεξάρτητη μεταβλητή τα μουσικά αποσπάσματα. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πιν. 29. Όπως φαίνεται από τον πίνακα για επίπεδο εμπιστοσύνης 1% η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται για τους δύο πρώτους παράγοντες (CLARITY και SMOOTHNESS). Προέκυψε δηλαδή ότι κάποια από τα μουσικά

αποσπάσματα επηρέασαν τις αξιολογήσεις των ακροατών ως προς τα δύο αυτά κριτήρια.

Track	Factor	F-ratio	Significance
A – B – C – D	CLARITY	4.424	0.005
	SMOOTHNESS	6.233	0.000
	PROXIMITY	2.024	0.112

Πιν. 29 Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης των αποτελεσμάτων ως προς τα ηχογραφήματα.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω η απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης υποδηλώνει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικής διαφοράς μεταξύ των ομάδων αλλά δεν υποδεικνύει ποιες συγκεκριμένες ομάδες διαφέρουν. Για να εξακριβωθεί αυτό έγινε πάλι ανάλυση της διακύμανσης ελέγχοντας τα αποτελέσματα ανά ζεύγος μουσικών αποσπασμάτων.

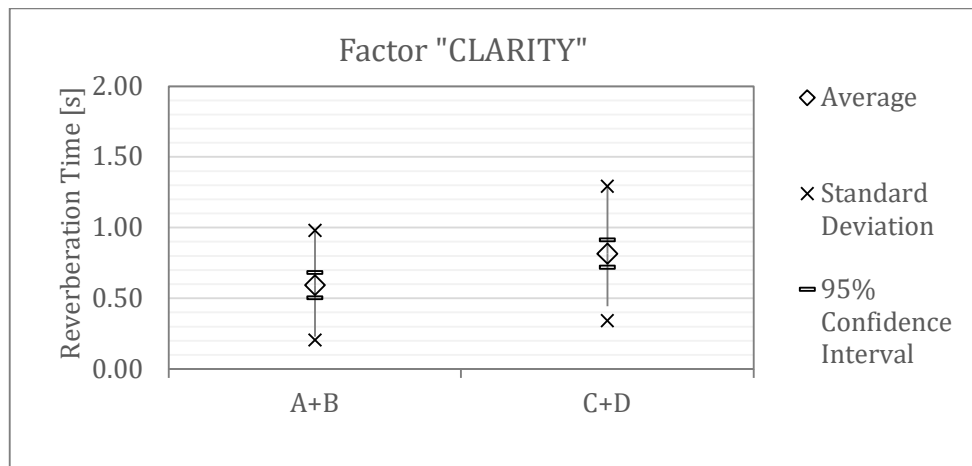
Στην ανάλυση της διακύμανσης μεταξύ των αποσπασμάτων A και B επαληθεύτηκε η μηδενική υπόθεση, υποδεικνύοντας ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των δύο ομάδων για κανένα από τα τρία κριτήρια αξιολόγησης. Το ίδιο προέκυψε και από τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης μεταξύ των αποσπασμάτων C και D. Τα αποτελέσματα των παραπάνω αναλύσεων παρουσιάζονται στον Πιν. 30.

Στον έλεγχο των υπόλοιπων ζευγών εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τα σχετικά αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ενότητα 7.2.3.1).

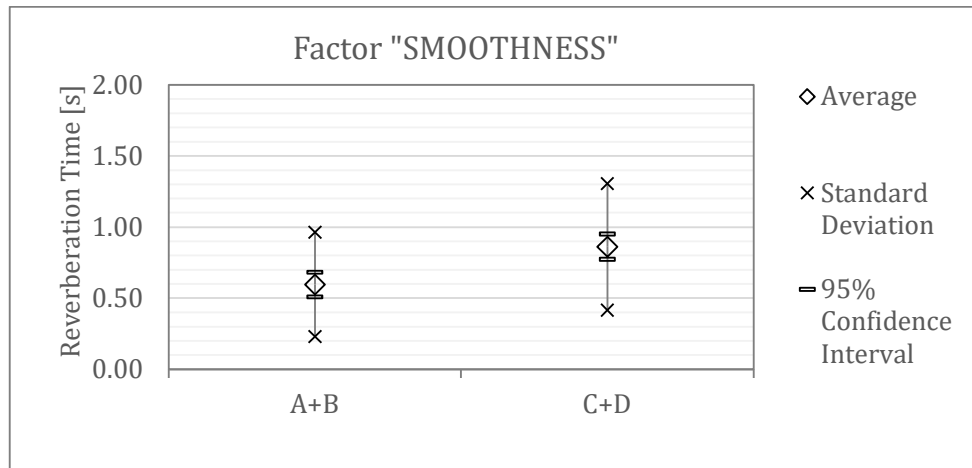
Πιν. 30 Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης των αποτελεσμάτων ανά ζεύγος ηχογραφήματων.

Track	Factor	F-ratio	Significance
A - B	CLARITY	0.796	0.375
	SMOOTHNESS	0.166	0.685
	PROXIMITY	0.674	0.414
C - D	CLARITY	0.722	0.398
	SMOOTHNESS	0.042	0.838
	PROXIMITY	0.004	0.949

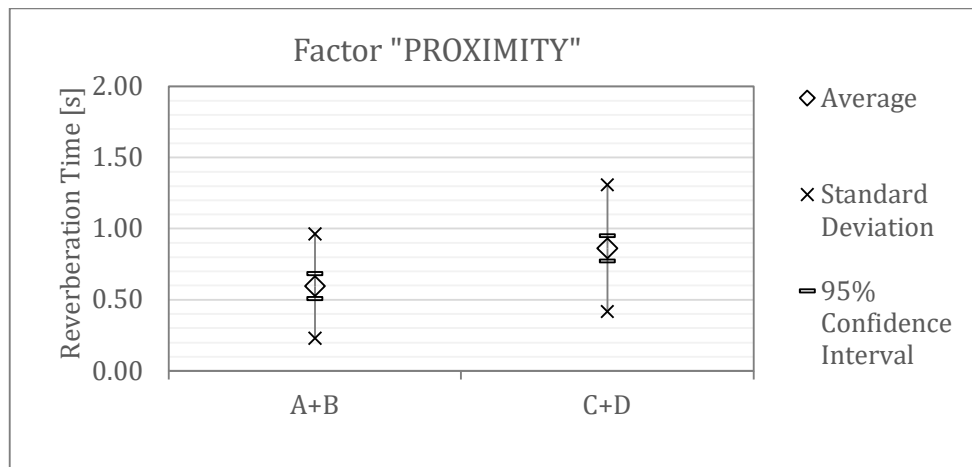
Βάσει των αποτελεσμάτων αυτών, τα δεδομένα από τα μουσικά αποσπάσματα A και B συγχωνεύτηκαν σε μία ομάδα (την 'A+B') και ομοίως τα δεδομένα των αποσπασμάτων C και D σε μία δεύτερη ομάδα (την 'C+D'). Οι νέοι στατιστικοί δείκτες που εξήχθησαν από τα συγχωνευμένα δεδομένα στις δύο αυτές ομάδες παρουσιάζονται στα Σχ. 21, Σχ. 22 και Σχ. 23.



Σχ. 21 Βέλτιστη τιμή του χρόνου αντήχησης στα συγχωνευμένα δεδομένα με κριτήριο τον παράγοντα CLARITY



Σχ. 22 Βέλτιστη τιμή του χρόνου αντήχησης στα συγχωνευμένα δεδομένα με κριτήριο τον παράγοντα SMOOTHNESS



Σχ. 23 Βέλτιστη τιμή του χρόνου αντήχησης στα συγχωνευμένα δεδομένα με κριτήριο τον παράγοντα PROXIMITY

Επίσης έγινε εκ νέου ανάλυση διακύμανσης για καθένα από τους τρεις παράγοντες στα συγχωνευμένα δεδομένα, δηλαδή μεταξύ των ομάδων 'A+B' και 'C+D'. Όπως ήταν αναμενόμενο προέκυψε ότι στις απαντήσεις με βάση τα κριτήρια CLARITY και SMOOTHNESS οι διαφορές μεταξύ των ομάδων είναι στατιστικά σημαντικές (Πιν. 31).

Πιν. 31 Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης των συγχωνευμένων αποτελεσμάτων ως προς τις δύο ομάδες ηχογραφήματων.

Track	Factor	F-ratio	Significance
(A+B) – (C+D)	CLARITY	11.802	0.001
	SMOOTHNESS	18.710	0.000
	PROXIMITY	5.705	0.018

Τα αναλυτικά αποτελέσματα όλων των ελέγχων διακύμανσης αυτής της φάσης του πειράματος παρουσιάζονται αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – (ενότητα 7.2.3.1).

4.3.2 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Οι συμμετέχοντες στο πείραμα υπέδειξαν διαφορετική βέλτιστη τιμή του χρόνου αντήρησης ανάλογα με το μουσικό απόσπασμα που άκουγαν. Συγκεκριμένα κατά την ακρόαση των δύο πρώτων μουσικών αποσπασμάτων (A, B) ο αριθμητικός μέσος των προτεινόμενων τιμών ήταν περίπου 0.6 s, ενώ κατά την ακρόαση των δύο άλλων (C,D) ήταν περίπου 0.8 s. Αν και η διαφορά αυτή παρατηρείται με μικρές αποκλίσεις και στα τρία κριτήρια αξιολόγησης, τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης έδειξαν ότι αυτή ήταν στατιστικά σημαντική στα δύο από αυτά (CLARITY και SMOOTHNESS) και όχι στο τρίτο (PROXIMITY). Σημειώνεται ωστόσο ότι το αποτέλεσμα της ανάλυσης για το τρίτο κριτήριο ήταν οριακό (0.018 για επίπεδο σημαντικότητας 1%).

Οι προφανείς διαφορές μεταξύ των αποσπασμάτων A, B και C, D είναι αφενός η ταχύτητα και αφετέρου η ενορχήστρωση. Επίσης υπενθυμίζεται ότι το κάθε ζευγάρι αντιστοιχεί στην ίδια σύνθεση παιγμένη solo και ensemble. Η κύρια ερμηνεία για την ύπαρξη δύο βέλτιστων τιμών είναι η διαφορά στην ταχύτητα. Είναι προφανές ότι όσο πιο αραιή είναι η εναλλαγή των μουσικών φθόγγων ενός κομματιού τόσο μεγαλύτερη ανοχή υπάρχει στο χρόνο απόσβεσής τους. Αυτό το αναγνωρίζει και ο Beranek στην εργασία του όπου εξηγεί ότι στην περίπτωση διαδοχής δύο τόνων εάν ο χρόνος αντήρησης είναι μεγάλος, ο δεύτερος τόνος πέφτει κάτω από τον αντηχητικό ήχο και γίνεται μη ακουστός. Με άλλα λόγια, καταλήγει ο Beranek, η μουσική που παίζεται με μεγάλη ταχύτητα σε μια αίθουσα με υψηλό χρόνο αντήρησης θα έχει μικρή διαύγεια (clarity) [Beranek, 1961, p. 24]. Η συνήχηση δε ενός φθόγγου με τον αντηχητικό ήχο του

προηγούμενου εξεταζόμενη στο πεδίο των συχνοτήτων, είναι υπεύθυνη για την τονική ποιότητα του ακουστικού αποτελέσματος. Ειδικά στην jazz όπου οι μελωδίες δεν είναι απαραίτητα διατονικές, όταν ένα κομμάτι παίζεται γρήγορα η συνύπαρξη μεταξύ του ήχου ενός φθόγγου και του αντηχητικού ήχου προηγούμενων φθόγγων ή των αρμονικών τους είναι πιθανό να συγκρούονται αρμονικά δίνοντας μία αίσθηση τραχύτητας με την έννοια που αναλύθηκε στην ενότητα 3.3.7.

Τα παραπάνω ερμηνεύουν τη στατιστικά σημαντική διαφορά στις απαντήσεις για τα κριτήρια CLARITY και SMOOTHNESS. Σχετικά με το κριτήριο PROXIMITY η αντίστοιχη διαφορά κρίθηκε οριακά ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική. Για την περίπτωση της αντίληψης της εγγύτητας δεν είναι γνωστή κάποια φυσική ερμηνεία ή αναφορά από τη βιβλιογραφία που να συνδέει την επιρροή της από τη σχέση ταχύτητας και χρόνου αντήχησης. Ωστόσο η (έστω και μη σημαντική) διαφορά που παρατηρήθηκε οδηγεί σε έναν ισχυρισμό. Το γεγονός ότι υπάρχουν ανεξάρτητες συνιστώσες στην αντίληψη της ακουστικής δεν σημαίνει απαραίτητα ότι οι ακροατές μπορούν συνειδητά να απομονώσουν τη μία από αυτές. Η αξιολόγηση με κριτήριο μία συνιστώσα της αντίληψης που ζητήθηκε ίσως δεν είναι κάτι απόλυτα εφικτό και άλλες συνιστώσες να επηρεάζουν σε κάποιο βαθμό την τελική αποτίμηση. Είναι δηλαδή πιθανό οι συνιστώσες CLARITY και SMOOTHNESS, (ίσως και άλλες μη εξειχθείσες από το σύνολο των συνιστωσών της αντίληψης) να παρέσυραν τους ακροατές κατά την αποτύπωση της προτίμησής τους για το χρόνο αντήχησης ως προς την PROXIMITY. Εάν ο ισχυρισμός αυτός ευσταθεί, τότε πρόκειται για έναν περιορισμό του συγκεκριμένου πειράματος. Ωστόσο η γενικότερη ερμηνευσιμότητα των αποτελεσμάτων υποδηλώνει ότι το πιθανό σφάλμα εξαιτίας αυτού ήταν μικρό. Εκτιμάται μάλιστα ότι η επιλογή έμπειρων ακροατών για τη διεξαγωγή του πειράματος ήταν τελικά ορθή και ότι συνέβαλλε σημαντικά στην ελαχιστοποίησή του εν λόγω σφάλματος. Σε κάθε περίπτωση η σύγκλιση των αποτελεσμάτων για τα τρία κριτήρια υποδεικνύει ότι πρόκειται για τη γενική προτίμηση.

Μία δευτερεύουσα ερμηνεία για την ύπαρξη δύο διαφορετικών τιμών στην προτίμηση του χρόνου αντήχησης είναι η επιλογή των οργάνων. Στα δύο πρώτα αποσπάσματα (A, B) το θέμα ερμηνεύεται από πιάνο ενώ στα δύο άλλα (C, D) από τενόρο σαξόφωνο. Επίσης στα ensemble (B και D) η διαφορά έγκειται στην απουσία πνευστού στην πρώτη ομάδα αφού τα άλλα όργανα είναι όλα ίδια. Υπάρχει λοιπόν μία ένδειξη ότι η συμμετοχή πνευστού στην ορχήστρα ίσως συνδέεται με την απαίτηση για λίγο μεγαλύτερο χρόνο

αντήχησης. Επίσης σημειώνεται ότι το πιάνο λόγω της κατασκευής του έχει ήδη κάποια μικρή αντήχηση από το ξύλινο σώμα του ενώ το πνευστό όχι. Αυτό ενδεχομένως ενθάρρυνε τους ακροατές να κινηθούν σε χαμηλότερες τιμές του χρόνου αντήχησης στα δύο πρώτα αποσπάσματα από ότι στα δύο άλλα. Παρόμοια ερμηνεία έχει δώσει και ο Gade σε πείραμα διερεύνησης της αντίληψης μιας διακριτής ανάκλασης (single reflection) από τους μουσικούς όπου τη διαφοροποίηση μεταξύ ερμηνευτών φλάουτου και εγχόρδων την απέδωσε εν μέρει στη μικρή αντήχηση που έχουν από μόνα τους τα έγχορδα λόγω κατασκευής των οργάνων [Gade 1982, p.92].

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι τουλάχιστον οι δύο από τους τρεις παράγοντες που τέθηκαν ως κριτήρια αξιολόγησης (οι CLARITY και PROXIMITY) μεγιστοποιούνται με την απουσία αντήχησης. Ένα ανηχοϊκό σήμα ακούγεται αντικειμενικά καθαρότερα και κοντινότερα αφού προφανώς το αντηχητικό πεδίο αλλοιώνει το αρχικό σήμα και υποδηλώνει την έννοια του χώρου και συνεπώς της απόστασης. Το γεγονός όμως ότι δεν δόθηκαν μηδενικές τιμές του χρόνου αντήχησης κατά την αξιολόγηση δείχνει ότι οι ακροατές δεν έκριναν με βάση το ποια τιμή μεγιστοποιεί ή ελαχιστοποιεί το κάθε κριτήριο αλλά σε ποια ενδιάμεση τιμή η ακρόαση γίνεται βέλτιστη. Αυτό σε πρώτη φάση επιβεβαιώνει ότι το ζητούμενο του πειράματος έγινε αντιληπτό από τους συμμετέχοντες. Επίσης επιβεβαιώνει το προφανές ότι η απόλυτη ικανοποίηση ενός κριτηρίου δεν σημαίνει και καλή ακουστική· πχ ένας ήχος πολύ καθαρός δεν είναι απαραίτητα και προτιμητέος.

Στις απαντήσεις του πειράματος υπήρξε πολύ μεγάλη διασπορά. Στα συγχωνευμένα δεδομένα η τυπική απόκλιση κυμαίνεται από 0.39 s έως 0.50 s που είναι πολύ υψηλή για τις δεδομένες μέσες τιμές. Αυτό σε ένα βαθμό ίσως οφείλεται στο σχετικά μικρό δείγμα. Στην παρούσα εργασία όμως δόθηκε προτεραιότητα στη συμμετοχή έμπειρων ακροατών για τη διεξαγωγή των πειραμάτων ώστε να ενισχυθεί όσο το δυνατό η αξιοπιστία των απαντήσεων. Πιθανή αύξηση, του μεγέθους του δείγματος πρακτικά θα οδηγούσε σε διεύρυνση ως προς την επιλογή των υποκειμένων κάτι που θα ήταν αντίθετο με την αρχική απαίτηση.

Μια άλλη ερμηνεία για την αυξημένη διασπορά σχετίζεται με το πόσο ευαίσθητη είναι η αντίληψη των μεταβολών της τιμής του χρόνου αντήχησης από τους ακροατές. Σχετικά με την οριακά αντιληπτή διαφορά (Just Noticeable Difference – JND), η πρωτοποριακή έρευνα που διεξήχθη από τον Seraphim [1958] καθιέρωσε την τιμή 5% JND για το χρόνο

αντήχησης που είναι σήμερα ευρέως αναγνωρισμένο καθώς αναφέρεται και στο διεθνές πρότυπο που σχετίζεται με τη μέτρηση των ακουστικών παραμέτρων των αιθουσών [ISO 3382]. Ωστόσο ο Seraphim αναφέρει ότι το ποσοστό αυτό αφορά σε χρόνους αντήχησης μεγαλύτερους από 0.6 s και ότι για χαμηλότερες τιμές μπορεί να αυξηθεί έως και 12%. Επίσης νεότερες εργασίες έχουν καταλήξει σε υψηλότερες τιμές όπως 6% [Niaouniakakis & Davies, 2002], 10% [Karjalainen & Järveläinen, 2001], 22% [Blevins et al, 2013] έως και 39% [Meng et al]. Τα πειράματα στις εργασίες αυτές παρουσίαζαν διαφορές τόσο στον τρόπο διεξαγωγής τους όσο και στις πηγές ήχου που χρησιμοποιήθηκαν (θόρυβος, μουσική, ομιλία). Στην εργασία του [Niaouniakakis] προέκυψε ότι η οριακά αντιληπτή διαφορά ήταν μεγαλύτερη στην περίπτωση ακρόασης από ηχεία σε σχέση με την ακρόαση σε φυσικό χώρο με μεταβλητή ακουστική. Η ομάδα των Meng et al που υπέδειξε και την υψηλότερη τιμή στο JND έκανε τα πειράματά της σε 34 ακροατές μέσω auralization όπου προστέθηκε ψηφιακή αντήχηση σε μονοφωνικά ανηχοϊκά δείγματα ενώ η παραγωγή και η ακρόαση έγινε μέσω ακουστικών κεφαλής. Οι συνθήκες δηλαδή ήταν παρόμοιες με εκείνες του πειράματος της παρούσας εργασίας. Τα δε ανηχοϊκά δείγματα ήταν μουσικές φράσεις παιγμένες από παραδοσιακά όργανα της κίνας ενώ στα συμπεράσματα της εργασίας τους τίθεται ο προβληματισμός εάν η μουσική κουλτούρα ενδέχεται να επηρεάζει την αντίληψη της αντήχησης κατά την ακρόαση μουσικής. Τα παραπάνω συνηγορούν στην υπόθεση ότι ένα μέρος της μεγάλης διασποράς που εντοπίστηκε μεταξύ των απαντήσεων δεν οφείλεται σε διαφορετική προτίμηση του χρόνου αντήχησης αλλά στην ίδια αντίληψη της αντήχησης εντός ενός εύρους τιμών.

Είναι όμως πιθανό η αυξημένη διασπορά να αντικατοπτρίζει και την πραγματικότητα σε σχέση με την ακρόαση του είδους. Ενδέχεται δηλαδή να μην υπάρχει μία αυστηρή τιμή του χρόνου αντήχησης την οποία οι ακροατές της jazz αποδέχονται ομόφωνα ως βέλτιστη. Οι προτιμήσεις τους μπορεί όντως να διαφέρουν ή να καλύπτονται εντός ευρύτερων ανοχών καθορίζοντας έτσι μεγαλύτερα αποδεκτά όρια μεταξύ μιας μέσης επιθυμητής τιμής του χρόνου αντήχησης.

Από το συγκεκριμένο πείραμα η μέση επιθυμητή τιμή του χρόνου αντήχησης προέκυψε 0.6 s και 0.8 s ανάλογα με τη μορφολογία του μουσικού κομματιού. Ακόμη και με δεδομένη τη μεγάλη διασπορά που σχολιάστηκε παραπάνω, το ουσιαστικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι ο βέλτιστος χρόνος αντήχησης για jazz μουσική είναι σαφώς

χαμηλότερος από τον αντίστοιχο για κλασική και πολύ πιο κοντά σε εκείνον για αίθουσες ομιλίας [Barron 2010], [Sotiropoulou 2015, p.62].

Επίσης οι παραπάνω μέσες επιθυμητές τιμές είναι κοντά στα ευρήματα του Larsen που αφορούν στο βέλτιστο χρόνο αντήχησης αιθουσών pop και rock όπου οι αίθουσες που συγκέντρωσαν τις καλύτερες αξιολογήσεις είχαν χρόνους αντήχησης μεταξύ 0.6 s και 1.2 s για ένα εύρος όγκων από 1000 m³ έως 6000 m³ [Larsen 2010]. Ενδεικτικές τιμές του χρόνου αντήχησης για διάφορες χρήσεις των αιθουσών παρουσιάζονται στον Πιν. 32. Να σημειωθεί ότι οι τιμές του Barron αναφέρονται σε κατειλημμένες αίθουσες, ενώ το προτεινόμενο εύρος του Larsen σε άδειες αίθουσες και συνεπώς ακόμη χαμηλότερους χρόνους αντήχησης κατά τη διάρκεια της ακρόασης λόγω της απορρόφησης από το ακροατήριο.

Η ανάγκη για σχετικά χαμηλές τιμές του χρόνου αντήχησης στις αίθουσες ακροατηρίου μουσικής jazz είναι σε ένα βαθμό ερμηνεύσιμη και από την ιστορία του είδους. Όπως περιγράφηκε συνοπτικά στην ενότητα 2.1, η jazz ξεκίνησε να παίζεται στην ύπαιθρο και στη συνέχεια βρήκε στέγη σε διάφορους ετερόκλητους χώρους. Εάν εξαιρέσει κανείς τις περιόδους των ballrooms και της cool jazz, οι περισσότεροι από τους χώρους που φιλοξένησαν τη jazz στην μακρά ιστορία της ήταν γενικά μικροί σε όγκο και εκτιμάται ότι είχαν αρκετά χαμηλότερο χρόνο αντήχησης από μία αίθουσα ακροατηρίου κλασικής μουσικής. Η προφανής επίδραση αυτής της συνθήκης τόσο στη διαμόρφωση της ίδιας της μουσικής όσο και στην αισθητική των ακροατών της αποτυπώθηκε και πειραματικά στην παρούσα εργασία.

Πιν. 32 Προτεινόμενες τιμές του χρόνου αντήχησης των αιθουσών για διάφορες χρήσεις [Barron, 2010], [Larsen, 2010]

Χρήση	Προτεινόμενος χρόνος αντήχηση[s] (αίθουσα με ακροατήριο)
Μουσική για εκκλησιαστικό όργανο	> 2.5
Ρομαντική κλασική μουσική	1.8 - 2.2
Πρώιμη κλασική μουσική	1.6 - 1.8
Όπερα	1.3 - 1.8
Μουσική δωματίου	1.4 - 1.7
Θέατρο	0.7 - 1.0
Μουσική pop και rock	0.6 - 1.2

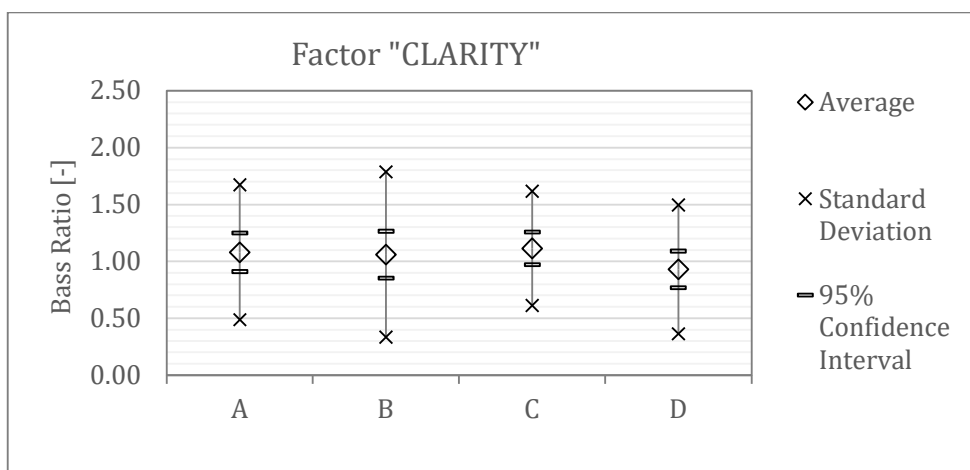
4.4 ΔΕΥΤΕΡΗ ΦΑΣΗ - ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ

Η δεύτερη φάση του πειράματος είχε στόχο τη διερεύνηση της φασματικής κατανομής του χρόνου αντήχησης. Έτσι το υπό μελέτη φάσμα χωρίστηκε σε τρεις περιοχές (χαμηλή, μεσαία και υψηλή) για τις οποίες θεωρήθηκε ότι ο χρόνος αντήχησης έχει ξεχωριστή τιμή. Ωστόσο για κάθε περιοχή έγινε όπως και πριν η παραδοχή ότι υπάρχει γραμμική απόσβεση του αντηχητικού πεδίου σε σχέση με το χρόνο.

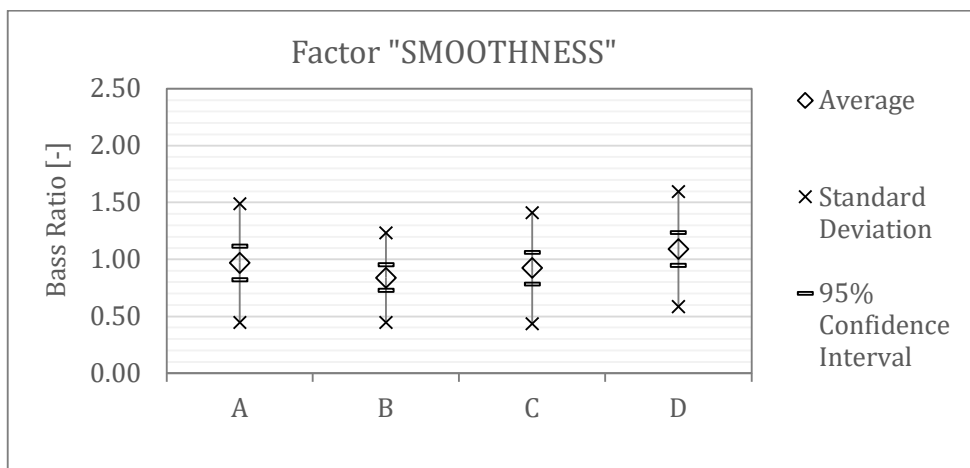
Για τη μοντελοποίηση αυτής της συνθήκης φτιάχτηκαν στο DAW τρία όμοια κανάλια ήχου έτσι ώστε το κάθε απόσπασμα να αναπαράγεται ταυτόχρονα τρεις φορές. Στα κανάλια αυτά έγινε φιλτράρισμα των συχνοτήτων από τον παραμετρικό ισοσταθμιστή του προγράμματος. Στο πρώτο κανάλι απομονώθηκαν μόνο οι χαμηλές συχνότητες και συγκεκριμένα από 355 Hz και κάτω (low pass), στο δεύτερο μόνο οι μεσαίες (από 355 Hz έως 1420 Hz) και στο τρίτο μόνο οι υψηλές, δηλαδή από 1420 Hz και πάνω (high pass). Οι συχνότητες αυτές επιλέχθηκαν έτσι ώστε η μεσαία περιοχή να αντιστοιχεί στις οκταβικές ζώνες των 500 Hz και 1000 Hz, η χαμηλή έως και την οκταβική ζώνη των 125 Hz και η υψηλή από την οκταβική ζώνη των 2000 Hz και πάνω (355 Hz και 1420 Hz είναι κατά προσέγγιση η χαμηλότερη συχνότητα της οκταβικής ζώνης των 500 Hz και η υψηλότερη της οκταβικής ζώνης των 1000 Hz αντιστοίχως). Σε κάθε ένα από τα παραπάνω κανάλια εφαρμόστηκε μία ξεχωριστή μονάδα αλγοριθμικής αντήχησης με ρυθμίσεις ίδιες με του προηγούμενου πειράματος και σύμφωνα με τις παραδοχές για τον υπό μελέτη χώρο που έχουν αναφερθεί παραπάνω. Οι τιμές του χρόνου αντήχησης στη χαμηλή και υψηλή περιοχή ήταν μεταβλητές και ο έλεγχός τους από τους συμμετέχοντες γινόταν όπως και πριν αλλά αυτή τη φορά με τη χρήση δύο περιστροφικών κουμπιών (ένα για κάθε περιοχή). Η τιμή του χρόνου αντήχησης στη μεσαία περιοχή ελήφθη ίση με 0.8 s βάσει των αποτελεσμάτων της προηγούμενης φάσης. Προτιμήθηκε αυτή η τιμή έναντι της χαμηλότερης (0.6 s) ώστε να είναι πιο ευδιάκριτοι οι λόγοι του χρόνου αντήχησης των ακραίων περιοχών προς τη μεσαία. (ο λόγος που αντιστοιχεί στην ίδια μεταβολή της γωνίας του περιστροφικού κουμπιού είναι μικρότερος όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του χρόνου αντήχησης στη μεσαία περιοχή).

