

Κωνσταντίνος Μαλιάτσος – Επίκουρος Καθηγητής

Δεκ, 2024

## Εισαγωγή:

Ένα τραγούδι με απλή δομή χαρακτηρίζεται από το Chord Progression (την ακολουθία συγχορδιών). Η ακολουθία συγχορδιών παρέχει τη βάση πάνω στην οποία αναπτύσσεται η μελωδία. Πιο ορθά, το chord progression (ή αλλιώς αρμονική ακολουθία) είναι μια διαδοχή συγχορδιών που χρησιμοποιείται στη μουσική για να δημιουργηθεί μια μελωδική και αρμονική βάση.

Παράδειγμα στο παρακάτω τραγούδι (Slipknot – Snuff), οι συγχορδίες είναι:

```
[Verse]
  Am           Em      F      C
I still press your letters to my lips
  Am           Em      F           C
And cherish them in parts of me that savor every kiss
  Am           Em      F      C
I couldn't face a life without your light
  Am           Em      F
But all of that was ripped apart...      when you refused to fight
```

Όπου A = Λα, B = Σι, C = Ντο, D = Ρε, E = Μι, F = Φα, G = Σολ, - Ο δείκτης m υποδηλώνει Minor κλίμακα («στεναχωρημένος ήχος») ενώ η απουσία δείκτη Major κλίμακα.

Όμως η μελωδική γραμμή δεν καθορίζεται από την απόλυτη νότα (δηλ. την τονικότητα ή πιο απλοϊκά από ποια νότα ξεκινάμε) αλλά από την ακολουθία των συγχορδιών. Για αυτό το chord progression παρουσιάζεται συνήθως από λατινικά γράμματα:

Π.χ. I-V-vi-IV -- λέει ότι το progression ξεκινά από την πρώτη νότα (όποια και αν είναι αυτή) σε major (για αυτό και κεφαλαίο λατινικό σύμβολο), πηγαίνει στην πέμπτη στη σειρά (major) στην έκτη στη σειρά (minor – πεζά γράμματα) και καταλήγει στην τέταρτη. Για παράδειγμα:

C (I) → G (V) → Am (vi) → F (IV) ή G(I) → D(V) → Em (vi) → C (IV) είναι το ίδιο chord progression.

Μερικά Chord Progressions είναι εξαιρετικά δημοφιλή και συναντιούνται σε πολλά τραγούδια και γενικά είναι πολύ ευήκοα στο ευρύ κοινό ( <https://www.youtube.com/watch?v=5pidokakU4I> ). Τα συγκεκριμένα τραγούδια μοιάζουν και αρκετά μεταξύ τους. Π.χ. το παραπάνω progression χρησιμοποιείται στα τραγούδια:

- "Let It Be" – The Beatles
- "Someone Like You" – Adele

- "With or Without You" – U2
- "No Woman, No Cry" – Bob Marley
- "Under the Bridge" – Red Hot Chili Peppers

Άλλα progressions ακούγονται περίεργα και φάλτσα και μπορεί να μην συναντιόνται καν.

Όλα τα παραπάνω δεν χρειάζονται καν στην εργασία αλλά δημιουργούν το context για τα επόμενα.

Το website [hooktheory.com](http://hooktheory.com) έχει μια βάση δεδομένων με chord progressions αλλά και στατιστικά χρήσης τους στα τραγούδια που υπάρχουν στη βάση δεδομένων. Η πρόσβαση στη βάση (δεν δίνονται και πολλές επιλογές) γίνεται ως εξής:

