



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών  
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

**Τμήμα Μουσικών Σπουδών**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«Ερμηνεία Ενόργανης και Φωνητικής Μουσικής»**  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ:  
**«ΕΚΤΕΛΕΣΗ/ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ JAZZ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΝΕΕΣ**  
**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ»**

**Συμμετοχική επιτέλεση με διαδραστικά συστήματα στο**  
**σύγχρονο μουσικό δράμα**

Διπλωματική Εργασία

**Τηλέμαχος Μούσας**

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

**Αναστασία Γεωργάκη**

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τ.Μ.Σ. - Ε.Κ.Π.Α.

Αθήνα, Ιούλιος 2019

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Αναστασία Γεωργάκη – Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Λοιπά μέλη της τριμελούς επιτροπής:

Χριστίνα Αναγνωστοπούλου – Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Αρετή Ανδρεοπούλου – Επίκουρη Καθηγήτρια

Αναστασία Γεωργάκη Χριστίνα Αναγνωστοπούλου Αρετή Ανδρεοπούλου

.....

Ευχαριστίες,

Θέλω να ευχαριστήσω τους εξής ανθρώπους που χωρίς τη βοήθεια και τη συνεργασία τους δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί αυτή η εργασία.

Πρώτα απ' όλους την επιβλέπουσα καθηγήτρια Αναστασία Γεωργάκη που με καθοδήγησε και με υποστήριξε σε αυτό το εγχείρημα.

Την σκηνοθέτη και σύντροφο μου στη ζωή, Έλλη Παπακωνσταντίνου που μου εμπιστεύθηκε την μουσική της παράστασης «Οιδίπους» και μου έδωσε την ευκαιρία να συνδιαλλαγώ με το αρχαίο κείμενο αλλά και να συνεργαστώ με αξιόλογους ερευνητές του ήχου και της εικόνας.

Την καθηγήτρια Αρετή Ανδρεοπούλου που μου μετέφερε τις γνώσεις της στο Max/MSP.

Τον Jerome Nika που μου έμαθε να χρησιμοποιώ το DYC12.

Τους ερευνητές του Πανεπιστημίου Stanford, Romain Michon και Constantin Basica για την πολυτιμη βοήθειά τους στον ηχητικό σχεδιασμό της παράστασης.

Την εικαστικό και ερευνήτρια, Stephanie Sheriff για το υλικό που μου διέθεσε σε σχέση με την εικαστική εικόνα της παράστασης.

## Περίληψη

Η παρούσα ερευνητική εργασία εστιάζει στο πως μπορεί να επιτευχθεί μια συμμετοχική μουσική παράσταση στο σύγχρονο δράμα, με τη βοήθεια των νέων τεχνολογιών.

Στο πρώτο μέρος πραγματοποιείται μια ιστορική αναδρομή στην ερμηνευτική προσέγγιση του δράματος μέσω της μουσικής, αλλά και στην αλληλεπίδραση που έχει αυτή με το κοινό.

Το δεύτερο μέρος παρουσιάζει νέα συστήματα μουσικής τεχνολογίας φιλικά προς το χρήστη που δίνουν την ελευθερία στους ερμηνευτές και στο κοινό να διαδράσουν.

Αυτό περιλαμβάνει συνεργατικά συστήματα δημιουργίας μουσικής, διαδραστικά συστήματα αυτόματης συνοδείας και ακολουθίας παρτιτούρας και φωνοκωδικοποιητές (vocoder).

Το τρίτο μέρος είναι μια μελέτη περίπτωσης του «Οιδίποδα», ενός μουσικού δράματος, όπου συνέθεσα την μουσική σε σκηνοθεσία της Έλλης Παπακωνσταντίνου. Η παράσταση παρουσιάστηκε στο Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA) στο Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ τον Απρίλιο του 2019. Στο πλαίσιο αυτής της πειραματικής παράστασης χρησιμοποιήσαμε την προαναφερθείσα τεχνολογία για να δώσουμε τους θεατές της παράστασης το ρόλο του χορού της τραγωδίας και παράλληλα να τους εμπλέξουμε ενεργά στη διαδικασία της μουσικής σύνθεσης σε πραγματικό χρόνο.

Λέξεις κλειδιά

διάδραση, Οιδίποδας, Χορός, μουσικό δράμα, φωνοκωδικοποιητές, συμμετοχική επίτευση, δημιουργικότητα, συμμετοχή κοινού, κατευθυνόμενος αυτοσχεδιασμός, παρτιτούρα, αυτόματη συνοδεία, αλγόριθμος, ακολουθία-αντιστοίχιση παρτιτούρας, MIDI, δίκτυα Bayes, κρυμμένο μοντέλο Markov.



## **Abstract**

This paper focuses on how to achieve a participatory musical performance with the help of new technologies.

In the first part we present a historical retrospective of the dramatic interpretation of music through the use of technology and the interaction that it has with the audience.

In the second part we examine new user-friendly systems that give the freedom to the performer and the audience to interact. This includes collaborative music creation systems, interactive score followers, automatic accompaniment systems and vocoders.

The third part is a case study of "Oedipus", a musical drama directed by Elli Papakonstantinou, presented at the Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA) at Stanford University in April 2019. This production uses the aforementioned technology to transform the audience into the chorus and engage them in the real-time process of music composition.

### **Key words**

interaction, Oedipus, chorus, musical drama, vocoder, participatory performance, creativity, audience participation, directed improvisation, music score, automatic accompaniment, algorithm, score following- matching, MIDI, Bayesian networks, HMM.

## Περιεχόμενα

<b>Εισαγωγή</b> .....	<b>8</b>
<b>Κεφάλαιο πρώτο</b> .....	<b>10</b>
<b>1. Συμμετοχική επιτέλεση στο σύγχρονο μουσικό θέατρο.</b> .....	<b>10</b>
1. 1. Καινοτόμες προσεγγίσεις στον ήχο και στη μουσική στο αρχαίο δράμα. ..	10
1.1.1 Η αναβίωση του αρχαίου δράματος. ....	11
1.1.2. Η προσέγγιση του Ιάκωβου Ξενάκη.....	11
1.1.3. Η προσέγγιση του Γιάννη Χρήστου.....	12
1.1.4. Η αισθητική προσέγγιση του Θεόδωρου Τερζόπουλου. ....	13
1.1.5. Οι μουσικές μάσκες της Γεωργίας Σπυροπούλου.....	14
1. 2. Συμμετοχική επιτέλεση του κοινού στο μουσικό θέατρο.....	14
<b>Κεφάλαιο δεύτερο</b> .....	<b>17</b>
<b>2. Νέες τεχνολογίες διάδρασης στις παραστατικές τέχνες.</b> .....	<b>17</b>
2.1. Διαδραστικά συστήματα για την συμμετοχική επιτέλεση .....	19
2.1.1 Polymetros.....	19
2.1.2 Mood Conductor.....	20
2.1.3 Open Symphony .....	21
2.1.4. Διαδραστικά συστήματα αυτοσχεδιασμού .....	22
α) OMax-Ofon.....	24
β) DYCI2.....	26
2.2. Διαδραστικά Συστήματα για την επεξεργασία του ήχου σε πραγματικό	
χρόνο.....	27
2.2.1. Τεχνικές που χρησιμοποιούνται σε σύγχρονα διαδραστικά συστήματα... 28	
2.2.2. Πιθανοτικά Γραφικά Μοντέλα.....	28
α) Το κρυμμένο μοντέλο Markov (HMM) .....	28
β) Τα Δίκτυα Bayes.....	30
2.2.3. Περιορισμοί και ικανοποίηση περιορισμών.....	31
α) Περιορισμοί.....	31
β) Ικανοποίηση Περιορισμών.....	31
2.2.4. Δομή ακολουθίας.....	32
2.2.5. Φωνοκωδικοποιητές - Vocoder.....	32
2.2.6. Φωνοκωδικοποιητές Φάσης.....	34
2.2.7. Φωνοκωδικοποιητές γραμμικής πρόβλεψης .....	34
2.2.8 Αυτόματα συστήματα μουσικής συνοδείας σε πραγματικό χρόνο.....	35
2.2.9. Score Following - Συστήματα Ακόλουθοι Παρτιτούρας σε πραγματικό	
χρόνο.....	36
α) Το INScore.....	38
β) Το Music-Plus-One .....	41
γ) Το Antescofo.....	41
2.2.10. Συστήματα αυτόματης εναρμόνισης σε πραγματικό χρόνο.....	42
<b>Κεφάλαιο τρίτο</b> .....	<b>44</b>
<b>3. Συμμετοχική επιτέλεση με διαδραστικά μέσα στην παράσταση</b>	
<b>«Οιδίπους» (Μουσική Τηλέμαχος Μούσας, Σκηνοθεσία Έλλη</b>	
<b>Παπακωνσταντίνου)</b> .....	<b>44</b>
3.1 Σύντομη περιγραφή της παράστασης.....	44
3.2. Η μουσική και ο ηχητικός σχεδιασμός της παράστασης. ....	45
3.3. Η εικαστική απεικόνιση της παράστασης.....	53
<b>4. Συμπεράσματα</b> .....	<b>55</b>

5. Βιβλιογραφία.....	56
6. Ηλεκτρονικές Πηγές και Συνεντεύξεις.....	61

## Εισαγωγή

Η δυναμική παρουσία της τεχνολογίας και η ικανότητά της να πλάθει ομοιώματα και «πραγματικότητες» έχει αλλάξει τον τρόπο που αντιδρά το κοινό που παρακολουθεί θεατρικές παραστάσεις στον 21ο αιώνα. Αυτό κάνει το σύγχρονο μουσικό δράμα και την όπερα να επανεξετάζει τις σχέσεις με τα νέα μέσα για να επικοινωνήσει με νεότερους σε ηλικία ακροατές, περισσότερο εξοικειωμένους με τον οπτικοακουστικό λόγο απ' ό,τι με τον οπερατικό. Η εικόνα και ο ήχος είτε πρόκειται για τέχνη, είτε για ειδησεογραφία, μεσολαβούν στην εμπειρία μας στον κόσμο, ειδικά σε μια κουλτούρα που τροφοδοτείται από εικόνες και ήχους σε ένα πρωτοφανές επίπεδο.

Η διάδραση με το κοινό μέσω των νέων τεχνολογιών δίνει τη δυνατότητα στους θεατές να συμμετέχουν, να συμβάλλουν και να επηρεάζουν άμεσα το τεκταινόμενο, πράγμα που σημαίνει ότι αυτή τους η εμπειρία αποτελεί μέρος της αισθητικής της παράστασης.

Οι διαδραστικές εμπειρίες απορρέουν πρωτίστως από την ανάγκη του ανθρώπου για επικοινωνία. Το να συνδέομαι και να επικοινωνώ δημιουργικά, σημαίνει ότι, μπορώ να δίνω ό,τι έχω να δώσω και οι άλλοι θα το μοιραστούν μαζί μου. Μέσω της ανοιχτής επικοινωνίας μεταξύ των ερμηνευτών και του κοινού δημιουργείται αίσθημα εμπιστοσύνης και ομαδικότητας. Διαδραστικότητα άλλωστε, σύμφωνα με το λεξικό του Webster, είναι η δυνατότητα ενός μέσου να δέχεται αμφίδρομη επικοινωνία. Μέσω αυτής της αμφίδρομης επικοινωνίας, οι θεατές νιώθουν ότι είναι ένα κομμάτι της παράστασης.

Η χρήση νέων μέσων οδηγεί το σύγχρονο μουσικό δράμα σε μια νέα κατεύθυνση, ώστε αυτό να συνεχίσει να εξελίσσεται και να ενεργοποιεί διαφορετικά αφηγηματικά επίπεδα πέρα από αυτό που προκύπτει από την σύνδεση μουσικής και λιμπρέτου.

Στην παρούσα εργασία θα προσπαθήσουμε να απαντήσουμε στα εξής ερωτήματα:

- α) Γιατί να χρησιμοποιήσουμε νέες τεχνολογίες για τη διάδραση με το κοινό;
- β) Ποια τεχνολογικά μέσα μπορούν να μας βοηθήσουν να δημιουργήσουμε μια συμμετοχική παράσταση - επιτέλεση;

Κεντρικό ρόλο στους παραπάνω προβληματισμούς, έπαιξε η συμμετοχή μου ως συνθέτη στην υβριδική συμμετοχική μουσική παράσταση Οιδίπους σε σκηνοθεσία της Έλλης Παπακωνσταντίνου.

Για να απαντήσουμε στα παραπάνω ερωτήματα θεωρήσαμε σκόπιμο στο πρώτο κεφάλαιο της ερευνητικής μας εργασίας, να μελετήσουμε την αισθητική προσέγγιση γνωστών συνθετών της σύγχρονης μουσικής, όπως είναι οι Ιάννης Ξενάκης, Γιάννης Χρήστου και John Cage, όσον αφορά το δομικό υλικό του κειμένου, την προσωδία, καθώς και των τρόπων επεξεργασίας της φωνής, αλλά και τους τρόπους διάδρασης με το κοινό με φυσικά μέσα και με τη χρήση νέων τεχνολογιών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, διερευνάται η λειτουργικότητα των διαδραστικών συστημάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί στις παραστατικές τέχνες. Γίνεται περιγραφή των συστημάτων αυτόματης μουσικής συνοδείας, των φωνοκωδικοποιητών, αλλά και εφαρμογών σε προγραμματιστικό περιβάλλον Max/MSP που χρησιμεύουν στον «κατευθυνόμενο αυτοσχεδιασμό» σε πραγματικό χρόνο.

Στο τρίτο κεφάλαιο οι εφαρμογές και η λειτουργικότητα των συστημάτων αυτών θα πραγματοποιηθούν πάνω σε συνθήκη παράστασης, συγκεκριμένα στην μουσική παράσταση «Οιδίπους», όπου θα αναλυθεί με ακρίβεια ο λειτουργικός και παρεμβατικός ρόλος των συστημάτων αυτών στη δημιουργία της συμμετοχικής επίτελης.

## **Κεφάλαιο πρώτο**

### **1. Συμμετοχική επιτέλεση στο σύγχρονο μουσικό θέατρο.**

Το μουσικό θέατρο είναι θέατρο που κατευθύνεται από την μουσική, είναι δηλαδή συνδεδεμένο καθοριστικά με την παράμετρο του χρόνου και τον μουσικό ρυθμό. Η μουσική, ο λόγος, τα ηχητικά παράγωγα («βοκαλισμοί») και η φυσική κίνηση συνυπάρχουν, αλληλεπιδρούν ή παρατίθενται μαζί, κατά κάποιον τρόπο ισότιμα, αλλά εκτελούνται από διαφορετικούς ερμηνευτές και σε διαφορετικά κοινωνικά περιβάλλοντα [Salzman, 2008].

Δεν είναι τυχαίο ότι πολλοί συνθέτες αναλαμβάνουν και την σκηνοθετική επιμέλεια των έργων τους, είτε άμεσα είτε έμμεσα (μέσα δηλαδή από την παρτιτούρα). Το σύγχρονο μουσικό θέατρο χαρακτηρίζεται: α) από την υψηλή δεξιοτεχνία μέσω και της χρήσης διευρυμένων τεχνικών β) από την έντονη σωματική κίνηση που πολλές φορές καταλήγει σε ανοίκεια ηχητικά αποτελέσματα και δημιουργεί, μία θεατρικότητα γ) την εισαγωγή της απροσδιοριστίας στο σώμα του σύγχρονου μουσικού κειμένου που αναβαθμίζει τον ρόλο των εκτελεστών, απαιτώντας υψηλότερο βαθμό εγρήγορσης δ) την αναδιάταξη των μουσικών στον χώρο και την συμμετοχή των θεατών, ε) την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής μουσικής όπως και την συνεπακόλουθη αναθεώρηση του ηχητικού υλικού ως σημείου αναφοράς από τους ακροατές και στ) την χρήση της φωνής εκτός γλωσσικού πλαισίου.

#### **1. 1. Καινοτόμες προσεγγίσεις στον ήχο και στη μουσική στο αρχαίο δράμα.**

Από τις αρχές του 20ού αιώνα υπήρξε μια τάση να αναβιώσει το αρχαίο ελληνικό δράμα, με μεγαλύτερη έμφαση στην μετρική και το ρυθμό του κειμένου, παρά στις φωνολογικές και προσωδιακές πτυχές της φωνής. Από την πρώτη αναβίωση του Δελφικού Φεστιβάλ από την Εύα και τον Άγγελο Σικελιανό και τον συνθέτη Κωνσταντίνο Ψάχο το 1927 αλλά και μέσα από τις απόπειρες του Γ. Παχτίκου τα προσωδιακά χαρακτηριστικά του αρχαίου κειμένου βασίστηκαν στη βυζαντινή και την ελληνική λαϊκή παράδοση [Petras, 2019].

### **1.1.1 Η αναβίωση του αρχαίου δράματος.**

Ειδικότερα, το όραμα της Εύας Πάλμερ-Σικελιανού για τη θεατρική αξιοποίηση του Χορού της αρχαίας τραγωδίας, συνοψίζεται στην αρμονική σύζευξη τριών στοιχείων: του λόγου, της μουσικής και της όρχησης. Την ουσία αυτής της αντίληψης η Σικελιανού αποδίδει στο λόγο του Πλάτωνα ότι ο «Χορός είναι η ένωση της ποίησης, της μουσικής και της γυμναστικής». Η επιτυχία των παραστάσεών της στα πλαίσια αυτού του αισθητικού ιδεώδους θεωρείται και το μυστικό της επιτυχίας τους.

Για να επιτύχει τη σύζευξη των τριών στοιχείων όμως η Εύα Σικελιανού πίστευε ότι η μουσική έπρεπε να είναι μονοφωνική, ούτως ώστε ο Χορός να τραγουδά και να χορεύει – και γι' αυτό κατέφευγε στη βυζαντινή παράδοση, τη μονοφωνική μουσική που θα μπορούσε να είναι πλησιέστερη προς την αρχαία. Η αντίληψη της Εύας Σικελιανού για την «ένωση των τεχνών» παρέπεμπε στο βαγκνερικό «ολοκληρωμένο έργο τέχνης», η Σικελιανού αναζητούσε την ένωση των τεχνών μέσα από την ελληνική παράδοση διατηρώντας επιφυλάξεις για κάθε δυτικότροπη πρακτική [Georgaki, 2008].

Τόσο ο Ιάννης Ξενάκης όσο και ο Γιάννης Χρήστου έγραψαν μουσική για αρχαίο δράμα, ωστόσο, ο καθένας ασχολήθηκε με τον προσωπικό ήχο σύμφωνα με το δικό του στυλ.

### **1.1.2. Η προσέγγιση του Ιάννη Ξενάκη.**

Ο Ξενάκης ανέπτυξε μια προσωπική τεχνική σύνθεσης. Η τεχνική αυτή βασίζεται στις μακρές και βραχείες συλλαβές, στις προθέσεις και την προφορά της Αττικής διαλέκτου. Γι' αυτό θεωρεί δεδομένη την ύπαρξη μιας στοιχειώδους πολυφωνίας στην εκτέλεση έργων στην αρχαιότητα, την οποία προσπαθεί να αναδημιουργήσει και είναι εμπνευσμένη τόσο από την αρχαία μουσική θεωρία όσο και από την αρμονία των ελληνικών παραδοσιακών τραγουδιών. Έτσι, στην φράση του για την Ελένη του Ευριπίδη, μια φωνή επαναλαμβάνει, τραγουδά με αυτό τον αυστηρά προσωπικό τρόπο, ενώ η δεύτερη φωνή επιτρέπει μεγαλύτερη μελωδική ελευθερία, βασισμένη στους ελληνικούς παραδοσιακούς και βυζαντινούς τρόπους [Ζάχου, 2010].

Σύμφωνα με τον Ξενάκη το ελληνικό θέατρο ορίζεται ως «συνολική εμπειρία» με την έννοια μιας συνολικής εμπειρίας (όπως η Βαγκνερική συναισθησία του Gesamtkunstwerk), η οποία δεν περιορίζεται στις αισθήσεις του αυτιού ή του οράματος αλλά λαμβάνει χώρα και στη σφαίρα της σκέψης [Georgaki, 2005].

Κατά τον Ξενάκη η προφορά λέξεων και συλλαβών του ποιητικού κειμένου, θα πρέπει να γίνεται χωρίς κανένα συναίσθημα ή έκφραση, με ένα ορθό τόνο

φωνής, και χωρίς καμία διακύμανση του τόνου ή της έντασης. Η διαδραστική προσέγγιση του σύγχρονου αρχαίου δράματος από τον Ξενάκη είναι χαρακτηριστική και οι νεωτερισμοί που έφερε απελευθέρωσαν νέους δημιουργούς και διαμορφώνουν την σύγχρονη οπτική στο μουσικό δράμα [Ζάχου, 2010].

Η μουσική του Ξενάκη για τις Ικέτιδες προοριζόταν να παραχθεί από τρεις διαφορετικές πηγές: μια μαγνητική ταινία με το τμήμα της ορχήστρας (2 τρομπέτες, 2 τρομπόνι, 2 βιολιά, 2 violoncellos, 2 contrabasses) που διαχέονται από μεγάφωνα γύρω από το θέατρο, ζωντανή μουσική από μουσικούς που βρίσκονται γύρω από το θέατρο (η ορχήστρα του θεάτρου) και έναν μεγάλο αριθμό κρουστών που παίζει η γυναικεία χορωδία. Χρησιμοποιήθηκαν ξύλινα, μεταλλικά και δερμάτινα κρουστά όπως καστανιέτες, τρίγωνα, μαράκες, καμπάνες, ταμπούρ κλπ. Για τον Ξενάκη αυτό το είδος «αυτόματης συνοδείας» από τη χορωδία παρείχε νέες διαστάσεις στον ήχο αλλά και νέες χορευτικές κινήσεις [Soulele, 2011].

Η κινητικότητα των ηχητικών πηγών προσέφερε νέα διάσταση στο χώρο και ο πολλαπλασιασμός αυτών των πηγών δημιούργησε ένα είδος ενίσχυσης της μουσικής. Επίσης εισήγαγε νέες έννοιες που ανήκουν στη στοχαστική μουσική, έννοιες σαν το μεγάλο πλήθος γεγονότων, που αυτόματα μεταφέρονται στον τρισδιάστατο χώρο [Soulele, 2011].

Τέλος τα μουσικά όργανα, τα νεύματα και οι κινήσεις του σώματος που επακολουθούν γίνονται στοιχεία εμπλουτισμού της ορχηστρικής τέχνης, μεταβάλλοντάς την σε ένα είδος λειτουργίας μαγικής κατά την οποία τα μουσικά όργανα, όπως τα ξυλοκρόταλα ή τα φορητά σήμαντρα των Χοιφόρων, μετατρέπονται σε σκεύη λατρείας. Υιοθετούνται νέες προσεγγίσεις μεταξύ δημιουργού και ακροατή, στη δομή αλλά και την εκτέλεση.

Στην τριλογία της Ορέστειας του Αισχύλου, στο τρίτο μέρος, οι Ερινύες (που προηγουμένως έχουν φωνές παράξενες και εκφράζονται με κρουστά, σήμαντρα, ήχους από λαμαρίνες και σειρήνες) έχουν πλέον μετατραπεί από τον Ξενάκη σε Ευμενίδες, ήτοι την παιδική χορωδία, που φέρνει το τραγούδι της Δημοκρατίας που παροτρύνει το κοινό να το τραγουδήσει μαζί της.

«Στο τέλος, λοιπόν, αυτά τα παιδιά τρέχουν στους θεατές, τους δίνουν όργανα και τους καλούν να τραγουδήσουν και να δοξάσουν μαζί τη γέννηση της δημοκρατίας», λέει ο Σ. Σακκάς.

(«ο Ξενάκης δεν αγαπούσε το θέατρο, αλλά την τελετουργία», θυμίζει ο Σπύρος Σακκάς) [Agiannidis, 2010].

