

ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



– Πτυχιακή Εργασία –

Ερευνητική εφαρμογή επαύξησης της όρασης ανθρώπων με
δυσκολία στην οπτική κατανόηση μέσω της αντιστοίχισης
χρωμάτων σε ηχητικές συχνότητες.

Γκλιάτης Αθανάσιος

Επιβλέπων: – Καρύδης Ιωάννης –

19 Απριλίου 2018

Επιβλέπων

Καρύδης Ιωάννης, Καθηγητής,
Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Τριμελής Επιτροπή

Καρύδης Ιωάννης, Καθηγητής,
Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Σιούτας Σπυρίδων, Καθηγητής,
Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Ανδρόνικος Θεόδωρος, Καθηγητής,
Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Αυτή η προσπάθεια αφιερώνεται στην οικογένεια μου

Περίληψη

Το παρόν κείμενο αποτελεί το γραπτό μέρος ενός συνολικού έργου που αναπτύχθηκε στα πλαίσια εκπόνησης της πτυχιακής / διπλωματικής εργασίας για το Ιόνιο Πανεπιστήμιο, του τμήματος Πληροφορικής, με τίτλο 'Ερευνητική εφαρμογή επαύξησης της όρασης ανθρώπων με δυσκολία στην οπτική κατανόηση μέσω της αντιστοίχισης χρωμάτων σε ηχητικές συχνότητες'. Στην εργασία παρουσιάζεται ένα πρωτότυπο εφαρμογής που σαν σκοπό έχει την αλγοριθμική μετάφραση ενός ψηφιακού οπτικού μέσου σε μελωδία. Το πρωτότυπο αυτό απευθύνεται κυρίως σε ανθρώπους με περιορισμένη οπτική κατανόηση αλλά προσφέρει και ένα βοηθητικό εργαλείο για την εύρεση πιο αποδοτικών τεχνικών μετάφρασης. Για την υλοποίηση της εφαρμογής παρουσιάζεται η ανάπτυξη μιας βιβλιοθήκης σε javascript και η πρακτική εφαρμογή της. Στην ανάπτυξη της βιβλιοθήκης χρησιμοποιήθηκαν οι πιο σύγχρονες για την εποχή μέθοδοι συγγραφής αντικειμενοστραφή κώδικα και διαχείρισης εξαρτήσεων από άλλες βιβλιοθήκες (dependency management). Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην δυνατότητα επέκτασης και στην περιγραφή του κώδικα με σκοπό την διάθεση του σαν ανοιχτό λογισμικό και την αυτόνομη συμπεριφορά του.

Πρόλογος και Ευχαριστίες

Περιεχόμενα

A΄	Εισαγωγή	1
A΄.1	ΔΙΑΔΙΚΤΟ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΑ ΟΠΤΙΚΑ ΜΕΣΑ	1
A΄.2	ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΟΥ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ	2
A΄.3	ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	2
B΄	Αλγόριθμος μετάφρασης	4
B΄.1	ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΑΡΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ	4
B΄.2	ΝΟΤΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΧΟΡΔΙΕΣ	4
B΄.3	ΜΟΥΣΙΚΑ ΚΟΜΜΑΤΙΑ	4
B΄.4	ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΧΡΩΜΜΑΤΟΣ	5
B΄.5	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ	5
Γ΄	Πείραμα και συμπεράσματα	7
Γ΄.1	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	7
Γ΄.2	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	7
Γ΄.3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	7
Γ΄.4	ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ	7
	Βιβλιογραφία	8
	Συντμήσεις	9
	Γλωσσάρι Ξενικών Όρων	10

