



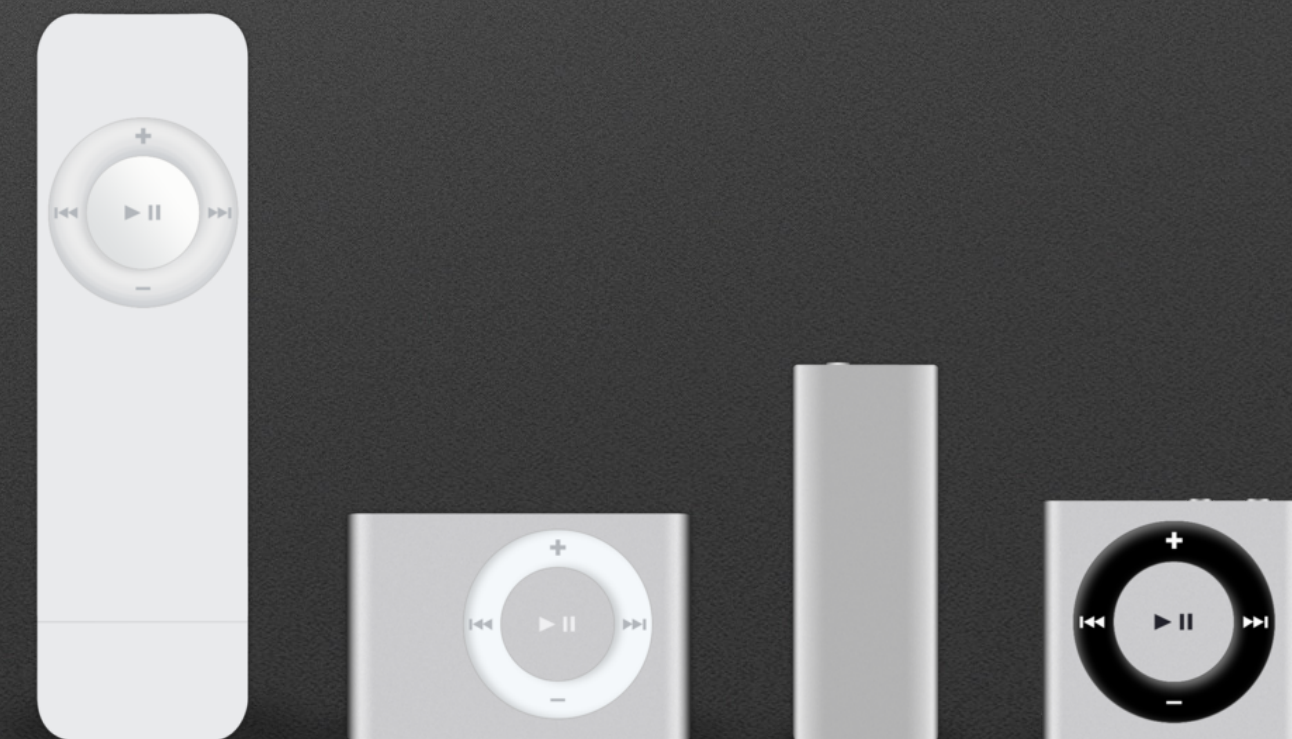
Υλοποίηση Εξατομικευμένου Συστήματος Συστάσεων Βασιζόμενο σε Αρνητικά Δείγματα με Στόχο τη Ταχεία Προσαρμογή σε Πραγματικό Χρόνο

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ - ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ -
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ”
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΝΙΚΟΛΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ
ΑΜ 03400065

- Εισαγωγή
- Κεντρική Ιδέα
- Σχετικές Υλοποιήσεις
- Ανάλυση Συστήματος
- Αποτελέσματα Συστήματος
- Συμπεράσματα

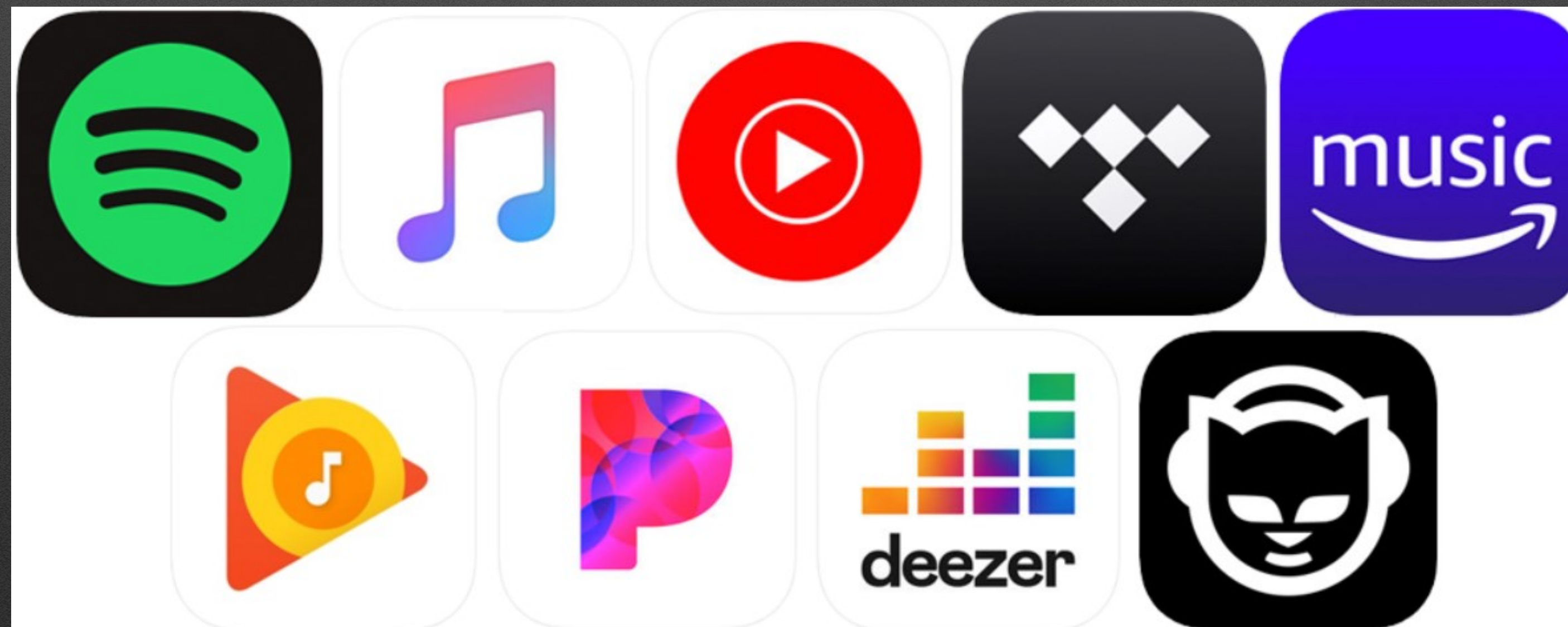
Εισαγωγή

- Από την αρχαιότητα, οι άνθρωποι βλέπουν τη μουσική ως συντροφιά
- Η μουσική εξελίσσεται μαζί με τον άνθρωπο
- Με τη πάροδο των ετών, τα μουσικά είδη πολλαπλασιάστηκαν
- Ίσως η μεγαλύτερη επανάσταση στο μουσικό στερέωμα ήταν η είσοδος στη ψηφιακή εποχή
- Η μουσική “τρύπωσε” στις φορητές συσκευές μας, πέραν των CD Players και των Walkmans