### **1.1.3. Η προσέγγιση του Γιάννη Χρήστου.**

Μια παρόμοια προσέγγιση μπορεί να βρεθεί στη χρήση των προτύπων (μοτίβα) που είναι ένα δομικό χαρακτηριστικό στη σύνθεση του Γιάννη Χρήστου. Μέσα από την μουσική του σύνθεση για τις παραστάσεις αρχαίας Τραγωδίας δημιούργησε τις προϋποθέσεις για μια ενεργό συμμετοχή του



Χορού στη θεατρική δράση γεφυρώνοντας το χάσμα ανάμεσα στην καθαρή πλοκή και τα λυρικά μέρη. Μία νέα τροπή δόθηκε στη σύγχρονη ερμηνεία του αρχαίου δράματος, η οποία οφείλεται στην ειδική αντιμετώπιση, που εισηγήθηκε εκείνος, σχετικά με τον παράγοντα μουσική [Petras, 2019]. Τα επαναλαμβανόμενα ρυθμικά μοτίβο, τα οποία είναι συστατικά της σύνθεσης, αντιστοιχούν δομικά στις φράσεις ενός κειμένου. Ο Χρήστου το 1963, στην παράσταση του Προμηθέα Δεσμώτη του Αισχύλου, σε σκηνοθεσία Αλ. Μινωτή, εισάγει για πρώτη φορά την ηλεκτρονική μουσική με τη γενικευμένη σημασία του όρου, δηλαδή την οποιαδήποτε μουσική που εγγράφεται απ' ευθείας σε ταινία, άσχετα με τη φύση του αρχικού υλικού, που έχει υποστεί τους κατάλληλους ηλεκτροακουστικούς μετασχηματισμούς, πριν φτάσει στην ταινία [Ζάχου, 2010]. Τα στοιχεία της Φύσης, που συμμετέχουν στα μαρτύρια του Προμηθέα νομιμοποιούν την επιλογή της ατονικής μουσικής στα Επεισόδια μέσα από ήχους γραμμένους σε μαγνητοταινία, οι οποίοι κορυφώνονται στην Έξοδο.

Αργότερα με τη συνεργασία του με το Θέατρο Τέχνης του Κ. Κουν, ο συνθέτης απομακρύνεται από κάθε διάθεση λυρισμού και μουσικής υπόκρουσης. Στις ιεροπραξίες των αρχαίων Ελλήνων ο Γ. Χρήστου ανιχνεύει την λειτουργική σκοπιμότητα της μουσικής για το αρχαίο δράμα. Χρησιμοποιεί ηλεκτρονικούς ήχους, κρότους, φωνές χωρίς άρθρωση, τονίζοντας με αντίλαλους και αντηχήσεις τις τραγικότερες στιγμές της δράσης [Ζάχου, 2010].

#### **1.1.4. Η αισθητική προσέγγιση του Θεόδωρου Τερζόπουλου.**

Άλλη προσέγγιση του αρχαίου δράματος είναι αυτή του σκηνοθέτη Θεόδωρου Τερζόπουλου, ο οποίος ανέπτυξε τη βιοδυναμική μέθοδο. Οι έννοιες της τελετουργίας και της φυσικότητας είναι πολύ σημαντικές για τον σκηνοθέτη. Στην πολυσυζητημένη παράσταση των Βακχών του το 1986 έκανε την οριστική ρήξη με την αισθητική του Θεάτρου του Λόγου. Έδωσε προτεραιότητα στη λειτουργία της μουσικής για να αποδώσει το τελετουργικό αυτοσχεδιαστικό οργιαστικό στοιχείο με αναφορές από το ασιατικό θέατρο. Στον Τερζόπουλο η μουσική γίνεται τελικά ο συνδετικός κρίκος, το ενοποιητικό μέσο που δένει τα στοιχεία της παράστασης μεταξύ τους. Μουσικά, εκτυλίσσονται οι συμπεριφορές των σωμάτων. Μουσικά, χρωματίζεται με φως ο χώρος. Μουσικά, οργανώνεται ο ηχητικός και ακουστικός περίγυρος των ηθοποιών πάνω στη σκηνή. Η παράσταση συντίθεται σαν μια παρτιτούρα έτοιμη προς εκτέλεση. Είναι ένα μουσικό δρώμενο, χωρίς οργιαστικές ελευθερίες, με αυτοσχεδιαστικό κλίμα [Petras, 2019]. Στην αισθητική προσέγγιση του Τερζόπουλου, τα διαδραστικά συστήματα ήχου χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο μέσω της κίνησης του ηθοποιού. Η φωνή μεταβάλλει και ελέγχει τον ήχο του διαδραστικού συστήματος σε πραγματικό χρόνο, προκειμένου να προσθέσει στην παράσταση το στοιχείο της

τελετουργίας και του μύθου [Georgaki 2008].

### **1.1.5. Οι μουσικές μάσκες της Γεωργίας Σπυροπούλου**

Μπορούμε επίσης να αναφέρουμε το έργο της σύγχρονης συνθέτριας Γεωργίας Σπυροπούλου, *Les Bacchantes*, ως μια προσπάθεια αναδημιουργίας του πνεύματος της τραγωδίας μέσω φωνητικών εκφράσεων αλλά και χορευτικών και διαδραστικών μουσικών επεμβάσεων. Ο ερμηνευτής αναλαμβάνει όλους τους ρόλους και η φωνή προσομοιώνει τον ήχο που θα έρθει από τη μάσκα που φορούσαν οι ηθοποιοί κατά τις παραστάσεις στην αρχαιότητα [Petras, 2019].

Στο *Les Bacchantes*, οι εικονικές μάσκες και η φωνητική επεξεργασία από live electronics μέσω Max / MSP, λειτουργούν έτσι ώστε να ενισχύουν τη φωνητική ταυτότητα των χαρακτήρων και να δημιουργούν τη χορωδία των Βακχών. Οι εικονικές μάσκες χρησιμεύουν για την τροποποίηση του ήχου και τη χρονικότητα (διάρκεια, ρυθμός). Η Σπυροπούλου χρησιμοποιεί τρεις τύπους μάσκας: φυσική μάσκα, εικονική μάσκα και συνδυασμένη μάσκα (ή διπλή μάσκα) [Spyropoulos, 2010].

Η ίδια λέει για τη μουσική της: «Κάποιες φορές χρησιμοποιώ στοιχεία σαν μότο, για παράδειγμα στις Βάκχες χρησιμοποίησα τρία μοτίβα από τη μουσική των Αναστεναριών. Αυτά τα στοιχεία δουλεύτηκαν με πολλούς τρόπους, από την παράθεση και την επανάληψη, μέχρι την απόλυτη επεξεργασία τους μέσω των ηλεκτρονικών.

Κοντά στον Michael Lévinas εμβάθυνα μεταξύ άλλων τη χρήση του ρυθμού στον Bela Bartók και τον Ligeti. Και οι δυο προέρχονται από την σχολή των φασματικής μουσικής, αν και ο Leroux είναι νεότερος. Στο ρεύμα αυτό που άνησε στη Γαλλία τη δεκαετία του 70 και του 80, το μουσικό υλικό σχετίζονταν ως προς όλες του τις παραμέτρους με την φασματική ανάλυση του ήχου. Η εξέλιξη της τεχνολογίας και η πρόσβαση στην ανάλυση του ήχου αποκάλυψε στους συνθέτες έναν καινούργιο δρόμο για τη σύνθεση: όλο το μουσικό υλικό εμπεριέχεται μέσα στον ήχο ο οποίος όταν ηχογραφηθεί και αναλυθεί αποτελεί από μόνο του ένα μοντέλο για τη μουσική σύνθεση» [Ρίζου, 2019].

## **1. 2. Συμμετοχική επιτέλεση του κοινού στο μουσικό θέατρο.**

Η αμφίδρομη σχέση σκηνής πλατείας, που αποτελούσε πάντοτε ένα a priori γνώρισμα του θεάτρου, με καθοριστική σημασία για τη φυσιολογία του, στα πλαίσια της μετάβασης της σύγχρονης θεατρικής πράξης από το έργο στη διαδικασία και από την αναπαράσταση στην εμπειρία, έχει λάβει πολλές διαστάσεις, άλλοτε προκαλώντας και άλλοτε υπερβαίνοντας τα συμβατικά της όρια. Η έρευνα όμως γύρω από τις δυνατότητες της συμμετοχής του θεατή και η πολυπλοκότητα των σχέσεων που μπορούν να αναπτυχθούν ανάμεσα στο

θεατή και το παραγόμενο θέαμα είναι τόσο πολυσήμαντη, ανεξάντλητη και επίκαιρη που δεν κινδυνεύει σε καμιά περίπτωση από τον κορεσμό. Δεν είναι τυχαίος άλλωστε ο αριθμός των θεωρητικών και των μεγάλων δημιουργών του παγκόσμιου θεάτρου οι οποίοι από δεκαετίες πριν μέχρι σήμερα ασχολήθηκαν, αναθεώρησαν και ανέτρεψαν τη σχέση του θεατή με το θέαμα προτείνοντας εναλλακτικούς και καινοτόμους τρόπους συμμετοχής του. Η σειριαϊκή λογική όσο και η επίδραση από το performance art οδήγησαν συνθέτες όπως οι Kagel, Stockhausen και αργότερα Schnebel, Heiner Goebbels και Aperghis στην χρήση της κίνησης ως ένα βασικό δομικό στοιχείο του «έργου». Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση ενός νέου χώρου, διαφορετικό από την όπερα, που καθιερώνεται (τουλάχιστον στον γερμανόφωνο χώρο) με τον όρο Μουσικό Θέατρο (Musiktheater). Όπερα και μουσικό θέατρο, μοιράζονται κάποια κοινά θεμελιακά χαρακτηριστικά (κίνηση, χειρονομία κ.α.) αλλά διαφοροποιούνται σε κάποια άλλα (κείμενο, φωνή). Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι τόσο κρίσιμα που μέχρι ένα χρονικό σημείο είναι δόκιμο να μιλάμε για δύο διακριτά πεδία. Πέρα από την διάκριση ωστόσο, προκύπτει ένα στοιχείο από την διαφοροποίηση αυτή που στην εξέλιξη των δύο πεδίων και κύρια της όπερας θα αποδειχτεί καθοριστικό : στο μουσικό θέατρο οι συνθέτες έχουν την ανάγκη αλλά και την δυνατότητα να ελέγχουν την δραματολογία και τα διάφορα είδη αφηγηματικότητας και με άλλα μέσα πέρα από το κείμενο, όπως το μουσικό υλικό, τη σωματική χειρονομία, τη θεατρικότητα των εκτελεστών και άλλα.

Η συμβολή του John Cage στην ανάπτυξη και την καθιέρωση του μουσικού θεάτρου ως αυτόνομο είδος, είναι επίσης καθοριστική, καθώς δεν περιορίζεται μόνο στην διευρυμένη θεώρηση για την μουσική γενικότερα, αλλά αλλάζει και τον τρόπο σκέψης των ίδιων των συνθετών. Η διαδικασία της σύνθεσης (process) αποκτάει εξίσου ή και περισσότερο σημαντικό ρόλο από το τελικό αποτέλεσμα κατά την ακρόαση ενός έργου. Η πρόθεση του συνθέτη δίνει την θέση της στην αυθυπαρξία των ήχων [Cage, 1965].

Ο ίδιος ο συνθέτης λέει: «Προσπαθώ να δίνω ορισμούς που δεν αποκλείουν. Πολύ απλά θα έλεγα ότι το θέατρο είναι κάτι που περιλαμβάνει τα μάτια και τα αυτιά. [...] Ο λόγος που θέλω να δώσω έναν τόσο απλό ορισμό για το θέατρο είναι επειδή έτσι κάποιος θα μπορούσε να δει και την ίδια την καθημερινότητα ως θέατρο» [Cage, 1965].

Ίσως να φαίνεται σύμπτωση το γεγονός ότι στο μουσικό θέατρο η αισθητική της προσδιοριστίας του Cage συναντάει την ακραία οργάνωση του σειραϊσμού.

Η εξήγηση είναι πιθανό να βρίσκεται στην κοινή παραδοχή ανάμεσα στους πρωτοπόρους συνθέτες της εποχής, ότι η οργάνωση και ο χειρισμός του υλικού είναι ανεξάρτητα από το ίδιο το υλικό τους κι έτσι μπορούν να ενσωματώσουν τελικά, νέα υλικά. Είναι γνωστή άλλωστε η τοποθέτηση του Mauricio Kagel: «Μπορείς να χρησιμοποιήσεις ηχητικό υλικό. Μπορείς να συνθέσεις με ηθοποιούς, με ποτήρια, με λεωφορεία, με όμπρε και τελικά να συνθέσεις φιλμ» [Heile, 2017].

Σε παρόμοια αποτελέσματα έφτασε και ο Stockhausen, μέσα από την θεμελιακή ανάγκη του σειραϊσμού, να ενσωματώσει και να μεταχειριστεί όλα τα συστατικά ενός ήχου. Αυτή η ανάγκη τον οδήγησε από την μία στην χρήση και παραγωγή ηλεκτρονικών ήχων, που μπορούσαν να αποδώσουν ευκολότερα αυτήν την ομοιογένεια και από την άλλη στην διάχυση των ηχητικών πηγών στον χώρο, γεγονός που έδωσε μία νέα διάσταση στην μουσική εκτέλεση [Misch, 1998].

Εκτός από αυτό όμως, η συνθετική λογική του σειραϊσμού επεκτάθηκε και σε εξωμουσικά στοιχεία, τα οποία ήταν δυνατό να αναπτυχθούν με παρόμοιο τρόπο. Το *Originale* (1961) είναι μια χαρακτηριστική περίπτωση μουσικού θεάτρου [Σέγκλιας, 2019]. Το *Originale* ανατέθηκε στον Stockhausen και την Mary Bauermeister από τον Hubertus Durek, διευθυντή του Theater am Dom της Κολωνίας, και τον σκηνοθέτη του, Carlheinz Caspari, ο οποίος ήθελε ένα κομμάτι, στο οποίο «ηθοποιοί, ζωγράφοι και άλλοι καλλιτέχνες ή και απλώς ιδιαίτεροι χαρακτήρες θα εμφανιζόταν ελεύθερα, πράττοντας αυθόρμητες ενέργειες». Το έργο δημιουργήθηκε κατά την επίσκεψη του Stockhausen στη Φινλανδία, τον Αύγουστο του 1961.

Ο Stockhausen επίσης προσπάθησε να μετατρέψει το κοινό, από παθητικό δέκτη σε μέρος της δημιουργικής διαδικασίας. Σημειωτέα είναι η πολυμεσική του σύλληψη για το Γερμανικό περίπτερο, στην Παγκόσμια Έκθεση στην Οσάκα, το 1970. Για το έργο αυτό ο Stockhausen σε συνεργασία με τον αρχιτέκτονα Fritz Bornemann, δημιούργησε μία ηχητική εγκατάσταση ενός σφαιρικού χώρου, με τη θέση του κοινού στο κέντρο περικυκλωμένο από ομάδες ηχείων οι οποίες ήταν τοποθετημένες σε επτά δακτύλιους σε διάφορα γεωγραφικά πλάτη γύρω από τους εσωτερικούς τοίχους της σφαίρας. Πεντάωρες παραστάσεις σε καθημερινή βάση ανέδειξαν τις συνθέσεις του Stockhausen στην σφαιρική αίθουσα ως την κύρια ατραξιόν της έκθεσης.

Άλλο παράδειγμα διάδρασης με το κοινό, είναι η όπερα *Avis de tempête* (2002) του Γιώργου Απέργη, η οποία αντλεί στοιχεία από το είδος που αποκαλείται «πολυμεσικό», καθώς η εγκατάσταση βίντεο (video installation) αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της. Οι τραγουδιστές, οι ηθοποιοί και οι χορευτές ενσωματώνονται σ' ένα περιβάλλον εικονικής καταιγίδας που ζωντανεύει από τέσσερις οθόνες.

Ο Γιώργος Απέργης, μία από τις εμβληματικότερες φυσιογνωμίες του μουσικού θεάτρου, χαρακτηρίζει την θεατρικότητα της μουσικής του, ως συνέπεια παρά ως αρχικό σκοπό. Το μουσικό θέατρο για αυτόν είναι μία επέκταση της μουσικής, όπου τα επιμέρους στοιχεία μίας εκτέλεσης, η δράση, ο φωτισμός, το βίντεο, οι ηθοποιοί, οι μουσικοί, συγκροτούν ένα θέατρο, όπου τον ρόλο του ηθοποιού έχει η ίδια η μουσική με τα επιμέρους στοιχεία της.

Ο Γιώργος Απέργης λέει: «Είναι κάτι πνευματικό. Είναι ένα θέατρο που λαμβάνει χώρα στο μυαλό. [...] Είναι όπως οι διαφορετικές φωνές σε μία σύνθεση, μόνο που αντί για φωνές έχουμε αντίστιξη μεταξύ της μουσικής, του βίντεο, των φώτων και των ηθοποιών» [Aperghis, 2015]. Το ζητούμενο

για τον Απέργη, είναι η θέση του σώματος, ο ρόλος του και το πώς αντιδρά στις μηχανές που αυτονομούνται. Οι ερμηνευτές, στο έργο του Luna Park, γίνονται οι ίδιοι κάμερες και μικρόφωνα. Με τη βοήθεια των νέων μέσων, το σώμα τους γίνεται αποκλειστικά μάτι και αυτί. Ανάλογα με την εικόνα που προβάλλεται και με το τι διαδραματίζεται στη σκηνή, υπάρχουν παιχνίδια εγγύτητας, συσσωρεύσεις και αναμείξεις. Το θεατρικό-παραστατικό στοιχείο υπάρχει και στα έργα του «για ενόργανο σύνολο», όπως και σε αυτά, «για φωνή και ενόργανο σύνολο».

Ο συνθέτης αντιλαμβάνεται το είδος αυτό συχνά ως ενόργανο μουσικό θέατρο, όπου οι εκτελεστές οργάνων μπορεί παράλληλα να αναλαμβάνουν, ακόμα και με απλές χειρονομίες, σκηνική δράση. Η διάθεση του συνθέτη για πειραματισμό και πρόκληση είναι εμφανής, με ασυνήθιστους και αντιθετικούς ηχητικούς συνδυασμούς, στα όρια των ρεζίστρων και εξάντλησης των δυνατοτήτων της φωνής και των οργάνων. Στα σκηνικά του έργα, ο Απέργης επιδιώκει συχνά την ενεργό συμμετοχή του κοινού, σε μια προσπάθεια άρσης των επικοινωνιακών φραγμών.

Οι δημιουργίες που αναφέραμε, αξιοποιούν διάφορες μορφές τέχνης και επιτρέπουν τη λήψη πολλαπλών αισθητικών εντυπώσεων στο θεατή. Οι εντυπώσεις δημιουργούνται ή προβάλλονται από τα τεχνολογικά μέσα. Συνεπώς, η χρήση βίντεο και κινηματογραφικών τεχνικών, ως βοηθημάτων, σε θεατρικές παραγωγές και παραγωγές λυρικού θεάτρου δεν αποτελεί πρωτοτυπία αλλά τον κανόνα. Αρκετοί συνθέτες και οι δημιουργοί έχουν δώσει χώρο στο κοινό ενώ οι ερμηνευτές ενθαρρύνουν το κοινό για μια ενεργή ανταπόκριση μέσα στην παράσταση.

Οι θεατές έχουν χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσουν συνθετικό υλικό, όπως στο κομμάτι του Matthew Herbert "One Apple A Day" από το άλμπουμ του 2005, Plat Du Jour, στο οποίο συμπεριέλαβε το κοινό, στη δημιουργική διαδικασία, ηχογραφώντας 3500 ανθρώπους, που δαγκώνουν ένα μήλο ταυτόχρονα. Επίσης μουσικά σύνολα αναζητούν νέους τρόπους για να προσελκύσουν κοινό, όπως το project των «Improve Everywhere», Conduct Us, όπου τα μέλη του κοινού έγιναν μαέστροι μιας ορχήστρας. Το ζητούμενο είναι ένα ενεργά αφοσιωμένο κοινό που να μπορεί να βιώσει όλα όσα είναι εγγενή στη δημιουργία της μουσικής για να γίνει μέρος της ίδιας της παράστασης. Βασικός εκφραστής αυτής της τάσης είναι ο Bobby McFerrin, ο οποίος όχι μόνο οδηγεί το κοινό να γίνει αναπόσπαστο κομμάτι της παράστασης αλλά δίνει ένα μεγάλο μέρος της παράστασης, σε μη μουσικούς.

## **Κεφάλαιο δεύτερο**

### **2. Νέες τεχνολογίες διάδρασης στις παραστατικές τέχνες.**

Τεχνολογικά βοηθήματα έχουν χρησιμοποιηθεί στο θέατρο ήδη από την αρχαιότητα, με τον «από μηχανής θεό» (Deus Ex Machina). Αυτός ο θεός εμφανιζόταν σε κρίσιμες στιγμές του δράματος, όταν ο πρωταγωνιστής βρισκόταν μπροστά σε κάποιο αδιέξοδο, το οποίο αδυνατούσε να αντιμετωπίσει. Τότε, με την απρόσμενη και ευπρόσδεκτη εμφάνισή του, ο θεός έδινε τη λύση για τη λύτρωση. Το όνομα «από μηχανής θεός» οφείλεται στο ότι για να καταφέρει ο σκηνοθέτης της εποχής να εμφανίσει το θεό στη σκηνή, τοποθετούσε τον ηθοποιό σε μια μηχανή η οποία είχε αρκετό ύψος ώστε να δημιουργείται η ψευδαίσθηση ότι εμφανίζεται από τα ουράνια.

Ο Έρωνας επίσης δημιούργησε τα αυτόματα, (εφευρέσεις παντός τύπου οι οποίες διακρίνονται για την τεχνολογία, τον προγραμματισμό, τον έλεγχο ενέργειας και την λειτουργικότητά τους) με ψυχαγωγικό σκοπό. Τον 2ο π.Χ. αιώνα, ο Κτησίβιος συνδυάζοντας τη μουσική με τη μηχανική κατασκεύασε την «ύδραυλις», το πρώτο ηλεκτροφόρο μουσικό όργανο.

Πολύ αργότερα χρησιμοποιήθηκαν στη σκηνή οι καταπακτές, που επέτρεπαν στους ηθοποιούς να εμφανίζονται με δραματικό τρόπο από το πουθενά ή να καταποντίζονται στον κάτω κόσμο, όπως η Οφηλία στον Άμλετ του Σαίξπηρ.

Συγκεκριμένα τα αυτόματα συνδύασαν τη χρήση της τεχνολογίας με τον αυτοματισμό. Έννοιες οι οποίες ήρθαν στο προσκήνιο, στο έργο του 1650 «Παγκόσμια Μουσουργία» (Musurgia Universalis) του Athanasius Kircher. Το δοκίμιο του αναφέρει φανταστικούς κόσμους, οι οποίοι σχετίζονται με την επιστήμη αλλά και αγγελικές αναφορές και μαγικές τελετές. Η επινοήσεις του είχαν να κάνουν με μηχανές οι οποίες παρήγαγαν ήχους άρπας ως προϊόντα αιολικών δυνάμεων και αγάλματα τα οποία «τραγουδούν» με πηγή την ηλιακή ενέργεια. Η ιδέα των μυστικών τελετών, όπου μάσκες και αγάλματα χρησιμοποιήθηκαν για να επικοινωνήσουν με πνεύματα του κάτω κόσμου, έρχεται από τα αυτόματα.

Κατά τον 19<sup>ο</sup> αιώνα οι μηχανικές εφευρέσεις έκαναν τις παραστάσεις του θεάτρου και της όπερας ακόμα πιο φαντασμαγορικές. Τέτοιες ήταν οι ανελκυστήρες, οι τροχαλίες, οι καπνοί και οι έντονες λάμπες των φλας.

