



# 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

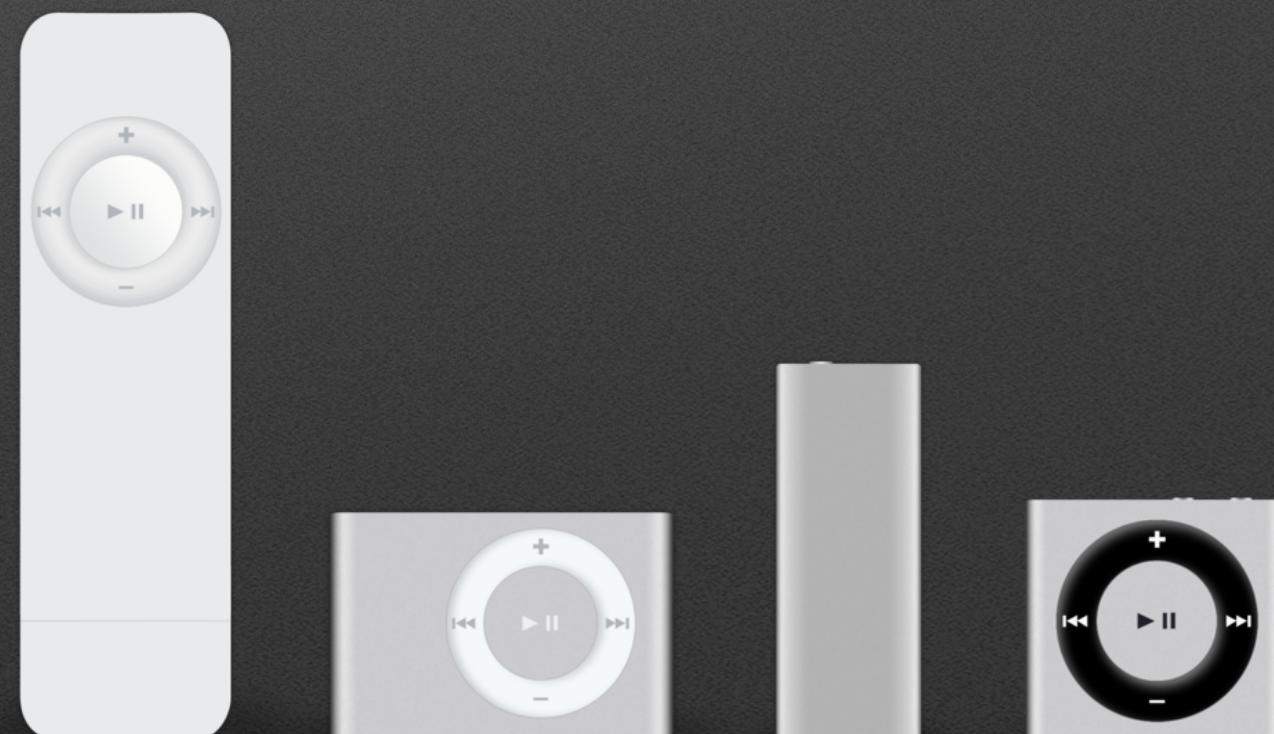
ΝΙΚΟΛΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

