

Γνωσιακές επιστήμες, μοντελοποίηση και μουσική

Χριστίνα Αναγνωστοπούλου

Επανάληψη: Τι είναι οι γνωσιακή/ες επιστήμη/ες;

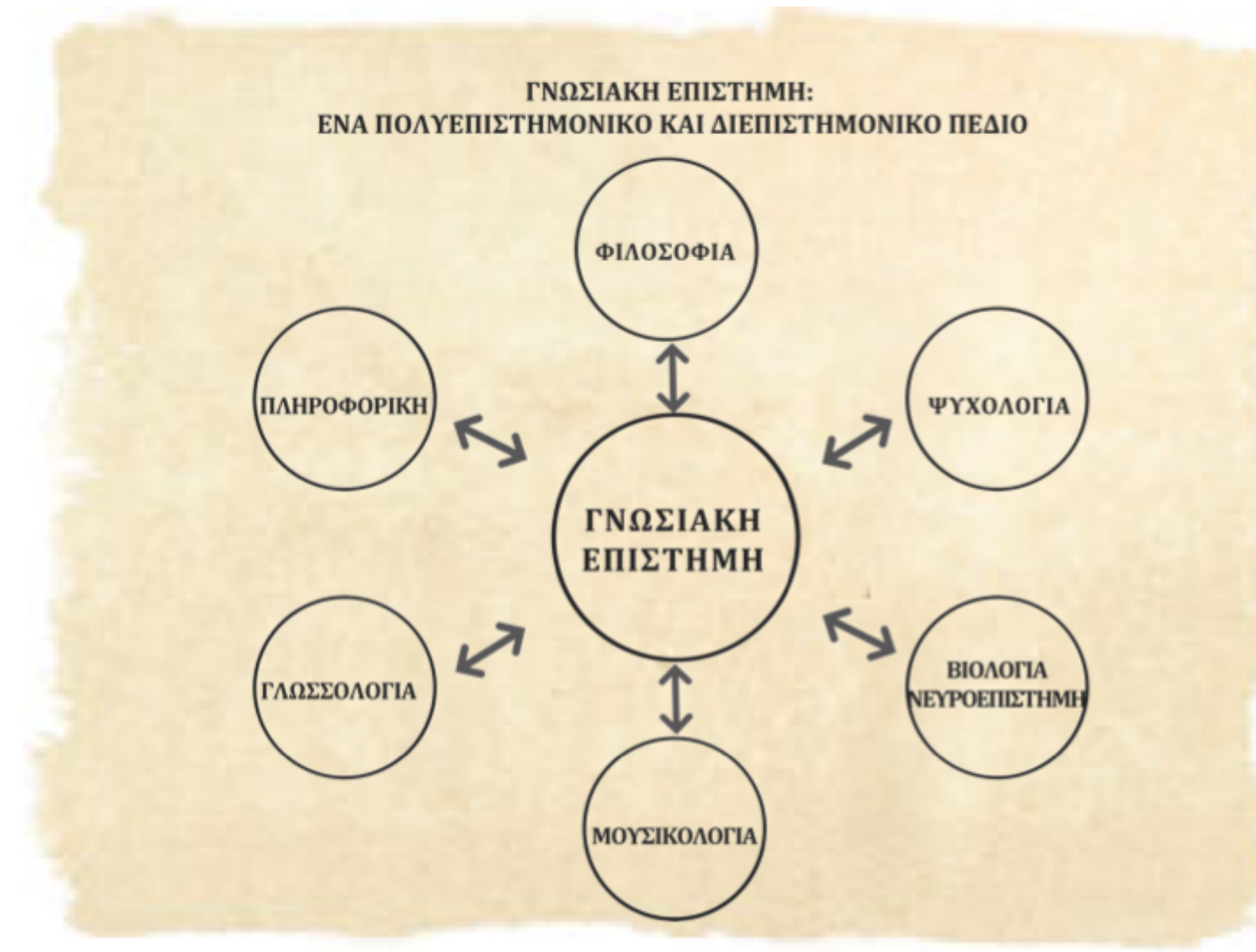
Ορισμός

Η **Γνωσιακή Επιστήμη** είναι ο διεπιστημονικός κλάδος που μελετά **πώς ο νους επεξεργάζεται πληροφορία**: πώς αντιλαμβανόμαστε, μαθαίνουμε, θυμόμαστε, σκεφτόμαστε, προβλέπουμε, δημιουργούμε και αλληλεπιδρούμε με τον κόσμο.