- Θα πρέπει να δημιουργήσετε δωρεάν λογαριασμό στο [hooktheory](http://hooktheory.com).
- Μετά στο API documentation <https://www.hooktheory.com/api/trends/docs> υπάρχουν οι οδηγίες πώς μπορείτε να συνδεθείτε στη βάση.
- Το πρώτο πράγμα που πρέπει να κάνετε είναι να επιτύχετε ασφαλή σύνδεση (δείτε οδηγίες στο site).
- Πρόκειται για σύνδεση με RESTful API. Για όσους δεν γνωρίζουν <https://www.redhat.com/en/topics/api/what-is-a-rest-api>.
- Διευκρινήσεις για να επιτύχετε επικοινωνία:
  - Πριν επικοινωνήσετε προγραμματιστικά, καλύτερα χρησιμοποιήστε έναν REST API client (υπάρχουν on-line ή add-ons για δημοφιλείς browsers).
  - Μην ξεχάσετε στα headers: Accept -> application/json και Content-Type -> application/json (και Authorization -> Bearer activkey\_value όπου το activekey\_value προκύπτει από την κλήση του authorization.)
- Αφού καταφέρετε να συνδεθείτε απαντήστε στα ακόλουθα ερωτήματα.

## Οδηγίες:

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε οποιαδήποτε γλώσσα προγραμματισμού προτιμάτε. Θα πρέπει επίσης να υποβάλετε μαζί με την εργασία πολύ σύντομες οδηγίες σχετικά με τον τρόπο εκτέλεσης/compiling του κώδικα. Αν αποφασίσετε να χρησιμοποιήσετε ένα εξειδικευμένο πακέτο-βιβλιοθήκη, πρέπει να δώσετε λεπτομέρειες σχετικά με τον τρόπο σύνδεσης/χρήσης του από το project σας.

Χρησιμοποιήστε εκτενώς σχόλια στον κώδικα σας. Η αποτελεσματικότητα του κώδικα δεν βαθμολογείται. Ωστόσο, η παρουσίασή του να. Αν ο κώδικας είναι ευκολοδιάβαστος, τότε ο βαθμός θα είναι υψηλότερος.

Παραδίδεται:

- Ο κώδικας μέσω του eclass.
- Μια παράγραφος ανά ερώτημα με εξήγηση/περιγραφή του τι κάνατε και γιατί.

Όταν χρησιμοποιείτε εξωτερικές πηγές, χρησιμοποιήστε αναφορές!

## Εργασία:

Για να επιλύσετε αυτό το θέμα, θα χρειαστεί να γράψετε ένα πρόγραμμα.

Συμβουλή: Για να μπορέσετε να επικυρώσετε τη λειτουργικότητα του κώδικα σας, καλό θα ήταν να δημιουργήσετε ένα «μικρότερο» παράδειγμα. Π.χ. ένα κομμάτι τριών (3) συγχορδιών όπου μπορείτε να ελέγξετε την ορθότητα του αποτελέσματος. Με αυτόν τον τρόπο μπορείτε να βρείτε πιθανά σφάλματα.

#### Ερώτημα 0: (Προπαρασκευαστικές εργασίες)

- Συνδεθείτε προγραμματιστικά στην βάση δεδομένων του hooktheory λαμβάνοντας ως είσοδο το username και password.
- Βεβαιώστε την επιτυχή σύνδεση και χρησιμοποιήστε το activation key για να συνδεθείτε.

#### Ερώτημα 1:

- «Διαβάστε» τις συγχορδίες της βάσης και καταμετρήστε τις. Οι συγχορδίες είναι εκφρασμένες ως λατινικά γράμματα
- Χρησιμοποιήστε κάποιο δικό σας σύστημα «ονοματοδοσίας» αν το chord id δεν σας κάνει. Εκτός από τις κλασσικές minor και major συγχορδίες υπάρχουν πολλές άλλες με ποιο ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που μπορεί να χρησιμοποιούν πιο σύνθετο συμβολισμό στο hooktheory.
- Απομονώστε την πιθανότητα εμφάνισης κάθε συγχορδίας.
- Υπολογίστε την εντροπία της πηγής που «αποθηκεύει» ή «μεταδίδει» τις συγχορδίες των τραγουδιών.