4.4.1 Ανάλυση και αποτελέσματα

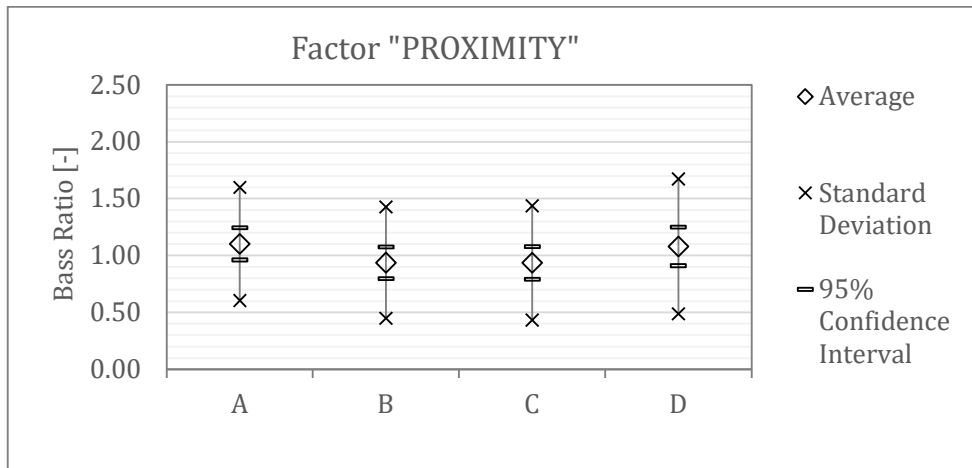
Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος έγινε εξαγωγή των απαντήσεων από το DAW με τη μορφή των λόγων «υψηλές προς μεσαίες» και «χαμηλές προς μεσαίες» (treble ratio και bass ratio αντίστοιχα). Οι στατιστικοί δείκτες που εξήχθησαν από τα δεδομένα των απαντήσεων σε κάθε μουσικό απόσπασμα απεικονίζονται γραφικά στα Σχ. 24, Σχ. 25, Σχ. 26, Σχ. 27, Σχ. 28 και Σχ. 29 ανά παράγοντα της αντίληψης ξεχωριστά.



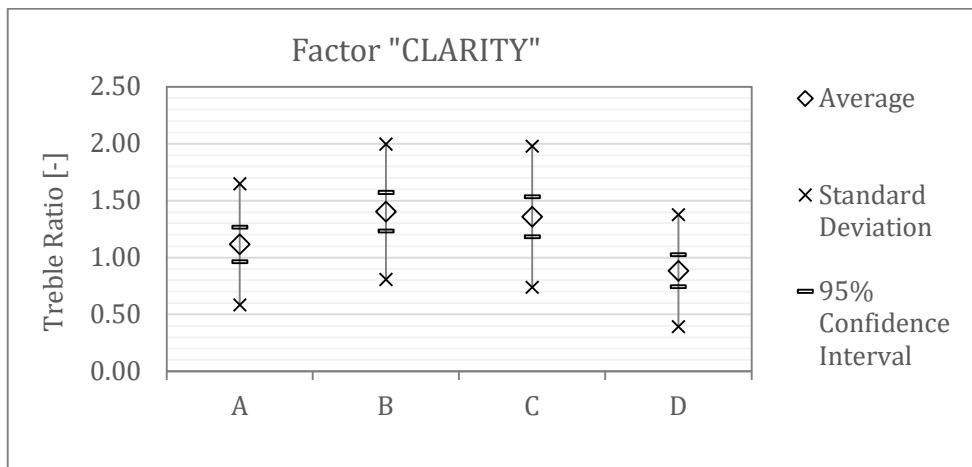
Σχ. 24 Αποτελέσματα του λόγου 'χαμηλές προς μεσαίες συχνότητες' με κριτήριο τον παράγοντα CLARITY κατά την ακρόαση των ηχογραφήματων A, B, C και D



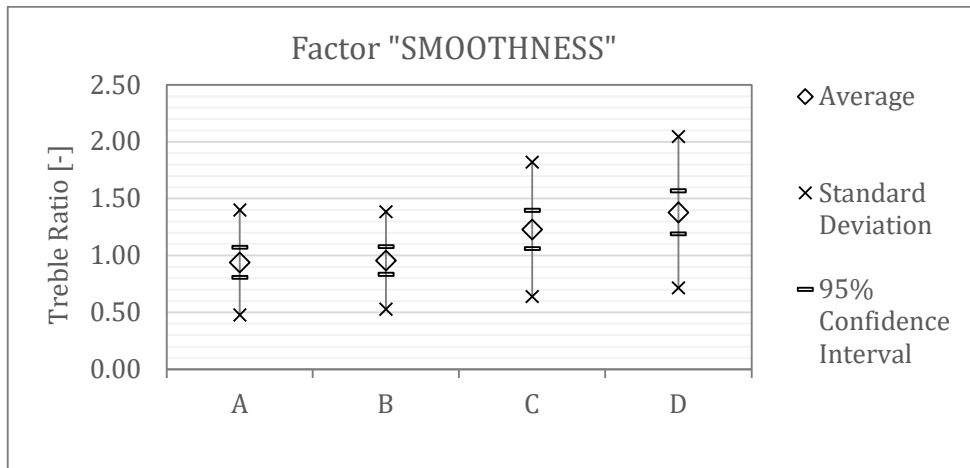
Σχ. 25 Αποτελέσματα του λόγου 'χαμηλές προς μεσαίες συχνότητες' με κριτήριο τον παράγοντα SMOOTHNESS κατά την ακρόαση των ηχογραφήματων A, B, C και D



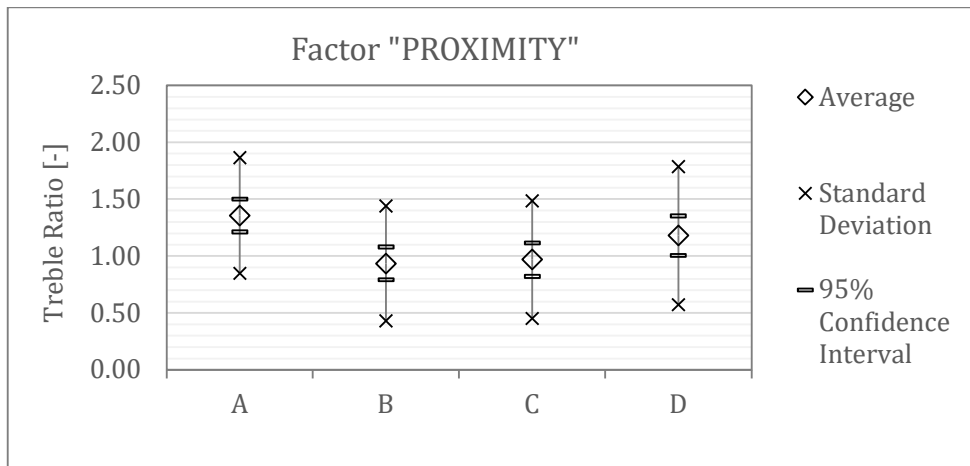
Σχ. 26 Αποτελέσματα του λόγου 'χαμηλές προς μεσαίες συχνότητες' με κριτήριο τον παράγοντα PROXIMITY κατά την ακρόαση των ηχογραφήμάτων A, B, C και D



Σχ. 27 Αποτελέσματα του λόγου 'υψηλές προς μεσαίες συχνότητες' με κριτήριο τον παράγοντα CLARITY κατά την ακρόαση των ηχογραφήμάτων A, B, C και D



Σχ. 28 Αποτελέσματα του λόγου 'υψηλές προς μεσαίες συχνότητες' με κριτήριο τον παράγοντα SMOOTHNESS κατά την ακρόαση των ηχογραφήμάτων A, B, C και D



Σχ. 29 Αποτελέσματα του λόγου 'υψηλές προς μεσαίες συχνότητες' με κριτήριο τον παράγοντα PROXIMITY κατά την ακρόαση των ηχογραφήμάτων A, B, C και D

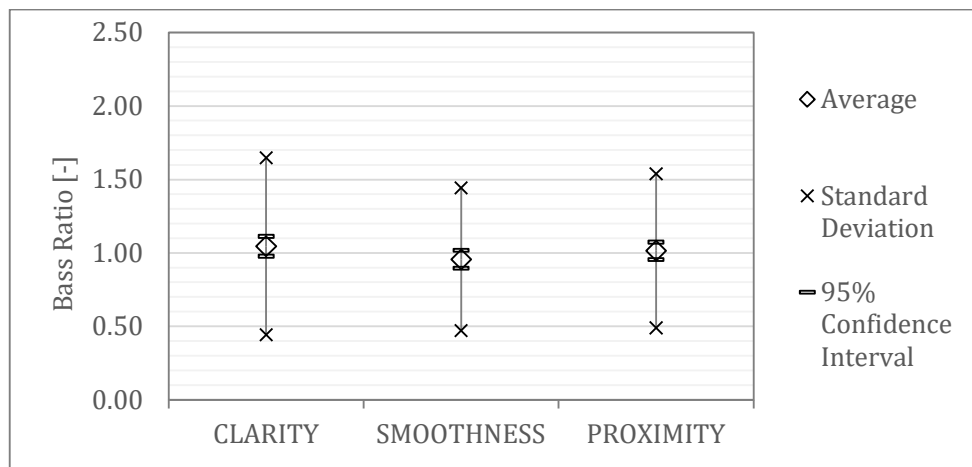
Πιν. 33 Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης των αποτελεσμάτων του λόγου 'χαμηλές προς μεσαίες συχνότητες' ως προς τα ηχογραφήματα.

Track	Factor	F-ratio	Significance
A - B - C - D	CLARITY	1.118	0.343
	SMOOTHNESS	2.969	0.033
	PROXIMITY	1.848	0.139

Στη συνέχεια για καθένα από τα τρία κριτήρια αξιολόγησης έγινε ανάλυση της διακύμανσης των αποτελεσμάτων τόσο του Bass Ratio όσο και του Treble Ratio με ανεξάρτητη μεταβλητή τα μουσικά αποσπάσματα.

Στην ανάλυση των δεδομένων του Bass Ratio το επίπεδο σημαντικότητας ήταν μεγαλύτερο από το όριο του 1% για όλους τους παράγοντες που σημαίνει ότι ισχύει ή μηδενική υπόθεση (Πιν. 33). Προέκυψε δηλαδή ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στα αποτελέσματα μεταξύ των μουσικών αποσπασμάτων, ότι δηλαδή τα μουσικά αποσπάσματα δεν επηρέασαν τις αξιολογήσεις των ακροατών.

Βάσει του παραπάνω αποτελέσματος της ανάλυσης διακύμανσης, για κάθε παράγοντα – κριτήριο αξιολόγησης έγινε συγχώνευση των δεδομένων από τις απαντήσεις και των τεσσάρων αποσπασμάτων. Οι νέοι στατιστικοί δείκτες που εξήχθησαν από τα συγχωνευμένα δεδομένα παρουσιάζονται στο Σχ. 30.



Σχ. 30 Αποτελέσματα του λόγου 'χαμηλές προς μεσαίες συχνότητες' στα συγχωνευμένα δεδομένα για τα τρία κριτήρια

Αντιθέτως στην ανάλυση των δεδομένων του Treble Ratio η μηδενική υπόθεση απορρίφθηκε για όλους τους παράγοντες. Προέκυψε δηλαδή ότι κάποια από τα μουσικά αποσπάσματα επηρέασαν τις αξιολογήσεις των ακροατών.

Πιν. 34 Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης των αποτελεσμάτων του λόγου 'υψηλές προς μεσαίες συχνότητες' ως προς τα ηχογραφήματα.

Track	Factor	F-ratio	Significance
A - B - C - D	CLARITY	11.294	0.000
	SMOOTHNESS	9.667	0.000
	PROXIMITY	8.341	0.000

Όπως και πριν, η απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης υποδηλώνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων αλλά δεν υποδεικνύει ποιες συγκεκριμένες ομάδες διαφέρουν. Για το λόγο αυτό έγινε νέα ανάλυση της διακύμανσης ελέγχοντας αυτή τη φορά τα αποτελέσματα ανά ζεύγος μουσικών αποσπασμάτων. Τα αποτελέσματα της νέας ανάλυσης παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πιν. 35.

Τα αναλυτικά αποτελέσματα όλων των ελέγχων διακύμανσης αυτής της φάσης του πειράματος παρουσιάζονται αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ενότητα 7.2.3.2).

Πιν. 35 Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης των αποτελεσμάτων του λόγου 'υψηλές προς μεσαίες συχνότητες' ανά ζεύγος ηχογραφήμάτων.

Track	Factor	F-ratio	Significance
A-B	CLARITY	8.027	0.005
	SMOOTHNESS	0.041	0.841
	PROXIMITY	21.368	0.000
C-D	CLARITY	22.261	0.000
	SMOOTHNESS	1.786	0.184
	PROXIMITY	4.351	0.039
A-C	CLARITY	5.472	0.021
	SMOOTHNESS	9.249	0.003
	PROXIMITY	17.770	0.000
B-D	CLARITY	27.970	0.000
	SMOOTHNESS	17.829	0.000
	PROXIMITY	5.905	0.017
A-D	CLARITY	6.293	0.013
	SMOOTHNESS	18.361	0.000
	PROXIMITY	3.091	0.081
B-C	CLARITY	0.205	0.651
	SMOOTHNESS	8.597	0.004
	PROXIMITY	0.087	0.769

4.4.2 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Σχετικά με τη χαμηλή περιοχή συχνοτήτων από τις απαντήσεις των ακροατών προκύπτει ότι και για τα τρία κριτήρια αξιολόγησης οι μέσες επιθυμητές τιμές του bass ratio είναι πολύ κοντά στη μονάδα. Η ανάλυση διακύμανσης έδειξε ότι για κάθε παράγοντα η προτίμηση αυτή δεν διέφερε σημαντικά από απόσπασμα σε απόσπασμα. Από τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου πειράματος δηλαδή προέκυψε σαφής προτίμηση για επίπεδη απόκριση (flat response) μεταξύ χαμηλών και μεσαίων

συχνοτήτων. Η απόκριση αυτή διαφοροποιείται από την εδραιωμένη αρχή σχεδιασμού αιθουσών κλασικής μουσικής όπου απαιτείται μεγαλύτερη τιμή του χρόνου αντήχησης στη χαμηλή περιοχή του φάσματος [Barron, 2010], ενώ είναι πιο κοντά στην ακουστική απαίτηση για αίθουσες ομιλίας όπου συνιστάται να μην υπάρχει μεταβολή του χρόνου αντήχησης στο φάσμα συχνοτήτων [Sotiropoulou, 2015 p.62].

Σχετικά με την υψηλή περιοχή συχνοτήτων παρατηρήθηκε μια γενική προτίμηση για υψηλότερο χρόνο αντήχησης σε σχέση με τις μεσαίες συχνότητες. Οι μέσες επιθυμητές τιμές του treble ratio κυμάνθηκε από 0.95 (περίπου επίπεδη απόκριση) έως και 1.4 για τα διάφορα κριτήρια και αποσπάσματα. Η ανάλυση διακύμανσης έδειξε ότι ανά κριτήριο οι διαφορές από απόσπασμα σε απόσπασμα ήταν στατιστικά σημαντικές. Όμως ο έλεγχος ανά ζεύγη αποσπασμάτων δεν υπέδειξε κάποια συστηματική συμφωνία ώστε να εξαχθεί κάποιο περαιτέρω συμπέρασμα.

Η φασματική κατανομή παρουσιάζει ομοιότητες με αυτή που έχει προτείνει ο Larsen [2015] για αίθουσες ακροατηρίου μουσικής rock. Μία ερμηνεία που εκείνος δίνει για τις υψηλότερες τιμές του χρόνου αντήχησης στις υψηλές συχνότητες είναι ότι οι δυναμικές της (rock) μουσικής εκφράζονται κυρίως σε αυτή την περιοχή του φάσματος. Επίσης σημειώνεται ότι η αύξηση του χρόνου αντήχησης στις υψηλές συχνότητες σε σχέση με τις μεσαίες είναι επιθυμητή και στην περίπτωση των λυρικών θεάτρων [Sotiropoulou 2015, p.146].

Στις απαντήσεις των ακροατών εντοπίστηκε μεγάλη διασπορά όπως συνέβη και στην πρώτη φάση του πειράματος. Η ερμηνεία της συζητήθηκε στην ενότητα 4.3.2.

4.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Κατά το σχεδιασμό μιας αίθουσας ακροατηρίου είναι πολύ σημαντικό για τον αρχιτέκτονα να γνωρίζει εξ αρχής την επιδιωκόμενη τιμή του χρόνου αντήχησης, δηλαδή του χρόνου που χρειάζεται για να «σβήσει» οριστικά ένας ήχος μέσα στην αίθουσα. Ο Sabine [1922] ήταν ο πρώτος που συνέλαβε την ιδέα ότι ο χρόνος αντήχησης είναι χαρακτηριστικός για κάθε χώρο και τον όρισε ως το χρόνο που χρειάζεται για να μειωθεί η ηχητική ενέργεια στο ένα εκατομμυριοστό της αρχικής της τιμής, δηλαδή κατά 60 dB, μετά τη διακοπή του εκπεμπόμενου ήχου. Επίσης από τα πειράματά του ανακάλυψε ότι ο χρόνος αυτός εξαρτάται από δύο μόνο χαρακτηριστικά της αίθουσας, δηλαδή τον όγκο (V) και τη συνολική ηχοαπορρόφηση (A).

Η συνολική ηχοαπορρόφηση είναι το άθροισμα όλων των επιμέρους ηχοαπορροφήσεων που οφείλονται στα υλικά τελειωμάτων της αίθουσας. Η συνολική ηχοαπορρόφηση υπολογίζεται από την πρόσθεση του γινομένου του εμβαδού (S) με το συντελεστή ηχοαπορρόφησης (α) όλων των επιφανειών του χώρου.

$$A = \sum (S \cdot \alpha) = S_1 \cdot \alpha_1 + S_2 \cdot \alpha_2 + \dots$$

Ο Sabine κάνοντας πειράματα έδειξε ότι όταν ο όγκος V και η συνολική ηχοαπορρόφηση A μιας αίθουσας εκφράζονται σε m^3 και m^2 αντίστοιχα, ο χρόνος αντήχησης RT (σε δευτερόλεπτα) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$RT = \frac{0.16 \cdot V}{A}$$

Η εξίσωση αυτή αποτελεί μέχρι σήμερα τη βάση για την πρόβλεψη του χρόνου αντήχησης κατά το σχεδιασμό αιθουσών ακροατηρίου. Αν και έχουν προταθεί εναλλακτικά μοντέλα υπολογισμού του χρόνου αντήχησης προκειμένου είτε να ξεπεράσουν τις αρχικές παραδοχές της θεωρίας του Sabine είτε να καλύψουν ιδιαίτερες περιπτώσεις αιθουσών [Eyring, 1930], [Arau-Puchades, 1988], η εξάρτησή του από τον όγκο της αίθουσας και την ηχοαπορρόφηση στο εσωτερικό της δεν έχει αμφισβητηθεί. Ο λόγος λοιπόν για τον οποίο η γνώση του επιδιωκόμενου χρόνου αντήχησης μιας αίθουσας αποτελεί πολύ σημαντικό εργαλείο για τον αρχιτέκτονα, και μάλιστα από τα πρώιμα στάδια του σχεδιασμού, είναι πως από αυτή προκύπτουν πληροφορίες για το απαιτούμενο μέγεθος και τα υλικά της αίθουσας.

Στη σχετική βιβλιογραφία υπάρχουν συστάσεις για τις τιμές και τις φασματικές κατανομές του επιθυμητού χρόνου αντήχησης για μια γκάμα αιθουσών ακροατηρίου. Αυτές αφορούν είτε σε αίθουσες για ομιλία, είτε σε αίθουσες για μουσική και προφανώς διαφέρουν ανάλογα με την ακριβή τους χρήση, (πχ θέατρα, αίθουσες διδασκαλίας, μουσικό είδος κλπ.). Επίσης από τη βιβλιογραφία είναι διαθέσιμοι οι συντελεστές ηχοαπορρόφησης των περισσότερων υλικών που βρίσκονται στο εσωτερικό μιας αίθουσας. Με τις πληροφορίες αυτές, ο αρχιτέκτονας χρησιμοποιώντας την εξίσωση του Sabine ή κάποιο άλλο εναλλακτικό μοντέλο πρόβλεψης του χρόνου αντήχησης (είτε θεωρητικό, είτε προσομοίωση) μπορεί να υπολογίσει τον απαιτούμενο όγκο της αίθουσας που σχεδιάζει και να προσανατολιστεί ως προς την επιλογή των υλικών. Επίσης, μπορεί να κάνει μια προκαταρκτική εκτίμηση για την καταλληλότητα ενός υφιστάμενου χώρου και την κλίμακα των απαιτούμενων παρεμβάσεων για τη μετατροπή του σε χώρο ακροατηρίου. Ο προσδιορισμός του χρόνου αντήχησης ανάλογα με τη χρήση της αίθουσας και η εξαγωγή τέτοιων πληροφοριών από την τιμή του, συνήθως αποτελεί το πρώτο βήμα του σχεδιασμού αιθουσών ακροατηρίου. Ο σχετικός υπολογισμός γίνεται σε κάθε περιοχή ενδιαφέροντος του φάσματος συχνοτήτων, συνήθως στις οκτάβες από 125 Hz έως 4000 Hz.

Για τις αίθουσες ακροατηρίου μουσικής οι πληροφορίες από τη βιβλιογραφία για τον επιθυμητό χρόνο αντήχησης περιορίζονται κατά κύριο λόγο σε αίθουσες του «κλασικού» ρεπερτορίου (συμφωνική μουσική, μουσική δωματίου, προκλασική μουσική όπερα κλπ.) ενώ ελάχιστη γνώση, κυρίως εμπειρική, υπάρχει για άλλα είδη μουσικής όπως η pop και rock. Μέχρι στιγμής, οι αναφορές στη βιβλιογραφία για το χρόνο αντήχησης αιθουσών ακροατηρίου μουσικής jazz είναι ελάχιστες και συνεπώς το παραπάνω πρώτο βήμα σχεδιασμού δεν μπορεί να εφαρμοστεί στην περίπτωση τέτοιων χώρων.

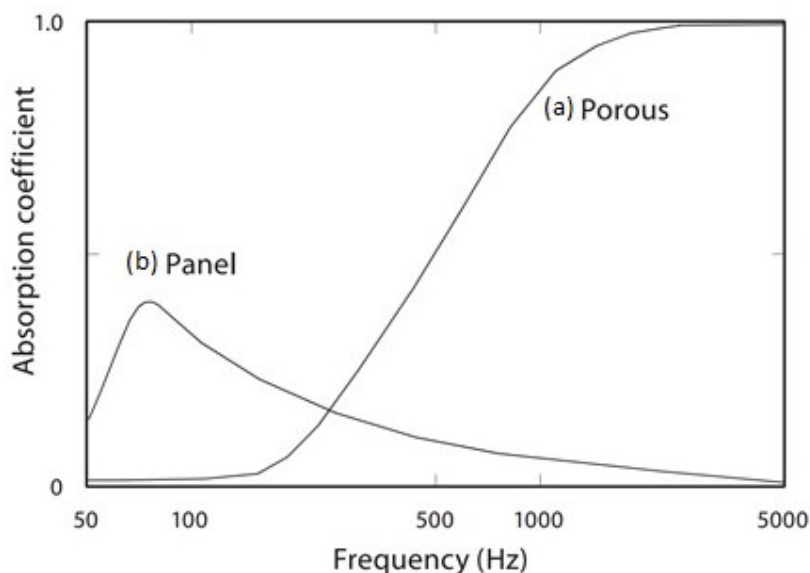
Από τα πειράματα της παρούσας εργασίας η μέση επιθυμητή τιμή του χρόνου αντήχησης αιθουσών ακροατηρίου μουσικής jazz προέκυψε 0.6 s και 0.8 s ανάλογα με τη μορφολογία του μουσικού κομματιού. Επίσης σχετικά με τη φασματική κατανομή του χρόνου αντήχησης προέκυψε προτίμηση για επίπεδη απόκριση μεταξύ μεσαίων και χαμηλών συχνοτήτων και αυξημένη τιμή στην υψηλή περιοχή του φάσματος. Ο σημαντικά χαμηλότερος επιθυμητός χρόνος αντήχησης για την ακρόαση μουσικής jazz υποδεικνύει πρώτα απ' όλα το σχεδιασμό αιθουσών με μικρότερο όγκο σε σχέση με

εκείνες που προορίζονται για κλασική μουσική. Αυτό είναι κάτι που συνάδει με τη γενικότερη αισθητική των τυπικών jazz club τα οποία είναι κατά κανόνα μικρά.

Σχετικά με τη χρήση της ηχοαπορρόφησης και κατ' επέκταση των υλικών της αίθουσας σημειώνεται ότι με βάση το μηχανισμό τους διακρίνονται δύο μεγάλες κατηγορίες ηχοαπορροφητικών δηλαδή τα πορώδη ηχοαπορροφητικά (porous absorbers) και οι συνηχητές (resonators).

Τα πιο κοινά ηχοαπορροφητικά είναι τα πορώδη στα οποία η ηχητική ενέργεια εκτονώνεται λόγω της τριβής που συνεπάγεται η κίνηση των σωματιδίων του αέρα στους πόρους του υλικού. Τυπικά πορώδη ηχοαπορροφητικά είναι τα υφάσματα, οι κουρτίνες, τα χαλιά, ο ορυκτοβάμβακας, κλπ. Τα υλικά αυτά έχουν υψηλότερη απόδοση ηχοαπορρόφησης στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες. Μια τυπική καμπύλη του συντελεστή ηχοαπορρόφησης ενός τέτοιου υλικού σε σχέση με τη συχνότητα παρουσιάζεται στο Σχ. 31(α). Αυξάνοντας το πάχος των υλικών η χαρακτηριστική καμπύλη μετακινείται προς τις χαμηλές συχνότητες, ωστόσο το να εξασφαλιστεί υψηλή ηχοαπορρόφηση σε όλη τη χαμηλή περιοχή του φάσματος μέσω πορωδών υλικών οδηγεί σε διαστάσεις πρακτικά ανέφικτες. Στο σχεδιασμό αιθουσών ακροατηρίου κλασικής μουσικής όπου η επιθυμητή κατανομή του χρόνου αντήχησης υποδεικνύει υψηλότερες τιμές στις χαμηλές από ότι στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες η χρήση πορώδους ηχοαπορρόφησης είναι απαραίτητη. Τις περισσότερες φορές η απαιτούμενη ποσότητα εξασφαλίζεται από την επιφάνεια του ακροατηρίου, δηλαδή από τα σώματα των ακροατών και τα καθίσματα, η επιφάνεια των οποίων είναι σημαντική σε τέτοιου είδους αίθουσες. Αντιθέτως, τα αποτελέσματα των πειραμάτων της παρούσας εργασίας σχετικά με την επιθυμητή φασματική κατανομή του χρόνου αντήχησης για την ακρόαση μουσικής jazz, συνιστούν ότι η χρήση πορωδών υλικών στους σχετικούς χώρους ακροατηρίου θα πρέπει να είναι περιορισμένη. Είναι βέβαια προφανές ότι ένα ποσό πορώδους ηχοαπορρόφησης είναι αναπόφευκτο σε μια αίθουσα τόσο λόγω της παρουσίας των ακροατών όσο και άλλων στοιχείων που για αισθητικούς ή λειτουργικούς λόγους είναι απαραίτητα (κουρτίνες, χαλιά κλπ). Ωστόσο, εάν μεγάλο μέρος της συνολικής ηχοαπορρόφησης στον χώρο οφείλεται σε τέτοια υλικά, η χαρακτηριστική τους καμπύλη τύπου 'S' θα οδηγήσει το λόγο «χαμηλές προς μεσαίες» (bass ratio) του χρόνου αντήχησης σε τιμές μεγαλύτερες από τη μονάδα, και αντίστοιχα

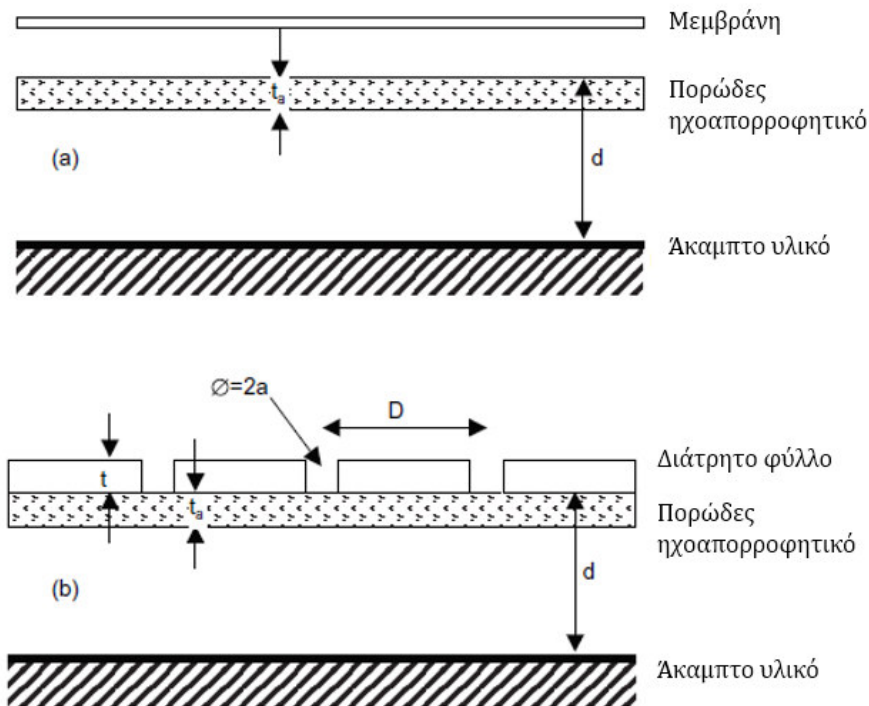
το λόγο «υψηλές προς μεσαίες» (treble ratio) σε τιμές μικρότερες ή ίσες με τη μονάδα, αντίθετα με τις προτιμήσεις όπως προέκυψαν από τα πειράματα.