Εισαγωγή

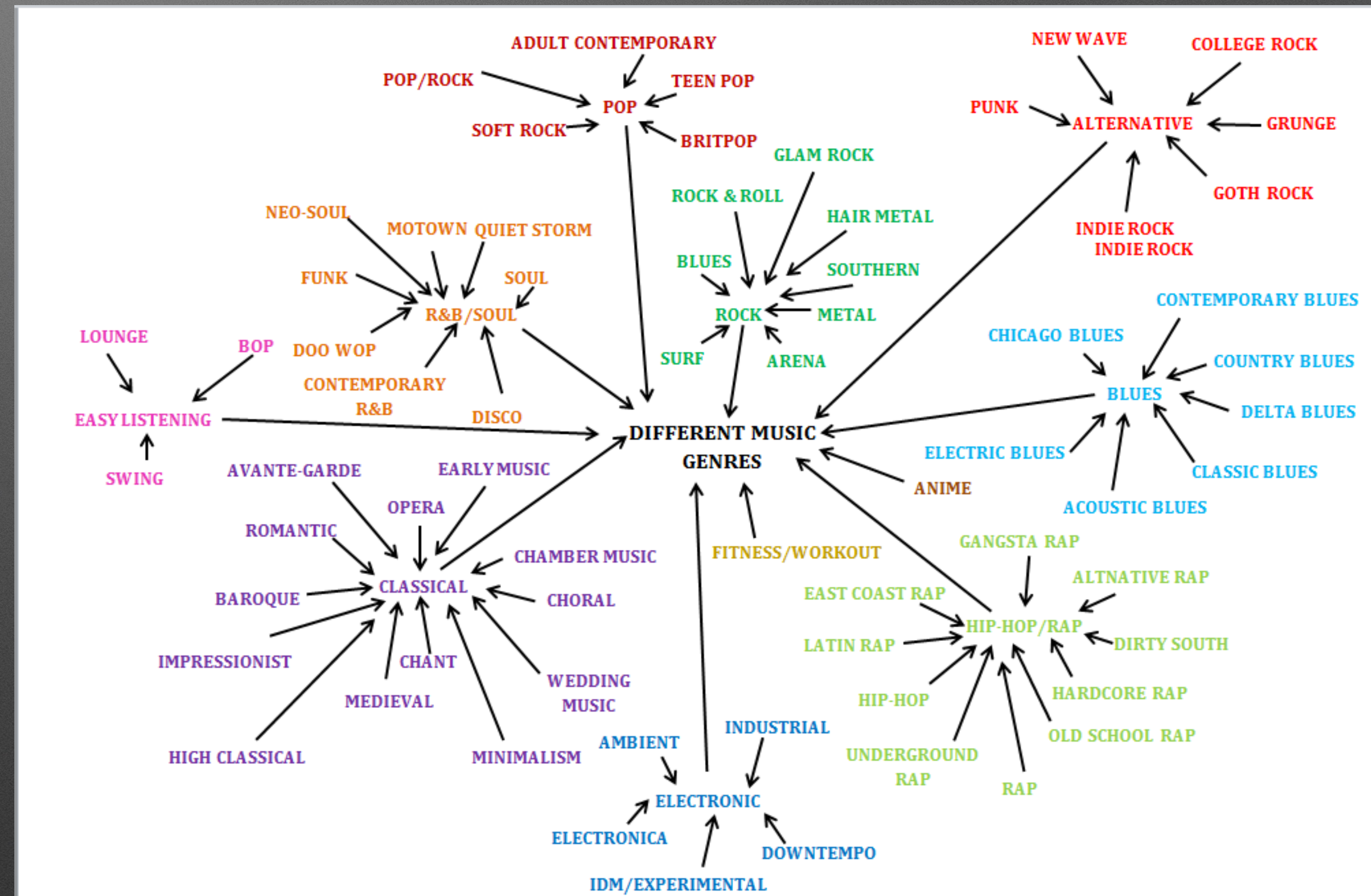
- Εκατοντάδες εκατομμύρια άνθρωποι απολαμβάνουν μουσική καθημερινά, μέσω των ηλεκτρονικών συσκευών τους
- Χρησιμοποιούν εφαρμογές media players
- Είναι συνδρομητές σε υπηρεσίες ροής μουσικής (Spotify, Amazon Prime Music, Tidal κλπ)
- Ακούν μουσική ελεύθερα μέσω διαδικτύου (Youtube)
- Σχεδόν όλοι όμως, έχουν μια προσωπική λίστα αναπαραγωγής, όπου αποθηκεύουν τα αγαπημένα τους κομμάτια!



- Εισαγωγή
- Κεντρική Ιδέα
- Σχετικές Υλοποιήσεις
- Ανάλυση Συστήματος
- Αποτελέσματα Συστήματος
- Συμπεράσματα