Οι σύγχρονες σκηνές όπερας ενσωματώνουν ένα μεγάλο αριθμό από τεχνολογικά βοηθήματα. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της νέας όπερας της Κοπεγχάγης (Copenhagen Operaen) που θεωρείται ένα αριστούργημα της μηχανικής. Στις αρχές του 20 αιώνα οι Φουτουριστές και οι νέες δημιουργίες τους οι οποίες ήταν μη ανθρώπινες, χωρίς αισθήσεις και συναισθήματα, προέβλεψαν στοιχεία της σημερινής κυβερνητικής με τον ενθουσιασμό τους για τη χρήση νέων τεχνολογιών για ηχητικές και καλλιτεχνικές αναζητήσεις.

Το μανιφέστο της μουσικής αισθητικής όπου ο Russolo υποστηρίζει την απαλοιφή των «περιοριστικών» κλασικών μουσικών αξιών και την ολική ανασύστασή τους μέσω της τεχνολογίας, με μηχανές, οι οποίες θα αμβλύνουν τα όρια της μουσικής σύνθεσης και προσέγγισης του ήχου γενικότερα. Μια από τις σημαντικότερες θέσεις του Luigi Russolo στο *L'arte dei Rumori* (1916), υπήρξε η εξής: «η μουσική εξέλιξη προχωρά παράλληλα με την ανάπτυξη των μηχανών,

οι οποίες συνεργάζονται με τον άνθρωπο σε όλα τα μέτωπα. Όχι μόνο στη θορυβώδη ατμόσφαιρα των μεγάλων πόλεων αλλά και στην ύπαιθρο που μέχρι χτες ήταν εντελώς σιωπηλή. Η μηχανή έχει δημιουργήσει τέτοια ποικιλία θορύβων που ο απλός ήχος με τη μονοτονία του δεν προκαλεί πια κανένα συναίσθημα» [Cox, 2017].

Ο Γερμανός σκηνοθέτης Piscator δεν αναφέρει τυχαία ότι «η τεχνολογία αποτελεί εφαρμοσμένη δραματολογία». Εικόνες, ήχοι, βίντεο, φώτα, ρυθμός, διάδραση, πρωτότυπες εφαρμογές και εφέ κινηματογράφου στοχεύουν στο να δημιουργήσουν έντονα συναισθήματα, ψευδαισθήσεις που θα καθοδηγήσουν ονειρικά το θεατή.

Ανάλογους στόχους πραγματεύονται η VR, η ρομποτική, η τεχνητή νοημοσύνη, η AR και οι διαδικτυακές τεχνολογίες. Η πραγματικότητα με αυτά τα μέσα διαφοροποιείται. Ακόμα και για τους ηθοποιούς, ιδιαίτερα όταν εμπλέκονται και στο δημιουργικό κομμάτι [Καραγεωργίου, 2016].

Η συμμετοχή του κοινού στην δημιουργία μιας παράστασης σε πραγματικό χρόνο έχει ως αποτέλεσμα μια συμμετοχική παράσταση. Αυτός ο τομέας έρευνας διεγείρει όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον όχι μόνο από επιστημονική και γνωσιακή οπτική αλλά και από την σκοπιά της εφαρμογής της στην τέχνη, τόσο ως προς τη σύνθεση της μουσικής, όσο και ως προς τη διεπαφή ανθρώπου-μηχανής.

## **2.1. Διαδραστικά συστήματα για την συμμετοχική επιτέλεση**

Είναι σημαντικό να αναφερθούν τα πιο ενδιαφέροντα και καινοτόμα μέσα που έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί στη διάδραση και μπορούν να ανευρεθούν σε νέα διαδραστικά έργα, συστήματα και εγκαταστάσεις. Θα παρουσιάσω ενδεικτικά κάποια εργαλεία διάδρασης τα οποία χρησιμοποιούνται στις παραστατικές τέχνες και έχουν για μας περισσότερο ενδιαφέρον.

### **2.1.1 Polymetros**

Έχουν αναπτυχθεί αρκετά συστήματα που διευκολύνουν τη συνεργατική δημιουργία μουσικής βασιζόμενα στην αλληλεπίδραση κοινού-ερμηνευτών. Για παράδειγμα, το Polymetros είναι ένα σύστημα που επιτρέπει στους χρήστες του να δημιουργήσουν και να ελέγξουν συνεργατικά, μια επαναλαμβανόμενη μουσική φράση. Το Polymetros έχει σχεδιαστεί για να δημιουργεί την αίσθηση μιας δημιουργικής, συνεργατικής διαδικασίας σύνθεσης μουσικής, ενισχύοντας την αίσθηση που έχει ο κάθε παίκτης, σε σχέση με την προσωπική συνεισφορά του. Η κύρια πρόκληση του σχεδιασμού του, ήταν να δημιουργηθούν πραγματικές ευκαιρίες για συνεργατική μουσική δημιουργία χωρίς να χρειάζονται μουσικές δεξιότητες ή εμπειρία με τη μουσική τεχνολογία. Αυτό αντιμετωπίστηκε με την παροχή σε κάθε παίκτη του δικού του «οργάνου», που επιτρέπει την εύκολη δημιουργία και χειρισμό μουσικών σχημάτων

εμπνευσμένων από τις τεχνικές σύνθεσης του μινιμαλισμού. Παρόλο που η μουσική φράση κάθε παίκτη είναι μάλλον απλή από μόνη της, η δυναμική αλληλεπίδρασή μεταξύ τους, οδηγεί σε ενδιαφέρουσες, συνεχώς εξελισσόμενες μουσικές δομές. Το Polymetros οδηγείται από μια εφαρμογή λογισμικού γραμμένη στο Max. Τα «όργανα» είναι κατασκευασμένες κατά παραγγελία συσκευές για το σύστημα Polymetros. Εκτός από αυτά τα ειδικά κατασκευασμένα εξαρτήματα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και πολλές, εμπορικά διαθέσιμες, συσκευές ήχου. Όπως συνθεσάιζερ κ.α.[Bengler, 2014].

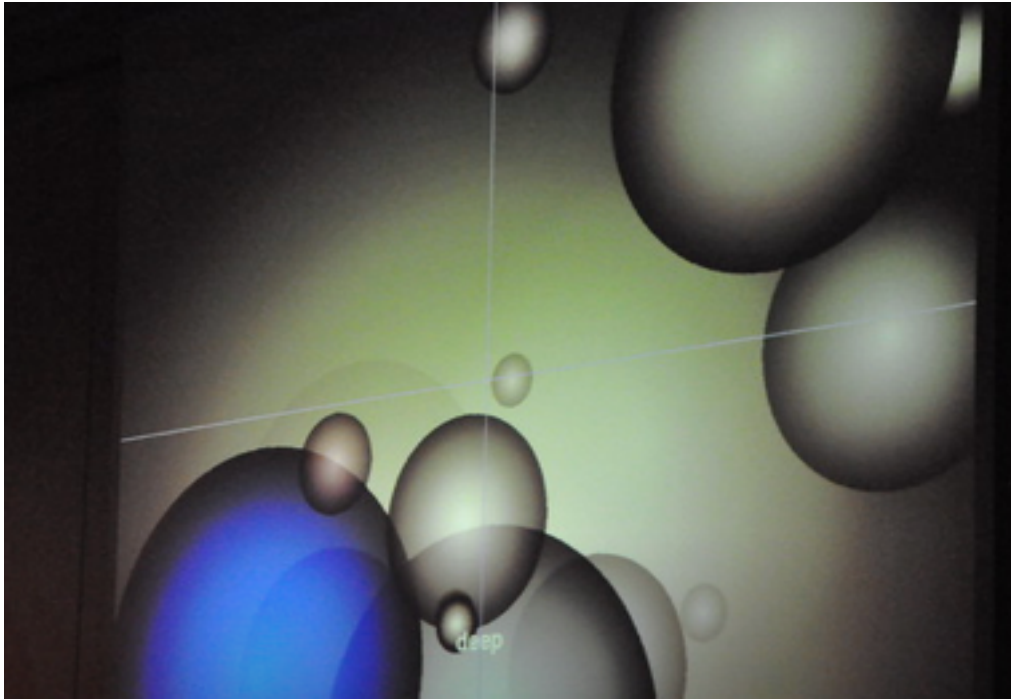
### **2.1.2 Mood Conductor**

Ένα άλλο παράδειγμα δημιουργικής αλληλεπίδρασης με το κοινό είναι το Mood Conductor, το οποίο είναι ένα σύστημα που ανοίγει ένα απευθείας κανάλι επικοινωνίας μεταξύ του κοινού και των καλλιτεχνών, στο πλαίσιο μιας ζωντανής αυτοσχεδιαζόμενης μουσικής παράστασης. Επιτρέπει στο κοινό να επιλέγει επιθυμητά συναισθήματα στην κινητή συσκευή και έτσι να επηρεάζει τον τρόπο που θα παίξουν οι εκτελεστές. Ο Mood Conductor είναι ένα σύστημα που επιτρέπει στο κοινό να αλληλεπιδρά με τους ερμηνευτές κατά τη διάρκεια των μουσικών αυτοσχεδιασμών.

Αντί δηλαδή ο μάεστρος να κατευθύνει μια μουσική παράσταση με τις δικές του ορατές χειρονομίες, τον ρόλο του παίρνουν οι θεατές. Σε αυτή την περίπτωση οι θεατές ενεργούν ως μάεστροι, επικοινωνώντας τις συναισθηματικές προθέσεις τους στους ερμηνευτές, μέσω της εφαρμογής Mood Conductor. Οι ερμηνευτές και το κοινό μπορούν να δουν σε μια οθόνη τις συναισθηματικές κατευθύνσεις που εξελίσσονται κατά τη διάρκεια της παράστασης (Εικ.1).

Τα συναισθήματα που επιλέγονται από το κοινό αντιπροσωπεύονται από έγχρωμες φυσαλίδες σε έναν διδιάστατο χώρο. Αυτός ο χώρος αντιπροσωπεύει τις βασικές διαστάσεις των συναισθημάτων, την διέγερση (κάθετη) και την ευχαρίστηση (οριζόντια) [Fazekas, 2013]. Όταν παρόμοια συναισθήματα επιλέγονται από διάφορα μέλη του κοινού, το μέγεθος των φυσαλίδων αυξάνεται. Οι ψήφοι του κοινού «εκλέγουν» τα συναισθήματα που οι καλλιτέχνες πρέπει να επιτύχουν. Οι καλλιτέχνες διαμορφώνουν τις μουσικές τους τεχνικές και το λεξιλόγιο κατά τη διάρκεια της παράστασης για να μπορέσουν να εκφράσουν με την ερμηνεία τους τα «εκλεγμένα» συναισθήματα.





**Εικόνα 1.** Οθόνη Mood Conductor [Fazekas, 2013].

### **2.1.3 Open Symphony**

Το Open Symphony είναι άλλο ένα σύστημα που επιτρέπει τη ζωντανή συμμετοχική μουσική παράσταση, όπου το κοινό συμμετέχει ενεργά στη διαδικασία δημιουργίας της μουσικής. Το ψηφιακό σύστημα Open Symphony αποτελείται από τρία στοιχεία: i) μια ψηφιακή οθόνη για την παρουσίαση της ανατροφοδότησης προς το κοινό και τους ερμηνευτές (Εικ.2). ii) μια φιλική προς το smartphone web-based εφαρμογή για την ψηφοφορία του κοινού και iii) τον διακομιστή που υποστηρίζει την αλληλεπίδραση μεταξύ της ψηφιακής οθόνης και της εφαρμογής web.

Το σύστημα δουλεύει με ένα σύστημα ψηφοφορίας από το κοινό και επιλέγει αυτό που ζητά η πλειοψηφία του κοινού.

Μουσικά, το σύστημα βασίζεται σε δομικά μουσικά στοιχεία που κάνουν εύκολη την κατανόηση του και για μη μουσικούς. Το κοινό έχει 5 επιλογές για τον κάθε ερμηνευτή: α) drone β) ένα μοτίβο από 2 νότες γ) ένα μοτίβο ανεξαρτήτως αριθμού νοτών δ) ελεύθερο αυτοσχεδιασμό και ε) σιωπή [Hayes, 2016].

Αυτά παρέχουν δομικά στοιχεία για να δημιουργηθεί αρμονία, ρυθμός, μελωδία και κάποια ελεύθερη επιλογή για τον ερμηνευτή. Η εμπειρία προκαλεί το ρόλο του ακροατηρίου και του ερμηνευτή, επαναπροσδιορίζοντας την κατεύθυνση της μουσικής δημιουργικότητας και της εμπειρίας που έχει ως αποτέλεσμα αυθόρμητες και συνεργατικές νέες μουσικές συνθέσεις. Η

παραδοσιακή παρτιτούρα και ο μάεστρος αντικαθίστανται από οδηγίες ακροατών. Το μουσικό αποτέλεσμα προκύπτει από τις επιλογές του κοινού και τη δημιουργικότητα των ερμηνευτών. Για τους ακροατές, αυτές οι παράμετροι παρέχουν την πρόσβαση στη δημιουργία μουσικής, ενώ στους μουσικούς προσφέρονται νέα πεδία για να εξερευνήσουν και να δημιουργήσουν μουσική.



**Εικόνα 2.** Οθόνη επί σκηνής με το περιβάλλον του Open Symphony [Hayes, 2016].

#### **2.1.4. Διαδραστικά συστήματα αυτοσχεδιασμού**

Διαδραστικά συστήματα αυτοσχεδιασμού, ονομάζονται αυτά τα οποία δεν χρησιμοποιούν πληροφορία από παρτιτούρα και καθορίζουν την απόκρισή τους αποκλειστικά βάσει της εισόδου που παρέχεται από τον ερμηνευτή, ενώ η «μουσικότητα» των αποκρίσεων αυτών καθορίζεται από μουσική γνώση που είτε κωδικοποιείται μέσω κανόνων, είτε αποκτάται μέσω εκπαίδευσης. [Καλιακάτσος, 2014].

Αυτή η στατιστική μουσική μοντελοποίηση επιτρέπει την καταγραφή των στυλιστικών μουσικών κανόνων με τρόπο που επιτρέπει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων και υπολογιστών.

Πολλά συστήματα αυτόματης εναρμόνισης δημιουργούν μονοφωνικά κομμάτια ως συνοδευτική αρμονία για μια μελωδία. Ο Allan και ο Williams χρησιμοποιούν δύο HMMs για να δημιουργήσουν chorales στο στυλ του J.S. Bach. Το πρώτο HMM χρησιμοποιείται για την επιλογή μιας ακολουθίας διαστημάτων από νότες που συνοδεύουν κάθε κτύπο της μελωδίας και το δεύτερο για την παραγωγή μουσικών καλλωπισμών μικρότερης κλίμακας. Αυτό το μοντέλο εναρμόνισης χρησιμοποιεί συγχορδίες ως μια ενδιάμεση αναπαράσταση, αλλά είναι προσανατολισμένη προς τη δημιουργία γραμμών αρμονίας για μια μελωδία [Feng, 2011]. Ο Gang αντιμετωπίζει το ίδιο πρόβλημα,

χρησιμοποιώντας επίσης συγχορδίες ως μια ενδιάμεση αναπαράσταση σε ένα νευρωνικό δίκτυο. Υπάρχει επίσης μια μικρή σειρά από εργασίες για την αυτόματη δημιουργία συγχορδιών. Οι Cunha και Ramalho δημιούργησαν ένα σύστημα που επιλέγει συνοδευτικές συγχορδίες για μια μελωδία σε πραγματικό χρόνο, δηλαδή ενώ εκτελείται η μελωδία. Το σύστημά τους συνδυάζει ένα νευρωνικό δίκτυο με μια προσέγγιση βασισμένη σε κανόνες για την ανίχνευση επαναλαμβανόμενων σχημάτων συγχορδιών [Feng, 2011].

Ο αλγόριθμος είναι σε θέση να προβλέψει τις συγχορδίες σε πραγματικό χρόνο. Ωστόσο: (α) οι μελλοντικές πληροφορίες για μια μελωδία δεν είναι διαθέσιμες σε πραγματικό χρόνο και (β) οι προβλεπόμενες συγχορδίες μπορεί να παρεμβαίνουν στις μελωδικές προθέσεις ενός αυτοσχεδιαστή. Ο Paiement χρησιμοποιεί ένα πολυεπίπεδο γραφικό μοντέλο για να παράγει συγχορδιακές ακολουθίες που συνοδεύουν μια δεδομένη μελωδία. Αν και το μοντέλο τους επιτρέπει πιο μακροπρόθεσμες εξαρτήσεις από το HMM, βασίζεται σε τραγούδια που έχουν μήκος 16 μέτρων. Οι Chuan and Chew χρησιμοποιούν μια σειρά μουσικών κανόνων σε συνδυασμό με ένα HMM για τη δημιουργία συγχορδιακών ακολουθιών για μελωδίες, αλλά αυτή η εργασία δεν είναι διαδραστική και δεν χρησιμοποιεί φωνητική είσοδο.

Τα συστήματα αυτόματης συνοδείας σε αυτοσχεδιαστή αποσκοπούν κυρίως στο να παρέχουν συνοδεία σε εκτελέσεις πραγματικού χρόνου, με μια αξιοσημείωτη εξαίρεση του λογισμικού MySong που παράγει συνοδεία σε μη πραγματικό χρόνο, σύστημα στο οποίο έχουμε αναφερθεί ήδη. Το MySong, ένα σύστημα που επιλέγει αυτόματα συγχορδίες για να συνοδεύει μια φωνητική μελωδία. Ένας χρήστης χωρίς μουσική εμπειρία μπορεί να δημιουργήσει ένα τραγούδι με όργανο μόνο τη φωνή του σε ένα μικρόφωνο και μπορεί να πειραματιστεί με διαφορετικά στυλ και ακολουθίες συγχορδιών χρησιμοποιώντας αλληλεπιδράσεις σχεδιασμένες να είναι διαισθητικές σε μη μουσικούς.

Το MySong ουσιαστικά εκπαιδεύει ένα κρυμμένο μοντέλο Markov χρησιμοποιώντας μια βάση δεδομένων μουσικής και χρησιμοποιεί αυτό το μοντέλο για να επιλέξει συγχορδίες για νέες μελωδίες. Οι παράμετροι του μοντέλου είναι εκτεθειμένες στον χρήστη [Simon, 2008]. Παρόμοια συστήματα, τα οποία όμως εστιάζουν σε διάδραση πραγματικού χρόνου με τον ερμηνευτή, υλοποιήθηκαν με το λογισμικό Continuator, το οποίο αποσκοπεί στο να μάθει το προσωπικό στυλ του αυτοσχεδιαστή και να δημιουργήσει κατάλληλες μουσικές αποκρίσεις [Pachet, 2003], άλλο παρόμοιο σύστημα επίσης είναι το Voyager [Lewis, 2000] το οποίο αναλύει ροές δεδομένων MIDI σε πραγματικό χρόνο. Το σύστημα Voyager έχει σχεδιαστεί για να είναι ένας συνεργάτης στον αυτοσχεδιασμό με έναν άνθρωπο ερμηνευτή αντί απλώς να παρέχει υποστηρικτικό ρόλο. Όπως τα αλγοριθμικά συστήματα σύνθεσης, έτσι τα συστήματα αυτόματης συνοδείας χρησιμοποιούν υπολογιστικές μεθόδους για να δημιουργούν αυτόματα μια μουσική σύνθεση. Ωστόσο, ένα σύστημα αυτόματης συνοδείας περιορίζεται έτσι ώστε να δημιουργεί ένα συγκεκριμένο

στοιχείο της σύνθεσης: ένα συμπληρωματικό μέρος. Αυτά τα συστήματα στοχεύουν στο να δημιουργήσουν τοπικά συνεπείς μουσικές αποφάσεις, βάσει των χαρακτηριστικών της πρόσφατης εισόδου που παρείχε ο αυτοσχεδιαστής, αγνοώντας κανόνες της μουσικής θεωρίας ή την εκπαίδευση μέσω μηχανικής γνώσης [Καλιακάτσος, 2014].

Ο μουσικός αυτοσχεδιασμός είναι ένας συνδυασμός γνώσης και δημιουργικότητας, με τα χαρακτηριστικά αυτά να εκφράζονται ως δομημένα και ταυτόχρονα αυθόρμητα μουσικά μέρη. Οι αυτοσχεδιαστές δημιουργούν έναν αισθητικά συνεπή συνδυασμό αυτών των δύο χαρακτηριστικών, στοχεύοντας στο να παρέχουν έναν καινοτόμο μουσικό διάλογο μέσω μιας κατανοητής μουσικής γλώσσας. Τα εκπαιδευμένα συστήματα αυτόματου αυτοσχεδιασμού στοχεύουν στο να ενσωματώσουν την ανθρώπινη γνώση στη μουσική, εφαρμόζοντας τεχνικές εκπαίδευσης μηχανής, σε τέτοια συστήματα η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας εκπαίδευσης εξαρτάται από το μουσικό είδος, το οποίο αντικατοπτρίζεται άμεσα στα τονικά και τα ρυθμικά χαρακτηριστικά. Η χρήση ενός εκπαιδευμένου συστήματος σταδιακά απορρίπτει το στοιχείο της έκπληξης, στερώντας στην πραγματικότητα από τον αυτοσχεδιαστή την ευκαιρία να διαδράσει με τη μηχανή [Καλιακάτσος, 2014].

Εκτός από το Voyager και το Continuator που έχουμε ήδη αναφέρει υπάρχουν διάφορα άλλα συστήματα αυτόματης συνοδείας σε αυτοσχεδιαστή όπως το **GenJam (Genetic Jammer)**, το **Cypher**, το **OMax**, **DYCI2** κ.α.

Παρακάτω θα αναφερθούν ενδεικτικά δύο συστήματα διαδραστικά συστήματα αυτοσχεδιασμού:

### **α) OMax-Ofon**

Το **OMax** είναι ένα περιβάλλον που χρησιμοποιεί τόσο την ισχύ του OpenMusic για μοντελοποίηση και προγραμματισμό υψηλού επιπέδου όσο και το MaxMSP για απόδοση και επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο. Αυτό το περιβάλλον επιτρέπει την αλληλεπίδραση με έναν ή περισσότερους ανθρώπους - παίκτες, τη στυλιστική μάθηση επί τόπου, την παραγωγή εικονικού αυτοσχεδιασμού, την μετρική και αρμονική ευθυγράμμιση, την αρχειακή αρχειοθέτηση του μοντέλου και την υβριδίωση. Λειτουργεί σε δύο ξεχωριστές χρονικές κλίμακες: το Max, το οποίο είναι κοντά στον πραγματικό χρόνο και περιλαμβάνει γρήγορη απόφαση -αντίδραση, και το OpenMusic, το οποίο έχει μια βαθύτερη ανάλυση - πρόβλεψη που κατευθύνεται προς το παρελθόν και το μέλλον. Αυτές οι δύο αντιλήψεις του χρόνου πρέπει να αλληλεπιδρούν και να συγχρονίζονται μέσω διαύλων επικοινωνίας μέσω των οποίων τα μουσικά δεδομένα καθώς και τα σήματα ελέγχου κυκλοφορούν και προς τις δύο κατευθύνσεις. [Assayag, 2006]

Επιπλέον, είναι εύκολο να εμπλουτιστεί αν συνδέσουμε το σύστημα με μια μεγάλη ποικιλία αλγορίθμων σύνθεσης που διατίθενται σε αυτό το περιβάλλον [Déguernel, 2016].

