

Εισαγωγή στην Τεχνητή Νοημοσύνη και τη Μουσική

Χριστίνα Αναγνωστοπούλου

chrisa@music.uoa.gr

Τμήμα Μουσικών Σπουδών, ΕΚΠΑ

Εισαγωγική Παρουσίαση

Τι είναι Τεχνητή Νοημοσύνη;

- Κλάδος της Πληροφορικής που στοχεύει στη δημιουργία 'έξυπνων' μηχανών.

Με δύο τρόπους:

- Με δημιουργία συστημάτων με έξυπνη συμπεριφορά
 - Αναπαράγοντας γνωστικές λειτουργίες: αντίληψη, μάθηση, συλλογισμό, δημιουργικότητα.
- Κεντρικά ερωτήματα: Μπορεί μια μηχανή να 'σκεφτεί'; Ποια είναι τα όρια ανθρώπου–μηχανής;

Ιστορική Εξέλιξη της ΤΝ

- 1950 – Alan Turing: το περίφημο 'Turing Test'.
- 1956 – Εμφάνιση του όρου 'Artificial Intelligence' στο συνέδριο του Dartmouth.
- 1980s – Συμβολική ΤΝ: συστήματα κανόνων και λογικής.
- 2000s – Επανάσταση της Μηχανικής και Βαθιάς Μάθησης.
- ΤΝ και συναίσθημα
- 2020s – Δημιουργική ΤΝ: τέχνες, μουσική, γλώσσα.

Turing test

Το Turing Test είναι ένα πείραμα που δημιούργησε ο Άλαν Τιούρινγκ, ένας διάσημος μαθηματικός και επιστήμονας υπολογιστών, για να καταλάβουμε αν μια μηχανή μπορεί να σκέφτεται και να επικοινωνεί όπως ένας άνθρωπος. Πώς λειτουργεί;

Φαντάσου ότι βρίσκεσαι σε ένα δωμάτιο και μιλάς με δύο "άτομα" – ένας είναι άνθρωπος και ο άλλος είναι υπολογιστής. Όταν κάνεις ερωτήσεις και οι δύο απαντούν, εσύ δεν ξέρεις ποιός είναι ποιός. Αν καταφέρεις να μην μπορείς να διακρίνεις ποιος είναι ο άνθρωπος και ποιος είναι ο υπολογιστής, τότε λέμε ότι η μηχανή έχει περάσει το Turing Test!

Το Turing Test μας βοηθά να σκεφτούμε για το πώς οι υπολογιστές μπορούν να μιμούνται ανθρώπινες σκέψεις και συμπεριφορές. Είναι ένας τρόπος να δούμε αν μια μηχανή μπορεί να επικοινωνεί με τρόπο που μοιάζει με αυτόν των ανθρώπων!

Συμβολική και Υποσυμβολική ΤΝ

- Συμβολική ΤΝ (Symbolic AI):
 - Ρητοί κανόνες, γραμματικές, αναπαράσταση γνώσης.
 - Εφαρμογές: Ανάλυση μουσικής, αρμονικοί κανόνες, συστήματα κανόνων.
- Υποσυμβολική ΤΝ (Sub-symbolic AI):
 - Μάθηση από δεδομένα, χωρίς ρητούς κανόνες.
 - Νευρωνικά δίκτυα, στατιστικά μοντέλα.
- Υβριδική ΤΝ: Συνδυασμός των δύο.

Μηχανική Μάθηση

- Κλάδος της ΤΝ όπου οι υπολογιστές μαθαίνουν από δεδομένα, βλέποντας παραδείγματα. Π.χ. αναγνώριση προσώπων.
- Είδη:
 - Επιβλεπόμενη (Supervised) - ο υπολογιστής μαθαίνει με την ανθρώπινη βοήθεια
 - Μη επιβλεπόμενη (Unsupervised) - ο υπολογιστής μαθαίνει μόνος του
 - Ενισχυτική (Reinforcement)
- Εφαρμογές στη μουσική: ταξινόμηση είδους, ανάλυση ύφους, αναγνώριση ρυθμού.

Βαθιά Μάθηση (Deep Learning)

- Υποπεδίο της Μηχανικής Μάθησης (μαθαίνει από παραδείγματα) με προηγμένα Νευρωνικά Δίκτυα.
- Χρησιμοποιεί επίπεδα (layers) για ανίχνευση σύνθετων σχέσεων.
- Προσπαθεί να μιμηθεί επίπεδα ανθρώπινου εγκεφάλου
- Σκεφτείτε το σαν ένα σύστημα που, βλέποντας ή ακούγοντας χιλιάδες παραδείγματα, μαθαίνει να αναγνωρίζει μόνο του τι είναι ρυθμός, τι είναι μελωδία, τι είναι μια φωνή ή ένα όργανο — ακριβώς όπως εμείς μαθαίνουμε να καταλαβαίνουμε μουσική μέσα από εμπειρία και ακρόαση.
- Για αυτό λέγεται “βαθιά” — επειδή οι πληροφορίες περνούν μέσα από πολλά επίπεδα επεξεργασίας, και σε κάθε επίπεδο το σύστημα μαθαίνει κάτι πιο σύνθετο.
- Στη μουσική, τέτοια δίκτυα μπορούν να συνθέτουν νέες μελωδίες, να συνεχίζουν μια φράση στο ύφος ενός συνθέτη (όπως το DeepBach), ή να μαθαίνουν στυλ αυτοσχεδιασμού.
- Γενικές εφαρμογές: αναγνώριση ήχου, φωνής, εικόνας, μουσικής δημιουργίας.