AM 03400065

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

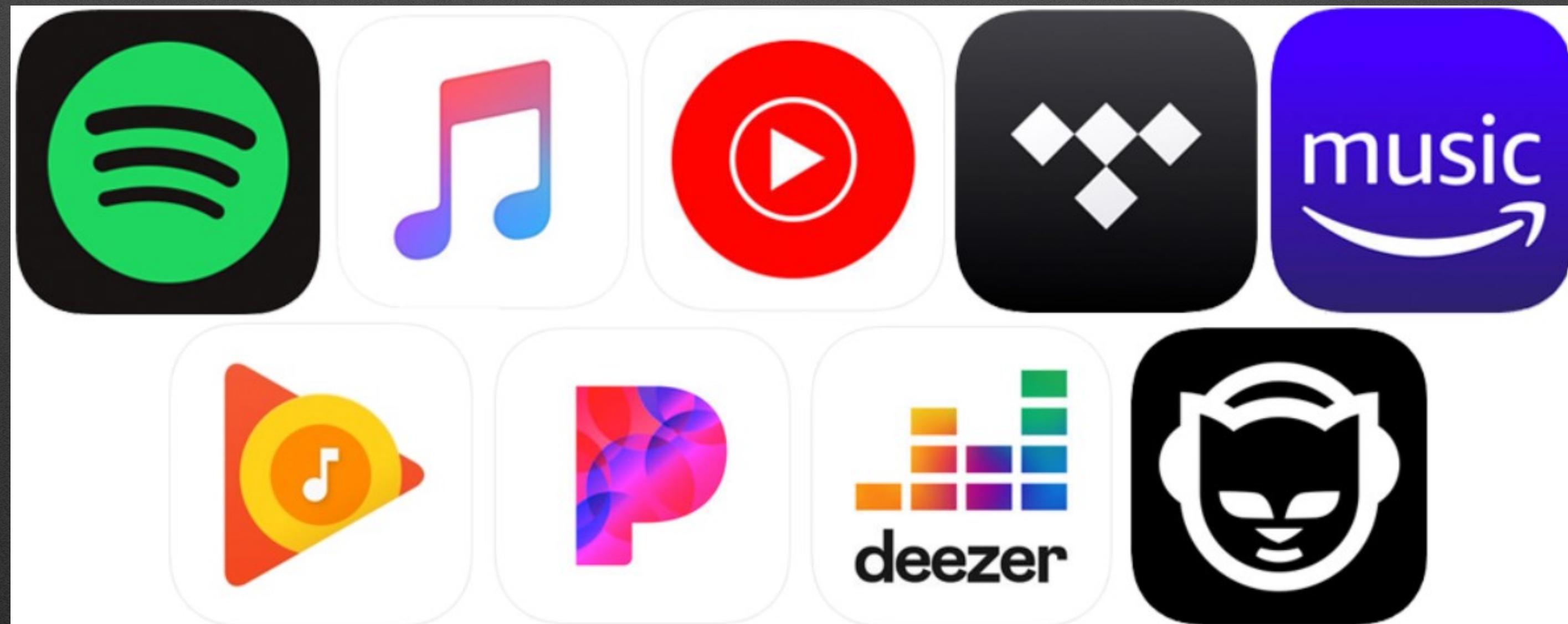
# Εισαγωγή

- 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

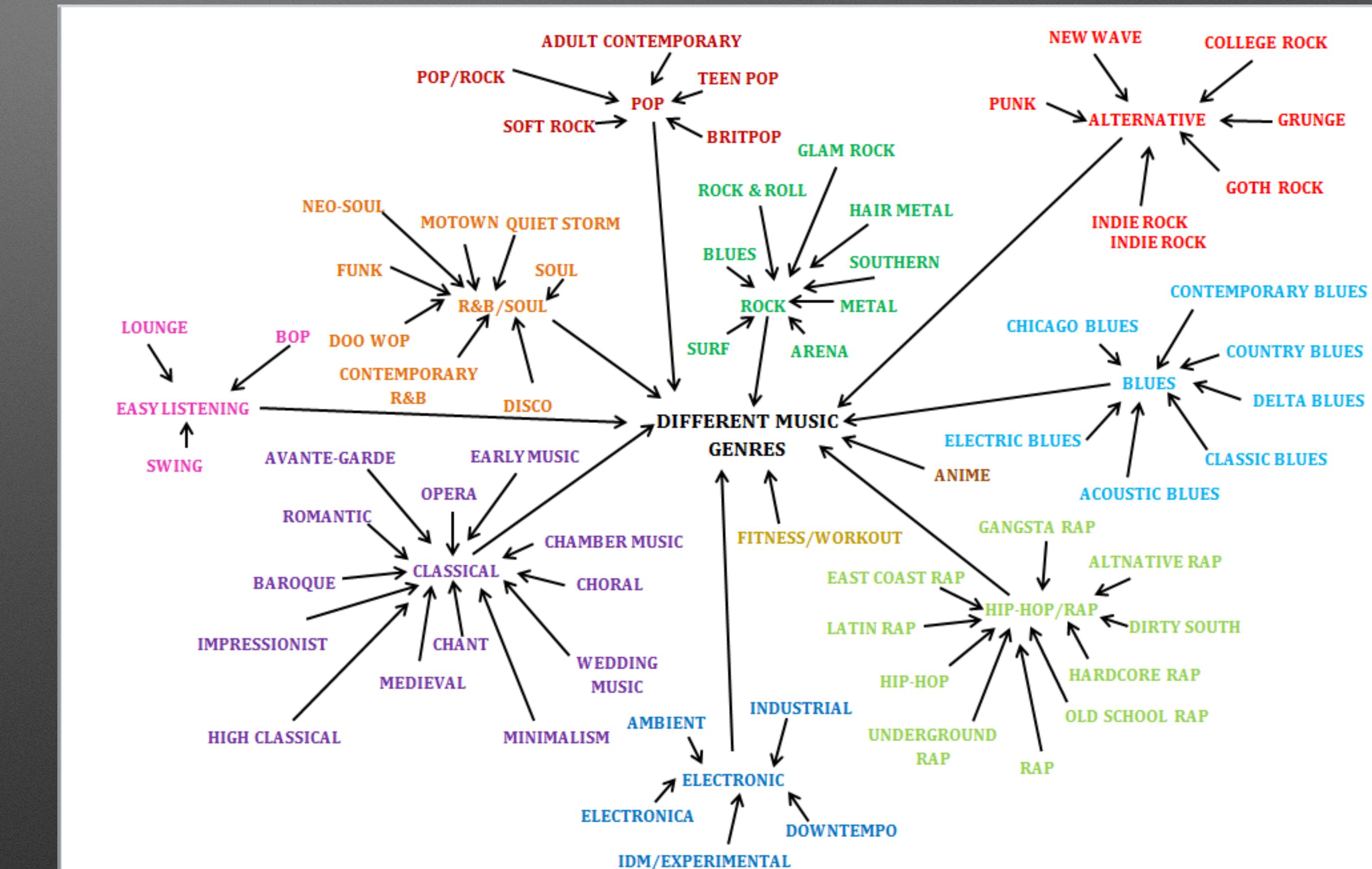
- Εκατοντάδες εκατομμύρια άνθρωποι απολαμβάνουν μουσική καθημερινά, μέσω των ηλεκτρονικών συσκευών τους
- Χρησιμοποιούν εφαρμογές media players
- Είναι συνδρομητές σε υπηρεσίες ροής μουσικής (Spotify, Amazon Prime Music, Tidal κλπ)
- Ακούν μουσική ελεύθερα μέσω διαδικτύου (Youtube)
- Σχεδόν όλοι όμως,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