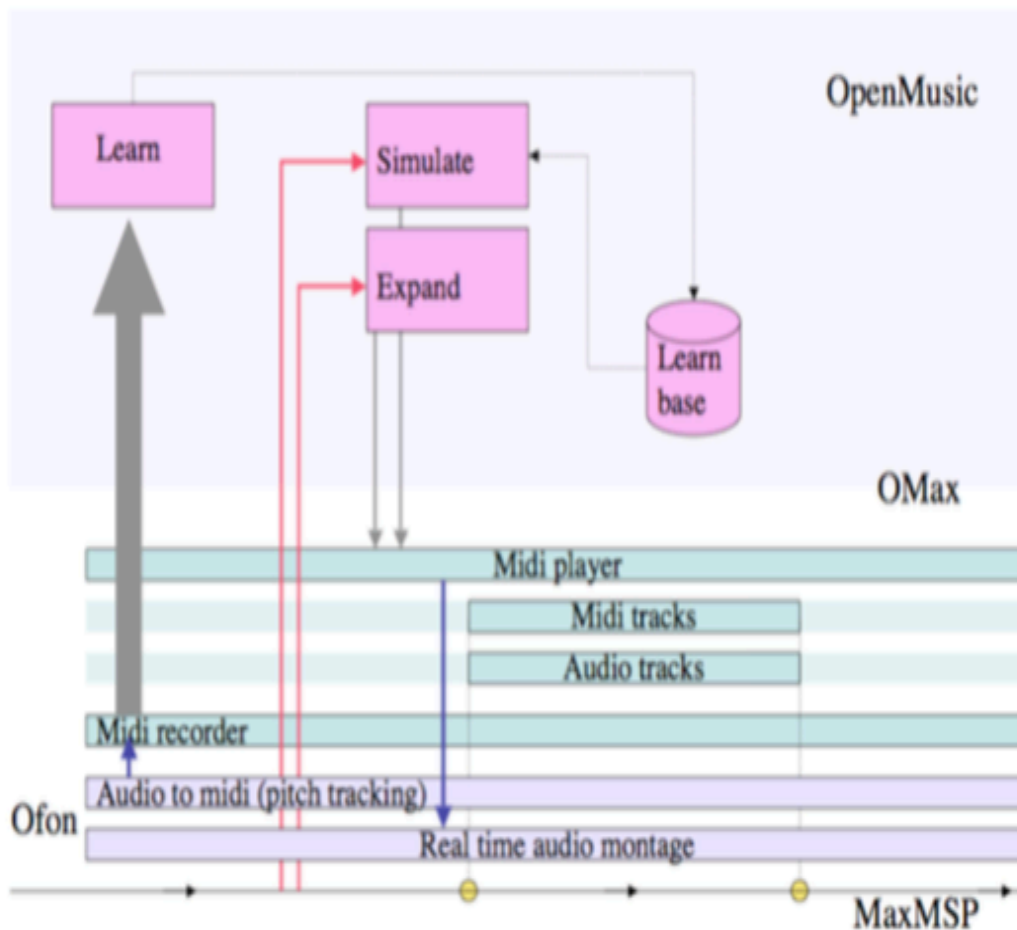
Οι λειτουργίες (Εικ.3) που συμβαίνουν μέσω του **OpenMusic** (OM) είναι οι εξής:

- Ένας ακροατής Midi, ο οποίος μεταφέρει τα εισερχόμενα συμβάντα midi που έστειλε ο Max και τα ρυθμίζει ανάλογα.
- Ένας δημιουργός μουσικών φράσεων που προετοιμάζει μια φράση που έρχεται από το Midi με βάση τα ειδικά σήματα που λαμβάνονται από Max.
- Μία μονάδα επεξεργασίας πολυφωνίας που μετατρέπει την ακατέργαστη ροή Midi πληροφορίας σε συχνότητες πολυφωνικών μονάδων.
- Μονάδα επεξεργασίας αρμονικής πληροφορίας.
- Μία μονάδα μάθησης / δημιουργίας που εκτελεί 2 μηνύματα: μάθε και αυτοσχεδίασε.
- Μια μονάδα επικοινωνίας που χειρίζεται τις ανταλλαγές δεδομένων / ελέγχου με το Max.

Οι λειτουργίες (Εικ.3) από την πλευρά **Max**, είναι:

- Μια μονάδα εισόδου Midi που ακούει μια θύρα Midi, προετοιμάζει τα δεδομένα που πρέπει να αποσταλούν στο OM και παρέχει βασική ανάλυση για να ανιχνεύσει τα όρια φράσης.
- Ένα πρώτο Midi sequencer όπου μπορούν να ξεκινήσουν ακολουθίες στην περίπτωση που ο υπολογιστής υποτίθεται ότι παίζει ένα σταθερό μέρος, όπως ένα αρμονικό - ρυθμικό υπόβαθρο για αυτοσχεδιασμό.
- Ένα δεύτερο Midi sequencer που τροφοδοτείται με «αυτοσχεδιασμούς» που λαμβάνονται από το OM.
- Μία μονάδα επικοινωνίας που είναι υπεύθυνη για την ανταλλαγή δεδομένων και ελέγχου με το OM.

Μπορούμε να πούμε ότι, το Omax είναι περισσότερο ένα πειραματικό περιβάλλον επεκτάσιμο για δοκιμές νέων ιδεών σχετικά με την αλληλεπίδραση, παρά με μια σταθερή και έτοιμη για διανομή εφαρμογή.



Εικόνα 3. Η δομή του OMax. [Assayag, 2006]

## β) DYCI2

Το ερευνητικό DYCI2, Creative Dynamics of Improvised Interaction, εστιάζει στη σύλληψη, προσαρμογή και εφαρμογή αποτελεσματικών μοντέλων τεχνητής ακρόασης, μάθησης, αλληλεπίδρασης και δημιουργίας μουσικού περιεχομένου.

Στοχεύει στην ανάπτυξη δημιουργικών και αυτόνομων ψηφιακών μουσικών παραγόντων ικανών να συμμετέχουν σε διάφορα μουσικά έργα με διαδραστικό και καλλιτεχνικά αξιόπιστο τρόπο. Οι εφαρμογές που βρίσκει είναι σε συναυλίες, σε παραστάσεις, στην παιδαγωγική, αλλά και στην ενεργητική ακρόαση. Αυτό το πρόγραμμα διερευνά τη δημιουργική δυναμική των αυτοσχεδιασμών και των αλληλεπιδράσεων, μεταξύ ανθρώπινων και τεχνολογικών παραγόντων. Λειτουργεί με ένα τεκμηριωμένο σχέδιο ακρόασης, ένα πρόγραμμα ανεύρεσης και μάθησης της μουσικής δομής και ένα

γενικευμένο σχήμα δυναμικής διαδραστικότητας, γνώσης και απόφασης. Λειτουργεί με ένα διαδοχικό μοντέλο, το οποίο καλείται «μνήμη», που μαθαίνει από ζωντανές ή «off line» μουσικές ροές και λειτουργεί διαδραστικά. Είναι ουσιαστικά συνέχεια της έρευνας που ξεκίνησε και αναπτύχθηκε στο σύστημα αυτοσχεδιασμού σε πραγματικό χρόνο Omax, αλλά το DYCI2 είναι εστιασμένο στον μη ιδιωματικό και τον μη ρυθμικό αυτοσχεδιασμό [Nika, 2017].

## **2.2. Διαδραστικά Συστήματα για την επεξεργασία του ήχου σε πραγματικό χρόνο.**

Διαδραστικά συστήματα και τεχνικές με λειτουργίες σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιούνται στις παραστατικές τέχνες εδώ και αρκετά χρόνια. Κάποιες από αυτές είναι παλαιότερες όπως τα vocoders, αλλά βρίσκουν σύγχρονες εφαρμογές.

Άλλες εφαρμογές πιο σύγχρονες, δημιουργούνται σε περιβάλλον προγραμματισμού, Max/MSP Jitter το οποίο λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο και εκτελεί Fast Fourier Transform (FFT) ανάλυση και ανασύνθεση. Η πρώτη τέτοια προσέγγιση έγινε από τον Luke Dubois, προγραμματιστή της Jitter, που κατασκεύασε το 2005 μια εφαρμογή που αποθηκεύει FFT δεδομένα σε ένα Jitter πίνακα στη συνέχεια τα τροποποιεί και τέλος τα αναπαράγει στην έξοδο ως ήχο, μέσω FFT ανασύνθεσης [Charles, 2008].

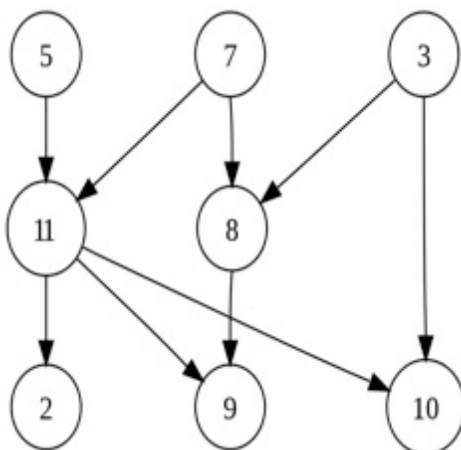
Αργότερα ο Jean Francois Charles το 2008 ανέπτυξε εφαρμογές Max/MSP/Jitter καθιερώνοντας μια σειρά από μεθόδους στον τρόπο ανάπτυξης και σχεδίασης εφαρμογών που διευρύνουν κατά πολύ της δυνατότητες της επεξεργασίας του ήχου σε πραγματικό χρόνο.

### 2.2.1. Τεχνικές που χρησιμοποιούνται σε σύγχρονα διαδραστικά συστήματα.

Πριν από την ανασκόπηση των σχετικών συστημάτων, παρουσιάζουμε πρώτα κάποιες πληροφορίες σχετικά με τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται σε αυτά τα συστήματα, οι οποίες είναι σημαντικές για την κατανόηση της εργασίας:

### 2.2.2. Πιθανοτικά Γραφικά Μοντέλα

Ένα πιθανοτικό γραφικό μοντέλο είναι ένας τύπος γραφήματος που παρέχει μια συμπαγή οπτική αναπαράσταση της σχέσης μεταξύ ενός αριθμού τυχαίων μεταβλητών [Forsythe, 2016]. Γενικά, ένα γράφημα αποτελείται από ένα σύνολο κόμβων και ένα σύνολο ακμών που συνδέουν τους κόμβους. Ένας κόμβος απεικονίζεται συνήθως ως κύκλος και ένα άκρο σαν βέλος, στην περίπτωση κατευθυνόμενων γραφημάτων (Εικ. 4), ή γραμμής, στην περίπτωση των μη κατευθυνόμενων γραφημάτων. Στην πρώτη περίπτωση, κάθε άκρο υποδεικνύει μια διατεταγμένη σχέση μεταξύ των δύο κόμβων που συνδέει. Τα γραφικά μοντέλα με κατευθυνόμενες ακμές αναφέρονται μερικές φορές ως δίκτυα Bayes, ενώ εκείνα με άκαμπα άκρα αναφέρονται μερικές φορές ως μοντέλα Markov [Forsythe, 2016].



Εικόνα 4. Κατευθυνόμενος άκυκλος γράφος [Forsythe, 2016].

#### α) Το κρυμμένο μοντέλο Markov (HMM)

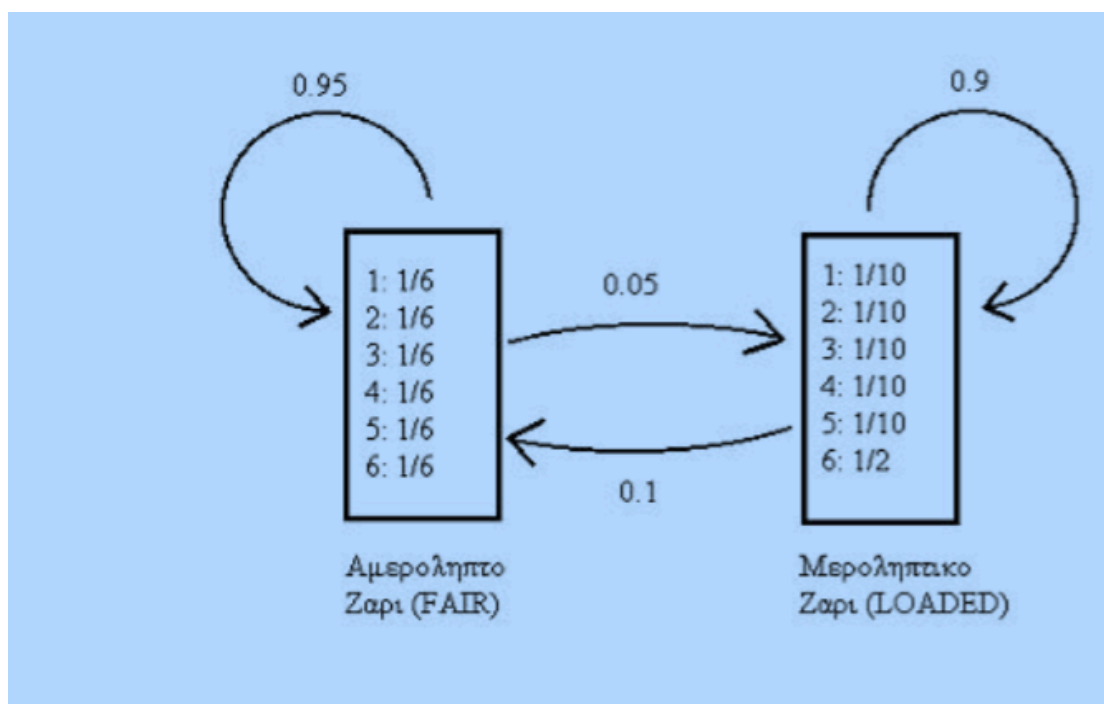
Η θεώρηση μιας ακολουθίας ενδεχομένων ως αλυσίδα Markov στηρίζεται, πολύ απλά, στην ιδέα ότι κάθε ένα από τα ενδεχόμενα εξαρτάται μόνο από το αμέσως προηγούμενό του ή αλλιώς το κάθε ενδεχόμενο καθορίζει με κάποια



πιθανότητα το αμέσως επόμενο του. Αν αυτή η εξάρτηση επεκταθεί και σε 2,3,...k προηγούμενα ενδεχόμενα τότε μιλάμε για αλυσίδες Markov 2ης,3ης, ...,kης τάξης. Η πιο απλή εξήγηση για τα παραπάνω είναι το γεγονός ότι σε οποιοδήποτε κωδικοποιημένο σύστημα επικοινωνίας όπως στις φυσικές γλώσσες, υπάρχει μια εσωτερική δομή που καθορίζει κάποιο είδος εξάρτησης των συμβόλων. Για παράδειγμα, στην αγγλική γλώσσα το γράμμα Q ακολουθείται σχεδόν πάντοτε από το U, άρα η πιθανότητα να εμφανιστεί το U σε μια θέση δεν είναι πάντα ίδια αλλά εξαρτάται από το αν προηγήθηκε το Q. Για την ακρίβεια, ο ίδιος ο Ρώσος Μαθηματικός Andrey Markov (1856-1922) οδηγήθηκε στην σύλληψη της έννοιας των ομώνυμων αλυσίδων, μελετώντας τις εναλλαγές φωνηέντων και συμφώνων σε κάποιο ποίημα του Pushkin [Bagkos, 2015].

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα HMM, είναι αυτό του «ανέντιμου καζίνο» (dishonest casino) (Εικ.5). Στο παράδειγμα αυτό, το καζίνο χρησιμοποιεί κατά περίπτωση «κανονικά» αμερόληπτα ζάρια, αλλά έχει τη δυνατότητα να τα αλλάξει (π.χ. με πιθανότητα 0.05 για κάθε ζαριά) και να χρησιμοποιεί κάποια άλλα μεροληπτικά, δηλαδή ζάρια τα οποία ευνοούν κάποιο συγκεκριμένο αποτέλεσμα.

Από την μεριά του ο παίκτης, το μόνο που μπορεί να δει είναι τα αποτελέσματα του ζαριού, αλλά δεν μπορεί να ξέρει ποιο ζάρι χρησιμοποιείται κάθε φορά [Bagkos, 2015].



**Εικόνα 5.** Το παράδειγμα του ανέντιμου «καζίνο». Τα δύο παραλληλόγραμμα συμβολίζουν τις δύο καταστάσεις του ζαριού (αμερόληπτο-μεροληπτικό), και

τα βέλη τις επιτρεπές μεταβάσεις. Μέσα σε κάθε κατάσταση, αναγράφονται οι πιθανότητες εμφάνισης των συμβόλων [Bagkos, 2015].

Όπως βλέπουμε η πιθανότητα με την οποία αλλάζει το ζάρι από αμερόληπτο σε μεροληπτικό είναι 0.05 (επιλέχθηκε αυθαίρετα σε αυτό το παράδειγμα) και από μεροληπτικό πίσω σε αμερόληπτο, 0.1 (επίσης αυθαίρετη επιλογή). Το μοντέλο αυτό δίκαια ονομάζεται «κρυμμένο» (hidden) γιατί η πραγματική κατάσταση στην οποία βρίσκεται το ζάρι είναι κρυμμένη από τον παίκτη. Προφανώς η μετάβαση από τη μια κατάσταση του ζαριού (μεροληπτικό) στην άλλη (αμερόληπτο) και πάλι πίσω, είναι μια ανέλιξη Markov. Η σημαντική διαφορά του μοντέλου αυτού (HMM) από το απλό Μοντέλο Markov (MM) είναι το ότι σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει μια προς μια αντιστοίχιση ανάμεσα στα σύμβολα και στις καταστάσεις του μοντέλου. Δηλαδή βλέποντας ένα σύμβολο (πχ. το ζάρι να έχει φέρει αποτέλεσμα 4), δεν μπορούμε να πούμε από ποια κατάσταση έχει διέλθει το μοντέλο για να δώσει το αποτέλεσμα αυτό [Bagkos, 2015].

## **β) Τα Δίκτυα Bayes.**

Ως δίκτυα Bayes ορίζονται πιθανοτικά γραφικά μοντέλα που αναπαριστούν ένα σύνολο τυχαίων μεταβλητών και τις αλληλεξαρτήσεις τους μέσα από έναν κατευθυνόμενο άκυκλο γράφο ή DAG (βλ. εικόνα 4) και χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή συμπεράσματος σε συνθήκες αβεβαιότητας [Ζάρδα, 2014]. Οι γράφοι είναι μαθηματικές κατασκευές χρήσιμες για τη μοντελοποίηση αντικειμένων που με κάποιο τρόπο σχετίζονται μεταξύ τους. Τα αντικείμενα απεικονίζονται από τους κόμβους του γράφου και οι ακμές του απεικονίζουν τις σχέσεις που έχουν τα αντικείμενα αυτά μεταξύ τους. Τα δίκτυα Bayes είναι γραφικά μοντέλα που συνδέουν ένα σύνολο μεταβλητών με σχέσεις πιθανοτήτων. Τα δίκτυα Bayes έχουν γίνει δημοφιλή για την ικανότητά τους να ενσωματώνουν την γνώση ειδικών σε ένα έμπειρο σύστημα [Ζάρδα, 2014]. Μάλιστα, έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι που επιτυγχάνουν τη μάθηση των δικτύων Bayes από δεδομένα που είναι αρκετά αποτελεσματικές σε ορισμένα προβλήματα ανάλυσης δεδομένων. Τα δίκτυα Bayes μπορούν εύκολα να αντιμετωπίσουν τα ελλιπή σύνολα δεδομένων. Έστω ένα πρόβλημα παλινδρόμησης όπου μεταξύ δύο επεξηγηματικών μεταβλητών δεν υπάρχει συσχετισμός. Οι κλασικές μέθοδοι μάθησης δεν αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα στην περίπτωση που είναι γνωστά όλα τα δεδομένα. Όμως όταν κάποιες παρατηρήσεις δεν είναι γνωστές, τότε οι περισσότερες μέθοδοι δίνουν μια λανθασμένη εκτίμηση γιατί δεν μπορούν να ενσωματώσουν το συσχετισμό μεταξύ των επεξηγηματικών μεταβλητών. Αντίθετα τα δίκτυα Bayes προσφέρουν ένα φυσικό τρόπο να αντιμετωπίζουν τέτοιες εξαρτήσεις. Έχουν αιτιακά χαρακτηριστικά που κάνουν ιδιαίτερα εύκολη την κωδικοποίηση της

αιτιακής πρότερης γνώσης. Επιπλέον τα δίκτυα Bayes κωδικοποιούν το μέγεθος της αιτιακής σχέσης με πιθανότητες.

Επομένως, πρότερη γνώση και δεδομένα μπορούν να μελετηθούν σε συνδυασμό με μεθόδους της Bayesian στατιστικής [Ζάρδα, 2014].

### **2.2.3. Περιορισμοί και ικανοποίηση περιορισμών.**

#### **α) Περιορισμοί**

Οι περιορισμοί είναι λογικές σχέσεις μεταξύ μεταβλητών, όπου κάθε μεταβλητή μπορεί να πάρει τιμές από ένα συγκεκριμένο πεδίο.

Περιορίζει τις πιθανές τιμές που μπορούν να πάρουν οι μεταβλητές, δηλ. εκφράζει μερική πληροφορία για το πρόβλημα. Για παράδειγμα σε μια εφαρμογή χρονοπρογραμματισμού, αν SA και SB είναι οι χρόνοι έναρξης των εργασιών A και B, και DA η διάρκεια της A, τότε ο περιορισμός  $SA + DA < SB$  δηλώνει ότι η εργασία B πρέπει να γίνει μετά την A [Στειακάκης, 2016].

#### **β) Ικανοποίηση Περιορισμών**

Ένα πρόβλημα ικανοποίησης περιορισμών (constraint satisfaction problem) αποτελείται από:

Ένα σύνολο  $n$  μεταβλητών  $V_1, V_2, \dots, V_n$ , Ένα σύνολο  $n$  πεδίων τιμών  $D_1, \dots, D_n$ , που αντιστοιχούν σε κάθε μεταβλητή έτσι ώστε  $V_i \in D_i$ .

Ένα σύνολο σχέσεων (περιορισμών)  $C_1, C_2, \dots, C_m$  όπου  $C_i(V_k, \dots, V_m)$  μια σχέση μεταξύ των μεταβλητών του προβλήματος [Στειακάκης, 2016].

Για τα CSP, έχουμε αλγορίθμους αναζήτησης που εκμεταλλεύονται αυτή την απλή αναπαράσταση και χρησιμοποιούν γενικούς ευρετικούς μηχανισμούς (και όχι ειδικούς για το συγκεκριμένο πρόβλημα) για να επιτύχουν την επίλυση μεγάλων προβλημάτων. Η απλή δομή των CSP μας επιτρέπει επίσης να ορίσουμε μεθόδους αποσύνθεσης προβλημάτων (problem decomposition), και μας προσφέρει μια βαθύτερη κατανόηση της σχέσης ανάμεσα στη δομή ενός προβλήματος και τη δυσκολία επίλυσής του [Στειακάκης, 2016].

Τα προβλήματα ικανοποίησης περιορισμών (constraint satisfaction problems - CSP) είναι προβλήματα αναζήτησης που έχουν απλή δομή και επιδέχονται μια απλή τυπική αναπαράσταση [Στειακάκης, 2016].

#### **2.2.4. Δομή ακολουθίας**

Ονομάζεται και σειριακή ή ακολουθιακή δομή. Αποτελείται από ένα σύνολο εντολών που τοποθετούνται η μία κάτω από την άλλη. Χρησιμοποιείται (από μόνη της) για την επίλυση πολύ απλών προβλημάτων όπου η σειρά εκτέλεσης ενός συνόλου ενεργειών είναι δεδομένη. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε συνδυασμό με άλλες δομές (επιλογής, επανάληψης) [Καρύδης, 2005].

Στη δομή αυτή ανήκουν οι εντολές : εισόδου τιμών σε μεταβλητές, εξόδου τιμών σε κάποια μονάδα εξόδου και ανάθεσης ή απόδοσης ή εκχώρησης τιμής σε μεταβλητή.

Έτσι, σε δομή ακολουθίας, μια ενέργεια ή ένα συμβάν, οδηγεί στην επόμενη διατεταγμένη ενέργεια με μια προκαθορισμένη σειρά. Μια ακολουθία μπορεί να περιέχει οποιουσδήποτε αριθμούς εργασιών, αλλά δεν υπάρχει καμία πιθανότητα να αποστασιοποιηθεί και να παραλείψει οποιαδήποτε από τις εργασίες ή τις ενέργειες [Στειακάκης, 2016].

