



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΥΛΙΚΩΝ

Σχεδιασμός και Υλοποίηση Συστήματος Ακουστικής Εκπαίδευσης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ρέτσας Ιωάννης

Επιβλέπων : Δημήτριος – Διονύσιος Κουτσούρης

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάιος 2020



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Σχεδιασμός και Υλοποίηση Συστήματος Ακουστικής Εκπαίδευσης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ρέτσας Ιωάννης

Επιβλέπων : Δημήτριος – Διονύσιος Κουτσούρης

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπουσα: Ουρανία Πετροπούλου

Μέλος ΕΔΙΠ.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 5η Μαΐου 2020.

.....
Δ.-Δ. Κουτσούρης

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Γ. Ματσόπουλος

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Α. Πρέντζα

Καθηγήτρια ΠΑ.ΠΕΙ

Ε.Μ.Π. Αθήνα, Μάιος 2020

.....
ΡΕΤΣΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Ρέτσας Ιωάννης, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι ο σχεδιασμός μιας ηλεκτρονικής πλατφόρμας ακουστικής - μουσικής εκπαίδευσης βασισμένη στα state-of-the-art εργαλεία ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών, η οποία φιλοδοξεί στην αποτελεσματικότερη μουσική εκπαίδευση μαθητών καθώς και την ευρύτερη διάδοση και παροχή μουσικής εκπαίδευσης σε όσους έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο, καθώς αυτή η πλατφόρμα έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί στο υπολογιστικό νέφος.

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερες έρευνες πραγματοποιούνται με αντικείμενο μελέτης την επίδραση της μουσική και της μουσικής εκπαίδευσης, στην ανάπτυξη του εγκεφάλου και στις νοητικές ικανότητες. Παρά τα ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα αυτών των ερευνών, δεν έχει ξεκινήσει να υιοθετείται κάποιο σύστημα που θα πρόσφερε εύκολα και αποδοτικά μουσική εκπαίδευση σε μαθητές. Ο σχεδιασμός μας προτείνει ένα σύγχρονο σχεδιασμό με βάση το Material Design, δηλαδή τα guidelines της Google για το ιδανικό User Interface και User Experience. Παράλληλα αξιοποιήσαμε την δημοφιλέστατη βιβλιοθήκη React.js της Facebook για Front End Development.

Μαζί με τον καινοτόμο σχεδιασμό της πλατφόρμας αυτής, παρουσιάζουμε τους περιορισμούς σε διάφορους τομείς που εμποδίζουν την άμεση εκμετάλλευση μίας τέτοιας πλατφόρμας, αλλά και τη δυνατότητα της να συνδράμει με τα στοιχεία της στις μελέτες που γίνονται σχετικά με την επίδραση της μουσικής εκπαίδευσης στην ανάπτυξη του εγκεφάλου. Αυτό συμβαίνει έχοντας πάντα στο επίκεντρο τους μαθητές αλλά και τους κηδεμόνες τους με σεβασμό προς τα προσωπικά τους στοιχεία. Παράλληλα ωστόσο δίνεται η δυνατότητα για απόκτηση μουσικής εκπαίδευσης και όλων των θετικών επιδράσεων που έχει αυτή.

Λέξεις-Κλειδιά: Πληροφοριακά Συστήματα, Web Development, Web design, Ηλεκτρονική Πλατφόρμα Εκπαίδευσης, Μουσική,

Abstract

The purpose of this diploma thesis is to design an online audio-music education platform based on state-of-the-art web application development tools, which aims to provide more effective music education to students as well as broader dissemination and provision of music education to those with access. online as this platform is designed to work in cloud computing.

In recent years more and more research has been conducted to study the impact of music and music education, on brain development and cognitive abilities. In spite of the very positive results of these surveys, a system has not yet been adopted to provide students with easy and efficient music education. Our design proposes a modern Material Design-based design, namely Google's guidelines for the ideal User Interface and User Experience. At the same time, we have utilized Facebook's popular React.js library for Front End Development.

Along with the innovative design of this platform, we present limitations in various areas that hinder the immediate exploitation of such a platform, as well as its ability to contribute with its data to studies on the impact of music education on its development. brain. This is always done by focusing on the students and their guardians with respect to their personal information. At the same time, however, it is possible to obtain music education and all its positive effects.

Keywords: Information Systems, Web Development, Web design, Online Education Platform, Music

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	4
Abstract	5
Ευρετήριο Εικόνων	10
Ευρετήριο Πινάκων	12
Συντομογραφίες	13
Ευχαριστίες	14
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	15
1.1 Ηλεκτρονικό Σύστημα Εκπαίδευσης και Ακουστική Εκπαίδευση	15
1.2 Αντικείμενο διπλωματικής	16
1.2.1 Συνεισφορά	16
1.3 Οργάνωση κειμένου	17
Κεφάλαιο 2 - Έρευνες στη Μουσική Εκπαίδευση και Ανάπτυξη Νοητικών Ικανοτήτων	18
2.1 Εισαγωγή	18
2.2 Μελέτες πάνω στη συσχέτιση Νοητικών Ικανοτήτων και Μουσικής	18
2.1.1 Εκπαίδευση σε παιδιά νηπιαγωγείου	18
2.1.2 Μουσική εκπαίδευση και εκπαίδευση στις εικαστικές τέχνες - σύγκριση	21
2.1.3 Εκμάθηση μουσικού οργάνου και ανάπτυξη της προφορικής ικανότητας και της μη προφορικής συλλογιστικής	25
Κεφάλαιο 3 Θεωρία της Μουσικής	28
3.1 Εισαγωγή στη Θεωρία της Μουσικής	28
3.1.1 Πτυχές της μουσικής	28
3.1.2 Τόνος (Μουσικός)	28
3.1.3 Φυσική Ανάλυση του Μουσικού Τόνου	29
3.1.4 Κλίμακες και Τρόποι	31
Πίνακας 3.1: Αντιστοιχία Ελληνικών Ονομασιών Νοτών - Αγγλικών Ονομασιών	32
Πίνακας 3.2: Εφτά Τρόποι της Δυτικής Μουσικής	33
Εικόνα 3.1: Εφτά Τρόποι της Δυτικής Μουσικής	34
3.1.4 Διαστήματα	35
Πίνακας 3.3: Τα 13 μουσικά διαστήματα	35
Εικόνα 3.2: Μελωδικά και Αρμονικά Διαστήματα	37

3.1.5 Συγχορδίες	38
Πίνακας 3.4: Κλίμακα Ντο Μείζονα και οι συγχορδίες της	39
Κεφάλαιο 4 - Web Applications	41
4.1 Εισαγωγή	42
4.2 Web applications & SPAs	42
4.2.1 Τι είναι ένα Single Page Application	42
Εικόνα 4.1 - Αρχιτεκτονική SPA	43
Εικόνα 4.2: Single Page App - Frameworks Trends	44
4.2.2 Τα υπέρ ενός Single Page Application	44
4.2.3 Τα κατά ενός Single Page Application	45
4.3 React.js	45
4.3.1 Τι είναι η React.js	45
4.3.2 Τι είναι μια βιβλιοθήκη Javascript	46
4.3.3 JSX	46
Εικόνα 4.3: JSX - Παράδειγμα	47
4.3.4 Virtual DOM	47
Εικόνα 4.4 Virtual DOM - Real DOM	48
Εικόνα 4.5: Δημιουργία DOM και αναπαράσταση του site στον browser.	49
4.3.5 React's Diffing Algorithm	50
4.4 Ανασκόπηση στις ήδη υπάρχουσες εφαρμογές	54
4.4.1 Υπάρχουσες εφαρμογές	54
4.4.2 Σύγκριση React.js - jQuery	54
4.4.3 Design patterns του UI	55
4.4.4 Συμπέρασμα και κίνητρο για υλοποίηση σε React.js	55
Κεφάλαιο 5 - Σχεδίαση και Υλοποίηση της πλατφόρμας Ακουστικής Εκπαίδευσης	56
5.1 Ανάλυση Λειτουργικών Απαιτήσεων και Προβλημάτων προς Επίλυση	56
5.2 Εποπτεία του συστήματος	57
5.3 Λειτουργικές Προδιαγραφές Συστήματος	57
5.3.1 Κύρια Λειτουργικά Χαρακτηριστικά	58
5.3.2 Καρτέλες και Μενού της Εφαρμογής	59
5.4 Σχεδιασμός Διαπροσωπείας με τον χρήστη	60
5.5 Υλοποίηση Material Design από την Google	61
Εικόνα 5.1: Ορθή Διαμόρφωση Εικονιδίων	62
Εικόνα 5.2: Επιλογή Μεγέθους Γραμματοσειράς	63
Εικόνα 5.3: Σχεδίαση Κουμπιών Ενεργειών	64
Εικόνα 5.4: Ορθή Διάταξη Οθόνης	65
Εικόνα 5.5: Ορθή και λανθασμένη κατανομή των Components	65
Εικόνα 5.6: Εμφάνιση menu επιλογών χρήστη	66
Εικόνα 5.7: Τα 3 βασικά είδη κουμπιών	67

Πίνακας 5.1: Περιπτώσεις χρησιμοποίησης των 3 βασικών κατηγοριών κουμπιών	67
Εικόνα 5.8: Ορθή εμφάνιση λίστας δεδομένων	68
Εικόνα 5.9: Ορθός σχεδιασμός checkboxes	69
Εικόνα 5.10: Ορθός σχεδιασμός switches	70
Εικόνα 5.11: Ορθός σχεδιασμός φόρμας εισαγωγής με ένα πεδίο	70
Εικόνα 5.12: Ορθός σχεδιασμός φόρμας εισαγωγής με πολλαπλά πεδία	71
5.6 HTML5 Audio Tag	72
Πίνακας 5.2: Υποστηριζόμενοι τύποι αρχείων ήχου	73
Εικόνα 5.13: Βασικός Audio Player	74
5.7 Web Audio API	76
5.7.1 Έννοιες και χρήση του Web Audio	76
Κεφάλαιο 6 Εφαρμογή και Αξιολόγηση του συστήματος	78
6.1 Σενάρια Χρήσης - Use Cases	78
Εικόνα 6.1: Σελίδα του συστήματος για χρήστη που την επισκέπτεται για πρώτη φορά (εφόσον βρίσκεται η πλατφόρμα στο cloud)	78
Εικόνα 6.2: Συμπλήρωση στοιχείων χρήστη για εγγραφή.	79
Εικόνα 6.3: Σελίδα για τη συμπλήρωση στοιχείων χρήστη για εγγραφή της εφαρμογής Instagram.	80
Εικόνα 6.4: Αριστερά φαίνεται συμπληρωμένη η φόρμα για Login ενώ δεξιά φαίνεται η γενική σελίδα για Login	81
Εικόνα 6.5: Overview της αρχικής σελίδας της πλατφόρμας	82
Εικόνα 6.6: Μενου της αρχικής σελίδας της πλατφόρμας	83
Εικόνα 6.7: Λίστα με όλα τα πιθανά μουσικά διαστήματα	84
Εικόνα 6.8: Πληροφορίες για το επιλεγμένο μουσικό διάστημα	84
Εικόνα 6.9: Πληροφορίες για το επιλεγμένο μουσικό διάστημα	84
Εικόνα 6.10: Το layout της σελίδας με το εργαλείο εύρεσης διαστημάτων	85
Εικόνα 6.11: Επιλογή της πρώτης νότας, στην περίπτωση μας η D (Ρε)	86
Εικόνα 6.12: Επιλογή του οπλισμού της πρώτης νότας, στην περίπτωση μας ύφεση b	86
Εικόνα 6.13: Επιλογή της δεύτερης νότας, στην περίπτωση μας F (Φα)	87
Εικόνα 6.14: Επιλογή του οπλισμού της δεύτερης νότας, στην περίπτωση μας ύφεση b	87
Εικόνα 6.15: Υπολογισμός του διαστήματος μεταξύ των δύο νοτών στην περίπτωση μας $m3$ (ή αλλιώς διάστημα τρίτης μικρής)	88
Εικόνα 6.16: Σελίδα Ακουστικής Εκπαίδευσης - Dictée	89
Εικόνα 6.17: Διεπαφή του soundplayer με ξεκάθαρα κουμπιά για αναπαραγωγή της κάθε νότας	90
Εικόνα 6.18: Παλέττα με όλες τις δυνατές επιλογές διαστημάτων	90
Εικόνα 6.19: Γράφος προόδου σε αρχική κατάσταση	91
Εικόνα 6.20: Υπόδειξη διαστήματος (αφότου πάτησε το κουμπί ο χρήστης)	91
Εικόνα 6.21: Σωστή επιλογή διαστήματος από τον χρήστη	92
Εικόνα 6.22: Λάθος επιλογή διαστήματος από τον χρήστη	93

Εικόνα 6.23: Γράφος της πορείας του χρήστη που ανανεώνεται με κάθε νέα προσπάθεια, είτε λάθος, είτε σωστή	94
Κεφάλαιο 7 Επίλογος	95
7.1 Σύνοψη και συμπεράσματα	95
Κεφάλαιο 9 Παράρτημα – Τεχνικές Λεπτομέρειες	104
Εικόνα 9.1: Δέντρο των αρχείων του front end της πλατφόρμας	104
SignUp.jsx	105
Login.jsx	109
Menu.jsx	112
RevealInterval.jsx	113
Reveal.module.css	114
Dropdown.jsx	115
Dropdown.module.css	117

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 3.1 - Αρχιτεκτονική SPA	28
Εικόνα 3.2: Single Page App - Frameworks Trends	29
Εικόνα 3.3: JSX - Παράδειγμα	32
Εικόνα 3.4 Virtual DOM - Real DOM	33
Εικόνα 3.5: Δημιουργία DOM και αναπαράσταση του site στον browser.	34
Εικόνα 4.1: Εφτά Τρόποι της Δυτικής Μουσικής	46
Εικόνα 4.2: Μελωδικά και Αρμονικά Διαστήματα	49
Εικόνα 5.1: Ορθή Διαμόρφωση Εικονιδίων	59
Εικόνα 5.2: Επιλογή Μεγέθους Γραμματοσειράς	60
Εικόνα 5.3: Σχεδίαση Κουμπιών Ενεργειών	61
Εικόνα 5.4: Ορθή Διάταξη Οθόνης	62
Εικόνα 5.5: Ορθή και λανθασμένη κατανομή των Components	62
Εικόνα 5.6: Εμφάνιση menu επιλογών χρήστη	63
Εικόνα 5.7: Τα 3 βασικά είδη κουμπιών	63
Εικόνα 5.8: Ορθή εμφάνιση λίστας δεδομένων	65
Εικόνα 5.9: Ορθός σχεδιασμός checkboxes	65
Εικόνα 5.10: Ορθός σχεδιασμός switches	66
Εικόνα 5.11: Ορθός σχεδιασμός φόρμας εισαγωγής με ένα πεδίο	67
Εικόνα 5.12: Ορθός σχεδιασμός φόρμας εισαγωγής με πολλαπλά πεδία	67
Εικόνα 5.13: Βασικός Audio Player	70
Εικόνα 6.1: Σελίδα του συστήματος για χρήστη που την επισκέπτεται για πρώτη φορά (εφόσον βρίσκεται η πλατφόρμα στο cloud)	75
Εικόνα 6.2: Συμπλήρωση στοιχείων χρήστη για εγγραφή.	76
Εικόνα 6.3: Σελίδα για τη συμπλήρωση στοιχείων χρήστη για εγγραφή της εφαρμογής Instagram.	77
Εικόνα 6.4: Αριστερά φαίνεται συμπληρωμένη η φόρμα για Login ενώ δεξιά φαίνεται η γενική σελίδα για Login	78
Εικόνα 6.5: Overview της αρχικής σελίδας της πλατφόρμας	79
Εικόνα 6.6: Μενου της αρχικής σελίδας της πλατφόρμας	80
Εικόνα 6.7: Λίστα με όλα τα πιθανά μουσικά διαστήματα	81
Εικόνα 6.8: Πληροφορίες για το επιλεγμένο μουσικό διάστημα	81
Εικόνα 6.9: Πληροφορίες για το επιλεγμένο μουσικό διάστημα	81
Εικόνα 6.10: Το layout της σελίδας με το εργαλείο εύρεσης διαστημάτων	82
Εικόνα 6.11: Επιλογή της πρώτης νότας, στην περίπτωση μας η D (Ρε)	83

Εικόνα 6.12: Επιλογή του οπλισμού της πρώτης νότας, στην περίπτωση μας ύφεση \flat	83
Εικόνα 6.13: Επιλογή της δεύτερης νότας, στην περίπτωση μας F (Φα)	84
Εικόνα 6.14: Επιλογή του οπλισμού της δεύτερης νότας, στην περίπτωση μας ύφεση \flat	84
Εικόνα 6.15: Υπολογισμός του διαστήματος μεταξύ των δύο νοτών στην περίπτωση μας m3 (ή αλλιώς διάστημα τρίτης μικρής)	85
Εικόνα 6.16: Σελίδα Ακουστικής Εκπαίδευσης - Dictée	86
Εικόνα 6.17: Διεπαφή του soundplayer με ξεκάθαρα κουμπιά για αναπαραγωγή της κάθε νότας	87
Εικόνα 6.18: Παλέττα με όλες τις δυνατές επιλογές διαστημάτων	87
Εικόνα 6.19: Γράφος προόδου σε αρχική κατάσταση	88
Εικόνα 6.20: Υπόδειξη διαστήματος (αφότου πάτησε το κουμπί ο χρήστης)	88
Εικόνα 6.21: Σωστή επιλογή διαστήματος από τον χρήστη	89
Εικόνα 6.22: Λάθος επιλογή διαστήματος από τον χρήστη	90
Εικόνα 6.23: Γράφος της πορείας του χρήστη που ανανεώνεται με κάθε νέα προσπάθεια, είτε λάθος, είτε σωστή	91
Εικόνα 9.1: Δέντρο των αρχείων του front end της πλατφόρμας	97

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 4.1: Αντιστοιχία Ελληνικών Ονομασιών Νοτών - Αγγλικών Ονομασιών	44
Πίνακας 4.2: Εφτά Τρόποι της Δυτικής Μουσικής	45
Πίνακας 4.3: Τα 13 μουσικά διαστήματα	47
Πίνακας 4.4: Κλίμακα Ντο Μείζονα και οι συγχορδίες της	51
Πίνακας 5.1: Περιπτώσεις χρησιμοποίησης των 3 βασικών κατηγοριών κουμπιών	64
Πίνακας 5.2: Υποστηριζόμενοι τύποι αρχείων ήχου	69

Συντομογραφίες

UI	User Interface
UX	User Experience
ΤΠΕ	Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών
IQ	Intelligence Quotient
WPPSI	Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Βιοιατρικής Τεχνολογίας της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Δημήτριο Κουτσούρη για το ενδιαφέρον θέμα που μου ανέθεσε καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε ώστε να ασχοληθώ εμπεριστατωμένα με αυτό.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά τον υποψήφιο Διδάκτορα Παναγιώτη Κατρακάζα για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε, για τον πολύτιμο χρόνο και τις σημαντικές συμβουλές που μου προσέφερε και για τη συνολική ουσιαστική συμβολή του στην υλοποίηση της παρούσας εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ τους φίλους μου για την ενθάρρυνση και τη συμπαράστασή τους όλο αυτό το διάστημα και την οικογένειά μου, τους γονείς μου και τα αδέρφια μου, που δε σταμάτησαν ποτέ να με στηρίζουν με όλες τους τις δυνάμεις.

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1 Ηλεκτρονικό Σύστημα Εκπαίδευσης και Ακουστική Εκπαίδευση

Η εξ αποστάσεως εκπαίδευση είναι μια εφαρμογή ανεξάρτητης μάθησης, κατάλληλη να προάγει την αυτονομία των σπουδών με τη συμβολή των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνίας, δεδομένου ότι βασίζεται στη σε βάθος γνώση που θεωρείται ότι είναι μια ατομική δραστηριότητα παρέχοντας στους σπουδαστές εξατομίκευση και ανεξαρτησία στον υπέρτατο βαθμό. Η χρήση των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών παρέχει σημαντικές δυνατότητες διαδραστικότητας, τις οποίες έχει ανάγκη ο εκπαιδευόμενος για να είναι ανεξάρτητος αλλά και για να έχει τον έλεγχο της μάθησής του και είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την εκπαίδευση από απόσταση. Ιδιαίτερα χρήσιμες είναι οι ασύγχρονες εκπαιδευτικές δραστηριότητες που ο καθένας μπορεί να χρησιμοποιήσει σε χρόνο της επιλογής του. Οι εκπαιδευόμενοι είναι ανεξάρτητοι στο να διεκπεραιώσουν ένα πρόγραμμα μελέτης, π.χ. αποφασίζοντας πότε και πού να μάθουν, πόσα μαθήματα να παίρνουν κάθε φορά, πότε και πόσο συχνά να επαναλαμβάνουν ασκήσεις κ.α. Η εξατομικευμένη μάθηση είναι ένας όρος που άρχισε να αποκτά ιδιαίτερο νόημα με την έλευση των ΤΠΕ, εφόσον ο εκπαιδευόμενος πλέον βρίσκεται σε αλληλεπίδραση με το εκπαιδευτικό υλικό μέσω ηλεκτρονικών συστημάτων εκπαίδευσης.

Ο όρος ακουστική εκπαίδευση είναι η εκπαίδευση και η εξοικείωση των ατόμων με στοιχεία της μουσικής θεωρίας, σε ακουστικό επίπεδο και όχι θεωρητικό, δηλαδή η εκπαίδευση και εξοικείωση του αυτιού του ατόμου, να έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει και να επεξεργάζεται μουσικούς φθόγγους και να τα αντιστοιχίζει σε γνωστές έννοιες της μουσικής θεωρίας.

Έρευνες (οι οποίες θα παρουσιαστούν αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο) έχουν δείξει επανειλημμένα ότι η ακουστική εκπαίδευση, ειδικότερα σε άτομα νεαρής ηλικίας (~ 5 χρονών) έχει θετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη του εγκεφάλου και βελτιώνει διάφορες διανοητικές ικανότητες. Συγκεκριμένα, εκτός από το αναμενόμενο που είναι η βελτίωση στην αντίληψη των μουσικών φθόγγων οι μαθητές εμφάνισαν βελτίωση γενικότερα στις λεκτικές ικανότητες και σαν ακροατές αλλά και σαν ομιλητές.

Ένα ηλεκτρονικό σύστημα εκπαίδευσης παρέχει το σημαντικό πλεονέκτημα, στην περίπτωση της ακουστικής εκπαίδευσης, να μπορεί να αναπαράγει οποιοδήποτε ήχο επιθυμούμε, χωρίς να υπάρχει η ανάγκη για τη χρήση κάποιου μουσικού οργάνου. Είναι προσβάσιμο από το διαδίκτυο επομένως ο μαθητής μπορεί να βρίσκεται οπουδήποτε επιθυμεί και να εξασκείται παράλληλα. Συνεπώς η ύπαρξη τέτοιων συστημάτων θα προάγει την ακουστική εκπαίδευση σε ευρύ πεδίο, καθώς δύο από τα βασικότερα πλεονεκτήματα είναι το πολύ χαμηλό κόστος και η προσβασιμότητα τους, η οποία ακουστική εκπαίδευση

όπως αναφέρθηκε προηγουμένως έχει πολύ θετικά αποτελέσματα στις λεκτικές ικανότητες του ατόμου.

1.2 Αντικείμενο διπλωματικής

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν η σχεδίαση ενός ηλεκτρονικού εκπαιδευτικού συστήματος βασισμένο σε σύγχρονες τεχνολογίες ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών και τεχνολογίες νέφους (cloud). Κύριος στόχος της διπλωματικής ήταν να δημιουργηθεί μία μοντέρνα πλατφόρμα που θα παρέχει σε όποιον το επιθυμεί ασκήσεις ακουστικής εκπαίδευσης δωρεάν, φιλική προς το χρήστη και προσβάσιμη από το διαδίκτυο, έτσι ώστε να αποτελεί πιθανή λύση για προσωπική εξάσκηση. Δόθηκε μεγάλη βαρύτητα στο να χρησιμοποιηθούν μοντέρνες λύσεις ανάπτυξης εφαρμογών, βασισμένες σε τεχνολογίες cloud, οι οποίες ταυτόχρονα έχουν χαμηλό έως μηδενικό κόστος. Προτιμήθηκαν, όπου ήταν δυνατό, εργαλεία και βιβλιοθήκες ανοιχτού κώδικα, προάγοντας από τη μία την κουλτούρα της συλλογικής ανάπτυξης εργαλείων ανοιχτού λογισμικού και από την άλλη παρέχοντας τη δυνατότητα επέκτασης και ανάπτυξης περαιτέρω της εφαρμογής από τρίτους. Πολύ σημαντικό κομμάτι της εφαρμογής αποτελεί η Εμπειρία του Χρήστη (User Experience) και η Διαπροσωπεία του Χρήστη (User Interface), ώστε η εφαρμογή να είναι αισθητικά ευχάριστη, κατανοητή και εύχρηστη σε κάθε χρήστη, ανεξαρτήτου ηλικίας και μόρφωσης. Λόγω του ότι η ακουστική εκπαίδευση φαίνεται να έχει θετικές επιρροές σε πολύ σημαντικές και βασικές διανοητικές λειτουργίες, εξετάζεται το σενάριο ενσωμάτωσης της πλατφόρμας στα σύγχρονα εκπαιδευτικά συστήματα, καθώς πιθανές κατευθύνσεις επέκτασης της

1.2.1 Συνεισφορά

Η συνεισφορά της διπλωματικής εργασίας συνοψίζεται στα εξής ζητήματα:

1. Δημιουργία μιας προσβάσιμης, λειτουργικής μοντέρνας λύσης ώστε να παρέχεται ευρέως, όσο το δυνατόν περισσότερο, μία βασική ακουστική εκπαίδευση.
2. Πρόταση επέκτασης λειτουργικότητας της εφαρμογής για περαιτέρω ασκήσεις.
3. Έρευνα για το πως μία τέτοια ηλεκτρονική πλατφόρμα μπορεί να ενσωματωθεί σε σύγχρονα εκπαιδευτικά συστήματα.
4. Πρωτότυπος σχεδιασμός ηλεκτρονικού εκπαιδευτικού συστήματος με τις πιο σύγχρονες προτάσεις για σωστό UI & UX, με σκοπό τη δημιουργία μίας εμπειρίας φιλική προς το χρήστη που αποσκοπεί σε:
 - a. ενθάρρυνση Ελλήνων χρηστών για τη χρήση του συστήματος, λόγω φιλικού σχεδιασμού
 - b. διάδοση ακουστικής εκπαίδευσης ευρέως, λόγω της άμεσης προσβασιμότητας και απλής χρήσης, και ως αποτέλεσμα όλο και περισσότερα άτομα να απολαμβάνουν τα οφέλη που προβλέπουν και έχουν παρατηρήσει οι μελέτες
 - c. ευκολότερη εκπαίδευση χρηστών στη χρήση του συστήματος

1.3 Οργάνωση κειμένου

Στο **Κεφάλαιο 1** της διπλωματικής παρουσιάζεται το αντικείμενο της διπλωματικής και η συνεισφορά της στην ακουστική εκπαίδευση παιδιών.

Στο **Κεφάλαιο 2** παρουσιάζεται έρευνες που έχουν γίνει πάνω στην ακουστική εκπαίδευση των νέων μαθητών και τα αποτελέσματά τους.

Στο **Κεφάλαιο 3** παρουσιάζεται το μουσικό υπόβαθρο που απαιτείται για την υλοποίηση της πλατφόρμας, η μουσική θεωρία, φυσική ανάλυση του μουσικού τόνου και οι έννοιες του μουσικού διαστήματος.

Στο **Κεφάλαιο 4** περιγράφεται η έννοια των web applications, και συγκεκριμένα των single page applications, καθώς και η δομή της React.js, μιας state-of-the-art βιβλιοθήκης για υλοποίηση τέτοιων συστημάτων

Στο **Κεφάλαιο 5** παρουσιάζεται λεπτομερώς η σχεδίαση της προτεινόμενης ηλεκτρονικής πλατφόρμας ακουστικής εκπαίδευσης με βάση το Material Design της Google

Στο **Κεφάλαιο 6** παρουσιάζεται η αξιολόγηση του σχεδιασμού, μαζί με την ανάλυση κάποιων οθονών και ενδεικτικά use-cases.

Στο **Κεφάλαιο 7** γίνεται η σύνοψη της εργασίας και παρουσιάζονται οι απόψεις μας αναφορικά με μελλοντικές επεκτάσεις της.

Στο **Κεφάλαιο 8** παρουσιάζει τη βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε στο πλαίσιο της εργασίας μας.

Στο **Κεφάλαιο 9** της εργασίας αποτυπώνονται οι τεχνικές λεπτομέρειες αναφορικά με τις πλατφόρμες και τα προγραμματιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της εργασίας μας.

Κεφάλαιο 2 - Έρευνες στη Μουσική Εκπαίδευση και Ανάπτυξη Νοητικών Ικανοτήτων

2.1 Εισαγωγή

Η μουσική χρονολογείται ότι αποτελεί μορφή ψυχαγωγίας του ανθρώπινου είδους, από προϊστορικές εποχές [1]. Έχει απήχηση στις συναισθηματικές μας ανάγκες και είναι μία διαχρονική μορφή διασκέδασης. Στο κεφάλαιο αυτό θα παραθέσουμε ευρήματα από διάφορες έρευνες που έχουν γίνει ανά καιρούς, οι οποίες έχουν ως συμπέρασμα ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της μουσικής (και με την παθητική και με την ενεργητική έννοια, δηλαδή και για τους ακροατές και για τους παίκτες) και της βελτίωσης στις νοητικές ικανότητες των ανθρώπων.

2.2 Μελέτες πάνω στη συσχέτιση Νοητικών Ικανοτήτων και Μουσικής

2.1.1 Εκπαίδευση σε παιδιά νηπιαγωγείου

Μία ενδιαφέρουσα έρευνα [2], με ιδιαίτερα σημαντικά αποτελέσματα, όσον αφορά την επίδραση που έχει η εκπαίδευση στο πιάνο σε παιδιά ηλικίας 4-5 χρονών των οποίων η μητρική γλώσσα είναι η Μανδαρινική, ολοκληρώθηκε το 2016. Συγκεκριμένα εκτός των άλλων, προέκυψε από την έρευνα ότι προσφέροντας μουσική εκπαίδευση σε παιδιά ηλικίας 4-5 για ένα χρονικό διάστημα, αναπτύχθηκε και βελτιώθηκε η ικανότητα του εγκεφάλου στο να επεξεργάζεται το τονικό ύψος καθώς και την αντίληψη της ομιλίας. Σημαντικό να αναφερθεί ότι το μουσικός τόπος χρησιμοποιείται και ως λεκτικός τόνος στη Μανδαρινική γλώσσα και το μαθαίνουν σε πολύ νεαρή ηλικία [3]. Στη συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήθηκε ως μουσικό όργανο στην εκπαίδευση το πιάνο, ωστόσο δεν φαίνεται να αποτελεί ιδιαίτερο περιορισμό και παρόμοια αποτελέσματα είναι λογικό να αναμένονται και με άλλα όργανα πολυφωνικά.

Με ψευδοτυχαία διαδικασία, επιλέχθηκαν 74 παιδιά νηπιαγωγείου, ηλικίας 4-5 ετών, τα οποία χωρίστηκαν σε 3 ομάδες. Η μία ομάδα έλαβε εκπαίδευση στο πιάνο, η δεύτερη ομάδα έλαβε εκπαίδευση στο διάβασμα και η τρίτη ομάδα λειτούργησε ως control group, για είναι δυνατόν να παρατηρηθεί η όποια βελτίωση στις 2 πρώτες ομάδες. Οι τρεις ομάδες είχαν ομοιογένεια όσον αφορά τις γενικές νοητικές ικανότητες (IQ, μνήμη και προσοχή) καθώς και όσον αφορά την κοινωνικο-οικονομική τους κατάσταση και λεκτική ικανότητα. Έγιναν μετρήσεις στην επίδραση της μουσικής εκπαίδευσης στην επεξεργασία του τονικού ύψους και την αντίληψή του, καθώς και σε ποιά γενικά κριτήρια μέτρησης νοητικών ικανοτήτων.

Στα Μανδαρινικά παίζει ιδιαίτερο ρόλο το τονικό ύψος καθώς αποτελεί μέρος της λέξης πολλές φορές αλλάζοντας το νόημά της, και το οποίο όπως αναφέραμε, αποκτάται αρκετά σε αρκετά νεαρή ηλικία. Υπάρχουν 4 βασικοί λεκτικοί τόνοι, με διαφορετικό τονικό ύψος και διακύμανση (αναγράφονται στα αγγλικά για να μην αλλάξει η σημασία τους κατα τη μετάφραση):

1. *Level*
2. *Mid-rising*
3. *Dipping*
4. *High-falling*

Για παράδειγμα, η συλλαβή *ma* μπορεί να σημαίνει είτε “μητέρα” είτε “άλογο”, ανάλογα με τον λεκτικό τόνο, εάν είναι *level* ή *dipping*. Οι νοητικές ικανότητες μετρήθηκαν με τεστ IQ, προσοχής και μνήμης. Οι γενικές λεκτικές ικανότητες μετρήθηκαν με ένα τεστ διάκρισης λέξεων οι οποίες περιείχαν παραλλαγές σε σύμφωνα, φωνήεντα και τονικά ύψη.

Και οι δύο εκπαιδεύσεις, η μουσική και η εκπαίδευση ανάγνωσης, παραδόθηκαν για 45 λεπτά, 3 φορές την εβδομάδα, για 6 μήνες. Το τρίτο γκρουπ (control group) συνέχισε να ακολουθεί το πρόγραμμα του νηπιαγωγείου κανονικά, έτσι ώστε να αποτελεί τη βάση για να αναλύονται τα αποτελέσματα των άλλων δύο ομάδων. Η εκπαίδευση ανάγνωσης που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα βασίστηκε στο “μοντέλο μοιρασμένης ανάγνωσης” (shared reading model), το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στην Κίνα [4]. Παρέχει μία διαδραστική εμπειρία ανάγνωσης κατά την οποία ο δάσκαλος διαβάζει φωναχτά λέξεις από κείμενα και τα παιδιά διαβάζουν ταυτόχρονα. Σε σύγκριση με ένα φωνολογικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε προηγούμενη έρευνα [5], η ανάγνωση αποτελεί μια κοινή, καθημερινή δραστηριότητα, επομένως έχει να προσφέρει περισσότερα στον αλφαριθμητισμό των παιδιών. Επίσης τα σχολεία είναι αναγκασμένα να λαμβάνουν πρακτικές αποφάσεις σχετικά με την κατανάλωση πόρων σε τέχνες, όπως η μουσική, σε αντίθεση με την επιπλέον εκπαίδευση σε επιστήμες. Η εκπαίδευση ανάγνωσης επέτρεψε να τεσταριστεί εάν το διάβασμα και το πιάνο μοιράζονται νευρολογική βάση την οποιαδήποτε επίδραση παρατηρηθεί στις λεκτικές ικανότητες. Παρότι, η εκπαίδευση στην ανάγνωση αναμένεται να βελτιώσει τις λεκτικές ικανότητες [5], οι βελτιώσεις στην επεξεργασία του ήχου αναμένεται να είναι περιορισμένες στο πεδίο που αφορά την ομιλία. Αντίθετα η μουσική εκπαίδευση είναι πιθανό να μπορεί να επηρεάσει την επεξεργασία του ήχου και στο πεδίο της ομιλίας αλλά σαφώς και της μουσικής [6].

Σε σχέση με το γκρουπ ανάγνωσης και το γκρουπ ελέγχου, το γκρουπ που έλαβε εκπαίδευση στο πιάνο παρουσίασε εντονότερη απόκριση (εγκεφαλικά) σε αλλαγές στους μουσικούς τόνους και αλλαγές στους λεκτικούς τόνους, όπως φάνηκε από μαγνητικές στους εγκεφάλους των παιδιών. Όσον αφορά τη διακριτική ικανότητα στις λέξεις, και το γκρουπ του πιάνο και το γκρουπ της ανάγνωσης εμφάνισε μεγάλη βελτίωση σε σχέση με το γκρουπ ελέγχου. Συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες στην έρευνα εξετάστηκαν σε δύο διαφορετικές περιπτώσεις, η μία ήταν στο κατά πόσο εύκολα ξεχωρίζουν τις λέξεις ανάλογα με τις διαφορές στα φωνήεντα και η άλλη ήταν κατά πόσο εύκολα ξεχωρίζουν τις λέξεις ανάλογα με τα σύμφωνα. Στατιστικά τα γκρουπ του πιάνο και ανάγνωσης δεν είχαν κάποια σημαντική

διαφορά στην διακριτική τους ικανότητα, ενώ στη δεύτερη περίπτωση, το γκρουπ εμφάνισε ήταν αισθητά καλύτερο και από τις άλλες δύο ομάδες. Αυτή η βελτίωση που εμφάνισε το γκρουπ του πιάνο, στο να ξεχωρίζει καλύτερα από όλους τις λέξεις βασισμένες σε σύμφωνα, συσχετίστηκε και με την βελτίωση στην αντίληψη μουσικών τόνων, που παρατηρήθηκε στις μαγνητικές τομογραφίες.

Τα αποτελέσματα αυτά αποτελούν ξεκάθαρη πειραματική απόδειξη ότι η μουσική εκπαίδευση βελτίωσε την διανοητική επεξεργασία του τόνου, στοιχείο του ήχου που μοιράζεται η μουσική και ο λόγος. Επίσης βελτίωσε αισθητά το κατά πόσο εύκολα μπορούν να ξεχωρίσουν, τα άτομα που συμμετείχαν στην έρευνα, λέξεις (στη Μανδαρινική γλώσσα), το οποίο μετρήθηκε συμπεριφορικά. Σε αντίθεση με τα παραπάνω, και τα τρία γκρουπ εμφάνισαν παρόμοια βελτίωση σε γενικές διανοητικές μετρικές, όπως είναι το IQ, η προσοχή και η μνήμη. Αυτό υποδεικνύει ότι η βελτίωση στις λεκτικές ικανότητες, λόγω της μουσικής εκπαίδευσης δεν προήλθε από βελτίωση στις γενικές διανοητικές ικανότητες, παρά προήλθε από στοχευμένη βελτίωση στο πεδίο της επεξεργασίας τους ήχου.

