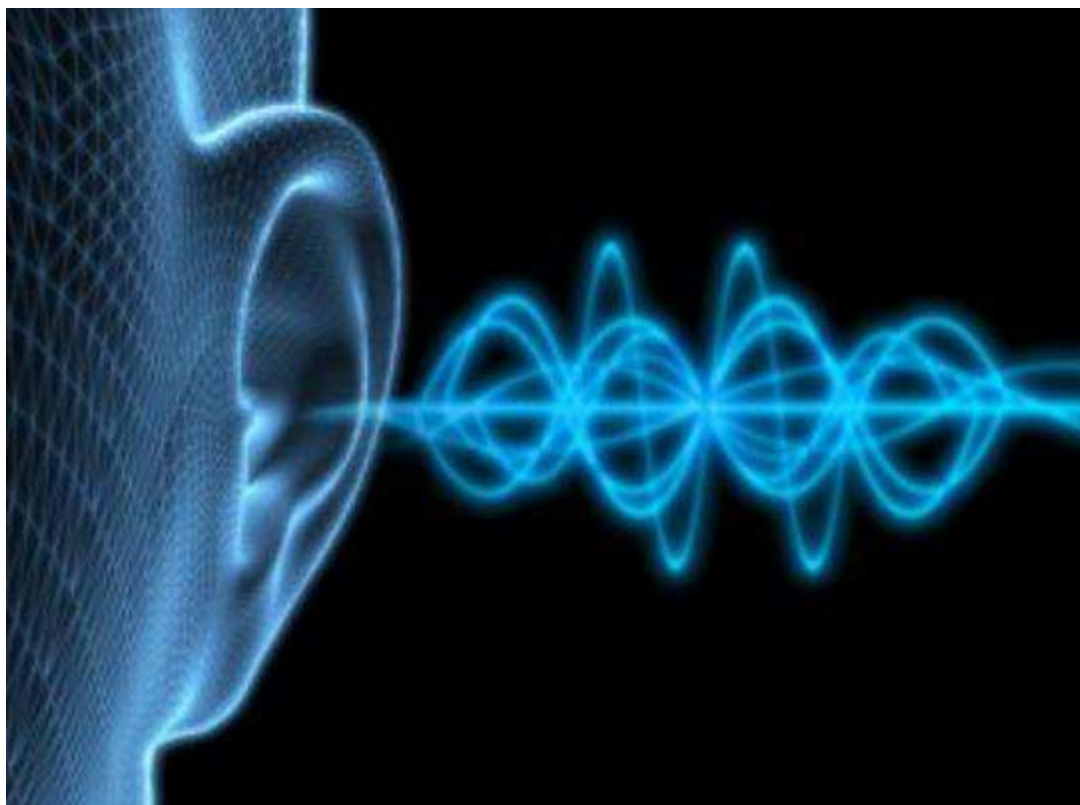




Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ – ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ : *Μελέτη προτύπων υποκειμενικής και αντικειμενικής αξιολόγησης της ποιότητας του ήχου*



Φοιτητής : Σωτήρης Δελής (Α.Μ 120)

Επίβλεψη : Χρυσούλα Αλεξανδράκη

Ρέθυμνο 2014

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε από το φοιτητή Σωτήρη Δελή, του τμήματος Μηχανικών Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής του ΤΕΙ Κρήτης.

Στο σημείο αυτό, αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής μου της προσπάθειας.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (Ε.Ε.Τ.Τ.) και πιο συγκεκριμένα τον Θοδωρή Γιαννουδάκο για την ελεύθερη πρόσβαση μου στις τεχνικές αναφορές του Διεθνούς Οργανισμού Τηλεπικοινωνιών (Ι.Τ.Υ.).

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στην καθηγήτρια μου Χρυσούλα Αλεξανδράκη για την εμπιστοσύνη της, την καθοδήγηση, τη συνεχή υποστήριξη καθώς και για την αμέριστη υπομονή της προς το πρόσωπο μου όλα αυτά τα χρόνια. Χωρίς τη συμπαράστασή της, η ολοκλήρωση αυτού του εγχειρήματος θα ήταν αδύνατη.

Από καρδιάς ευχαριστώ την Κατερίνα Αλεξάκη (aka Χασάν, Παρακευάς, Kathy J. Alex.) για την ηθική υποστήριξη, την αδερφή μου Μαρία Δελή, τους γονείς μου, Φώτη και Πανούλα Δελή και την Βασιλική Σερέτη για την αγάπη τους, την υποστήριξη και την κατανόησή τους στο πέρασμα των χρόνων.

Τέλος, ευχαριστώ όλους εκείνους που πίστεψαν σε εμένα.

Σωτήρης Φ. Δελής

Ρέθυμνο 20-06-2014

Περίληψη

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη των προτύπων που έχουν δημιουργηθεί για την υποκειμενική και αντικειμενική αξιολόγηση της ποιότητας του ήχου. Πιο συγκεκριμένα, θα αναλυθούν οι μέθοδοι που αφορούν την αξιολόγηση ηχητικών δεδομένων που έχουν υποστεί κωδικοποίηση (συμπύεση).

Η εργασία αρχικά παρουσιάζει τον τρόπο αξιολόγησης της ηχητικής ποιότητας, ο οποίος είναι κοινός για όλες τις προσεγγίσεις, δηλαδή, για όλα τα πρότυπα αξιολόγησης της ηχητικής ποιότητας. Τα πρότυπα αυτά περιλαμβάνουν τη διεξαγωγή ψυχοακουστικών τεστ αλλά και τη χρήση ειδικά σχεδιασμένων εργαλείων με τη μορφή προγραμμάτων λογισμικού. Εν συνεχεία, παρουσιάζονται τα πρότυπα τα οποία μελετώνται στα πλαίσια της υποκειμενικής αξιολόγησης και έχουν αναπτυχθεί από το Διεθνή Οργανισμό Τηλεπικοινωνιών **ITU (International Telecommunication Union)**. Τα πρότυπα αυτά είναι τα ακόλουθα:

- **Broadcasting Service 1116:** *Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems including multichannel sound systems.*
- **Broadcasting Service 1284:** *General methods for the subjective assessment of sound quality.*
- **Broadcasting Service 1285:** *Pre-selection methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems.*
- **Broadcasting Service 1534:** *Method for the subjective assessment of intermediate quality levels of coding systems.*

Αναφορικά με την αντικειμενική αξιολόγηση η εργασία εξετάζει το πρότυπο του ITU, **Broadcasting Service 1387:** *Method for objective measurements of perceived audio quality.* Καθώς η αντικειμενική αξιολόγηση ηχητικής ποιότητας δεν είναι ευρέως αποδεκτή πρακτική και ειδικότερα σε μουσικό σήμα, η εργασία εστιάζει κυρίως στην υποκειμενική/πειραματική αξιολόγηση, ενώ η προσέγγιση που ακολουθείται στην αντικειμενική

αξιολόγηση παρουσιάζεται συνοπτικά αναλύοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της, έναντι της υποκειμενικής.

Η μελέτη αυτή έχει ως στόχο να καταδείξει το βαθμό αλλοίωσης της ποιότητας του ήχου από τους σύγχρονους αλγόριθμους συμπίεσης, καθώς επίσης και το πώς μια τέτοια επεξεργασία ηχητικών δεδομένων επηρεάζει την ακουστική αντίληψη του ανθρώπου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Δομή της εργασίας.....	2
1.2	Κίνητρα διεξαγωγής ψυχοακουστικών πειραμάτων.....	3
1.3	Προτυποποίηση μεθόδων ηχητικής αξιολόγησης.....	4
1.4	Προγνωστικά πρότυπα ηχητικής αξιολόγησης.....	6
2	Θεμελιώδεις αρχές ακουστικών τεστ	9
2.1	Προσδιορισμός του θέματος της έρευνας και της υπόθεσης	10
3	Μεταβλητές ψυχοακουστικών τεστ	16
3.1	Ηχητικά δεδομένα.....	16
3.1.1	Κατηγορίες ηχητικών σημάτων.....	17
3.1.1.1	Μουσικά ηχητικά δείγματα.....	17
3.1.1.2	Σήματα ομιλίας.....	18
3.1.1.3	Θόρυβος.....	18
3.1.1.4	Σύνθετοι ήχοι.....	18
3.1.2	Διάρκεια ηχητικών σημάτων.....	19
3.1.3	Ηχοχρωματικά χαρακτηριστικά σημάτων.....	19
3.1.4	Στοιχεία ηχητικής εικόνας σημάτων.....	19
3.1.5	Σήματα αναφοράς.....	20
3.2	Σύστημα αναπαραγωγής.....	21
3.3	Χώρος ακρόασης.....	21
3.4	Ακροατές.....	21
3.4.1	Κατηγοριοποίηση Ακροατών.....	22
3.4.1.1	Εξειδικευμένοι ακροατές.....	22
3.4.1.2	Αρχάριοι ακροατές.....	22
3.4.1.3	Έμπειροι ακροατές.....	23
3.5	Ενέργειες κατά την επιλογή ακροατών.....	23
3.5.1	Pre-screening of subjects.....	24
3.5.2	Post-screening of subjects.....	24
3.5.3	Μέθοδος επιλογής ακροατών GLS.....	25
3.6	Εξάσκηση ακροατών.....	29
3.6.1	Εξοικείωση των ακροατών με τις πειραματικές συνθήκες.....	29

3.6.2 Διατήρηση της ικανότητας αξιολόγησης των ακροατών	30
4 Ηλεκτροακουστικά χαρακτηριστικά	32
ΜΕΡΟΣ Α'	32
4.1 Χώροι ακρόασης	32
4.1.1 Δωμάτιο ακρόασης IEC 60268 - 13	33
4.2 Τοποθέτηση μεγαφώνων και ακροατών	37
4.2.1 Θέση ακρόασης	37
4.2.1.1 Μονοφωνική αναπαραγωγή	38
4.2.1.2 Στερεοφωνική αναπαραγωγή	39
4.3 Ηχητική ακρόαση σε συνδυασμό με εικόνες	42
ΜΕΡΟΣ Β'	43
4.4 Βαθμονόμηση ηχητικών συσκευών	43
4.4.1 Ρύθμιση έντασης αναπαραγωγής συσκευών	44
4.5 Ένταση ηχητικών σημάτων	49
5 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων	51
5.1 Επαγωγική στατιστική, έλεγχος υποθέσεων	51
5.1.1 Η λογική του ελέγχου υποθέσεων	51
5.1.2 Στατιστικοί δείκτες ελέγχου	54
5.2 ANOVA	55
6 Πρότυπα υποκειμενικής αξιολόγησης	58
6.1 ITU R. - Recommendation BS. 1116 – 1 : “Methods For The Subjective Assessment Of Small Impairments In Audio Systems Including Multichannel Sound Systems”	58
6.1.1 Σχετικά με το πρότυπο ITU–R. BS. 1116-1	59
6.1.2 Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας	60
6.1.3 Κριτήρια επιλογής ακροατών	61
6.1.4 Αριθμός επιλεγμένων ακροατών	61
6.1.5 Επιλογή ηχητικού υλικού	62
6.1.6 Επεξεργασία ηχητικού υλικού	63
6.1.7 Συνθήκες και ηχητικό περιβάλλον ακρόασης	64
6.1.7.1 Μονοφωνικό περιβάλλον ακρόασης	65
6.1.7.2 Στερεοφωνικό περιβάλλον ακρόασης	65
6.1.7.3 Πολυκάναλο περιβάλλον ακρόασης	65
6.1.8 Ένταση αναπαραγωγής	66
6.1.9 Εξοπλισμός και συσκευές αναπαραγωγής	67

6.1.9.1	Χαρακτηριστικά μεγαφώνων	67
6.1.9.1.1	Ευρεία απόκριση συχνότητας	68
6.1.9.1.2	Δείκτης κατευθυντικότητας	68
6.1.9.1.3	Χαμηλή παραμόρφωση.....	69
6.1.9.1.4	Δυναμική περιοχή λειτουργίας μεγαφώνου	69
6.1.9.2	Χαρακτηριστικά ακουστικών ακρόασης	70
6.1.9.3	Χαρακτηριστικά χώρων ακρόασης	70
6.1.9.3.1	Γεωμετρικά χαρακτηριστικά χώρων ακρόασης	71
6.1.9.3.2	Ακουστικά χαρακτηριστικά χώρων ακρόασης	72
6.1.9.3.3	Διάταξη συσκευών και τοποθέτηση ακροατών.....	73
6.2	ITU–R. Recommendation BS. 1284: “General Methods For The Subjective Assessment Of Sound Quality”.....	79
6.2.1	Σχετικά με το πρότυπο ITU–R. BS. 1284	79
6.2.2	Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας	81
6.2.3	Επιλογή ακροατών	82
6.2.4	Επιλογή ηχητικού υλικού	83
6.2.5	Κωδικοποίηση σημάτων.....	83
6.2.6	Ηχητικό περιβάλλον ακρόασης.....	83
6.2.7	Συνθήκες ακρόασης	84
6.3	ITU–R. Recommendation BS. 1285: “Pre-selection methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems”.	84
6.3.1	Σχετικά με το πρότυπο ITU–R. BS. 1285	85
6.3.2	Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας	86
6.3.3	Περαιτέρω απλοποίηση της πειραματικής διαδικασίας	86
6.3.4	Επιλογή ηχητικού υλικού	87
6.3.5	Ηχητικό περιβάλλον ακρόασης.....	87
6.3.6	Εξοπλισμός και συσκευές αναπαραγωγής.....	87
6.3.7	Συνθήκες ακρόασης	87
6.4	ITU–R. Recommendation BS. 1534–1: “Method for the subjective assessment of intermediate quality level of coding systems” ...	87
6.4.1	Σχετικά με το πρότυπο ITU–R. BS. 1534-1	88
6.4.2	Προοπτικές, κίνητρο και αντικειμενικός σκοπός	89
6.4.3	Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας	89
6.4.4	Παρουσίαση και αξιολόγηση των ηχητικών δεδομένων.....	90
6.4.5	Καταγραφή της διαδικασίας.....	93
6.4.6	Κριτήρια επιλογής ακροατών και αριθμός αυτών	94

6.4.7 Εξοικείωση ακροατών	94
6.4.8 Επιλογή ηχητικού υλικού	94
6.4.9 Συνθήκες και ηχητικό περιβάλλον ακρόασης.....	95
6.4.10 Ένταση και ηχητικός εξοπλισμός.....	95
7 Εργαλεία πειραματικής αξιολόγησης.....	96
7.1 ABC/HR–Λειτουργία και χρήση	96
7.1.1 Πρόσθετη λειτουργία ABX	99
7.2 MUSHRAM.....	101
7.2.1 MUSHRAM – Λειτουργία και χρήση	101
7.2.1.1 Φάση εξάσκησης (Training phase) MUSHRAM.....	104
7.2.1.2 Φάση αξιολόγησης (Evaluation phase) MUSHRAM....	105
7.2.1.3 Ανάκτηση αποτελεσμάτων	107
8 Συμπεράσματα	110
Αναφορές.....	114

1 Εισαγωγή

Το πόσο σημαντική είναι στις μέρες μας η ποιότητα του ήχου αποτελεί πλέον ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της καθημερινής ζωής. Επικοινωνούμε μέσω κινητής τηλεφωνίας και internet, απολαμβάνουμε τη μουσική όπου και αν βρισκόμαστε και γενικότερα, η καθημερινότητά μας κατακλύζεται από την παρουσία ήχων και θορύβων. Είναι αλήθεια, λοιπόν, πως ο ήχος είναι σήμερα ένα πολύ βασικό στοιχείο της καθημερινότητάς μας, την οποία και επηρεάζει με ποικίλους τρόπους.

Η ολοένα και αυξανόμενη βαρύτητα πάνω στο θέμα της ποιότητας του ήχου, συναρτήσεως της προηγμένης ψηφιακής τεχνολογίας, μας έχει κάνει σήμερα να μιλάμε για “καλή” ή “κακή” ηχητική ποιότητα και για το πως μπορούμε να την αξιολογήσουμε. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την έρευνα γύρω από αυτό το θέμα, σε διεθνές επίπεδο, σε μια προσπάθεια κατανόησης του πώς ο ήχος στις διάφορες εκφάνσεις του (μουσική, τηλεπικοινωνίες, internet audio streaming) επηρεάζει την καθημερινή ζωή.

Τέτοιου είδους έρευνες διεξάγονται εδώ και δεκαετίες σε ακαδημαϊκό πλαίσιο, στα πλαίσια μουσικών παραγωγών, τηλεπικοινωνιών κ.ο.κ. Κατά συνέπεια, ένας μεγάλος αριθμός εξειδικευμένων και μη ανθρώπων αντιμετωπίζουν καθημερινά πλέον τέτοιου είδους ερωτήματα, όπως για παράδειγμα πόσο καλός είναι ένας αλγόριθμος συμπίεσης ηχητικών δεδομένων ή το πώς και με τι ταχύτητες μεταδίδονται δεδομένα εικόνας και ήχου μέσω διαδικτύου.

Βασική ιδέα της εργασίας αυτής είναι η πληροφόρηση όλων εκείνων των ανθρώπων που ήδη ασχολούνται με τον ήχο και τη μουσική γενικότερα (εξειδικευμένοι και μη) πάνω στο θέμα της ηχητικής αξιολόγησης. Ένας ακόμη στόχος είναι να δοθεί το ερέθισμα και σε όλους εκείνους που μέχρι σήμερα δεν τους είχε απασχολήσει ένα τέτοιο ζήτημα, είτε γιατί δεν το θεωρούσαν σημαντικό, είτε γιατί πίστευαν πως το να ασχοληθεί κάποιος με μια τόσο σημαντική ενότητα της ακουστικής είναι κάτι πολύ δύσκολο και χρονοβόρο και συνεπώς, κάτι ανάξιο προσοχής και πόσο μάλλον έρευνας.

Κλείνοντας, πρέπει να σημειωθεί πως στην εργασία αυτή δίνεται έμφαση σε μεθόδους υποκειμενικής αξιολόγησης του ήχου μέσω προτυποποιημένων ψυχοακουστικών τεστ, τα οποία θεωρούνται θεμελιώδη για την αξιολόγηση ψηφιακά επεξεργασμένων ηχητικών δεδομένων. Παράλληλα με τα πρότυπα αυτά, περιγράφονται συνοπτικά και κάποιες επιπρόσθετες μέθοδοι αξιολόγησης.

Τελικά, τι θεωρείται «καλό» και τι «κακό» σε σχέση με την ποιότητα του ήχου και της μουσικής γενικότερα; Πώς ένα φαινομενικά «ασήμαντο» – μέχρι σήμερα - κεφάλαιο της ακουστικής μπορεί να επηρεάσει με τον ένα ή τον άλλο τρόπο την καθημερινότητα μας; Και τέλος, πώς μπορεί κάποιος να φτάσει σε σημείο να κρίνει αν κάτι είναι ωραίο, ενοχλητικό ή αδιάφορο για τα αυτιά του και κατά πόσο ισχύει το ίδιο για όλους μας;

1.1 Δομή της εργασίας

Η παρούσα εργασία έχει δομηθεί ως εξής:

Στο κεφάλαιο 1 παρουσιάζονται βασικά στοιχεία που αφορούν τη διεξαγωγή ψυχοακουστικών τεστ, καθώς και μια επισκόπηση γύρω από τα προγνωστικά μοντέλα ηχητικής αξιολόγησης.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στις θεμελιώδεις αρχές διεξαγωγής ψυχοακουστικών τεστ.

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται εκτενής αναφορά σε μια πολύ σημαντική παράμετρο των εν λόγω πειραμάτων, τις μεταβλητές των ψυχοακουστικών τεστ (χώροι ακρόασης, εξοπλισμός, ακροατές, ηχητικά σήματα κτλ).

Το τέταρτο κεφάλαιο αποτελείται από δύο μέρη. Στο Α' μέρος αναλύονται όλα τα στοιχεία που έχουν να κάνουν με τους χώρους ακρόασης, ενώ το Β' μέρος καταπιάνεται με τη βαθμονόμηση των ηχητικών συσκευών και πώς αυτή γίνεται, όπου λαμβάνουν χώρα τέτοιου είδους πειράματα.

Αναφορικά με τη στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων, στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη παρουσίαση της στατιστικής μεθόδου ανάλυσης διακύμανσης ANOVA.

Στο κεφάλαιο 6 αναλύονται όλα εκείνα τα πρότυπα που σχετίζονται άμεσα με ψυχοακουστικά τεστ και των οποίων οι προδιαγραφές ακολουθούνται κατά τη διεξαγωγή πειραμάτων για την αξιολόγηση της ποιότητας του ήχου.

Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση δύο προγραμμάτων λογισμικού που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια διεξαγωγής ανάλογων πειραματικών διαδικασιών και έχουν σχεδιαστεί ώστε να ακολουθούν τις προδιαγραφές συγκεκριμένων πρότυπων ηχητικής αξιολόγησης.

1.2 Κίνητρα διεξαγωγής ψυχοακουστικών πειραμάτων

Όπως προαναφέρθηκε, μεγάλο μέρος της εργασίας αυτής καταπιάνεται με τα πρότυπα υποκειμενικής αξιολόγησης της ποιότητας του ήχου, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη διεξαγωγή ψυχοακουστικών τεστ.

Τα εν λόγω πειράματα είναι μια σύνθετη και χρονοβόρος διαδικασία. Για το λόγο αυτό πραγματοποιούνται από εξειδικευμένους ερευνητές. Παρ' όλες τις δυσκολίες, όμως, που μπορεί να παρουσιάζουν αυτά τα τεστ στην οργάνωση και υλοποίησή τους, παραμένουν, ακόμα και σήμερα, ο πιο έγκυρος και αξιόπιστος τρόπος αξιολόγησης κωδικοποιημένων ηχητικών δεδομένων ή ηχητικών συσκευών, καθώς μέσα από την επιτυχή διεξαγωγή τους μπορεί κανείς να αντλήσει σημαντικές πληροφορίες όπως:

- Τεκμηριωμένα στοιχεία για το αν ένα ηχητικό σήμα ή ένα μεγάφωνο είναι ισάξιο, ανώτερο ή κατώτερο σε ποιότητα από ένα δεύτερο ηχητικό σήμα ίδιου περιεχομένου ή ένα δεύτερο μεγάφωνο ίδιου τύπου.
- Προσδιορισμός όλων των παραμέτρων αξιολόγησης (ένταση, χροιά κτλ) που κάνουν ένα σήμα ισάξιο, ανώτερο ή κατώτερο σε ποιότητα από ένα άλλο.

- Επιλογή του καλύτερου συστήματος/κωδικοποιητή για την επεξεργασία ηχητικών δεδομένων.
- Αξιολόγηση της απόδοσης ενός συστήματος/κωδικοποιητή ηχητικών δεδομένων.

Όλα τα παραπάνω αποτελούν ισχυρό κίνητρο για τη διεξαγωγή ψυχοακουστικών πειραμάτων στον τομέα έρευνας γύρω από την ποιότητα του ήχου. Αντιθέτως, τέτοιου είδους τεστ δεν έχουν ως αντικειμενικό σκοπό την πληροφόρηση σχετικά με:

- Τυχόν δυσλειτουργίες και κατασκευαστικά προβλήματα ενός κωδικοποιητή ή μιας άλλης ηχητικής συσκευής.
- Τον προσδιορισμό όλων εκείνων των τεχνικών στοιχείων που κάνουν έναν κωδικοποιητή καλύτερο από έναν άλλο.
- Τυχόν υποδείξεις βελτίωσης κωδικοποιητών και ηχητικών συσκευών προς τις κατασκευάστριες εταιρείες.

1.3 Προτυποποίηση μεθόδων ηχητικής αξιολόγησης

Συνήθως, σε όλα τα πεδία έρευνας, αλλά και βιομηχανικής αξιοποίησης, πρότυπα αναπτύσσονται όταν υπάρχει ανάγκη να προσδιοριστεί ένα πρόβλημα, καθορίζοντας όλες τις παραμέτρους του προβλήματος αλλά και την επίλυση του με κοινά αποδεκτό τρόπο. Η προτυποποίηση διάφορων πειραματικών μεθόδων αξιολόγησης είναι αναγκαία όταν πρόκειται για τομείς των οποίων τα προϊόντα έχουν ως τελικό αποδέκτη το ευρύ κοινό. Εξυπακούεται πως κάθε επιστημονικός τομέας υπόκειται σε διαφορετικά πρότυπα αξιολόγησης των προϊόντων του.

Τα πρότυπα είναι συνήθως αποτέλεσμα μακροχρόνιων ερευνών, από εξειδικευμένα άτομα που δραστηριοποιούνται στο χώρο της βιομηχανίας, αλλά και σε ακαδημαϊκούς χώρους. Στην περίπτωση της αντιληπτικής αξιολόγησης ένα τέτοιο πρότυπο αφορά μια μεθοδολογία, η οποία έχει αναπτυχθεί και επικυρωθεί ως εφαρμόσιμη στον τομέα στον οποίο αναφέρεται το πρότυπο. Με αυτή την προσέγγιση, ένα θεμελιώδους σημασίας

όφελος αφορά την παροχή μιας προσυμφωνημένης μεθόδου, η οποία επιτρέπει την σύγκριση αποτελεσμάτων ανάμεσα σε διαφορετικά ερευνητικά εργαστήρια παγκοσμίως ή και σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Όλα τα πρότυπα διέπονται από συγκεκριμένους κανόνες, οι οποίοι πρέπει να τηρούνται αυστηρά, προκειμένου να εξασφαλιστεί η επιτυχία ενός πειράματος αξιολόγησης.

Κάθε ενδιαφερόμενος γύρω από τέτοιες διαδικασίες πρέπει να γνωρίζει εκ των προτέρων το αντικείμενο μελέτης και έρευνας που τον ενδιαφέρει, προκειμένου να χρησιμοποιήσει το κατάλληλο πρότυπο για την έρευνα του. Συνεπώς, η χρήση μη κατάλληλης μεθόδου για αξιολόγηση ηχητικών δεδομένων στην προκειμένη περίπτωση δεν συνιστάται. Από την άλλη μεριά, η τροποποίηση σε διάφορες παραμέτρους ενός προτύπου μπορεί να βοηθήσει σε περιπτώσεις που ένα πείραμα δύναται να διεξαχθεί κάτω από όχι και τόσο αυστηρές προϋποθέσεις. Αυτό βέβαια, είναι κάτι που έχει να κάνει με τις ανάγκες της έρευνας και είναι στο χέρι του εκάστοτε ερευνητή το αν θα πρέπει να τροποποιήσει τις παραμέτρους ενός προτύπου προκειμένου να μπορεί να το χρησιμοποιήσει. Η οποιαδήποτε τροποποίηση, όμως, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στη διαμόρφωση των εξαγόμενων αποτελεσμάτων.

Όπως καταλαβαίνει κανείς, όλα τα παραπάνω καθιστούν μια πειραματική διαδικασία αξιολόγησης εξαιρετικά χρονοβόρα, γι' αυτό και τα περισσότερα πρότυπα δεν αποτελούν πάντα την ιδανικότερη λύση. Εντούτοις, για την εγκυρότερη εξασφάλιση δεδομένων ποιότητας, η αξιολόγηση βάσει προτύπων είναι αναγκαία.

Στον τομέα έρευνας γύρω από τον ήχο και την επιστήμη της ακουστικής γενικότερα, υπάρχουν πολλά πρότυπα τα οποία περιγράφουν διαφορετικές μεθόδους αξιολόγησης της ποιότητας του ήχου. Τα περισσότερα από αυτά αφορούν την **υποκειμενική αξιολόγηση (subjective evaluation)** του ήχου και περιλαμβάνουν τη διεξαγωγή **πειραμάτων ακρόασης (listening tests)**. Εναλλακτικά, η **αντικειμενική αξιολόγηση (objective evaluation)** ηχητικής ποιότητας στηρίζεται σε προτυποποιημένους αλγόριθμους που εξομοιώνουν την ψυχοακουστική αντίληψη του ανθρώπου και οι οποίοι αναφέρονται με τον

όρο **προγνωστικά μοντέλα αξιολόγησης** (*predictive evaluation models*). Μία σύντομη αναφορά στα μοντέλα αυτά επιχειρείται στην επόμενη παράγραφο.

1.4 Προγνωστικά πρότυπα ηχητικής αξιολόγησης

Ένας από τους κύριους στόχους στο πεδίο της ηχητικής αξιολόγησης, είναι να εξαλειφθεί η χρήση των πειραμάτων ακρόασης και αυτά να αντικατασταθούν με προγνωστικά μοντέλα/πρότυπα, τα οποία μπορούν να υπολογίσουν με ακρίβεια την ανθρώπινη ακουστική αντίληψη αναφορικά με την ποιότητα ενός ηχητικού σήματος. Η ανάπτυξη τέτοιων μοντέλων βρίσκεται σε εξέλιξη εδώ και πολλά χρόνια. Τα σημερινά προγνωστικά μοντέλα, τυπικά, αποτελούνται από ένα μοντέλο του **ανθρώπινου συστήματος ακοής** (*human auditory system*) και ένα **νοητικό μοντέλο** (*cognitive model*), το οποίο επιχειρεί να εκτιμήσει την επίδοση που θα είχαν οι ακροατές, εάν επρόκειτο για πείραμα ακρόασης. Τέτοιου είδους μοντέλα υπάρχουν σήμερα με τη μορφή προγραμμάτων λογισμικού. Όπως καταλαβαίνει κανείς, αυτά τα προγράμματα μετατρέπουν ένα χρονοβόρο και απαιτητικό από πλευράς ανθρωπίνων πόρων πείραμα ηχητικής αξιολόγησης, σε μια αυτοματοποιημένη και σαφώς πιο απλοποιημένη διαδικασία, η οποία κατά συνέπεια είναι πιο ελκυστική για τους ερευνητές. Υπάρχουν δύο κατηγορίες προγνωστικών μοντέλων: τα μοντέλα που στοχεύουν στο να προβλέψουν συγκεκριμένες αντιληπτικές ιδιότητες του ανθρώπινου συστήματος ακοής, όπως για παράδειγμα η ένταση, και τα μοντέλα που έχουν ως στόχο να προσδιορίσουν την ολική ποιότητα ενός ηχητικού σήματος. Στις μέρες μας, με την ανάπτυξη των κωδικοποιητών επεξεργασίας του ήχου, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον γύρω από την αξιολόγηση και την απόδοση των κωδικοποιητών αυτών, γεγονός που έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη και προτυποποίηση ενός μεγάλου αριθμού προγνωστικών μοντέλων σχετικά με την ποιότητα του ήχου.

Τα πλεονεκτήματα τέτοιων μοντέλων είναι αρκετά εμφανή και σημαντικά. Ενδεικτικά αναφέρεται πως η χρήση προγνωστικών μοντέλων επιτρέπει στους ερευνητές να λάβουν τα αποτελέσματα ενός ψυχοακουστικού τεστ μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα και χωρίς να είναι αναγκαία η τήρηση

συγκεκριμένων κανόνων όπως συμβαίνει με τα ψυχοακουστικά τεστ. Αυτό το πλεονέκτημα χρόνου και κόστους είναι μεγάλης σημασίας σε συνδυασμό με την άμεση πρόσβαση σε τέτοιου είδους μοντέλα, τα οποία προϋποθέτουν, συνήθως, μόνο βασικές γνώσεις χειρισμού ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Από την άλλη, όμως, και τα μειονεκτήματα τέτοιων μοντέλων είναι αρκετά σημαντικά. Όπως συμβαίνει με όλα τα εργαλεία, υπάρχουν τόσο σωστοί όσο και λάθος τρόποι χρήσης. Τα προγνωστικά μοντέλα αξιολόγησης της ποιότητας του ήχου έχουν ένα συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογής, πέρα από το οποίο η ακρίβεια της πρόβλεψης δεν είναι γνωστή. Η χρήση πέρα από το πεδίο αυτό της εφαρμογής, για το οποίο είναι σχεδιασμένα, είναι ριψοκίνδυνη και μπορεί να δώσει παραπλανητικά αποτελέσματα. Για παράδειγμα, μοντέλα που αναπτύχθηκαν αρχικά για την αξιολόγηση ηχητικών σημάτων ομιλίας, έχουν χρησιμοποιηθεί και συγκριθεί εκτενώς πάνω σε διαφορετικούς κωδικοποιητές, που είναι σχεδιασμένοι αποκλειστικά για την επεξεργασία τέτοιων σημάτων. Η εφαρμογή αυτών των μοντέλων σε ηχητικά σήματα άλλου είδους (π.χ. μουσική), δεν ενδείκνυται καθώς θα μπορούσε να δώσει λανθασμένα και μη αντικειμενικά αποτελέσματα.

Σήμερα υπάρχουν αρκετά προγνωστικά μοντέλα, τα οποία έχουν αναπτυχθεί για την πρόγνωση και αξιολόγηση της συνολικής ηχητικής ποιότητας (ένταση, χροιά, παραμορφώσεις κτλ), σε συνδυασμό με τη χρήση κωδικοποιητών επεξεργασίας πάνω σε μουσικά ηχητικά δεδομένα. Το πρότυπο **PEAQ (Perceptual Evaluation of Audio Quality)**, είναι το πιο γνωστό από αυτά και περιγράφεται στο πρότυπο του διεθνούς οργανισμού τηλεπικοινωνιών ITU-R. BS. 1387 (Method for objective measurements of perceived audio quality 1998-2001).

Όσον αφορά την ομιλία σε συνδυασμό κυρίως με τις τηλεπικοινωνίες, έχουν αναπτυχθεί κάποια μοντέλα που προβλέπουν και αξιολογούν τα εν λόγω ηχητικά σήματα. Το πρότυπο **PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality)** είναι το πιο γνωστό από αυτά και περιγράφεται στις ενότητες του διεθνούς οργανισμού τηλεπικοινωνιών ITU-T. P. 862, P. 862.1 και P. 862.3. Ο σωστός τρόπος εφαρμογής του μοντέλου αυτού, καθώς και οι

σχετικοί περιορισμοί οι οποίοι χρήζουν προσοχής, περιγράφονται στην ενότητα ITU–T. P. 862.2.

Όπως μπορεί να δει ο αναγνώστης, υπάρχουν κάποια βασικά μοντέλα πρόγνωσης της ποιότητας του ήχου σε διαφορετικούς και συγκεκριμένους τομείς εφαρμογών. Συχνά, λειτουργώντας μέσα στα πλαίσια/κανόνες της εκάστοτε εφαρμογής, η ακρίβεια της πρόγνωσης μπορεί να είναι εξαιρετική. Από την άλλη, η απόκλιση από τα πλαίσια αυτά της εφαρμογής, σημαίνει ανακρίβεια των αποτελεσμάτων της πρόβλεψης.

Προς το παρόν, δεν υπάρχει ενιαίο προγνωστικό μοντέλο που να μπορεί να καλύψει όλες τις παραμέτρους της ακουστικής αντίληψης του ανθρώπου. Επιπροσθέτως και όπως αναλύεται σε συναφή επιστημονικά άρθρα (Manders, Simpson and Bell 2012), (Fenton 2009) δεν έχουν αναπτυχθεί ακόμα προγνωστικά μοντέλα για όλες τις πλευρές της ηχητικής αξιολόγησης.

Μέχρι τότε λοιπόν, τα ακουστικά τεστ θα αποτελούν, ίσως, το βασικότερο εργαλείο για την αξιολόγηση της ποιότητας του ήχου.

2 Θεμελιώδεις αρχές ακουστικών τεστ

Η διεξαγωγή ενός ψυχοακουστικού τεστ προκειμένου να αξιολογηθεί η ποιότητα ενός μεγαφώνου, ενός κωδικοποιητή ή οποιουδήποτε άλλου στοιχείου που σχετίζεται με τον ήχο, γίνεται κυρίως για ερευνητικούς σκοπούς ή για σκοπούς σύγκρισης.

Ακουστικά τεστ με ερευνητικό χαρακτήρα μπορεί να διεξαχθούν για κάποιον από τους παρακάτω λόγους:

- Αξιολόγηση της απόδοσης ενός νέου ηχητικού συστήματος όπως για παράδειγμα, ένας αλγόριθμος συμπίεσης ηχητικών δεδομένων.
- Επίδραση στην ποιότητα ενός ήχου καθώς και στην ακουστική αντίληψη του ανθρώπου από την χρήση ενός αλγόριθμου συμπίεσης ή την ύπαρξη ψηφιακού θορύβου.
- Σύγκριση μεταξύ αποτελεσμάτων από ακουστικά τεστ υποκειμενικής αξιολόγησης και αποτελεσμάτων από προγνωστικά μοντέλα αξιολόγησης.
- Συλλογή νέων στοιχείων από ακουστικά τεστ τα οποία θα βοηθήσουν στην εξέλιξη ενός νέου προγνωστικού μοντέλου ηχητικής αξιολόγησης.

Αντιθέτως, ακουστικά τεστ που έχουν ως σκοπό τη σύγκριση δύο ή περισσότερων ηχητικών συσκευών, μπορεί να διεξαχθούν για τους εξής λόγους:

- Σύγκριση διαφορετικών ηχητικών συσκευών και συστημάτων.
- Σύγκριση δύο διαφορετικών μοντέλων ή εκδόσεων μιας ηχητικής συσκευής.
- Σύγκριση δύο ή περισσότερων κωδικοποιητών επεξεργασίας ήχου όπως π.χ. δύο αλγόριθμοι συμπίεσης διαφορετικών εταιρειών.