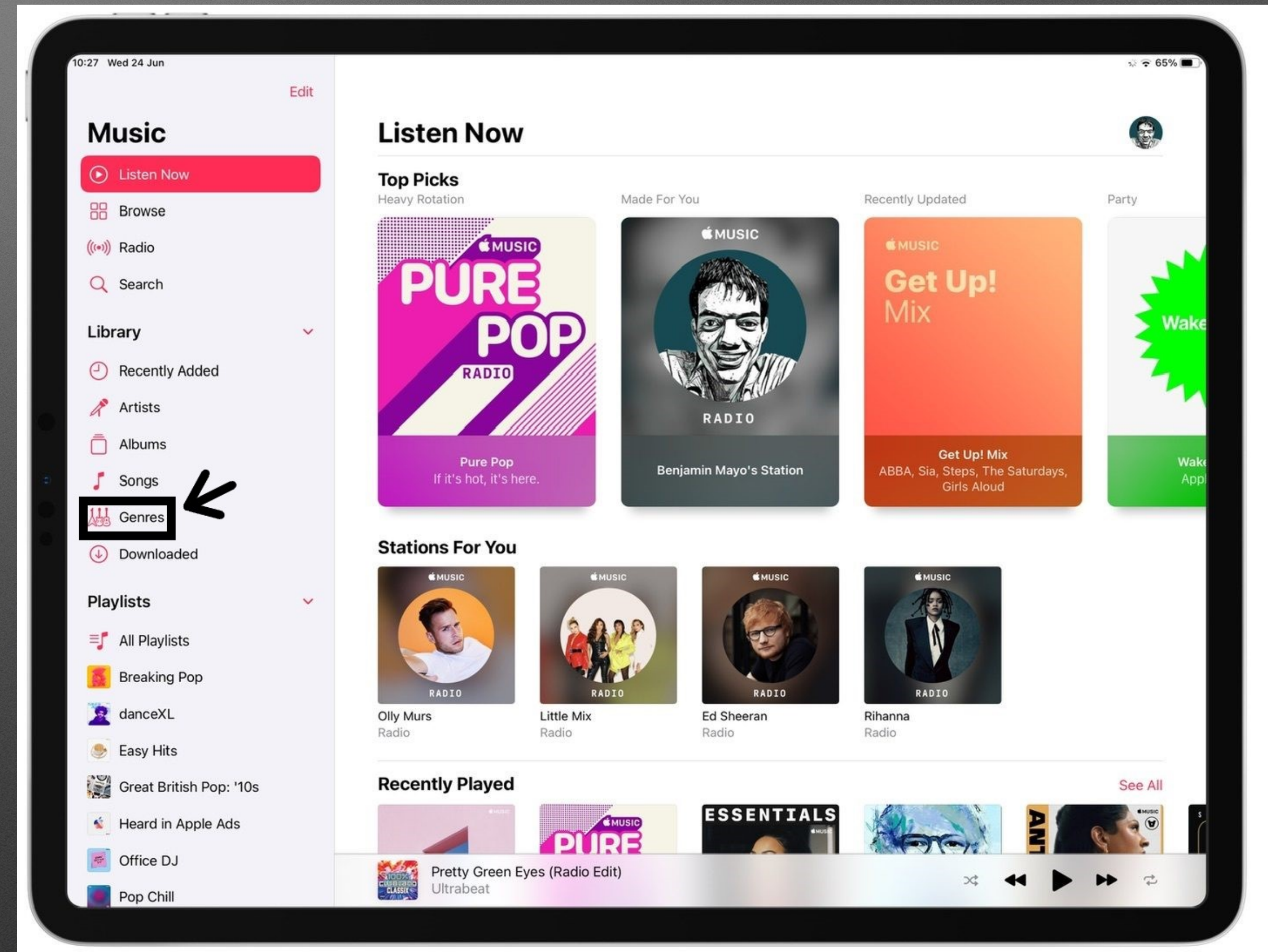
Κεντρική Ιδέα

- Πολύ συχνά οι χρήστες απλώς επιλέγουν τη δυνατότητα τυχαίας αναπαραγωγής στη λίστα τους και απολαμβάνουν τη μουσική ακρόαση
- Όμως, εντός μιας λίστας αναπαραγωγής (playlist), δεν είναι εφικτή η επιλογή κομματιών συγκεκριμένου μουσικού είδους (genre)
- Ένας χρήστης δεν μπορεί να ακούσει μόνο μια συγκεκριμένη οικογένεια μουσικών κομματιών εντός της αγαπημένης του playlist!



Κεντρική Ιδέα

- Έστω ότι ένας χρήστης του Spotify θέλει να ακούσει μόνο τα rock κομμάτια της playlist του. Πως θα το κάνει αυτό?
- Πρέπει διαρκώς να ψάχνει μέσα στη λίστα, κάνοντας συνεχή **skips** των τραγουδιών που δεν θέλει να ακουσει!
- Μήπως μπορούμε να λύσουμε αυτό το πρόβλημα?

