**Eναρμόνιση δεδομένης μελωδίας σε διαφορετικά αρμονικά ιδιώματα με χρήση του υπολογιστικού συστήματος Chameleon**

**CHAPTER 2 SKETCH**

Χριστόφορος Κουτσοδήμος  
ΑΕΜ: 1827

**2. Ιστορική Ανασκόπηση Συστημάτων Υπολογιστικής Εναρμόνισης Μελωδιών**

**[Στόχος:** Η παρούσα ενότητα εξετάζει την ιστορική εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων εναρμόνισης μελωδιών μέχρι το 2015. Εστιάζει στις μεθοδολογίες, τις τεχνολογίες, και τους περιορισμούς των συστημάτων που προηγήθηκαν του CHAMELEON, με στόχο τη σκιαγράφηση της προόδου σε αυτόν τον τομέα.]

**2.1** Παρουσίαση σημαντικών συστημάτων εναρμόνισης μελωδιών μέχρι το 2014-2015

**2.1.1 Συστήματα Βασισμένα σε Κανόνες**

Η πρώτη γενιά συστημάτων αυτόματης εναρμόνισης μελωδιών βασίστηκε σε συστήματα κανόνων (*rule-based systems*), οι οποίοι κωδικοποιήθηκαν από ειδικούς. Παρόλο που αυτά τα συστήματα ήταν αποτελεσματικά στην ανάλυση συγκεκριμένων μουσικών στυλ, παρουσίαζαν περιορισμούς στην προσαρμογή σε διαφορετικά ή πιο σύγχρονα μουσικά ιδιώματα, λόγω της στατικότητας των κανόνων τους. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το έργο του Steedman (1984), όπου προτάθηκε μια γενετική γραμματική για τις ακολουθίες συγχορδιών της τζαζ, χρησιμοποιώντας τη Θεωρία των Συνδυαστικών Κατηγοριακών Γραμματικών (Combinatory Categorial Grammar - CCG) για τη μοντελοποίηση των αρμονικών ακολουθιών (Granroth-Wilding & Steedman, 2012).

**2.1.2 Πιθανοτικά Μοντέλα και Κρυφά Μοντέλα Markov (HMMs)**

Η επόμενη σημαντική πρόοδος στον τομέα της αυτόματης εναρμόνισης ήρθε με την εφαρμογή πιθανοτικών μεθόδων, όπως τα Κρυφά Μοντέλα Markov (*Hidden Markov Models - HMMs*). Τα μοντέλα αυτά βασίζονται στη στατιστική ανάλυση μεγάλων μουσικών δεδομένων και επιτρέπουν την πρόβλεψη της επόμενης συγχορδίας με βάση την πιθανότητα μετάβασης από προηγούμενες συγχορδίες.

Οι (Allan & Christopher, 2005) χρησιμοποίησαν τα HMMs για την αυτόματη εναρμόνιση χορικών του Μπαχ, επιτυγχάνοντας αξιόπιστες προβλέψεις, αν και με περιορισμένη ικανότητα ενσωμάτωσης πιο σύνθετων αρμονικών προσεγγίσεων, όπως για παράδειγμα της τζαζ​.

**2.1.3 Νευρωνικά Δίκτυα και Προσέγγιση Βαθιάς Μάθησης**

Η ανάπτυξη των νευρωνικών δικτύων και της μηχανικής μάθησης έφερε νέες προσεγγίσεις στην αυτόματη εναρμόνιση. Τα Επαναλαμβανόμενα Νευρωνικά Δίκτυα (Recurrent Neural Networks - RNNs), και ειδικότερα τα Δίκτυα Μακράς Βραχείας Μνήμης (Long Short-Term Memory - LSTM), χρησιμοποιήθηκαν για τη μοντελοποίηση μουσικών ακολουθιών. Οι Eck και Schmidhuber εφάρμοσαν LSTM δίκτυα για την ανάλυση και τον αυτοσχεδιασμό μπλουζ, επιδεικνύοντας την ικανότητα αυτών των μοντέλων να συλλαμβάνουν μακροπρόθεσμες εξαρτήσεις στη μουσική (Eck & Schmidhuber, 2002).

Παρά τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα, η εφαρμογή αυτών των τεχνικών περιοριζόταν από την ανάγκη για μεγάλα σύνολα δεδομένων και την υψηλή υπολογιστική πολυπλοκότητα.

**2.1.4 Συγκριτική Ανάλυση Δυνατοτήτων και Περιορισμών**

Τα προαναφερθέντα συστήματα συνέβαλαν σημαντικά στην κατανόηση και την ανάπτυξη της αυτόματης εναρμόνισης, αλλά παρουσίαζαν ορισμένους περιορισμούς:

* **Προσαρμοστικότητα:** Τα συστήματα βασισμένα σε κανόνες ήταν δύσκαμπτα στην προσαρμογή σε νέα μουσικά στυλ, ενώ τα πιθανοτικά μοντέλα απαιτούσαν μεγάλα σύνολα δεδομένων για την εκπαίδευσή τους.
* **Δημιουργικότητα:** Η ικανότητα για δημιουργική εναρμόνιση ήταν περιορισμένη, καθώς τα περισσότερα συστήματα επικεντρώνονταν στην αναπαραγωγή υπαρχουσών αρμονικών δομών.

Αυτοί οι περιορισμοί υπογράμμισαν την ανάγκη για νέες προσεγγίσεις που θα μπορούσαν να ενσωματώσουν διαφορετικά αρμονικά ιδιώματα και να προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία και δημιουργικότητα στην εναρμόνιση μελωδιών.

Η ανάγκη για συστήματα που θα μπορούσαν να παράγουν καινοτόμες και δημιουργικές αρμονίες παρέμεινε επιτακτική. Αυτή η απαίτηση αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη συστημάτων όπως το CHAMELEON, που εισήγαγε τη συνδυαστική δημιουργικότητα μέσω της ενσωμάτωσης πολλαπλών αρμονικών ιδιωμάτων.

Allan, M., & Christopher, C. K. (2005). Harmonising chorales by probabilistic inference. *Advances in Neural Information Processing Systems*, *17*, 25–32. http://papers.nips.cc/paper/2714-

Eck, D., & Schmidhuber, J. (2002). Finding temporal structure in music: Blues improvisation with LSTM recurrent networks. *Neural Networks for Signal Processing - Proceedings of the IEEE Workshop*, *2002*-*January*, 747–756. https://doi.org/10.1109/NNSP.2002.1030094

Granroth-Wilding, M., & Steedman, M. (2012). Statistical parsing for harmonic analysis of jazz chord sequences. *ICMC 2012: Non-Cochlear Sound - Proceedings of the International Computer Music Conference 2012*, 478–485.