#### Ερώτημα 2:

- Δημιουργήστε κώδικα:
  - Shannon
  - Huffman

Που θα χρησιμοποιηθεί για να κωδικοποιήσετε chord progressions τραγουδιών που είναι αποθηκευμένα στη βάση. Θεωρήστε ότι οι συγχορδίες του ερωτήματος 1 είναι το «αλφάβητο» της πηγής πληροφορίας μας και ότι πρόκειται για πηγή «χωρίς μνήμη» παρότι δεν είναι πραγματικά.

#### Ερώτημα 3:

- Δημιουργήστε έναν κώδικα που θα κάνει parsing (αναδρομή – αναζήτηση – ανάλυση) τα τραγούδια της βάσης δεδομένων. Σημειώνεται ότι δεν υπάρχει απλός τρόπος να γίνει query μέσω του REST API που θα επιστρέφει τα τραγούδια οπότε θα πρέπει να φτιάξετε τη δικιά σας λύση.
- Προσπαθήστε να αναλύσετε και να ανατρέξετε σε όλα τα τραγούδια της βάσης. Πρέπει να βρείτε περισσότερα από 5.000 τραγούδια. Κατ'ελάχιστο προσπαθήστε να βρείτε όλα τα τραγούδια που έχουν chord progression με τέσσερις συγχορδίες.
- Αποθηκεύστε τα τραγούδια και όλη την πληροφορία που περιέχεται/εξάγεται π.χ., chord progression, τίτλος, καλλιτέχνης, verse ή chorus («κουπλέ ή ρεφρέν»), κλπ. Η αποθήκευση να γίνει είτε σε csv αρχείο, είτε σε μια δικιά σας βάση δεδομένων (π.χ. mysql).

#### Ερώτημα 4:

- Δημιουργήστε ένα σταθερού μήκους κώδικα και κωδικοποιήστε τα chord progressions από τα τραγούδια που έχετε εξάγει από το hooktheory.
- Μετρήστε το μέγεθος του κώδικα σε bytes.

#### Ερώτημα 5:

- Εφαρμόστε κωδικοποίηση Shannon που φτιάξατε στο Ερώτημα 2 για το ίδιο σύνολο τραγουδιών.
- Μετρήστε το μέγεθος του κώδικα σε byte. Έγινε συμπίεση? Αν ναι σε τι βαθμό.

Ερώτημα 6:

- Εφαρμόστε κωδικοποίηση Huffman που φτιάξατε στο Ερώτημα 2 για το ίδιο σύνολο τραγουδιών.
- Μετρήστε το μέγεθος του κώδικα σε byte. Έγινε συμπίεση? Αν ναι σε τι βαθμό.

Ερώτημα 7:

- Προχωρήστε σε ανάλυση ανά ζεύγη συγχορδιών όπου χρησιμοποιείται την πιθανότητα εμφάνισης ενός ζεύγους συγχορδιών (π.χ. ζεύγος I-IV).
- Πόσα σύμβολα έχει το «αλφάβητο» με τα ζεύγη συγχορδιών?
- Υπολογίστε την εντροπία θεωρώντας το σύστημα ως δυαδική πηγή με μνήμη 1<sup>ης</sup> τάξης.

Ερώτημα 8:

- Δημιουργήστε κώδικα:
  - Shannon
  - Huffman

Για τα ζεύγη συγχορδιών.

- Εφαρμόστε τις κωδικοποιήσεις στα τραγούδια.
- Μετρήστε το μέγεθος του κώδικα σε byte. Έγινε συμπίεση? Αν ναι σε τι βαθμό? Βελτιώθηκε η κατάσταση από τα ερωτήματα 5 και 6?

Ερώτημα 9:

- Πραγματοποιήστε το ίδιο για τετράδες συγχορδιών (για τραγούδια με chord progression μεγαλύτερο του 4 – αν το τραγούδι έχει τρεις συγχορδίες δεν ασχολούμαστε).
- Το αλφάβητο που προκύπτει είναι «εξαντλητικό». Μπορείτε να υπολογίσετε την από κοινού εντροπία για την πηγή με τετράδες?