Η συγκεκριμένη έρευνα ενισχύει προηγούμενες σκέψεις σχετικά με τις θετικές επιρροές που μπορεί να έχει η μουσική εκπαίδευση στην αντίληψη του ήχου και της ομιλίας, και σε συμπεριφορικό επίπεδο και σε ηλεκτροφυσιολογικό [5]. Σε σχέση με την εκπαίδευση ανάγνωσης, η εκπαίδευση στο πιάνο ενίσχυσε στοχευμένα συμπεριφορικές ευαισθησίες σε σύμφωνα και εγκεφαλικές ευαισθησίες σε λεκτικούς τόνους. Η ιδιαίτερη αυτή επιρροή που έχει η μουσική εκπαίδευση πρέπει να οφείλεται σε τρεις λόγους. Πρώτον, η επεξεργασία ήχου που απαιτείται για την εκπαίδευση στο πιάνο είναι πιο λεπτομερής από αυτήν που απαιτείται για την εκπαίδευση στην ανάγνωση. Η υπόθεση αυτή έχει προταθεί και παλιότερα σε άλλη έρευνα [7], ότι χρειάζεται μεγαλύτερη ακρίβεια στην αντίληψη της μουσικής σε σχέση με την ομιλία. Για παράδειγμα στην ανάλυση του τόνου, στη μουσική παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο οι μικρές διαφορές, για παράδειγμα μια νότα εντός κλίμακας και εκτός κλίμακας μπορούν να απέχουν ένα ημιτόνιο (το οποίο αποτελεί την μικρότερη απόσταση στην δυτική μουσική), ενώ στην ομιλία δεν υπάρχουν τόσο μικρές διαφορές. Δεύτερον, η εκπαίδευση στο πιάνο εστιάζει στο να δεχθεί πολλούς ήχους ταυτόχρονα ο μαθητής και να τους αντιληφθεί, ενώ στην εκπαίδευση ανάγνωσης ο μαθητής καλείται να κάνει αντιστοίχιση των ήχων στη σημασιολογία των λέξεων [8]. Τρίτον, είναι πολύ πιθανό και έχει προταθεί σε έρευνα ότι η ανταμοιβή που λαμβάνει ο μαθητής [9], [10], κατά τη διάρκεια της μουσικής εκπαίδευσης, συμβάλλει στις μοναδικές νευροπλαστικές αλλαγές που προκαλούνται, σε σχέση με τις αλλαγές που προκαλεί η εκπαίδευση ανάγνωσης. Η εκπαίδευση μουσικής είναι πιθανό να είναι πιο ευχάριστη στα νεαρά παιδιά με αποτέλεσμα να είναι πιο συναρπαστική και καθηλωτική στα συστήματα μάθησης που περιέχει και αξιοποιεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος.

Κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης στο πιάνο, ο μαθητής καλείται να επεξεργαστεί και να αντιληφθεί ταυτόχρονα πολλούς ήχους [11], [12] αλλά και να χρησιμοποιήσει συνεργατικά συστήματα κίνησης. Παρόμοιες απαιτήσεις απαιτεί και η εκπαίδευση στην ανάγνωση, καθώς εκτός από το να ακούνε οι μαθητές τις λέξεις, πρέπει να τις εκφωνούν. Παρότι υπάρχουν ομοιότητες, στην αντίληψη και διαχωρισμό λέξεων βάσει συμφώνων (τα οποία είναι πιο δυσδιάκριτα από τα φωνήεντα) οι μαθητές που έλαβαν εκπαίδευση στη

μουσική είχαν πολύ καλύτερες αποδόσεις, καθώς είχαν μάθει να ξεχωρίζουν πιά μικρές ηχητικές διαφορές.

Σε αντίθεση με τις ξεκάθαρες αποδείξεις για την θετική επιρροή που είχαν οι μηχανισμοί επεξεργασίας του ήχου του εγκεφάλου, δεν υπήρχε κάποιο αποτέλεσμα που να υποδεικνύει ότι η εκπαίδευση επηρέασε τις γενικές διανοητικές ικανότητες των μαθητών. Μετά το πείραμα, και οι τρεις ομάδες βελτιώθηκαν παρόμοια στο IQ, στη προσοχή και στην μνήμη, το οποίο πολύ πιθανό να οφείλεται στην επανάληψη και στην ωρίμανση των ατόμων. Συγκεκριμένα για τον εγκέφαλο και τις διανοητικές ικανότητες έχουν προταθεί δύο είδους μέθοδοι μεταφοράς γνώσης:

- near transfer
- far transfer

Το “near” και “far” αναφέρεται στο πόσο παρόμοιες ή όχι είναι οι λειτουργίες. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η θετική επίδραση στις λεκτικές ικανότητες οφείλεται σε near transfer [13] και αν υπήρχε far transfer, θα είχαν παρατηρηθεί βελτιώσεις στις γενικότερες μετρικές όπως IQ, προσοχή και μνήμη.

2.1.2 Μουσική εκπαίδευση και εκπαίδευση στις εικαστικές τέχνες - σύγκριση

Οι ερευνητές έχουν σχεδιάσει εκπαιδευτικές μεθόδους οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για βελτίωση της πνευματικής υγείας καθώς και για να εξετάσουν την αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών προγραμμάτων. Ωστόσο, λίγες μελέτες έχουν δείξει ότι μεταφέρεται αυτή η εκπαίδευση σε άλλες πνευματικές δραστηριότητες στις οποίες δεν έχει προηγηθεί εκπαίδευση. Στη συγκεκριμένη έρευνα [14], μελετήθηκε η επίδραση δύο διαφορετικών διαδραστικών εκπαιδευτικών προγραμμάτων, σε μορφή εφαρμογής υπολογιστή, το ένα για μουσική εκπαίδευση και το άλλο για εκπαίδευση στις εικαστικές τέχνες. Ύστερα από 20 ημέρες εκπαίδευσης, μόνο τα παιδιά στο μουσικό γκρουπ είχαν βελτίωση στη λεκτική ευφυΐα, και συγκεκριμένα αυτή η βελτίωση υπήρχε στο 90% των ατόμων στο γκρουπ. Αυτές οι βελτιώσεις στην ευφυΐα συσχετίστηκαν με αλλαγές στην λειτουργική πλαστικότητα του εγκεφάλου, κατά τη διάρκεια εκτέλεσης σετικών εργασιών. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι είναι δυνατή η μεταφορά μιας, υψηλού επιπέδου νοητικής ικανότητας, σε νεαρή ηλικία.

Μελετάται έντονα η υπόθεση της μεταφοράς της γνώσης και ικανοτήτων στον τομέα της νευροεπιστήμης, και οι ερευνητές που σχεδιάζουν διάφορα εκπαιδευτικά προγράμματα, για να μελετήσουν τη μεταφορά της γνώσης, έχουν αναφέρει μικτά αποτελέσματα [15]. Άλλες μελέτες [16] δείχνουν βελτίωση στην απόδοση σε μη προπονημένες εργασίες, ωστόσο η βελτίωση φαίνεται να είναι μικρή, ενώ άλλες έρευνες [17] δεν έχουν δείξει κάποια μεταφορά ικανότητας. Δυστυχώς οι εκπαιδευτικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα αυτή, στερούνται παιδαγωγικής βάσης και είναι δύσκολο να εφαρμοστούν σε μη εργαστηριακό περιβάλλον και σε μακροπρόθεσμο χρονικό πλαίσιο. Αυτές οι δύο ιδιότητες

ωστόσο είναι κρίσιμες για να θεωρηθεί ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης πετυχημένο και να μπορεί να εφαρμοστεί στα συστήματα παιδείας.

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, έχει παρατηρηθεί ότι η μουσική εκπαίδευση προκαλεί βελτίωση και σε άλλους τομείς [18]. Αυτή η μεταφορά ικανοτήτων συμβαίνει όταν η καινούρια και η εκπαιδευμένη εργασία μοιράζονται τμήματα του εγκεφάλου για την επεξεργασία τους [19]. Έχει δειχθεί σε έρευνα το 2008 [20] ότι μία εργασία που διεγείρει και επηρεάζει συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου, έχει ως αποτέλεσμα την βελτίωση στις σχετικές διανοητικές ικανότητες. Η μουσική και η γλώσσα αξιοποιούν και οι δύο την αναλυτική ακρόαση και μοιράζονται μηχανισμούς και υποκείμενες εγκεφαλικές δομές [21]. Έρευνες έχουν δείξει συσχέτιση μεταξύ μουσικής εκπαίδευσης και συγκεκριμένων εγκεφαλικών δομών, ειδικότερα σε περιοχές που συμμετέχουν στην επεξεργασία της γλώσσας [21], [22]. Υπάρχουν αποδείξεις για τη σύνδεση της μουσικής και της επεξεργασίας της γλώσσας και σε υποφλοιικό και σε φλοιικό εγκεφαλικό επίπεδο [23]. Η σύνδεση αυτή έχει φανεί και σε λειτουργικό επίπεδο, καθώς έχουν παρατηρηθεί βελτιώσεις σε ικανότητες όπως η αναγνώριση της τονικότητας και η σημασιολογική επεξεργασία [24], [25]. Ωστόσο, παρότι έχει παρατηρηθεί αυτή η σύνδεση, οι μηχανισμοί που υλοποιούν αυτή τη σύνδεση παραμένουν άγνωστοι.

Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες για την συσχέτιση της μουσικής εκπαίδευσης και της βελτίωσης γενικότερα της ευφυΐας και γενικών διανοητικών λειτουργιών [26]. Το 2004 μια έρευνα [27] έδειξε ότι υπήρξε βελτίωση στο γενικό IQ, σε παιδιά έξι χρονών, ύστερα από ενός χρόνου μουσική εκπαίδευση σε ωδείο. Σε άλλη έρευνα που περιείχε εξειδικευμένες ακουστικές ασκήσεις, εντοπίστηκε βελτίωση στην αντίληψη της γλώσσας και στα αντίστοιχα εγκεφαλικά μοτίβα ενεργοποίησης [22]. Αυτά τα ευρήματα μπορούν να ερμηνευτούν από ένα μοντέλο κοινών πόρων. Συγκεκριμένα, το 2007 σε μια έρευνα [28] προτάθηκε ένα μοντέλο ευφυΐας, το οποίο ονομάζεται *parieto-frontal integration (P-FIT)*, που τονίζει ότι υπάρχουν συνδέσεις σε δομικό επίπεδο, κοινοί στη μουσική, στη γλώσσα και στην ευφυΐα, ειδικότερα στον προμετωπιαίο φλοιό, στον μετωπιαίο φλοιό του προσαγωγίου και σε μια περιοχή στον κροταφικό λοβό.

Η επιρροή των εικαστικών τεχνών στις νοητικές λειτουργίες δεν έχει μελετηθεί τόσο έντονα όσο έχει μελετηθεί η επιρροή της μουσικής εκπαίδευσης, ωστόσο υπάρχουν κάποιες αποδείξεις ότι τέτοια εκπαίδευση έχει θετική επιρροή στην αντίληψη, στην επεξεργασία όρασης και σε κινητικές ικανότητες. Αρκετές έρευνες έχουν δείξει ότι και οι οπτικές δραστηριότητες [29] και οι δραστηριότητες που περιλαμβάνουν κινήσεις του χεριού [30] προκαλούν εγκεφαλικές αλλαγές, καθώς και ότι αυτές οι δραστηριότητες αξιοποιούν κοινές περιοχές στον εγκέφαλο με ικανότητες που αφορούν την αντίληψη και την επεξεργασία χωρικών πληροφοριών. Υπάρχουν επίσης αποτελέσματα ερευνών που δείχνουν ότι η εκπαίδευση στην οπτική διάκριση προκαλεί στον οπτικό φλοιό [31]. Παράλληλα έχει δειχθεί [32] ότι διαδικασίες που αφορούν την μνήμη, έχουν επικάλυψη με διαδικασίες που αφορούν οπτικό-χωρικές ικανότητες. Οι οπτικό-χωρικές ικανότητες μπορούν να επηρεαστούν και από εκπαίδευση σε ικανότητες σχετικές με κινήσεις χεριού [24], [33].

Στη συγκεκριμένη έρευνα [33] εξετάστηκαν ξεχωριστά πώς επηρεάζουν η μουσική εκπαίδευση και η εκπαίδευση στις εικαστικές τέχνες τις νοητικές λειτουργίες. Συγκεκριμένα

έγινε η υπόθεση ότι η μουσική εκπαίδευση θα βελτίωνε την λεκτική ευφυΐα ανεξάρτητα από την χωρική ευφυΐα, και η εκπαίδευση στις εικαστικές τέχνες θα βελτίωνε τη χωρική ευφυΐα ανεξάρτητα από τη λεκτική ευφυΐα. Η υπόθεση αυτή έγινε γιατί θεωρήθηκε ότι η επεξεργασία της μουσικής μοιράζεται μηχανισμούς και δομές του εγκεφάλου με την επεξεργασία της γλώσσας και όχι την χωρική επεξεργασία, ενώ η επεξεργασία εικαστικών τεχνών μοιράζεται μηχανισμούς και δομές του εγκεφάλου με την χωρική επεξεργασία και όχι με την λεκτική επεξεργασία. Η δεύτερη υπόθεση που έγινε είναι ότι και η μουσική εκπαίδευση και η εκπαίδευση στις εικαστικές τέχνες θα προκαλούσαν βελτίωση σε σύντομο χρονικό διάστημα. Το διάστημα που δοκιμάστηκε είναι οι 4 εβδομάδες, διάστημα που έχει εξεταστεί και σε παλαιότερες σχετικές έρευνες [34]. Επίσης έγινε η υπόθεση ότι θα υπάρξει βελτίωση και στις εκτελεστικές λειτουργίες των ατόμων και την, ενδεχομένως, σύνδεση των εκτελεστικών λειτουργιών, της λεκτικής και της χωρικής ευφυΐας [35].

Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε δύο ίσες ομάδες παρόμοιας ηλικίας και παρόμοιας εκπαίδευσης των γονέων. Χορηγήθηκαν δύο διαφορετικά εκπαιδευτικά προγράμματα σε μορφή εφαρμογής στον υπολογιστή. Τα προγράμματα είχαν τους ίδιους στόχους μάθησης, παρόμοια γραφικά και σχεδιασμό, διάρκεια και διαλείμματα. Η διαφορά τους ήταν στο περιεχόμενο εκπαίδευσης. Το περιεχόμενο της μουσικής εκπαίδευσης [36] περιελάμβανε κινητικές δραστηριότητες, δραστηριότητες αντίληψης και κατανόησης και περιελάμβανε εκπαίδευση στο ρυθμό, στον τόνο, στη μελωδία, στη φωνή και σε βασικές μουσικές έννοιες. Σημαντικό είναι ότι δεν περιελάμβανε κάποιο όργανο και ήταν ακουστικές οι ασκήσεις. Το περιεχόμενο στις εικαστικές τέχνες έδωσε έμφαση στην ανάπτυξη των οπτικό-χωρικών ικανοτήτων σχετικά με έννοιες όπως το σχήμα, το χρώμα, τη γραμμή, τη διάσταση και την οπτική. Οι μαθητές λάμβαναν μέρος στην εκπαίδευση 2 φορές την ημέρα από μία ώρα (15 λεπτά για οργάνωση και 45 λεπτά εκπαίδευση), 5 φορές την εβδομάδα για 4 εβδομάδες.

Η μελέτη είχε 3 φάσεις, την pretest, την training και την postest. Στην pretest και στην postest δόθηκαν στους συμμετέχοντες να πάρουν τα τεστ ευφυΐας (τύπου WPPSI-III) [37] και η διάρκεια ήταν 60 λεπτά. Τα τεστ ήταν ίδια και στην πρώτη φάση και στην τελευταία, ελαχιστοποιώντας έτσι την πιθανότητα να επηρεαστεί η απόδοση λόγω διαφορετικού τεστ, αυξάνοντας όμως την πιθανότητα να έχουν καλύτερη απόδοση λόγω επανάληψης. Ωστόσο επειδή όλοι συμμετέχοντες έλαβαν τα ίδια τεστ και πριν και μετά, ήταν εύκολο να διαχωρίσουν οι ερευνητές εάν η όποια βελτίωση οφείλεται σε εξάσκηση στο τεστ ή στην μουσική/εικαστική εκπαίδευση που έλαβαν οι συμμετέχοντες. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν με ψευδοτυχαίο τρόπο μεταξύ των δύο ομάδων ενώ οι ερευνητές που τους εξέτασαν πριν και μετά την εκπαίδευση δεν γνώριζαν τι είδους εκπαίδευση έχει λάβει το κάθε άτομο. Εκτός του τεστ ευφυΐας οι μαθητές συμμετείχαν και σε ένα τεστ εκτελεστικών λειτουργιών (που διεγείρει αντίληψη, αντανάκλαστικά, προσοχή κλπ) κατά τη διάρκεια του οποίου έβλεπαν σε μια οθόνη 4 σχήματα: ασπρο τετράγωνο, άσπρο τρίγωνο, μωβ τετράγωνο, μωβ τρίγωνο. Τα σχήματα εμφανιζόντουσαν για μικρό χρονικό διάστημα στην οθόνη και ο στόχος ήταν να πατήσουν ένα κουμπί οι συμμετέχοντες όταν έβλεπαν τα άσπρα σχήματα ενώ στα μωβ δεν έπρεπε να πατήσουν κάτι. Κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας οι συμμετέχοντες είχαν 64 ηλεκτρόδια για την καταγραφή του ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος.

Στην πρώτη φάση δεν παρατηρήθηκε κάποια διαφορά μεταξύ των δύο γκρουπ όσον αφορά την ευφυΐα και τις εκτελεστικές λειτουργίες. Μετά την εκπαίδευση παρατηρήθηκε ότι μόνο το γκρουπ που έλαβε μουσική εκπαίδευση παρουσίασε βελτίωση στα τεστ ευφυΐας και συγκεκριμένα αυτή η βελτίωση εντοπίστηκε στο προφορικό τεστ. Η επίδραση αυτή ήταν ιδιαίτερα συνεπής και δυνατή καθώς πάνω από το 90% των ατόμων στο γκρουπ της μουσικής εκπαίδευσης εμφάνισε βελτίωση. Όσον αφορά το τεστ με τα σχήματα που στόχευε στην μέτρηση και αξιολόγηση των εκτελεστικών λειτουργιών, στην πρώτη φάση το γκρουπ που ήταν να λάβει μουσική εκπαίδευση είχε χαμηλότερη απόδοση από το γκρουπ που ήταν να λάβει εικαστική εκπαίδευση. Ωστόσο, μετά την φάση της εκπαίδευσης, το μουσικό γκρουπ τα πήγε καλύτερα και μόνο αυτό, εκ των δύο γκρουπ, εμφάνισε βελτίωση στην απόδοση.

Τα παραπάνω αποτελέσματα αποτελούν απόδειξη ότι η εκπαίδευση μουσικό-ακουστικών ικανοτήτων μεταφέρεται στην λεκτική ικανότητα. Σημαντικό αποτέλεσμα αποτελεί επίσης το ότι η βελτίωση ήρθε μετά από σύντομο χρονικό διάστημα εκπαίδευσης. Η εκπαίδευση στις εικαστικές τέχνες δεν είχε ως αποτέλεσμα κάποια ιδιαίτερη βελτίωση στις προφορικές και χωρικές ικανότητες, ωστόσο παρατηρήθηκε μία μικρή ανοδική τάση, η οποία όμως δεν μπορεί να διαφοροποιηθεί εύκολα εάν οφείλεται στην εκπαίδευση ή στο ότι προπονήθηκαν στα ίδια τα τεστ οι συμμετέχοντες. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι χρειάζεται παραπάνω χρόνο εκπαίδευσης στις εικαστικές τέχνες για να παρατηρηθεί βελτίωση στις χωρικές ικανότητες. Στη συγκεκριμένη ηλικία εξάλλου (4 - 6 χρονών) που ήταν οι συμμετέχοντες, οι ακουστικές ικανότητες είναι πολύ περισσότερο ανεπτυγμένες από τις οπτικό-χωρικές ικανότητες. Ανεξάρτητα του παραπάνω, τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η προφορικές ικανότητες μπορούν να βελτιωθούν ανεξάρτητα από τις χωρικές ικανότητες και υποδεικνύουν ότι η μουσική και η γλώσσα είναι στενά συνδεδεμένες ως νοητικές λειτουργίες. Πιθανή εξήγηση για αυτό αποτελεί το ότι οι μηχανισμοί που αξιοποιεί η επεξεργασία μουσικής έχουν επικάλυψη με τους μηχανισμούς που αξιοποιούν άλλες νοητικές λειτουργίες [38].

Ύστερα από μόνο 20 ημέρες μουσικής εκπαίδευσης παρατηρήθηκε καλύτερη απόδοση στις εκτελεστικές λειτουργίες και προκάλεσαν αλλαγές στον εγκέφαλο. Είναι κατανοητό να συνέβη αυτό από τη στιγμή που η μουσική εκπαίδευση απαιτεί υψηλά επίπεδα ελέγχου, προσοχής και απομνημόνευσης. Είναι πιθανό η επίδραση της μουσικής εκπαίδευσης να να προήλθαν μέσω ενίσχυσης της προσοχής και της προφορικής μνήμης παρά της προφορικής ικανότητας.

Μελέτες έχουν δείξει ότι η εξάσκηση μπορεί να προκαλέσει ραγδαίες επιδράσεις στις δομές του εγκεφάλου και στη διάνοηση [39]. Τα ευρήματα της συγκεκριμένης έρευνας τονίζουν δύο φαινόμενα που θα πρέπει να εξηγηθούν περαιτέρω: η ταχύτητα της τροποποίησης του εγκεφάλου και το φαινόμενο *far transfer* των ικανοτήτων (που αναφέρθηκε και στην προηγούμενη έρευνα). Για παράδειγμα, σε έρευνα του 2010 [40] παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση όγκου σε *grey matter* στον πρόσθιο και στον βρεγματικό λοβό, ύστερα από μόνο 2 συνεδρίες εκπαίδευσης σε ένα πολύπλοκο *task* ισορροπίας. Επιπλέον έχουν παρατηρηθεί αλλαγές στον εγκέφαλο ύστερα από 6 εβδομάδες εκπαίδευσης [41] (με 5 φορές τη βδομάδα εκπαίδευση) και ύστερα από δύο μήνες καθημερινή

εκπαίδευση [42]. Επίσης έχουν δείξει μελέτες πόσο γρήγορα προκαλεί αλλαγές στον εγκέφαλο η μουσική εκπαίδευση, όπως για παράδειγμα μελέτη του 2008 [43], ανέφερε αλλαγές στον εγκέφαλο σε νεαρούς ενήλικες, ύστερα από 2 εβδομάδες μουσικής εκπαίδευσης και δύο άλλες μελέτες [22], [24] έδειξαν νευροπλαστικές επιρροές ύστερα από 8 εβδομάδες και 6 μήνες εκπαίδευσης μουσικής.

Παράλληλα το far transfer effect που παρατηρήθηκε συμβαδίζει με ευρήματα παλαιότερων μελετών [44], [45], σχετικά με την επίδραση της μουσικής εκπαίδευσης. Υπήρχαν κάποιες διαφορές οι οποίες εξηγούνται εάν γίνει η υπόθεση ότι υπάρχουν μοιραζόμενα εγκεφαλικά υποδίκτυα για ανωτέρου επιπέδου νοητικές λειτουργίες.

2.1.3 Εκμάθηση μουσικού οργάνου και ανάπτυξη της προφορικής ικανότητας και της μη προφορικής συλλογιστικής

Στην συγκεκριμένη έρευνα [46], ερευνήθηκε η επίδραση της εκμάθησης μουσικού οργάνου σε παιδική ηλικία σε δύο ικανότητες παρόμοιες με τη μουσική και σε δύο ικανότητες που δεν σχετίζονται με τη μουσική. Τα παιδιά που έλαβαν τουλάχιστον 3 χρόνια εκπαίδευσης σε μουσικό όργανο είχαν καλύτερη απόδοση από το αντίστοιχο control group, σε δύο ικανότητες σχετιζόμενες με τη μουσική (ακουστική διακριτική ικανότητα και λεπτές κινητικές δεξιότητες) καθώς και σε δύο ικανότητες μη σχετιζόμενες με τη μουσική (λεξιλόγιο και μη προφορική συλλογιστική ικανότητα). Στη συγκεκριμένη μελέτη δεν βρέθηκε συσχέτιση με αυξημένες χωρικές ικανότητες και μαθηματικές ικανότητες. Τα αποτελέσματα προκύπτουν από συσχέτιση, δεν παρατηρήθηκε δηλαδή άμεση σχέση αιτίου-αιτιατού, ωστόσο είναι τόσο συνεπή τα αποτελέσματα, και το οποίο υποδεικνύει την εγκυρότητα τους.

Το δείγμα της έρευνας ήταν 59 παιδιά από δημόσια σχολεία και κοινοτικά μουσικά σχολεία στην περιοχή της Βοστώνης. Η μέση ηλικία ήταν 10 χρόνια και 41 παιδιά του γκρουπ είχαν συμπληρώσει τουλάχιστον 3 χρόνια εκπαίδευση σε κάποιο μουσικό όργανο. Αυτά τα 41 παιδιά αποτέλεσαν το μουσικό γκρουπ. 22 παιδιά από αυτά έπαιζαν πλήκτρα, 12 έπαιζαν έγχορδα και 6 έπαιζαν και τα δύο. Το γκρουπ χωρίστηκε σε δύο μέρη, ανάλογα την μουσική εκπαίδευση που είχαν λάβει. Το ένα μέρος είχε λάβει παραδοσιακού τύπου εκπαίδευση, στο οποίο μάθαιναν να διαβάζουν πεντάγραμμο από την αρχή, ενώ το άλλο μέρος έλαβε τη Suzuki εκπαίδευση, κατά την οποία μαθαίνουν πρώτα με το αυτί και η μουσική γραφή εισάγεται αργότερα στο πρόγραμμα. Το γκρουπ ελέγχου διαμορφώθηκε από 18 παιδιά που δεν έλαβαν εκπαίδευση σε όργανο. Και τα δύο γκρουπ εκτέθηκαν σε κλασικά μαθήματα μουσικής του σχολείου, τα οποία όμως δεν περιλαμβάνουν εκμάθηση οργάνου.

Τα παιδιά υποβλήθηκαν σε 3-4 εξεταστικές συνεδρίες στο χρονικό πλαίσιο 3-4 εβδομάδων. Εξετάστηκαν διάφοροι παράγοντες, όπως η κοινωνικοοικονομική κατάσταση των γονέων, η διάρκεια που έκανε εξάσκηση ο κάθε συμμετέχοντας, καθώς και το πόσο έντονη ήταν η εξάσκηση και τέλος το αν είναι δεξιόχειρες, αριστερόχειρες ή και τα δύο. Τους ανατέθηκε ένα τεστ κατά το οποίο έπρεπε να ξεχωρίσουν δύο μελωδικές ή ρυθμικές φράσεις 5 τόνων, αν ήταν ίδιες ή διαφορετικές. Επίσης τους ανατέθηκε τεστ κατά το οποίο έπρεπε να πατήσουν ακολουθίες πλήκτρων σε πληκτρολόγιο υπολογιστή για να ελεγχθούν οι κινητικές

τους ικανότητες. Έγιναν τρεις γύροι στα τεστ και το σκορ βγήκε από το μέσο όρο. Τέλος τα παιδιά συμμετείχαν σε τεστ μαθηματικών προβλημάτων, σε τεστ λεξιλογίου καθώς και σε τεστ ακουστικής ανάλυσης.

Η πρώτη παράμετρος που εξετάστηκε ήταν κατά πόσο επηρέασε η διαφορετική μουσική εκπαίδευση (παραδοσιακή ή Suzuki) τα αποτελέσματα. Έγινε σχετική ανάλυση και το συμπέρασμα ήταν ότι δεν υπήρχε κάποια διαφορά μεταξύ των δύο υπογκρουπ. Μεταξύ του μουσικού γκρουπ και του γκρουπ ελέγχου υπήρχε μία διαφορά στη μέση ηλικία, η οποία συνυπολογίστηκε στα αποτελέσματα για πιο ακριβή συμπεράσματα.

Από τη σύγκριση της απόδοσης των δύο γκρουπ, παρατηρήθηκε ότι το γκρουπ που έλαβε μουσική εκπαίδευση είχε καλύτερη απόδοση από το γκρουπ ελέγχου σε 7/13 από τα τεστ που υποβλήθηκαν οι συμμετέχοντες, ενώ στα υπόλοιπα 6/13 είχαν παρόμοια απόδοση. Συγκεκριμένα το γκρουπ που έλαβε μουσική εκπαίδευση είχε καλύτερη απόδοση στα εξής 4 τεστ:

- Αριστερού και δεξιού χεριού κινητικών ικανοτήτων [47], [48]
- Gordon's IMMA τεστ τονικότητας [49]
- Διακριτική ικανότητα μελωδιών [48], [50]

τα οποία αφορούν σχετικές ικανότητες με τη μουσική, ενώ είχαν καλύτερη απόδοση και σε 3 τεστ μη σχετικών ικανοτήτων με τη μουσική:

- Λεξιλογίου [51]
- Raven's Standard [52]
- Advanced Progressive Matrices [53]

ενώ στα υπόλοιπα δεν είχαν κάποια σημαντική διαφορά από την απόδοση του γκρουπ ελέγχου.

Σχετικά με την διάρκεια της εκπαίδευσης προέκυψε το συμπέρασμα ότι τα παιδιά που τείνουν να μελετούν πιο πολλά χρόνια ένα όργανο, τείνουν να κάνουν και περισσότερες ώρες εκπαίδευσης την εβδομάδα. Η διάρκεια της εκπαίδευσης φάνηκε να προβλέπει 4 από τα αποτελέσματα στα τεστ, ωστόσο στα υπόλοιπα δεν φάνηκε να παίζει ρόλο.

Τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας έδειξαν ότι τα παιδιά που έχουν λάβει εκπαίδευση σε μουσικό όργανο για τρία χρόνια και πάνω παρουσίασαν καλύτερη απόδοση από το παιδιά στο γκρουπ ελέγχου σε ικανότητες σχετικές με τη μουσική: λεπτές κινητικές δεξιότητες και στα δύο χέρια, καθώς και διακριτική ικανότητα μεταξύ μελωδιών. Το αποτέλεσμα αυτό το ενισχύει το γεγονός και το ότι η διάρκεια της μουσικής εκπαίδευσης προβλέπει τα ίδια αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα αυτά είναι συνεπή με τα αποτελέσματα παλαιότερων ερευνών, στις οποίες έχει δειχθεί ότι η μουσική εκπαίδευση σχετίζεται με ενισχυμένες λεπτές κινητικές δεξιότητες σε παιδιά [54], [55] αλλά και σε ενήλικες [56]. Παράλληλα είναι και συνεπή με αποτελέσματα άλλων ερευνών που έδειξαν ότι τα μουσικά εκπαιδευμένα παιδιά έχουν ανώτερες μελωδικές/τονικές και ρυθμικές διακριτικές ικανότητες [57], [58].

Επιπλέον προέκυψε ότι τα παιδιά που έλαβαν μουσική εκπαίδευση είχαν καλύτερη απόδοση στην προφορική ικανότητα (λεξιλόγιο), καθώς και στην μη-προφορική συλλογιστική ικανότητα. Πάλι, τα αποτελέσματα αυτά ενισχύονται από το γεγονός ότι η διάρκεια μουσικής εκπαίδευσης προβλέπει τα ίδια αποτελέσματα.

Σε αντίθεση με προηγούμενες έρευνες [59], [60] δεν βρέθηκε κάποια διαφορά στην απόδοση του μουσικού γκρουπ και του γκρουπ ελέγχου σε ένα τεστ ακουστικό (Auditory Analysis Test) ούτε στα τεστ που αφορούσαν τις χωρικές ικανότητες. Επίσης η διάρκεια της εκπαίδευσης δεν φάνηκε να σχετίζεται με τα αποτελέσματα σε αυτά τα τεστ. Συγκρίνοντας με παλαιότερες έρευνες [61], [62] που έδειξαν βελτίωση στις οπτικό χωρικές ικανότητες των νέων σε που έλαβαν μουσική εκπαίδευση, οι ερευνητές οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι είναι πιθανό η μουσική να επιταχύνει το πόσο γρήγορα αναπτύσσονται αυτές οι δεξιότητες και όχι να τις ενισχύει σε νέο επίπεδο από αυτό που θα έφταναν και χωρίς την παρουσία μουσικής εκπαίδευσης.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές επεξηγήσεις για τα ευρήματα της συγκεκριμένη έρευνας:

- Η μουσική εκπαίδευση προκαλεί φαινόμενα μεταφοράς ικανοτήτων, οι οποίες είναι σχετικές
- Η μουσική εκπαίδευση προκαλεί ενίσχυση στη γενική ευφυΐα, η οποία μεταφράζεται ως ανεπτυγμένες ικανότητες στα τεστ που πραγματοποιήθηκαν
- Τρίτοι κρυφοί παράγοντες προκάλεσαν τα αποτελέσματα οι οποίοι δεν έχουν ληφθεί υπόψιν. [63]

Η πρώτη υπόθεση μπορεί να ερμηνευθεί δεδομένου ότι κάποιες πτυχές της μουσικής είναι παρόμοιοι με πτυχές άλλων δραστηριοτήτων. Για παράδειγμα η ανάγνωση και αποκωδικοποίησης της μουσικής γραφής. Στη συγκεκριμένη έρευνα η υπόθεση αυτή υποστηρίζεται από το γεγονός ότι οι προφορική ικανότητα ήταν ανώτερη στο μουσικό γκρουπ παρότι οι μη προφορικές συλλογιστικές ικανότητες ήταν ελεγχόμενες.

Η δεύτερη υπόθεση θα μπορούσε να εξηγήσει τα φαινόμενα της μεταφοράς που παρατηρήθηκαν. Υπάρχει έρευνα από τον Schellenberg [18] που υποστηρίζει τη βελτίωση της γενικής ευφυΐας από μουσική εκπαίδευση. Στη συγκεκριμένη έρευνα δεν εμφανίστηκε αυτό το αποτέλεσμα, καθώς τα παιδιά του μουσικού γκρουπ δεν εμφάνισαν καλύτερη απόδοση από το γκρουπ ελέγχου, ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι στατιστικά είχαν καλύτερες μέσες τιμές στις αποδόσεις τους οι μουσικοί από τους μη μουσικούς. Περαιτέρω έρευνα χρειάζεται για να ξεκαθαριστεί το ζήτημα αυτό.

Κεφάλαιο 3 Θεωρία της Μουσικής

3.1 Εισαγωγή στη Θεωρία της Μουσικής

Θεωρία της μουσικής [66] είναι η μελέτη των δομών που απαρτίζουν την κατασκευασμένη μουσική. Μουσικοί θεωρητικοί αναζητούν τα πρότυπα και τις δομές στα έργα των συνθετών σε είδη, στυλ, ή ιστορικές περιόδους. Η Θεωρία της μουσικής αποστάζει και αναλύει τις βασικές παραμέτρους ή τα στοιχεία της μουσικής. Το ρυθμό, την αρμονία (αρμονική λειτουργία), τη μελωδία, τη δομή, τη μορφή και την υγή. Σε γενικές γραμμές, η θεωρία της μουσικής μπορεί να περιλαμβάνει και να καταγράφει οποιοδήποτε στοιχείο, την διαπίστωση ή τη σύλληψη για τη μουσική ή από τη μουσική. Η μουσική μπορεί επίσης να μελετηθεί και να κατανοηθεί από τη μεριά της ακουστικής, της ανθρώπινης φυσιολογίας και της ψυχολογίας.

3.1.1 Πτυχές της μουσικής

Η μουσική έχει πολλά διαφορετικά στοιχεία. Σε αυτά περιλαμβάνονται, χωρίς να περιορίζονται τα εξής: pitch ή τόνος, beat ή παλμός, ρυθμός, μελωδία, αρμονία, ηχόχρωμα, εκφραστικές ιδιότητες (δυναμική και την άρθρωση). Εκτός από αυτές τις “βασικές αρχές” εξαιρετικά σημαντική θέση έχουν και οι λεγόμενες “κλιμακες (Scales)” και οι “τρόποι (Modes)”, στους οποίους παίζουν και βασικό ρόλο τα λεγόμενα intervals ή διαστήματα.

3.1.2 Τόνος (Μουσικός)

Στη μουσική, ο όρος τόνος προέρχεται από την θεωρία της χορδής, σύμφωνα με την οποία το μουσικό (τονικό όπως λέγεται) ύψος που παράγεται από χορδές κατασκευασμένες από το ίδιο υλικό, καθορίζεται από τρεις παράγοντες:

- α)** Το πάχος της κάθε χορδής
- β)** Το μήκος της κάθε χορδής
- γ)** Την τάση της κάθε χορδής.

Η τάση της κάθε χορδής καθορίζεται από το πόση δύναμη έχει εφαρμοστεί κατά το χόρδισμά της (κούρδισμα) μέσω των κλειδιών. Έχοντας χορδές λοιπόν, οι οποίες είναι κατασκευασμένες από το ίδιο υλικό, μπορούμε να τροποποιήσουμε τη μουσική συχνότητα που παράγουν, προσαρμόζοντας το πάχος τους, το μήκος τους, αλλά και το πιο σημαντικό, την τάση που τους τεντώνει. Είναι το πιο σημαντικό γιατί το πάχος και το μήκος είναι συγκεκριμένα και επιλέγεται κατά την κατασκευή τους. Αντίθετα η τάση προσαρμόζεται,

όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως μέσω των κλειδιών πάνω στα όργανα. Τα διαφορετικά αυτά ύψη ονομάζονται στην μουσική ορολογία *φθόγγοι* ή *τόνοι*.

3.1.3 Φυσική Ανάλυση του Μουσικού Τόνου

Όπως περιγράφεται και στη μελέτη [67], οι ήχοι που παράγονται από διάφορα μουσικά όργανα είναι διαμήκη κύματα που διαδίδονται στον αέρα. Σε έγχορδα όργανα, όπως είναι η κιθάρα, το βιολί ή το πιάνο, τα ηχητικά κύματα παράγονται από εγκάρσια στάσιμα κύματα πάνω στις χορδές, ενώ στα πνευστά όργανα, από διαμήκη στάσιμα κύματα στους γεμάτους αέρα σωλήνες. Εύκολα με το αυτί μπορεί κάποιος να ξεχωρίσει διαφορετικά όργανα, όταν παίζουν την ίδια νότα, διότι ανάμεσα σε διαφορετικά όργανα έχουμε διαφορετικά *ηχοχρώματα* (timbre). Για παράδειγμα, ο ήχος ενός οργάνου που παίζει την νότα E_4 (M_4), δεν αποτελείται μόνο από τη θεμελιώδη συχνότητα (ή πρώτη αρμονική : $f_1 = 329.63 \text{ Hz}$), αλλά και από μερικές ανώτερες αρμονικές ($f_n = nf_1$, $n = 1, 2, 3, \dots$). Το έντονος είναι αυτές οι ανώτερες αρμονικές καθορίζεται από το είδος του οργάνου, με αποτέλεσμα να ξεχωρίζουν έτσι τα διαφορετικά όργανα μεταξύ τους τόσο ευδιάκριτα. Παρ'όλα αυτά, σημαντικό ρόλο παίζει και ο τρόπος παιξίματος του κάθε μουσικού. Για να καθοριστούν τα πλάτη των θεμελιωδών και ανώτερων αρμονικών στο στοιχείο που ταλαντώνεται (για παράδειγμα χορδή), συνήθως χρησιμοποιείται ανάλυση Fourier.

Όταν παίζεται η ίδια νότα στην κιθάρα χτυπώντας την χορδή σε διαφορετικά σημεία, εύκολα μπορεί να ακούσει κάποιος ότι αλλάζει το ηχόχρωμα. Ο ήχος περιέχει την θεμελιώδη συχνότητα και και ανώτερες αρμονικές, κάθε φορά σε διαφορετικό συνδυασμό, ως προς τα πλάτη τους. Τα σχετικά αυτά πλάτη εξαρτώνται από τη θέση που έγινε το χτύπημα στη χορδή. Τα αναμενόμενα αρχικά πλάτη των αρμονικών όταν χτυπάμε μία χορδή με συγκεκριμένο τρόπο μπορούν να υπολογιστούν ως συντελεστές Fourier της άπειρης αρμονικής σειράς που αντιπροσωπεύει το αρχικό σχήμα της χορδής. Θεωρούμε ότι αυτό το σχήμα είναι προσεγγιστικά τριγωνικό, καθώς η μετατόπιση είναι μικρή και η χορδή σχετικά σκληρή.