Μόλις ξεκινήσετε μια σειρά ενεργειών σε μια ακολουθία, πρέπει να συνεχίσετε βήμα προς βήμα μέχρι να τελειώσει η ακολουθία. Το πρόγραμμα, όταν εκτελείται, πρέπει να εκτελέσει κάθε ενέργεια κατά σειρά, χωρίς δυνατότητα παράκαμψης μιας δράσης ή διακλάδωσης σε άλλη ενέργεια [Καρύδης, 2005]. Η ακολουθιακή δομή εντολών (σειριακών βημάτων) χρησιμοποιείται πρακτικά για την αντιμετώπιση απλών προβλημάτων, όπου είναι δεδομένη η σειρά εκτέλεσης ενός συνόλου ενεργειών. Η πρώτη ενέργεια που γίνεται, είναι η εισαγωγή των δεδομένων [Καρύδης, 2005].

#### **2.2.5. Φωνοκωδικοποιητές - Vocoder**

Η πρώτη ηλεκτρική συσκευή που πετύχαινε σύνθεση κάποιων φωνηέντων ανακαλύφθηκε το 1922 από τον Stewart. Η πρώτη όμως ηλεκτρική μηχανή που μπορεί να θεωρηθεί συνθέτης φωνής είναι ο Vocoder του H.Dudley. Η ανάπτυξη ενός φωνοκωδικοποιητή ξεκίνησε το 1928 από τον μηχανικό της Bell Labs, Homer Dudley, στον οποίο χορηγήθηκαν και διπλώματα ευρεσιτεχνίας στις 21 Μαρτίου 1939 και στις 16 Νοεμβρίου 1937. Στη συνέχεια, για να δείξει την ικανότητα σύνθεσης ομιλίας του αποκωδικοποιητή, παρουσίασε στο κοινό (στο κτίριο της AT & T στην Διεθνή Έκθεση της Νέας Υόρκης το 1939), το Voder (Voice Operated Demonstrator) [Hammer, 2001].

Το Vocoder ετυμολογικά, προέρχεται από σύντμηση των λέξεων Voice και Encoder και δημιουργήθηκε για να μειώσει το εύρος της ζώνης που καταλαμβάνει η ομιλία όταν μεταδίδεται. Αυτό επετεύχθει, ανακτώντας την πληροφορία της ομιλίας από το ηχητικό σήμα και μεταδίδοντας αυτήν με

μειωμένο ρυθμό μετάδοσης. Μία σειρά από φίλτρα χρησιμοποιούνται για να σπάσουν το αρχικό σήμα σε ζώνες συχνοτήτων, οι οποίες, αφού μεταδοθούν αρκούν για να επανασυνθέσουν αρκετά καλά το ηχητικό σήμα.

Ο πρώτος τύπος φωνοκωδικοποιητή, ο φωνοκωδικοποιητής καναλιού, αναπτύχθηκε αρχικά ως κωδικοποιητής φωνής για τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές τη δεκαετία του 1930, με σκοπό να κωδικοποιηθεί ο λόγος για να διατηρηθεί το εύρος ζώνης για μετάδοση.

Ο vocoder του Dudley χρησιμοποιήθηκε στο σύστημα SIGSALY, το οποίο χτίστηκε από τους μηχανικούς της Bell Labs το 1943. Το SIGSALY χρησιμοποιήθηκε για κρυπτογραφημένες φωνητικές επικοινωνίες υψηλού επιπέδου κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου. Με την κρυπτογράφηση των σημάτων, η μετάδοση της φωνής μπορεί να εξασφαλιστεί έναντι της παρακολούθησης. Η κύρια χρήση του σε αυτή τη λειτουργία είναι για ασφαλή ραδιοεπικοινωνία [Hammer, 2001]. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου κρυπτογράφησης είναι ότι δεν αποστέλλεται κανένα από τα πρωτότυπα σήματα. Η μονάδα λήψης πρέπει να ρυθμιστεί στην ίδια διαμόρφωση φίλτρου για να επανασυνθέσει μια έκδοση του αρχικού φάσματος του σήματος. Ο φωνοκωδικοποιητής αναλύει την ομιλία μετρώντας με ποιον τρόπο τα φασματικά χαρακτηριστικά του μεταβάλλονται με το χρόνο. Αυτό οδηγεί σε μια σειρά σημάτων που αντιπροσωπεύουν αυτές τις τροποποιημένες συχνότητες σε οποιαδήποτε συγκεκριμένη στιγμή, όπως ο χρήστης μιλάει. Με απλά λόγια, το σήμα χωρίζεται σε έναν αριθμό ζωνών συχνοτήτων (όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο αριθμός, τόσο πιο ακριβής είναι η ανάλυση) και το επίπεδο σήματος που υπάρχει σε κάθε ζώνη συχνοτήτων δίνει την στιγμιαία αναπαράσταση του φασματικού ενεργειακού περιεχομένου (Εικ.6).

Ουσιαστικά ο φωνοκωδικοποιητής είναι μια κατηγορία κωδικοποιητή φωνής που αναλύει και συνθέτει το ανθρώπινο φωνητικό σήμα για συμπίεση δεδομένων ήχου, πολυπλεξία, κρυπτογράφηση φωνής, μετασχηματισμό φωνής.

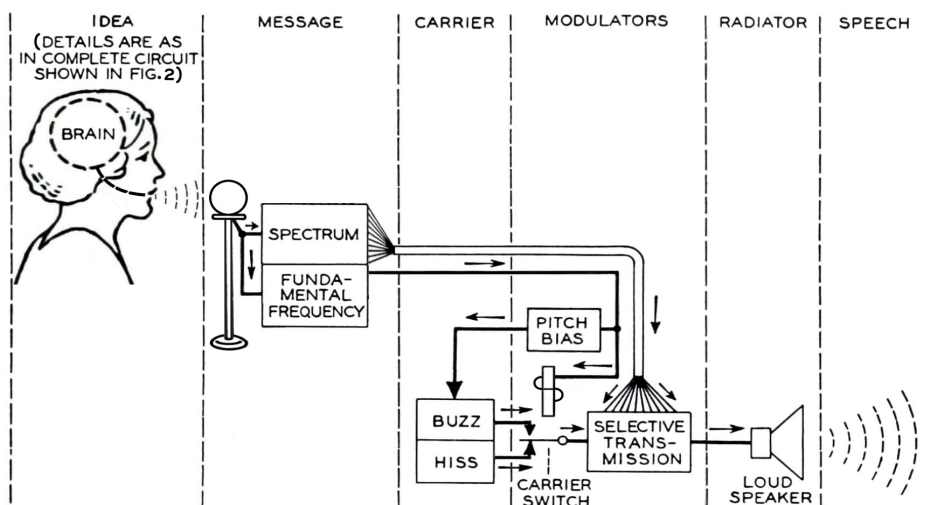


Fig. 7—Schematic circuit of the vocoder.

"The Carrier Nature of Speech. 1940. Bell System Technical Journal." <sup>1</sup>

**Εικόνα 6.** Περιγραφή του κυκλώματος του Vocoder [Hammer, 2001].

Συχνά υπάρχει ένα κανάλι για τους συριστικούς ήχους. Αυτό ενισχύει τις συχνότητες που βρίσκονται εκτός των ζωνών ανάλυσης αλλά εξακολουθούν να είναι σημαντικές στην ομιλία. Παραδείγματα είναι λέξεις που ξεκινούν με τα γράμματα s, f, ch ή οποιοδήποτε άλλο σιωπηλό ήχο. Αυτά μπορούν να αναμιχθούν στην έξοδο του φορέα για να αυξηθεί η σαφήνεια. Το αποτέλεσμα είναι αναγνωρίσιμη ομιλία, αν και με κάπως «μηχανικό» ήχο [Hammer, 2001].

Σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως κωδικοποιητές δύο κατηγοριών: φάσης και γραμμικής πρόβλεψης.

### **2.2.6. Φωνοκωδικοποιητές Φάσης**

Στην κατηγορία αυτή, το σήμα αποτελείται από ένα άθροισμα ημιτονοειδών κυμάτων, των οποίων το πλάτος και την συχνότητα, προσπαθούμε να βρούμε. Για να γίνει αυτό περνάμε το σήμα από μία τράπεζα φίλτρων, με την έξοδο του καθενός να εκφράζεται σαν ένα μεταβλητό ως προς το χρόνο πλάτος, στην συγκεκριμένη κεντρική συχνότητα [Karter, 2006].

### **2.2.7. Φωνοκωδικοποιητές γραμμικής πρόβλεψης**

Η κωδικοποίηση γραμμικής πρόβλεψης είναι μία από τις πιο διαδεδομένες τεχνικές κωδικοποίησης καλής ποιότητας ομιλίας σε χαμηλό ρυθμό μετάδοσης. Αυτή προσπαθεί να προσεγγίσει τον τρόπο παραγωγής της ανθρώπινης φωνής. Οι LPC αναλύουν το ηχητικό σήμα εκτιμώντας τις αντηχήσεις, αφαιρούν την επίδραση τους στο σήμα και υπολογίζουν την ένταση και τη συχνότητα του εναπομείναντος τόνου.

Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αντίστροφο φιλτράρισμα. Η σύνθεση γίνεται αντιστρέφοντας την επεξεργασία: παράγεται ένας αρχικός τόνος, ο οποίος οδηγείται σ' ένα φίλτρο με απόκριση που ορίζουν οι αποθηκευμένες τιμές των αντηχήσεων.

Επειδή τα σήματα ομιλίας μεταβάλλονται πολύ γρήγορα με τον χρόνο, αυτή η διαδικασία γίνεται σε μικρά κομμάτια του λόγου που ονομάζονται frames. Συνήθως, 30 με 50 frames το δευτερόλεπτο δίνουν κατανοητό λόγο με καλή συμπίεση.

Το βασικότερο πρόβλημα στους LPC Vocoders έχει να κάνει με τον καθορισμό των αντηχήσεων του ηχητικού σήματος. Η βασική λύση είναι μία διαφορική εξίσωση που εκφράζει κάθε δείγμα σαν γραμμικό συνδυασμό των προηγούμενων. Αυτή η εξίσωση ονομάζεται γραμμικής πρόβλεψης κι από κει προέρχεται το όνομα αυτών των κωδικοποιητών [Ketchum, 1990]. Η βελτιστοποίηση γίνεται ελαχιστοποιώντας το μέσο τετραγωνικό σφάλμα μεταξύ του προβλεπόμενου και του πραγματικού σήματος. Η μέθοδος αυτή δίνει

ικανοποιητικά αποτελέσματα για τους περισσότερους φθόγγους, όμως στους «ρινικούς» ήχους, ο αλγόριθμος γίνεται πιο πολύπλοκος [Ketchum, 1990].

Εάν η πρόβλεψη είναι ακριβής, τότε μετά από αντίστροφο φιλτράρισμα καταλήγουμε σε ένα καθαρό τόνο. Σε ένα τέτοιο σήμα μπορούμε αρκετά εύκολα να υπολογίσουμε το πλάτος και τη συχνότητα του και να το κωδικοποιήσουμε. Δυστυχώς, όμως, υπάρχουν κάποια σύμφωνα τα οποία ακούγονται σα σφύριγμα. Γι' αυτό ο LPC κωδικοποιητής πρέπει να αποφασίζει για κάθε frame, αν η ηχητική πηγή είναι τόνος ή σφύριγμα και να αποθηκεύει αυτή την πληροφορία. Στην πρώτη περίπτωση υπολογίζει τη συχνότητα, ενώ στη δεύτερη την ένταση αυτής. Βεβαίως, εξαιτίας αυτής της προσέγγισης, κάποια σύμφωνα, όπως το «Δέλτα» δε ακούγονται φυσιολογικά [Ketchum, 1990].

### **2.2.8 Αυτόματα συστήματα μουσικής συνοδείας σε πραγματικό χρόνο.**

Το αυτόματο σύστημα μουσικής συνοδείας είναι ένα σύστημα σχεδιασμένο να δημιουργεί αυτόματα συμπληρωματικό ή υποστηρικτικό μουσικό υλικό για ένα εισερχόμενο μουσικό σήμα. Ο Rowe ορίζει τα διαδραστικά συστήματα μουσικής ως συστήματα των οποίων η συμπεριφορά αλλάζει ως ανταπόκριση στο εισερχόμενο μουσικό σήμα [Rowe, 1992].

Η συνοδεία μπορεί να αναφέρεται σε πολλούς τύπους μουσικών χαρακτηριστικών, όπως ο ρυθμός και η δυναμική. Ωστόσο, επειδή η αρμονία αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό πολλών μουσικών στυλ, όπως της τζαζ, της δυτικής ευρωπαϊκής κλασικής, της ροκ και της ποπ, η συνοδεία είναι συχνά αρμονική σε αυτά τα στυλ μουσικής. Αυτή η σχέση ανάμεσα στη μελωδία και την αρμονία αποδεικνύεται από την ευρεία χρήση του «lead sheet» που συχνά το αναφέρουμε ως "οδηγό", στο οποίο μια σύνθεση απλοποιείται στην κύρια μελωδία του και τις συνοδευτικές της συγχορδίες. Ιδιαίτερα στη Jazz το "lead sheet" είναι δημοφιλές και η χρήση του μέσω των "Real Books" και "Fake Books" είναι ευρέως διαδεδομένη. Πράγματι, όπως αναφέρει και ο ορισμός του "Λεξικού Μουσικής του Χάρβαρντ", ο όρος "συνοδεία" συχνά υποδηλώνει «αρμονική συνοδεία».

Η συμβολική παράσταση της μουσικής επέτρεψε την ανάπτυξη συστημάτων αυτόματης μουσικής συνοδείας (Automatic Music Accompaniment), βασισμένων σε συμβολικές αναπαραστάσεις (MIDI κ.α.), ενώ, η ηχητική αναπαράσταση της μουσικής πληροφορίας και η δειγματοληπτική σύνθεση άνοιξε το δρόμο για την

ανάπτυξη πιο σύνθετων συστημάτων παραγωγής. Η συμβολική αναπαράσταση μουσικής έχει επιτρέψει την αυτοματοποίηση της συμβολικής αναγνώρισης προτύπων. Συστήματα αντιστοίχισης των μουσικών συμβάντων (νοτών, παύσεων κ.λπ.) της παρτιτούρας, με τα μουσικά συμβάντα μιας εκτέλεσης, όπως αυτά αναγνωρίζονται σε πραγματικό (following) ή μη πραγματικό (matching) χρόνο, ξεκίνησαν με συμβολικά δεδομένα και τώρα συνδυάζουν την επεξεργασία σήματος με μουσικολογικούς κανόνες [Ουρανία, 2007].

Τα συστήματα αυτόματης συνοδείας έχουν πολλές εφαρμογές, τόσο offline όσο και σε πραγματικό χρόνο. Για παράδειγμα, ένα διαδραστικό μουσικό σύστημα σε πραγματικό χρόνο μπορεί να προσφέρει αρμονική συνοδεία σε έναν αυτοσχεδιαστή μουσικό. Ένα σύστημα offline μπορεί να επιτρέψει στους αρχάριους μουσικούς να εναρμονίσουν γρήγορα μια μελωδία χωρίς να χρειάζεται γνώση της θεωρίας της μουσικής. Ομοίως, ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βοήθημα σύνθεσης για πιο εξειδικευμένους χρήστες, εμπνέοντας την δημιουργική διαδικασία, υποδεικνύοντας αρμονία που ο συνθέτης πιθανώς να μην είχε σκεφθεί. Επιπλέον, ένα σύστημα αυτόματης συνοδείας μπορεί να χρησιμεύσει ως πρακτικό εργαλείο για τους μουσικούς όλων των επιπέδων, δημιουργώντας αυθόρμητα ακολουθίες συγχορδιών, έχοντας ως μόνη εισερχόμενη πληροφορία π.χ. τη μπασογραμμή, για να δημιουργήσει ένα «backing track».

### **2.2.9. Score Following - Συστήματα Ακόλουθοι Παρτιτούρας σε πραγματικό χρόνο.**

Το 1984, συνέβη κάτι σημαντικό σε ό,τι αποκαλούμε «computer music». Αυτό είναι το επίτευγμα του score following και το σύστημα αυτόματης μουσικής συνοδείας, από τους Dannenberg και Vercoe [Dannenberg, 1984].

Η αυτόματη συνοδεία μουσικής είναι μια τεχνική που επιτρέπει στις μηχανές να συνοδεύουν τα άτομα με ζωντανή απόδοση βασισμένη σε μουσική παρτιτούρα, αυτό το έργο απευθύνεται στην αναπαραγωγή μιας προϋπάρχουσας συνοδείας που πρέπει να επιταχυνθεί ή να επιβραδυνθεί κατάλληλα για να ταιριάζει με έναν σολίστ. Τα συστήματα παρτιτούρας, χρησιμοποιούν τις πληροφορίες που δίνονται από μια παρτιτούρα για να παράγουν την έξοδό τους. Λαμβάνοντας υπόψη μια συγκεκριμένη μουσική παρτιτούρα, το σύστημα ήταν σε θέση να παρακολουθήσει τη μουσική μονοφωνική ακολουθία σε πραγματικό χρόνο και να εξάγει την συνοδεία ακολουθώντας αυστηρά το ρυθμό του μουσικού. Το έργο του Dannenberg κυκλοφόρησε από την SmartMusic και από τότε έχει χρησιμοποιηθεί από χιλιάδες σπουδαστές για μελέτη. Από τότε, πολλές επεκτάσεις του έχουν γίνει από τον ίδιο τον Dannenberg και από συνεργάτες του. Οι Bloch και Dannenberg



επέκτειναν την ικανότητα του συστήματος αναπτύσσοντας γρήγορες μεθόδους για την παρακολούθηση πολυφωνικών μουσικών ακολουθιών.

Οι Grubb και Dannenberg επέκτειναν την ιδέα αυτή περαιτέρω ώστε η εφαρμογή να λειτουργεί και για ζωντανό μουσικό σύνολο. Αργότερα, οι Grubb και Dannenberg ανέπτυξαν την πρώτη μέθοδο για την παρακολούθηση φωνητικής ερμηνείας, χρησιμοποιούν μια πιθανοτική προσέγγιση για την παρακολούθηση ενός τραγουδιστή. Ο Raphael μοντελοποιεί τόσο τη διακριτή θέση στην παρτιτούρα όσο και τον συνεχή ρυθμό για ένα σόλο ακουστικό όργανο μέσω ενός υβριδικού διακριτού / συνεχούς γραφικού μοντέλου. Μια ποικιλία άλλων συγγραφέων έχουν συμβάλει σε αυτόν τον τομέα με τεχνικές που βασίζονται σε κρυμμένα μοντέλα Markov (HMMs). Οι Pardo και Birmingham χρησιμοποιούν ένα αυξημένο HMM του οποίου οι μεταβάσεις τροποποιούνται με τη χρήση δομικών πληροφοριών από μια μουσική παρτιτούρα όπως επαναλήψεις και οι codes.

Ο Schwarz παρουσιάζει ένα HMM δύο επιπέδων που μπορεί να ακολουθήσει πολυφωνικά αποτελέσματα, αν και μόνο για είσοδο MIDI [Xia, 2016].

Οι Buchholz και Klein προχώρησαν περαιτέρω διορθώνοντας τη μουσική απόδοση ενός σολίστ. Οι συγγραφείς πέρασαν στο σύστημα διάφορους κανόνες τζαζ αυτοσχεδιασμού έτσι ώστε το προκύπτον σύστημα να επιτρέπει στους χρήστες διαφορετικών επιπέδων μουσικής εμπειρίας να συμμετέχουν σε τζαζ αυτοσχεδιασμό.

Ένας χρήστης εκτελεί χρησιμοποιώντας ένα όργανο MIDI, ενώ το σύστημα ακολουθεί μια συγκεκριμένη παρτιτούρα και παίζει μια προκαθορισμένη συνοδεία αλλά και τροποποιεί - διορθώνει τις νότες του χρήστη έτσι ώστε να ακολουθεί τους κωδικοποιημένους περιορισμούς δηλαδή την τζαζ αρμονία του κομματιού [Xia, 2016].

Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν στους καλλιτέχνες να παίζουν μουσική για ορχήστρα χωρίς ανθρώπινη συνοδεία και επεκτείνουν την ακουστική των φυσικών μουσικών οργάνων στην περιοχή των ηλεκτρονικών. Παράλληλα με τη σημασία της σε καλλιτεχνικά πλαίσια, η αυτόματη συνοδεία δημιούργησε τεράστια ζήτηση για χρήση σε πρόβες αλλά και για την προσωπική απόλαυση της ορχηστρικής μουσικής και ως εκ τούτου έγινε ένας δημοφιλής τομέας της επεξεργασίας μουσικής πληροφορίας.

Για να συγχρονιστεί επιτυχώς η συνοδεία, απαιτείται εκτίμηση σε πραγματικό χρόνο της ακριβούς θέσης του ερμηνευτή στην παρτιτούρα. Αυτό είναι πρόβλημα, καθώς οι ανθρώπινες ερμηνείες ποικίλλουν ευρέως, ακόμα κι όταν βασίζονται στην ίδια ακριβώς παρτιτούρα. Για παράδειγμα, ο ρυθμός και οι αλλαγές του, τα λάθη απόδοσης, οι μουσικοί καλλωπισμοί, οι ακουστικές παραλλαγές και οι θόρυβοι είναι τυπικές πηγές ανακρίβειας στη μουσική απόδοση. Ο Vercoe πρότεινε τη χρήση αισθητήρων ως μέσο για τον εντοπισμό της μουσικής επίδοσης του χειριστή, άρα και της θέσης του μέσα στην παρτιτούρα. Πιο σύγχρονες τεχνικές εστιάζουν στο να πετύχουν τη βέλτιστη

αναγνώριση της τοποθεσίας μέσω φασματικής ανάλυσης συγκεκριμένων μουσικών οργάνων που χρησιμοποιούνται από τον χειριστή [Sagayama, 2014].

Ένας αλγόριθμος ακολουθίας παρτιτούρας πρέπει να περιέχει ένα σύνολο πολύπλοκων κανόνων για την σωστή αναγνώριση της θέσης τους ερμηνευτή στην παρτιτούρα και τα στοχαστικά μοντέλα όπως το κρυφό μοντέλο Markov (HMM) που εφαρμόζεται στις μουσικές επιδόσεις χρησιμοποιούνται ευρέως για την κατασκευή αλγορίθμων ακολουθίας παρτιτούρας.

Σε μουσικές παραστάσεις κατά τη διάρκεια των προβών, οι παίκτες μπορούν να κάνουν επαναλήψεις για να ξαναπαίξουν κάποια μέρη ή να παραλείπουν κάποια άλλα. Η δυνατότητα αυθαίρετων επαναλήψεων και παραλείψεων είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αυτόματη συνοδεία.

Παρόλη την επέκταση και τη βελτίωση των συστημάτων, έχει δοθεί περισσότερη προσοχή στον τομέα «παρακολούθησης» της παρτιτούρας και παραβλέφθηκε η «μουσική ερμηνεία-έκφραση» της «αυτόματης συνοδείας». Ως εκ τούτου, ενώ η «παρακολούθηση της παρτιτούρας» βρίσκεται σε πολύ ικανοποιητική φάση, τα πρόσφατα συστήματα εξακολουθούν να υπολογίζουν το ρυθμό συνοδείας χαρτογραφώντας τον χρόνο εκτέλεσης της παρτιτούρας και υπολογίζοντας τον χρόνο μεταξύ δύο συνεχόμενων νοτών. Το παρόν σύνολο αλγορίθμων δεν επιχειρεί να προσαρμόσει το tempo με έναν ιδιαίτερα μουσικό τρόπο ενώ μια ανθρώπινη συνοδεία αναμένεται να ανταποκριθεί στην ένταση, την ρυθμική αγωγή και άλλες αποχρώσεις εκτός από το τέμπο. Από όσο γνωρίζουμε, το έργο του Raphael είναι το μόνο που εξετάζει το πρόβλημα συνοδείας, το οποίο εκπαιδεύει ένα Δίκτυο Bayes για την επίτευξη ακριβέστερου συγχρονισμού. Οι σύγχρονες μέθοδοι εξαγωγής τέμπο και μουσικού παλμού χρησιμοποιούν έναν πιθανοτικό φορμαλισμό. Ένα χρονικά αναλλοίωτο Δίκτυο Bayes (Time-Invariant Bayesian Network) μοντελοποιεί τα τρία βασικά μετρικά επίπεδα: τον παλμό (tactus), την μικρότερη ρυθμική αξία (tatum) και το μέτρο. Οι Davies και Plumbley πρότειναν μια μέθοδο εξαγωγής παλμού που υιοθετεί ένα Δίκτυο Bayes δύο καταστάσεων για να χειριστεί ασυνέχειες του παλμού που οφείλονται σε αλλαγές των μετρικών επιπέδων [Xia, 2016].