Σχ. 31 Συντελεστές ηχοαπορρόφησης (a) πορωδών ηχοαπορροφητικών υλικών (porous absorbers) και (b) συνηχητών μεμβράνης (panel absorbers) ως συνάρτηση της συχνότητας. Η αύξηση του πάχους του πορωδούς υλικού μετατοπίζει την καμπύλη του προς τις χαμηλές συχνότητες (πηγή: [Barron, 2010, p.23])

Οι δύο μεγάλες κατηγορίες συνηχητών είναι οι συνηχητές μεμβράνης (membrane or panel absorbers) και οι συνηχητές τύπου Helmholtz (Helmholtz absorbers). Τυπικές κατασκευές τέτοιων συνηχητών παρουσιάζονται στο Σχ. 32.

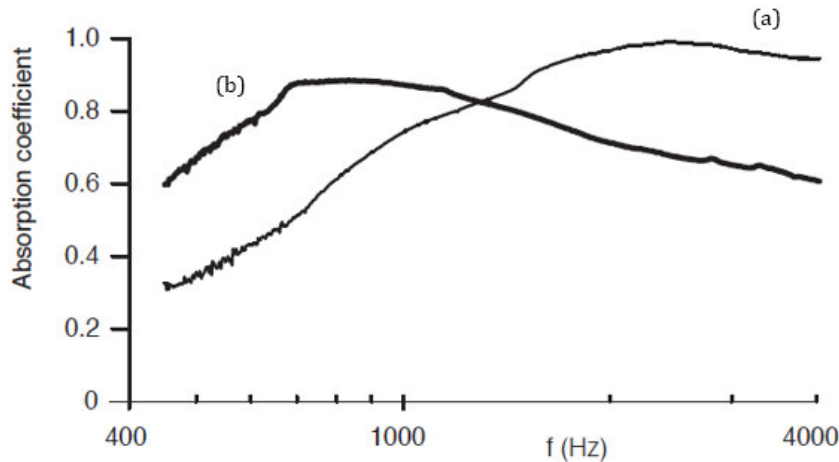
Γενικά πρόκειται για ένα σύστημα μάζας – ελατηρίου όπου η μάζα στους συνηχητές μεμβράνης είναι ένα φύλλο υλικού (πχ κοντραπλακέ, γυψοσανίδα) που δονείται ενώ στους συνηχητές Helmholtz είναι μια ποσότητα αέρα σε μία στένωση στην έξοδο μίας κοιλότητας (όπως πχ στο λαιμό ενός μπουκαλιού). Το ελατήριο και στις δυο περιπτώσεις είναι ο αέρας που περικλείεται στο διάκενο. Οι συνηχητές απορροφούν τον ήχο κυρίως στις χαμηλότερες συχνότητες. Στα Σχ. 31(b) και Σχ. 33(b) παρουσιάζονται τυπικές καμπύλες των συντελεστών ηχοαπορρόφησης σε σχέση με τη συχνότητα συνηχητών μεμβράνης και συνηχητών Helmholtz αντίστοιχα. Από τα σχήματα αυτά γίνεται σαφής και η χαρακτηριστική διαφορά μεταξύ συνηχητών και πορωδών ηχοαπορροφητικών υλικών ως προς την συμπεριφορά τους στο φάσμα των συχνοτήτων.



Σχ. 32 Τυπικές κατασκευές (a) συνηχητών μεμβράνης (panel absorbers) και (b) συνηχητών τύπου Helmholtz (Helmholtz absorbers). (Πηγή: [Cox & D'Antonio, 2009, p.197])

Ως συνηχητές μεμβράνης σε μια αίθουσα ακροατηρίου λειτουργούν οι ξύλινες επενδύσεις με διάκενο στους τοίχους, τα δάπεδα επί δοκίδων έναντι των κολλητών ή των συμπαγών, οι ψευδοροφές, ο υπερυψωμένος χώρος της σκηνής (stage) κλπ. Στις αίθουσες ακροατηρίου κλασικής μουσικής τέτοια στοιχεία αποφεύγονται αφού προκαλούν μείωση του χρόνου αντήχησης στις χαμηλές συχνότητες κάτι που γενικά δεν είναι επιθυμητό για την ακρόαση αυτού του είδους μουσικής. Βέβαια για πολλά χρόνια υπήρχε η λανθασμένη άποψη ότι η χρήση ξύλινων επενδύσεων ενισχύει τον ήχο όπως πχ συμβαίνει με το ηχείο ενός βιολιού. Αυτή η παρεξήγηση οδήγησε στην κατασκευή αρκετών αιθουσών κλασικού ρεπερτορίου που κρίθηκαν τελικά αποτυχημένες ως προς την ακουστική τους. Ωστόσο αυτό που στην περίπτωση της κλασικής μουσικής υπήρξε λάθος, φαίνεται ότι στον ακουστικό σχεδιασμό των αιθουσών ακροατηρίου μουσικής jazz είναι απαραίτητο αφού με τη χρήση των συνηχητών μεμβράνης μπορεί να περιοριστεί ο χρόνος αντήχησης στις χαμηλές συχνότητες και να αντισταθμιστεί η

αντίστοιχη μείωση που προκαλεί η παρουσία πορώδους ηχοαπορρόφησης στις μεσαίες και τις υψηλές. Να σημειωθεί όμως ότι, ενώ πράγματι οι συνηχητές μεμβράνης συμπληρώνουν τα πορώδη υλικά ώστε να υπάρχει ηχοαπορρόφηση σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων, ο μέγιστος συντελεστής ηχοαπορρόφησης τους δεν είναι μεγάλος. Απαιτούνται δηλαδή αρκετά εκτενέστερες επιφάνειες συνηχητών μεμβράνης για να αντισταθμίσουν την επίδραση των πορωδών επιφανειών. Ως εκ τούτου, η δυσκολία που αναμένεται να προκύψει πρακτικά στο σχεδιασμό αιθουσών ακροατηρίου μουσικής jazz αφορά στη διαχείριση των χαμηλών συχνοτήτων και την επίτευξη σχετικά μικρού χρόνου αντήχησης στη χαμηλή περιοχή του φάσματος.



Σχ. 33 Συντελεστές ηχοαπορρόφησης (a) πορώδους υλικού (ορυκτοβάμβακα) και (b) του ίδιου υλικού καλυμμένου από διάτρητη ξύλινη επιφάνεια σχηματίζοντας έναν συνηχητή τύπου Helmholtz. (Πηγή: [Cox & D'Antonio, 2009, p.196])

Οι συνηχητές τύπου Helmholtz έχουν χρησιμοποιηθεί ελάχιστα σε αίθουσες ακροατηρίου κλασικής μουσικής κυρίως λόγω του περίπλοκου σχεδιασμού τους. Μία τέτοια περίπτωση είναι η αίθουσα Queen Elizabeth Hall στο Λονδίνο. Τόσο από σχετική έρευνα που έχει γίνει πάνω στην ακουστική της συγκεκριμένης αίθουσας όσο και από την τυπική καμπύλη των συντελεστών ηχοαπορρόφησης τέτοιων διατάξεων (βλ. Σχ3. (b)), φαίνεται ότι η χρήση τους μπορεί να εξασφαλίσει τιμές του λόγου «υψηλές προς μεσαίες» (treble ratio) του χρόνου αντήχησης μεγαλύτερες από τη μονάδα. Μάλιστα η σχετική φασματική κατανομή του χρόνου αντήχησης του Queen Elizabeth Hall όπως τον

προβλέπει ο Barron [2010, p. 246] για γεμάτη αίθουσα είναι παρόμοια με αυτή που προέκυψε ως επιθυμητή για την ακρόαση μουσικής jazz αν και με πολύ υψηλότερες απόλυτες τιμές λόγω του μεγάλου όγκου της συγκεκριμένης αίθουσας ($RT_{mid} > 1.2$ s). Έτσι, και με βάση τα αποτελέσματα των πειραμάτων που διεξήχθησαν στην παρούσα εργασία η χρήση συνηχητών τύπου Helmholtz κρίνεται απαραίτητη στον σχεδιασμό χώρων ακροατηρίου μουσικής jazz.

Στις αίθουσες ακροατηρίου μουσικής jazz είναι σχεδόν καθιερωμένη η χρήση ηλεκτροακουστικών συστημάτων (PA), για την ενίσχυση και την αναπαραγωγή του ήχου. Τέτοια συστήματα επιτρέπουν μεταξύ άλλων και την εφαρμογή τεχνητής αντήχησης σε όλα ή σε μεμονωμένα μουσικά όργανα της ορχήστρας, προσφέροντας έτσι την ευελιξία μιας μεταβλητής ακουστικής του χώρου. Με τον τρόπο αυτό καθίσταται εφικτή η προσαρμογή της αντήχησης της αίθουσας στις ανάγκες του εκάστοτε μουσικού συνόλου, η αντιστάθμιση της επίδρασης του ακροατηρίου για μια ποικιλία συνθηκών όπως διαφορετική πληρότητα, όρθιο ακροατήριο έναντι καθιστού, κλπ. Η δυνατότητα τέτοιας υποβοηθούμενης αντήχησης είναι συνήθης σε αίθουσες για pop και rock μουσική [Larsen, 2014]. Αντιθέτως, σε αίθουσες κλασικής μουσικής υπάρχει γενικά απαίτηση για αυστηρά φυσικό ήχο κι έτσι κατά κανόνα δεν εφαρμόζεται κάτι αντίστοιχο, αν και υπάρχουν ιστορικές εξαιρέσεις [Parkin, 1971]. Είναι προφανές ότι στο τυπικό πλαίσιο μιας τέτοιας μεταβλητής ακουστικής υπάρχει η δυνατότητα μόνο της αύξησης του χρόνου αντήχησης και όχι της μείωσής του. Ως εκ τούτου, ο σχεδιασμός μιας αίθουσας ακροατηρίου με δυνατότητα ηλεκτρονικά υποβοηθούμενης αντήχησης, συνήθως στοχεύει σε χρόνο αντήχησης χαμηλότερο από τον επιθυμητό, δίνοντας στον ηχολήπτη την ελευθερία της τελικής ρύθμισης. Ειδικά στην περίπτωση χώρων ακροατηρίου μουσικής jazz, η πρόσθετη αυτή αντήχηση αναμένεται να αφορά κυρίως στις υψηλές συχνότητες. Οι λόγοι είναι αφενός η προτίμηση για αυξημένη αντήχηση στην υψηλή περιοχή του φάσματος όπως προέκυψε από τα πειράματα και αφετέρου η πρακτική δυσκολία να εξασφαλιστεί μικρός χρόνος αντήχησης στις χαμηλές συχνότητες, ειδικά όσο αυξάνεται ο όγκος μιας αίθουσας. Χρησιμοποιώντας το εργαλείο της ηλεκτροακουστικής για την διόρθωση και τελική επίτευξη της επιθυμητής αντήχησης, ο αρχιτέκτονας έχει την εναλλακτική να σχεδιάσει μια αίθουσα ακροατηρίου μουσικής jazz στοχεύοντας μεν σε μικρό χρόνο αντήχησης στις χαμηλές συχνότητες αλλά επίπεδη φασματική κατανομή (ή ακόμα και με μείωση στις υψηλές συχνότητες). Μια τέτοια προσέγγιση ενδέχεται να οδηγήσει σε πιο απλές και κατασκευαστικά ευκολότερες

λύσεις χωρίς πολύπλοκες διατάξεις συνηχητών, ωστόσο είναι κοστοβόρα και καθιστά την λειτουργία της αίθουσας εξαρτώμενη από την ηλεκτροακουστική της εγκατάσταση.

Εν κατακλείδι, από τη στιγμή που υπάρχει γνώση της τιμής και της φασματικής κατανομής του επιδιωκόμενου χρόνου αντήχησης, οι απαιτούμενες ποσότητες και το είδος των ηχοαπορροφητικών υλικών και διατάξεων μπορούν να υπολογιστούν, κατά τα γνωστά, από τους αντίστοιχους συντελεστές ηχοαπορρόφησης και τον όγκο της αίθουσας (ο οποίος όπως αναφέρθηκε παραπάνω προτείνεται να είναι σχετικά μικρός). Βέβαια οι ακριβείς θέσεις των ηχοαπορροφητικών εξαρτώνται και από μια σειρά άλλων ακουστικών απαιτήσεων και δεν μπορούν να υποδειχθούν από τα αποτελέσματα των συγκεκριμένων πειραμάτων. Επισημαίνεται ότι ο χρόνος αντήχησης δεν είναι πανάκεια για την καλή ακουστική ούτε αποτελεί το μοναδικό σημαντικό ακουστικό κριτήριο των αιθουσών. Ο ακουστικός σχεδιασμός χώρων ακροατηρίου είναι πολύ πολύπλοκος και περιλαμβάνει τη διαχείριση πολύ περισσότερων παραμέτρων και φαινομένων. Όμως, όπως ήδη έχει τονιστεί, σε κάθε περίπτωση η γνώση του επιδιωκόμενου χρόνου αντήχησης είναι πολύτιμη για την αρχική εκτίμηση του μεγέθους και των υλικών μιας αίθουσας υπό σχεδιασμό.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με αφετηρία 123 επιθετικούς προσδιορισμούς από το λεξιλόγιο των ακροατών της jazz μουσικής καταρτίστηκε μέσω πειραματικής διαδικασίας μια λίστα από τριάντα τρία ζεύγη αντιθέτων επιθετικών προσδιορισμών· αυτοί περιγράφουν την ακουστική ποιότητα αιθουσών ακροατηρίου του εν λόγω μουσικού είδους. Υιοθετώντας τη μέθοδο της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης, οι αντίθετοι αυτοί προσδιορισμοί χρησιμοποιήθηκαν ως πόλοι διπολικών κλιμάκων αξιολόγησης σε πείραμα διερεύνησης της αντίληψης της ακουστικής κατά την ακρόαση ηχογραφημένης μουσικής jazz. Στα πειραματικά δεδομένα έγινε ανάλυση κατά παράγοντες και προέκυψαν τέσσερις ανεξάρτητοι παράγοντες της αντίληψης (SMOOTHNESS, CLARITY, RICHNESS και PROXIMITY). Στη συνέχεια, από την αρχική λίστα επιλέχθηκαν δεκαεννέα κλίμακες αξιολόγησης αντιπροσωπευτικές των τεσσάρων παραγόντων, με τις οποίες διεξήχθη νέο πείραμα διερεύνησης της αντίληψης της ακουστικής κατά την ακρόαση ζωντανών συναυλιών jazz σε δύο τυπικές αίθουσες του είδους. Από την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων εξήχθησαν τρεις ανεξάρτητοι παράγοντες (CLARITY, SMOOTHNESS και PROXIMITY).

Οι παράγοντες που εξήχθησαν βρέθηκαν, σε γενικές γραμμές, να συμφωνούν με αποτελέσματα προηγούμενων μελετών από τη βιβλιογραφία που αφορούν στην ακουστική αιθουσών κλασικής μουσικής και χρησιμοποιούν είτε ηχογραφημένη είτε ζωντανή μουσική.

Ο παράγοντας CLARITY έχει ομοιότητες με τους παράγοντες DEUTLICHKEIT [Wilkens, 1977] CLARITY [Sotiropoulou et al, 1995] DEFINITION [Lokki, 2011] που έχουν προκύψει σε έρευνες για την αντίληψη της ακουστικής αιθουσών κλασικής μουσικής. Εκτιμάται ότι πρόκειται για την έννοια 'Definition (Clarity)' που ο Beranek ορίζει ως το βαθμό στον οποίο ένας ακροατής μπορεί να διακρίνει τους ήχους που αναπαράγονται είτε διαδοχικά είτε ταυτόχρονα [Beranek, 1962]. Αντίστοιχη ιδιότητα έχει διατυπώσει και ο Sabine [1900] ως ένα από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που συνθέτουν την καλή ακουστική μιας αίθουσας και την έχει συνδέσει με την αντήχηση.

Ο παράγοντας SMOOTHNESS έχει ομοιότητες με τους παράγοντες EVENESS [Hawks, 1971], KLANGFARBE [Wilkens, 1977], TONAL QUALITY [Sotiropoulou et al, 1995] που αφορούν στην κλασική μουσική καθώς και με τον παράγοντα HARSHNESS της εργασίας

της ομάδας του ΕΜΠ που αφορά στη ροκ μουσική [Sotiropoulou et al, 2016]. Φαίνεται ότι συνδέεται με την τονική ποιότητα και τις έννοιες 'Tonal quality' και 'Tone Control' που αναφέρει ο Beranek [1962] καθώς και με την έννοια της τραχύτητας που εισήγαγε ο Helmholtz [1954].

Ο παράγοντας PROXIMITY έχει ομοιότητες με τους παράγοντες INTIMACY [Hawkes, 1971] και PROXIMITY [Sotiropoulou et al, 1995] που έχουν εξαχθεί σε παλαιότερες έρευνες που αφορούσαν στην κλασική μουσική και σχετίζεται προφανώς με την εγγύτητα. Το γεγονός ότι ο παράγοντας εντοπίστηκε ως ανεξάρτητη συνιστώσα και στο πείραμα της ηχογραφημένης μουσικής αποτελεί ένδειξη ότι η αντίληψη της εγγύτητας μπορεί να είναι αποτέλεσμα αποκλειστικά της ακουστικής αίσθησης και να μη σχετίζεται με την πραγματική απόσταση μεταξύ πηγής και ακροατή. Αντίστοιχο συμπέρασμα είχε προκύψει και για την κλασική μουσική [Sotiropoulou et al, 1995].

Ο παράγοντας RICHNESS παρουσιάζει ομοιότητες με τους STARKE [Wilkins, 1977] και BODY [Sotiropoulou et al, 1995]. Σημειώνεται ότι ο παράγοντας αυτός εξήχθη μόνο στο πείραμα με την ηχογραφημένη μουσική jazz και όχι στα πειράματα που διεξήχθησαν σε φυσικούς χώρους κατά την ακρόαση ζωντανής μουσικής. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει απαραίτητα ότι δεν πρόκειται για μία γενικότερη συνιστώσα της αντίληψης, ωστόσο ο τρόπος με τον οποίο οι συγκεκριμένοι ακροατές αποτύπωσαν την ακουστική τους εμπειρία στις δεδομένες συνθήκες δεν ανέδειξε την ύπαρξη τέτοιου παράγοντα κατά τη διάρκεια των συναυλιών. Επίσης ενδεχομένως στα συγκεκριμένα πειράματα, η εν λόγω συνιστώσα της αντίληψης να συνδέθηκε περισσότερο με την ποιότητα του ηχοσυστήματος.

Σε γενικές γραμμές οι παράγοντες αντίληψης της ακουστικής κατά την ακρόαση jazz μουσικής βρέθηκε να έχουν ομοιότητες με παράγοντες που αφορούν σε άλλα είδη μουσικής όπως η κλασική, η rock, αλλά και στην ακρόαση μεμονωμένων ήχων μουσικών οργάνων [Stepanek, 2006].

Η εξαγωγή παρόμοιων παραγόντων αφενός μεταξύ των πειραμάτων που έγιναν κατά την ακρόαση ηχογραφημένων και ζωντανών jazz συναυλιών και αφετέρου σε σχέση με παλαιότερες εργασίες που έχουν χρησιμοποιήσει διάφορες τεχνικές αναπαραγωγής, υποδηλώνει ότι υπάρχουν κοινές συνιστώσες της αντίληψης της ακουστικής για

διαφορετικές συνθήκες ακρόασης. Το συμπέρασμα αυτό είχε διατυπωθεί και στην εργασία των Sotiropoulou et al [1995].

Από τη διεξαγωγή του πειράματος σε ακροατές jazz συναυλιών στην Αθήνα και το Λονδίνο προέκυψαν κοινοί παράγοντες υποδεικνύοντας ότι υπάρχει παρόμοιος μηχανισμός αντίληψης μεταξύ ακροατών διαφορετικής εθνικότητας και κατ' επέκταση διαφορετικού πολιτισμικού υποβάθρου.

Μία σημαντική διαφοροποίηση που αναδεικνύεται στην παρούσα εργασία σε σχέση με προηγούμενες έρευνες είναι η αντίληψη του θορυβώδους ήχου. Από τα πειράματα προέκυψε ότι οι ακροατές κρίνουν έναν ήχο 'θορυβώδη' ως αρνητικό συστατικό του παράγοντα της διαύγειας (CLARITY) αναφερόμενοι στο θόρυβο που προέρχεται από το ακροατήριο. Όταν όμως η ακρόαση γίνεται σε ήσυχο περιβάλλον, η έννοια του θορύβου συσχετίζεται με τον παράγοντα SMOOTHNESS και ως 'θορυβώδης' ερμηνεύεται ένας ήχος που είναι 'τραχύς'. Η έννοια του θορυβώδους ήχου απουσιάζει εντελώς από προηγούμενα πειράματα αντίληψης διότι στην πλειοψηφία τους αφορούν στην κλασική μουσική όπου για τον θόρυβο λαμβάνεται μέριμνα να εξαλειφθεί κατά το σχεδιασμό των αιθουσών κι έτσι δεν αποτελεί θέμα κατά την ακρόαση. Σε αντίθεση όμως με τους ακροατές της κλασικής μουσικής που είθισται να παρακολουθούν με ευλαβική σιωπή μία συναυλία, το jazz ακροατήριο συχνά συμμετέχει ενεργά, ενδεχομένως κινείται, μιλάει, αντιδρά με αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση της στάθμης θορύβου στο χώρο. Ο θόρυβος αυτός είναι αναπόσπαστο στοιχείο των αιθουσών ακροατηρίου μουσικής jazz και αποτελεί δομικό συστατικό του είδους από τη γέννησή του μέχρι σήμερα.

Άλλο ένα εύρημα που προέκυψε από το πείραμα με την ηχογραφημένη jazz μουσική είναι ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της αντίληψης της χωρικότητας (broad - narrow) και της διαύγειας (Clarity). Τούτο προέκυψε για την περίπτωση ακρόασης ηχογραφημάτων piano trio και θα άξιζε να διερευνηθεί σε μελλοντική έρευνα για πιο πολύπλοκα σύνολα καθώς και για την ακρόαση ζωντανής μουσικής.

Ένα ακόμη πείραμα αντίληψης διεξήχθη με μουσικούς της jazz προκειμένου να διερευνηθεί το πώς εκείνοι αντιλαμβάνονται την ακουστική των αιθουσών κατά τη διάρκεια της ερμηνείας τους. Η ανάλυση έδειξε τρεις ανεξάρτητους παράγοντες της αντίληψης (NOISINESS, LIVENESS και SMOOTHNESS). Επίσης προέκυψε ότι η κύρια συνιστώσα της αντίληψής τους συνδέεται με την αντήχηση. Αν και αυτό είναι κάτι που

έχει παρατηρηθεί και για τους ερμηνευτές της κλασικής μουσικής [Gade, 2015], στην περίπτωση της jazz εντοπίστηκε μία σαφής διαφοροποίηση. Στους ερμηνευτές της jazz φαίνεται ότι η έννοια της αντήχησης γίνεται αντιληπτή ως μία αρνητική συνιστώσα (NOISINESS) που σχετίζεται με το θόρυβο και την έλλειψη της καθαρότητας του ήχου που δυσκολεύει την ερμηνεία και ταυτόχρονα ως μία θετική συνιστώσα (LIVENESS) που σχετίζεται με την ζωντάνια του χώρου και υποστηρίζει της ερμηνεία. Στη jazz, σε αντίθεση με την κλασική μουσική οι δύο αυτές καταστάσεις φαίνεται να συνυπάρχουν ως ανεξάρτητες συνιστώσες της αντίληψης της ακουστικής από τους μουσικούς ερμηνευτές.

Σε όλα τα παραπάνω πειράματα αντίληψης διαπιστώθηκε ότι οι επιθετικοί προσδιορισμοί που χρησιμοποιήθηκαν στις κλίμακες αξιολόγησης αναφέρονταν σε ένα πολύ μικρότερο αριθμό παραγόντων, επιβεβαιώνοντας τη θεμελιώδη υπόθεση της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης ότι η αντίληψη του περιβάλλοντος (εν προκειμένω της ακουστικής) οργανώνεται γύρω από ένα μικρό πλήθος ανεξάρτητων υποκειμενικών διαστάσεων [Osgood, 1957]. Το γεγονός ότι οι παράγοντες ήταν περισσότεροι του ενός επιβεβαιώνει και την αρχική υπόθεση της παρούσας εργασίας ότι η αντίληψη της ακουστικής κατά την ακρόαση και την ερμηνεία μουσικής jazz δεν αποτελεί μονοδιάστατη εμπειρία.

Αναζητώντας σύνδεση των εξαχθέντων ανεξάρτητων παραγόντων αντίληψης της ακουστικής των χώρων ακροατηρίου μουσικής jazz με στοιχεία που οδηγούν σε κατευθυντήριες γραμμές σχεδιασμού των αιθουσών, μία νέα σειρά πειραμάτων διεξήχθη με στόχο τη διερεύνηση του βέλτιστου χρόνου αντήχησης. Για τα πειράματα αυτά μοντελοποιήθηκε ένας ψηφιακός χώρος και για την ακρόαση υιοθετήθηκε η τεχνική της ακουστικής προσομοίωσης (auralization).

Από τα πειράματα διερεύνησης του βέλτιστου χρόνου αντήχησης για την ακρόαση μουσικής jazz εξήχθη το συμπέρασμα ότι υπάρχει γενικά προτίμηση για χαμηλότερες τιμές από εκείνες που αφορούν στην κλασική μουσική. Από τα αποτελέσματα η μέση επιθυμητή τιμή του χρόνου αντήχησης προέκυψε 0.6 s και 0.8 s ανάλογα με τη μορφολογία του κομματιού (ταχύτητα, ενορχήστρωση). Σχετικά με τη φασματική κατανομή του χρόνου αντήχησης τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν προτίμηση για επίπεδη απόκριση στις χαμηλές και μεσαίες συχνότητες και αύξηση στις υψηλές. Οι

τιμές αυτές είναι κοντά στις προτεινόμενες για τις αίθουσες ροκ μουσικής [Larsen, 2010] και στις αίθουσες με χρήση την ομιλία [Sotiropoulou, 2015, p.62].

Τα παραπάνω υποδεικνύουν ότι ο όγκος των αιθουσών ακροατηρίου μουσικής jazz θα πρέπει να είναι σχετικά μικρός (σαφώς μικρότερος από εκείνον των αιθουσών κλασικής μουσικής). Προκειμένου να εξασφαλιστεί αυξημένος χρόνος αντήχησης στις υψηλές συχνότητες, η χρήση πορωδών υλικών πρέπει να είναι περιορισμένη. Παράλληλα κρίνεται απαραίτητη η χρήση συνηχητών ώστε να περιοριστεί ο χρόνος αντήχησης στις χαμηλές συχνότητες, χωρίς να χαθεί η ζωντάνια στην υψηλή περιοχή του φάσματος, αντισταθμίζοντας την ηχοαπορρόφηση που οφείλεται στα πορώδη υλικά της αίθουσας και στο ακροατήριο. Εναλλακτικά η αίθουσα μπορεί να σχεδιαστεί με χαμηλότερο χρόνο αντήχησης από τον επιθυμητό και να εφαρμοστεί τεχνητή αντήχηση μέσω του ηλεκτροακουστικού συστήματος ενίσχυσης και αναπαραγωγής. Σε κάθε περίπτωση τα αποτελέσματα των πειραμάτων του βέλτιστου χρόνου αντήχησης είναι σημαντικά διότι δίνουν πληροφορίες για την αρχική εκτίμηση του όγκου και των υλικών κατά το σχεδιασμό μιας αίθουσας ακροατηρίου μουσικής jazz.

Η παρούσα εργασία είναι πειραματική και τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται αποτυπώνουν την κρίση των συγκεκριμένων ατόμων που συμμετείχαν στα πειράματα στις συγκεκριμένες συνθήκες διεξαγωγής των. Δεδομένου ότι πρόκειται για μία από τις πρώτες προσπάθειες επιστημονικής προσέγγισης στο θέμα της ακουστικής των αιθουσών ακροατηρίου μουσικής jazz, τα ευρήματά της αποτελούν προς το παρόν ενδείξεις που στο πεδίο μελοντικής έρευνας πρέπει να επιβεβαιωθούν και να εμπλουτιστούν ώστε να αναδειχθούν αρχές σχεδιασμού των αιθουσών. Σχετικά με το μηχανισμό της αντίληψης είναι απαραίτητο να γίνουν επιπλέον πειράματα σε περισσότερες τυπικές αίθουσες του είδους ώστε να αυξηθεί η πιθανότητα συσχέτισης της υποκειμενικής εμπειρίας με τα φυσικά ακουστικά κριτήρια των χώρων. Στα πειράματα αυτά ενδεχομένως η ενσωμάτωση νέων κλιμάκων αξιολογήσης να είναι χρήσιμη για την πιθανή ανάδειξη επιπλέον ανεξαρτήτων παραγόντων. Επίσης με αφετηρία τις τιμές του χρόνου αντήχησης που προέκυψαν ως βέλτιστες για την ακρόαση jazz στην παρούσα εργασία μπορούν να γίνουν νέα πειράματα σε πιο σύνθετους θεωρητικούς ή πραγματικούς χώρους ώστε αφενός να επιβεβαιωθούν τα εν λόγω ευρήματα και αφετέρου να διερευνηθεί η επίδραση και των άλλων ακουστικών παραμέτρων (διακριτές ανακλάσεις, πλευρικές ανακλάσεις, EDT, ITDG, IACC κλπ). Τέλος

είναι σημαντικό σε επόμενη φάση να ελεγχθεί η διακύμανση των βέλτιστων τιμών των ακουστικών παραμέτρων σε σχέση με τα διαφορετικά είδη της jazz μουσικής.