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

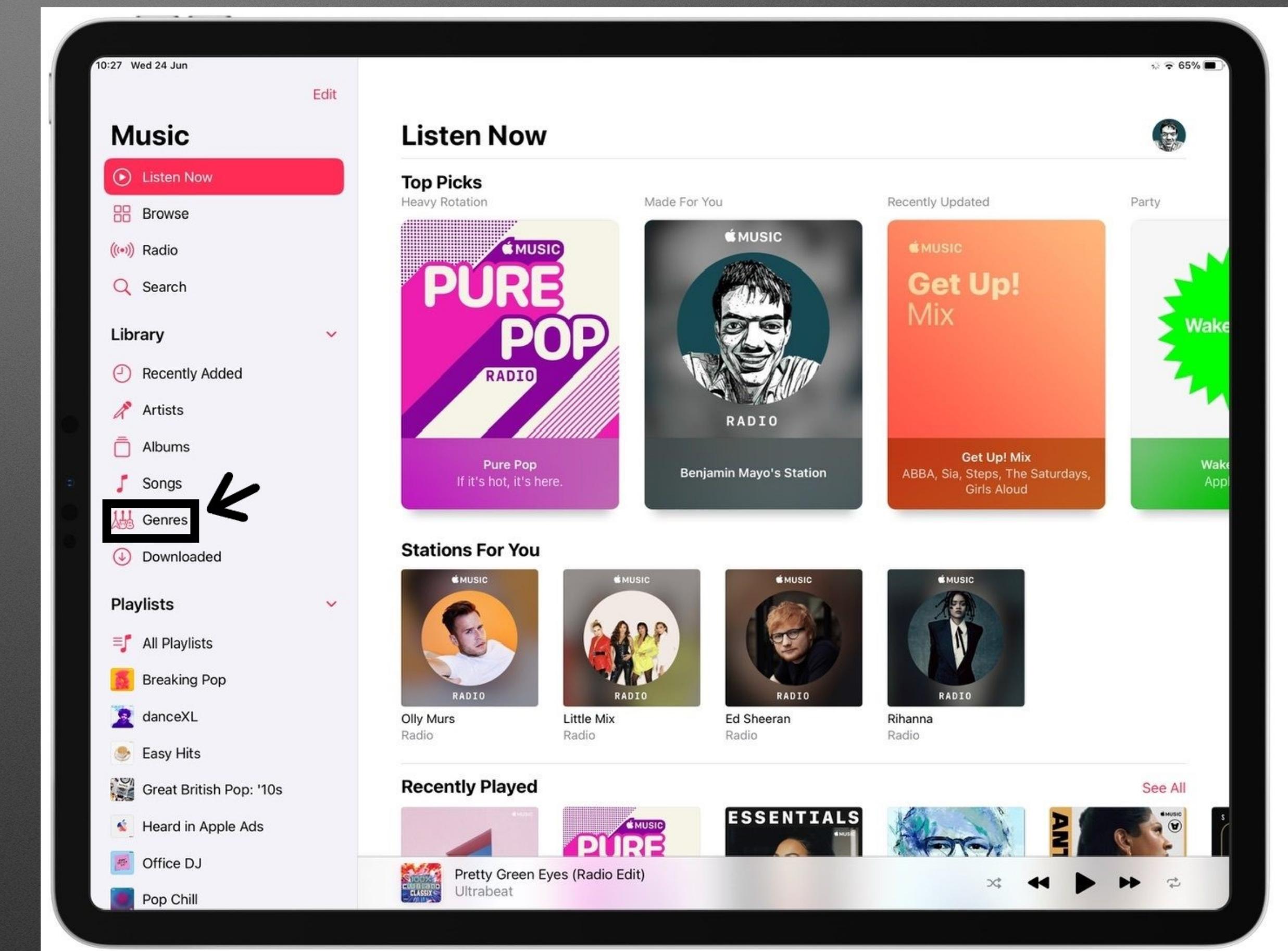
# Κεντρική Ιδέα

- 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?

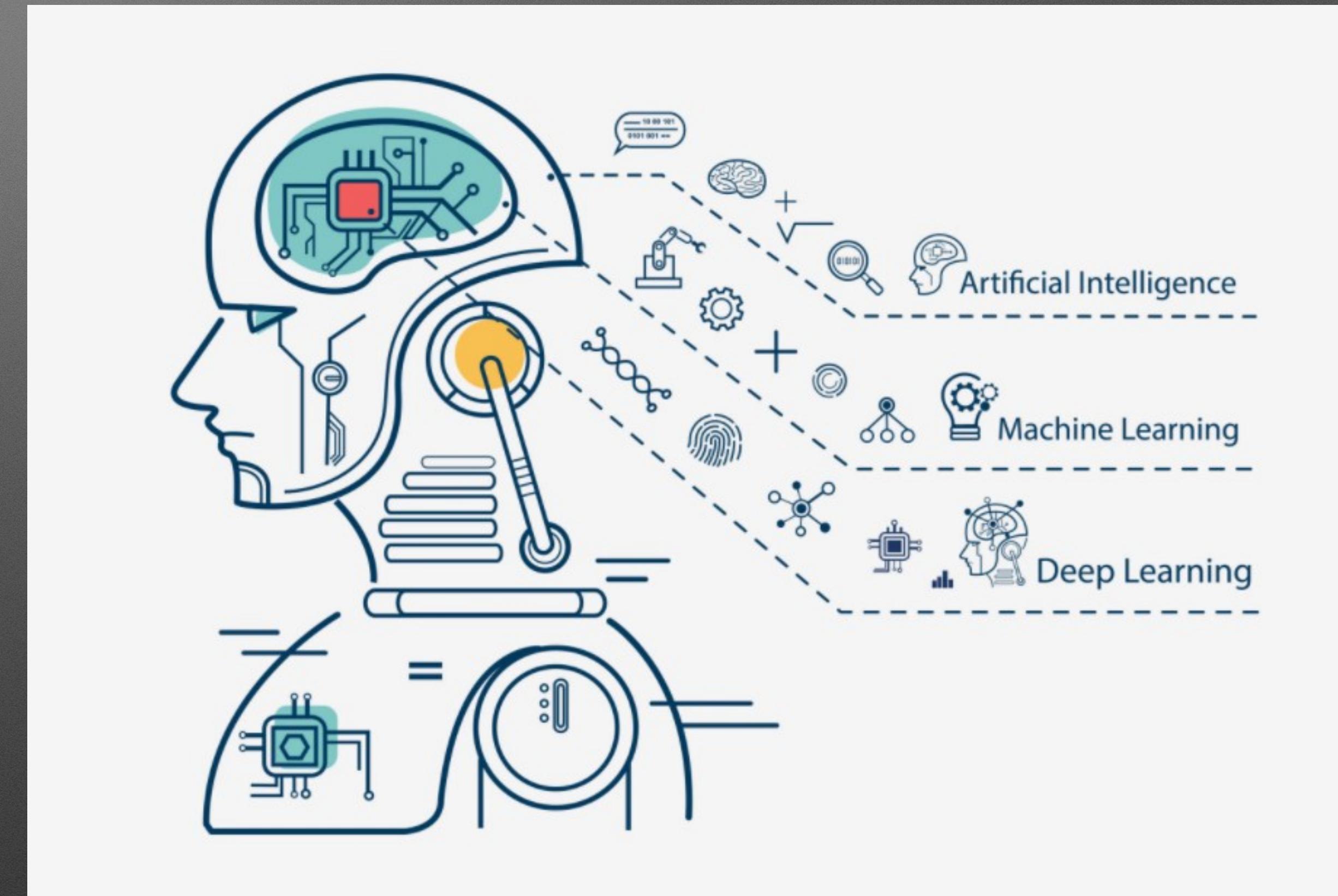


Μήπως είναι εφικτή η δημιουργία ενός **συστήματος συστάσεων**,  
ενσωματωμένου εντός μιας λίστας αναπαραγωγής, όπου θα επιχειρεί να  
αντιληφθεί τις μελωδικές προτιμήσεις του χρήστη με βάση **τα κομμάτια**  
**που προσπερνάει** (κάνει skip), μια **συγκεκριμένη χρονική στιγμή** και **σε**  
**πραγματικό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