Για χορδή μήκους L , σταθερή και στα δύο άκρα ($x = 0$ και $x = L$), η κάθετη μετατόπιση $y(x,t)$ εξαρτάται από τη θέση x και τον χρόνο t και ικανοποιεί την μονοδιάστατη κυματική εξίσωση:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2},$$

όπου

$$v = \sqrt{F_t/\mu}$$

είναι η ταχύτητα του κύματος, F_t είναι η τάση πάνω στη χορδή και $\mu = m/L$ είναι η μάζα ανά μήκος.

Για την περίπτωση του χτυπήματος της χορδής σε κάποια θέση και της ταλάντωσης να ξεκινάει τη χρονική στιγμή $t = 0$, οι αρχικές συνθήκες μπορούν περιγραφούν ως:

- $y_0(x, 0) = f(x)$, όπου $f(x)$ είναι το αρχικό σχήμα της χορδής αμέσως πριν την εκκίνηση της ταλάντωσης, το οποίο και θεωρούμε τριγωνικό
- $(\frac{\partial y}{\partial t})_{t=0} = 0$, για κάθε x .

Η λύση στην κυματική εξίσωση με τις συγκεκριμένες αρχικές συνθήκες είναι:

$$y(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \cos \frac{n\pi vt}{L} = \sum_{n=1}^{\infty} y_n \cos \frac{n\pi vt}{L},$$

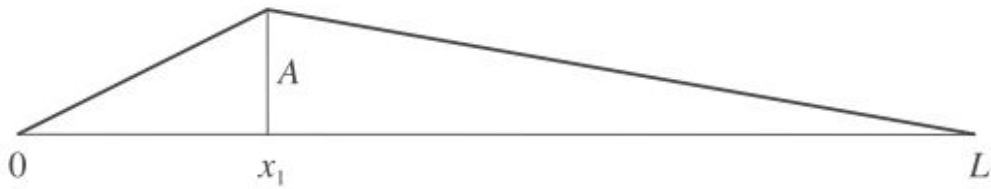
όπου:

- $y_n = b_n \sin(n\pi x/L)$
- b_n , το πλάτος της n -οστης αρμονικής
- $f_n = \frac{n\nu}{2L}$, ο τύπος για τις συχνότητες των αρμονικών

Οι συχνότητες αυτές μπορούν να αλλάξουν, αλλάζοντας την τάση στην χορδή (μεσω κουρδίσματος) ή αλλάζοντας το μήκος L του κινούμενου τμήματος της χορδής (πατώντας για παράδειγμα κάποιο τάστο). Για κάθε αρμονική η μετατόπιση $y_n(x, t)$ στις θέσεις $x = 0$, $x = L$, $x = L/n$, είναι ίση με μηδέν. Για να υπολογίσουμε τους συντελεστές b_n αξιοποιούμε το αρχικό σχήμα της χορδής $y_0(x, 0) = f(x)$ και προκύπτει ο τύπος:

$$b_n = \frac{2}{L} \int_0^L f(x) \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx$$

Θεωρούμε ότι το σχήμα της χορδής, αν τραβήξουμε σε σημείο x_1 από το τέλος της χορδής και η κάθετη μετατόπιση y είναι ίση με A , όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Η τιμή της συνάρτησης $f(x)$ προκύπτει από τα παραπάνω ως εξής:

- $f(x) = \frac{A}{x_1}x, 0 \leq x \leq x_1$
- $f(x) = \frac{A}{L - x_1}(L - x), x_1 \leq x \leq L$

Συνδυάζοντας τους παραπάνω τύπους καταλήγουμε στο τελικό αποτέλεσμα που μας δίνει το πλάτος κάθε αρμονικής σε συναρτήσει γνωστών και μετρήσιμων παραμέτρων:

$$b_n = \frac{2A \sin(n\pi x_1/L)}{\frac{x_1}{L}(1 - \frac{x_1}{L}\pi^2 n^2)}$$

3.1.4 Κλίμακες και Τρόποι

Λέγοντας Κλίμακα ή Σκάλα [66], εννοούμε μια σειρά από μουσικούς ήχους/νότες που ο αριθμός τους ποικίλει από κλίμακα σε κλίμακα, και την οποία χρησιμοποιούν οι μουσικοί κάθε λαού ως βάση για την δημιουργία της μουσικής και των τραγουδιών τους. Οι νότες κάθε μουσικής κλίμακας, έχουν ένα συγκεκριμένο τρόπο διάταξης μέσα σ'αυτην και όταν λέμε διάταξη αναφερόμαστε κυρίως στις ηχητικές αποστάσεις που απέχουν οι νότες αυτές μεταξύ τους. Οι ηχητικές αυτές αποστάσεις ονομάζονται διαστήματα και αποτελούν το βασικό στοιχείο της πλατφόρμας που δημιουργήσαμε, καθώς οι ασκήσεις έχουν σκοπό στην ακουστική εκπαίδευση του χρήστη να αναγνωρίζει “με το αυτί” ένα διάστημα που ακούει, μια ικανότητα που κάθε μουσικός μαθαίνει αργά ή γρήγορα, καθώς είναι πολύ σημαντικό στην σύνθεση, αναπαραγωγή και εκμάθηση μουσικής.

Σε αυτές τις αποστάσεις οφείλεται το μοναδικό άκουσμα κάθε κλίμακας, που η ανθρώπινη αντίληψη το μεταφράζει σε ένα αισθητικό χαρακτηριστικό και συναίσθημα. Υπάρχουν κλίμακες που στην παράδοση των λαών εκφράζουν χαρά, λύπη, υπερηφάνειας αυστηρότητα, μεγαλοπρέπεια, σεμνότητα κ. λπ.

Συγκεκριμένα ένας τρόπος δημιουργείται ξεκινώντας από μία νότα (για παράδειγμα Ντο) και ακολουθώντας μία ακολουθία βημάτων μέχρι την επόμενη Ντο. Τα βήματα αυτά είναι συγκεκριμένα 2:

1. Ημιτόνιο ή Half Tone ή H
2. Τόνος ή Whole Tone ή W

Ημιτόνιο είναι η μικρότερη ηχητική απόσταση, και ο Τόνος είναι ίσο με δύο ημιτόνια. Για καλύτερη κατανόηση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την φυσική κλίμακα, η οποία ονομάζεται και Λα Μινόρε (ή Ντο Ματζόρε). Η συγκεκριμένη κλίμακα αποτελείται από τις νότες:

Πίνακας 3.1: Αντιστοιχία Ελληνικών Ονομασιών Νοτών - Αγγλικών Ονομασιών

Ελληνικά	Αγγλικά
Λα	A
Σι	B
Ντο	C
Ρε	D
Μι	E
Φα	F
Σολ	G
(Λα)	A

Ημιτόνια είναι οι αποστάσεις μεταξύ των νοτών:

- Σι → Ντο
- Μι → Φα

Τόνοι είναι οι αποστάσεις μεταξύ των νοτών:

- Λα → Σι
- Ντο → Ρε

- Ρε → Μι
- Φα → Σολ
- Σολ → Λα

Για να ολοκληρωθεί η ανάλυση, πρέπει να εισάγουμε και δύο επιπλέον έννοιες οι οποίες είναι:

- Ύφεση, της οποίας το σύμβολο είναι b
- Δίεση, της οποίας το σύμβολο είναι $\#$

Η λειτουργία της ύφεσης είναι να “χαμηλώσει” μια νότα κατά ένα ημιτόνιο και η λειτουργία της δίεσης να οξύνει μία νότα κατά ένα ημιτόνιο. Για παράδειγμα, η νότα Σολ $\#$ ή G $\#$, είναι ένα ημιτόνιο πιο ψηλά (πλήρης αντιστοιχία με συχνότητες, δηλαδή έχει μεγαλύτερη συχνότητα), από τη νότα Σολ. Αντίστοιχα, η νότα Μι ύφεση ή Eb, είναι ένα ημιτόνιο πιο χαμηλά από τη νότα Μι (Και για τα δύο παραδείγματα παραμένουμε στην ίδια **οκτάβα**, όπου οκτάβα είναι ένα σετ 7 νοτών, καθώς μετά επαναλαμβάνονται οι νότες στην επόμενη οκτάβα). Επίσης, η Ντο ύφεση για παράδειγμα ή Cb, είναι στην ουσία η νότα Σι, ή B, και αυτό ισχύει γιατί όπως αναφέραμε προηγουμένως, η νότα Σι με την Ντο απέχουν ένα ημιτόνιο. Επομένως χαμηλώνοντας την νότα Ντο κατά ένα ημιτόνιο (ο ορισμός της ύφεσης) καταλήγουμε στην νότα Σι.

Στη σύγχρονη Δυτική μουσική συναντάμε τους εξής 7 τρόπους:

Πίνακας 3.2: Εφτά Τρόποι της Δυτικής Μουσικής

Όνομα	Τονικό Κέντρο	Αλληλουχία βημάτων	Παράδειγμα στην Ντο Ματζόρε κλίμακα
Ionian	I	W-W-H-W-W-W-H	C-D-E-F-G-A-B-C
Dorian	II	W-H-W-W-W-H-W	D-E-F-G-A-B-C-D
Phrygian	III	H-W-W-W-H-W-W	E-F-G-A-B-C-D-E
Lydian	IV	W-W-W-H-W-W-H	F-G-A-B-C-D-E-F
Mixolydian	V	W-W-H-W-W-H-W	G-A-B-C-D-E-F-G
Aeolian	VI	W-H-W-W-H-W-W	A-B-C-D-E-F-G-A

Locrian	VII	H-W-W-H-W-W-W- W	B-C-D-E-F-G-A-B
---------	-----	---------------------	-----------------

(Χρησιμοποιούνται τα διεθνή ονόματα στα αγγλικά για τις ονομασίες των modes)

Επίσης, μια εικόνα που προσφέρει μια διαφορετική οπτική γωνία στους τρόπους είναι:

Ionian (I)	W	W	H	W	W	W	H						
Dorian (II)	W	H	W	W	W	H	W						
Phrygian (III)		H	W	W	W	H	W	W					
Lydian (IV)		W	W	W	H	W	W	H					
Mixolydian (V)			W	W	H	W	W	H	W				
Aeolian (VI)			W	H	W	W	H	W	W				
Locrian (VII)				H	W	W	H	W	W	W			

Εικόνα 3.1: Εφτά Τρόποι της Δυτικής Μουσικής

Στην παραπάνω φωτογραφία είναι ευδιάκριτο πως προκύπτουν οι διάφοροι τρόποι από μετατοπίσεις του τονικού κέντρου μιας συγκεκριμένης κλίμακας, μία έννοια που πρέπει να εξηγήσουμε για την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω.

Το **τονικό κέντρο** μιας κλίμακας είναι ίσως η πιο σημαντική νότα της κλίμακας / τρόπου. Συγκεκριμένα, αποτελεί την νότα στην οποία συνήθως αρχίζει και τελειώνει ένα μουσικό κομμάτι. Η σημασία του και ο ρόλος του σε ένα μουσικό κομμάτι είναι εξαιρετικά ευδιάκριτοι στο ανθρώπινο αυτί, καθώς χωρίς να έχει καμία ιδιαίτερη μουσική παιδεία ένας ακροατής, αν ερωτηθεί μπορεί εύκολα και με επιτυχία να επιλέξει σε ποιά νότα “ακούει” ότι τελειώνει ένα τραγούδι / μια μουσική σύνθεση, χωρίς να ξέρει το όνομα της ή την κλίμακα του τραγουδιού. Στο παράδειγμα της κλίμακας Ντο ματζόρε το τονικό κέντρο είναι η νότα Ντο και από εκεί προκύπτει και η ονομασία της.

Γνωρίζοντας τώρα την λειτουργία του τονικού κέντρου μπορούμε να κατανοήσουμε καλύτερα την παραπάνω εικόνα. Συγκεκριμένα στην εικόνα φαίνεται ότι κρατώντας μια συγκεκριμένη κλίμακα ή γενικότερα ένα σετ 7 νοτών, μετατοπίζοντας το τονικό κέντρο κατασκευάζουμε διαφορετικούς τρόπους. Έχουν διαφορετικό τονικό κέντρο αλλά περιέχουν ακριβώς τις ίδιες νότες.

3.1.4 Διαστήματα

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως τα διαστήματα [71] παίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στις ακουστικές ασκήσεις που έχουν υλοποιηθεί στην πλατφόρμα. Προτού γίνει περαιτέρω ανάλυση πρέπει να ορίσουμε τι είναι τα διαστήματα.

Διάστημα είναι η απόσταση ανάμεσα σε δύο μουσικούς φθόγγους, η οποία στην ουσία μετριέται σε ημιτόνια και τόνους. Το ημιτόνιο και ο τόνος είναι οι δύο βασικές αποστάσεις που εμφανίζονται μεταξύ δύο διαδοχικών νοτών, και στην περίπτωση μέτρησης της ηχητικής απόστασης δύο νοτών που δεν είναι διαδοχικές απαραίτητα, αξιοποιούμε την έννοια των διαστημάτων. Τα βασικά διαστήματα είναι 13 και φαίνονται μαζί με τις ονομασίες τους στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.3: Τα 13 μουσικά διαστήματα

Ημιτόνια	Όνομα Διαστήματος
0	Συμφωνία
1	Δεύτερη Μικρή
2	Δεύτερη Μεγάλη
3	Τρίτη Μικρή
4	Τρίτη Μεγάλη
5	Τέταρτη Καθαρή
6	Τρίτονο/Τέταρτη Ελαττωμένη/Αυξημένη Τέταρτη
7	Πέμπτη Καθαρή
8	Έκτη Μικρή
9	Έκτη Μεγάλη/Εβδομη Ελαττωμένη
10	Έβδομη Μικρή/Αυξημένη Έκτη
11	Έβδομη Μεγάλη
12	Οκτάβα

Παρατηρούμε ότι τα διαστήματα χαρακτηρίζονται από έναν αριθμό (1ης/2ης/3ης) και από το είδος τους. Γνωρίζουμε ήδη πως το ημιτόνιο είναι η μικρότερη απόσταση στο μουσικό μας σύστημα. Χρησιμοποιείται λοιπόν ως μονάδα μέτρησης του μεγέθους των διαστημάτων. Επομένως, το είδος εξαρτάται από τον αριθμό των ημιτονίων που περιέχονται εντός του διαστήματος. Τα είδη είναι επτά: μικρά, μεγάλα, καθαρά, ελαττωμένα, αυξημένα, δις ελαττωμένα και δις αυξημένα. Τα δύο τελευταία χρησιμοποιούνται σπάνια. Τα διαστήματα

που χαρακτηρίζονται ως προς το είδος τους μικρά ή μεγάλα δεν μπορούν να χαρακτηριστούν καθαρά και αντίστροφα, τα καθαρά διαστήματα δεν μπορούν να χαρακτηριστούν μικρά/μεγάλα. Όταν μεταβάλλεται η οξύτητα των φθόγγων που το σχηματίζουν, το διάστημα *αλλοιώνεται*. Το αλλοιωμένο διάστημα διατηρεί το ίδιο όνομα, αλλά αλλάζει το είδος του. Για να αλλάξει το **όνομα** (δηλαδή ο αριθμός του διαστήματος) πρέπει να αλλάξουν οι ίδιοι οι φθόγγοι όνομα, για παράδειγμα στο διάστημα Ρε - Μι, το οποίο είναι δευτέρας μεγάλο, αν το Μι γίνει Φα, έχουμε πλέον διάστημα τρίτης μικρό.

Υπάρχουν 5 βασικοί κανόνες που αφορούν το **είδος**, οι οποίοι είναι:

1. Εάν αυξήσουμε ένα **καθαρό** διάστημα κατά ένα ημιτόνιο, τότε το διάστημα γίνεται **αυξημένο**.
2. Εάν μειώσουμε ένα **καθαρό** διάστημα κατά ένα ημιτόνιο, τότε το διάστημα γίνεται **ελαττωμένο**.
3. Εάν αυξήσουμε ένα **μεγάλο** διάστημα κατά ένα ημιτόνιο, τότε το διάστημα γίνεται **αυξημένο**.
4. Εάν μειώσουμε ένα **μεγάλο** διάστημα κατά ένα ημιτόνιο, τότε το διάστημα γίνεται **μικρό**.
5. Εάν μειώσουμε ένα **μεγάλο** διάστημα κατά ένα ημιτόνιο, τότε το διάστημα γίνεται **ελαττωμένο**.

Ένας σημαντικός διαχωρισμός μεταξύ των διαστημάτων είναι ο **τύπος** του διαστήματος. Ανάλογα με τον τύπο τους, τα διαστήματα διαιρούνται σε **σύμφωνα** και **διάφωνα**. Η έννοια της συμφωνίας και διαφωνίας ορίζεται από το πόσο ευχάριστα ή δυσάρεστα ακούγεται, κάτι που υπόκειται σε υποκειμενικά κριτήρια και δεν αφορά όλα τα είδη μουσικής, αλλά εστιάζει στη Δυτική παράδοση. Ως θεώρημα βασίζεται στις πραγματείες των αρχαίων μουσικοθεωρητικών και στις αναλογίες ή λόγους που προκύπτουν από τις διαιρέσεις της οκτάβας: ένα από τα κύρια εργαλεία για την εφαρμογή τους υπήρξε το μονόχορδο. Έτσι, οι αναλογίες που εκφράζονται με τους πιο βασικούς αριθμούς (οκτάβα 2:1, πέμπτη 3:2 κλπ) αποτελούν και τα πλέον σύμφωνα διαστήματα. Στην εποχή του Μεσαίωνα, η ταυτοφωνία, η ογδόη (ή οκτάβα), η πέμπτη καθαρή και η τέταρτη καθαρή, αποτελούν τα αποδεκτά -για την αισθητική της εποχής- σύμφωνα διαστήματα. Όλα τα υπόλοιπα διαστήματα (2η, 3η, 6η και 7η) θεωρούνται διάφωνα, κυρίως στο κάθετό τους άκουσμα, αλλά και στην οριζόντια διαδοχή τους. Αιώνες αργότερα, με την εξέλιξη της πολυφωνίας και την εδραίωση της αρμονίας, ο ορίζοντας των σύμφωνα διαστημάτων επεκτείνεται, συμπεριλαμβάνοντας τα διαστήματα 3ης και 6ης, αλλά εξαιρώντας αυτό της 4ης. Κατ' ουσίαν το ζήτημα αφορά τη συγχορδιακή έκφραση των διαστημάτων και με βάση αυτό μπορεί να γίνει λόγος για σύμφωνα και διάφωνα συγχορδίες.

Στην κλασική αρμονία όπως εκφράζεται μέσα από το έργο των Κλασικιστών του 19ου αιώνα, έχουν πλέον εδραιωθεί τα σύμφωνα και διάφωνα διαστήματα (πάντα στην

κάθετη εφαρμογή τους), τα οποία συνίστανται από όλα τα διαστήματα εντός της οκτάβας, με εξαίρεση τα διαστήματα 2ης και 7ης (μικρής και μεγάλης), καθώς και αυτό της 4ης αυξημένης (εναρμόνιο της 5ης ελατωμένης). Η αισθητική αυτή θεωρείται η πλέον καλαισθητή και για τον λόγο αυτό έχει επικρατήσει μέχρι τη νεότερη εποχή, οπότε και διδάσκεται στις μουσικές σχολές ανά τον κόσμο.

Στη σύγχρονη κλασική μουσική, αρχικά με την επίδραση του χρωματισμού και έπειτα με την ατονικότητα, οι έννοιες του σύμφωνου και διάφωνου δεν εφαρμόζονται με τον ίδιο τρόπο στα μουσικά έργα. Η αισθητική της νεότερης εποχής δεν περιλαμβάνει σε πολλές περιπτώσεις την έννοια της συμφωνίας-διαφωνίας, οπότε και τα διαστήματα χάνουν το ποιοτικό τους αυτό χαρακτηριστικό. Ωστόσο, για διδακτικούς λόγους και για την κατανόηση της παλαιότερης μουσικής διατηρούν τις ονομασίες τους, πάντα όμως στα πλαίσια της κλασικής αρμονίας.

Τα διαστήματα χωρίζονται επίσης σε δύο κατηγορίες:

1. Μελωδικά

Τα μελωδικά διαστήματα αποτελούνται από φθόγγους που ηχούν διαδοχικά, ο ένας μετά τον άλλον.

2. Αρμονικά

Τα αρμονικά διαστήματα αποτελούνται από φθόγγους που ηχούν ταυτοχρόνως.

Παρακάτω μπορούμε να δούμε παραδείγματα για την κάθε μία από τις δύο κατηγορίες, στο πως φαίνονται στο πεντάγραμμο τα μελωδικά και τα αρμονικά διαστήματα:



Εικόνα 3.2: Μελωδικά και Αρμονικά Διαστήματα

Ανιόν χαρακτηρίζεται το μελωδικό διάστημα στο οποίο προηγείται ο χαμηλότερος φθόγγος και έπεται ο υψηλότερος, ενώ στο κατιόν προηγείται ο υψηλότερος και έπεται ο χαμηλότερος.

Τα διαστήματα λοιπόν, αποτελούν ένα από τα πιο βασικά κεφάλαια στη θεωρία της μουσικής, καθώς πάνω σε αυτά χτίζονται τα στοιχεία βάσει των οποίων δημιουργεί μουσική ένας συνθέτης. Πολύ σημαντικό να σημειωθεί αποτελεί το γεγονός ότι το βασικό χαρακτηριστικό μιας μελωδίας, το οποίο την καθιστά αναγνωρίσιμη και ξεχωριστή στο

ανθρώπινο αυτί, είναι η σύνταξη των διαστημάτων στον μελωδικό και στον αρμονικό άξονα και όχι το εκάστοτε τονικό κέντρο ή οι νότες οι συγκεκριμένες. Για να γίνει πιο κατανοητό, ας χρησιμοποιήσουμε ένα παράδειγμα. Έστω μια μελωδία αποτελείται από τις νότες Λα-Ντο-Μι, όλες μέσα στην ίδια οκτάβα. Οι δύο βασικές πληροφορίες που έχουμε είναι τα ονόματα των νοτών, καθώς και τα διαστήματα μεταξύ τους. Ο ακροατής (αν θεωρήσουμε ότι δεν έχει perfect pitch ο ακροατής) δεν θα αντιληφθεί απαραίτητα ότι ακούει τις νότες “Λα”, “Ντο” και “Μι”. Πολύ πιο εύκολα μπορεί να αντιληφθεί τα διαστήματα που ακούει και να μνημονεύσει τη διαδοχή των διαστημάτων αυτών. Σαφώς παίζουν ρόλο οι συγκεκριμένες νότες, και το αυτί “συντονίζεται” σε αυτές, ωστόσο εάν αλλάξουν οι νότες και ο ακροατής ακούσει για παράδειγμα Μι-Σολ-Σι, επειδή διατηρήθηκαν τα διαστήματα μεταξύ τους, η μελωδία ακούγεται πανομοιότυπη με την προηγούμενη, άσχετα που αλλάζει το τονικό κέντρο της μελωδίας. Παρόμοια ανάλυση μπορούμε να κάνουμε και στον αρμονικό άξονα όπου σε αυτήν την περίπτωση έχουμε τη δημιουργία *συγχορδιών*.

3.1.5 Συγχορδίες

Συγχορδία ονομάζεται στη θεωρία της μουσικής το σύνολο τριών τουλάχιστον φθόγγων που ηχούν ταυτόχρονα. Στο τονικό μουσικό σύστημα η συγχορδία σχηματίζεται με επάλληλους φθόγγους που απέχουν μεταξύ τους διάστημα τρίτης, δηλ. με την προσθήκη της τρίτης, της πέμπτης, της έβδομης κ.ο.κ. πάνω από ένα βασικό φθόγγο. Ο φθόγγος αυτός ονομάζεται *θεμέλιος* και αποτελεί τη βάση και το χαρακτηριστικότερο φθόγγο της συγχορδίας. Οι υπόλοιποι φθόγγοι ονομάζονται τρίτη, πέμπτη, έβδομη, ένατη, κ.ο.κ. Αρμονικά *πλήρης* είναι η συγχορδία που περιέχει τουλάχιστον τρεις φθόγγους, η τρίφωνη συγχορδία. Με λιγότερους από τρεις, συνήθως χωρίς την πέμπτη είναι *ελλιπής*. Μια συγχορδία μπορεί με την προσθήκη επάλληλων τριτών να επεκταθεί θεωρητικά απεριόριστα, στην πράξη όμως το πολύ μέχρι τη δέκατη τρίτη.

Ανάλογα με τα διαστήματα που περιέχουν οι τρίφωνες συγχορδίες, διακρίνονται σε *μείζονες, ελάσσονες, αυξημένες ή ελαττωμένες*. Η μείζονα συγχορδία περιέχει, μετρώντας πάντα από την πρώτη, μία τρίτη μεγάλη και μία πέμπτη καθαρή. Η ελάσσονα συγχορδία περιέχει μία μικρή τρίτη και μια καθαρή πέμπτη. Η αυξημένη συγχορδία σχηματίζεται από δύο μεγάλες τρίτες(διαδοχικές) και η ελαττωμένη από δύο τρίτες μικρές (διαδοχικές). Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να δούμε ποιές συγχορδίες αποτελούνται δύο από τις πιο βασικές κλίμακες: η *μείζονα* και η *αρμονική ελάσσονα*.

Οι κλίμακες που θα χρησιμοποιήσουμε για τα παραδείγματα είναι η Ντο Μείζονα (C major στα αγγλικά) και η Λα ελάσσονα αρμονική (A harmonic minor). Οι νότες τους είναι οι εξής:

- **C Major** : C D E F G A B
- **A Harmonic Minor**: A B C D E F G#

Πίνακας 3.4: Κλίμακα Ντο Μείζονα και οι συγχορδίες της

Βαθμίδα	Ονομασία	Στη μείζονα κλίμακα	Παράδειγμα (Ντο Μείζ.)	Στην αρμονική ελάσσονα	Παράδειγμα (Λα ελάσ.)
I	Τονική	μείζονα	C - E - G	ελάσσονα	A - C - E
II	Επιτονική	ελάσσονα	D - F - A	ελαττωμένη	B - D - F
III	Τρίτη ή Μέση	ελάσσονα	E - G - B	αυξημένη	C - E - G#
IV	Υποδεσπόζουσα	μείζονα	F - A - C	ελάσσονα	D - F - A
V	Δεσπόζουσα	μείζονα	G - B - D	μείζονα	E - G# - B
VI	Επιδεσπόζουσα	ελάσσονα	A - C - E	μείζονα	F - A - C
VII	Προσαγωγέας	ελαττωμένη	B - D - F	ελαττωμένη	G# - B - D

Οι μείζονες και οι ελάσσονες συγχορδίες ονομάζονται *σύμφωνες*, γιατί περιέχουν σύμφωνα διαστήματα, οι αυξημένες, οι ελαττωμένες και όσες έχουν περισσότερους από τρεις φθόγγους, είναι *διάφωνες*, γιατί περιλαμβάνουν τουλάχιστον ένα διάφωνο διάστημα.

Μείζονες συγχορδίες είναι στη μείζονα κλίμακα οι συγχορδίες I, IV και V, στη φυσική ελάσσονα κλίμακα οι συγχορδίες III, VI και VII, στην αρμονική ελάσσονα κλίμακα οι συγχορδίες V και VI και στη μελωδική ελάσσονα κλίμακα οι συγχορδίες IV και V. Ελάσσονες συγχορδίες είναι στη μείζονα κλίμακα οι συγχορδίες II, III και VI, στη φυσική ελάσσονα κλίμακα οι συγχορδίες I, IV και V, στην αρμονική ελάσσονα κλίμακα οι συγχορδίες I και IV και στη μελωδική ελάσσονα κλίμακα οι συγχορδίες I και II. Αυξημένες συγχορδίες υπάρχουν μόνο στον ελάσσονα τρόπο: η III στην αρμονική και στη μελωδική ελάσσονα κλίμακα. Ελαττωμένες συγχορδίες είναι η VII σε όλες τις κλίμακες εκτός από τη φυσική ελάσσονα και η II στη φυσική και στην αρμονική ελάσσονα.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως και για τους φθόγγους και την σημασία των διαστημάτων, αυτό που είναι τους χαρακτηρίζει έντονα είναι η θέση τους μέσα σε μία κλίμακα και όχι τόσο το απόλυτο τονικό τους ύψος. Το ίδιο ισχύει και στις συγχορδίες κατ'επέκταση. Αριθμούνται με λατινικούς αριθμούς και ονομάζονται όπως και οι βαθμίδες (η πρώτη νότα δηλαδή) που έχουν για θεμέλιο.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι που μπορούμε να διατάξουμε τους φθόγγους που αποτελούν μια συγχορδία, παίρνοντας διαφορετικό “ηχητικό” αποτέλεσμα κάθε φορά. Σε *ευθεία κατάσταση* είναι η συγχορδία που έχει χαμηλότερο φθόγγο τη θεμέλιο της, σε *πρώτη αναστροφή* όταν ο χαμηλότερος (ο πιο “μπάσος”) είναι η τρίτη, σε *δεύτερη αναστροφή* όταν χαμηλότερος φθόγγος είναι η πέμπτη, σε τρίτη αναστροφή όταν χαμηλότερος φθόγγος είναι

η έβδομη, κ.ο.κ. Σε θέση όγδοης είναι η συγχορδία που έχει ψηλότερο φθόγγο τη θεμέλιο, σε θέση τρίτης η συγχορδία που έχει ψηλότερο φθόγγο την τρίτη και σε θέση πέμπτης η συγχορδία που έχει ψηλότερα την πέμπτη. Αν οι φθόγγοι μιας συγχορδίας εμφανίζονται με τη μικρότερη δυνατή απόσταση μεταξύ τους, λέμε ότι η συγχορδία είναι σε στενή ή κλειστή θέση. Αν απέχουν περισσότερο, τότε η συγχορδία είναι σε ευρεία ή ανοιχτή θέση.

Οι συγχορδίες αποτελούν το βασικό δομικό στοιχείο και το σημαντικότερο εργαλείο της αρμονικής, ομοφωνικής γραφής. Από λειτουργική άποψη, οι συγχορδίες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: **κύριες** και **δευτερεύουσες**.

- **κύριες:** (I, IV, V)
- **δευτερεύουσες:** (II, III, VI, VII)

Σε ένα μουσικό κομμάτι που είναι γραμμένο στο τονικό σύστημα, ο αρμονικός σκελετός του κομματιού χτίζεται από τις κύριες συγχορδίες της κλίμακας. Το άκουσμα των συγχορδιών είναι απαραίτητο και αρκεί για να εδραιώσει την τονικότητα ενός κομματιού, ενώ θεωρητικά κάθε μουσικό κομμάτι μπορεί να εναρμονιστεί με τη χρήση μόνο των κύριων συγχορδιών. Αξιοποιώντας και τις δευτερεύουσες συγχορδίες οι συνθέτες πλουτίζουν την αρμονία ενός κομματιού. Επίσης οι “κανόνες” αυτοί σπάνε συνεχώς από συνθέτες, ωστόσο αποτελούν την κλασική θεωρητική βάση, από την οποία μπορεί ο καθένας πλέον να αποκλίνει όπως κρίνει.

Κεφάλαιο 4 - Web Applications

4.1 Εισαγωγή

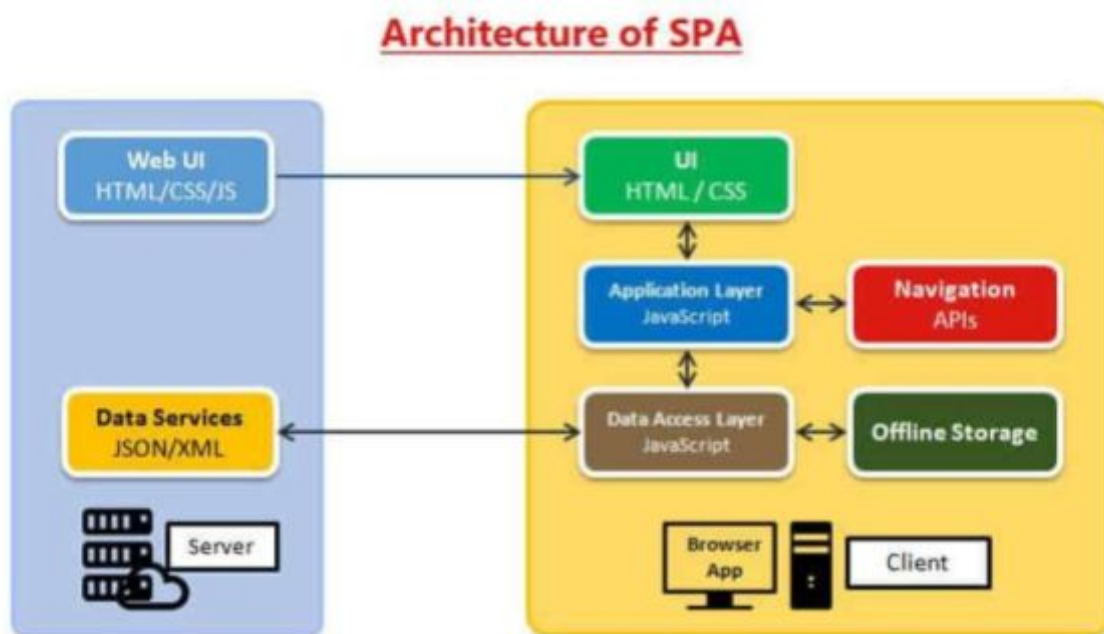
Παρότι υπάρχει ακόμη περιθώριο για περαιτέρω έρευνα, είναι κοινώς αποδεκτό ότι υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις σχετικά με την θετική επιρροή που έχει η μουσική εκπαίδευση, σε διάφορες μορφές δηλαδή είτε εκμάθηση οργάνου είτε ακουστικής φύσεως εκπαίδευση, στις νοητικές ικανότητες του ατόμου. Βασιζόμενοι σε αυτήν την υπόθεση, στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής σχεδιάσαμε και υλοποιήσαμε μία web εφαρμογή με ακουστικό εκπαιδευτικό περιεχόμενο σε μορφή *single page application* [64], αξιοποιώντας μοντέρνες τεχνολογίες ανάπτυξης λογισμικού και συγκεκριμένα το project είναι βασισμένο σε μία βιβλιοθήκη που δημιούργησε, συντηρεί και χρησιμοποιεί το Facebook, τη *React.js*.

4.2 Web applications & SPAs

Με την πάροδο του χρόνου, οι εφαρμογές στο διαδίκτυο (web applications), ολοένα και αντικαθιστούν τις παλιές desktop εφαρμογές, για διάφορους λόγους. Ένας από τους βασικότερους είναι ότι οι τεχνολογίες που αφορούν το διαδίκτυο έχουν γνωρίσει τέτοια ανάπτυξη που έχουν πλέον τη δυνατότητα όχι απλά να παρέχουν τις ίδιες υπηρεσίες με τις desktop εφαρμογές αλλά και καλύτερες, καθώς μπορούν να αξιοποιήσουν συγκροτημένες νησίδες εξειδικευμένων υπολογιστών για να υπολογίζουν δύσκολα υπολογιστικά προβλήματα. Επίσης, δεν απαιτούν κάποια εγκατάσταση στο μηχάνημα του χρήστη, το μόνο που χρειάζεται για να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή ο χρήστης είναι να έχει έναν browser στον υπολογιστή του. Παράλληλα οι αναβαθμίσεις στην εφαρμογή γίνονται πιο εύκολα χωρίς να έχει την ευθύνη για αυτές ο χρήστης αλλά ο διαχειριστής της εφαρμογής. Θα μπορούσε κανείς να υποστηρίξει ότι ακόμη πιο δημοφιλείς εφαρμογές είναι οι εφαρμογές στα κινητά τηλέφωνα, ωστόσο κάτι τέτοιο δεν ισχύει καθώς τα κινητά δεν έχουν την ίδια υπολογιστική δύναμη με αντίστοιχους desktop υπολογιστές, ούτε το ίδιο μέγεθος μνήμης. Λόγω αυτών των 2 σημαντικών παραγόντων, συνήθως οι web εφαρμογές επικρατούν επι των εφαρμογών κινητών τηλεφώνων.

4.2.1 Τι είναι ένα Single Page Application

Ένα single page application είναι ένα web application, το οποίο σε αντίθεση με τα παραδοσιακά web applications που σε κάθε request φέρνουν νέα σελίδα html από τον server, χρησιμοποιεί μία μόνο σελίδα html και αξιοποιεί Javascript για να αλλάξει δυναμικά το περιεχόμενο της σελίδας, σύμφωνα με το τι κάνει ο χρήστης. Αυτή η σχεδιαστική αρχή βοηθά στο να ελαφρύνει τον server (με τον οποίο η επικοινωνία αποτελεί από τα πιο σοβαρά bottlenecks στη σχεδίαση εφαρμογών) από επιπλέον requests. Αυτός ο τύπος σχεδίασης εφαρμογών είναι πολύ διαδεδομένος, με παραδείγματα εφαρμογών που είναι με τέτοια αρχιτεκτονική σχεδιασμένα να είναι : Gmail, Google Maps, Facebook, GitHub.



Εικόνα 4.1 - Αρχιτεκτονική SPA¹

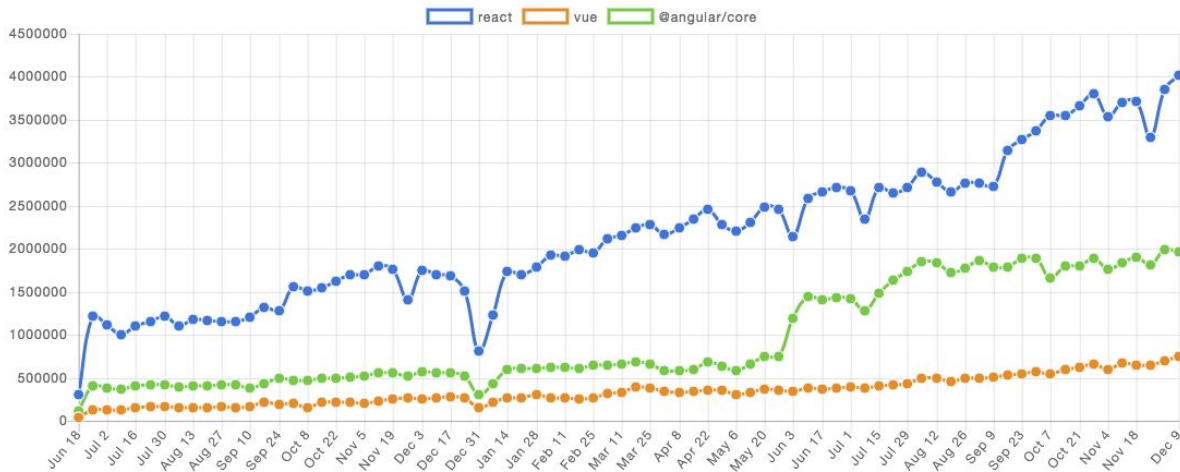
Οι single page applications εξυπηρετούν στο να προσφέρουν ένα εξαιρετικό και με ροή user experience στον χρήστη, καθώς στόχος τους είναι να μιμηθούν ένα “φυσικό” περιβάλλον στον browser. Η υλοποίηση τέτοιων συστημάτων είναι δυνατή χάρη σε ανεπτυγμένα Javascript frameworks όπως:

- Angular.js
- Ember.js
- Meteor.js
- React.js

Από τα διάφορα frameworks που κυκλοφορούν στην αγορά, επιλέχθηκε η React.js καθώς αποτελεί ίσως τη πιο δημοφιλή βιβλιοθήκη αυτή την περίοδο, το οποίο είναι και δικαιολογημένο καθώς εκτός από ιδιαίτερα εύχρηστη, οι εφαρμογές φτιαγμένες σε React είναι και πάρα πολύ γρήγορες και αποδοτικές. Στο παρακάτω διάγραμμα βλέπουμε τις τάσεις τα τελευταία 2 χρόνια στα framework για single page applications. Είναι προφανές ότι η React αποκτά συνεχώς περισσότερη δημοτικότητα από τα υπόλοιπα. Σημαντική σημείωση είναι ότι η react αποτελεί βιβλιοθήκη για front-end development, και όχι ολοκληρωμένο framework για κατασκευή app, γι’ αυτό και απαιτεί και κάποιο άλλο εργαλείο για τη δημιουργία του back-end (η πιο συνηθισμένη επιλογή είναι το Node.js μαζί με το module Express.js)

¹ SPAs - <https://gearheart.io/blog/pros-and-cons-building-single-page-applications-2019/>

Downloads in past 2 Years ▾



Εικόνα 4.2: Single Page App - Frameworks Trends²

Εκτός του ότι αποτελεί ίσως το πιο δημοφιλές εργαλείο ανάπτυξης single page application, επιλέχθηκε η React.js διότι στη συγκεκριμένη διπλωματική έχει υλοποιηθεί το front-end κομμάτι της εφαρμογής, που αφορά την σχεδίαση του εκπαιδευτικού συστήματος που είναι και το πιο σημαντικό για τον σκοπό της διπλωματικής. Η σχεδίαση του back-end ξεφεύγει από το πλαίσιο, ωστόσο θα αναφερθεί πρόταση σχεδιασμού στο κεφάλαιο που περιέχει προτάσεις για επέκταση του συστήματος.