6 ΑΝΑΦΟΡΕΣ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abdi H. (2003), "Factor rotations in factor analysis", published by the Sage Encyclopedia for Research Methods for the Social Sciences, p. 792-795

Acking S. A. (1969), "Perception av landskap: komplexitetens betydelse", published by Avdelningen for Formlara, Tekniska Hogskolan

Addis B. (2021), "Physical Models; Their historical and current use in civil and building engineering design", published by Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin

Afifi A. A. (1996), "Computer-aided multivariate analysis", (3rd ed.), published by Springer Science & Business Media Dordrecht

Albaum G., Best R., Hawkins D. (1981), "Continuous vs discrete semantic differential rating scales", *Psychological Reports*, Vol. 49, p. 83-86

Arau-Puchades H. (1988), "An improved reverberation formula", *Acustica*, Vol. 65(4), p. 163-179

Barron M. (1977), "Acoustic tests in the Barbican Concert Hall model", Institute of Acoustics, Spring Meeting, Southampton, paper 20/A2

Barron M. (1988), "Subjective study of British concert halls", *Acustica*, Vol. 66(1), p. 1-14

Barron M. (1997), "Acoustic scale models testing over 21 years", *Acoustics Bulletin*, Vol. 22(3), p.5-10

Barron M. (1999), "Spatial impression and envelopment in concert halls", Auditorium Acoustics 1999, Manchester; Institute of Acoustics, Proceedings Vol. 21(6), 163-170,

Barron M. (2010), "Auditorium acoustics and architectural design", (2nd ed.), published by Spon Press, London

Bartholomew D., Knotts M., Moustaki I. (2011), "Latent variable models and factor analysis; A unified approach", (3rd ed.), published by John Wiley & Sons, West Sussex, UK

Beranek L. L. (1962), "Music acoustics and architecture", John Wiley & Sons Inc., New York

Beranek L. L. (1996), "Concert and opera halls; how they sound", published for the Acoustical Society of America through the American Institute of Physics;

Beranek L. L. (2003), "Concert halls and opera houses", published by Springer, New York

Beranek L. L. (2011), "The sound strength parameter G and its importance in evaluating and planning the acoustics of halls for music", *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 129, p. 3020-3026

Blankenship J., Fitzgerald R. B., Lane R. (1955), "Comparison of objective and subjective observations on music rooms", *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 27, p. 774-780

Blauert J. (1984), "Spatial hearing; the psychophysics of human sound localization", published by the MIT Press, Cambridge Massachusetts

Blevins M., Buck A., Peng Z., Wang L. (2013) "Quantifying the just noticeable difference of reverberation time with band-limited noise centered around 1000 Hz using a transformed up-down adaptive method," proceedings of the International Symposium on Room Acoustics (ISRA), Toronto, Canada (June 9-11, 2013)

Bowen C. C. (2016), "Straightforward statistics", published by SAGE publications, Thousand Oaks, CA

Brown T. A. (2006), "Confirmatory factor analysis for applied research", published by Guilford Press, New York

Cattell R. B. (1966), "The scree plot test for the number of factors", *Multivariate Behavioral Research*, Vol. 1, p. 140-161

Cattell R. B. (1973), "Factor analysis", published by Greenwood Press, Westport, CT

Cattell R. B. (1978), "The scientific use of factor analysis in behavioral and life sciences", published by Plenum Press, New York

Child D. (2006), "The essentials of factor analysis", (3rd ed.), published by Continuum International Publishing Group, New York, NY

Chyung S. Y., Swanson I., Roberts K., Hankinson A., (2018), "Evidence-based survey design; the use of continuous rating scales in surveys", *Performance Improvement Journal* Vol. 57(5), p. 38-48

Collier T. W. (2011), "History of jazz", (2nd ed.), published by Kendall Hunt, Dubuque, IA

Cox T. J., D'Antonio P. (2009), "Acoustic absorbers and diffusers; Theory, design and application" (2nd ed.), published by Taylor & Francis, New York, NY

Dammerud J. J. (2009), "Stage acoustics for symphony orchestras in concert halls", Ph.D. thesis, University of Bath

Davis A. H., Kaye, G. W. C. (1927), "The acoustics of buildings", published by G. Bell & Sons, London

DeCoster J. (1998), "Overview of factor analysis", Retrieved March 22, 2023 from <http://www.stat-help.com/notes.htm>

Eyring C. F. (1930), "Reverberation time in dead rooms", *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 1, p. 217-241

Fisher R. A. (1925), "Statistical methods for research workers", *Landmark Writings in Western Mathematics 1640-1940* (2005), Chapter 67, p. 856-870

Fletcher H., Munson W. A. (1933), "Loudness, its definition, measurement and calculation", *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 5, p. 82–108

Gade A. C. (2015), "Classical musicians' perception of room acoustic conditions", *American Psychological Association*, Vol.25(3), p. 232-235

Gade A.C. (1981), "Musician's ideas about room acoustic qualities", Report No. 31, The Acoustics Laboratory, Technical University of Denmark.

Gade A.C. (1982), "Subjective room acoustics experiments with musicians". Report No. 32, The Acoustics Laboratory, Technical University of Denmark.

Gade, A. C. (1989a), "Investigations of musicians' room acoustic conditions in concert halls; Part I: methods and laboratory experiments", *Acustica*, Vol. 65, p. 193–203.

Gade, A. C. (1989b), "Investigations of musicians' room acoustic conditions in concert halls; Part II: field experiments and synthesis of results", *Acustica*, Vol. 69, p. 249–262.

Genta G., Giovannini M., Astolfi A., Barbato G. (2007), "The subjective investigation of acoustic perception of musicians: A proposed method for interpretation of results", proceedings of the 19th International Congress on Acoustics (ICA), Madrid, 2-7 September, 2007

Gioia T. (2021), "The history of jazz", 3rd ed., published by Oxford University Press, New York, NY

Gottlob D. (1973), "Vergleich objektiver akustischer parameter mit ergebnissen subjektiver untersuchungen aus konzersalen", Thesis, Georg-August-Universität Göttingen

Guthrie, A. (2008), "Using Telepresence to Evaluate the Relevance of Acoustic Parameters for Musician Communication in Indeterminate Music". M.Phil. thesis, Rensselaer Polytechnic Institute, New York.

Hansen H., Weber R. (2008), "Semantic evaluations of noise with tonal components in Japan, France, and Germany: A cross-cultural comparison", *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 125(2), p. 850–862.

Hardie D. (2007), "The birth of jazz; reviving the music of the Bolden Era", published by iUniverse, New York

Hardle W., Simar L. (2003), "Applied Multivariate Statistical Analysis", published by Springer – Verlag, Berlin Heidelberg

Harman H. H. (1968), "Modern factor analysis", published by The University of Chicago Press, Chicago

Harrison P., Pearce, M. T. (2020), "Simultaneous consonance in music perception and composition", *Psychological Review*, Vol. 127(2), p. 216–244

Hawkes R. J. & Douglas H. (1970), "Subjective acoustic experience in concert auditoria", *Architectural Research and Teaching*, Vol.1(2), p. 34-45, Locke published by Science Publishing Company, Inc., Chicago

Hawkes R. J. & Douglas H. (1971), "Subjective acoustic experience in concert auditoria", *Acoustica*, Vol.24(5), p. 235-250

Helmholtz H. (1954), "On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music", 2nd English ed., published by Dover Publications INC, New York, (first published in German 1875)

Hottelling H. (1933), "Analysis of a complex of statistical variables into principal components", *Journal of Educational Psychology*, Vol. 24(6), p. 417-441

ISO 3382-1 (2009), "Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 1: Performance spaces", International Organisation for Standardisation (ISO), Geneva (CH)

ISO 226 (2003), "Acoustics – Normal equal-loudness-level contours, , International Organisation for Standardisation (ISO), Geneva (CH)

Johnson E. D. (1998), "Applied multivariate methods for data analysts", published by Duxbury Press, Pacific Grove, CA

Kaiser H. F. (1960). "The application of electronic computers to factor analysis", *Educational and Psychological Measurement*, Vol. 20, p. 141-151

Karagiannis I., Chounti M. A., Sotiropoulou, A. G. (2018), "Optimal reverberation in Jazz venues; experimental investigation", Auditorium Acoustics 2018, Hamburg; Institute of Acoustics, Proceedings Vol. 40(3)

Karagiannis J., Xanthoulis G., Trispiotis A., Tzouvadakis J., Kwok K., Sotiropoulou A. G. (2015), "Subjective evaluation of stage acoustics in live jazz concerts; multi-dimensional description of evaluations", 9th International Conference on Auditorium Acoustics, Paris; Institute of Acoustics, Proceedings p. 414-420

Karjalainen M., Järveläinen H. (2001), "More about this reverberation science: Perceptually good late reverberation," in Proceedings of the 111th Audio Engineering Society (AES) Convention, New York (November 30–December 3, 2001)

Karwowski T. F., Odbert H. S., Osgood C. E. (1942), "Studies in synesthetic thinking: II. The role of form in visual responses to music", *Journal of General Psychology*, Vol. 26, p. 199–222

Kenney W. H. (2005), "Jazz on the river", published by University of Chicago Press, Chicago, IL

Kleiner M., B. I. Dalenbäck B. I., Svensson P. (1993) "Auralization - an overview", *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 41, p. 861-874

Kremelberg D. (2010), "Practical Statistics", published by SAGE Publications, Thousand Oaks, CA

Krokstad A., Strøm S., Sørsdal S (1968), "Calculating the acoustical room response by the use of a ray tracing technique", *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 8, p. 118-125

Lacatis A., Gimenez A., Barba Sevillano A., Cerda S., Romero J., Cibrian R. (2008), "Historical and chronological evolution of the concert hall acoustics parameters", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 123 (5), p. 3198. Web

Larsen N. W. A. (2010), "Suitable reverberation times for halls for rock and pop music", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 127(1), p. 247-255

Larsen N. W. A. (2014), "Rock and pop venues; acoustic and architectural design", published by Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

Lehman P., Wilkens H. (1980), "Zusammenhang subjektiver beurteilungen von konzertsalen mit raumakustischen kriterien", *Acustica*, Vol. 45, p. 257.

Lokki T. (2011), "Concert hall acoustics assessment with individually elicited attributes", *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 130(2), p. 845-849

Long M. (2006), "Architectural acoustics", published by Academic Press, Cambridge Massachusetts

Malmberg C. F. (1918), "The perception of consonance and dissonance", *Psychological Monographs*, Vol. 25(2), p. 93-133

Marquis D. M. (1978), "In search of Buddy Bolden, first man of jazz", published by Louisiana State University Press, Baton Rouge

Martin D. W. (1952), "Do you auralize?", *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 24, p. 416

Matthay T. (1913), "Musical interpretation, its laws and principles, and their application in teaching and performing", published by the Boston Music Company, Boston

McDonald R. P. (1985), "Factor analysis and related methods", published by Lawrence Erlbaum Associates, Inc, Hillside, NJ

Meng Z., Zhao, F., He, M. (2006), "The Just Noticeable Difference of noise length and reverberation perception", proceedings of the International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT), Bangkok, Thailand, 18-20 October 2006, p. 418-421

Midi (2014), "The complete MIDI 1.0, detailed specification", document version 96.1, (3rd ed.), the MIDI Manufacturers Association, Los Angeles, California

Miller J. (1987), "A subjective assessment of acoustic conditions for performers", Ph.D. thesis, Institute of Environmental Engineering, Polytechnic of the South Bank, London.

Mourjopoulos J. (2015), "The origins of building acoustics for theater and music performances", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 137(4), p. 2427-2427

Niaounakis T. I., Davies W. J. (2002) "Perception of reverberation time in small listening rooms", *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 50, p. 343-350

Oppenheim A. V., Willsky A. S., Nawab S. H. (1997), "Signals & Systems" 2nd ed., published by Prentice - Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ

Osgood C. E. (1952), "The nature and measurement of meaning", *Psychological Bulletin*, Vol. 49(3), p. 197-237

Osgood C. E., Suci G. J., Tannenbaum P. H. (1957), "The measurement of meaning", University of Illinois Press, Urbana-Champaign

Parkin P. H., Morgan K. (1971), "Assisted resonance in the Royal Festival Hall, London 1965-1969", *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 15(1), p. 127-141

Parkin P. H., Scholes W. E., Derbyshire A. G. (1952), "The reverberation times of ten British concert halls", *Acustica*, Vol. 2, p. 97-100

Pearson K. (1901), "On lines and planes of closest fit to systems of points in space", *The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, Vol. 2(11), p. 559-572

Read R. D. (2004), "Jazz finds a new home; Lincoln center's JALC is tailored for the sound of this music", *Sound & Communications*, Vol. 50(9), p. 36-49, 107

Reichardt W., Alim O. A., Schmidt W., (1975) "Definition and basis of making an objective evaluation to distinguish between useful and useless clarity defining musical performances, *Acustica*, Vol. 32(3) p. 126-137

Reimann H. (2003) "Jazz versus classical music; their objects and criteria for aesthetical evaluation", proceedings of the Hawaii International Conference on Arts and Humanities, Honolulu

Riggs L. A., Karwoski, T. F. (1934), "Synaesthesia", *British Journal of Psychology*, Vol. 25, p. 29-41

Rindel J. H. (2004), "Evaluation of room acoustic qualities and defects by use of auralization", 148th Meeting of the Acoustical Society of America, San Diego, CA, 15-18 November 2004, Paper no 1pAA1. (Invited Paper for Special Session on Spatial and Binaural Evaluation of Performing Arts Spaces).

Rosenberg B. D., Navarro M. (2017), "Semantic differential scaling", published by the SAGE Encyclopedia of Educational Research, Measurement, and Evaluation, Thousand Oaks, CA: Sage, p.1504-1507

Rummel R. J. (1970), "Applied factor analysis", published by Northwestern University Press, Evanston, IL

Sabine P. E., (1939), "Architectural acoustics, its past and its possibilities", *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 11, p. 161-162

Sabine W. C. (1900), "Architectural Acoustics; introduction" *The American Architect*, Vol. 68, p. 8-9

Sabine W. C. (1913), "Theater acoustics". *The American Architect*, Vol. 104, p. 257-279

Sabine W. C. (1922), "Collected papers on acoustics", published by Harvard University Press, Cambridge Massachusetts

Seraphim H. P. (1958), "Investigations on the difference limen of exponentially decaying bandlimited noise pulses" *Acustica*, Vol. 8, p. 280-284

Schroeder M. R. (1973), "Computer models for concert hall acoustics", *American Journal of Physics*, Vol. 41, p. 461-471

Sotiropoulou A. G. (2009), Personal communication

Sotiropoulou A. G. (2015), "Ακουστικός σχεδιασμός αιθουσών ακροατηρίου", Kallipos, Open Academic Editions

Sotiropoulou A. G., Fleming D. B. (1995), "Concert hall evaluations by ordinary concert-goers; II. Physical room acoustic criteria subjectively significant", *Acustica*, Vol. 81(1), p. 10-19

Sotiropoulou A. G., Hawkes R. J., Fleming D. B., (1995), "Concert hall evaluations by ordinary concert-goers; I. multi-dimensional description of evaluations", *Acustica*, Vol. 81(1), p. 1-9

Sotiropoulou A. G., Panos A., Karagiannis I., Cambourakis G. (2016), "Subjective judgements in rock clubs in relation to physical acoustic parameters", proceedings of the 23rd International Congress on Sound and Vibration (ICSV), Athens, 10-14 July 2016

Sotiropoulou A. G., Savvopoulou A., Karagiannis J., Tzouvadakis J. (2011b), "Subjective Evaluation of Acoustics in Jazz Clubs", *Acoustics Bulletin*, Vol. 36(5), p. 24-31

Sotiropoulou A., Poulakos G., Karagiannis J., Tzouvadakis J. (2008), "Subjective evaluation of the acoustics of jazz music auditoria; multi-dimensional description of evaluations", 7th International Conference on Auditorium Acoustics, Oslo; Institute of Acoustics, Proceedings Vol. 30(3), p. 326-332

Sotiropoulou A., Savvopoulou A., Karagiannis J., Tzouvadakis J. (2011a), "Subjective Evaluation of Acoustics in Jazz Clubs", 8th International Conference on Auditorium Acoustics, Dublin; Institute of Acoustics, Proceedings Vol.33(2), p. 63-74

Soulodre G. A., Bradley J. S., (1995), "Subjective evaluation of new room acoustic measures", *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 98(1), p. 294-301

Spandöck F. (1934), "Akustische modellversuche", *Annalen der Physik* Vol. 20 p. 345-360

Spearman C. (1904), "General Intelligence; Objectively Determined & Measured", *American Journal of Psychology*, Vol. 15, p. 201-293

Stagner R., & Osgood C. E. (1946). "Impact of war on a nationalistic frame of reference; I. Changes in general approval and qualitative patterning of certain stereotypes", *The Journal of Social Psychology*, Vol. 24(2), p. 187-215

Stepanek J. (2006), "Musical sound timbre; verbal description and dimensions", proceedings of the 9th Conference on Digital Audio Effects, Montreal, Canada, September 18-20, 2006, p. 121-126

Stokes W. R. (1991), "The jazz scene. An informal history from New Orleans to 1990, published by Oxford University Press, New York, NY

Svensson E. (2000), "Comparison of the quality of assessments using continuous and discrete ordinal rating scales", *Biometrical Journal*, Vol. 42(4), p. 417-434

Tabachnick B. G., Fidell L. (2014), "Using multivariate statistics", (6th ed.) published by Pearson Education Limited, Edinburgh Gate, Harlow

Thurstone L. L. (1947), "Multiple factor analysis; a development and expansion of vectors of the mind", published by the University of Chicago Press, Chicago

Toole F. E. (1970), "In-head localization of acoustic images", *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 48(4), p. 943-949

Velicer F. W., Fava J. L. (1987), "An evaluation of the effects of variable sampling on component, image, and factor analysis", *Multivariate Behavioral Research*, Vol. 22(2), p. 193-209

Vermeulen R., de Boer J. (1936), "Optical model experiments for studying the acoustics of theatres". *Philips Technical Review* Vol. 1(2), p. 46-52

Vincent D. F. (1953), "The origins and development of factor analysis", *Journal of the Royal Statistical Society, Series C (Applied Statistics)*, Vol. 2(2), p. 107-117

Wefers F. (2015), "Partitioned convolution algorithms for real-time auralization", Logos Verlag, Berlin

Wilkins H. (1977), "A multidimensional description of subjective judgement of concert-hall acoustics", *Acustica*, Vol. 38(1), p. 10-23

Αριστοτέλης, "Περί αισθήσεως και αισθητών", εκδόσεις Φέξη (1912), μετάφραση Π. Γρατσιάτου

Καρλής Δ. (2003), "Πολυμεταβλητή στατιστική ανάλυση", Εκδόσεις Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών

Πετρίδης Δ. (2015), "Ανάλυση πολυμεταβλητών τεχνικών", Κάλλιπος, Ανοικτες Ακαδημαϊκές Εκδόσεις

7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

7.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

7.1.1 Ανάλυση κατά παράγοντες (Factor Analysis)

7.1.1.1 Πίνακας Συσχέτισης

Το αρχικό βήμα της ανάλυσης κατά παράγοντες είναι η κατασκευή του πίνακα συσχέτισης (correlation matrix). Πρόκειται για έναν τετραγωνικό πίνακα που δείχνει τις συσχετίσεις μεταξύ ενός συνόλου μεταβλητών.

Ας υποθεθεί μία ομάδα n μεταβλητών $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_v$ για τις οποίες έχουν συγκεντρωθεί οι απαντήσεις N υποκειμένων. Στον παρακάτω πίνακα των δεδομένων, οι γραμμές αντιστοιχούν στα υποκείμενα, οι στήλες στις μεταβλητές. Συνεπώς το στοιχείο x_{ij} παρουσιάζει την απάντηση του i υποκειμένου στη j μεταβλητή

$$\mathbf{X} = [\mathbf{X}_1 \quad \mathbf{X}_2 \quad \mathbf{X}_3 \quad \dots \quad \mathbf{X}_v] = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1v} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2v} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3v} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{N1} & x_{N2} & x_{N3} & \dots & x_{Nv} \end{bmatrix}$$

Ο πίνακας συσχέτισης των n μεταβλητών, είναι ένας $n \times n$ πίνακας της μορφής

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1v} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \dots & r_{2v} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & \dots & r_{3v} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{v1} & r_{v2} & r_{v3} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{όπου } r_{jk} = \text{corr}(\mathbf{X}_j, \mathbf{X}_k) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ik} - \bar{x}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_k)^2}}$$

είναι ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών \mathbf{X}_j και \mathbf{X}_k [Pearson, 1901]

Τα στοιχεία ενός πίνακα συσχέτισης έχουν τιμές από -1 έως 1. Τιμή ίση με 1 ή -1 αντιστοιχεί σε απόλυτα γραμμική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών ενώ το πρόσημο υποδηλώνει την ύπαρξη θετικής ή αρνητικής συσχέτισης. 'Θετική συσχέτιση' σημαίνει ότι όταν αυξάνει η τιμή της μιας μεταβλητής αυξάνει και η τιμή της άλλης ενώ 'αρνητική συσχέτιση' σημαίνει πως όταν αυξάνει η τιμή της μιας μεταβλητής μειώνεται η τιμή της άλλης και αντίστροφα.

Οι τιμές των στοιχείων της διαγωνίου του πίνακα ισούνται πάντα με τη μονάδα καθώς η συσχέτιση κάθε μεταβλητής με τον εαυτό της είναι προφανώς ίση με 1.

Ο πίνακας συσχέτισης είναι ένας πίνακας θετικά ημιορισμένος.

Επίσης είναι συμμετρικός καθώς η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών X_i και X_j είναι ίδια με αυτήν των X_j και X_i .

7.1.1.2 Το γενικό μοντέλο

Η ανάλυση κατά παράγοντες αναφέρεται σε μια σειρά στατιστικών τεχνικών που εφαρμόζονται σε ένα σύνολο μεταβλητών όταν ο ερευνητής ενδιαφέρεται να ανακαλύψει ποιες από αυτές τις μεταβλητές αποτελούν συγκροτημένα υποσύνολα που είναι σχετικά ανεξάρτητα μεταξύ τους. Οι μεταβλητές που συσχετίζονται μεταξύ τους αλλά είναι σχετικά ανεξάρτητες από άλλα υποσύνολα μεταβλητών συνδυάζονται σε παράγοντες. Οι παράγοντες θεωρείται ότι αντικατοπτρίζουν υποκείμενες διαδικασίες που δημιούργησαν τις συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών. Δύο διαφορετικοί τύποι της ανάλυσης κατά παράγοντες είναι η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες (Principal Component Analysis) και η κλασική παραγοντική ανάλυση (Classical Factor Analysis).

Η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες είναι μία εμπειρική μέθοδος για τη μείωση ενός όγκου δεδομένων ώστε να εξαχεται το μέγιστο της διακύμανσης που προτάθηκε από τον Karl Pearson [1901] και αναπτύχθηκε από τον Harrold Hotteling [1933]. Το μοντέλο της μεθόδου εκφράζεται ως κάτωθι όπου κάθε μία από τις n μεταβλητές εκφράζεται γραμμικά ως προς τους n νέους ασυσχέτιστους παράγοντες F_1, F_2, \dots, F_n .

$$x_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{in}F_n$$

όπου x_i : η i -στή μεταβλητή σε τυποποιημένη μορφή

F_j : ο j -στός παράγοντας

a_{ij} : ο τυποποιημένος συντελεστής της i -στής μεταβλητής στον j -στό παράγοντα

n : το συνολικό πλήθος των παραγόντων (ίσο με το πλήθος των μεταβλητών)

Μια σημαντική ιδιότητα αυτής της μεθόδου όσον αφορά τη σύνοψη των δεδομένων είναι ότι κάθε συνιστώσα με τη σειρά της συνεισφέρει τα μέγιστα στο άθροισμα των αποκλίσεων των n μεταβλητών. Για ένα πρόβλημα στην πράξη μπορεί να διατηρηθούν μόνο λίγες συνιστώσες, ιδίως εάν αντιπροσωπεύουν μεγάλο ποσοστό της συνολικής διακύμανσης. Ωστόσο όλες οι συνιστώσες απαιτούνται για την απόδοση της συνολικής συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών.

Σε αντίθεση με την προσέγγιση της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες που αναπράγει τη μέγιστη διακύμανση, το μοντέλο της κλασικής ανάλυσης κατά παράγοντες έχει σχεδιαστεί για να αναπαράγει στο μέγιστο βαθμό τις συσχετίσεις. Στο βασικό μοντέλο «κλασικής ανάλυσης κατά παράγοντες» κάθε μία από τις n παρατηρούμενες μεταβλητές περιγράφεται γραμμικά από m (συνήθως αρκετά μικρότερο από n) κοινούς παράγοντες και έναν μοναδικό παράγοντα έχοντας τη μορφή:

$$x_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{im}F_m + d_iU_i$$

όπου U_i : ο μοναδικός παράγοντας που αντιστοιχεί στην i -στή μεταβλητή

d_i : ο τυποποιημένος συντελεστής του μοναδικού παράγοντα U_i

Οι κοινοί παράγοντες (F_1, F_2, \dots, F_m) αντιπροσωπεύουν τις συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών, ενώ κάθε μοναδικός παράγοντας (U_i) αντιπροσωπεύει την υπόλοιπη διακύμανση (συμπεριλαμβανομένου του σφάλματος) της εν λόγω μεταβλητής.

Και στα δύο μοντέλα οι συντελεστές a_{ij} επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιούν τις ακόλουθες συνθήκες:

- Οι παράγοντες είναι γραμμικοί συνδυασμοί των αρχικών μεταβλητών
- Οι παράγοντες είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους και,

- Οι παράγοντες έχουν εξαχθεί με μειούμενη σειρά ως προς την σημαντικότητα, (ο πρώτος παράγοντας αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ποσοστό της συσχέτισης των αρχικών δεδομένων κλπ).

Ο υπολογισμός των συντελεστών a_{ij} αποκαλείται φόρτιση παραγόντων.

7.1.1.3 Περιστροφή των παραγόντων

Το σκεπτικό της περιστροφής του αρχικού πίνακα παραγόντων προέρχεται από τον Thurstone [1947] που ανέπτυξε την συγκεκριμένη διαδικασία προκειμένου να απλοποιήσει την παραγοντική δομή. Ο σκοπός της περιστροφής του αρχικού πίνακα παραγόντων είναι να εξαχθούν καλύτερα ερμηνεύσιμοι παράγοντες.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ορθογώνια ή πλάγια περιστροφή των παραγόντων και υπάρχουν αρκετές μέθοδοι για κάθε τύπο που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το κριτήριο περιστροφής που χρησιμοποιούν. Δεν υπάρχει μοναδικό ή γενικά αποδεκτό κριτήριο περιστροφής και η επιλογή του είναι στη διάθεση του ερευνητή.

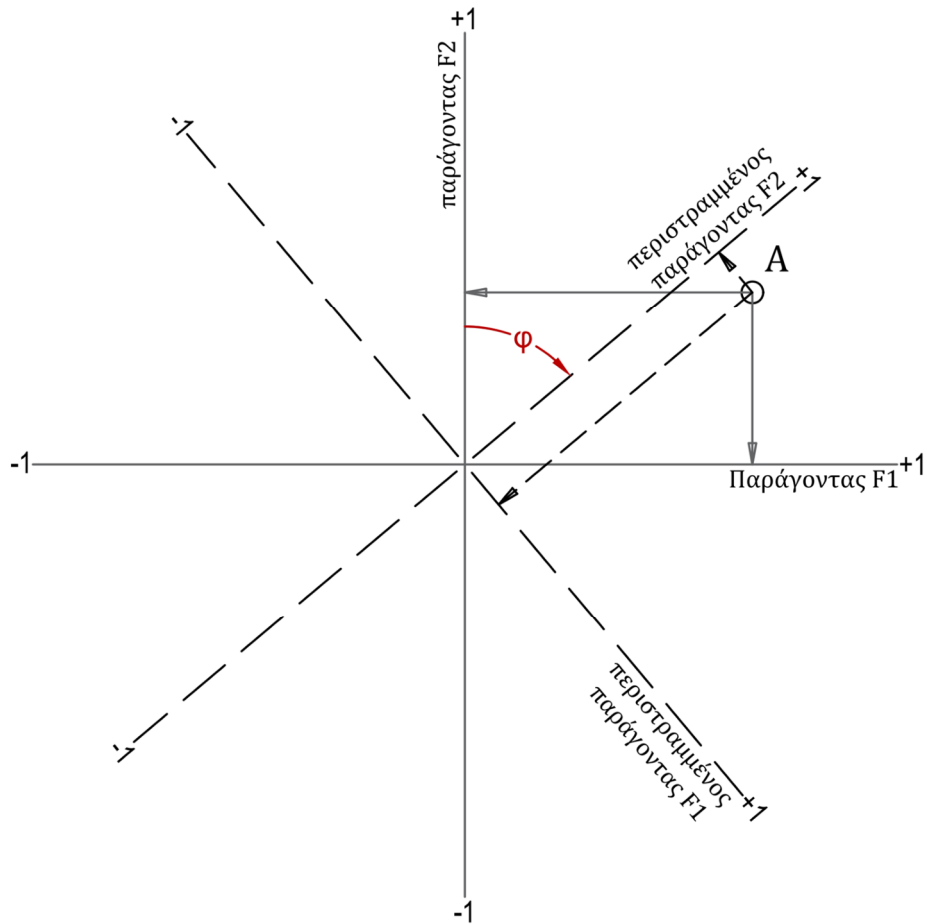
Η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η περιστροφή μέγιστης διακύμανσης (varimax rotation) η οποία στοχεύει στη μεγιστοποίηση της διακύμανσης των φορτίσεων των παραγόντων δημιουργώντας έτσι νέους παράγοντες που έχουν πολύ υψηλές επιβαρύνσεις κοντά στη μονάδα και υπολειπόμενες πολύ μικρές επιβαρύνσεις κοντά στο μηδέν [Afifi, 1996 p.366]. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η ερμηνευσιμότητά τους (Σχ. 34).