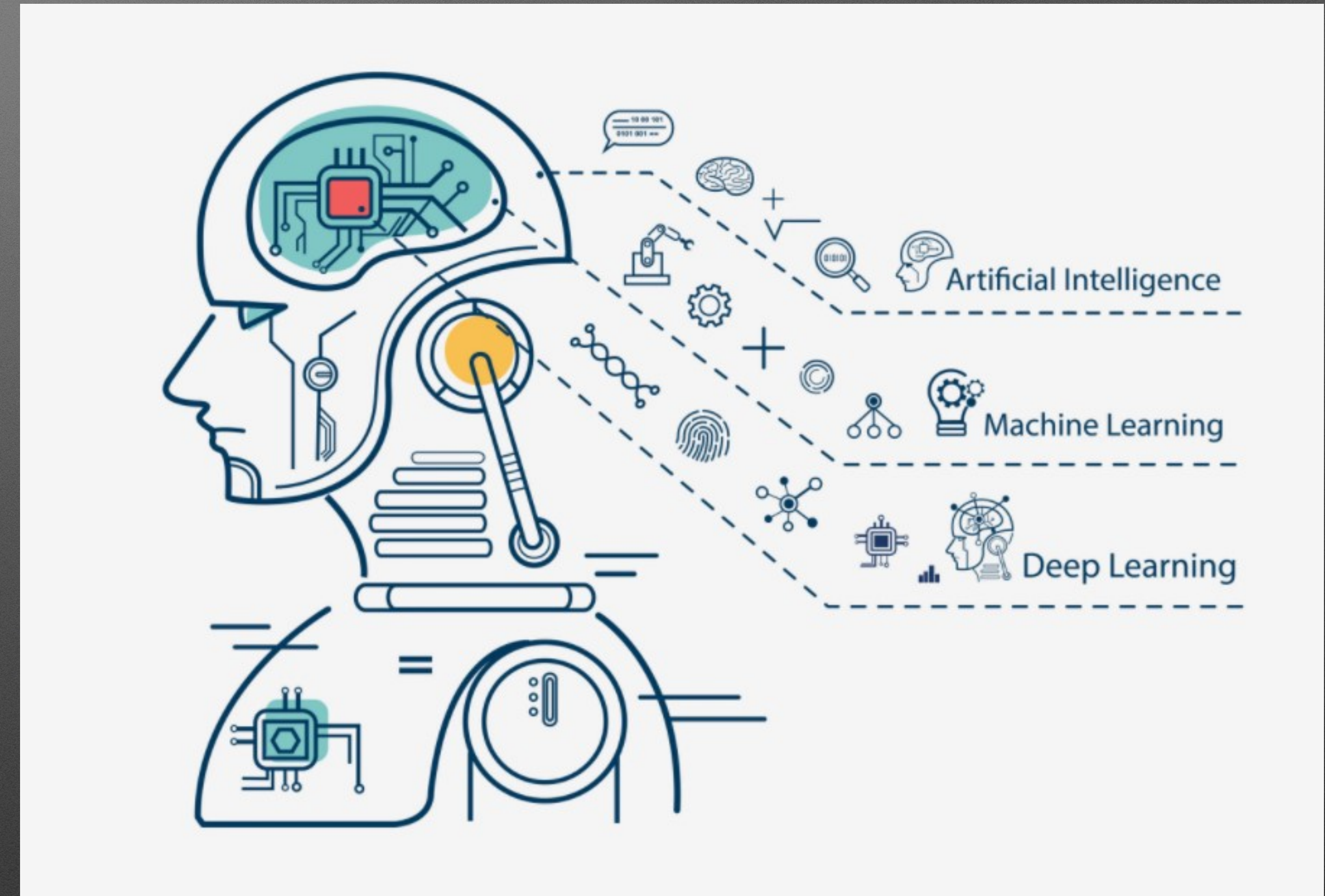


Μήπως είναι εφικτή η δημιουργία ενός **συστήματος συστάσεων**, ενσωματωμένου εντός μιας λίστας αναπαραγωγής, όπου θα επιχειρεί να αντιληφθεί τις μελωδικές προτιμήσεις του χρήστη **με βάση τα κομμάτια που προσπερνάει (κάνει skip)**, μια **συγκεκριμένη χρονική στιγμή** και σε **πραγματικό χρόνο**?

- Εισαγωγή
- Κεντρική Ιδέα
- Σχετικές Υλοποιήσεις
- Ανάλυση Συστήματος
- Αποτελέσματα Συστήματος
- Συμπεράσματα

Σχετικές Υλοποιήσεις

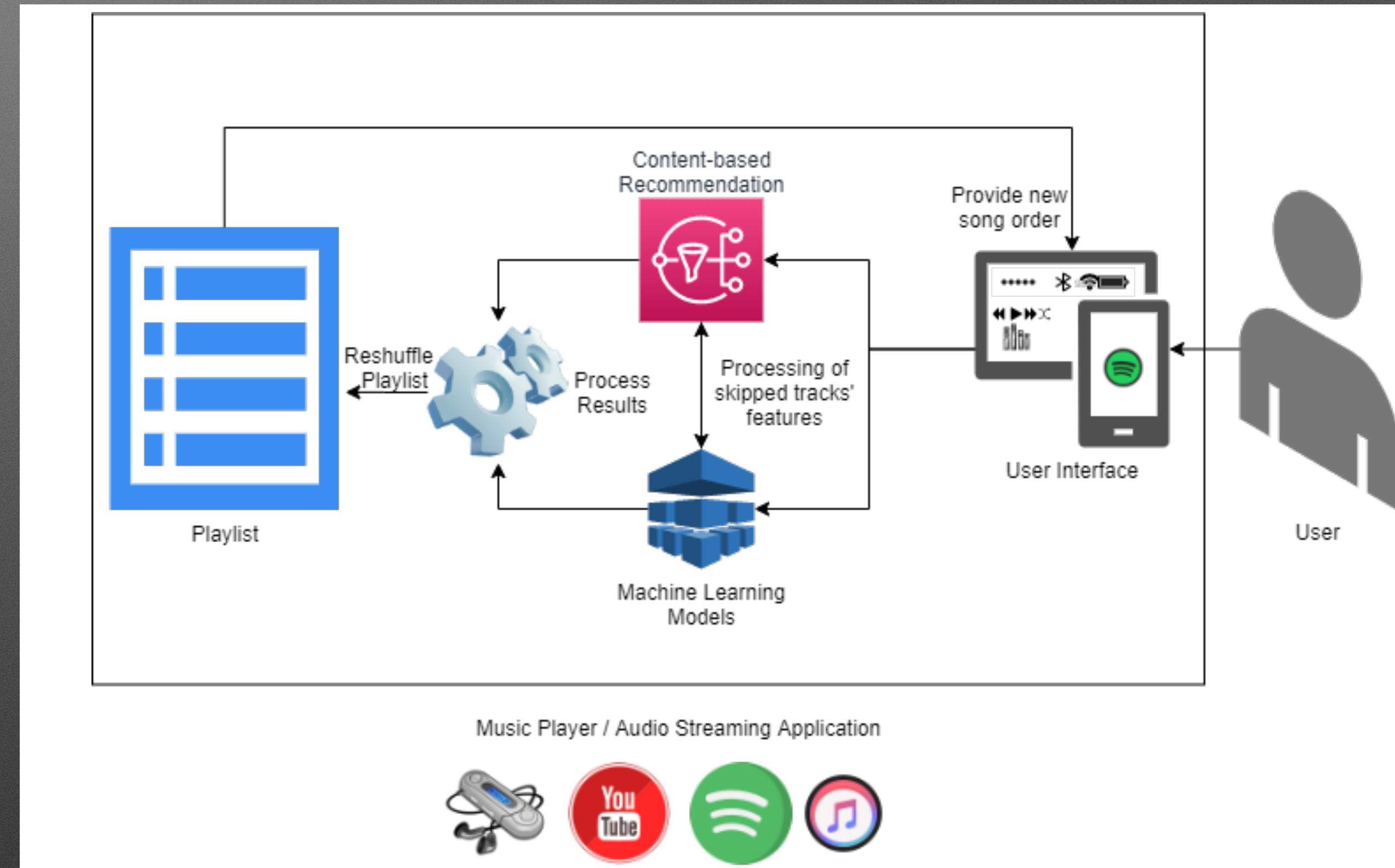
- Συστήματα Συστάσεων Πραγματικού Χρόνου
- Μουσικά Συστήματα Συστάσεων
- Χρήση Μοντέλων Μηχανικής Μάθησης για Αναγνώριση Μουσικών Ειδών
- Χρήση Μοντέλων Μηχανικής Μάθησης με Αξιοποίηση Αρνητικών Δειγμάτων
- Δεν υπάρχει όμως ένας συνδυασμός όλων των παραπάνω!