Κεντρικές Ερωτήσεις της Γνωσιακής Επιστήμης

- Πώς αναπαριστά ο νους πληροφορίες;
- Ποιοι αλγόριθμοι περιγράφουν τη σκέψη;
- Πώς προβλέπουμε τι θα ακολουθήσει;
- Πώς συνδυάζονται αντίληψη, μνήμη και μάθηση;
- Πώς δημιουργείται η σημασία (meaning);

Η μουσική νόηση είναι αντικείμενο γνωσιακής έρευνας, καθώς απαιτεί αντίληψη, μνήμη, πρόβλεψη και δομή.



Γιατί μουσική;

Γιατί η μουσική είναι ιδανικό αντικείμενο για τις γνωστικές επιστήμες;

- Έχει **ιεραρχική δομή** (νότα → φράση → ενότητα).
- Εμπλέκει **προσδοκία**, έκπληξη, πρότυπα.
- Συνδέεται με **συναίσθημα** και **μνήμη**.
- Μπορεί να αναλυθεί **ποσοτικά**.
- Είναι **διαπολιτισμικά** παρούσα αλλά και **πολιτισμικά** διαφοροποιημένη.

Η μουσική είναι ιδανική για μοντελοποίηση επειδή έχει δομή αλλά και ποικιλία.

Σκοπός της ΤΝ (επανάληψη)

- Ο σκοπός της τεχνητής νοημοσύνης είναι διττός:
 - Α. Να Δημιουργήσει μηχανές με “έξυπνη” συμπεριφορά.
 - Β. Να δημιουργήσει μηχανές με “έξυπνη” συμπεριφορά που όμως να σκέπτονται όπως οι άνθρωποι.
- Γίνεται δηλαδή παραλληλισμός της νοητικής διαδικασίας με την υπολογιστική.

Γιατί γίνεται αυτό;

- Α. Για να δημιουργήσουμε efficient μηχανές.
- Β. Για να καταλάβουμε πώς δουλεύει ο ανθρώπινος εγκέφαλος.
- Γ. Για να μπορούμε, με το υπολογιστικό μοντέλο, να κάνουμε προβλέψεις για νέες συμπεριφορές.
- Προσοχή: Μοντέλα εγκεφάλου / μοντέλα του νου

Γιατί η ΤΝ ενδιαφέρει τη Γνωσιακή Επιστήμη;

- Τα μοντέλα ΤΝ λειτουργούν ως πειραματικές υλοποιήσεις θεωριών.**
- Ο νους αντιμετωπίζεται ως σύστημα επεξεργασίας πληροφορίας.**
- Τα μοντέλα κάνουν προβλέψεις για νέες συμπεριφορές.**
- Προσφέρουν ακρίβεια και δυνατότητα ελέγχου.**

Ο υπολογιστής καθίσταται «εργαστήριο» για θεωρίες του νου.

Τι είναι μοντέλο;

Μια συμβολική αναπαράσταση θεωρίας ή διαδικασίας. Ποτέ ακριβές αντίγραφο.
Πρόσθετο: Ένα καλό μοντέλο είναι **απλό, εξηγητικό και προβλεπτικό**.