Μια τέτοια πειραματική διαδικασία ξεκινάει όταν βεβαιώνεται η ανάγκη για υποκειμενική ηχητική αξιολόγηση, άρα για τη διεξαγωγή ακουστικών τεστ και τελειώνει όταν υποβάλλεται η έκθεση των αποτελεσμάτων. Μια τέτοια

διαδικασία είναι κουραστική καθώς περιλαμβάνει πολλές και πολύπλοκες ερωτήσεις, γεγονός που μπορεί να αποπροσανατολίσει τους ερευνητές από το γενικό στόχο. Η λίστα που παρατίθεται στην επόμενη ενότητα περιλαμβάνει τα βήματα που πρέπει να γίνουν, σαν βοήθεια προς τον ερευνητή και τα πιο σημαντικά κομμάτια της όλης διαδικασίας.

2.1 Προσδιορισμός του θέματος της έρευνας και της υπόθεσης

Το θέμα της έρευνας είναι τυπικά μια ευρεία σύνθεση του σκοπού μιας σειράς πειραμάτων, ενώ η υπόθεση ορίζει το συγκεκριμένο ερώτημα που πρέπει να απαντηθεί σε ένα πείραμα. Ένα παράδειγμα θα μπορούσε να είναι:

Θέμα έρευνας: Πως συγκρίνεται η ποιότητα του ήχου του μεγαφώνου Χ ως προς την ποιότητα του ήχου του μεγαφώνου Ψ;

Υπόθεση: Η ποιότητα του ήχου του μεγαφώνου Χ είναι ίδια με την ποιότητα του ήχου του μεγαφώνου Ψ, της μάρκας Ζ.

Η σύνθεση τόσο του θέματος της έρευνας, όσο και της υπόθεσης, είναι πολύ σημαντικά κομμάτια κάθε πειράματος, αφού αυτά προσδιορίζουν ποιος είναι ο απώτερος σκοπός των πειραματικών δραστηριοτήτων, καθώς και ποια είναι τα αναμενόμενα αποτελέσματα κάθε πειράματος ξεχωριστά. Η σύνθεση της υπόθεσης ακολουθείται από ένα σύνολο κανόνων ανάλογα με την επιστημονική αρχή που ο εκάστοτε ερευνητής αποφασίζει να ακολουθήσει, επομένως είναι σημαντικό να είναι εξοικειωμένος με τις βασικές αυτές αρχές. Επιπροσθέτως, η υπόθεση μπορεί να οδηγήσει τον ερευνητή στο να δημιουργήσει την πλέον αποτελεσματική πειραματική μεθοδολογία σύμφωνα με την οποία θα μπορεί να επαληθεύσει την υπόθεση του. Τα βήματα που μπορεί κανείς να ακολουθήσει πριν τη διεξαγωγή ενός τέτοιου πειράματος είναι τα εξής:

1. Μελέτη βιβλιογραφίας: Θεωρείται σωστό να συμβουλευέται κανείς τη βιβλιογραφία από άλλα ερευνητικά ευρήματα και αποτελέσματα. Αυτό είναι υποχρεωτικό για όλα τα ερευνητικά πειράματα, αλλά ακόμα και για συγκριτικά

τεστ, αξίζει τον κόπο να γίνει ένας έλεγχος για το αν άλλοι άνθρωποι έχουν ερευνήσει καταστάσεις παρόμοιες με το υπό μελέτη θέμα.

2. Είναι απαραίτητη η ηχητική αξιολόγηση; Πρέπει να είναι ξεκάθαρο από την αρχή ότι η διεξαγωγή ακουστικών τεστ με σκοπό την εξαγωγή αντικειμενικών αποτελεσμάτων είναι μια πολύπλοκη διαδικασία η οποία απαιτεί χρόνο και χρήμα. Επομένως, είναι σημαντικό να αναλογιστεί κανείς αν τελικά είναι απαραίτητο να διεξαχθεί ένα τέτοιο πείραμα. Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλες οι πιθανές πηγές πληροφοριών, όπως η βιβλιογραφία που προαναφέρθηκε, καθώς και το αναμενόμενο μέγεθος των αντιληπτικών διαφορών ανάμεσα στα εξαγόμενα αποτελέσματα. Πρέπει να θυμάται κανείς, ότι μια τέτοια διαδικασία μπορεί πάντα να διεξαχθεί και πάντα θα εξάγεται ένα αποτέλεσμα. Αν όμως τα πειράματα δεν γίνονται όπως προβλέπεται από τα διάφορα πρότυπα, τα αποτελέσματα δεν θα έχουν νόημα και η προσπάθεια θα είναι άκαρπη.

3. Ποιο είναι το αναμενόμενο μέγεθος των αντιληπτικών διαφορών; Το μέγεθος των αντιληπτικών διαφορών είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πριν ξεκινήσει ένα πείραμα. Αν οι διαφορές είναι μεγάλες, ίσως είναι προφανές για τον καθένα το αποτέλεσμα του τεστ, και αν αυτό ισχύει, η επαλήθευση είναι απαραίτητη; Από την άλλη πλευρά, οι διαφορές μπορεί να είναι τόσο μικρές που γίνεται φανερό ότι θα χρειαστεί ένας δυσανάλογα μεγάλος αριθμός ανθρώπων ή επαναλήψεων για να επιτευχθεί ένα στατιστικά ασφαλές αποτέλεσμα. Μια ανάλυση τέτοιου τύπου είναι σημαντική τόσο για την έρευνα όσο και για συγκριτικές πειραματικές διαδικασίες αφού οι πηγές είναι σχεδόν πάντα περιορισμένες.

4. Υπάρχει κατάλληλο μοντέλο αξιολόγησης; Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πολλά πρότυπα ηχητικής αξιολόγησης. Τα μοντέλα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε αυτά που στοχεύουν στο να προβλέψουν συγκεκριμένα ηχητικά χαρακτηριστικά, όπως η ένταση, και σε εκείνα που προβλέπουν στη συνολική αξιολόγηση της ηχητικής ποιότητας.

5. Υπάρχει το κατάλληλο πρότυπο; Αυτή τη στιγμή υπάρχει μεγάλος αριθμός προτύπων σχετικά με την αξιολόγηση της ποιότητας του ήχου. Τα πρότυπα αυτά έχουν αναπτύξει ειδικοί στον τομέα αυτό και αντιπροσωπεύουν - τη στιγμή της έκδοσης τους - μια κοινά αποδεκτή προσέγγιση η οποία θα δώσει αντικειμενικά αποτελέσματα. Ο ερευνητής θα πρέπει πάντα να εξετάζει αν ένα από τα διαθέσιμα πρότυπα μπορεί να χρησιμοποιηθεί, αφού αυτό θα εξασφαλίσει ένα αξιόπιστο πειραματικό αποτέλεσμα και επιπλέον θα παρέχει την δυνατότητα για σύγκριση με άλλα εξαγόμενα αποτελέσματα από πειράματα που έχουν χρησιμοποιήσει το ίδιο πρότυπο.

6. Προσδιορισμός αρχικών προϋποθέσεων: Η αρχική προϋπόθεση μαζί με την υπόθεση και το συμπερασματικό επιχείρημα, ορίζουν την υπό εξέταση συνθήκη. Η εξεταζόμενη συνθήκη στην ουσία, είναι η ερώτηση την οποία το πείραμα καλείται να απαντήσει.

Η αρχική προϋπόθεση για την υπόθεση, που αναφέρθηκε παραπάνω με τα δύο μεγάφωνα, θα ήταν το ότι οι αντιληπτικές διαφορές στην ποιότητα του ήχου των δύο μεγαφώνων μπορούν να μετρηθούν αντικειμενικά μέσω ενός ακουστικού τεστ. Άρα, η εξεταζόμενη συνθήκη θα ήταν ότι οι τιμές της υποκειμενικής αξιολόγησης των δύο μεγαφώνων, σύμφωνα πάντα με τους ακροατές, δεν έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά.

Επομένως, η αρχική προϋπόθεση ορίζεται από αυτές τις μεταβλητές που θα καθορίσουν αν το αποτέλεσμα του ακουστικού τεστ είναι πραγματική και αντικειμενική αναπαράσταση της ποιότητας των δύο μεγαφώνων. Αυτές οι μεταβλητές χωρίζονται σε δύο ομάδες:

- Εξαρτημένες μεταβλητές.
- Ανεξάρτητες μεταβλητές.

Η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η απάντηση που δίνει ένας ακροατής, και η αντικειμενικότητα της απάντησης εξαρτάται από κάποιες μεταβλητές όπως :

- Ορισμός της ερώτησης στον ακροατή.
- Η ανταπόκριση του ακροατή.

Ο ερευνητής, λοιπόν, θα πρέπει να είναι πολύ προσεκτικός όταν διατυπώνει την ερώτηση σε έναν ακροατή, αφού από αυτόν περιμένει να δώσει την απάντηση.

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι αυτές που είναι δυνατόν να ελεγχθούν άμεσα από τον ερευνητή. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές περιλαμβάνουν:

- Τα ηχητικά δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν.
- Το σύστημα αναπαραγωγής.
- Το χώρο ακρόασης.
- Την επιλογή των ακροατών.
- Το σχεδιασμό και την οργάνωση του τεστ.

Επομένως, τα αποτελέσματα ενός ακουστικού τεστ είναι αντικειμενικές μετρήσεις αν και εφόσον οι εξαρτημένες και ανεξάρτητες μεταβλητές έχουν επιλεγεί και ελεγχθεί όπως έχει ορίσει ο ερευνητής. Το επόμενο βήμα στη διαδικασία, λοιπόν, είναι να ετοιμαστεί το στατιστικό πλάνο για την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

7. Στατιστικό πειραματικό πλάνο: Το στατιστικό πλάνο περιλαμβάνει τον καθορισμό του αριθμού των ακροατών που χρειάζονται για να επιτευχθεί μια συγκεκριμένη ευκρίνεια στην ανάλυση. Αυτό μπορεί να βασιστεί σε προηγούμενη γνώση και εμπειρία από ανάλογες πειραματικές διαδικασίες. Αν όμως αυτό δεν είναι δυνατόν και μπορούν να γίνουν μόνο εικασίες, θα είναι καλό να διεξάγεται ένα μικρής κλίμακας πιλοτικό τεστ. Το στατιστικό πλάνο πρέπει επίσης να εξασφαλίζει ότι το πείραμα έχει σωστή διαχείριση για το σωστό έλεγχο των μεταβλητών που ενδεχομένως θα επηρεάσουν αρνητικά την όλη διαδικασία. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να περιλαμβάνει μια σειρά της παρουσίασης των προγραμμάτων που θα χρησιμοποιηθούν, τον αριθμό και τη θέση (χρονικά) των διαλλειμάτων, το μήκος των συνεδριών (ο αριθμός των παρουσιάσεων ανά συνεδρία), κ.ο.κ. Το επόμενο βήμα είναι να τεκμηριωθεί

και να δοκιμαστεί το στατιστικό μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

8. Τεκμηρίωση του στατιστικού μοντέλου: Το στατιστικό μοντέλο είναι ένα μαθηματικό μοντέλο που χρησιμοποιείται για να περιγράψει και να αναλύσει στατιστικά τα δεδομένα. Το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει τις ελεγχόμενες ανεξάρτητες μεταβλητές και η ανάλυση του καθορίζει το αν η επίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι τυχαία και επομένως, αν συμβάλλει στη διακύμανση της εξαρτημένης μεταβλητής.

Πιλοτικό πείραμα: Ένα μικρής κλίμακας πιλοτικό πείραμα θεωρείται απαραίτητο καθώς εξυπηρετεί αρκετούς σκοπούς, μερικοί από τους οποίους είναι:

- Τελικός έλεγχος του πειραματικού μηχανισμού και εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένων τυχόν ρυθμίσεων.
- Έλεγχος της καταλληλότητας των ηχητικών δεδομένων.
- Επανεέλεγχος για το αν η όλη διαδικασία είναι ξεκάθαρη ή όχι για τους ακροατές.
- Επιβεβαίωση του ότι η πειραματική υπόθεση μπορεί να εξεταστεί.
- Τελικός έλεγχος για το χρονικό υπολογισμό της διεξαγωγής του πειράματος.
- Επιβεβαίωση ή επαναπροσδιορισμός του τελικού αριθμού των ακροατών.
- Έλεγχος του μοντέλου για στατιστική ανάλυση.

10. Καταγραφή του πειραματικού μηχανισμού: Πρόκειται για μια απλή και πολύ χρήσιμη διαδικασία, η οποία όμως δεν πραγματοποιείται πάντα, καθώς οι ερευνητές σε αυτό το στάδιο είναι ανυπόμονοι και προτιμούν να ασχοληθούν με τους ακροατές και την όλη διαδικασία γενικότερα, προκειμένου να ξεκινήσει άμεσα το πείραμα. Παρόλα αυτά, η εμπειρία έχει δείξει ότι αξίζει τον κόπο να αφιερωθεί χρόνος στην καταγραφή του μηχανισμού σε αυτό το στάδιο. Πρώτον, γιατί αυτή θα είναι η τελική μορφή του πειραματικού μηχανισμού η οποία θα πρέπει να καταγραφεί με κάθε

λεπτομέρεια στην πειραματική αναφορά ή σε μια επιστημονική εργασία και που θα επιτρέψει την αντιγραφή ή τη συνέχεια του πειράματος. Δεύτερον, αν κάτι δεν πάει καλά κατά τη διάρκεια του πειράματος, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να υπάρχει η δυνατότητα επαναπροσδιορισμού του αρχικού μηχανισμού, και τέλος γιατί είναι πάντα πολύ πιθανό να εμφανιστούν λειτουργικά προβλήματα που δεν έχουν φανεί στα πιλοτικά τεστ.

11. Στατιστική ανάλυση: Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων είναι μια υπόθεση ρουτίνας μιας και το μοντέλο έχει ήδη οριστεί και δοκιμαστεί. Οι σταθερές στατιστικές υποθέσεις θα πρέπει φυσικά να ελεγχθούν και τα παράγωγα τους να αναλυθούν και να εξηγηθούν από εξειδικευμένα άτομα στον τομέα της στατιστικής εάν αυτό είναι δυνατόν.

12. Συμπεράσματα και αναδιατύπωση της υπόθεσης: Το τελικό συμπέρασμα θα είναι η αποδοχή ή η απόρριψη της εξεταζόμενης υπόθεσης. Αν η υπόθεση απορριφθεί, το επόμενο λογικό βήμα θα είναι να επαναπροσδιοριστεί η υπόθεση και να ξεκινήσει το όλο πείραμα από την αρχή. Αυτή είναι η τυπική διαδικασία σε ένα ερευνητικό περιβάλλον. Στην πράξη όμως, το τελικό συμπέρασμα είναι συνήθως και το τέλος της μελέτης.

13. Αναφορά: Το να γράψει κανείς μια αναφορά είναι μια χρονοβόρος διαδικασία. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι, αν μια εργασία δεν τεκμηριωθεί σωστά, κανείς, εκτός από τον συγγραφέα, δεν θα μπορεί να έχει κέρδος από αυτή και κατά συνέπεια μια μεγάλη προσπάθεια θα έχει γίνει άδικα.

3 Μεταβλητές ψυχοακουστικών τεστ

Σημαντικό στοιχείο για τη διεξαγωγή ενός ψυχοακουστικού τεστ είναι η αντικειμενικότητα που παρουσιάζουν κατά την ακρόαση τα υπό αξιολόγηση ηχητικά δεδομένα ή οι διάφορες ηχητικές συσκευές. Με άλλα λόγια, το αν ένα αρχείο από ηχητικά δεδομένα για παράδειγμα, τα οποία αξιολογούνται υπό ίδιες συνθήκες αλλά σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και από διαφορετικά άτομα, δίνουν τα ίδια, ή περίπου τα ίδια αποτελέσματα.

Ένα ακόμα βασικό χαρακτηριστικό είναι η αναπαραγωγή των δεδομένων. Αυτό σημαίνει πως τα ίδια ηχητικά δεδομένα θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε μια σειρά ψυχοακουστικών τεστ από διαφορετικούς ερευνητές, με ίδια μηχανήματα αναπαραγωγής αλλά, σε διαφορετικούς χώρους ακρόασης και με διαφορετικούς ακροατές.

Οι δύο αυτές βασικές παράμετροι σχετίζονται άμεσα με τις παρακάτω μεταβλητές:

- Ηχητικά δεδομένα.
- Ηχητικός εξοπλισμός και συσκευές αναπαραγωγής.
- Χώρος ακρόασης.
- Ακροατές.

3.1 Ηχητικά δεδομένα.

Βασική ιδιότητα ενός ηχητικού σήματος είναι το να μπορεί να αναδείξει τις διαφορές ανάμεσα σε συστήματα που αξιολογούνται (π.χ. αλγόριθμοι συμπίεσης), και τα οποία χρησιμοποιούν για την αξιολόγηση τους τα ίδια ηχητικά δεδομένα.

Δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι περιορισμοί ως προς το περιεχόμενο των σημάτων που θα χρησιμοποιηθούν. Ψυχοακουστικά τεστ που γίνονται με σκοπό την αξιολόγηση και σύγκριση ανάμεσα σε διαφορετικούς κωδικοποιητές, χρησιμοποιούν συνήθως μουσική ή σήματα ομιλίας. Κάθε πρότυπο από αυτά που εξετάζονται σε αυτή την εργασία, περιέχει περαιτέρω

ανάλυση σχετικά με το ηχητικό υλικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε περίπτωση.

Βασικά κριτήρια για τη σωστή επιλογή του ηχητικού υλικού είναι τα παρακάτω:

- Κατηγορία ηχητικών σημάτων.
- Διάρκεια ηχητικών σημάτων.
- Ηχοχρωματικά στοιχεία σημάτων.
- Στοιχεία ηχητικής εικόνας σημάτων.
- Ηχητικά σήματα αναφοράς.

3.1.1 Κατηγορίες ηχητικών σημάτων

Κάθε σήμα αποτελεί μια από τις σημαντικότερες μεταβλητές σε τέτοιου είδους πειραματικές διαδικασίες. Αν για παράδειγμα διεξάγεται ένα πείραμα για την αξιολόγηση κωδικοποιητών επεξεργασίας ήχου, είναι σημαντικό να γίνει η σωστή επιλογή σημάτων για το συγκεκριμένο πείραμα (π.χ. σήματα ομιλίας για την αξιολόγηση κωδικοποιητών που χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες).

Τα ηχητικά δεδομένα χωρίζονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

- Μουσικά ηχητικά δείγματα.
- Σήματα ομιλίας.
- Θόρυβος.
- Σύνθετοι ήχοι.

3.1.1.1 Μουσικά ηχητικά δείγματα

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τη χρήση διαφορετικών μουσικών δειγμάτων από όλα τα είδη μουσικής. Παρόλα αυτά, η χρήση μουσικών ηχητικών δεδομένων χρίζει ιδιαίτερης προσοχής, αφού τα εν λόγω δεδομένα πρόκειται να αξιολογηθούν από ανθρώπους. Για παράδειγμα, αν επιλεγούν νεαρά άτομα υπάρχει το ενδεχόμενο τα άτομα αυτά να μην είναι εξοικειωμένα

με ένα είδος μουσικής, όπως η κλασσική, αλλά με άλλα ακούσματα της γενιάς τους.

Σε τέτοιες περιπτώσεις όπου το είδος μουσικής συμπίπτει ή όχι με τις προτιμήσεις και τα ακούσματα των ακροατών, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιλογή του υλικού το οποίο θα πρέπει να παρουσιάζει μια ουδετερότητα ως προς το περιεχόμενό του. Με άλλα λόγια, το υλικό να μην είναι ούτε πολύ ελκυστικό για τους ακροατές αλλά ούτε και τελείως αδιάφορο για αυτούς.

3.1.1.2 Σήματα ομιλίας

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται η χρήση ανδρικών και γυναικείων φωνών σε διαφορετικές γλώσσες ομιλίας, όπου αυτό είναι εφικτό. Η εμπειρία γύρω από παρόμοιες διαδικασίες έχει δείξει πως τα χαρακτηριστικά της φωνής του ομιλούντος (άρθρωση, ένταση, χροιά) παίζουν σημαντικό ρόλο σε ένα ψυχοακουστικό τεστ, όπου οι ακροατές πρόκειται να ακούσουν και να αξιολογήσουν μόνο τέτοια σήματα. Συνιστάται η χρήση επαγγελματικών φωνών (ηθοποιοί, παρουσιαστές), εάν υπάρχει η δυνατότητα για κάτι τέτοιο.

3.1.1.3 Θόρυβος

Θόρυβος μπορεί να σημαίνει οποιοσδήποτε ήχος θεωρείται πως δημιουργείται φυσικά και όχι τεχνητά (μέσω υπολογιστή). Για παράδειγμα, ο κυκλοφοριακός θόρυβος ή ο θόρυβος κοντά σε ένα αεροδρόμιο. Παρόλα αυτά, τέτοιου είδους σήματα δε θα πρέπει να αποτελούν πρώτη επιλογή των ερευνητών, αφού η χρήση τους συνιστάται κυρίως σε ψυχοακουστικά πειράματα που διεξάγονται προκειμένου να αναλυθεί ο τρόπος λειτουργίας και αντίληψης του ανθρώπινου συστήματος ακοής.

3.1.1.4 Σύνθετοι ήχοι

Η χρήση σύνθετων ήχων περιλαμβάνει κυρίως τη χρήση δεδομένων που έχουν κατασκευαστεί τεχνητά. Για παράδειγμα, ήχοι μέσω μιας γεννήτριας συχνότητων ή είδη θορύβων όπως, λευκός και ροζ θόρυβος ή ακόμα και

συνδυασμός των παραπάνω. Παρόλα αυτά και σε αυτή την περίπτωση η χρήση τέτοιων σημάτων συνιστάται κυρίως σε ψυχοακουστικά πειράματα που διεξάγονται με σκοπό την ανάλυση και κατανόηση της λειτουργίας του ανθρώπινου συστήματος ακοής.

3.1.2 Διάρκεια ηχητικών σημάτων

Η διάρκεια ενός σήματος είναι ακόμη ένα σημαντικό στοιχείο σχετικά με τα χαρακτηριστικά των δεδομένων που εξετάζονται. Είναι υποχρεωτικό όλα τα σήματα να έχουν την ίδια διάρκεια πράγμα που θεωρείται πολύ βασικό σε περιπτώσεις που τίθενται ζητήματα σύγκρισης σε πάνω από δύο ηχητικά σήματα, όπου οι ακροατές ενδέχεται να πρέπει να περνούν από το ένα σήμα στο άλλο. Η διάρκεια από την άλλη μεριά πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε τυχόν αλλοιώσεις και διαφορές μεταξύ των σημάτων να γίνονται αντιληπτές μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα. Κάθε ένα από τα πρότυπα που εξετάζονται στο έκτο κεφάλαιο παρέχει συγκεκριμένα στοιχεία γύρω από τη διάρκεια των σημάτων.

3.1.3 Ηχοχρωματικά χαρακτηριστικά σημάτων

Ο όρος *ηχοχρωματικά χαρακτηριστικά (timbre characteristics)* έχει να κάνει με τη χροιά των σημάτων. Συχνά αποτελεί κρίσιμο σημείο κατά την αξιολόγηση ηχητικών δεδομένων, αφού ένας κωδικοποιητής ήχου, όπως για παράδειγμα, ένας αλγόριθμος συμπίεσης, επεμβαίνει στο συχνοτικό φάσμα ενός ήχου κατά την επεξεργασία/κωδικοποίηση του.

3.1.4 Στοιχεία ηχητικής εικόνας σημάτων

Σύμφωνα με τον (Toole 1985) οι διαφορές μεταξύ μονοφωνικής και στερεοφωνικής αναπαραγωγής κατά την αξιολόγηση ενός μεγαφώνου, για παράδειγμα, μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά την όλη διαδικασία. Σε τεστ όπου αξιολογούνται ηχητικές συσκευές ή συστήματα κωδικοποίησης και εφόσον τα χαρακτηριστικά της ηχητικής εικόνας αποτελούν σημείο ενδιαφέροντος για τους ερευνητές, απαιτείται η χρήση σημάτων που να

μπορούν να αναδείξουν διαφορές και αλλοιώσεις στην ηχητική εικόνα σε ένα περιβάλλον στερεοφωνικής ή πολυκάνναλης αναπαραγωγής και ακρόασης.

Τα στερεοφωνικά σήματα παραμένουν η κυρίαρχη μορφή ηχητικών σημάτων. Ηχητικά σήματα που προορίζονται για πολυκάνναλη αναπαραγωγή πρέπει να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά με τα στερεοφωνικά. Οι (Zielinsky, Rumsey and Bech 2002), σε έρευνα τους προς την αναζήτηση ιδανικών ηχητικών σημάτων για πολυκάνναλο περιβάλλον ακρόασης και θέλοντας να απλοποιήσουν την όλη διαδικασία αξιολόγησης τέτοιων ήχων, κατέταξαν τις διαφορές και αλλοιώσεις που μπορεί να διακρίνει κανείς στο εν λόγω ηχητικό περιβάλλον σε δύο κατηγορίες:

Διαφορές και αλλοιώσεις που αφορούν τα δεδομένα που αναπαράγονται από τα εμπρός μεγάφωνα.

Διαφορές και αλλοιώσεις που αφορούν τα δεδομένα που αναπαράγονται από τα πίσω μεγάφωνα.

3.1.5 Σήματα αναφοράς

Τα **σήματα αναφοράς** (*reference signals*), όπως μπορεί να καταλάβει κανείς και από το όνομά τους, εξυπηρετούν συγκεκριμένο σκοπό σε ένα ακουστικό τεστ. Είναι “συνήθως” μη επεξεργασμένα σήματα τα οποία συγκρίνονται με τα υπόλοιπα επεξεργασμένα σήματα.

Σύμφωνα με τα πρότυπα ITU–R. BS. 1116–1 (Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems including multichannel sound systems 1997) και ITU–R. BS. 1534 (Method for the subjective assessment of intermediate quality level of coding systems 2003) ένα τέτοιο σήμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν σήμα αναφοράς, το οποίο αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο ή υψηλότερο (συνήθως αντιπροσωπεύει το υψηλότερο) σημείο της βαθμολογικής κλίμακας του εκάστοτε πειράματος βάσει του πρώτου πρότυπου ή σαν “κρυφά” σήματα αναφοράς στην περίπτωση του δεύτερου πρότυπου. Περισσότερες λεπτομέρειες επί του θέματος αυτού δίνονται στο έκτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας.

3.2 Σύστημα αναπαραγωγής

Οι συσκευές από τις οποίες αποτελείται ένα σύστημα αναπαραγωγής, μπορούν να θεωρηθούν ως διαφορετικές μεταβλητές σε ένα ψυχοακουστικό τεστ. Όλα τα στοιχεία γύρω από ένα σύστημα που αξιολογείται (ηχητικές συσκευές, κωδικοποιητές) θα πρέπει να καταγραφούν και να συμπεριληφθούν στην διαδικασία αξιολόγησης. Για παράδειγμα, είναι σχεδόν αδύνατο να βρει κάποιος δύο μεγάφωνα που στην πράξη να έχουν ακριβώς την ίδια απόδοση ή την ίδια ακριβώς απόκριση συχνότητας. Το ίδιο μπορεί να συμβαίνει και στην περίπτωση σύγκρισης δύο αλγόριθμων συμπίεσης.

3.3 Χώρος ακρόασης

Ο χώρος ακρόασης είναι μια ακόμα σημαντική μεταβλητή που σχετίζεται άμεσα με τέτοιου είδους πειράματα. Τα χαρακτηριστικά, καθώς και διάφορα μοντέλα χώρων ακρόασης, αναλύονται περαιτέρω στο επόμενο κεφάλαιο.

3.4 Ακροατές

Η σημαντικότερη ίσως μεταβλητή σε ένα ψυχοακουστικό πείραμα είναι το κοινό των ακροατών. Ο ακροατής μπορεί να θεωρηθεί ως η κύρια εκείνη συσκευή, η οποία κατόπιν επεξεργασίας συγκεκριμένων δεδομένων παρέχει σημαντικές πληροφορίες που είναι το κλειδί στο αποτέλεσμα ενός πειράματος, όπου συμμετέχουν άνθρωποι. Συνεπώς, καταλαβαίνει κανείς πως τα χαρακτηριστικά ενός ακροατή παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιτυχή διεκπεραίωση ενός πειράματος.

Πολλά από τα πρότυπα αξιολόγησης του ήχου περιέχουν πληροφορίες σχετικά με τους ακροατές. Παρόλα αυτά όμως, μπορεί κανείς να βρει σημαντικές πληροφορίες που συνδέονται άμεσα με ακροατές που παίρνουν μέρος σε παρόμοιες πειραματικές διαδικασίες, ακόμα και έξω από τα πλαίσια της ακουστικής και γενικότερα του ήχου.

Η επιλογή των ακροατών είναι μια διαδικασία που μπορεί να χωριστεί στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Κατηγοριοποίηση ακροατών.
- Ενέργειες κατά την επιλογή των ακροατών.
- Εξάσκηση ακροατών.

3.4.1 Κατηγοριοποίηση Ακροατών

Η ενότητα αυτή μπορεί να χωριστεί σε τρεις υποκατηγορίες:

- Εξειδικευμένοι ακροατές.
- Αρχάριοι ακροατές.
- Έμπειροι ακροατές.

3.4.1.1 Εξειδικευμένοι ακροατές

Σύμφωνα με το πρότυπο ITU–T. P. 832 (Subjective Performance evaluation of handsfree terminals 2000) η κατηγορία αυτή αφορά ακροατές που ειδικεύονται γύρω από την επιστήμη της ακουστικής και είναι εξειδικευμένοι πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο. Πληρούν όλες τις προϋποθέσεις (καλή ακοή, εμπειρία, σαφήνεια κτλ) για να συμμετάσχουν σε ένα ψυχοακουστικό πείραμα. Πολλές φορές, λόγω της ιδιότητάς τους αυτής, οι εξειδικευμένοι ακροατές μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε τεστ των οποίων τα αποτελέσματα να έχουν πολύ συγκεκριμένο στόχο. Για παράδειγμα, η αξιολόγηση και σύγκριση δύο διαφορετικών εκδόσεων ενός αλγόριθμου συμπίεσης, πριν ο αλγόριθμος αυτός διατεθεί στην αγορά. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει πως αυτή η κατηγορία ακροατών δεν μπορεί να πάρει μέρος σε τεστ που έχουν έναν γενικότερο στόχο.

3.4.1.2 Αρχάριοι ακροατές

Σύμφωνα με το πρότυπο ITU–T. P. 800 (Methods for subjective determination of transmission quality 1996) η ευαίσθητη αντιληπτική ικανότητα ενός μη εξειδικευμένου ακροατή συνεπάγεται την καλή λειτουργία του συστήματός ακοής του. Ένας άνθρωπος με καλό λειτουργικό αίσθημα ακοής μπορεί να συγκαταλεγεί στην κατηγορία των αρχάριων ακροατών.

Σημειώνεται πως οι αρχάριοι ακροατές έχουν ελάχιστη ή ακόμα και καθόλου εμπειρία, γύρω από ψυχοακουστικά τεστ ή άλλες παρόμοιες διαδικασίες (συναυλίες, συχνή χρήση τηλεφώνου κτλ).

3.4.1.3 Έμπειροι ακροατές

Σύμφωνα με το πρότυπο ITU–T. P. 831 (Subjective performance evaluation of Network Echo Cancellers 1998) η ικανότητα ενός ακροατή στο να μπορεί να αξιολογήσει αντικειμενικά μια σειρά επεξεργασμένων ηχητικών δεδομένων βασίζεται κυρίως στην αντιληπτική του ικανότητα, αλλά και στην εμπειρία που έχει γύρω από παρόμοιες πειραματικές διαδικασίες. Τα δύο αυτά στοιχεία χαρακτηρίζουν έναν ακροατή ως έμπειρο.

Παρόλα αυτά, η αμεσότητα στην κρίση καθώς και η διαθεσιμότητα ενός ακροατή που θα συμμετάσχει σε ένα τέτοιο πείραμα, είναι τα δύο στοιχεία που τον κάνουν αξιόπιστο, ανεξάρτητα από το σε ποια από τις παραπάνω κατηγορίες ανήκει.

Το στοιχείο της αξιοπιστίας για τους συμμετέχοντες σε πειράματα αξιολόγησης ηχητικών δεδομένων, σε συνδυασμό βέβαια με τα προηγούμενα, μπορούν να εξασφαλίσουν την επιτυχή διεξαγωγή ενός τέτοιου τεστ με σαφή και αντικειμενικά αποτελέσματα μέσα σε πολύ λίγο χρόνο.

3.5 Ενέργειες κατά την επιλογή ακροατών

Η επιλογή των ακροατών είναι μια σύνθετη διαδικασία, η οποία υπόκειται σε συγκεκριμένες ενέργειες προκειμένου οι ερευνητές να φτάσουν στον στόχο τους. Δύο είναι τα βασικά βήματα που πρέπει να κάνει ένας ερευνητής στη φάση αυτή :

- Pre–screening of subjects.
- Post–screening of subjects.

3.5.1 Pre-screening of subjects

Σημαντικό κομμάτι της επιλογής των ακροατών είναι το πόσο καλά λειτουργεί η αίσθηση της ακοής τους. Προκειμένου να εξακριβωθεί αυτό, συνιστάται η διεξαγωγή ακοολογικών εξετάσεων σε όλους τους συμμετέχοντες.

Η προηγούμενη εμπειρία είναι ένα ακόμη βασικό στοιχείο, που πολλές φορές σε συνδυασμό με την καλή λειτουργική κατάσταση της ακοής ενός ανθρώπου, καθορίζει την τελική επιλογή των ακροατών. Όπως είναι λογικό, τα άτομα που έχουν λάβει μέρος στο παρελθόν σε παρόμοια τεστ, προτιμώνται.

Τέτοιου είδους διαδικασίες πρέπει να ακολουθούνται σε όλες τις περιπτώσεις διεξαγωγής πειραμάτων, όπου η συμμετοχή ανθρώπων είναι απαραίτητη, ανεξαρτήτως της εμπειρίας ή της καλής ακοής ενός ακροατή. Μια τέτοια διαδικασία, όπου ιατρικές εξετάσεις ή άλλου είδους ενέργειες (π.χ. ερωτηματολόγια) γίνονται στους συμμετέχοντες πριν την ενεργή εμπλοκή τους σε ανάλογες διαδικασίες, είναι γνωστή διεθνώς με τον όρο ***“Pre-screening of subjects”***.

3.5.2 Post-screening of subjects

Η ίδια διαδικασία, όμως, θα πρέπει να ακολουθηθεί και με το πέρας της πειραματικής διαδικασίας, ειδικά εάν κατά τη διάρκεια του τεστ διαπιστωθεί αντιφατική στάση από μερίδα των ακροατών. Για παράδειγμα, ας υποθεθεί πως οι αξιολογητές είναι πέντε. Αν στο τέλος του πειράματος, οι παρατηρήσεις του ενός διαφέρουν σημαντικά από εκείνες των υπόλοιπων τεσσάρων, θα πρέπει να ξαναγίνουν ακοολογικές εξετάσεις σε όλους τους ακροατές. Με τον τρόπο αυτό θα επιβεβαιωθούν τυχόν δυσλειτουργίες στην ακοή των συμμετεχόντων, οι οποίες μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την αδυναμία των ακροατών να εντοπίσουν αλλοιώσεις και διαφορές μεταξύ των υπό εξέταση ηχητικών δεδομένων.

Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή διεθνώς με τον όρο “**Post-screening of subjects**” και θεωρείται αναγκαία, προκειμένου να τεκμηριωθεί απτά η αντικειμενικότητα των αποτελεσμάτων σε κάθε είδους πειράματα, όπου η παρουσία και συμμετοχή ανθρώπων είναι απαραίτητη.

Η διεξαγωγή και των δύο παραπάνω ενεργειών είναι σημαντικός παράγοντας στη δημιουργία μιας έμπειρης ομάδας ακροατών. Ένα βασικό πλεονέκτημα μιας τέτοιας επιτροπής αξιολόγησης, η οποία έχει συσταθεί υπό αυτές τις συνθήκες, είναι το ότι μπορεί άνετα να χρησιμοποιείται περιοδικά σε διάφορα ψυχοακουστικά πειράματα, κάτι που σημαίνει ταυτόχρονα εξοικονόμηση χρόνου και γενικότερα απλοποίηση της όλης πειραματικής διαδικασίας.

Ακολουθεί μια επισκόπηση σχετικά με μια πιο γενικευμένη μέθοδο επιλογής ακροατών η οποία ονομάζεται **Generalized Listener Selection (GLS)**.

3.5.3 Μέθοδος επιλογής ακροατών GLS

Η μέθοδος επιλογής ακροατών **GLS (Generalized Listener Selection)** έχει αναπτυχθεί από τους (Matilla and Kurittu 2004) και (Isherwood, et al. 2003) και αποτελεί μια πιο γενικευμένη διαδικασία που ακολουθείται από τους ερευνητές προκειμένου να συσταθεί μια ομάδα αξιολόγησης.

Πρωταρχικός σκοπός της μεθόδου αυτής είναι η δημιουργία μιας ομάδας από άτομα τα οποία δεν έχουν ιδιαίτερη ή και καθόλου εμπειρία γύρω από τα ψυχοακουστικά τεστ. Τα άτομα αυτά πρέπει να πληρούν τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Να αποτελούν αντιπροσωπευτικό δείγμα ενός ευρύτερου καταναλωτικού κοινού.
- Σωστή λειτουργία του συστήματος ακοής τους.
- Ανεπτυγμένη αίσθηση ακοής για την καλύτερη κατανόηση των χαρακτηριστικών ενός ήχου.