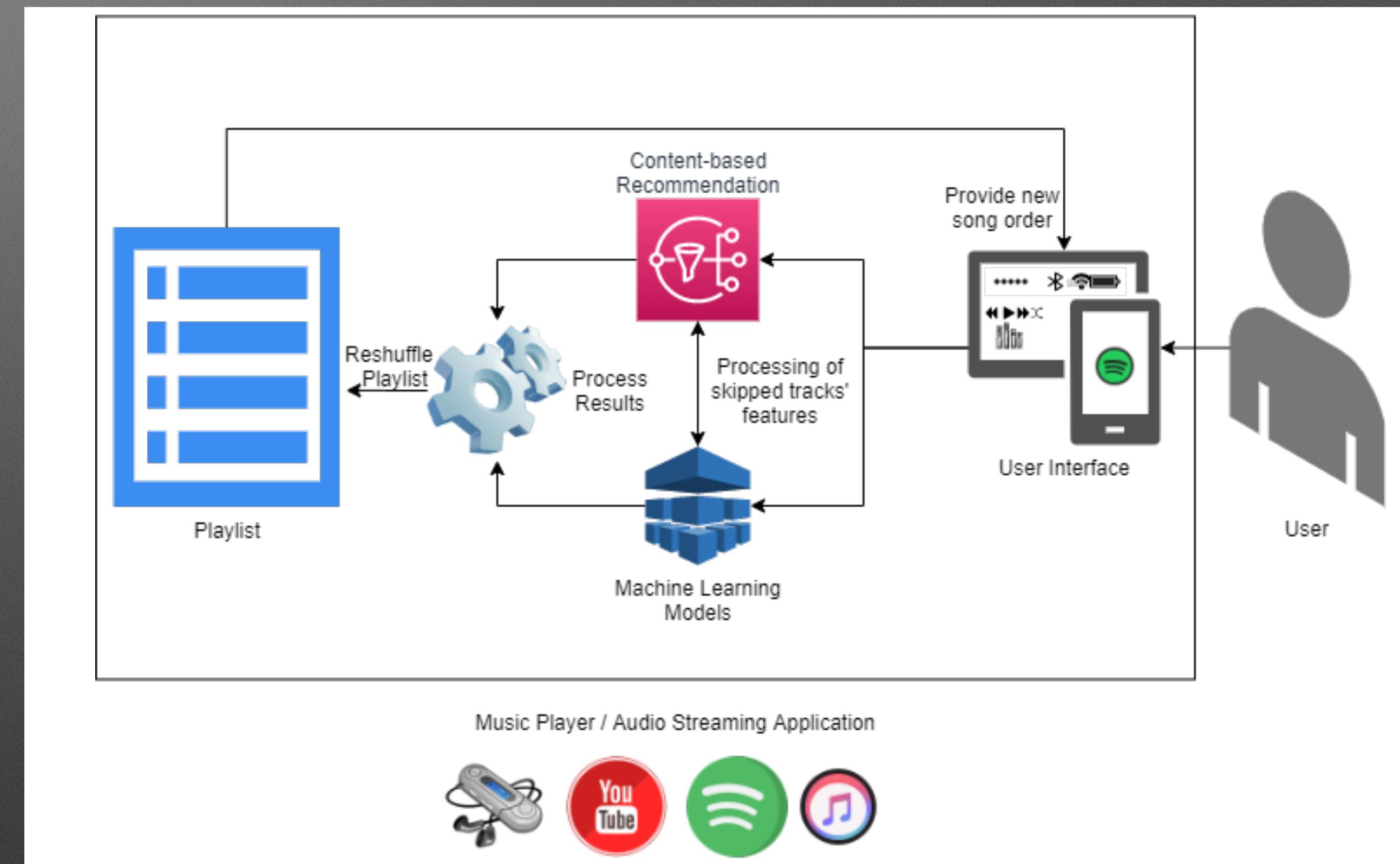


- Εισαγωγή
- Κεντρική Ιδέα
- Σχετικές Υλοποιήσεις
- Ανάλυση Συστήματος
- Αποτελέσματα Συστήματος
- Συμπεράσματα

# 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 κομάτια του dataset **Στόχος -> Genre Recognition** μέσω των μελωδικών χαρακτηριστικών (**valence, tempo, loudness, liveness, acousticness, speechiness, danceability, energy, instrumentalness**)
- Υλοποίηση Content-Based Συστήματος Συστάσεων με αξιοποίηση των παραχθέντων προβλέψεων από το σκέλος της μηχανικής μάθησης. **Στόχος -> Χρήση μόνο αρνητικών δειγμάτων (κομάτια 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...;

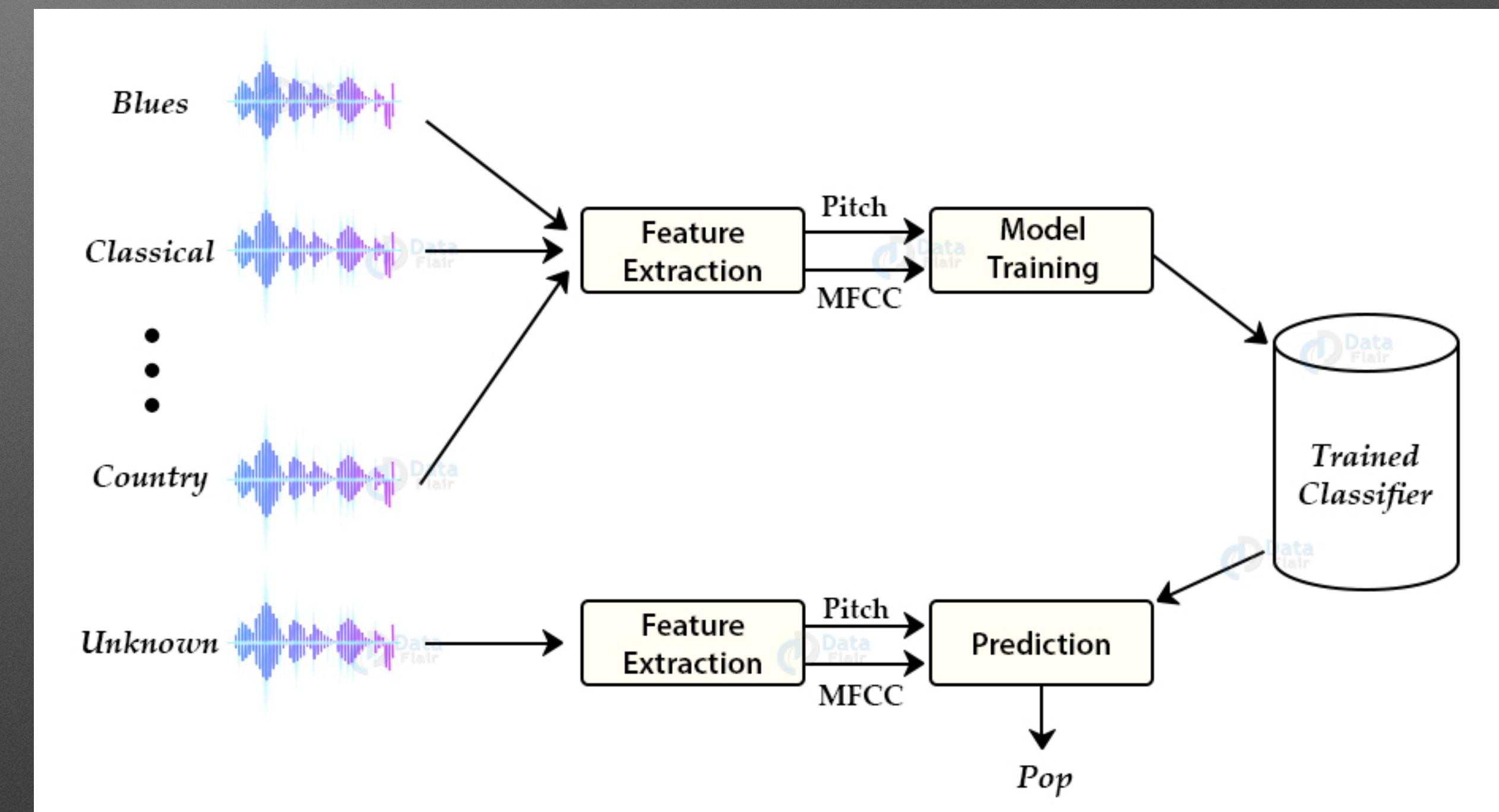
	trackid	trackname	artist	artistid	genres	main_genre	danceability	energy	loudness	speechness	acousticness	instrumentalness	liveness	valence	tempo
0	0hCB0YR03f6AmQaHbwWDe8	whole lotta love - 1990 remaster	led zeppelin	36QJpDe2go2KgaRleHCDTp	albumrock classicrock hardrock rock	rock	0.412	0.902	-11.600	0.4050	0.04840	0.131000	0.4050	0.422	89.740
1	2ao02jIRnM3A0NyLQqMN2f	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	08mG3Y1vljYA6bvDt4Wqkj	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	1RJeIAwR9pZBgJA8ndZLL	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