Ωστόσο, η προοπτική εξακολουθεί να περιορίζεται στο χρονικό πρόβλημα. Ο ενεργός ρόλος του υπολογιστή στη διαμόρφωση της μουσικής έκφρασης δεν έχει ακόμη εξεταστεί επαρκώς.

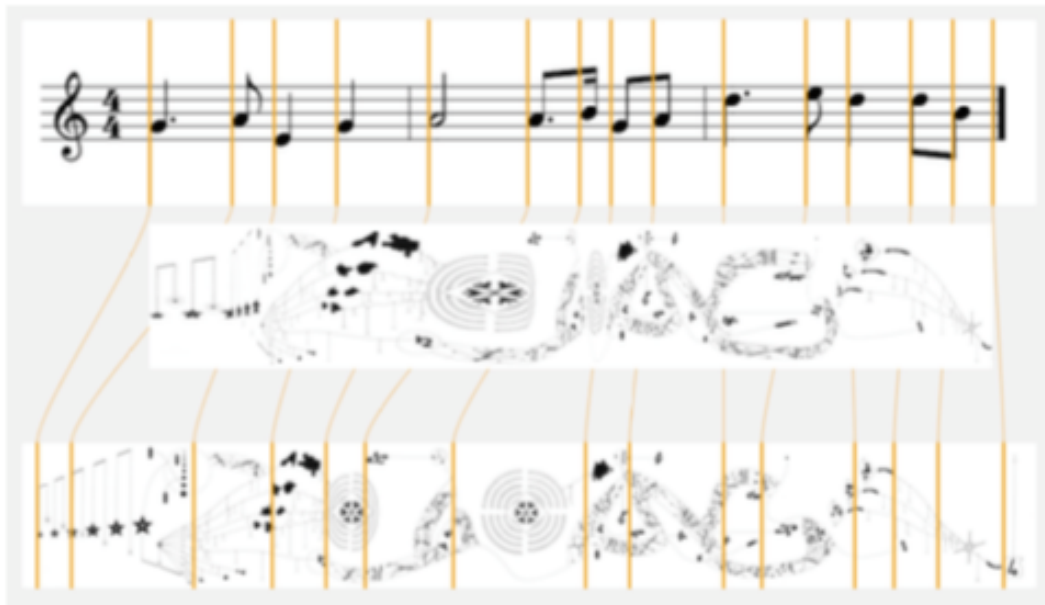
Παρακάτω θα αναφερθούν ενδεικτικά κάποια από τα πιο γνωστά συστήματα αυτόματης μουσικής συνοδείας:

### **α) Το INScore**

Είναι ένα μοντέλο ανοιχτού κώδικα για το σχεδιασμό διαδραστικής, επαυξημένης, ζωντανής μουσικής παρτιτούρας. Οι επαυξημένες μουσικές παρτιτούρες είναι γραφικοί χώροι που παρέχουν την παρουσίαση, τη σύνθεση και τον χειρισμό ετερογενών και αυθαίρετων μουσικών συμβόλων (μουσικές

παρτιτούρες αλλά και εικόνες, κείμενο, σήματα ). Το INScore ενσωματώνει επίσης ένα δυναμικό σύστημα για την αναπαράσταση της μουσικής επιτέλεσης, που θεωρεί οποιοδήποτε σημάδι ήχου ή σύμβολο της παρτιτούρας ως σήμα. Ενσωματώνει έναν μηχανισμό διάδρασης με βάση τα γεγονότα και είναι ιδανικό για καινοτόμες χρήσεις, μετατρέποντας μια παρτιτούρα ως ένα σημείο διασύνδεσης μεταξύ χρήστη και υπολογιστή επιτρέποντας και μια αυτοτροποποίηση της παρτιτούρας βασισμένη στα γεγονότα ανά τον χρόνο. Η γλώσσα προγραμματισμού του βασίζεται στο πρωτόκολλο επικοινωνίας Open Sound Control (OSC) [Fober, 2012].

Σε αντίθεση με άλλα προγενέστερα πρωτόκολλα επικοινωνίας για αντίστοιχες εφαρμογές, όπως το MIDI, τα οποία παρέχουν ένα αυστηρά προκαθορισμένο σύνολο εντολών για την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών, το OSC είναι ένα ανοικτό πρωτόκολλο καθορίζοντας μόνο τη γενική δομή οργάνωσης αποστολής και λήψης δεδομένων. Από αυτήν την άποψη το συγκεκριμένο πρωτόκολλο αφορά περισσότερο έναν φορέα δεδομένων (format content). Επιπρόσθετα, το OSC δεν περιορίζεται από κάποιο συγκεκριμένο τύπο μετάδοσης δεδομένων (transport independent), ούτε απαιτεί ειδικό hardware για τη μετάδοσή τους. [Lotis, 2015]



**Εικόνα 7.** Σύνθετη παρτιτούρα INScore [Fober, 2012].

Το INScore έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές μουσικές δημιουργίες, κυρίως για να σχεδιάσει διαδραστικές μουσικές παρτιτούρες.

Το «Alien Lands» είναι ο τίτλος μιας συναυλίας που δόθηκε στο Μόντρεαλ τον Φεβρουάριο του 2011, αποκλειστικά αφιερωμένη στον Sandeep Bhagwati.

Παρουσιάστηκαν τρεις συνθέσεις: Alien Lands, Monochrom και Nil Nisi Nive. Όλα τα κομμάτια χρησιμοποίησαν το IN-Score για την παρουσίαση του μουσικού κομματιού στους ερμηνευτές, το IN-Score χρησιμοποιήθηκε για τέσσερις διαφορετικές λειτουργίες:

- Αυτόματη παραδοσιακή μουσική παρτιτούρα: Το σύστημα χρησιμοποιήθηκε ως παραδοσιακή παρτιτούρα αλλά με αυτόματη στροφή σελίδας.

- Μουσική παρτιτούρα με υπολογισμένη επιλογή: ο ερμηνευτής είχε οδηγίες να αλλάξει τη σειρά των μέτρων, των γραμμών κτλ. Με την έκδοση του INScore η επιλογή έγινε από τον υπολογιστή και οι σελίδες απλά παρουσιάστηκαν στον μουσικό.

- Σύνθετη μουσική παρτιτούρα: στο τελευταίο μέρος του Alien Lands και στο Monochrom 1 & 2, ο υπολογιστής διένειμε αυτόματα τις σελίδες της παρτιτούρας, μάλιστα ορισμένα στοιχεία της δημιουργήθηκαν αλγοριθμικά σε πραγματικό χρόνο (όπως οδηγίες, σημειώσεις) Ένας μετρητής έδειχνε τον υπόλοιπο χρόνο. (Εικόνα 3).

- Σύνθετη διαδραστική παρτιτούρα: στο Nil Nisi Nive, ο ερμηνευτής έλεγχε τα μουσικά στοιχεία. Η παρτιτούρα δημιουργήθηκε αλγοριθμικά, αυτό γινόταν, όποτε το απαιτούσε ο ερμηνευτής που μπορούσε να ζητήσει νέα σελίδα ανά πάσα στιγμή [Fober, 2014].

The image shows a screenshot of the INScore software interface. At the top, the title 'SENTIENT' is centered, with a 'T' icon on the right. Below the title is a progress bar for 'BREATH' with a '26 sec' timer. The word 'LISTEN' is centered below the bar. Underneath is the 'SOUL' section, which consists of a staff with notes and a large number '6' below it. At the bottom is the 'HEART' section, which includes a percussion line with 'Gong' and 'Gran Cassa' parts, and a staff with notes. The interface is clean and modern, with a white background and black text.

**Εικόνα 8.** Σύνθετη παρτιτούρα του INScore όπως παρουσιάζεται στον ερμηνευτή [Fober, 2014].

## **β) Το Music-Plus-One**

Είναι ένα μουσικό σύστημα συνοδείας που αναπτύχθηκε από τον Christopher Raphael για το ρεπερτόριο κλασικής μουσικής και προορίζεται για σολίστ σε συναυλίες [Raphael, 2010]. Το σύστημα χωρίζεται σε τρεις ενότητες: η μία συντονίζει την παρτιτούρα σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας κρυμμένα μοντέλα Markov, η δεύτερη συντονίζει την αναπαραγωγή ήχου της υπάρχουσας συνοδείας χρησιμοποιώντας vocal vocoder και η τρίτη κάνει τη σύνδεση των δύο προηγούμενων χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο, συγκεκριμένα ένα φίλτρο Kalman, για την προσαρμογή του ρυθμού. Το Music-Plus-One χρησιμοποιεί τα ακόλουθα δεδομένα για την αυτόματη συνοδεία: ένα μουσικό κομμάτι του σόλο μέρους, μια ηχητική εγγραφή του ορχηστρικού ή συνοδευτικού τμήματος, ένα σύνολο εκπαιδευμένων παραμέτρων για το μοντέλο ακρόασης (εκπαιδευμένο offline και χρησιμοποιούμενο για την ανίχνευση σε πραγματικό χρόνο) και ορισμένα δεδομένα χρονισμού που είναι υπεύθυνα για τη συσχέτιση της παρτιτούρας της μελωδίας με τον συνοδευτικό ήχο. Μεταξύ αυτών, τα δεδομένα χρονισμού είναι εξαιρετικής σημασίας δεδομένου ότι δημιουργούν τον απαραίτητο συντονισμό μεταξύ της παρτιτούρας του σολίστ και του ήχου της συνοδείας που θα χρησιμοποιηθούν κατά την απόδοση σε πραγματικό χρόνο [Raphael, 2010] .

## **γ) Το Antescofo**

Είναι ένα άλλο σύστημα πολυφωνικής συνοδείας παρτιτούρας. Μια παρτιτούρα Antescofo αποτελείται τόσο από την σολιστική μελωδία όσο και από την συνοδεία μέσα σε μια ολοκληρωμένη παρτιτούρα. Η σημασιολογία της παρτιτούρας των οργάνων επιτρέπει την κατασκευή περίπλοκων γεγονότων, όπως τρίλιες, glissandi, αυτοσχεδιασμούς και επίσης συνεχή γεγονότα [Cont, 2012]. Η σημασιολογία της δράσης (συνοδείας) βασίζεται εξ ολοκλήρου στη μετάδοση μηνυμάτων και παρέχει κατασκευές για ομαδοποίηση γεγονότων για τη δημιουργία πολυφωνικών φράσεων, καθώς και επαναλήψεων. Ο ρόλος του Antescofo είναι να αποκωδικοποιήσει τη θέση και το ρυθμό του ερμηνευτή σε πραγματικό χρόνο μέσα σε ένα σύγχρονο διαδραστικό σύστημα ώστε να ερμηνεύσει με τον καλύτερο τρόπο την συνοδεία. Σε σύγκριση με τις προηγούμενες προσεγγίσεις στη διαδραστική μουσική υπολογιστών, οι ενέργειες συνοδείας μπορούν να περιγραφούν ως σχετικές με το ρυθμό των εκτελεστών και έτσι να αναπροσανατολίζονται δυναμικά σε πραγματικό χρόνο. Το σημείο εκκίνησης κάθε ενέργειας είναι σε σχέση με το πιο κοντινό μουσικό γεγονός της τελευταίας κίνησης του οργάνου. [Cont, 2012]

## 2.2.10. Συστήματα αυτόματης εναρμόνισης σε πραγματικό χρόνο.

Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για να επιτευχθεί μια τέλεια συνοδεία για μια δεδομένη μελωδία, συμπεριλαμβανομένης των εφαρμογών ικανοποίησης περιορισμών, των γενετικού αλγορίθμων, των στατιστικών μοντέλων κλπ.

Στο μουσικό δράμα η χρήση τέτοιων συστημάτων, δημιουργεί μια μη αναμενόμενη από το κοινό αντίδραση (εκ μέρους του συστήματος) στη δράση του εκτελεστή, ειδικά όταν απουσιάζουν μουσικά όργανα επί σκηνής. Στην περίπτωση που το κοινό συμμετέχει σε μια τέτοια δράση, το ενδιαφέρον για την παράσταση πολλαπλασιάζεται. Η σχέση ανθρώπου και μηχανής όταν είναι αμφίδρομη, και η μηχανή αυτενεργεί, δημιουργεί πάντα έκπληξη.

Πολλά προηγούμενα συστήματα αυτόματης εναρμόνισης βασίζονται στις τεχνικές ικανοποίησης περιορισμών. Αν και χρησιμοποιούν αυτή την εξαιρετική μέθοδο, αυτά τα συστήματα είναι πολύ δύσκολο να επεκταθούν. Γίνονται πολύ περίπλοκα σε περίπτωση που όλες οι εξαιρέσεις είναι στον κανόνα. Ο γενετικός αλγόριθμος μπορεί επίσης να εφαρμοστεί στην εναρμόνιση της μελωδίας και σε αυτό βασίζονται διάφορα συστήματα. Σε σύστημα βασισμένο σε γενετικούς αλγορίθμους - GA, προτάθηκε μια συνάρτηση ικανότητας εμπλοκής για να βελτιστοποιηθεί με εξελικτικές τεχνικές. Όμως, πολλές έρευνες δείχνουν ότι οι προσεγγίσεις μέσω GA είχαν περιορισμούς λόγω της δυσκολίας στην κωδικοποίηση των γνώσεων. Είναι σημαντικό το να μπορούν οι γενετικοί αλγόριθμοι - GA που θα λάβουν αυτή τη γνώση να εξακολουθούν να εκτελούν μια ευέλικτη αναζήτηση [Feng, 2011].

Οι Allan και Williams σχεδίασαν ένα μοντέλο εναρμόνισης για chorales του Bach χρησιμοποιώντας κρυμμένα μοντέλα Markov- Hidden Markov Models (HMMs για συντομία). Ενώ είχαν πολύ καλό μουσικό αποτέλεσμα, το μοντέλο περιορίζεται στην τετράφωνη εναρμόνιση της μελωδίας, με ένα ρυθμό και μια συγκεκριμένη αρμονία.

Ο Paiement και ο Eck παρουσίασαν ένα γραφικό μοντέλο για εναρμόνιση σε μια δωδεκάμετρη ακολουθία συγχορδιών σε τζαζ ύφος. Οι Chuan and Chew παρουσίασαν ένα υβριδικό σύστημα, το οποίο συνδυάζει τη θεωρητική γνώση της μουσικής και τη στατιστική μάθηση, για τη δημιουργία ειδικών στιλ συνοδείας.

Εφαρμόζουν το SVM (Machine Vector Support) για να προσδιορίσουν τις χαρακτηριστικές νότες των συγχορδιών σε κάθε μέτρο της μελωδίας [Feng, 2011].

Ο Ian Simon ανέπτυξε ένα σύστημα με το όνομα MySong το οποίο κατασκευάζει ένα κρυμμένο μοντέλο Markov, για να επιλέξει τις συγχορδίες μέσα από μια βάση δεδομένων για να συνοδέψουν μια φωνητική μελωδία [Simon, 2008].

Αυτές οι προσεγγίσεις με βάση το HMM κυρίως επικεντρώνονται στην εξέλιξη της συγχορδιακής ακολουθίας και την τετράφωνη εναρμόνιση μιας μελωδίας. Όπως όλοι γνωρίζουμε, η συγχορδιακή ακολουθία δεν είναι το μόνο θέμα που πρέπει να εξετάσουμε σε μια πολυφωνική μουσική. Σημαντικές είναι οι ρυθμικές αντιθέσεις, οι μιμήσεις και δομή της ακολουθίας μεταξύ μιας μελωδίας και της σχετικής συνοδείας της. Πολλά υπάρχοντα συστήματα αυτόματης εναρμόνισης, λαμβάνοντας το μέτρο, τέσσερα τέταρτα, ως βασική μονάδα επεξεργασίας, είναι σε θέση να παράγουν τετράφωνα chorale. [Feng, 2011].

Η ενορχήστρωση των αυτόματων συνθέσεων μουσικής αποτελεί ένα ξεχωριστό πεδίο μελέτης. Υπάρχουν συστήματα με διαφορετικό τρόπο διάδρασης (με είσοδο ήχου ή MIDI), με διαφορετικό τρόπο αναπαράστασης μουσικής γνώσης (κανόνες μουσικής θεωρίας ή εκπαίδευση βάσει της εισόδου), και άλλη προσέγγιση στην θεώρηση του χρόνου (συνεχής χρόνος με μεταβλητό τέμπο ή κβαντισμένος χρόνος με σταθερό τέμπο). Οι συνήθεις τεχνικές ρύθμισης των εντάσεων των οργάνων που συμμετέχουν σε μια σύνθεση χρησιμοποιούσαν είτε συναρτήσεις πιθανοτήτων ή άλγεβρας, εξελικτικούς αλγορίθμους ή ακόμα προσαρμόζονταν χειρωνακτικά. Οι πρόσφατες προσεγγίσεις προς την αυτόματη ενορχήστρωση έχουν δώσει σημαντικά αποτελέσματα. Κύριος στόχος των πρόσφατων εργασιών είναι η εκμετάλλευση της πληροφορίας που προσφέρεται από τη φασματική ανάλυση σύντομων ηχητικών σημάτων ούτως ώστε να παραχθεί αυτόματα ένα εξίσου σύντομο ηχητικό σήμα με τη χρήση κάποιων διαθέσιμων μουσικών οργάνων. Κάποιες από αυτές τις εργασίες είχαν ως αποτέλεσμα την υλοποίηση συστημάτων που εκτελούν «φασματικές αντιγραφές», όπως τα συστήματα Orchidée και SPORCH [Psenicka, 2003]. Αυτός ο τρόπος σκέψης δεν ασχολείται μόνο με την τεχνική, αλλά είναι επίσης το υπόβαθρο για μια αισθητική που δίνει έμφαση στην εξέλιξη του ηχητικού υλικού σε αντίθεση με τις σχέσεις μοτίβων, θεμάτων ή άλλων τέτοιων στοιχείων. Οι πρωτοπόροι σε αυτήν την προσέγγιση / αισθητική περιλαμβάνουν τους συνθέτες που συνδέονται με το Φασματικό κίνημα που ξεκίνησε στη Γαλλία κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970, όπως οι Gerard Grisey και Tristan Murail. Μια κοινή προσέγγιση είναι το να βασίζεται η επιλογή του υλικού του βήματος και των οργάνων σε πληροφορίες που προέρχονται από αναλύσεις φάσματος διαφόρων πηγών ήχου ή να αντλείται υλικό βασισμένο σε ακουστικές ιδιότητες όπως ο συνδυασμός και οι διαφορετικοί ήχοι αλλά και η FM σύνθεση. Αυτό επιτρέπει στον συνθέτη να ελέγχει τη σταδιακή και αντιληπτική εξέλιξη του ήχου με τρόπους ανάλογους με τα διάφορα ηχητικά φαινόμενα που είναι γνωστά στον τομέα της ακουστικής. Βασική για τη δημιουργία και ανάπτυξη της φασματικής μουσικής είναι η δυνατότητα ανάλυσης του περιεχομένου συχνότητας του ηχογραφημένου υλικού [Psenicka, 2003].

## Κεφάλαιο τρίτο

### 3. Συμμετοχική επιτέλεση με διαδραστικά μέσα στην παράσταση «Οιδίπους» (Μουσική Τηλέμαχος Μούσας, Σκηνοθεσία Έλλη Παπακωνσταντίνου)

Η υβριδική αυτή μουσική παράσταση αντλεί θεματικές από τη γνωσιακή επιστήμη και τον μύθο του «Οιδίποδα» και εξελίχθηκε στο CCRMA του Πανεπιστημίου Stanford. Αναμιγνύει την μουσική παράσταση με τις εικαστικές τέχνες και τις νέες τεχνολογίες αλλά και με την αναδυόμενη νευροεπιστήμη. Η σκηνοθετική προσέγγιση τοποθετεί το ακροατήριο στην καρδιά μας εμπειρίας που ενσωματώνει επιστημονικά πειράματα και αλληλεπίδρα.

#### 3.1 Σύντομη περιγραφή της παράστασης

Ο «Οιδίποδας» συνδυάζει ζωντανή μουσική και θεατρική παράσταση και εξελίσσεται σε μια σειρά από σουρεαλιστικά κινηματογραφικά περιβάλλοντα.

Ηλεκτροακουστικές συνθέσεις υφαίνονται σε όλη την όπερα, ενώ η υποψήφια για Grammy, Julia Kent, παίζει τσέλο στη σκηνή μπροστά από μια συνεχή ροή προβολών βίντεο και ζωντανή δράση που δημιουργείται στη σκηνή από μια ομάδα εικαστικών καλλιτεχνών, τραγουδιστών. Μέσα από μια σειρά επιστημονικών πειραμάτων, η εμπλοκή του κοινού παίζει σημαντικό ρόλο στην εκτέλεση του έργου.

Το κομμάτι αντλεί έμπνευση από τον «Οιδίποδα» του Σοφοκλή. Η κλασική τραγωδία χρησιμεύει ως κύριο αντικείμενο της νευροεπιστημονικής μελέτης. Τίθεται το ερώτημα, είμαστε ελεύθεροι; Υπάρχει ελεύθερη βούληση; Υπάρχουν πραγματικές εναλλακτικές λύσεις; Ή οι επιλογές μας είναι το αποτέλεσμα της αναγκαιότητας; Αιτιοκρατία. Εαυτός. Οι απαντήσεις περιγράφουν είτε τη μεγαλειότητά μας, ή την αιχμαλωσία μας.



### 3.2. Η μουσική και ο ηχητικός σχεδιασμός της παράστασης.

Συνέθεσα την πρωτότυπη μουσική της παράστασης, μαζί με την, υποψήφια για βραβείο Grammy, τσελίστα Julia Kent, και έκανα τον σχεδιασμό του ήχου με τη βοήθεια των ερευνητών του Stanford, Romain Michon και Constantin Basica.

Η μουσική αμφισβητεί τα όρια του παραδοσιακού μουσικού θεάτρου και των νέων ειδών της όπερας, καθώς ενσωματώνει λυρικό τραγούδι με σκηνές θορύβου και παραδοσιακά αλλά και νέα εικονικά όργανα που εκτελούνται σε πραγματικό χρόνο. Η αυτοσχεδιαστική διάθεση της ηλεκτροακουστικής συνθέτριας Barbara Nerness και τα επεξεργασμένα περιβάλλοντα ήχου σε πραγματικό χρόνο από τον ηλεκτροακουστικό συνθέτη Hassan Estakhrian συναντούν τα χορικά και τις μελωδικές γραμμές των τραγουδιστών αλλά και το live looping από την τσελίστα και συνθέτη Julia Kent.

Σύμφωνα με την Julia Kent: «το live looping, μου επιτρέπει να επεξεργάζομαι αυτό που παίζω σε πραγματικό χρόνο, δημιουργώντας ένα είδος αυτόνομου συστήματος ανάδρασης. Συνδυάζοντας ένα παραδοσιακό όργανο με την επεξεργασία λογισμικού, αισθάνομαι ότι μπορώ να διερευνήσω τις συνέργειες που υπάρχουν μεταξύ του ανθρωπίνου μυαλού και του αλγορίθμου, της ιστορικής συνέχειας της μουσικής και του μέλλοντός της αλλά και του βιολογικού και τεχνολογικού κόσμου.»

Ο ήχος της παράστασης συνδέεται στενά με ζωντανά περιβάλλοντα βίντεο και λειτουργεί ως ένα ηχητικό τοπίο μιας μοναδικής κινηματογραφικής εμπειρίας.

Παρακάτω θα αναφερθώ στη μουσική που συνέθεσα και στη χρήση των τεχνολογιών που χρησιμοποίησα για να πετύχω το επιθυμητό αποτέλεσμα - την συμμετοχή του κοινού.