4.2.2 Τα υπέρ ενός Single Page Application

- Ένα SPA είναι γρήγορο, καθώς τα περισσότερα resources (HTML + CSS + Scripts) φορτώνονται μόνο μία φορά κατα τη “διάρκεια ζωής” του application. Στην επικοινωνία με τον server γίνεται ανταλλαγή μόνο data.
- Η ανάπτυξη της εφαρμογής είναι πιο σειριοποιημένη και απλή. Δεν χρειάζεται να γραφτεί κώδικας στον server για να απεικονιστούν οι σελίδες. Συνήθως η ανάπτυξη της εφαρμογής μπορεί να ξεκινήσει κατευθείαν χωρίς την ανάγκη για server.
- Το debugging στις SPAs είναι εύκολο με τη βοήθεια του Chrome, καθώς μπορούμε να ελέγξουμε τις λειτουργίες δικτύου, τα στοιχεία της σελίδας και τα δεδομένα που αλλάζουν, καθώς χρησιμοποιεί κάποιος την εφαρμογή.
- Η επέκταση σε mobile application διευκολύνεται καθώς μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί ο back-end κώδικας που δημιουργήθηκε για την web εφαρμογή.
- Γίνεται αποδοτική αποθήκευση δεδομένων στην local cache μνήμη.

²Front End Libraries trends in npm - <https://gist.github.com/tkrotoff/b1caa4c3a185629299ec234d2314e190>

4.2.3 Τα κατά ενός Single Page Application

- Στα web applications και στα γενικά στα websites, σημαντικό ρόλο παίζει το search engine optimization. Στην ουσία το SEO εκφράζει το κατά πόσο εύκολα μπορούν να κάνουν index οι μηχανές αναζήτησης την εφαρμογή, ώστε να τη επιστρέφουν ως αποτέλεσμα στους χρήστες, όταν κάνουν σχετική αναζήτηση. Αυτό συμβαίνει γιατί το περιεχόμενο της εφαρμογής δημιουργείται δυναμικά από Javascript scripts, ανάλογα με το τι ζητάει ο χρήστης, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές εφαρμογές που σερβίρουν έτοιμη σελίδα HTML με ολόκληρο το περιεχόμενο. Επομένως οι μηχανές αναζήτησης δεν μπορούν να διαβάσουν εύκολα το περιεχόμενο της εφαρμογής και απαιτείται να εκτελέσουν κομμάτια από τη Javascript της εφαρμογής, κάτι το οποίο κοστίζει περισσότερους πόρους. Ωστόσο υπάρχουν τεχνικές για server-side rendering που βελτιώνουν το SEO ενός single page application, οι οποίες κάνουν πιο δύσκολο το development της εφαρμογής.
- Το πρώτο request αργεί να φορτώσει, διότι φέρνει μεγάλο όγκο δεδομένων από HTML, CSS και Javascript. Είναι το trade off που απαιτείται για να μπορεί στα επόμενα requests να είναι πιο γρήγορο σε σύγκριση με τα multi-page applications.
- Απαιτείται να είναι ενεργοποιημένη η Javascript στον browser για να λειτουργήσει σωστά η εφαρμογή.
- Είναι κάπως λιγότερο ασφαλής σε επιθέσεις cross site scripting.

4.3 React.js

4.3.1 Τι είναι η React.js³

Η React.js είναι μια βιβλιοθήκη Javascript η οποία χρησιμοποιείται στην ανάπτυξη web εφαρμογών για την δημιουργία διαδραστικών στοιχείων στις εφαρμογές αυτές. Εν συντομία η Javascript είναι μια γλώσσα σεναριακού τύπου, που χρησιμοποιείται για την δημιουργία και τον έλεγχο δυναμικού περιεχομένου στο διαδίκτυο. Δυναμικό περιεχόμενο περιέχει πράγματα όπως animated γραφικά, συλλογή από φωτογραφίες και διαδραστικές φόρμες συμπλήρωσης. Κάθε φορά που σε ένα web app υπάρχουν στοιχεία που κινούνται, αλλάζουν χωρίς να γίνει χειροκίνητα ανανέωση της σελίδας, συνήθως προκαλείται από κώδικα Javascript.

³ React intro - <https://skillcrush.com/2019/05/14/what-is-react-js/#what>

4.3.2 Τι είναι μια βιβλιοθήκη Javascript

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η Javascript παίζει άκρως σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη web εφαρμογών. Υπάρχουν ωστόσο φορές που χρειάζεται να κάνουμε επαναλαμβανόμενες ενέργειες με τη Javascript, όπως για παράδειγμα αυτόματη συμπλήρωση πεδίων αναζήτησης. Προκαλεί μεγάλο και ανούσιο κόστος να έπρεπε ο developer να γράφει εκ νέου τον ίδιο κώδικα και λειτουργίες. Αυτό το πρόβλημα έρχονται να λύσουν οι βιβλιοθήκες Javascript, οι οποίες αποτελούνται από έτοιμο κώδικα που επιτελεί κοινά Javascript tasks και επιτρέπουν στον developer της εφαρμογής να τα αξιοποιήσει έτοιμα και να μειώσει έτσι δραστικά το χρόνο και τον κόπο που απαιτείται για να δημιουργήσει την εφαρμογή.

Η React είναι μια Javascript βιβλιοθήκη η οποία δημιουργήθηκε με σκοπό να βοηθηθούν οι developers στο να χτίζουν User Interfaces. Συνοπτικά User Interface είναι η συλλογή των μενυ, των κουμπιών και γενικότερα οτιδήποτε με το οποίο αλληλεπιδρά ο χρήστης για να χρησιμοποιήσει το web application / website. Εκτός από το ότι η React προσφέρει κώδικα έτοιμο για επαναχρησιμοποίηση, τα δύο βασικά της χαρακτηριστικά που την κάνουν και τόσο δημοφιλή είναι:

1. JSX
2. Virtual DOM

4.3.3 JSX

Στον πυρήνα κάθε website/ web application υπάρχουν αρχεία HTML. Οι web browsers διαβάζουν αυτά τα αρχεία και τα εμφανίζουν στον υπολογιστή, στο tablet και στο κινητό ως web pages. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας οι browsers δημιουργούν κάτι που ονομάζεται Document Object Model ή αλλιώς DOM, ως μία αναπαράσταση σε μορφή δέντρου για το πως πρέπει να οργανωθεί η σελίδα. Έπειτα οι developers μπορούν να προσθέσουν δυναμικά περιεχόμενο στην εφαρμογή, τροποποιώντας το DOM με γλωσσες όπως η Javascript.

JSX (ή αλλιώς Javascript eXtension) είναι μία επέκταση που έχει η React η οποία βοηθάει τους προγραμματιστές να τροποποιούν το DOM. Συγκεκριμένα, επιτρέπει στους προγραμματιστές να κάνουν τις τροποποιήσεις με απλό κώδικα που “μοιάζει” με HTML. Στην ουσία ο προγραμματισμός είναι περιγραφικός “declarative”, το οποίο σημαίνει ότι ο προγραμματιστής περιγράφει πως θέλει να αλληλεπιδρά η σελίδα με τον χρήστη και το πως θα αλλάζει το DOM το ρυθμίζει η React. Επιπλέον, η React είναι φτιαγμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι συμβατή με όλους τους browsers. Το JSX, εκτός από το ότι καθιστά το development πιο γρήγορο, προσφέρει και μεγάλη ταχύτητα στο ίδιο το application. Αυτή η βελτίωση στην απόδοση είναι στενά συνδεδεμένη και με τι δεύτερο feature που εισάγει η React, το Virtual DOM.


```

const MessagesDropdown = (props) => {
  const visibility = props.open ? 'visible' : '';
  const totalUnseenCount = props.threads.reduce((memo, t) => {
    return memo + (t.unseen ? 1 : 0);
  }, 0);
  let messageText = 'Messages';
  if (totalUnseenCount > 0) {
    messageText += ' (' + totalUnseenCount + ')';
  }
  return (
    <div
      className={'ui scrolling dropdown ' + visibility + ' item'}
      onClick={props.onDropdownClick}
    >
      {messageText} <i className='dropdown icon'></i>
      <div className={'menu transition ' + visibility}>
        <ThreadListCompact
          threads={props.threads}
        />
      </div>
    </div>
  );
};

```

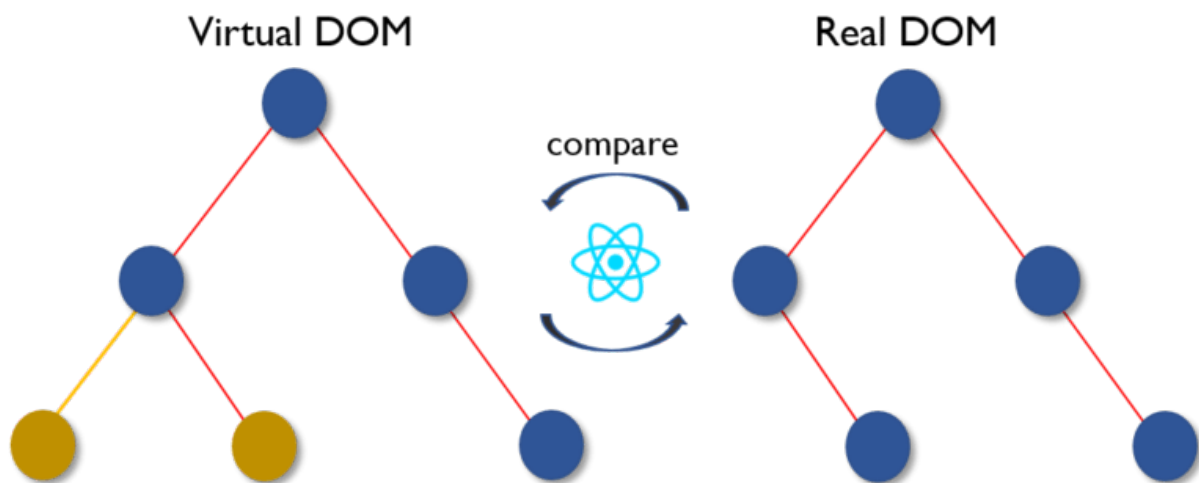
Εικόνα 4.3: JSX - Παράδειγμα⁴

4.3.4 Virtual DOM

Όπως αναφέρθηκε και πριν, ο browser δημιουργεί το Document Object Model το οποίο περιγράφει τη δομή του web application. Όταν πρέπει να γίνει μια αλλαγή χρησιμοποιεί Javascript scripts τα οποία τροποποιούν το DOM, το οποίο ξαναφορτώνεται ολόκληρο για να εμφανιστούν οι αλλαγές στον χρήστη. Αυτό δουλεύει ικανοποιητικά σε απλές στατικές σελίδες, ωστόσο σε web applications με έντονη αλληλεπίδραση με τον χρήστη και πολλές αλλαγές στο DOM, εμφανίζεται πρόβλημα απόδοσης.

Η React λειτουργεί διαφορετικά, συγκεκριμένα, δημιουργεί ένα αντίγραφο του DOM το οποίο και ονομάζεται Virtual DOM. Αξιοποιώντας το αντίγραφο αυτό, η React μπορεί και εντοπίζει ποιά σημεία του DOM έχουν αλλάξει όταν δημιουργείται ένα event που πυροδοτεί κάποια αλλαγή. Για παράδειγμα, έστω ότι ένας χρήστης γράφει ένα σχόλιο σε ένα blog post και πατάει το κουμπί για να ανέβει το σχόλιο. Κανονικά (χωρίς τη χρήση React) αυτό που θα γινόταν θα ήταν να γίνει φόρτωση ξανά ολόκληρου του DOM για να εμφανιστεί το καινούριο σχόλιο. Αντίθετα, εάν το web application χρησιμοποιεί React, η React με τη βοήθεια Virtual DOM θα εντοπίσει ότι η που αλλαγή, τι πρέπει να αλλάξει και τι παραμένει ίδιο, με αποτέλεσμα να μην φορτώσει ξανά από την αρχή όλο το DOM από την αρχή αλλά να αλλάξει μόνο ό,τι είναι απαραίτητο. Σε μικρές αλλαγές, η διαφορά αυτή μπορεί να μην ακούγεται ως σημαντική, ωστόσο σε ένα ελάχιστα πολύπλοκο web application, η βελτίωση στην απόδοση είναι σημαντικά αισθητή.

⁴React.js Documentation - <https://reactjs.org/>

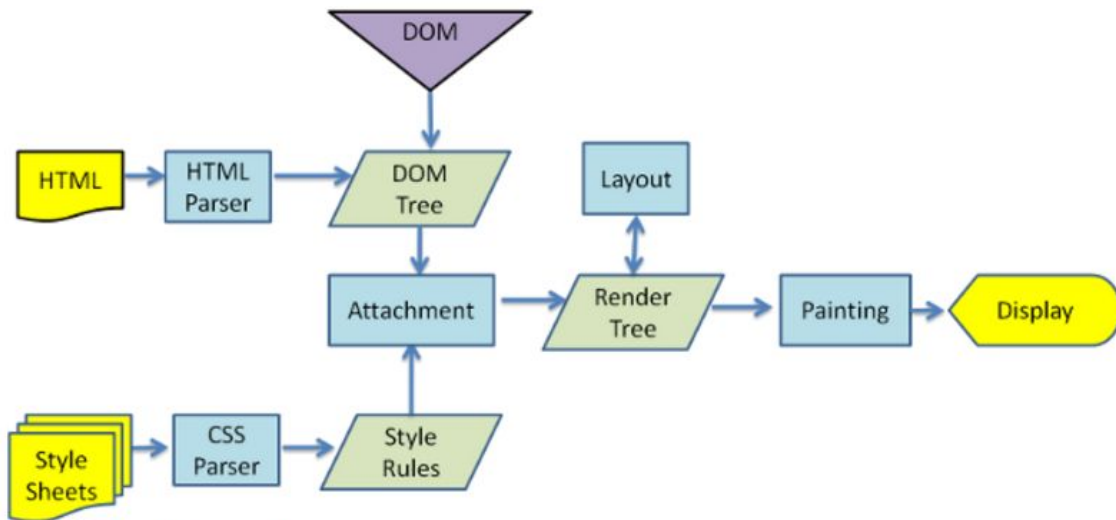


Εικόνα 4.4 Virtual DOM - Real DOM⁵

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως το Virtual DOM είναι μία αναπαράσταση στη μνήμη του πραγματικού DOM. Είναι ένα ελαφρύ Javascript object το οποίο είναι αντίγραφο του πραγματικού DOM. Για να γίνει αντιληπτό γιατί αυτό βελτιώνει την απόδοση της εφαρμογής πρέπει πρώτα να εξηγηθεί πως πραγματοποιείται ένα update στον πραγματικό DOM.

Η ανανέωση του πραγματικού DOM δεν είναι αργή, γιατί στην ουσία είναι η ανανέωση ενός javascript object. Αυτό που πραγματικά προκαλεί καθυστέρηση είναι η διαδικασίες που προηγούνται για να ληφθεί η νέα τιμή του DOM και να γίνει ξανα η αναπαράσταση του στον browser.

⁵ Virtual DOM - <https://www.pngkey.com/maxpic/u2e6t4u2o0o0o0o0/>



Εικόνα 4.5: Δημιουργία DOM και αναπαράσταση του site στον browser.⁶

Η μηχανή που κάνει το rendering της σελίδας στην οθόνη είναι υπεύθυνη και για να διαβάζει την HTML και τις αλλαγές σε αυτήν για να δημιουργεί κάθε φορά το DOM. Επίσης διαβάζει και τη CSS και την εφαρμόζει στην HTML για να προκύψει το τελικό render tree. Η διαδικασία *Layout* δίνει τις ακριβείς συντεταγμένες σε κάθε κόμβο του tree έτσι ώστε ο κόμβος αυτός να σχεδιαστεί στον browser. Επομένως όταν κάνουμε:

```
document.querySelector('#elementId').innerHTML="New Value"
```

Γίνονται τα ακόλουθα:

1. Ο browser διαβάζει την HTML.
2. Αφαιρεί από το element με id = #elementId το child element.
3. Ανανεώνει το DOM με τη νέα τιμή.
4. Ξανα υπολογίζει τη CSS για τους parent και child κόμβους.
5. Ανανεώνει το layout, δηλαδή τις συντεταγμένες του κάθε στοιχείου στην οθόνη.
6. Διαβάζει το render tree για να το ζωγραφίσει στο display του browser.

Ο επανα-υπολογισμός του CSS και η αλλαγή στο layout αξιοποιούν πολύπλοκους αλγορίθμους και αυτό επηρεάζει την απόδοση. Επομένως η ανανέωση του DOM δεν είναι απλά η αλλαγή τιμής ενός javascript object, αλλά έρχεται μαζί και με άλλες διαδικασίες. Το Virtual DOM έρχεται να μειώσει το κόστος των παραπάνω με τις εξής τροποποιήσεις:

1. Αποδοτικός diffing algorithm

⁶How DOM is created -

<https://medium.com/@gethylgeorge/how-virtual-dom-and-diffing-works-in-react-6fc805f9f84e>

2. Batched update operations
3. Αποδοτική ανανέωση του υποδέντρου

Πολύ σημαντικός είναι ο diffing algorithm ο οποίος αξίζει να αναλυθεί περαιτέρω παρακάτω.

4.3.5 React's Diffing Algorithm

Γενικά ο τρόπος που δουλεύει η React και είναι δομημένη, είναι ότι το app αποτελείται από Components τα οποία έχουν μία συνάρτηση `render()` η οποία κάνει αυτό που λέει, δηλαδή εμφανίζει ένα δέντρο από React elements. Αν αλλάξουν τα δεδομένα θα πρέπει να αλλάξει ενδεχομένως κομμάτι του εν λόγω δέντρου. Επομένως υπάρχει κίνητρο να βρεθεί ένας αποδοτικός τρόπος να ανανεωθεί το UI. Οι state of the art αλγόριθμοι που υπολογίζουν τον ελάχιστο αριθμό operations που χρειάζονται να γίνουν για να αλλάξει ένα δέντρο σε ένα άλλο κοστίζουν $O(n^3)$. Επομένως σε μία περίπτωση που θα έπρεπε να υπολογιστούν οι αλλαγές σε ένα δέντρο με 1000 στοιχεία, ο υπολογισμός μπορεί να κόστιζε κάτι της τάξεως του ενός δισεκατομμυρίου. Αυτό είναι ιδιαίτερα ακριβό. Αντίθετα η React αξιοποιεί έναν ευριστικό αλγόριθμο της τάξεως $O(n)$ αξιοποιώντας δύο βασικές υποθέσεις:

1. Δύο στοιχεία διαφορετικού τύπου θα παράγουν δύο διαφορετικά δέντρα
2. Αξιοποιώντας prop `key` ο developer μπορεί να βοηθήσει τη React να κάνει αποδοτικά re-render των σελίδων.

Ο αλγόριθμος εφαρμόζεται σε δύο δέντρα, στο καινούριο και στο παλιό και το πρώτο βήμα είναι να συγκρίνει τα root elements. Εάν τα δύο root elements είναι διαφορετικά μεταξύ τους τότε διαγράφει πλήρως το παλιό δέντρο και κατασκευάζει το νέο δέντρο από την αρχή.

Για παράδειγμα οι αλλαγές:

- `<a>` σε ``
- `<Article>` σε `<Comment>`
- `<Button>` σε `<div>`

θα προκαλέσουν κατασκευή εκ νέου του δέντρου. Όταν διαγράφεται ένα δέντρο, οι παλιοί κόμβοι του DOM διαγράφονται και τα instances των Components θα λάβουν την lifecycle μέθοδο `componentWillUnmount()`. Όταν δημιουργείται νέο δέντρο, εισάγονται νέοι κόμβοι στο DOM και τα καινούρια instances λαμβάνουν τις lifecycle μεθόδους `componentWillMount()` και `componentDidMount()`. Επίσης το state που είχε το παλιό δέντρο χάνεται και πλέον υπάρχει νέο state. Επιπλέον, κάθε κόμβος, κάτω από το root κόμβο που άλλαξε, αλλάζει και γίνεται εκ νέου το mounting με καινούριο state. Για παράδειγμα όταν γίνει diffing στο :

```
<div>
  <Counter />
</div>

<span>
  <Counter />
</span>
```

Το παλιό instance του Counter θα καταστραφεί και θα δημιουργηθεί καινούριο.

Στην περίπτωση που η σύγκριση γίνεται μεταξύ δύο **DOM elements του ίδιου τύπου** (για παράδειγμα είναι και οι δύο div), η React ελέγχει τα attributes των δύο, κάνει μόνο τις απαραίτητες αλλαγές και κρατάει την ίδια δομή για το δέντρο του DOM στους εσωτερικούς κόμβους. Για παράδειγμα εάν ο diffing αλγόριθμος εφαρμοστεί στο παρακάτω:

```
<div className="before" title="stuff" />
```

```
<div className="after" title="stuff" />
```

Συγκρίνοντας τα δύο αυτά στοιχεία η React ξέρει να αλλάξει μόνο το className του κόμβου και περάσει αναδρομικά στα παιδιά αυτού του div. Αντίστοιχα όταν ανανεώνει το style prop, η React ξέρει να αλλάζει μόνο τα properties που άλλαξαν. Για παράδειγμα:

```
<div style={{color: 'red', fontWeight: 'bold'}} />
```

```
<div style={{color: 'green', fontWeight: 'bold'}} />
```

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η React ξέρει ότι χρειάζεται να αλλάξει μόνο το *color* property και όχι το *fontWeight*. Αφού τελειώσει με τον DOM κόμβο αυτό, περνάει αναδρομικά στα παιδιά του κομβού.

Στην περίπτωση που η σύγκριση γίνεται μεταξύ δύο **Component elements ίδιου τύπου**, το instance παραμένει το ίδιο έτσι ώστε να διατηρηθεί το state μεταξύ των renders. Η React ενημερώνει τα props με τις καινούριες τιμές (αν υπάρχουν) και καλείται η `componentWillReceiveProps()` και η `componentWillUpdate()` στο instance. Έπειτα καλείται η `render()` μέθοδος και ο diffing αλγόριθμος καλείται αναδρομικά στο προηγούμενο και επόμενο instance.

Όταν η React κάνει αναδρομή στα παιδιά ενός DOM κόμβου, διαβάζει και τις δύο λίστες με τα παιδιά ταυτόχρονα και παράγει μία αλλαγή όταν εντοπίσει διαφορά μεταξύ των δύο. Για παράδειγμα όταν προσθέτουμε ένα στοιχείο στο τέλος των παιδιών η μεταφορά από το ένα δέντρο στο άλλο γίνεται εύκολα στο παρακάτω παράδειγμα:

```
<ul>
  <li>first</li>
  <li>second</li>
</ul>
```

```
<ul>
  <li>first</li>
  <li>second</li>
  <li>third</li>
</ul>
```

Η React θα ταιριάζει τα δύο `first` δέντρα, θα ταιριάζει τα δύο `second` δέντρα και ύστερα θα εισάγει και το `third` δέντρο. Εάν ο developer κάνει την επιλογή να τοποθετήσει τον νέο κόμβο στην αρχή της λίστας, επειδή η React ελέγχει από με αυτόν τον τρόπο τις αλλαγές, στο παρακάτω παράδειγμα:

```
<ul>
  <li>Duke</li>
  <li>Villanova</li>
</ul>
```

```
<ul>
  <li>Connecticut</li>
  <li>Duke</li>
  <li>Villanova</li>
</ul>
```

θα επιλέξει να αλλάξει όλους τους κόμβους, ενώ θα μπορούσε να κρατήσει τα `Duke` και `Villanova` και απλά προσθέσει το υποδέντρο `Connecticut`. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα απόδοσης. Ωστόσο η React παρέχει τρόπο στον προγραμματιστή να το αποφύγει αυτό το πρόβλημα.

Ο τρόπος που έχει επιλεγεί από τους σχεδιαστές της React να λυθεί το πρόβλημα που αναφέρθηκε παραπάνω είναι μέσω ενός attribute `key`. Όταν τα παιδιά έχουν keys, η React τα αξιοποιεί για να κάνει αντιστοιχίσεις γρήγορα και αξιόπιστα. Για παράδειγμα, εάν προσθέσουμε κλειδιά στο προηγούμενο παράδειγμα:

```
<ul>
  <li key="2015">Duke</li>
  <li key="2016">Villanova</li>
</ul>
```

```
<ul>
  <li key="2014">Connecticut</li>
```

```
<li key="2015">Duke</li>
<li key="2016">Villanova</li>
</ul>
```

Στην περίπτωση αυτή η React γνωρίζει ότι το στοιχείο με κλειδί '2014' είναι το καινούριο και ότι τα στοιχεία με τα κλειδιά '2015' και '2016' απλά μετακινήθηκαν.

Στην πράξη, δεν είναι δύσκολο να επιλέξει ο προγραμματιστής κλειδί για το κάθε element. Συνήθως τα data έχουν δικό τους id που μπορεί να χρησιμοποιηθεί :

```
<li key={item.id}>{item.name}</li>
```

Όταν δεν ισχύει αυτό, μπορεί είτε ο προγραμματιστής να προσθέσει id property στο μοντέλο των δεδομένων του, ή να παράξει ένα hash από το εκάστοτε δεδομένο και να το χρησιμοποιήσει ως κλειδί. Το κλειδί δεν χρειάζεται να είναι μοναδικό σε όλο το project παρά μόνο ανάμεσα από τους κόμβους στο ίδιο επίπεδο του υποδέντρου που βρίσκονται όλοι οι κόμβοι. Αν τα δεδομένα είναι σε πίνακα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ο δείκτης του στοιχείου στον πίνακα σαν key, ωστόσο αυτή η πρακτική σε κάποιες περιπτώσεις δημιουργεί bugs.

Όπως όλοι οι αλγόριθμοι που βασίζονται σε ευριστικές υπάρχουν tradeoffs και αν δεν ισχύουν τα δύο αξιώματα/υποθέσεις που βασίζεται η απόδοση του diffing αλγορίθμου η απόδοση δεν πέσει. Συγκεκριμένα:

1. Ο αλγόριθμος δεν θα δοκιμάσει να ταιριάξει δύο υποδέντρα εάν το parent component αλλάξει, επομένως εάν ο προγραμματιστής εναλλάσσεται μεταξύ δύο component που παράγουν παρόμοιο output καλό είναι να τα ενώσει σε ένα. Στην πράξη δεν έχει φανεί να είναι πρόβλημα αυτό.
2. Τα κλειδιά πρέπει να είναι σταθερά, προβλέψιμα και μοναδικά. Ασταθή κλειδιά, όπως για παράδειγμα τα κλειδιά που θα προκύπτουν αν χρησιμοποιείται η `Math.random()` θα οδηγήσουν σε δημιουργία πολλών DOM κόμβων χωρίς να είναι απαραίτητο, το οποίο μπορεί να ρίξει αισθητά την απόδοση.

4.4 Ανασκόπηση στις ήδη υπάρχουσες εφαρμογές

4.4.1 Υπάρχουσες εφαρμογές

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της αναζήτησης στην πιο δημοφιλή και έγκυρη μηχανή αναζήτησης, στο Google, τέσσερις από τις πιο δημοφιλείς εφαρμογές στον τομέα της μουσικής είναι οι:

1. <http://www.sheetmusic tutor.com>
2. <https://www.musictheory.net>

3. <https://www.teoria.com>
4. <https://www.lightnote.co>

Αυτές προέκυψαν είτε ως άμεσα αποτελέσματα της αναζήτησης, είτε έμμεσα, ως αναφορές σε άλλες ιστοσελίδες που πρότεινε η αναζήτηση στο Google.

Ύστερα από περιήγηση στις εφαρμογές αυτές, συλλέχθηκαν βασικές και σημαντικές πληροφορίες για τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και σε ποιές τεχνολογίες έχει βασιστεί η ανάπτυξή τους καθώς και πληροφορίες για θέματα σχεδιασμού UI/UX.

Συγκεκριμένα και οι 4 εφαρμογές έχουν ακολουθήσει το μοτίβο του website (και όχι το μοτίβο του Single Page Application που έχουμε όταν χρησιμοποιούμε React), αξιοποιώντας HTML, CSS και Javascript και συγκεκριμένα μια δημοφιλή βιβλιοθήκη της Javascript, την jQuery - για διαχείριση και τροποποίηση του DOM.

4.4.2 Σύγκριση React.js - jQuery

Η jQuery είναι μία βιβλιοθήκη που δημιουργήθηκε από την ανάγκη επαναχρησιμοποίησης λειτουργικότητας, χωρίς να χρειάζεται να ξαναγράψει ο προγραμματιστής το κομμάτι κώδικα που επιτελεί αυτή την λειτουργία. Δημιουργεί μεθόδους για βασικά front-end tasks τα οποία απαιτούν πολλές γραμμές κώδικα και προσθέτει αλληλεπίδραση του χρήστη με την ιστοσελίδα (animations, etc) με γρήγορο τρόπο και ξεκάθαρο. Οι προγραμματιστές μπορούν να αξιοποιήσουν αυτές τις μεθόδους με μία γραμμή κώδικα.

Χρησιμοποιείται για την διαχείριση του Document Object Model (DOM) - που αναφέρθηκε και στην παρουσίαση της React - και για την πραγματοποίηση AJAX calls με απλό τρόπο. Επίσης επικοινωνεί εσωτερικά με τα διαφορετικά APIs των browsers έτσι ώστε ο προγραμματιστής να μην χρειάζεται να γράψει διαφορετικό κώδικα ανάλογα με τον browser που θα τρέξει την ιστοσελίδα.

Η jQuery αναπτύχθηκε αρχές του 2000, και έχει γνώρισε τεράστια αποδοχή, έγινε η πιο δημοφιλής βιβλιοθήκη μέχρι το 2010. Σήμερα το οικοσύστημα της Javascript έχει μεγαλώσει και αλλάξει αρκετά. Καταρχάς, τα περισσότερα frameworks που χρησιμοποιούνται για ανάπτυξη ιστοσελίδων έχουν αναπτύξει τη δική τους λειτουργικότητα, τύπου jQuery. Παράλληλα οι web browsers έχουν μεγαλύτερη συνέπεια στα APIs μεταξύ τους. Τέλος έχει αλλάξει η οπτική γωνία που αντιμετωπίζεται η ανάπτυξη εφαρμογών στο διαδίκτυο. Για παράδειγμα η απευθείας διαχείριση του DOM θεωρείται μη αποδοτική πρακτική καθώς τα DOM στοιχεία “κουβαλούν” αρκετά data που δεν χρειάζονται συνήθως. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να πέφτει πολύ η απόδοση όταν η σελίδα έχει πολλά στοιχεία. Πλέον λοιπόν η jQuery έχει περιοριστεί αρκετά, παραμένοντας ωστόσο χρήσιμη, και έχουν λάβει την πρωτιά βιβλιοθήκες και εργαλεία όπως η React. Όπως αναφέρθηκε και στην παρουσίαση της, η React παρέχει το δικό της τρόπο δημιουργίας και διαχείρισης του UI, με τον προγραμματιστή να δημιουργεί components, αξιοποιώντας το μοτίβο του Declarative

Programming και οι βελτιστοποιήσεις γίνονται εσωτερικά, για παράδειγμα η αξιοποίηση του Virtual DOM, χωρίς να απασχολείται ο προγραμματιστής.

4.4.3 Design patterns του UI

Όλες οι παραπάνω εφαρμογές αξιοποιούν τη βιβλιοθήκη Bootstrap για το design τους και custom CSS. Το bootstrap είναι μια αρκετά εδραιωμένη βιβλιοθήκη για σχεδιασμό UI elements η οποία χρησιμοποιείται από πολλά websites και διαδικτυακές πλατφόρμες. Ωστόσο στην περίπτωση που η ανάπτυξη μιας πλατφόρμας βασίζεται στη React, υπάρχει η δυνατότητα για αξιοποίηση UI Libraries όπως είναι το Material UI και το Semantic UI, τα οποία παρέχουν ολοκληρωμένα Components που εκτός από συγκεκριμένο μοντέρνο και φιλικό προς το χρήστη design εμπεριέχουν και λειτουργικότητα διευκολύνοντας έτσι τον προγραμματιστή να αναπτύξει την εφαρμογή. Υπάρχει και bootstrap library με components για εφαρμογές σε React και έχει αυτά τα οφέλη, που αναφέρθηκαν παραπάνω, σε κάποιο βαθμό. Ωστόσο οι 4 παραπάνω web applications που μελετήθηκαν δεν μπορούν να τις αξιοποιήσουν, χρησιμοποιούν το κλασικό Bootstrap έχει απλά έτοιμες κλάσεις CSS για styling και τη λειτουργικότητα πρέπει να την αναπτύξει πλήρως ο προγραμματιστής.

4.4.4 Συμπέρασμα και κίνητρο για υλοποίηση σε React.js

Από τα παραπάνω, συμπεραίνουμε λοιπόν ότι υπάρχει αξία στο να αναπτυχθεί μία πλατφόρμα αξιοποιώντας ένα από τα πιο δημοφιλή state-of-the-art εργαλεία ανάπτυξης εφαρμογών - τη React.js - έτσι ώστε τεχνολογικά να υπάρχει μία μοντέρνα λύση η οποία παρέχει περισσότερες δυνατότητες στους προγραμματιστές, για ένα σημαντικό θέμα, όπως είδαμε στο 2ο κεφάλαιο, το οποίο είναι η ακουστική εκπαίδευση σε νεαρούς μαθητές.

Κεφάλαιο 5 - Σχεδίαση και Υλοποίηση της πλατφόρμας Ακουστικής Εκπαίδευσης

5.1 Ανάλυση Λειτουργικών Απαιτήσεων και Προβλημάτων προς Επίλυση

Η ηλεκτρονική πλατφόρμα μουσικής εκπαίδευσης έρχεται να αντιμετωπίσει διάφορα προβλήματα που εντοπίζονται στον τομέα της μουσικής παιδείας που λαμβάνει ο μέσος μαθητής:

- Δεν έχουν όλοι οι μαθητές πρόσβαση σε καλής ποιότητας μαθήματα μουσικής. Για να αποκτήσει πρόσβαση σε συγκεντρωμένο και οργανωμένο υλικό μουσικής θεωρίας ο μαθητής θα πρέπει να απευθυνθεί σε φορείς ιδιωτικής εκπαίδευσης. Το γεγονός αυτό προσθέτει κόστος χρόνου, καθώς αυτή η εκπαίδευση θα γίνει επιπρόσθετα στην ήδη εκπαίδευση που λαμβάνει ο μαθητής από το σχολείο. Επιπλέον προσθέτει και οικονομικό κόστος.
- Εάν επιθυμεί κάποιος μαθητής να εκπαιδευτεί ακουστικά στο πως ηχούν οι νότες και τα διαστήματα μεταξύ των νοτών, με σκοπό να λάβει τα οφέλη που υποδεικνύουν οι έρευνες που παρατέθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο, αλλά παράλληλα δεν έχει κάποιο μουσικό όργανο στην κατοχή του, τότε προκύπτει πρόβλημα. Ο μόνος τρόπος να λάβει τη συγκεκριμένη ακουστική εκπαίδευση είναι να αγοράσει κάποιο όργανο, επομένως οικονομικό κόστος, αλλά και να μάθει να παίζει πρώτα μέχρι ένα βασικό επίπεδο, καθώς και να βρεί ασκήσεις από ειδικούς.
- Άτομα με ειδικές ανάγκες που επηρεάζουν την κίνηση στα άκρα και συγκεκριμένα στα χέρια είναι λογικό να είναι δύσκολο ή και αδύνατο να μάθουν να παίζουν κάποιο όργανο. Με την ηλεκτρονική πλατφόρμα μουσικής εκπαίδευσης αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίζεται καθώς η χρήση της απαιτεί πολύ απλές και βασικές κινήσεις χρήσης υπολογιστή.
- Η μη ύπαρξη λύσης συστήματος στο cloud δεν επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση και υιοθέτηση από τους μαθητές. Επίσης εμποδίζει τον συντονισμό και την ύπαρξη και λειτουργία μιας κεντρικής διαχειριστικής επιτροπής για καλύτερο συντονισμό, οργάνωσης καθώς και για τη σύνταξη ποιοτικού υλικού εκπαίδευσης. Παράλληλα η κεντρική ηλεκτρονική λύση επιτρέπει τη περισυλλογή δεδομένων από ένα πολύ μεγάλο δείγμα και αντιπροσωπευτικό, καθώς και προσφέρει έδαφος για εφαρμογή τεχνικών gamification, με αποτέλεσμα να είναι πιο ελκυστικό στους μαθητές και η εκπαίδευση τους πιο διασκεδαστική.
- Ο μαθητής, μέσω της ηλεκτρονικής πλατφόρμας, λαμβάνει μια μερική ατομική ευθύνη για το πως θα αξιοποιήσει τις ασκήσεις της πλατφόρμας, παράλληλα όμως το υλικό που παρέχει η πλατφόρμα είναι επιλεγμένο από εκπαιδευτικούς μουσικούς, οι οποίοι αντίστοιχα έχουν επιλεγθεί αξιοκρατικά και υπάρχει εμπιστοσύνη για την ποιότητα του υλικού που θα επιλέξουν να προσφέρουν στους μαθητές.

- Επιπλέον δίνεται η δυνατότητα συνεργασίας του δασκάλου με τους μαθητές στην μουσική τους εκπαίδευση με διαρκής ανατροφοδότηση και αξιολόγηση, καθώς αποτελεί ένα εργαλείο που θα μπορεί ο δάσκαλος να αναθέτει ασκήσεις στο σχολείο στους μαθητές, να βλέπει πως τα πηγαίνει ο κάθε μαθητής από κάποιο πίνακα κατάταξης και έτσι να έχει τη δυνατότητα να κάνει παραγωγικά σχόλια για την επίδοση των μαθητών του.