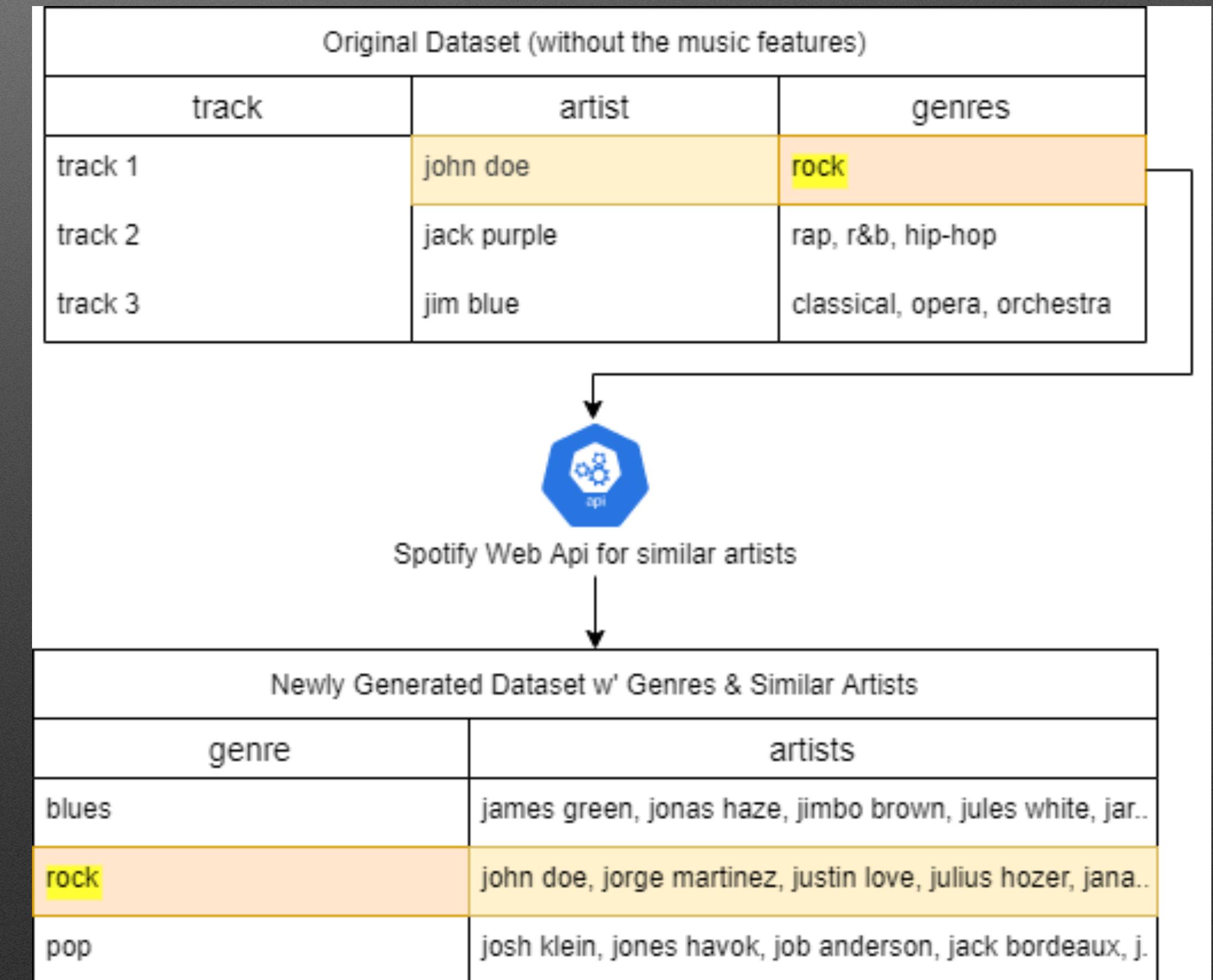
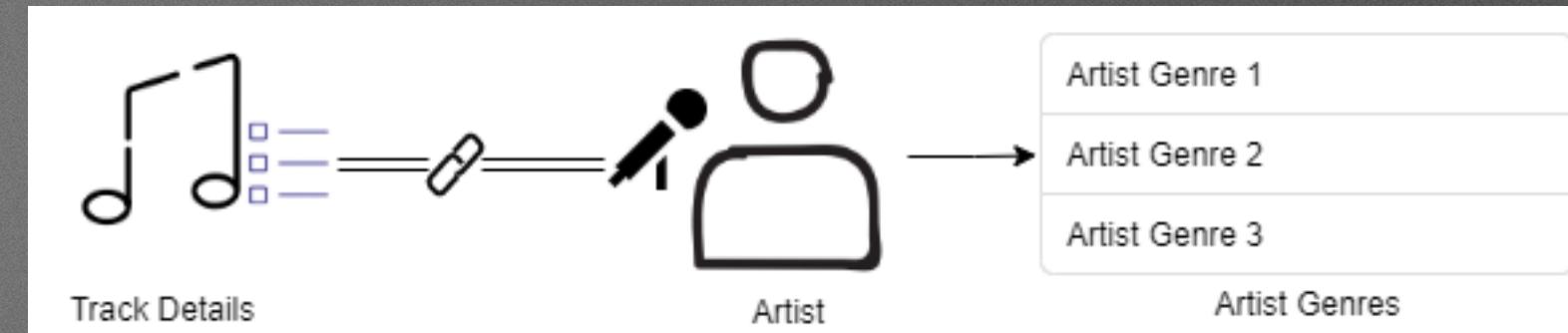