Περιεχόμενα

iv

Ευρετήριο

11

Κατάλογος Σχημάτων

B'.1 Παράδειγμα χρήσης.	6
---------------------------------	---

Κατάλογος Πινάκων

Κεφάλαιο Α΄

Εισαγωγή

Α΄.1 Διαδίκτυο και ψηφιακά οπτικά μέσα

Κατά την περίοδο συγγραφής της εργασίας αυτής το διαδίκτυο κατέχει ένα αρκετά σημαντικό μερίδιο στην πληροφόρηση, την απόκτηση γνώσης, την κοινωνικοποίηση, την επικοινωνία, την διασκέδαση, το εμπόριο και την διάθεση υπηρεσιών για την διευκόλυνση της καθημερινότητας. Οποιαδήποτε και αν είναι η χρήση του, τα ψηφιακά οπτικά μέσα είναι είτε ο δίαυλος μετάδοσης της πληροφορίας είτε η επαύξηση της εμπειρίας του χρήστη. Από τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης μέχρι και τα μέσα ενημέρωσης η στατική και η κινούμενη εικόνα αποτελούν το μεγαλύτερο κομμάτι οπτικά, του περιεχομένου μιας σελίδας. Οι χρήστες βασίζονται σε αυτά για μια πιο ευχάριστη και εύπεπτη εμπειρία κατά την περιήγηση τους. Η αύξηση της ταχύτητας των συνδέσεων συμβάλει στην ακόμα μεγαλύτερη χρήση εικόνων και βίντεο σε σελίδες. Σε μια δομική ανάλυση παρατηρούμε ότι οι ιστοσελίδες περιέχουν κουμπιά, γραφιστικά, διαφημίσεις και άλλα στοιχεία βασισμένα κυρίως σε οπτικά μέσα.

Το ηλεκτρονικό εμπόριο και η ηλεκτρονική διακυβέρνηση αναπτύσσονται καθώς η κατασκευή διαδικτυακών εφαρμογών γίνεται ακόμα πιο εύκολη και ασφαλής. Ο χρήστης - καταναλωτής νοιώθει περισσότερη ασφάλεια όταν μπορεί να δει και να κατανοήσει τα προϊόντα πριν τα αγοράσει. Διάφορα οπτικά μέσα βοηθάνε στην περιήγηση του χρήστη και άλλα στην γενικότερη εικόνα της σελίδας. Οι εικόνες παράλληλα αποτελούν πηγή επισκεψιμότητας μέσω των νέων μηχανών αναζήτησής. Παρατηρούμε λοιπόν ότι υπάρχει μια άρρηκτη σχέση μεταξύ του παγκόσμιου ιστού και των ψηφιακών οπτικών μέσων.

Α'.2 Χρήση του διαδικτύου με μειωμένη οπτική κατανόηση

Έχοντας σαν ευρύτερο στόχο την διάθεση του παγκόσμιου ιστού σε όποιον το έχει ανάγκη θα πρέπει να εξεταστεί η προσβασιμότητά του από άτομα με ειδικές ικανότητες. Για την διευκόλυνση της παρούσας εργασίας, εστιάζουμε σε άτομα με προβλήματα στην οπτική κατανόηση η και ολική τύφλωση. Δύο κατηγορίες παθήσεων που εμποδίζουν την χρήση του διαδικτύου και παρουσιάζουν τον κίνδυνο του ψηφιακού αποκλεισμού των παθόντων. Ός άτομα με προβλήματα στην οπτική κατανόηση η και ολική τύφλωση θεωρούμε τα άτομα με διαταραχές στην οπτική λειτουργία, στην αντίληψη του φωτός, των χρωμάτων, την αίσθηση του σχήματος και του μεγέθους ενός οπτικού ερεθίσματος. Θα μπορούσαμε να κατηγοριοποιήσουμε εκτενέστερα αυτές τις παθήσεις με βάση την οξύτητα του προβλήματος στις τρεις παρακάτω κατηγορίες:

- **Ολική τύφλωση**, άτομα που αδυνατούν να ερμηνεύσουν οποιοδήποτε οπτικό ερέθισμα.
- **Μειωμένη όραση**, άτομα που έχουν την ικανότητα να διαβάσουν ένα κείμενο η να αντιληφθούν μερικά το περιεχόμενο μια εικόνας με την βοήθεια λογισμικού
- **Διαταραχές όρασης**, άτομα με ελαφριές οπτικές παθήσεις όπως αχρωματοψία, δυσχρωματοψία, διαταραχές του οπτικού πεδίου.