Ερώτημα 10:

- Χρησιμοποιώντας κριτήρια θεωρίας πληροφορίας αποφασίστε αν τα τραγούδια
  - Της Adele, ή
  - Των Radiohead

είναι πιο «mainstream» και δικαιολογήστε την απάντησή σας.

Ερώτημα 11:

- Με βάση τα αποτελέσματα που έχετε βγάλει, μπορείτε να βγάλετε το chord progression τεσσάρων συγχορδιών στο κουπλέ και τεσσάρων συγχορδιών στο ρεφρέν που δημιουργούν το απόλυτο “mainstream” κομμάτι?

Ερώτημα 12:

- Θέλουμε να μεταδώσουμε το αρχείο του ερωτήματος 8 (για Huffman κώδικα) πάνω από θορυβώδες κανάλι σηματοθορυβικού λόγου 7 dB.
- Θεωρώντας ότι για bit 0 αποστέλλεται η στάθμη σήματος -1 (π.χ. σε Volt) και για το bit 1 αποστέλλεται η στάθμη σήματος 1 (BPSK διαμόρφωση), φτιάξτε το σύστημα μετάδοσης και προσθέστε το θόρυβο σύμφωνα με την εκφώνηση της άσκησης.
- Εξομοιώστε τη διαδικασία λήψης με χρήση hard απόφασης (επιλογή του συμβόλου με την μικρότερη απόσταση). Υπάρχουν σφάλματα μετάδοσης? Αν ναι πόσα?

Ερώτημα 13:

- Εφαρμόστε κωδικοποίηση καναλιού Hamming με μήκος κωδικοποιημένης λέξης τα 15 bits.
- Εισάγετε θόρυβο και λήψη με hard απόφαση.
- Πραγματοποιήστε αποκωδικοποίηση Hamming ανά 15bits και μετρήστε τα σφάλματα.
- Ποιο το όφελος και ποιο το κόστος συγκριτικά με το ερώτημα 7.

Ερώτημα 14:

- Φτιάξτε ένα πρωτόκολλο, όπου σε περίπτωση λανθασμένης λήψης γίνεται επανάληψη της αποστολής του ίδιου Hamming block.
- Θεωρώντας κανάλι ταχύτητας 1 Msymbol/sec (για BPSK είναι ίδιο με Mbps) και εύρος ζώνη 1MHz, ποιος ο επιτευξιμος ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας και ποια η χωρητικότητα όπως υπολογίζεται θεωρητικά.

*Η εργασία έχει καταληκτική ημερομηνία μια εβδομάδα μετά την εξέταση του μαθήματος.*

*Είναι προαιρετική (αλλά συνιστάται να ασχοληθείτε) και μετράει μόνο θετικά.*

*Αν στην εργασία πάρετε 10 για όλα τα ερωτήματα εκτός του 9 και του 11, θα λάβετε τρεις μονάδες και θα εξεταστείτε με άριστα το 7.5 στην τελική εξέταση (0.5 μπόνους – αλλά μόνο αν η εργασία έχει βαθμό τουλάχιστον 6).*

*Αν στην εργασία πάρετε 10 για όλα τα ερωτήματα, θα λάβετε 3,5 μονάδες και θα εξεταστείτε με άριστα το 7 στην τελική εξέταση (0.5 μπόνους – αλλά μόνο αν η εργασία έχει βαθμό τουλάχιστον 6).*

*Αν δεν δώσετε εργασία ή αν η εργασία που παραδώσετε δεν βοηθά στον βαθμό σας, εξετάζεστε με άριστα το 10.*

*Η προσπάθεια πάντα (ακόμη και ελλιπής) ανταμείβεται.*

K.