Η σύνθεσή μου στυλιστικά κινείται στη ζώνη της ατονικής μουσικής, όλοι οι ρόλοι εκφράζονται με ατονικές μελωδίες, πλην της Ιοκάστης της οποίας οι μελωδικές γραμμές κινούνται μέσα σε ένα jazz αρμονικό πλαίσιο. Τα δε χορικά είναι τρίφωνα και δημιουργούν Clusters. (Εικ. 9)

# Terror

Elli Papakonstantinou

Tilemachos Moussas

$\text{♩} = 60$

terror terror shakes my heart I cry wild cries o a e

terror terror shakes my heart I cry wild cries o a e

terror terror shakes my heart I cry wild cries o a e

4 I worship gods in dread Grief oh grief no end

I worship gods in dread Grief oh grief no end

I worship gods in dread Grief oh grief no end

7 peo ple dy ing out there suf fe ring out there chi ldren dead in the womb

peo ple dy ing out there suf fe ring out there chi ldren dead in the womb

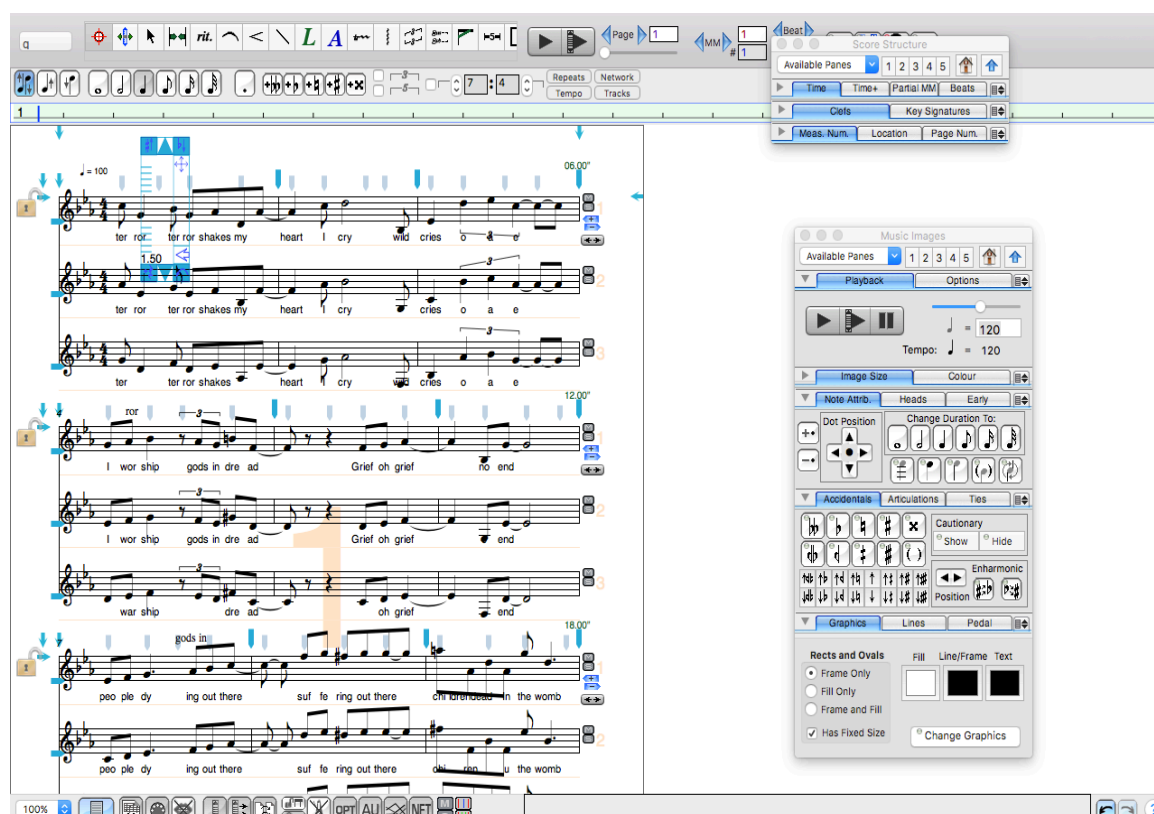
peo ple dy ing out there suf fe ring out there chi ldren dead in the womb

Tilemachos Moussas

## Εικόνα 9. Παρτιτούρα χορικού (Cluster)

Όλα τα χορικά απαγγέρονται - τραγουδιούνται από τους θεατές με διαφορετικούς κάθε φορά τρόπους:

α) Υπάρχουν 3 πυκνωτικά μικρόφωνα ανάμεσα στους θεατές, οι οποίοι είναι χωρισμένοι σε 3 ομάδες. Το κάθε μικρόφωνο αντιστοιχεί σε καθεμία από τις φωνές (σοπράνο, τενόρο, μπάσο). Κάθε μικρόφωνο συνδέεται με κάρτα ήχου η οποία στέλνει το εισερχόμενο σήμα στο Logic Pro X και συγκεκριμένα στο vocoder EVOC 20 στο οποίο έχω τροφοδοτήσει τα midi αρχεία της παρτιτούρας μου. Με τη βοήθεια και εμφύχωση ενός από τους τραγουδιστές που παίζει το ρόλο του Compere και συγχρόνως του κορυφαίου του χορού οι θεατές διαβάζουν την παρτιτούρα από προβολή video με Interactive Score Follower. (Εικ. 10)



Εικόνα 10. Score Follower.

συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Antescofo, αφού προηγουμένως έγινε annotation της παρτιτούρας του χορικού (Εικ. 11) έτσι ώστε το Antescofo να μπορεί να τη διαβάσει (Εικ.12)

```

; ----- measure 1 beat 0.00 -----

CHORD ( 7200 6800 6700 ) 1/2
CHORD ( 6700 6300 6200 ) 1/1
CHORD ( 7000 6700 6500 ) 1/2
CHORD ( 6700 6300 6200 ) 1/2
CHORD ( 6800 6500 6300 ) 1/2
CHORD ( 6200 5800 5600 ) 1/2
CHORD ( 6800 6500 6300 ) 3/2

; ----- measure 2 beat 4.00 -----

CHORD ( 7200 6800 6700 ) 1/2
CHORD ( 7400 7000 6800 ) 2/1
CHORD ( 5800 5500 5300 ) 1/2

; ----- measure 3 beat 8.00 -----

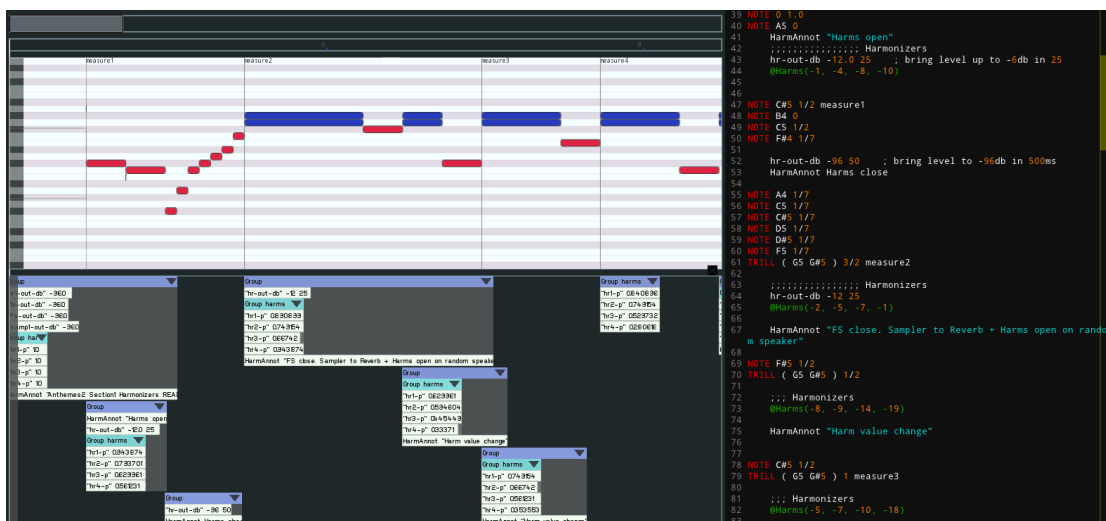
CHORD ( 6300 6000 5800 ) 1/1
CHORD ( 7400 7000 6800 ) 2/3
CHORD ( 7500 7200 7000 ) 2/3
CHORD ( 7200 6800 6700 ) 5/3

; ----- measure 4 beat 12.00 -----

CHORD ( 6700 6300 6200 ) 1/2
CHORD ( 6800 6500 6300 ) 1/2
CHORD ( 7000 6700 6500 ) 1/1
NOTE 0 1/3
CHORD ( 6800 6500 6300 ) 1/3
CHORD ( 6700 6300 6200 ) 1/3
CHORD ( 7100 6800 6600 ) 1/2
CHORD ( 6500 6200 6000 ) 1/1

```

Εικόνα 11. Annotation της παρτιτούρας του χορικού.



Εικόνα 12. Εισαγωγή του annotation στο antescofo.

Με αυτό τον τρόπο οι φωνές τους «κουρδίζονται» από το vocoder σύμφωνα με την παρτιτούρα και δημιουργείται η επιθυμητή χορωδία. Ακόμη και αν δεν τραγουδάνε αλλά απλά απαγγέλουν έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

β) Πλευρικά των θεατών υπάρχουν 8 δυναμικά μικρόφωνα, (4 σε κάθε πλευρά) στα οποία βρίσκονται 8 θεατές εθελοντικά. Στους υπόλοιπους θεατές δόθηκαν φυλλάδια με τους στίχους των όλων των χορικών, με παρότρυνση από τον compere, οι θεατές διαβάζουν τυχαία αποσπάσματα των χορικών και οι εθελοντές στα μικρόφωνα προσπαθούν να απομονώσουν λέξεις και φράσεις από ότι ακούγεται και τα επαναλαμβάνουν στα μικρόφωνα που είναι συνδεδεμένα με το vocoder. Το αποτέλεσμα είναι ένα μη αναμενόμενο παλίμψηστο χορικών που παραπέμπει άμεσα στην ενεργή συμμετοχή των πολιτών - θεατών στα ζητήματα της «πόλης».

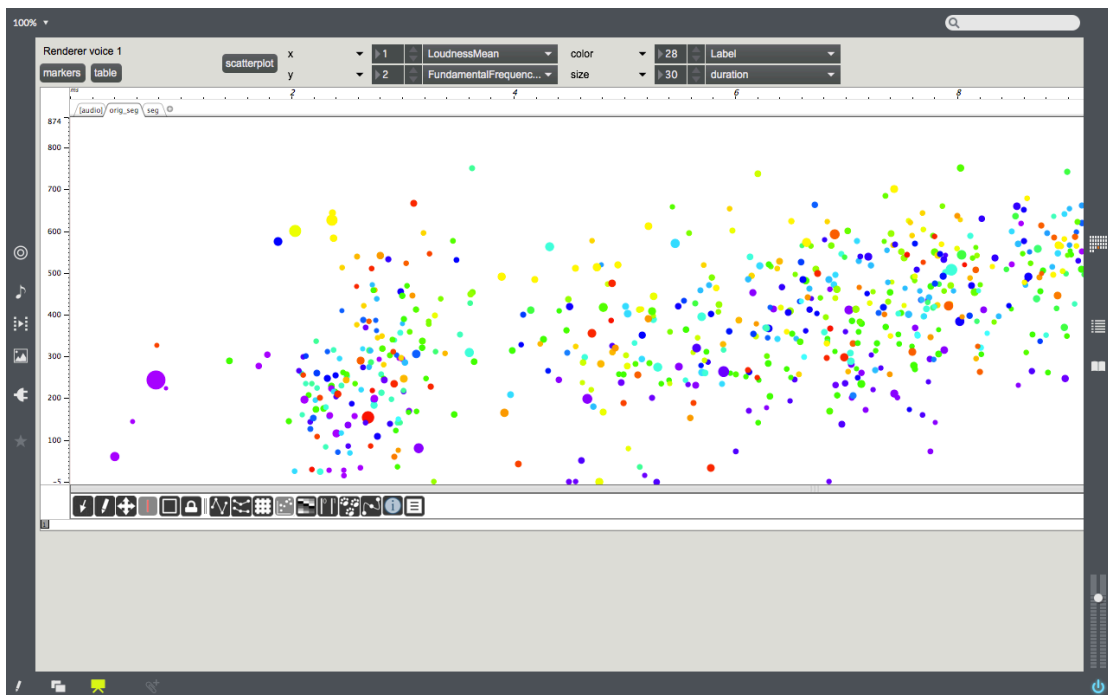
γ) Οι τραγουδιστές μέσω δυναμικών μικροφώνων συνδιαλέγονται με το χορό, σε αυτή την περίπτωση τα χορικά είναι ηχογραφημένα και βρίσκονται στη βιβλιοθήκη του συστήματος DYCI2 (εικ.13).



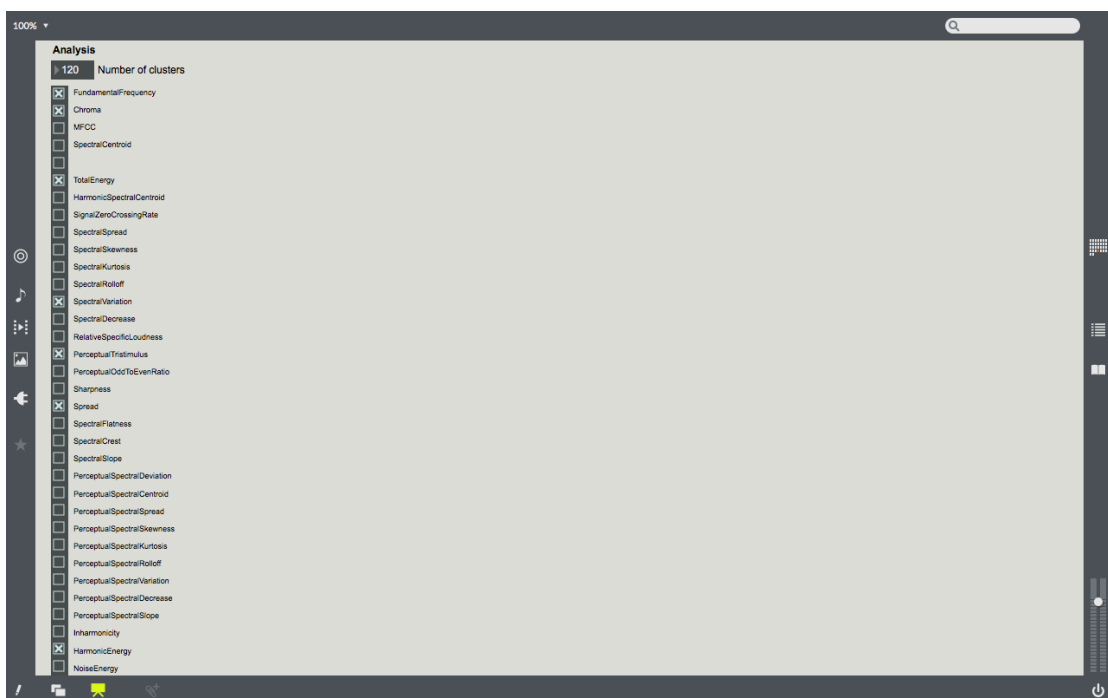
Εικόνα 13. Εισαγωγή του χορικού στο σύστημα DYCI2.

Το DYCI2 αποδομεί το χορικό κατακερματίζοντάς σε segments (εικ.14) και κατηγοριοποιώντας τα σε ομάδες με κριτήριο που κάθε φορά ορίζω (εικ.15), πχ ένταση, φάσμα, αρμονική ενέργεια κ.α. Έπειτα μπορώ να επεμβαίνω σε πραγματικό χρόνο και να ζητώ από το σύστημα να διαδράσει με

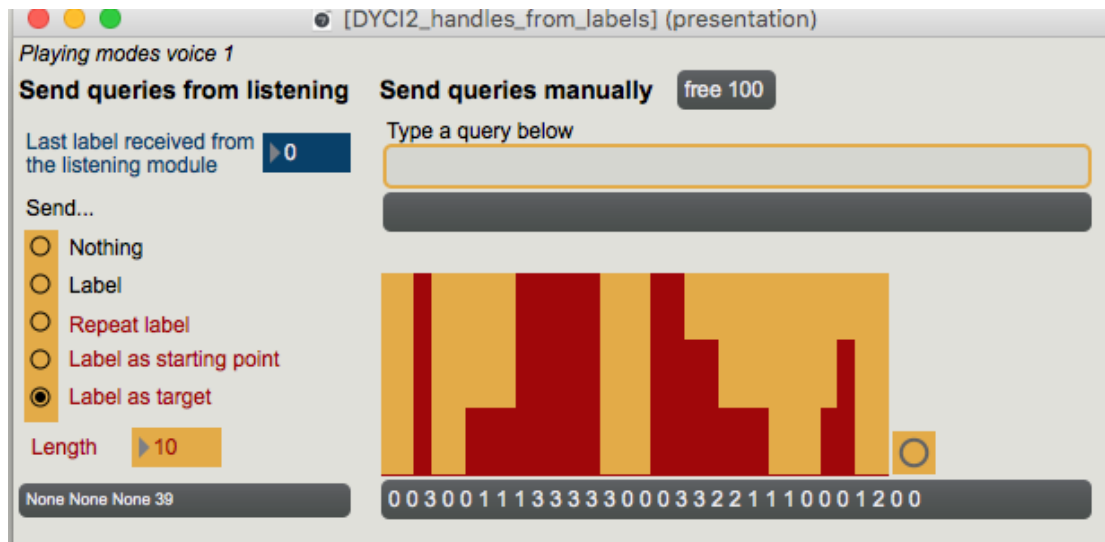
διαφορετικό τρόπο, ανάλογως με τι συνδυασμούς από segments του έχω ζητήσει να χρησιμοποιήσει περισσότερο.(εικ.16).



Εικόνα 14. Κατακερματισμός του χορικού και ταυτόχρονα ομαδοποίηση.



Εικόνα 15. Επιλογή κριτηρίων για τον κατακερματισμό του χορικού.



**Εικόνα 16.** Επιλογή τρόπου διάδρασης σε πραγματικό χρόνο.

Ο φωνοκωδικοποιητής – vocoder VOC 20 PolySynth που χρησιμοποιού συνδυάζει έναν φωνοκωδικοποιητή με ένα πολυφωνικό συνθεσάιζερ και μπορεί να παιχθεί σε πραγματικό χρόνο. Μπορεί να δημιουργήσει κλασικούς ήχους φωνοκωδικοποίησης, που έγιναν διάσημοι από συγκροτήματα όπως η Kraftwerk κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 και της δεκαετίας του '80 αλλά και νέους ήχους. (Εικ. 17.)

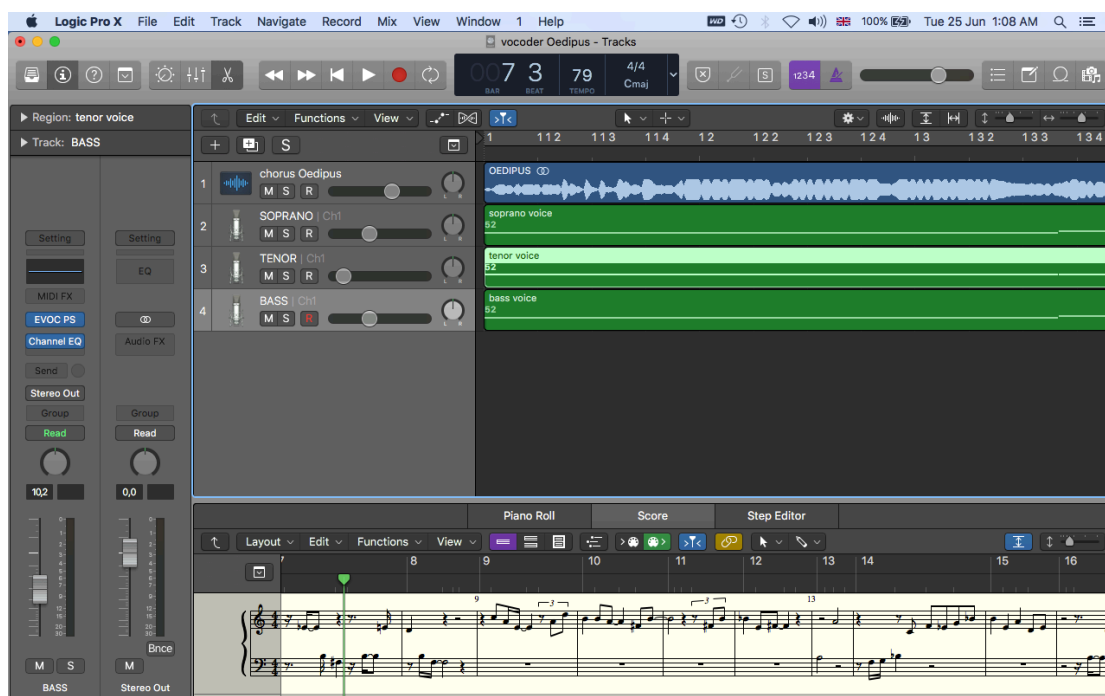


**Εικόνα 17.** EVOC 20 PolySynth.

Το EVOC 20 «ακούει» το εισερχόμενο ηχητικό σήμα - συνήθως μια ομιλία ή τραγούδι και υπαγορεύει τα ηχητικά χαρακτηριστικά και τις αλλαγές στο επίπεδο αυτού του σήματος στην ενσωματωμένη συσκευή σύνθεσης. Όταν παίζονται ή διαβάζονται από το σύστημα νότες και συγχορδίες σε μορφή MIDI,

ο εσωτερικός συνθέτης «τραγουδάει» στις θέσεις των εισερχόμενων νοτών MIDI, αλλά με τις αλλαγές των επιπέδων άρθρωσης, φωνήεντων και εντάσεων του ήχου – του εισερχόμενου ηχητικού (audio) σήματος (εικ.18) .

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την «συνθετική φωνή». Το EVOC 20 PolySynth μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως συνθεσάιζερ και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για επεξεργασίες πιο λεπτών χαρακτηριστικών της φωνής, όπως η δημιουργία σχετικών φυσικών ήχων και φωνητικών αρμονιών βασισμένων στην άδουσα φωνή.



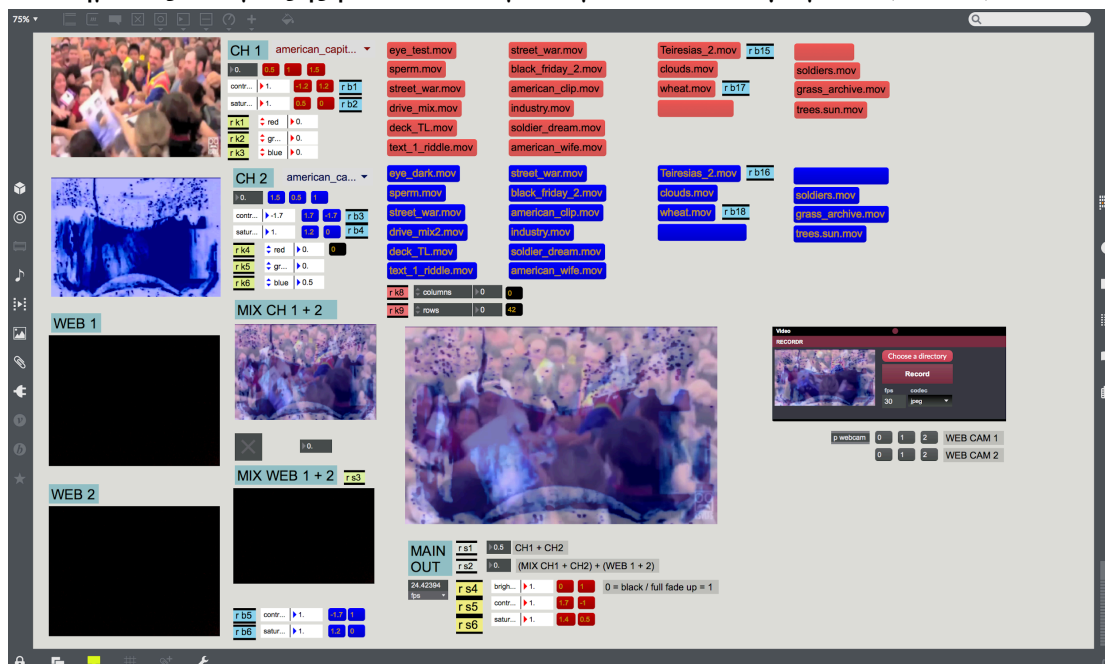
**Εικόνα 18.** Εισαγωγή midi αρχείου ώστε το vocoder να «κουρδίζει» το εισερχόμενο audio σήμα, σύμφωνα με την παρτιτούρα του χορικού.