- Να μπορούν να αξιολογούν ηχητικά δεδομένα κατ' επανάληψη κατά τη διάρκεια ενός ψυχοακουστικού τεστ.
- Να είναι πάντα διαθέσιμοι όταν τους ζητηθεί να πάρουν μέρος σε ένα ψυχοακουστικό τεστ.

Η μέθοδος GLS αποτελείται από τρία βήματα που θα βοηθήσουν στην επιλογή των ακροατών τα οποία είναι:

- Ένα ερωτηματολόγιο το οποίο πρέπει οι υποψήφιοι ακροατές να συμπληρώσουν.
- Ακρόαση και αξιολόγηση των χαρακτηριστικών απλών ηχητικών τόνων.
- Εξέταση διαδικασιών που έλαβαν χώρα σε προηγούμενα τεστ.

Το ερωτηματολόγιο, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.1, χρησιμοποιείται για να διαπιστωθεί το αν οι ακροατές ανήκουν στην ευρύτερη κοινωνία και δεν αποτελούν μέρος μιας μικρής μειοψηφίας εξειδικευμένων ατόμων που ασχολούνται με την τεχνολογία του ήχου. Περιλαμβάνει ερωτήσεις γενικού περιεχομένου που σχετίζονται όμως με τη μουσική και τον ήχο γενικότερα.

Do you listen to music?

Do you visit music concerts, operas, ballads, plays, etc.?

Do you play a musical instrument or sing?

Do you consider yourself a critical listener?

How often do you go to the cinema?

Do you own a Hi-fi? Yes No

If so, estimate the value of the Hi-fi (EIM):

Do you own a surround sound system or TV? Yes No

Are you an audio enthusiast?

Have you ever used a mobile phone?

Have you ever used a car hands-free kit?

Have you ever used a desktop hands-free system?

Have you ever used some other kind of equipment for "phoning"? Yes No

If so, what:

Have you had a phone call with someone calling from a mobile phone?

Are you professionally or academically involved in audio, acoustics or Hi-fi?

Are you professionally or academically involved in linguistics? Yes No

What is your mother tongue?

Do you have a known history of hearing damage? Yes No

Do you have normal vision (with or without glasses)? Yes No

Have you ever previously participated in formal listening tests? Yes No

If so, how many:

Please give a brief description of these tests, if known:

Would you be willing to participate in an audiometric normal hearing test? Yes No

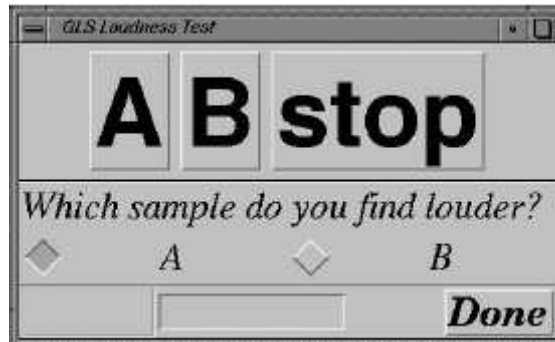
Would you be able to participate tests during the next summer holidays? June July August

Age:

What is your gender? Male Female

Εικόνα 3.1: Ερωτηματολόγιο Μεθόδου GLS.

Τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου ακολουθεί η ακρόαση απλών τόνων, φωνητικών σημάτων κ.α., προκειμένου να διαπιστωθεί το αν οι υποψήφιοι αντιλαμβάνονται διαφορές και αλλοιώσεις στα κύρια χαρακτηριστικά ενός ήχου, όπως η ένταση, η χροιά, παραμορφώσεις κτλ. Κάθε ένα από αυτά τα απλά πειράματα είναι το ίδιο για όλους τους υποψήφιους με σκοπό την απλοποίηση της διαδικασίας αυτής, η οποία είναι μια απλή σύγκριση ανάμεσα στα χαρακτηριστικά δύο απλών ηχητικών σημάτων με την βοήθεια ενός λογισμικού όπως αυτό που φαίνεται στη εικόνα 3.2.



Εικόνα 3.2 : Γραφικό περιβάλλον λογισμικού για τη μέθοδο GLS.

Σε κάθε πείραμα υπάρχουν πέντε διαφορετικά είδη σημάτων, καθένα απ' τα οποία έχει υποστεί διαφορετική κωδικοποίηση ή άλλου είδους επεξεργασία, ενώ οι αξιολογούμενες μεταβλητές (ένταση, ηχητική ποιότητα κτλ), διαφέρουν για κάθε περίπτωση. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συνοπτικά οι παράμετροι που μπορεί να περιλαμβάνει το εν λόγω τεστ.

Independent variable level	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4a	Exp. 4b
1	Relative reproduction level = 8 dB	Pulse-code modulation (PCM)	PCM (44.1 kHz)	Six-channel pantophonic reproduction of decoded B-Format recording	Binaural Room Impulse Response processing
2	Relative reproduction level = 4 dB	Low-Delay Code Excited Linear Prediction (LD-CELP)	MPEG AAC (24 kHz)	Stereophonic reproduction of Blumlein microphone recording	Simplified HRTF model processing
3	Relative reproduction level = 3 dB	Global system for Mobile Communication Full Rate (GSM-FR)	MPEG AAC (16 kHz)	Stereophonic reproduction of omni-directional microphone recording	Stereo amplitude panning
4	Relative reproduction level = 0 dB	Global system for Mobile Communication Half Rate (GSM-HR)	MPEG AAC (8 kHz, 16 kbps)	Monophonic reproduction at +30°	Diotic presentation of speech excerpts
Sample	Pink Noise	Phonetically rich speech	Pop music	Environment recording (cafe)	Speech
Dependent variable	Loudness	Speech quality	Audio quality	Spatial quality	Spatial quality

Πίνακας 3.1 : Σύνοψη παραμέτρων ενός απλού τεστ.

Η χρήση μιας μεθόδου, όπως η GLS, δίνει τη δυνατότητα στους ερευνητές παγκοσμίως να δημιουργήσουν ομάδες αξιολόγησης από την αρχή. Αυτό είναι και το βασικό της πλεονέκτημα. Οι ομάδες αυτές μπορεί να

αποτελούνται από 10 έως 30 άτομα, τα οποία με περαιτέρω εξάσκηση και εξοικείωση γύρω από ψυχοακουστικά τεστ μπορούν να εξελιχθούν σε πεπειραμένους αξιολογητές, οι οποίοι είναι έτοιμοι πλέον να χρησιμοποιηθούν μελλοντικά σε πολλά σχετικά πειράματα.

Προηγούμενη εμπειρία σχετικά με την επιλογή ακροατών, μέσω της μεθόδου GLS, έχει δείξει πως για να φτάσει ένας ερευνητής σε σημείο να έχει μια ομάδα 30 επίλεκτων αξιολογητών, θα πρέπει να εξεταστούν περισσότερα από 120 άτομα. Από τα άτομα αυτά, ένα ποσοστό 50% μπορεί να μην περάσει με επιτυχία τα τεστ, ενώ ένα 10 – 25% μπορεί να μην πληροί άλλες προϋποθέσεις.

3.6 Εξάσκηση ακροατών

Η τελευταία παράγραφος του κεφαλαίου αυτού έχει να κάνει με μια ακόμη σημαντική παράμετρο ενός ψυχοακουστικού τεστ, την εξάσκηση των ακροατών. Η διαδικασία αυτή μπορεί να εξυπηρετήσει διάφορους σκοπούς, μερικοί από τους οποίους είναι:

- Εξοικείωση των ακροατών με τις πειραματικές συνθήκες.
- Διατήρηση της ικανότητας αξιολόγησης των ακροατών.

3.6.1 Εξοικείωση των ακροατών με τις πειραματικές συνθήκες

Πριν τη διεξαγωγή ενός ψυχοακουστικού τεστ θεωρείται απαραίτητη η εξοικείωση των ακροατών με τις διάφορες συνθήκες που θα επικρατήσουν κατά τη διάρκεια του πειράματος. Στοιχεία όπως, ο χώρος όπου θα διεξαχθεί το πείραμα, οι κωδικοποιητές ή άλλες συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν, η εκάστοτε βαθμολογική κλίμακα, το εξεταζόμενο ηχητικό υλικό και γενικότερα, η όλη πειραματική διαδικασία, είναι βασικές παράμετροι που θα πρέπει να μελετηθούν από τους συμμετέχοντες. Σε αυτή τη φάση συνιστάται η ομαδοποίηση των συμμετεχόντων σε γκρουπ, αφού κάτι τέτοιο θα δώσει τη

δυνατότητα συνεργασίας μεταξύ των ακροατών, οι οποίοι μπορούν ελεύθερα να ανταλλάξουν απόψεις σχετικά με την όλη πειραματική διαδικασία.

Ιδιαίτερη προσοχή σε αυτή τη φάση πρέπει να δοθεί στην περίπτωση που πρόκειται να αξιολογηθούν ηχητικά δεδομένα που έχουν επεξεργαστεί με νέους αλγόριθμους συμπίεσης.

Θα μπορούσε να πει κανείς, πως όλα τα παραπάνω αποτελούν και κάποιες γενικές οδηγίες για τη διεξαγωγή του τεστ. Οι οδηγίες και τα χαρακτηριστικά αυτά θα πρέπει να δοθούν στους ακροατές και σε έγγραφη μορφή και κατόπιν να συζητηθούν μεταξύ αυτών και των ερευνητών. Στοιχεία, που δεν θα διασαφηνιστούν προς τους ακροατές, μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την όλη διαδικασία. Το ότι κάποια πράγματα θεωρούνται αυτονόητα για τους ερευνητές, δε σημαίνει πως είναι αυτονόητα και για τους ακροατές.

3.6.2 Διατήρηση της ικανότητας αξιολόγησης των ακροατών

Μέσα από τη φάση της εξάσκησης, έχει επίσης διαπιστωθεί πως οι ακροατές διατηρούν την ικανότητά τους σχετικά με το να αξιολογούν σωστά τα δεδομένα σε ένα ψυχοακουστικό πείραμα.

Σύμφωνα με τον (Bech 1993) η εξάσκηση βοηθάει σημαντικά έναν ακροατή να διατηρήσει την αξιολογητική του ικανότητα για μια περίοδο από 4 έως 6 μήνες. Μετά το πέρας αυτής της περιόδου και εφόσον οι ακροατές δεν έχουν ή δεν πρόκειται να πάρουν μέρος σε κάποιο ανάλογο τεστ, συνιστάται η επανάληψη μιας τέτοιας διαδικασίας εξάσκησης, που μπορεί να έχει τη μορφή ενός απλού τεστ, όπου εξετάζονται και αξιολογούνται βασικά χαρακτηριστικά ενός ήχου. Σε περίπτωση δε, που έχει συσταθεί μια ομάδα αξιολόγησης από επίλεκτους ακροατές, θεωρείται ακόμα πιο αναγκαία η συμμετοχή των ανθρώπων αυτών σε ανάλογες διαδικασίες.

Η φάση της εξάσκησης, προκειμένου οι ακροατές να διατηρήσουν τις ικανότητές τους, εκτός από απλά τεστ μπορεί να περιλαμβάνει και ακρόαση συναυλιών, παραστάσεις θεάτρου ή κινηματογράφου, καθώς επίσης και

εξάσκηση σε σπίτια μέσω ακρόασης ίδιων ηχητικών δεδομένων σε διαφορετικούς χώρους και από διαφορετικές ηχητικές συσκευές.

4 Ηλεκτροακουστικά χαρακτηριστικά

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν διάφορα ηλεκτροακουστικά θέματα, που σχετίζονται με τη διεξαγωγή ψυχοακουστικών τεστ. Το κεφάλαιο αυτό χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος θα μελετηθεί το θέμα των χώρων ακρόασης, σε σχέση με συγκεκριμένα πρότυπα δωματίων ακρόασης. Επίσης, θα γίνει μια γενική επισκόπηση γύρω από προϋποθέσεις που σχετίζονται με την τοποθέτηση των μεγαφώνων και των ακροατών στους χώρους ακρόασης. Επιπλέον, παρέχεται μια σύντομη περιγραφή γύρω από το πώς η ύπαρξη συνοδευτικών εικόνων μπορεί να αλληλεπιδρά με τις συνθήκες ενός ψυχοακουστικού πειράματος.

Το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει βασικές πληροφορίες που σχετίζονται με την επιλογή και τις ρυθμίσεις των ηλεκτρικών/ηχητικών συσκευών που απαιτούνται σε ανάλογες πειραματικές διαδικασίες.

ΜΕΡΟΣ Α'

4.1 Χώροι ακρόασης

Υπάρχουν αρκετοί και διαφορετικοί τύποι χώρων ακρόασης που έχουν κατά καιρούς σχεδιαστεί προκειμένου να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή ψυχοακουστικών τεστ.

Η ιδέα για ένα δωμάτιο ακρόασης έχει αναπτυχθεί με σκοπό να δημιουργηθούν χώροι αναφοράς μέσα στους οποίους να μπορούν να διεξαχθούν κάποιοι τύποι πειραμάτων. Για τεστ με χρήση ακουστικών, η επιρροή του χώρου είναι πρακτικά ασήμαντη και σαν αποτέλεσμα τα ακουστικά χαρακτηριστικά του μπορεί να μην παίζουν τόσο σημαντικό ρόλο. Όταν διεξάγονται τέτοια πειράματα είναι σημαντικό – όπως άλλωστε σε όλες τις επιστημονικές εργασίες - τα αποτελέσματα αυτών να είναι συγκρίσιμα με τα αποτελέσματα κάποιων άλλων. Για να συμβεί αυτό, θα πρέπει οι εγκαταστάσεις και οι μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν, σε δύο διαφορετικούς χώρους για παράδειγμα, να είναι παρόμοιες. Για τα

ψυχοακουστικά τεστ, οι ακουστικές ιδιότητες του χώρου παίζουν σημαντικό ρόλο. Όπως συμβαίνει και με την ακουστική συναυλιακών χώρων, τα κατασκευαστικά και ακουστικά χαρακτηριστικά ενός δωματίου ακρόασης θα επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό τα χαρακτηριστικά του ηχητικού πεδίου ακρόασης. Επομένως, είναι σημαντικό να ληφθούν σοβαρά υπόψη τα παραπάνω χαρακτηριστικά ενός δωματίου για να εξλειφθεί το ενδεχόμενο αποτυχίας ενός τεστ.

Καταλαβαίνει, λοιπόν, κανείς πως βασική ιδιότητα ενός τέτοιου μέρους αποτελεί η ακουστική συμπεριφορά του απέναντι σε φυσικά χαρακτηριστικά του ήχου όπως αντήχηση, θόρυβος βάθους κτλ. Επίσης, ένα τέτοιο δωμάτιο επιβάλλεται να είναι απομονωμένο από θορυβώδεις περιβάλλοντες χώρους, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται, ότι ήχοι και δονήσεις (π.χ. εξαερισμός, παρακείμενος δρόμος κτλ) δεν επηρεάζουν δυσμενώς την ακρόαση στο εσωτερικό του.

Όταν ξεκινάει ο σχεδιασμός για να φτιαχτεί ένας τέτοιος χώρος, είναι καλό, κυρίως για τους ερευνητές, να είναι ενήμεροι για όλους τους κανόνες που πρέπει να τηρηθούν. Συνιστάται η συνεργασία των ερευνητών σε αυτό το στάδιο με ειδικούς σε θέματα ακουστικής, οι οποίοι με τη σειρά τους πρέπει να έχουν και την ανάλογη εμπειρία στο συγκεκριμένο αντικείμενο και ειδικότερα, εμπειρία στην κατασκευή τέτοιων δωματίων.

4.1.1 Δωμάτιο ακρόασης IEC 60268 - 13

Μια από τις πρώτες τεχνικές αναφορές που σχετίζονται με τις προδιαγραφές ενός χώρου ακρόασης, προσέφερε η **Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (International Electrotechnical Commission IEC)**. Η αναφορά αυτή αναπτύχθηκε αρχικά το 1985 σαν IEC 268-13 και ανανεώθηκε το 1998 σαν IEC 60268-13 (Sound System Equipment-Part 13: Listening Tests on Loudspeakers 1998). Εφαρμόζεται κυρίως σε πειράματα όπου αξιολογούνται μεγάφωνα με μονοφωνικές, στερεοφωνικές και πολυκάνναλες διατάξεις. Το πρότυπο, επίσης, προσφέρει οδηγίες για ηχητική αξιολόγηση επί τηλεοπτικών συστημάτων.

Ο πρωταρχικός στόχος των ακουστικών δωματίων IEC 60268-13, είναι να προσφέρουν ένα σταθερό και ελεγχόμενο ακουστικό περιβάλλον που προσεγγίζει ένα οικιακό ηχητικό περιβάλλον. Ένα από τα προβλήματα με αυτή την προδιαγραφή είναι το ότι δε δίνει συγκεκριμένες πληροφορίες γύρω από τα ακουστικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά ενός τέτοιου χώρου. Παρέχονται ωστόσο οδηγίες προκειμένου να αποφευχθούν σοβαρά ακουστικά ελαττώματα, που ενδεχομένως να επηρεάσουν αρνητικά την ακουστική απόδοση του δωματίου. Αυτό έχει μεγάλη σημασία όσον αφορά την αντήχηση, τη χροιά, και το θόρυβο βάθους.

Για να εξασφαλιστεί κατάλληλη κατανομή των στάσιμων κυμάτων χαμηλής συχνότητας, ο λόγος διαστάσεων ενός ακουστικού δωματίου σύμφωνα με την προδιαγραφή IEC 60268-13, θα πρέπει να βασίζεται στο παρακάτω κριτήριο:

$$(w/h) \leq (l/h) \leq (4.5(w/h) - 4)$$

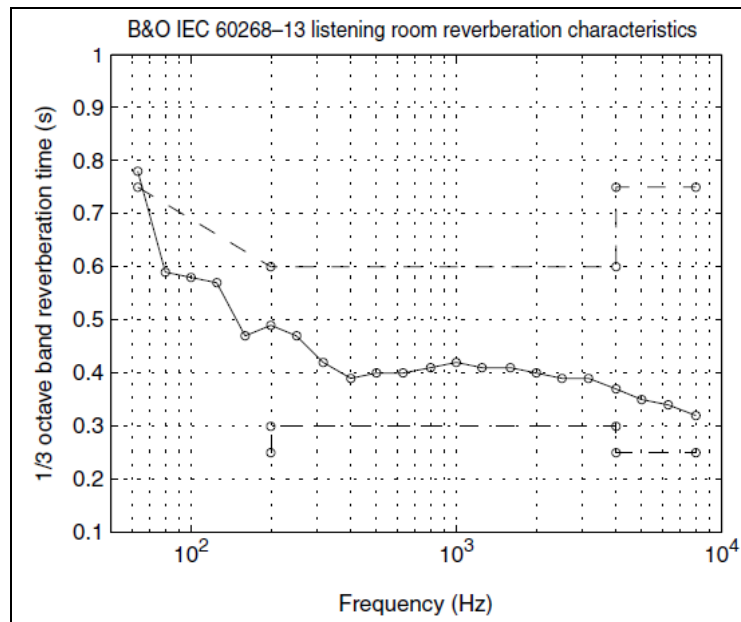
$$(w/h) < 3$$

όπου l είναι το μήκος του δωματίου, h είναι το ύψος και w είναι το πλάτος του δωματίου.

Επιπλέον, συνιστάται ο χώρος του πατώματος, για μονοφωνικές και στερεοφωνικές αναπαραγωγές, να κυμαίνεται ανάμεσα στα 25-40 τετραγωνικά μέτρα, ενώ για πολυκάνναλες αναπαραγωγές, ανάμεσα στα 30-45 τετραγωνικά.

Επιπροσθέτως, στο λόγο διαστάσεων που επηρεάζει την κατανομή των στάσιμων κυμάτων στο δωμάτιο, θα πρέπει να ελέγχεται προσεκτικά και ο χρόνος αντήχησης. Συνιστάται ο μέσος όρος αντήχησης T_m να κυμαίνεται στα όρια 0,3–0,6s στο συχνοτικό εύρος 200–4000 Hz. Ο χρόνος αντήχησης θα πρέπει να μετριέται σύμφωνα με τα όσα ορίζονται από το πρότυπο ISO. 3382 (Acoustics–Measurement of Reverberation Time of Rooms 1997), χωρίς την παρουσία ακροατών μέσα στο δωμάτιο. Σε περιπτώσεις όπου απαιτείται ένας

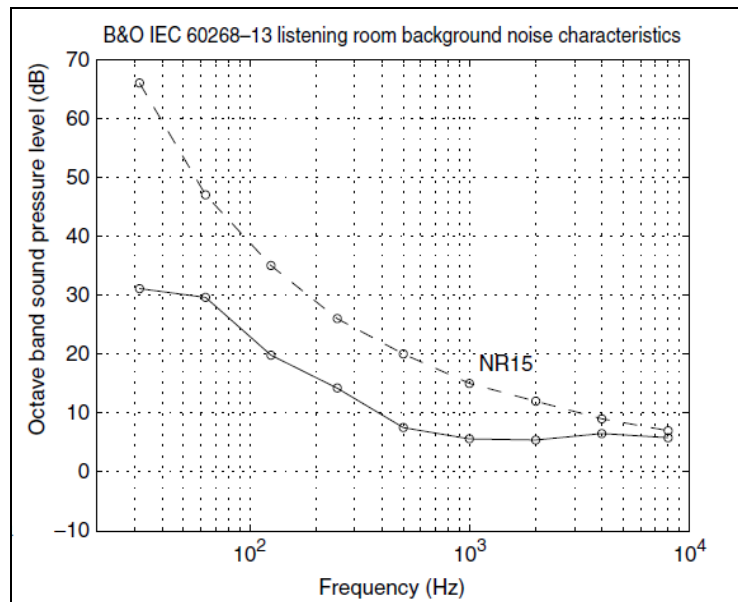
πιο αυστηρός προσδιορισμός, συνιστάται οι αντηχήσεις να βρίσκονται μέσα στα όρια που απεικονίζονται στο σχήμα 4.1, με μέση αντήχηση στα 0.4s.



Σχήμα 4.1: Μέση τιμή χρόνου αντήχησης δωματίου IEC 60268-13.

Το δωμάτιο θα πρέπει να είναι επιπλωμένο κανονικά, σαν ένα κοινό καθιστικό σπιτιού, προσφέροντας την τυπική απορρόφηση και διάχυση του ήχου. Το πάτωμα πρέπει να είναι απορροφητικό και το ταβάνι ανακλαστικό.

Για να είναι ένας χώρος κατάλληλος για χρήση σε ακουστικά τεστ, το επίπεδο του θορύβου βάθους δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα 20-25 dBA (βλ. σχήμα 4.2). Αυτοί οι αριθμοί απόδοσης πρέπει να μετρούνται με τον εξαερισμό, καθώς και τον υπόλοιπο εξοπλισμό σε λειτουργία και χωρίς οι ακροατές να είναι παρόντες. Ένα παράδειγμα ενός τέτοιου δωματίου μπορεί να δει κανείς στο κέντρο οπτικοακουστικών εφαρμογών Bang and Olufsen, στη Δανία (βλ. εικόνα 4.1).



Σχήμα 4.2: Θόρυβος βάθους δωματίου IEC 60268–13.



Εικόνα 4.1: Δωμάτιο ακρόασης IEC 60268–13 Bang and Olufsen.

Το πρότυπο του ITU–R. BS. 1116–1, που αναλύεται στο έκτο κεφάλαιο, περιέχει συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με τις κατασκευαστικές και ακουστικές προδιαγραφές των χώρων ακρόασης που χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα σε ακουστικά τεστ υποκειμενικής αξιολόγησης της ποιότητας του ήχου.

4.2 Τοποθέτηση μεγαφώνων και ακροατών

Αφού έχει οριστεί ο χώρος που θα χρησιμοποιηθεί, πρέπει να καθοριστούν οι θέσεις των ακροατών και των μεγαφώνων. Η ακουστική εμπειρία κατά τη διεξαγωγή του τεστ σχετίζεται άμεσα με την αλληλεπίδραση ανάμεσα στο δωμάτιο, τα μεγάφωνα και τη θέση ακρόασης και διαφοροποιείται ανάλογα με τη θέση των δύο τελευταίων.

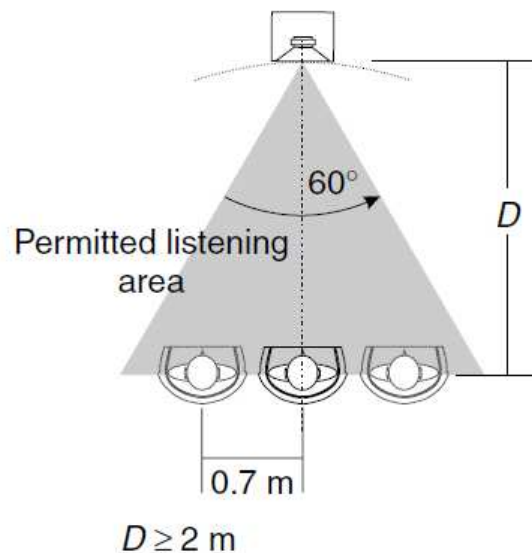
4.2.1 Θέση ακρόασης

Σε όλα τα ψυχοακουστικά τεστ, η θέση ακρόασης ορίζεται ως το ιδανικό σημείο τοποθέτησης ενός ακροατή σε σχέση πάντα με τα σημεία που έχουν τοποθετηθεί τα μεγάφωνα. Πρέπει εδώ να σημειωθεί πως κανένα πρότυπο ηχητικής αξιολόγησης δεν προσδιορίζει το απόλυτα ιδανικό σημείο τοποθέτησης ενός ακροατή. Μόνο στο πρότυπο EBU 3276 (Listening Conditions for the Assessment of Sound Programme Material: Monophonic and Two-Channel Stereophonic, 2nd ed. 1998) αναφέρεται ότι όλες οι πιθανές θέσεις ακρόασης πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 1.5 m από τοίχους και άλλες ανακλαστικές επιφάνειες. Οι ερευνητές πρέπει, επίσης, να γνωρίζουν πως αν ένα σημείο ακρόασης τυχαίνει να βρίσκεται στο κέντρο περίπου ενός χώρου ακρόασης, ενδεχομένως να δημιουργούνται στάσιμα κύματα στη θέση αυτή.

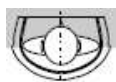
Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο σχετικά με τη θέση ακρόασης, είναι η πιθανότητα ταυτόχρονης ακρόασης για πάνω από ένα άτομα. Είναι κάτι που δε συνιστάται από κανένα πρότυπο. Από την άλλη όμως, πολλές φορές για λόγους εξοικονόμησης χρόνου, οι ερευνητές φτάνουν σε σημείο να χρησιμοποιούν ταυτοχρόνως περισσότερους από έναν ακροατές σε μια ακροαματική διαδικασία. Τα σχήματα που ακολουθούν, απεικονίζουν τα σημεία τοποθέτησης μεγαφώνων και ακροατών όπως επίσης και εναλλακτικά σημεία ακρόασης για περισσότερους από έναν ακροατές.

4.2.1.1 Μονοφωνική αναπαραγωγή

Η βασική προσέγγιση της μονοφωνικής αναπαραγωγής φαίνεται στο σχήμα 4.3, όπου ένα και μοναδικό μεγάφωνο τοποθετείται ακριβώς απέναντι από τον ακροατή σε ελάχιστη απόσταση 2 m και τουλάχιστον 1 m από κάθε ανακλαστική επιφάνεια ή τοίχο. Συνιστάται η απόσταση του ακουστικού άξονα (on axis), του μεγαφώνου να είναι 1,2 m από το πάτωμα, σύμφωνα πάντα με ό,τι ορίζεται από τον κατασκευαστή του μεγαφώνου σχετικά με τον ακουστικό άξονα. Το ιδανικό σημείο ακρόασης επισημαίνεται σε κάθε περίπτωση, αν και θα είναι καλό να δοκιμαστούν και άλλες εναλλακτικές θέσεις ακρόασης για περιπτώσεις που υπάρχουν πάνω από ένας ακροατές, πάντα μέσα στα όρια του ηχητικού πεδίου ακρόασης (σκιαγραφημένη περιοχή).



Σχήμα 4.3 : Μονοφωνική ακρόαση βάσει του προτύπου ITU-R. BS. 1116-1.



: Ιδανικό σημείο ακρόασης.



: Εναλλακτική θέση ακρόασης.

Η παραπάνω διάταξη θεωρείται ιδανική για αξιολόγηση κωδικοποιητών. Έρευνες πάνω στο θέμα τοποθέτησης των μεγαφώνων από τους (Bech, Perception of timbre of reproduced sound in small rooms: Influence of room

and loudspeaker position 1994) και (An overview of multichannel level alignment 1998), δείχνουν ότι η θέση ενός μεγαφώνου μέσα στο δωμάτιο ακρόασης, έχει σημαντική επιρροή στα ηχοχρωματικά χαρακτηριστικά ενός σήματος. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περίπτωση που αξιολογούνται δύο διαφορετικά μεγάφωνα. Σε τέτοιες περιπτώσεις, είναι δύσκολο να διαχωριστεί η συνεισφορά της αξιολόγησης ενός ακροατή και το αν το τελικό αποτέλεσμα της αξιολόγησης αυτής συνδέεται με τη θέση του μεγαφώνου ή με τον τύπο του μεγαφώνου. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, ο ερευνητής μπορεί να σχεδιάσει ένα πείραμα όπου όλα τα μεγάφωνα αξιολογούνται σε όλες τις εναλλακτικές θέσεις, αν και κάτι τέτοιο είναι αρκετά χρονοβόρο.

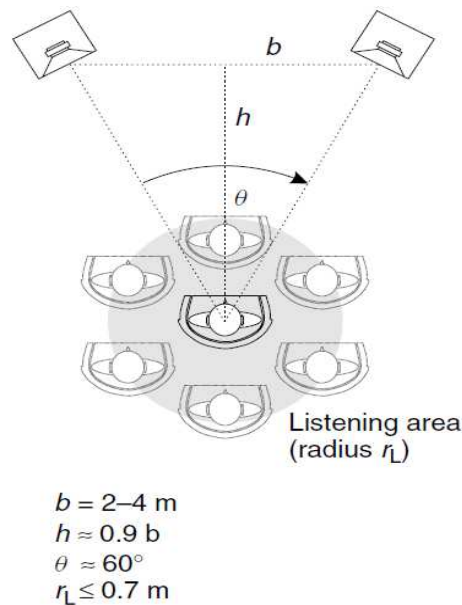
Ο ερευνητής θα πρέπει να εξετάσει προσεκτικά ποιος είναι ο σκοπός του πειράματος. Θα πραγματοποιηθεί αξιολόγηση κωδικοποιημένων ηχητικών δεδομένων ή αξιολόγηση της ποιότητας μεγαφώνων; Στη δεύτερη περίπτωση θα πρέπει να καθοριστεί εξ' αρχής, το ποια θα είναι τα σημεία τοποθέτησης των μεγαφώνων και το αν τα σημεία αυτά θα πρέπει να αλλάξουν κατά τη διάρκεια του πειράματος.

4.2.1.2 Στερεοφωνική αναπαραγωγή

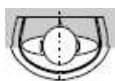
Για στερεοφωνική αναπαραγωγή, η διάταξη των μεγαφώνων και των ακροατών φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Σύμφωνα με το πρότυπο EBU 3276 , τα μεγάφωνα πρέπει να είναι συμμετρικά τοποθετημένα στο δωμάτιο ακρόασης σε μια απόσταση από 2-4 m μεταξύ τους και σε γωνία $\pm 30^\circ$ περίπου σε σχέση με την ιδανική θέση ακρόασης. Επίσης, πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη του 1 m από ανακλαστικές επιφάνειες ή τοίχους. Και σε αυτή την περίπτωση συνιστάται η απόσταση του ακουστικού άξονα (on axis) του μεγαφώνου να είναι 1,2 m από το πάτωμα, σύμφωνα πάντα με ό,τι ορίζεται από τον κατασκευαστή σχετικά με τον ακουστικό άξονα. Η βασική διαφορά μεταξύ του προτύπου ITU-R. BS. 1116-1 (Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems including multichannel sound systems 1997) και του EBU 3276 (Listening Conditions for the Assessment of Sound

Programme Material: Monophonic and Two-Chanel Stereophonic, 2nd ed. 1998), είναι ότι το πρώτο συνιστά την παρουσία τριών ακροατών το πολύ, τη στιγμή που στο πρότυπο EBU 3276 μπορούν να υπάρχουν έως και επτά ακροατές ταυτόχρονα.



Σχήμα 4.4 : Στερεοφωνική ακρόαση σύμφωνα με το πρότυπο EBU 3276.



: Ιδανικό σημείο ακρόασης.



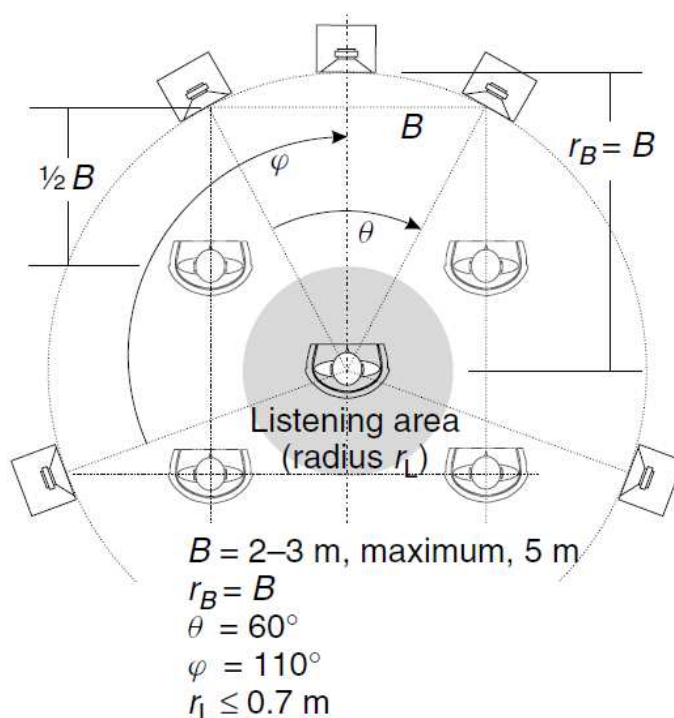
: Εναλλακτική θέση ακρόασης.

Πολυκάνναλη αναπαραγωγή

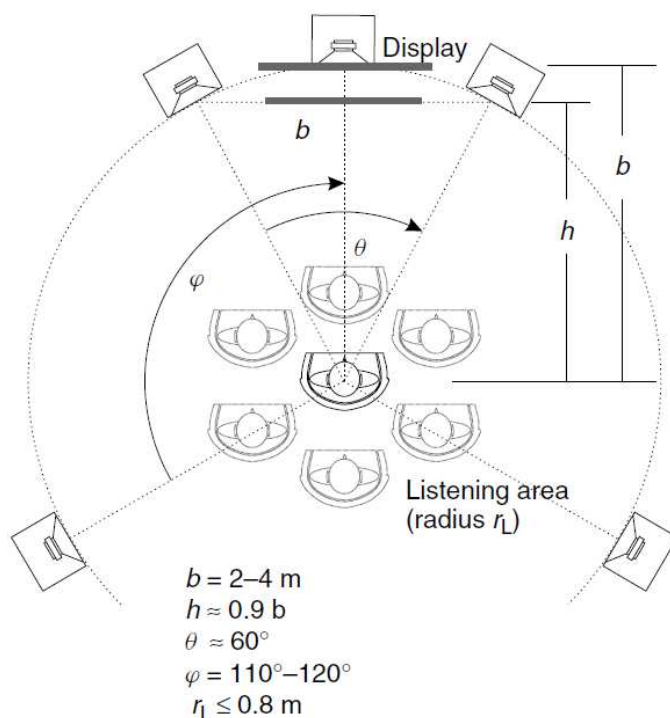
Πολλοί και διαφορετικοί τύποι συστημάτων αναπαραγωγής πολυκάνναλου ήχου έχουν εξελιχθεί τα τελευταία χρόνια και συνεχίζουν να εξελίσσονται. Η πιο διαδεδομένη διάταξη πολυκάνναλης ηχητικής αναπαραγωγής περιλαμβάνει πέντε κανάλια σε διάταξη 3/2, δηλαδή με 3 μεγάφωνα μπροστά και 2 surround μεγάφωνα πίσω. Το σύστημα προαιρετικά μπορεί να συμπληρώνεται και από ένα subwoofer. Το κοινό και τυποποιημένο σχέδιο για τέτοια συστήματα καθορίστηκε αρχικά από το πρότυπο ITU-R. BS. 775-1 (Multichannel Stereophonic Sound Systems with and without

Accompanying Picture 1994) και η διάταξη που φαίνεται στο σχήμα 4.5, χρησιμοποιείται και σε ψυχοακουστικά τεστ που γίνονται με βάση το πρότυπο ITU-R. BS. 1116-1. Τα μεγάφωνα τοποθετούνται στις 0° , $\pm 30^\circ$, και $\pm 110^\circ$ αντίστοιχα. Συνιστάται τα μεγάφωνα να τοποθετούνται περιμετρικά του κύκλου αναφοράς, ακτίνας r_B , όπως φαίνεται και στο σχήμα. Το πρότυπο ITU-R. BS.1116-1 συνιστά και σε αυτή την περίπτωση, πως όλα τα ηχεία πρέπει να τοποθετούνται σε απόσταση μεγαλύτερη τους 1 m, μακριά από τοίχους ή άλλες ανακλαστικές επιφάνειες, ενώ το πρότυπο EBU 3276 περιλαμβάνει και ακρόαση με τη βοήθεια συνοδευτικών εικόνων ή βίντεο.