Αποδεικνύεται ότι το ποσοστό της συνολικής διακύμανσης για τον κάθε παράγοντα είναι ίσο με

$$\frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}^2}{n}$$

Όπου a_{ij} : η φόρτιση της i -στής μεταβλητής στον j -στό παράγοντα

n : το πλήθος των μεταβλητών



Σχ. 34 Περιστροφή των παραγόντων

Άλλες μέθοδοι περιστροφής των αξόνων είναι οι παρακάτω: [Πετρίδης, 2015 p.138]

- Η περιστροφή μέγιστης τέταρτης δύναμης (quartimax rotation) ελαχιστοποιεί τον αριθμό των παραγόντων που απαιτούνται για την επεξήγηση κάθε μεταβλητής, καθότι αποσκοπεί, μέσω της περιστροφής, να καταστήσει μια μεταβλητή με υψηλό παραγοντικό φορτίο σε έναν παράγοντα και σχεδόν μηδενικό σε άλλους. Η ελαχιστοποίηση επιτυγχάνεται αν μεγιστοποιηθεί ο πρώτος όρος που ισοδυναμεί με το άθροισμα των παραγοντικών φορτίων στην τέταρτη δύναμη. Η τεχνική αυτή απλοποιεί την ερμηνεία των συμμετεχουσών μεταβλητών αν και συχνά έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση ενός γενικού παράγοντα με υψηλά μέχρι μέτριου μεγέθους φορτία στις

περισσότερες μεταβλητές των παραγόντων, ένα από τα πιο σοβαρά μειονεκτήματα της μεθόδου.

- Η περιστροφή μέγιστης ισοδυναμίας (equamax rotation) συνδυάζει τη δράση των δυο προηγούμενων εξασφαλίζοντας έτσι απλούστερες ερμηνείες των παραγόντων και των μεταβλητών. Ουσιαστικά, ελαχιστοποιείται ο αριθμός των μεταβλητών που εμφανίζουν υψηλά παραγοντικά φορτία σε κάθε παράγοντα ταυτόχρονα με τον αριθμό των παραγόντων που απαιτούνται προς επεξήγηση των μεταβλητών.

- Η περιστροφή ισόρροπης μεγιστοποίησης (promax rotation) έχει πλαγιογώνιο προσανατολισμό και επιτρέπει κάποιους παράγοντες να συσχετίζονται. Επιλέγεται σε μελέτες με μεγάλο αριθμό συλλεχθέντων στοιχείων.

7.1.1.4 Τυπικό σφάλμα φόρτισης

Οι κλίμακες που εμφανίζονται να έχουν φόρτιση σε έναν παράγοντα μικρότερη του τυπικού σφάλματος φόρτισης δεν λαμβάνονται υπ' όψη στα αποτελέσματα. Το τυπικό σφάλμα φόρτισης εξαρτάται από το μέγεθος του δείγματος και το πλήθος των μεταβλητών και μία εκτίμησή του μπορεί να ληφθεί από τον τύπο [Burt & Banks 1947]

$$\left(\begin{array}{c} \text{τυπικό} \\ \text{σφάλμα} \\ \text{φόρτισης} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{τυπικό} \\ \text{σφάλμα} \\ \text{συσχέτισης} \end{array} \right) \sqrt{\frac{n}{n+1-r}}$$

Όπου n : το πλήθος των μεταβλητών της ανάλυσης και

r : η σειρά εμφάνισης του παράγοντα ($r = 1, 2, 3 \dots$ για τον πρώτο, δεύτερο, τρίτο... παράγοντα αντιστοίχως)

Κάνοντας την παραδοχή ότι οι τιμές των μεταβλητών ακολουθούν την κανονική κατανομή, το τυπικό σφάλμα συσχέτισης είναι συνάρτηση του βαθμού ελευθερίας df του συστήματος. Για αμφίπλευρη (two-tailed) κανονική κατανομή και για συγκεκριμένο επίπεδο σημαντικότητας η τιμή του προκύπτει από τον πίνακα κρίσιμων τιμών συσχέτισης του Pearson (R Table)[Bowen, 2016, p.501]. Ο βαθμός ελευθερίας του συστήματος είναι ίσος με $df=N-2$ όπου N το μέγεθος του δείγματος.

Πιν. 36 Πίνακας κρίσιμων τιμών συσχέτισης του Pearson (R Table)

df=N-2	Level of Significance for Two-Tailed Test			
	0.10	0.05	0.02	0.01
1	0.988	0.997	0.9995	0.9999
2	0.9	0.95	0.98	0.99
3	0.805	0.878	0.934	0.959
4	0.729	0.811	0.882	0.917
5	0.669	0.754	0.833	0.875
6	0.621	0.707	0.789	0.834
7	0.582	0.666	0.75	0.798
8	0.549	0.632	0.715	0.765
9	0.521	0.602	0.685	0.735
10	0.497	0.576	0.658	0.708
11	0.476	0.553	0.634	0.684
12	0.458	0.532	0.612	0.661
13	0.441	0.514	0.592	0.641
14	0.426	0.497	0.574	0.623
15	0.412	0.482	0.558	0.606
16	0.4	0.468	0.543	0.59
17	0.389	0.456	0.529	0.575
18	0.378	0.444	0.516	0.561
19	0.369	0.433	0.503	0.549
20	0.36	0.423	0.492	0.537
21	0.352	0.413	0.482	0.526
22	0.344	0.404	0.472	0.515
23	0.337	0.396	0.462	0.505
24	0.33	0.388	0.453	0.496
25	0.323	0.381	0.445	0.487
26	0.317	0.374	0.437	0.479
27	0.311	0.367	0.43	0.471
28	0.306	0.361	0.423	0.463
29	0.301	0.355	0.416	0.456
30	0.296	0.349	0.409	0.449
35	0.275	0.325	0.381	0.418
40	0.257	0.304	0.358	0.393
45	0.243	0.288	0.338	0.372
50	0.231	0.273	0.322	0.354
60	0.211	0.25	0.295	0.325
70	0.195	0.232	0.274	0.302
80	0.183	0.217	0.257	0.283
90	0.173	0.205	0.242	0.267
100	0.164	0.195	0.23	0.254

7.1.1.5 Σκόρ παραγόντων (factor scores)

Μία από τις εφαρμογές της ανάλυσης κατά παράγοντες είναι ως εργαλείο μέτρησης. Για ένα δεδομένο πίνακα παραγόντων μπορούν να κατασκευαστούν δείκτες για να μετρηθεί η συμβολή κάθε συγκεκριμένης περίπτωσης σε έναν παράγοντα. Για παράδειγμα σε ένα πείραμα υποκειμενικής αξιολόγησης, οι κρίσεις ενός υποκειμένου μπορούν να αποτελέσουν μία περίπτωση. Οι δείκτες αυτοί ονομάζονται «σκορ» των παραγόντων (factor scores).

Για την εξαγωγή των σκορ των παραγόντων, αρχικά εκτιμώνται οι συντελεστές των σκορ (factor score coefficients) που ουσιαστικά είναι οι συντελεστές κάθε μεταβλητής όταν εκφράζουμε κάθε παράγοντα ως γραμμικό συνδυασμό των μεταβλητών. Το σκορ του παράγοντα υπολογίζεται από τη σχέση

$$(fs)_j = \sum_{i=1}^n (f_{ij}x_i)$$

όπου $(fs)_j$: το σκορ του j-στού παράγοντα για μία περίπτωση

f_{ij} : ο συντελεστής του σκορ της i-στής μεταβλητής στον j-στό παράγοντα

x_i : η τυποποιημένη τιμή της περίπτωσης για την i-στή μεταβλητή

7.1.2 Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)

Η μέθοδος Ανάλυσης της Διακύμανσης (Analysis of Variance- ANOVA, Cooper 1969) ή αλλιώς Ανάλυση Διασποράς, είναι μια στατιστική μέθοδος η οποία αποσκοπεί στην ανίχνευση διαφορών των μέσων τιμών μιας ποσοτικής μεταβλητής ως προς τις κατηγορίες μιας ποιοτικής μεταβλητής.

Οι προϋποθέσεις για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι η κατανομή των τιμών να είναι κανονική, τα δείγματα να είναι αντιπροσωπευτικά και οι παρατηρήσεις ανεξάρτητες μεταξύ τους και οι διασπορές της ποσοτικής μεταβλητής να μην διαφέρουν σημαντικά για κάθε κατηγορία ποιοτικής μεταβλητής.

Η μηδενική υπόθεση σε έναν έλεγχο ανάλυσης διακύμανσης είναι σε γενικές γραμμές ότι δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των μέσων τιμών των n ομάδων. Ο έλεγχος αυτός συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πιν. 37 Μαθηματικό μοντέλο της Ανάλυσης της Διακύμανσης (ANOVA)

ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ (AN.O.VA)				
	Άθροισμα Τετραγώνων (SS)	Βαθμοί Ελευθερίας	Μέσα Αθροίσματα Τετραγώνων (MS)	F-ratio
Εντός των ομάδων	$SS_B = \sum_{j=1}^n k_j (\bar{x} - \bar{x}_j)^2$	n-1	$MS_B = \frac{SS_B}{n-1}$	$\frac{MS_B}{MS_W}$
Μεταξύ των ομάδων	$SS_W = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^k (\bar{x}_j - x_{ji})^2$	$\sum_{j=1}^n (k_j - 1)$	$MS_W = \frac{SS_W}{\sum_{j=1}^n (k_j - 1)}$	

Όπου x_{ji} : η τιμή της i μεταβλητής της j ομάδας

\bar{x}_j : η μέση τιμή των μεταβλητών της j ομάδας

\bar{x} : η μέση τιμή των x_{ij}

k : το πλήθος των μεταβλητών εντός της ομάδας

n : το πλήθος των ομάδων

Το F-ratio συγκρίνεται με την κρίσιμη τιμή της F κατανομής (F_c) που βρίσκεται από πίνακες με βάση τους βαθμούς ελευθερίας και ένα δεδομένο επίπεδο σημαντικότητας. Συγκεκριμένα εάν είναι $F\text{-ratio} > F_c$ τότε η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται, που σημαίνει ότι μεταξύ των ομάδων υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά. Ο αλγόριθμος του SPSS υπολογίζει αντίστροφα, με βάση την F κατανομή, τη σημαντικότητα (sig.) στην οποία ικανοποιείται η παραπάνω σχέση. Η τιμή αυτή συγκρίνεται με το επίπεδο σημαντικότητας που έχει υιοθετηθεί. Στην παρούσα εργασία το επίπεδο εμπιστοσύνης είναι 1% και συνεπώς η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται όταν είναι $\text{Sig.} < 0.01$

7.2 ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

7.2.1 Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες

7.2.1.1 Πείραμα με ηχογραφημένη μουσική

Factor Analysis Recorded Jazz Music

Correlation Matrix

		CloseDistant	DarkBright	WoodyMetallic	LightHeavy	PoorRich
Correlation	CloseDistant	1.000	-.071	.131	-.059	-.079
	DarkBright	-.071	1.000	-.135	-.253	.511
	WoodyMetallic	.131	-.135	1.000	-.183	-.375
	LightHeavy	-.059	-.253	-.183	1.000	.139
	PoorRich	-.079	.511	-.375	.139	1.000
	BroadNarrow	-.044	-.440	.089	.232	-.486
	IntuneOutofTune	.111	-.311	.176	.161	-.165
	LiveDead	.174	-.535	.161	-.104	-.565
	CoolWarm	-.063	-.018	-.101	.194	.036
	ClearHazy	.301	-.288	-.083	.324	-.047
	FullbodiedThin	.136	-.239	.208	-.269	-.398
	FaintStrong	-.240	.120	-.167	.461	.370
	ClearDull	.228	-.185	-.073	.339	-.225
	DarkTransparent	.049	.300	-.123	-.184	.223
	NearDistant	.719	-.230	-.053	-.079	-.054
	SmoothHarsh	-.066	-.068	.126	.426	.120
	BalancedUnbalanced	.176	-.235	.197	.264	-.039
	CrystalMuddy	.104	-.257	-.297	.320	-.038
	GentleHarsh	-.074	-.095	.007	.455	.130
	LoudSilent	.212	-.232	.092	-.279	-.479
	DarkBrilliant	-.056	.225	.111	-.034	.182
	EdgySmooth	.050	.201	-.259	-.098	.065
	HarshVelvety	-.082	.092	-.212	-.299	-.024
	ColoredDark	-.078	-.239	.114	.197	-.321
	BrilliantDim	.127	-.209	-.083	.150	-.352
	ClearNoisy	.010	-.085	-.113	.354	.110
	NearRemote	.665	-.170	.005	-.160	-.042
	SmoothRough	-.033	-.244	.071	.568	.108
	SmoothSharp	-.132	-.243	.262	.209	-.126
	DeadResonant	.095	.103	-.136	.178	.284
	EvenUneven	.123	-.139	.032	.385	.023
	ClearBlurred	.015	-.357	-.265	.162	-.130
	PreferredNotpreferred	.056	-.110	-.039	.277	-.086

Correlation Matrix

		BroadNarrow	Intune Outoftune	LiveDead	CoolWarm	ClearHazy
Correlation	CloseDistant	-.044	.111	.174	-.063	.301
	DarkBright	-.440	-.311	-.535	-.018	-.288
	WoodyMetallic	.089	.176	.161	-.101	-.083
	LightHeavy	.232	.161	-.104	.194	.324
	PoorRich	-.486	-.165	-.565	.036	-.047
	BroadNarrow	1.000	.169	.360	.129	.241
	IntuneOutoftune	.169	1.000	.207	-.023	.325
	LiveDead	.360	.207	1.000	.042	.056
	CoolWarm	.129	-.023	.042	1.000	.172
	ClearHazy	.241	.325	.056	.172	1.000
	FullbodiedThin	.229	.195	.464	-.197	-.093
	FaintStrong	-.089	-.035	-.460	.093	-.010
	ClearDull	.448	.310	.183	.199	.601
	DarkTransparent	-.180	-.047	-.137	-.254	-.335
	NearDistant	-.013	.071	.180	-.004	.284
	SmoothHarsh	.089	.227	-.176	-.082	.300
	BalancedUnbalanced	-.007	.491	.108	-.019	.392
	CrystalMuddy	.329	.240	.086	.054	.527
	GentleHarsh	.137	.165	-.254	-.204	.202
	LoudSilent	.263	-.018	.573	.131	.086
	DarkBrilliant	-.235	-.206	-.298	-.113	-.278
	EdgySmooth	-.096	-.183	.033	.160	-.066
	HarshVelvety	-.042	-.175	.221	.163	-.159
	ColoredDark	.431	.091	.178	.279	.337
	BrilliantDim	.401	.160	.312	.269	.325
	ClearNoisy	.127	.353	-.126	-.159	.245
	NearRemote	-.006	.108	.136	-.105	.328
	SmoothRough	.161	.244	-.165	-.085	.263
	SmoothSharp	.018	.116	-.050	-.177	-.005
	DeadResonant	-.123	-.010	-.185	-.081	.188
	EvenUneven	.086	.267	-.127	-.101	.229
	ClearBlurred	.394	.219	.187	.127	.557
	PreferedNotprefered	.025	.247	.059	-.230	.199

Correlation Matrix

		FullbodiedThin	FaintStrong	ClearDull	Dark Transparent
Correlation	CloseDistant	.136	-.240	.228	.049
	DarkBright	-.239	.120	-.185	.300
	WoodyMetallic	.208	-.167	-.073	-.123
	LightHeavy	-.269	.461	.339	-.184
	PoorRich	-.398	.370	-.225	.223
	BroadNarrow	.229	-.089	.448	-.180
	IntuneOutofTune	.195	-.035	.310	-.047
	LiveDead	.464	-.460	.183	-.137
	CoolWarm	-.197	.093	.199	-.254
	ClearHazy	-.093	-.010	.601	-.335
	FullbodiedThin	1.000	-.539	-.051	.267
	FaintStrong	-.539	1.000	-.058	-.036
	ClearDull	-.051	-.058	1.000	-.236
	DarkTransparent	.267	-.036	-.236	1.000
	NearDistant	.082	-.238	.333	.026
	SmoothHarsh	-.048	.402	.048	-.202
	BalancedUnbalanced	.272	.049	.300	-.178
	CrystalMuddy	-.147	.136	.703	-.272
	GentleHarsh	-.088	.451	.072	-.125
	LoudSilent	.325	-.670	.159	-.113
	DarkBrilliant	-.030	.125	-.376	.293
	EdgySmooth	-.116	-.142	.099	.218
	HarshVelvety	.074	-.285	-.008	.236
	ColoredDark	.034	-.139	.473	-.254
	BrilliantDim	.146	-.253	.535	-.226
	ClearNoisy	.010	.251	.302	-.042
	NearRemote	.171	-.335	.233	-.045
	SmoothRough	-.155	.453	.124	-.224
	SmoothSharp	-.020	.364	-.107	-.275
	DeadResonant	.000	-.084	.103	.012
	EvenUneven	.036	.289	.212	-.225
	ClearBlurred	.096	-.109	.640	-.264
	PreferredNotpreferred	.116	.082	.178	.025

Correlation Matrix

		NearDistant	SmoothHarsh	Balanced Unbalanced	CrystalMuddy
Correlation	CloseDistant	.719	-.066	.176	.104
	DarkBright	-.230	-.068	-.235	-.257
	WoodyMetallic	-.053	.126	.197	-.297
	LightHeavy	-.079	.426	.264	.320
	PoorRich	-.054	.120	-.039	-.038
	BroadNarrow	-.013	.089	-.007	.329
	IntuneOutof tune	.071	.227	.491	.240
	LiveDead	.180	-.176	.108	.086
	CoolWarm	-.004	-.082	-.019	.054
	ClearHazy	.284	.300	.392	.527
	FullbodiedThin	.082	-.048	.272	-.147
	FaintStrong	-.238	.402	.049	.136
	ClearDull	.333	.048	.300	.703
	DarkTransparent	.026	-.202	-.178	-.272
	NearDistant	1.000	-.099	.221	.260
	SmoothHarsh	-.099	1.000	.598	.206
	BalancedUnbalanced	.221	.598	1.000	.347
	CrystalMuddy	.260	.206	.347	1.000
	GentleHarsh	-.079	.705	.384	.251
	LoudSilent	.221	-.457	-.178	-.003
	DarkBrilliant	-.140	.052	-.049	-.431
	EdgySmooth	.006	-.595	-.430	.064
	HarshVelvety	-.038	-.735	-.429	-.108
	ColoredDark	-.029	.112	.031	.374
	BrilliantDim	.149	-.085	.108	.473
	ClearNoisy	.016	.516	.461	.475
	NearRemote	.725	-.071	.165	.185
	SmoothRough	-.053	.687	.479	.267
	SmoothSharp	-.094	.632	.413	.016
	DeadResonant	.140	.075	.010	.059
	EvenUneven	.126	.616	.591	.395
	ClearBlurred	.219	.128	.287	.712
	PreferredNotpreferred	.059	.490	.481	.326

Correlation Matrix

		GentleHarsh	LoudSilent	DarkBrilliant	EdgySmooth
Correlation	CloseDistant	-.074	.212	-.056	.050
	DarkBright	-.095	-.232	.225	.201
	WoodyMetallic	.007	.092	.111	-.259
	LightHeavy	.455	-.279	-.034	-.098
	PoorRich	.130	-.479	.182	.065
	BroadNarrow	.137	.263	-.235	-.096
	IntuneOutofTune	.165	-.018	-.206	-.183
	LiveDead	-.254	.573	-.298	.033
	CoolWarm	-.204	.131	-.113	.160
	ClearHazy	.202	.086	-.278	-.066
	FullbodiedThin	-.088	.325	-.030	-.116
	FaintStrong	.451	-.670	.125	-.142
	ClearDull	.072	.159	-.376	.099
	DarkTransparent	-.125	-.113	.293	.218
	NearDistant	-.079	.221	-.140	.006
	SmoothHarsh	.705	-.457	.052	-.595
	BalancedUnbalanced	.384	-.178	-.049	-.430
	CrystalMuddy	.251	-.003	-.431	.064
	GentleHarsh	1.000	-.461	-.033	-.563
	LoudSilent	-.461	1.000	-.235	.260
	DarkBrilliant	-.033	-.235	1.000	-.096
	EdgySmooth	-.563	.260	-.096	1.000
	HarshVelvety	-.741	.383	-.139	.606
	ColoredDark	.064	.305	-.495	.018
	BrilliantDim	-.053	.476	-.523	.238
	ClearNoisy	.556	-.353	-.061	-.242
	NearRemote	-.118	.145	-.099	.059
	SmoothRough	.844	-.440	.022	-.517
	SmoothSharp	.663	-.384	.129	-.628
	DeadResonant	.037	-.116	-.134	.144
	EvenUneven	.618	-.346	-.105	-.302
	ClearBlurred	.111	.170	-.370	-.087
	PreferredNotpreferred	.432	-.161	-.222	-.213

Correlation Matrix

		HarshVelvety	ColoredDark	BrilliantDim	ClearNoisy
Correlation	CloseDistant	-.082	-.078	.127	.010
	DarkBright	.092	-.239	-.209	-.085
	WoodyMetallic	-.212	.114	-.083	-.113
	LightHeavy	-.299	.197	.150	.354
	PoorRich	-.024	-.321	-.352	.110
	BroadNarrow	-.042	.431	.401	.127
	IntuneOutof tune	-.175	.091	.160	.353
	LiveDead	.221	.178	.312	-.126
	CoolWarm	.163	.279	.269	-.159
	ClearHazy	-.159	.337	.325	.245
	FullbodiedThin	.074	.034	.146	.010
	FaintStrong	-.285	-.139	-.253	.251
	ClearDull	-.008	.473	.535	.302
	DarkTransparent	.236	-.254	-.226	-.042
	NearDistant	-.038	-.029	.149	.016
	SmoothHarsh	-.735	.112	-.085	.516
	BalancedUnbalanced	-.429	.031	.108	.461
	CrystalMuddy	-.108	.374	.473	.475
	GentleHarsh	-.741	.064	-.053	.556
	LoudSilent	.383	.305	.476	-.353
	DarkBrilliant	-.139	-.495	-.523	-.061
	EdgySmooth	.606	.018	.238	-.242
	HarshVelvety	1.000	-.045	.162	-.465
	ColoredDark	-.045	1.000	.602	.020
	BrilliantDim	.162	.602	1.000	.046
	ClearNoisy	-.465	.020	.046	1.000
	NearRemote	.005	-.035	.167	.090
	SmoothRough	-.673	.057	-.091	.592
	SmoothSharp	-.609	-.039	-.264	.400
	DeadResonant	.055	.062	.170	.034
	EvenUneven	-.596	.143	.149	.659
	ClearBlurred	.026	.447	.526	.289
	PreferedNotprefered	-.357	.155	.177	.441

Correlation Matrix

		NearRemote	SmoothRough	SmoothSharp	DeadResonant
Correlation	CloseDistant	.665	-.033	-.132	.095
	DarkBright	-.170	-.244	-.243	.103
	WoodyMetallic	.005	.071	.262	-.136
	LightHeavy	-.160	.568	.209	.178
	PoorRich	-.042	.108	-.126	.284
	BroadNarrow	-.006	.161	.018	-.123
	IntuneOutofTune	.108	.244	.116	-.010
	LiveDead	.136	-.165	-.050	-.185
	CoolWarm	-.105	-.085	-.177	-.081
	ClearHazy	.328	.263	-.005	.188
	FullbodiedThin	.171	-.155	-.020	.000
	FaintStrong	-.335	.453	.364	-.084
	ClearDull	.233	.124	-.107	.103
	DarkTransparent	-.045	-.224	-.275	.012
	NearDistant	.725	-.053	-.094	.140
	SmoothHarsh	-.071	.687	.632	.075
	BalancedUnbalanced	.165	.479	.413	.010
	CrystalMuddy	.185	.267	.016	.059
	GentleHarsh	-.118	.844	.663	.037
	LoudSilent	.145	-.440	-.384	-.116
	DarkBrilliant	-.099	.022	.129	-.134
	EdgySmooth	.059	-.517	-.628	.144
	HarshVelvety	.005	-.673	-.609	.055
	ColoredDark	-.035	.057	-.039	.062
	BrilliantDim	.167	-.091	-.264	.170
	ClearNoisy	.090	.592	.400	.034
	NearRemote	1.000	-.061	-.070	.265
	SmoothRough	-.061	1.000	.654	.081
	SmoothSharp	-.070	.654	1.000	-.141
	DeadResonant	.265	.081	-.141	1.000
	EvenUneven	.188	.605	.594	.147
	ClearBlurred	.319	.105	.049	.080
	PreferredNotpreferred	.065	.409	.357	.201

Correlation Matrix

		EvenUneven	ClearBlurred	Prefered Notprefered
Correlation	CloseDistant	.123	.015	.056
	DarkBright	-.139	-.357	-.110
	WoodyMetallic	.032	-.265	-.039
	LightHeavy	.385	.162	.277
	PoorRich	.023	-.130	-.086
	BroadNarrow	.086	.394	.025
	IntuneOutofune	.267	.219	.247
	LiveDead	-.127	.187	.059
	CoolWarm	-.101	.127	-.230
	ClearHazy	.229	.557	.199
	FullbodiedThin	.036	.096	.116
	FaintStrong	.289	-.109	.082
	ClearDull	.212	.640	.178
	DarkTransparent	-.225	-.264	.025
	NearDistant	.126	.219	.059
	SmoothHarsh	.616	.128	.490
	BalancedUnbalanced	.591	.287	.481
	CrystalMuddy	.395	.712	.326
	GentleHarsh	.618	.111	.432
	LoudSilent	-.346	.170	-.161
	DarkBrilliant	-.105	-.370	-.222
	EdgySmooth	-.302	-.087	-.213
	HarshVelvety	-.596	.026	-.357
	ColoredDark	.143	.447	.155
	BrilliantDim	.149	.526	.177
	ClearNoisy	.659	.289	.441
	NearRemote	.188	.319	.065
	SmoothRough	.605	.105	.409
	SmoothSharp	.594	.049	.357
	DeadResonant	.147	.080	.201
	EvenUneven	1.000	.241	.548
	ClearBlurred	.241	1.000	.142
	PreferedNotprefered	.548	.142	1.000

Total Variance Explained

Communalities

	Initial	Extraction
CloseDistant	1.000	.634
DarkBright	1.000	.720
WoodyMetallic	1.000	.415
LightHeavy	1.000	.509
PoorRich	1.000	.714
BroadNarrow	1.000	.519
IntuneOutof tune	1.000	.275
LiveDead	1.000	.631
CoolWarm	1.000	.275
ClearHazy	1.000	.553
FullbodiedThin	1.000	.510
FaintStrong	1.000	.655
ClearDull	1.000	.694
DarkTransparent	1.000	.275
NearDistant	1.000	.675
SmoothHarsh	1.000	.751
BalancedUnbalanced	1.000	.595
CrystalMuddy	1.000	.484
GentleHarsh	1.000	.762
LoudSilent	1.000	.698
DarkBrilliant	1.000	.404
EdgySmooth	1.000	.582
HarshVelvety	1.000	.686
ColoredDark	1.000	.555
BrilliantDim	1.000	.649
ClearNoisy	1.000	.543
NearRemote	1.000	.729
SmoothRough	1.000	.774
SmoothSharp	1.000	.727
DeadResonant	1.000	.249
EvenUneven	1.000	.673
ClearBlurred	1.000	.613
PreferredNotpreferred	1.000	.374

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Component	Initial Eigenvalues		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7.317	22.174	22.174
2	5.700	17.272	39.446
3	3.153	9.554	49.000
4	2.731	8.276	57.276
5	1.635	4.956	62.231
6	1.270	3.849	66.080
7	1.123	3.402	69.483
8	1.035	3.135	72.618
9	.966	2.926	75.544
10	.924	2.801	78.345
11	.828	2.510	80.855
12	.701	2.125	82.980
13	.641	1.944	84.923
14	.587	1.778	86.701
15	.459	1.390	88.091
16	.424	1.285	89.376
17	.403	1.221	90.597
18	.390	1.183	91.780
19	.348	1.056	92.835
20	.323	.979	93.814
21	.291	.881	94.695
22	.266	.805	95.500
23	.244	.739	96.239
24	.226	.686	96.925
25	.194	.587	97.512
26	.167	.507	98.019
27	.147	.446	98.465
28	.140	.424	98.889
29	.102	.308	99.197
30	.100	.304	99.501
31	.059	.179	99.681
32	.056	.169	99.849
33	.050	.151	100.000

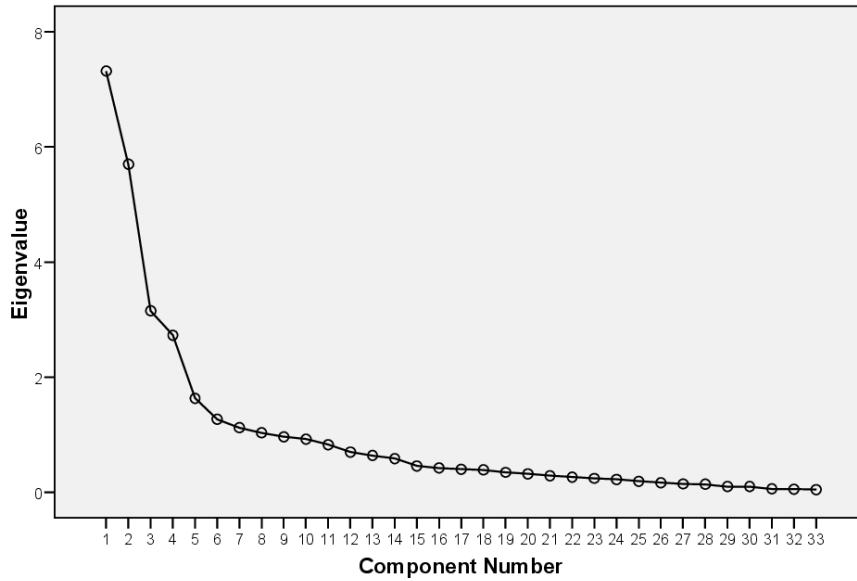
Extraction Method: Principal Component Analysis.