9. Τρία στάδια λειτουργίας μοντέλου

1.Λήψη δεδομένων

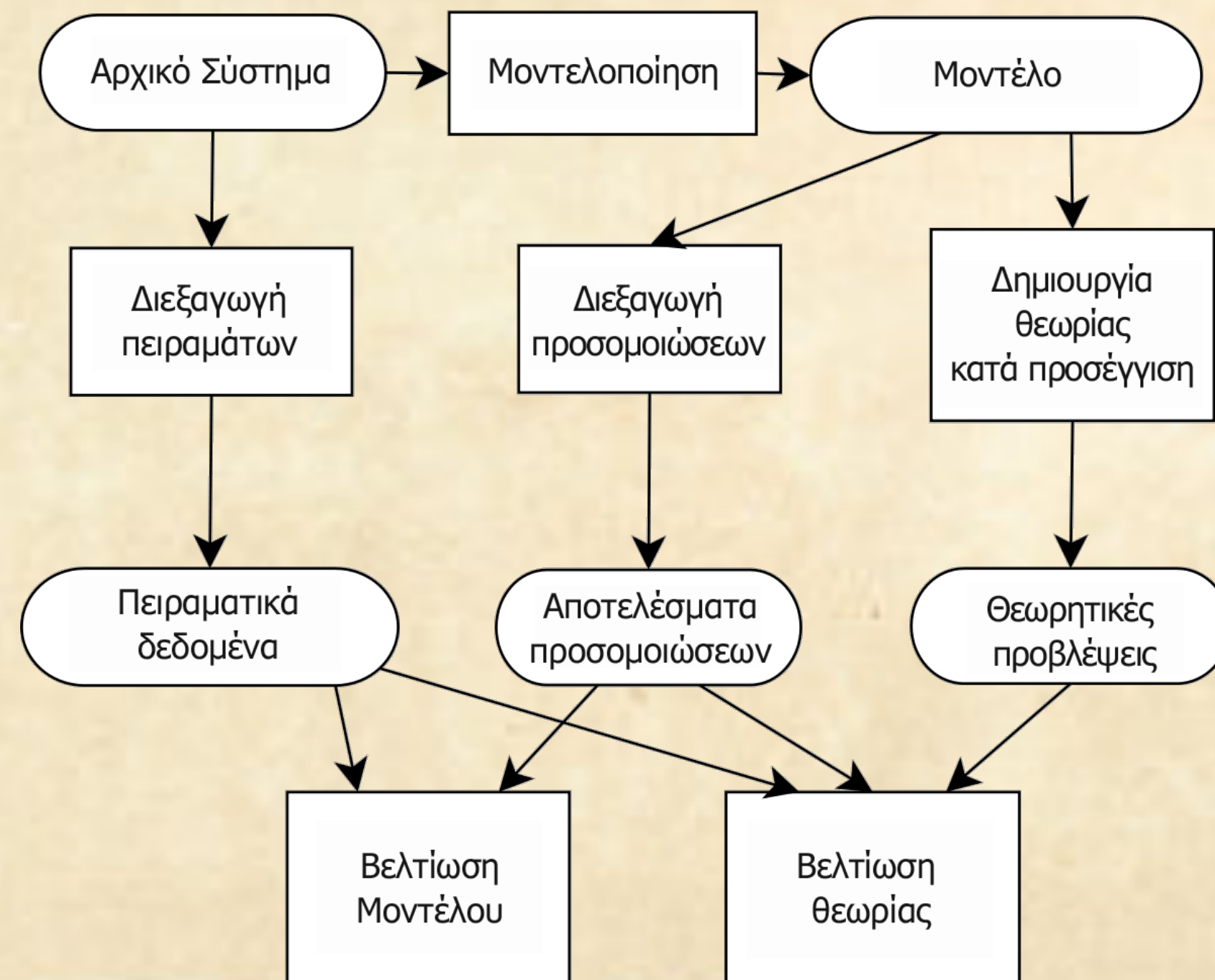
2.Επεξεργασία (αλγόριθμος)

3.Παραγωγή εξόδου

Στη μουσική, τα δεδομένα μπορεί να είναι pitches, durations, audio features, patterns.

Μοντελοποίηση

- Έννοια της επιστήμης
- Συμβολική (συνήθως) αναπαράσταση μίας θεωρίας ενός φαινομένου, ενός προβλήματος, μίας ιδέας, μίας διαδικασίας
- Προσπάθεια κατανόησης και ερμηνείας
- Ποτέ ακριβές αντίγραφο: Αναπαριστά κάποια ή κάποιες πτυχές της δομής ή των ιδιοτήτων
- Κατανόηση των σχέσεων ανάμεσα σε έννοιες και γεγονότα που σχετίζονται
- Μπορεί να προβλέψει νέα αποτελέσματα εάν χρησιμοποιηθεί σε νέες καταστάσεις
- Βοηθά στην οικοδόμηση και κατανόηση των επιστημονικών θεωριών



Είσοδοι στο μοντέλο

Γνωσιακό μοντέλο: Περιγραφή στοιχείων, σχέσεων και διαδικασιών. Παρέχει επεξήγηση και προβλέψεις.

Τύποι εισόδου: Αρχεία ήχου και συμβολικές αναπαραστάσεις. Η δεύτερη χρησιμοποιείται περισσότερο. Αναπαράσταση γνώσης MIDI, CHARM, Multiple Viewpoints, κ.α. Οι multiple viewpoints (Conklin & Anagnostopoulou) είναι σημαντικές γιατί συλλαμβάνουν ταυτόχρονα πολλές ιδιότητες (pitch class, contour, IOI, interval size).

Τομείς μοντελοποίησης: Τονικότητα, μέτρο, pitch, ομαδοποίηση, φωνές, ομοιότητα, προσδοκία, μνήμη, σύνθεση.

Αναπαράσταση γνώσης στη μουσική

- **Low-level features:** pitch, duration, chroma.
- **High-level features:** tonality, harmony, meter.
- **Structured features:** patterns, motives, voice-leading.
- **Learned features:** embeddings (neural networks).