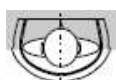
Παρόλα αυτά, στα περισσότερα δωμάτια ακρόασης το θέμα αυτό προκαλεί πρόβλημα με τα ηχεία surround. Το ύψος των μεγαφώνων από το πάτωμα καθορίζεται στα 1,2 m σε σχέση με τον άξονα τους με εξαίρεση το πρότυπο ITU-R. BS. 775-1, όπου τα ηχεία surround μπορούν να αλλάξουν κλίση (βλ. πίνακα 4.1).



Σχήμα 4.5: Πολυκάνναλη ακρόαση σύμφωνα με το πρότυπο ITU-R BS. 775-1.



Σχήμα 4.6: Πολυκάνναλη ακρόαση σύμφωνα με το πρότυπο EBU 3276.



: Ιδανικό σημείο ακρόασης.



: Εναλλακτική θέση ακρόασης.

Πρότυπο	Γωνία τοποθέτησης μεγαφώνων	Ύψος	Κλίση
ITU – R. BS. 775 – 1	100 - 120°	≥ 1.2 m	0 - 15° ▼
ITU – R. BS. 1116 – 1	110°	1.2 m	-
EBU 3276	110 - 120°	1.2 m	< 10° ▼

Πίνακας 4.1: Χαρακτηριστικά τοποθέτησης μεγαφώνων surround για πολυκάνναλη ακρόαση.

4.3 Ηχητική ακρόαση σε συνδυασμό με εικόνες

Πολλές φορές κατά τη διεξαγωγή ενός τεστ ηχητικής αξιολόγησης, υπάρχει το ενδεχόμενο ακρόασης ηχητικών δεδομένων τα οποία συνοδεύονται από εικόνες σε μορφή φωτογραφίας ή βίντεο. Σε περιπτώσεις που τα ηχητικά σήματα συνδέονται με την εικόνα, όπως για παράδειγμα ένα

soundtrack από μια ταινία ή ένα ντοκιμαντέρ, οι ερευνητές έχουν τη δυνατότητα να συνδυάσουν την ηχητική ακρόαση με τη συνοδεία εικόνας.

Στο σχεδιασμό και την οργάνωση ενός τεστ το οποίο θα συνδυάζει ταυτόχρονη ακρόαση ήχου και εικόνας, πρέπει κανείς να μελετήσει προσεκτικά όλες τις προϋποθέσεις για τη σωστή διεξαγωγή του, καθώς τα προβλήματα που ενδεχομένως θα προκύψουν θα είναι σοβαρά. Για παράδειγμα, το σύστημα να μην μπορεί να αναπαράγει ταυτόχρονα δεδομένα ήχου και εικόνας ή ο χώρος ακρόασης να είναι μικρός και να μην μπορεί να φιλοξενήσει ένα τέτοιο σύστημα αναπαραγωγής. Πρέπει να σημειωθεί πως κανένα από τα πρότυπα που μελετώνται σε αυτή την εργασία, αλλά και γενικότερα, δεν παρέχει σαφείς πληροφορίες γι' αυτό το θέμα, καθώς μια τέτοια μέθοδος βρίσκεται ακόμα σε εμβρυακό στάδιο. Μια γενική προσέγγιση επί του θέματος αυτού περιγράφεται από το πρότυπο ITU – R. BT. 500 – 11. Ο ενδιαφερόμενος αναγνώστης καλείται να ανατρέξει στο εν λόγω πρότυπο για περισσότερες πληροφορίες.

ΜΕΡΟΣ Β'

4.4 Βαθμονόμηση ηχητικών συσκευών

Η βαθμονόμηση (ή αλλιώς καλιμπράρισμα, ρύθμιση) των ηχητικών συσκευών, είναι μια διαδικασία μέσω της οποίας διαπιστώνεται αν το σύστημα αναπαραγωγής λειτουργεί όπως πρέπει. Το καλιμπράρισμα μιας ηχητικής συσκευής, όπως ένα μεγάφωνο ή ένας ενισχυτής για παράδειγμα, μπορεί να χωριστεί σε τρία διαφορετικά βήματα:

- Ρύθμιση έντασης.
- Ρύθμιση συχνότητας.
- Ρύθμιση φάσης.

Η ενότητα που ακολουθεί επικεντρώνεται στη ρύθμιση της έντασης των ηχητικών συσκευών.

Η διαδικασία ρύθμισης της έντασης μπορεί να χωριστεί στις εξής υποκατηγορίες:

- Ρύθμιση έντασης συσκευών αναπαραγωγής.
- Ρύθμιση έντασης ηχητικών σημάτων.

Σύμφωνα με τους (Bech and Zacharov, *Perceptual Audio Evaluation-Theory, Method and Application* 2006) υπάρχουν δύο σημεία κλειδιά για το καλιμπράρισμα της έντασης των ηχητικών συσκευών. Πρώτον, πρέπει το σύστημα αναπαραγωγής να είναι ελεγχόμενο, το οποίο σημαίνει ότι επιδέχεται παραμετροποίησης στις ρυθμίσεις του. Για παράδειγμα, αν γίνεται ακρόαση και αξιολόγηση μουσικών ηχητικών δεδομένων, οι ακροατές πρέπει να ακούν αυτό που δημιουργήθηκε κατά το τελικό στάδιο παραγωγής ενός δίσκου, αλλά να έχουν ταυτόχρονα και τη δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης πάντα μέσα στα επιτρεπτά όρια.

Δεύτερον, πρέπει το σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί να είναι σταθερό και αξιόπιστο, έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικά χρονικά σημεία και χώρους.

4.4.1 Ρύθμιση έντασης αναπαραγωγής συσκευών

Προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι η ένταση αναπαραγωγής θα είναι σε ικανοποιητικό σημείο, δε θα δημιουργούνται παραμορφώσεις και ταυτόχρονα η στάθμη θα είναι σε ασφαλές επίπεδο για τους ακροατές, πρέπει να γίνει ρύθμιση της έντασης αναπαραγωγής που θα επικρατήσει κατά τη διάρκεια ενός ψυχοακουστικού τεστ.

Οι Bech & Zacharov, (όπως αναφέρεται στο Gabrielsson and Sjogren 1979) σημειώνουν ότι η ένταση αναπαραγωγής σε ένα πείραμα μπορεί να επηρεάσει βασικά χαρακτηριστικά ενός ήχου, όπως η διαύγεια του, στοιχεία ηχητικής εικόνας κτλ. Εντούτοις, μέσα από τέτοιες μελέτες έχει αποδειχθεί πως δεν υπάρχει κάποια προκαθορισμένη τιμή στη στάθμη της έντασης αναπαραγωγής. Παρόλα αυτά, τα πρότυπα που αναλύονται στο έκτο κεφάλαιο παρέχουν κάποιες ενδεικτικές τιμές της στάθμης έντασης που

μπορεί να χρησιμοποιηθούν. Στον πίνακα 4.2 φαίνονται ορισμένες τιμές στάθμης έντασης για ηχητικά σήματα ομιλίας και μουσικής, οι οποίες βασίζονται σε μελέτες διάφορων συγγραφέων.

Συγγραφέας	Επίπεδο θορύβου	Ηχητικό υλικό	Στάθμη
Ventry	-	Ομιλία	49.3 dB(A)
Beattie	85.0 dB	Ομιλία	90.9 dB
Beattie	100 dB	Ομιλία	100.3 dB
Benjamin	-	Ομιλία (TV)	57.7 dB
Benjamin	-	Ομιλία (Home Theatre)	64.8 dB
Mathers	-	Μουσική	83.5 dB(A)
Airo	-	Μουσική	69.0 dB
Airo	72.0 dB	Μουσική	85.0 dB

Πίνακας 4.2 : Ενδεικτικές στάθμες έντασης για ομιλία και μουσική.

Υπάρχουν δύο τρόποι ρύθμισης της έντασης αναπαραγωγής. Ο πρώτος περιλαμβάνει τη χρήση οργάνων (ηχόμετρα, μικρόφωνα κτλ) για περιπτώσεις που οι ερευνητές έχουν αποφασίσει να χρησιμοποιήσουν μια συγκεκριμένη στάθμη έντασης, που προτείνεται από ένα πρότυπο για παράδειγμα. Για τη βαθμονόμηση των συσκευών με αυτόν τον τρόπο χρησιμοποιείται ροζ θόρυβος, ενώ η τιμή της επιθυμητής στάθμης πρέπει να λαμβάνεται στο σημείο ακρόασης. Ο δεύτερος τρόπος περιλαμβάνει τη διεξαγωγή ακουστικών τεστ. Οι ακροατές, μέσω μιας απλής σχετικά διαδικασίας ακρόασης ηχητικών δεδομένων σε διάφορες στάθμες, καλούνται να αποφασίσουν την τελική τιμή της στάθμης έντασης που θα χρησιμοποιηθεί. Οι δύο αυτές μέθοδοι χρησιμοποιούνται για το καλιμπράρισμα μεγαφώνων αλλά και ακουστικών. Σε πολλές περιπτώσεις προτιμάται από τους ερευνητές ο δεύτερος τρόπος, παρόλο που μια τέτοια

διαδικασία, όσο απλή και αν φαίνεται, είναι αρκετά χρονοβόρα έναντι του πρώτου τρόπου.

Η ρύθμιση της έντασης διαφορετικών ηχητικών συσκευών πρέπει να γίνει, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι διαφορετικές συσκευές αναπαραγωγής (π.χ. διαφορετικά σετ ακουστικών ή μεγαφώνων) ρυθμίζονται στην ίδια στάθμη αναπαραγωγής.

Πρέπει να σημειωθεί πως κατά την αξιολόγηση ηχητικών συστημάτων, όπως για παράδειγμα αλγόριθμοι συμπίεσης, δεν απαιτείται η χρήση μεγαφώνων ή ακουστικών συγκεκριμένου τύπου ή εταιρείας. Το πρότυπο ITU-R. BS. 1116-1, παρέχει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα μεγάφωνο. Επίσης, η χρήση της παρακάτω εξίσωσης δίνει μια ενδεικτική τιμή στη στάθμη έντασης των μεγαφώνων, η οποία λαμβάνεται υπόψη και για τη στάθμη περισσότερων από δύο κανάλια προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι όλα τα μεγάφωνα σε ένα πολυκάνναλο σύστημα ακρόασης, αναπαράγουν την ίδια ένταση.

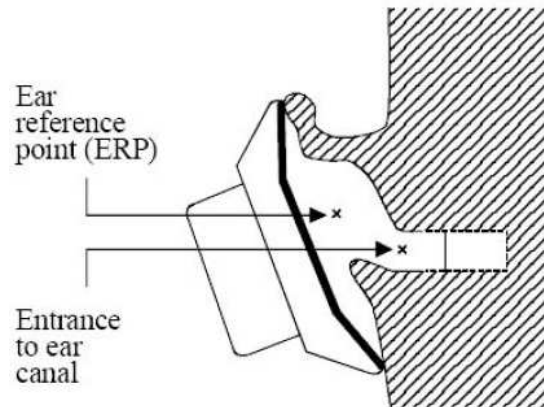
$$L_{ref} = 85 - 10 \log n \pm 0.25 dB(A)$$

όπου n είναι ο αριθμός των καναλιών αναπαραγωγής του εκάστοτε συστήματος αναπαραγωγής.

Από την άλλη μεριά, η βαθμονόμηση των ακουστικών είναι μια διαδικασία η οποία προϋποθέτει βασικές γνώσεις γύρω από τους τύπους των ακουστικών που χρησιμοποιούνται σήμερα στη μουσική βιομηχανία, αλλά και πέρα από αυτή. Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι ακουστικών οι οποίοι αναλύονται στα πρότυπα ITU-T. P. 57 (Telephone Transmission Quality.Objective Measuring Apparatus. Artificial Ears 2002) και IEC 60268-7 (Sound System Equipment-Part 7: Headphones and Earphones 1996). Οι τύποι αυτοί είναι:

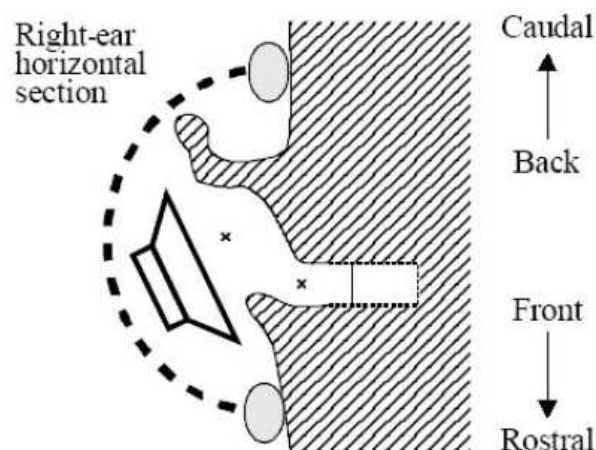
Supra – aural: Ακουστικά τα οποία στέκονται πάνω στο αυτί χωρίς να το καλύπτουν . Έχουν εξωτερική διάμετρο από 25–45 mm και είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος ακουστικών που χρησιμοποιούνται ευρέως στη μουσική

βιομηχανία, αλλά και έξω από αυτή. Το ότι αυτού του τύπου τα ακουστικά δεν καλύπτουν πλήρως το αυτί, δε σημαίνει ότι είναι ακουστικά ανοιχτού τύπου. Υπάρχουν ακουστικά *Supra-aural* ανοιχτού και κλειστού τύπου.



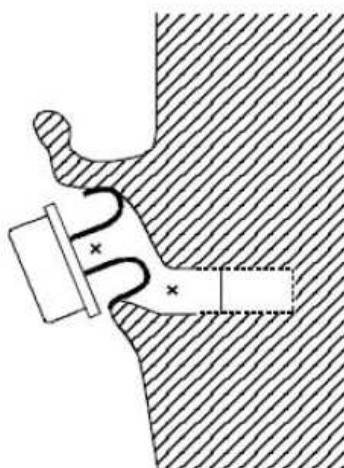
Εικόνα 4.2: Ακουστικά *Supra-aural*.

Circum-aural ή Full size: Ακουστικά τα οποία, σε αντίθεση με τα *Supra-aural*, καλύπτουν πλήρως το αυτί. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα σε στούντιο ηχογραφήσεων κτλ. Το ότι τα ακουστικά αυτά καλύπτουν πλήρως το αυτί, δεν τα κάνει ακουστικά κλειστού τύπου. Υπάρχουν ακουστικά *Circum-aural* ανοιχτού και κλειστού τύπου.



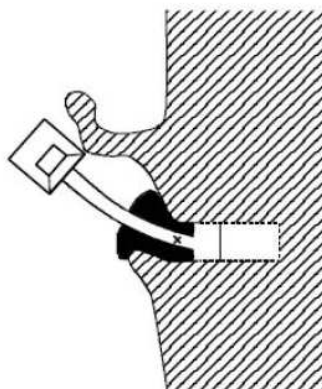
Εικόνα 4.3: Ακουστικά *Circum-aural*.

Intra-concha ή earphones: Ακουστικά μέγιστης διαμέτρου 25 mm, τα οποία τοποθετούνται στην κόγχη του αυτιού. Χρησιμοποιούνται σήμερα στη μουσική βιομηχανία, αλλά κυρίως εκτός αυτής. Η χρήση τους δε συνιστάται σε περιπτώσεις ακουστικών τεστ, αφού πολλές φορές αποτελούν μια οικονομική λύση για το ευρύ καταναλωτικό κοινό και κατά συνέπεια τα χαρακτηριστικά τους (απόκριση συχνότητας, χαμηλή παραμόρφωση κτλ) μπορεί να μην ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις ενός ψυχοακουστικού τεστ.



Εικόνα 4.4: Ακουστικά Intra-concha.

Insert earphones ή in-ear: Ακουστικά πολύ μικρότερα σε μέγεθος τα οποία εισέρχονται μερικώς ή πλήρως στο κανάλι που οδηγεί στο τύμπανο του αυτιού. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις όπου επιθυμείται η απομόνωση αυτού που ακούει ένας άνθρωπος από εξωτερικούς θορύβους.



Εικόνα 4.5: Ακουστικά Insert earphones.

Το πρότυπο ITU–R. BS. 1116-1 παρέχει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα σετ ακουστικών προκειμένου να χρησιμοποιηθεί σε ένα τεστ.

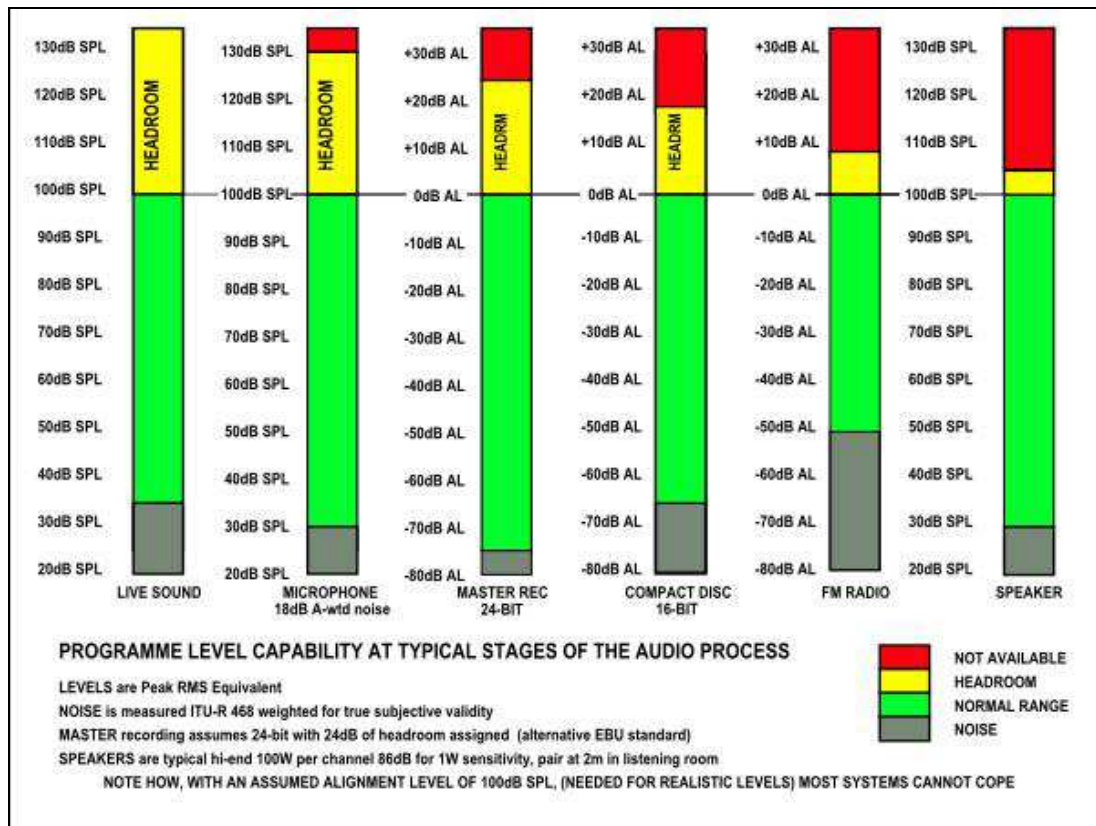
Πρέπει να σημειωθεί πως η χρήση ακουστικών σε υψηλές στάθμες, μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες στην ακοή ενός ανθρώπου. Γνωρίζοντας πως η εκτεταμένη χρήση ακουστικών σε μια στάθμη 80 dB¹ μπορεί να προκαλέσει ακόμα και μόνιμη απώλεια της ακοής, επιβάλλεται από τους ερευνητές, οι οποίοι σκοπεύουν να χρησιμοποιήσουν ακουστικά κατά τη διάρκεια ενός πειράματος, να ρυθμίσουν τα ακουστικά, έτσι ώστε να παράγουν μέγιστη στάθμη έντασης 80 dB. Σημειώνεται πως η έκθεση ενός ανθρώπου που φοράει ακουστικά σε αυτή τη στάθμη για χρονική περίοδο μεγαλύτερη των 2 ωρών ημερησίως απαγορεύεται.

4.5 Ένταση ηχητικών σημάτων

Τα ηχητικά σήματα που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να έχουν όλα την ίδια ένταση. Αυτό αφορά κυρίως τα μη κωδικοποιημένα σήματα είτε αυτά είναι μουσικά ηχητικά δεδομένα, είτε άλλου είδους ήχοι.

Ενδεικτικά αναφέρεται πως η ιδανική τιμή στην ένταση ενός ηχητικού σήματος που μεταδίδεται μέσω μιας ραδιοφωνικής εκπομπής είναι 0 dBu (0.775 Volt RMS) ή το κοινώς ονομαζόμενο “0 VU”, είναι + 4 dBu (1.227 Volt RMS ή 0 dB). Μια απλή ανάλυση ενός ηχητικού σήματος μέσω ενός προγράμματος λογισμικού (π.χ. wavelab), μπορεί να δείξει την ένταση του. Στην εικόνα 4.6 φαίνονται κάποιες τιμές έντασης για διαφορετικές ηχητικές εφαρμογές.

¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Headphones#Dangers_and_volume_solutions (τελευταία πρόσβαση 17-06-2014).



Εικόνα 4.6 : Στάθμες έντασης σημάτων ηχητικών εφαρμογών².

²http://en.wikipedia.org/wiki/Programme_level#Analysing_programme_levels (τελευταία πρόσβαση 17-06-2014).

5 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων

Σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι η εισαγωγή σε βασικά στοιχεία που αφορούν στη στατιστική ανάλυση δεδομένων, μέσω της μεθόδου ανάλυσης διακύμανσης δεδομένων **ANOVA (Analysis Of Variance)**. Τα περιεχόμενα του κεφαλαίου αυτού, αφενός σχετίζονται άμεσα με πειράματα πάσης φύσεως, όπου η συμμετοχή ανθρώπων είναι απαραίτητη για τη διεξαγωγή τους, αφετέρου δε, ο τομέας της στατιστικής ανάλυσης βρίσκεται έξω από τα πλαίσια του αντικείμενου του συγγραφέως και ως εκ τούτου στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια σύντομη αναφορά στη μέθοδο ANOVA.

5.1 Επαγωγική στατιστική, έλεγχος υποθέσεων

Πριν την εισαγωγή μας στη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης είναι καλό να αναφερθούμε σε κάποιες βασικές έννοιες της στατιστικής επιστήμης.

Στην επαγωγική στατιστική ο ερευνητής σχεδιάζει κάποιο πείραμα (experimental design), το οποίο βασίζεται σε μια θεωρία. Τη θεωρία αυτή θέλει να επαληθεύσει και επομένως αναζητά κάποια ένδειξη για τα τελικά αποτελέσματα (Αβούρης, και συν. 2008). Αυτή η πρόβλεψη του ερευνητή για το τελικό αποτέλεσμα ονομάζεται στη στατιστική **υπόθεση (hypothesis)**. Ουσιαστικά, μια υπόθεση αποτελεί την πρόβλεψη του ερευνητή για την επίδραση της αλλαγής μιας παραμέτρου (ανεξάρτητη μεταβλητή) σε μια άλλη παράμετρο (την εξαρτημένη). Για παράδειγμα, μια υπόθεση μπορεί να είναι το κατά πόσο η ένταση του ήχου (ανεξάρτητη μεταβλητή) επηρεάζει την ικανότητα απομνημόνευσης μιας μελωδίας (εξαρτημένη μεταβλητή). Ο **έλεγχος υποθέσεων (hypothesis testing)**, αποτελεί σημαντικό κομμάτι της επαγωγικής στατιστικής, καθώς και σημαντικό εργαλείο για τον ερευνητή, αφού του επιτρέπει να ελέγξει την εγκυρότητα της θεωρίας του.

5.1.1 Η λογική του ελέγχου υποθέσεων

Αν και υπάρχουν πολλές παραλλαγές της μεθόδου ελέγχου υποθέσεων για κάθε ερευνητική περίπτωση, η βασική λογική που ακολουθείται είναι πάντα

η ίδια. Αξίζει να σημειωθεί ότι συνήθως ένας ερευνητής μελετά πληθυσμούς, οι οποίοι προσεγγίζουν μια **κανονική κατανομή (normal distribution)**, δηλαδή οι περισσότερες παρατηρήσεις συγκεντρώνονται γύρω από τη μέση τιμή και ο αριθμός τους μειώνεται συμμετρικά και προς τις δύο μεριές (σχήμα 5.1). Η λογική του ελέγχου υποθέσεων μπορεί να συνοψιστεί στα εξής τέσσερα βήματα:

Βήμα 1ο: Διατύπωση των Υποθέσεων: Το πρώτο βήμα σε έναν έλεγχο υποθέσεων είναι να διατυπωθεί η **μηδενική υπόθεση H_0 (null hypothesis)**. Η μηδενική υπόθεση είναι μία πρόταση που προβλέπει ότι η αλλαγή της ανεξάρτητης μεταβλητής (μεταβλητή που ελέγχω) δεν έχει καμία επίδραση στην εξαρτημένη μεταβλητή (μεταβλητή που παρατηρώ). Με βάση το παραπάνω παράδειγμα, η μηδενική υπόθεση αντιστοιχεί στη διατύπωση ότι δεν υπάρχει καμία συσχέτιση ανάμεσα στην ένταση του ήχου και την ικανότητα απομνημόνευσης μιας μελωδίας.

Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να θεωρήσουμε γνωστές τις παραμέτρους του νέου πληθυσμού που δημιουργείται από την αλλαγή της τιμής της ανεξάρτητης μεταβλητής, καθώς υποθέτουμε ότι αυτή η αλλαγή δεν έχει καμία επίδραση. Επομένως, οι τιμές των παραμέτρων του πληθυσμού μετά την αλλαγή της ανεξάρτητης μεταβλητής είναι ίδιες με αυτές πριν την αλλαγή.

Η δεύτερη υπόθεση που διατυπώνει ο ερευνητής ονομάζεται **εναλλακτική υπόθεση H_1 (alternative hypothesis)** και είναι η ακριβώς αντίθετη από τη μηδενική υπόθεση, δηλαδή δηλώνει ότι η αλλαγή της ανεξάρτητης μεταβλητής επιδρά στην εξαρτημένη μεταβλητή. Ο στόχος της μεθόδου ελέγχου υποθέσεων είναι να αποδείξει ότι η μηδενική υπόθεση μπορεί να απορριφθεί με κάποιο βαθμό βεβαιότητας.

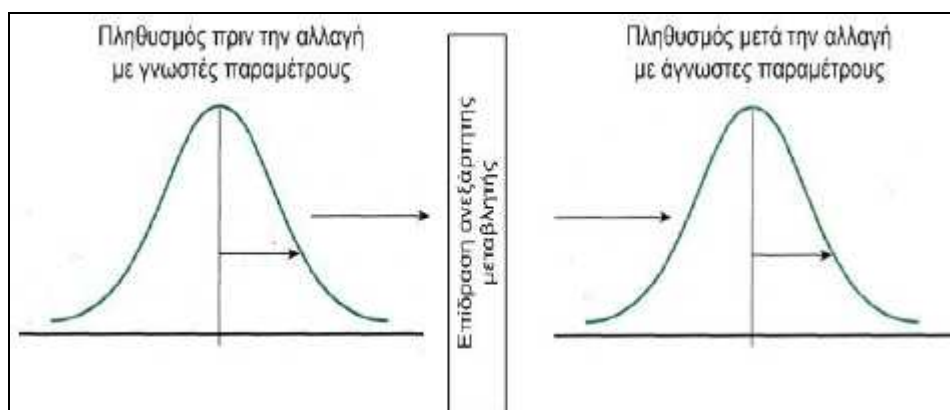
Βήμα 2ο: Διαμόρφωση Κριτηρίων για τη λήψη μιας απόφασης: Ο ερευνητής τελικά θα συλλέξει κάποια δεδομένα από δείγματα για να αξιολογήσει την αξιοπιστία της μηδενικής υπόθεσης. Με άλλα λόγια, θα χρησιμοποιήσει στατιστικούς δείκτες (βλ. παράγραφο [5.1.2](#)) για να βγάλει συμπεράσματα για την τιμή μιας παραμέτρου του πληθυσμού. Ωστόσο, όσο

αντιπροσωπευτικό και αν είναι το δείγμα, πάντα θα υπάρχει μια ασυμφωνία (σφάλμα δειγματοληψίας) ανάμεσα στην πραγματική τιμή της παραμέτρου και του στατιστικού δείκτη. Το ερώτημα, λοιπόν, που προκύπτει είναι αν η διαφορά ανάμεσα στην τιμή του στατιστικού δείκτη και στην τιμή που προβλέπει η μηδενική υπόθεση για την παράμετρο του πληθυσμού οφείλεται πραγματικά στην επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής ή οφείλεται απλά σε σφάλματα δειγματοληψίας. Για να απαντήσει σε αυτό το ερώτημα ο ερευνητής χρειάζεται να θέσει κάποια κριτήρια που καθορίζουν επακριβώς πόση διαφορά χρειάζεται να υφίσταται ανάμεσα σε αυτές τις δύο τιμές, ώστε να δικαιολογείται η απόφαση να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση. Αν τελικά αποφασίσει να απορρίψει τη μηδενική υπόθεση, θα πρέπει να καθορίσει το βαθμό βεβαιότητας με τον οποίο προβαίνει σε μία τέτοια απόφαση ή με άλλα λόγια την πιθανότητα τα αποτελέσματα της ανάλυσής του να είναι εσφαλμένα. Η πιθανότητα αυτή ονομάζεται **επίπεδο σημαντικότητας ή επίπεδο α (level of significance or alpha level)** και καθορίζει τη μέγιστη πιθανότητα το αποτέλεσμα μιας στατιστικής ανάλυσης να οφείλεται σε σφάλματα ή τυχαίους παράγοντες.

Βήμα 3ο: Συλλογή δεδομένων από δείγματα: Το επόμενο βήμα στη μέθοδο ελέγχου υποθέσεων είναι η συλλογή των δεδομένων από το δείγμα και ο υπολογισμός των κατάλληλων περιγραφικών στατιστικών δεικτών. Είναι σημαντικό να επιλεγεί ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα, ώστε η μέθοδος να παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι η διαδικασία συλλογής των δεδομένων από το δείγμα γίνεται αφού ο ερευνητής διαμορφώσει τα κριτήρια για τη λήψη μιας απόφασης, ώστε να είναι αμερόληπτος και ανεπηρέαστος από τα δεδομένα αυτά.

Βήμα 4ο: Αξιολόγηση της μηδενικής υπόθεσης: Στο τελευταίο βήμα της μεθόδου ελέγχου υποθέσεων ο ερευνητής μελετά την εγκυρότητα της μηδενικής υπόθεσης με τη βοήθεια στατιστικών δεικτών, ώστε να λάβει μια απόφαση σύμφωνα με τα κριτήρια που έχει θέσει στο δεύτερο βήμα. Υπάρχουν λοιπόν δύο δυνατότητες, είτε αποφασίζει να **απορρίψει τη μηδενική υπόθεση (reject the null hypothesis)** όταν τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το δείγμα είναι **σημαντικά (significantly)** διαφορετικά από

αυτά που προβλέπει η μηδενική υπόθεση, είτε οδηγείται στην απόφαση ότι **απέτυχε να απορρίψει τη μηδενική υπόθεση (fail to reject the null hypothesis)**, όταν τα αποτελέσματα του πειράματος δεν παρέχουν επαρκείς αποδείξεις ότι η μηδενική υπόθεση δεν ισχύει. Εάν, λοιπόν, η μηδενική υπόθεση απορριφθεί από τον ερευνητή, τότε το μόνο που μπορεί να ισχύει είναι ότι τα δείγματα διαφέρουν μεταξύ τους. Το ποια είναι όμως αυτά τα δείγματα δεν μπορεί να το ξέρει και σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να διεξαχθούν ειδικά στατιστικά τεστ.



Σχήμα 5.1: Η λογική του ελέγχου υποθέσεων.

5.1.2 Στατιστικοί δείκτες ελέγχου

Ο ερευνητής για να οδηγηθεί σε μια από τις δύο παραπάνω αποφάσεις (**Βήμα 4ο**), χρησιμοποιεί στατιστικούς δείκτες ελέγχου. Ανάλογα με τις διαθέσιμες πληροφορίες και τα δεδομένα κάθε πειράματος, ρόλος των στατιστικών δεικτών ελέγχου σε όλες τις περιπτώσεις είναι να καθορίσουν αν και κατά πόσο τα αποτελέσματα του πειράματος οφείλονται αποκλειστικά και μόνο σε τυχαίους παράγοντες και σφάλματα. Γενικά, κάθε στατιστικός δείκτης ελέγχου διαμορφώνει τον εξής λόγο:

$$\text{στατιστικό ελέγχου} = \frac{\text{αποτελέσματα οφείλονται στην επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής}}{\text{αποτελέσματα οφείλονται σε τυχαίους παράγοντες και σφάλματα}}$$

Λόγος στατιστικού δείκτη ελέγχου.

5.2 ANOVA

Η μέθοδος ανάλυσης δεδομένων ANOVA αποτελεί κομμάτι της επαγωγικής στατιστικής.

Η στατιστική ανάλυση διακύμανσης είναι μια μέθοδος με την οποία, η μεταβλητότητα που υπάρχει σ' ένα σύνολο δεδομένων διασπάται στις επιμέρους συνιστώσες της, με στόχο την κατανόηση της σημασίας των διαφορετικών πηγών προέλευσής της (στην περίπτωση των ψυχοακουστικών τεστ οι ακροατές). Στην πραγματικότητα, η μέθοδος ANOVA περιλαμβάνει μία ομάδα στατιστικών μεθόδων κατάλληλων για την ανάλυση δεδομένων που προκύπτουν μέσα από πειραματικούς σχεδιασμούς.

Όπως συμβαίνει με τις περισσότερες μεθόδους στατιστικής ανάλυσης, έτσι και η ανάλυση διακύμανσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί, είτε με ανεξάρτητα δείγματα, είτε με εξαρτημένα δείγματα. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε πειράματα όπου ο ερευνητής θέλει να ελέγξει δύο ή περισσότερες μεταβλητές.

Τα δεδομένα ενός δείγματος ανάλογα με την προέλευση τους διακρίνονται σε **παρατηρήσεις (observational sampling)** ή σε **πειραματικά δείγματα (designed sampling)**. Στην πρώτη κατηγορία ο στατιστικός ερευνητής απλά παρατηρεί τις τιμές που εμφανίζονται χωρίς να έχει δυνατότητα επέμβασης στις αντίστοιχες μεταβλητές. Αντίθετα, στη δεύτερη κατηγορία ο ερευνητής προσπαθεί να ελέγξει τα επίπεδα μίας η περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών προκειμένου να προσδιορίσει την επίδραση που έχουν πάνω στην υπό μελέτη μεταβλητή που καλείται εξαρτημένη μεταβλητή ή απόκριση. Για παράδειγμα, εξαρτημένη μεταβλητή μπορεί να είναι η βαθμολογία στην εξέταση ενός μαθήματος, ή ο όγκος των πωλήσεων μίας επιχείρησης.

Σημαντικό ρόλο στη μέθοδο ANOVA παίζει το θέμα ελέγχου των υποθέσεων. Σε αυτή την περίπτωση, ο ερευνητής μελετά την εγκυρότητα της μηδενικής υπόθεσης με τη βοήθεια στατιστικών δεικτών, ώστε να λάβει μια απόφαση σύμφωνα πάντα με τα κριτήρια που έχει θέσει στην αρχή του

πειράματος. Η μηδενική υπόθεση στην ανάλυση διακύμανσης δηλώνει ότι δεν υφίσταται καμία διαφορά ανάμεσα στις μέσες τιμές των εξεταζόμενων δειγμάτων.

Στόχος κάθε στατιστικού πειράματος είναι ο προσδιορισμός της επίδρασης μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών πάνω στο τελικό αποτέλεσμα. Οι μεταβλητές αυτές αναφέρονται συνήθως σαν παράγοντες και μπορεί να είναι είτε ποσοτικές είτε ποιοτικές. Για παράδειγμα, θα ήταν ενδιαφέρον να διερευνηθεί η επίδραση που έχει ο ποιοτικός παράγων “φύλο” στη βαθμολογία ενός μαθήματος ή ο ποσοτικός παράγων “πλήθος καταστημάτων πώλησης” στον όγκο των πωλήσεων. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις ενδεχομένως να ενδιαφερόμαστε για την επίδραση που έχουν πάνω στην απόκριση περισσότερες της μίας ανεξάρτητες μεταβλητές, όπως ο ποσοτικός παράγων “πλήθος εργαζόμενων” και ο ποιοτικός παράγων “πόλη διαμονής” πάνω στο οικογενειακό εισόδημα.

Οι τιμές του παράγοντα που προσδιορίζονται στο πείραμα λέγονται επίπεδα. Για παράδειγμα τα επίπεδα για τον ποιοτικό παράγοντα φύλο είναι “αρσενικό”-“θηλυκό”, ενώ για τον ποσοτικό παράγοντα πλήθος καταστημάτων πώλησης είναι “θετικός ακέραιος”. Σε ένα πείραμα με έναν παράγοντα οι μεταχειρίσεις του πειράματος είναι τα επίπεδα του παράγοντα. Για παράδειγμα, αν στο πείραμα βαθμολογία ενός μαθήματος μας ενδιαφέρει η επίδραση του παράγοντα “φύλο”, τότε οι μεταχειρίσεις του πειράματος είναι αρσενικό – θηλυκό. Σε ένα πείραμα με δύο ή περισσότερους παράγοντες, οι μεταχειρίσεις είναι οι συνδυασμοί παραγόντων-επιπέδων. Για παράδειγμα, αν μας ενδιαφέρει η επίδραση των παραγόντων “φύλο”-“ηλικία” στη βαθμολογία ενός μαθήματος, τότε οι μεταχειρίσεις είναι οι συνδυασμοί των επιπέδων φύλου και ηλικίας π.χ. (αρσενικό, 21), (θηλυκό, 19).