5.2 Εποπτεία του συστήματος

Στην πρόταση υλοποίησης μας, προτείνουμε όλο αυτό το σύστημα να είναι υπό την εποπτεία ενός Κυβερνητικού Φορέα Διαχείρισης για τους εξής λόγους:

- Τα περισσότερα σχολεία της χώρας μας είναι δημόσια και ως εκ τούτου η πρόσβαση στα συστήματα και τα δεδομένα αυτών πρέπει να είναι υπό την εποπτεία του κράτους (π.χ. Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων)
- Η κεντρική διαχείριση διασφαλίζει καλύτερα τις απαιτήσεις υψηλής διαθεσιμότητας και ασφάλειας των συστημάτων
- Διασφαλίζεται η επεκτασιμότητα συστημάτων με λειτουργίες με χαμηλότερο κόστος
- Διασφαλίζεται χαμηλότερο κόστος συντήρησης και υποστήριξης
- Μπορεί να υποστηρίξει τις σύγχρονες τεχνολογικές τάσεις, βασισμένες σε τεχνολογίες cloud computing. Ήδη στο πλαίσιο των έργων Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης της χώρας έχει σχεδιαστεί και θα υλοποιηθεί το κυβερνητικό υπολογιστικό σύννεφο (G-Cloud), με κύριο στόχο την ορθολογική διαχείριση και αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων ΤΠΕ της Δημόσιας Διοίκησης και την επίτευξη σημαντικών οικονομιών κλίμακας τόσο όσον αφορά στα κόστη της προμήθειας υλικού ΤΠΕ (hardware) όσο και στα κόστη που αφορούν στην λειτουργία του. Το έργο περιλαμβάνει την προμήθεια, εγκατάσταση και θέση σε λειτουργία πλήρους υποδομής φιλοξενίας υπολογιστικών διατάξεων, που θα επιτρέψει σε πρώτη φάση την προσφορά υποδομών ΤΠΕ ως υπηρεσία (infrastructure as a service - IaaS) για τα έργα της ΓΓΠΣ και άλλων φορέων του ευρύτερου Δημόσιου

5.3 Λειτουργικές Προδιαγραφές Συστήματος

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται αναλυτικά η σχεδίαση Ηλεκτρονικής Πλατφόρμας Ακουστικής Εκπαίδευσης με σκοπό την αρωγή της μουσική εκπαίδευσης των μαθητών καθώς υπάρχουν έντονες ενδείξεις στις μοντέρνες έρευνες ότι προσφέρει σημαντικά οφέλη στις νοητικές ικανότητες των μαθητών.

5.3.1 Κύρια Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

- Η πρόσβαση στο σύστημα μέσω του λειτουργικού συστήματος και μέσω των κωδικών πρόσβασης ανά χρήστη (username και password) θα επιτρέπει επιλεκτική πρόσβαση κατά περίπτωση. Αυτό σημαίνει ότι κάθε χρήστης ή κάθε ομάδα χρηστών έχει πρόσβαση μόνο στις οθόνες και στα στοιχεία που τον / την αφορούν. Βασικός τρόπος αναγνώρισης στο σύστημα ορίζεται ο προσωπικός λογαριασμός email, που χρησιμοποιείται ως αναγνωριστικό ασφαλείας από την πλειοψηφία των σύγχρονων συστημάτων.
- Σε περιπτώσεις που υπάρχει ειδική εξουσιοδότηση μπορεί ο χρήστης να έχει πρόσβαση και σε άλλα δεδομένα πέρα από τα δικά του. Κάθε χρήστης που χρησιμοποιεί το υποσύστημα θα διαθέτει το δικό του όνομα και κωδικό πρόσβασης (password). Πέρα από την ταυτοποίησή του, ανάλογα με τον κωδικό πρόσβασης διαμορφώνονται το προφίλ και τα δικαιώματά του.

Χρήστης – Μαθητής

Οι μαθητές για να εισέλθουν στην πλατφόρμα θα δημιουργούν προφίλ με τη χρήση ενός email και ενός κωδικού. Από τη στιγμή που θα γίνει η καταχώρηση των στοιχείων τους στην εφαρμογή, θα αποθηκεύονται, επομένως η είσοδος τις επόμενες φορές θα είναι άμεση.

Σε περίπτωση που ο μαθητής δεν έχει email, δημιουργείται ένα πρόβλημα το οποίο είναι και λογικό καθώς η πλατφόρμα μας είναι στο cloud. Προτεινόμενες λύσεις είναι είτε με την ενημέρωση των γονέων σχετικά με την εφαρμογή και τη λειτουργία της, να φτιάξουν εκείνοι το email εκ μέρους του παιδιού τους, είτε με την αρωγή του δασκάλου τα παιδιά να ακολουθήσουν τη διαδικασία για τη δημιουργία ενός email. Σημαντικό και στις δύο περιπτώσεις, επειδή αφορά ανήλικους, η χρήση του email να επιβλέπεται από τους κηδεμόνες των μαθητών.

Σε αρχικό στάδιο, υπάρχει το ενδεχόμενο αντιδράσεων από γονείς και κηδεμόνες σχετικά με τη φύση της πλατφόρμας, καθώς είναι στο διαδίκτυο και επομένως βάζει σε διαδικασία τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τον υπολογιστή και να περιηγηθούν στο διαδίκτυο. Παρότι όλο και νεότεροι μαθητές υιοθετούν τη χρήση του διαδικτύου, είναι πιθανό ορισμένοι κηδεμόνες να μην επιτρέπουν ακόμη στο παιδί τους να χρησιμοποιήσει το ιντερνετ, ή να είναι αυστηρά περιορισμένη η χρήση του. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, μπορεί να οργανωθεί ενημέρωση στην αρχή της χρονιάς στους κηδεμόνες των μαθητών σχετικά με την ηλεκτρονική αυτή πλατφόρμα, τη σωστή χρήση της αλλά και γενικότερα να προταθούν μέτρα στους κηδεμόνες από ειδικούς για το πως μπορούν να προστατέψουν τα παιδιά τους από τη χρήση του διαδικτύου, χωρίς να απέχουν τελείως για να μπορούν να λάβουν τα οφέλη που προσφέρει το διαδίκτυο γενικότερα. Επίσης μπορεί να είναι προαιρετική αυτού του είδους η εκπαίδευση των μαθητών, επομένως να λαμβάνουν μέρος μόνο όσοι επιθυμούν.

5.3.2 Καρτέλες και Μενού της Εφαρμογής

Για τις ανάγκες λειτουργίας του συστήματος, μελετήθηκαν προσεκτικά και αξιολογήθηκαν οι αναγκαίες βασικές καρτέλες και τα μενού τα οποία κατ' ελάχιστον θα πρέπει να διαθέτει το σύστημα. Το σύστημα λοιπόν προτείνεται να απαρτίζεται από τις παρακάτω βασικές οθόνες και μενού:

1. Είσοδος των μαθητών - χρηστών στο σύστημα μέσω του φυλλομετρητή τους, εφόσον βρίσκεται στο cloud. Σε αυτή τη σελίδα πρέπει να υπάρχει
 - a. δυνατότητα για Sign In
 - b. δυνατότητα για Sign Up
2. Σελίδα που περιέχει κάποιους πίνακες με βασικές θεωρητικές έννοιες για σχετικά με τις ασκήσεις.
3. Σελίδα που περιέχει ένα εργαλείο εύρεσης διαστήματος μεταξύ δύο νοτών που θα επιλέγει ο χρήστης. Συγκεκριμένα θα περιέχει:
 - a. Δύο πλαίσια τα οποία αφορούν την εκάστοτε νότα
 - b. Κάθε πλαίσιο θα έχει δύο υπό-μενού για επιλογή της επιθυμητής νότας
 - c. Το πρώτο υπό-μενού θα ρυθμίζει τον τόνο, ή αλλιώς το “όνομα” της νότας (π.χ. Ντο, Σι, κλπ.)
 - d. Το δεύτερο υπομενού θα ρυθμίζει τον οπλισμό της νότας, για τον οποίο έχουμε τρεις δυνατές επιλογές: φυσικός, δίεση, ύφεση.
 - e. Κάτω από τα δύο πλαίσια αυτά θα υπάρχει ένα πλαίσιο το οποίο θα εμφανίζει το διάστημα μεταξύ των δύο νοτών που επέλεξε ο χρήστης. Το διάστημα αυτό υπολογίζεται αυτόματα από την εφαρμογή για τις εκάστοτε νότες που έχουν επιλεγεί στα δύο πλαίσια.
4. Σελίδα που περιέχει τη βασική λειτουργία της εφαρμογής η οποία και είναι ασκήσεις ακουστικής αντίληψης και ικανότητας. Το σύστημα διαλέγει ένα ζευγάρι νοτών που ανήκουν στην ίδια ή σε διαδοχική οκτάβα και τις αναπαράγει. Συγκεκριμένα αυτή η σελίδα θα περιέχει:
 - a. Αυτόματα με το που επιλέγεται νέο ζευγάρι νοτών θα αναπαράγονται οι δύο νότες
 - b. Ένα πλαίσιο θα εμφανίζεται το οποίο περιέχει δύο κουμπιά τα οποία μπορεί να πατήσει ο χρήστης όσες φορές θέλει (χαρακτηριστικό το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί και σε επόμενο στάδιο για gamification και επιπλέον στατιστικό). Σε κάθε ένα από τα δύο κουμπιά αντιστοιχεί και μία νότα, επομένως κάθε φορά που θα το πατάει ο χρήστης θα μπορεί να ακούει την νότα ξανά. Η λειτουργία αυτή υπάρχει καθώς ο στόχος της εκπαίδευσης είναι να μπορέσει να καταλάβει τη σχέση μεταξύ των δύο νοτών, ή αλλιώς πιο δόκιμα το διάστημα μεταξύ τους.
 - c. Για να επιλέξει ο χρήστης ποιο διάστημα πιστεύει ότι είναι το εκάστοτε που ακούει, τμήμα του UI το οποίο περιέχει όλα τα πιθανά διαστήματα (12 στο σύνολο - αν θεωρήσουμε ισοδύναμα την οκτάβα με τη συμφωνία, δηλαδή ίδια νότα). Επομένως έχουμε 12 κουμπιά τα οποία μπορεί να πατήσει ο χρήστης για να υποδείξει την επιλογή του στο σύστημα. Αν είναι λάθος η επιλογή, το κουμπί θα αλλάξει σε χρώμα κόκκινο για να υποδείξει την λανθασμένη

επιλογή του χρήστη και ο χρήστης μπορεί να ξαναπροσπαθήσει. Αν η επιλογή του χρήστη είναι σωστή, το κουμπί θα αλλάξει χρώμα σε πράσινο και η εφαρμογή θα περάσει σε επόμενο διάστημα, το οποίο και θα αναπαράγει τον ήχο του αυτόματα. Παράλληλα, κάθε φορά που ο χρήστης πατάει κάποιο κουμπί, γιατί θεωρεί ότι έχει βρει το διάστημα, η εφαρμογή κρατάει στατιστικά πετυχημένων προσπαθειών σε σχέση με τις συνολικές προσπάθειες.

- d. Τέλος υπάρχει ένα κομμάτι του UI το οποίο δείχνει το ποσοστό των πετυχημένων προσπαθειών σε σχέση με τις συνολικές προσπάθειες καθώς και ένα διάγραμμα για οπτικοποίηση της πορείας του μαθητή. Επιπλέον, υπάρχει ένα τμήμα το οποίο περιέχει ένα κουμπί, το οποίο έχει τη δυνατότητα να πατήσει ο χρήστης και να δει ποιο διάστημα ακούει εκείνη τη στιγμή. Αυτό χρησιμεύει στην περίπτωση που ο χρήστης αντιμετωπίζει κάποια δυσκολία εκείνη τη στιγμή. Σημαντικό όμως είναι και ότι λόγω αυτής της δυνατότητας η εκπαιδευτική πλατφόρμα μπορεί να λειτουργήσει και σαν τεστ αλλά και σαν άσκηση ταυτόχρονα, παρέχοντας έτσι μία πιο ολοκληρωμένη και αποτελεσματική εκπαίδευση στον χρήστη - μαθητή.

5.4 Σχεδιασμός Διαπροσωπείας με τον χρήστη

Το προτεινόμενο σύστημα απευθύνεται σε μαθητές, άρα ο τρόπος σχεδιασμού της διαπροσωπείας με το χρήστη (User Interface Design) είναι εξαιρετικά σημαντικός. Στην ενότητα που ακολουθεί αποτυπώνεται συνοπτικά η πρόταση μας σε σχέση με το ζήτημα αυτό.

Το σύγχρονο περιβάλλον εργασίας των χρηστών του συστήματος που σχεδιάστηκε θα πρέπει να είναι σε θέση να διευκολύνει τους χρήστες στην μετάβαση από τα θεωρητικά εργαλεία στο περιβάλλον ακουστικής εκπαίδευσης. Το φιλικό περιβάλλον πρέπει να εξυπηρετεί διάφορα θεωρητικά στοιχεία, τα οποία και ορίζουν την προσωπικότητα του συστήματος.. Οι βασικές αρχές προς την κατεύθυνση επίτευξης υψηλού βαθμού χρηστικότητας περιλαμβάνουν:

- Πελατοκεντρική Αντίληψη: Οι παρεχόμενες πληροφορίες και λειτουργίες πρέπει να είναι προσανατολισμένες στις ανάγκες του χρήστη.
- Διαφάνεια: Κατά τη χρήση του συστήματος, ο χρήστης πρέπει να διεκπεραιώνει τις εργασίες του, χωρίς να αντιλαμβάνεται τεχνικές λεπτομέρειες ή εσωτερικές διεργασίες του συστήματος που υποστηρίζουν την ολοκλήρωση των συναλλαγών.
- Συνέπεια: Οι εφαρμογές θα πρέπει να έχουν ομοιόμορφη εμφάνιση και να υπάρχει συνέπεια στα λεκτικά και τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται. Το λεξιλόγιο που χρησιμοποιείται για την περιγραφή εννοιών και λειτουργιών σε όλο το εύρος των εφαρμογών του συστήματος πρέπει να είναι συνεπές. Αντίστοιχη συνέπεια

πρέπει να τηρείται και κατά τη χρήση γραφικών απεικονίσεων και τη διαμόρφωση των σελίδων/ διεπαφών του συστήματος.

- Υποστήριξη από το σύστημα: Το σύστημα θα πρέπει να υποστηρίζει και να καθοδηγεί κατάλληλα τους χρήστες για αποφυγή λαθών κ.λ.π.
- Online help σε κάθε βήμα εκτέλεσης του προγράμματος
- Εναλλακτική χρήση του πληκτρολογίου έναντι του ποντικιού για εκτέλεση των εργασιών λειτουργίας της εφαρμογής

5.5 Υλοποίηση Material Design από την Google

Ο σχεδιασμός με βάση τις τελευταίες κατευθύνσεις του web design θεωρείται υψίστης σημασίας, γιατί όχι μόνο ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα ενθαρρύνει το χρήστη στη χρησιμοποίησή του, αλλά διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό και τη χρήση του και αυξάνει θεαματικά την ταχύτητα χρήσης του και έτσι τη συνολική χρησιμότητά του.

Όλες οι επιλογές που έγιναν δικαιολογούνται θεωρητικά σε αυτό το κεφάλαιο σύμφωνα με το Material Design και μπορείτε να δείτε την τελική τους υλοποίηση στο Κεφάλαιο 6.

Εικονίδια

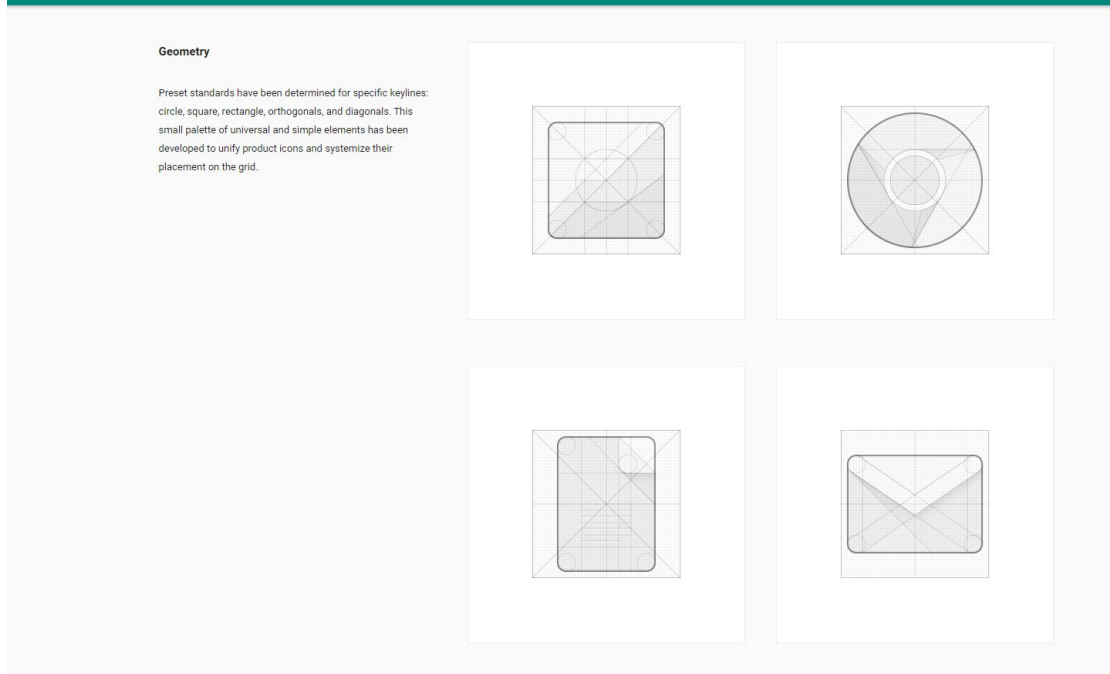
“Τα εικονίδια χρησιμοποιούν γεωμετρικά σχήματα για την οπτική απεικόνιση ιδεών, δυνατοτήτων ή θεμάτων.

Τα εικονίδια προϊόντων είναι η οπτική έκφραση των προϊόντων, υπηρεσιών και εργαλείων μάρκας.

Τα εικονίδια συστήματος αντιπροσωπεύουν μια εντολή, αρχείο, συσκευή, κατάλογο ή κοινές ενέργειες.”

Σύμφωνα με το Material Design, μαζί με κάθε βασική ενέργεια του συστήματος, πρέπει να υπάρχει και ένα αντίστοιχο εικονίδιο δίπλα στα γράμματα. Ο λόγος είναι επειδή μετά από τρεις ώρες χρήσης του συστήματος, ο χρήστης εκπαιδεύεται στο τι σημαίνει κάθε εικονίδιο, δε χρειάζεται να διαβάσει κάθε εντολή οπότε και αυξάνει την ταχύτητα χρήσης του.

Όλα τα εικονίδια πρέπει να ακολουθούν αυτά τα σχήματα, καθώς πέρα από αρμονικά στο μάτι, λόγω της συμμετρίας τους εμφανίζονται το ίδιο καλαίσθητα σε οθόνες όλων των μεγεθών.



Εικόνα 5.1: Ορθή Διαμόρφωση Εικονιδίων⁷

Γραμματοσειρά

Η προτεινόμενη γραμματοσειρά είναι η Roboto. Πέραν του ότι σαν προεπιλεγμένη γραμματοσειρά του Microsoft Office ο χρήστης είναι εξοικειωμένος μαζί της και είναι ευανάγνωστη, λόγω της μεγάλης χρήσης της δείχνει επαγγελματισμό και εμπνέει στο χρήστη το απαραίτητο αίσθημα ασφάλειας για ένα ιατρικό σύστημα.

Η επιλογή του μεγέθους της γραμματοσειράς για κάθε στοιχείο, γίνεται με βάση τα παρακάτω guidelines.

⁷ Icons: <https://material.io/guidelines/style/icons.html>

Typography

Roboto and Noto are the standard typefaces on Android and Chrome.

Roboto is the standard typeface on Android.

Noto is the standard typeface for all languages on Chrome and Android for all languages not covered by Roboto.

Script types

- English and English-like (Latin, Greek, and Cyrillic)
- Dense (Chinese, Japanese, and Korean)
- Tall (South and Southeast Asian and Middle Eastern languages)

App bar

Title style, Medium 20sp

Buttons

English: Medium 14sp, all caps
Dense: Medium 15sp, all caps
Tall: Bold 15sp

Subheading

English: Regular 16sp (device), 15sp (desktop)
Dense: Regular 17sp (device), 16sp (desktop)
Tall: Regular 17sp (device), 16sp (desktop)

Body 1

English: Regular 14sp (device), 13sp (desktop)
Dense: Regular 15sp (dense), 14sp (desktop)
Tall: Regular 15sp (device), 14sp (desktop)

Text contrast ratios

Minimum: 4.5:1



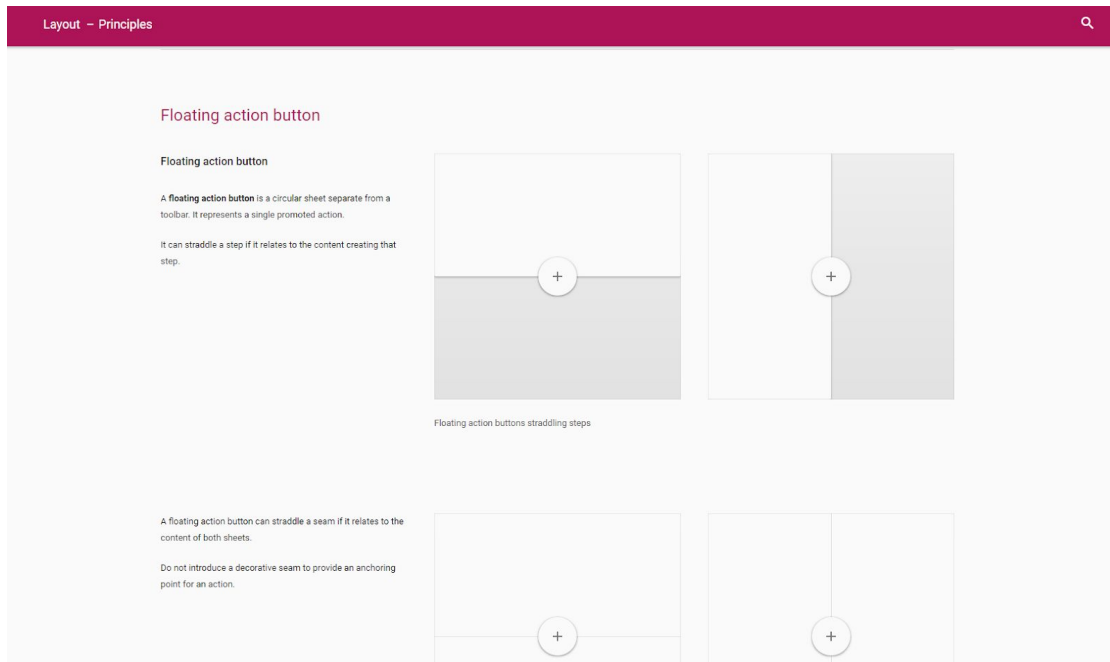
Εικόνα 5.2: Επιλογή Μεγέθους Γραμματοσειράς⁸

Κουμπί Ενεργειών

“Ένα κουμπί ενεργειών είναι ένα κυκλικό φύλλο ξεχωριστό από μια γραμμή εργαλείων. Αποτελεί μια ενιαία προωθημένη ενέργεια.

Μπορεί να περικλείσει ένα βήμα εάν σχετίζεται με το περιεχόμενο που δημιουργεί αυτό το βήμα.”

⁸ Typography: <https://material.io/guidelines/style/typography.html>



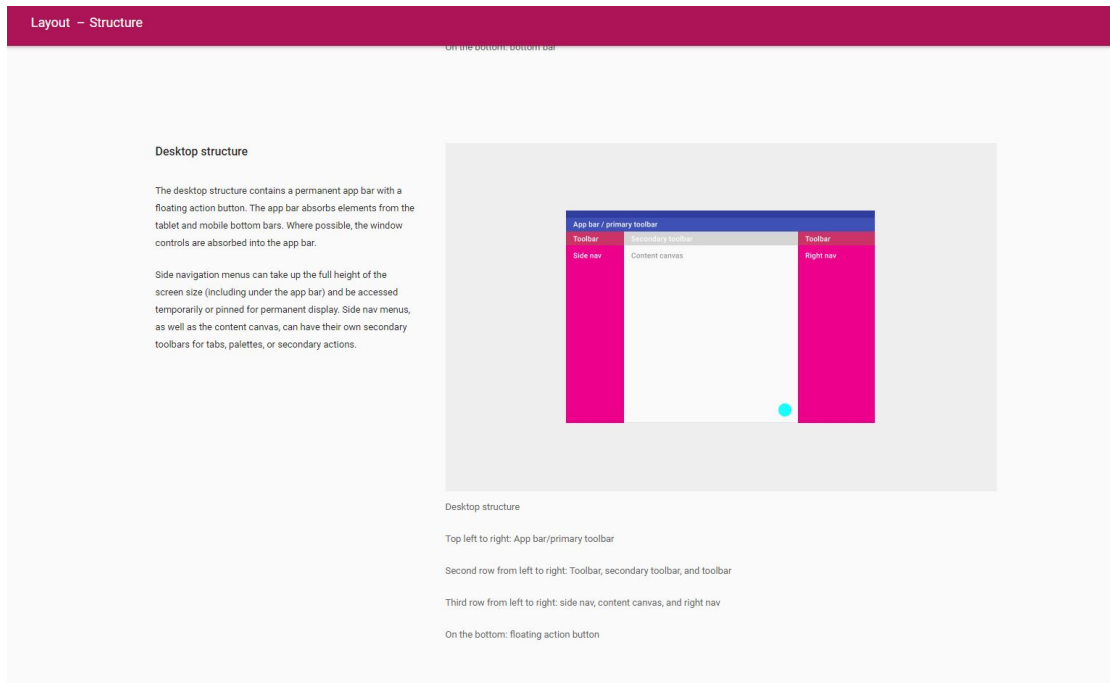
Εικόνα 5.3: Σχεδίαση Κουμπιών Ενεργειών⁹

Μενού επιλογών

Μεγάλη σημασία για την ταχύτητα χρήσης του συστήματος έχει η περιήγηση μεταξύ των σελίδων του. Για αυτή προτείνεται να υπάρχει μόνιμα μία μπάρα αριστερά, με την οποία και θα μπορεί να περιηγείται γρήγορα και εύκολα.

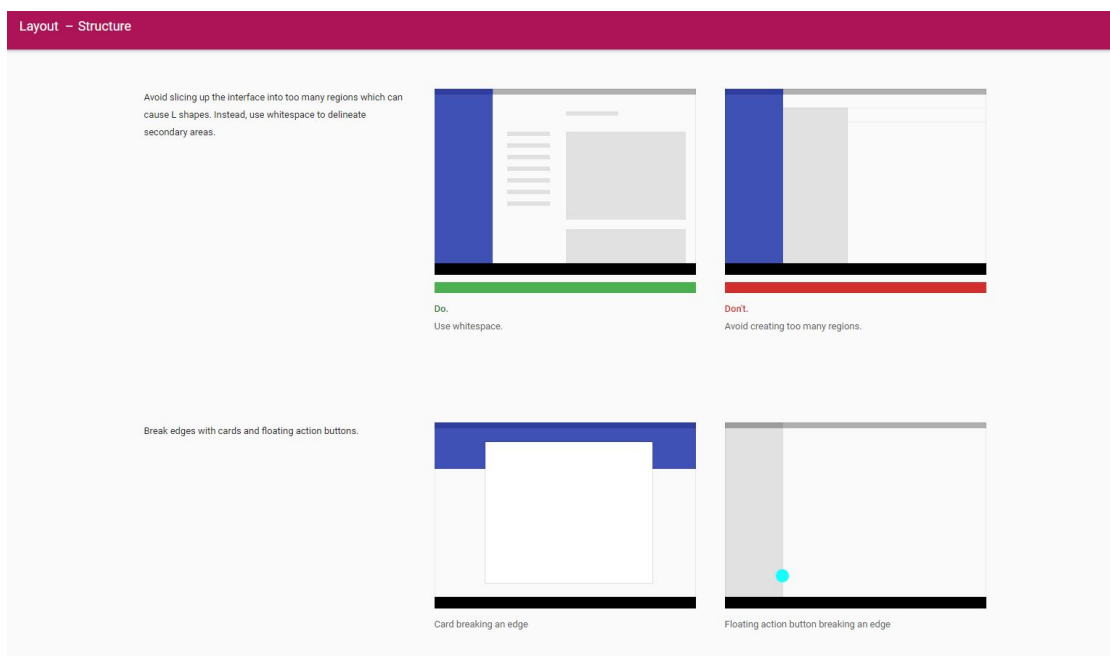
Εδώ μπορείτε να δείτε τη βασική προτεινόμενη δομή ενός desktop application, με τη σταθερή μπάρα αριστερά, κουμπί ενεργειών κάτω δεξιά και το βασικό περιεχόμενο στο κέντρο και δεξιά.

⁹ Layout: <https://material.io/guidelines/layout/principles.html>



Εικόνα 5.4: Ορθή Διάταξη Οθόνης¹⁰

Εδώ βλέπουμε τη βασική δομή διαχωρισμού sections που χρησιμοποιήσαμε και εμείς, που επιτρέπει το εύκολο πέρασμα μεταξύ οθονών με διατήρηση όλων των ενεργειών στην οθόνη.

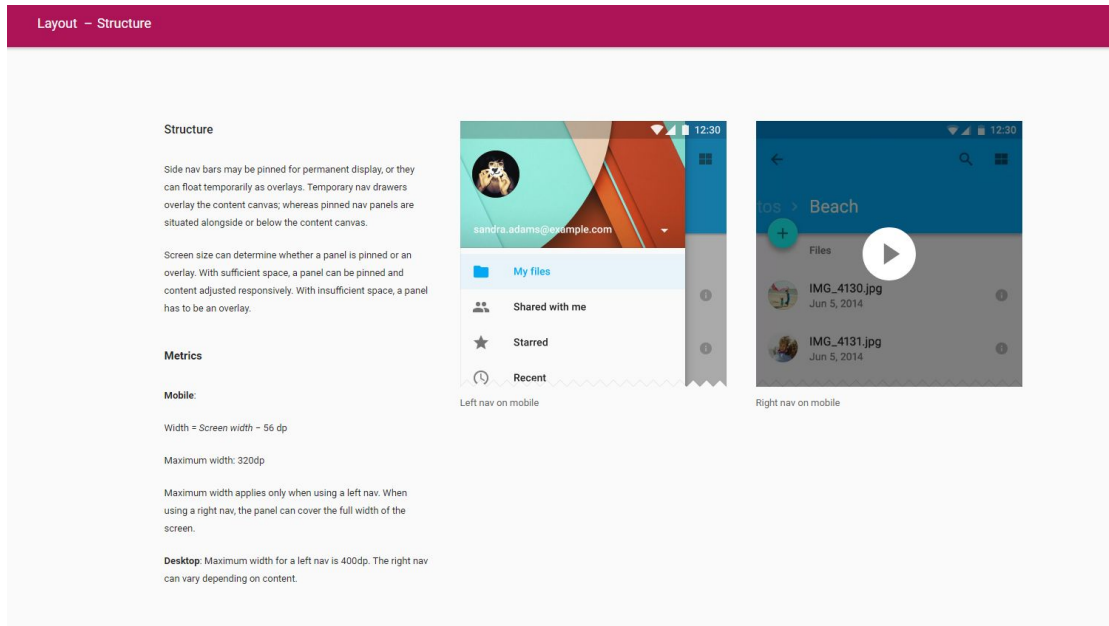


Εικόνα 5.5: Ορθή και λανθασμένη κατανομή των Components¹¹

¹⁰ Layout: <https://material.io/guidelines/layout/principles.html>

¹¹ Layout: <https://material.io/guidelines/layout/principles.html>

Το τελικό menu με τη χρήση σωστής δομής και εικονιδίων με τα πλεονεκτήματα που αναφέραμε παραπάνω, πρέπει να έχει μία τέτοια μορφή.



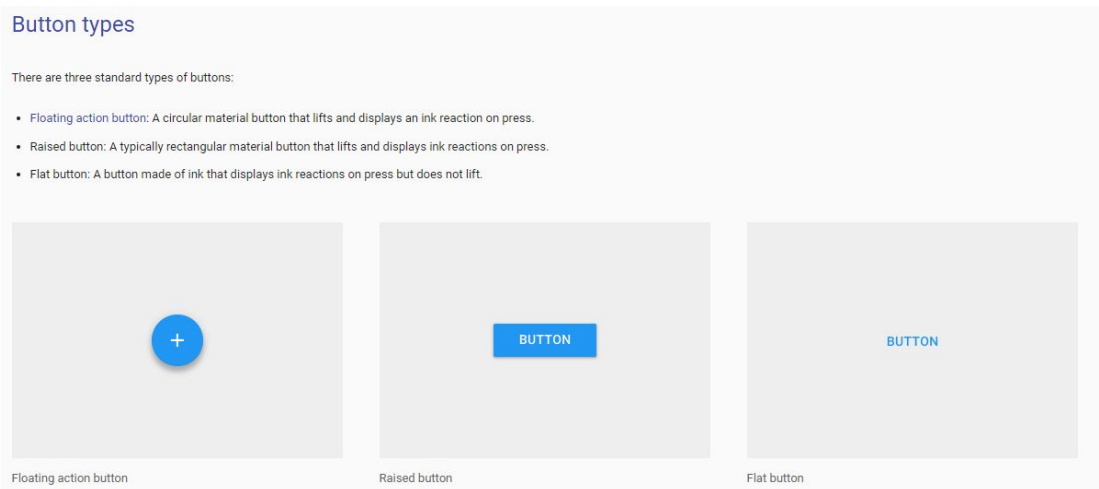
Εικόνα 5.6: Εμφάνιση menu επιλογών χρήστη¹²

Κουμπιά

Υπάρχουν τριών ειδών κουμπιά, τα οποία και χρησιμοποιούνται ανάλογα με την περίπτωση που εξυπηρετούν. Η επιλογή κάθε είδους είναι πολύ σημαντική, καθώς τα κουμπιά είναι οι βασικές ενέργειες που κάνει ένας χρήστης του συστήματος και αν υλοποιηθούν ευκρινών, μπορούν όχι μόνο να αυξήσουν τη φιλικότητα του συστήματος, αλλά και την ευκολία χσης το μιας και οι ενέργειες θα είναι ξεκάθαρες.

Τα τρία είδη κουμπιών είναι:

¹² Layout: <https://material.io/guidelines/layout/principles.html>



Εικόνα 5.7: Τα 3 βασικά είδη κουμπιών¹³

και επιλέγουμε τη χρήση του καθενός στις εξής περιπτώσεις:

Πίνακας 5.1: Περιπτώσεις χρησιμοποίησης των 3 βασικών κατηγοριών κουμπιών

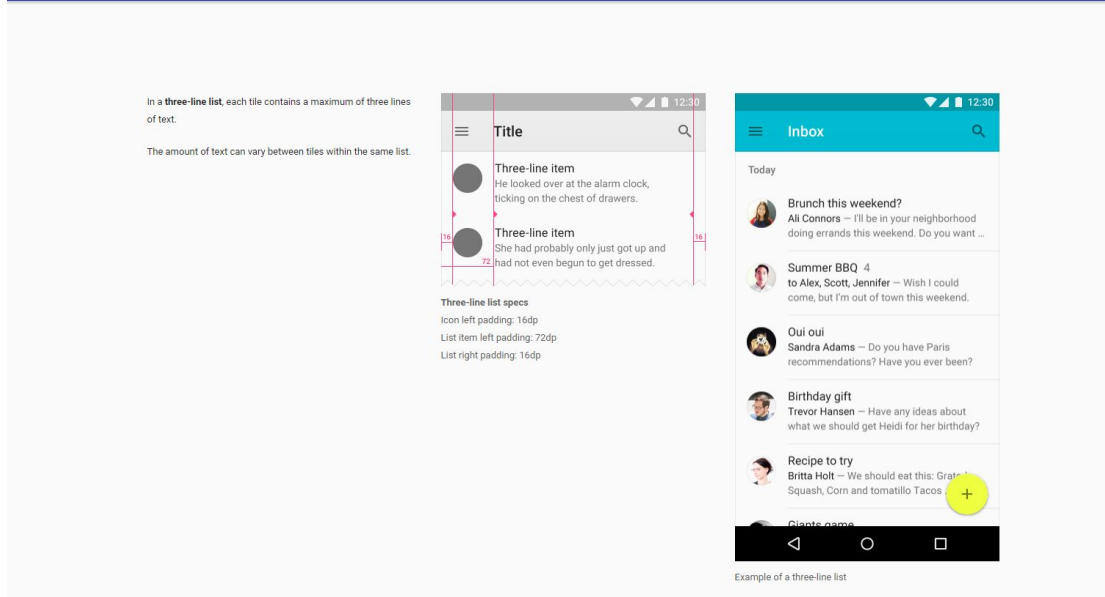
Περιεχόμενο	Είδος κουμπιού
Διάλογος	Χρησιμοποιήστε flat buttons σε παράθυρα διαλόγου.
Είσοδος	Raised buttons ή flat buttons μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κουμπιά εισόδου.
Άμεση Χρήσης	Εάν η εφαρμογή σας απαιτεί να είναι συνεχείς και διαθέσιμες οι ενέργειες σας, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τα κουμπιά floating action button.

Λίστες

Οι λίστες είναι από τα σημαντικότερα στοιχεία του σχεδιασμού μας, καθώς επιτρέπουν την προβολή πολλών δεδομένων (στην περίπτωση μας ιατρικών περιστατικών) και είναι εύκολα προσβάσιμες από το χρήστη.

Οι λίστες που προτείνουμε έχουν τη μορφή “3-line-list” η οποία και επιτρέπει την προβολή πολλών στοιχείων σε μικρό χώρο, που είναι απαραίτητα για την παρουσίαση όλων των ιατρικών περιπτώσεων.