Μοντελοποίηση μουσικής νόησης

Αντίληψη Τονικότητας

- Κλασικά μοντέλα (Krumhansl & Kessler): key profiles.
 - Probabilistic models (Temperley).
 - Neural key detection.
 - Προκλήσεις: μετατροπές, χρονική διάσταση, αρμονική πληροφορία.
- Σημ. Η τονικότητα δεν είναι στατική. Τα μοντέλα πρέπει να χειριστούν ιστορική πληροφορία.

Αντίληψη Ρυθμού & Μέτρου

- Beat tracking ως πρόβλεψη χτύπων.
 - Μοντέλα ταλαντωτών (Jones, Large).
 - Bayesian accent models.
 - Προβλήματα: syncopation, expressive timing, ρυθμική ασάφεια.
- Σημ: Ο εγκέφαλος «ευθυγραμμίζεται» με τον ρυθμό με δυναμικά μοντέλα.

Μοντελοποίηση μουσικής νόησης 2

Ομαδοποίηση (Grouping) & Μουσική Δομή

- Gestalt αρχές (similarity, proximity).
- Alg. Cambouropoulos (Local Boundary Detection): εντοπισμός ορίων φράσεων.
- Χρήση σε segmentation, melodic analysis, theme detection.

Η ομαδοποίηση είναι κρίσιμη για κατανόηση μορφής.

15. Διαχωρισμός Φωνών (Voice Separation)

- Εντοπισμός ανεξάρτητων «γραμμών» σε πολυφωνία.
- Κριτήρια: continuity, register, harmonic function.
- Συνδετιστικά μοντέλα & heuristics.

Θεμελιώδες για πολυφωνική ανάλυση, transcription, MIR.

Παράδειγμα πρόσφατης έρευνας.

Ανακάλυψη προτύπων

Ανακάλυψη Προτύπων (Pattern Discovery)

- Στόχος: εύρεση μοτίβων που επαναλαμβάνονται (όχι απαραίτητα «ακριβώς»).
- Multiple viewpoints επιτρέπουν να ορίζεται μοτίβο σε πολλά επίπεδα.
- Αλγόριθμοι: Patternfinder, COSIATEC, SIATECCompress, Lempel-Ziv.

Κρίσιμο για ανάλυση στυλ, αναγνώριση συνθέτη, μουσική γενετική.

Ομοιότητα και κατηγοριοποίηση στη μουσική

Ομοιότητα (Similarity)

- Κεντρική διεργασία της μουσικής νόησης: επιτρέπει την αναγνώριση μοτίβων, στυλ, συγγένειας μεταξύ φράσεων.
- Ομοιότητα μπορεί να βασίζεται σε:
 - **Μελωδική μορφή** (contour, intervals)
 - **Ρυθμικές σχέσεις**
 - **Αρμονικά χαρακτηριστικά**
 - **Δομικά πρότυπα** (π.χ. σχέσεις μετασχηματισμού)
- Τα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιούν από απλές μετρικές απόστασης έως πολύπλοκες πολυδιάστατες αναπαραστάσεις (π.χ. multiple viewpoints).

Κατηγοριοποίηση (Categorisation)

- Ο ακροατής ταξινομεί μουσικά στοιχεία σε κατηγορίες: θέματα, μοτίβα, στυλ, φράσεις, τύπους.
- Η κατηγοριοποίηση υποστηρίζει:
 - **Αναγνώριση στυλ** (π.χ. «μοιάζει με Bach»)
 - **Ομαδοποίηση μοτίβων** στην αναλυτική διαδικασία
 - **Εκμείωση κανόνων** από μουσικά δεδομένα

Ομοιότητα και κατηγοριοποίηση 2

Παραδειγματική ανάλυση (Paradigmatic analysis)

- Τονίζει την **συγκριτική οργάνωση** του μουσικού υλικού.
 - Χρήσιμη για κατανόηση παραλλαγών, μετασχηματισμών και οικογενειών μοτίβων.
 - Βασίζεται στην ιδέα ότι η μουσική νοείται ως σύνολο σχέσεων ομοιότητας.
- Συνδέεται με υπολογιστικά μοντέλα clustering

Μοτιβική ανάλυση (Motivic analysis)

- Εντοπίζει συγγένειες μεταξύ μοτίβων σε διάφορα επίπεδα (π.χ. μεταφορά, αντιστροφή, παραλλαγή).
- Προϋποθέτει μοντέλα ομοιότητας που επιτρέπουν **μη-τέλεια ταιριάσματα**.
- Συνδέεται με υπολογιστικά μοντέλα pattern discovery (SIATEC, COSIATEC κ.ά.).