### 3.3. Η εικαστική απεικόνιση της παράστασης.

Το εικαστικό κομμάτι της παράστασης αναπτύχθηκε παράλληλα από την Stephanie Sherriff, την Simona Fitcal και τον Hassan Estakhrian

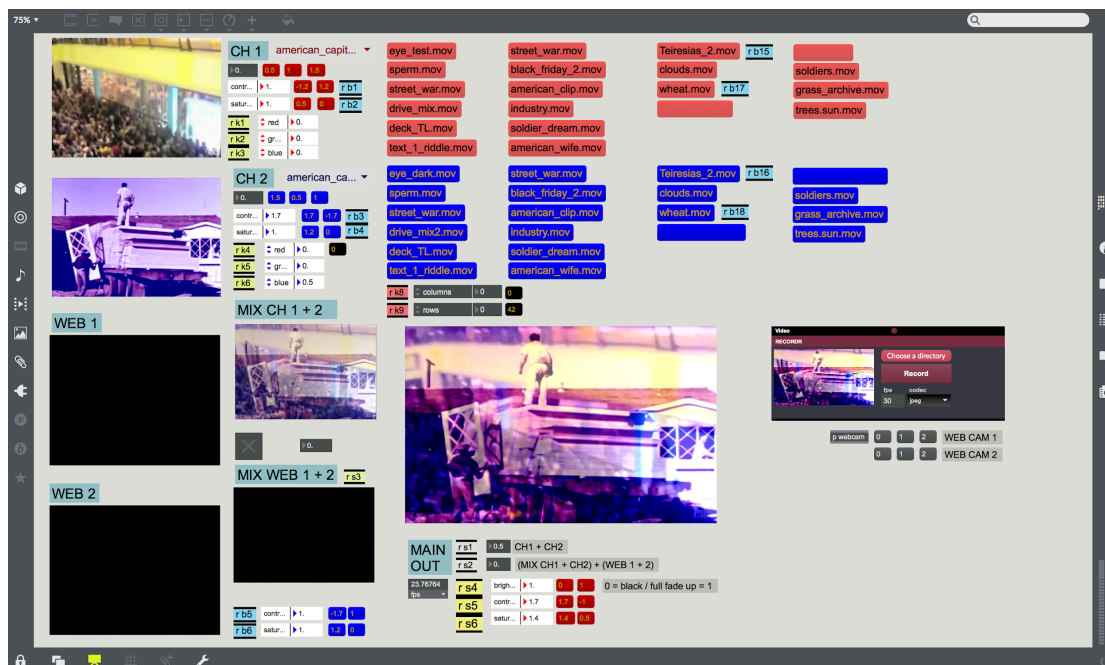
Τα συνολικά οπτικά στοιχεία για την παραγωγή αποτελούνται από ένα μοναδικό και πρωτοποριακό σύστημα που ενσωματώνει λογισμικό και αναλογικά πλαίσια για την ανάμειξη και τη στρώση κινούμενων εικόνων σε πραγματικό χρόνο. Σε όλη την παραγωγή ένα μεγάλο μέρος των οπτικών στοιχείων εξαρτάται από τη ζωντανή δράση των εκτελεστών. Οι εικόνες των ηθοποιών συλλαμβάνονται χρησιμοποιώντας μια σειρά από βιντεο-κάμερες και web κάμερες που τροφοδοτούν ένα μεγαλύτερο σύστημα επιλεγμένων αρχείων. Για παράδειγμα, πολλές σκηνές περιλαμβάνουν εικόνες από βιντεο-κάμερες που επικεντρώνονται σε ηθοποιούς. Η ζωντανή ροή βίντεο των ηθοποιών αποστέλλεται έπειτα απευθείας σε έναν μικρό προβολέα που αναστέλλεται πάνω από τον ξηρό πάγο και το νερό που έχει ως αποτέλεσμα θολά θραύσματα που θυμίζουν ονειροπόλημα της φυσικής δράσης που βλέπει άμεσα στη σκηνή ο θεατής. Μέσα στο σύστημα ανάμειξης βίντεο, μια δεύτερη βιντεοκάμερα τοποθετείται πάνω από τον ξηρό πάγο και συλλαμβάνει την παραμορφωμένη προβολή και στη συνέχεια χειρίζεται περαιτέρω μέσω της φυσικής χρήσης της ανθρώπινης αναπνοής και της φυσικής κίνησης του ξηρού πάγου καθώς αλληλεπιδρά με το νερό. Το βίντεο από τη δεύτερη κάμερα ξηρού πάγου τροφοδοτείται στη συνέχεια σε ένα αναλογικό βίντεο μείκτη που επιτρέπει την εύελκτη ενσωμάτωση σταθερών κινούμενων εικόνων μέσω ενός πρόσθετου συστήματος ανάμειξης βίντεο ενσωματωμένου στο λογισμικό. (Εικ.18).



Εικόνα 18. Patch που χρησιμοποιείται για την live μίξη και επεξεργασία της εικόνας.

Το λογισμικό για το σύστημα βίντεο είναι δομημένο ως ένας πολυκάναλος μείκτης για σταθερές εικόνες βίντεο και λήψεις κάμερας που επικεντρώνεται επίσης στη ζωντανή δράση. Μεγάλο μέρος των αρχαικών κινούμενων εικόνων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή αμφισβητεί τον μύθο του αμερικανικού ονείρου.

Τα βιντεοπαιχνίδια και η εμπορική και βιομηχανική προπαγάνδα από τη δεκαετία του 1950 επικαλύπτονται στις σύγχρονες εικόνες των θυμωμένων όχλων στη μαύρη Παρασκευή, μια αμερικανική ημέρα αγορών μετά την ημέρα των ευχαριστιών που οδήγησε σε πολυάριθμους θανάτους. Τα νέα πλυντήρια, οι περιφράξεις και τα χαμογελαστά πρόσωπα των νοικοκυρών στα μεταπολεμικά αμερικανικά μέσα συγκρούονται με τις βάνουσες σύγχρονες εικόνες θυμωμένων, απελπισμένων καταναλωτών που επενδύονται σε εμπορικό και κοινωνικό κέρδος. Σε άλλες σκηνές, τα στιγμιότυπα χρονικής απόστασης των ενεργών αστικών τοπίων αναμιγνύονται με τα βίντεο από ζωντανές κάμερες web τοποθετημένες διεισδυτικά στα μάτια και τα πρόσωπα των ηθοποιών και των φυσικών αντικειμένων σε όλο τον χώρο του θεάτρου. Η συνολική προκύπτουσα απεικόνιση που προβάλλεται σε αυτό που θεωρείται ως η κύρια οθόνη εξόδου για το ακροατήριο είναι έμπειρη μετά την επεξεργασία της μέσα από πολλαπλά συστήματα διαστρωμάτωσης και χειρισμού για την όπερα είναι ποιητικά ωμή (Εικ. 19).



**Εικόνα 19.** Patch που χρησιμοποιείται για την live μίξη και επεξεργασία της εικόνας.

#### 4. Συμπεράσματα

Ο ηχητικός σχεδιασμός της παράστασης του Οιδίποδα δημιούργησε ένα νέο συνεργατικό σύστημα δημιουργίας μουσικής το οποίο χρησιμοποιεί την ψηφιακή τεχνολογία ως παράγοντα συνεργασίας μεταξύ των ακροατών και των εκτελεστών σε ένα ζωντανό περιβάλλον. Η ιδέα σχεδιάστηκε για να διερευνήσουμε τη σχέση της πραγματικότητας με την ψηφιακή πραγματικότητα και να συναντηθεί ο χωροχρόνος του κειμένου, με τον χωροχρόνο του σήμερα.

Ένα τέτοιο συνεργατικό σύστημα προκαλεί το status quo της μορφής της μουσικής παράστασης και των εννοιών του πομπού με το δέκτη. Με την αναμόρφωση της αλυσίδας επικοινωνίας και την ανακατανομή των ρόλων, δεν υπερισχύει η μονοκατευθυντική σχέση μεταξύ ακροατηρίου και καλλιτέχνη, αλλά δημιουργείται μια συνεταιριστική συνεργασία για τη δημιουργία της μουσικής. Οι ρόλοι των συμμετεχόντων δημιουργούν ένα μοναδικό περιβάλλον το οποίο βασίζεται στην εμπειρία του ερμηνευτή και στην ενεργητική και στοχαστική στάση του κοινού.

Παρόλο που οι εφαρμογή δεν περιορίζεται σε συγκεκριμένα μουσικά είδη, το σύστημα είναι κατάλληλο για τη μουσική μορφή «κατευθυνόμενου αυτοσχεδιασμού».

Το έργο διευρύνει το πεδίο συμμετοχής του κοινού και συμπεριλαμβάνει ως συντελεστές της παράστασης και μη ειδικούς.

Οι θεατές που συμμετείχαν στην παράσταση του Οιδίποδα έχουν αναφέρει ότι το ενδιαφέρον και η συγκέντρωσή τους στη μουσική αυξήθηκε, ένιωσαν ότι μία παράσταση που εξελίσσεται σε ζωντανό χρόνο μπορεί να συνδέσει με οργανικό τρόπο τα μουσικά μέσα, την μουσική επιφάνεια, με μία πολυεπίπεδη αντίληψη του χρόνου και συνάμα των αφηγηματικών φωνών.

Δημιουργήθηκαν ενισχυμένες, βαθιές εμπειρίες και προβληματισμοί. Διευρύνθηκε η κατανόηση του κειμένου τόσο, ώστε να αφορά ολόκληρη την ανθρώπινη συνείδηση και ακόμα περισσότερο την ανθρώπινη ύπαρξη. Άλλωστε, ο άνθρωπος μπορεί να υπάρξει ακριβώς επειδή ή εφόσον κατανοεί το Είναι των όντων όπως έχει πει ο Χάιντεγκερ [Theodorou, 2015].

Επίσης εκτιμήθηκε διαφορετικά η δημιουργική διαδικασία και η μουσική δημιουργία. Αυτό επιβεβαιώνει τον κεντρικό ρόλο που μπορεί να προσφέρει η μουσική για την κοινωνική συνοχή. Μέσω των νέων τεχνολογιών η παράσταση μπορεί να ανακαλύψει εκ νέου τον ενεργό του ρόλο του κοινού και να μεταφέρει την κοινότητα στο επίκεντρο της πολιτικής όπως συνέβαινε στην αρχαιότητα.

Άλλωστε ο χορός στο αρχαίο δράμα έχει να κάνει με την άμεση δημοκρατία, προέρχεται από μια άλλη, ξεχασμένη πλέον, σχέση του πολίτη με την πόλη. Ο χορός φέρει το πολιτικό στοιχείο συγχρόνως με το Μυθικό στοιχείο και παράλληλα εκφράζει το συλλογικό ασυνείδητο, την κοινή γνώμη.

Μουσική και επιστήμη είναι έννοιες αλληλένδετες. Ο αυστηρός φορμαλισμός των μαθηματικών ενυπάρχει ήδη στη μουσική ενώ η υπολογιστική επιστήμη

ολοένα και περισσότερο διεισδύει στη μουσική ανάλυση, θέτοντας στέρεες δομές σε πολλά τμήματά της. Στην ανάγκη να ερμηνευθούν ολοένα και πολυπλοκότερες μουσικές διεργασίες, ανακαλύπτονται δομές υπολογιστικές και μαθηματικές που επεκτείνουν τις ήδη υπάρχουσες κλασικές δομές.

Οι νέες τεχνολογίες που αφορούν τη διάδραση εξελίσσονται και αναπτύσσονται από ερευνητές οι οποίοι έχουν ένα συγκεκριμένο όραμα ή υπηρετούν το όραμα ενός άλλου δημιουργού που προκάλεσε τα όρια της τέχνης του και επέλεξε τη διάδραση με αυτές για συγκεκριμένους λόγους. Οι λόγοι είναι κάθε φορά διαφορετικοί για τον κάθε δημιουργό. Για παράδειγμα ο John Cage για να εξαλείψει το "εγώ" του χρησιμοποίησε για τις συνθέσεις του, τις λεγόμενες "chance machines" που βασιζόταν στη τυχαιότητα και στο βιβλίο του Λάο Τσε "I Ching". Οι νέες τεχνολογίες μπορούν να αποτελέσουν ουσιαστικά εφαρμοσμένη ιδεολογία.

Σύμφωνα με την σκηνοθετίδα και συγγραφέα του έργου «Oedipus, Sex with Mum was Blinding» Έλλη Παπακωνσταντίνου: «Το έργο μου θέτει το ερώτημα του κατά πόσο ο άνθρωπος είναι ελεύθερο ον, κατά πόσο υφίσταται η ελεύθερη βούληση. Η δραματουργία απαντά ενεργά στο αιώνιο ζήτημα του χορού στην αρχαία τραγωδία. Μέσω της τεχνολογίας δεν υποδύονται οι ηθοποιοί της παράστασης τον τραγικό χορό, αλλά οι ίδιοι οι θεατές. Έτσι ο θεατής - πολίτης βιώνει την εμπειρία της συλλογική έκφρασης. Επομένως, υπ' αυτήν την έννοια και ζητήματα ενεργής συμμετοχής στα κοινά σώμα της πόλης. Το θέατρο ως ένα βαθμό ξεκλειδώνει μηχανισμούς, βάζει τον άνθρωπο να φαντάζεται τρόπους για το πώς μπορεί να υπάρξει συλλογικά.»

Η χρήση της διαδραστικής τεχνολογίας μπορεί να ενισχύσει λοιπόν πολύπλευρα τη θέση του πολίτη στη σύγχρονη δημοκρατία. Με την αξιοποίησή της εμπλουτίζεται η συμμετοχική δημοκρατία και αναπροσδιορίζεται η αντιπροσωπευτική εκδοχή της. Αντιπροσωπευτική και συμμετοχική δημοκρατία αποκτούν, συν τω χρόνω, νέο περιεχόμενο με στοιχεία συναγωνιστικά κάποτε όμως και ανταγωνιστικά. Η δημιουργική αυτή διεργασία συμβάλλει στην αντιμετώπιση πολλών διαπιστωμένων ελλειμμάτων της δημοκρατίας μας και στην αναζωογόνησή της με επίκεντρο πάντοτε τον πολίτη.



## 5. Βιβλιογραφία:

1. Salzman, E., & Desi, T. (2008). *The new music theater: seeing the voice, hearing the body*. Oxford University Press.
2. Petras, G., Tsagarakis, P., & Georgaki, A. Extended" Drama Prosodic Tools": Design And Aesthetics, SMC Proceedings, Technological University of Cyprus, 2019.
3. Georgaki, A. (2008). Aspects of musical structure and functionality of electroacoustic media in the performance of ancient Greek tragedy A composers' point of view (P. Velianitis). *CIM08 Proceedings, Aristotle University of Thessaloniki*. *AppData/Local/AppData/Local/AppData/Local/AppData/user/Downloads/Georgaki-Velianitis.pdf*.
4. Ζάχου, Α. (2010). *Το πρόβλημα της μουσικής στις σύγχρονες ελληνικές παραστάσεις αρχαίας τραγωδίας* (Doctoral dissertation, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Φιλοσοφική. Τμήμα Θεατρικών Σπουδών).
5. Georgaki, A., Gibson, B., Harley, J., Hoffmann, P., Iliescu, M., Kanach, S., & Solomos, M. The Universality of Xenakis' Oresteia.
6. Soulele, A. (2011). From The Suppliants (Hiketides) to the Oresteia: A unique relation between the music of Iannis Xenakis and the staging of Alexis Solomos. In Proceedings of the Xenakis International Symposium, sous la dir. de Dimitris Exarchos. Ò. Sl, sn.
7. Spiropoulos, G. S. G., & Georgaki, A. G. A. Virtual masks in the masks in the BACCHAE by Georgia Spiropoulos 2010): exploring tragic vocality in Max/Msp environment.
8. Cage, J., Kirby, M., & Schechner, R. (1965). An Interview with John Cage. *The tulane drama review*, 10(2), 50-72.
9. Heile, B. (2017). *The Music of Mauricio Kagel*. Routledge.
10. Misch, I., Hentschel, F., & Kohl, J. (1998). On the Serial Shaping of Stockhausen's Gruppen für drei Orchester. *Perspectives of New Music*, 143-187.
11. Σέγκλιας, Ζ. (2019). *Η δραματολογία και η χρήση της φωνής στην όπερα To the Lighthouse* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Σχολή Καλών Τεχνών. Τμήμα Μουσικών Σπουδών).
12. Cox, C., & Warner, D. (Eds.). (2017). *Audio Culture, Revised Edition: Readings in Modern Music*. Bloomsbury Publishing USA.
13. ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΙΟΥ, Ζ. (2016). Πολυμέσα και Θέατρο «Μία νέα διάσταση δημιουργίας στη θεατρική πράξη».
14. Bengler, B., & Bryan-Kinns, N. (2014). Polymetros. *interactions*, 21(3), 12-13.
15. Fazekas, G., Barthet, M., & Sandler, M. B. (2013, September). Mood conductor: emotion-driven interactive music performance. In 2013

*Humaine Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction* (pp. 726-726). IEEE.

16. Hayes, K., Barthet, M., Wu, Y., Zhang, L., & Bryan-Kinns, N. (2016, May). A participatory live music performance with the Open Symphony system. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 313-316). ACM.
17. Rowe, R. (1992). Machine Listening and Composing with Cypher. *Computer Music Journal*, 16(1), 43-63. doi:10.2307/3680494
18. Ουρανια-Ειρηνη, Β. (2007). Εφαρμογες Μουσικής Τεχνολογίας Στη Μουσική Εκπαίδευση.
19. Forsyth, J. P. (2016). Automatic musical accompaniment using finite state machines (Doctoral dissertation, New York University).
20. Βαγκος, Ρ., & Μπάγκος, Π. (2015). Βιοπληροφορική.
21. Ζάρδα, Ι. Δ., & Zarda, I. D. (2014). Δίκτυα Bayes: Ένα εργαλείο απόφασης για την αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας (Master's thesis).
22. Στειακάκης, Ε., & Παπαδόπουλος, Φ. (2016). Πανεπιστήμιο Μακεδονίας: Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής: Περιγραφή-πλαίσιο γνωστικού αντικειμένου.
23. Καρούδης, Ν., (2005) , Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον , Αθήνα: Β. Γκιούρδας Εκδοτική
24. Dannenberg, R. B. (1984, October). An on-line algorithm for real-time accompaniment. In *ICMC* (Vol. 84, pp. 193-198).
25. Xia, G. (2016). Expressive Collaborative Music Performance via Machine Learning.
26. Fober, D., Orlarey, Y., & Letz, S. (2012). An environment for the design of live music scores. In *Proceedings of the Linux Audio Conference, CCRMA, Stanford University, California, US* (pp. 47-54).
27. Lotis, T., Diamantopoulos, T., Λώτης, Θ., & Διαμαντόπουλος, Τ. (2015). Τα Πρωτόκολλα Μουσικής Επικοινωνίας MIDI και Open Sound Control (OSC).
28. Fober, D., Orlarey, Y., & Letz, S. (2014, October). Augmented interactive scores for music creation. In *Korean Electro-Acoustic Music Society's 2014 Annual Conference* (pp. 85-91).
29. Raphael, C. (2010, June). Music Plus One and Machine Learning. In *ICML* (pp.21-28).
30. Cont, A., Echeveste, J., Giavitto, J. L., & Jacquemard, F. (2012, September). Correct automatic accompaniment despite machine listening or human errors in Antescofo. In *ICMC 2012-International Computer Music Conference*.
31. Sagayama, S., Nakamura, T., Nakamura, E., Saito, Y., Kameoka, H., & Ono, N. (2014, May). Automatic music accompaniment allowing errors and

- arbitrary repeats and jumps. In Proceedings of Meetings on Acoustics 167ASA (Vol. 21, No. 1, p. 035003). ASA.
32. Feng, Y., Chen, K., & Liu, X. B. (2011). Harmonizing melody with meta-structure of piano accompaniment figure. *Journal of Computer Science and Technology*, 26(6), 1041-1060.
  33. Simon, I., Morris, D., & Basu, S. (2008, April). MySong: automatic accompaniment generation for vocal melodies. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 725-734). ACM.
  34. Psenicka, D. (2003). SPORCH: An Algorithm for Orchestration Based on Spectral Analyses of Recorded Sounds. In ICMC.
  35. Pachet, F. (2003). The continuator: Musical interaction with style. *Journal of New Music Research*, 32(3), 333-341.
  36. Lewis, G. E. (2000). Too many notes: Computers, complexity and culture in voyager. *Leonardo Music Journal*, 33-39.
  37. Καλιακάτσος-Παπακώστας, Μ. (2014). Μέθοδοι υπολογιστικής νοημοσύνης για αυτοματοποιημένη μουσική ανάλυση και σύνθεση (Doctoral dissertation).
  38. Assayag, G., Bloch, G., & Chemillier, M. (2006, May). Omax-ofon. In *Sound and Music Computing (SMC) 2006* (pp. 1-1).
  39. Déguernel, K., Vincent, E., & Assayag, G. (2016, August). Using multidimensional sequences for improvisation in the OMax paradigm. In *13th Sound and Music Computing Conference*.
  40. Nika, J., Déguernel, K., Chemla, A., Vincent, E., & Assayag, G. (2017, October). DYCI2 agents: merging the " free", " reactive", and " scenario-based" music generation paradigms. In *International Computer Music Conference*.
  41. Charles, J. F. (2008). A tutorial on spectral sound processing using Max/MSP and Jitter. *Computer Music Journal*, 32(3), 87-102.
  42. Hammer, F. (2001). Time-scale Modification using the Phase Vocoder: An approach based on deterministic/stochastic component separation in frequency domain. na.
  43. Karrer, T., Lee, E., & Borchers, J. O. (2006, November). PhaVoRIT: A Phase Vocoder for Real-Time Interactive Time-Stretching. In ICMC.
  44. Ketchum, R. H., Kleijn, W. B., & Krasinski, D. J. (1990). *U.S. Patent No. 4,910,781*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
  45. Theodorou, P., & Θεοδώρου, Π. (2015). Introduction to Martin Heidegger's " Being and Time".



## 6. Ηλεκτρονικές Πηγές και Συνεντεύξεις:

1. PIZOY, A. (2019). *Γεωργία Σπυροπούλου: Ο καλλιτέχνης πρέπει να προσφέρει μια νέα οπτική στην κοινωνία* | CultureNow.gr. [online] CultureNow.gr. Available at: <https://www.culturenow.gr/georgia-spyropoyloy-o-kallitexnis-prepei-na-prosferei-mia-nea-optiki-stin-koinonia/> [Accessed 29 Jun. 2019].
2. Agiannidis, P. (2019). «Απ' τα κόκκαλα βγαλμένη...» στην Πόλη - ΤΑ ΝΕΑ. [online] ΤΑ ΝΕΑ. Available at: <https://www.tanea.gr/2010/06/07/lifearts/culture/ap-ta-kokkala-bgal-eni-stin-poli/> [Accessed 29 Jun. 2019].
3. YouTube. (2015). *Interview with Georges Aperghis, Frontiers of Knowledge Award in Contemporary Music*. [online] Available at: <https://www.youtube.com/watch?+reload=9&v=MLKwDYlqtFY> [Accessed 24 Jun. 2019].