Η Μουσική ως Δεδομένα

- Αναπαραστάσεις μουσικής:
 - Συμβολικές: παρτιτούρα, MIDI.
 - Ακουστικές: κυματομορφές, φασματογραφήματα.
- Εξαγωγή χαρακτηριστικών (features): ρυθμός, ύψος, ηχόχρωμα, δυναμική.
- Ο τρόπος που αποτυπώνουμε την πληροφορία στον υπολογιστή λέγεται *Αναπαράσταση Γνώσης* (Knowledge Representation) - επόμενη διάλεξη!

Συμβολική ΤΝ στη Μουσική

- Ανάλυση μέσω κανόνων και αναπαράστασης γνώσης.
- Παραδείγματα:
 - Συστήματα εναρμόνισης τύπου Bach (Π.χ. Ebcioğlu)
 - Συστήματα για μουσικό στυλ, έμπειρα συστήματα
- Ερώτηση: Πώς μπορούμε να περιγράψουμε μουσική γνώση με κανόνες;

Υπο-συμβολική AI και μουσική

Η υποσυμβολική AI (Sub-symbolic AI) βασίζεται στη **μάθηση από δεδομένα** χωρίς ρητούς κανόνες ή αναπαράσταση γνώσης. Αντί να “προγραμματίζεται”, το σύστημα **εκπαιδεύεται** να αναγνωρίζει πρότυπα.

- **Κύριες τεχνικές:**

- Νευρωνικά δίκτυα (Neural Networks)
- Βαθιά Μάθηση (Deep Learning)
- Αναδρομικά δίκτυα (RNNs, LSTMs)

- **Στη Μουσική:**

- Δημιουργία μουσικής σε διαφορετικά στυλ (π.χ. Bach, Jazz, Pop)
- Ανάλυση ρυθμού, αρμονίας, φράσης
- Συνοδεία ή συνέχεια μελωδίας σε πραγματικό χρόνο
- Μοντέλα “στυλ” και αυτοσχεδιασμο

Modular architecture

Ορισμός: Μια αρθρωτή αρχιτεκτονική είναι ένα σύστημα ΤΝ που αποτελείται από **διακριτές, ανεξάρτητες ενότητες (modules)**, καθεμιά από τις οποίες επιτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία. Αυτά τα modules επικοινωνούν μεταξύ τους, συνθέτοντας πιο πολύπλοκες συμπεριφορές.

Κύρια χαρακτηριστικά

- **Διαχωρισμός λειτουργιών:** κάθε module επιτελεί μια σαφώς ορισμένη γνωστική ή υπολογιστική διεργασία (π.χ. ανάλυση, πρόβλεψη, αναπαράσταση).
- **Ευελιξία:** μπορούν να αντικαθίστανται ή να αναπροσαρμόζονται χωρίς να αλλάζει όλο το σύστημα.
- **Επαναχρησιμοποίηση:** modules μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε διαφορετικά συστήματα.
- **Σαφής ροή πληροφορίας:** τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω καλά ορισμένων “interfaces” (π.χ. input/output).
- **Αναλογεί στην ανθρώπινη γνωστική οργάνωση:** όπως ο εγκέφαλος διαθέτει εξειδικευμένα υποσυστήματα (όραση, ακουστική αντίληψη, μνήμη, πρόβλεψη).

Υπολογιστική Μουσική Ανάλυση

- Συνδυασμός μουσικολογικής, υπολογιστικής και στατιστικής προσέγγισης.

Κατηγοριοποίηση και ανακάλυψη προτύπων

- Pattern discovery, paradigmatic analysis.
- Σχέση στατιστικής και μουσικολογικής σημαντικότητας (Pearce, Temperley).

Διαδραστικά Συστήματα

- Reflexive Interaction – François Pachet
- To Continuator: το σύστημα 'παίζει' στο στυλ του χρήστη.
- Μελέτες με παιδιά, πιανίστες, αυτοσχεδιαστές.
- Εφαρμογές στην εκπαίδευση και δημιουργικότητα.

TN και Δημιουργικότητα

- Μπορεί μια μηχανή να είναι δημιουργική;
(Margaret Boden)
- Παραδείγματα: EMI (David Cope), OMax, Continuator και πολλά άλλα

Παραδείγματα ονλάιν

- Δημιουργικότητα ως διεργασία, προϊόν, περιβάλλον.

TN και Γνωσιακή Μοντελοποίηση

- Η TN ως προσομοίωση ανθρώπινης σκέψης.
- Προσδοκία, μνήμη, πρόβλεψη (Huron, Pearce & Wiggins).
- Συνδέσεις με γνωσιακή μουσικολογία και ανάλυση ακροαματικής εμπειρίας.

Ηθικά και Κοινωνικά Ζητήματα

- Δικαιώματα και ιδιοκτησία AI-παραγόμενης μουσικής.
- Πολιτισμική ποικιλία και προκατάληψη δεδομένων.
- Διαφάνεια, υπευθυνότητα, δημιουργική συνεργασία ανθρώπου–μηχανής.

Περισσότερα στην 3η διάλεξη...

Προοπτικές

- Εφαρμογές στην εκπαίδευση, στη θεραπεία, στη μουσικολογία.
- Συνδυασμός ΤΝ και γνωσιακής επιστήμης για νέα μοντέλα κατανόησης της μουσικής.
- Ανοιχτά ερωτήματα: δημιουργικότητα, νόημα, αισθητική εμπειρία.