\*Χρησιμοποιείται *Machine Learning* για το *Genre Recognition*. Εκπαιδεύονται με το μεγάλο dataset, στόχος είναι η αναγνώριση genres σε επόμενα (πχ. μεσαίο και μικρό) σύνολα

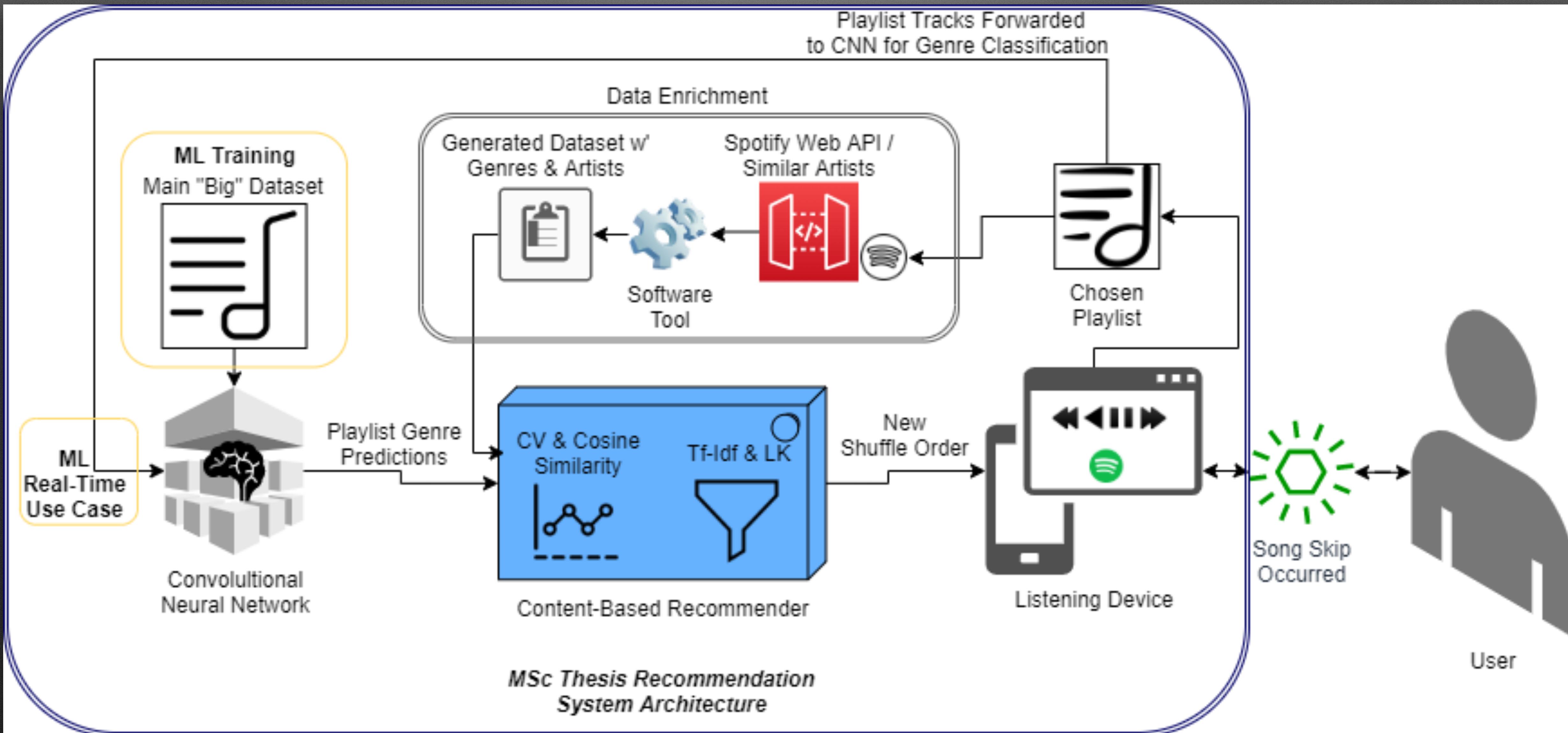
# Ανάλυση Συστήματος

- 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



# 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 πισω τα άλλα μοντέλα
- Πρόβλημα με τη ποιότητα των δεδομένων. Δεν έχουν όλα τα genres την ίδια επιρροή στους ταξινομητές -> **Ίσως ειναι 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%