Total Variance Explained

Component	Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7.317	22.174	22.174	6.944	21.043	21.043
2	5.700	17.272	39.446	5.140	15.576	36.619
3	3.153	9.554	49.000	3.648	11.056	47.675
4	2.731	8.276	57.276	3.168	9.601	57.276
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Scree Plot



Component Matrix^a

	Component			
	1	2	3	4
SmoothRough	.833	-.273	-.033	-.064
SmoothHarsh	.808	-.294	-.102	-.034
GentleHarsh	.805	-.329	-.037	-.061
EvenUneven	.800	-.058	-.031	.172
HarshVelvety	-.721	.324	.245	-.039
ClearNoisy	.714	-.073	.081	.144
BalancedUnbalanced	.689	.102	-.245	.224
SmoothSharp	.659	-.354	-.382	-.144
PreferredNotpreferred	.587	.040	-.078	.148
LightHeavy	.578	-.042	.371	-.186
EdgySmooth	-.544	.258	.459	.095
DarkBright	.543	.484	.435	.043
ClearHazy	.487	.469	.266	.160
IntuneOutof tune	.413	.256	-.189	.056
DarkTransparent	-.338	-.243	-.048	.316
BrilliantDim	.148	.743	.230	-.150
LoudSilent	-.384	.696	-.231	-.112
ClearDull	.400	.646	.340	.027
LiveDead	-.072	.623	-.458	-.168
ClearBlurred	.410	.610	.268	-.019
DarkBrilliant	-.174	-.558	-.210	.134
FaintStrong	.383	-.555	.407	-.185
ColoredDark	.249	.548	.168	-.405
BroadNarrow	.261	.504	-.087	-.435
CrystalMuddy	-.324	-.469	.337	.212
WoodyMetallic	.048	-.001	-.629	-.128
FullbodiedThin	-.056	.326	-.625	.102
PoorRich	-.019	-.538	.546	.356
CoolWarm	-.063	.220	.361	-.303
NearRemote	.087	.419	-.095	.732
CloseDistant	.052	.343	-.166	.697
NearDistant	.092	.429	-.066	.691
DeadResonant	.089	.059	.308	.378

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 4 components extracted.

Rotated Component Matrix^a

	Component			
	1	2	3	4
SmoothRough	.858	.110	-.120	-.102
SmoothHarsh	.858	.044	-.077	-.078
GentleHarsh	.851	.055	-.142	-.122
HarshVelvety	-.822	.098	-.019	.018
SmoothSharp	.799	-.151	.171	-.191
EvenUneven	.770	.191	-.083	.194
EdgySmooth	-.682	.171	-.274	.113
ClearNoisy	.669	.207	-.175	.149
BalancedUnbalanced	.669	.157	.165	.310
PreferedNotprefered	.553	.170	.018	.198
LightHeavy	.456	.409	-.321	-.176
IntuneOutoftune	.348	.245	.242	.190
ClearDull	.094	.782	-.030	.268
BrilliantDim	-.149	.763	.165	.132
DarkBright	.256	.752	-.195	.225
ClearBlurred	.130	.740	.027	.218
ColoredDark	.008	.701	.189	-.165
DarkBrilliant	.064	-.620	-.094	-.081
ClearHazy	.252	.608	-.083	.336
BroadNarrow	.089	.565	.395	-.189
DarkTransparent	-.215	-.424	-.128	.181
CoolWarm	-.219	.396	-.133	-.229
PoorRich	.038	-.268	-.796	.085
LiveDead	-.161	.283	.717	.107
FullbodiedThin	-.007	-.090	.660	.259
FaintStrong	.425	-.034	-.572	-.383
WoodyMetallic	.182	-.231	.569	-.068
LoudSilent	-.521	.308	.557	.147
CrystalMuddy	-.223	-.384	-.535	-.027
NearRemote	.000	.089	.084	.845
NearDistant	-.006	.123	.073	.809
CloseDistant	.007	-.004	.121	.787
DeadResonant	.009	.106	-.336	.353

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 6 iterations.

Component Transformation Matrix

Component	1	2	3	4
1	.923	.374	-.051	.068
2	-.307	.752	.448	.373
3	-.227	.455	-.858	-.075
4	.038	-.295	-.247	.922

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Component Score Coefficient Matrix

	Component			
	1	2	3	4
CloseDistant	.010	-.051	.009	.262
DarkBright	-.012	-.150	-.088	.041
WoodyMetallic	.050	-.075	.182	-.028
LightHeavy	.046	.098	-.092	-.069
PoorRich	-.008	-.032	-.223	.072
BroadNarrow	.006	.114	.101	-.109
IntuneOutof tune	.053	.022	.064	.044
LiveDead	-.012	.031	.189	-.006
CoolWarm	-.050	.111	-.053	-.097
ClearHazy	.019	.108	-.053	.083
FullbodiedThin	.022	-.061	.187	.070
FaintStrong	.046	.025	-.140	-.105
ClearDull	-.008	.152	-.047	.047
DarkTransparent	-.022	-.090	-.032	.089
NearDistant	.003	-.023	-.011	.264
SmoothHarsh	.125	-.009	.002	-.021
BalancedUnbalanced	.102	-.011	.050	.095
CrystalMuddy	.037	-0.53	-.145	.030
GentleHarsh	.121	-.001	-.016	-.034
LoudSilent	-.071	.051	.130	.010
DarkBrilliant	.025	-.127	.002	.012
EdgySmooth	-.114	.062	-.109	.033
HarshVelvety	-.127	.046	-.033	-.004
ColoredDark	-.016	.153	.032	-.103
BrilliantDim	-.040	.155	.008	-.006
ClearNoisy	.090	.023	-.046	.049
NearRemote	.005	-.033	-.008	.278
SmoothRough	.121	.009	-.012	-.031
SmoothSharp	.128	-.053	.085	-.056
DeadResonant	-.009	.016	-.114	.125
EvenUneven	.109	.010	-.017	.062
ClearBlurred	-.001	.142	-.026	.031
PreferedNotprefered	.080	.008	.007	.060

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Component Score Covariance Matrix

Component	1	2	3	4
1	1.000	.000	.000	.000
2	.000	1.000	.000	.000
3	.000	.000	1.000	.000
4	.000	.000	.000	1.000

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

7.2.1.2 Πείραμα με ζωντανή μουσική

7.2.1.2.1 Half Note Jazz Club

Factor Analysis "Half Note" Jazz Club

Correlation Matrix

	PoorRich	LiveDead	FullbodiedThin	ClearDull	NearDistant
Correlation					
PoorRich	1.000	-.526	-.404	-.415	-.320
LiveDead	-.526	1.000	.418	.391	.730
FullbodiedThin	-.404	.418	1.000	.527	.556
ClearDull	-.415	.391	.527	1.000	.483
NearDistant	-.320	.730	.556	.483	1.000
SmoothHarsh	.000	.154	.024	.189	.209
ColoredDark	-.482	.460	.711	.656	.477
BrilliantDim	-.399	.700	.490	.428	.691
NearRemote	-.326	.726	.493	.421	.849
SmoothRough	.348	-.002	-.114	-.096	.018
ClearBlurred	-.339	.406	.564	.747	.432
GentleHarsh	-.060	.215	.197	.189	.221
HarshVelvety	.118	-.289	-.134	-.153	-.221
DarkBright	.367	-.431	-.665	-.593	-.346
LoudSilent	-.236	.197	.342	.262	.315
ClearNoisy	-.011	.030	.266	.499	.132
CoolWarm	.029	-.170	.069	.100	-.058
SmoothSharp	-.199	.215	.045	.119	.247
PrefNotpref	-.362	.447	.537	.630	.410

Correlation Matrix

		SmoothHarsh	ColoredDark	BrilliantDim	NearRemote
Correlation	PoorRich	.000	-.482	-.399	-.326
	LiveDead	.154	.460	.700	.726
	FullbodiedThin	.024	.711	.490	.493
	ClearDull	.189	.656	.428	.421
	NearDistant	.209	.477	.691	.849
	SmoothHarsh	1.000	.174	.262	.173
	ColoredDark	.174	1.000	.553	.487
	BrilliantDim	.262	.553	1.000	.845
	NearRemote	.173	.487	.845	1.000
	SmoothRough	.619	-.085	.076	.024
	ClearBlurred	.000	.553	.499	.456
	GentleHarsh	.578	.156	.355	.254
	HarshVelvety	-.533	-.234	-.393	-.302
	DarkBright	.005	-.691	-.514	-.440
	LoudSilent	-.367	.372	.224	.297
	ClearNoisy	.377	.345	.226	.183
	CoolWarm	-.521	.116	.039	.028
	SmoothSharp	.422	.160	.318	.325
	PrefNotpref	.220	.660	.609	.481

Correlation Matrix

		SmoothRough	ClearBlurred	GentleHarsh	HarshVelvety
Correlation	PoorRich	.348	-.339	-.060	.118
	LiveDead	-.002	.406	.215	-.289
	FullbodiedThin	-.114	.564	.197	-.134
	ClearDull	-.096	.747	.189	-.153
	NearDistant	.018	.432	.221	-.221
	SmoothHarsh	.619	.000	.578	-.533
	ColoredDark	-.085	.553	.156	-.234
	BrilliantDim	.076	.499	.355	-.393
	NearRemote	.024	.456	.254	-.302
	SmoothRough	1.000	-.175	.411	-.351
	ClearBlurred	-.175	1.000	.147	-.141
	GentleHarsh	.411	.147	1.000	-.834
	HarshVelvety	-.351	-.141	-.834	1.000
	DarkBright	.212	-.741	-.189	.258
	LoudSilent	-.366	.328	-.398	.351
	ClearNoisy	.388	.396	.108	-.008
	CoolWarm	-.288	.329	-.288	.267
	SmoothSharp	.268	.022	.663	-.742
	PrefNotpref	.045	.622	.203	-.208

Correlation Matrix

		DarkBright	LoudSilent	ClearNoisy	CoolWarm	SmoothSharp	PrefNotpref
Correlation	PoorRich	.367	-.236	-.011	.029	-.199	-.362
	LiveDead	-.431	.197	.030	-.170	.215	.447
	FullbodiedThin	-.665	.342	.266	.069	.045	.537
	ClearDull	-.593	.262	.499	.100	.119	.630
	NearDistant	-.346	.315	.132	-.058	.247	.410
	SmoothHarsh	.005	-.367	.377	-.521	.422	.220
	ColoredDark	-.691	.372	.345	.116	.160	.660
	BrilliantDim	-.514	.224	.226	.039	.318	.609
	NearRemote	-.440	.297	.183	.028	.325	.481
	SmoothRough	.212	-.366	.388	-.288	.268	.045
	ClearBlurred	-.741	.328	.396	.329	.022	.622
	GentleHarsh	-.189	-.398	.108	-.288	.663	.203
	HarshVelvety	.258	.351	-.008	.267	-.742	-.208
	DarkBright	1.000	-.288	-.371	-.257	-.082	-.618
	LoudSilent	-.288	1.000	.079	.460	-.268	.334
	ClearNoisy	-.371	.079	1.000	.048	-.079	.420
	CoolWarm	-.257	.460	.048	1.000	-.206	.077
SmoothSharp	-.082	-.268	-.079	-.206	1.000	-.002	
PrefNotpref	-.618	.334	.420	.077	-.002	1.000	

Communalities

	Initial	Extraction
PoorRich	1.000	.440
LiveDead	1.000	.710
FullbodiedThin	1.000	.597
ClearDull	1.000	.684
NearDistant	1.000	.670
SmoothHarsh	1.000	.742
ColoredDark	1.000	.689
BrilliantDim	1.000	.736
NearRemote	1.000	.730
SmoothRough	1.000	.638
ClearBlurred	1.000	.705
GentleHarsh	1.000	.725
HarshVelvety	1.000	.725
DarkBright	1.000	.674
LoudSilent	1.000	.589
ClearNoisy	1.000	.760
CoolWarm	1.000	.390
SmoothSharp	1.000	.621
PrefNotpref	1.000	.679

Extraction Method: Principal Component Analysis.

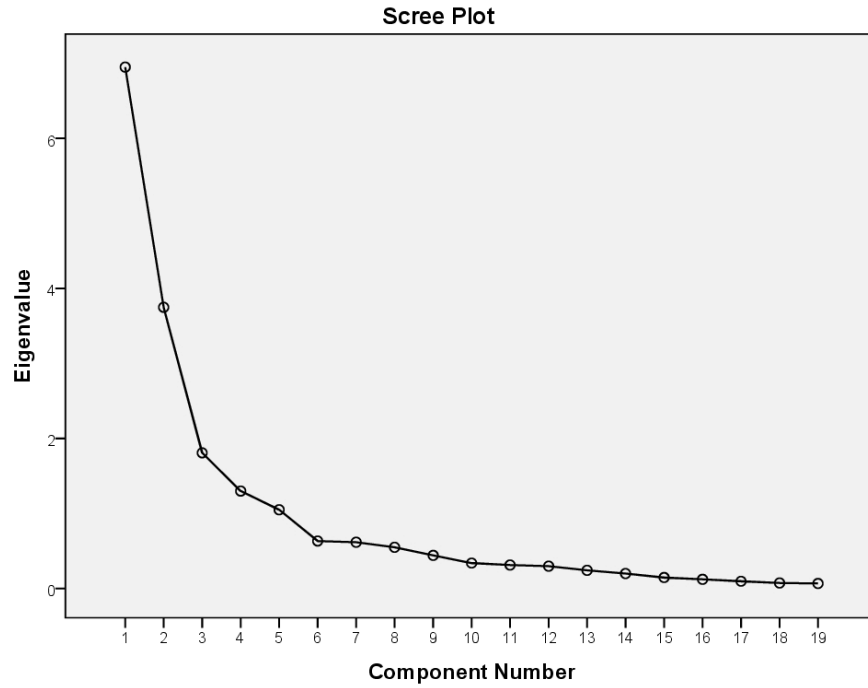
Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	6.948	36.569	36.569	6.948	36.569	36.569
2	3.749	19.732	56.301	3.749	19.732	56.301
3	1.809	9.521	65.822	1.809	9.521	65.822
4	1.299	6.839	72.662			
5	1.050	5.528	78.190			
6	.634	3.335	81.525			
7	.617	3.249	84.774			
8	.550	2.895	87.669			
9	.442	2.326	89.995			
10	.339	1.787	91.781			
11	.314	1.652	93.433			
12	.299	1.572	95.005			
13	.242	1.276	96.281			
14	.200	1.050	97.332			
15	.147	.772	98.103			
16	.122	.644	98.747			
17	.097	.511	99.258			
18	.074	.388	99.646			
19	.067	.354	100.000			

Total Variance Explained

Component	Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4.503	23.701	23.701
2	4.203	22.123	45.824
3	3.800	19.998	65.822
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			

Extraction Method: Principal Component Analysis.



Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
BrilliantDim	.825	.113	-.206
ColoredDark	.805	-.157	.131
NearRemote	.791	.054	-.320
PrefNotpref	.767	-.114	.279
DarkBright	-.762	.240	-.191
ClearDull	.754	-.148	.305
NearDistant	.752	.033	-.323
ClearBlurred	.748	-.290	.247
FullbodiedThin	.743	-.205	.051
LiveDead	.726	.062	-.424
PoorRich	-.544	.167	.340
SmoothHarsh	.278	.761	.292
GentleHarsh	.382	.760	.014
HarshVelvety	-.409	-.738	.111
LoudSilent	.332	-.688	-.074
SmoothRough	-.001	.683	.414
SmoothSharp	.310	.664	-.290
CoolWarm	.057	-.609	.126
ClearNoisy	.397	.040	.775

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 3 components extracted.

Rotated Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
LiveDead	.816	.172	.124
NearRemote	.791	.292	.138
NearDistant	.765	.268	.111
BrilliantDim	.736	.385	.215
PoorRich	-.634	-.155	.119
ClearNoisy	-.248	.813	.194
ClearDull	.340	.754	.010
PrefNotpref	.366	.737	.042
ClearBlurred	.380	.736	-.137
DarkBright	-.427	-.695	.092
ColoredDark	.497	.665	-.012
FullbodiedThin	.509	.576	-.078
SmoothHarsh	-.024	.247	.825
GentleHarsh	.244	.118	.807
HarshVelvety	-.350	-.052	-.775
SmoothRough	-.307	.162	.719
SmoothSharp	.403	-.129	.665
LoudSilent	.313	.305	-.631
CoolWarm	-.027	.247	-.573

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.^a

a. Rotation converged in 6 iterations.

Component Transformation Matrix

Component	1	2	3
1	.724	.672	.157
2	-.031	-.195	.980
3	-.689	.714	.120

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Component Score Coefficient Matrix

	Component		
	1	2	3
PoorRich	-.188	.073	.054
LiveDead	.237	-.101	.004
FullbodiedThin	.060	.103	-.033
ClearDull	-.037	.201	-.001
NearDistant	.201	-.056	.004
SmoothHarsh	-.089	.103	.225
ColoredDark	.035	.138	-.014
BrilliantDim	.164	-.008	.034
NearRemote	.204	-.053	.011
SmoothRough	-.163	.128	.206
ClearBlurred	-.014	.185	-.042
GentleHarsh	.028	.003	.208
HarshVelvety	-.079	.043	-.195
DarkBright	-.009	-.161	.033
LoudSilent	.069	.039	-.177
ClearNoisy	-.254	.342	.071
CoolWarm	-.037	.087	-.150
SmoothSharp	.137	-.119	.161
PrefNotpref	-.026	.190	.006

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.
Component Scores.

Component Score Covariance Matrix

Component	1	2	3
1	1.000	.000	.000
2	.000	1.000	.000
3	.000	.000	1.000

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.
Component Scores.

7.2.1.2.2 Jazz Club – The Forge

Factor Analysis

"The Forge" Jazz Club

Correlation Matrix

		Poor- Rich	Live-Dead	Full Bodied- Thin	Clear-Dull
Correlation	Poor- Rich	1.000	-.417	-.917	-.680
	Live-Dead	-.417	1.000	.363	.575
	Full Bodied- Thin	-.917	.363	1.000	.631
	Clear-Dull	-.680	.575	.631	1.000
	Near-Distant	.030	.491	.140	.329
	Smooth-Harsh	-.305	-.173	.398	.025
	Colored-Dark	-.536	.280	.482	.658
	Brilliant- Dim	-.571	.578	.565	.899
	Near-Remote	-.297	.581	.453	.758
	Smooth-Rough	-.389	.038	.363	.260
	Clear- Blurred	-.388	.397	.289	.722
	Gentle- Harsh	-.421	-.073	.515	.003
	Harsh- Velvety	.555	.011	-.544	-.166
	Dark- Bright	.490	-.384	-.400	-.676
	Loud- Silent	-.044	.206	.192	.276
	Clear- Noisy	-.532	.100	.553	.451
	Cool - Warm	.029	-.014	-.242	.226
	Smooth- Sharp	-.211	.020	.413	-.090
	Preferred- Not preferred	-.636	.388	.609	.551

Correlation Matrix

		Near-Distant	Smooth-Harsh	Colored-Dark	Brilliant- Dim
Correlation	Poor- Rich	.030	-.305	-.536	-.571
	Live-Dead	.491	-.173	.280	.578
	Full Bodied- Thin	.140	.398	.482	.565
	Clear-Dull	.329	.025	.658	.899
	Near-Distant	1.000	-.225	.133	.413
	Smooth-Harsh	-.225	1.000	.587	.196
	Colored-Dark	.133	.587	1.000	.815
	Brilliant- Dim	.413	.196	.815	1.000
	Near-Remote	.751	.007	.490	.821
	Smooth-Rough	-.246	.760	.756	.457
	Clear- Blurred	.073	.034	.433	.537
	Gentle- Harsh	-.047	.891	.434	.109
	Harsh- Velvety	.250	-.859	-.658	-.320
	Dark- Bright	-.238	-.182	-.738	-.688
	Loud- Silent	.162	.420	.563	.502
	Clear- Noisy	.099	.707	.817	.549
	Cool - Warm	-.088	-.033	.353	.227
	Smooth- Sharp	-.083	.750	.172	.015
	Preferred- Not preferred	.081	.324	.456	.406

Correlation Matrix

		Near-Remote	Smooth-Rough	Clear- Blurred	Gentle- Harsh
Correlation	Poor- Rich	-.297	-.389	-.388	-.421
	Live-Dead	.581	.038	.397	-.073
	Full Bodied- Thin	.453	.363	.289	.515
	Clear-Dull	.758	.260	.722	.003
	Near-Distant	.751	-.246	.073	-.047
	Smooth-Harsh	.007	.760	.034	.891
	Colored-Dark	.490	.756	.433	.434
	Brilliant- Dim	.821	.457	.537	.109
	Near-Remote	1.000	.123	.485	.023
	Smooth-Rough	.123	1.000	.035	.596
	Clear- Blurred	.485	.035	1.000	-.005
	Gentle- Harsh	.023	.596	-.005	1.000
	Harsh- Velvety	.042	-.817	.097	-.774
	Dark- Bright	-.461	-.303	-.502	-.072
	Loud- Silent	.414	.494	.044	.145
	Clear- Noisy	.358	.690	.276	.648
	Cool - Warm	.038	.172	.415	-.127
	Smooth- Sharp	.019	.348	-.115	.684
	Preferred- Not preferred	.354	.213	.683	.418

Correlation Matrix

		Harsh- Velvety	Dark- Bright	Loud- Silent	Clear- Noisy
Correlation	Poor- Rich	.555	.490	-.044	-.532
	Live-Dead	.011	-.384	.206	.100
	Full Bodied- Thin	-.544	-.400	.192	.553
	Clear-Dull	-.166	-.676	.276	.451
	Near-Distant	.250	-.238	.162	.099
	Smooth-Harsh	-.859	-.182	.420	.707
	Colored-Dark	-.658	-.738	.563	.817
	Brilliant- Dim	-.320	-.688	.502	.549
	Near-Remote	.042	-.461	.414	.358
	Smooth-Rough	-.817	-.303	.494	.690
	Clear- Blurred	.097	-.502	.044	.276
	Gentle- Harsh	-.774	-.072	.145	.648
	Harsh- Velvety	1.000	.344	-.365	-.694
	Dark- Bright	.344	1.000	-.482	-.653
	Loud- Silent	-.365	-.482	1.000	.586
	Clear- Noisy	-.694	-.653	.586	1.000
	Cool - Warm	.021	-.162	-.328	-.042
	Smooth- Sharp	-.651	-.040	.354	.334
	Preferred- Not preferred	-.272	-.651	.195	.602

Correlation Matrix

		Cool - Warm	Smooth- Sharp	Preferred- Not preferred
Correlation	Poor- Rich	.029	-.211	-.636
	Live-Dead	-.014	.020	.388
	Full Bodied- Thin	-.242	.413	.609
	Clear-Dull	.226	-.090	.551
	Near-Distant	-.088	-.083	.081
	Smooth-Harsh	-.033	.750	.324
	Colored-Dark	.353	.172	.456
	Brilliant- Dim	.227	.015	.406
	Near-Remote	.038	.019	.354
	Smooth-Rough	.172	.348	.213
	Clear- Blurred	.415	-.115	.683
	Gentle- Harsh	-.127	.684	.418
	Harsh- Velvety	.021	-.651	-.272
	Dark- Bright	-.162	-.040	-.651
	Loud- Silent	-.328	.354	.195
	Clear- Noisy	-.042	.334	.602
	Cool - Warm	1.000	-.390	-.088
	Smooth- Sharp	-.390	1.000	.241
	Preferred- Not preferred	-.088	.241	1.000

Communalities

	Initial	Extraction
Poor- Rich	1.000	.564
Live-Dead	1.000	.504
Full Bodied- Thin	1.000	.589
Clear-Dull	1.000	.894
Near-Distant	1.000	.344
Smooth-Harsh	1.000	.911
Colored-Dark	1.000	.795
Brilliant- Dim	1.000	.865
Near-Remote	1.000	.708
Smooth-Rough	1.000	.675
Clear- Blurred	1.000	.523
Gentle- Harsh	1.000	.757
Harsh- Velvety	1.000	.896
Dark- Bright	1.000	.634
Loud- Silent	1.000	.306
Clear- Noisy	1.000	.789
Cool - Warm	1.000	.070
Smooth- Sharp	1.000	.548
Preferred- Not preferred	1.000	.506

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7.852	41.329	41.329	7.852	41.329	41.329
2	4.025	21.183	62.512	4.025	21.183	62.512
3	1.860	9.791	72.303			
4	1.645	8.656	80.959			
5	.976	5.137	86.097			
6	.882	4.641	90.738			
7	.623	3.281	94.019			
8	.500	2.634	96.653			
9	.366	1.925	98.578			
10	.108	.567	99.145			
11	.068	.359	99.504			
12	.057	.302	99.806			
13	.031	.162	99.968			
14	.006	.032	100.000			
15	5.593E-16	2.944E-15	100.000			
16	1.242E-16	6.534E-16	100.000			
17	9.538E-17	5.020E-16	100.000			
18	-3.085E-16	-1.624E-15	100.000			
19	-8.371E-16	-4.406E-15	100.000			

Total Variance Explained

Component	Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1	6.083	32.014	32.014
2	5.795	30.498	62.512
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

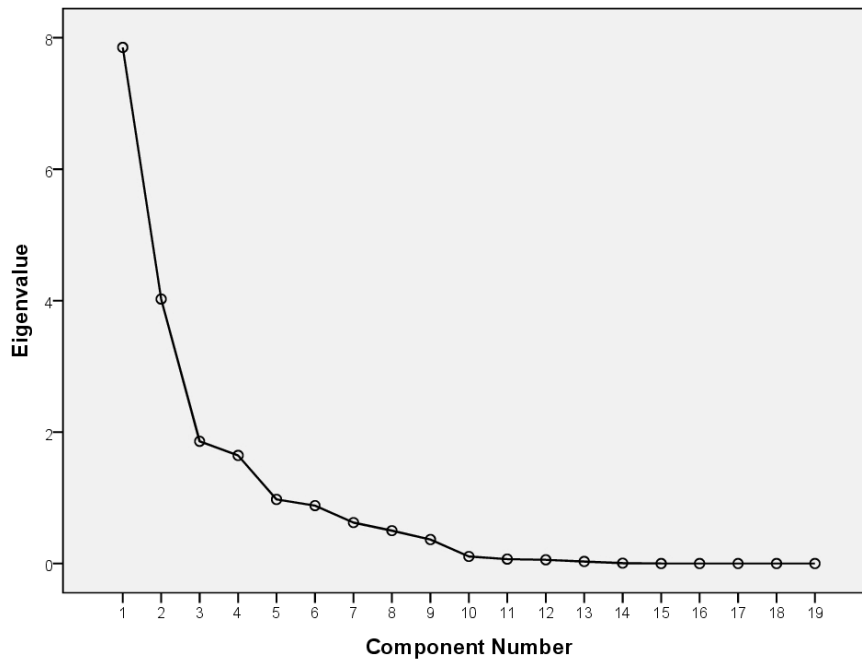
Component Matrix^a

	Component	
	1	2
Colored-Dark	.892	.000
Clear- Noisy	.853	-.248
Brilliant- Dim	.819	.440
Full Bodied- Thin	.767	-.028
Clear-Dull	.751	.574
Poor- Rich	-.750	-.040
Dark- Bright	-.735	-.306
Preferred- Not preferred	.699	.132
Harsh- Velvety	-.684	.654
Smooth-Rough	.673	-.470
Near-Remote	.597	.593
Loud- Silent	.544	-.100
Smooth-Harsh	.617	-.728
Gentle- Harsh	.566	-.661
Smooth- Sharp	.394	-.626
Live-Dead	.440	.557
Near-Distant	.198	.552
Clear- Blurred	.499	.523
Cool - Warm	.054	.260

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 2 components extracted.

Scree Plot



Rotated Component Matrix^a

	Component	
	1	2
Smooth-Harsh	.947	-.115
Harsh- Velvety	-.946	.015
Gentle- Harsh	.864	-.100
Smooth-Rough	.813	.113
Clear- Noisy	.794	.398
Smooth- Sharp	.715	-.191
Colored-Dark	.653	.606
Full Bodied- Thin	.582	.501
Loud- Silent	.467	.296
Clear-Dull	.160	.932
Brilliant- Dim	.302	.880
Near-Remote	.035	.841
Dark- Bright	-.331	-.724
Clear- Blurred	.010	.723
Live-Dead	-.056	.708
Preferred- Not preferred	.423	.572
Poor- Rich	-.523	-.539
Near-Distant	-.230	.539
Cool - Warm	-.137	.227

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.^a

a. Rotation converged in 3 iterations.

Component Transformation Matrix

Component	1	2
1	.733	.680
2	-.680	.733

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Component Score Coefficient Matrix

	Component	
	1	2
Poor- Rich	-.063	-.072
Live-Dead	-.053	.140
Full Bodied- Thin	.076	.061
Clear-Dull	-.027	.170
Near-Distant	-.075	.118
Smooth-Harsh	.181	-.079
Colored-Dark	.083	.077
Brilliant- Dim	.002	.151
Near-Remote	-.044	.160
Smooth-Rough	.142	-.027
Clear- Blurred	-.042	.139
Gentle- Harsh	.165	-.071
Harsh- Velvety	-.174	.060
Dark- Bright	-.017	-.119
Loud- Silent	.068	.029
Clear- Noisy	.121	.029
Cool - Warm	-.039	.052
Smooth- Sharp	.143	-.080
Preferred- Not preferred	.043	.085

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.
 Component Scores.