Η ανάλυση διακύμανσης χρησιμοποιεί διαφορετική σημειολογία σε σχέση με άλλες μεθόδους στατιστικής ανάλυσης. Αυτό δικαιολογείται, αν σκεφτεί κανείς την αύξηση της πολυπλοκότητας. Στους μαθηματικούς τύπους που ακολουθούν, το γράμμα k χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τον αριθμό των δυνατών τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής ($k \geq 2$), το T για να

προσδιορίσει το συνολικό αριθμό κάθε δείγματος ($T = \sum X$), το N για να προσδιορίσει το συνολικό αριθμό των υποκειμένων – συμμετεχόντων ($N = \sum n$) και το G για να προσδιορίσει το συνολικό άθροισμα των μετρήσεων όλων των δειγμάτων ($G = \sum T$). Οι μαθηματικές αυτές σχέσεις χρησιμοποιούνται στη μέθοδο ANOVA για τον υπολογισμό του στατιστικού δείκτη ελέγχου F .

$$SS_{between_treatments} = \sum \frac{T^2}{n} - \frac{G^2}{N}, \quad df_{between_treatments} = k - 1,$$

$$SS_{within_treatments} = \sum SS, \quad df_{within_treatments} = N - k,$$

$$F = \frac{\frac{SS_{between_treatments}}{df_{between_treatments}}}{\frac{SS_{within_treatments}}{df_{within_treatments}}} = \frac{MS_{between_treatments}}{MS_{within_treatments}}$$

Μαθηματικοί τύποι υπολογισμού στατιστικού δείκτη ελέγχου.

Οι προϋποθέσεις που πρέπει να ισχύουν γενικά προκειμένου να χρησιμοποιηθεί η ανάλυση διακύμανσης είναι οι εξής:

- Τα δείγματα να είναι αντιπροσωπευτικά και οι τιμές που τα απαρτίζουν να οφείλονται σε ανεξάρτητες παρατηρήσεις.
- Η κατανομή των τιμών των δειγμάτων να είναι κανονική.
- Οι πληθυσμοί από τους οποίους έχουν επιλεγεί τα δείγματα να έχουν την ίδια διακύμανση.

Κλείνοντας το κεφάλαιο αυτό, πρέπει να σημειωθεί πως η στατιστική ανάλυση δεδομένων από διάφορα πειράματα πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένα άτομα στο χώρο της στατιστικής, προκειμένου τα εξαγόμενα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής να είναι ακριβή.

6 Πρότυπα υποκειμενικής αξιολόγησης

Στον τομέα έρευνας σχετικά με τα πρότυπα υποκειμενικής αξιολόγησης του ήχου, η οποία περιλαμβάνει τη διεξαγωγή ψυχοακουστικών τεστ, πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη όλα εκείνα τα στοιχεία που συνθέτουν ένα τέτοιο γεγονός.

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές παράμετροι των σημαντικότερων προτύπων υποκειμενικής αξιολόγησης της ποιότητας του ήχου.

6.1 ITU R. - Recommendation BS. 1116 – 1 : “Methods For The Subjective Assessment Of Small Impairments In Audio Systems Including Multichannel Sound Systems”.

“Μέθοδοι για την υποκειμενική αξιολόγηση μικρών αλλοιώσεων σε ηχητικά συστήματα συμπεριλαμβανομένων και πολυκάνναλων ηχητικών συστημάτων”.

Σύμφωνα πάντα με τον Διεθνή Οργανισμό Τηλεπικοινωνιών ITU, λαμβάνονται ως δεδομένα τα εξής:

i) Ότι οι ενότητες ITU–R. BT. 500, ITU–R. BS. 562, ITU–R. BT. 710, ITU–R. BT. 811, έχουν ήδη θεσμοθετήσει ορισμένες μεθόδους για την υποκειμενική αξιολόγηση της ηχητικής ποιότητας.

ii) Ότι τα ακουστικά τεστ, που αφορούν στην υποκειμενική αξιολόγηση της ποιότητας του ήχου, επιτρέπουν την αξιολόγηση κάθε αλλοίωσης που γίνεται αντιληπτή ή που θεωρείται ενοχλητική για τον άνθρωπο.

iii) Ότι οι αντικειμενικές μέθοδοι (προγνωστικά μοντέλα) δε θεωρούνται επαρκείς για την αξιολόγηση κωδικοποιημένων ηχητικών δεδομένων.

iv) Ότι είναι επιτακτική η χρήση εγκεκριμένων μεθόδων για τη σωστή αξιολόγηση κωδικοποιημένων ηχητικών δεδομένων.

ν) Ότι η χρήση νέων ψηφιακών συστημάτων (κωδικοποιητές), τα οποία μεταχειρίζονται βασικές αρχές της ψυχοακουστικής, προϋποθέτει την ταυτόχρονη εξέλιξη των μεθόδων υποκειμενικής αξιολόγησης του ήχου.

νι) Η χρήση πολυκάνναλων συστημάτων αναπαραγωγής, προϋποθέτει τον ενδεδειγμένο σχεδιασμό και την οργάνωση του ακουστικού τεστ που θα διεξαχθεί υπό αυτές τις συνθήκες.

6.1.1 Σχετικά με το πρότυπο ITU–R. BS. 1116-1

Το πρότυπο ITU–R. BS. 1116–1 (Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems including multichannel sound systems 1997), αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο διεξαγωγής ψυχοακουστικών τεστ. Χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό μικρών και πολλές φορές ανεπαίσθητων αλλοιώσεων που μπορεί να περιέχει ένα ηχητικό σήμα που έχει υποστεί κωδικοποίηση (συμπύεση κτλ). Η κλίμακα, βάσει της οποίας οι ακροατές βαθμολογούν τα ηχητικά δείγματα σε ακουστικά τεστ που γίνονται με χρήση του συγκεκριμένου προτύπου, φαίνεται στον πίνακα 6.1.

Impairment / Αλλοίωση	Grade/Βαθμός αξιολόγησης
Imperceptible / Μη διακριτή ή καθόλου αλλοίωση	5,0
Perceptible, but not annoying / Διακριτή αλλά όχι ενοχλητική	4,0
Slightly annoying / Ελαφρώς ενοχλητική	3,0
Annoying / Ενοχλητική	2,0
Very annoying / Πολύ ενοχλητική	1,0

Πίνακας 6.1: Βαθμολογική κλίμακα ITU-R BS. 1116–1.

Το σημείο 5.0, όπως φαίνεται και στον πίνακα 6.1, είναι η υψηλότερη βαθμολογία και αντιστοιχεί σε μη διακριτές ή καθόλου αλλοιώσεις. Το σημείο 1.0 είναι η χαμηλότερη βαθμολογία και έχει να κάνει με αλλοιώσεις, οι οποίες εκτός από αισθητές, μπορεί να είναι και ενοχλητικές για την ακοή του ανθρώπου.

6.1.2 Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας

Η πειραματική διαδικασία περιλαμβάνει τη χρήση τριών ηχητικών σημάτων A, B, X. Το σήμα X (ή σήμα αναφοράς), είναι εκείνο που λαμβάνεται ως δεδομένο και το οποίο θα ακουστεί αρχικά. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πως το σήμα αναφοράς μπορεί να είναι είτε το επεξεργασμένο σήμα, είτε το αυθεντικό-μη επεξεργασμένο σήμα, αν και “συνήθως” το ρόλο του σήματος αναφοράς παίζουν τα μη επεξεργασμένα σήματα.

Οι ακροατές, λοιπόν, καλούνται να αξιολογήσουν τα δύο ηχητικά σήματα A και B σε σχέση με το σήμα αναφοράς X. Κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας μπορούν ελεύθερα να αλλάξουν τη σειρά με την οποία αναπαράγονται τα σήματα. Επίσης, έχουν τη δυνατότητα να τα ακούσουν όσες φορές επιθυμούν χωρίς κανέναν περιορισμό.

Εφόσον, λοιπόν, ένα εκ των δύο σημάτων A και B είναι ίδιο με το X, οι ακροατές θα πρέπει να είναι σε θέση να το αναγνωρίσουν. Αυτός είναι και ένας από τους βασικούς σκοπούς του συγκεκριμένου τεστ. Το μη επεξεργασμένο σήμα θα πρέπει, αφού πρώτα αναγνωρισθεί, να βαθμολογηθεί με 5.0. Το επεξεργασμένο σήμα θα πρέπει να βαθμολογηθεί βάσει της ακουστικής αντίληψης του κάθε ακροατή, σε σχέση πάντα με το μη επεξεργασμένο σήμα, ενώ συνιστάται και ο σχολιασμός των διαφορών που εντοπίστηκαν μεταξύ επεξεργασμένου και μη επεξεργασμένου σήματος.

Υπάρχει όμως και το ενδεχόμενο οι ακροατές να μην εντοπίσουν διαφορές ή αλλοιώσεις μεταξύ των υπό εξέταση δειγμάτων. Σε αυτή την περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι οι κωδικοποιητές (π.χ. αλγόριθμοι συμπίεσης), που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία, όντως έχουν αλλοιώσει την ποιότητα των σημάτων. Κατά ένα βαθμό όμως, σίγουρα επηρεάζουν την ακουστική αντίληψη του ανθρώπου, αφού αυτός αδυνατεί να εντοπίσει αλλοιώσεις και διαφορές μεταξύ των σημάτων.

Η συγκεκριμένη διαδικασία συναντάται διεθνώς και με τον όρο **“double - blind triple stimulus with hidden reference test”**. Αυτό σημαίνει πως κανένας από τους εμπλεκόμενους στην πειραματική διαδικασία δε γνωρίζει

ποιο δείγμα είναι το σήμα αναφοράς (επεξεργασμένο ή όχι) και κατά συνέπεια, ούτε ποιο από τα άλλα δύο σήματα είναι το επεξεργασμένο και ποιο το πανομοιότυπο του αρχικού.

Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής δε συνιστάται σε περιπτώσεις που οι αλλοιώσεις των εξεταζόμενων ηχητικών σημάτων είναι αισθητά πιο έντονες.

6.1.3 Κριτήρια επιλογής ακροατών

Σε μια πειραματική διαδικασία, όπως αυτή που περιγράφεται σε αυτή την ενότητα, είναι πολύ σημαντικό να διασφαλιστεί το ότι τα εξαγόμενα συμπεράσματα είναι αποτέλεσμα της αξιολόγησης που έχει γίνει από πεπειραμένα άτομα.

Κύριο ερώτημα ενός ακουστικού τεστ είναι, το αν μια ομάδα εξειδικευμένων και έμπειρων ανθρώπων είναι ικανή να εντοπίσει και στη συνέχεια να αξιολογήσει αντικειμενικά διαφορές και αλλοιώσεις σε επεξεργασμένα ηχητικά δεδομένα. Απώτερος σκοπός μιας τέτοιας διαδικασίας λοιπόν, είναι το να αποκαλύψει τα μειονεκτήματα – εάν αυτά υπάρχουν – της επεξεργασίας ενός ηχητικού σήματος, πριν αυτά περάσουν μέσω της χρήσης κωδικοποιητών, στο ευρύ καταναλωτικό κοινό.

Διαδικασίες όπως *pre-screening* και *post-screening of subjects*, (βλ. ενότητα [3.5](#)), θα πρέπει υποχρεωτικά να γίνουν κατά την επιλογή των ακροατών ασχέτως με την κατηγορία στην οποία αυτοί ανήκουν (αρχάριοι, έμπειροι κτλ).

6.1.4 Αριθμός επιλεγμένων ακροατών

Όταν οι προσδοκίες των ερευνητών από ένα ακουστικό πείραμα είναι μεγάλες και εφόσον ένα πείραμα διεξάγεται υπό “ιδανικές” συνθήκες και προϋποθέσεις, η συμμετοχή είκοσι τουλάχιστον εξειδικευμένων ακροατών είναι απαραίτητη.

Στην περίπτωση που οι ερευνητές χρησιμοποιήσουν ένα σύνολο κωδικοποιητών, οι οποίοι αναμένεται να δώσουν τα ίδια περίπου αποτελέσματα, το θέμα περιπλέκεται. Ο αριθμός των ακροατών θα πρέπει να αυξηθεί, προκειμένου να εξασφαλιστεί και πάλι η σωστή αξιολόγηση του εξεταζόμενου ηχητικού υλικού.

Αν τώρα για οποιονδήποτε λόγο δεν τηρούνται κάποιες βασικές προϋποθέσεις, (π.χ. η μη χρήση αρκετών και διαφορετικών κωδικοποιητών), τότε ακόμα μεγαλύτερος αριθμός ακροατών μπορεί να δώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Αυτό βέβαια δε σημαίνει πως αν δεν υπάρχει δυνατότητα παρουσίας του επιθυμητού αριθμού εξειδικευμένων ακροατών, μπορούν να επιλεγθούν άτομα χωρίς καμία εμπειρία, απλά και μόνο για να αυξηθεί ο αριθμός τους. Κάτι τέτοιο θα έχει ως πολύ πιθανό αποτέλεσμα, την ασάφεια στα εξαγόμενα αποτελέσματα και το ενδεχόμενο του να θεωρηθεί ανεπιτυχής η όλη πειραματική διαδικασία.

Βασική αρχή σε μια τέτοια διαδικασία λοιπόν, παραμένει το ότι οι συμμετέχοντες σε αυτή θα πρέπει να είναι πεπειραμένα άτομα. Είναι σαφώς προτιμότερο να υπάρχουν λίγοι αλλά έμπειροι ακροατές, από το να υπάρχουν πολλοί αλλά με μικρή ή ακόμα και καθόλου εμπειρία επί του θέματος.

6.1.5 Επιλογή ηχητικού υλικού

Αν και δεν υπάρχει αρχείο συγκεκριμένου ηχητικού υλικού που πρέπει να χρησιμοποιείται κατά τη διεξαγωγή ακουστικών τεστ, σαν αυτό που περιγράφεται πιο πάνω, μπορεί κανείς να πει πως τα ιδανικά δείγματα ήχου για αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να είναι ουδέτερα ως προς το περιεχόμενό τους.

Δε συνιστάται, λοιπόν, η χρήση μουσικών τραγουδιών αφενός γιατί η διάρκεια τους είναι μεγάλη για τέτοιου είδους εφαρμογές και αφετέρου γιατί ενδέχεται να επηρεάσουν τους ακροατές, εάν το περιεχόμενό τους συμπίπτει με τις μουσικές τους προτιμήσεις. Κάτι τέτοιο θα έχει ως πιθανό αποτέλεσμα την υποσυνείδητη αδιαφορία του ακροατή σε τυχόν αλλοιώσεις που μπορεί να περιέχονται στο τραγούδι και κατά συνέπεια, την όχι σωστή αξιολόγηση του

που είναι και το ζητούμενο. Το ίδιο βέβαια θα μπορούσε να συμβεί και στην περίπτωση που το περιεχόμενο των τραγουδιών δεν συμπίπτει απαραίτητα με τα μουσικά γούστα του ακροατή. Ένας ακόμα περιορισμός, ως προς την επιλογή του εξεταζόμενου υλικού, έχει να κάνει με τη μη ενδεδειγμένη χρήση σύνθετων ήχων.

Λαμβάνοντας υπόψη, λοιπόν, τους παραπάνω περιορισμούς σχετικά με την επιλογή του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί, οι ερευνητές θα πρέπει να συγκεντρώσουν μια ποσότητα **δειγμάτων ήχου (samples)**, το περιεχόμενο των οποίων θα ποικίλει και θα αποτελείται από ημιτονοειδή σήματα διαφόρων συχνοτήτων, λευκό και ροζ θόρυβο, σήματα ομιλίας και γενικότερα απλούς και όχι σύνθετους ήχους. Σε περίπτωση βέβαια που οι ερευνητές το επιθυμούν και ανάλογα πάντα με τις ανάγκες της έρευνας, μπορεί να γίνει χρήση υλικού, όπως τραγούδια ή σύνθετοι ήχοι. Το συγκεκριμένο πρότυπο συνιστά τη χρήση δειγμάτων με ουδέτερο περιεχόμενο όπως προαναφέρθηκε, δεν απαγορεύει, όμως, τη χρήση τραγουδιών ή άλλων σύνθετων ήχων.

Τέλος, η διάρκεια των δειγμάτων θα πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε η οποιαδήποτε αλλοίωση να γίνεται αντιληπτή μέσα σε αυτά τα χρονικά όρια. Συνήθως χρησιμοποιούνται δείγματα διάρκειας από 10 έως 25 δευτερόλεπτα.

6.1.6 Επεξεργασία ηχητικού υλικού

Η επιλογή των κωδικοποιητών που θα χρησιμοποιηθούν για την επεξεργασία των ηχητικών σημάτων είναι ένα θέμα που επίσης έχει να κάνει με τις ανάγκες της έρευνας.

Οι ερευνητές, λοιπόν, είναι εκείνοι που θα επιλέξουν τι είδους κωδικοποιητές θα χρησιμοποιηθούν για την επεξεργασία του υλικού. Κατά κύριο λόγο, στην αξιολόγηση επεξεργασμένων ηχητικών δεδομένων χρησιμοποιούνται **κωδικοποιητές απωλεστικής συμπίεσης (lossy compression codecs)**, αφού κύριος σκοπός μιας τέτοιας διαδικασίας είναι η σύγκριση και η αξιολόγηση αυτών. Ένας ακόμα λόγος που κάνει ενδεδειγμένη τη χρήση τέτοιων εργαλείων, είναι το ότι τα αποτελέσματα της κωδικοποίησης

είναι σαφώς πιο εμφανή και σίγουρα αλλοιώνουν την ποιότητα ενός ηχητικού σήματος.

Η χρήση **κωδικοποιητών μη απωλεστικής συμπίεσης (lossless compression codecs)**, αν και δεν απαγορεύεται, δεν είναι τόσο συχνή, γιατί σε αντίθεση με τους πρώτους, τα αποτελέσματα της κωδικοποίησης δεν είναι απολύτως εμφανή, κάτι που ενδέχεται να οδηγήσει σε μια εξαιρετικά χρονοβόρο διαδικασία προκειμένου να εξαχθούν σαφή συμπεράσματα. Παρόλα αυτά και εφόσον η χρήση αυτών των κωδικοποιητών δεν απαγορεύεται, μπορεί να γίνει και συνδυασμός στη χρήση κωδικοποιητών απωλεστικής και μη απωλεστικής συμπίεσης.

Μια πλήρης, θα μπορούσε να πει κανείς, πειραματική διαδικασία περιλαμβάνει τη χρήση 5 διαφορετικών κωδικοποιητών, οι οποίοι θα λειτουργήσουν πάνω στα ίδια προεπιλεγμένα σήματα, τα οποία και θα συμπίεσουν σε διαφορετικά επίπεδα.

6.1.7 Συνθήκες και ηχητικό περιβάλλον ακρόασης

Η ακρόαση του ηχητικού υλικού μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε ηχητικό περιβάλλον (μονοφωνικό, στερεοφωνικό ή πολυκάνναλο).

Βασικό στοιχείο σε μια διαδικασία όπου άνθρωποι καλούνται να αξιολογήσουν την ποιότητα ηχητικών δεδομένων υπό διαφορετικές συνθήκες ακρόασης, παραμένει η **βασική ηχητική αξιολόγηση** των γνωρισμάτων αλλοίωσης και όχι απαραίτητα το πως οι αλλοιώσεις αυτές επιδρούν στην ηχητική εικόνα του εκάστοτε ηχητικού περιβάλλοντος. Με άλλα λόγια, είναι προτιμότερο να αναγνωριστούν τα βασικά στοιχεία που έχουν επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα ενός ηχητικού σήματος όσον αφορά τα βασικά χαρακτηριστικά του (ένταση, χροιά, παραμόρφωση κτλ), ανεξαρτήτως με το αν οι αλλοιώσεις αυτές επηρεάζουν ή όχι τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ενός πολυκάνναλου ηχητικού περιβάλλοντος για παράδειγμα.

Παραμένει στην κρίση των ερευνητών το αν επιθυμούν η βασική αυτή ηχητική αξιολόγηση να συνδυαστεί με τα γνωρίσματα του κάθε ηχητικού

περιβάλλοντος. Παρακάτω, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά αξιολόγησης για κάθε περιβάλλον ακρόασης.

6.1.7.1 Μονοφωνικό περιβάλλον ακρόασης

Βασική ηχητική αξιολόγηση, όπου οι ακροατές πρέπει να εντοπίσουν μόνο τις αλλοιώσεις σε επεξεργασμένα ηχητικά δεδομένα. Δεν τίθεται θέμα συνδυασμού των αλλοιώσεων αυτών με την ηχητική εικόνα που παρουσιάζεται σε ένα μονοφωνικό ηχητικό περιβάλλον.

6.1.7.2 Στερεοφωνικό περιβάλλον ακρόασης

Βασική ηχητική αξιολόγηση, όπου οι ακροατές πρέπει να εντοπίσουν τις αλλοιώσεις σε επεξεργασμένα ηχητικά δεδομένα. Επιπλέον, μπορεί να εξεταστεί το πως οι αλλοιώσεις αυτές επιδρούν στα χαρακτηριστικά της στερεοφωνικής εικόνας (διαχωρισμός και εντοπισμός φωνών, ρεαλιστικότητα του ηχητικού γεγονότος κτλ).

Μελέτες έχουν δείξει, ότι η ποιότητα της στερεοφωνικής εικόνας ενός κωδικοποιημένου ηχητικού σήματος μπορεί να περιέχει σημαντικές αλλοιώσεις. Παρόλα αυτά, η έρευνα πάνω σε αυτό το θέμα βρίσκεται ακόμα σε εμβρυακό στάδιο και συνεπώς αυτό δεν μπορεί να σημαίνει ότι η βασική ηχητική αξιολόγηση, σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά της στερεοφωνικής εικόνας, δίνει ξεκάθαρα και σαφώς τεκμηριωμένα αποτελέσματα.

6.1.7.3 Πολυκάναλο περιβάλλον ακρόασης

Βασική ηχητική αξιολόγηση όπου οι ακροατές πρέπει να εντοπίσουν τις αλλοιώσεις σε επεξεργασμένα ηχητικά δεδομένα. Επιπλέον, μπορεί να εξεταστεί το πως οι αλλοιώσεις αυτές επιδρούν στα χαρακτηριστικά της πολυκάναλης αναπαραγωγής συμπεριλαμβανομένων των στοιχείων της στερεοφωνικής εικόνας για τα εμπρός μεγάφωνα, όπως επίσης, τα χαρακτηριστικά των ηχητικών σημάτων που φτάνουν στον ακροατή από πηγές που είναι τοποθετημένες όπισθεν του σημείου ακρόασης και οι οποίες προσφέρουν την αίσθηση αναπαραγωγής surround.

6.1.8 Ένταση αναπαραγωγής

Μια ακόμη σημαντική παράμετρος, που πρέπει να εξεταστεί πριν την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας, είναι η στάθμη της έντασης με την οποία θα αναπαραχθούν τα σήματα.

Η ένταση θα πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε η αναπαραγωγή να μη γίνεται ενοχλητική ή επικίνδυνη για τους συμμετέχοντες. Υψηλές στάθμες έντασης μπορεί να οδηγήσουν σε ανεπανόρθωτες βλάβες στην ακοή ακροατών και ερευνητών. Ταυτόχρονα όμως, θα πρέπει να υπάρχει ευκρίνεια κατά την αναπαραγωγή του υλικού, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η όσο το δυνατόν καλύτερη ακρόαση και κατά συνέπεια, η όσο το δυνατόν αντικειμενικότερη κρίση των ακροατών. Πιο συγκεκριμένα, για ένα σήμα ενεργούς τάσης (V_{rms}) 4dBu, η στάθμη έντασης αναπαραγωγής L_{ref} στο σημείο ακρόασης L_{ref} θα είναι:

$$L_{ref} = 85 - 10 \log \pm 0.25 (dBA)$$

Γενικώς, συνιστάται η στάθμη της έντασης να παραμείνει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος γι' αυτό και θεωρείται πολύ σημαντικό το να καθοριστεί από τους ερευνητές το επιθυμητό σημείο της στάθμης πριν την έναρξη της όλης διαδικασίας. Παρόλα αυτά, οι ακροατές έχουν τη δυνατότητα αυξομείωσης στην τιμή της έντασης σε ένα όριο των ± 4 dB από τη στάθμη με την οποία αναπαράγεται το σήμα.

Κλείνοντας την παράγραφο αυτή, πρέπει να αναφερθεί πως απαγορεύεται η υπερβολική έκθεση των συμμετεχόντων σε ηχητικά σήματα, όπως λευκός ή ροζ θόρυβος, υψηλές, χαμηλές συχνότητες κλπ, ακόμα και σε χαμηλά επίπεδα έντασης. Κάτι τέτοιο, εκτός από βλάβες στην ακοή των συμμετεχόντων, μπορεί να οδηγήσει σε σύγχυση των ακροατών, γεγονός το οποίο θα επηρεάσει με τη σειρά του αρνητικά την όλη πειραματική διαδικασία.

6.1.9 Εξοπλισμός και συσκευές αναπαραγωγής

Για την αναπαραγωγή των σημάτων, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο ίδιος εξοπλισμός για όλα τα παραδείγματα. Μεγάφωνα και ακουστικά θα πρέπει να καλλιμπραριστούν πριν την έναρξη των τεστ (βλ. ενότητα [4.4](#)). Οι ακροατές μπορούν να επιλέξουν το αν θα ακούσουν τα σήματα με ακουστικά ή από μεγάφωνα.

Αυτό είναι κάτι που δεν μπορεί να αλλάξει κατά τη διάρκεια του πειράματος γι' αυτό και θα πρέπει κάθε ακροατής να επιλέξει το μέσο που θα χρησιμοποιήσει, πριν την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας. Για τον λόγο αυτό, συνιστάται η εκ των προτέρων επιλογή του μέσου ακρόασης. Η πιο κατάλληλη στιγμή για κάτι τέτοιο είναι η φάση εξοικείωσης των ακροατών με τις παραμέτρους της όλης διαδικασίας.

Ορισμένες αλλοιώσεις γίνονται πιο εύκολα αντιληπτές με την χρήση ακουστικών. Από την άλλη όμως, υπάρχουν και αλλοιώσεις που είναι πιο ευδιάκριτες με τη χρήση μεγαφώνων. Πιο συγκεκριμένα, σε περιπτώσεις που οι αλλοιώσεις ενδέχεται να επηρεάσουν τα χαρακτηριστικά της στερεοφωνικής εικόνας και εφόσον κάτι τέτοιο αποτελεί σημείο ενδιαφέροντος για τους ερευνητές, συνιστάται η χρήση μεγαφώνων ή ακόμα και ακουστικών. Σίγουρα, η χρήση ακουστικών σε αυτή την περίπτωση μπορεί να αποκαλύψει αλλοιώσεις στα χαρακτηριστικά της στερεοφωνικής εικόνας, οι οποίες ενδεχομένως να μη γίνουν αντιληπτές μέσω μεγαφώνων. Εφόσον, όμως, δεν τίθεται θέμα αξιολόγησης των χαρακτηριστικών αυτών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο μεγάφωνα. Για την αξιολόγηση μονοφωνικών σημάτων συνιστάται η χρήση ενός μόνο μεγαφώνου και όχι ακουστικών. Τέλος, για πολυκάνναλη αναπαραγωγή χρησιμοποιούνται μόνο μεγάφωνα.

6.1.9.1 Χαρακτηριστικά μεγαφώνων

Τα μεγάφωνα που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να αποτελούνται από εξαρτήματα υψηλής ποιότητας. Οι ηλεκτροακουστικές διατάξεις που θα περιλαμβάνουν (ηχεία, crossover κτλ), πρέπει να συμμορφώνονται πλήρως

με τις ακόλουθες προϋποθέσεις, οι οποίες σχετίζονται άμεσα με τα χαρακτηριστικά ενός “καλού” μεγαφώνου και αφορούν μετρήσεις σε ελεύθερο ακουστικό πεδίο με χρήση ροζ θορύβου.

Γενικά, τα επιθυμητά χαρακτηριστικά ενός μεγαφώνου είναι τα παρακάτω:

- Ευρεία απόκριση συχνότητας.
- Ομοιόμορφη διασπορά (δείκτης κατευθυντικότητας).
- Χαμηλή παραμόρφωση.
- Δυναμική περιοχή λειτουργίας μεγαφώνου (υψηλή ευαισθησία).

6.1.9.1.1 Ευρεία απόκριση συχνότητας

Βασικό κριτήριο επιλογής του κατάλληλου μεγαφώνου για χρήση σε ακουστικά τεστ, όπως αυτό που περιγράφεται σε αυτό το κεφάλαιο, είναι η καμπύλη απόκρισής του.

Ένα μεγάφωνο το οποίο παρουσιάζει γραμμική απόκριση συχνότητας, στο φάσμα από 40 Hz μέχρι 16 kHz (με μέγιστη επιτρεπτή απόκλιση ± 4 dB για γωνία κατεύθυνσης 0°), καλύπτει πλήρως τις ανάγκες του εν λόγω πρότυπου. Για μετρήσεις υπό γωνία κατεύθυνσης 10° , η καμπύλη απόκρισης συχνότητας δεν πρέπει να διαφέρει από εκείνη των 0° περισσότερο από 3 dB, ενώ η καμπύλη για γωνία 30° δεν πρέπει να διαφέρει από εκείνη της μηδενικής γωνίας περισσότερο από 4 dB.

6.1.9.1.2 Δείκτης κατευθυντικότητας

Η κατευθυντικότητα ενός μεγαφώνου χαρακτηρίζεται συνήθως από τον **δείκτη κατευθυντικότητας (Directivity Index, DI)**.

Ο δείκτης κατευθυντικότητας περιγράφει τη διαφορά της εκπεμπόμενης από το μεγάφωνο έντασης πάνω σε μια διεύθυνση και σε μια συγκεκριμένη απόσταση. Ορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$DI = 10 \log Q$$

όπου: $Q = 10^{DI/10}$

Στο συχνοτικό εύρος από 500 Hz έως 10 kHz, θα πρέπει να ισχύει:

$$6dB \leq DI \leq 12dB$$

6.1.9.1.3 Χαμηλή παραμόρφωση

Το μεγάφωνο τροφοδοτείται με ηλεκτρικό σήμα, έτσι ώστε η μέγιστη στάθμη ηχητικής πίεσης σε απόσταση 1 m από την πηγή να είναι 90 dB SPL. Για αυτήν την στάθμη, η αρμονική παραμόρφωση για το εύρος από 40 Hz έως 16 kHz πρέπει να συμφωνεί με τις ακόλουθες τιμές:

$$-30dB(3\%) \text{ για } f < 250Hz$$

$$-40dB(1\%) \text{ για } f \geq 250Hz$$

6.1.9.1.4 Δυναμική περιοχή λειτουργίας μεγαφώνου

Σύμφωνα με τα όσα παρουσιάζονται στην ενότητα IEC 268-1c, (όπως αυτή αναφέρεται στο Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems including multichannel sound systems 1997) τα μεγάφωνα που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να μπορούν να παράγουν μέγιστη στάθμη έντασης άνω των 108 dB για μια χρονική περίοδο 10 λεπτών τουλάχιστον, χωρίς να υπάρχει ενδεχόμενο υπερθέρμανσης, καταστροφής ή υπεροδήγησης των διατάξεων από τις οποίες αποτελούνται. Η μέτρηση της τιμής αυτής γίνεται με τη χρήση ηχόμετρου, το οποίο είναι καλλιμπραρισμένο σε απόκριση flat.

Το επίπεδο του θορύβου για κάθε μεγάφωνο, αλλά και για τις περιφερειακές συσκευές, θα πρέπει να είναι μικρότερο των 10 dBA σε απόσταση ενός μέτρου από την πηγή.

6.1.9.2 Χαρακτηριστικά ακουστικών ακρόασης

Όπως και στην περίπτωση των μεγαφώνων, τα ακουστικά θα πρέπει να είναι προϊόν υψηλής ποιότητας. Η απόκριση συχνότητας είναι και πάλι το βασικό εκείνο στοιχείο που χρίζει άμεσης προτεραιότητας για την επιλογή του κατάλληλου σετ ακουστικών. Ένα ζευγάρι ακουστικών με γραμμική απόκριση στο φάσμα από 40 Hz έως 16 kHz αποτελεί ιδανική λύση.

Σ' ένα χώρο ακρόασης, όπου καλύπτονται πλήρως οι κατασκευαστικές και ηλεκτροακουστικές προδιαγραφές (βλ. κεφάλαιο [4 ΜΕΡΟΣ Α'](#)), μπορούν άνετα να χρησιμοποιηθούν ακουστικά ανοιχτού τύπου. Σε αντίθετη περίπτωση όμως, όπου η ανεπαρκής ηχομόνωση του χώρου ακρόασης, σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες (εξωτερικός θόρυβος, υψηλές τιμές θορύβου βάθους κτλ), ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά την όλη διαδικασία, θεωρείται πιο σωστή η χρήση ακουστικών κλειστού τύπου.

6.1.9.3 Χαρακτηριστικά χώρων ακρόασης

Σε αυτή την παράγραφο θα γίνει ανάλυση των σύνθετων παραμέτρων που πρέπει να έχει ο χώρος ακρόασης στον οποίο θα διεξαχθεί το ακουστικό τεστ. Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως οι παράμετροι αυτοί έχουν να κάνουν με την αναπαραγωγή του υλικού μέσω μεγαφώνων και μόνο. Στην περίπτωση ακρόασης του υλικού με χρήση ακουστικών, θα πρέπει να τηρηθούν οι κανόνες που αφορούν στον θόρυβο βάθους του χώρου (βλ. σχήμα 4.2). Οι παράμετροι αυτοί είναι:

- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του χώρου ακρόασης.
- Τα ακουστικά χαρακτηριστικά του χώρου ακρόασης.
- Η διάταξη των μεγαφώνων μέσα στο χώρο.
- Το σημείο ακρόασης στο χώρο.

6.1.9.3.1 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά χώρων ακρόασης

Παρακάτω αναφέρονται οι ιδανικές διαστάσεις ενός πρότυπου χώρου ακρόασης, βάσει πάντα του προτύπου που εξετάζεται. Αν ο χώρος δεν πληροί τις ακόλουθες κατασκευαστικές προδιαγραφές για οποιονδήποτε λόγο, τότε είναι αναγκαίο να τηρηθούν πλήρως οι υπόλοιπες παράμετροι που σχετίζονται με χαρακτηριστικά ακουστικής φύσεως (χρόνος αντήχησης, διάταξη μεγαφώνων, ένταση αναπαραγωγής, σημείο ακρόασης κτλ)

Έτσι, για μονοφωνική ή στερεοφωνική αναπαραγωγή ο χώρος θα πρέπει να είναι από 20 έως 60 m². Στην περίπτωση πολυκάνναλης αναπαραγωγής, ο χώρος θα πρέπει να είναι από 30 έως 70 m².

Οι τοίχοι πρέπει να είναι κάθετοι και να μην παρουσιάζουν κλίση, ενώ το σχήμα του χώρου μπορεί να έχει τραπέζιο ή κατά προτίμηση ορθογώνιο σχήμα.

Οι παρακάτω αναλογίες των διαστάσεων θα πρέπει να τηρηθούν, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ομοιόμορφη κατανομή των χαμηλών συχνοτήτων συντονισμού του χώρου ακρόασης:

$$1.1w/h \leq l/h \leq 4.5w/h - 4$$

όπου:

l : μήκος

w : πλάτος

h : ύψος.

Επιπροσθέτως, πρέπει να ισχύουν τα εξής: $l/h < 3$ και $w/h < 3$.

6.1.9.3.2 Ακουστικά χαρακτηριστικά χώρων ακρόασης

Χρόνος αντήχησης: Η μέση τιμή του χρόνου αντήχησης T_m , όπως αυτός μετράται στο συχνοτικό εύρος από 200 Hz έως 4 kHz, υπολογίζεται από τη σχέση:

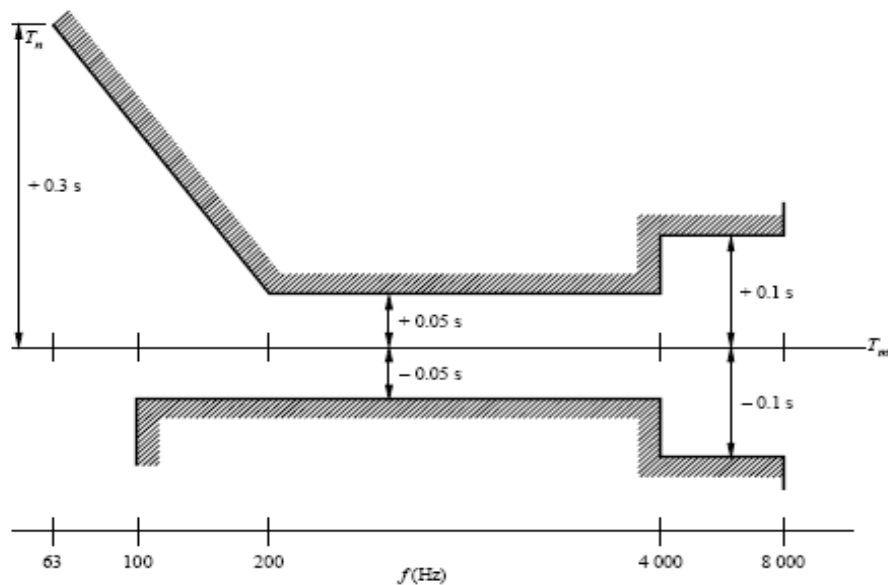
$$T_m = 0,25(V / V_{ref})^{1/3}$$

όπου:

V : ο όγκος του χώρου.