Σε κάθε κατηγορία παρουσιάζονται προβλήματα που απαιτούν εξατομικευμένες λύσεις προσεγγίζοντας όσο το δυνατό καλύτερα μια εναλλακτική αίσθηση για την αντικατάσταση η την ενίσχυση της όρασης. Η πιο συνηθισμένη είναι η ακοή και η αφή. Σελίδες που περιλαμβάνουν κείμενο και πληροφορία γραπτή μπορούν να αφηγηθούν από την συσκευή η να μεταφραστούν σε σύστημα Braille στο αντίστοιχο βοηθητικό hardware.

Α'.3 Στόχος της εργασίας

Παρατηρούμε ότι τα συστήματα υποβοήθησης της όρασης που υπάρχουν, με κυριότερα τις Braille συσκευές, έχουν μερικά μειονεκτήματα. Το κόστος αγοράς τους είναι μεγάλο, το μέγεθος και η μεταφορά τους τα καθιστούν δύσχερηστα για φορητή χρήση και είναι σχεδιασμένα για την ερμηνεία κειμένου και όχι οπτικού περιεχομένου (εικόνες, βίντεο).

Σκοπός λοιπόν της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός ανοιχτού λογισμικού¹ και η δημιουργία μιας αντιστοίχισης των αισθήσεων της όρασης και της ακοής. Η πρόταση αυτή μπορεί να λειτουργήσει σε όλες τις συσκευές που προσφέρουν μια μέθοδο διάδρασης στον χρήστη χωρίς κάποιο συνοδευτικό hardware. Όλα βασίζονται σε μια βιβλιοθήκη που τρέχει στον περιηγητή της συσκευής. Στόχος της βιβλιοθήκης αυτής είναι η δυνατότητα μετάδοσης επιπλέον πληροφορίας για ένα οπτικό μέσο με την βοήθεια μιας μελωδίας. Στο παρών στάδιο η βιβλιοθήκη προσφέρει την δυνατότητα να ενσωματώσει ο προγραμματιστής την μέθοδο μετάφρασης για περαιτέρω έρευνα και αναζήτηση του βέλτιστου αλγορίθμου. Ενός αλγόριθμου που θα προσφέρει μια ομαλή καμπύλη μάθησης αλλά και μια καθολική λύση ανεξάρτητα την κατηγορία οπτικής κατανόησης στην οποία εντάσσεται ο χρήστης. Παράλληλα με την βιβλιοθήκη παρουσιάζονται και μερικοί τρόποι χρήσης της, μερικές υλοποιήσεις δηλαδή αλγορίθμων μετάφρασης. Οι μεταφράσεις χωρίζονται σε τρία διαφορετικά συστατικά του ήχου (κλειδί, tempo, μελωδία). Παράμετρος και στις τρεις περιπτώσεις είναι το χρώμα. Κατά την περιήγηση της εικόνας συλλέγεται ένα εικονοστοιχείο και κατ' επέκταση το χρώμα του, που αποτελεί την είσοδο της μετάφρασης. Ο ήχος αλλάζει σε πραγματικό χρόνο ανάλογα με το χρώμα. Για την κατανοητή αντιστοίχιση του χρώματος με τον ήχο παρέχετε μια μέθοδος που κατηγοριοποιεί το δείγμα του χρώματος σε κάποιες διακριτές χρωματικές τιμές. Χωρίς αυτό, λόγω της πληθώρας χρωμάτων ο ήχος θα άλλαζε συνεχώς και καθιστούσε πιο δύσκολη την μετάφραση.

¹Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνει στο Ελεύθερο Λογισμικό (αγγλ.: Open Source Software, OSS) το Ίδρυμα Ελεύθερου Λογισμικού, διαφοροποιείται από το γεγονός πως επιτρέπεται σε κάθε χρήστη να εξετάσει και να χρησιμοποιήσει τη γνώση και τις δυνατότητες που προσφέρει ο παρεχόμενος πηγαίος κώδικας.