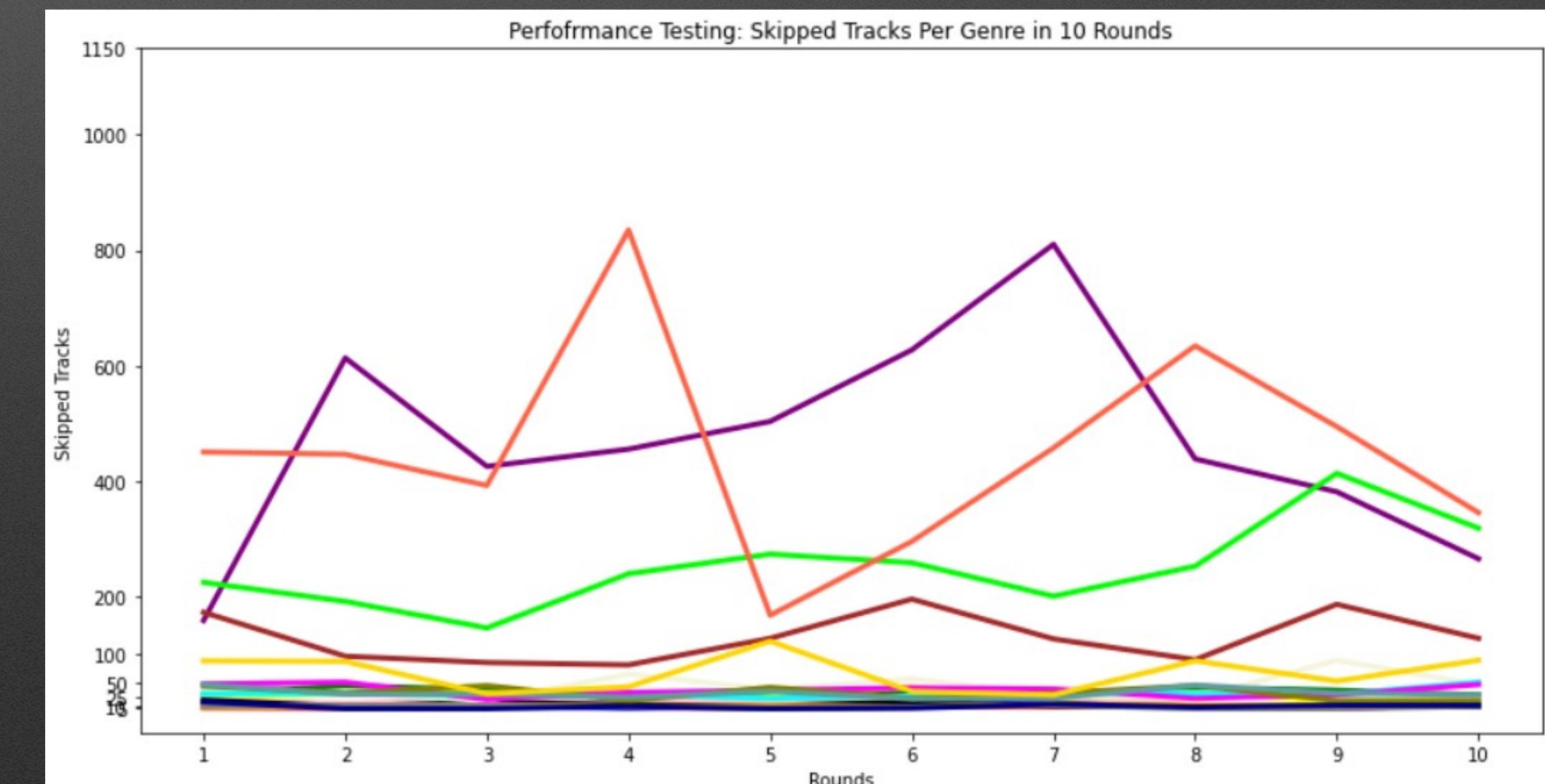
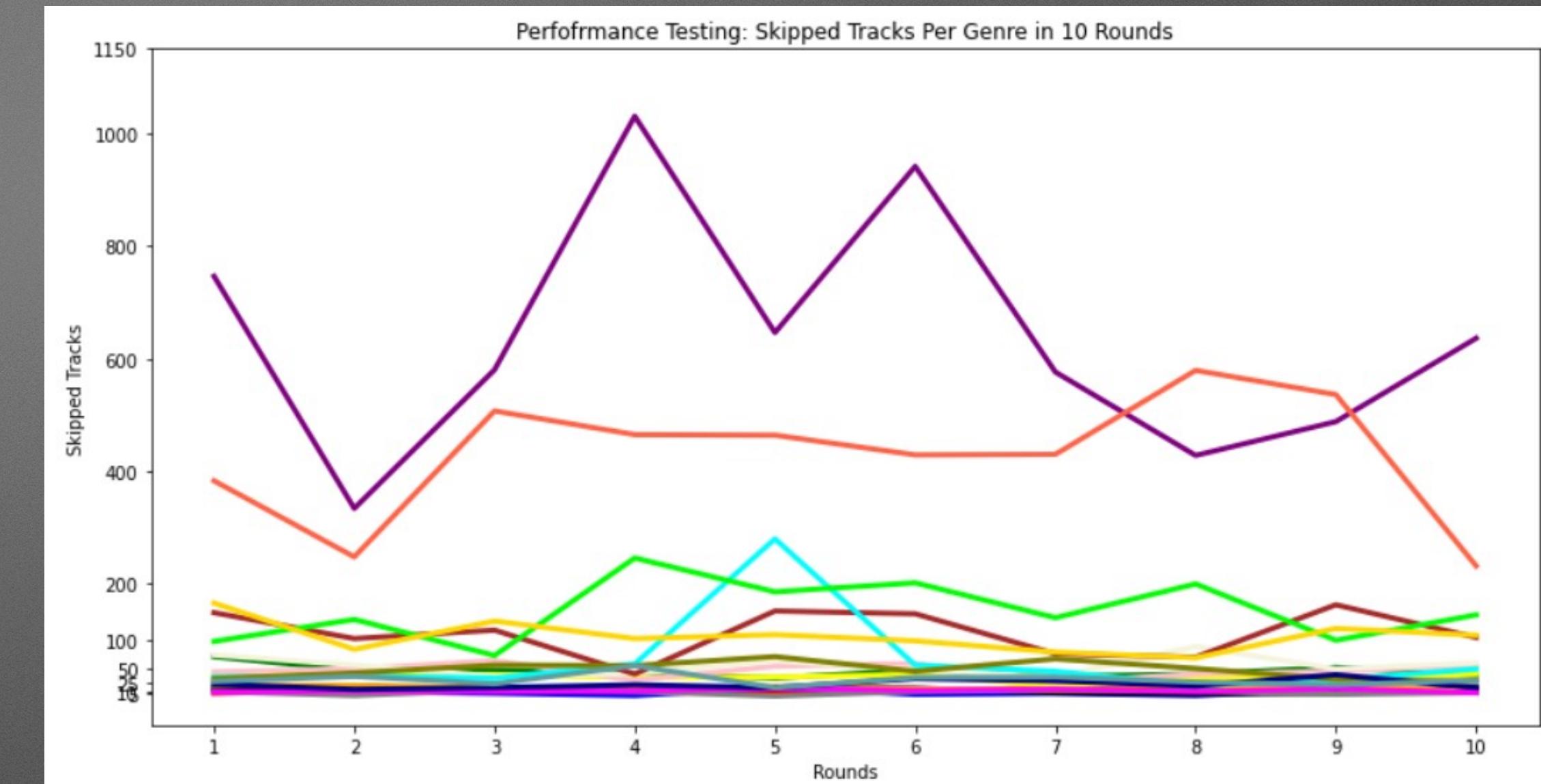
ACCURACY

\*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!