¹³ Components: <https://material.io/guidelines/components/buttons.html>



Εικόνα 5.8: Ορθή εμφάνιση λίστας δεδομένων¹⁴

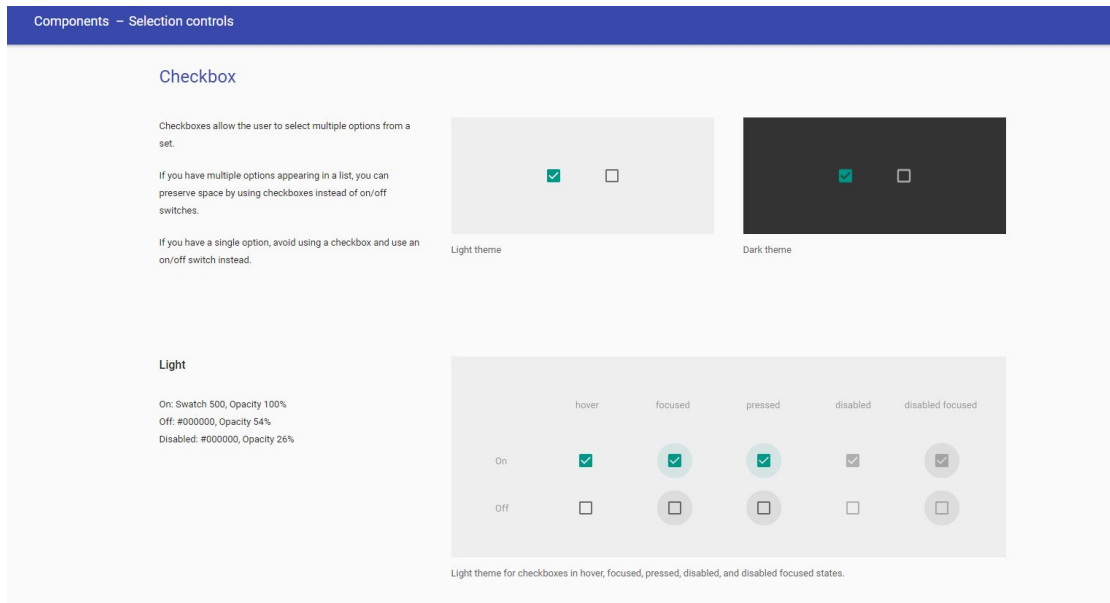
Εισαγωγή δεδομένων

Όλα τα παραπάνω στοιχεία βοηθούν στο να γίνει φιλικό ένα σύστημα, να έχει πιο εύκολη περιήγηση και καλύτερη συνολική εμπειρία. Για την ορθή όμως εισαγωγή δεδομένων, είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση των πιο γνωστών στοιχείων που μας επιτρέπει το web design, με τα οποία και μπορούν τα ιατρικά δεδομένα να περάσουν όσο πιο γρήγορα είναι εφικτό. Αυτά τα στοιχεία είναι:

CheckBoxes

Επιτρέπουν στο γιατρό γρήγορα να επιλέξει μεταξύ κατηγοριών και κατατάξει τον ασθενή σε συγκεκριμένες κατηγορίες. Η μορφή των checkboxes πρέπει να είναι ως εξής:

¹⁴ Components: <https://material.io/guidelines/components/list.html>

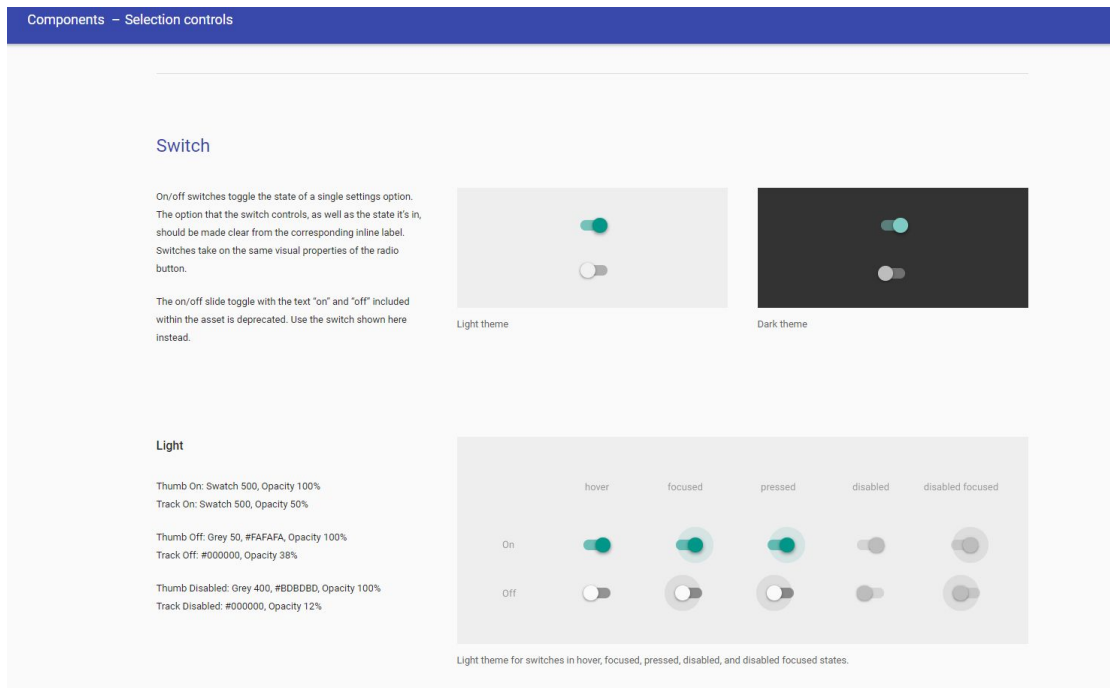


Εικόνα 5.9: Ορθός σχεδιασμός checkboxes¹⁵

Swithes

Σε περίπτωση επιλογής μεταξύ δύο επιλογών, ιδανικά για ταχύτητα είναι τα switches. Αυτά θα μπορούσαν να χρησιμεύουν παραδείγματος χάριν για την επιλογή φύλλου του ασθενή, όταν καταχωρείται το αρχικό του record.

Παραθέτουμε εδώ τη σωστή μορφή που πρέπει να έχει ένα switch:



¹⁵Checkboxes - <https://material.io/components/selection-controls/>

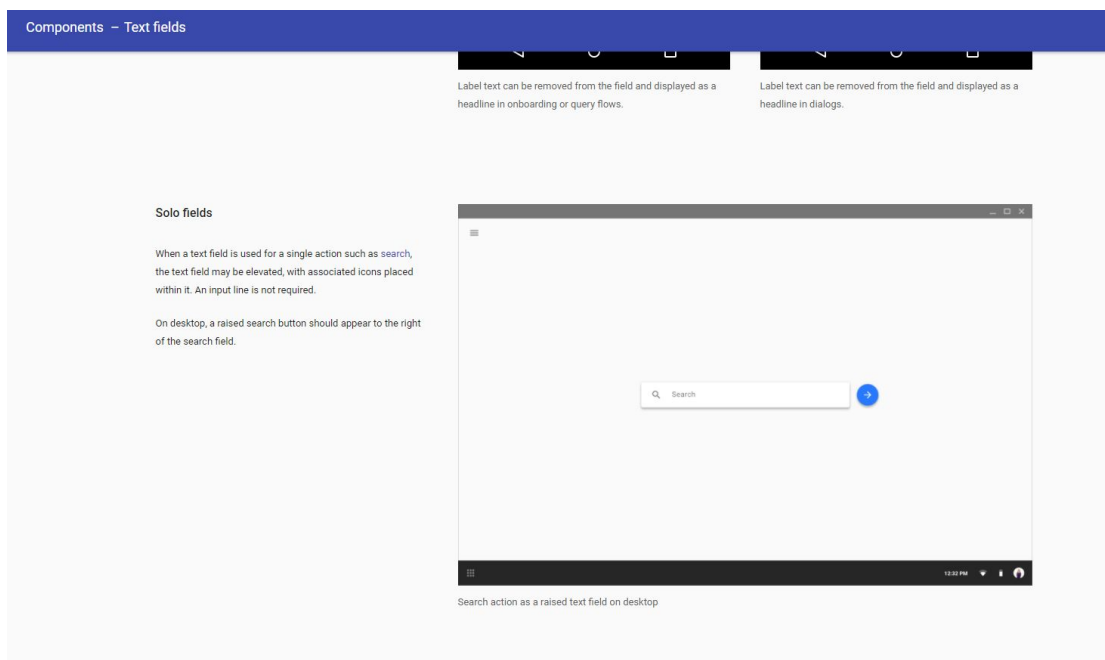
Εικόνα 5.10: Ορθός σχεδιασμός switches¹⁶

Φόρμες εισαγωγής

Τέλος, ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που επιτρέπουν την εισαγωγή δεδομένων είναι οι φόρμες εισαγωγής. Αυτές πρέπει να έχουν διαφορετικό χρώμα για να είναι ευκρινής η λειτουργία τους.

Σημαντικό είναι να γράφουν μάλιστα το σκοπό τους ή κάποιο παράδειγμα μέσα πριν γίνει η εισαγωγή, ώστε να είναι εύκολη η κατανόηση του περιεχομένου που αναμένει το σύστημα από αυτές.

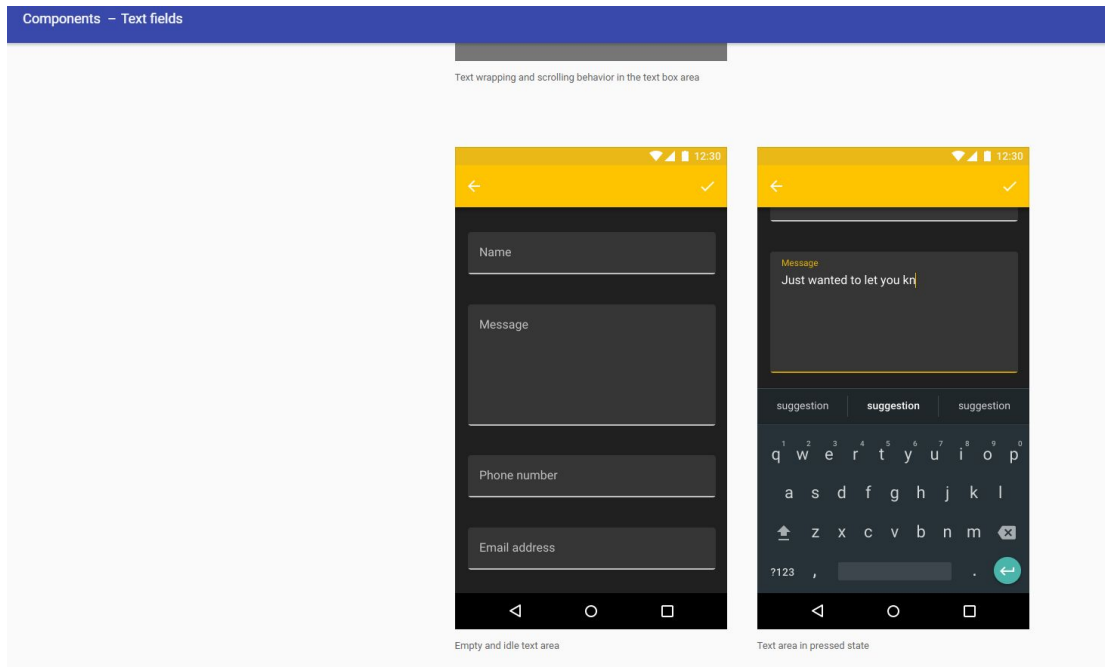
Παραθέτουμε εδώ τη σωστή μορφή που πρέπει να έχει μία φόρμα εισαγωγής¹⁷:



Εικόνα 5.11: Ορθός σχεδιασμός φόρμας εισαγωγής με ένα πεδίο

¹⁶ Switches - <https://material.io/components/selection-controls/>

¹⁷ Components: <https://material.io/guidelines/components/text-fields.html>



Εικόνα 5.12: Ορθός σχεδιασμός φόρμας εισαγωγής με πολλαπλά πεδία¹⁸

Μη Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Οποιοδήποτε προϊόν software σχεδιάζεται, πόσο μάλλον ένα που απευθύνεται σε ευρύ κοινό, πρέπει να πληρεί κάποια χαρακτηριστικά. Με βάση αυτά και με επίκεντρο την ιατρική κοινότητα πήραμε και εμείς όλες τις σχεδιαστικές αποφάσεις.

Ένα καλά σχεδιασμένο προϊόν είναι προσβάσιμο σε χρήστες όλων των δυνατοτήτων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων με χαμηλή όραση, τύφλωση, προβλήματα ακοής, γνωστικές διαταραχές ή κινητικές δυσλειτουργίες. Η βελτίωση της προσβασιμότητας του προϊόντος βελτιώνει την ευχρηστία για όλους τους χρήστες.

Τα ενσωματωμένα στοιχεία προσβασιμότητας του υλικού σχεδιασμού θα βοηθούν να φιλοξενήσουμε όλους τους χρήστες.

Βασικά στοιχεία είναι:

Ο Ευκρινής Σχεδιασμός:

¹⁸ Components: <https://material.io/guidelines/components/text-fields.html>

Βοηθούμε τους χρήστες να περιηγηθούν στην εφαρμογή σχεδιάζοντας σαφείς διατάξεις με ξεχωριστές προσκλήσεις για δράση. Κάθε πρόσθετο κουμπί, εικόνα και γραμμή κειμένου κάνουν την οθόνη πιο περίπλοκη. Απλοποιούμε το περιβάλλον χρήστη της εφαρμογής με:

- Σαφώς ορατά στοιχεία
- Επαρκής αντίθεση και μέγεθος
- Μια σαφής ιεραρχία της σημασίας
- Βασικές πληροφορίες διακριτές με μια ματιά

Επιλογές στοιχείων για συγκεκριμένο σκοπό:

Σχεδιάζουμε την εφαρμογή για να φιλοξενήσουμε διάφορους χρήστες. Ένας χρήστης μπορεί να έχει μικρή διάρκεια προσοχής, να είναι καινούργιος στο προϊόν ή να χρησιμοποιεί ένα πρόγραμμα ανάγνωσης οθόνης μόνο για κείμενο (ένα πρόγραμμα που χρησιμοποιεί σύνθεση ομιλίας για να διαβάσει κείμενα δυνατά ή κιναισθητικά χρησιμοποιώντας μια οθόνη braille). Η εφαρμογή θα διευκολύνει κάθε χρήστη να:

- Πλοηγηθεί: Δίνουμε εμπιστοσύνη στους χρήστες σχετικά με το πού βρίσκονται στην εφαρμογή σας και τι είναι σημαντικό.
- Κατανοήσει σημαντικά καθήκοντα: Ενισχύουμε σημαντικές πληροφορίες μέσω πολλαπλών οπτικών και κειμενικών σημείων. Χρησιμοποιούμε χρώμα, σχήμα, κείμενο και κίνηση για να επικοινωνήσουμε τι συμβαίνει.

5.6 HTML5 Audio Tag

Από τότε που κυκλοφόρησε η HTML5, υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης ήχων στα website και στις εφαρμογές με τη χρήση του “audio” tag [68], [69]. Προηγουμένως, για να μπορέσει να γίνει αναπαραγωγή ήχων στον browser, έπρεπε να χρησιμοποιηθεί ένα web plugin, με το πιο ευρέως γνωστό να είναι το Flash. Το audio tag είναι ένα inline στοιχείο της HTML το οποίο σημαίνει ότι δεν ξεκινάει σε new line και παίρνει μόνο όσο πλάτος χρειάζεται, σε αντίθεση με το block element, το οποίο ξεκινάει σε καινούρια γραμμή και καταλαμβάνει όσο πλάτος υπάρχει διαθέσιμο. Χρησιμοποιείται για την ενσωμάτωση αρχείων ήχου σε μία ιστοσελίδα.

Σύνταξη:

```
<audio>  
  <source src="sample.mp3" type="audio/mpeg">  
</audio>
```


Χαρακτηριστικά (Attributes):

1. **Controls:** Καθορίζει τι κουμπιά ελέγχου να εμφανιστούν μαζί με τον audio player.
2. **Autoplay:** Ορίζει ότι ο ήχος θα παίζει αυτόματα με το που ολοκληρωθεί η φόρτωση των κουμπιών ελέγχου.
3. **Loop:** Ορίζει εάν ο ήχος θα επαναλαμβάνεται συνεχώς.
4. **src:** Παίρνει την τιμή του URL του αρχείου ήχου.
5. **muted:** Ορίζει το αρχείο ήχου θα είναι σε σίγαση.

Υποστηριζόμενοι τύποι αρχείων ήχου:

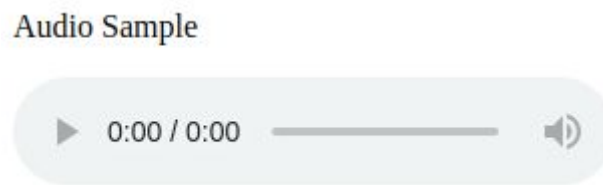
Πίνακας 5.2: Υποστηριζόμενοι τύποι αρχείων ήχου

Φυλλομετρητής	MP3	WAV	OGG
Google Chrome	Ναι	Ναι	Ναι
Internet Explorer	Ναι	Όχι	Όχι
Firefox	Ναι	Ναι	Ναι
Opera	Ναι	Ναι	Ναι
Safari	Ναι	Ναι	Όχι

Πρόσθεση ήχου σε ιστοσελίδα:

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<body>
  <p>Audio Sample</p>
  <audio controls>
    <source src="test.mp3" type="audio/mp3">
    <source src="test.ogg" type="audio/ogg">
  </audio>
</body>
</html>
```

Από το παραπάνω κομμάτι κώδικα, θα εμφανιστεί στον browser:



Εικόνα 5.13: Βασικός Audio Player¹⁹

Επεξήγηση κώδικα:

- Η λέξη *controls* χρησιμοποιείται για να εμφανιστούν στον audio player τα κουμπιά για την αναπαραγωγή του ήχου, την παύση και την ένταση.
- Τα στοιχεία *source* χρησιμοποιούνται για να υποδείξουν στον φυλλομετρητή τα αρχεία ήχου. Το πρώτο αρχείο που θα μπορέσει να αναγνωρίσει ο φυλλομετρητής, είναι και αυτό που θα χρησιμοποιήσει.

Άλλες δύο βασικές λειτουργίες του audio tag είναι το *muted* και το *autoplay*. Ο αντίστοιχος για την κάθε μία φαίνεται παρακάτω.

Αυτόματη Αναπαραγωγή (Autoplay):

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<body>
  <p>Audio Sample</p>
  <audio controls autoplay>
    <source src="test.mp3" type="audio/mp3">
    <source src="test.ogg" type="audio/ogg">
  </audio>
</body>
</html>
```

¹⁹ HTML Audio Tag - <https://www.geeksforgeeks.org/html5-audio/>

Σίγαση (Muted):

```
<!DOCTYPE html>
<html>

<body>

  <p>Audio Sample</p>

  <audio controls muted>
    <source src="test.mp3" type="audio/mp3">
    <source src="test.ogg" type="audio/ogg">
  </audio>

</body>

</html>
```

Μία σημαντική τιμή του audio στοιχείου είναι το *currentTime*. Το *currentTime* επιστρέφει μία τιμή κινητής υποδιαστολής ακρίβειας που υποδεικνύει το δευτερόλεπτο του αρχείου ήχου που ακούγεται. Αν δεν έχει τιμή, τότε σημαίνει ότι δεν έχει ξεκινήσει να παίζεται το αρχείο ήχου, οπότε αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί θέτοντας την τιμή που θέλει ο σχεδιαστής της ιστοσελίδας / εφαρμογής. Σημαντικό ρόλο παίζει και το χρονικό πλαίσιο που έχει το εκάστοτε αρχείο ήχου, το οποίο δεν είναι απαραίτητα ίσο με το μηδέν. Για το λόγο αυτό, υπάρχει η μέθοδος *getStartDate()*, επιστρέφει την αρχική τιμή του χρονικού πλαισίου αναφοράς του αρχείου ήχου.

Παράδειγμα κώδικα που αξιοποιεί την τιμή *currentTime*:

```
var aud = document.getElementById("myAudio");
aud.currentTime = 5;
```

5.7 Web Audio API

Από τα πιο σημαντικά κομμάτια της εφαρμογής είναι προφανώς η αναπαραγωγή στον χρήστη συγκεκριμένων νοτών που επιλέγει κάθε φορά η πλατφόρμα. Αυτό το επιτυγχάνει η εφαρμογή αξιοποιώντας το Web Audio API του browser [68]. Το Web Audio API είναι ένα υψηλού επιπέδου javascript API για επεξεργασία και σύνθεση ήχου σε εφαρμογές διαδικτύου. Συγκεκριμένα, το Web Audio API παρέχει ένα δυνατό και ευέλικτο σύστημα για

τον έλεγχο ήχου στο Διαδίκτυο επιτρέποντας στους developers να επιλέξουν πηγές ήχου, να προσθέσουν ειδικά εφέ, να δημιουργήσουν ακουστικές οπτικοποιήσεις και άλλες πολλές εξειδικευμένες λειτουργίες.

5.7.1 Έννοιες και χρήση του Web Audio²⁰

Για να μπορέσει να χρησιμοποιήσει μία εφαρμογή το Web Audio API, το πρώτο βήμα που χρειάζεται να κάνει είναι να ορίσει ένα Audio Context. Μέσα σε αυτό το Audio Context γίνονται όλες οι ενέργειες σχετικά με τον ήχο και είναι σχεδιασμένο να επιτρέπει *modular routing*. Modular Routing σημαίνει ουσιαστικά ότι ο προγραμματιστής δημιουργεί έναν γράφο από *audio nodes*, όπου ο κάθε κόμβος από αυτούς έχει input και output. Το output του κόμβου είναι συνάρτηση του input κατά τον τρόπο που θα ορίσει ο προγραμματιστής για τον κάθε κόμβο. Επομένως μέσα στο ίδιο audio context έχει τη δυνατότητα ο προγραμματιστής να ορίσει σύνθετες επεξεργασίες πάνω σε αρχεία ήχων, τα οποία είναι στην ουσία ένα μονοπάτι του γράφου που αναφέρθηκε προηγουμένως.

Τυπικά η διαδικασία για τη χρήση του API είναι τα παρακάτω βήματα:

1. Δημιουργία Audio Context

Κώδικας - παράδειγμα για δημιουργία Audio Context:

```
var context;
window.addEventListener('load', init, false);
function init() {
  try {
    // Fix up for prefixing
    window.AudioContext =
window.AudioContext || window.webkitAudioContext;
    context = new AudioContext();
  }
  catch(e) {
    alert('Web Audio API is not supported in this browser');
  }
}
```

2. Μέσα στο context δημιουργούμε πηγές ήχου όπως <audio>, oscillator, stream, ή μπορούμε να τις αποκτήσουμε από κάποιο url. Παράδειγμα φόρτωσης ήχου από συγκεκριμένο url:

²⁰Web Audio Usage - <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML/Element/audio>

```

var dogBarkingBuffer = null;
// Fix up prefixing
window.AudioContext      =      window.AudioContext      ||
window.webkitAudioContext;
var context = new AudioContext();

function loadDogSound(url) {
  var request = new XMLHttpRequest();
  request.open('GET', url, true);
  request.responseType = 'arraybuffer';

  // Decode asynchronously
  request.onload = function() {
    context.decodeAudioData(request.response, function(buffer) {
      dogBarkingBuffer = buffer;
    }, onError);
  }
  request.send();
}

```

Στο παραπάνω παράδειγμα το αρχείο ήχου είναι δυαδικό (όχι κείμενο) και για αυτόν τον λόγο θέτουμε το responseType του request σε 'arraybuffer'. Μόλις ληφθεί το κωδικοποιημένο αρχείο ήχου, μπορεί να κρατηθεί και να γίνει η αποκωδικοποίηση του αργότερα, ή μπορεί να γίνει αμέσως, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του Audio Context, `decodeAudioData()`.

3. Δημιουργία κόμβων για περαιτέρω επεξεργασία του ήχου.
4. Επιλογή τελικού προορισμού του ήχου (για παράδειγμα τα ηχεία του εκάστοτε υπολογιστή)
5. Ένωση όλων των κόμβων μεταξύ τους για τη δημιουργία του τελικού γράφου.

Κεφάλαιο 6 Εφαρμογή και Αξιολόγηση του συστήματος

6.1 Σενάρια Χρήσης - Use Cases

Σε αυτό το σημείο δείχνουμε την ανάλυση όλων των οθονών της προτεινόμενης υλοποίησης. Ο σχεδιασμός τους έγινε με βάση τα λειτουργικά χαρακτηριστικά κάθε οθόνης αναδεικνύοντας το τι θέλουμε να πετύχουμε, ακολουθώντας τις επιλογές του Κεφαλαίου 5. Επίσης φαίνονται ξεκάθαρα οι σχεδιαστικές επιλογές που αναλύσαμε στο Κεφάλαιο 5, που σκοπό έχουν τη δημιουργία ενός φιλικού προς το χρήστη σύστημα με γρήγορα UX. Οι οθόνες έχουν υλοποιηθεί πλήρως με τη χρήση τεχνολογιών HTML5, CSS3 και Javascript και συγκεκριμένα τη δημοφιλή βιβλιοθήκη React.js.

Μπορείτε να βρείτε τον πηγαίο τους κώδικα στο παράρτημα.

The image shows a sign-up form for the 'Acoustic Training Platform'. At the top center is a red circular icon with a white padlock. Below it, the text 'Acoustic Training Platform' is centered, followed by 'Sign up' in a smaller font. The form consists of four input fields: 'First Name *' (with a vertical cursor), 'Last Name *', 'Email Address *', and 'Password *'. Below these fields is a prominent blue button with the text 'SIGN UP' in white. Underneath the button is a link that says 'Already have an account? Sign in'. At the very bottom of the form area, there is a small copyright notice: 'Copyright © Dictinterval 2019.'

Εικόνα 6.1: Σελίδα του συστήματος για χρήστη που την επισκέπτεται για πρώτη φορά (εφόσον βρίσκεται η πλατφόρμα στο cloud)

The image shows a sign-up form for the Acoustic Training Platform. At the top center is a red circular icon with a white padlock. Below it, the text "Acoustic Training Platform" and "Sign up" are centered. The form contains four input fields: "First Name *" with the value "John", "Last Name *" with the value "Doe", "Email Address *" with the value "johndoe@gmail.com", and "Password *" with masked characters ".....". A blue "SIGN UP" button is positioned below the password field. At the bottom of the form, there is a link that says "Already have an account? Sign in". The footer of the form reads "Copyright © Dictinterval 2019."

Εικόνα 6.2: Συμπλήρωση στοιχείων χρήστη για εγγραφή.

Άξιο αναφοράς σε αυτή τη σελίδα είναι η επιλογή της διάταξης του συστήματος. Παραθέτουμε εδώ πέρα την εμφάνιση της σελίδας εισαγωγής στο σύστημα της δημοφιλέστερης mobile και web πλατφόρμας για το 2019 instagram:

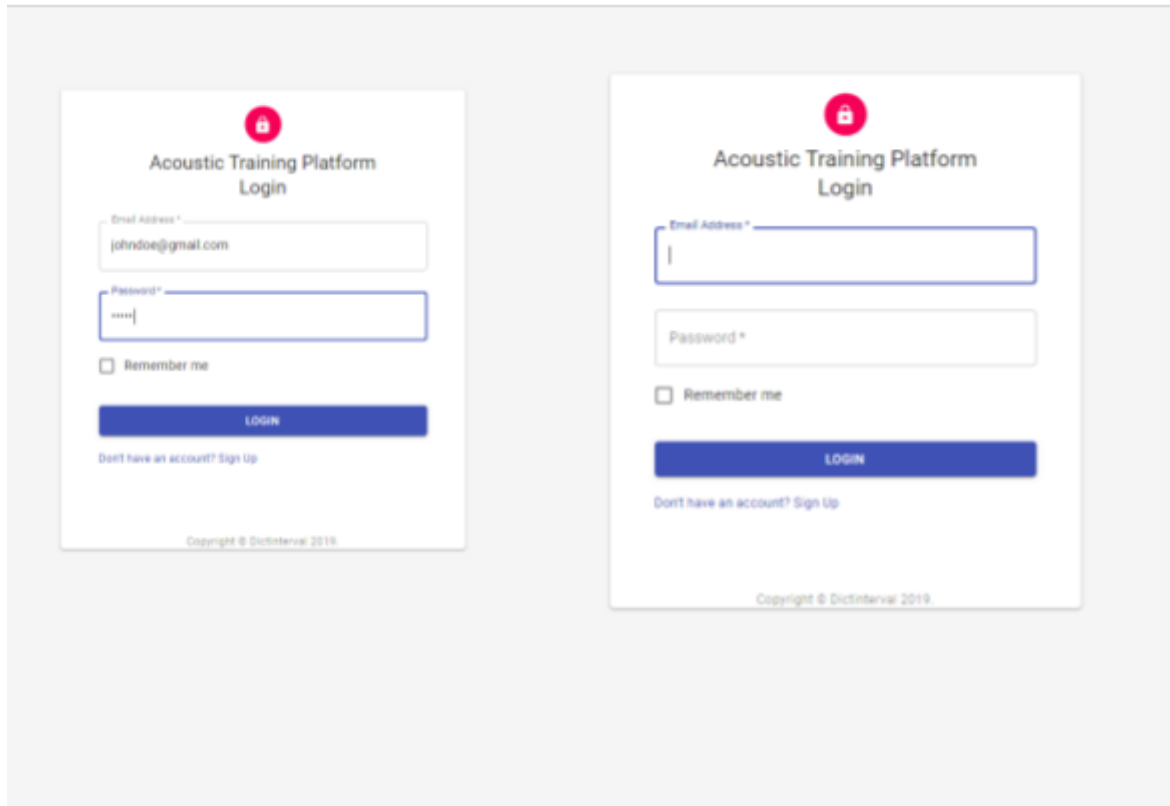
Εικόνα 6.3: Σελίδα για τη συμπλήρωση στοιχείων χρήστη για εγγραφή της εφαρμογής Instagram.²¹

Παρατηρούμε ότι και η σελίδα του Instagram και της πλατφόρμας της ακουστικής εκπαίδευσης έχουν μινιμαλιστικό design, παρουσιάζεται μόνο όση πληροφορία είναι απαραίτητη, έχει ξεκάθαρο τίτλο και κουμπιά για εγγραφή. Ο λόγος που επιλέχθηκε το UI/UX του Instagram σαν πρότυπο (και όχι κάποιας άλλης πετυχημένης εφαρμογής) είναι το γεγονός ότι οι χρήστες της ακουστικής πλατφόρμας θα είναι κατά βάση μαθητές, από τους οποίους η πλειοψηφία χρησιμοποιεί smartphone και το Instagram, επομένως θα είναι ήδη εξοικειωμένοι με το συγκεκριμένο layout.

Αυτό είναι χαρακτηριστικό του σκεπτικού με το οποίο πρέπει να σχεδιάζεται ένα σύγχρονο σύστημα. Ο λόγος είναι ότι οι χρήστες είναι πλήρως εξοικειωμένοι με τα παραπάνω UI/UX. Με αυτόν τον τρόπο μειώνουμε σε μεγάλο βαθμό το χρόνο εκπαίδευσης των χρηστών και αυξάνουμε τη λειτουργικότητα και την επαγγελματική εμφάνιση που πρέπει να έχει ένα τέτοιο σύστημα.

²¹ Instagram responsive Landing Page - www.instagram.com

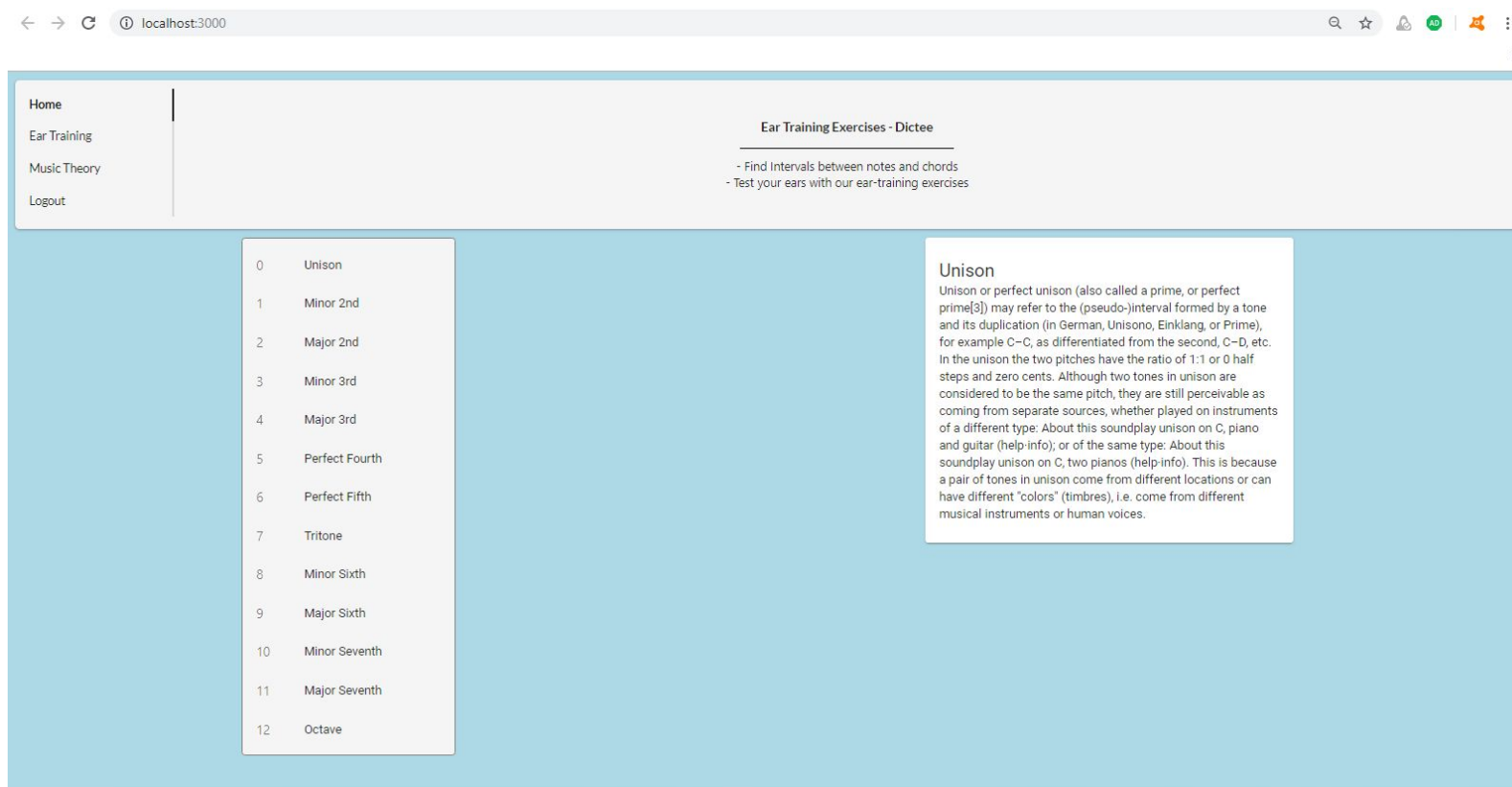
Ο χρήστης για να κάνει την εγγραφή συμπληρώνει τα στοιχεία του και πατώντας το κουμπί Sign Up οδηγείται στην αρχική οθόνη της εφαρμογής. Κάθε άλλη φορά που θα επιθυμεί να συνδεθεί στην εφαρμογή θα ανοίγει την σελίδα Login η οποία φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 6.4: Αριστερά φαίνεται συμπληρωμένη η φόρμα για Login ενώ δεξιά φαίνεται η γενική σελίδα για Login

Αρχική Σελίδα

Αφότου λοιπόν συνδεθεί ο χρήστης, μεταβαίνει στην αρχική σελίδα της εφαρμογής η οποία φαίνεται παρακάτω:

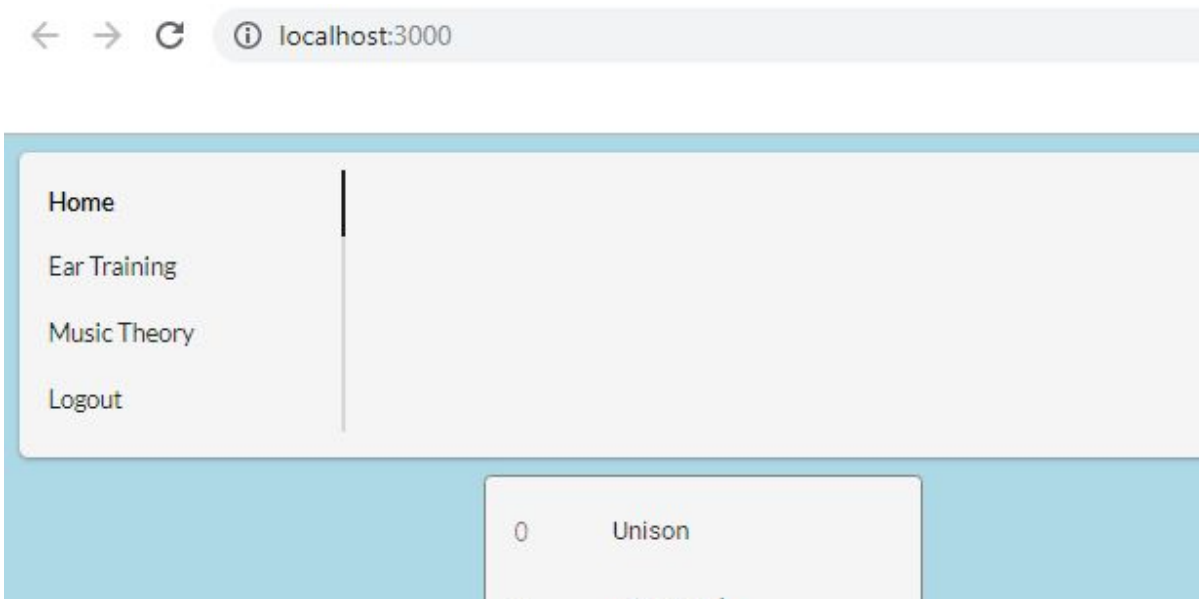


Εικόνα 6.5: Overview της αρχικής σελίδας της πλατφόρμας

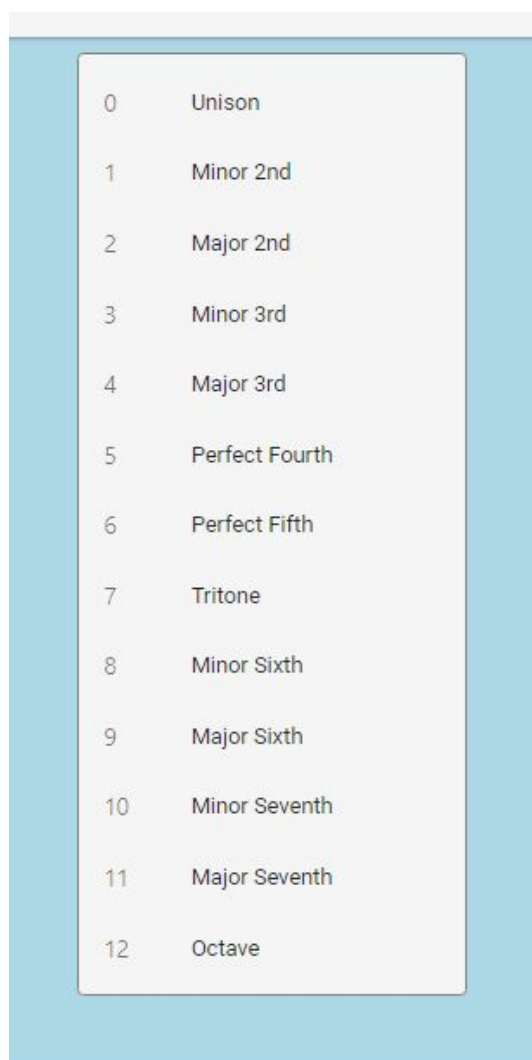
Σημαντικά τμήματα στην αρχική σελίδα είναι:

- Το μενού της εφαρμογής, το οποίο φαίνεται σε όλες τις σελίδες που επισκέπτονται οι συνδεδεμένοι χρήστες.
- Κάποιες βασικές πληροφορίες για το τι είναι η εφαρμογή στο κέντρο του μενού.
- Λίστα με όλα τα μουσικά διαστήματα που υπάρχουν στην ύλη, στα οποία με κλικ ο χρήστης μπορεί να δει πληροφορίες για το συγκεκριμένο διάστημα
- Ξεκάθαρο τμήμα στο οποίο αναγράφονται οι πληροφορίες του επιλεγμένου διαστήματος