Component Score Covariance Matrix

Component	1	2
1	1.000	.000
2	.000	1.000

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.
 Component Scores.

7.2.1.2.3 Συγχωνευμένα δεδομένα από τις δύο αίθουσες

Factor Analysis "The Forge" & "Half Note" Jazz Clubs (Combined Data)

Correlation Matrix

		PoorRich	LiveDead	FullbodiedThin	ClearDull	NearDistant
Correlation	PoorRich	1.000	-.401	-.559	-.444	-.203
	LiveDead	-.401	1.000	.401	.424	.723
	FullbodiedThin	-.559	.401	1.000	.555	.487
	ClearDull	-.444	.424	.555	1.000	.482
	NearDistant	-.203	.723	.487	.482	1.000
	SmoothHarsh	-.062	.199	.137	.216	.202
	ColoredDark	-.465	.445	.663	.663	.440
	BrilliantDim	-.416	.677	.515	.531	.658
	NearRemote	-.278	.719	.485	.480	.844
	SmoothRough	.158	.108	.026	.048	.069
	ClearBlurred	-.339	.392	.499	.740	.377
	GentleHarsh	-.165	.192	.276	.163	.188
	HarshVelvety	.255	-.277	-.261	-.188	-.167
	DarkBright	.364	-.444	-.611	-.625	-.356
	LoudSilent	-.159	.220	.319	.287	.311
	ClearNoisy	-.139	.065	.332	.502	.148
	CoolWarm	.015	-.192	-.036	.076	-.100
	SmoothSharp	-.188	.213	.156	.102	.210
	PrefNotpref	-.457	.331	.524	.540	.291

Correlation Matrix

		SmoothHarsh	ColoredDark	BrilliantDim	NearRemote
Correlation	PoorRich	-.062	-.465	-.416	-.278
	LiveDead	.199	.445	.677	.719
	FullbodiedThin	.137	.663	.515	.485
	ClearDull	.216	.663	.531	.480
	NearDistant	.202	.440	.658	.844
	SmoothHarsh	1.000	.275	.290	.193
	ColoredDark	.275	1.000	.610	.494
	BrilliantDim	.290	.610	1.000	.839
	NearRemote	.193	.494	.839	1.000
	SmoothRough	.685	.094	.195	.099
	ClearBlurred	.042	.531	.514	.460
	GentleHarsh	.623	.216	.311	.224
	HarshVelvety	-.621	-.344	-.394	-.259
	DarkBright	-.093	-.705	-.562	-.458
	LoudSilent	-.155	.419	.297	.327
	ClearNoisy	.446	.434	.297	.220
	CoolWarm	-.449	.136	.041	-.006
	SmoothSharp	.508	.178	.268	.285
	PrefNotpref	.163	.567	.497	.398

Correlation Matrix

		SmoothRough	ClearBlurred	GentleHarsh	HarshVelvety
Correlation	PoorRich	.158	-.339	-.165	.255
	LiveDead	.108	.392	.192	-.277
	FullbodiedThin	.026	.499	.276	-.261
	ClearDull	.048	.740	.163	-.188
	NearDistant	.069	.377	.188	-.167
	SmoothHarsh	.685	.042	.623	-.621
	ColoredDark	.094	.531	.216	-.344
	BrilliantDim	.195	.514	.311	-.394
	NearRemote	.099	.460	.224	-.259
	SmoothRough	1.000	-.078	.425	-.466
	ClearBlurred	-.078	1.000	.117	-.096
	GentleHarsh	.425	.117	1.000	-.812
	HarshVelvety	-.466	-.096	-.812	1.000
	DarkBright	.035	-.690	-.175	.303
	LoudSilent	-.142	.275	-.275	.148
	ClearNoisy	.441	.377	.211	-.170
	CoolWarm	-.263	.319	-.256	.231
	SmoothSharp	.311	.002	.667	-.724
	PrefNotpref	-.012	.597	.240	-.184

Correlation Matrix

		DarkBright	LoudSilent	ClearNoisy	CoolWarm	SmoothSharp	PrefNotpref
Correlation	PoorRich	.364	-.159	-.139	.015	-.188	-.457
	LiveDead	-.444	.220	.065	-.192	.213	.331
	FullbodiedThin	-.611	.319	.332	-.036	.156	.524
	ClearDull	-.625	.287	.502	.076	.102	.540
	NearDistant	-.356	.311	.148	-.100	.210	.291
	SmoothHarsh	-.093	-.155	.446	-.449	.508	.163
	ColoredDark	-.705	.419	.434	.136	.178	.567
	BrilliantDim	-.562	.297	.297	.041	.268	.497
	NearRemote	-.458	.327	.220	-.006	.285	.398
	SmoothRough	.035	-.142	.441	-.263	.311	-.012
	ClearBlurred	-.690	.275	.377	.319	.002	.597
	GentleHarsh	-.175	-.275	.211	-.256	.667	.240
	HarshVelvety	.303	.148	-.170	.231	-.724	-.184
	DarkBright	1.000	-.345	-.431	-.182	-.100	-.553
	LoudSilent	-.345	1.000	.183	.239	-.101	.261
	ClearNoisy	-.431	.183	1.000	.003	.023	.423
	CoolWarm	-.182	.239	.003	1.000	-.276	.069
	SmoothSharp	-.100	-.101	.023	-.276	1.000	.035
	PrefNotpref	-.553	.261	.423	.069	.035	1.000

Communalities

	Initial	Extraction
PoorRich	1.000	.321
LiveDead	1.000	.760
FullbodiedThin	1.000	.584
ClearDull	1.000	.690
NearDistant	1.000	.773
SmoothHarsh	1.000	.765
ColoredDark	1.000	.714
BrilliantDim	1.000	.763
NearRemote	1.000	.824
SmoothRough	1.000	.546
ClearBlurred	1.000	.682
GentleHarsh	1.000	.723
HarshVelvety	1.000	.741
DarkBright	1.000	.697
LoudSilent	1.000	.380
ClearNoisy	1.000	.628
CoolWarm	1.000	.387
SmoothSharp	1.000	.598
PrefNotpref	1.000	.579

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7.037	37.038	37.038	7.037	37.038	37.038
2	3.415	17.975	55.013	3.415	17.975	55.013
3	1.702	8.960	63.973	1.702	8.960	63.973
4	1.307	6.881	70.854			
5	.976	5.137	75.991			
6	.810	4.262	80.252			
7	.560	2.947	83.199			
8	.508	2.676	85.875			
9	.481	2.533	88.408			
10	.465	2.449	90.857			
11	.336	1.766	92.623			
12	.329	1.733	94.357			
13	.249	1.310	95.666			
14	.229	1.208	96.874			
15	.205	1.077	97.951			
16	.137	.720	98.671			
17	.103	.544	99.215			
18	.079	.418	99.633			
19	.070	.367	100.000			

Total Variance Explained

Component	Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4.911	25.846	25.846
2	3.750	19.736	45.583
3	3.494	18.390	63.973
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

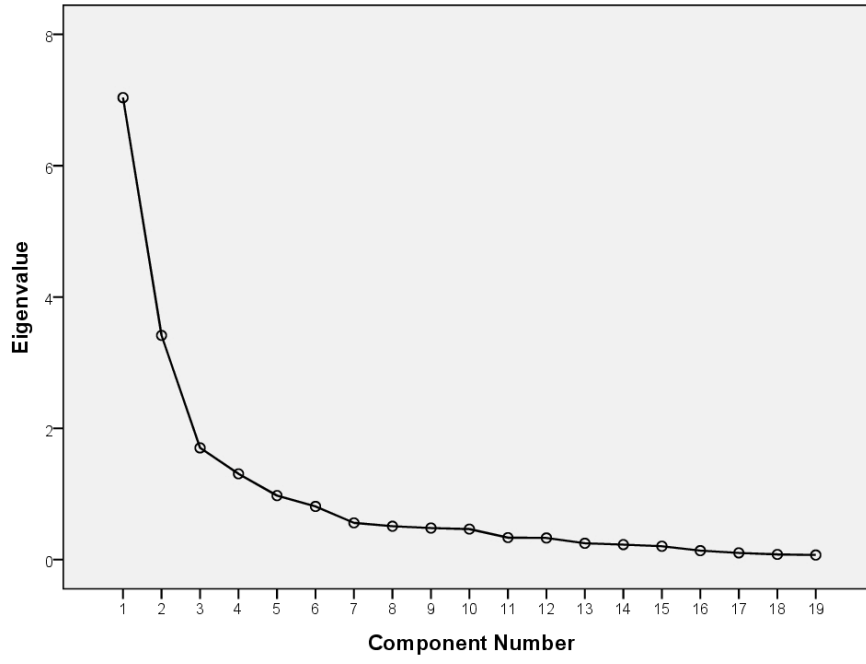
Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
BrilliantDim	.836	-.022	-.251
ColoredDark	.808	-.161	.189
NearRemote	.771	-.073	-.472
ClearDull	.768	-.225	.221
DarkBright	-.756	.269	-.229
FullbodiedThin	.746	-.154	.061
ClearBlurred	.692	-.382	.238
LiveDead	.692	-.019	-.530
NearDistant	.689	-.072	-.542
PrefNotpref	.676	-.207	.282
PoorRich	-.550	.138	-.003
SmoothHarsh	.415	.747	.187
GentleHarsh	.444	.719	.092
HarshVelvety	-.503	-.697	-.053
SmoothRough	.218	.669	.226
SmoothSharp	.364	.661	-.166
CoolWarm	-.020	-.565	.259
LoudSilent	.354	-.502	-.054
ClearNoisy	.502	.077	.608

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 3 components extracted.

Scree Plot



Component Score Coefficient Matrix

	Component		
	1	2	3
PoorRich	-.073	.013	-.047
LiveDead	-.102	-.012	.310
FullbodiedThin	.115	-.005	.036
ClearDull	.178	-.012	-.037
NearDistant	-.101	-.028	.317
SmoothHarsh	.036	.238	-.075
ColoredDark	.165	.005	-.020
BrilliantDim	.008	.013	.189
NearRemote	-.069	-.020	.290
SmoothRough	.035	.210	-.107
ClearBlurred	.190	-.057	-.047
GentleHarsh	.010	.225	-.026
HarshVelvety	-.005	-.218	.002
DarkBright	-.184	.024	.040
LoudSilent	.068	-.126	.068
ClearNoisy	.251	.087	-.251
CoolWarm	.139	-.138	-.110
SmoothSharp	-.080	.187	.092
PrefNotpref	.187	-.007	-.074

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.
 Component Scores.

Component Score Covariance Matrix

Component	1	2	3
1	1.000	.000	.000
2	.000	1.000	.000
3	.000	.000	1.000

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.
 Component Scores.

Rotated Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
DarkBright	-.788	-.013	-.274
ClearBlurred	.782	-.112	.240
ClearDull	.779	.057	.284
ColoredDark	.769	.126	.327
PrefNotpref	.738	.053	.179
ClearNoisy	.701	.305	-.211
FullbodiedThin	.647	.098	.395
PoorRich	-.461	-.044	-.328
LoudSilent	.400	-.367	.293
SmoothHarsh	.175	.857	.022
GentleHarsh	.153	.828	.118
HarshVelvety	-.181	-.821	-.186
SmoothRough	.075	.726	-.116
SmoothSharp	-.036	.717	.286
CoolWarm	.317	-.507	-.172
NearDistant	.233	.084	.844
NearRemote	.335	.116	.835
LiveDead	.225	.136	.831
BrilliantDim	.494	.213	.688

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization. ^a

a. Rotation converged in 5 iterations.

Component Transformation Matrix

Component	1	2	3
1	.753	.315	.577
2	-.327	.941	-.088
3	.571	.122	-.812

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

7.2.1.2.4 Μέθοδος μεγίστης πιθανοφάνειας στα συγχωνευμένα δεδομένα

Factor Analysis "The Forge" & "Half Note" Jazz Clubs (Combined Data)

Extraction Method: Maximum Likelihood

Correlation Matrix

	PoorRich	LiveDead	FullbodiedThin	ClearDull	NearDistant
Correlation					
PoorRich	1.000	-.401	-.559	-.444	-.203
LiveDead	-.401	1.000	.401	.424	.723
FullbodiedThin	-.559	.401	1.000	.555	.487
ClearDull	-.444	.424	.555	1.000	.482
NearDistant	-.203	.723	.487	.482	1.000
SmoothHarsh	-.062	.199	.137	.216	.202
ColoredDark	-.465	.445	.663	.663	.440
BrilliantDim	-.416	.677	.515	.531	.658
NearRemote	-.278	.719	.485	.480	.844
SmoothRough	.158	.108	.026	.048	.069
ClearBlurred	-.339	.392	.499	.740	.377
GentleHarsh	-.165	.192	.276	.163	.188
HarshVelvety	.255	-.277	-.261	-.188	-.167
DarkBright	.364	-.444	-.611	-.625	-.356
LoudSilent	-.159	.220	.319	.287	.311
ClearNoisy	-.139	.065	.332	.502	.148
CoolWarm	.015	-.192	-.036	.076	-.100
SmoothSharp	-.188	.213	.156	.102	.210
PrefNotpref	-.457	.331	.524	.540	.291

Correlation Matrix

		SmoothHarsh	ColoredDark	BrilliantDim	NearRemote
Correlation	PoorRich	-.062	-.465	-.416	-.278
	LiveDead	.199	.445	.677	.719
	FullbodiedThin	.137	.663	.515	.485
	ClearDull	.216	.663	.531	.480
	NearDistant	.202	.440	.658	.844
	SmoothHarsh	1.000	.275	.290	.193
	ColoredDark	.275	1.000	.610	.494
	BrilliantDim	.290	.610	1.000	.839
	NearRemote	.193	.494	.839	1.000
	SmoothRough	.685	.094	.195	.099
	ClearBlurred	.042	.531	.514	.460
	GentleHarsh	.623	.216	.311	.224
	HarshVelvety	-.621	-.344	-.394	-.259
	DarkBright	-.093	-.705	-.562	-.458
	LoudSilent	-.155	.419	.297	.327
	ClearNoisy	.446	.434	.297	.220
	CoolWarm	-.449	.136	.041	-.006
	SmoothSharp	.508	.178	.268	.285
	PrefNotpref	.163	.567	.497	.398

Correlation Matrix

		SmoothRough	ClearBlurred	GentleHarsh	HarshVelvety
Correlation	PoorRich	.158	-.339	-.165	.255
	LiveDead	.108	.392	.192	-.277
	FullbodiedThin	.026	.499	.276	-.261
	ClearDull	.048	.740	.163	-.188
	NearDistant	.069	.377	.188	-.167
	SmoothHarsh	.685	.042	.623	-.621
	ColoredDark	.094	.531	.216	-.344
	BrilliantDim	.195	.514	.311	-.394
	NearRemote	.099	.460	.224	-.259
	SmoothRough	1.000	-.078	.425	-.466
	ClearBlurred	-.078	1.000	.117	-.096
	GentleHarsh	.425	.117	1.000	-.812
	HarshVelvety	-.466	-.096	-.812	1.000
	DarkBright	.035	-.690	-.175	.303
	LoudSilent	-.142	.275	-.275	.148
	ClearNoisy	.441	.377	.211	-.170
	CoolWarm	-.263	.319	-.256	.231
	SmoothSharp	.311	.002	.667	-.724
	PrefNotpref	-.012	.597	.240	-.184

Correlation Matrix

		DarkBright	LoudSilent	ClearNoisy	CoolWarm	SmoothSharp	PrefNotpref
Correlation	PoorRich	.364	-.159	-.139	.015	-.188	-.457
	LiveDead	-.444	.220	.065	-.192	.213	.331
	FullbodiedThin	-.611	.319	.332	-.036	.156	.524
	ClearDull	-.625	.287	.502	.076	.102	.540
	NearDistant	-.356	.311	.148	-.100	.210	.291
	SmoothHarsh	-.093	-.155	.446	-.449	.508	.163
	ColoredDark	-.705	.419	.434	.136	.178	.567
	BrilliantDim	-.562	.297	.297	.041	.268	.497
	NearRemote	-.458	.327	.220	-.006	.285	.398
	SmoothRough	.035	-.142	.441	-.263	.311	-.012
	ClearBlurred	-.690	.275	.377	.319	.002	.597
	GentleHarsh	-.175	-.275	.211	-.256	.667	.240
	HarshVelvety	.303	.148	-.170	.231	-.724	-.184
	DarkBright	1.000	-.345	-.431	-.182	-.100	-.553
	LoudSilent	-.345	1.000	.183	.239	-.101	.261
	ClearNoisy	-.431	.183	1.000	.003	.023	.423
	CoolWarm	-.182	.239	.003	1.000	-.276	.069
	SmoothSharp	-.100	-.101	.023	-.276	1.000	.035
	PrefNotpref	-.553	.261	.423	.069	.035	1.000

Communalities^a

	Initial	Extraction
PoorRich	.632	.293
LiveDead	.753	.566
FullbodiedThin	.715	.536
ClearDull	.738	.645
NearDistant	.824	.740
SmoothHarsh	.756	.526
ColoredDark	.745	.687
BrilliantDim	.819	.788
NearRemote	.878	.965
SmoothRough	.678	.308
ClearBlurred	.756	.634
GentleHarsh	.786	.763
HarshVelvety	.827	.847
DarkBright	.761	.696
LoudSilent	.405	.303
ClearNoisy	.652	.292
CoolWarm	.548	.194
SmoothSharp	.645	.603
PrefNotpref	.566	.504

Extraction Method: Maximum Likelihood.

Total Variance Explained

Factor	Total	Initial Eigenvalues		Extraction Sums of Squared Loadings		
		% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7.037	37.038	37.038	5.867	30.878	30.878
2	3.415	17.975	55.013	2.799	14.731	45.608
3	1.702	8.960	63.973	2.224	11.708	57.316
4	1.307	6.881	70.854			
5	.976	5.137	75.991			
6	.810	4.262	80.252			
7	.560	2.947	83.199			
8	.508	2.676	85.875			
9	.481	2.533	88.408			
10	.465	2.449	90.857			
11	.336	1.766	92.623			
12	.329	1.733	94.357			
13	.249	1.310	95.666			
14	.229	1.208	96.874			
15	.205	1.077	97.951			
16	.137	.720	98.671			
17	.103	.544	99.215			
18	.079	.418	99.633			
19	.070	.367	100.000			

Total Variance Explained

Factor	Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4.582	24.115	24.115
2	3.269	17.204	41.318
3	3.040	15.998	57.316
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			

Extraction Method: Maximum Likelihood.

Factor Matrix^a

	Factor		
	1	2	3
NearRemote	.955	-.152	-.174
BrilliantDim	.885	.028	.058
NearDistant	.827	-.168	-.167
LiveDead	.749	-.048	-.058
ColoredDark	.635	.099	.523
ClearDull	.603	-.015	.531
FullbodiedThin	.598	.060	.419
DarkBright	-.592	-.036	-.587
ClearBlurred	.559	-.121	.554
PrefNotpref	.507	.031	.496
PoorRich	-.386	-.098	-.366
HarshVelvety	-.400	-.829	.020
GentleHarsh	.349	.799	-.062
SmoothHarsh	.302	.657	-.061
SmoothSharp	.353	.653	-.227
SmoothRough	.161	.511	-.144
LoudSilent	.333	-.359	.251
CoolWarm	-.020	-.327	.295
ClearNoisy	.318	.159	.407

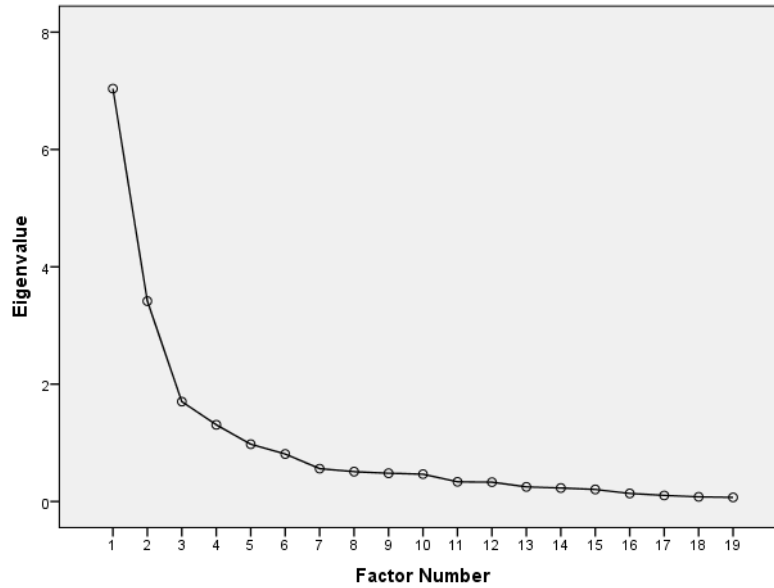
Extraction Method: Maximum Likelihood.

a. 3 factors extracted. 16 iterations required.

Goodness-of-fit Test

Chi-Square	df	Sig.
209.941	117	.000

Scree Plot



Rotated Factor Matrix^a

	Factor		
	1	2	3
DarkBright	-.802	-.034	-.228
ColoredDark	.774	.119	.272
ClearDull	.753	.001	.278
ClearBlurred	.742	-.114	.265
PrefNotpref	.681	.031	.198
FullbodiedThin	.661	.097	.299
ClearNoisy	.524	.128	.037
PoorRich	-.516	-.097	-.132
LoudSilent	.346	-.320	.285
HarshVelvety	-.259	-.880	-.078
GentleHarsh	.194	.849	.063
SmoothSharp	.039	.753	.186
SmoothHarsh	.159	.704	.069
SmoothRough	.003	.554	.034
CoolWarm	.214	-.383	-.041
NearRemote	.301	.124	.927
NearDistant	.243	.076	.822
BrilliantDim	.486	.221	.709
LiveDead	.311	.145	.670

Extraction Method: Maximum Likelihood.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.^a

a. Rotation converged in 5 iterations.

Factor Transformation Matrix

Factor	1	2	3
1	.489	.236	.840
2	.097	.942	-.321
3	.867	-.238	-.438

Extraction Method: Maximum Likelihood.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Factor Score Coefficient Matrix

	Factor		
	1	2	3
PoorRich	-.069	.003	.024
LiveDead	.003	.005	.045
FullbodiedThin	.123	-.012	-.032
ClearDull	.196	-.043	-.055
NearDistant	-.045	-.013	.119
SmoothHarsh	.004	.119	-.018
ColoredDark	.224	-.018	-.069
BrilliantDim	.082	.025	.062
NearRemote	-.308	-.033	.943
SmoothRough	-.016	.067	-.003
ClearBlurred	.194	-.067	-.052
GentleHarsh	.014	.287	-.048
HarshVelvety	-.059	-.452	.089
DarkBright	-.252	.043	.081
LoudSilent	.044	-.050	.002
ClearNoisy	.075	.002	-.032
CoolWarm	.040	-.045	-.011
SmoothSharp	-.044	.155	.007
PrefNotpref	.131	-.022	-.042

Extraction Method: Maximum Likelihood.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.
Factor Scores Method: Regression.

Factor Score Covariance Matrix

Factor	1	2	3
1	.891	.018	.045
2	.018	.915	.007
3	.045	.007	.948

Extraction Method: Maximum Likelihood.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.
Factor Scores Method: Regression.

7.2.2 Εκτίμηση παραγόντων με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας

Για την εκτίμηση των παραγόντων και την εξαγωγή των αρχικών πινάκων σε όλα τα πειράματα αντίληψης υιοθετήθηκε η μέθοδος των κυρίων συνιστωσών. Ωστόσο προκειμένου να ελεγχθεί η επίδραση της επιλογής μεθόδου εκτίμησης των παραγόντων στα αποτελέσματα που εξάγονται έγινε δειγματοληπτικά ανάλυση κατά παράγοντες με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood) στα συγχωνευμένα δεδομένα του πειράματος αντίληψης κατά την ακρόαση ζωντανής μουσικής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πιν. 38.

Συγκρίνοντας με τον πίνακα Πιν. 20 εντοπίζονται κάποιες διαφορές αλλά όχι σημαντικές που να αλλάζουν την ουσία της ερμηνείας των παραγόντων.

Factor	Associated Scales	Factor Loadings	Percentage of Variance (%)
CLARITY	dark - bright	-0.80	24.1
	colored - dark	0.77	
	clear - dull	0.75	
	clear - blurred	0.74	
	preferred - not preferred	0.68	
	full bodied - thin	0.66	
	clear - noisy	0.52	
	poor - rich	-0.52	
SMOOTHNESS	harsh - velvety	-0.88	17.2
	gentle - harsh	0.85	
	smooth - sharp	0.75	
	smooth - harsh	0.70	
	smooth - rough	0.55	
PROXIMITY	near - remote	0.93	16.0
	near - distant	0.82	
	brilliant - dim	0.71	
	live - dead	0.32	
Cumulative Percentage Variance:			57.3

Πιν. 38 Αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες στα συγχωνευμένα δεδομένα του πειράματος αντίληψης με ακροατές κατά τη διάρκεια συναυλιών jazz με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας

7.2.3 Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης

7.2.3.1 Διερεύνηση της τιμής του χρόνου αντήχησης

RT
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY A_B_C_D
Oneway

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	2.494	3	.831	4.424	.005
	Within Groups	32.327	172	.188		
	Total	34.821	175			
SMOOTHNESS	Between Groups	3.145	3	1.048	6.233	.000
	Within Groups	28.926	172	.168		
	Total	32.071	175			
PROXIMITY	Between Groups	1.099	3	.366	2.024	.112
	Within Groups	31.131	172	.181		
	Total	32.230	175			

RT
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY A_B
Oneway

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	.119	1	.119	.796	.375
	Within Groups	12.893	86	.150		
	Total	13.012	87			
SMOOTHNESS	Between Groups	.023	1	.023	.166	.685
	Within Groups	11.702	86	.136		
	Total	11.725	87			
PROXIMITY	Between Groups	.074	1	.074	.674	.414
	Within Groups	9.500	86	.110		
	Total	9.575	87			

RT
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY C_D
Oneway

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	.163	1	.163	.722	.398
	Within Groups	19.434	86	.226		
	Total	19.597	87			
SMOOTHNESS	Between Groups	.008	1	.008	.042	.838
	Within Groups	17.224	86	.200		
	Total	17.232	87			
PROXIMITY	Between Groups	.001	1	.001	.004	.949
	Within Groups	21.631	86	.252		
	Total	21.632	87			

RT
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY AB_CD
Oneway

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	2.212	1	2.212	11.802	.001
	Within Groups	32.610	174	.187		
	Total	34.821	175			
SMOOTHNESS	Between Groups	3.114	1	3.114	18.710	.000
	Within Groups	28.957	174	.166		
	Total	32.071	175			
PROXIMITY	Between Groups	1.023	1	1.023	5.705	.018
	Within Groups	31.207	174	.179		
	Total	32.230	175			

RT
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY A_C
Oneway

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	1.168	1	1.168	6.342	.014
	Within Groups	15.844	86	.184		
	Total	17.012	87			
SMOOTHNESS	Between Groups	1.631	1	1.631	11.088	.001
	Within Groups	12.650	86	.147		
	Total	14.281	87			
PROXIMITY	Between Groups	.354	1	.354	2.031	.158
	Within Groups	14.982	86	.174		
	Total	15.336	87			

RT
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY A_D
Oneway

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	.458	1	.458	2.546	.114
	Within Groups	15.475	86	.180		
	Total	15.933	87			
SMOOTHNESS	Between Groups	1.873	1	1.873	10.060	.002
	Within Groups	16.016	86	.186		
	Total	17.890	87			
PROXIMITY	Between Groups	.317	1	.317	1.775	.186
	Within Groups	15.353	86	.179		
	Total	15.670	87			

RT
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY B_C
Oneway

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	2.034	1	2.034	10.382	.002
	Within Groups	16.852	86	.196		
	Total	18.887	87			
SMOOTHNESS	Between Groups	1.270	1	1.270	8.457	.005
	Within Groups	12.910	86	.150		
	Total	14.180	87			
PROXIMITY	Between Groups	.753	1	.753	4.104	.046
	Within Groups	15.778	86	.183		
	Total	16.531	87			

RT
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY B_D
Oneway

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	1.045	1	1.045	5.453	.022
	Within Groups	16.484	86	.192		
	Total	17.529	87			
SMOOTHNESS	Between Groups	1.485	1	1.485	7.844	.006
	Within Groups	16.276	86	.189		
	Total	17.761	87			
PROXIMITY	Between Groups	.698	1	.698	3.720	.057
	Within Groups	16.149	86	.188		
	Total	16.848	87			

7.2.3.2 Διερεύνηση της φασματικής κατανομής του χρόνου αντήχησης

BASS RATIO
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY A_B_C_D
Oneway

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	1.215	3	.405	1.118	.343
	Within Groups	88.446	244	.362		
	Total	89.662	247			
SMOOTHNESS	Between Groups	2.049	3	.683	2.969	.033
	Within Groups	56.142	244	.230		
	Total	58.192	247			
PROXIMITY	Between Groups	1.510	3	.503	1.848	.139
	Within Groups	66.455	244	.272		
	Total	67.964	247			

BASS RATIO
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY A_B
Oneway

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	.014	1	.014	.032	.859
	Within Groups	53.561	122	.439		
	Total	53.575	123			
SMOOTHNESS	Between Groups	.510	1	.510	2.382	.125
	Within Groups	26.103	122	.214		
	Total	26.613	123			
PROXIMITY	Between Groups	.839	1	.839	3.459	.065
	Within Groups	29.594	122	.243		
	Total	30.433	123			