Κεφάλαιο Β΄

Αλγόριθμος μετάφρασης

Β΄.1 Αναπαραγωγή των αρχείων και όργανα

Σχεδιάζοντας την βιβλιοθήκη παρουσιάστηκε η ανάγκη να μοντελοποιηθεί ένα σύστημα αναπαραγωγής αρχείων. Το σύστημα αυτό είναι υπεύθυνο να αναγνωρίζει και να αποθηκεύει στην προσωρινή μνήμη του περιηγητή αρχεία ήχου. Στο στάδιο αυτό μπορούν να εφαρμοστούν χαμηλού επιπέδου μετατροπές στον ήχο. Για την δημιουργία ενός μουσικού οργάνου χρειάζονται οχτώ samples. Το κάθε ένα αντιπροσωπεύει μια από τις παρακάτω νότες Bb3, C3, C5, D6, Eb3, F4, G5, Gb6. Οι νότες αυτές μεταφέρονται στην μνήμη και εφαρμόζονται οι κατάλληλες μετατροπές για να την δημιουργία μιας χρωματικής κλίμακας.¹ Στο στάδιο αυτό η βιβλιοθήκη έχει την δυνατότητα να αναπαράγει ένα σύνολο από νότες. Τα αρχεία μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για την μοντελοποίηση ενός οργάνου. Το παράδειγμα της παρούσας εργασίας υλοποιεί μια άρπα.

Β΄.2 Νότες και συγχορδίες

Β΄.3 Μουσικά κομμάτια

Η πηγή της μελωδίας και του ακουστικού αποτελέσματος της βιβλιοθήκης είναι ένα σύνολο από μουσικά κομμάτια. Τα κομμάτια αυτά αναπαρίστανται από ένα πίνακα στοιχείων. Κάθε

¹Στην μουσική ορολογία, χρωματική κλίμακα ονομάζεται η μουσική κλίμακα στην οποία η σειρά των μουσικών της φθόγγων προχωρά ανά 1 ημιτόνιο.

στοιχείο περιλαμβάνει το χρόνο στον οποίο θα αναπαραχθεί το ηχητικό σήμα, το βαθμό της νότας στην εκάστοτε κλίμακα και την διάρκεια που θα ακουστεί. Ο βαθμός αντιστοιχίζεται στην κατάλληλη νότα του όργανου από την βοηθητική συνάρτηση που ορίζει και μπορεί να προσπελάσει τις κλίμακες. Η διαδικασία αυτή αποδεσμεύει το κομμάτι από τα μουσικό κλειδί και τα όργανα. Αν ένα όργανο είναι υλοποιημένο σωστά μπορεί να ανταποκριθεί σε όλες τις νότες και σε κάθε κλειδί. Παράλληλα το κομμάτι μπορεί να μετατρέψει σε διαφορετικό μουσικό κλειδί κρατώντας το ρυθμό και την μελωδικότητα του. Για την δοκιμή και χρήση της βιβλιοθήκης μερικά κομμάτια προυπάρχουν και είναι έτοιμα να χρησιμοποιηθούν για τις μεταφράσεις. Προσφέρεται επίσης η δυνατότητα προσθήκης μουσικών κομματιών από τόν χρήστη κάνοντας εύκολη την επεκτασή της εφαρμογής και αυξάνοντας την ελευθερία που προσφέρει.

Β'.4 Αναγνώριση χρώματος

Η μετάφραση που έχει κατασκευαστεί πρέπει να τροφοδοτηθεί από δεδομένα εισόδου. Τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι είτε συγκεκριμένες ηχητικές αλλαγές (λ.χ. Αλλαγή του BPM σε 50) είτε πρωτογενή δεδομένα όπως το χρώμα του εικονοστοιχείου. Για την διευκόλυνση του χρήστη της βιβλιοθήκης υπάρχει ενσωματωμένη μια διαδικασία ομαδοποίησης και αντιστοίχισης των χρωμάτων. Η ομαδοποίηση είναι χρήσιμη για την κατάταξη μιας απόχρωσης σε μια βασική χρωματική παλέτα². Η αντιστοίχιση είναι η διαδικασία που χαρτογραφεί ένα χρωματικό σύνολο σε διακριτές τιμές ενός εκ των τριών παραμέτρων (key, bpm, track). Με σκοπό να υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία προσφέρεται η δυνατότητα στο χρήστη να παρέχει την αντιστοίχιση σαν παράμετρο για κάθε μια από τις ηχητικές αλλαγές. Το σημείο αυτό μπορεί να ερευνηθεί ακόμα περισσότερο για να εδραιωθεί μια από κοινού αντιστοίχιση χρωμάτων - BPM, χρωμάτων - μουσικών κλειδίων και χρωμάτων μουσικών κομματιών. Στο παράδειγμα υλοποίησης της βιβλιοθήκης χρησιμοποιείται η προκαθορισμένη αντιστοίχιση. Αυτή έχει επιλεγεί από την προσωπική αισθητική του προγραμματιστή και δεν αποτελεί προϊόν έρευνας.