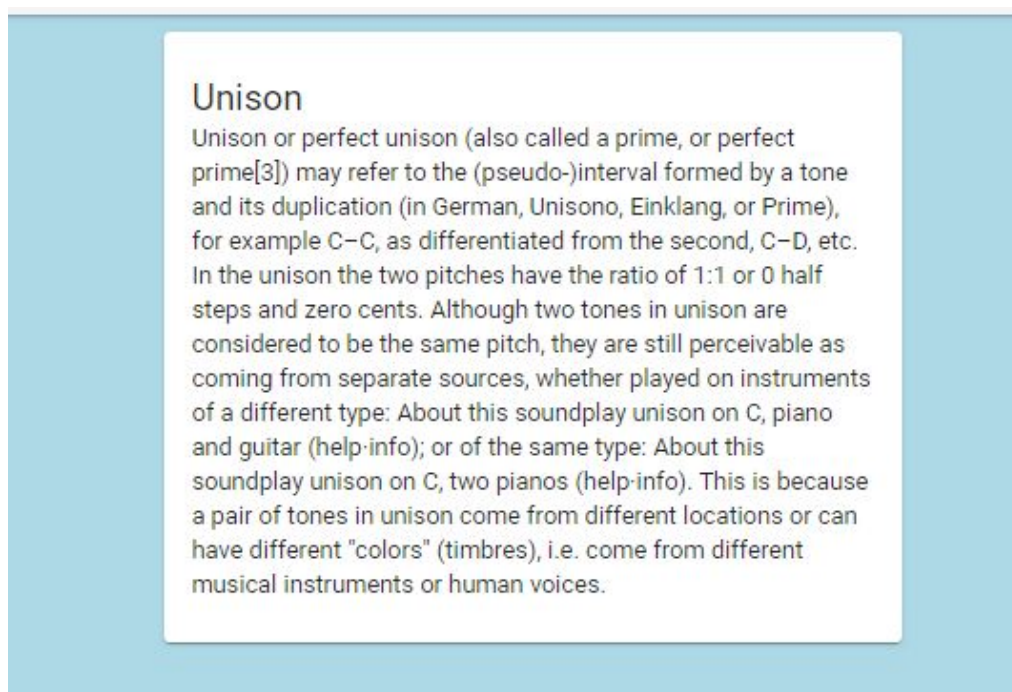
Παρακάτω βλέπουμε καλύτερα τα συγκεκριμένα τμήματα:



Εικόνα 6.6: Μενου της αρχικής σελίδας της πλατφόρμας

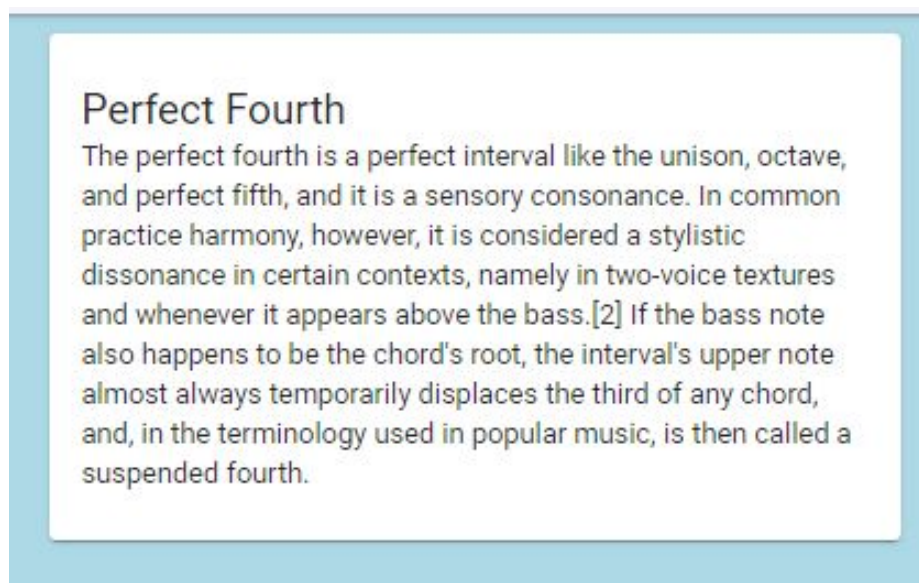


Εικόνα 6.7: Λίστα με όλα τα πιθανά μουσικά διαστήματα



Εικόνα 6.8: Πληροφορίες για το επιλεγμένο μουσικό διάστημα

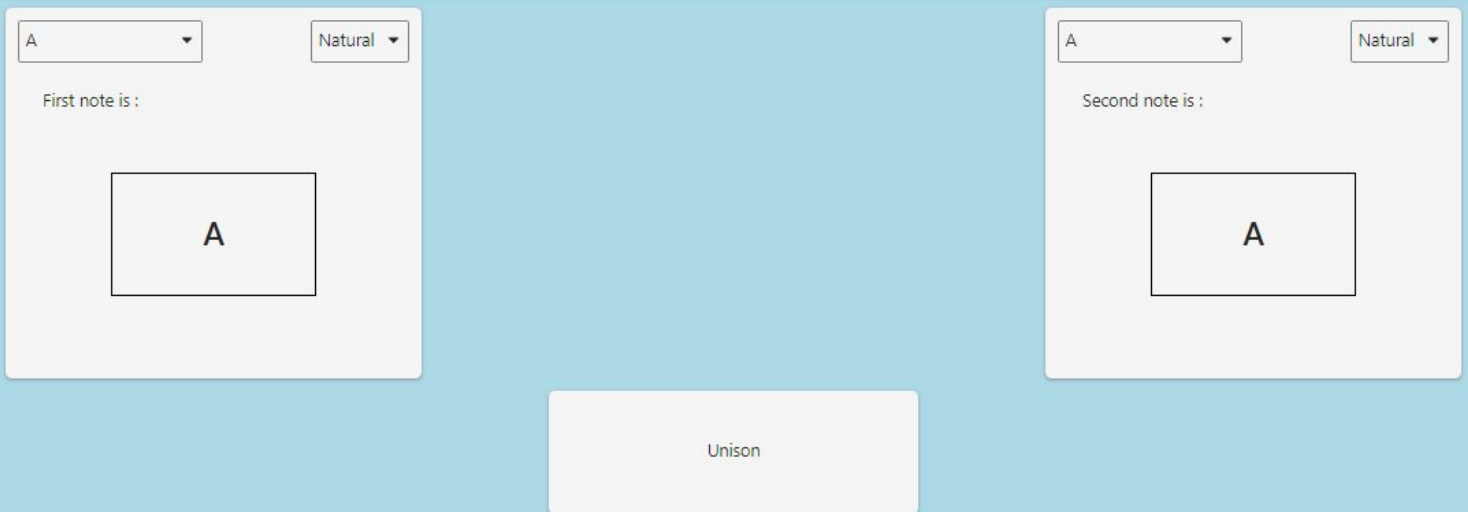
Η σελίδα ξεκινάει την πρώτη φορά που θα εισέλθει ο χρήστης με επιλεγμένο το Unison διάστημα, που είναι στην ουσία το μηδενικό ή αλλιώς η ταυτοφωνία. Επιλέγοντας ο χρήστης κάποιο άλλο διάστημα, για παράδειγμα το διάστημα τέταρτης καθαρής αλλάζει άμεσα η πληροφορία που δείχνει το παραπάνω section:



Εικόνα 6.9: Πληροφορίες για το επιλεγμένο μουσικό διάστημα

Music Theory σελίδα

Επιλέγοντας στο μενού ο χρήστης την καρτέλα Music Theory, μεταβαίνει στη σελίδα η οποία έχει το εργαλείο εύρεσης διαστήματος μεταξύ δύο νοτών που επιλέγει ο χρήστης. Παρακάτω φαίνεται η το βασικό τμήμα της σελίδας (παραλείπεται το μενού στην κορυφή που όπως αναφέρθηκε προηγουμένως είναι ίδιο):

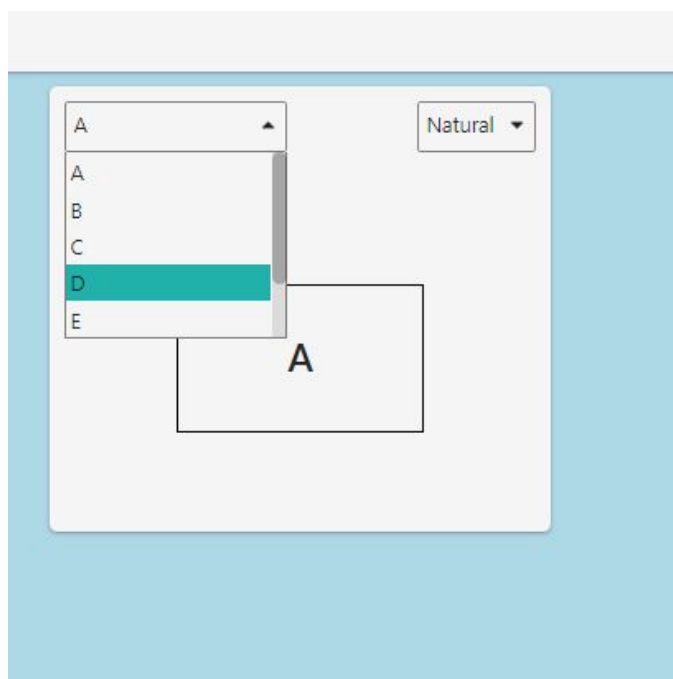


Εικόνα 6.10: Το layout της σελίδας με το εργαλείο εύρεσης διαστημάτων

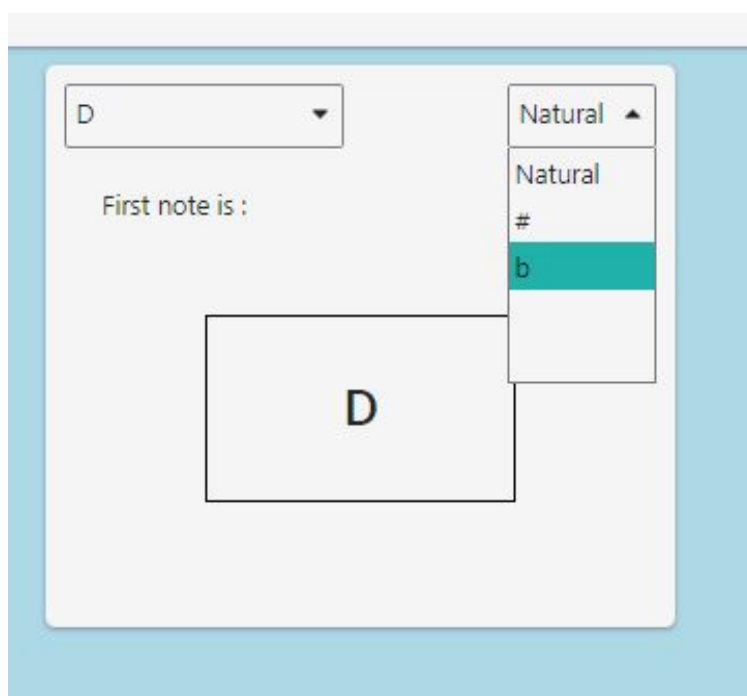
Η οθόνη στην ουσία αποτελείται από δύο στοιχεία:

- Από δύο επιλογείς, στους οποίους ο χρήστης επιλέγει τις δύο νότες που επιθυμεί να βρει το διάστημα μεταξύ τους. Για να επιλέξει ο χρήστης νότες και τον οπλισμό τους (εάν έχουν), υπάρχουν δύο *Dropdown Menus*.
- **Σημαντικό** να σημειωθεί είναι ότι στον πρώτο επιλογέα, ο χρήστης πρέπει να επιλέξει την πιο μπάσα από τις δύο νότες που θέλει να συγκρίνει.
- Το κουτί στο κέντρο εμφανίζει το διάστημα μεταξύ των δύο νοτών που έχει επιλέξει ο χρήστης. Το διάστημα υπολογίζεται αμέσως για κάθε αλλαγή κάνει ο χρήστης στην νότα ή στον οπλισμό.

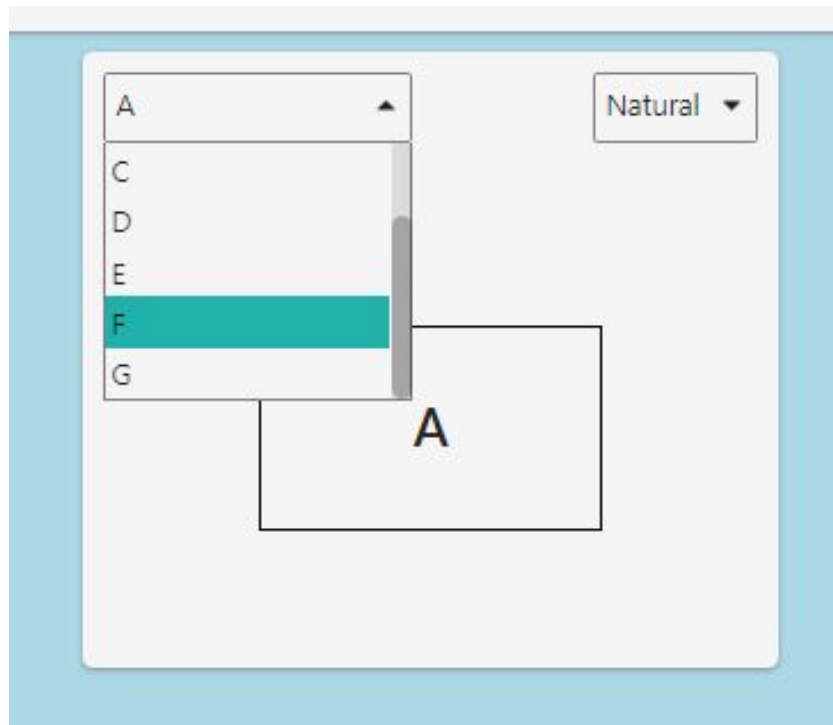
Παρακάτω βλέπουμε εικόνες από ένα σενάριο χρήσης στο οποίο ο χρήστης εισάγει δύο νότες για να βρει το διάστημα μεταξύ τους:



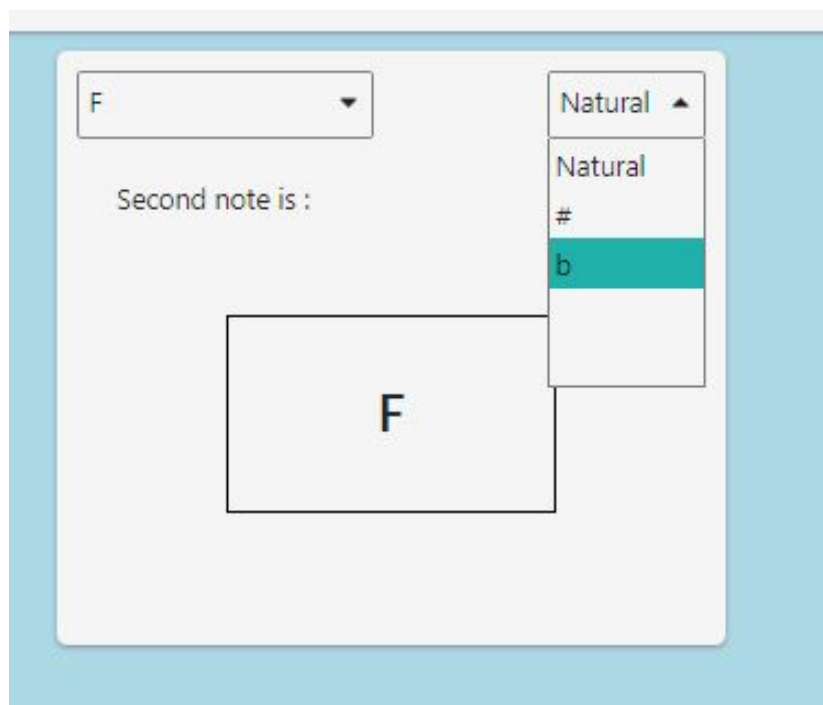
Εικόνα 6.11: Επιλογή της πρώτης νότας, στην περίπτωση μας η D (Ρε)



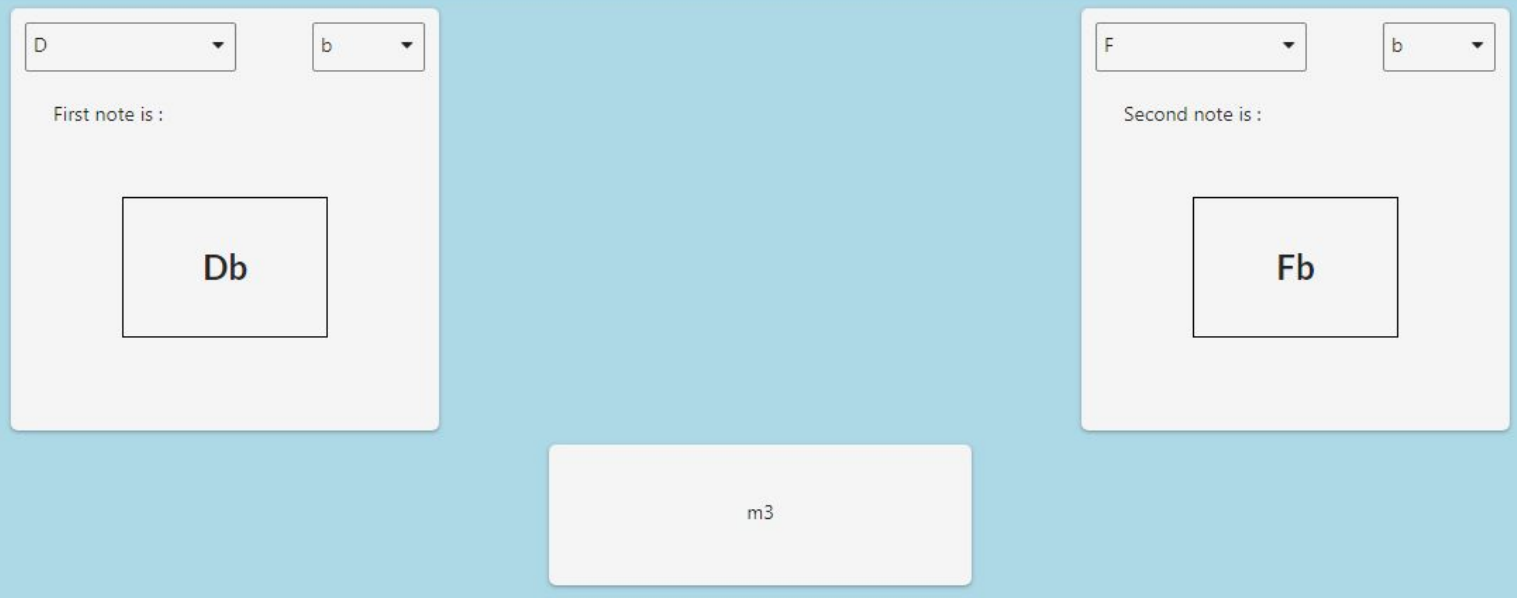
Εικόνα 6.12: Επιλογή του σπλισμού της πρώτης νότας, στην περίπτωση μας ύφεση b



Εικόνα 6.13: Επιλογή της δεύτερης νότας, στην περίπτωση μας F (Φα)



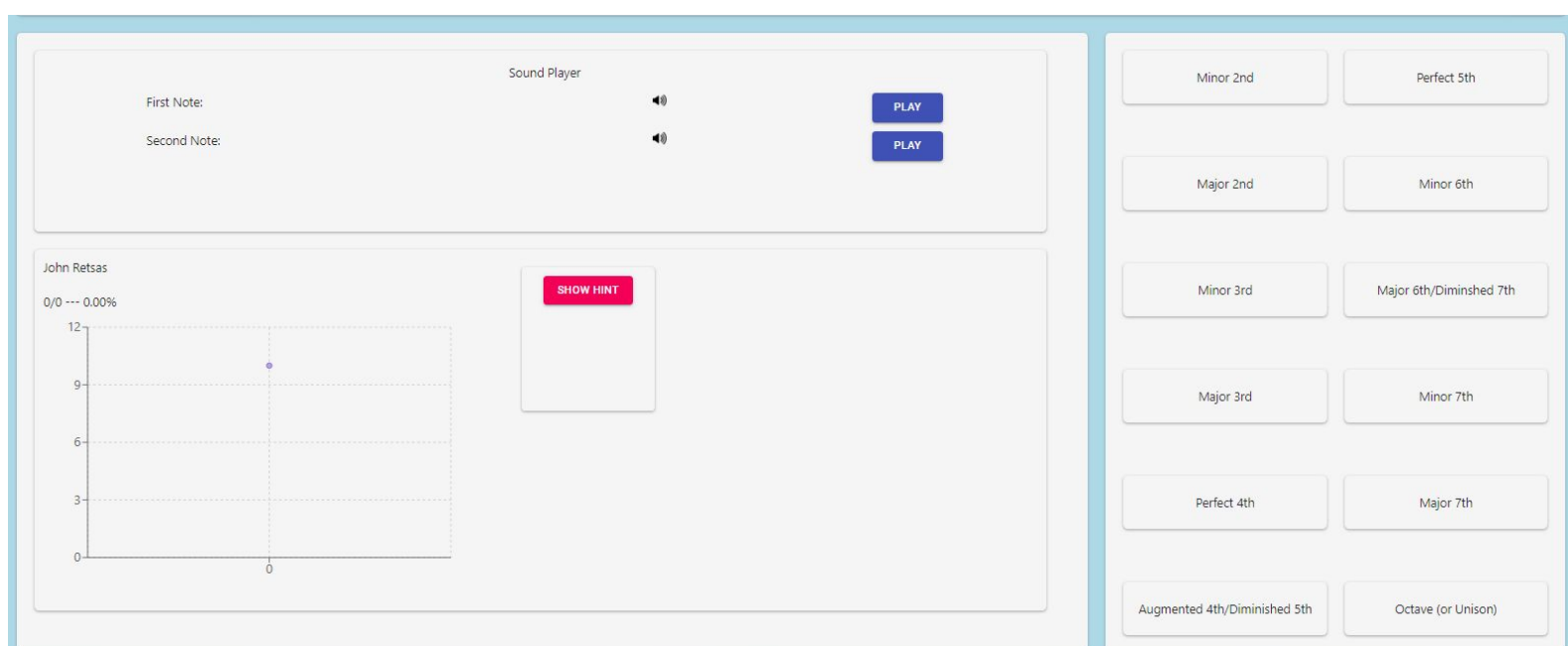
Εικόνα 6.14: Επιλογή του οπλισμού της δεύτερης νότας, στην περίπτωση μας ύφεση b



Εικόνα 6.15: Υπολογισμός του διαστήματος μεταξύ των δύο νοτών στην περίπτωση μας m3 (ή αλλιώς διάστημα τρίτης μικρής)

Σελίδα Ear Training

Επιλέγοντας στο μενού ο χρήστης την καρτέλα Ear Training, μεταβαίνει στη σελίδα η οποία έχει την πλατφόρμα ακουστικής εκπαίδευσης, μέσω της οποίας εκπαιδούνται οι μαθητές στην εύρεση του διαστήματος μεταξύ δύο νοτών μόνο με το άκουσμα τους. Παρακάτω φαίνεται η το βασικό τμήμα της σελίδας (παραλείπεται το μενού στην κορυφή που όπως αναφέρθηκε προηγουμένως είναι ίδιο):

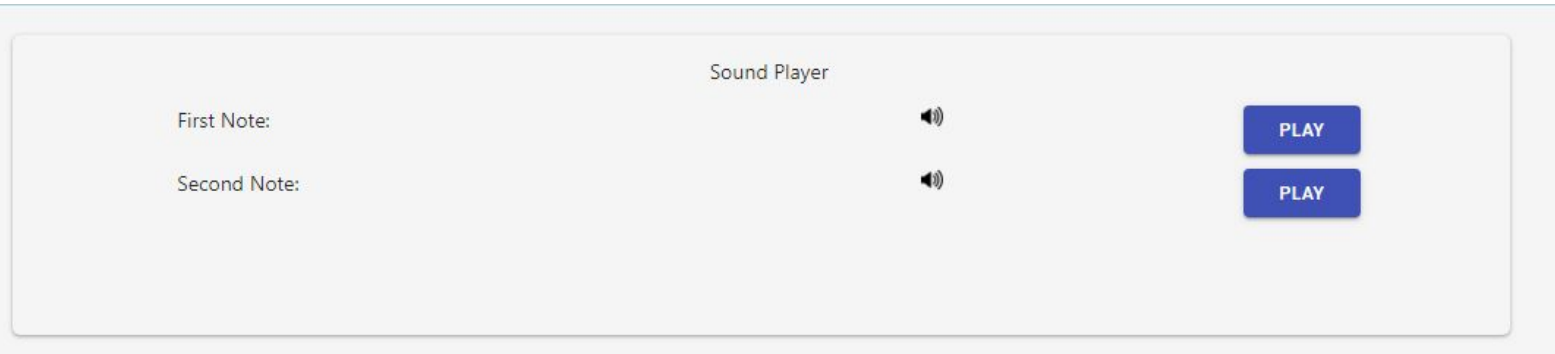


Εικόνα 6.16: Σελίδα Ακουστικής Εκπαίδευσης - Dictée

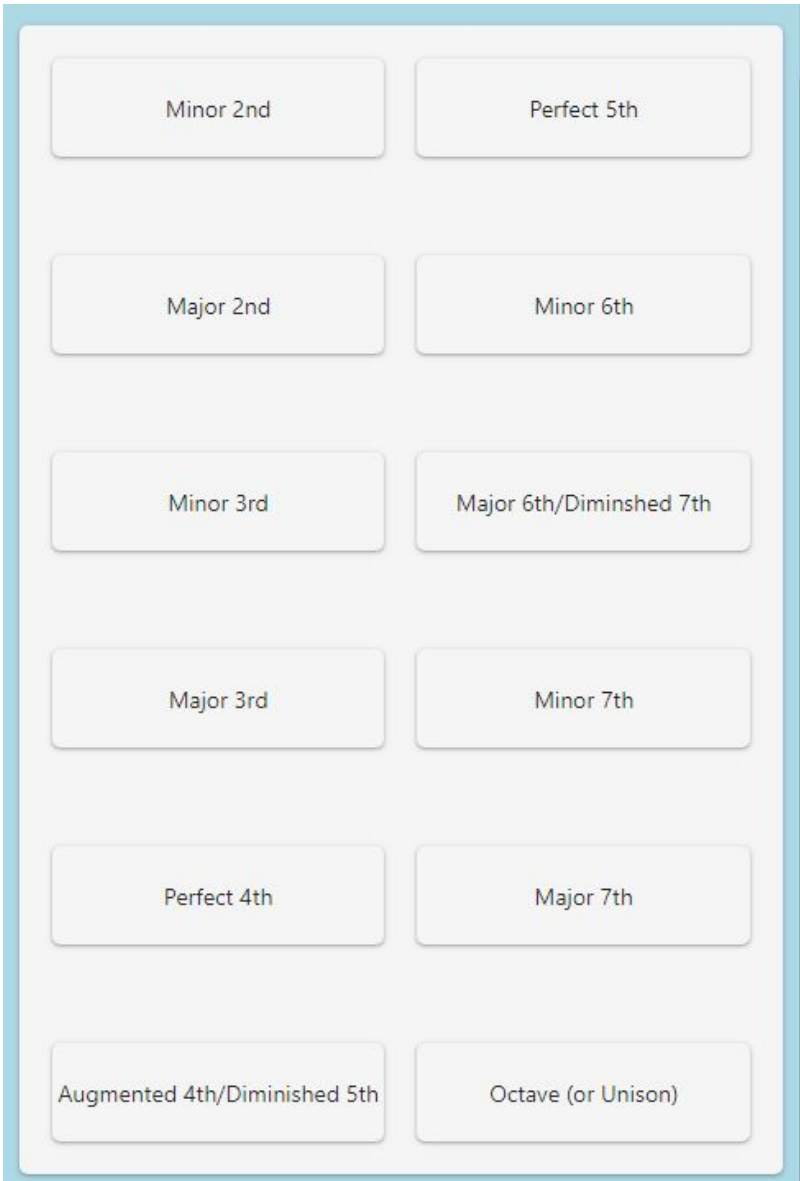
Η οθόνη στην ουσία αποτελείται από τρία μέρη:

- Το κομμάτι που είναι ο Soundplayer και παρέχει τη δυνατότητα αναπαραγωγής των νοτών όσες φορές επιθυμεί ο χρήστης για να καταλάβει το διάστημα μεταξύ τους
- Το κομμάτι που παρουσιάζει έναν γράφο ο οποίος αναπαριστά την πορεία του χρήστη βασισμένο στο ποσοστό των πετυχημένων προσπαθειών και των συνολικών προσπαθειών του χρήστη. Επίσης το κομμάτι αυτό παρέχει τη δυνατότητα στον χρήστη να πατήσει ένα κουμπί το οποίο θα του υποδείξει το εκάστοτε διάστημα που ακούει στον συγκεκριμένο γύρο.
- Το κομμάτι που αποτελεί την παλέττα με κουμπί για κάθε δυνατό μουσικό διάστημα. Ο χρήστης για να επιλέξει απάντηση κάνει κλικ στην επιλογή που πιστεύει και εάν είναι σωστή η επιλογή το κουμπί γίνεται πράσινο και η πλατφόρμα παράγει νέο διάστημα και το αναπαράγει να το ακούσει ο χρήστης. Εάν είναι λάθος το κουμπί γίνεται κόκκινο. Κάθε επιλογή του χρήστη, είτε είναι σωστή είτε είναι λάθος, η πλατφόρμα την καταγράφει και αλλάζει ανάλογα ο γράφος για να δείχνει την πορεία του χρήστη.

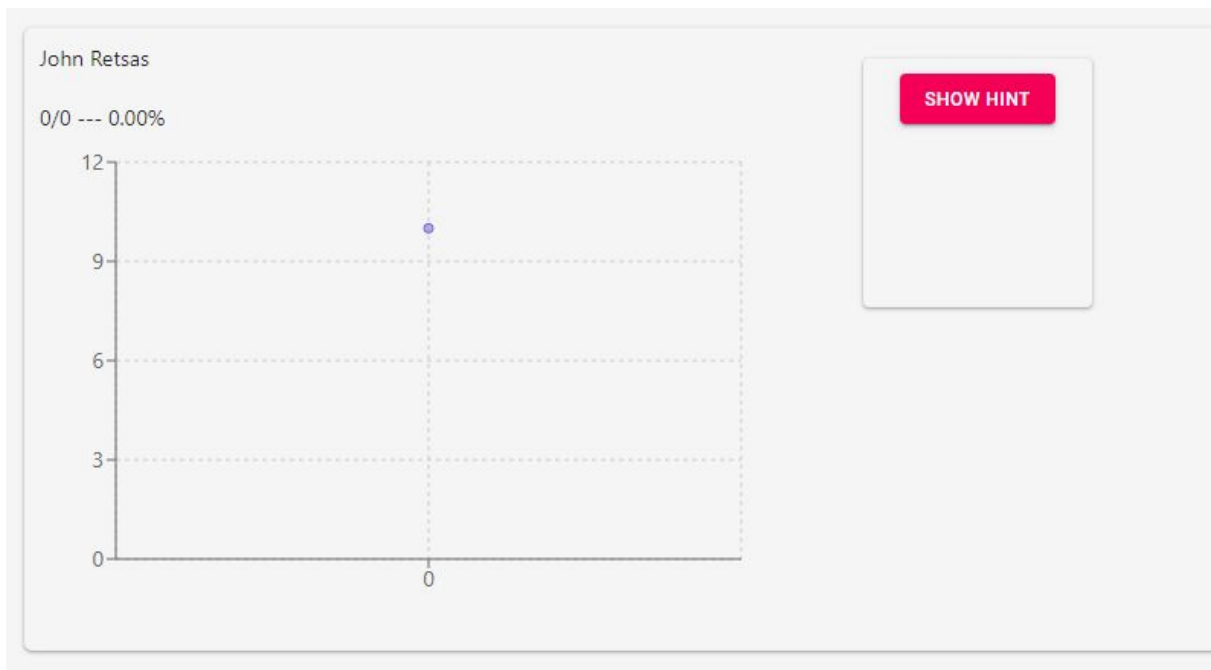
Παρακάτω βλέπουμε εικόνες από ένα σενάριο χρήσης της πλατφόρμας για ένα δεδομένο διάστημα:



Εικόνα 6.17: Διεπαφή του soundplayer με ξεκάθαρα κουμπιά για αναπαραγωγή της κάθε νότας



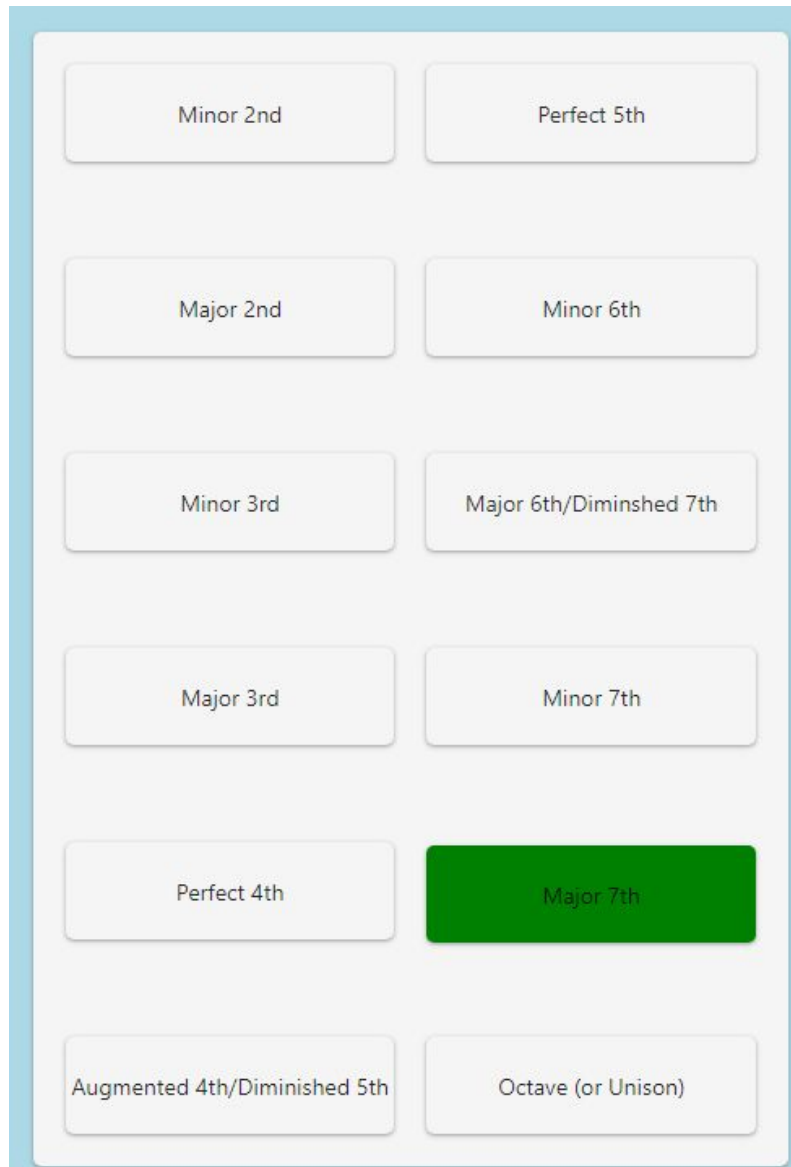
Εικόνα 6.18: Παλέττα με όλες τις δυνατές επιλογές διαστημάτων



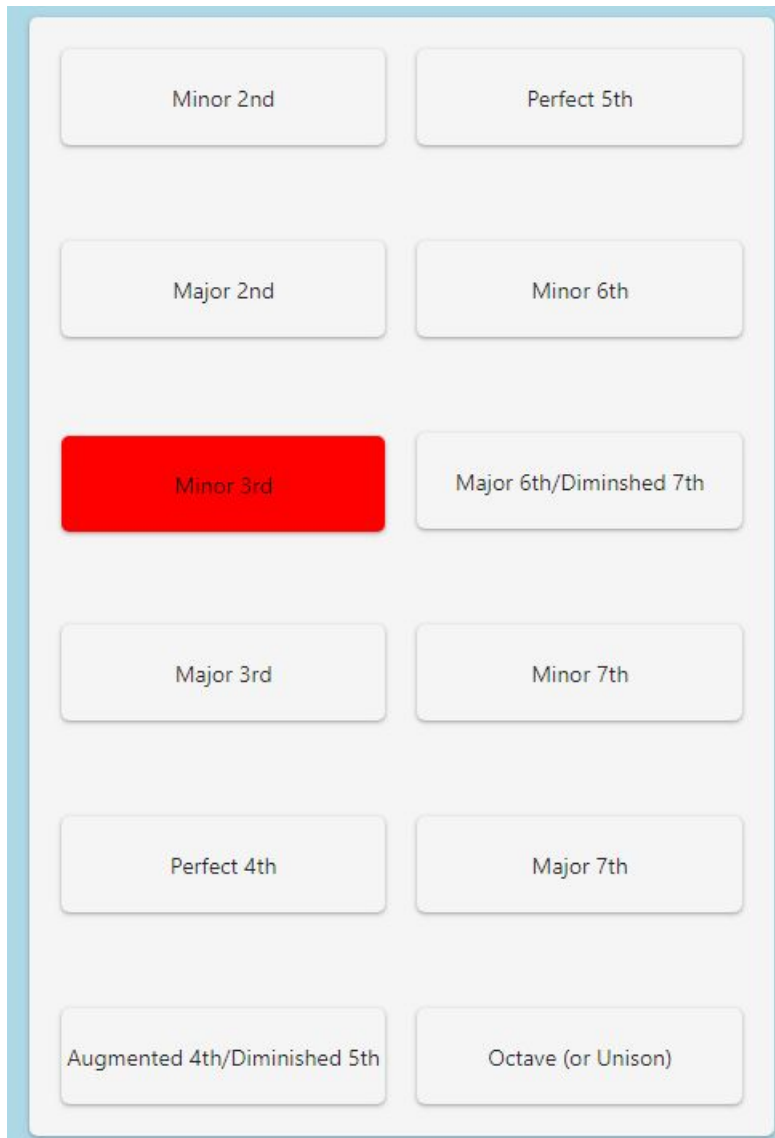
Εικόνα 6.19: Γράφος προόδου σε αρχική κατάσταση



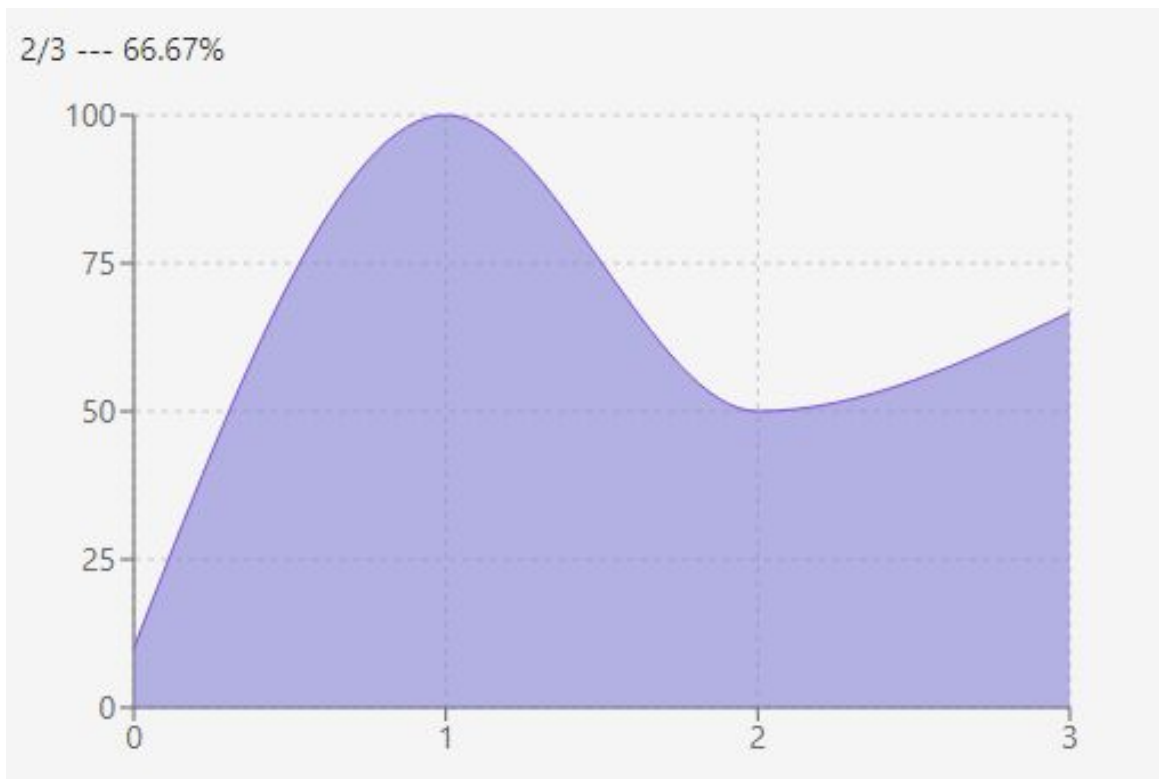
Εικόνα 6.20: Υπόδειξη διαστήματος (αφότου πάτησε το κουμπί ο χρήστης)



Εικόνα 6.21: Σωστή επιλογή διαστήματος από τον χρήστη



Εικόνα 6.22: Λάθος επιλογή διαστήματος από τον χρήστη



Εικόνα 6.23: Γράφος της πορείας του χρήστη που ανανεώνεται με κάθε νέα προσπάθεια, είτε λάθος, είτε σωστή

Κεφάλαιο 7 Επίλογος

7.1 Σύνοψη και συμπεράσματα

Όπως είδαμε η επίδραση της ακουστικής εκπαίδευσης στις νοητικές ικανότητες των ανθρώπων και συγκεκριμένα των νέων, έχει αρχίσει και μελετάται πιο έντονα από την επιστημονική κοινότητα. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν ως επί το πλείστον είναι θετικά το οποίο υποδεικνύει ότι όντως υπάρχει συσχετισμός μεταξύ της μουσικής εκπαίδευσης και την ανάπτυξη του ανθρώπινου εγκεφάλου. Το γεγονός αυτό σημαίνει παράλληλα ότι οι ερευνητές δεν έχουν λόγο να μειώσουν τις προσπάθειές τους, αντιθέτως, τους παροτρύνει και βοηθάει να σχεδιάσουν πιο στοχευμένα τεστ και διαφορετικού είδους έτσι ώστε να εμβαθύνουν περισσότερο στην κατεύθυνση αυτή. Μια πλατφόρμα διαδικτυακή η οποία παρέχει ακουστική εκπαίδευση και παράλληλα καταγράφει στατιστικά μόνο να προσφέρει μπορεί στην προσπάθεια των μελών του ακαδημαϊκού χώρου να μελετήσει τη συσχέτιση της ακουστικής εκπαίδευσης και των διανοητικών ικανοτήτων. Θεωρούμε πως είναι απαραίτητα η υλοποίηση του τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο, όσο και στο χώρο της παιδείας στην Ελλάδα. Χρειάζεται όμως πριν υλοποιηθεί να μελετηθούν όλα τα κομμάτια σωστά και το σύστημα να είναι πλήρες.