BASS RATIO
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY C_D
Oneway

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	1.055	1	1.055	3.689	.057
	Within Groups	34.886	122	.286		
	Total	35.941	123			
SMOOTHNESS	Between Groups	.876	1	.876	3.560	.062
	Within Groups	30.039	122	.246		
	Total	30.916	123			
PR34	Between Groups	.661	1	.661	2.186	.142
	Within Groups	36.861	122	.302		
	Total	37.521	123			

BASS RATIO
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY A_C
Oneway

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	.034	1	.034	.112	.738
	Within Groups	36.848	122	.302		
	Total	36.882	123			
SMOOTHNESS	Between Groups	.062	1	.062	.244	.622
	Within Groups	31.091	122	.255		
	Total	31.153	123			
PROXIMITY	Between Groups	.874	1	.874	3.503	.064
	Within Groups	30.448	122	.250		
	Total	31.323	123			

**BASS RATIO
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY B_D
Oneway**

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	.526	1	.526	1.243	.267
	Within Groups	51.598	122	.423		
	Total	52.124	123			
SMOOTHNESS	Between Groups	1.963	1	1.963	9.558	.002
	Within Groups	25.051	122	.205		
	Total	27.014	123			
PROXIMITY	Between Groups	.630	1	.630	2.134	.147
	Within Groups	36.007	122	.295		
	Total	36.636	123			

**BASS RATIO
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY A_D
Oneway**

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	.711	1	.711	2.121	.148
	Within Groups	40.888	122	.335		
	Total	41.599	123			
SMOOTHNESS	Between Groups	.472	1	.472	1.791	.183
	Within Groups	32.142	122	.263		
	Total	32.614	123			
PROXIMITY	Between Groups	.015	1	.015	.050	.823
	Within Groups	36.507	122	.299		
	Total	36.522	123			

BASS RATIO
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY B_C
Oneway

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	.091	1	.091	.234	.630
	Within Groups	47.559	122	.390		
	Total	47.650	123			
SMOOTHNESS	Between Groups	.216	1	.216	1.098	.297
	Within Groups	24.000	122	.197		
	Total	24.216	123			
PROXIMITY	Between Groups	.000	1	.000	.001	.969
	Within Groups	29.948	122	.245		
	Total	29.948	123			

TREBLE RATIO
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY A_B_C_D
Oneway

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	10.708	3	3.569	11.294	.000
	Within Groups	77.113	244	.316		
	Total	87.821	247			
SMOOTHNESS	Between Groups	8.615	3	2.872	9.667	.000
	Within Groups	72.481	244	.297		
	Total	81.095	247			
PROXIMITY	Between Groups	7.190	3	2.397	8.341	.000
	Within Groups	70.109	244	.287		
	Total	77.299	247			

TREBLE RATIO
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY A_B
Oneway

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	2.562	1	2.562	8.027	.005
	Within Groups	38.943	122	.319		
	Total	41.505	123			
SMOOTHNESS	Between Groups	.008	1	.008	.041	.841
	Within Groups	24.193	122	.198		
	Total	24.201	123			
PROXIMITY	Between Groups	5.483	1	5.483	21.368	.000
	Within Groups	31.306	122	.257		
	Total	36.789	123			

**TREBLE RATIO
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY C_D
Oneway**

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	6.965	1	6.965	22.261	.000
	Within Groups	38.170	122	.313		
	Total	45.134	123			
SMOOTHNESS	Between Groups	.707	1	.707	1.786	.184
	Within Groups	48.288	122	.396		
	Total	48.995	123			
PROXIMITY	Between Groups	1.384	1	1.384	4.351	.039
	Within Groups	38.803	122	.318		
	Total	40.187	123			

**TREBLE RATIO
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY A_C
Oneway**

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	1.827	1	1.827	5.472	.021
	Within Groups	40.726	122	.334		
	Total	42.553	123			
SMOOTHNESS	Between Groups	2.598	1	2.598	9.249	.003
	Within Groups	34.273	122	.281		
	Total	36.872	123			
PROXIMITY	Between Groups	4.669	1	4.669	17.770	.000
	Within Groups	32.057	122	.263		
	Total	36.726	123			

**TREBLE RATIO
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY B_D
Oneway**

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	8.342	1	8.342	27.970	.000
	Within Groups	36.386	122	.298		
	Total	44.729	123			
SMOOTHNESS	Between Groups	5.583	1	5.583	17.829	.000
	Within Groups	38.207	122	.313		
	Total	43.791	123			
PROXIMITY	Between Groups	1.842	1	1.842	5.905	.017
	Within Groups	38.052	122	.312		
	Total	39.894	123			

**TREBLE RATIO
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY A_D
Oneway**

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	1.658	1	1.658	6.293	.013
	Within Groups	32.137	122	.263		
	Total	33.795	123			
SMOOTHNESS	Between Groups	6.016	1	6.016	18.361	.000
	Within Groups	39.972	122	.328		
	Total	45.988	123			
PROXIMITY	Between Groups	.969	1	.969	3.091	.081
	Within Groups	38.249	122	.314		
	Total	39.219	123			

TREBLE RATIO
CLARITY SMOOTHNESS PROXIMITY BY B_C
Oneway

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CLARITY	Between Groups	.076	1	.076	.205	.651
	Within Groups	44.881	121	.371		
	Total	44.957	122			
SMOOTHNESS	Between Groups	2.310	1	2.310	8.597	.004
	Within Groups	32.507	121	.269		
	Total	34.817	122			
PROXIMITY	Between Groups	.023	1	.023	.087	.769
	Within Groups	31.756	121	.262		
	Total	31.779	122			

7.3 ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ

7.3.1 Προκαταρκτικό πείραμα

	AB	C	D	EF	G	H	I	J	KL		
2	<p>GENERAL INFORMATION</p> <p>Age</p> <p><input checked="" type="radio"/> under 20</p> <p><input type="radio"/> between 21-30</p> <p><input type="radio"/> between 31-40</p> <p><input type="radio"/> between 41-50</p> <p><input type="radio"/> between 51-60</p> <p><input type="radio"/> over 60</p> <p>Sex</p> <p><input checked="" type="radio"/> Male</p> <p><input type="radio"/> Female</p>			<p>The questionnaire uses a number of words that describe qualities of sound used in the case of listening to jazz music</p> <p>You are asked to give the most suitable antonym (opposite in meaning) to each word.</p> <p>You may use words already in the list or one of your own choosing.</p> <p>Bear in mind that we are not looking for an antonym in "grammatical terms", but the one that best describes your perception of sound.</p> <p>e.g. the antonym of "intimate" could be either "non intimate", or "far", "strange" or anything else</p> <p>Also note that the words refer to the quality of acoustics and not to the musical compositions or performances</p> <p>If you think that some of the following antonyms are irrelevant in this case, please state so or leave a blank space</p> <p style="text-align: center;">Feel free to provide as many answers as you wish</p>							
14	<p>airy</p> <p>annoying</p> <p>balanced</p> <p>bassy</p> <p>big</p> <p>blurred</p> <p>boomy</p> <p>brassy</p> <p>breathy</p> <p>bright</p> <p>brilliant</p> <p>broad</p> <p>calm</p> <p>cheerful</p> <p>clean</p> <p>clear</p> <p>close</p> <p>cold</p> <p>colored</p> <p>cool</p> <p>crisp</p> <p>crunchy</p> <p>crystal</p> <p>dark</p> <p>dead</p> <p>deep</p> <p>delicate</p> <p>dense</p> <p>detailed</p> <p>dim</p> <p>dispersed</p> <p>distant</p> <p>dry</p> <p>dull</p> <p>dynamic</p> <p>easy</p> <p>edgy</p> <p>empty</p> <p>enjoyable</p> <p>even</p> <p>faint</p>			<p>fat</p> <p>flat</p> <p>friendly</p> <p>full</p> <p>full bodied</p> <p>gentle</p> <p>hard</p> <p>harsh</p> <p>hazy</p> <p>heavy</p> <p>hollow</p> <p>honky</p> <p>hot</p> <p>intimate</p> <p>light</p> <p>limited</p> <p>live</p> <p>loud</p> <p>lyrical</p> <p>massive</p> <p>mellow</p> <p>metallic</p> <p>mild</p> <p>muddy</p> <p>muffled</p> <p>narrow</p> <p>nasal</p> <p>near</p> <p>open</p> <p>out of tune</p> <p>piercing</p> <p>poor</p> <p>pretty</p> <p>punchy</p> <p>pure</p> <p>quick</p> <p>raspy</p> <p>relief</p> <p>remote</p> <p>resonant</p> <p>responsive</p>			<p>reverberant</p> <p>rich</p> <p>ringing</p> <p>rough</p> <p>round</p> <p>saturated</p> <p>shallow</p> <p>sharp</p> <p>small</p> <p>smearred</p> <p>smoky</p> <p>smooth</p> <p>solid</p> <p>sonorous</p> <p>soulful</p> <p>spacious</p> <p>static</p> <p>strident</p> <p>surrounding</p> <p>sustained</p> <p>sweet</p> <p>synthetic</p> <p>tense</p> <p>thick</p> <p>thin</p> <p>tight</p> <p>tinny</p> <p>toneless</p> <p>transparent</p> <p>uptight</p> <p>veiled</p> <p>velvet</p> <p>volatile</p> <p>voluminous</p> <p>warm</p> <p>well defined</p> <p>well pitched</p> <p>wet</p> <p>wide</p> <p>withdrawn</p> <p>wooden</p>				
58	<p>HOW FAMILIAR ARE YOU WITH JAZZ MUSIC?</p> <p><input checked="" type="radio"/> Familiar</p> <p><input type="radio"/> Fairly Familiar</p> <p><input type="radio"/> Not Familiar</p>			<p>Thank you very much.</p> <p>Please, save this document and e-mail it at mediumswing@hotmail.com</p>							
64	Giannis Karagiannis										

7.3.2 Πείραμα με ηχογραφημένη μουσική

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														
41														
42														
43														
44														
45														
46														
47														
48														
49														
50														
51														
52														
53														
54														
55														
56														
57														
58														
59														
60														
61														
62														
63														
64														
65														
66														
67														
68														
69														
70														
71														
72														
73														
74														
75														
76														
77														
78														
79														
80														
81														
82														
83														
84														
85														
86														
87														
88														
89														
90														
91														
92														
93														
94														
95														
96														
97														
98														
99														
100														
101														
102														
103														
104														
105														
106														
107														
108														
109														
110														
111														
112														
113														
114														
115														
116														
117														
118														
119														
120														
121														
122														
123														
124														
125														
126														
127														
128														

INSTRUCTIONS
 The questionnaire uses a number of assessment scales which have opposite adjectives at the ends
 Each scale represents a continuous development from one to the other
 You are asked to listen to the attached music tracks and move the slider at appropriate distance from the ends, where your assessment falls
 Do not hesitate to use the full length of the scale
 Note that we are testing the acoustic qualities of the recorded concerts and not those associated with the sound reproduction system nor to the musical composition or
 Please answer each set of questions while listening to the corresponding track
 Do not ponder too long over any of the questions

Track 1

close- < [] > distant	faint- < [] > strong	harsh- < [] > velvety
dark < [] > bright	clear < [] > dull	colored < [] > idark
woody- < [] > metallic	dark- < [] > transparent	brilliant- < [] > dim
light- < [] > heavy	near- < [] > distant	clear- < [] > noisy
poor- < [] > rich	smooth- < [] > harsh	near- < [] > remote
broad < [] > narrow	balanced < [] > unbalanced	smooth < [] > rough
in tune < [] > out of tune	crystal < [] > muddy	smooth < [] > sharp
live- < [] > dead	gentle- < [] > harsh	dead- < [] > resonant
cool < [] > warm	loud < [] > silent	even < [] > uneven
clear- < [] > hazy	dark- < [] > brilliant	clear- < [] > blurred
full bodied- < [] > thin	edgy- < [] > smooth	referred- < [] > not preferred

Track 2

close- < [] > distant	faint- < [] > strong	harsh- < [] > velvety
dark < [] > bright	clear < [] > dull	colored < [] > idark
woody- < [] > metallic	dark- < [] > transparent	brilliant- < [] > dim
light- < [] > heavy	near- < [] > distant	clear- < [] > noisy
poor- < [] > rich	smooth- < [] > harsh	near- < [] > remote
broad < [] > narrow	balanced < [] > unbalanced	smooth < [] > rough
in tune < [] > out of tune	crystal < [] > muddy	smooth < [] > sharp
live- < [] > dead	gentle- < [] > harsh	dead- < [] > resonant
cool < [] > warm	loud < [] > silent	even < [] > uneven
clear- < [] > hazy	dark- < [] > brilliant	clear- < [] > blurred
full bodied- < [] > thin	edgy- < [] > smooth	referred- < [] > not preferred

Track 3

close- < [] > distant	faint- < [] > strong	harsh- < [] > velvety
dark < [] > bright	clear < [] > dull	colored < [] > idark
woody- < [] > metallic	dark- < [] > transparent	brilliant- < [] > dim
light- < [] > heavy	near- < [] > distant	clear- < [] > noisy
poor- < [] > rich	smooth- < [] > harsh	near- < [] > remote
broad < [] > narrow	balanced < [] > unbalanced	smooth < [] > rough
in tune < [] > out of tune	crystal < [] > muddy	smooth < [] > sharp
live- < [] > dead	gentle- < [] > harsh	dead- < [] > resonant
cool < [] > warm	loud < [] > silent	even < [] > uneven
clear- < [] > hazy	dark- < [] > brilliant	clear- < [] > blurred
full bodied- < [] > thin	edgy- < [] > smooth	referred- < [] > not preferred

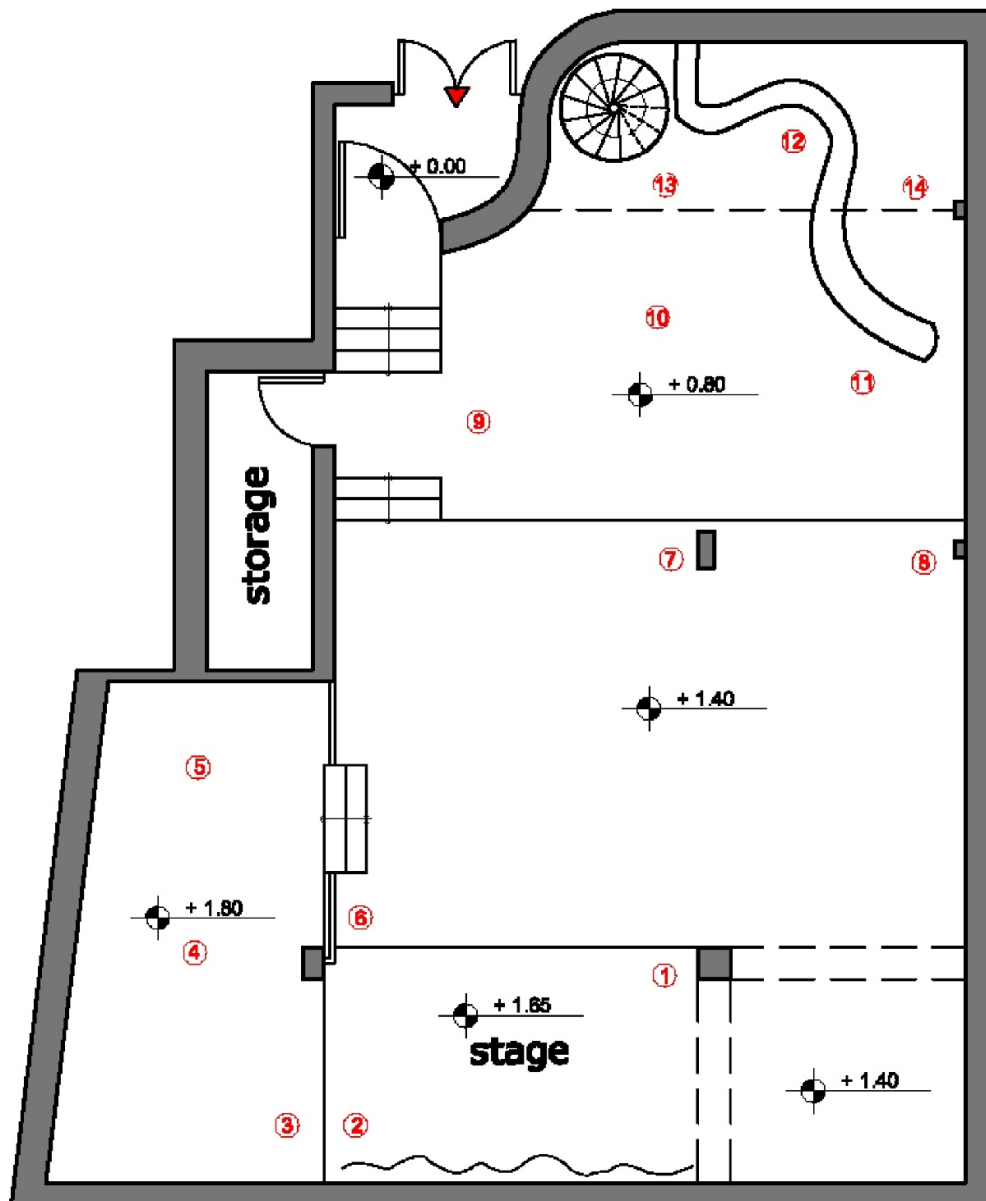
How would you rate the sound system on which you listened to the tracks?
 Very Good Good Average Poor Very Poor

Thank you very much.
 Please, save this document and e-mail it at
mdimvoulas@hotmail.com
 Giannis Karagiannis

7.3.3 Πείραμα με ζωντανή μουσική

Half Note Jazz Club

Πείραμα αντίληψης της ακουστικής της αίθουσας



1. Πόσο εξοικειωμένοι είστε με την μουσική Jazz;

- Πολύ
 Λίγο
 Καθόλου

2. Φύλο

- Άντρας
 Γυναίκα

3. Ηλικία

- Έως 20
 21 – 30
 31 – 40
 41 – 50
 51 – 60
 Πάνω από 60

4. Παρακαλούμε, σημειώστε ποιός αριθμός από αυτούς που φαίνονται στο σχέδιο της πρώτης σελίδας είναι πιο κοντά στη θέση σας :

5. Το ερωτηματολόγιο που ακολουθεί αποτελείται από μία σειρά ζευγαριών αντιθέτων επιθέτων Η γραμμή ανάμεσα στο κάθε ζευγάρι παριστάνει μία συνεχή εξέλιξη από το ένα άκρο έως το άλλο. Παρακαλούμε ακούγοντας **τον ήχο** της μουσικής στην αίθουσα να τοποθετήσετε ένα σημάδι σε κάθε γραμμή, σε τέτοια απόσταση από τα δύο άκρα που να αντιπροσωπεύει την αποτίμησή σας.

π.χ. αν αισθάνεσαι τον ήχο ως μακρινό, θα τοποθετήσετε ένα σημάδι όπως παρακάτω

near _____ / distant
 κοντινός μακρινός

Μη διστάσετε να χρησιμοποιήσετε οποιοδήποτε σημείο της γραμμής

Υπενθυμίζουμε ότι καλείστε να κρίνετε παραμέτρους που σχετίζονται με την ποιότητα του ήχου και όχι με τη μουσική σύνθεση ή ερμηνεία

Επικεντρωθείτε στους αγγλικούς όρους. Συμβουλευτείτε την ελληνική μετάφραση μόνο εάν δεν είστε σίγουροι για τη σημασία τους

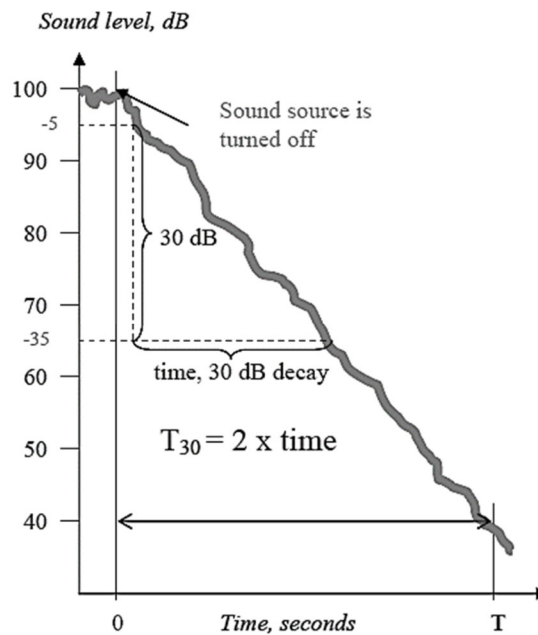
poor φτωχός	rich πλούσιος
live ζωντανός	dead νεκρός
full bodied σωματώδης	thin αδύνατος
clear καθαρός	dull μουντός
near κοντινός	distant μακρινός
smooth απαλός	harsh σκληρός
colored χρωματισμένος	dark σκοτεινός
brilliant λαμπρός	dim αμυδρός
near κοντινός	remote απομακρυσμένος
smooth ομαλός	rough τραχύς
clear διαυγής	blurred μπερδεμένος
gentle ήπιος	harsh σκληρός
harsh άγριος	velvety βελούδινος
dark σκοτεινός	bright φωτεινός
loud δυνατός	silent σιγανός
clear καθαρός	noisy θορυβώδης
cool δροσερός	warm ζεστός
smooth λείος	sharp κοφτερός
preferred αρεστός	not preferred μη αρεστός

7.4 ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΟΡΩΝ ΚΑΙ ΕΝΝΟΙΩΝ

RT, Reverberation Time, Χρόνος αντήχησης: Ο χρόνος που απαιτείται για τη μείωση της ηχητικής στάθμης ενός ήχου κατά 60 dB μετά τη διακοπή της εκπομπής του.

EDT, Early Decay Time, Χρόνος απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων: Δείκτης που εκφράζει πόσο γρήγορα συντελείται το αρχικό τμήμα (τα πρώτα 10 dB) της απόσβεσης ενός ήχου μέσα σε ένα χώρο μετά τη διακοπή της εκπομπής του. Ουσιαστικά πρόκειται για την εξαγωγή του χρόνου αντήχησης όπως προκύπτει μετρώντας το χρονικό διάστημα αρχικής απόσβεσης (από 0 έως -10 dB) και κάνοντας γραμμική παρέκταση (πολλαπλασιάζοντας με 6). Έχει συσχετιστεί με την υποκειμενική αντήχηση του χώρου.

T₃₀: Η εξαγωγή του χρόνου αντήχησης όπως προκύπτει μετρώντας τη διάρκεια της απόσβεσης του ήχου κατά 30 dB (από -5 dB έως -35 dB) και κάνοντας γραμμική παρέκταση (πολλαπλασιάζοντας με 2) για την εκτίμηση της μείωσης κατά 60 dB.



T₂₀: Ως άνω αλλά μετρώντας τη διάρκεια απόσβεσης του ήχου κατά 20 dB (από -5 dB έως -25 dB) και κάνοντας γραμμική παρέκταση πολλαπλασιάζοντας με 3. Σε ένα διάχυτο πεδίο όπου η απόσβεση είναι γραμμική, οι τιμές EDT, T₂₀, T₃₀ ταυτίζονται.

C₈₀, Clarity Factor, 80 ms Early-to-Late energy ratio, Λόγος των πρώιμων προς τις καθυστερημένες ανακλάσεις: Ο λόγος της πρώιμης (μεταξύ 0 και 80 ms) προς την καθυστερημένη (μετά τα 80 ms) ηχητική ενέργεια. Έχει συσχετιστεί με την αντίληψη της διαύγειας σε αίθουσες ακροατηρίου μουσικής.

$$C_{80} = 10 \log \frac{\int_0^{0.08} p^2(t) dt}{\int_{0.08}^{\infty} p^2(t) dt}$$

Όπου p η στάθμη ηχητικής πίεσης της κρουστικής απόκρισης στο σημείο μέτρησης του χώρου και t=0 η χρονική στιγμή άφιξης του απευθείας ήχου. Εκφράζεται σε dB.

D₅₀, EEF₅₀, Definition, 50 ms Early Energy Fraction, κλάσμα πρώιμων ανακλάσεων: Ο λόγος της ηχητικής ενέργειας που φτάνει στον ακροατή εντός 50 ms μετά την άφιξη του απευθείας ήχου προς τη συνολική ηχητική ενέργεια. Έχει συσχετιστεί με την ευκρίνεια σε αίθουσες ακροατηρίου ομιλίας.

$$D_{50} = 10 \log \frac{\int_0^{0.05} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt}$$

Όπου p η στάθμη ηχητικής πίεσης της κρουστικής απόκρισης στο σημείο μέτρησης του χώρου και t=0 η χρονική στιγμή άφιξης του απευθείας ήχου. Εκφράζεται ως ποσοστό (%).

ST_{Early}, Early Support: Ο λόγος της ανακλώμενης ηχητικής ενέργειας εντός των πρώτων 100 ms προς τον απ' ευθείας ήχο σε απόσταση 1 m από το ακουστικό κέντρο μιας πανκατευθυντικής ηχητικής πηγής. Συμπεριλαμβάνεται η ανάκλαση από το δάπεδο, ενώ άλλες ανακλαστικές επιφάνειες ή αντικείμενα πρέπει να έχουν απόσταση μεγαλύτερη των 2 m από τη θέση μέτρησης. Έχει συσχετιστεί με την άνεση που ένας ερμηνευτής ακούει τα άλλα μέλη της ορχήστρας (αφορά στην κλασική μουσική).

$$ST_{Early} = 10 \log \frac{\int_{0.02}^{0.1} p^2(t) dt}{\int_0^{0.01} p^2(t) dt}$$

Όπου p η στάθμη ηχητικής πίεσης της κρουστικής απόκρισης στο σημείο μέτρησης του χώρου και $t=0$ η χρονική στιγμή άφιξης του απευθείας ήχου. Εκφράζεται σε dB.

ST_{Late}, Late Support: Ο λόγος της ανακλώμενης ηχητικής ενέργειας που φθάνει μετά τα πρώτα 100 ms προς τον απ' ευθείας ήχο σε απόσταση 1 m από το ακουστικό κέντρο μιας πανκατευθυντικής ηχητικής πηγής. Συμπεριλαμβάνεται η ανάκλαση από το δάπεδο, ενώ άλλες ανακλαστικές επιφάνειες ή αντικείμενα πρέπει να έχουν απόσταση μεγαλύτερη των 2 m από τη θέση μέτρησης. Έχει συσχετιστεί με την υποκειμενική αντήχηση των ερμηνευτών (αφορά στην κλασική μουσική).

$$ST_{Early} = 10 \log \frac{\int_{0.1}^1 p^2(t) dt}{\int_0^{0.01} p^2(t) dt}$$

Όπου p η στάθμη ηχητικής πίεσης της κρουστικής απόκρισης στο σημείο μέτρησης του χώρου και $t=0$ η χρονική στιγμή άφιξης του απευθείας ήχου. Εκφράζεται σε dB.

ITDG, Initial Time Delay Gap: Ο χρόνος μεταξύ της άφιξης του απευθείας ήχου και της άφιξης της πρώτης ανάκλασης

IACC, Interaural Cross Correlation Coefficient: Δείκτης που μετρά τη διαφορά των δύο ήχων που φθάνουν στα αυτιά του ακροατή και εκφράζει την αίσθηση της χωρικότητας και της περιτύλιξης από τον ήχο. Αν $p_R(t)$ και $p_L(t)$ τα ηχητικά σήματα που φθάνουν στο δεξί και αριστερό αυτί αντίστοιχα, τότε ο δείκτης IACC ορίζεται από τη σχέση

$$IACC(\tau) = \frac{\int_{t_1}^{t_2} p_L(t) \cdot p_R(t + \tau) dt}{\sqrt{\int_{t_1}^{t_2} p_L^2(t) \cdot p_R^2(t + \tau) dt}}$$

Συνδέεται με την αντίληψη της «χωρικότητας» (spaciousness). Εκφράζεται ως καθαρός αριθμός και παίρνει τιμές από 0 (καμία σχέση μεταξύ των ήχων που φτάνουν στα δύο αυτιά) έως 1 (οι ήχοι που φτάνουν στα δυο αυτιά είναι ίδιοι).

IR, Impulse Response, κρουστική απόκριση: Η αντίδραση ενός δυναμικού συστήματος σε μια κρουστική διέγερση. Στην περίπτωση της ακουστικής περιγράφει ως συνάρτηση του χρόνου την απόκριση ενός χώρου όταν αυτός διεγερθεί από έναν στιγμιαίο ήχο.

G, Strength factor, παράγοντας στιβαρότητας: Ο λόγος της ηχητικής ενέργειας που προέρχεται από μια μη κατευθυντική πηγή και μετράται σε ένα σημείο ενός χώρου, σε σχέση με την ίδια ηχητική ενέργεια από την ίδια πηγή όταν μετράται σε ελεύθερο πεδίο σε απόσταση 10 μέτρων. Συνδέεται με την ηχηρότητα ενώ η τιμή του στη μεσαία περιοχή συχνοτήτων έχει συσχετιστεί με την αντίληψη της «περιέλιξης» (envelopment).

$$G = 10 \log \frac{\int_0^{\infty} h^2(t) dt}{\int_0^{\infty} h_{10}^2(t) dt}$$

Όπου $h(t)$ η κρουστική απόκριση στον υπό μέτρηση χώρο και $h_{10}(t)$, η κρουστική απόκριση της πηγής σε ελεύθερο πεδίο, σε απόσταση 10 m. Εκφράζεται σε dB.

LTI, Linear Time Invariant System, γραμμικό χρονικά αναλλοίωτο σύστημα: Σύστημα το οποίο έχει τις ιδιότητες της γραμμικότητας και της χρονικής αμεταβλητότητας. Γραμμικότητα σημαίνει ότι αν για εισόδους $x(t)$ και $x'(t)$ οι έξοδοι του συστήματος είναι $y(t)$ και $y'(t)$ αντιστοίχως, τότε η έξοδος για το σήμα $a*x(t) + b*x'(t)$ θα είναι $a*y(t) + b*y'(t)$ για κάθε a, b . Χρονική αμεταβλητότητα σημαίνει ότι η έξοδος μιας χρονικά μετατοπισμένης εισόδου $x(t-t_0)$ θα είναι αντίστοιχα μετατοπισμένη $y(t-t_0)$.