V_{ref} : 100 m³.

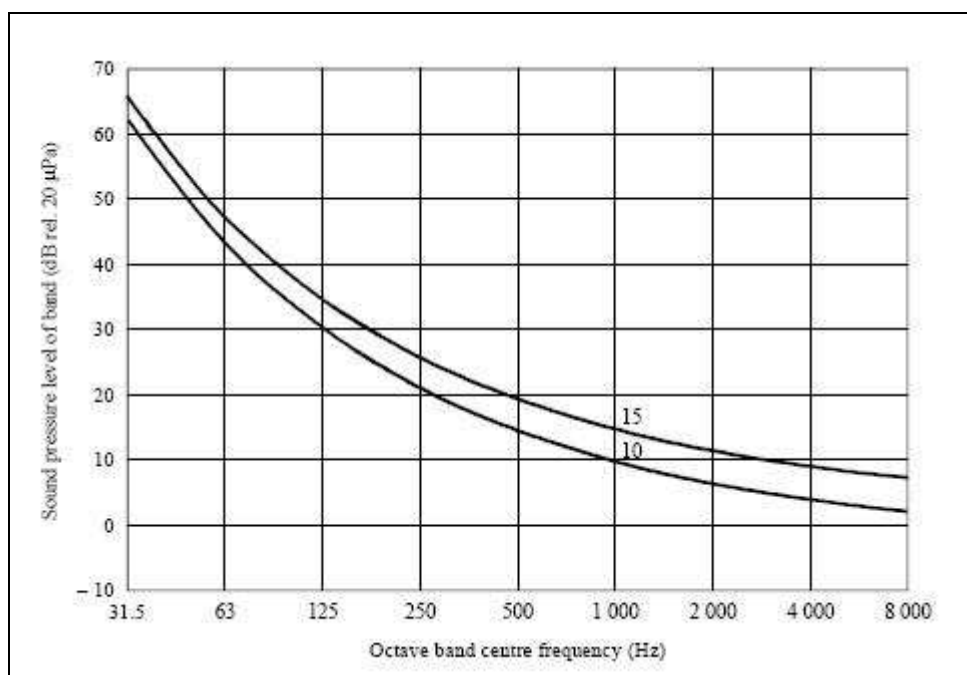
Επειδή θεωρείται δύσκολο να μετρηθεί με ακρίβεια η τιμή του χρόνου αντήχησης για το εύρος συχνοτήτων από 63 Hz έως 8 kHz, οι επιτρεπτές ανοχές στην τιμή του χρόνου αντήχησης που εξάγεται από την παραπάνω σχέση φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 6.1: Μέγιστες επιτρεπτές ανοχές στην τιμή του χρόνου αντήχησης.

Θόρυβος βάθους: Ο θόρυβος βάθους του χώρου ακρόασης σε απόσταση 1.2 m από το πάτωμα, δε θα πρέπει να ξεπερνάει τις τιμές

ακουστικής πίεσης που φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (καμπύλη Noise Rating 15).



Σχήμα 6.2: Προτεινόμενη (NR 10), και μέγιστη (NR 15), τιμή θορύβου βάθους.

6.1.9.3.3 Διάταξη συσκευών και τοποθέτηση ακροατών

Εφόσον ένα ακουστικό τεστ διεξάγεται σ' ένα χώρο, ο οποίος πληροί όλα τα χαρακτηριστικά (κατασκευαστικά και ακουστικά) της αντίστοιχης παραγράφου του κεφαλαίου αυτού, η τοποθέτηση συσκευών αναπαραγωγής και ακροατών θα γίνει σύμφωνα με ό,τι ορίζει το πρότυπο. Σε αντίθετη περίπτωση, όπου ο χώρος δεν πληροί τις σχετικές προδιαγραφές, είτε για λόγους κατασκευαστικούς, είτε για λόγους ακουστικής σχεδίασης, θεωρείται σημαντικό να αναφερθούν και τα εναλλακτικά σημεία τοποθέτησης των ακροατών μέσα στο χώρο ακρόασης ιδιαίτερα για περιπτώσεις όπου υπάρχουν περισσότεροι από ένας ακροατές.

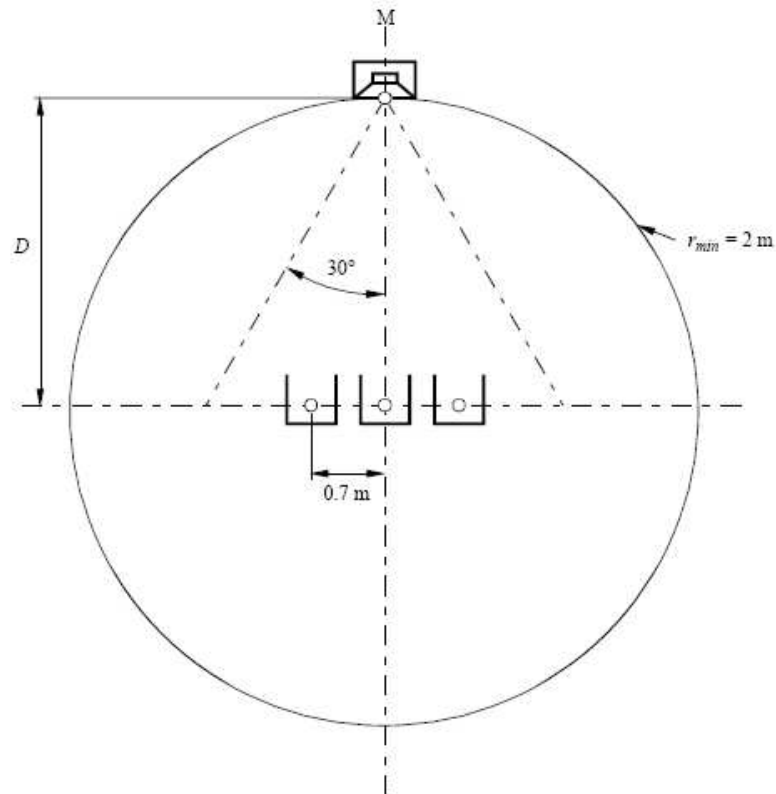
6.1.9.3.3.1 Ύψος και προσανατολισμός μεγαφώνων

Η απόσταση από το πάτωμα στην οποία θα τοποθετηθούν τα μεγάφωνα, πρέπει να είναι περίπου 1.2 m. Σημειώνεται ότι η απόσταση αυτή μετρείται από τον άξονα (on axis) περίπου του μεγαφώνου έως το πάτωμα. Το ύψος αυτό αντιπροσωπεύει το αντίστοιχο ύψος του αυτιού ενός καθήμενου ακροατή.

Ο προσανατολισμός των μεγαφώνων θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε σε μηδενική γωνία από τον άξονα τους ο ήχος να περνάει από το σημείο ακρόασης στο ύψος των 1.2 m από το πάτωμα. Η απόσταση των μεγαφώνων από τους τοίχους του χώρου θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1 m.


6.1.9.3.3.2 Μονοφωνική αναπαραγωγή

Για την αναπαραγωγή μονοφωνικών ηχητικών σημάτων θα χρησιμοποιηθεί ένα μεγάφωνο. Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ πηγής και ακροατή πρέπει να είναι 2 m. Σε περίπτωση που υπάρχουν πάνω από ένας ακροατές ταυτόχρονα (ο μέγιστος αριθμός ακροατών είναι τρεις), η απόσταση μεταξύ τους πρέπει να είναι 0.7 m σε μια γωνία $\pm 30^\circ$ από τον άξονα του μεγαφώνου. Στο σχήμα 6.3 διακρίνονται οι παραπάνω λεπτομέρειες.



Σχήμα 6.3: Απεικόνιση στοιχείων για μονοφωνική αναπαραγωγή.

Στο παραπάνω σχήμα έχουμε:

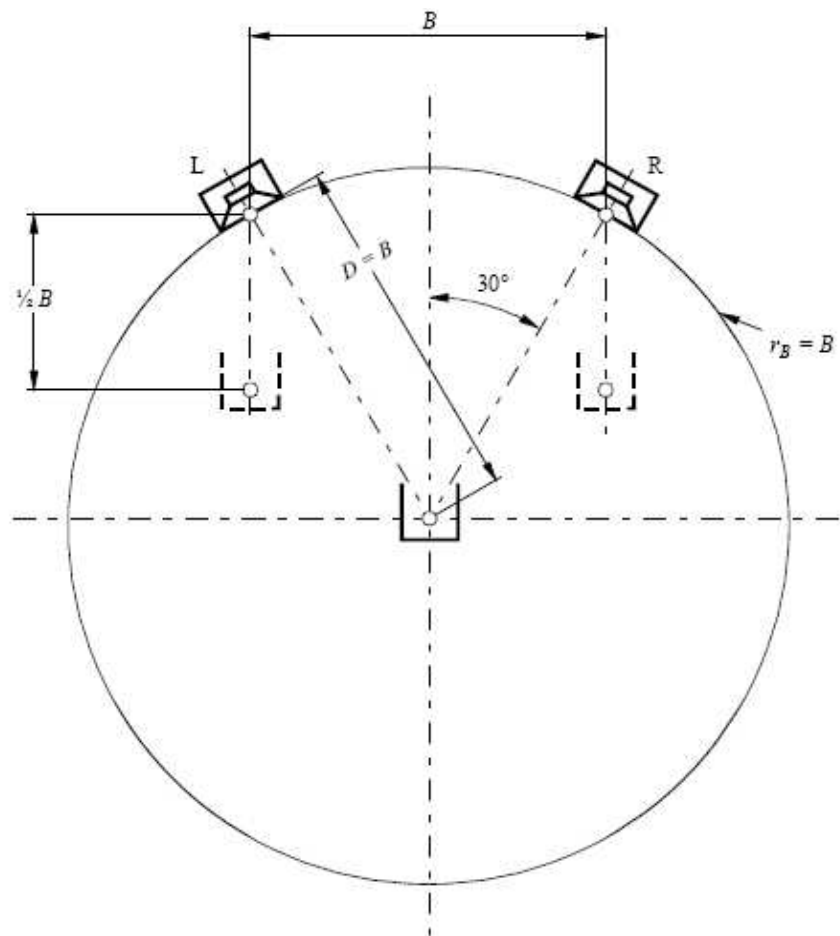
 : Σημείο ακρόασης.

D : Απόσταση μεταξύ πηγής και ακροατή.

6.1.9.3.3 Στερεοφωνική αναπαραγωγή


Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, το ιδανικό σημείο ακρόασης για στέρεο αναπαραγωγή, προσδιορίζεται από μια γωνία 60° μεταξύ των πηγών και του ακροατή. Στην περίπτωση που υπάρχουν περισσότεροι από ένας ακροατές (ο μέγιστος αριθμός ακροατών που συνιστάται από το εν λόγω πρότυπο είναι τρεις), οι θέσεις των άλλων δύο ακροατών είναι το μισό της απόστασης B κάθετα στον άξονα της κάθε πηγής. Η απόσταση B , είναι η απόσταση ανάμεσα στους άξονες των δύο μεγαφώνων και είναι 2–3 m. Αυτή

η απόσταση μπορεί να πάρει και μεγαλύτερες τιμές (έως 4 m), εφόσον οι διαστάσεις του χώρου το επιτρέπουν.



Σχήμα 6.4: Απεικόνιση στοιχείων για στερεοφωνική αναπαραγωγή.

Στο παραπάνω σχήμα έχουμε :

 : Ιδανικό σημείο ακρόασης.

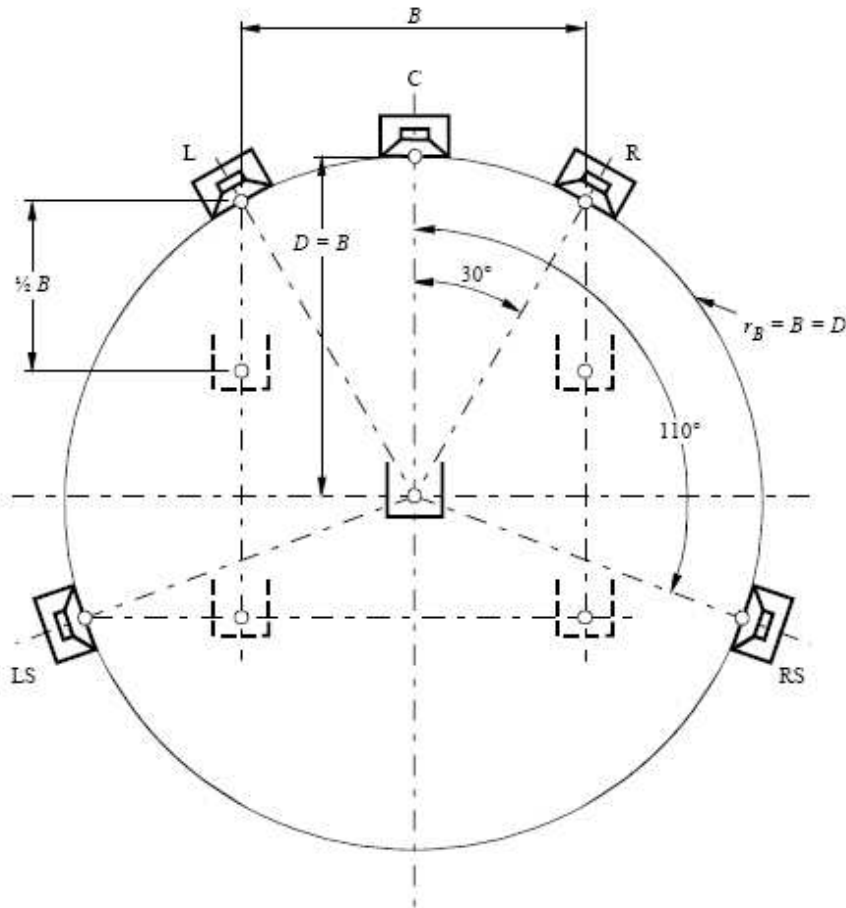
 : Εναλλακτικές θέσεις ακρόασης για περισσότερους από έναν ακροατές.

D : Απόσταση ακρόασης μεταξύ πηγής και ακροατή.

B : Απόσταση μεταξύ των πηγών.


6.1.9.3.3.4 Πολυκάνναλη αναπαραγωγή


Στην περίπτωση πολυκάνναλης αναπαραγωγής θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν πέντε μεγάφωνα. Το ιδανικό σημείο ακρόασης για την πολυκάνναλη αναπαραγωγή προσδιορίζεται και εδώ από μια γωνία 60° μεταξύ των πηγών και του ακροατή. Ο μέγιστος αριθμός ακροατών σε αυτή την περίπτωση είναι πέντε. Η απόσταση B μεταξύ των πηγών είναι 2–3 m και μπορεί να πάρει τιμές έως και 5 m εφόσον οι διαστάσεις του χώρου το επιτρέπουν. Τα σημεία τοποθέτησης των πίσω μεγαφώνων (LS/RS) προσδιορίζονται από μια γωνία 110° όπως φαίνεται στο σχήμα 6.5.



Σχήμα 6.5: Απεικόνιση στοιχείων πολυκάνναλης αναπαραγωγής.

Στο παραπάνω σχήμα έχουμε:

 : Ιδανικό σημείο ακρόασης.

 : Εναλλακτικές θέσεις ακρόασης για περισσότερους από έναν ακροατές.

D : Απόσταση ακρόασης μεταξύ πηγής και ακροατή.

B : Απόσταση μεταξύ των πηγών.

Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται ένα δωμάτιο ακρόασης του ερευνητικού κέντρου της εταιρείας NOKIA που χρησιμοποιείται για τη διεξαγωγή ακουστικών τεστ με χρήση του προτύπου ITU-R. BS. 1116-1.



Εικόνα 6.2: Δωμάτιο ακρόασης NOKIA για το πρότυπο ITU-R. BS. 1116-1.

6.2 ITU–R. Recommendation BS. 1284: “General Methods For The Subjective Assessment Of Sound Quality”.

“Γενικές μέθοδοι για την υποκειμενική αξιολόγηση της ποιότητας του ήχου”

Σύμφωνα πάντα με τον Διεθνή Οργανισμό Τηλεπικοινωνιών ITU, λαμβάνονται ως δεδομένα τα εξής:

i) Ότι οι νέες τεχνικές επεξεργασίας ψηφιακών ηχητικών σημάτων (συμπύεση κτλ), ενδέχεται να απαιτούν την χρήση νέων, πιο εξελιγμένων μεθόδων αξιολόγησης της ποιότητας του ήχου.

ii) Ότι τα ακουστικά τεστ, που αφορούν στην υποκειμενική αξιολόγηση της ποιότητας του ήχου, επιτρέπουν την αξιολόγηση κάθε αλλοίωσης που γίνεται αντιληπτή ή που θεωρείται ενοχλητική για τον άνθρωπο.

iii) Ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλές και διαφορετικές μέθοδοι υποκειμενικής αξιολόγησης του ήχου.

iv) Ότι συνιστάται η σύγκριση των αποτελεσμάτων από διάφορα ακουστικά τεστ που έχουν λάβει χώρα σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και σε διαφορετικούς χώρους, έτσι ώστε να διασφαλιστεί η εγκυρότητα τέτοιων μεθόδων υποκειμενικής αξιολόγησης του ήχου.

v) Ότι τα γεωμετρικά και ακουστικά χαρακτηριστικά των χώρων ακρόασης μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την όλη πειραματική διαδικασία και γι' αυτό πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στις συνθήκες που επικρατούν κατά την ακρόαση.

6.2.1 Σχετικά με το πρότυπο ITU–R. BS. 1284

Μεγάλο κομμάτι του προτύπου ITU–R. BS. 1284 (General methods for the subjective assessment 2003) βασίζεται στο πρότυπο του ITU–R. BS.

1116–1. Σε αντίθεση όμως με το πρότυπο αυτό, η χρήση της μεθόδου που περιγράφεται σε αυτή την ενότητα αποτελεί μια πιο γενική προσέγγιση σχετικά με τα ακουστικά τεστ υποκειμενικής αξιολόγησης του ήχου.

Πιο συγκεκριμένα, το πρότυπο ITU–R. BS. 1284 μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια μέθοδος διεξαγωγής ακουστικών τεστ, η οποία επιτρέπει την αξιολόγηση επεξεργασμένων ηχητικών δεδομένων με όχι και τόσο αυστηρά κριτήρια και προϋποθέσεις όπως συμβαίνει με το πρότυπο BS. 1116–1.

Πολλές από τις παραμέτρους που συνθέτουν μια πειραματική διαδικασία με χρήση του προτύπου ITU–R. BS. 1284, μοιάζουν ή είναι ακόμα και ίδιες με αυτές του προτύπου ITU–R. BS. 1116–1. Ο αναγνώστης καλείται να ανατρέξει στις αντίστοιχες ενότητες σε περιπτώσεις που οι εν λόγω παράμετροι είναι ίδιες και για τα δύο πρότυπα.

Οι πίνακες που ακολουθούν δείχνουν τη βαθμολογική κλίμακα, βάσει της οποίας βαθμολογούνται τα ηχητικά δεδομένα. Ο αντικειμενικός σκοπός του εκάστοτε ψυχοακουστικού τεστ, καθορίζει ποια από τις δύο αυτές κλίμακες θα χρησιμοποιηθεί.

Quality / Ποιότητα	Impairment / Αλλοίωση
5 Excellent / Τέλεια	5 Imperceptible / Μη διακριτή αλλοίωση
4 Good / Καλή	4 Perceptible but not annoying / Διακριτή αλλά όχι ενοχλητική
3 Fair / Μέτρια	3 Slightly annoying / Ελαφρώς ενοχλητική
2 Poor / Κακή	2 Annoying / Ενοχλητική
1 Bad / Πολύ κακή	1 Very annoying / Πολύ ενοχλητική

Πίνακας 6.2: Βαθμολογική κλίμακα του προτύπου ITU–R. BS. 1284.

Comparison / Σύγκριση	
3	Much Better / Πολύ καλύτερο
2	Better / Καλύτερο
1	Slightly Better / Ελαφρώς καλύτερο
0	The same / Το ίδιο
- 1	Slightly Worse / Ελαφρώς χειρότερο
- 2	Worse / Χειρότερο
- 3	Much Worse / Πολύ χειρότερο

Πίνακας 6.3: Βαθμολογική κλίμακα για τεστ σύγκρισης βάσει του προτύπου ITU-R. BS. 1284.

6.2.2 Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας

Η πειραματική διαδικασία περιλαμβάνει την παρουσίαση και ακρόαση μεμονωμένων ηχητικών δεδομένων ή ακόμα και ζευγών αυτών (ένα εκ των δύο θα είναι το σήμα αναφοράς). Σημειώνεται ότι στην περίπτωση μεμονωμένων σημάτων πρόκειται για επεξεργασμένα ηχητικά δεδομένα, τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το περιεχόμενο. Η παρουσίαση των σημάτων προς αξιολόγηση μπορεί να επαναληφθεί χωρίς περιορισμούς, εφόσον οι ακροατές το επιθυμούν.

Για ακουστικά τεστ που θα περιλαμβάνουν τη χρήση ζευγών των ηχητικών δεδομένων, μπορεί να γίνει και σύγκριση ανάμεσα στο σήμα/ζεύγος αναφοράς και στο επεξεργασμένο σήμα/ζεύγος, βάσει της βαθμολογικής κλίμακας που φαίνεται στον πίνακα 6.3, αλλά και απλή βαθμολόγηση αυτών, βάσει της κλίμακας που φαίνεται στον πρώτο πίνακα. Η πρώτη παρουσίαση των σημάτων, στην περίπτωση που πρόκειται για ζεύγη ηχητικών δεδομένων, μπορεί να γίνει με την ακόλουθη σειρά:

1. Αναπαραγωγή σήματος αναφοράς.
2. Αναπαραγωγή του ίδιου επεξεργασμένου σήματος.
3. Επανάληψη του αρχικού σήματος αναφοράς.
4. Επανάληψη του ίδιου επεξεργασμένου σήματος.

Από εκεί και πέρα, τα δεδομένα μπορεί να επαναλαμβάνονται πάντα με την ίδια σειρά για όσο χρόνο επιθυμούν οι ακροατές. Εδώ πρέπει να σημειωθεί, πως το κάθε ακουστικό τεστ δεν πρέπει να υπερβαίνει σε διάρκεια τα 20 λεπτά. Σε περίπτωση λοιπόν που οι ακροατές επιθυμούν μετά το πέρας μιας τέτοιας διαδικασίας, την επανάληψή της, επιβάλλεται διάλειμμα ίσο ή μεγαλύτερο των 20 λεπτών.

Η πολλές φορές μικρή σε διάρκεια μνήμη που διαθέτει ο άνθρωπος, επιβάλλει αντίστοιχα τη μικρή διάρκεια των ηχητικών δεδομένων προς αξιολόγηση. Έτσι, η διάρκεια των σημάτων δεν πρέπει να ξεπερνά τα 20 δευτερόλεπτα όταν πρόκειται για δείγματα μουσικής, ενώ για περιπτώσεις, όπου τα σήματα είναι απλοί ημιτονοειδείς ήχοι, θόρυβος, ομιλία κτλ, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σήματα μικρότερης διάρκειας από 5 έως 10 δευτερόλεπτα. Το διάλειμμα μεταξύ των δειγμάτων 1, 2 και 3, 4 μπορεί να είναι από 0.5 έως 1 δευτερόλεπτο, ενώ μεταξύ των 2 και 3 μπορεί να φτάσει και έως 1.5 δευτερόλεπτα.

6.2.3 Επιλογή ακροατών

Όπως και στην περίπτωση αξιολόγησης με χρήση του προτύπου ITU-R BS. 1116–1, έτσι και εδώ οι εξειδικευμένοι ακροατές προτιμώνται έναντι των μη εξειδικευμένων σε τέτοιες διαδικασίες. Όπως όμως προαναφέρθηκε, η αξιολόγηση ηχητικών δεδομένων, βάσει της πειραματικής διαδικασίας που περιγράφεται σε αυτή την ενότητα, μπορεί να διαφέρει ως προς τους περιορισμούς που τίθενται από το πρότυπο ITU–R. BS. 1116–1.

Έτσι, μπορεί κανείς να πει πως σε μια ανάλογη περίπτωση και εφόσον μη εξειδικευμένοι ακροατές αποτελούν στην πλειοψηφία του το ευρύ καταναλωτικό κοινό, ενδέχεται να χρησιμοποιηθεί ένας αριθμός μη εξειδικευμένων ακροατών που δεν πρέπει να ξεπερνάει τους 20. Σε αντίθετη περίπτωση, όπου, δηλαδή, η παρουσία εξειδικευμένων ακροατών είναι εφικτή, ένας αριθμός των 10 ατόμων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διεξαγωγή ενός τέτοιου πειράματος.

Έχει βέβαια αποδειχθεί από παρόμοιες πειραματικές διαδικασίες ότι ακουστικά τεστ στα οποία συμμετέχουν εξειδικευμένοι ακροατές, δίνουν πιο ακριβή αποτελέσματα σε πολύ λιγότερο χρόνο. Σε κάθε περίπτωση πάντως θεωρείται επιτακτική η εξοικείωση των ακροατών με τις παραμέτρους (ηχητικό υλικό, εξοπλισμός, χώρος ακρόασης κτλ) που συνθέτουν το εν λόγω ψυχοακουστικό τεστ.

6.2.4 Επιλογή ηχητικού υλικού

Βασιζόμενοι πάντα στον αντικειμενικό σκοπό ενός ψυχοακουστικού τεστ και πιο συγκεκριμένα, στους προς αξιολόγηση κωδικοποιητές, επιλέγεται και το ηχητικό υλικό. Προαναφέρθηκε στην ενότητα [6.1.5](#) πως δεν υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο αρχείο δειγμάτων ήχου. Το ίδιο ισχύει και σε αυτή την περίπτωση.

Σε γενικές γραμμές θα πρέπει να επιλεγεί υλικό ουδέτερο ως προς το περιεχόμενό του. Στην ενότητα [3.1.1](#) υπάρχει μια λεπτομερής ανάλυση όσον αφορά το ηχητικό υλικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

6.2.5 Κωδικοποίηση σημάτων

Η επιλογή των κωδικοποιητών που θα χρησιμοποιηθούν για την επεξεργασία των σημάτων είναι ένα θέμα που επίσης έχει να κάνει με τις ανάγκες της έρευνας. Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την κωδικοποίηση των προς αξιολόγηση ηχητικών δειγμάτων υπάρχουν στην ενότητα [6.1.6](#)

6.2.6 Ηχητικό περιβάλλον ακρόασης

Η ακρόαση του ηχητικού υλικού μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε ηχητικό περιβάλλον (μονοφωνικό, στερεοφωνικό ή πολυκάνναλο).

6.2.7 Συνθήκες ακρόασης

Οι συνθήκες που μπορεί να επικρατούν κατά τη διάρκεια ενός ακουστικού τεστ με βάση το συγκεκριμένο πρότυπο και περιλαμβάνουν:

- Τα ακουστικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά του χώρου ακρόασης.
- Την ένταση αναπαραγωγής των σημάτων.
- Τη διάταξη του εξοπλισμού αναπαραγωγής μέσα στο χώρο.
- Την τοποθέτηση των ακροατών μέσα στο χώρο (σημείο ακρόασης).

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά περί συνθηκών ακρόασης αναφέρονται λεπτομερώς στην ενότητα [6.1.7](#) και στις υποενότητες αυτής ([6.1.7.1](#), [6.1.7.2](#), [6.1.7.3](#))

Πρέπει να σημειωθεί πως οι προϋποθέσεις που αναφέρονται στις αντίστοιχες ενότητες μπορεί να είναι εξαιρετικά αυστηρές για ένα ακουστικό τεστ με χρήση του προτύπου BS. 1284.

6.3 ITU–R. Recommendation BS. 1285: “Pre-selection methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems”.

“Προεπιλογή των μεθόδων για την υποκειμενική αξιολόγηση μικρών αλλοιώσεων στην ποιότητα του ήχου”.

Σύμφωνα πάντα τον Διεθνή Οργανισμό Τηλεπικοινωνιών ITU, λαμβάνονται ως δεδομένα τα εξής :

i) Ότι οι ενότητες ITU–R. BS. 1116-1, ITU–R. BT. 500, ITU–R. BS. 1284, ITU–R. BT. 710, ITU–R. BT. 1128 και ITU–R. BT. 1129, έχουν ήδη θεσμοθετήσει ορισμένες μεθόδους για την υποκειμενική αξιολόγηση της ηχητικής ποιότητας.

ii) Ότι τα ακουστικά τεστ που αφορούν την υποκειμενική αξιολόγηση της ποιότητας του ήχου, επιτρέπουν την αξιολόγηση κάθε αλλοίωσης που γίνεται αντιληπτή ή που θεωρείται ενοχλητική για τον άνθρωπο.

iii) Ότι τα πρότυπα αντικειμενικής αξιολόγησης, δε θεωρούνται επαρκείς μέθοδοι για την αξιολόγηση κωδικοποιημένων ηχητικών δεδομένων.

iv) Ότι είναι επιτακτική η χρήση εγκεκριμένων μεθόδων για την σωστή αξιολόγηση κωδικοποιημένων ηχητικών δεδομένων.

v) Ότι το πρότυπο ITU-R. BS. 1116-1 αποτελεί την πλέον ενδεδειγμένη μέθοδο υποκειμενικής αξιολόγησης της ποιότητας του ήχου, όταν πρόκειται για αξιολόγηση και εντοπισμό μικρών αλλοιώσεων.

vi) Ότι τα αυστηρά κριτήρια σχεδιασμού ενός ακουστικού τεστ βάσει του προτύπου ITU-R. BS. 1116-1, αποτελούν μια εξαιρετικά χρονοβόρο διαδικασία και πως για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητη η προεπιλογή συγκεκριμένων παραμέτρων που θα πρέπει να εξεταστούν όταν πρόκειται να αξιολογηθούν ηχητικά δεδομένα που παρουσιάζουν έντονες αλλοιώσεις.

6.3.1 Σχετικά με το πρότυπο ITU-R. BS. 1285

Όπως συμβαίνει και με το πρότυπο ITU-R. BS. 1284, η μέθοδος που περιγράφεται παρακάτω (Pre-selection methods for the subjective assessment 1997) βασίζεται κατά κύριο λόγο στο πρότυπο ITU-R. BS. 1116-1.

Έχει προαναφερθεί ότι το πρότυπο ITU-R. BS. 1116-1, χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την αξιολόγηση ανεπαίσθητων αλλοιώσεων. Συνεπώς, οι παράμετροι που συνθέτουν μια πειραματική διαδικασία, η οποία βασίζεται στη συγκεκριμένη μέθοδο, μπορεί να μετατρέψουν το όλο πείραμα σε μια εξαιρετικά χρονοβόρο διαδικασία, πράγμα το οποίο δεν είναι απαραίτητο όταν πρόκειται να αξιολογηθούν δεδομένα τα οποία παρουσιάζουν σημαντικές αλλοιώσεις.

Προκειμένου, λοιπόν, να αποφευχθεί η διεξαγωγή τέτοιων τεστ χωρίς λόγο, θεωρείται σωστό να εξεταστούν μόνο οι βασικές παράμετροι αξιολόγησης ηχητικών δεδομένων που περιέχουν σημαντικές αλλοιώσεις.

6.3.2 Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας

Οι λεπτομέρειες που αφορούν τη διεξαγωγή του πειράματος βάσει του προτύπου ITU–R. BS. 1285, συμπίπτουν με την πειραματική διαδικασία του προτύπου ITU–R. BS. 1116–1. Περαιτέρω ενέργειες σχετικά με τη διεξαγωγή του πειράματος προκειμένου να απλοποιηθεί η όλη διαδικασία είναι οι εξής:

Ακρόαση μόνο με χρήση ακουστικών: Σε περιπτώσεις που τα εξεταζόμενα ηχητικά δεδομένα περιέχουν σημαντικές αλλοιώσεις, τότε μπορούν να αξιολογηθούν χρησιμοποιώντας μόνο ακουστικά. Μπορεί, επίσης, να γίνει και ταυτόχρονη ακρόαση από περισσότερους από έναν ακροατές.

Μικρός αριθμός εξειδικευμένων ακροατών: Ο χρόνος διεξαγωγής ενός ακουστικού τεστ, βάσει του προτύπου ITU–R. BS. 1285, μπορεί να ελαττωθεί σημαντικά εάν μειωθεί ο αριθμός των ακροατών. Αυτό βέβαια μπορεί να γίνει μόνο εάν οι συμμετέχοντες σε μια τέτοια διαδικασία έχουν λάβει μέρος ξανά σε κάτι αντίστοιχο. Κάτι τέτοιο συνεπάγεται την εξοικείωση τους με ανάλογες διαδικασίες και την κατά κάποιο τρόπο υψηλή τους απόδοση σε προηγούμενα ψυχοακουστικά τεστ.

6.3.3 Περαιτέρω απλοποίηση της πειραματικής διαδικασίας

Η πειραματική διαδικασία μπορεί να απλοποιηθεί κατά πολύ, εάν οι ερευνητές αποφασίσουν να εφαρμόσουν την τακτική σύγκρισης ανάμεσα σε δύο ηχητικά δείγματα. Με αυτό τον τρόπο και χρησιμοποιώντας τη βαθμολογική κλίμακα των επτά σημείων που φαίνεται στον πίνακα 6.3, καταλαβαίνει κανείς πως ο χρόνος διεξαγωγής ενός ακουστικού τεστ μειώνεται σημαντικά.

6.3.4 Επιλογή ηχητικού υλικού

Η ενότητα [3.1.1](#) περιλαμβάνει λεπτομέρειες σχετικά με την επιλογή του ηχητικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί και εδώ.

6.3.5 Ηχητικό περιβάλλον ακρόασης

Η ενότητα [6.1.7](#) περιλαμβάνει λεπτομέρειες σχετικά με τα περιβάλλοντα ακρόασης οι οποίες ισχύουν και για το πρότυπο ITU–R. BS. 1285.

6.3.6 Εξοπλισμός και συσκευές αναπαραγωγής

Η [6.1.9](#) περιλαμβάνει λεπτομέρειες σχετικά με την επιλογή του ηχητικού εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί.

6.3.7 Συνθήκες ακρόασης

Η ενότητα [6.1.7](#) και οι υποενότητες αυτής ([6.1.7.1](#), [6.1.7.2](#), [6.1.7.3](#)) περιλαμβάνει λεπτομέρειες σχετικά με τις συνθήκες ακρόασης που θα πρέπει να επικρατούν κατά τη διεξαγωγή του πειράματος.

6.4 ITU–R. Recommendation BS. 1534–1: “Method for the subjective assessment of intermediate quality level of coding systems” .

“Μέθοδος για την υποκειμενική αξιολόγηση κωδικοποιημένων ηχητικών δεδομένων μέτριας ποιότητας”.

Σύμφωνα πάντα με τον Διεθνή Οργανισμό Τηλεπικοινωνιών ITU λαμβάνονται ως δεδομένα τα εξής :

ι)Ότι οι ενότητες ITU–R. BS. 1116-1, ITU–R. BS. 1284, ITU–R. BT. 500, ITU–R. BT. 710 και ITU–R. BT. 811 όπως επίσης οι ενότητες, ITU–T. P. 800, P. 810 και P. 830, έχουν ήδη θεσμοθετήσει ορισμένες μεθόδους σχετικά με την υποκειμενική αξιολόγηση συστημάτων/δεδομένων, εικόνας και ήχου.

ii) Ότι νέες υπηρεσίες παροχής εικόνας και ήχου (internet streaming audio – video, δορυφορική τηλεόραση κτλ), περιέχουν κατά μεγάλο ποσοστό ηχητικά δεδομένα μέτριας ποιότητας.

iii) Ότι το πρότυπο ITU–R. BS. 1116–1 ενδείκνυται για τον εντοπισμό και την αξιολόγηση μικρών ή ανεπαίσθητων αλλοιώσεων στην ποιότητα του ήχου και συνεπώς δεν είναι κατάλληλο για την αξιολόγηση ηχητικών δεδομένων μέτριας ποιότητας (internet streaming audio κτλ).

iv) Ότι το πρότυπο ITU–R. BS. 1284 αποτελεί μια πιο απλουστευμένη μορφή του ITU–R. BS. 1116–1, αλλά η χρήση του δεν ενδείκνυται κατά την αξιολόγηση ηχητικών δεδομένων μέτριας ποιότητας.

v) Ότι τα πρότυπα ITU–T. P. 800, P. 810 και P. 830, χρησιμοποιούνται κυρίως για την αξιολόγηση ηχητικών σημάτων ομιλίας μέσω τηλεφώνου και δεν είναι κατάλληλα για την αξιολόγηση άλλων ηχητικών δεδομένων.

vi) Ότι μόνο η χρήση εγκεκριμένων τεχνικών υποκειμενικής αξιολόγησης της ηχητικής ποιότητας, μπορεί να αποφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα κατά τη διεξαγωγή ψυχοακουστικών τεστ.

vii) Ότι σε περιπτώσεις νέων υπηρεσιών παροχής πολυμέσων (γραφικά, εικόνα, ήχος κτλ), απαιτείται ο συνδυασμός τεχνικών αξιολόγησης εικόνας και ήχου.