Τα βασικά στοιχεία τα οποία εντοπίζουμε και θεωρούμε πως χρήζουν άμεση προσοχής είναι:

- δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος, το οποίο να έχει τη δυνατότητα διαλειτουργικότητας και με τα άλλα συστήματα, ώστε να είναι ομαλή η μετάβαση σε κατανεμημένα συστήματα πληροφορίας,
- απαραίτητο τεχνικά και για την εξυπηρέτηση των παραπάνω, είναι να χρησιμοποιηθεί η τελευταία τεχνολογία. Για αυτό θεωρούμε απαραίτητο αυτό το σύστημα να υλοποιηθεί στο cloud με τα πιο σύγχρονα εργαλεία.
- στο πλαίσιο της σύγχρονης τεχνολογίας, πρέπει να δοθεί μεγάλη έμφαση στο σχεδιασμό της εφαρμογής, καθώς ένα φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον θα εξασφαλίσει τη μεγάλη χρήση,
- σχεδιασμός αρχιτεκτονικής οι οποία θα περιλαμβάνει μέσα όλους τους φορείς παιδείας και τους εμπλεκόμενους.

Σημαντικό ρόλο θα παίξει και η αρωγή των επιστημόνων που μελετάνε τη συσχέτιση της μουσικής και της ανάπτυξης του εγκεφάλου στο να σχεδιαστούν διάφορες και πιο εξειδικευμένες ασκήσεις ακουστικής εκπαίδευσης. Παράλληλα η εξαγωγή πιο συγκεκριμένων στατιστικών και χρήσιμων για διάφορα πειράματα των ερευνητών από την χρήση της πλατφόρμας από τους μαθητές θα βοηθούσε εξαιρετικά στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Δεν μπορεί να παραληφθεί και η συμμετοχή δασκάλων μουσικής θεωρίας και η συνεργασία τους με τους ερευνητές για το βέλτιστο σχεδιασμό πειραμάτων, ασκήσεων και στατιστικών μετρικών.

7.2 Περιορισμοί Παρούσας Έρευνας

Η παρούσα έρευνα έλαβε ορισμένες παραδοχές και είχε κάποιους περιορισμούς, που αν ξεπεραστούν θα είναι δυνατό να δομηθεί καλύτερα η τελική εικόνα της πλατφόρμας, έτσι ώστε να σχεδιαστεί ολοκληρωμένα η αρχιτεκτονική του συστήματος. Οι περιορισμοί εντοπίζονται σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες:

Τεχνικοί Περιορισμοί:

Δεν υπάρχει πλήρης γνώση όλων των συστημάτων που χρησιμοποιούν τα ελληνικά, εάν και εφόσον χρησιμοποιούν. Δυστυχώς επειδή δεν έχει εδραιωθεί ευρέως η ιδέα σχετικά με τα οφέλη της μουσικής για την ανάπτυξη των νοητικών ικανοτήτων των μαθητών, η χρήση εφαρμογών υπολογιστή για ακουστική εκπαίδευση είναι εξαιρετικά περιορισμένη και εμφανίζεται μόνο σε ιδιαίζουσες περιπτώσεις (είτε σε συγκεκριμένα ιδιωτικά ωδεία, είτε σε ιδιωτικές σχολές). Επίσης ακόμη και στις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται κάποιο εργαλείο, υπάρχει το ενδεχόμενο να μην είναι κοινά μεταξύ των διαφορετικών σχολείων, καθώς και να είναι εφαρμογές που χρησιμοποιούν τοπικές βάσεις (desktop applications). Αυτό δημιουργεί πρόβλημα στο διαμοιρασμό στοιχείων και στατιστικών από τη χρήση των εργαλείων αυτών, τα οποία θα μπορούσαν να συγκεντρωθούν και να προωθήσουν περαιτέρω την έρευνα.

Νομικοί Περιορισμοί:

Η ακουστική αυτή πλατφόρμα απευθύνεται σε μαθητές, το οποίο εγείρει διάφορα πιθανά νομικά ζητήματα. Επίσης καταγράφονται στοιχεία σχετικά με την απόδοση του χρήστη, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ύστερα σε μελέτες από διάφορους ερευνητές. Στη δική μας πρόταση αρχιτεκτονικής, θα προτείναμε να γίνουν πολύ προσεκτικά οι όροι χρήσης του λογισμικού και να γίνεται ενημέρωση των κηδεμόνων των μαθητών σχετικά με τη χρήση της εφαρμογής. Σημαντικό σε αυτό το σημείο βέβαια είναι και ο σχεδιασμός της διεπαφής του χρήστη και η πληροφορία που θα διαχέεται από εκεί, ώστε να γίνονται σαφή στον χρήστη και στους κηδεμόνες του τα οφέλη της εφαρμογής. Παράλληλα να ενημερώνονται οι κηδεμόνες των παιδιών ότι τα στοιχεία που μπορεί να συλλέξει η εφαρμογή από τους χρήστες είναι αποκλειστικά για εξαγωγή συμπερασμάτων σε ιατρικές έρευνες και δεν θα χρησιμοποιηθούν με κάποιο διαφορετικό τρόπο. Επιπλέον να αξιοποιηθούν τεχνικές ανωνυμοποίησης δεδομένων έτσι ώστε να διαφυλλάσσονται τα προσωπικά δεδομένα των μαθητών. Παράλληλα με σύγχρονες τεχνικές ασφαλείας και κρυπτογραφίας να διασφαλιστεί ότι οι κωδικοί των χρηστών θα είναι ασφαλείς και κατ'επέκταση το προφίλ τους στην πλατφόρμα και τα δεδομένα τους.

Οικονομικοί Περιορισμοί:

Η δημιουργία ενός τέτοιου εγχειρήματος σε επίπεδο production level (ορολογία λογισμικού για εφαρμογές οι οποίες και μπορούν να σταθούν εμπορικά με άριστες επιδόσεις), απαιτεί ένα σημαντικό προϋπολογισμό. Επειδή όμως έχει ξεκάθαρα οικονομικά οφέλη και επιστημονική προσφορά, όπως αναφέραμε, θα προτείναμε στη σύναψη της συνεργασίας

μεταξύ των σχολείων, άλλων εκπαιδευτικών φορέων και κρατικών οργανισμών. Αυτό όχι μόνο θα εξασφαλίσει τον απαραίτητο προϋπολογισμό, αλλά θα εξασφαλίσει κιόλας την ηθική δημιουργία ενός τέτοιου εγχειρήματος (με σεβασμό προς τους μαθητές και τα προσωπικά τους δεδομένα) και την συνολική του αποδοχή από την εκπαιδευτική κοινότητα.

7.3 Μελλοντικές επεκτάσεις

Το σύστημα που προτείνουμε μπορεί να αναπτυχθεί με ορισμένες προσθήκες πολύ περισσότερο και να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο για την εκπαιδευτική αλλά και την επιστημονική κοινότητα, καθώς παρέχει πολλά και σημαντικά στατιστικά στοιχεία, τα οποία μπορούν να εκμεταλλευτούν οι ερευνητές. Ορισμένες από τις λειτουργικότητες ενίσχυσης του εργαλείου είναι:

- συνεργασία με μουσικούς εκπαιδευτικούς για την δημιουργία και ενσωμάτωση περισσότερων ασκήσεων και πιο προχωρημένων σε επίπεδο δυσκολίας, πολυπλοκότητας έτσι ώστε να διατηρούν το ενδιαφέρον τους οι μαθητές καθώς βελτιώνονται και οι αρχικές ασκήσεις δεν θα τους προσφέρουν τα ίδια οφέλη σχέση με όταν ήταν αρχάριοι.
- συνεργασία με μουσικούς εκπαιδευτικούς και ερευνητές, για την εισαγωγή και άλλων στατιστικών μετρικών στην πλατφόρμα για αξιοποίηση σε επόμενες μελέτες.
- δυνατότητα δημιουργίας εικονικής τάξης στο σύστημα, την οποία θα διαχειρίζεται ένας εκπαιδευτικός, στην οποία θα διοργανώνονται διαγωνισμοί, μέσω των οποίων οι μαθητές θα μπορούν να κερδίζουν βραβεία και πόντους. Αυτό εισάγει την έννοια του gamification στην πλατφόρμα. Gamification, στην ουσία είναι η σχεδιαστική προσέγγιση μιάς εφαρμογής ώστε να ενσωματώσει αρχές και στοιχεία που διέπουν κατά βάση τα παιχνίδια, κάτι που την καθιστά πιο ενδιαφέρουσα στον χρήστη.
- δημιουργία μίας κεντρικής βάσης δεδομένων έτσι ώστε να είναι οργανωμένα τα δεδομένα και να μπορεί ο κάθε εκπαιδευτικός φορέας να τα αξιοποιήσει με τον βέλτιστο τρόπο.

Στο κομμάτι της προτεινόμενης υλοποίησης ενός συστήματος, προτείνουμε την εξής τεχνική υλοποίηση:

- **Front-End:** HTML5, CSS3, React.js (η δημοφιλέστερη βιβλιοθήκη Javascript εν έτει 2019)
- **Back-End:** Node.js
- **DataBase:** MongoDB (ή Mongoose, ανάλογα με το σχεδιασμό)
- **Device:** Responsive Desktop Version
- **Γλώσσα:** Ελληνικά, Αγγλικά
- **Τρόπος επικοινωνίας client-server:** GraphQL - Μοντέρνα γλώσσα επικοινωνίας με APIs, με εξαιρετικές αποδόσεις σε πληροφοριακά συστήματα που έχουν μεγάλο όγκο.

Κεφάλαιο 8 Βιβλιογραφία

- [1] Conard NJ, Malina M, Münzel SC (2009) New flutes document the earliest musical tradition in southwestern Germany. *Nature* 460:737–740
- [2] Piano training enhances the neural processing of pitch and improves speech perception in Mandarin-speaking children - Yun Nan, Li Liu, Eveline Geiser, Hua Shua, Chen Chen Gong, Qi Dong, John D. E. Gabrieli, and Robert Desimone
- [3] Lee CY, et al. (2012) Mismatch responses to lexical tone, initial consonant, and vowel in Mandarin-speaking preschoolers. *Neuropsychologia* 50:3228–3239.
- [4] Holdaway D (1979) *The Foundations of Literacy* (Ashton Scholastic, Sydney)
- [5] Degé F, Schwarzer G (2011) The effect of a music program on phonological awareness in preschoolers. *Front Psychol* 2:124
- [6] Tang W, Xiong W, Zhang YX, Dong Q, Nan Y (2016) Musical experience facilitates lexical tone processing among Mandarin speakers: Behavioral and neural evidence. *Neuropsychologia* 91:247–253
- [7] Patel AD (2014) Can nonlinguistic musical training change the way the brain processes speech? The expanded OPERA hypothesis. *Hear Res* 308:98–108.
- [8] Storkel HL (2009) Developmental differences in the effects of phonological, lexical and semantic variables on word learning by infants. *J Child Lang* 36:291–321.
- [9] Blood AJ, Zatorre RJ (2001) Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proc Natl Acad Sci USA* 98: 11818–11823
- [10] Salimpoor VN, Benovoy M, Larcher K, Dagher A, Zatorre RJ (2011) Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music. *Nat Neurosci* 14:257–262.
- [11] Wan CY, Schlaug G (2010) Music making as a tool for promoting brain plasticity across the life span. *Neuroscientist* 16:566–577.
- [12] Herholz SC, Zatorre RJ (2012) Musical training as a framework for brain plasticity: Behavior, function, and structure. *Neuron* 76:486–502.

- [13] Barnett SM, Ceci SJ (2002) When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychol Bull* 128:612–637.
- [14] Short-Term Music Training Enhances Verbal Intelligence and Executive Function - Sylvain Moreno, Ellen Bialystok, Raluca Barac, E. Glenn Schellenberg, Nicholas J. Cepeda, Tom Chau
- [15] Detterman, D. K., & Sternberg, R. J. (Eds.). (1982). *How and how much can intelligence be increased?* Mahwah, NJ: Erlbaum
- [16] Lovett, M. C., & Anderson, J. R. (1994). Effects of solving related proofs on memory and transfer in geometry problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 366–378
- [17] Olesen, P. J., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2004). Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nature Neuroscience*, 7, 75–79
- [18] Schellenberg, E. G. (2004). Music lessons enhance IQ. *Psychological Science*, 15, 511–514
- [19] Jonides, J. (2004). How does practice makes perfect? *Nature Neuroscience*, 7, 10–11.
- [20] Dahlin, E., Neely, A. S., Larsson, A., Bäckman, L., & Nyberg, L. (2008). Transfer of learning after updating training mediated by the striatum. *Science*, 320, 1510–1512
- [21] Jäncke, L. (2009). The plastic human brain. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 27, 521–538.
- [22] Moreno, S. (2009). Can music influence language and cognition? *Contemporary Music Review*, 28, 329–345.
- [23] Wong, P. C. M., Skoe, E., Russon, N. M., Dees, T., & Kraus, N. (2007). Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns. *Nature Neuroscience*, 10, 420–422.
- [24] Moreno, S., & Besson, M. (2006). Musical training and language related brain electrical activity in children. *Psychophysiology*, 43, 287–291.
- [25] Koelsch, S., Kasper, E., Sammler, D., Schulze, K., Gunter, T., & Friederici, A. D. (2004). Music, language and meaning: Brain signatures of semantic processing. *Nature Neuroscience*, 7, 302–307.

- [26] Schellenberg, E. G. (2006). Exposure to music: The truth about the consequences. In G. E. McPherson (Ed.), *The child as musician: A handbook of musical development* (pp. 111–134). Oxford, England: Oxford University Press
- [27] Schellenberg, E. G. (2004). Music lessons enhance IQ. *Psychological Science*, 15, 511–514.
- [28] Jung, R. E., & Haier, R. J. (2007). The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence. *Behavioral and Brain Sciences*, 30, 135–154.
- [29] Op de Beeck, H. P., & Baker, C. I. (2010). The neural basis of visual object learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 14, 22–30.
- [30] Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U., & May, A. (2004). Neuroplasticity: Changes in grey matter induced by training. *Nature*, 427, 311–312
- [31] Op de Beeck, H. P., Baker, C. I., DiCarlo, J. J., & Kanwisher, N. G. (2006). Discrimination training alters object representations in human extrastriate cortex. *Journal of Neuroscience*, 26, 13025–13036
- [32] Pollmann, S., & von Cramon, D. Y. (2000). Object working memory and visuospatial processing: Functional neuroanatomy analyzed by event-related fMRI. *Experimental Brain Research*, 133, 12–22.
- [33] Short-Term Music Training Enhances Verbal Intelligence and Executive Function - Sylvain Moreno, Ellen Bialystok, Raluca Barac, E. Glenn Schellenberg, Nicholas J. Cepeda, Tom Chau
- [34] Kelly, A. M. C., & Garavan, H. (2005). Human functional neuroimaging of brain changes associated with practice. *Cerebral Cortex*, 15, 1089–1102.
- [35] Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Perrig, W. J. (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 105, 6829–6833.
- [36] Moreno, S. (2010). U.S. Patent App. No. 61/325,918. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office
- [37] Wechsler, D. (2002). WPPSI-III administration and scoring manual. San Antonio, TX: Psychological Corp.

- [38] Patel, A. D. (2009). Music and the brain: Three links to language. In S. Hallam, I. Cross, & M. Thaut (Eds.), *The Oxford handbook of music psychology* (pp. 208–216). Oxford, England: Oxford University Press.
- [39] Kelly, A. M. C., & Garavan, H. (2005). Human functional neuroimaging of brain changes associated with practice. *Cerebral Cortex*, 15, 1089–1102.
- [40] Taubert, M., Draganski, B., Anwander, A., Müller, K., Horstmann, A., Villringer, A., & Ragert, P. (2010). Dynamic properties of human brain structure: Learning-related changes in cortical areas and associated fiber connections. *Journal of Neuroscience*, 30, 11670–11677.
- [41] Scholz, J., Klein, M. C., Behrens, T. E., & Johansen-Berg, H. (2009). Training induces changes in white-matter architecture. *Nature Neuroscience*, 12, 1370–1371.
- [42] Takeuchi, H., Sekiguchi, A., Taki, Y., Yokoyama, S., Yomogida, Y., Komuro, N., . . . Kawashima, R. (2010). Training of working memory impacts structural connectivity. *Journal of Neuroscience*, 30, 3297–3303.
- [43] Lappe, C., Herholz, S. C., Trainor, L. J., & Pantev, C. (2008). Cortical plasticity induced by short-term unimodal and multimodal musical training. *Journal of Neuroscience*, 28, 9632–9639.
- [44] Tremblay, K., Kraus, N., McGee, T., Ponton, C., & Otis, B. (2001). Central auditory plasticity: Changes in the N1-P2 complex after speech-sound training. *Ear and Hearing*, 22, 79–90.
- [45] Reinke, S., He, Y. K., Wang, C., & Alain, C. (2003). Perceptual learning modulates sensory evoked response during vowel segregation. *Cognitive Brain Research*, 17, 781–791.
- [46] Practicing a Musical Instrument in Childhood is Associated with Enhanced Verbal Ability and Nonverbal Reasoning Marie Forgeard , Ellen Winner, Andrea Norton , Gottfried Schlaug
- [47] Annett M (1970) A classification of hand preference by association analysis. *Br J Psychol* 61: 303–321.
- [48] Norton A, Winner E, Cronin K, Overy K, Lee DJ, et al. (2005) Are there preexisting neural, cognitive, or motoric markers for musical ability? *Brain Cogn* 59: 124–134.

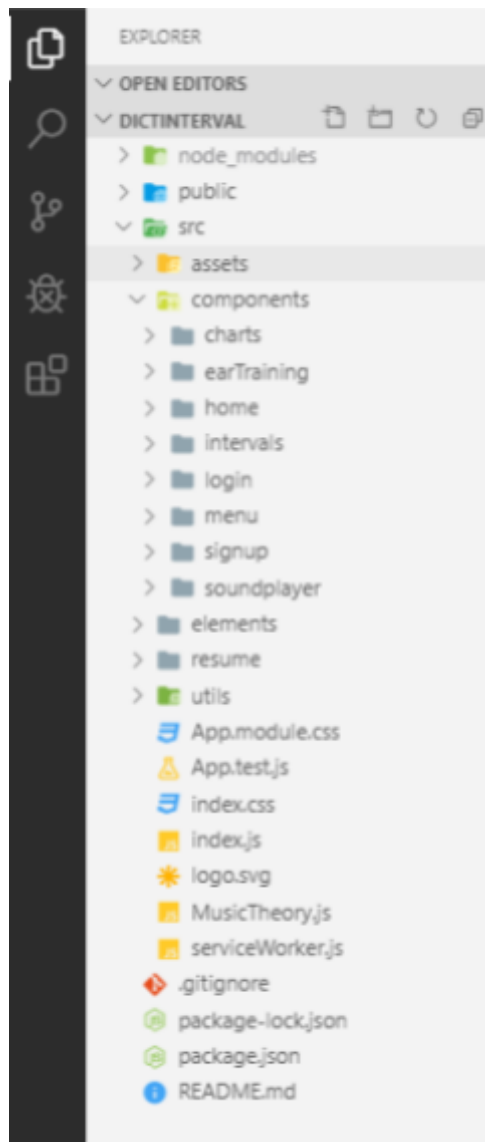
- [49] Gordon EW (1986) *Manual for the Primary Measures of Music Audiation and the Intermediate Measures of Music Audiation*. Chicago: G.I.A Publications, Inc.
- [50] Overy K, Norton AC, Cronin KT, Gaab N, Alsop DC, et al. (2004) Imaging melody and rhythm processing in young children. *Neuroreport* 15: 1723–1726.
- [51] Wechsler D (1991) *WISC-III Wechsler Intelligence Scale for Children—third edition: Manual*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation
- [52] Raven JC (1976) *Standard progressive matrices*. Oxford: Oxford Psychologists Press.
- [53] Raven JC (1976) *Advanced progressive matrices*. Oxford: Oxford Psychologists Press.
- [54] Costa-Giomi E (2005) Does music instruction improve fine motor abilities? *Ann N Y Acad Sci* 1060: 262–264.
- [55] Hurwitz I, Wolff P, Bortnick B, Kokas K (1975) Nonmusical effects of the Kodaly music curriculum in primary grade children. *J Learn Disabil* 8: 45–52.
- [56] Jäncke L, Schlaug G, Steinmetz H (1997) Hand skill asymmetry in professional musicians. *Brain Cogn* 34: 424–432.
- [57] Flohr JW (1981) Short-term musical instruction and young children’s developmental music aptitude. *J Res Music Educ* 29: 219–223.
- [58] Morrongiello BA, Roes CL (1990) Developmental changes in children’s perception of musical sequences: Effects of musical training. *Dev Psychol* 26: 814–820.
- [59] Hetland L (2000) Learning to make music enhances spatial reasoning. *J Aesthet Educ* 34: 179–238.
- [60] Rauscher FH, Zupan MA (2000) Classroom keyboard instruction improves kindergarten children’s spatial-temporal performance: A field experiment. *Early Child Res Q* 15: 215–228.
- [61] Costa-Giomi E (1999) The effects of three years of piano instruction on children’s cognitive development. *J Res Music Educ* 47: 198–212.
- [62] Hassler M (1992) Creative musical behavior and sex hormones: Musical talent and spatial abilities in the two sexes. *Psychoneuroendocrinology* 17: 55–70.

- [63] Miller LK, Orsmond GI. Cognitive, musical and environmental correlates of early music instruction. *Psychol Music* 27: 18–37.
- [64] Single page architecture as basis for web applications - Klaus Nygård
- [65] Official React Documentation - <https://reactjs.org/>
- [66] The Musician's Guide to Theory and Analysis - Jane Piper Clendinning, Elizabeth West Marvin
- [67] The physics of guitar string vibrations - Polievkt Perov, Walter Johnson, Natalia Perova-Mello
- [68] Web Audio API - Boris Smus
- [69] Mozilla Developer Network Official Web Documentation
- [70] Google's Material Design
- [71] Intervals and Scales - William Forde Thompson

Κεφάλαιο 9 Παράρτημα – Τεχνικές Λεπτομέρειες

9.1 Πηγαίος κώδικας front-end

Το δέντρο του φακέλου του front-end είναι:



Εικόνα 9.1: Δέντρο των αρχείων του front end της πλατφόρμας

Παραθέτουμε ενδεικτικά κάποια κομμάτια κώδικα από την εφαρμογή, τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στην κατανόηση της υλοποίησης της πλατφόρμας και στη κατανόηση της δομής ενός project το οποίο είναι βασισμένο στη βιβλιοθήκη React.js. Το συνολικό κώδικα τον έχει

ο Τομέας Συστημάτων μετάδοσης πληροφορίας και τεχνολογίας υλικών, αλλά μπορείτε να το ζητήσετε και από εμάς μέσω e-mail.

Μέσα στον κώδικα έχουν συμπεριληφθεί σημαντικά κομμάτια κώδικα Javascript - React.js (συγκεκριμένα παραθέτουμε React Components τα οποία αποτελούν το θεμελιώδη λίθο που αξιοποιεί η React για τη δημιουργία εφαρμογών) για να γίνει καλύτερα κατανοητή η χρήση της React.js για τη δημιουργία εφαρμογών αλλά και σημαντικά κομμάτια κώδικα CSS για να γίνει καλύτερα κατανοητή η χρήση κάποιων βιβλιοθηκών στη δημιουργία γραφικών. Σε μία έκδοση για εμπορική χρήση, πρέπει αυτά τα κομμάτια να μπούνε σε διαφορετικά αρχεία τα οποία και θα καλούνται από το html αρχείο.

SignUp.jsx

```
import React from 'react';
import Avatar from '@material-ui/core/Avatar';
import Button from '@material-ui/core/Button';
import CssBaseline from '@material-ui/core/CssBaseline';
import TextField from '@material-ui/core/TextField';
import FormControlLabel from '@material-ui/core/FormControlLabel';
import Checkbox from '@material-ui/core/Checkbox';
import Link from '@material-ui/core/Link';
import Grid from '@material-ui/core/Grid';
import Box from '@material-ui/core/Box';
import LockOutlinedIcon from '@material-ui/icons/LockOutlined';
import Typography from '@material-ui/core/Typography';
import { makeStyles } from '@material-ui/core/styles';
import Container from '@material-ui/core/Container';
import { withRouter } from 'react-router-dom';

const styles = require('./signup.module.css');

function Copyright() {
  return (
    <Typography variant="body2" color="textSecondary" align="center">
      {'Copyright © '}
      <Link color="inherit" href="https://material-ui.com/">
        Dictinterval
      </Link>{' '}
      {new Date().getFullYear()}
      {'.'}
    </Typography>
  );
}
```

```

        </Typography>
    );
}

const SignUp = (props) => {
    const classes = useStyles();

    return (
        <Container component="main" maxWidth="xs"
        className={styles.myContainer}>
            <CssBaseline />
            <div className={classes.paper + ' ' + styles.innerDiv}>
                <Avatar className={classes.avatar}>
                    <LockOutlinedIcon />
                </Avatar>
                <Typography component="h1" variant="h5">
                    Acoustic Training Platform
                </Typography>
                <Typography component="h1" variant="h5">
                    Sign up
                </Typography>
                <form className={classes.form} noValidate onSubmit={() =>
                props.history.push('/')}>
                    <Grid container spacing={2}>
                        <Grid item xs={12} sm={6}>
                            <TextField
                                autoComplete="fname"
                                name="firstName"
                                variant="outlined"
                                required
                                fullWidth
                                id="firstName"
                                label="First Name"
                                autoFocus
                            />
                        </Grid>
                        <Grid item xs={12} sm={6}>
                            <TextField
                                variant="outlined"

```

```

        required
        fullWidth
        id="lastName"
        label="Last Name"
        name="lastName"
        autoComplete="lname"
    />
</Grid>
<Grid item xs={12}>
    <TextField
        variant="outlined"
        required
        fullWidth
        id="email"
        label="Email Address"
        name="email"
        autoComplete="email"
    />
</Grid>
<Grid item xs={12}>
    <TextField
        variant="outlined"
        required
        fullWidth
        name="password"
        label="Password"
        type="password"
        id="password"
        autoComplete="current-password"
    />
</Grid>
</Grid>
<Button
    type="submit"
    fullWidth
    variant="contained"
    color="primary"
    className={classes.submit}
>
    Sign Up

```

```

    </Button>
      <Grid container justify="flex-end">
        <Grid item>
          <Link href="login" variant="body2">
            Already have an account? Sign in
          </Link>
        </Grid>
      </Grid>
    </form>
  </div>
  <Box mt={5}>
    <Copyright />
  </Box>
</Container>
);
};

```

```

/**
 * theme.palette.common.white
 */
const useStyles = makeStyles(theme => ({
  '@global': {
    body: {
      backgroundColor: 'whitesmoke',
    },
  },
  paper: {
    marginTop: theme.spacing(8),
    display: 'flex',
    flexDirection: 'column',
    alignItems: 'center',
  },
  avatar: {
    margin: theme.spacing(1),
    backgroundColor: theme.palette.secondary.main,
  },
  form: {
    width: '100%', // Fix IE 11 issue.
    marginTop: theme.spacing(3),

```

```

    },
    submit: {
      margin: theme.spacing(3, 0, 2),
    },
  }));
}));

```

```
export default withRouter(SignUp);
```

Login.jsx

```

import React from 'react';
import Avatar from '@material-ui/core/Avatar';
import Button from '@material-ui/core/Button';
import CssBaseline from '@material-ui/core/CssBaseline';
import TextField from '@material-ui/core/TextField';
import FormControlLabel from '@material-ui/core/FormControlLabel';
import Checkbox from '@material-ui/core/Checkbox';
import Link from '@material-ui/core/Link';
import Grid from '@material-ui/core/Grid';
import Box from '@material-ui/core/Box';
import LockIcon from '@material-ui/icons/Lock';
import Typography from '@material-ui/core/Typography';
import { makeStyles } from '@material-ui/core/styles';
import Container from '@material-ui/core/Container';
import { withRouter } from 'react-router-dom';

function Copyright() {
  return (
    <Typography variant="body2" color="textSecondary" align="center">
      {'Copyright © '}
      <Link color="inherit" href="https://material-ui.com/">
        Dictinterval
      </Link>{' '}
      {new Date().getFullYear()}
      {'.'}
    </Typography>
  );
}

const useStyles = makeStyles(theme => ({

```

```

    '@global': {
      body: {
        backgroundColor: 'whitesmoke',
      },
    },
    paper: {
      marginTop: theme.spacing(8),
      display: 'flex',
      flexDirection: 'column',
      alignItems: 'center',
    },
    avatar: {
      margin: theme.spacing(1),
      backgroundColor: theme.palette.secondary.main,
    },
    form: {
      width: '100%', // Fix IE 11 issue.
      marginTop: theme.spacing(1),
    },
    submit: {
      margin: theme.spacing(3, 0, 2),
    },
  }));

```

```
const styles = require('./login.module.css');
```

```

const Login = (props) => {
  const classes = useStyles();
  console.log(props)
  return (
    <Container component="main" maxWidth="xs"
    className={styles.myContainer}>
      <CssBaseline />
      <div className={classes.paper + ' ' + styles.innerDiv}>
        <Avatar className={classes.avatar}>
          <LockIcon />
        </Avatar>
        <Typography component="h1" variant="h5">
          Acoustic Training Platform
        </Typography>

```

```

        <Typography component="h2" variant="h5">
            Login
        </Typography>
        <form className={classes.form} noValidate onSubmit={() =>
props.history.push('/')}>
            <TextField
                variant="outlined"
                margin="normal"
                required
                fullWidth
                id="email"
                label="Email Address"
                name="email"
                autoComplete="email"
                autoFocus
            />
            <TextField
                variant="outlined"
                margin="normal"
                required
                fullWidth
                name="password"
                label="Password"
                type="password"
                id="password"
                autoComplete="current-password"
            />
            <FormControlLabel
                control={<Checkbox value="remember" color="primary"

                label="Remember me"
            />
            <Button
                type="submit"
                fullWidth
                variant="contained"
                color="primary"
                className={classes.submit}
            >
                Login

```

```

        </Button>
        <Grid container>
          <Grid item>
            <Link href="signup" variant="body2">
              {"Don't have an account? Sign Up"}
            </Link>
          </Grid>
        </Grid>
      </form>
    </div>
    <Box mt={8}>
      <Copyright />
    </Box>
  </Container>
);
};

export default withRouter(Login);

```

Menu.jsx

```

import React, { Component } from 'react'
import { Menu } from 'semantic-ui-react'
import { Link, NavLink } from 'react-router-dom'
export default class MenuExampleVerticalSecondary extends Component {
  state = { activeItem: 'home' }

  handleClick = (e, { name }) => this.setState({ activeItem: name })

  render() {
    const { activeItem } = this.state
    // console.log(this.props.location)
    return (
      <Menu pointing secondary vertical style={{ marginTop: '10px' }}>
        <NavLink to="/">
          <Menu.Item
            name='home'
            active={this.props.location.pathname === '/'}
            onClick={this.handleClick} />
        </NavLink>
      </Menu>
    )
  }
}

```



```

    <NavLink to='/earTraining'>
      <Menu.Item
        name='Ear Training'
        active={this.props.location.pathname === '/earTraining'}
        onClick={this.handleClick}
      />
    </NavLink>
    <NavLink to='/musicTheory'>
      <Menu.Item
        name='Music Theory'
        active={this.props.location.pathname === '/musicTheory'}
        onClick={this.handleClick}
      />
    </NavLink>
    <NavLink to='/login'>
      <Menu.Item
        name='Logout'
        onClick={() => this.handleClick('home')}
      />
    </NavLink>
  </Menu>
)
}
}

```

Elements

RevealInterval.jsx

```

import React, { Component } from 'react'
import Button from '@material-ui/core/Button'

const styles = require('./Reveal.module.css');

class RevealExampleRotate extends Component {
  state = {
    revelation: false
  }
}

```

```

    revelation = () => {
      this.props.revelate()
    }

    render() {
      const style = this.props.revelation ? {} : {display: 'none'}
      return (
        <div>
          <div className={styles.buttonShowHint}>
            <Button
              variant="contained"
              color="secondary"
              onClick={this.props.revelate}>Show Hint</Button>
          </div>
          <div className={styles.hint} style={style}>
            {this.props.interval}
          </div>
        </div>
      )
    }
  }
}
export default RevealExampleRotate

```

Reveal.module.css

```

.buttonShowHint {
  width: 100%;
  margin-top: 10px;
  display: flex;
  justify-content: center;
}

.hint {
  width: 100%;
  margin-top: 30px;
  display: flex;
  justify-content: center;
  font-size: 15px;
}

```

```
}
```

Dropdown.jsx

```
import React, { Component } from 'react';
import { Icon } from 'semantic-ui-react';
import PropTypes from 'prop-types';
import onClickOutside from 'react-onclickoutside'
const styles = require('./Dropdown.module.css');

export class Dropdown extends Component {

  state = {
    dropdownIsClosed: true,
    selected: this.props.options ? this.props.options[0].name : ' None'
  }
  handleClickOutside = evt => {
    this.setState({
      dropdownIsClosed: true
    })
  }
  handleClickOnListItem = (event) => {
    console.log(event.currentTarget.dataset.id);
    this.setState({
      selected: event.currentTarget.dataset.id,
      dropdownIsClosed: true
    }, () => this.props.setSelection(this.state.selected))
  }
  toggleDropdown = () => {
    this.setState(prevState => ({
      dropdownIsClosed: !prevState.dropdownIsClosed
    })))
  }

  render() {
    return (
      <div style={{ width: this.props.width }}>
        <div className={styles.headerDropdown}>
          {this.state.selected}
        </div>
      </div>
    )
  }
}
```

```

    {
      this.state.dropdownIsClosed ?
        <span className={styles.iconContainer}
onClick={this.toggleDropdown}>
          <Icon className="caret down"></Icon>
        </span>
      :
        <span className={styles.iconContainer}
onClick={this.toggleDropdown}>
          <Icon className="caret up"></Icon>
        </span>
    }
  </div>
  {
    !this.state.dropdownIsClosed ?
      <div className={styles.dropdownChoices} style={{ width:
this.props.width }}>
        {this.props.options.map((option) => {
          return <li
            key={option.id}
            data-id={option.name}
            className={styles.optionContainer}
            style={{listStyle: 'none'}}

onClick={this.handleClickOnListItem}>{option.name}
          </li>
        )}}
      </div>
      : <div className={styles.dropdownChoicesClosed} style={{ width:
this.props.width }}>
    </div>
  }
</div>
)
}
}

```

```

Dropdown.propTypes = {
  width: PropTypes.number,

```

```
    options: PropTypes.object
  }

export default onClickOutside(Dropdown);
```

Dropdown.module.css

```
.headerDropdown {

  border: 1px solid rgb(128,128,128);

  width: 100%;

  height: 35px;

  padding-left: 5px;

  padding-top: 5px;

  border-radius: 2px;

  display: flex;

  justify-content: space-between;

  background-color: whitesmoke;

  z-index: 1000;

}

.iconContainer:hover{

  cursor: pointer;

}

.dropdownChoicesClosed {

  position: absolute;

  border: 1px solid rgb(128,128,128);
```

```
border-top: none;

border-bottom: none;

background-color: whitesmoke;

width: 100%;

height: 0px;

transition: all 0.3s ease-in-out 0s, visibility 0s linear 0.3s, z-index 0s
linear 0.01s;

overflow: auto;

z-index: 1000;

}
```

```
.dropdownChoices {

    position: absolute;

    border: 1px solid rgb(128,128,128);

    border-top: none;

    background-color: whitesmoke;

    width: 100%;

    height: 125px;

    transition: all 0.3s ease-in-out 0s, visibility 0s linear 0.3s, z-index 0s
linear 0.01s;

    overflow: auto;

    z-index: 1000;

}
```

```
.optionContainer {

    padding-left: 3px;
```

```
padding-top: 3px;
padding-bottom: 3px;
}
.optionContainer:hover {
background-color: lightseagreen;
cursor: pointer;
}
```