- Εισαγωγή
- Κεντρική Ιδέα
- Σχετικές Υλοποιήσεις
- **Ανάλυση Συστήματος**
- Αποτελέσματα Συστήματος
- Συμπεράσματα

Ανάλυση Συστήματος

- Το σύστημα που αναπτύχθηκε έχει ως εξής:
 - Δημιουργία συνόλου δεδομένων με χρήση του Spotify Web API. Συλλογή μουσικών κομματιών με αναζήτηση 19 βασικών genres: **Rock, Classical, Dance, Electronic, Folk, Hip-hop, Rap, Jazz, Blues, Metal, Pop, Punk, Soul, Reggae, Country, Indie, Alternative, Latin και R&b**
 - Χρήση Μοντέλων Μηχανικής Μάθησης για αξιοποίηση των μελωδικών χαρακτηριστικών, για τα μουσικά κομμάτια του dataset **Στόχος -> Genre Recognition μέσω των μελωδικών χαρακτηριστικών (valence, tempo, loudness, liveness, acousticness, speechiness, danceability, energy, instrumentality)**
 - Υλοποίηση Content-Based Συστήματος Συστάσεων με αξιοποίηση των παραχθέντων προβλέψεων από το σκέλος της μηχανικής μάθησης. **Στόχος -> Χρήση μόνο αρνητικών δειγμάτων (κομμάτια που γίνονται skip) και σύγκλιση στο επιθυμητό είδος σε πραγματικό χρόνο**



Ανάλυση Συστήματος

- Σύνολο Δεδομένων:

- Μέσω του Spotify Web API, δημιουργήθηκαν τρία σύνολα: Ένα μεγάλο, ένα μεσαίο και ένα μικρό. Το μεγάλο για machine learning, το μεσαίο και μικρό για τον recommender
- Μεγάλο dataset: **84307** κομμάτια
- Μεσαίο dataset: **3785** κομμάτια
- Μικρό dataset: **948** κομμάτια

*Τα genres με βάση τα οποία έγινε η αναζήτηση των κομματιών, γίνονται αυτομάτως και τα genre labels τους. Γιατί...;

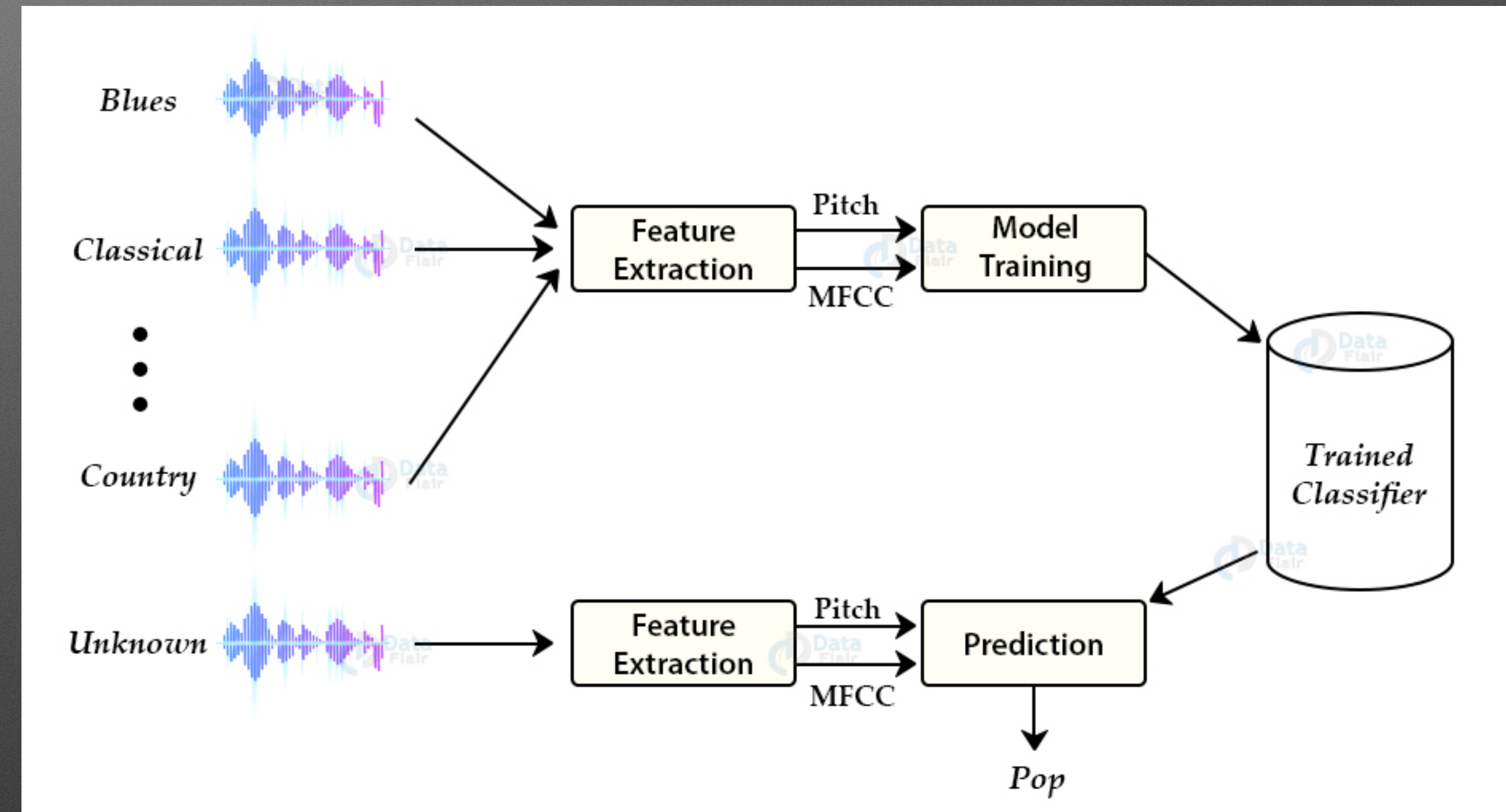
	trackid	trackname	artist	artistid	genres	main_genre	danceability	energy	loudness	speechness	acousticness	instrumentalness	liveness	valence	tempo
0	0hCB0YR03f6AmQaHbwWDe8	whole lotta love - 1990 remaster	led zeppelin	36QJpDe2go2KgaRIeHCDTp	albumrock classicrock hardrock rock	rock	0.412	0.902	-11.600	0.4050	0.04840	0.131000	0.4050	0.422	89.740
1	2aoo2jIRnM3A0NyLQqMN2f	all along the watchtower	jimi hendrix	776Uo845nYHJpNaStv1Ds4	acidrock albumrock bluesrock classicrock hard...	rock	0.438	0.805	-6.237	0.0624	0.00255	0.000057	0.0842	0.564	113.253
2	08mG3Y1vjYA6bvDt4Wqkj	back in black	ac/dc	711MCceyCBcFnzjGY4Q7Un	albumrock australianrock hardrock rock	rock	0.310	0.700	-5.678	0.0470	0.01100	0.009650	0.0828	0.763	188.386
3	1RJeIAlwR9pZBgJA8ndZLL	paint it, black - mono	the rolling stones	22bE4uQ6baNwSHPVcDxLCe	britishinvasion classicrock rock	rock	0.505	0.836	-7.384	0.1010	0.01030	0.077100	0.2950	0.764	159.669
4	66lOpKgTyFjOrac4S1s94g	rebel rebel - 1999 remaster	david bowie	0oSGxfWSnnOXhD2fKuz2Gy	albumrock artrock classicrock dancerock glamr...	rock	0.676	0.920	-7.960	0.0435	0.00101	0.000009	0.2480	0.624	126.341