Εφαρμογές κατηγοριοποίησης σε MIR

- **Similarity-based retrieval:** εύρεση μουσικών κομματιών «παρόμοιων» με ένα query.
- **Cover song detection:** βασίζεται σε ομοιότητες δομής/μελωδίας. Όταν 2 κομμάτια έχουν την **ίδια μελωδική και αρμονική ταυτότητα**, αλλά μπορεί να διαφέρουν σε: ρυθμό, τέμπο, ενορχήστρωση, κλπ.
- **Music recommendation systems:** μοντέλα embedding που χαρτογραφούν κομμάτια βάσει ομοιότητας. Mood recommendation systems, ανάλογα με τη διάθεση.
- **Automatic motif clustering:** ομαδοποίηση μοτίβων σε στυλιστικές «οικογένειες».

Γενικότερο MIR

MIR — Music Information Retrieval

- Harmony: chord recognition.
- Melody: transcription, query-by-humming.
- Rhythm: beat tracking, onset detection.
- Structure: segmentation, summarisation.
- Recommendation systems.

Μοντέλα σύνθεσης, αυτοσχεδιασμού και διαδραστικότητας

Αυτόματη Σύνθεση

- Markov, grammars, constraints.
- Deep learning (Transformers, MusicVAE).
- Style transfer.
- Hybrid models (κανόνες + TN).

Παράδειγμα: ένα σύστημα μπορεί να μάθει το «στιλ» και να προβλέψει νέες ιδέες.

Interactive Systems & Αυτοσχεδιασμός

- Continuator (Pachet): απάντηση σε πραγματικό χρόνο.
- AI συνοδεία (Real-Time Accompaniment).
- Responsive environments (gesture → sound).

Συστήματα που «ακούν» και «παίζουν μαζί» με τον εκτελεστή.

Εκπαίδευση και εγκεφαλική λειτουργία

Εκπαιδευτικές εφαρμογές

- Ear training με adaptive AI.
- Feedback για tempo/intonation.
- Μοντέλα που δείχνουν hierarchical grouping ή tonal pathways.

Το μέλλον της μουσικής εκπαίδευσης. Γενικότερα, μοντέλα που προσομοιώνουν τη μάθηση του χρήστη.

Νευροεπιστήμη & Ανάλυση Εγκεφαλικών Δεδομένων

- Ανάλυση EEG/MEG με machine learning.
- Εντοπισμός neural correlates της προσδοκίας.
- Brain decoding: ποια μουσικά στοιχεία «αναγνωρίζει» ο εγκέφαλος.

Πραγματικά/αυθεντικά γνωσιακά μοντέλα

Μοντέλα Προσδοκίας: IDyOM, Information Dynamics

- IDyOM (Pearce): στατιστικό μοντέλο πρόβλεψης επόμενης νότας.
- Χρησιμοποιεί:
 - Long-term learning (στυλ)
 - Short-term learning (τοπική μελωδία)
- Μετρά **surprisal**, **uncertainty** → συνδέεται με αισθητική εμπειρία.

Σημ: Το πιο επιδραστικό μοντέλο μουσικής προσδοκίας σήμερα.

18. Ενοποιημένα Μοντέλα – IDyOT

- Μοντέλο ακολουθιακής νόησης (μιμητικό της γλώσσας).
- Στόχος: ενοποίηση μουσικής και γλωσσικής πρόβλεψης.
- Δομή: ιεραρχική πρόβλεψη σε πολλαπλές χρονικές κλίμακες.

Μελλοντική κατεύθυνση: γενικά μοντέλα νόησης και όχι μόνο μουσικής!

Επίλογος

Σύνοψη

- Οι γνωστικές επιστήμες προσφέρουν θεωρίες για τον νου.
- Η ΤΝ προσφέρει εργαλεία μοντελοποίησης.
- Η μουσική παρέχει ιδανικό περιβάλλον για τεστ και εφαρμογές.

Ερωτήσεις – Συζήτηση

Θέματα για φοιτητές, αφού διαβάσετε με προσοχή το άρθρο Βελισσαρίδης - Αναγνωστόπουλου στο eclass:

- Ποιο μοντέλο θεωρείτε πιο κοντά στον τρόπο που ακούμε μουσική;
- Ποιες εφαρμογές θα θέλατε να σχεδιάσετε;
- Πόσο πρέπει η ΑΙ να μιμείται τον άνθρωπο;