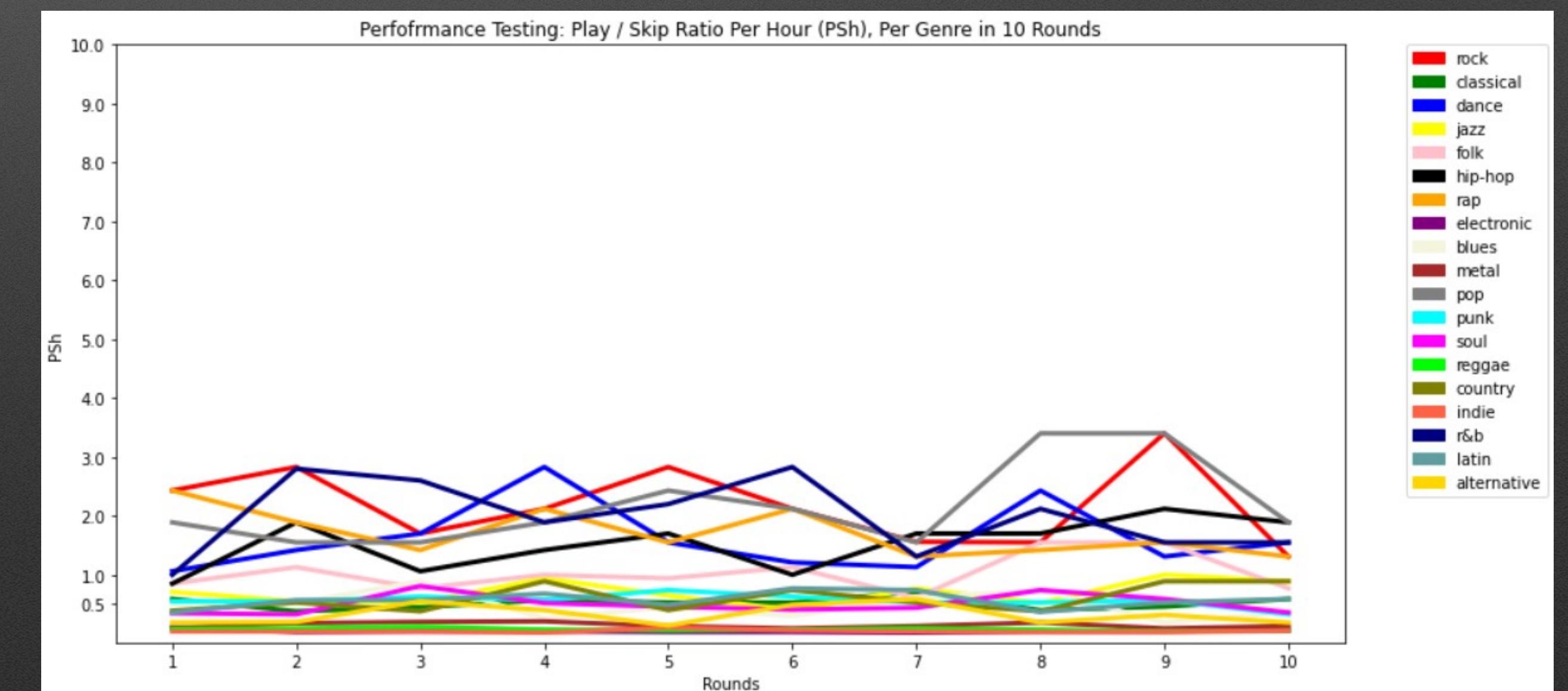
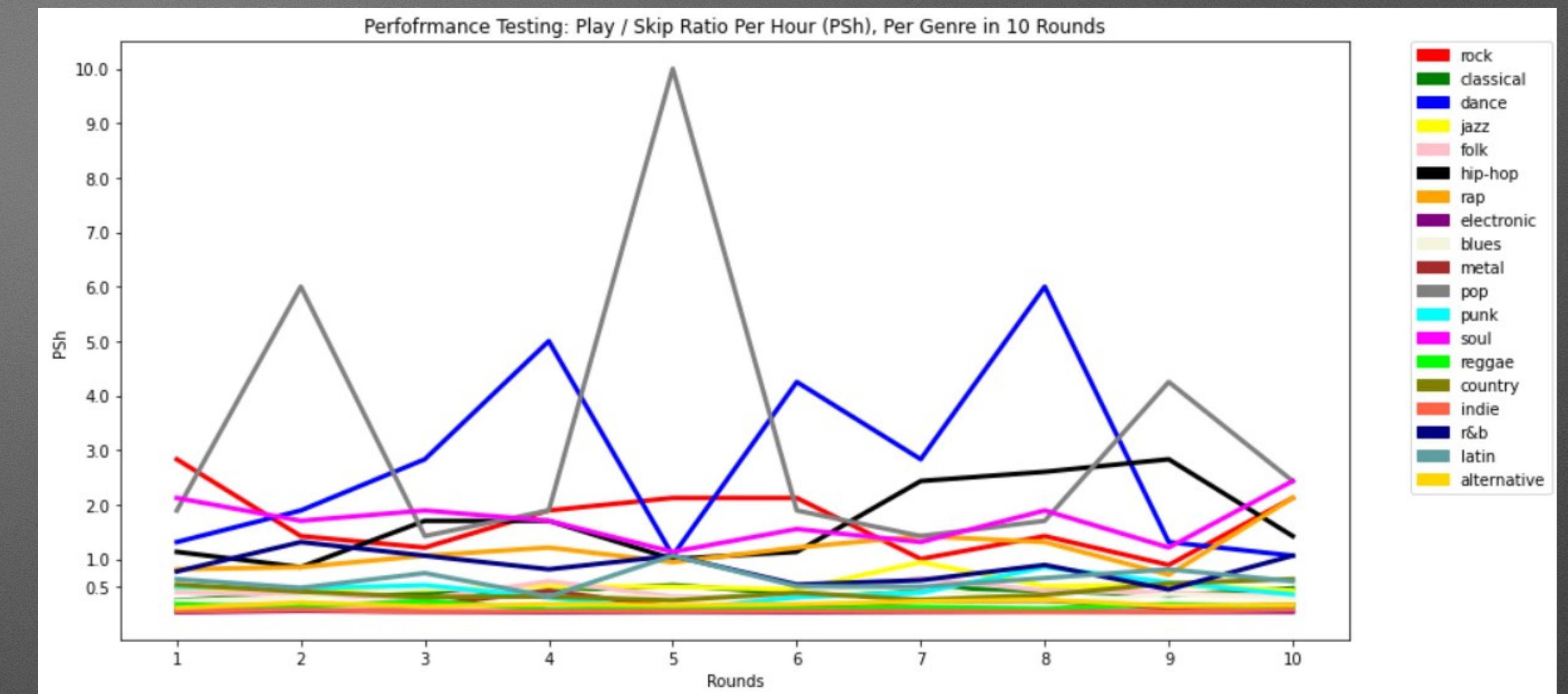


rock  
classical  
dance  
jazz  
folk  
hip-hop  
rap  
electronic  
blues  
metal  
pop  
punk  
soul  
reggae  
country  
indie  
r&b  
latin  
alternative

rock  
classical  
dance  
jazz  
folk  
hip-hop  
rap  
electronic  
blues  
metal  
pop  
punk  
soul  
reggae  
country  
indie  
r&b  
latin  
alternative

# Αποτελέσματα Συστήματος

- Σύστημα Συστάσεων:
  - Θα μπορούσε να γίνει **commercial χρήση** αυτού του μοντέλου?



- 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!*