Ανάλυση Συστήματος

- Κατά τη συλλογή των δεδομένων, προέκυψε ένα σημαντικό ζήτημα: **Δεν υπήρχαν genres για κάθε μουσικό κομμάτι!** Οπότε, έγιναν οι εξής παραδοχές:
 - Στη περίπτωση της Μηχανικής Μάθησης (δηλαδή στο μεγάλο dataset), θα χρησιμοποιηθούν ως genres / labels εκείνα με τα οποία έγινε η αναζήτηση των κομματιών μέσω του Spotify Web API.
 - Στη περίπτωση του Recommender (στα μεσαία και μικρά datasets), θα χρησιμοποιηθούν ως genres εκείνα που αντιστοιχούν στους καλλιτέχνες των κομματιών.

Ανάλυση Συστήματος

- Μοντέλα Μηχανικής Μάθησης:
 - Naive Bayes
 - Logistic Regression
 - k-Nearest Neighbours
 - Random Forest
 - Decision Tree
 - XGBoost
 - Custom 2D Convolutional Neural Network



**Χρησιμοποιείται Machine Learning για το Genre Recognition. Εκπαιδεύοντας με το μεγάλο dataset, στόχος είναι η αναγνώριση genres σε επόμενα (πχ. μεσαίο και μικρό) σύνολα*

Ανάλυση Συστήματος

- Σύστημα Συστάσεων:

- Content-Based Τεχνικές -> Υπλογισμός ομοιοτήτων μεταξύ μουσικών ειδών μέσω:

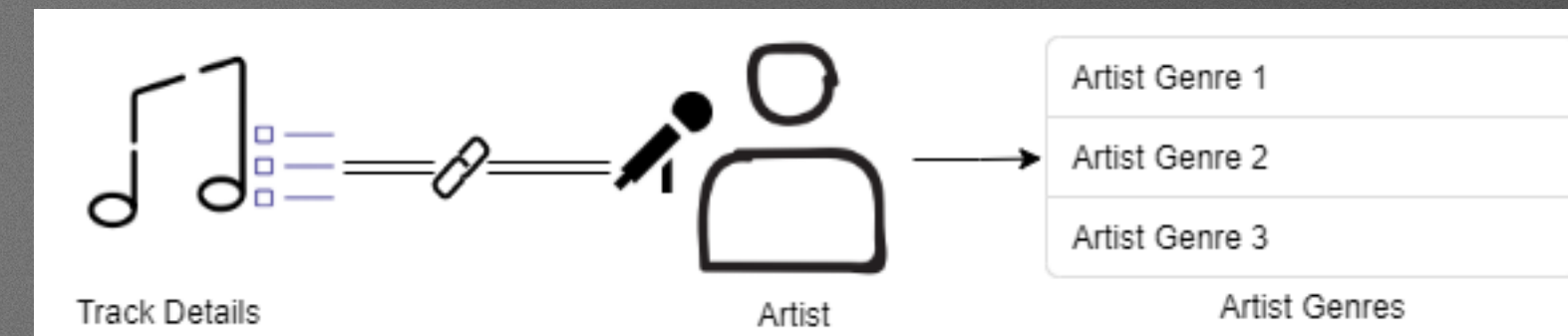
- Count Vectorizer & Cosine Similarity

- Tf-Idf Vectorizer & Linear Kernel


- Χρήση προβλέψεων του CNN για περαιτέρω ενίσχυση της διαδικασίας του recommendation

- **Εμπλουτισμός δεδομένων με χρήση του Spotify Web API endpoint "similar artists" -> Πρόσβαση σε περισσότερους χρήστες, άρα και περισσότερα μουσικά είδη**

***Όπως προαναφέρθηκε, στο σύστημα συστάσεων θεωρείται ότι ένα μουσικό κομμάτι έχει ίδιο είδος με εκείνο του καλλιτέχνη του**