²Η επιλογή των χρωμάτων για την παλέτα αυτή έγινε με βάση το ορατό στο ανθρώπινο μάτι φάσμα του ουράνιου τόξου.

Β'.5 Δυναμική μετάφραση

Κύριο στοιχείο της βιβλιοθήκης που παρουσιάζεται είναι η δυνατότητα μετάφρασης του χρώματος / ήχου σε πραγματικό χρόνο. Δίνεται η επιλογή στο χρήστη της να προσθέσει αρχεία ήχου για να επεκτείνει την μουσική με το αντίστοιχο μουσικό όργανο. Αφού τα απαραίτητα αρχεία έχουν προστεθεί το μουσικό όργανο είναι έτοιμο να αντεπεξέλθει στους περισσότερους ηχητικούς συνδυασμούς. Σε δεύτερο επίπεδο παρουσιάζεται η δυνατότητα αναπαράστασης μελωδιών μέσα από ένα JSON αρχείο, σχήμα Β'.1. Η προσθήκη καινούργιας μελωδίας απαιτεί την υλοποίηση ενός πίνακα αντικειμένων που έχουν σαν ιδιότητες, το βάρος στην εκάστοτε κλίμακα, την διάρκεια και τον χρόνο που θα ξεκινήσει η νότα.

```
const part = {
  partName: 'Sample track',
  partData: [
    { time: '8n * 0', degree: 0, duration: '8n' },
    { time: '8n * 1', degree: 1, duration: '8n' },
    { time: '8n * 2', degree: 2, duration: '8n' },
    { time: '8n * 3', degree: 3, duration: '8n' },
    { time: '8n * 4', degree: 4, duration: '8n' },
    { time: '8n * 5', degree: 3, duration: '8n' },
    { time: '8n * 6', degree: 2, duration: '8n' },
    { time: '8n * 7', degree: 1, duration: '8n' }
  ]
}
```

Σχήμα Β'.1: Παράδειγμα χρήσης.

Έχοντας ολοκληρώσει τα παραπάνω βήματα η βιβλιοθήκη είναι έτοιμη να αναπαράγει τις μελωδίες μέσω του οργάνου καλώντας την μέθοδο `resume()`. Κατά την διάρκεια της αναπαραγωγής υπάρχουν τρεις βασικές παράμετροι του ήχου που μπορούν να τροποποιηθούν κατά βούληση (`bpm`, `track`, `key`). Με τον τρόπο αυτό διευρύνεται η ελευθερία του προγραμματιστή ως προς την αντιστοίχιση αυτών των παραμέτρων σε χρωματικές αποχρώσεις.

Κεφάλαιο Γ΄

Πείραμα και συμπεράσματα

Γ΄.1 Περιγραφή του πειράματος

Γ΄.2 Αποτελέσματα του πειράματος

Γ΄.3 Συμπεράσματα

Γ΄.4 Περαιτέρω μελέτη

Βιβλιογραφία

- [1] Authors, *title*, information about the book, paper journal.

Συντμήσεις

JSON

JavaScript Object Notation

BPM

Beats Per Minute

Γλωσσάρι Ξενικών Όρων

Resume
hardware

Συνέχιση
Υλικό μέρος ηλεκτρονικής συσκευής

Ευρετήριο

ευρετήριο, 12

σημαντικό, 12

σημαντικό, 12