6.4.1 Σχετικά με το πρότυπο ITU–R. BS. 1534-1

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται μια διαφορετική μέθοδος υποκειμενικής αξιολόγησης της ποιότητας του ήχου (Method for the subjective assessment of intermediate quality level of coding systems 2003) που έχει να κάνει κυρίως με ηχητικά δεδομένα μέτριας ποιότητας. Τέτοια δεδομένα συναντά κανείς πλέον καθημερινά. Για παράδειγμα, ηχητικά δεδομένα που μεταδίδονται μέσω διαδικτύου (internet streaming audio). Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή και ως **MUSHRA (Multi Stimulus test with**

Hidden Reference and Anchor). Έχει δοκιμαστεί επιτυχώς και η χρήση της ενδείκνυται σε περιπτώσεις αξιολόγησης ηχητικών δεδομένων μέτριας ποιότητας.

6.4.2 Προοπτικές, κίνητρο και αντικειμενικός σκοπός

Τα ακουστικά τεστ έχουν αναγνωριστεί ως ο πλέον αξιόπιστος τρόπος υποκειμενικής αξιολόγησης της ποιότητας του ήχου.

Το πρότυπο ITU-R. BS. 1116-1, αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο υποκειμενικής αξιολόγησης ηχητικών δεδομένων. Παρόλα αυτά, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες, η όχι και τόσο καλή ηχητική ποιότητα μπορεί να είναι αποδεκτή ή ακόμα και αναπόφευκτη για το ευρύ κοινό.

Οι ραγδαίες εξελίξεις στον τομέα των τηλεπικοινωνιών καθιστούν σήμερα το διαδίκτυο ως έναν από τους πιο διαδεδομένους και εύχρηστους τρόπους ανταλλαγής και μετάδοσης δεδομένων. Το διαδίκτυο όμως, αν και προσφέρει πολλές δυνατότητες στους χρήστες του, έχει και πολλούς περιορισμούς όσον αφορά γενικά στα δεδομένα που μεταδίδονται μέσω αυτού και κατά συνέπεια, στα ηχητικά δεδομένα. Για παράδειγμα, ένα κωδικοποιημένο σήμα μικρού μεγέθους μεταδίδεται πιο γρήγορα μέσω διαδικτύου από ένα άλλο σήμα μεγαλύτερου μεγέθους. Το πρώτο βέβαια θα υστερεί κατά πολύ σε ποιότητα έναντι του δεύτερου. Αυτό είναι κάτι που ισχύει για όλα τα επεξεργασμένα/κωδικοποιημένα σήματα (εικόνα, ήχος κτλ).

Η μέθοδος που αναλύεται σε αυτή την ενότητα, αποσκοπεί στην πληροφόρηση του αναγνώστη σχετικά με την υποκειμενική αξιολόγηση ηχητικών δεδομένων, τα οποία περιέχουν σημαντικές και κατά συνέπεια διακριτές αλλοιώσεις στο περιεχόμενό τους.

6.4.3 Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας

Η πειραματική διαδικασία μοιάζει σε μεγάλο βαθμό με τη διαδικασία που ακολουθείται στο πρότυπο ITU-R. BS. 1116-1 (βλ. ενότητα [6.1.2](#)).

Η μέθοδος MUSHRA περιλαμβάνει τη χρήση ενός αρχικού μη επεξεργασμένου σήματος ως σήμα αναφοράς. Προαιρετικά, το ίδιο αυτό δείγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως το “κρυφό” σήμα. Στην ενότητα [6.4.4](#) που ακολουθεί γίνεται εκτενέστερη αναφορά σχετικά με την προαιρετική χρήση του σήματος αυτού. Ένα τρίτο σήμα τουλάχιστον, ίδιο σε περιεχόμενο με τα δύο προηγούμενα, θα είναι το επεξεργασμένο εκείνο ηχητικό δείγμα που θα πρέπει να αναγνωρίσουν οι ακροατές. Το τρίτο αυτό σήμα είναι “περασμένο” μέσα από ένα **βαθυπερατό φίλτρο (*low pass filter*)**, το οποίο έχει συχνότητα αποκοπής $f_c = 3.5$ kHz. Το φίλτρο αυτό θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Διακύμανση έντασης σήματος στη ζώνη διέλευσης: ± 0.1 dB.
- Ελάχιστη εξασθένιση έντασης σήματος στα 4 kHz = 25 dB.
- Ελάχιστη εξασθένιση έντασης σήματος στα 4.5 kHz = 50 dB.

Υπάρχει βέβαια περίπτωση να υπάρχουν πάνω από ένα επεξεργασμένα σήματα, πανομοιότυπα πάντα του αρχικού μη επεξεργασμένου σήματος. Αυτή είναι και μια από τις σημαντικότερες διαφορές της μεθόδου MUSHRA έναντι του ITU–R. BS. 1116–1. Τα σήματα αυτά μπορεί να έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Σήματα με συχνότητες αποκοπής $f_c = 7$ kHz ή 10 kHz.
- Κωδικοποιημένα σήματα όπως π.χ. επεξεργασία με αλγόριθμους συμπίεσης.
- Επιπλέον θόρυβος λόγω κωδικοποίησης.
- Απώλειες συχνοτήτων λόγω κωδικοποίησης.

6.4.4 Παρουσίαση και αξιολόγηση των ηχητικών δεδομένων

Η μέθοδος MUSHRA είναι ένα διπλό τυφλό ψυχοακουστικό τεστ με ένα σήμα αναφοράς, ένα κρυφό σήμα αναφοράς και ένα τουλάχιστον κρυφό επεξεργασμένο σήμα/σήματα αναφοράς. Συναντάται διεθνώς με τον όρο

“double-blind multi stimulus test method with hidden reference and hidden anchor(s)”.

Σε ένα πείραμα που έχει ως αντικειμενικό σκοπό τον εντοπισμό και την αξιολόγηση μικρών αλλοιώσεων, η χρήση ενός δεύτερου πανομοιότυπου σήματος με το αρχικό είναι απαραίτητη, προκειμένου να αξιολογηθούν σωστά τα δεδομένα, αλλά και η κρίση του εκάστοτε ακροατή. Αντιθέτως, σε ένα ψυχοακουστικό τεστ του οποίου τα εξεταζόμενα δεδομένα περιέχουν εμφανείς αλλοιώσεις αναμένεται να μην υπάρχει δυσκολία στο να εντοπιστούν οι αλλοιώσεις αυτές από τους ακροατές. Συνεπώς, η χρήση ενός δεύτερου πανομοιότυπου σήματος με το αρχικό δεν είναι απαραίτητη και συνιστάται μόνο αν αποφασιστεί από τους ερευνητές η χρήση ενός μόνο κωδικοποιημένου σήματος.

Η δυσκολία για τους ακροατές στην περίπτωση του MUSHRA, έχει να κάνει με το όταν θα πρέπει να αξιολογήσουν και να συγκρίνουν αλλοιώσεις πάνω σε ηχητικά δεδομένα, τα οποία έχουν επεξεργαστεί με διαφορετικούς κωδικοποιητές. Στην ουσία, οι ακροατές καλούνται να αξιολογήσουν τους κωδικοποιητές αυτούς συγκρίνοντας τους και επιλέγοντας βάσει της αντίληψής τους τον καλύτερο για την επεξεργασία ηχητικών δεδομένων.

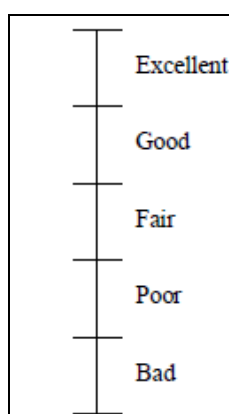
Εφόσον η μέθοδος MUSHRA χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την αξιολόγηση έντονων αλλοιώσεων, η χρήση ενός μη κωδικοποιημένου σήματος αναφοράς αποτελεί κρίσιμο σημείο ενδιαφέροντος.

Οι διαφορές στην ποιότητα μεταξύ μη κωδικοποιημένου και κωδικοποιημένου σήματος αναμένεται να είναι εμφανείς. Από την άλλη όμως, οι διαφορές που παρουσιάζουν τα επεξεργασμένα δεδομένα μεταξύ τους, μπορεί να μην είναι απολύτως ξεκάθαρες. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται στο MUSHRA μια μέθοδος σύγκρισης μεταξύ ζευγών των κωδικοποιημένων σημάτων. Πιο συγκεκριμένα, οι ακροατές έχουν το ελεύθερο να συγκρίνουν μόνο τα επεξεργασμένα σήματα – εφόσον τα αναγνωρίσουν – μεταξύ τους με τη μορφή μιας συνεχόμενης ακολουθίας. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε πως έχουμε τέσσερα επεξεργασμένα σήματα α, β, γ και δ. Οι ακροατές

μπορούν να τα ακούσουν ελεύθερα όσες φορές επιθυμούν αλλάζοντας κατά βούληση τη σειρά με την οποία αυτά παρουσιάζονται. Κατόπιν και αφού έχουν σημειώσει τα συμπεράσματά τους, μπορούν να πουν ότι το σήμα α π.χ. είναι καλύτερο από τα σήματα β και γ. Μετά μένει να συγκρίνουν το σήμα α με το σήμα δ κ.ο.κ. Σε κάθε περίπτωση θεωρείται υποχρεωτική η σύγκριση του τελικού αποτελέσματος της παραπάνω σύγκρισης, με το αρχικό μη επεξεργασμένο σήμα αναφοράς

Στη διαδικασία που ακολουθείται μέσω του προτύπου ITU-R. BS. 1116-1, οι ακροατές πρέπει αρχικά να εντοπίσουν διαφορές και αλλοιώσεις και εν συνεχεία να βαθμολογήσουν τα ηχητικά δεδομένα βάσει του πίνακα 6.1.

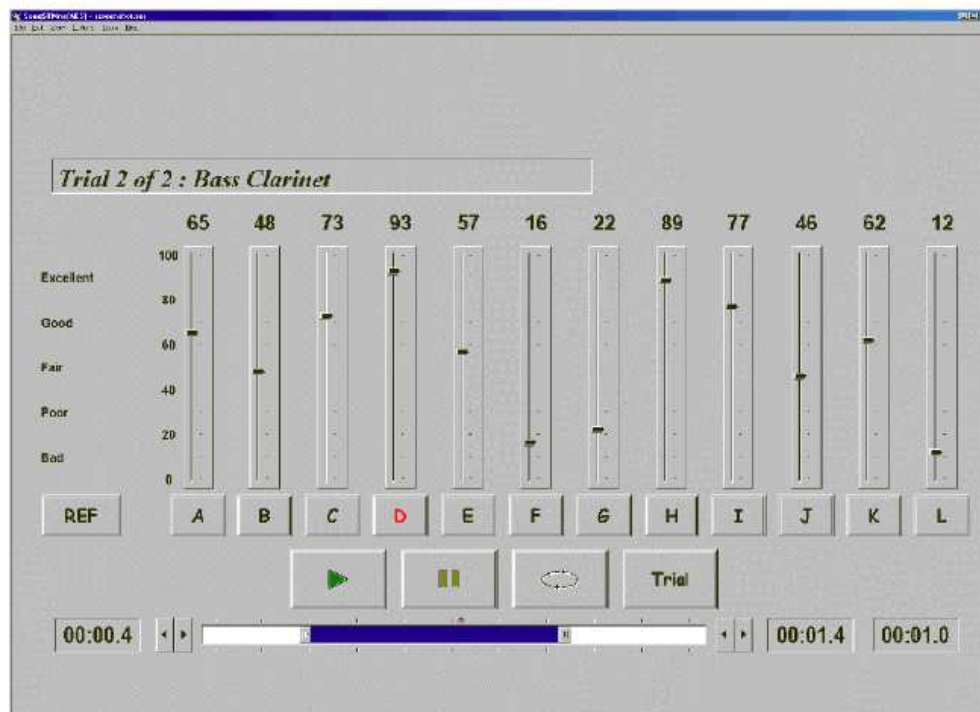
Στη μέθοδο MUSHRA, οι ακροατές ξεκινούν τη διαδικασία αξιολόγησης κάνοντας ένα γενικό σχόλιο γύρω από την ποιότητα των δεδομένων και κατόπιν περνούν στον εντοπισμό και τη βαθμολόγηση των αλλοιώσεων. Η κλίμακα που χρησιμοποιείται για τη βαθμολόγηση των δεδομένων ονομάζεται **CQS (Continuous Quality Scale)**. Είναι μια κλίμακα χωρισμένη σε πέντε ίσια διαστήματα (εικόνα 6.3), καθένα από τα οποία αντιστοιχεί σε ένα “βαθμό” αξιολόγησης. Αυτή η κλίμακα χρησιμοποιείται επίσης και σε τεστ αξιολόγησης εικόνας.



Εικόνα 6.3: Κλίμακα βαθμολόγησης ITU – R BS. 1534.

Οι ακροατές καταγράφουν τα συμπεράσματά τους με τη βοήθεια ειδικά σχεδιασμένων προγραμμάτων λογισμικού που χρησιμοποιούνται κατά τη

διεξαγωγή ανάλογων τεστ. Στην εικόνα 6.4 φαίνεται το γραφικό περιβάλλον ενός τέτοιου προγράμματος, ενώ ακολουθεί στην παράγραφο [7.2.1](#) του επόμενου κεφαλαίου αναλυτική παρουσίαση ενός αντίστοιχου software.



Εικόνα 6.4: Γραφικό περιβάλλον προγράμματος λογισμικού αξιολόγησης.

Όπου βέβαια η χρήση παρόμοιων εργαλείων δεν είναι εφικτή, υπάρχει η δυνατότητα καταγραφής των συμπερασμάτων σε ένα απλό φύλο χαρτί.

6.4.5 Καταγραφή της διαδικασίας

Πολλές φορές υπάρχει το ενδεχόμενο της μη ομαλής εξέλιξης μιας πειραματικής διαδικασίας, πράγμα που σημαίνει πως κάτι δεν έγινε όπως προβλέπεται από το πρότυπο. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι πολύ χρήσιμη η ύπαρξη ενός αρχείου στο οποίο έχουν καταγραφεί όλα τα γεγονότα που έλαβαν χώρα κατά τη διεξαγωγή ενός πειράματος. Με αυτό τον τρόπο, μπορεί να διαπιστωθεί τι δεν πήγε καλά και αν αυτό οφείλεται σε ανθρώπινο λάθος ή σε δυσλειτουργία κάποιας συσκευής. Ένας σχετικά εύκολος τρόπος για να γίνει αυτό, είναι η βιντεοσκόπηση της όλης πειραματικής διαδικασίας.

6.4.6 Κριτήρια επιλογής ακροατών και αριθμός αυτών

Όπως συμβαίνει και με το πρότυπο ITU-R. BS. 1116-1, αλλά και γενικότερα όταν πρόκειται να διεξαχθούν πειράματα όπου η ανθρώπινη συμμετοχή είναι απαραίτητη, πεπειραμένα άτομα προτιμώνται πάντα έναντι εκείνων που δεν έχουν προηγούμενη εμπειρία σε ανάλογες διαδικασίες. Έχει βέβαια αποδειχθεί μέσα από παρόμοια γεγονότα, πως ακόμα και η συμμετοχή μη έμπειρων ατόμων μπορεί πολλές φορές να δώσει ακριβή και πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Διαδικασίες όπως *“pre-screening of objects”* και *“post-screening of objects”*, (βλέπε ενότητες [3.5.1](#), [3.5.2](#)), είναι απαραίτητες για την ομαλή και σωστή διεξαγωγή ακουστικών τεστ με τη μέθοδο MUSHRA.

Όταν οι συνθήκες κάτω από τις οποίες διεξάγεται ένα ψυχοακουστικό τεστ είναι “ιδανικές”, ένα κοινό, αποτελούμενο από το πολύ 20 έμπειρους ακροατές, μπορεί να δώσει σαφή και πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αν για οποιονδήποτε λόγο δεν πληρούνται οι βασικές προϋποθέσεις (π.χ. κακή ακουστική του χώρου, μη έμπειροι ακροατές κτλ), απαιτείται η συμμετοχή περισσότερων ακροατών.

6.4.7 Εξοικείωση ακροατών

Προκειμένου να εξαχθούν αξιόπιστα αποτελέσματα συνιστάται η εξοικείωση του κοινού με τις παραμέτρους της όλης πειραματικής διαδικασίας (χώρος ακρόασης, εξοπλισμός, υλικό, κλίμακα βαθμολόγησης κτλ). Ιδιαίτερη βάση θα πρέπει να δοθεί στο εξεταζόμενο υλικό καθώς και σε λογισμικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν και από τους ίδιους τους ακροατές κατά τη διάρκεια του πειράματος.

6.4.8 Επιλογή ηχητικού υλικού

Όπως και στην περίπτωση του προτύπου ITU-R. BS. 1116-1, έτσι και εδώ, δεν υπάρχει συγκεκριμένο αρχείο ηχητικών δεδομένων που πρέπει να χρησιμοποιηθεί κατά τη διεξαγωγή του πειράματος.

Γενικότερα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υλικό προς αξιολόγηση κάθε είδους ήχος (μουσική, σύνθετοι ήχοι), με την προϋπόθεση ότι το υλικό θα είναι ουδέτερο ως προς το περιεχόμενό του (βλ. ενότητα [3.1.1](#)). Μια σχετικά απλή και εύστοχη λύση στην περίπτωση του MUSHRA, είναι να χρησιμοποιηθούν ηχητικά δεδομένα που μεταδίδονται μέσω διαδικτύου.

Τέλος, αφού έχουν επιλεγεί τα κατάλληλα δεδομένα, οι ερευνητές υποχρεούνται να εξετάσουν το υλικό σημειώνοντας όλα εκείνα τα στοιχεία που χρίζουν προσοχής και αξιολόγησης από τους ακροατές.

6.4.9 Συνθήκες και ηχητικό περιβάλλον ακρόασης

Για την υποκειμενική αξιολόγηση ηχητικών δεδομένων με τη μέθοδο MUSHRA πρέπει να ληφθούν υπόψη τα όσα περιγράφονται στην ενότητα [6.1.7](#) και στις υποενότητες αυτής ([6.1.7.1](#), [6.1.7.2](#), [6.1.7.3](#)).

6.4.10 Ένταση και ηχητικός εξοπλισμός

Σχετικά με την ένταση αναπαραγωγής των σημάτων, ισχύουν τα περιεχόμενα της ενότητας [6.1.8](#).

Όσον αφορά τις συσκευές αναπαραγωγής (μεγάφωνα, ακουστικά κλπ), ισχύουν τα περιεχόμενα της ενότητας [6.1.9](#).

7 Εργαλεία πειραματικής αξιολόγησης

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση δύο προγραμμάτων (software), που χρησιμοποιούνται σε ψυχοακουστικά τεστ υποκειμενικής αξιολόγησης της ποιότητας του ήχου.

Το πρώτο από αυτά ονομάζεται ABC/HR και χρησιμοποιείται όπου διεξάγονται πειράματα κυρίως με βάση το πρότυπο ITU–R. BS. 1116–1. Το δεύτερο ονομάζεται MUSHRAM και χρησιμοποιείται κατά τη διεξαγωγή πειραμάτων βάσει του προτύπου ITU–R. BS. 1534.

7.1 ABC/HR–Λειτουργία και χρήση

Πρόκειται για μια open source εφαρμογή που λειτουργεί σε περιβάλλον Windows και το οποίο χρησιμοποιεί για την αποθήκευση αρχείων, τη βιβλιοθήκη ήχων της Java. Η πλήρης ονομασία του προγράμματος είναι **ABC Hidden Reference Audio Comparison Tool**.

Το πρόγραμμα ABC/HR (Hydrogenaudio 2004) είναι ένα εύχρηστο πειραματικό εργαλείο και σε αυτό οφείλεται η ευρεία χρήση του από τους ερευνητές ψυχοακουστικών πειραμάτων. Η χρήση του μπορεί να γίνει άνετα και από τους ακροατές, χωρίς η βοήθεια των ερευνητών να είναι απολύτως αναγκαία κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Έτσι λοιπόν, κάθε ακροατής “φορτώνει” στο πρόγραμμα ένα αρχείο ηχητικών σημάτων το οποίο έχει αποθηκευτεί από τους ερευνητές στη βιβλιοθήκη. Το αρχείο αυτό αποτελείται συνολικά από εννέα ηχητικά σήματα. Από αυτά το ένα είναι το μη κωδικοποιημένο σήμα, ενώ τα υπόλοιπα οχτώ είναι πανομοιότυπα του αρχικού ως προς το περιεχόμενο τους, αλλά διαφέρουν ως προς την ποιότητα, αφού αυτά τα οχτώ δείγματα έχουν υποστεί κωδικοποίηση. Ανάλογα με τις ανάγκες του πειράματος ο αριθμός των κωδικοποιημένων σημάτων μπορεί να είναι και μικρότερος αλλά όχι μεγαλύτερος από οχτώ, αφού το πρόγραμμα δεν έχει τη δυνατότητα για περισσότερα. Πρακτικά αυτό σημαίνει, πως ο μέγιστος αριθμός

κωδικοποιητών που μπορούν να αξιολογηθούν είναι οχτώ σε κάθε συνεδρία. Στις εικόνες 7.1 και 7.2 φαίνονται το περιβάλλον φόρτωσης των σημάτων και πώς αυτά φορτώνονται από τους χρήστες, καθώς και το περιβάλλον μέσω του οποίου γίνεται η αναπαραγωγή και αξιολόγηση των δειγμάτων.

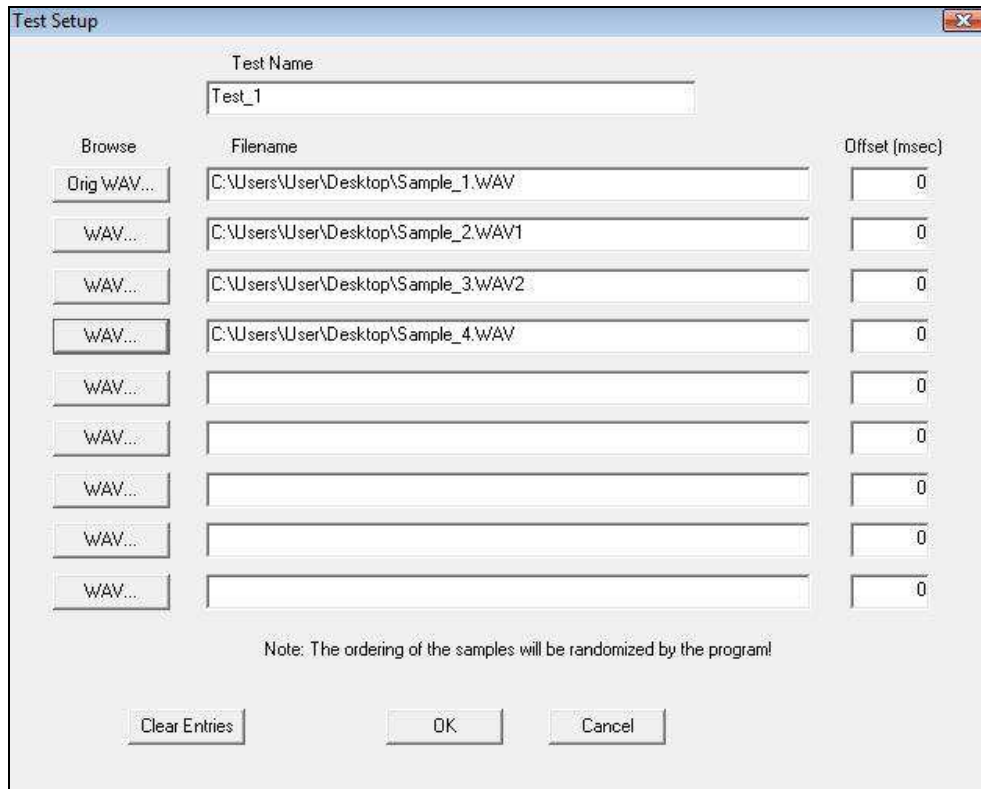
Όπως συμβαίνει με κάθε πρόγραμμα λογισμικού, έτσι και στην περίπτωση του ABC H/R υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, μερικά από τα οποία είναι:

- Δυνατότητα αποκωδικοποίησης συμπιεσμένων αρχείων ήχου.
- Αυτόματος εντοπισμός και διόρθωση χρονικών διαφορών ανάμεσα στα αρχεία.
- Αυτόματος εντοπισμός και διόρθωση στις τιμές της έντασης μεταξύ των αρχείων.
- Επιτρέπει στους ερευνητές τη χρήση κωδικών έτσι ώστε μόνο αυτοί να έχουν πρόσβαση στα εξαγόμενα αποτελέσματα.
- Δυνατότητα παραμετροποίησης της βαθμολογικής κλίμακας ανάλογα με τις ανάγκες του πειράματος.
- Επιτρέπει στους χρήστες τη διακοπή και αποθήκευση μιας συνεδρίας.
- Επιτρέπει στους χρήστες την επανάληψη και την άμεση εναλλαγή μεταξύ των αρχείων.
- Δείχνει τη χρονική διάρκεια του αναπαραγόμενου σήματος.
- Δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής σχολίων για κάθε σήμα ξεχωριστά καθώς και τη δυνατότητα ενός γενικότερου σχολιασμού της όλης συνεδρίας τον οποίο το πρόγραμμα εξάγει με τη μορφή κειμένου μετά το πέρας της διαδικασίας.

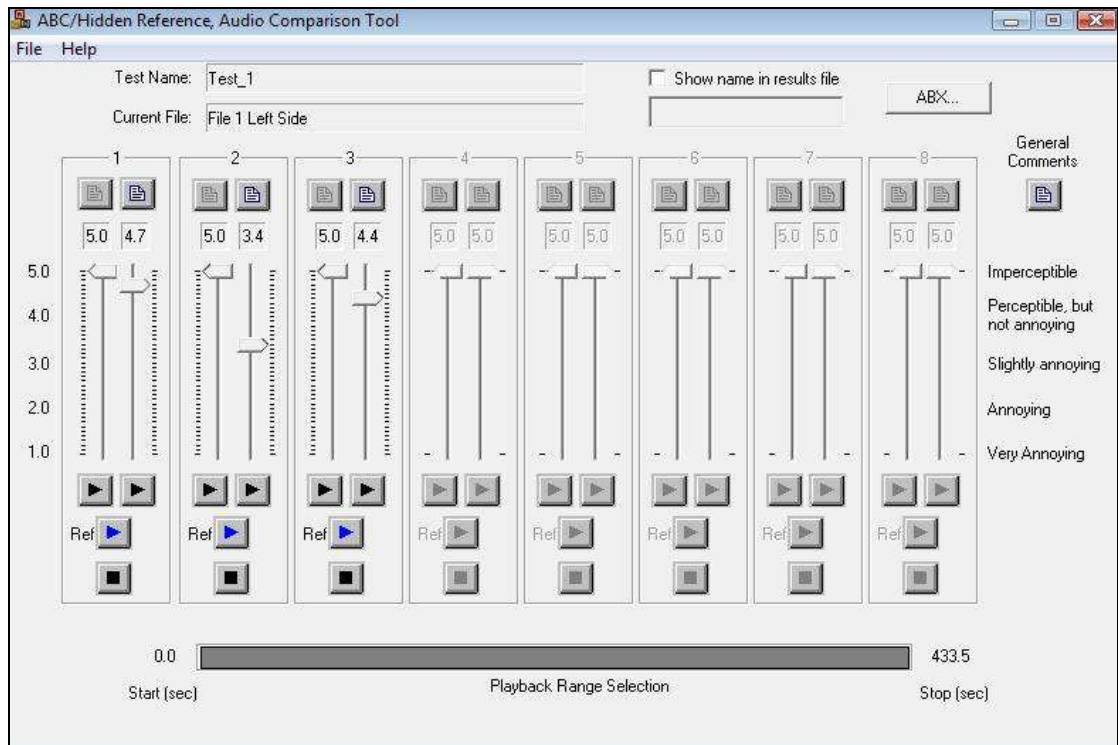
Από την άλλη μεριά, μερικά από τα μειονεκτήματα που έχουν αναφερθεί από διάφορους χρήστες είναι τα εξής:

- Πολλοί χρήστες έχουν παρατηρήσει πως κατά την εκκίνηση της αναπαραγωγής ακούγονται click. Πολλές φορές το πρόβλημα αυτό ξεπερνιέται με τη μετακίνηση του κέρσορα πάνω στην μπάρα αναπαραγωγής και την εκ νέου εκκίνηση της.

- Η βιβλιοθήκη ήχων της Java που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα για να λειτουργήσει δίνει περιορισμένο όγκο όσον αφορά το μέγεθος του αρχείου για κάθε τεστ.
- Υπάρχει πολλές φορές καθυστέρηση στο πάτημα ενός κουμπιού π.χ. playback, stop κτλ.
- Το πρόγραμμα αναπαράγει μόνο “wav” αρχεία ήχου.



Εικόνα 7.1: Γραφικό περιβάλλον φόρτωσης σημάτων.



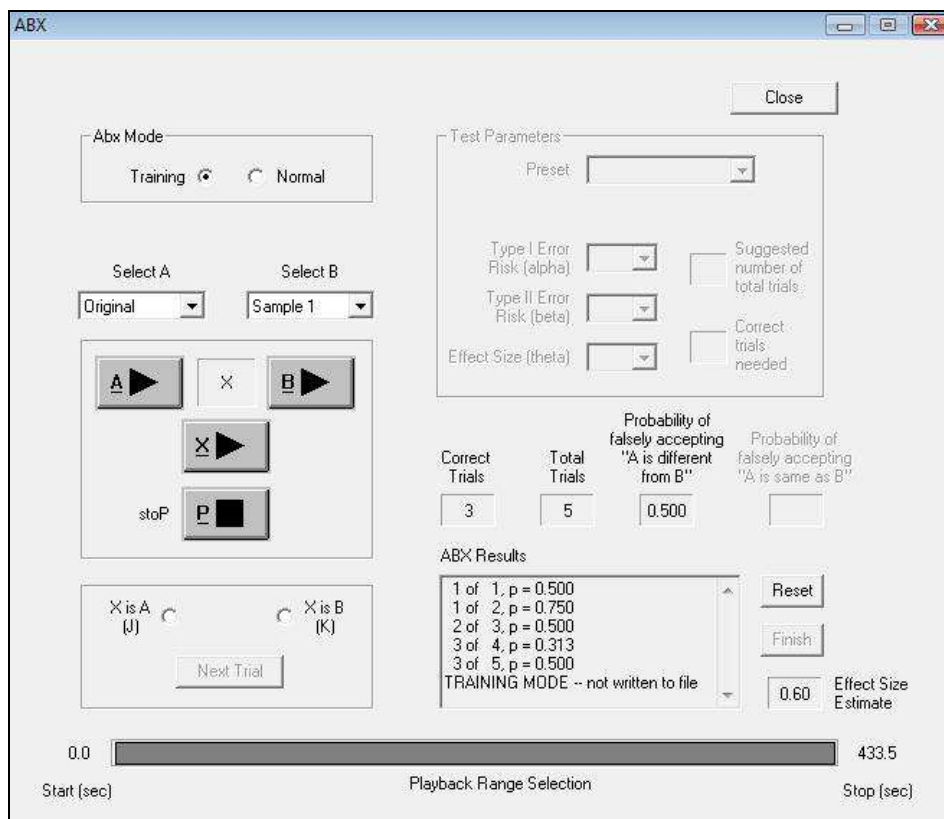
Εικόνα 7.2: Περιβάλλον αναπαραγωγής και αξιολόγησης σημάτων.

7.1.1 Πρόσθετη λειτουργία ABX

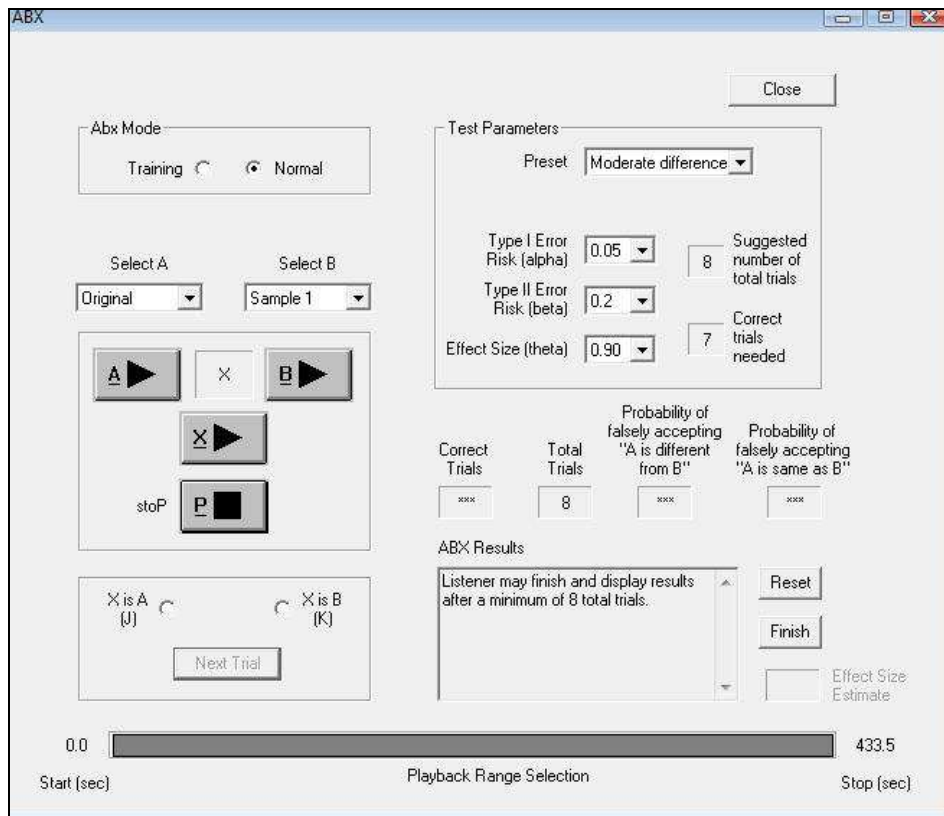
Η λειτουργία ABX που διαθέτει το πρόγραμμα χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό διακριτών διαφορών/αλλοιώσεων ανάμεσα στα ηχητικά σήματα. Ακολουθείται και εδώ η ίδια λογική, δηλαδή, υπάρχουν τρία ηχητικά σήματα (εξ' ου και η ονομασία ABX), ένα εκ των οποίων είναι το σήμα αναφοράς (κωδικοποιημένο ή όχι), ένα πανομοιότυπό του και ένα τρίτο ακόμα σήμα. Εδώ πρέπει να γίνει σαφές από το συγγραφέα πως αν για παράδειγμα, το σήμα αναφοράς X είναι το κωδικοποιημένο, τότε ένα ακόμα (A ή B) θα είναι ίδιο με αυτό, ενώ το τρίτο (A ή B) θα είναι το μη κωδικοποιημένο. Το αντίθετο ισχύει σε περίπτωση που το αρχικό σήμα X είναι μη κωδικοποιημένο.

Μπορεί να πει κανείς πως η συγκεκριμένη παράμετρος του προγράμματος δύναται να χρησιμοποιηθεί από τους ακροατές σε μια φάση εξάσκησης και εξοικείωσης με την όλη πειραματική διαδικασία. Αυτό έχει ως απώτερο σκοπό εκτός από τα παραπάνω (εξάσκηση, εξοικείωση), την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας του ότι οι ακροατές μπορεί απλά να "μαντεύουν" τα αποτελέσματα χωρίς την ουσιαστική τους αξιολόγηση. Η

παράμετρος ABX μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης και κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, αφού εκτός από τη **λειτουργία εξάσκησης (training mode)** που διαθέτει, δουλεύει και σε φάση **κανονικής λειτουργίας (normal mode)**, την οποία οι ακροατές μπορούν να χρησιμοποιήσουν παράλληλα με τις βασικές λειτουργίες αξιολόγησης του ABC H/R και τα αποτελέσματα από τη φάση αυτήν να συμπεριληφθούν μαζί με τα υπόλοιπα στο τελικό κείμενο που θα εξαχθεί από το πρόγραμμα. Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται οι δύο φάσεις λειτουργίας της παραμέτρου ABX.



Εικόνα 7.3: Περιβάλλον λειτουργίας εξάσκησης του ABX.



Εικόνα 7.4: Περιβάλλον κανονικής λειτουργίας του ABX.

7.2 MUSHRAM

Το MUSHRAM είναι μια πρόσθετη εφαρμογή του προγράμματος MATLAB. Θεωρώντας πως οι βασικές αρχές σχετικά με ακουστικά τεστ που κάνουν χρήση της εν λόγω εφαρμογής αναλύονται στο κεφάλαιο 6, ενότητα [6.4](#), πρέπει να σημειωθεί πως για τη χρήση της εφαρμογής απαιτούνται από το χρήστη βασικές γνώσεις του προγράμματος MATLAB.

7.2.1 MUSHRAM – Λειτουργία και χρήση

Όπως προαναφέρθηκε, το MUSHRAM (Vincent 2005) αποτελεί πρόσθετη εφαρμογή του MATLAB. Αυτό σημαίνει πως για να λειτουργήσει θα πρέπει πρώτα να εγκατασταθεί μέσα στο MATLAB. Η πρόσβαση στην εφαρμογή είναι ελεύθερη για όλους και τα αρχεία αυτής βρίσκονται στο: <http://www.elec.qmul.ac.uk/people/emmanuelv/mushram/mushram.zip>.

Πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση υπάρχουν στο αρχείο `user_guide.pdf`, που διατίθεται μαζί με τα υπόλοιπα αρχεία της εφαρμογής

μέσα στο φάκελο MUSHRAM τον οποίο οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να “κατεβάσουν” από την παραπάνω διεύθυνση.

Προκειμένου να διεξαχθεί ένα ακουστικό πείραμα με βάση το πρότυπο ITU–R. BS. 1534 και χρησιμοποιώντας την εφαρμογή MUSHRAM, ο χρήστης, αφού έχει εγκαταστήσει την εφαρμογή στο MATLAB, πρέπει να εισάγει διάφορες εντολές στη γραμμή εντολών του MATLAB.