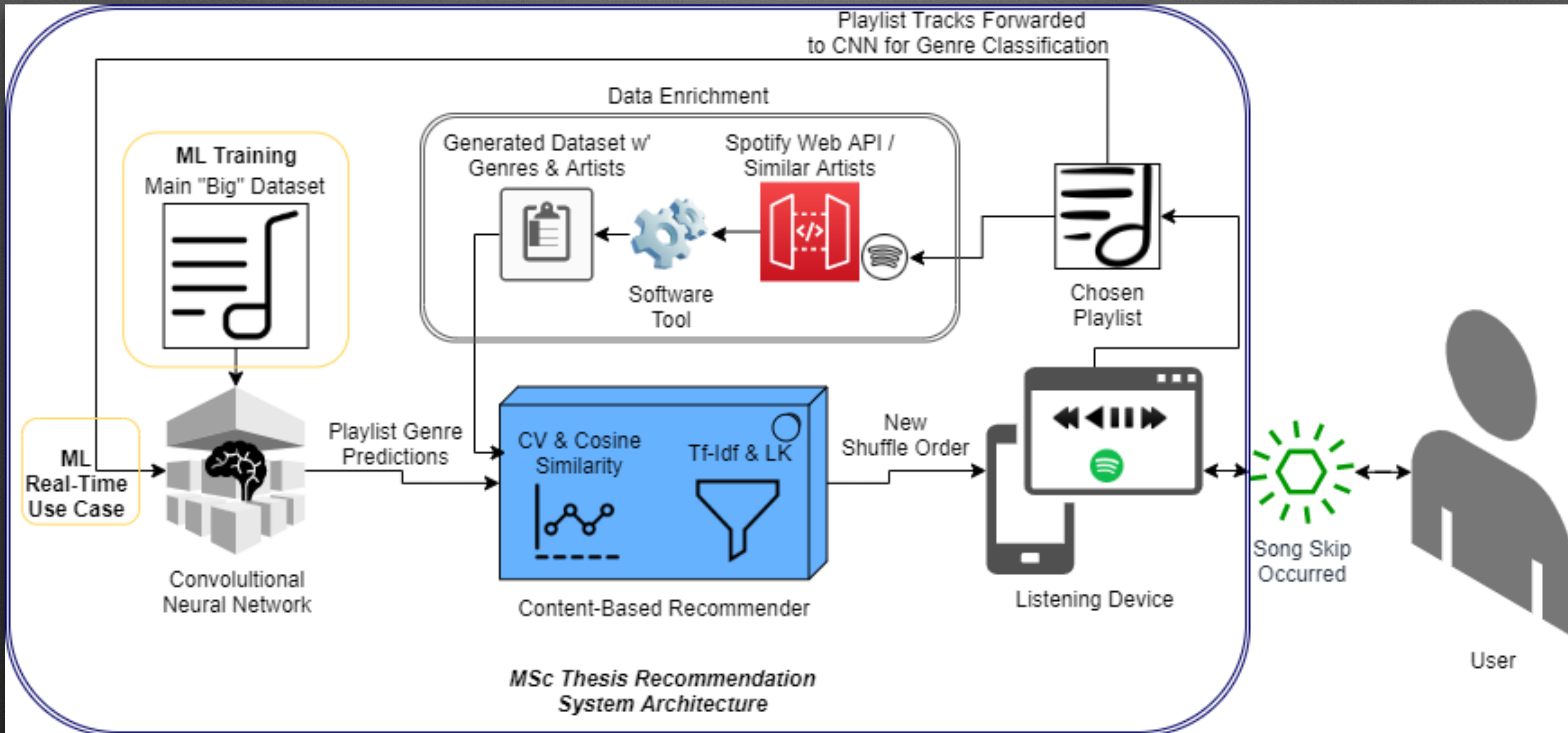


Original Dataset (without the music features)		
track	artist	genres
track 1	john doe	rock
track 2	jack purple	rap, r&b, hip-hop
track 3	jim blue	classical, opera, orchestra


Spotify Web Api for similar artists

Newly Generated Dataset w' Genres & Similar Artists	
genre	artists
blues	james green, jonas haze, jimbo brown, jules white, jar..
rock	john doe, jorge martinez, justin love, julius hozer, jana..
pop	josh klein, jones havok, job anderson, jack bordeaux, j.

Ανάλυση Συστήματος - Τελική Αρχιτεκτονική



- Εισαγωγή
- Κεντρική Ιδέα
- Σχετικές Υλοποιήσεις
- Ανάλυση Συστήματος
- **Αποτελέσματα Συστήματος**
- Συμπεράσματα

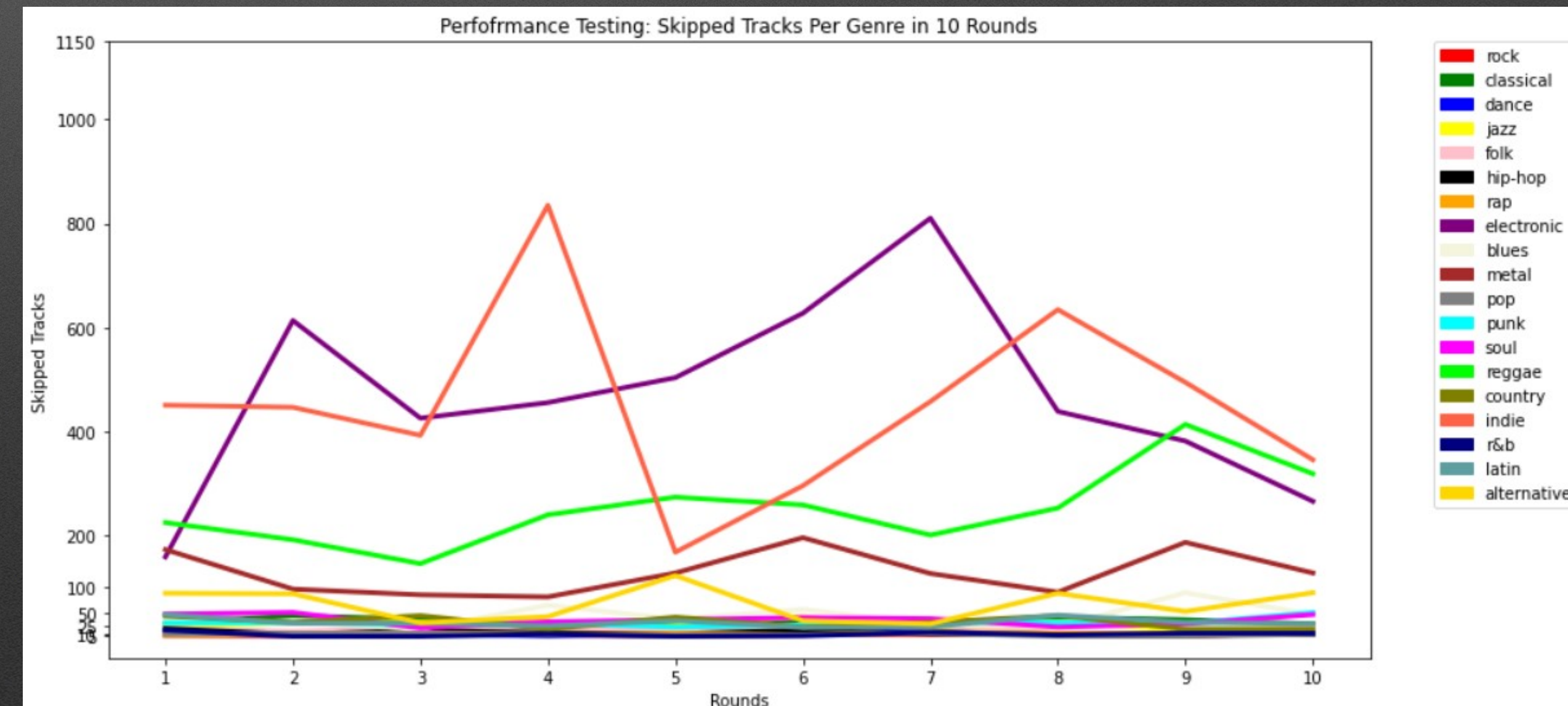
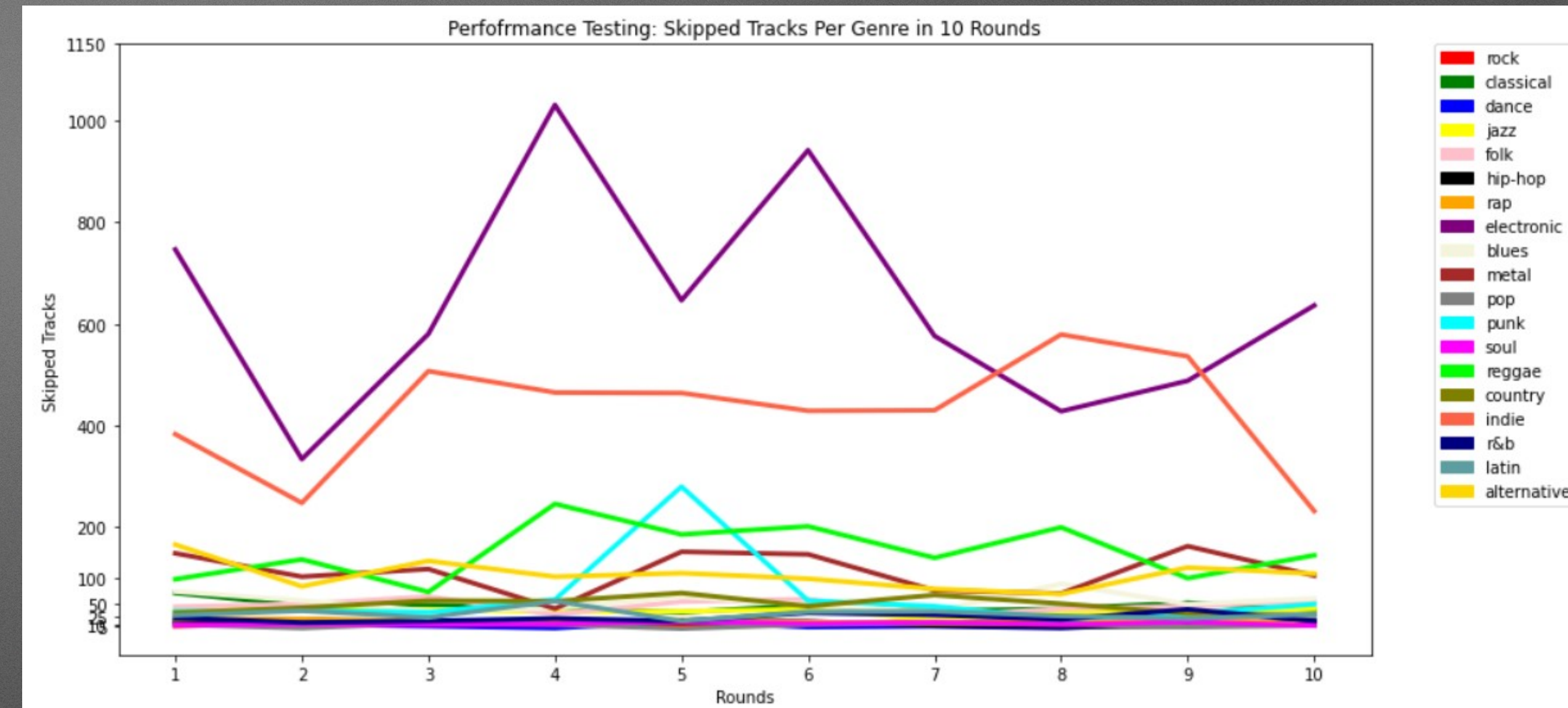
Αποτελέσματα Συστήματος

- Μηχανική Μάθηση:
 - “Νικητές” οι XGBoost και Random Forest, ικανοποιητικά αποτελέσματα από το 2D CNN, πιο πίσω τα άλλα μοντέλα
- Πρόβλημα με τη ποιότητα των δεδομένων. Δεν έχουν όλα τα genres την ίδια επιρροή στους ταξινομητές -> **Ίσως είναι τόσο ποιοτικός ο τρόπος συλλογής δεδομένων με βάση το genre**
- Χαμηλά αποτελέσματα ακρίβειας στα πολλά genres (labels)
- **Τα 9 μελωδικά χαρακτηριστικά που παρέχονται από το Spotify API δεν αποφέρουν τόσο καλά αποτελέσματα για classification**

ML MODELS	AMOUNT OF GENRES TO CLASSIFY				
	TWO*	THREE*	FOUR*	12 (MERGED)	19 (COMPLETE)
NAIVE BAYES	98%	62%	70%	33%	21%
LOGISTIC REGRESSION	98%	66%	73%	34%	26%
k NEAREST NEIGHBOURS	98%	66%	73%	33%	25%
RANDOM FOREST	98%	72%	77%	40%	29%
DECISION TREE	97%	62%	69%	32%	22%
XGBOOST	99%	70%	77%	40%	30%
2D CONVOLUTIONAL NN	98%	69%	76%	34%	25%
	ACCURACY				
	*random genre selection				

Αποτελέσματα Συστήματος

- Σύστημα Συστάσεων:
 - Καταφέρνει και συγκλίνει με χρήση αρνητικών δειγμάτων!
 - Κάποια genres χωλαίνουν αισθητά, λόγω των κομματιών από τα οποία απαρτίζονται
-> **Μάλλον δεν είναι τόσο ποιοτικός ο τρόπος συλλογής δεδομένων με βάση το genre**
 - Τα περισσότερα είδη όμως τα κατάφεραν καλά!
 - Έχουμε σύγκλιση σε πραγματικό χρόνο, με χρήση αρνητικών δειγμάτων και αξιοποίηση πρόβλεψης μοντέλου μηχανικής μάθησης!



- Εισαγωγή
- Κεντρική Ιδέα
- Σχετικές Υλοποιήσεις
- Ανάλυση Συστήματος
- Αποτελέσματα Συστήματος
- Συμπεράσματα

Συμπεράσματα

- Το Spotify πρέπει να προσθέσει μουσικά είδη για κάθε κομμάτι
- Αμφίβολη ταξινόμηση μουσικού είδους με βάση τα 9 μελωδικά χαρακτηριστικά (μπορεί να αλλάξει αν κάθε κομμάτι αποκτήσει δικό του genre)
- **Το σύστημα που αναπτύχθηκε δουλεύει!**
- Μελλοντική επέκταση -> Αξιοποίηση του υπάρχοντος συστήματος με χρήση θετικών δειγμάτων. **Πρόχειρες δοκιμές έδειξαν άμεση σύγκλιση στο επιθυμητό είδος με μόλις ένα δείγμα!**





That's all Folks!