Η εντολή `mushram_config;`, εμφανίζει ένα παράθυρο διαλόγου (εικόνα 7.5) μέσα από το οποίο ζητείται από το χρήστη ο αριθμός των πειραμάτων και ο αριθμός των ηχητικών σημάτων για κάθε πείραμα (συμπεριλαμβανομένου και του αρχικού σήματος αναφοράς). Ακολούθως, εμφανίζεται ένα ακόμη παράθυρο διαλόγου το οποίο ζητά από το χρήστη να καταχωρίσει διαδοχικά τα ηχητικά σήματα για κάθε πείραμα ξεχωριστά. Τα εισαγωγικά αυτά στοιχεία που αποτελούν τα δεδομένα κάθε συνεδρίας μετατρέπονται αυτόματα από το πρόγραμμα σε ένα αρχείο κειμένου που ονομάζεται `mushram_config.txt` και το οποίο βρίσκεται στο φάκελο του MUSHRAM. Το αρχείο αυτό μπορεί να δημιουργηθεί και χωρίς την εντολή `mushram_config;`. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να διεξάγουμε δύο ακουστικά τεστ στα οποία θα αξιολογηθούν συνολικά για κάθε πείραμα τρία ηχητικά σήματα (μαζί με το αρχικό). Σε αυτή την περίπτωση οι εντολές που πρέπει να γράψουμε είναι οι εξής:

```
path/reference_1.wav
```

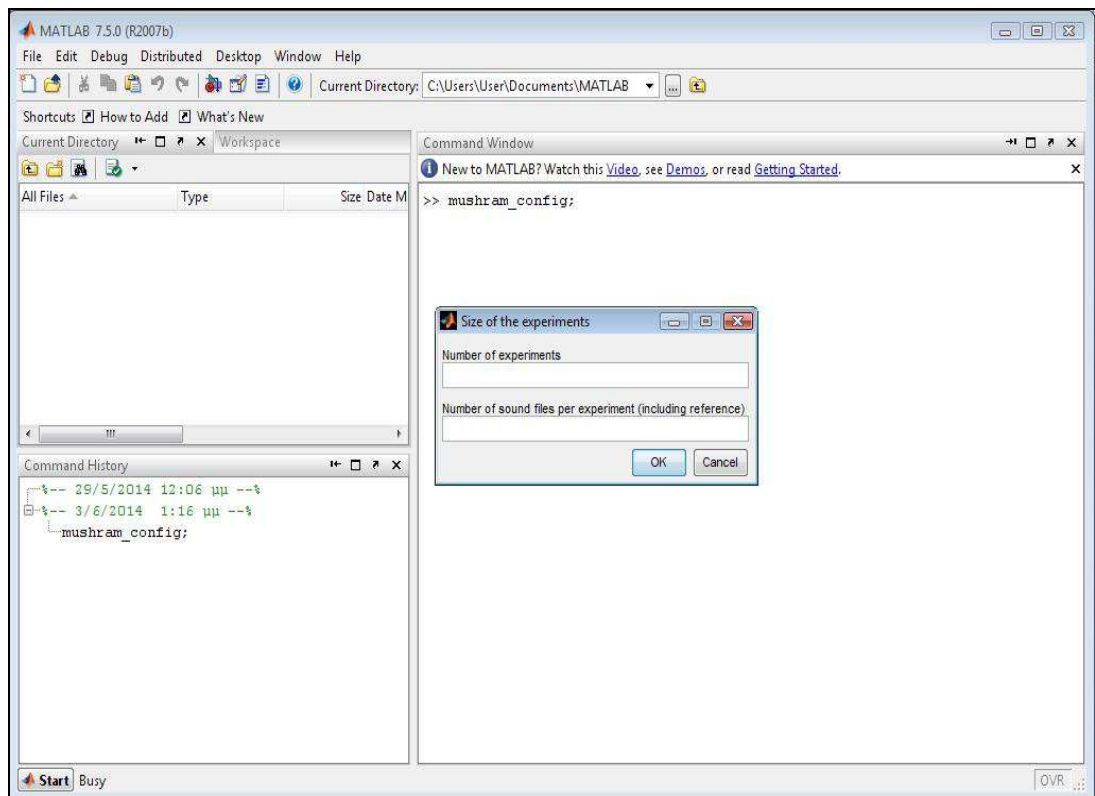
```
path/test_1_a.wav
```

```
path/test_1_b.wav
```

```
path/reference_2.wav
```

```
path/test_2_a.wav
```

```
path/test_2_b.wav
```



Εικόνα 7.5: Παράθυρο διαλόγου MUSHRAM.

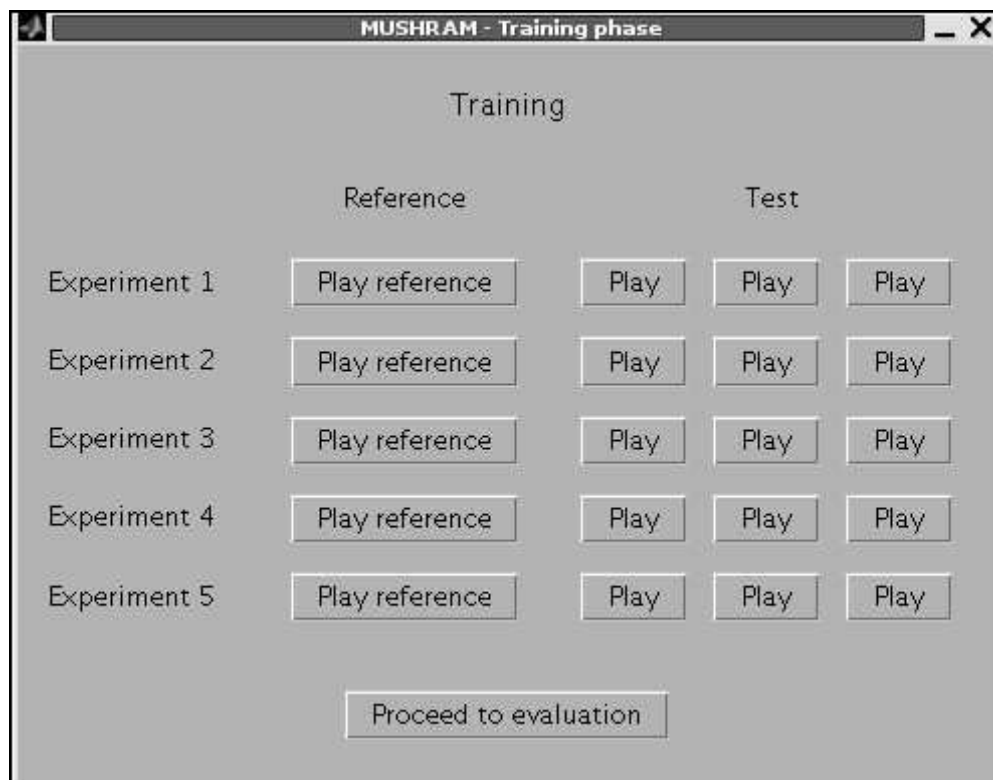
Ακολούθως και αφού τα πειράματα έχουν διαμορφωθεί, κάθε χρήστης μπορεί να ξεκινήσει τη διαδικασία πληκτρολογώντας την εντολή `mushram;`, στη γραμμή εντολών του MATLAB. Η εντολή `mushram('all');`, είναι αντίστοιχη της `mushram;`, με τη διαφορά ότι η πρώτη φορτώνει διαδοχικά δύο γραφικά περιβάλλοντα της εφαρμογής. Το πρώτο αφορά τη **φάση εξάσκησης (training phase)**, ενώ το δεύτερο αφορά την **φάση αξιολόγησης (evaluation phase)**. Σημειώνεται ότι και οι δύο λειτουργίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα ανάλογα πάντα με τις ανάγκες και τα ζητούμενα του πειράματος. Επιπλέον, χρησιμοποιώντας τη συγκεκριμένη εντολή το πρόγραμμα κατανέμει τυχαία τη σειρά των πειραμάτων, καθώς επίσης και των ηχητικών σημάτων που αφορούν κάθε ένα από αυτά.

Επίσης, το MUSHRAM δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να χρησιμοποιούν κάθε μία από τις δύο λειτουργίες ξεχωριστά. Για παράδειγμα, πληκτρολογώντας την εντολή `mushram(training);`, το πρόγραμμα δουλεύει μόνο στη λειτουργία εξάσκησης. Αντιθέτως, με την εντολή

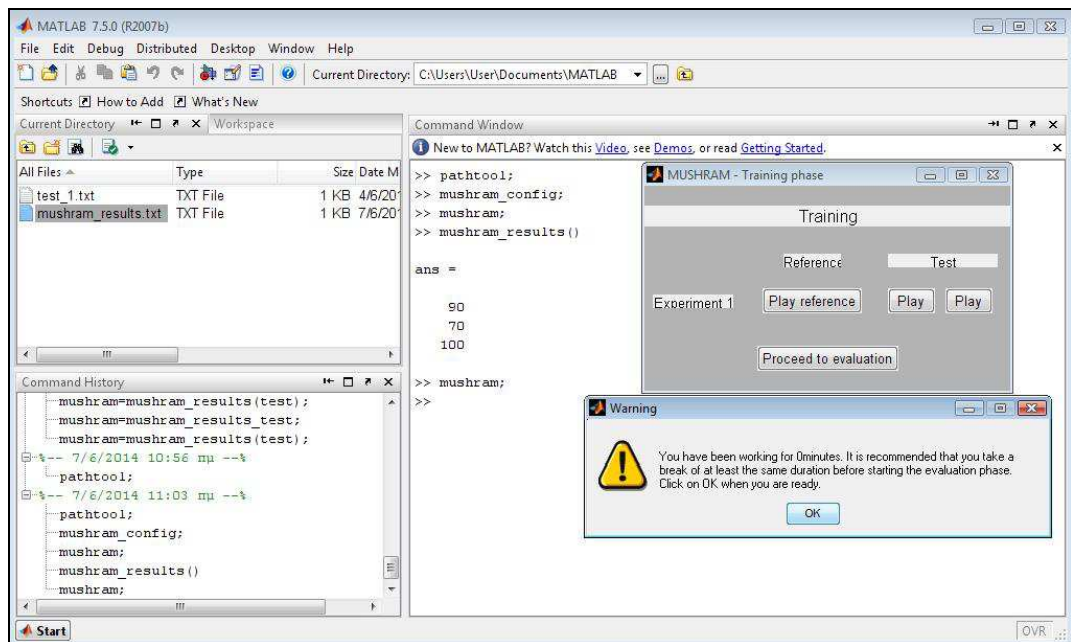
`mushram(evaluation);`, το πρόγραμμα δουλεύει μόνο στη λειτουργία αξιολόγησης.

7.2.1.1 Φάση εξάσκησης (Training phase) MUSHRAM

Το γραφικό περιβάλλον της λειτουργίας εξάσκησης φαίνεται στην εικόνα 7.6. Ο χρήστης μπορεί να αναπαράγει ξεχωριστά το σήμα αναφοράς ή τα άλλα σήματα χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα πλήκτρα της εφαρμογής. **“Play reference”** για αναπαραγωγή του αρχικού σήματος και **“Play”**, για την αναπαραγωγή των υπόλοιπων σημάτων. Το πλήκτρο **“Proceed to evaluation”** κλείνει τη λειτουργία εξάσκησης και το πρόγραμμα περνά αυτόματα στην λειτουργία αξιολόγησης, αφού πρώτα δίνει την ευκαιρία ενός διαλείμματος στους χρήστες όπως φαίνεται στην εικόνα 7.7.



Εικόνα 7.6 : MUSHRAM Λειτουργία εξάσκησης.



Εικόνα 7.7 : Διάλειμμα μεταξύ training & evaluation phase.

7.2.1.2 Φάση αξιολόγησης (Evaluation phase) MUSHRAM

Το γραφικό περιβάλλον της λειτουργίας αξιολόγησης του MUSHRAM φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Τα σήματα αναπαράγονται με τον ίδιο τρόπο όπως και στη λειτουργία εξάσκησης του προγράμματος. Κάθε ήχος μπορεί να βαθμολογηθεί μετακινώντας το αντίστοιχο slider που βρίσκεται δίπλα από κάθε σήμα, ενώ, εκτός από τη βαθμονομημένη κλίμακα που βρίσκεται στο αριστερό μέρος, εμφανίζεται επίσης και ο βαθμός αξιολόγησης για κάθε ένα ξεχωριστά στο κάτω μέρος. Το πλήκτρο **“Save and proceed”** αποθηκεύει τα αποτελέσματα και περνάει αυτόματα στο επόμενο πείραμα, εάν αυτό υπάρχει.

Τα αποτελέσματα μετατρέπονται από το πρόγραμμα και αποθηκεύονται στο φάκελο του MUSHRAM με τη μορφή αρχείου κειμένου txt. Αποθηκεύονται με την ίδια σειρά σύμφωνα με την οποία διαμορφώθηκαν αρχικά στο αρχείο **mushram_config.txt**, και όχι βάσει της σειράς με την οποία αναπαρήχθησαν κατά τη διάρκεια του πειράματος. Για παράδειγμα, αν χρησιμοποιηθεί το αρχείο της παραγράφου [7.2.1](#), το περιεχόμενο του αρχείου αποτελεσμάτων θα είναι το εξής:

100

52

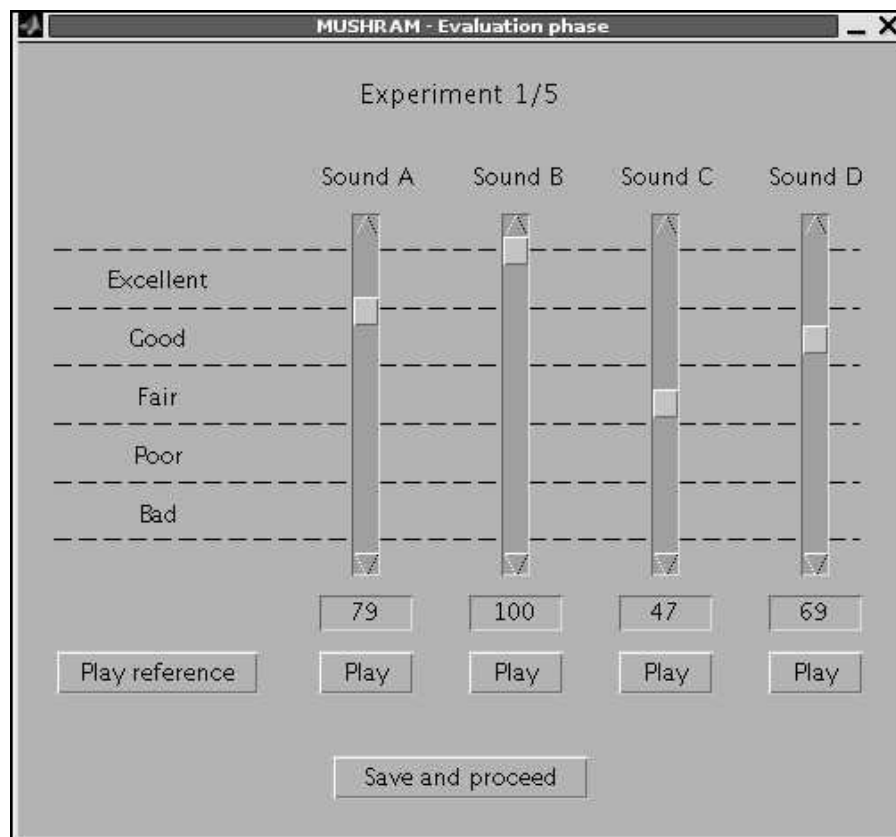
79

100

47

69

όπου το 100 αντιστοιχεί στο αρχείο `path/reference_1.wav`, το 52 αντιστοιχεί στο αρχείο `path/test_1_a.wav` κ.ο.κ.



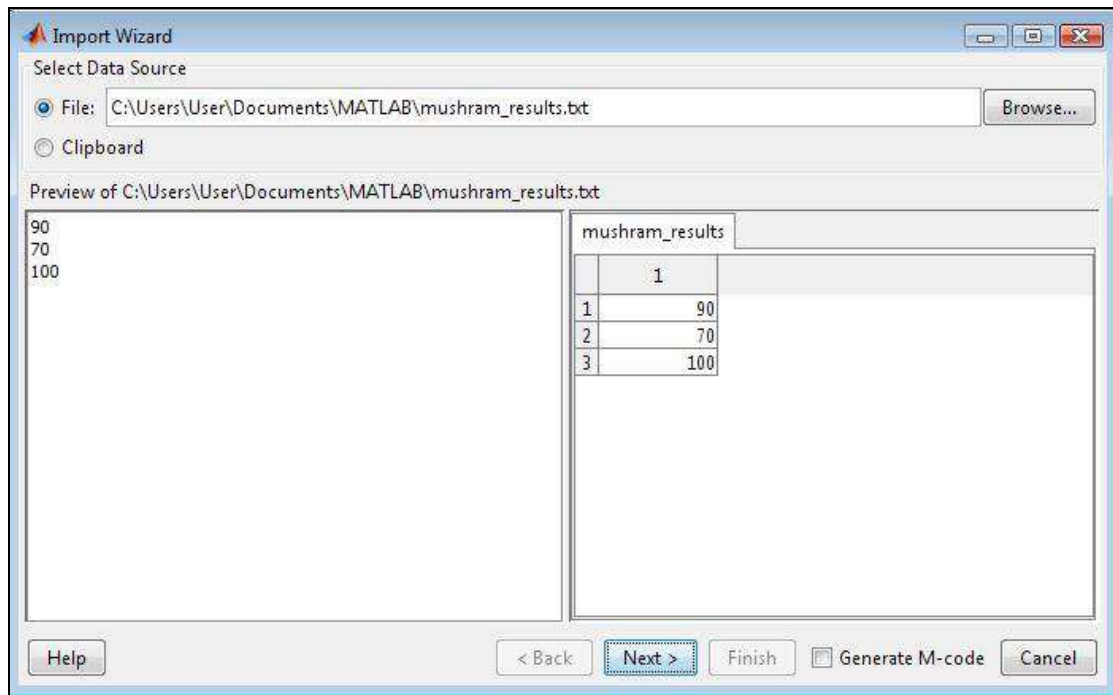
Εικόνα 7.8: MUSHRAM Λειτουργία αξιολόγησης.

7.2.1.3 Ανάκτηση αποτελεσμάτων

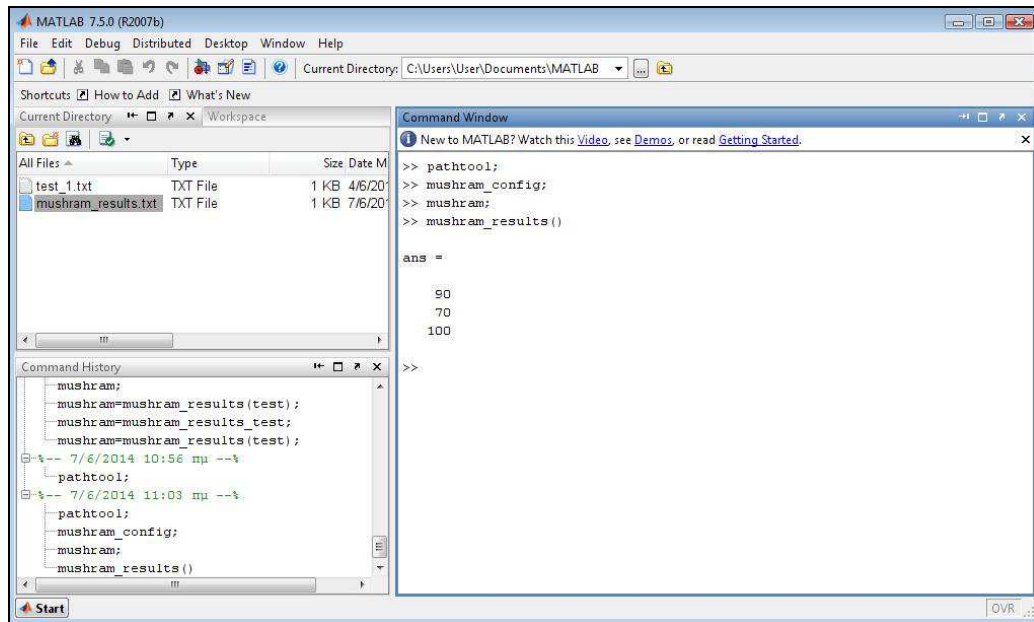
Τα τελικά αποτελέσματα που παρέχει κάθε ακροατής ανακτώνται μέσα στο MATLAB πληκτρολογώντας την εντολή:

```
values=mushram_results(filename);
```

όπου `filename`, είναι το όνομα του αρχείου που ο χρήστης έδωσε αρχικά ώστε εκεί να αποθηκευτούν τα αποτελέσματα. Η μορφή του ξεχωριστού αρχείου αποτελεσμάτων που δημιουργείται από το MUSHRAM φαίνεται στην εικόνα 7.9. Στην εικόνα 7.10 φαίνονται τα ίδια αποτελέσματα “φορτωμένα” μέσα στο περιβάλλον του MATLAB.



Εικόνα 7.9: Αποτελέσματα MUSHRAM.



Εικόνα 7.10: Αποτελέσματα MUSHRAM στο MATLAB .

Το MUSHRAM αποτελεί μια απλή και εύχρηστη εφαρμογή στην οποία έχει ελεύθερη πρόσβαση κάθε ενδιαφερόμενος. Όπως διαπιστώνει κανείς, παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες στον τρόπο λειτουργίας του σε σχέση με το ABC H/R της προηγούμενης παραγράφου. Μερικά από τα πλεονεκτήματα που βρίσκει κανείς μετά από τη χρήση του συγκεκριμένου προγράμματος λογισμικού είναι τα εξής:

- Ευκολία στη χρήση του αφού δεν απαιτούνται ιδιαίτερες γνώσεις προγραμματισμού από τους χρήστες.
- Δυνατότητα εξοικείωσης με τον τρόπο λειτουργίας του προγράμματος, αλλά και με την όλη πειραματική διαδικασία μέσω της λειτουργίας εξάσκησης.
- Ταυτόχρονη χρήση και των δύο φάσεων λειτουργίας της εφαρμογής ανάλογα με τις ανάγκες της έρευνας.
- Δυνατότητα διαλείμματος μεταξύ των δύο φάσεων λειτουργίας του προγράμματος.

Κάποια από τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει η εφαρμογή είναι:

- Δεν υπάρχει η δυνατότητα άμεσης εναλλαγής μεταξύ των ηχητικών σημάτων. Τα σήματα πρέπει να παιχτούν διαδοχικά και ο χρήστης να τα ακούσει ολόκληρα. Σε περίπτωση διακοπής ενός ήχου κατά τη διάρκεια αναπαραγωγής, το πρόγραμμα κολλάει και η συνεδρία πρέπει να ξεκινήσει από την αρχή.
- Το πρόγραμμα αναπαράγει μόνο “wav” αρχεία ήχου.
- Θα μπορούσε να πει κανείς πως το γεγονός μη αυτόνομης λειτουργίας του αλλά μόνο σαν πρόσθετη εφαρμογή του MATLAB αποτελεί μειονέκτημα.
- Ο αριθμός πειραμάτων και κατά συνέπεια σημάτων που δέχεται περιορίζεται από την ανάλυση της οθόνης του υπολογιστή που χρησιμοποιεί ο χρήστης.

8 Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν όλα εκείνα τα στοιχεία που καθιστούν επιτακτική τη διεξαγωγή ψυχοακουστικών τεστ προκειμένου να αξιολογηθεί η ηχητική ποιότητα. Ακόμα και στις μέρες μας, που οι εξελίξεις στην τεχνολογία του ήχου είναι ραγδαίες, ο πιο αξιόπιστος τρόπος αξιολόγησης της ηχητικής ποιότητας εξακολουθεί να είναι η διεξαγωγή ψυχοακουστικών πειραμάτων.

Στο πρώτο κεφάλαιο περιέχονται εισαγωγικά στοιχεία που αφορούν τα ψυχοακουστικά τεστ και μια γενική επισκόπηση γύρω από τα προγνωστικά μοντέλα ηχητικής αξιολόγησης. Το δεύτερο κεφάλαιο ασχολείται με τις θεμελιώδεις αρχές των ψυχοακουστικών τεστ. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται όλες οι μεταβλητές που αφορούν τις εν λόγω πειραματικές διαδικασίες, ενώ στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των ηλεκτροακουστικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με ψυχοακουστικά τεστ. Στο πέμπτο κεφάλαιο επιχειρείται από τον συγγραφέα μια εισαγωγή σε βασικές έννοιες της στατιστικής ανάλυσης δεδομένων. Ακολούθως, στο κεφάλαιο 6 γίνεται αναλυτική παρουσίαση των πιο σημαντικών προτύπων υποκειμενικής αξιολόγησης της ηχητικής ποιότητας. Η εργασία κλείνει με την παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας δύο προγραμμάτων λογισμικού που χρησιμοποιούνται κατά τη διεξαγωγή ψυχοακουστικών πειραμάτων.

Πιο συγκεκριμένα μπορεί να πει κανείς πως τα τέσσερα πρώτα κεφάλαια της εργασίας αυτής αφορούν τις προϋποθέσεις που πρέπει να ισχύουν κατά τη διεξαγωγή ψυχοακουστικών τεστ, όπως επίσης και όλες τις τεχνικές προδιαγραφές από πλευράς ήχου, που πρέπει να πληρούνται προκειμένου να εγγυηθεί το σωστό και ακριβές αποτέλεσμα ενός τέτοιου πειράματος.

Μια σύντομη αναφορά στη στατιστική μέθοδο ανάλυσης διακύμανσης ANOVA κρίνεται απαραίτητη στο πέμπτο κεφάλαιο, μιας και η μέθοδος αυτή αποτελεί ιδανική περίπτωση για την ανάλυση αποτελεσμάτων από πειράματα που διεξάγονται και στα οποία το ρόλο του “κριτή” αναλαμβάνει ο άνθρωπος.

Ένα μεγάλο μέρος της εργασίας αυτής καταπιείστηκε με τα πρότυπα της υποκειμενικής αξιολόγησης της ποιότητας του ήχου. Μέσα από αυτό το κομμάτι ο αναγνώστης μπορεί να αντλήσει αναλυτικές πληροφορίες που αφορούν τις πιο σημαντικές, προτυποποιημένες μεθόδους (και κάποιες παραλλαγές αυτών), που χρησιμοποιούνται διεθνώς σε ερευνητικό και ακαδημαϊκό επίπεδο και οι οποίες αποτελούν τον θεμέλιο λίθο κατά την εκπόνηση τέτοιων διαδικασιών.

Δύο είναι τα πρότυπα υποκειμενικής αξιολόγησης που ξεχωρίζουν ανάμεσα στα υπόλοιπα, αφού είναι εκείνα πάνω στα οποία βασίζεται κάποιος για να πραγματοποιήσει ένα ψυχοακουστικό τεστ. Τα δύο αυτά πρότυπα, (ITU-R. BS. 1116-1, ITU-R. BS. 1534) αν και παρουσιάζουν αρκετές ομοιότητες μεταξύ τους (πειραματική διαδικασία, ακροατές, περιβάλλον ακρόασης κ.α.), διαφέρουν σε εξίσου σημαντικά σημεία. Το πρώτο χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση και τον εντοπισμό μικρών αλλοιώσεων μεταξύ ηχητικών σημάτων, ενώ το δεύτερο για το ακριβώς αντίθετο.

Στο σημείο αυτό, εύλογα μπορεί κανείς να αναρωτηθεί ποιος ο λόγος για την αξιολόγηση ηχητικών δεδομένων μέτριας ποιότητας και πόσο μάλλον η χρήση συγκεκριμένου πρότυπου για το λόγο αυτό. Η καθημερινότητα μας και πιο συγκεκριμένα ο ρόλος της τεχνολογίας στη ζωή μας είναι πλέον αναπόσπαστο κομμάτι για τους περισσότερους από εμάς. Ένα πρώτο παράδειγμα, λοιπόν, που ενδεχομένως να καθιστά ιδανική τη χρήση ενός προτύπου όπως το ITU-R. BS. 1534 είναι το διαδίκτυο και τα δεδομένα που μεταδίδονται μέσω αυτού. Ένα ακόμα παράδειγμα είναι οι τηλεπικοινωνίες. Δύο απλές περιπτώσεις που όμως πολλές φορές κινούν τα νήματα της καθημερινότητας μιας μεγάλης μερίδας ανθρώπων, σχετικών ή όχι με την επιστήμη του ήχου.

Κανένα από τα παραπάνω πρότυπα δεν μπορεί να σταθεί εμπράκτως χωρίς την χρήση ειδικά σχεδιασμένων πειραματικών εργαλείων αξιολόγησης. Τα software (ABC H/R, MUSHRAM), η λειτουργία των οποίων περιγράφεται στο προηγούμενο κεφάλαιο, αποτελούν δύο απλά και εύχρηστα εργαλεία τα οποία συναντά κανείς σε πειραματικές διαδικασίες ακουστικών τεστ που

λαμβάνουν χώρα βάσει των προτύπων ITU-R. BS. 1116-1 και ITU-R. BS. 1534 αντίστοιχα. Οι ομοιότητες και εδώ αρκετές, όσον αφορά την όλη φιλοσοφία λειτουργίας (αναπαραγωγή αρχείων, αποθήκευση αποτελεσμάτων κ.α.). Σημαντική διαφορά ανάμεσα τους αποτελεί το γεγονός ότι το πρώτο μπορεί να λειτουργήσει αυτόνομα, ενώ το δεύτερο αποτελεί πρόσθετο κομμάτι του προγράμματος MATLAB. Δε λειτουργεί δηλαδή αυτόνομα όπως το ABC H/R.

Μέσα από τις σελίδες της εργασίας αυτής αντιλαμβάνεται κανείς, πως το ζήτημα της ποιότητας του ήχου αποτελεί σημαντικό κομμάτι της καθημερινότητας όλων μας. Για πολλούς από εμάς, η “καλή” ηχητική ποιότητα θεωρείται δεδομένη για την εποχή στην οποία ζούμε και με γνώμονα πάντα τη ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας. Υπάρχει βέβαια και μια μερίδα ανθρώπων για τους οποίους το θέμα αυτό είναι, και ενδεχομένως θα παραμείνει, αδιάφορο.

Όσον αφορά την υποκειμενική αξιολόγηση της ποιότητας του ήχου, θεωρώ πως είναι ένα θέμα που δύσκολα θα εκλείψει, τουλάχιστον σε ερευνητικό επίπεδο, ανεξάρτητα με το ποια θα είναι η θέση των προγνωστικών μοντέλων αξιολόγησης στο μέλλον.

Μπορεί να πει κανείς πως η συμπίεση ηχητικών σημάτων στις μέρες μας είναι ένα αναγκαίο κακό το οποίο όμως κατέχει σημαντική θέση στην τεχνολογία του ήχου, αφού τα πλεονεκτήματα που προσφέρει (μικρό μέγεθος αρχείων, γρήγορη μετάδοση μέσω internet κ.α.), είναι – μέχρι στιγμής τουλάχιστον – καθόλα υπολογίσιμα για το ευρύ κοινό. Από το γεγονός αυτό και μόνο, φαίνεται η επιρροή που έχουν οι διάφορες τεχνικές κωδικοποίησης σε μια μεγάλη πλειοψηφία ανθρώπων. Σχετικά τώρα με το κατά πόσο η συμπίεση ηχητικών δεδομένων επηρεάζει την ακουστική αντίληψη του ανθρώπου, πιστεύω, πως, έστω και υποσυνείδητα, οι διαφορές μεταξύ κωδικοποιημένων και μη κωδικοποιημένων σημάτων γίνονται αντιληπτές από όλους μας ανεξάρτητα με τη σχέση που μπορεί να έχουμε με τη μουσική – ηχητική τεχνολογία.

Εν κατακλείδι, η ηχητική ποιότητα είναι ένα από τα κομμάτια της επιστήμης του ήχου, το οποίο ο άνθρωπος επηρεάζει προσαρμόζοντας σε αυτό τα τεχνολογικά του ευρήματα και τα οποία με τη σειρά τους επηρεάζουν συνειδητά ή ασυνείδητα την ακουστική αντίληψη του ανθρώπου.

Αναφορές

"Acoustics—Measurement of Reverberation Time of Rooms." *ISO. 3382*. International Organization for Standards, 1997.

Bech, S. "Training of subjects for auditory experiments." *Acta Acustica united with Acustica*, 1 1993: 89-99.

—. "Perception of timbre of reproduced sound in small rooms: Influence of room and loudspeaker position." *Journal of the Audio Engineering Society*, 12 1994: 999-1007.

Bech, S., and N. Zacharov. *Perceptual Audio Evaluation-Theory, Method and Application*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2006.

Fenton, Steven. "Objective Measurement of Sound Quality in Music Production." *Annual Researchers' Conference 2009*. University Of Huddersfield, 2009.

Gabrielsson, A., and H. Sjogren. "Perceived sound quality of sound-reproduction systems." *Journal of the Acoustical Society of America*, 4 1979: 1019-1033.

"General methods for the subjective assessment." *ITU-R. BS. 1284*. International Telecommunications Union, Radiocommunication Assembly, 1997-2003.

Headphones, Dangers and Volume Solutions. 2014. http://en.wikipedia.org/wiki/Headphones#Dangers_and_volume_solutions (accessed June 17, 2014).

Isherwood, D., G. Lorho, V-V Mattila, and N. Zacharov. "Augmentation, application and verification of the generalized listener selection procedure." *In Proceedings of the 115th Convention of the Audio Engineering Society*. New York, NY, USA, 2003.

"Listening Conditions for the Assessment of Sound Programme Material: Monophonic and Two-Chanel Stereophonic, 2nd ed." *EBU. Technical Document Tech 3276*. European Broadcast Union, May 1998.

Manders, A. J., D. M. Simpson, and S. L. Bell. "Objective Prediction of the Sound Quality of Music Processed by an Adaptive Feedback Canceller ." *Audio, Speech, and Language Processing, IEEE Transactions on* , vol.20, no.6, August 2012: 1734-1745.

Matilla, V-V, and A. Kurittu. "Practical issues in objective speech quality assessment with ITU-T P.862." *In Proceedings of the 117th Convention of the Audio Engineering Society*. San Francisco, CA, USA, 2004.

"Method for objective measurements of perceived audio quality." *ITU-R. BS. 1387*. International Telecommunications Union, Radiocommunication Assembly, 1998-2001.

"Method for the subjective assessment of intermediate quality level of coding systems." *ITU-R. BS. 1534*. International Telecommunications Union, Radiocommunication Assembly, 2003.

"Methods for subjective determination of transmission quality." *ITU-T. Recommendation P.800*. International Telecommunications Union, Telecommunications Standardization Sector, 1996.

"Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems including multichannel sound systems." *ITU-R. BS. 1116-1*. International Telecommunications Union, Radiocommunication Assembly, 1997.

"Multichannel Stereophonic Sound Systems with and without Accompanying Picture." *ITU-R. Recommendation BS.775-1*. International Telecommunications Union Radiocommunication Assembly, 1994.

"Pre-selection methods for the subjective assessment." *ITU-R. BS. 1285*. International Telecommunications Union, Radiocommunication Assembly, 1997.

Programme level, Analysing programme levels. 2013. http://en.wikipedia.org/wiki/Programme_level#Analysing_programme_levels (accessed June 17, 2014).

Soft112. 10 08, 2003. <http://abc-or-hr-audio-comparison-tool.soft112.com/> (accessed 06 17, 2014).

"Sound System Equipment–Part 13: Listening Tests on Loudspeakers." *IEC. 60268-13*. International Electrotechnical Commission, 1998.

"Sound System Equipment–Part 7: Headphones and Earphones." *IEC. 60268-7*. International Electrotechnical Commission, 1996.

"Subjective Performance evaluation of handsfree terminals." *ITU-T. Recommendation P.832*. International Telecommunications Union, Telecommunications Standardization Sector, 2000.

"Subjective performance evaluation of Network Echo Cancellers." *ITU-T. Recommendation P.831*. International Telecommunications, Union, Telecommunications Standardization Sector, 1998.

"Telephone Transmission Quality.Objective Measuring Apparatus. Artificial Ears." *ITU-T. Recommendation P.57*. International Telecommunications Union, Telecommunications Standardization Sector, 2002.

Toole, F. E. "Subjective measurements of loudspeaker sound quality and listener performance." *Journal of the Audio Engineering Society*, 1/2 1985.

Vincent, E. MUSHRAM: A MATLAB interface for MUSHRA listening tests. Patent <http://www.elec.qmul.ac.uk/people/emmanuelv/mushram/>. 2005.

Zacharov, N. "An overview of multichannel level alignment." *In Proceedings of the Audio Engineering Society 15th International Conference*. Audio Engineering Society, 1998. 174-186.

Zielinsky, S. K., F. Rumsey, and S. Bech. "Subjective audio quality trade-offs in consumer multichannel audio-visual delivery systems. part I: Effects of high frequency limitation." *In proceedings of the Audio Engineering Society 112th International Convention*. Munich, Germany, 2002.

Αβούρης, Ν., Χ. Κατσάνος, Δ. Ακουμιανάκης, Γ. Βάβουλα, Ξ. Βαμβακούση, and Σ. Βοσνιάδου. *Συνεργατική Τεχνολογία, Συστήματα και μοντέλα συνεργασίας για εργασία, μάθηση, κοινότητες πρακτικής και δημιουργία γνώσης*. Αθήνα: Κλειδάριθμος, 2008.